جمهوری اسلامی ایران

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور

مشخصات فنی عمومی سدها

نشریه شماره ۳۹۹

معاونت نظارت راهبردی

امور نظام فنی

nezamfanni.ir

وزارت نیرو

دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا

http://seso.moe.org.ir

۱۳۹۲

بسمه تعالی

معاون برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	شماره: ۹۲/۵۱۲۹
	تاریخ: ۱۳۹۲/۰۱/۳۱

موضوع : مشخصات فنی عمومی سدها

به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و مواد (۶) و (۷) آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی- مصوب سال ۱۳۵۲ و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (موضوع تصویب‌نامه شماره ۴۲۳۳۹/ت۳۳۴۹۷هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۳۹۹ امور نظام فنی، با عنوان «**مشخصات فنی عمومی سدها**» از نوع گروه دوم ابلاغ می‌شود تا از تاریخ ۱۳۹۲/۶/۱ به اجرا درآید.

رعایت مفاد این نشریه برای دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر الزامی است. همچنین رعایت مفاد آن در پروژه‌هایی که با مشارکت بخش غیردولتی در سرمایه‌گذاری اجرا می‌شوند، بر عهده دستگاه‌های اجرایی است.

یادآور می‌شود نشریات ابلاغی از نوع گروه دوم مطابق بند (۲) ماده (۷) آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی، مواردی هستند که بر حسب مورد مفاد آنها با توجه به کار مورد نظر و در حدود قابل قبولی که در آن نشریه‌ها تعیین شده ضمن تطبیق با شرایط کار، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

امور نظام فنی این معاونت در مورد مفاد نشریه پیوست، دریافت کننده نظرات و پیشنهادات اصلاحی مربوط بوده و عهده‌دار اعلام اصلاحات لازم به طور ادواری خواهد بود.

بهروز مرادی

ش ش: ۱۸۵۷۳

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط‌های مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این‌رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.

۳- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

٤- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه : تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی‌شاه – مرکز تلفن ۳۳۲۷۱ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، امور نظام فنی

web: nezamfanni.ir/ **Email:info@nezamfanni.ir**

بسمه تعالی

پیشگفتار

اجرای طرح‌های سدسازی، به لحاظ دارا بودن پیچیدگی‌های فنی و آثار زیست‌محیطی عمده، بسیار پرهزینه و وقت‌گیر بوده و تلاش و کوشش همه‌جانبه و وسیعی را در زمینه‌های مختلف طلب می‌نماید.

برای اجرای صحیح طرح‌های سدسازی در مرحله ساخت، مدارکی مورد نیاز است که روابط دست‌اندرکاران را به لحاظ مالی و حقوقی به روشنی بیان کرده، دیدگاه‌های طراح را نیز به درستی و با دقت لازم به سازندگان طرح منتقل نماید. این مدارک اسناد پیمان نامیده می‌شود.

مشخصات فنی که یکی از مهم‌ترین اسناد هر پیمانی است، به بیان کمی و کیفی معیارهایی می‌پردازد که برای اجرای طرح مورد نظر الزامی است. اگرچه این معیارها به طور عمده فنی است، اما مشخصات فنی در موارد ضروری معیارهای حقوقی و مالی مترتب بر موارد فنی را نیز تعیین می‌کند.

با توجه به اینکه مشخصات فنی بخشی تفکیک‌ناپذیر از اسناد پیمان است، علاوه بر آن که کیفیات و روش‌های مورد نظر طراح را به سازندگان معرفی می‌کند، در قالب سندی حقوقی (با تبعات بلافصل مالی) در زمان اجرا به عنوان یکی از اصلی‌ترین ابزار نظارتی نیز به‌کار می‌رود.

باتوجه به اهمیت مبحث فوق، امور آب وزارت نیرو درقالب طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور، تهیه نشریه «مشخصات فنی عمومی سدها» را با هماهنگی امورنظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور در دستورکار قرارداد و پس از تهیه، آن را برای تایید و ابلاغ به عوامل ذی‌نفع نظام فنی اجرایی کشور به این معاونت ارسال نمود که پس از بررسی، براساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و آیین‌نامه استانداردهای اجرایی مصوب هیات محترم وزیران و طبق نظام فنی اجرایی کشور (مصوب ۴۲۲۳۹/ت ۳۳۴۹۷ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیات محترم وزیران) تصویب و ابلاغ گردید.

بدین‌وسیله معاونت نظارت راهبردی از تلاش و جدیت رییس امور نظام فنی جناب آقای مهندس غلامحسین حمزه مصطفوی و کارشناسان محترم امورنظام فنی و نماینده مجری محترم طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور وزارت نیرو، جناب آقای مهندس محمد ابراهیم‌نیا و متخصصان همکار در امر تهیه و نهایی نمودن این نشریه، تشکر و قدردانی می‌نماید و از ایزدمنان توفیق روزافزون همه‌ی این بزرگواران را آرزومند می‌باشد.

امیداست متخصصان و کارشناسان با ابراز نظرات خود درخصوص این نشریه ما را در اصلاحات بعدی یاری فرمایند.

معاون نظارت راهبردی

۱۳۹۱

تهیه و کنترل

مجری: شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس

مولفان اصلی:

کارشناسان شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس که تهیه پیش‌نویس اولیه این مشخصات را به عهده داشتند به ترتیب حروف الفبا عبارتند از:

آقای مهندس اعتصامی، آقای مهندس جبروتی، آقای مهندس حدیدی مود، آقای مهندس دل‌زنده، آقای مهندس زهتاب، آقای مهندس سیدکرباسی، آقای مهندس شریعتمداری، آقای مهندس صالح‌آبادی، آقای مهندس غیاثی، آقای مهندس فرجی‌آزاد، آقای مهندس فریدمجتهدی، آقای مهندس گلابتونچی، آقای مهندس گودرزی، آقای مهندس مدنی، آقای دکتر نیاعمران.

شایان ذکر است آقای مهندس سعید شریعتمداری مسوولیت ویراستاری فنی متن اولیه و اعمال نظرات متن نهایی این مشخصات فنی را نیز برعهده داشته و آقای دکتر محمدصادق صادقیان مدیریت طرح پیش‌نویس اولیه را داشته‌اند.

اعضای گروه نظارت و تایید کننده: (کمیته سدسازی طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور)

مسعود حدیدی مود	شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس	فوق‌لیسانس مهندسی مکانیک
عبدالواحد رزاقی	شرکت مهندسین مشاور افق هسته‌ای	فوق‌لیسانس مهندسی هیدرولیک و راه و ساختمان
نوشین رواندوست	طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور– وزارت نیرو	لیسانس مهندسی سازه
سعید شریعتمداری	کارشناس آزاد	کارشناس مدیریت ساخت و اجرا
محمدطاهر طاهری بهبهانی	شرکت مهندسین مشاور توان‌آب	فوق‌لیسانس مهندسی منابع آب (هیدرولیک)
حمید غنی‌زاده	کارشناس رسمی	فوق‌لیسانس مهندسی هیدرولیک و راه و ساختمان
چنگیز فولادی نشتا	شرکت ساختمانی پیماب	دکترای مهندسی هیدرولیک
عبدالرحیم کیا	کارشناس آزاد	دکترای هیدرولیک
علی یوسفی	شرکت مهندسین مشاور زمین آب پی	فوق‌لیسانس مهندسی معدن (زمین‌شناسی مهندسی)
حسین میرزاد	کارشناس آزاد	دکترای راه و ساختمان

در تکمیل این مشخصات فنی از نظرات ارزشمند شرکت‌های مهندسین مشاور آب نیرو، بند آب، شرکت‌های ساختمانی تابلیه، جهاد توسعه منابع آب، شرکت سهامی خدمات مهندسی برق (مشانیر)، شرکت سهامی آب و برق خوزستان، شرکت سهامی آب منطقه‌ای غرب، آقای مهندس خشایار اسفندیاری، آقای مهندس ناصر خیرخواه، آقای مهندس علیرضا دولتشاهی، آقای مهندس حسین شفیعی‌فر، آقای دکتر اسماعیل طلوعی و آقای دکتر سیاوش لیتکوهی نیز استفاده شده است.

اعضای گروه هدایت و راهبردی پروژه:

خشایار اسفندیاری	رییس گروه امور نظام فنی
فرزانه آقارمضانعلی	رییس گروه امور نظام فنی
ساناز سرافراز	کارشناس منابع آب امور نظام فنی

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	**۱**
فصل اول - کلیات	**۳**
۱-۱- دامنه کاربرد	۵
۱-۲- استانداردها	۵
۱-۳- مسوولیت‌های پیمانکار	۵
۱-۴- پیشنهادهای پیمانکار	۶
۱-۵- تضمین کیفیت	۶
۱-۵-۱- پذیرش کیفیت	۶
۱-۵-۲- کنترل کیفیت	۷
۱-۶- محیط زیست	۷
۱-۷- نقشه‌های چون‌ساخت	۷
۱-۸- ثبت اطلاعات و گزارش‌ها	۷
فصل دوم – تعاریف	**۹**
فصل سوم – حفاظت و ایمنی	**۱۳**
۳-۱- کلیات	۱۵
۳-۱-۱- استانداردها	۱۵
۳-۱-۲- مسوولیت‌های پیمانکار	۱۵
۳-۱-۳- تغییر در مشخصات	۱۵
۳-۲- تعاریف	۱۶
۳-۳- سازمان حفاظت و ایمنی	۱۶
۳-۳-۱- برنامه حفاظت و ایمنی	۱۶
۳-۳-۲- گزارش ماهانه	۱۷
۳-۳-۳- خانه‌داری	۱۷
۳-۳-۴- مواد سمی	۱۷
۳-۳-۵- موارد عمومی	۱۷
۳-۳-۶- گواهی‌ها	۱۷
۳-۴- دستورالعمل‌ها و تمرین	۱۸
۳-۴-۱- آموزش	۱۸

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۳-۴-۲- تمرین در کارگاه	۱۸
۳-۴-۳- جلسات ایمنی	۱۸
۳-۴-۴- تمرین کمک‌های اولیه	۱۹
۳-۴-۵- آموزش ایمنی و سلامت	۱۹
۳-۴-۶- روش‌های ویژه مقابله با خطرات	۱۹
۳-۴-۷- اخراج	۱۹
۳-۵- وسایل پزشکی	۱۹
۳-۵-۱- مسایل عمومی	۱۹
۳-۵-۲- وسایل کمک‌های اولیه	۲۰
۳-۵-۳- آمبولانس	۲۱
۳-۵-۴- ثبت اطلاعات پزشکی و کمک‌های اولیه	۲۱
۳-۵-۵- گواهی‌های جسمانی کارکنان	۲۲
۳-۶- برنامه‌ریزی برای شرایط اضطراری	۲۲
۳-۷- بهداشت و سلامتی	۲۳
۳-۷-۱- آب آشامیدنی	۲۳
۳-۷-۲- لوازم بهداشتی	۲۳
۳-۷-۳- سامانه دفع زباله	۲۴
۳-۷-۴- استحمام	۲۴
۳-۷-۵- لوازم آشپزخانه	۲۴
۳-۷-۶- خوابگاه‌ها	۲۴
۳-۷-۷- آلودگی صوتی	۲۵
۳-۷-۸- مواد پرتوزا	۲۶
۳-۷-۹- آلودگی هوا	۲۶
۳-۷-۱۰- سرما و گرما	۲۶
۳-۷-۱۱- روشنایی	۲۷
۳-۷-۱۲- حشرات و مارها	۲۷
۳-۷-۱۳- گیاهان سمی	۲۸
۳-۷-۱۴- مواد شیمیایی	۲۸

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۳-۸- لوازم ایمنی	۲۹
۳-۹- حفاظت سر	۲۹
۳-۹-۱- حفاظت صورت و چشم	۳۰
۳-۹-۲- حفاظت تنفسی	۳۰
۳-۹-۳- حفاظت شنوایی	۳۰
۳-۹-۴- پوشش حفاظتی	۳۰
۳-۹-۵- حفاظت از پوست	۳۱
۳-۹-۶- کمربند ایمنی، ریسمان ایمنی	۳۱
۳-۹-۷- سایر لوازم ایمنی	۳۱
۳-۱۰- علایم	۳۱
۳-۱۰-۱- تابلوها	۳۱
۳-۱۰-۲- علایم راهبری ماشین‌آلات	۳۲
۳-۱۱- آتش سوزی	۳۳
۳-۱۲- کارهای بتنی	۳۳
۳-۱۳- سنگ‌برداری	۳۳
۳-۱۴- ترابری	۳۳
۳-۱۵- عملیات خاکی	۳۳
۳-۱۶- عملیات حفاری و تزریق	۳۳
۳-۱۷- ساخت و نصب تجهیزات هیدرومکانیکی	۳۴
۳-۱۸- برق	۳۴
۳-۱۹- تعمیرگاه‌ها و کارگاه‌های پشتیبانی	۳۴
۳-۲۰- سنگ‌شکن‌ها	۳۴
۳-۲۱- رادیو اکتیو	۳۴
۳-۲۲- داربست‌ها	۳۴
۳-۲۳- پلکان، نردبان و پاگرد	۳۴
۳-۲۴- ابزار دستی، ابزار ماشینی و جک‌ها	۳۵
۳-۲۵- کابل‌های فولادی، قلاب‌ها، زنجیرها و سایر لوازم فولادی	۳۵
۳-۲۶- نقاله‌ها، شمع‌کوب‌هاو بالابرها	۳۵

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۳-۲۷- لوازم مکانیزه متحرک و ثابت	۳۵
۳-۲۸- تونل‌ها و شافت‌ها	۳۵
فصل چهارم – عملیات آماده‌سازی و تجهیز کارگاه	**۳۷**
۴-۱- کلیات	۳۹
۴-۲- تعاریف	۳۹
۴-۳- راه‌ها	۴۰
۴-۳-۱- انواع راه‌ها	۴۰
۴-۳-۲- مشخصات فنی راه‌ها	۴۱
۴-۴- شهرک	۴۱
۴-۴-۱- تامین سکونت از طریق اجاره منازل	۴۲
۴-۴-۲- تامین سکونت موقت به وسیله کاروان و کانکس	۴۲
۴-۴-۳- تامین سکونت از طریق خرید ساختمان‌های موجود در حوزه محل احداث سد	۴۲
۴-۴-۴- تامین سکونت از طریق ساخت و ساز	۴۲
۴-۵- دفاتر	۴۳
۴-۶- انبارها	۴۴
۴-۶-۱- انبار سیمان پاکتی و سیلوها	۴۴
۴-۶-۲- انبار سرپوشیده مصالح ساختمانی	۴۴
۴-۶-۳- انبار موادسوزا	۴۴
۴-۶-۴- انبار نمونه‌های حفاری	۴۴
۴-۶-۵- مخازن ذخیره سوخت و پمپ بنزین	۴۵
۴-۶-۶- انبار در فضای باز برای انباشت مصالح	۴۵
۴-۷- تعمیرگاه‌ها و توقفگاه‌ها	۴۵
۴-۷-۱- تعمیرگاه ماشین‌آلات سنگین	۴۵
۴-۷-۲- تعمیرگاه ماشین‌آلات سبک	۴۵
۴-۷-۳- کارگاه سرویس ماشین‌آلات	۴۵
۴-۷-۴- توقف گاه ماشین‌آلات سنگین	۴۶
۴-۷-۵- توقف گاه ماشین‌آلات سبک	۴۶
۴-۸- کارگاه های پشتیبانی	۴۶

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۴-۸-۱- کارگاه آرماتوربندی و کارگاه آهنگری و جوشکاری	۴۶
۴-۸-۲- کارگاه نجاری	۴۶
۴-۸-۳- کارگاه برق	۴۶
۴-۸-۴- کارگاه تراشکاری	۴۶
۴-۹- آزمایشگاه‌ها	۴۶
۴-۱۰- تسهیلات اجتماعی و رفاهی	۴۷
۴-۱۰-۱- مسجد	۴۷
۴-۱۰-۲- سالن اجتماعات	۴۷
۴-۱۰-۳- تاسیسات ورزشی و تفریحی	۴۷
۴-۱۰-۴- ساختمان فروشگاه	۴۷
۴-۱۱- ساختمان نگهبانی	۴۷
۴-۱۲- ساختمان درمانگاه و تاسیسات بهداشتی	۴۷
۴-۱۳- آشپزخانه‌ها و غذاخوری‌ها	۴۸
۴-۱۴- تاسیسات و شبکه تامین برق	۴۸
۴-۱۴-۱- تاسیسات و شبکه تامین برق اضطراری	۴۸
۴-۱۴-۲- تاسیسات و شبکه تامین برق دائم	۴۸
۴-۱۵- تاسیسات شبکه تامین آب	۴۹
۴-۱۵-۱- تاسیسات و شبکه تامین آب شرب و خانگی	۴۹
۴-۱۵-۲- تاسیسات تامین، انتقال، ذخیره و توزیع آب صنعتی	۴۹
۴-۱۶- تاسیسات شبکه جمع‌آوری، تصفیه و دفع فاضلاب	۵۰
۴-۱۶-۱- تاسیسات و شبکه فاضلاب بهداشتی	۵۰
۴-۱۶-۲- شبکه فاضلاب صنعتی و تاسیسات تصفیه آن	۵۰
۴-۱۶-۳- تاسیسات دفع زباله و مواد زاید و سامانه زهکشی	۵۰
۴-۱۷- تاسیسات و شبکه تلفن و فاکس	۵۱
۴-۱۸- تاسیسات تهویه فضاهای زیرزمینی	۵۱
۴-۱۹- تاسیسات تهیه سنگدانه‌های بتن و مصالح بدنه سد خاکی	۵۱
۴-۲۰- تاسیسات تهیه بتن	۵۱
۴-۲۱- تاسیسات انتقال و ریختن بتن	۵۱

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل پنجم – زمین‌کنی در فضای باز	**۵۳**
۵-۱- کلیات	۵۵
۵-۲- تعاریف	۵۵
۵-۳- اندازه‌گیری حجم عملیات زمین‌کنی	۵۶
۵-۳-۱- حجم عملیات زمین‌کنی	۵۶
۵-۳-۲- حجم عملیات زمین‌کنی اضافی مجاز	۵۶
۵-۳-۳- عملیات زمین‌کنی غیرمجاز	۵۶
۵-۳-۴- حجم عملیات خارج از قصور پیمانکار	۵۶
۵-۴- حمل و انباشت مواد حاصله از زمین‌کنی‌ها و مواد زاید	۵۶
۵-۵- تمیزکاری و برداشت مواد زاید خاک، ریشه کنی و انباشت مواد زاید	۵۷
۵-۶- احتیاطات و ایمنی	۵۷
۵-۷- روش‌های زمین‌کنی	۵۹
۵-۷-۱- زمین‌کنی در خاک	۵۹
۵-۷-۲- زمین‌کنی در سنگ	۵۹
۵-۸- پایداری شیب‌ها	۶۳
فصل ششم – سامانه انحراف رودخانه در دوران ساخت	**٦٥**
۶-۱- کلیات	۶۷
۶-۲- تعاریف	۶۷
۶-۳- حق آبه	۶۸
۶-۴- مخاطرات و بیمه	۶۸
۶-۵- سامانه اعلام خطر	۶۹
۶-۶- خشکانیدن و زهکشی	۶۹
۶-۷- عملیات انحراف، انسداد و آبگیری اولیه	۶۹
فصل هفتم – عملیات آب‌بندی و بهسازی پی	**۷۱**
۷-۱- آب‌بندی	۷۳
۷-۱-۱- کلیات	۷۳
۷-۱-۲- تعاریف و اصطلاحات	۷۳
۷-۱-۳- پرده آب‌بند (پرده تزریق)	۷۴

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۷-۱-۴- دیواره آب‌بند	۸۷
۷-۲- بهسازی پی	۹۵
۷-۲-۱- تزریق‌های بهسازی	۹۵
۷-۲-۲- زهکش‌ها	۹۹
فصل هشتم – کارهای بتنی	**۱۰۳**
۸-۱- کلیات	۱۰۵
۸-۱-۱- استانداردها	۱۰۵
۸-۱-۲- مسوولیت‌های پیمانکار	۱۰۵
۸-۲- تعاریف	۱۰۸
۸-۳- مواد متشکله	۱۱۰
۸-۳-۱- سیمان	۱۱۰
۸-۳-۲- سنگدانه‌ها	۱۱۴
۸-۳-۳- آب	۱۲۴
۸-۳-۴- مواد پوزولانی	۱۲۴
۸-۳-۵- افزودنی های شیمیایی	۱۲۷
۸-۳-۶- هواسازها	۱۳۰
۸-۴- انواع بتن	۱۳۲
۸-۴-۱- مشخصه‌های الزامی	۱۳۲
۸-۴-۲- مشخصه‌های انتخابی	۱۳۴
۸-۴-۳- جداول رده‌بندی مخلوط‌های بتن	۱۳۶
۸-۵- ساخت بتن	۱۳۶
۸-۵-۱- سیلوها	۱۳۶
۸-۵-۲- پیمانه‌کردن و توزین	۱۳۷
۸-۵-۳- مخلوط کردن	۱۳۸
۸-۶- حمل، ریختن و جای‌گذاری بتن	۱۳۹
۸-۶-۱- تراک میکسر	۱۴۱
۸-۶-۲- کامیون، واگن و سیلوبوس	۱۴۱
۸-۶-۳- جرثقیل و باکت	۱۴۱

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۸-۶-۴- شوت‌ها و لوله‌های بتن‌ریزی	۱۴۱
۸-۶-۵- پمپ‌ها و عملیات پمپ کردن	۱۴۲
۸-۶-۶- تسمه نقاله	۱۴۳
۸-۶-۷- نصب لوله‌ها، بست‌ها وغیره در بتن	۱۴۳
۸-۶-۸- خطاهای مجاز (رواداری ها)	۱۴۴
۸-۷- تراکم، عمل‌آوری و نگهداری بتن	۱۴۴
۸-۷-۱- تراکم بتن	۱۴۴
۸-۷-۲- عمل‌آوری و نگهداری بتن	۱۴۴
۸-۸- درزها	۱۴۵
۸-۸-۱- درزهای اجرایی	۱۴۵
۸-۸-۲- درزهای حرکتی (انبساطی - انقباضی)	۱۴۶
۸-۸-۳- نوارهای آب‌بند و درزبندها	۱۴۶
۸-۹- طراحی مخلوط و مخلوط‌های آزمایشی	۱۴۹
۸-۹-۱- طراحی مخلوط	۱۴۹
۸-۹-۲- مخلوط‌های آزمایشی	۱۵۰
۸-۱۰- تضمین کیفیت و معیارهای انطباق مخلوط‌های بتن	۱۵۰
۸-۱۰-۱- کلیاتی درباره معیارهای انطباق مقاومتی	۱۵۱
۸-۱۰-۲- معیارهای انطباق برای چگونگی و تعداد نمونه‌گیری	۱۵۲
۸-۱۰-۳- معیارهای انطباق حداقل و حداکثر مقدار سیمان	۱۵۲
۸-۱۰-۴- معیارهای انطباق حداکثر نسبت آب به سیمان	۱۵۲
۸-۱۰-۵- معیارهای انطباق کارایی بتن	۱۵۳
۸-۱۰-۶- معیارهای انطباق مقدار هوای موجود در بتن	۱۵۳
۸-۱۰-۷- معیارهای انطباق درجه حرارت بتن تازه	۱۵۳
۸-۱۰-۸- معیارهای انطباق چگالی بتن کاملا متراکم	۱۵۳
۸-۱۰-۹- عدم انطباق	۱۵۳
۸-۱۰-۱۰- کنترل آماری کیفیت	۱۵۵
۸-۱۱- بتن‌ریزی در شرایط ویژه	۱۵۵
۸-۱۱-۱- بتن‌ریزی در زیر آب	۱۵۵

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۸-۱۱-۲- بتن‌ریزی در هوای سرد	۱۵۹
۸-۱۲- بتن حجیم	۱۶۰
۸-۱۲-۱- مصالح و نسبت‌های اختلاط	۱۶۰
۸-۱۲-۲- رده‌بندی، تولید، ریختن، جای‌گذاری، عمل‌آوری و نگهداری بتن حجیم	۱۶۳
۸-۱۲-۳- پیش‌سردسازی	۱۶۵
۸-۱۲-۴- پس‌سردسازی	۱۶۶
۸-۱۲-۵- آزمایش‌های بتن حجیم	۱۶۸
۸-۱۳- پیش سازی قطعات بتنی	۱۶۸
۸-۱۳-۱- پیش‌سازی	۱۶۸
۸-۱۳-۲- پیش تنیدن	۱۶۹
۸-۱۴- تعمیر و ترمیم بتن‌های معیوب	۱۶۹
۸-۱۵- بتن کوبیده غلتکی (Rcc)	۱۶۹
۸-۱۵-۱- کلیات	۱۶۹
۸-۱۵-۲- تعاریف	۱۷۰
۸-۱۵-۳- موعدهای با اهمیت	۱۷۱
۸-۱۵-۴- سیمان مصرفی	۱۷۲
۸-۱۵-۵- مواد افزودنی	۱۷۲
۸-۱۵-۶- سنگدانه‌ها	۱۷۲
۸-۱۵-۷- اختلاط بتن غلتکی	۱۷۴
۸-۱۵-۸- اجرای بستر آزمایشی بتن غلتکی	۱۷۵
۸-۱۵-۹- انتقال بتن غلتکی	۱۷۶
۸-۱۵-۱۰- بتن‌ریزی و پخش	۱۷۶
۸-۱۵-۱۱- تراکم	۱۷۷
۸-۱۵-۱۲- درزهای اجرایی و آماده‌سازی پی	۱۷۸
۸-۱۵-۱۳- عمل‌آوری و محافظت	۱۷۹
۸-۱۵-۱۴- کنترل کیفی ساخت	۱۸۰
فصل نهم – خاکریز و مصالح خاکی	**۱۸۳**
۹-۱- کلیات	۱۸۵

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۹-۱-۱- دامنه کار	۱۸۵
۹-۲- تعاریف	۱۸۵
۹-۳- طبقه‌بندی خاکریزها و سنگریزها	۱۸۶
۹-۴- شرایط ویژه خاکریزها و سنگریزها	۱۸۶
۹-۵- مصالح خاکریز	۱۸۷
۹-۵-۱- نکته‌های کلی	۱۸۷
۹-۵-۲- آماده‌سازی پی قبل از خاکریزی	۱۸۷
۹-۵-۳- آماده‌سازی پی برای ریختن و تراکم مصالح هسته و فیلتر	۱۸۹
۹-۶- گودبرداری و استحصال مصالح خاکریزی	۱۹۰
۹-۶-۱- نکته‌های کلی	۱۹۰
۹-۶-۲- پاک‌سازی و تسطیح منابع قرضه	۱۹۱
۹-۶-۳- راه‌ها، ساختمان‌ها و خدمات همگانی در منابع قرضه	۱۹۱
۹-۶-۴- رطوبت و زهکشی	۱۹۱
۹-۶-۵- برداشت و حمل	۱۹۲
۹-۶-۶- معدن سنگ	۱۹۳
۹-۶-۷- مواد اضافی حاصل از گودبرداری	۱۹۳
۹-۷- مشخصات خاکریزی	۱۹۴
۹-۷-۱- نکته‌های کلی	۱۹۴
۹-۷-۲- مصالح اضافه و غیر مجاز استفاده شده در خاکریز یا سنگریز	۱۹۵
۹-۷-۳- نگهداری خاکریزها و سنگریزها	۱۹۵
۹-۷-۴- راه‌های دسترسی	۱۹۵
۹-۷-۵- ابعاد خاکریز و سنگریز	۱۹۵
۹-۷-۶- برنامه زمانی خاکریزی و آزمایش‌ها	۱۹۶
۹-۷-۷- خاکریزی در قسمت‌های باریک	۱۹۷
۹-۷-۸- آماده‌سازی خاکریز برای لایه‌های بعدی	۱۹۷
۹-۷-۹- آماده‌سازی سطوح بتنی برای خاکریزی	۱۹۷
۹-۷-۱۰- محدودیت‌های جوی برای خاکریزی	۱۹۸
۹-۷-۱۱- کنترل و آزمایش‌های لازم	۱۹۸

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۹-۷-۱۲- خاکریزهای آزمایشی	۱۹۸
۹-۸- روش خاکریزی	۱۹۹
۹-۸-۱- خاکریزی پوسته	۱۹۹
۹-۸-۲- خاکریزی هسته رسی	۲۰۱
۹-۸-۳- خاکریزی مصالح ناتراوا در سطح تماس هسته و پی	۲۰۴
۹-۸-۴- خاکریزی فیلترها	۲۰۵
۹-۸-۵- خاکریزی زهکش و ناحیه انتقالی	۲۰۶
۹-۸-۶- سنگریز	۲۰۶
۹-۸-۷- سنگ‌چین حفاظتی شیب بالادست	۲۰۷
۹-۸-۸- خاکریزهای متراکم ویژه	۲۰۷
۹-۹- تراکم	۲۰۸
۹-۹-۱- کلیات	۲۰۸
۹-۹-۲- روش‌های تراکم	۲۰۸
۹-۱۰- شرایط تراکم خاکریزها	۲۰۹
۹-۱۱- آزمایش‌ها، استانداردها و کنترل کیفیت مصالح خاکریز و سنگریز	۲۱۰
۹-۱۱-۱- نکته‌های کلی	۲۱۰
۹-۱۱-۲- مصالح ریزدانه ناتراوا	۲۱۰
۹-۱۱-۳- مصالح سنگریزه‌ای و یا درشت‌دانه شنی	۲۱۱
۹-۱۱-۴- فیلترها، ناحیه انتقالی و زهکش	۲۱۱
فصل دهم – میلگردگذاری و مسلح کردن بتن	**۲۱۳**
۱۰-۱- کلیات	۲۱۵
۱۰-۱-۱- استانداردها	۲۱۵
۱۰-۱-۲- گواهی‌ها	۲۱۵
۱۰-۲- تعاریف	۲۱۵
۱۰-۳- نوع و مشخصات میلگردهای مصرفی در بتن	۲۱۶
۱۰-۳-۱- رده بندی میلگردها	۲۱۶
۱۰-۴- کنترل کیفیت میلگردها	۲۱۷
۱۰-۴-۱- نمونه‌برداری و آزمایش	۲۱۷

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱۰-۴-۲- کنترل مشخصات مکانیکی	۲۱۷
۱۰-۴-۳- کنترل مشخصات خم کردن	۲۱۸
۱۰-۵- حمل و انبار کردن	۲۱۹
۱۰-۶- آماده کردن میلگردها	۲۲۰
۱۰-۶-۱- بریدن	۲۲۰
۱۰-۶-۲- خم کردن	۲۲۰
۱۰-۷- وصله میلگردها، جوش دادن میلگردها	۲۲۱
۱۰-۷-۱- وصله میلگردها	۲۲۱
۱۰-۷-۲- جوش دادن میلگردها	۲۲۱
۱۰-۸- کارگذاشتن میلگردها	۲۲۲
۱۰-۹- حداقل پوشش	۲۲۲
۱۰-۱۰- بازرسی‌ها و رواداری‌ها	۲۲۴
۱۰-۱۰-۱- بازرسی‌ها	۲۲۴
۱۰-۱۰-۲- رواداری‌ها	۲۲۴
۱۰-۱۱- الیاف تقویتی	۲۲۴
۱۰-۱۲- میلگردهای خاص	۲۲۵
فصل یازدهم – قالب‌بندی	**۲۲۷**
۱۱-۱- کلیات	۲۲۹
۱۱-۱-۱- استانداردها	۲۲۹
۱۱-۱-۲- ملاحظات کلی	۲۲۹
۱۱-۲- تعاریف	۲۳۰
۱۱-۳- طبقه‌بندی به لحاظ کیفیت سطح بتن	۲۳۱
۱۱-۳-۱- سطوح قالب‌بندی شده	۲۳۱
۱۱-۴- رواداری‌ها	۲۳۴
۱۱-۵- ضوابط کلی طراحی قالب‌بندی	۲۳۴
۱۱-۵-۱- نکات کلی	۲۳۴
۱۱-۵-۲- ملاحظات طراحی	۲۳۵
۱۱-۵-۳- بارها	۲۳۶

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱۱-۵-۴- تنش‌ها	۲۳۸
۱۱-۵-۵- ضرایب ایمنی لوازم قالب‌بندی	۲۳۸
۱۱-۵-۶- شمع‌های اطمینان	۲۳۹
۱۱-۶- نکات اجرایی و ایمنی	۲۳۹
۱۱-۶-۱- ملاحظات اجرایی	۲۳۹
۱۱-۶-۲- مهار بندی و مهار بندی افقی شمع‌ها	۲۴۰
۱۱-۶-۳- پی یا تکیه‌گاه قالب‌بندی	۲۴۰
۱۱-۶-۴- نشست	۲۴۰
۱۱-۶-۵- تدابیر ایمنی	۲۴۰
۱۱-۷- آماده کردن قالب‌ها	۲۴۱
۱۱-۸- بازرسی	۲۴۱
۱۱-۹- جابجایی و نصب قالب	۲۴۱
۱۱-۱۰- قالب‌برداری	۲۴۲
۱۱-۱۰-۱- نکات کلی	۲۴۲
۱۱-۱۰-۲- زمان قالب‌برداری	۲۴۲
۱۱-۱۰-۳- برداشتن پایه‌های اطمینان	۲۴۳
۱۱-۱۱- قالب‌بندی بدنه سدهای بتنی و سازه‌های بتنی حجیم دیگر	۲۴۳
۱۱-۱۱-۱- نوع قالب	۲۴۳
۱۱-۱۱-۲- فشار جانبی بتن	۲۴۴
۱۱-۱۱-۳- ملاحظات طراحی	۲۴۴
۱۱-۱۲- سازه‌های زیرزمینی (مغارها، تونل‌ها، شافت‌ها و گالری‌ها)	۲۴۴
۱۱-۱۲-۱- نکات کلی	۲۴۴
۱۱-۱۲-۲- بارهای طراحی	۲۴۵
۱۱-۱۳- قالب سازه‌های هیدرولیکی (سرریز، آبگیر، تخلیه کننده‌ها)	۲۴۶
۱۱-۱۴- کارگذاری قطعات فلزی، آب‌بندها، کام و زبانه‌ها	۲۴۶
فصل دوازدهم – تونل‌ها و شافت‌ها	**۲۴۷**
۱۲-۱- کلیات	۲۴۹
۱۲-۱-۱- استانداردها	۲۴۹

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱۲-۲- تعاریف	۲۴۹
۱۲-۳- حفاری تونل‌ها	۲۵۱
۱۲-۳-۱- محدوده کاربرد	۲۵۱
۱۲-۳-۲- تدابیر ایمنی	۲۵۲
۱۲-۳-۳- روش‌های حفاری	۲۵۳
۱۲-۳-۴- لق گیری و صاف کردن برآمدگی‌ها در داخل خط «A»	۲۵۶
۱۲-۳-۵- آماده‌سازی سطوح	۲۵۶
۱۲-۳-۶- گزارش پیشرفت کار و ثبت عملیات	۲۵۷
۱۲-۴- حفاری شافت‌ها	۲۵۸
۱۲-۴-۱- محدوده کاربرد	۲۵۸
۱۲-۴-۲- تدابیر ایمنی	۲۵۸
۱۲-۴-۳- روش‌های حفاری	۲۵۸
۱۲-۵- روش‌های بارگیری و حمل مصالح حفاری شده	۲۵۹
۱۲-۶- تهویه	۲۶۰
۱۲-۶-۱- محدوده کاربرد	۲۶۰
۱۲-۶-۲- روش‌های تهویه	۲۶۰
۱۲-۷- آبکشی و روشنایی تونل‌ها و شافت‌ها	۲۶۲
۱۲-۷-۱- محدوده کار	۲۶۲
۱۲-۷-۲- آبکشی	۲۶۲
۱۲-۷-۳- روشنایی	۲۶۳
۱۲-۷-۴- ارتباطات	۲۶۳
۱۲-۸- پایدارسازی تونل‌ها و شافت‌ها	۲۶۳
۱۲-۸-۱- محدوده کار	۲۶۳
۱۲-۸-۲- کلیات	۲۶۴
۱۲-۸-۳- نکات کلی در باره نصب سامانه‌های نگهدارنده	۲۶۶
۱۲-۸-۴- بتن پاشی	۲۷۰
۱۲-۹- رفتارسنجی تونل‌ها و شافت‌ها	۲۷۲
۱۲-۹-۱- محدوده کاربرد	۲۷۲

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱۲-۹-۲- نکات کلی	۲۷۲
۱۲-۹-۳- نصب و قرائت ابزار دقیق	۲۷۳
۱۲-۹-۴- زمان و شرایط اندازه‌گیری	۲۷۵
۱۲-۹-۵- گزارش‌ها	۲۷۵
۱۲-۱۰- تهیه نقشه‌های زمین شناسی مهندسی چون ساخت	۲۷۷
۱۲-۱۱- بهسازی توده‌سنگ پیرامون تونل‌ها و شافت‌ها	۲۷۷
۱۲-۱۱-۱- محدوده کار	۲۷۷
۱۲-۱۱-۲- نکات کلی	۲۷۸
فصل سیزدهم – بتن‌پاشی و بتن پاشیدنی	**۲۸۱**
۱۳-۱- کلیات	۲۸۳
۱۳-۱-۱- استانداردها	۲۸۳
۱۳-۱-۲- مسوولیت‌های پیمانکار	۲۸۳
۱۳-۲- تعاریف	۲۸۳
۱۳-۳- نوع عملیات	۲۸۴
۱۳-۴- مصالح	۲۸۵
۱۳-۴-۱- سیمان	۲۸۵
۱۳-۴-۲- سنگدانه	۲۸۵
۱۳-۴-۳- آب	۲۸۶
۱۳-۴-۴- میلگردها (تورهای سیمی)	۲۸۶
۱۳-۴-۵- الیاف	۲۸۶
۱۳-۴-۶- افزودنی‌ها	۲۸۷
۱۳-۵- مخلوط‌ها	۲۸۷
۱۳-۶- روش‌ها و ماشین‌آلات	۲۹۰
۱۳-۶-۱- نکات کلی	۲۹۰
۱۳-۶-۲- فرایند مخلوط تر	۲۹۱
۱۳-۶-۳- فرایند مخلوط خشک	۲۹۱
۱۳-۶-۴- پیمانه‌کردن خودکار	۲۹۱
۱۳-۶-۵- بتن‌پاشی با کنترل از راه دور	۲۹۲

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱۳-۷- آزمایش‌ها وروش‌های استاندارد آنها	۲۹۲
۱۳-۷-۱- آزمایش مقاومت پیوند	۲۹۳
۱۳-۷-۲- آزمایش تعیین دوام (نفوذپذیری)	۲۹۳
۱۳-۷-۳- آزمایش تعیین مقدار الیاف فولادی	۲۹۴
۱۳-۷-۴- آزمایش الیاف فولادی	۲۹۴
۱۳-۸- مشخصات مخلوط	۲۹۴
۱۳-۹- روش تایید	۲۹۵
۱۳-۹-۱- مواد اولیه و مصالح	۲۹۵
۱۳-۹-۲- مخلوط‌های بتن پاشیدنی	۲۹۵
۱۳-۹-۳- توزین، اختلاط و حمل	۲۹۶
۱۳-۹-۴- بتن‌پاشی	۲۹۷
۱۳-۹-۵- کنترل ضخامت و نیمرخ	۲۹۹
۱۳-۹-۶- محافظت و نگهداری	۲۹۹
۱۳-۹-۷- قالب‌ها و میلگردها	۳۰۰
۱۳-۱۰- قوانین تطبیق	۳۰۰
۱۳-۱۰-۱- مقاومت فشاری	۳۰۰
۱۳-۱۰-۲- مقاومت خمشی	۳۰۱
۱۳-۱۰-۳- مقدار مقاومت باقی مانده	۳۰۱
۱۳-۱۰-۴- مقاومت پیوند با سنگ	۳۰۱
۱۳-۱۰-۵- دوام (نفوذپذیری)	۳۰۱
۱۳-۱۰-۶- چگالی خشک	۳۰۱
۱۳-۱۰-۷- جذب آب	۳۰۱
۱۳-۱۰-۸- حجم منافذ	۳۰۱
۱۳-۱۰-۹- زمان گیرش	۳۰۱
۱۳-۱۰-۱۰- مقدار سیمان	۳۰۲
۱۳-۱۰-۱۱- الیاف فولادی	۳۰۲
۱۳-۱۰-۱۲- نسبت آب به سیمان	۳۰۲
۱۳-۱۰-۱۳- سنگدانه	۳۰۲

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱۳-۱۰-۱۴- درجات کیفی مغزه‌های بتن‌پاشی	۳۰۲
۱۳-۱۰-۱۵- عدم تطابق	۳۰۳
۱۳-۱۱- مسوولیت‌ها	۳۰۴
۱۳-۱۲- مهارت	۳۰۴
فصل چهاردهم - مصالح	**۳۰۵**
۱۴-۱- کلیات	۳۰۷
۱۴-۲- تعاریف	۳۰۷
۱۴-۳- مصالح بتن	۳۰۷
۱۴-۴- مصالح مسلح کردن بتن	۳۰۷
۱۴-۵- مصالح خاکی و سنگی (خاکریزی)	۳۰۷
۱۴-۶- مصالح ساختمانی	۳۰۷
۱۴-۷- سایر مصالح	۳۰۷
۱۴-۷-۱- مصالح چوبی	۳۰۸
۱۴-۷-۲- بنتونیت	۳۰۸
۱۴-۷-۳- رنگ‌ها و اپوکسی‌ها	۳۰۸
۱۴-۷-۴- مواد ناریه	۳۰۸
۱۴-۷-۵- مصالح قیری	۳۱۰
فصل پانزدهم – ابزار اندازه‌گیری	**۳۱۱**
۱۵-۱- کلیات	۳۱۳
۱۵-۱-۱- نکات عمومی	۳۱۳
۱۵-۱-۲- شرایط تهیه و نصب دستگاه‌ها	۳۱۳
۱۵-۱-۳- قرائت	۳۱۴
۱۵-۱-۴- آموزش	۳۱۵
۱۵-۱-۵- حفظ و نگهداری	۳۱۵
۱۵-۲- تعاریف	۳۱۵
۱۵-۳- ابزار اندازه‌گیری در سدهای خاکی	۳۱۶
۱۵-۳-۱- سامانه‌های اندازه‌گیری	۳۱۶
۱۵-۴- ابزار اندازه‌گیری در سدهای بتنی	۳۲۱

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱۵-۴-۱- کلیات	۳۲۱
۱۵-۴-۲- پاندول	۳۲۱
۱۵-۴-۳- شیب‌سنج	۳۲۲
۱۵-۴-۴- درز سنج	۳۲۲
۱۵-۴-۵- دماسنج	۳۲۳
۱۵-۴-۶- تنش‌سنج	۳۲۳
۱۵-۴-۷- کرنش‌سنج	۳۲۳
۱۵-۴-۸- ترک‌سنج	۳۲۴
۱۵-۴-۹- پیزومتر	۳۲۴
۱۵-۴-۱۰- انبساط‌سنج (کشیدگی‌سنج)	۳۲۴
فصل شانزدهم – نگهداری در دوره تضمین	**۳۲۷**
۱۶-۱- کلیات	۳۲۹
۱۶-۲- تعاریف	۳۲۹
۱۶-۳- مسوولیت‌ها و وظایف پیمانکار	۳۲۹
۱۶-۳-۱- رفع نواقص	۳۲۹
۱۶-۳-۲- نگهداری کارهای موضوع پیمان	۳۲۹
۱۶-۳-۳- تهیه نقشه‌های چون‌ساخت	۳۳۰
۱۶-۳-۴- مسوولیت‌های افراد و امکانات و تسهیلات لازم برای انجام آزمایش	۳۳۰
۱۶-۳-۵- تهیه و تحویل قطعات یدکی دستگاه‌ها و تجهیزات	۳۳۱
۱۶-۳-۶- آماده‌سازی کلیه کارهای مربوط به ساخت و نگهداری سد و تاسیسات جنبی برای تحویل قطعی	۳۳۱
۱۶-۳-۷- درخواست تحویل قطعی	۳۳۲
۱۶-۳-۸- تهیه و تنظیم صورت‌وضعیت قطعی	۳۳۲
فصل هفدهم – تجهیزات هیدرومکانیکی، مکانیکی و الکتریکی	**۳۳۳**
۱۷-۱- کلیات	۳۳۵
۱۷-۱-۱- استانداردها، توصیه نامه‌ها، آیین‌نامه‌ها و...	۳۳۵
۱۷-۱-۲- واحدهای اندازه‌گیری	۳۳۶
۱۷-۱-۳- بسته‌بندی	۳۳۶
۱۷-۱-۴- انبار کردن و حمل و نقل	۳۳۷

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱۷-۱-۵- پلاک‌ها و برچسب‌ها	۳۳۹
۱۷-۱-۶- روغن کاری	۳۴۰
۱۷-۱-۷- قطعات یدکی	۳۴۰
۱۷-۲- تعاریف	۳۴۰
۱۷-۳- طراحی سازنده	۳۴۰
۱۷-۳-۱- نکات کلی	۳۴۰
۱۷-۳-۲- اطلاعات پایه برای طراحی	۳۴۱
۱۷-۳-۳- مراجع طراحی	۳۴۱
۱۷-۳-۴- بارگذاری	۳۴۲
۱۷-۳-۵- معیارهای طراحی در برابر زلزله	۳۴۳
۱۷-۳-۶- تنش‌های مجاز	۳۴۴
۱۷-۳-۷- اسناد و مدارک طراحی	۳۴۵
۱۷-۴- ساخت	۳۴۶
۱۷-۴-۱- مواد و مصالح	۳۴۶
۱۷-۴-۲- فرایندهای ساخت	۳۵۰
۱۷-۵- بازرسی و آزمایش	۳۵۵
۱۷-۵-۱- نکات کلی	۳۵۵
۱۷-۵-۲- بازرسی و آزمایش‌های حین ساخت	۳۵۵
۱۷-۵-۳- آزمایش‌های پس از ساخت	۳۵۶
۱۷-۵-۴- گزارش بازرسی و آزمایش در کارخانه سازنده	۳۵۷
۱۷-۶- نصب و راه اندازی	۳۵۷
۱۷-۶-۱- نکات کلی	۳۵۷
۱۷-۶-۲- بازرسی حین نصب	۳۵۷
۱۷-۶-۳- آزمایش عملکرد و راه اندازی تجهیزات	۳۵۸
۱۷-۶-۴- گزارش‌های نصب و تست عملکردها	۳۵۹
۱۷-۷- دستورالعمل بهره‌برداری و نگهداری	۳۵۹
فصل هجدهم - تجهیزات الکتریکی نیروگاه و کلیدخانه	**۳۶۱**
۱۸-۱- کلیات	۳۶۳

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱۸-۱-۱- استانداردها	۳۶۳
۱۸-۲- تعاریف	۳۶۳
۱۸-۳- ژنراتور	۳۶۳
۱۸-۳-۱- پارامترهای طراحی	۳۶۳
۱۸-۳-۲- اجزای اصلی ژنراتور	۳۶۵
۱۸-۳-۳- سامانه تحریک	۳۷۱
۱۸-۳-۴- آزمایش‌ها	۳۷۲
۱۸-۴- سامانه شینه حفاظدار و تجهیزات تحت ولتاژ ژنراتور	۳۷۳
۱۸-۴-۱- نکات کلی	۳۷۳
۱۸-۴-۲- پارامترهای طراحی	۳۷۳
۱۸-۴-۳- جزییات ساختمان اجزای اصلی	۳۷۴
۱۸-۴-۴- آزمایش‌ها	۳۷۶
۱۸-۵- ترانسفورماتورهای اصلی	۳۷۶
۱۸-۵-۱- پارامترهای اصلی	۳۷۶
۱۸-۵-۲- اجزای اصلی	۳۷۶
۱۸-۵-۳- آزمایش‌ها	۳۷۹
۱۸-۶- سامانه‌های کمکی الکتریکی نیروگاه	۳۷۹
۱۸-۶-۱- سامانه‌های کمکی الکتریکی نیروگاه (جریان متناوب)	۳۷۹
۱۸-۶-۲- سامانه‌های کمکی الکتریکی (جریان مستقیم)	۳۸۳
۱۸-۷- کابل‌ها	۳۸۵
۱۸-۷-۱- نکات کلی	۳۸۵
۱۸-۷-۲- جزییات	۳۸۵
۱۸-۷-۳- سینی کابل و اتصالات	۳۸۶
۱۸-۷-۴- آزمایش‌ها	۳۸۶
۱۸-۸- سامانه کنترل، اندازه‌گیری و حفاظت	۳۸۶
۱۸-۸-۱- نکات کلی	۳۸۶
۱۸-۸-۲- اتاق کنترل	۳۸۷
۱۸-۸-۳- کنترل محلی	۳۸۸

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱۸-۸-۴- سنکرونیزرها (دستی- خودکار)	۳۸۸
۱۸-۸-۵- هشداردهنده‌ها	۳۸۹
۱۸-۸-۶- وسایل اندازه‌گیری	۳۸۹
۱۸-۸-۷- تجهیزات حفاظتی	۳۹۱
۱۸-۸-۸- ترانسفورماتورهای ابزار دقیق	۳۹۲
۱۸-۸-۹- آزمایش‌ها	۳۹۳
۱۸-۹- سامانه زمین	۳۹۳
۱۸-۹-۱- مشخصات کلی	۳۹۳
۱۸-۹-۲- آزمایش‌ها	۳۹۳
۱۸-۱۰- دستورالعمل بهره‌برداری و نگهداری	۳۹۴
پیوست ۱- فهرست مطالب برنامه پیمانکار برای حفاظت و ایمنی کار و کارکنان در کارگاه‌های سدسازی	**۳۹۵**
پیوست ۲- واژه‌نامه	**٤٠١**
فهرست منابع	**٤١١**

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۳-۱- تعداد توالت‌ها	۲۳
جدول ۳-۲- حداکثر مدت مجاز برای توقف روزانه در معرض آلودگی صوتی	۲۵
جدول ۳-۳- شدت روشنایی محیط‌های کاری مختلف	۲۷
جدول ۷-۱- انواع دوغاب سیمان	۸۱
جدول ۷-۲- خصوصیات گل روان	۸۸
جدول ۷-۳- غلظت ماده تزریق در ابتدای شروع تزریق تحکیمی	۹۸
جدول ۷-۴- تغییر غلظت در حین انجام تزریق تحکیمی	۹۸
جدول ۷-۵- راهنمای تعیین فشار تزریق	۹۹
جدول ۷-۶- مشخصات پیشنهادی لوله‌های .P.V.C برای زهکش‌ها	۱۰۰
جدول ۸-۱- مقدار مجاز عناصر شیمیایی انواع سیمان (درصد)	۱۱۱
جدول ۸-۲- خواص فیزیکی انواع سیمان	۱۱۱

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۸–۳– موارد استفاده سیمان‌های ضد سولفات	۱۱۲
جدول ۸–۴– آزمایش‌های کنترل کیفیت	۱۱۸
جدول ۸–۵– آزمایش‌های پذیرش کیفیت	۱۱۹
جدول ۸–۶– دانه‌بندی ماسه بر اساس ASTM C33	۱۲۱
جدول ۸–۷– دانه‌بندی هر یک از طبقات شن به طور جداگانه	۱۲۱
جدول ۸–۸– دانه‌بندی مخلوط طبقات شن	۱۲۲
جدول ۸–۹– دانه‌بندی مخلوط مصالح سنگی	۱۲۲
جدول ۸–۱۰– خواص شیمیایی مواد پوزولانی (درصدوزنی)	۱۲۵
جدول ۸–۱۱– خواص فیزیکی مواد پوزولانی (درصدوزنی)	۱۲۶
جدول ۸–۱۲– خواص تکمیلی فیزیکی	۱۲۶
جدول ۸– ۱۳– خواص افزودنی ها	۱۲۸
جدول ۸–۱۴– رده‌بندی بتن برحسب مقاومت فشاری	۱۳۳
جدول ۸–۱۵– رده‌بندی بتن بر حسب مقاومت خمشی	۱۳۳
جدول ۸–۱۶– رده‌بندی بتن بر حسب مقاومت کششی	۱۳۳
جدول ۸–۱۷– حداقل مجاز مقدار سیمان درمتر مکعب بتن تازه کاملا متراکم (شامل بتن حجیم نمی‌شود)	۱۳۴
جدول ۸–۱۸– کارایی بتن برحسب نتیجه آزمایش افت	۱۳۴
جدول ۸–۱۹– حداکثر نسبت آب به سیمان در شرایط محیطی شدید	۱۳۵
جدول ۸–۲۰– رواداری دستگاه‌های پیمانه‌کن (توزین)	۱۳۷
جدول ۸–۲۱– حداکثر عمق (ارتفاع) هر نوبت و هرلایه بتن‌ریزی و حداقل زمان بین دو نوبت بتن‌ریزی	۱۴۰
جدول ۸–۲۲– مقدار مجاز مواد مضر در ماسه مصرفی در بتن حجیم	۱۶۱
جدول ۸–۲۳– دانه‌بندی ماسه مصرفی در بتن حجیم	۱۶۱
جدول ۸–۲۴– مقدار مجاز مواد مضر در شن مصرفی در بتن حجیم	۱۶۱
جدول ۸–۲۵– دانه‌بندی شن مصرفی در بتن حجیم (مخلوط شن)	۱۶۲
جدول ۸–۲۶– دانه‌بندی مخلوط سنگدانه‌های مصرفی در بتن حجیم (درصد عبوری)	۱۶۲
جدول ۸–۲۷– دانه‌بندی سنگدانه‌ها	۱۷۳
جدول ۸–۲۸– فاصله زمانی نوبت های بتن‌ریزی	۱۷۹
جدول ۹–۱– رواداری مجاز قسمت‌های مختلف بدنه سد	۱۹۶
جدول ۹–۲– راهنمای تعدادی از استانداردهای ASTM مورد نیاز برای کنترل عملیات خاکریزی	۱۹۹

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۹-۳- راهنمای تعدادی از استانداردهای ASTM مورد نیاز برای ثبت عملیات خاکریزی	۱۹۹
جدول ۹-۴- راهنمای روش تراکم و خاکریزی	۲۰۹
جدول ۱۰-۱- رده‌بندی میلگردها بر اساس مقاومت مکانیکی	۲۱۶
جدول ۱۰-۲- حدقابل قبول انحنای میلگردها	۲۱۹
جدول ۱۰-۳- حداقل قطر خم برای میلگردهای مختلف	۲۲۰
جدول ۱۰-۴- حداقل پوشش بتنی (mm)	۲۲۲
جدول ۱۱- ۱- رواداری‌های اختلاف سطوح بتنی	۲۳۴
جدول ۱۱-۲- حداقل ضرایب ایمنی لوازم قالب‌بندی	۲۳۹
جدول ۱۱-۳- حداقل زمان لازم برای قالب‌برداری	۲۴۳
جدول ۱۲-۱- غلظت مجاز گازها در فضاهای زیرزمینی	۲۶۰
جدول ۱۳-۱- محدوده دانه‌بندی مجاز برای سنگدانه‌ها	۲۸۵
جدول ۱۳-۲- سایر محدوده‌های مجاز دانه‌بندی	۲۸۵
جدول ۱۳-۳- رده بندی مخلوط‌های بتن پاشیدنی	۲۸۸
جدول ۱۳-۴- مشخصه‌های انتخابی طراح برای مخلوط‌های بتن‌پاشی	۲۸۹
جدول ۱۳-۵- مقدار کل هوای بتن مقاوم در مقابل یخ‌زدگی	۲۸۹
جدول ۱۷-۱- واحدهای سامانه متریک و علایم اختصاری آنها	۳۳۷

مقدمه

اجرای طرح‌های سدسازی، به لحاظ دارا بودن پیچیدگی‌های فنی و آثار زیست‌محیطی عمده، بسیار پرهزینه و وقت‌گیر بوده و تلاش و کوشش همه‌جانبه و وسیعی را در زمینه‌های مختلف طلب می‌نماید.

این طرح‌ها، در زمره طرح‌های مهم مهندسی بوده و اجرای آنها می‌تواند نقش مهمی در اعتلای اقتصادی منطقه‌ای و ملی داشته باشد. به همان نسبت که اجرای صحیح طرح‌های مزبور می‌تواند نقش پر اهمیت خود را ایفا نماید، عملکرد ناصحیح آنها، به ویژه در شرایطی که رفتار نامطلوب سد منجر به خرابی‌ها و تلفات جانی و مالی گردد، دارای ابعاد وسیعی بوده و اثرات سوء نامطلوب زیادی از خود برجا می‌گذارد.

برای اجرای صحیح طرح‌های سدسازی در مرحله ساخت، مدارکی مورد نیاز است که روابط دست‌اندرکاران را به لحاظ مالی و حقوقی به روشنی بیان کرده، دیدگاه‌های طراح را نیز به درستی و با دقت لازم به سازندگان طرح منتقل نماید. این مدارک اسناد پیمان نامیده می‌شود.

مشخصات فنی که یکی از مهم‌ترین اسناد هر پیمانی است، به بیان کمی و کیفی معیارهایی می‌پردازد که برای اجرای طرح مورد نظر الزامی است. اگرچه این معیارها به طور عمده فنی است، اما مشخصات فنی در موارد ضروری معیارهای حقوقی و مالی مترتب بر موارد فنی را نیز تعیین می‌کند. تعریف مشخصات فنی در متون استانداردهای جهانی عبارت است از:

«بیان دقیق و تفصیلی خصوصیات مصالح، ماشین‌آلات و ابزار، ابعاد، نحوه اجرا و نصب، ساخت و تولید».

با توجه به اینکه مشخصات فنی بخشی تفکیک‌ناپذیر از اسناد پیمان است، علاوه بر آن که کیفیات و روش‌های مورد نظر طراح را به سازندگان معرفی می‌کند، در قالب سندی حقوقی (با تبعات بلافصل مالی) در زمان اجرا به عنوان یکی از اصلی‌ترین ابزار نظارتی نیز به‌کار می‌رود.

اگر چه مشخصات فنی هر طرح سدسازی ممکن است با طرح‌های دیگر متفاوت باشد، در هر یک از فعالیت‌ها اصول، ضرورت‌ها و الزامات متعددی وجود دارد که در طرح‌های مختلف مشابه است. عموما موارد مشابه به شکل مشخصات فنی عمومی منتشر می‌شود تا از تکرار کار پر هزینه تدوین مشخصات فنی مشابه برای هر طرح مشخص جلوگیری نموده و موجب کاهش اشتباهات محتمل گردد. غالبا برای هر طرح خاص مشخصات فنی خصوصی نیز تهیه می‌شود که در آن مشخصات فنی عمومی را تکمیل و یا بندهایی از آن را که مورد نظر طراح باشد، حذف یا نقض می‌نماید. بدیهی است مشخصات فنی خصوصی بر مشخصات فنی عمومی اولویت دارد. اگر مشخصات فنی خصوصی در مواردی سکوت کرده باشد، بدین معنی است که آن موارد از مشخصات فنی عمومی در طرح مورد نظر نافذ هستند. مشخصات مواد و مصالح و روش‌های اجرای عملیات که در مشخصات فنی عمومی ذکر شده است، حداقل مشخصات قابل قبول تلقی می‌شود، مگر آن که خلاف این مطلب در مشخصات فنی خصوصی به وضوح ذکر شده باشد.

توسعه فن سدسازی در ایران در سال‌های اخیر، همراه با به‌کارگیری دانش و تجربیات کارشناسان ایرانی و خارجی، آمیزه‌ای از روش‌های گوناگون در زمینه تهیه مشخصات فنی برای طرح‌های سدسازی در کشور را به وجود آورد، که موجب ناهماهنگی‌ها و نابسامانی‌های فراوانی در این زمینه گردید. با توجه به لزوم تدوین یک مشخصات فنی عمومی برای به کارگیری در طرح‌های سدسازی، کمیته سدسازی دفتر طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور، تهیه و تدوین مشخصات فنی عمومی برای سدها را در دستور کار خود قرار داد. تدوین این استاندارد تحت نظارت این کمیته، به شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس واگذار شد.

مشخصات فنی عمومی حاضر حاصل کار مشترک کارشناسان شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس و اعضای کمیته فنی سدسازی دفتر طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور است.

این مشخصات فنی عمومی در کلی‌ترین حالت برای سدهای بزرگ بر مبنای تعاریف ICOLD تدوین شده است[۱] و سدهای بتنی، خاکی و بتن غلتکی کوبیده و همچنین تاسیسات مکانیکی، هیدرومکانیکی و الکتریکی سدها و نیروگاه‌ها را شامل است.

در تهیه این مشخصات فنی عمومی سعی شده است که شرایط عمومی پیمان به طور مطلق رعایت شود، از تکرار پرهیز شود و هر روش یا فعالیت خاصی که ممکن است در عملیات اجرایی انواع مختلف سد به کار گرفته شود، در فصلی جداگانه و فقط یک‌بار آورده شود.

آیین‌نامه‌ها و استانداردهای ملی و بین‌المللی که در متن این مشخصات فنی عمومی به آنها ارجاع داده شده‌است، جزو این مشخصات فنی عمومی محسوب شده و رعایت آنها به اندازه مفاد این مشخصات فنی عمومی لازم است، مگر آن که در متن این مشخصات فنی عمومی از آنها به عنوان استانداردهای راهنما یا استانداردهای اختیاری نام برده شده باشد. آخرین ویرایش هر یک از این استانداردها و آیین‌نامه‌ها، به هنگام عقد هر پیمان، در آن پیمان نافذ خواهد بود.

از آنجا که برخی از منابع و مراجع در فصول مختلف مورد استفاده قرار گرفته‌اند، از تکرار آنها خودداری شده و در انتهای مشخصات فنی عمومی فهرست منابع و مراجع تمام فصول یک‌جا ارائه شده است.

با توجه به این که مشخصات فنی عمومی حاضر اولین تجربه در زمینه تهیه مشخصات فنی عمومی برای طرح‌های سدسازی کشور است، نظرات و راهنمایی‌های اساتید، کارشناسان و دست‌اندرکاران صنعت سدسازی کشور، به ویژه پیش‌کسوتان این صنعت، همواره مورد استقبال تهیه‌کنندگان خواهد بود و در ویرایش‌های بعدی مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

۱- برمبنای تعاریف ICOLD سدهایی جزو سدهای بزرگ طبقه‌بندی می‌شوند که یکی از شروط زیر را دارا باشند:

الف- ارتفاع آن‌ها از پایین‌ترین رقوم سطح پیاده‌رو یا سواره‌رو تاج، ۱۵ متر یا بیشتر باشد.

ب- سدهای با ارتفاع ۱۰ متر تا ۱۵ متر در صورتی‌که حداقل یکی از شرایط زیر را دارا باشند:

- تاجی به طول ۵۰۰ متر داشته باشد.
- ظرفیت مخزن حداقل یک میلیون متر مکعب باشد.
- تخلیه سیلاب حداقل ۲۰۰۰ متر مکعب بر ثانیه باشد.
- پی سد با مسائل پیچیده، خاص و غیر عادی باشد.
- شکل سد دارای طراحی خاص و غیرعادی باشد.

ج – از اوایل سال ۱۹۹۸ سدهای بین ۵ تا ۱۵ متر با ظرفیت بیش از ۳ میلیون مترمکعب نیز در ردیف سدهای بزرگ آورده شده‌اند.

فصل ۱

کلیات

۱-۱- دامنه کاربرد

این مشخصات فنی عمومی بخشی تفکیک‌ناپذیر از اسناد پیمان طرح‌های سدسازی و لازم‌الاجرا است. اگر مواردی در مشخصات فنی خصوصی، نقشه‌های منضم به پیمان، دستورالعمل‌های کارگاهی یا بخشنامه‌ها، تعیین شده و با برخی از مفاد این مشخصات فنی عمومی مغایر باشد، آن موارد از این مشخصات فنی عمومی لازم‌الاجرا نیستند.

این مشخصات فنی عمومی در طرح‌های احداث سدها و سازه‌های وابسته به سدها مانند اجزای سامانه انحراف، گالری زهکشی یا تزریق، نیروگاه‌ها، حفاری و تزریق، تحکیم، سرریزها، حوضچه آرامش، شهرک‌ها و سایر سازه‌هایی که در طرح‌های سدسازی احداث می‌شوند، کاربرد دارد.

۱-۲- استانداردها

تمام آیین‌نامه‌ها، دستورالعمل‌ها، توصیه‌ها وسایر استانداردهایی که در این مشخصات فنی عمومی به آنها ارجاع داده شده است، لازم‌الرعایه هستند.

در مواردی که بین استانداردهای مذکور و این مشخصات فنی عمومی مغایرتی وجود دارد، باید موارد مندرج در این مشخصات رعایت شوند.

مواردی که در این مشخصات فنی عمومی مشخص نشده است، باید به ترتیب اولویت بر استانداردهای لازم‌الرعایه ملی و استانداردهای معتبر بین‌المللی منطبق باشد.

اگر موارد خاصی به وسیله هیچ یک از این مشخصات و استانداردها مشخص نشده باشد، تطابق آن موارد با دستورالعمل‌های مهندس ناظر ملاک خواهد بود.

رعایت مندرجات مشخصات فنی خصوصی، نقشه‌های پیمان و دستورالعمل‌های کارگاهی نسبت به رعایت مفاد این مشخصات فنی عمومی اولویت دارند.

۱-۳- مسوولیت‌های پیمانکار

رعایت مندرجات این مشخصات فنی عمومی به هیچ وجه از مسوولیت‌های پیمانکار برای انجام به موقع و با کیفیت تعریف شده موضوع پیمان که در سایر اسناد پیمان آمده است، نمی‌کاهد.

تفویض برخی یا تمام عملیات موضوع پیمان به پیمانکار(ان) جزء یا تولید کنندگان یا تامین کنندگان مصالح و تجهیزات مورد لزوم برای اجرای پیمان، که بر اساس شرایط عمومی پیمان انجام می‌شود، از هیچ یک از مسوولیت‌های پیمانکار نمی‌کاهد.

برخی از مدارک و گواهی‌هایی که در ارتباط با اجرای اجزای مختلف پیمان یا مصالح و تجهیزات خریداری شده برای اجرای پیمان، ضرورتا باید توسط پیمانکار تهیه شده و به مهندس ناظر یا کارفرما ارائه شوند، در هر یک از فصل‌ها و بندهای مربوط در این مشخصات فنی ذکر شده‌اند. سایر این قبیل مدارک و گواهی ها در مشخصات فنی خصوصی یا دستورالعمل های مهندس ناظر تعیین خواهد شد.

به هر حال این مشخصات فنی عمومی، مانند مشخصات فنی خصوصی طرح، نقشه‌های منضم به پیمان و دستورالعمل‌های مهندس ناظر از اجزای تفکیک‌ناپذیر پیمان‌های بین پیمانکار اصلی با پیمانکاران جزء یا تولید کنندگان و تامین‌کنندگان مصالح و تجهیزات مورد لزوم خواهد بود.

همچنین در صورتی که پیمانکاران جزء نیز برای تولید یا تامین مصالح و تجهیزات مورد نیاز خود با تولیدکنندگان و تامین کنندگان دیگر پیمانهایی می‌بندند، این مشخصات فنی عمومی به همراه مشخصات فنی خصوصی، نقشه‌ها و دستورالعمل‌های مهندس ناظر در آن پیمان‌ها نافذ خواهد بود.

۱-٤- پیشنهادهای پیمانکار

پیمانکار باید قبل از تجهیز کارگاه برای اجرای هر قسمت اصلی از موضوع پیمان، پیشنهادهای خود در مورد روش اجرای آن قسمت از کار با جزییات قابل قبول در خصوص تامین مصالح، نیروی کار، تجهیزات و ماشین‌آلات به همراه برنامه کامل زمان‌بندی اجرای جزییات آن قسمت از کار را کتبا به مهندس ناظر ارائه کند و پس از کسب تایید مهندس ناظر با اعمال اصلاحات احتمالی مورد نظر مهندس ناظر اقدام به تجهیز و آغاز اجرای آن قسمت از عملیات اجرایی موضوع پیمان نماید.

پیمانکار می‌تواند پیشنهادهای خود را در جهت بهبود کیفی کارها، کاهش هزینه‌ها یا مدت اجرای عملیات و در مورد تغییر در مندرجات نقشه‌ها و مشخصات فنی خصوصی با ارائه محاسبات و دلایل مستدل، کتبا به مهندس ناظر ارائه نماید.

۱-۵- تضمین کیفیت

پیمانکار باید با ارائه برنامه تضمین کیفیت، معرفی مهندس مسوول کیفیت به مهندس ناظر و رعایت مفاد کلیه اسناد پیمان، کیفیت موضوع پیمان را تامین نماید. برنامه تضمین کیفیت شامل کنترل عوامل موثر بر کیفیت عملیات اجرایی و محصولات نهایی این عملیات در دامنه تعریف شده قابل پذیرش از طریق تامین معیارهای کیفی مندرج در استانداردها و آیین‌نامه‌های ملی، این دفترچه مشخصات فنی عمومی، مشخصات فنی خصوصی، نقشه‌ها، دستورالعمل‌های کارگاهی و سایر اسناد پیمان خواهد بود.

معیارهای کیفی مربوط به هر بخش از پیمان در فصل مربوط در این مشخصات فنی عمومی و همچنین مشخصات فنی خصوصی، نقشه‌ها، دستورالعمل‌های کارگاهی و سایر اسناد پیمان ارائه شده است. عدم تعیین برخی از معیارهای کیفی ناقض مسوولیت پیمانکار در تامین این معیارها نیست.

۱-۵-۱- پذیرش کیفیت

کیفیت هر یک از مواد و مصالح، ماشین‌آلات و ابزار، روش‌های اجرایی مورد استفاده پیمانکار و یا بخش‌هایی از موضوع پیمان که تکمیل شده است، از طریق تطابق هر یک از آنها با معیارهایی پذیرفته خواهد شد که در این مشخصات فنی عمومی، مشخصات فنی خصوصی، نقشه‌ها، دستورالعمل‌های کارگاهی و سایر اسناد پیمان تعیین شده‌اند.

۱-۵-۲- کنترل کیفیت

عملیات کنترل کیفیت که از سوی پیمانکار انجام خواهد شد، باید موجب کنترل دامنه تغییرات کیفی در حدود قابل قبول و معقول شود. در صورتی که در مواردی دامنه تغییرات کیفی در این مشخصات فنی عمومی، مشخصات فنی خصوصی، نقشه‌ها، دستورالعمل‌های کارگاهی یا سایر اسناد پیمان تعیین شده باشد، این دامنه تغییرات باید رعایت شده و به عنوان معیار پذیرش کیفیت محسوب خواهد شد.

۱-٦- محیط زیست

پیمانکار موظف است روش‌های اجرایی، ماشین‌آلات، مصالح (مشخصات و محل تامین) و کارکنان خود را به‌گونه‌ای انتخاب کند که از اثرات سوء محتمل بر محیط زیست (محیط‌های فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی، بهداشتی، اجتماعی و اقتصادی منطقه طرح، مملکتی و جهانی) جلوگیری کند. در این خصوص تمام قوانین،آیین‌نامه‌ها و مقررات محلی، مملکتی و «کنوانسیون‌ها» و قراردادهای بین‌المللی و اسناد تعهدآور ملی لازم‌الرعایه هستند.

۱-۷- نقشه‌های چون‌ساخت[1]

پیمانکار موظف است از تمام حفاری‌ها، سازه‌ها، تجهیزات و ماشین‌آلاتی که توسط وی به طور دائمی نصب یا اجرا می‌شوند، نقشه‌های چون‌ساخت تهیه کند و در زمان مقتضی ـ بنابر نظر مهندس ناظر ـ آنها را به مهندس ناظر تحویل دهد.

۱-۸- ثبت اطلاعات و گزارش‌ها

تمام اطلاعات و گزارش‌هایی که تهیه آنها در اسناد پیمان به عهده پیمانکار گذاشته شده است، اعم از گزارش‌های روزانه، هفتگی، ماهانه، تکمیل کار، کنترل کیفیت، ایمنی، نتایج آزمایش‌ها، گواهی‌های تامین کنندگان تجهیزات یا تولید کنندگان مصالح و غیره باید تهیه و ثبت شود. در صورتی که در اسناد پیمان تصریح شده باشد، باید نسخه‌ای از این گزارش‌ها برای مهندس ناظر ارسال شود و در غیر این صورت بایگانی پیمانکار باید همواره در دسترس نظار و بازرسان باشد، تا این قبیل گزارش‌ها مورد بازرسی و بررسی قرار گیرند.

1- As-Built, As-Excavated, As-Constructed, As-Installed

فصل ۲

تعاریف

آتشکاری: تمام فعالیت‌های مربوط به طراحی عملیات، حفر چال‌ها، خرج‌گذاری، انفجار و غیره که منجر به خردشدن سنگ و حصول قطعات سنگ لاشه به ابعاد مورد نظر می‌شود.

آزمایش: مجموعه فعالیت‌هایی است که برای اندازه‌گیری کمیت‌ها و کیفیت‌های مورد نظر در مواد، مصالح، ماشین‌آلات و غیره انجام می‌شود.

آزمایش‌های پذیرش: آزمایش‌هایی است که برروی مواد و مصالح، ماشین‌آلات و... جهت پذیرش آنها برای به‌کارگیری در تجهیز، اجرا و بهره‌برداری انجام می‌شود.

آزمایش‌های کنترل کیفیت: آزمایش‌هایی است که برروی فرآورده‌ها، عملیات، تجهیزات و...انجام می‌شود تا دامنه تغییرات و میزان انطباق با مشخصات وکیفیت مورد نظر تعیین شود.

انطباق: (تطابق، تطبیق) برخورداری مواد،مصالح، روش‌های عملیاتی، ماشین‌آلات، تجهیزات و... از کیفیت و کمیت مشخص شده و تعریف شده.ر.ک.[۱] معیارهای انطباق

برچیدن کارگاه: ر.ک. شرایط عمومی پیمان

برنامه زمانی اجرای کار: (زمان‌بندی) ر.ک. شرایط عمومی پیمان

پارامترهای کنترل کیفیت: خواص کیفی مواد، مصالح، روش‌ها، ماشین‌آلات و تجهیزاتی که کنترل می‌شود.

پذیرش: (پذیرش کیفیت) تایید انطباق کیفی مواد، مصالح، روش‌های اجرای عملیات، ماشین‌آلات، تجهیزات و... با مشخصات الزامی. ر.ک. معیارهای انطباق.

پیمان: ر.ک.شرایط عمومی پیمان

پیمانکار: ر.ک. شرایط عمومی پیمان

پیمانکار جزء (دست دوم): ر.ک. شرایط عمومی پیمان

تاسیسات و ساختمان‌های موقت: ر.ک. شرایط عمومی پیمان

تجهیزات: ر.ک. شرایط عمومی پیمان

تجهیز کارگاه: ر.ک. شرایط عمومی پیمان

تصویب: تایید مواد، مصالح، روش‌های عملیاتی و ماشین‌آلات پیمانکار توسط کارفرما. تصویب همواره کتبی خواهد بود.

تضمین کیفیت: عملیات و روش‌هایی که منجر به حصول قطعی کیفیت مورد نظر می‌شود. این عملیات غالبا شامل عملیات کنترل کیفی، بازرسی‌های عینی و عملیات پذیرش است.

تناوب آزمایش‌ها: مدت زمان تعیین شده برای تکرار آزمایش‌های پذیرش یا کنترل کیفیت.

خطای مجاز: ر.ک. مدارا و رواداری

رییس کارگاه: ر.ک. شرایط عمومی پیمان

شرایط خصوصی: ر.ک.شرایط عمومی پیمان

۱- ر.ک. به معنای «رجوع کنید به» است.

شرایط عمومی: ر.ک.شرایط عمومی پیمان

شرایط محیطی: شرایط محیطی که شامل عوامل جوی و جغرافیایی هستند و عملیات در آن شرایط اجرا می‌شود.

عدم انطباق: (عدم تطابق، عدم تطبیق) حاصل نشدن کیفیات تعریف شده مواد، مصالح، روش‌ها، ماشین‌آلات و تجهیزات. عدم حصول معیارهای تطابق.

عدم تطابق: ر.ک. عدم انطباق

عدم تطبیق: ر.ک. عدم انطباق

کار: ر.ک.شرایط عمومی پیمان

کارفرما: ر.ک. شرایط عمومی پیمان

کارگاه: ر.ک. شرایط عمومی پیمان

کنترل کیفیت: عملیاتی که موجب می‌شود تغییرات کیفی مواد، مصالح، روش‌ها، ماشین‌آلات و تجهیزات در دامنه‌ای تعریف شده و قابل قبول باقی بماند و شامل بازرسی‌های عینی، نمونه برداری‌ها، آزمایش‌ها و محاسبه آماری نتایج آزمایش‌ها است.

کیفیت: مجموع ویژگی‌ها و مشخصات یک محصول یا عملیات که آن را برای برآوردن نیاز خاصی مناسب می‌سازد.

ماشین‌آلات و ابزار: ر.ک. شرایط عمومی پیمان

مجوز: اجازه‌نامه کتبی مهندس ناظر که پیمانکار باید آن را برای آغاز هر مرحله از عملیات اجرایی و برای هر گونه تغییر در روند عملیات اخذ کند.

مدارا: (رواداری، خطای مجاز) مقدار معینی که مواد، مصالح، روش‌ها، ماشین‌آلات، تجهیزات و سازه‌ها مجازند از کیفیات مشخص شده ـ با توجه به عدم امکان کنترل کامل تغییرات ـ عدول کنند.

مدیر طرح: ر.ک. شرایط عمومی پیمان

مصالح: ر.ک. شرایط عمومی پیمان

معیارهای انطباق: (معیارهای پذیرش، معیارهای تطابق، معیارهای تطبیق) بیان کمی کیفیات مورد نظر برای مواد، مصالح، روش‌ها، ماشین‌آلات و تجهیزات در دفترچه مشخصات که به صورت حداقل مجاز، حداکثر مجاز یا محدوده مجاز تعیین می‌شود.

معیارهای پذیرش: ر.ک. معیارهای انطباق

معیارهای تطابق: ر.ک. معیارهای انطباق

معیارهای تطبیق: ر.ک. معیارهای انطباق

موافقت‌نامه: ر.ک. شرایط عمومی پیمان

نمودارهای کنترل کیفیت: نمودارهایی که براساس نتایج آزمایش‌ها و محاسبات آماری برروی آنها تهیه می‌شود و تغییرات کیفی مواد، مصالح، روش‌ها، ماشین‌آلات و تجهیزات به وسیله آنها کنترل می‌شود.

مهندس مشاور: ر.ک. شرایط عمومی پیمان

مهندس ناظر: ر.ک.شرایط عمومی پیمان

فصل ۳

حفاظت و ایمنی

۳-۱- کلیات

این فصل از مشخصات فنی شامل الزاماتی است که تحت شرایط عمومی پیمان، باید توسط پیمانکار، در مورد تامین حفاظت و ایمنی رعایت شود.

۳-۱-۱- استانداردها

علاوه بر استانداردهایی که در این مشخصات فنی ذکر شده‌اند، روش‌ها و ابزار تامین ایمنی پیمانکار و پیمانکاران دست دوم باید بر قوانین، مقررات، آیین‌نامه‌ها و استانداردهای مربوط به ایمنی، بهداشت کار و محیط زیست که در سطح کشور یا منطقه طرح لازم‌الاجرا هستند، منطبق باشد. در مواردی که بین این مشخصات و چنین قوانین و مقرراتی مغایرتی وجود داشته باشد، رعایت قوانین مملکتی اولویت دارد و در صورتی که مندرجات این مشخصات سخت‌گیرانه‌تر باشد، علاوه بر تطبیق با قوانین مملکتی، روش‌ها و وسایل مندرج در این مشخصات نیز باید به کار گرفته شوند. پیمانکار باید مفاد استاندارد «دستورالعمل حفاظت و ایمنی در کارگاه‌های سدسازی» (نشریه شماره ۲۴۷ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور) را کاملا رعایت کند و برای برنامه‌ریزی در مواردی که در استاندارد مذکور و این دفترچه مشخصات ذکر نشده است، استاندارد Construction Safety Standards از نشریات USBR باید مدنظر باشد (در این فصل از مشخصات فنی عمومی به دلیل تکرار ارجاع به این استاندارد به طور خلاصه آن را USBR: CSS نامیده‌ایم).

۳-۱-۲- مسوولیت‌های پیمانکار

مسوولیت تطابق تمام فعالیت‌ها، تجهیزات و وسایل در کارگاه با این دفترچه مشخصات و استانداردهای مذکور در آن (به ویژه نشریه شماره۲۴۷ سازمان مدیریت وبرنامه‌ریزی کشور) با پیمانکار خواهد بود. این مسوولیت شامل تمام مواردی است که توسط پیمانکار اصلی یا پیمانکاران دست دوم و یا تولید کنندگان دیگر اجرا، راه اندازی، نگهداری یا ساخته می‌شود.

هیچ یک از کارکنان پیمانکار، پیمانکاران دست دوم و تولید کنندگان طرف قرارداد پیمانکار اصلی نبایدتحت شرایط غیربهداشتی، مضر یا خطرناک – به شرح مندرج در این دفترچه مشخصات و استانداردهای مرجع آن –کارکنند.

مندرجات این مشخصات و کاستی‌های احتمالی آن از مسوولیت پیمانکار برای تامین ایمنی و بهداشت کارکنان نمی‌کاهد.

۳-۱-۳- تغییر در مشخصات

در صورتی که تحت شرایط خاصی مندرجات این فصل از مشخصات فنی قابل اجرا نباشد، تغییر در مشخصات از مسوولیت‌های مهندس مشاور و در مشخصات فنی خصوصی خواهد بود. همچنین تغییرات احتمالی پس از درخواست پیمانکار مورد بررسی مهندس ناظر قرار خواهد گرفت. درخواست پیمانکار باید حاوی توجیه لزوم این تغییرات، روش پیمانکار برای تامین سلامت و امنیت کارکنان کارگاه و استاندارد مرجع پیمانکار باشد.

درخواست پیمانکار شامل اطلاعات فنی و مربوط به موضوع نقشه‌ها، مشخصات مواد یا ابزار و سایر اطلاعاتی خواهد بود که برای تصمیم گیری مهندس ناظر ضروری باشد. تنها روش‌هایی مورد تایید مهندس ناظر خواهد بود که روش پیشنهادی در آنها برای تامین سلامت و امنیت کارکنان با این دفترچه مشخصات و قوانین کشوری مغایرتی نداشته باشد. تا زمانی که تایید کتبی مهندس ناظر صادر نشده باشد، هیچ تغییری در روش‌های حفاظت و ایمنی کارگاه قابل اجرا نخواهد بود.

۳-۲- تعاریف

علاوه بر واژه‌های مرتبط با پیمان و اسناد آن که در فصل دوم این مشخصات ارائه شده است، تعاریف ضروری واژه‌های تخصصی سدسازی نیز در فصول مربوط ارائه شده‌اند. با توجه به این که واژه‌های مربوط به حفاظت و ایمنی در هر نوع عملیات، در کارگاه‌های سدسازی، در فصل مربوط به آن عملیات تعریف شده‌اند، در این فصل از تکرار آنها احتراز شده است.

۳-۳- سازمان حفاظت و ایمنی

۳-۳-۱- برنامه حفاظت و ایمنی

پیش از آغاز عملیات اجرایی، نمایندگان پیمانکار باید در جلسه‌ای (یا جلسه‌هایی) تشکیلات حفاظت و ایمنی مورد نظر خود را برای مهندس ناظر تشریح کنند. نمایندگان پیمانکار باید بتوانند روش‌های مورد نظر خود برای تامین ایمنی در کلیه مراحل اجرایی کارهای موضوع قرارداد، و همچنین روش‌های تطابق با این مشخصات فنی عمومی، استانداردها و قوانین مملکتی در خصوص حفاظت و ایمنی کارکنان را با کلیه جزییات مربوط برای نظارت مقیم توضیح دهند.

پیمانکار اصلی، برنامه‌ای برای حفاظت و ایمنی کارگاه تنظیم می‌نماید که شامل تمام مراحل اجرایی طرح خواهد بود و آن را به صورت گزارش به مهندس ناظر ارائه می‌کند و در صورتی که برخی از جزییات کار در این برنامه مورد نظر قرار نگرفته باشد، قبل از آغاز اجرای آن جزییات، پیمانکار باید گزارش کتبی دیگری در خصوص حفاظت و ایمنی مربوط به آن را برای مهندس ناظر ارسال کند. به هر حال هیچ یک از مراحل اجرا، قبل از تصویب برنامه حفاظت و ایمنی در آن مرحله، توسط مهندس ناظر آغاز نخواهد شد. برنامه کلی حفاظت و ایمنی و برنامه‌های تکمیلی که بعدا ارسال می‌شود حاوی جدول زمانی تکمیلی، الزامات ایمنی، جزییات و روش‌های اجرایی حفاظت و ایمنی خواهد بود.

ردیف‌های این برنامه با جزییاتی ارائه خواهد شد که مهندس ناظر از حصول ایمنی قابل قبول در کارگاه مطمئن شود. برنامه اصلی ارائه شده توسط پیمانکار باید شامل تمام مراحل کار و یا فقط فهرستی کامل از آنها باشد که در این صورت قبل از آغاز هر مرحله کار باید برنامه ایمنی با تمام جزییات ارائه شده و به تصویب مهندس ناظر برسد.

برنامه اصلی پیمانکار برای حفاظت و ایمنی کار و کارکنان باید شامل مطالبی باشد که در پیوست شماره ۱ این مشخصات فنی عمومی ارائه شده است.

برنامه اولیه یا برنامه‌های تکمیلی ایمنی که شامل عملیات مخاطره‌آمیز هستند باید حاوی تجزیه و تحلیل مقدار و نوع خطرات و روش ویژه مقابله با آن باشد. در روش ویژه مقابله با خطرات، فعالیت‌ها به کوچک‌ترین گام‌های ممکن تقسیم می‌شود. تجزیه و تحلیل مخاطره، خطرات هرگام را به روشنی تعریف کرده و روش کاهش یا از بین بردن آن خطرها را تعیین می‌کند. در روش‌های ویژه مقابله با مخاطرات باید الزامات آموزشی کارکنان، الزامات وسایل حفاظتی کارکنان، روش‌های ارزیابی تاثیرات برنامه ایمنی و نظایر آن مدنظر باشد.

در مورد تمام فعالیت‌هایی که با مصالح خطرناک یا سمی یا در فضاهای حاوی گازها و غبارات سمی انجام می‌شود، باید برنامه‌ای حاوی روش ویژه مقابله با مخاطرات ارائه شود.

تصویب این برنامه توسط مهندس ناظر از مسوولیت پیمانکار برای تامین سلامت و ایمنی کارکنان نمی‌کاهد. پس از جلسه اولیه و تسلیم برنامه حفاظت و ایمنی پیمانکار برای بررسی این برنامه، جلسه‌های دیگری برگزار خواهد شد. رییس کارگاه، مسوول ایمنی پیمانکار و سایر مسوولین مربوط به برنامه حفاظت و ایمنی در این جلسه‌ها حضور خواهند داشت.

در هر مرحله از کار– بسته به درخواست مهندس ناظر یا پیمانکار– جلسه مشابهی تشکیل خواهد شد تا چگونگی عملکرد پیمانکار در خصوص تامین سلامت و ایمنی کارکنان بررسی شود.

پیمانکار حداقل یک متخصص ایمنی به صورت تمام وقت استخدام و به مهندس ناظر معرفی خواهد کرد. مسوول ایمنی پیمانکار متناوبا از کارگاه‌ها بازدید خواهد کرد تا از اجرای روش‌های تامین سلامت و ایمنی کارکنان اطمینان حاصل کند.

۳-۳-۲- گزارش ماهانه

یک گزارش ماهانه توسط مسوول ایمنی پیمانکار تهیه خواهد شد و در ابتدای هر ماه برای مهندس ناظر ارسال خواهد شد. این گزارش حاوی آمار ماهانه تصادفات و بیماری‌های کارکنان و سایر جزییات مربوط به ایمنی و سلامتی کار وکارکنان خواهد بود.

۳-۳-۳- خانه‌داری

وسایل خانه‌داری و نظافت محیط مانند جارو، سطل‌های زباله و غیره در تمام محیط‌های کاری کارگاه و نیز افرادی برای تامین نظافت تمام این محیط‌ها باید توسط پیمانکار تامین شود.

۳-۳-٤- مواد سمی

انتقال، نگهداری و دور ریزی مواد سمی از هر نوع باید به‌گونه‌ای انجام شود که موجب آلودگی محیط زیست، مخازن آب رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، نهرها و هوای محیط نشود. دفع تمام این گونه مواد مانند زباله، فاضلاب و نظایر آن باید منطبق بر استانداردها و قوانین مملکتی باشد.

۳-۳-۵- موارد عمومی

استفاده از مواد مخدر و یا سکرآور در کارگاه‌های سدسازی ممنوع است. فعالیت افراد معتاد به این‌گونه مواد در کارگاه‌های سدسازی ممنوع است. حمل سلاح گرم، جز در موارد خاصی که مهندس ناظر تایید می‌کند یا قوانین مملکتی آن را مجاز می‌داند، در کارگاه‌های سدسازی ممنوع است.

۳-۳-٦- گواهی‌ها

طراحی وسایل اصلی، ابزار، سامانه‌ها یا سازه‌های نگهدارنده، خاکریزی‌ها، قالب‌بندی که نصب یا کار با آنها خطرآفرین باشد (و توسط پیمانکار یا سازنده‌های دیگر ساخته می‌شود)، باید برای استفاده در موردی که مد نظر است تایید شده باشد. این تاییدیه‌ها یا گواهی‌های کتبی توسط سازنده یا کارشناس مورد تایید دستگاه‌های دولتی صادر و قبل از ساخت این وسایل، سازه‌ها یا سامانه‌ها برای تایید به مهندس ناظر ارائه می‌شود.

۳-٤- دستورالعمل‌ها و تمرین

۳-٤-۱- آموزش

۳-٤-۱-۱- دستورالعمل کتبی

هر یک از کارکنان پیمانکار که استخدام می‌شود، دستورالعملی کتبی دریافت خواهد کرد که شامل تمهیدات مربوط به برنامه‌های ایمنی پیمانکار است. دراین دستورالعمل علاوه بر سیاست عمومی ایمنی پیمانکار، روش‌ها و آیین‌نامه‌هایی که در مورد محیط‌های کاری و گزارش جراحات، کمک‌های اولیه و اقدامات پزشکی لازم‌الاجرا هستند، بیان می‌شود. هر یک از کارکنان باید دریافت این دستورالعمل را کتبا گواهی کند. این گواهی‌ها برای بازرسی مهندس ناظر باید در دسترس باشد.

۳-٤-۱-۲- سرکارگران

قبل از اینکه کارگری در کارگاه مشغول به کار شود، سرکارگر مربوط به آن فعالیت باید روش‌های ایمنی لازم را به کارگر مذکور آموزش بدهد و او را از خطرات فعالیت موردنظر آگاه کند.

۳-٤-۲- تمرین در کارگاه

کارگرانی که در فعالیت‌های انتقال سموم، اسیدها، مواد سوزا و مواد خطرناک دیگر مشغول می‌شوند، باید روش‌های صحیح انتقال این قبیل مواد را بیاموزند. این کارگران باید از خطر بالقوه فعالیت‌های خود، لوازم ایمنی و سایر لوازم و روش‌های ضروری برای مقابله با خطر و مسوولیت خود در انطباق با مقررات ایمنی و این مشخصات فنی آگاه شوند.

باید به کارگرانی که با مواد قابل اشتعال سروکار دارند، روش‌های صحیح و ایمن انتقال و استفاده از این مواد، توصیه شود. کارگرانی که در معرض حشرات، گیاهان، باکتری‌ها و حیوانات بیماری‌زا هستند باید با این خطرات، روش‌های پیشگیری و کمک‌های اولیه آشنا باشند.

تمام فعالیت‌هایی که با استفاده از لیزرها، مایکروویوها، اشعه X و مواد پرتوزای الکترومغناطیسی و یونیزه انجام می‌شوند باید به عهده یا تحت نظارت مستقیم متخصصین مواد پرتوزا باشد. در ضمن افرادی که به‌طور مستقیم در محل‌هایی فعالیت می‌کنند که امکان تاثیر مواد پرتوزای مضر بر آنها وجود دارد، باید از خطرات مواد پرتوزا و روش‌های مقابله با آن آگاه شوند.

افرادی که در ارتباط با ماشین‌آلات سنگین فعالیت می‌کنند باید با روش‌های ایمن کار با ماشین‌آلات آشنا باشند و این آشنایی و مهارت را در کار با ماشین‌آلات عملا نشان دهند. این آزمایش قبل از اینکه به شخصی مجوز کار با ماشین‌آلات داده شود، توسط نماینده پیمانکار انجام می‌شود.

۳-٤-۳- جلسات ایمنی

پیمانکار باید ماهانه جلساتی را برای کنترل مجدد عملیات و تمهیدات ایمنی در تمام فعالیت‌ها برگزار کند. نتیجه این جلسات در گزارش ماهانه مسوول ایمنی پیمانکار به مهندس ناظر ارائه خواهد شد. زمان این جلسات باید از قبل به اطلاع مهندس ناظر برسد.

۳-٤-٤- تمرین کمک‌های اولیه

پیمانکار باید به تعداد قابل قبولی از سرکارگران خود کمک‌های اولیه را آموزش دهد. کمک‌های اولیه باید به وسیله این افراد تمرین شود. این افراد و تعداد آنها باید به تایید مهندس ناظر برسد.

۳-٤-٥- آموزش ایمنی و سلامت

هر یک از مسوولین و سرکارگران که برای مدت بیش از یکسال در کارگاه مشغول خواهد بود، باید در مدت حداکثر یک ماه از زمان آغاز به فعالیت در کارگاه در کلاسی حداقل ۴ ساعته با روش‌ها و الزامات ایمنی در کارگاه و برنامه ایمنی پیمانکار آشنا شوند.

۳-٤-٦- روش‌های ویژه مقابله با خطرات

روش‌های ویژه مقابله با خطرات با همکاری مسوول ایمنی پیمانکار و مهندسین مسوول در عملیات مختلف برای فعالیت‌های زیر تدوین می‌شود:

الف- عملیاتی که بر اثر آن مواد خطرناک یا سمی ایجاد می‌شود.

ب- عملیاتی که در محیط‌های کاری خطرناک مانند ارتفاع زیاد، سکوهای کاری معلق، غواصی در زیرآب، تونل‌ها و نظایر آنها انجام می‌شود.

۳-٤-۷- اخراج

کارکنانی که برنامه، روش‌ها و الزامات ایمنی در کارگاه را قبول نداشته باشند و یا مکررا در انطباق خود و فعالیت‌های خود با آنها ناموفق باشند، از کارگاه اخراج خواهند شد.

۳-٥- وسایل پزشکی

۳-٥-۱- مسایل عمومی

قبل از آغاز عملیات اجرایی، پیمانکار وسایلی را به شرح مندرج در این مشخصات برای انجام عملیات کمک‌های اولیه و پزشکی تهیه و افرادی را به این منظور استخدام خواهد کرد.

باید براساس تماس‌های فوری در کارگاه و همچنین تماس فوری با نزدیکترین مرکز پزشکی در کارگاه، وسایل ارتباطی مناسب پیش‌بینی شود. باید شرایطی مهیا شود که امکان کمک رسانی به هر یک از کارکنان در مواقع اضطراری مهیا باشد. روشنایی اضطراری در محل کمک‌های اولیه و درمانگاه کارگاه باید مهیا باشد.

۳-٥-۱-۱- بیمه

پیمانکار و تمام پیمانکاران دست دوم قبل از آغاز عملیات باید مدارکی به مهندس ناظر ارائه کنند که بیانگر بیمه تمام کارکنان در مقابل حوادث، آن طور که آیین‌نامه‌های مملکتی تصریح کرده‌اند، باشد.

۳-۵-۲- وسایل کمک‌های اولیه

اگر در مشخصات فنی خصوصی دراین خصوص مطلبی قید نشده باشد، حداقل امکاناتی که پیمانکار به عنوان کمک‌های اولیه باید مهیا کند به شرح زیر خواهد بود:

۳-۵-۲-۱- رده الف- کمک‌های اولیه

در کارگاه‌هایی که کم‌تر از ۱۰۰ نفر در آنها مشغول به‌کار هستند (مجموع کارکنان پیمانکار، مهندس ناظر و کارفرما در طولانی‌ترین نوبت‌کاری) و در نزدیکی آنها ایستگاه کمک‌های اولیه یا درمانگاه وجود ندارد، وسایل کمک‌های اولیه باید توسط پیمانکار تهیه شده و به سهولت در دسترس باشد. این وسایل و محل استقرار آنها باید به تایید پزشک همکار پیمانکار برسد؛ اما در هیچ شرایطی نباید کم‌تر از یک جعبه ۱۶ واحدی کمک‌های اولیه برای حداکثر هر ۲۵ نفر کارکنان کارگاه در نظر گرفته شود. جعبه کمک‌های اولیه باید در مقابل عوامل جوی مقاوم بوده و حاوی بسته‌بندی‌های آب‌بندی شده هر یک از اقلام لازم باشد. جعبه کمک‌های اولیه هر هفته توسط مسوول ایمنی کارگاه یا همکاران او بازدید می‌شود و اقلامی که کم شده یا تاریخ مصرف آنها منقضی شده باشد، تکمیل یا با اقلام جدید جایگزین می‌شوند. بایگانی بازدیدها در کنار جعبه‌های کمک‌های اولیه نصب و در دسترس و قابل بازرسی خواهد بود. حداقل یک نفر که قادر باشد کمک‌های اولیه را در مواقع اضطراری انجام دهد باید در هر نوبت کاری در کارگاه حاضر و مسوول ارائه کمک‌های اولیه به کارکنان مجروح و مصدوم باشد. اسامی این افراد مسوول باید در اختیار کارکنان هر نوبت کاری قرار داده شود. هر تیم کاری که در فضاهای بسته کار می‌کند باید یک نفر مسوول کمک‌های اولیه داشته باشد.

حداقل یک برانکار، دو پتو و یک جعبه ۱۶ واحدی کمک‌های اولیه باید در اختیار هر یک از مسوولین کمک‌های اولیه قرار داده شود.

گروه‌های کاری که دور از دسترسی به جعبه‌های کمک‌های اولیه نصب شده در کارگاه و یا مراکز پزشکی دیگر کار می‌کنند باید یک جعبه کمک‌های اولیه در اختیار داشته باشند.

۳-۵-۲-۲- رده ب- ایستگاه کمک‌های اولیه

در کارگاه‌هایی که کارکنان آنها بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ نفر هستند (مجموع کارکنان پیمانکار، مهندس ناظر و کارفرما در طولانی‌ترین نوبت کاری)، یک ایستگاه کمک‌های اولیه که به تایید پزشک همکار پیمانکار رسیده باشد، تاسیس خواهد شد. ایستگاه کمک‌های اولیه حداقل ۲۰ متر مربع زیربنا خواهد داشت که باید مجهز به روشنایی، گرما، آب آشامیدنی، تاسیسات دفع زباله، تهویه و وسایل ارتباطی باشد.

یک پزشکیار یا یک پرستار در تمام زمان‌هایی که کار جریان دارد دراین ایستگاه کمک‌های اولیه حاضر خواهد بود و مستقیما تحت‌نظر پزشک همکار پیمانکار فعالیت خواهد کرد. در هیچ شرایطی مفاد این مشخصات بر توصیه‌ها و تاییدهای پزشک همکار پیمانکار ارجح نخواهد بود.

همانطور که در بند ۳-۵-۳ آمده است، آمبولانس مجهز باید در دسترس باشد.

۳-۵-۲-۳- رده پ- درمانگاه

در کارگاه‌هایی که بیش‌تر از ۳۰۰ نفر مشغول به کار هستند (مجموع کارکنان پیمانکار، مهندس ناظر و کارفرما در طولانی‌ترین نوبت‌کاری)، یک درمانگاه تاسیس خواهد شد که با نظر پزشک همکار پیمانکار تجهیز می‌گردد، اما تاییدیه‌های پزشک همکار پیمانکار به هیچ وجه از مندرجات این مشخصات کم‌تر نخواهد بود.

محل، ابعاد، تجهیزات و وسایل این درمانگاه توسط مهندس ناظر تعیین می‌شود و ساختمان آن چنان خواهد بود که ساکت و خلوت باشد و وسایل ارتباطی، تهویه مناسب، روشنایی، گرما، آب گرم و سرد، توالت‌های مناسب و پریزهای برق در آن تامین باشد. فضاهای داخلی از نظر حرارت و صوت عایق بندی و رنگ می‌شود. کف‌ها با مصالح نفوذناپذیر ساخته و در شرایط بهداشتی و تمیز نگهداری می‌شود. تمام درها و پنجره‌ها مجهز به توری خواهد بود. درمانگاه به‌گونه‌ای مجهز خواهد شد که بیماران سرپایی را معالجه کند.

آمبولانس قابل اعتماد همواره در محل درمانگاه حاضر خواهد بود تا بیماران و مجروحین را منتقل کند. این درمانگاه به طور شبانه‌روزی با استفاده از یک پرستار متخصص یا یک پزشکیار مجرب تحت نظارت مستقیم پزشک همکار پیمانکار ارائه خدمات خواهد کرد.

۳-۵-۲-٤- رده ت

در کارگاه‌هایی که بیش از ۱۰۰۰ نفر به کار مشغولند (مجموع کارکنان پیمانکار، مهندس ناظر و کارفرما در طولانی‌ترین نوبت کاری)، درمانگاهی تاسیس خواهد شد که در آن یک پزشک تمام وقت به همراه گروه پرستاری مناسب مشغول خواهند بود. در چنین درمانگاهی درمان‌های بالینی کوتاه مدت نیز ارائه خواهد شد و همواره یک دستگاه آمبولانس در محوطه آن در دسترس خواهد بود.

۳-۵-۳- آمبولانس

براساس نیازهای کارگاه ومندرجات بند ۳-۳ این مشخصات فنی عمومی پیمانکار باید برای انتقال بیماران و مجروحین، خدمات آمبولانس قابل اعتماد مهیا کند. خدمات آمبولانس هنگامی قابل اعتماد تلقی خواهد شد که واجد یکی از شرایط زیر باشد:

الف- خدمات آمبولانس‌های دارای پروانه اشتغال از وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی

ب- خدمات آمبولانس متعلق به خود پیمانکار که همواره در شرایط مناسب کاری و در کارگاه مستقر باشد.

به هر حال آمبولانس‌ها باید مورد بازرسی و تایید پزشک همکار پیمانکار قرار گیرد.این پزشک، لوازم و تجهیزاتی که باید در آمبولانس برای کمک به بیماران و مجروحین تامین شود را تعیین و تایید خواهد کرد.

راننده هر آمبولانس علاوه بر مهارت در رانندگی و نگهداری آمبولانس در شرایط اضطراری،باید قادر باشد عملیات کمک‌های اولیه را به خوبی اجرا کند. این مهارت‌ها باید به تایید وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی و یا پزشک همکار پیمانکار رسیده باشد.

۳-۵-٤- ثبت اطلاعات پزشکی و کمک‌های اولیه

پیمانکار باید عملیات پزشکی و کمک‌های اولیه را ثبت و بایگانی کند. این اسناد باید شامل موارد زیر باشد:

- گزارش روزانه عملیات
- اطلاعات و آمار انباشته‌ی جراحت‌های هر فرد

- اطلاعات آماری ماهانه در مورد جراحت‌های ناشی از کار با توجه به نوع و طبیعت جراحت
- اطلاعات مربوط به بهبود بیماران و مجروحین

تمام اطلاعات فوق باید همواره برای بازرسی مهندس ناظر در دسترسی باشد.

۳-۵-۵- گواهی‌های جسمانی کارکنان

کارکنانی که استخدام خواهند شد، باید از نظر جسمانی قادر باشند وظایف خود را در شرایط ایمن اجرا کنند. این توانایی توسط پزشک همکار پیمانکار یا اداره بهداشت محل تایید خواهد شد. کارکنانی که توانایی جسمانی آنها به دلایل استفاده از مواد مخدر، فرسودگی، بیماری، مسمومیت یا دلایل دیگر برای انجام کار مورد نظر کافی نباشد، با توجه به اینکه خود و دیگران را به خطر خواهند انداخت، به کار گمارده نخواهند شد.

پیمانکار برای استخدام صغار باید تمام قوانین کار مربوط به صغار را رعایت کند.

تمام افرادی که راهبری خودروها، تجهیزات متحرک، تجهیزات بالابر و تجهیزات خطرناک دیگر به آنها محول می‌شود، باید قادر به خواندن علایم، راهنماها، اخطارها و دستورات عملیاتی باشند و آنها را درک کنند. به ویژه رانندگان کامیون‌ها و ماشین‌آلات سنگین باید توسط مسوولین ایمنی پیمانکار از نظر جسمانی و روانی آزمایش شوند تا ثابت شود که قادرند بدون به خطر انداختن خود و دیگران مسوولیت‌های محوله را انجام دهند. افرادی که به لحاظ جسمانی یا روانی توانایی نداشته باشند و یا تحت تاثیر مواد مخدر و الکل باشند، به هیچ وجه به این قبیل فعالیت‌ها گمارده نخواهند شد. رانندگان جرثقیل‌ها و بالابرها باید سالانه مورد آزمایش جسمانی قرار گیرند.

افرادی که آتشکاری به آنها محول می‌شود باید حایز وضعیت جسمانی خوب باشند و نباید معتاد به مواد سکرآور، مخدرها و امثال آن باشند. این افراد باید قادر باشند دستورات کتبی یا شفاهی را به وضوح دریابند یا صادر کنند.

افرادی که در محیط‌های با هوای فشرده کار می‌کنند، قبل از آغاز به کار توسط پزشک معاینه می‌شوند تا توانایی آنها برای کار در چنین محیطی تایید شود. علاوه بر این چنین افرادی سالانه یکبار و پس از هر دوری بیش از ۱۵ روز از کار مجددا معاینه خواهند شد.

۳-٦- برنامه‌ریزی برای شرایط اضطراری

برنامه ایمنی پیمانکار باید شامل پیش‌بینی‌های ضروری برای ایمنی در شرایط اضطراری احتمالی و مواجهه سریع با این شرایط باشد. چنین وضعیتی ممکن است ناشی از سیل، آتش‌سوزی، فرونشست زمین، رانش، انفجار، اختلالات برق، توفان، زلزله و سایر اتفاقات مشابه باشد. این برنامه باید روش عملیات، شرایط کارگاه و مقدار در معرض خطر بودن افراد و اموال را مدنظر داشته باشد.

پیمانکار می‌تواند با تایید مهندس ناظر اجرای عملیات اضطراری را در چنین مواقعی به شخص ثالث محول کند. افرادی که مواجهه با شرایط غیرعادی و اضطراری به آنها محول می‌شود، باید به اندازه کافی اجرای عملیات در مواقع اضطراری را تمرین کنند.

پیمانکار باید نسبت به تهیه و نگهداری تجهیزات نجات در شرایط کاری مناسب اقدام کند. افراد مسوول استفاده از این تجهیزات باید کار با آنها را به اندازه کافی تمرین کنند.

سامانه‌های هشدار دهنده باید در کارگاه نصب و آزمایش شود تا از طریق آنها به افرادی که در معرض خطر هستند و یا باید در عملیات نجات شرکت کنند اخطار و خبر داده شود.

به هر حال ایمنی کارکنان، عموم مردم و اموال نباید به هیچ دلیلی به مخاطره بیفتد و شرایط اضطراری دلیلی برای رفع مسوولیت پیمانکار و کارکنان آن در انطباق با الزامات این مشخصات فنی نیست.

شماره تلفن‌های اضطراری و دستورالعمل‌های درخواست آمبولانس، کمک‌های اولیه و خدمات پزشکی، بیمارستان، آتش‌نشانی و نیروهای انتظامی باید به طرز مشخص و واضح در کارگاه آگهی شده باشد.

۳-۷- بهداشت و سلامتی

۳-۷-۱- آب آشامیدنی

یک منبع آب آشامیدنی برای هر قسمت از کارگاه که در آن کاری اجرا می‌شود، باید در نظر گرفته شود. منابع آب مورد استفاده برای آشامیدن و تولید یخ خوراکی باید به تایید مسوولین آب منطقه رسیده باشد.

مخازن آب آشامیدنی باید کاملا بسته و مجهز به یک شیر تخلیه باشد که با علامت «آب آشامیدنی» مشخص می‌شود. این مخازن باید در شرایط بهداشتی نگهداری شود. پیمانکار باید از نوشیدن مستقیم آب از مخازن متحرک آب بدون استفاده از تصفیه کننده‌های مناسب جلوگیری کند. مخازن آب آشامیدنی متحرک فقط برای انتقال آب آشامیدنی مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

استفاده ازفنجان‌ها یا لیوان‌های عمومی ممنوع است. باید برای نوشیدن از شیرهای فواره‌ای یا لیوان‌های یک بار مصرف استفاده شود. سامانه فاضلاب نیز باید برای هر شیر آب آشامیدنی مهیا باشد.

بر روی شیرهایی که از آنها آب غیر قابل شرب تخلیه می‌شود باید تابلویی نصب شود که به صورت آشکار بر آن نوشته شده باشد: «آب برای آشامیدن مناسب نیست».

۳-۷-۲- لوازم بهداشتی

حداقل نسبت تعداد توالت‌های ضروری به تعداد کارکنان به شرح مندرج در جدول (۳-۱) است که باید در کارگاه‌های سدسازی رعایت شود:

جدول ۳-۱- تعداد توالت‌ها

تعداد کارکنان (نفر)	تعداد توالت
۰-۲۰	۲ توالت
۲۱-۱۹۹	۲ توالت بیش‌تر به ازای هر ۴۰ نفر بیش‌تر
۲۰۰ و بیش‌تر	۲ توالت بیش‌تر به ازای هر ۵۰ نفر بیش‌تر

در شرایط کارگاهی ویژه، باید برای بانوان در محل‌های کار ایشان به نسبت تعداد آنها توالت بانوان در نظر گرفت.

توالت‌ها باید روزانه ضدعفونی شده و همواره در شرایط بهداشتی نگهداری شوند. هر واحد توالت دارای شیر آب و سیفون شستشوی کاسه توالت خواهد بود. به ازای حداکثر هر ۲ توالت یک واحد دستشویی با صابون مایع احداث خواهد شد.

۳-۷-۳- سامانه دفع زباله

زباله در زباله‌دان‌های فلزی در بسته که حشرات به آن راه نمی‌یابند نگهداری شده و حداقل ۲ بار در هفته تخلیه و منتقل خواهد شد. زباله و سایر فضولات به جایی که مورد تایید مهندس ناظر باشد منتقل شده و به طریق مورد قبول مهندس ناظر از بین برده خواهد شد.

زباله، آشغال، مواد زاید و فاضلاب‌ها نباید محیط زیست، دریاچه‌ها، مخازن، رودخانه‌ها، نهرها یا سایر زهکش‌های طبیعی یا مصنوعی را آلوده کند.

۳-۷-٤- استحمام

پیمانکار باید امکان شستشو را برای کارگرانی فراهم کند که در معرض رنگ‌ها، پوشش‌ها، گیاهان، حشرات یا سایر آلاینده‌های مضر برای سلامتی کار می‌کنند. این امکانات نزدیک محل کار بوده و به مواد پاک کننده مناسب مجهز خواهد بود که با آنها می‌توان نوع خاص آلاینده مورد نظر را شست.

در شهرک‌های مسکونی و اداری کارگاه، محل‌های استحمام با تایید مهندس ناظر احداث خواهد شد که باید با مقررات وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی سازگار باشد. در خوابگاه‌های کارگری به ازای هر ۱۵ نفر احداث یک محل استحمام الزامی است.

۳-۷-۵- لوازم آشپزخانه

تجهیزات مربوط به خدمات غذای پیمانکار باید منطبق بر الزامات آیین‌نامه‌های وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی بوده و به تایید مهندس ناظر رسیده باشد. رستوران‌ها، کانتین‌های غذاخوری و آبدارخانه‌های کارگاه‌ها باید الزامات وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی را برای تاسیس، نگهداری و راهبری این گونه اماکن کاملا رعایت کنند.

افراد شاغل در بخش خدمات غذایی پیمانکار اعم از آشپزها، کارگران آشپزخانه، پیش خدمت‌ها و غیره باید دارای کارت پروانه بهداشتی باشند. این پروانه باید سالانه تمدید شود.

۳-۷-٦- خوابگاه‌ها

معماری خوابگاه‌ها باید به تایید مهندس ناظر رسیده باشد. تمام آیین‌نامه‌های وزارت کار و امور اجتماعی و وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی در مورد این قبیل اماکن، در تاسیس، نگهداری و استفاده از خوابگاه‌های کارگری باید رعایت گردد.

در خوابگاه‌های کارگری، حداکثر مجاز برای سکونت افراد، ۴ نفر در هر اتاق خواهد بود. اتاق‌ها باید دارای سامانه‌های گرمایش، سرمایش و تهویه مناسب بوده و حداقل زیربنای آنها به ازای هر نفر، ۱۰ متر مربع باشد. فضای داخلی خوابگاه‌ها با رنگ پوشیده خواهد شد و دارای روشنایی مناسب و کف‌های چوبی یا غیرقابل نفوذ خواهد بود. درها و پنجره‌ها باید دارای توری باشد.

خوابگاه، تمیز و در شرایط بهداشتی نگهداری شده و ملحفه‌ها هفته‌ای یکبار تعویض و شستشو خواهند شد. در خوابگاه‌ها باید وسایل اطفاء حریق به تعداد کافی نصب گردد.

۳-۷-۷- آلودگی صوتی

پیمانکار مسوول حفاظت کارکنان و عموم مردم از تاثیرات اصوات ناهنجار ناشی از فعالیت‌های کارگاه است. این مسوولیت شامل پیش‌بینی و محاسبه مقدار اصوات ناهنجار و محافظت از شنوایی افراد در زمان‌هایی است که سطح آلودگی صوتی به حدودی می‌رسد که در جدول زیر ارائه شده‌اند.

محافظت در مقابل آلودگی صوتی و جلوگیری از تاثیرات آن هنگامی الزامی است که، مدتی که فردی در معرض سطوح مختلف اصوات قرار می‌گیرد، از مقادیر ارائه شده در جدول (۳-۲) بیش‌تر باشد.

جدول ۳-۲- حداکثر مدت مجاز برای توقف روزانه در معرض آلودگی صوتی

سطح صوت، برحسب dBA با حساسیت کم	مدت در هر روز بر حسب ساعت
۹۰	۸
۹۲	۶
۹۵	۴
۹۷	۳
۱۰۰	۲
۱۰۲	۱/۵
۱۰۵	۱
۱۱۰	۰/۵
۱۱۵	۰/۲۵یا کم‌تر

هنگامی که فردی در معرض سطوح گوناگونی از اصوات مختلف قرار می‌گیرد، مدت مجاز برای توقف در معرض این اصوات از طریق فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$Fe = \frac{T_1}{L_1} + \frac{T_2}{L_2} + ... + \frac{T_n}{L_n}$$

در این فرمول:

Fe= فاکتور هم ارزی قرار گرفتن در معرض اصوات

T = مدت توقف در معرض صوتی که نسبتا در سطح ثابتی باقی می‌ماند.

L = مدت مجاز توقف در معرض اصوات که از جدول فوق برگرفته می‌شود.

اگر Fe بیش‌تر از یک باشد، باید تمهیداتی برای محافظت از شنوایی اندیشیده شود.

هرگز نباید بدون محافظت از شنوایی در معرض اصوات ناشی از ضربه که سطح آنها بیش‌تر از 140dBA هستند، توقف کرد.

محاسبه سطح اصوات توسط افراد متخصصی که از صداسنج‌های منطبق بر استاندارد ANSI S 1/4 (مشخصات فنی صداسنج‌ها) و یا از دوزیمترهای منطبق بر استاندارد ANSI S1/25 (مشخصات فنی دوزیمترهای شخصی) استفاده می‌کنند، انجام می‌شود.

محاسبه سطح صدا در موارد زیر الزامی است:

الف- هنگامی که سطح اصوات بیش از 85 dBA باشد.

ب- هنگامی که کارکنان از اصوات آزرده شوند.

ج- هنگامی که مهندس ناظر تشخیص دهد.

محاسبه سطح صدا توسط افراد متخصص انجام شده و در گزارش آنها روش‌های مواجهه با آلودگی‌های صوتی به مهندس ناظر ارائه خواهند شد.

هنگامی که سطح اصوات یا مدت توقف در برابر آنها به‌گونه‌ای است که از مقادیر مجاز تجاوز می‌کند، پیمانکار باید برنامه محافظت از شنوایی را با حداقل پیش‌بینی‌هایی که در زیر آمده‌اند، اجرا کند.

الف- باید یک مرکز شنوایی سنجی را برای برنامه محافظت از شنوایی به عنوان همکار استخدام کند. اگر این همکار تخصصی تشخیص دهد که شرایط آلودگی صوتی، همکاری چنین مرکزی را لزوما ایجاب نمی‌کند، می‌تواند پیمانکار را از استخدام چنین همکاری معاف کند.

ب- کارکنان باید مجهز به گوشی‌های محافظ شنوایی منطبق بر استاندارد ANSI S3.19 بشوند.

۳-۷-۸- مواد پرتوزا

در مورد روش‌های محافظت از مواد پرتوزا بند ۲-۱۰ از دستورالعمل حفاظت و ایمنی در کارگاه‌های سدسازی (نشریه شماره ۲۴۷ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور سال ۱۳۸۱) ملاک خواهد بود.

۳-۷-۹- آلودگی هوا

پیمانکار باید تمام عملیات، مصالح و تجهیزات را به‌گونه‌ای انتخاب کند که گازهای سمی، دودها، بخارها، غبارها و سایر آلودگی‌های هوا ایجاد نشود یا در حدود مجاز باشد.

اگر پیش‌بینی می‌شود که چنین آلاینده‌هایی در محیط‌هایی که کارکنان مشغول به‌کار هستند خواهد بود، غلظت این آلاینده‌ها از طریق طراحی‌ها و کنترل‌های مهندسی در حدود مجاز و امن حفظ گردد. برخی از این تمهیدات مهندسی عبارتنداز تهویه، تصفیه‌هوا یا نصب هواکش‌ها. اگر در موردی تمهیدات مهندسی نتواند آلاینده‌ها را تاحدود مجاز کاهش دهد، پیمانکار باید از روش‌های حفاظتی مانند ماسک اکسیژن و امثال آن استفاده کند. به هر حال تمام روش‌های پیمانکار برای کاهش آلودگی هوا و محافظت از کارکنان و عموم مردم در مقابل آلاینده‌های سمی براساس بند ۷-۱۰ استاندارد USBR: CSS خواهد بود.

۳-۷-۱۰- سرما و گرما

هیچ یک از کارکنان در گرمای بیش‌تر از ۴۰ درجه سانتی‌گراد نباید کار کنند، مگرآنکه برنامه‌ای تنظیم شده و به تایید پزشک همکار پیمانکار و مهندس ناظر رسیده باشد که کارکنان به نوبت و در فواصل ۲ ساعتی مشغول به کار باشند، به طوری که هر کارگر بین هر دو نوبت کار ۲ ساعتی، ۴ ساعت استراحت کند.

در دمای کم‌تر از منهای ۱۵ درجه سانتی‌گراد نیز کار تعطیل خواهد بود. در دمای هوای بین صفر درجه سانتی‌گراد و منهای ۱۵ درجه سانتی‌گراد کار تنها با پوشش مناسب و تناوب‌های کار و استراحت به ترتیب ۲ و ۴ ساعته مجاز خواهد بود که باید به تایید پزشک همکار پیمانکار و مهندس ناظر رسیده باشد.

۳-۷-۱۱- روشنایی

دفاتر، کارگاه‌ها، انبارها، راه‌های دسترسی پیاده و ساختگاه‌ها باید از روشنایی مطلوب، کافی و مناسب برخوردار باشد. حداقل شدت روشنایی مورد لزوم در فضاهای مختلف کارگاه به شرح مندرج در جدول (۳-۳) خواهد بود.

برای تعیین شدت روشنایی فضاهایی که در جدول فوق مندرج نمی‌باشد، باید از استاندارد ANSI/IES RP7 استفاده شود.

علاوه بر لزوم تامین حداقل شدت روشنایی مورد لزوم، توجه به انتخاب و محل تجهیزات روشنایی الزامی است، به‌گونه‌ای که از بازتاب نور و سایه‌های تاریک کاسته شده، نگهداری تجهیزات و ایمنی افزایش یابد.

مقدار شدت نور ماشین‌آلات متحرک یا چراغ‌های نصب شده بر کلاه ایمنی و امثال آن در محاسبات شدت نور محیط‌های کاری بی‌اثر پنداشته خواهد شد.

مقدار شدت نور توسط نورسنجی حساس در محیط‌های کاری مختلف انجام خواهد شد که مورد تایید مهندس ناظر باشد.

به هرحال در هر محلی از کارگاه که با نور مصنوعی روشن می‌شود، به ویژه درمحل ورود یا خروج کارگران به هر یک از ساختگاه‌ها، نور کافی وجود خواهد داشت. پیمانکار باید مدار روشنایی‌های الکتریکی را متناوبا بازرسی کرده و آنها را در شرایطی مناسب نگهداری کند.

۳-۷-۱۲- حشرات و مارها

برای کاهش خطر حشرات و مارها تمهیدات زیر باید از سوی پیمانکار اجرا شوند:

الف- استفاده از وسایل حفاظتی مانند چکمه، کلاه، توری، دستکش، ماسک و امثال آن

ب- زهکشی، سم پاشی، سوزاندن یا تخریب مکان‌های ازدیاد و تولیدمثل حشرات و مارها

ج- استفاده از بخورهای ضد حشرات

د- بهبود وضعیت بهداشتی محیط‌هایی که در آنها حشرات مشاهده می‌شوند.

هـ- واکسن‌کوبی کارکنان در معرض حشرات و مارها در صورت صلاحدید پزشک همکار پیمانکار

و- در دسترس بودن کمک‌های اولیه و عملیات پزشکی برای کمک به کارکنانی که حشرات یا مارها به آنها آسیب رسانده‌اند.

ز- ابلاغ دستورالعمل‌های پزشک همکار پیمانکار به کارکنان

جدول ۳-۳- شدت روشنایی محیط‌های کاری مختلف

محل کار	شدت روشنایی بر حسب شمع (Footcandles)
پیاده‌روهای سرپوشیده	۵
پیاده‌روهای روباز	۳
خدمات تعمیرگاهی اتومبیل	۳۰
بتن‌ریزی	۵
عملیات ساخت و ساز – فضاهای داخلی	۱۰
عملیات ساخت و ساز – فضاهای خارجی	۵
عملیات خاک‌برداری و خاکریزی با تجهیزات مکانیکی	۳

ادامه جدول ۳-۳- شدت روشنایی محیط‌های کاری مختلف

محل کار	شدت روشنایی بر حسب شمع (Footcandles)
عملیات خاک‌برداری و خاکریزی توام با آمد و شد پیاده	۵
راه‌های خروجی	۵
نگهداری و نگهبانی در فضای باز	۵
ایستگاه کمک‌های اولیه، درمانگاه‌ها و دفاتر	۵۰
ساختگاه‌ها و کارگاه‌های معمولی	۱۰
اتاق‌های تجهیزات الکتریکی و مکانیکی	۱۰
محل پمپ‌های بنزین و گازوییل و سایر سوخت‌ها	۵
کارگاه‌های اجرای کارهای با دقت زیاد	۳۰
سایر کارگاه‌ها	۱۰
انبارهای سرپوشیده	۱۰
انبارهای روباز	۵
توالت‌ها، محل‌های استحمام و اتاق‌های رختکن	۱۰
راه‌های دسترسی تونل‌ها و شافت‌ها	۵
محل کارهای عمومی در تونل‌ها و شافت‌ها	۵
جبهه فعال کار در تونل‌ها و شافت‌ها	۱۰
جوشکاری	۳۰

۳-۷-۱۳- گیاهان سمی

در مناطقی که کارکنان در معرض گیاهان سمی مانند پاپیتال (پیچک)، بلوط، سماق و امثال آن هستند، تمهیدات محافظتی زیر باید از سوی پیمانکار به کار گرفته شود:

الف- کندن و از بین بردن این گیاهان

ب- پوشیدن لباس‌های حفاظتی

ج- استفاده از کرم‌های محافظ

د- صابون و آب برای شستشوی سریع پوست

هـ- کمک‌های اولیه و تجهیزات پزشکی تایید شده برای مواقع ضروری

و- مصون سازی افرادی که در معرض گیاهان سمی قرار گرفته‌اند به روش‌های موردنظر پزشک همکار پیمانکار

ز- ابلاغ دستورالعمل‌های پزشک همکار پیمانکار

۳-۷-۱٤- مواد شیمیایی

ترابری، انبار کردن و استفاده از اسیدها، سوزآورها و سایر مصالح و مواد شیمیایی خطرناک باید براساس توصیه‌های تولید کننده و تحت نظارت کارشناس متخصص صورت گیرد. انبار کردن این قبیل مواد و مصالح در محل‌هایی انجام خواهد شد که فقط در دسترس افراد مجاز باشد.

دور ریختن مواد شیمیایی اضافی نباید به صورتی انجام شود که منابع آب، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، مخازن، نهرهاو چشمه‌ها را بیالاید.

افرادی که با این قبیل مواد کار می‌کنند باید با پوشش‌های مناسب ایمنی کار کنند. جعبه کمک‌های اولیه و تجهیزات پزشکی مورد تایید پزشک همکار پیمانکار باید در محل‌هایی که این قبیل مواد وجود دارند و با آنها کار می‌شود، به سهولت قابل دسترسی باشد. در محل‌هایی مانند آزمایشگاه‌ها، اتاق‌های شارژ باتری و امثال آن که مقادیر زیادی از این مواد وجوددارد باید داروهای شستشوی سریع و اضطراری چشم‌ها و امکان دوش گرفتن سریع کارکنان مهیا باشد.

۳-۸- لوازم ایمنی

این بند از مشخصات فنی عمومی حداقل الزامات را در مورد لوازم ایمنی شخصی کارکنان تمام کارگاه‌های سدسازی ارائه می‌کند. پیمانکار مسوول تهیه و در دسترس کارکنان قراردادن، نگهداری و استفاده صحیح از لوازم ایمنی شخصی تعیین شده در این مشخصات است. افرادی که نخواهند از این لوازم استفاده کنند ویا مکرراً در مورد استفاده از این لوازم سهل‌انگاری کنند، از کارگاه اخراج خواهند شد. لوازم ایمنی شخصی باید منطبق بر استانداردهای NIOSH[1] و MSHA[2] و در موارد خاص که در مشخصات فنی خصوصی قید می‌شود منطبق بر استاندارد ANSI[3] باشد.

لوازم ایمنی شخصی باید روزانه توسط خود کارکنان مورد بازرسی قرار گیرد و در شرایط مناسب نگهداری شود. لوازمی که تحویل کارکنان می‌شود، قبل از تحویل به کارکنان دیگر باید مورد بازبینی و در صورت لزوم تعمیر قرار گیرد.

۳-۹- حفاظت سر

کارکنان پیمانکار شامل مهندسان، بازرسان، جوشکارها، کارگران ساختمانی، آهنگرها، اپراتورهای تجهیزات، کارگران کارگاه‌ها و تعمیرگاه‌ها، تولیدکنندگان، نمایندگان تولیدکنندگان و تامین‌کنندگان مصالح و ماشین‌آلات و... و همچنین کارکنان مهندس ناظر و بازدید کنندگان باید به هنگام ورود یا کار در قسمت‌هایی از کارگاه که با تابلو مشخص شده‌اند، کلاه ایمنی بر سر بگذارند.

در تمام قسمت‌های کارگاه که عملیات ساختمانی اجرا می‌شود، استفاده از کلاه ایمنی الزامی است. با این تعریف در تمام محوطه کارگاه سدسازی به استثنای دفاتر، شهرک‌های مسکونی و خوابگاه‌ها و پارکینگ‌ها کلاه ایمنی باید مورد استفاده قرار گیرد. در تمام ورودی‌ها به محوطه‌های کارگاه، تابلوهایی به ابعاد حداقل یک متر در یک و نیم متر نصب خواهد شد و بر روی آنها با حروفی به ضخامت ۵ سانتی‌متر عبارت زیر نوشته خواهد شد:«محوطه ساختمانی، جلوتر از این تابلو استفاده از کلاه ایمنی الزامی است». این قبیل تابلوها در تمام ساختمان‌ها و سازه‌های ناتمام پیمانکار نصب خواهد شد.

کلاه‌های ایمنی باید بر مشخصات کلاه‌های کلاس B از آخرین ویرایش استاندارد289 ANSI منطبق باشد. بر روی کلاه‌های ایمنی برچسبی نصب خواهد شد که علاوه بر نام تولید کننده، استاندارد مورد استفاده در طرح و ساخت کلاه‌ها بر آن نوشته شده است. هنگامی که هوای محیط کار سرد باشد کلاه ایمنی زمستانی در اختیار کارکنان قرار داده می‌شود.

1- National Institute for Occupational Safety and Health
2- Mine Safety and Health Administration
3- American National Standards Institute

۳-۹-۱- حفاظت صورت و چشم

کارکنانی که صورت و چشم آنها در معرض خطر بالقوه مصدومیت‌های ناشی از پدیده‌های فیزیکی، شیمیایی یا مواد پرتوزا باشد، باید از محافظهایی که به منظور حفاظت از صورت و چشم طراحی و ساخته شده‌اند، استفاده کنند. این قبیل محافظهای چشم و صورت باید منطبق بر آخرین ویرایش از استاندارد ANSI 278/1 باشد.

صورت و چشم کارکنانی که از عینک‌های طبی استفاده می‌کنند، با یکی از روش‌های زیر محافظت خواهد شد:

الف- عینک‌های ایمنی مجهز به عدسی‌های طبی

ب- محافظ صورت طراحی شده برای استفاده همزمان با عینک

ج- محافظ صورتی که می‌توان برروی عدسی‌های آن عدسی طبی نصب کرد.

نکات ایمنی مندرج در بند ۲-۷-۴ از استاندارد «دستورالعمل حفاظت و ایمنی در کارگاه‌های سدسازی» و همچنین نکات ایمنی مندرج در بند ۲-۶-۱-۱۳ از آن استاندارد در مورد حفاظت از صورت و چشم به هنگام جوشکاری و برش باید کاملا رعایت شود.

۳-۹-۲- حفاظت تنفسی

در قسمت‌هایی از کارگاه که هوا آلوده است، کارکنان باید مجهز به لوازم ایمنی شخصی تنفسی منطبق بر آخرین ویرایش از استاندارد ANSI 288/2 باشند.

۳-۹-۳- حفاظت شنوایی

در مورد حفاظت شنوایی به بند ۳-۷-۷ این مشخصات رجوع شود.

۳-۹-٤- پوشش حفاظتی

الف- چرم جوشکاری- کارکنانی که در عملیات جوشکاری یا سوزاندن کارمی‌کنند باید دستکش‌هایی چرمی، روپوش یا کت چرمی و امثال آن بپوشند. پیش بند و دستکش چرمی برای کسانی که در عملیات بلند مدت جوشکاری مشغولند، الزامی است.

ب- پوشش قابل رویت – در شب و در تاریکی، تمام کارکنانی که در معرض رفت و آمد خودروها هستند (شامل نقشه برداران، بازرسان، افراد علامت دهنده به ماشین‌آلات و امثال آن) باید لباس‌هایی بپوشند که حداقل ۰/۲۵ متر مربع از آن در هر طرف شبرنگ بوده و نور را منعکس کند.

ج- دستکش- پوشیدن دستکش‌های نفوذناپذیر برای کارکنانی که با اسیدها، سوزآورها (بازها)، حلال‌ها و سایر مواد مسموم کننده کار می‌کنند، الزامی است و باید توسط پیمانکار تامین شود.

د- پوشش‌های لاستیکی – دستکش‌ها، پیش بندها، روکش‌ها و شلنگ‌های لاستیکی باید توسط پیمانکار در اختیار کارکنانی قرار گیرند که با اتصالات و تجهیزات برقی کارگاه کار می‌کنند. این لوازم باید توسط کارکنان مذکور استفاده شود و با استانداردهای ASTM در مورد کالاهای لاستیکی تطابق داشته باشد.

هـ- پیش بندهای چرمی- کارکنانی که با اره‌های زنجیری، اره‌ها یا سوهان‌های دستی یا ماشینی یا وسایل مشابه کار می‌کنند، باید پیش‌بند چرمی بپوشند.

و- حفاظت از پاها – تمام کارکنان کارگاه باید پوتین‌ها یا چکمه‌های ایمنی بپوشند که الزامات استاندارد ASTM 241 را تامین می‌کند.

ز- پوشش معمولی – تمام کارکنان کارگاه، به استثنای آنها که نوع کارشان براساس این مشخصات پوشش حفاظتی ویژه‌ای را الزامی می‌کند، باید لباس کار یکسره با رنگ روشن بپوشند.

۳-۹-۵- حفاظت از پوست

هنگامی که امکان تماس مواد سوزاننده یا سمی با پوست کارکنان وجود دارد، کارکنان به طرق زیر محافظت خواهند شد:

- پوشش محافظتی و روش‌های محافظت از سر، صورت و چشم (مندرج در بندهای ۳-۹ و ۳-۹-۱) به کار گرفته می‌شود.
- فواره شستشوی اضطراری چشم
- دوش با فشار زیاد

۳-۹-٦- کمربند ایمنی، ریسمان ایمنی

کارکنانی که برروی شیب‌های تندتر از ۱/۵ عمودی به ۱ افقی کار می‌کنندو یا امکان فرو افتادن آنها از ارتفاعی معادل یا بیش از ۲ متر وجود دارد و به وسیله داربست مطمئن، نرده محافظ یا تورهای ایمنی محافظت نشده‌اند، باید به وسیله کمربند ایمنی و ریسمان ایمنی محافظت شوند. پیمانکار باید این لوازم، تمرین با آنها و دستورالعمل‌های ضروری در رابطه با استفاده از آنها را مهیا کند.

کمربند یا ریسمان ایمنی مورد لزوم، کمربند یا ریسمانی است که بتواند حداقل۲۵۰۰ کیلوگرم بار مرده را تحمل کند.

روش‌های پیمانکار برای استفاده از کمربند یا ریسمان ایمنی مبتنی بر بند ۸-۸ از استاندارد USBR: CSSخواهد بود که قبل از عملیات به تایید مهندس ناظر می‌رسد.

۳-۹-۷- سایر لوازم ایمنی

سایر لوازم ایمنی مانند تورهای ایمنی، کمربندهای ایمنی، ماشین‌آلات متحرک و لوازم ایمنی خاصی که کارکنان را از خطرات ویژه محافظت می‌کند، اگر در مشخصات فنی خصوصی تعیین نشده باشد، باید براساس یکی از استانداردهای مورد قبول مهندس ناظر طراحی و ساخته شده باشد.

۳-۱۰- علایم

در این بند از مشخصات فنی الزامات طراحی تابلوها، علایم و موانع ایمنی که باید در کارگاه‌های سدسازی نصب شود، ارائه می‌شود. همچنین در این بند علایمی که توسط فرد علامت دهنده برای اپراتورهای ماشین‌آلات نشان داده می‌شود، ارائه می‌گردد.

۳-۱۰-۱- تابلوها

تابلوهایی که در اینجا مشخص می‌شود باید در تمام اوقاتی که کار در جریان است، به وضوح قابل رویت باشد و بلافاصله پس از آنکه خطر مورد اشاره تابلوها دیگر وجود ندارد، باید برداشته شود.

تابلوهای اخطار دهنده فقط در نزدیکی محل‌هایی نصب خواهد شد که خطری متوجه کارکنان یا عموم مردم باشد. تابلوهای اخطار دهنده به دو قسمت بالایی و پایینی تقسیم خواهد شد: قسمت بالایی قرمز خواهد بود که در آن با حروف سیاه نوشته شده است «خطر» و قسمت پایینی برای کلمات دیگری که نوع خطر را بیان می‌کند در نظر گرفته شده و رنگ آن سفید خواهد بود.

اندازه این تابلوها باید حداقل ۱/۵ متر در یک متر باشد.

تابلوهای آگاهی دهنده در محل‌هایی نصب می‌شود که خطر بالقوه وجود دارد و کارکنان باید احتیاط را رعایت کنند. این تابلوها هم به دو قسمت بالایی و پایینی تقسیم می‌شود، قسمت بالایی که کوچک‌تر و حدود یک سوم ارتفاع تابلو می‌باشد، دارای زمینه سیاه خواهد بود که با حروف زرد بر آن نوشته شده است «احتیاط» و قسمت پایینی، برای کلماتی که نوع خطر را بیان می‌کند، در نظر گرفته شده و زرد خواهد بود.

این تابلوها نیز باید حداقل ۱/۵ متر در ۱ متر باشد.

تابلوهای خروج اضطراری باید در دفاتر یا کارگاه‌های سرپوشیده‌ای که ممکن است در آتش‌سوزی‌ها یا سوانح مشابه آسیب ببینند، نصب شود.

تابلوهای دیگر که روی آنها دستورالعمل‌های ایمنی نوشته می‌شود باید دارای دو قسمت باشد، زمینه قسمت بالایی سبز است و بر آن با حروف سفید پیام اصلی نوشته می‌شود و برزمینه سفید قسمت پایینی با حروف سیاه سایر اطلاعات به کارکنان داده می‌شود.

تابلوهایی که مکان‌های مختلف کارگاه را معرفی می‌کنند با حروف سیاه برروی زمینه سفید و در اندازه قابل خواندن از فاصله ۵۰ متری خواهد بود.

تابلوها و موانع ترافیکی منطبق بر آیین‌نامه‌های راهنمایی و رانندگی خواهد بود.

علایم موقتی که برروی جاده‌ها برای جلوگیری از تصادفات نصب می‌شود، باید منطبق بر آیین‌نامه‌های راهنمایی و رانندگی باشد.

۳-۱۰-۲- علایم راهبری ماشین‌آلات

برای راهبری ماشین‌الاتی مانند جرثقیل‌ها و دکل‌ها از علایمی استاندارد استفاده می‌شود که توسط دست فرد علامت دهنده به اپراتورهای ماشین‌آلات نشان داده می‌شود. این علایم هنگامی به کار گرفته خواهد شد که فاصله علامت دهنده تا اپراتور حداکثر ۷۵ متر باشد. در فواصل بیش‌تر از ۷۵ متر یا مواقعی که به دلایل آلودگی هوا، مه و امثال آن اپراتور نتواند علامت دهنده را به وضوح ببیند، از سامانه‌های مخابراتی بی سیم یا تلفن یا روش‌های الکتریکی دیگری که علایم صوتی یا تصویری را ارسال می‌کنند، باید استفاده شود.

هنگامی که از علایم دست استفاده می‌شود، این علایم باید در درجه اول منطبق بر پیوست شماره ۶ استاندارد «دستورالعمل حفاظت و ایمنی درکارگاه‌های سد سازی» باشد و در درجه دوم از استاندارد USBR: CSS (Appendix F) استفاده شود. افرادی که این علایم را برای اپراتورها نشان می‌دهند باید با استانداردهای علایم آشنا باشند و صلاحیت آنها قبلا تایید شده باشد.

۳-۱۱- آتش سوزی

برای پیش‌گیری و مقابله با آتش‌سوزی و همچنین اجرای عملیات نجات در درجه اول مندرجات بند ۱-۱ از استاندارد «دستورالعمل حفاظت و ایمنی درکارگاه‌های سدسازی» و پیوست شماره ۲ این استاندارد و در درجه دوم فصل ۱۵ از استاندارد USBR: CSS باید رعایت شود.۰

۳-۱۲- کارهای بتنی

برای تامین ایمنی در کارهای بتنی در درجه اول مندرجات بند ۲-۲ استاندارد «دستورالعمل حفاظت و ایمنی در کارگاه‌های سدسازی» ملاک خواهد بود و اگر مواردی دراین استاندارد مشخص نشده باشد مندرجات استاندارد USBR: CSS (Appendix R) و همچنین فصل ۲۵ این استاندارد رعایت خواهد شد.

۳-۱۳- سنگ‌برداری

در مورد سنگ‌برداری‌ها چه در فضای باز و چه در فضای تونل‌ها و شافت‌ها، مندرجات استاندارد «دستورالعمل حفاظت و ایمنی در کارگاه‌های سدسازی» باید رعایت شود. مواردی که در این استاندارد مشخص نشده باشد، باید با مندرجات فصل‌های ۲۳ و ۲۴ از استاندارد USBR: CSS منطبق باشد.

۳-۱٤- ترابری

مندرجات فصل ۲-۱ استاندارد «دستورالعمل حفاظت و ایمنی در کارگاه‌های سدسازی» در درجه اول و فصل ۱۱ از استاندارد USBR: CSSدر مورد ترابری تجهیزات، مصالح و افراد در درجه بعدی معیار خواهدبود.

۳-۱۵- عملیات خاکی

معیارهای بند ۲-۴ از استاندارد «دستورالعمل حفاظت و ایمنی در کارگاه‌های سدسازی» در مورد ایمنی عملیات خاکی باید رعایت شود.

۳-۱٦- عملیات حفاری و تزریق

مندرجات بند ۲-۵ از استاندارد «دستورالعمل حفاظت و ایمنی در کارگاه‌های سدسازی» در مورد ایمنی عملیات حفاری و تزریق ملاک خواهد بود.

۳-۱۷- ساخت و نصب تجهیزات هیدرومکانیکی

در عملیات ساخت و نصب تجهیزات هیدرومکانیک، معیارهای ایمنی با رجوع به بند ۲-۶ از استاندارد «دستورالعمل حفاظت و ایمنی در کارگاه‌های سدسازی» رعایت خواهد شد.

۳-۱۸- برق

در مورد عملیات مربوط به برق، بند ۲-۷ از استاندارد «دستورالعمل حفاظت و ایمنی در کارگاه‌های سدسازی» و فصول ۱۲، ۲۷ و ۲۸ از استاندارد USBR: CSS به ترتیب، اولویت خواهد داشت.

۳-۱۹- تعمیرگاه‌ها و کارگاه‌های پشتیبانی

ایمنی تعمیرگاه و کارگاه‌های پشتیبانی در کارگاه‌های سدسازی با استفاده از بندهای ۲-۸ و ۲-۱۱ از استاندارد «دستورالعمل حفاظت و ایمنی درکارگاه‌های‌سدسازی» تامین خواهد شد.

۳-۲۰- سنگ‌شکن‌ها

بند ۲-۹ از استاندارد «دستورالعمل حفاظت و ایمنی در کارگاه‌های سدسازی» و فصل ۱۹ از استاندارد USBR: CSS برای تامین معیارهای ایمنی در کارگاه‌های سدسازی به ترتیب، اولویت خواهد داشت.

۳-۲۱- رادیو اکتیو

برای نکات ایمنی در مقابل مواد پرتوزا بند ۲-۱۰ از استاندارد «دستورالعمل حفاظت و ایمنی درکارگاه‌های‌سدسازی» ملاک خواهد بود.

۳-۲۲- داربست‌ها

پیوست شماره ۱ از استاندارد «دستورالعمل حفاظت و ایمنی در کارگاه‌های سدسازی» برای تامین معیارهای ایمنی عملیات نصب و برچیدن داربست‌ها در کارگاه‌های سدسازی ملاک عمل خواهد بود. در مواردی که استاندارد مذکور مشخص نکرده باشد از فصل ۱۳ استاندارد USBR: CSS استفاده خواهد شد.

۳-۲۳- پلکان، نردبان و پاگرد

طراحی، ساخت و بهره‌برداری از پلکان‌ها، نردبان‌ها و پاگردها به‌گونه‌ای خواهد بود که معیارهای مندرج در فصل ۱۳ از استاندارد USBR: CSS تامین شود.

۳-۲٤- ابزار دستی، ابزار ماشینی و جک‌ها

ابزارها، اعم از دستی و ماشینی و همچنین جک‌ها و روش استفاده از آنها باید با فصل ۱۶ استاندارد USBR: CSS انطباق داشته باشد.

۳-۲۵- کابل‌های فولادی، قلاب‌ها، زنجیرها و سایر لوازم فولادی

تمام تجهیزاتی که در عملیات بارگیری و انتقال با جرثقیل، شمع‌کوب‌ها، چالزنی‌ها و امثال آن مورد استفاده هستند و از فولاد ساخته می‌شوند، مانند کابل‌های فولادی، قلاب‌ها، زنجیرها، قرقره‌ها و تجهیزات مشابه، باید منطبق بر فصل ۱۷ از استاندارد USBR: CSS باشد.

۳-۲٦- نقاله‌ها، شمع‌کوب‌هاو بالابرها

نکات ایمنی لازم الاجرا در مورد نقاله‌ها، شمع‌کوب‌ها و بالابرها و همچنین اجرای عملیات ایمنی با این ماشین‌آلات منطبق بر فصل ۱۸ از استاندارد USBR: CSS خواهد بود.

۳-۲۷- لوازم مکانیزه متحرک و ثابت

نکات ایمنی در مورد تجهیزات مکانیزه پیمانکار اعم از ثابت یا متحرک باید منطبق بر فصل ۱۹ از استاندارد USBR: CSS باشد و اجرای عملیات با آنها و نگهداری از آنها، الزامات ایمنی این استاندارد را تامین کند.

۳-۲۸- تونل‌ها و شافت‌ها

ایمنی در عملیات اجرایی تونل‌ها و شافت‌ها از طریق تطابق با بند ۲-۳ از استاندارد «دستورالعمل حفاظت و ایمنی در کارگاه‌های سدسازی» و در درجه دوم فصول۲۳ و۲۴ از استاندارد USBR: CSS تامین می‌شود.

فصل ۴

عملیات آماده‌سازی و تجهیز کارگاه

٤-١- کلیات

تجهیز کارگاه شامل: تهیه، انتقال و برپا کردن کلیه تجهیزات و ماشین‌آلات مورد نیاز جهت اجرای صحیح عملیات موضوع پیمان، مطابق مشخصات فنی و اسناد پیمان و در چارچوب برنامه زمانی منضم به اسناد پیمان می‌باشد، و از مسوولیت‌های پیمانکار است. تجهیز کارگاه بدون آنکه محدود به موارد زیر شود، شامل این موارد است:

الف- زیربنایی شامل: آماده‌سازی کارگاه، احداث راه‌های سرویس، تامین، تصفیه و توزیع آب‌های صنعتی و آشامیدنی، جمع‌آوری و دفع پساب‌ها بعد از تصفیه، تامین و توزیع برق، احداث شهرک‌های مسکونی برای کارکنان دوره ساخت، احداث و تجهیز دفاتر پیمانکار، کارفرما و مشاور، احداث و تجهیز اماکن فنی کارگاه (مثل انبارها، تعمیرگاه‌ها، نجارخانه، آهنگری، کارگاه میلگرد و مانند آنها)

ب- آماده‌سازی منابع قرضه شامل: مشخص نمودن محدوده برداشت، تامین آب، برق و سایر تسهیلات مورد نیاز، رویه‌برداری، نصب تجهیزات تغلیظ یا آماده سازی مقدماتی مصالح ساختمانی (مانند درشت گیر[1]، سنگ‌شکن اولیه، و مانند آن برای منابع مصالح بتن یا عمل آوری خاک رس و سایر مصالح مورد نیاز)

ج- تجهیزات خاص مانند: کارخانه تولید شن و ماسه بتن یا مصالح سنگی مورد نیاز سد خاکی، مرکز تولید بتن، سیلوهای ذخیره سیمان، کارخانه تولید یخ یا آب سرد برای سردسازی بتن، تجهیزات تولید آب گرم و تجهیزات گرم کردن سنگدانه‌ها برای گرم‌سازی بتن، تجهیزات حمل بتن و سایر مصالح، گرانکش، نوار نقاله، تجهیزات عمل‌آوری و کوبیدن بتن یا خاک (شامل: عملیات پخش، تسطیح، کوبیدن، و نگهداری)، تجهیزات حفاری در زمین‌های نرم یا سنگی در فضای باز یا زیر زمین، تجهیزات تحکیم زمین (مانند: ماشین‌های نصب میل مهار، کشش میل مهار، بتن‌پاشی و نظایر آن)، تجهیزات تولید دوغاب سیمان برای عملیات تزریق، تجهیزات زهکشی و نظایر آن

د- در چارچوب عملیات آماده‌سازی کارگاه باید تجهیزات ضروری برای عملیات خاص نیز مد نظر باشد. عملیات خاص ممکن است (و محدود به آن نیست) مواردی مانند: پاکسازی شیب‌ها، نصب توری حفاظتی، احداث راه‌ها، احداث تونل‌های سرویس یا انحراف یا انتقال آب، نصب علایم راهنمایی و خط‌کشی جاده‌های آسفالته یا بتنی داخل کارگاه و تامین روشنایی محوطه را شامل شود.

برچیدن کارگاه شامل: باز نمودن و جابجا کردن تمامی تجهیزات نصب شده فوق الذکر و تمیز نمودن محیط کار و آماده کردن کارگاه برای بهره‌برداری است.

٤-٢- تعاریف

یادآوری: این تعاریف با آنچه در تعاریف تجهیز و برچیدن در فهرست بهای سد سازی آمده دارای مغایرت‌هایی است که در موارد مربوط به پرداخت‌ها و دعاوی مالی تعاریف فهرست بها معتبر می‌باشد.

1-Greezly

تجهیز کارگاه: عبارت از اقدامات و تدارکاتی است که پیمانکار باید قبل از آغاز عملیات موضوع پیمان، مطابق مشخصات فنی و برنامه زمانبندی منضم به اسناد پیمان انجام دهد. ساختمان‌ها، تاسیسات و راه‌هایی که در برآورد هزینه‌های تجهیز و برچیدن کارگاه منظور می‌گردد، به صورت موقت و برای دوره اجرا در نظر گرفته می‌شود. به منظور تقلیل هزینه های تجهیز کارگاه، با اولویت‌دادن به اجرای تاسیسات جنبی یا زیر بنایی که در طرح برای دوره بهره‌برداری پیش‌بینی شده است و در دوره اجرا نیاز خواهد بود، از تاسیسات یاد شده به عنوان تجهیز کارگاه استفاده می‌گردد. پیمانکار موظف است قبل از اجرای ساختمان‌ها و تاسیسات تجهیز کارگاه نقشه جانمایی کل محوطه را به مقیاس مناسب و نقشه کلیه ساختمان‌های مورد نیاز را با مقیاس‌های مورد تایید مهندس ناظر و بر اساس مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی (نشریه شماره ۵۵ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی) و با رعایت مقررات بهداشت محیط زیست و محیط کار، برابر ماده ۲۳ شرایط عمومی پیمان و رعایت آیین‌نامه ۲۸۰۰ زلزله ایران تهیه و به تایید مهندس ناظر برساند. بدیهی است اجرای عملیات منوط به تصویب مهندس ناظر خواهد بود.

٤-۳- راه‌ها

٤-۳-۱- انواع راه‌ها

انواع راه‌هایی که ممکن است در کارگاه‌های سدسازی احداث شود، عبارت است از:

الف- راه‌های دسترسی، که کارگاه را به شبکه جاده‌های عمومی متصل می‌نماید.

راه‌های جدید جهت دسترسی به ساختگاه سد و تاسیسات وابسته غالبا اختصاصی هستند. مهندس مشاور طرح مسوولیت طراحی راه دسترسی را به عهده دارد و طی اسناد مناقصه، نقشه‌ها و مشخصات فنی اجرایی آن را به پیمانکاران ارائه خواهد نمود.

ب- راه‌های سرویس یا ارتباطی، برای تردد به نقاط مختلف کارگاه یا امکانات کارگاهی مانند شهرک‌ها و معادن، راه‌های سرویس یا ارتباطی با هدف ایجاد امکان و تسهیل اجرای سازه‌های دائمی و موقت پروژه طراحی و ساخته می‌شود. در حالت کلی این راه‌ها شامل: دسترسی به محل تجهیزات کارگاه، ورودی و خروجی تونل انحراف، تاج سد، نیروگاه، سوییچ یارد، اطاق کنترل، اطاق شیرها و شهرک‌های کارگاهی و مسکونی و منابع قرضه و معادن و غیره می‌باشد.

راه‌های سرویس (راه‌های موقت) به وسیله پیمانکار و به منظور دسترسی به کارگاه‌های مختلف برای احداث ساختمان‌های دائم طراحی و ساخته می‌شود.

پیمانکار موظف به طراحی، احداث و نگهداری راه‌های موقت است. نقشه های اجرایی و مشخصات هندسی و فنی راه‌های سرویس بر اساس مشخصات ماشین‌آلات ساختمانی که پیمانکار برای اجرای طرح در نظر گرفته و همچنین تجهیزات دائمی طرح که باید از روی این راه‌ها عبور داده شود از سوی پیمانکار تعیین و جهت تایید به مهندس ناظر ارسال می‌شود.

راه انحرافی، برای تردد وسایل نقلیه عمومی که قبلا از مسیر موجود استفاده می‌کردند اما به علت انجام عملیات موضوع پیمان قطع شده است، احداث می‌شود.

نوع و مشخصات راه مذکور تابع مدت زمان بهره‌برداری، طول راه و وضعیت تردد وسایل نقلیه عمومی می‌باشد و به هر حال باید رضایت دستگاه بهره‌بردار راه قطع شده را تامین نماید.

راه‌های سرویس و انحرافی شامل: کلیه ابنیه لازم نظیر پل‌ها، آبروها و تونل‌های دسترسی می‌باشد که پیمانکار در چارچوب قیمت‌های مقطوع قرارداد آنها را طراحی و اجرا می‌نماید.

پیمانکار مسوول تامین امنیت راه‌ها، پل‌ها و سایر ابنیه فنی راه‌های داخل کارگاه در دوره ساختمان است.

٤-٣-٢- مشخصات فنی راه‌ها

مشخصات فنی مورد استفاده جهت ساخت راه‌های دسترسی و سرویس، مشخصات فنی عمومی راه نشریه شماره ١٠١ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی می‌باشد.

٤-٤- شهرک

پیمانکار موظف است شهرک مورد لزوم و طراحی شده را ساخته، تجهیز و نگهداری نماید. این شهرک شامل تاسیسات زیر خواهد بود، مگر آن که کارفرما اعلام کند که به وجود برخی از این تاسیسات نیازی نیست.

- منازل
- خوابگاه‌ها
- مهمانسرا
- سالن غذاخوری
- تفریح‌گاه عمومی
- درمانگاه
- مسجد
- فروشگاه
- ساختمان‌های اداری
- ساختمان حراست و نگهبانی
- ساختمان آموزشی در صورت ضرورت
- فضاهای ورزشی

پیمانکار باید شهرک را برای استفاده کلیه کارکنان پیمانکار، کارفرما و مهندس ناظر کاملا تجهیز کند.

احداث سرویس‌های بهداشتی عمومی که باید همواره تمیز و بهداشتی نگهداری شوند از وظایف پیمانکار است.(به بند ٣-٧-٢ این مشخصات فنی عمومی مراجعه شود).

ساختمان‌های شهرک موقت (که در شرایط عمومی پیمان تعریف شده است) باید مبتنی بر استانداردهای ساختمانی ملی لازم‌الرعایه، مناسب و دارای ظاهری زیبا باشد و به نحوی طراحی و اجرا شود که با شرایط اقلیمی منطقه قابل تطبیق بوده و شرایط جوی نتواند تاثیری بر این ساختمان‌ها بگذارد. این ساختمان‌ها را می‌توان با استفاده از اسکلت فلزی، مصالح بنایی، اسکلت بتنی و یا

از ساختمان‌های پیش ساخته احداث نمود. این ساختمان‌ها باید مجهز به سامانه روشنایی، آب آشامیدنی، سامانه دفع فاضلاب، تهویه هوا و سامانه های سرمایش و گرمایش باشد.

در هر اتاق خواب حداکثر ۴ نفر کارگر در نظر گرفته می‌شود (به بند ۳-۷-۶ این مشخصات فنی عمومی مراجعه شود).

سالن غذا خوری باید دارای آشپزخانه مجهز به وسایل پخت و پز، یخچال و سایر وسایل لازم بوده و قفسه بندی شده باشد.

پیمانکار باید در حد کافی، تاسیسات رفاهی و عمومی از قبیل مسجد، گردشگاه‌های عمومی و محل‌های ورزش و غیره را برای استفاده کارکنان خود، پیمانکاران دست دوم، مهندس ناظر و کارفرما فراهم نماید.

مهندس ناظر و کارفرما بدون هیچ‌گونه پرداخت وجهی از تمامی تسهیلات فوق استفاده خواهند کرد.

٤-٤-١- تامین سکونت از طریق اجاره منازل

در صورتی که به جای احداث ساختمان‌های مسکونی مبادرت به اجاره ساختمان شود، منازل مورد اجاره باید به‌گونه‌ای باشد که موارد اشاره شده در بندهای کلیات را در بر گیرد و در محل آبرومند اجاره شود و به لحاظ تعمیرات لازم در طول دوره ساخت تمهیدات مربوط را فراهم نماید.

٤-٤-٢- تامین سکونت موقت به وسیله کاروان و کانکس

در شرایطی که سرعت تجهیز کارگاه مورد نظر باشد و احداث ساختمان‌های مسکونی و دفاتر از طریق احداث کاروان مورد تایید کارفرما قرار گیرد، این کاروان‌ها باید حداقل مشخصات استاندارد استفاده از آن را دارا بوده، و بتوان در آنها از سامانه‌های گرمایش و سرمایش، آب، برق، مخابرات، آبدارخانه و سرویس‌های بهداشتی بهره‌برداری کرد.

٤-٤-٣- تامین سکونت از طریق خرید ساختمان‌های موجود در حوزه محل احداث سد

چنانچه به‌صرفه و صلاح پیمانکار باشد که ساختمان‌های مورد نیاز مربوط به تجهیز کارگاه را خریداری نموده و کلیه موارد بندهای کلیات سکونت کارکنان را فراهم آورد، می‌تواند از طریق خرید اقدام به تامین آن نماید. لازم به ذکر است که با توجه به بند آخر ماده ۳۹ شرایط عمومی پیمان کلیه این ساختمان‌ها مربوط به پیمانکار می‌باشد، چنانچه کارفرما نیاز به این ساختمان‌ها داشته باشد می‌تواند این ساختمان‌ها را از پیمانکار خریداری نماید.

٤-٤-٤- تامین سکونت از طریق ساخت و ساز

احداث کلیه ساختمان‌های مسکونی باید با روش‌های منطبق بر مفاد نشریه شماره ۵۵ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی (مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی) انجام شود. در این بند از مشخصات فنی عمومی حداقل الزامات این ساختمان‌ها ارائه شده است.

مصالح عمده ساختمان‌ها برای واحدهای مسکونی با دیوارهای باربر، آجر به همراه شناژهای افقی و قائم و برای ساختمان‌های اداری اسکلت بتنی با سقف تیرچه بلوک می‌باشد.

در محل‌های مورد لزوم، باید سقف کاذب با رابیتس و اندود گچ و خاک پیش‌بینی شود.

درهای داخلی باید از جنس چوب با چهار چوب فلزی و درهای خارجی از نوع فلزی در نظر گرفته شوند.

پروفیل های پنجره ها باید فلزی (فولادی یا آلومینیومی) و شیشه‌ها، در صورت ضرورت، به صورت دو جداره باشند.

نازک کاری دیوارهای کلیه فضاها با رنگ روغنی مات با زیر کاری و آستر بوده و فقط دیوارهای سرویس‌های بهداشتی و آشپزخانه‌ها از کاشی درجه یک ایرانی ۲۰×۱۰ سانتی‌متر پیش‌بینی خواهد شد. نازک کاری سقف‌ها با رنگ پلاستیکی با زیرسازی و آستر اجرا می‌شود.

قرنیزهای داخلی باید از سنگ پلاک چینی به ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر و ضخامت ۱ سانتی‌متر باشد. پوشش کف اتاق‌های خواب و نشیمن از موکت درجه یک ایرانی، پوشش کف اتاق‌های کار از سنگ پلاک چینی به ابعاد ۲۰×۴۰ سانتی‌متر، پوشش کف سرویس‌های بهداشتی و آشپزخانه از سرامیک درجه یک ایرانی به ابعاد ۲۰×۱۰ سانتی‌متر خواهد بود.

نمای ساختمان‌ها باید از آجر و سنگ بادبر (ترجیحا از نوع مرغوب) پیش‌بینی شود، آجر مصرفی و نمای ساختمان‌ها همزمان با آجر مصرفی در دیوارهای خارجی چیده شود.

پیاده‌روها باید با زیرسازی شن و ماسه متراکم و بتن در جا به عیار ۲۵۰ کیلوگرم سیمان در متر مکعب بتن پیش‌بینی شود.

جزییات لازم نازک کاری ساختمان‌ها در مشخصات فنی خصوصی تعیین شده‌اند.

محوطه‌های مسکونی باید به طرز مناسبی در برابر تردد افراد متفرقه و حیوانات حصارکشی شود.

٤-٤-٤-١- کوی مسکونی کارمندان

کوی مسکونی کارمندان باید در محدوده‌ای خارج از محوطه کارگاه، دور از محیط کاری و در محیطی آرام با در نظر گرفتن کلیه مشخصات فنی اجرایی که در بند ۴-۴-۴ بدان اشاره گردید احداث گردد.

٤-٤-٤-٢- کوی مسکونی کارگران

کوی مسکونی کارگران باید در محدوده‌ای خارج از محوطه کارگاه و مجزا از قسمت‌های اداری و کارمندی با در نظر گرفتن کلیه مشخصات فنی اجرایی که در بند ۴-۴-۴ بدان اشاره شد احداث شود.

پیمانکار کلیه لوازم و مبلمان شهرک‌های کارکنان و کارگران را مطابق مشخصات فنی خصوصی تامین خواهد نمود.

٤-٥- دفاتر

دفاتر مربوط به نظارت مقیم و پیمانکار در محدوده نزدیک به هم و در محلی دور از محیط کارگاه احداث می‌شود و مشخصات فنی آنها باید بر مشخصات فنی که در بند ۴-۴-۴ اشاره شد، منطبق باشد.

پیمانکار کلیه لوازم و مبلمان دفاتر کار را مطابق مشخصات فنی خصوصی تامین خواهد نمود.

٤-٦- انبارها

٤-٦-١- انبار سیمان پاکتی و سیلوها

٤-٦-١-١- انبار سیمان پاکتی

انبار سیمان پاکتی در ساختمان‌های قاب فلزی شیب دار (قاب دروازه‌ای) سر پوشیده ساخته می‌شود که در احداث آنها از کف‌های بتنی درجا و دیوارهای آجری به ضخامت ۲۲ سانتی‌متری و اندود ماسه سیمان و درب‌های ریلی به ارتفاع مناسب جهت ورود و خروج تریلرهای انتقال سیمان استفاده می‌شود. (به بند ۸-۳-۱ رجوع شود)

٤-٦-١-٢- انبار سیمان فله و پوزولان در سیلوها

سیلوهای ذخیره سیمان و پوزولان بر روی پی‌هایی‌که متناسب با ظرفیت سیلو و نیازهای کارگاه تهیه و نصب شده‌اند، مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. (به بند ۸-۳-۱ رجوع شود)

٤-٦-١-٣- انبارهای قطعات یدکی و ابزار کار

با درنظر گرفتن اینکه اغلب انبارها در طرح‌های سدسازی به صورت قاب دروازه‌ای فرض شده است، پس از احداث قاب دروازه‌ای با اجرای دیوارهای جانبی به ضخامت ۳۵ سانتی‌متر، کف‌های بتن در جا و ایجاد دیوارهای داخلی و نماسازی طبق مشخصات اجرایی احداث می‌گردد.

انبارها باید به طرز مناسب با قفسه بندی‌ها و سامانه کاردکس مجهز شوند و در مورد کارگاه‌های بزرگ که طول اجرای عملیات بیش از شش سال و از مراکز بازارهای عمده به دور باشد، باید از سامانه مکانیزه انبار استفاده شود.

انبارها باید مجهز به تجهیزات کافی اطفای حریق باشند.

٤-٦-٢- انبار سرپوشیده مصالح ساختمانی

با احداث قاب دروازه‌ای و مشخصاتی که برای انبار ابزار کار بدان اشاره گردید، ساخته می‌شود.

٤-٦-٣- انبار موادسوزا

انبار مواد سوزا باید حداقل در فاصله ۱۰۰۰ متری و در زیرزمین یا در محلی خارج از محوطه کارگاه احداث شود. احداث انبار مواد سوزا و انتقال و نگهداری مواد باید مطابق دستورالعمل های ارتش جمهوری اسلامی ایران باشد.

٤-٦-٤- انبار نمونه‌های حفاری

انبار نمونه‌های حفاری، در ساختمانی به مساحت حداقل ۵۰ متر مربع احداث و در داخل آن قفسه‌هایی تعبیه می‌گردد تا بتوان جعبه‌های نمونه‌ها را در آن جای داد.

٤-٦-٥- مخازن ذخیره سوخت و پمپ بنزین

پیمانکار متناسب با ماشین‌آلات موجود در کارگاه، مخازنی را جهت نگهداری سوخت گازوییل و بنزین مستقر می‌نماید. برای سوختگیری ماشین‌آلات نیمه سنگین، شیب‌راهه[1] همراه با گودالی احداث می‌گردد تا پس از استقرار ماشین در داخل گودال از طریق تانکرهای مخازن سوخت در بالای گودال سوخت، به طریق ثقلی سوختگیری انجام شود. این روش، حداقل قابل قبول برای سوختگیری است. برای سوختگیری ماشین‌آلات سنگین کارگاه نظیر بولدوزر، گریدر، غلتک و... از ماشین سوخت رسان سیار استفاده خواهد شد. برای احداث پمپ بنزین براساس مشخصات فنی اجرایی وزارت نفت و نقشه‌های تیپ اقدام می‌شود. انبارهای سوخت کارگاه باید حداقل برای مصرف ۱۵ روز کارگاه طراحی شده و توجه ویژه‌ای به زهکشی محل سوختگیری و انبار سوخت معطوف باشد. تمام سکوهای سوختگیری بالاتر از تراز سیل کارگاهی قرار خواهند داشت.

٤-٦-٦- انبار در فضای باز برای انباشت مصالح

پیمانکار برای انباشت مصالح باید زمینی به وسعت مورد نیاز را تسطیح کند و کلیه عملیات خاکی مورد نیاز (از جمله برداشت خاک نباتی) را در محدوده زمین انجام دهد و بستر آن را تا حد تراکم لازم بکوبد. تمام سکوها بالاتر از تراز سیل کارگاهی قرار خواهند داشت.

٤-٧- تعمیرگاه‌ها و توقفگاه‌ها

ساختمان تعمیرگاه‌ها و توقفگاه‌ها از نوع قاب فلزی شیبدار می‌باشد، اما به طور کلی اماکن فنی کارگاه ممکن است بنا به پیشنهاد پیمانکار و تایید مهندس ناظر به روش‌های دیگر نیز ساخته شود.

پیمانکار موظف به تجهیز کامل تعمیرگاه‌ها می‌باشد و باید فهرست تجهیزات ثابت و ابزار تعمیرگاه‌ها را به مهندس ناظر ارسال نماید.

٤-٧-١- تعمیرگاه ماشین‌آلات سنگین

ساختمان این نوع تعمیرگاه‌ها باید از نوع قاب فلزی شیبدار (قاب دروازه‌ای) با دهانه موردنیاز برای عبور ماشین‌آلات سنگین مانند گریدر، غلتک، بلدوزر، کامیون، دامپتراک و ... باشد. مشخصات فنی این قبیل تعمیرگاه‌ها مانند مشخصات فنی مذکور در مورد انبارها می‌باشد.

٤-٧-٢- تعمیرگاه ماشین‌آلات سبک

این نوع تعمیرگاه‌ها نیر مانند تعمیرگاه‌های ماشین‌آلات سنگین طراحی شده، تنها تفاوت این نوع ساختمان‌ها در دهانه ورودی آن است که می‌تواند کوچک تر از ورودی ساختمان ماشین‌آلات سنگین باشد.

٤-٧-٣- کارگاه سرویس ماشین‌آلات

کارگاه سرویس ماشین‌آلات ساختمانی در فضایی بین ساختمان تعمیرگاه ماشین‌آلات سبک و سنگین احداث می‌شود. این کارگاه‌ها دارای سامانه آب گرم و هوای فشرده خواهند بود.

1- Ramp

پیمانکار موظف است نحوه خروج روغن سوخته از کارگاه و همچنین دفع زباله‌های حاصل از سرویس ماشین و تصفیه آب شستشوی ماشین‌آلات را تدوین و به تایید مهندس ناظر برساند.

٤-٧-٤- توقف گاه ماشین‌آلات سنگین

زمینی به وسعت متناسب با تعداد ماشین‌آلات سنگین در محدوده کارگاه و در نزدیکی مواضع نگهبانی تسطیح می‌شود تا ماشین‌آلات پارک شده در معرض دید عوامل نگهبانی باشد. کف این توقف گاه زیرسازی می‌شود و دارای رویه شنی یا بتونی خواهد بود.

٤-٧-٥- توقف گاه ماشین‌آلات سبک

توقفگاه این نوع ماشین‌آلات در نزدیکی دفاتر کارگاه، در زمینی مسطح، دارای سایه بان مستحکم با کف بتنی یا آسفالت و جداول بتنی در اطراف و محل تقسیم توقف گاه اتومبیل‌ها احداث می‌گردد.

٤-٨- کارگاه های پشتیبانی

٤-٨-١- کارگاه آرماتوربندی و کارگاه آهنگری و جوشکاری

کارگاه آرماتوربندی و کارگاه آهنگری و جوشکاری از قاب دروازه‌ای با ابعاد موردنیاز پروژه با دیوارهای ٢٢ سانتی‌متری و کف بتنی در سالن کارگاه و اتاق سرپرست کارگاه، انبار ابزار و سرسرای ارتباطی با کف موزاییک، و اندود گچ و خاک برای دیوارها و نازک کاری ساخته می‌شود.

پیمانکار موظف است این کارگاه‌ها را به نحو مناسب تجهیز نماید.

٤-٨-٢- کارگاه نجاری

مانند کارگاه آرماتوربندی طراحی، احداث و تجهیز می‌شود.

٤-٨-٣- کارگاه برق

این کارگاه نیز نظیر کارگاه آهنگری و جوشکاری ساخته و تجهیز می‌شود.

٤-٨-٤- کارگاه تراشکاری

این کارگاه مانند کارگاه های نجاری و برق طراحی می‌شود، برای اتاق سرپرست کارگاه، اتاق صدابندی می‌شود، تا از سروصدای زیاد کارگاه به داخل اتاق جلوگیری به‌عمل آید.

پیمانکار موظف است این کارگاه را به نحو مناسب تجهیز نماید.

٤-٩- آزمایشگاه‌ها

ساختمان آزمایشگاه‌ها با زیربنای مناسب برای انجام آزمایش‌ها مجهز می‌شود.

ساختمان آزمایشگاه دارای سالن آزمایشگاه، آزمایشگاه بتن، اتاق سرپرست آزمایشگاه، اتاق انبار ابزار دقیق، سرویس بهداشتی، سالن نگهداری نمونه های بتون و سیمان و پیاده روی اطراف ساختمان می‌باشد. نازک‌کاری داخل اتاق‌ها، ماسه سیمان با آستر و کف موزاییک و برای دیوارهای سالن از اندود ماسه سیمان با آستر استفاده می‌شود. برای مصالح کف از بتن در جا استفاده می‌شود.

مهندس مشاور در اسناد مناقصه نحوه تامین تجهیزات و مبلمان آزمایشگاه را مشخص خواهد نمود.

٤-١٠- تسهیلات اجتماعی و رفاهی

٤-١٠-١- مسجد

ساختمان مسجد یا نمازخانه دارای مشخصات مصالح بنایی با اسکلت فلزی می‌باشد. عملیات نازک‌کاری، در کف شامل موزاییک ایرانی همراه با کف پوش موکت درجه ۲ ایرانی با قرنیز سنگ پلاک چینی در قسمت پایین دیوارها و اندود ماسه سیمان با دو گچ پرداختی در قسمت بالای دیوار و سقف اجرا می‌گردد.

٤-١٠-٢- سالن اجتماعات

ساختمان سالن اجتماعات از قاب دروازه‌ای ساخته شده، دارای سالن ورودی، فضای ارتباطی، تجهیزات و فضاهای پذیرایی و سرویس بهداشتی می‌باشد.

٤-١٠-٣- تاسیسات ورزشی و تفریحی

بسته به بزرگی طرح و زمان اجرای آن پیمانکار طرح تاسیسات ورزشی کارگاه را تهیه و به تایید مقامات محلی اداره کار و مهندس ناظر خواهد رسانید. تاسیسات ورزشی شامل زمین‌های فوتبال یا فوتسال (قابل تبدیل به زمین والیبال)، زمین تنیس، استخر و سالن ورزش‌های بدن‌سازی و غیره می‌باشد که مهندس مشاور در اسناد مناقصه نیازهای کارگاه را مشخص خواهد نمود.

٤-١٠-٤- ساختمان فروشگاه

ساختمان فروشگاه با اسکلت فلزی و مصالح بنایی احداث می‌شود.

٤-١١- ساختمان نگهبانی

این ساختمان معمولا به صورت اسکلت فلزی و مصالح بنایی ساخته شده و دارای سرویس بهداشتی، آبدارخانه و اتاق استراحت می‌باشد که عملیات نازک‌کاری آن مانند سایر ساختمان‌ها می‌باشد.

٤-١٢- ساختمان درمانگاه و تاسیسات بهداشتی

این ساختمان مانند ساختمان فروشگاه از اسکلت فلزی و مصالح بنایی ساخته می‌شود و دارای ورودی، مطب، اتاق معاینه، گاراژ آمبولانس، سرویس بهداشتی، اتاق استراحت و داروخانه می‌باشد. عملیات نازک‌کاری در کف برای قسمت‌های مطب، اتاق معاینه، اتاق استراحت و داروخانه

موزاییک ایرانی، در سرویس بهداشتی سرامیک درجه یک ایرانی، در ورودی سنگ پلاک دو تیشه داغون و در قسمت گاراژ آمبولانس کف بتن درجا خواهد بود. ازاره دیوارها در قسمت‌های مطب، اتاق معاینه، اتاق استراحت و داروخانه سنگ پلاک چینی به ضخامت یک سانتی‌متر و ارتفاع ده سانتی‌متر خواهد بود. نازک‌کاری بدنه دیوارها و سقف با اندود ماسه سیمان و اندود گچ پرداختی و نهایتا رنگ روغنی مات با زیرسازی و آستر اجرا خواهد شد. نازک‌کاری سرویس بهداشتی درمانگاه مانند سایر ساختمان‌ها می‌باشد.

تامین مبلمان و تجهیزات درمانی مورد نیاز براساس مندرجات فصل سوم از این مشخصات فنی عمومی به عهده پیمانکار می‌باشد.

٤-١٣- آشپزخانه‌ها و غذاخوری‌ها

ساختمان آشپزخانه و سالن‌های غذاخوری، سردخانه مواد غذایی و انبار موادغذایی در داخل یک مجموعه قاب دروازه‌ای طراحی و احداث می‌گردد. دیوارهای جداکننده، قسمت‌های مختلف را مجزا نموده، در ساختمان غذاخوری میز و صندلی به مقدار مورد نیاز عوامل پیمانکار، مهندس ناظر و کارفرما که به تایید مهندس ناظر رسیده باشد، فراهم می‌شود. در ساختمان سردخانه موادغذایی، یخچال‌های ویترینی و فریزرهای صندوقی یا تجهیزات اطاق سرد به میزان موردنیاز منظور خواهد شد. در ساختمان انبار مواد غذایی، قفسه‌هایی برای جاگذاری مواد غذایی که به صورت بسته‌بندی شده می‌باشد، تعبیه می‌گردد. درهای مورد استفاده در انبار مواد غذایی طوری باید احداث شود که به هیچ عنوان حیوانات و حشرات موذی نظیر موش و سوسک نتواند به داخل آن نفوذ کند و به لحاظ بهداشتی دیوارها بدون درز و روزنه باشد.

٤-١٤- تاسیسات و شبکه تامین برق

٤-١٤-١- تاسیسات و شبکه تامین برق اضطراری

پیمانکار باید با تهیه و نصب موتور ژنراتور اضطراری با ظرفیت مناسب، برق اضطراری شهرک، ساختمان سرویس، کارگاه‌های ساختمانی و کارگری در دست ساختمان، ساختمان‌های کارفرما و نظارت را تامین کند، مگر در شرایط فنی خصوصی پیش‌بینی‌های دیگری شده باشد. ارتباط سامانه اضطراری با خط اصلی انرژی باید به‌گونه‌ای باشد که با قطع جریان در خط اصلی بلافاصله موتور ژنراتور اضطراری به کار افتد و با برقراری برق شبکه ژنراتور اضطراری از مدار خارج شود.

٤-١٤-٢- تاسیسات و شبکه تامین برق دائم

برق اصلی کارگاه به مقدار مورد نیاز طرح از طریق استفاده از شبکه سراسری توسط کارفرما تامین و آماده بهره‌برداری خواهد بود. هزینه‌های حق انشعاب و انتقال برق از شبکه سراسری به ترانس اصلی برق در محدوده کارگاه بر عهده کارفرما می‌باشد. ولی هزینه‌های شبکه توزیع، نگهداری، بهره‌برداری و مصرف برق در داخل کارگاه بر عهده پیمانکار خواهد بود. هزینه های اصلی و هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری و بهای برق برای مصارف عمومی به عهده پیمانکار می‌باشد.

پیمانکار باید تمامی سامانه توزیع برق را تهیه و برای برق‌رسانی از طریق کلیدخانه به محل مصارف، از قبیل شهرک، قسمت اداری، ساختمان‌های سرویس، کارگاه های مختلف، منطقه کار و غیره ارسال و مورد بهره‌برداری قرار دهد. این سامانه باید حداقل شامل موارد زیر باشد:

الف– ترانسفورماتورها، قطع‌کننده‌ها، ایزولاتورها، کلیدهای اطمینان تنظیم کننده ولتاژ و سایر تجهیزات مورد لزوم برای تغییر ولتاژ جریان به ولتاژ موردنیاز به کار

ب– تمامی تجهیزات موردنیاز برای انتقال ازقبیل خطوط انتقال، اتصالات، کلیدهای ایمنی و غیره

٤-١٥- تاسیسات شبکه تامین آب

٤-١٥-١- تاسیسات و شبکه تامین آب شرب و خانگی

پیمانکار باید برای شهرک، دفاتر و تمامی کارگاه، کلیه اقدامات تامین آب شرب بهداشتی اعم از تهیه، تصفیه، انتقال و توزیع را انجام دهد. بدیهی است علاوه بر آب موردنیاز پیمانکار، آب مصرفی موردنیاز کارفرما، مهندس ناظر و پیمانکاران دست دوم را نیز باید تامین نماید. اقدامات تامین آب شامل موارد زیر می‌باشد:

- ایجاد ایستگاه پمپاژ در شرایطی که تامین آب به صورت ثقلی مقدور نباشد.
- تصفیه آب به دلیل آنکه از ابتدای زمان تهیه تا هنگام مصرف ممکن است آب دستخوش تغییرات زیادی شود.
- تهیه مخزن فلزی یا بتنی برای ذخیره آب به حجم مناسب برای ذخیره حد اقل ۲۴ ساعت مصرف
- شبکه لوله‌کشی به منظور انتقال آب از محل تامین به تصفیه‌خانه و سپس به مخزن آب و بالاخره به محل‌های مصرف.

تصفیه آب به طور عمده شامل مراحل اولیه و ثانویه می‌باشد:

- در مرحله اول تصفیه فیزیکی انجام و از فیلترهای شنی عبورداده می‌شود و سپس به منظور تصفیه بیولوژیکی آب کلرزنی می‌شود.
- در تصفیه مرحله دوم، آب از کربن فعال عبور داده می‌شود تا عناصر آلی که موجب تغییر رنگ آن شده است را جذب کند.
- چنانچه املاح آب زیاد باشد با افزایش مواد ترسیبی مقداری از آن‌را ته نشین نموده تا درصد آن به حد قابل قبول برسد.

نوع لوله‌های مصرفی برای انتقال آب و نحوه استقرار آنها باید بر مبنای نشریه شماره ۳–۱۱۷ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (مبانی و ضوابط طراحی طرح‌های آبرسانی شهری) صورت پذیرد.

مشخصات آب شرب باید با استاندارد جمهوری اسلامی ایران و استاندارد بین‌المللی آب شرب توصیه شده توسط سازمان بهداشت جهانی[1] (ژنو در سال ۱۹۷۲) هم‌خوانی داشته باشد.

٤-١٥-٢- تاسیسات تامین، انتقال، ذخیره و توزیع آب صنعتی

در ارتباط با تامین آب مورد مصرف بخصوص در بتن و عملیات خاکی باید به مفاد بندهای اشاره شده در قسمت تاسیسات و شبکه تامین آب شرب عمل شود. ضمن این که تصفیه آب از نظر فیزیکی و شیمیایی باید در حد مشخصات فنی مورد نیاز مصرفی در بتن (بند ۸–۳–۳) و خاکریزی مصالح بدنه سد باشد.

1- World Health Organization

ایستگاه آبگیری اعم از آبگیر رودخانه‌ای یا چاه، لوله انتقال، حوضچه زلال‌سازی، مخازن ذخیره‌سازی به حجم حداقل شش ساعت مصرف و شبکه توزیع اجزای تاسیسات آب صنعتی می‌باشند.

٤-١٦- تاسیسات شبکه جمع‌آوری، تصفیه و دفع فاضلاب

٤-١٦-١- تاسیسات و شبکه فاضلاب بهداشتی

پیمانکار باید طراحی، احداث و نگهداری سامانه فاضلاب کلیه شهرک‌ها را انجام دهد.

روش‌های نگهداری و کاراندازی سامانه فاضلاب، باید منطبق با مقررات جاری کشور و مورد تایید مهندس ناظر باشد.

پیمانکار به هیچ وجه نمی‌تواند مواد خام فاضلاب را در محیط جاری سازد. نوع لوله‌های مصرفی برای جمع‌آوری فاضلاب و نحوه استقرار آنها باید بر مبنای نشریه ۳-۱۱۸ و ۱۶۳ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (مبانی و ضوابط طراحی شبکه های جمع آوری آب‌های سطحی و فاضلاب شهری – مکمل ضوابط طراحی شبکه‌های جمع آوری آب‌های سطحی و فاضلاب شهری) صورت پذیرد. در مسیر خطوط جمع‌آوری فاضلاب چاهک های بتنی پیش ساخته و یا در جا احداث می‌گردد.

مواد فاضلاب به یک واحد انبارسپتیک[1] برای تصفیه بیولوژیکی هدایت می‌شود، ظرفیت سامانه فاضلاب باید برای تمامی جمعیتی که در شهرک‌های پیمانکار و کارفرما زندگی می‌کنند طراحی شده باشد.

٤-١٦-٢- شبکه فاضلاب صنعتی و تاسیسات تصفیه آن

پیمانکار باید طراحی، احداث و نگهداری سامانه فاضلاب تجهیزات کارگاهی نظیر دستگاه سنگ‌شکن، دستگاه بتن ساز مرکزی و سامانه‌های خنک‌کننده و یخساز و نظایر آن را انجام دهد. دفع آب‌های ناشی از انجام عملیاتی که موجب تاثیر مواد شیمیایی از پساب آنها باشد، به هیچ عنوان نباید به محوطه‌کاری و رودخانه سرازیر شود و همانگونه که در بخش تاسیسات و شبکه فاضلاب بهداشتی توضیح داده شده، تمهیدات لازم باید صورت گیرد. پساب‌های صنعتی قبل از ورود به رودخانه باید در حوضچه‌های با حجم و وسعت زیاد ریخته شود تا پس از زلال شدن وارد رودخانه شود. رسوبات ذخیره شده می‌تواند به‌هنگام سیلاب رودخانه پاکسازی شود.

٤-١٦-٣- تاسیسات دفع زباله و مواد زاید و سامانه زهکشی

در مورد دفع زباله و مواد زاید، پیمانکار باید زباله‌ها و نخاله‌های شهرک را جمع‌آوری و از محدوده کارگاه خارج نماید و یا پس از تایید مهندس ناظر در محیطی مناسب، گودال‌هایی را ایجاد نموده و زباله و مواد زاید را در آنجا دفن نماید. این محل نباید مشرف به دریاچه و یا مسیر رفت و آمد باشد.دفع روغن سوخته و مواد نفتی دیگر در طبیعت ممنوع است و باید این مواد به پالایشگاه روغن عودت داده شوند.

سامانه زهکش براساس جمع‌آوری حداکثر بارندگی منطقه طراحی می‌شود، سامانه جمع‌آوری آب‌های ناشی از بارندگی باید به‌گونه‌ای باشد که آب باران موجب فرسایش و عدم پایداری خاک‌های منطقه نشود.

1- Septic Tank

٤-۱۷- تاسیسات و شبکه تلفن و فاکس

کارفرما در حد موردنیاز خطوط تلفن و فاکس به صورت ارتباط محلی و یا بین شهری برای کارگاه سد سازی تامین خواهد کرد.

پیمانکار باید سامانه ارتباط تلفنی داخلی بین تلفن خانه، شهرک و محل‌های کاری را برقرار کند.احداث شبکه داخلی و تامین تجهیزات آن به‌عهده پیمانکار است.

پیمانکار در تمامی دوره ساختمان، مسوول نگهداری خطوط و سامانه تلفن است. پیمانکار باید در تمامی مدت اجرای عملیات، خطوط تلفن به تعداد مندرج در شرایط خصوصی قرارداد، در اختیار کارفرما و مهندس ناظر قرار دهد و هزینه‌های بهره‌برداری آن را نیز بپردازد.

چنانچه در منطقه عملیاتی طرح نیاز به ایجاد سامانه ارتباط رادیویی باشد، این سامانه توسط کارفرما نصب و پیمانکار مسوول نگهداری این سامانه در تمامی دوره ساختمانی طرح می‌باشد.

٤-۱۸- تاسیسات تهویه فضاهای زیرزمینی

پیمانکار به لحاظ انجام عملیات در فضای بسته، نظیر نیروگاه‌های زیر زمینی، تونل‌های انحراف و انتقال آب، بایدتمهیداتی نظیر جت فن به صورت دمنده و مکنده مهیا کند که با اتصال به کانال‌های هوادهی یا هواکشی و نصب فیلترهای مناسب شرایط انجام کار را در محیطی بدون گرد و غبار و دود فراهم آورد. پیمانکار همچنین باید در زمان‌های مناسب تعویض و تمیز کردن فیلترها را انجام دهد. (به فصل دوازدهم مراجعه شود).

٤-۱۹- تاسیسات تهیه سنگدانه‌های بتن و مصالح بدنه سد خاکی

پیمانکار موظف است برای تهیه مصالح سنگی دانه‌بندی شده بتن و مصالح سنگی بدنه سد خاکی مانند پوسته، فیلتر و زهکش از دستگاه سنگ‌شکن، سرند و ماسه شوی با ظرفیت مناسب استفاده نماید. پیمانکار باید همیشه متناسب با مصرف یک ماه بتن‌ریزی و خاکریزی بدنه سد، مصالح سنگی به صورت ذخیره در کارگاه داشته باشد.

٤-۲۰- تاسیسات تهیه بتن

پیمانکار برای کارهای بتنی باید نسبت به تهیه و نصب دستگاه بتن ساز مرکزی متناسب با ظرفیت عملیات اجرایی بتنی به تعداد و ظرفیت کافی در طرح‌ها اقدام نماید، میزان دقت در توزین سیمان و آب و مواد سنگی باید بر مفاد بند ۸-۵-۲ منطبق باشد.

٤-۲۱- تاسیسات انتقال و ریختن بتن

پیمانکار موظف است با توجه به برنامه زمان بندی و حجم عملیات بتنی سد، سامانه مناسب بتن‌ریزی را انتخاب نماید. جزییات روش‌های حمل بتن و تاسیسات و تجهیزات حمل بتن باید بر مفاد بند ۸-۶ از این مشخصات فنی عمومی منطبق باشد.

فصل ۵

زمین‌کنی در فضای باز

۵-۱- کلیات

منظور از زمین‌کنی در فضای باز، کندن انواع زمین‌ها در هر عمق و به هر طریق اعم از دستی، ماشینی یا انفجار و جمع‌آوری مواد حاصله و توده کردن آنها در فاصله مناسب و همچنین بارگیری و حمل به محل‌های از پیش تعیین شده، جهت رسیدن به خط تراز و ابعاد نشان داده شده در نقشه و یا تعیین شده توسط مهندس ناظر می‌باشد.

۵-۲- تعاریف

طبقه‌بندی زمین‌هایی که کنده شده‌اند، بر اساس تعاریفی که در این بند ارائه شده است، توسط پیمانکار پیش‌نهاد می‌شود و حسب مشخصات فنی خصوصی و فهرست‌بهای منضم به پیمان به عهده مهندس ناظر یا کمیسیون طبقه‌بندی زمین که از نمایندگان کارفرما، مشاور و پیمانکار تشکیل می‌شود است، و در صورتی که به مهندس ناظر محول شده باشد، باید به تصویب کارفرما نیز برسد.

زمین‌های لجنی: زمین‌های لجنی، زمین‌هایی است که عامل کار با وزن طبیعی خود تا حدی در آن فرو رود، به‌گونه‌ای که انجام عملیات به سهولت مقدور نباشد.

زمین‌های نرم: زمین‌های نرم، زمین‌هایی است که از مخلوطی از دانه‌های مجزا از هم و بدون چسبندگی قابل توجه، که انجام عملیات در آن به‌وسیله بولدوزر تا قدرت ۱۵۰ قوه اسب و بدون استفاده از ریپر بولدوزر یا وسایل مشابه عملی باشد، تشکیل شده است.

زمین‌های سخت: زمین‌های سخت، زمین‌هایی است که از دانه‌های به هم چسبیده تشکیل شده و کندن آنها با بولدوزر به قدرت تا ۳۰۰ قوه اسب و با استفاده از ریپر بولدوزر و یا وسایل مشابه عملی باشد.

زمین‌های سنگی: زمین‌های سنگی زمین‌هایی است که برای کندن آن مصرف مواد ناریه ضروری تشخیص داده شده است.

ریزش برداری: ریزش برداری در هر نوع زمین، عملیات در زمین نرم محسوب می‌شود. در صورتی که در مواد ریزشی قطعات سنگی غیرقابل بارگیری وجود داشته باشد و خرد کردن آنها اجتناب‌ناپذیر باشد، حجم قطعات سنگی که خرد می‌شود، زمین‌کنی در زمین سنگی محسوب می‌شود. حجم این قطعات روزانه به وسیله مهندس ناظر تعیین می‌شود.

توجه به نکات زیر ضروری است:

- طبقه‌بندی زمین باتعاریف فوق جهت زمین‌کنی در فضای باز با مهندس ناظر و تصویب کارفرما (و درصورتی‌که شرایط پیمان مشخص کرده باشد، کمیسیون طبقه‌بندی) می‌باشد.
- گودبرداری عملیات زمین کنی است که تمام اطراف آن محصور باشد.
- خاک‌برداری عملیات زمین‌کنی است که کم‌تر از چهارطرف آن محصور باشد.

٥-٣- اندازه‌گیری حجم عملیات زمین‌کنی

٥-٣-١- حجم عملیات زمین‌کنی

حجم عملیات زمین‌کنی براساس نقشه‌های مصوب اجرایی کارگاهی و نقشه‌های توپوگرافی که قبل از شروع عملیات تهیه شده است و با در نظر گرفتن صورت مجلس‌ها و دستورالعمل‌ها در طول دوره اجرا، اندازه‌گیری و محاسبه می‌گردد. تغییر حجم عملیات که در اثر تورم مواد حاصله از زمین‌کنی ایجاد می‌شود در محاسبات منظور نخواهد شد.

٥-٣-٢- حجم عملیات زمین‌کنی اضافی مجاز

چنانچه مهندس ناظر در جریان عملیات، دستور زمین‌کنی اضافی را صادر کند، در این موارد حجم این زمین‌کنی براساس نقشه‌های اجرایی جدیدی که از سوی مهندس ناظر ابلاغ شده محاسبه می‌شود.

٥-٣-٣- عملیات زمین‌کنی غیرمجاز

چنانچه ضمن عملیات، زمین‌کنی بیش از اندازه مندرج در نقشه‌های مصوب و دستورکارها انجام شود، پر کردن قسمت‌های اضافه، با کیفیت اجرایی موردقبول مهندس ناظر به عهده پیمانکار می‌باشد و از این بابت وجهی به پیمانکار پرداخت نخواهد شد.

٥-٣-٤- حجم عملیات خارج از قصور پیمانکار

چنانچه ضمن عملیات زمین‌کنی، اضافه حجم زمین‌کنی روی دهد که ناشی از قصور پیمانکار نباشد، مراتب باید بلافاصله به اطلاع مهندس ناظر برسد. مهندس ناظر پس از رسیدگی، نحوه جبران هزینه‌های مربوط را براساس مبانی پیمان و پس از تصویب کارفرما به پیمانکار اعلام خواهد کرد.

٥-٤- حمل و انباشت مواد حاصله از زمین‌کنی‌ها و مواد زاید

پیمانکار موظف است به‌طور منظم کلیه فعالیت‌ها را در محل زمین‌کنی‌ها کنترل نموده و نسبت به جابجایی مواد حاصله از عملیات و به‌طورکلی هر نوع مواد زاید دیگری که در محدوده فعالیت‌ها موجود است، به محل از پیش تعیین شده انباشت مواد زاید اقدام نماید.

کلیه مواد حاصله از زمین‌کنی‌ها در انواع زمین‌ها، که به تشخیص مهندس ناظر، مصالح قابل مصرف در خاکریزها و یا همچنین قابل استفاده برای مصالح سنگی بتن باشد، به محل خاکریزها و یا محل سنگ‌شکن حمل و تخلیه می‌گردد و در صورتی‌که محل خاکریزها آماده نباشد، به محل انباشت مصالح خاکریزها که از قبل تعیین شده، حمل و انباشته می‌گردد.

اندازه‌گیری حجم مواد حاصله از زمین‌کنی‌ها برای حمل، برابر است با حجم زمین‌کنی‌های مربوط، طبق نقشه‌های مصوبی که محاسبه شده است. به عبارت دیگر بابت تورم مواد برای حمل پرداختی صورت نخواهد گرفت.

۵-۵- تمیزکاری و برداشت مواد زاید خاک، ریشه کنی و انباشت مواد زاید

تمیزکاری شامل برداشتن و حمل کلیه پرچین‌ها، پی ساختمان‌ها، بقایای مصالح ساختمانی و حمل به محل انباشت مواد زاید می‌باشد.

ریشه کنی شامل برداشتن و حمل بقایای تنه و ریشه درختان، الوارهای مدفون و مواد آلی به محل انباشت مواد زاید می‌باشد.

تمیزکاری و ریشه کنی مواد زاید خاک باید در مورد کلیه محل‌های خاکریزی‌ها، منابع قرضه و سازه‌هایی که در نقشه مشخص شده و یا توسط مهندس ناظر ابلاغ می‌شود به عمل آید.

کلیه مواد زاید که از عملیات تمیزکاری، ریشه کنی و برداشت خاک نباتی حاصل می‌گردد، باید در محل مناسبی انباشته و سوزانده شود و یا در محل مورد تایید مهندس ناظر دفن گردد.

موادی که مدفون می‌شود باید با لایه‌ای به ضخامت حداقل ۶۰ سانتی‌متر به وسیله مواد حاصله از زمین‌کنی‌ها پوشانده شود.در صورتی که محل انباشت مواد زاید به‌طور دائم زیر آب مدفون نمی‌شود، باید طوری شکل داده شود که پستی و بلندی نداشته و با شیب مناسبی زهکشی شود، تا نمای مرتبی داشته باشد.

از بین بردن مواد زاید به طریق سوزاندن، فقط با تایید مهندس ناظر قابل اجرا است.

برداشتن مواد زاید خاک در محل‌های انباشت ضروری نمی‌باشد. محدوده برداشت مواد زاید خاک باید تا ۵۰ متر دورتر از محدوده فعالیت‌ها باشد، مگر این‌که در نقشه‌ها دستور دیگری داده شده باشد.

مواد زایدی که از تمیزکاری، ریشه کنی و برداشت خاک نباتی حاصل می‌گردد، نباید روی زمین‌های کشاورزی و یا زمین‌های ناپایدار قرار گیرد.

برداشت خاک نباتی توام با بوته‌ها و ریشه‌ها، زمین‌کنی در زمین‌های نرم یا سخت، حسب مورد تلقی شده و یا به عبارت دیگر بابت کندن بوته‌ها و ریشه‌ها پرداخت جداگانه‌ای صورت نخواهد گرفت.

مصالحی که از تمیزکاری، ریشه‌کنی و برداشت خاک نباتی حاصل شود، ممکن است طبق دستورالعمل مهندس ناظر فروخته، استفاده و یا انبار گردد.

در صورتی‌که مواد زاید حجمی بیش‌تر از حجم پیش‌بینی شده اولیه داشته باشد، باید در محل‌های جدیدی که طبق دستور مهندس ناظر برای مواد زاید منظور می‌شود، تخلیه گردد.

۵-٦- احتیاطات و ایمنی

پیمانکار، مسوول تامین ایمنی کلیه عملیات زمین‌کنی است.

کلیه فعالیت‌های پیمانکار باید مطابق با قوانین، مقررات و ضوابط ایمنی و نیز استانداردهای زیست محیطی و مندرجات فصل سوم این مشخصات فنی عمومی‌باشد.

پیمانکار کلیه روش‌های منطقی را به منظور کاهش سر و صدا و غبار باید به کار گیرد و به‌منظور جلوگیری از آسیب‌دیدگی افراد، باید وسایل حفاظتی شخصی در اختیار کارکنان قرار دهد.

پیمانکار موظف است جزییات مربوط به مواد منفجره، از جمله روش حمل و نقل و انبارکردن آن را به مهندس ناظر ارائه نماید، و پس از تایید مهندس ناظر آن روش‌ها را به کار گیرد.

پیمانکار موظف است کلیه موارد ایمنی در مورد انبار کردن، جابجا نمودن و به‌کارگیری مواد منفجره را رعایت نموده و یک نسخه از قوانین و مقررات کشوری در مورد حمل و نقل، انبار کردن و استفاده از مواد منفجره را در دفتر کار خود و در کارگاه داشته باشد و یک نسخه از آن را نیز در اختیار مهندس ناظر قرار دهد. همچنین تابلوهای خطر و آگهی‌هایی را که شامل دستورالعمل‌های لازم زمان انفجار باشد، در محل نصب نماید. چنین آگهی‌هایی باید به تمام زبان‌هایی که در پیمان ذکر می‌شود، نوشته شود.

پیمانکار موظف است موقعیت و محل مناسب انبار ناریه را با توجه به کلیه قوانین و مقررات ایمنی انتخاب کرده و طرح انبار ناریه را به منظور بررسی به مهندس ناظر ارائه نماید. این طرح پس از اخذ تاییدیه مقامات انتظامی قابل اجرا است.

پیمانکار موظف است انبار مواد ناریه را با رعایت ضوابط ایمنی برای انبار کردن مواد ناریه آماده نماید و نسبت به نگهداری و حفاظت آن مطابق قواعد ایمنی اقدام نماید.

فاصله انبار ناریه تا محل کارگاه نباید کم‌تر از ۱۰۰۰ متر باشد.

پیمانکار موظف است مواد منفجره را فقط در مورد ردیف کارها، و در زمان و محلی که مورد تایید مهندس ناظر است به‌کار گیرد. اما چنین تاییدی براساس قوانین و مقررات کشوری سبب سلب مسوولیت پیمانکار در رابطه با مجروح شدن، مرگ، نارضایتی افراد، صدمه زدن به کار، ساختمان‌های مربوط، جاده‌ها، اماکن، اشیا، حیوانات و اموال نمی‌گردد. پیمانکار مسوول هرگونه حادثه ناشی از عملیات آتشکاری می‌باشد و کارفرما نسبت به پرداخت هرگونه غرامت و ادعایی که ناشی از عدم رعایت موارد ایمنی آتشکاری و یا نگهداری مواد ناریه باشد تعهدی ندارد.

اگر مهندس ناظر احتمال وقوع حادثه‌ای را در اثر انفجار بدهد، می‌تواند از ادامه کار ممانعت به‌عمل آورد و پیمانکار حق هیچ‌گونه اعتراضی را به مهندس ناظر و کارفرما را نخواهد داشت. پیمانکار موظف است قبل از زمان هر انفجار آژیر اعلام خطر را کشیده و افرادی را در جاده‌ها و محدوده خطر با پرچم یا بلندگو به کار گمارد تا از توقف و تردد افراد، حیوانات و یا وسایل نقلیه در محدوده جلوگیری به‌عمل آورند.

در مواردی که از چاشنی‌های الکتریکی استفاده می‌شود. جهت جلوگیری از انفجار ناقص، باید کنترل و دقت لازم به‌عمل آید.

در مواقع طوفانی و رعد و برق عملیات خرجگذاری ممنوع است.

طی مدت عملیات آتشکاری فقط کارکنان مجاز، از جمله اکیپ آتشکار و کنترل کننده مهندس ناظر مجاز است که در محل حضور داشته باشد. قبل از زمان انفجار کلیه افراد اکیپ در محل امنی پناه گرفته و سپس انفجار توسط مسوول اکیپ آتشکار با اطمینان از اینکه کلیه موارد ایمنی رعایت شده است، صورت خواهد گرفت. پس از انفجار به منظور کسب اطمینان از صحت کامل انفجار، اکیپ آتشکار به کنترل نهایی می‌پردازد و تا حصول اطمینان نهایی، کنترل محدوده همچنان ادامه می‌یابد.

مسوول اکیپ آتشکاری باید دارای مجوز رسمی از مراجع ذیصلاح باشد و افراد اکیپ نیز باید با تجربه بوده و مورد تایید مهندس ناظر باشند. در این مورد مراعات مقررات دستگاه‌های انتظامی الزامی است.

پیمانکار موظف است به طریقی که مورد تایید مهندس ناظر باشد، کلیه مدارک مربوط به آتشکاری را برای مقایسه با سوابق زلزله نگاری جمع‌آوری نماید. مدارک آتشکاری باید شامل زمان دقیق، محل، نوع مواد منفجره، مقدار آن، نحوه انفجار و نتیجه آتشکاری باشد.

پیمانکار موظف است تصویر دستورالعمل‌ها و آگهی‌های صادر شده از طرف خود را، پس از کسب تایید مهندس ناظر، جهت اطلاع کارگران و کارمندان در تابلوی اعلانات نصب نماید.

۵-۷- روش‌های زمین‌کنی

۵-۷-۱- زمین‌کنی در خاک

به‌طورکلی زمین‌کنی در خاک به‌وسیله هر روش قابل قبول و یا طبق تعاریف ۵-۲ انجام می‌گیرد. بدین ترتیب پیمانکار موظف است، زمین‌کنی و ایجاد دیواره‌های شیبدار را تا رقوم و مقاطع مشخص شده در نقشه‌ها انجام دهد ودر سطوحی که مقاطع و شیب‌ها نمایش داده نشده است از مهندس ناظر کسب تکلیف نماید.

مهندس ناظر در صورت نیاز، شیب، تراز و اندازه زمین‌کنی را با شرایط به وجود آمده در طی اجرا هماهنگ می نماید. ولی در صورتی که پیمانکار مقدار و شیب منظور شده برای زمین‌کنی را تغییر دهد، ملزم به بازسازی شیب واقعی بدون دریافت هیچ‌گونه هزینه اضافی، می‌باشد.

ایجاد دیواره‌های شیبدار باید به‌گونه‌ای صورت گیرد که دیواره‌ها پایدار بوده و دارای ظاهر مرتبی باشد. ایجاد شیب و تراز لازم باید به‌وسیله تیغه گریدر، اسکریپر، بیل دستی و یا بولدوزر و یا کارگر ماهر انجام گیرد.

در زمین‌کنی‌ها بابت پروفیله کردن و وجود محدودیت و یا صعوبت در عملیات (به استثنای آنچه به صراحت در فهرست بها یا مشخصات فنی خصوصی یاد شده باشد) هزینه‌ای تعلق نخواهد گرفت.

در گودبرداری‌های پی سد و یا سازه‌هایی که در زیر تراز آب صورت می‌گیرد و یا به‌طور کلی در سایر سازه‌های سطحی، چه در هنگام خاک‌برداری و یا سنگ‌برداری، تخلیه آب قبل و در حین گودبرداری از جمله وظایف پیمانکار می‌باشد. بدین منظور پیمانکار موظف به تخلیه آب توسط وسایل پمپاژ و پیش‌بینی کانال‌های زهکشی می‌باشد.

۵-۷-۱-۱- زمین‌کنی ویژه در خاک

در جاهایی که به لحاظ محدودیت عرض و عمق عملیات زمین‌کنی، نمی‌توان از ماشین‌آلات و همچنین از روش‌های آتشکاری استفاده کرد و استفاده از ماشین‌آلات خاص مانند (هیدروفرز و کلم شل و...) ضروری باشد، پیمانکار موظف است شیوه مورد نظر را به مهندس ناظر پیشنهاد کند و پس از تایید مهندس ناظر اجرا نماید. هزینه‌های این گونه زمین‌کنی‌ها به‌صورت جداگانه در ردیف مربوط پرداخت می‌گردد. مشخصات فنی کار با این گونه ماشین‌آلات خاص بر اساس توصیه‌های تولید کنندگان این ماشین‌آلات در مشخصات فنی خصوصی یا دستورالعمل‌های مهندس ناظر ابلاغ خواهد شد.

۵-۷-۲- زمین‌کنی در سنگ

زمین‌کنی در سنگ و در فضای باز می‌تواند به‌وسیله دژبر و یا طبق تعریف ۵-۲ صورت گیرد.

پیمانکار موظف به سنگ‌برداری تا خطوط تراز مشخص شده در نقشه‌ها و یا نظر مهندس ناظر می‌باشد. در صورت لزوم، مهندس ناظر حق تغییر عمق، پهنا، طول و شیب حفاری را دارد.

پیمانکار موظف است در صورت نیاز و با نظر مهندس ناظر نسبت به پایدار نمودن دیواره‌های شیبدار به‌وسیله احداث سامانه‌های زهکشی، نصب پیچ سنگ و توری فولادی و بتن پاشی اقدام نماید.

در مقاطع سنگ‌برداری‌ها، آتشکاری باید طوری صورت گیرد که از خرد شدن سنگ‌های خارج محدوده سنگ‌برداری، جلوگیری شود. رعایت دستورات مهندس ناظر هیچ‌گونه مسوولیتی را از پیمانکار سلب نخواهد کرد. سنگ‌برداری‌ها باید به‌گونه‌ای انجام شود که سطح سنگی که روی آن بتن‌ریزی می‌شود، بیش از حدود مشخص شده در مشخصات فنی خصوصی از خطوطی که در نقشه‌ها مشخص شده است، تجاوز نکند.

۵-۷-۲-۱- روش‌های زمین کنی با مواد ناریه (آتشکاری)

پیمانکار موظف است پیشنهاد طرح آتشکاری را قبل از اجرا جهت تایید به مهندس ناظر ارائه نماید.

طرح حفاری با مواد منفجره شامل پلان حفاری با مقیاس مناسب است که روی آن کلیه چال‌های پیش برش[1] محدوده حفاری طبق نقشه اجرایی، چال‌های حفاری توده[2]، نوع و میزان و نحوه خرجگذاری هر چال، شماره چاشنی‌های تاخیری هر خط انفجار و بالاخره مدار انفجار مشخص شده باشد. همچنین باید مقادیر کل مواد منفجره برای مرحله انفجار و خرج ویژه (میزان ماده منفجره به ازای متر مکعب حفاری) روی طرح حفاری ذکر گردد. جزییات چال‌زنی از جمله عمق هر چال که با توجه به توپوگرافی سطح سنگ و تراز کف حفاری تعیین می‌شود، قطر چال، زوایای سمت و میل چال و عمق اضافه چال زنی باید روی طرح حفاری مشخص گردد. قبل از ارائه این طرح و بررسی و تایید آن از سوی مهندس ناظر، برداشت مواد منفجره از انبار ممنوع است.

پس از خرج‌گذاری باید مدار بسته شده به لحاظ نشت الکتریکی کنترل شود.

۵-۷-۲-۱-۱- پیش برش سنگ

پیش برش سنگ به‌منظور ایجاد سطوح حفاری طبق نقشه اجرایی و ممانعت از صدمه زدن انفجار به سنگ خارج از حدود نقشه به‌کار گرفته می‌شود و معمولا در مورد سطوح با زاویه میل ۴۵ درجه یا بیش‌تر (نسبت به خط افق) به اجرا در می‌آید، هرچند با زوایای میل کمتر نیز قابل اجرا می‌باشد (مثلا با چال زنی افقی با ماشین‌هایی نظیر جامبو) که مستلزم هزینه بیش‌تری نسبت به پیش برش به زاویه بیش از ۴۵ درجه می‌باشد.

پیمانکار در این روش یک سری چال‌ها با فاصله کم در طول محیط مقطع سنگ‌برداری حفر می‌کند. این چال‌ها قبل از آتشکاری اصلی، منفجر می‌شود. فاصله چال‌هایی که به این منظور حفر می‌گردند، نباید از ده برابر قطر هر چال، تجاوز نماید. فاصله ردیف چال‌های محیطی تا ردیف بعدی (ردیف ماقبل آخر) نباید بیش از ۰/۸ فاصله بین ردیف چال‌های معمولی باشد.

۵-۷-۲-۱-۲- حفاری توده سنگ

بسته به ابعاد نقشه، جنس، لایه بندی و درزه‌های سنگ، پارامترهای زیر از سوی پیمانکار تعیین می‌شود:

- فاصله یا لبه آزاد[3] خطهای انفجار،
- فاصله چال‌های انفجار در هر خط،

1- Pre-splitting
2- Production holes
3- Burden

- زاویه سمت یا آزیموت چال،
- زاویه میل یا شیب چال نسبت به خط افق یا خط شاقول، این زاویه عموما به صورت شیب یا تانژانت زاویه تعیین می‌شود،
- میزان و نوع خرج ته چال[1]،
- میزان و نوع خرج ستون چال[2]،
- ارتفاع درپوش[3] (گل‌گذاری)
- طول طناب انفجاری هر چال،
- مدار انفجار، شماره و نوع چاشنی خط انفجار،

روش‌های تعیین این پارامترها در نشریات تخصصی قابل دسترسی است.

۵-۷-۲-۱-۳- آتشکاری به روش حفر چال‌های خطی[4]

پیمانکار در این روش موظف است یک سری چال‌های با فاصله کم در مقطع سنگ‌برداری، حفر نماید. این چال‌ها خالی از مواد منفجره هستند تا در موقع آتشکاری از گسترش امواج انفجار به قسمت‌های خارج از محدوده مورد نظر جلوگیری نماید.

۵-۷-۲-۱-٤- آتشکاری به روش انفجار ملایم[5]

آتشکاری به روش انفجار ملایم در فضاهای زیرزمینی، باید طوری اجرا گردد که از ترک‌دار شدن بیش از حد سنگ‌های پیرامون محیط آتشکاری به‌طور کلی جلوگیری شود. در این روش، چال‌های کناری به همراه چال‌های معمولی، ولی با بیش‌ترین تاخیر (آخرین مرحله آتش)، منفجر می‌شود.

۵-۷-۲-۲- کنترل آتشکاری

پیمانکار موظف است قبل از اجرای هر مرحله عملیات آتشکاری، اطلاعات زیر را به‌منظور کسب تایید در اختیار مهندس ناظر قرار دهد.

- مشخصات هندسی محل اجرای آتشکاری،
- نقشه حفاری، تعداد و عمق چال‌ها،
- وزن و نوع مواد منفجره،
- نحوه خرج گذاری در هر چال،
- مقدار و نوع خرج ویژه،
- نوع، شماره و تعداد چاشنی‌های تاخیری،
- مقدار کل مواد منفجره،

1- Bottom charge
2- Charge Column
3- Stemming
4- Dental Excavation
5- Smooth blasting

- شماره و تعداد چاشنی‌های تاخیری استفاده شده،
- طرح مدار آتش،
- مقدار مواد منفجره بر حسب کیلوگرم در هر تاخیر،

پس از کنترل و تایید موارد فوق‌الذکر، مجوز انفجار توسط مهندس ناظر در اختیار پیمانکار قرار خواهد گرفت.

پیمانکار موظف است جهت هماهنگی و برنامه‌ریزی با در نظر گرفتن موارد ایمنی، ساعت انفجار را روز قبل از انفجار به اطلاع مهندس ناظر رسانده و پس از انفجار، گزارشی جهت اطلاع به مهندس ناظر ارائه دهد.

تایید روش انفجار توسط مهندس ناظر سبب سلب مسوولیت از پیمانکار نمی‌شود.

کلیه سنگ‌های شکسته شده ناشی از اضافه شکست سنگ که در اثر عدم اجرای آتشکاری کنترل شده به‌وجود آمده‌اند، باید با دستورالعمل مهندس ناظر خارج گردیده و با بتن مناسب باز سازی شوند. از این بابت هیچ‌گونه مبلغ اضافی برای خارج کردن سنگ و کارهای وابسته، از قبیل بازسازی با بتن پرداخت نخواهد شد. چنین بازسازیهایی به‌طور کلی در مناطقی که عملیات بتنی بر روی سنگ انجام می‌گیرد ضروری است.

۵-۷-۲-۳- ترمیم رگه‌ها و نواحی خرد شده

پیمانکار موظف است سطوح بتن‌ریزی در پی سازه‌ها را از سنگ‌های خردشده و هوازده و همچنین سطح درزه‌های موجود را از مواد زاید تمیز نماید. این عمل ممکن است به‌صورت موضعی و با روش‌های مجازی که بتواند مواد را از محل‌های کم‌عرض خارج کند، انجام گیرد. (استفاده از دژبر، هوای فشرده، فشار آب و...)

پس از اینکه مواد زاید موجود در درزه و شکاف سنگ تا عمقی معادل حداقل ۱/۵ برابر عرض درزه و شکاف، یا طبق نقشه‌های اجرایی تمیز شد، باید طبق راهنمایی و دستورالعمل مهندس ناظر، فضای حاصله با ملات یا بتن مناسب به‌صورت گوه‌ای پر گردد.

۵-۷-۲-٤- زمین‌کنی با وسایل مکانیکی

در جایی‌که حفاری با مواد منفجره سبب آسیب به سنگ یا سازه‌های مجاور شود، مهندس مشاور دستور حفاری مکانیکی صادر خواهد نمود.

وسایلی که برای این عملیات به کار می‌رود، بسته به حجم کار می‌تواند چکش بادی دستی، چکش هیدرولیکی سوار شده روی بیل مکانیکی، سنگتراش هیدرولیکی[1] و غیره باشد.

۵-۷-۲-۵- زمین‌کنی با مواد شیمیایی

برای جلوگیری از صدمه دیدن سازه‌های جنبی و یا بستر محل سنگ‌برداری، پیمانکار می‌تواند به جای روش‌های آتشکاری از روش سنگ‌برداری با مواد شیمیایی استفاده نماید.

1- Hydraulic milling cutter

روش اجرای سنگ‌برداری با مواد شیمیایی باید متناسب با دستورالعمل‌های تولید کننده مواد شیمیایی باشد. در صورت ضرورت استفاده از این روش، پیمانکار باید ضمن بیان استدلال برای این ضرورت، دستورالعمل‌های تولید کننده مواد شیمیایی مورد نظر را به همراه روش اجرا و زمان‌بندی آن به مهندس ناظر ارسال کند. در صورت تایید مهندس ناظر، پیمانکار می‌تواند این روش را به کار گیرد. این روش برای تخریب سازه‌های بتنی نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. از این روش نباید برای سنگ‌برداری در سنگ‌های دارای درزه و ترک استفاده کرد. باید احتیاط لازم جهت ممانعت از صدمه به سنگ و سازه‌های مجاور به‌عمل آورده شود.

۵-۸- پایداری شیب‌ها

پیمانکار موظف است پس از حفر دیواره‌های شیبدار و قائم (سطوح موقتی و نهایی) کلیه اقدامات لازم را جهت اطمینان از ایمن بودن آنها به‌عمل آورده و کارهای لازم جهت پایدارسازی را با برداشتن سنگ‌های سست یا مواد دیگر انجام دهد. احداث دیوار حایل (دیوار نگهبان)، مهار بلوک‌های سنگی یا خاکی و نصب پیچ سنگ، توری فولادی و بتن‌پاشی، از جمله روش‌هایی هستند که پیمانکار باید حسب مورد یک یا مجموعه‌ای از آنها را جهت پایداری و جلوگیری از ریزش سنگ و مواد دیگر با تایید مهندس ناظر، به‌کار گیرد.

هرگاه مهندس ناظر تشخیص دهد که به‌کارگیری وسایل نگهداری و حفاظتی برای بهبود ایمنی شرایط کارگران ضروری است، می‌تواند دستور به‌کارگیری وسایل نگهداری اضافی را صادر نماید.

ابعاد کلی و جزییات مقاطع، در نقشه‌ها نشان داده شده است، براساس این نقشه‌ها سطوح کنده شده نهایی شیب‌ها، که ممکن است در معرض هوازدگی قرار گیرد، باید بلافاصله پس از کندن، در صورت تشخیص و صدور دستور کار مهندس مشاور، با ملات سیمان و یا بتن‌پاشی پوشش داده شود.

در مواقعی که ریزش در طول دیواره‌های شیبدار، در زمان اجرا یا بعد از کامل شدن کار و قبل از تحویل نهایی اتفاق بیفتد، پیمانکار موظف است کلیه مواد ریخته شده را خارج نموده و اقدام لازم جهت اصلاح و پایداری دیواره‌های شیبدار را با تایید و نظارت مهندس ناظر انجام دهد.

تایید مهندس ناظر موجب سلب مسوولیت پیمانکار از ایجاد ایمنی و پایداری محل‌های کنده شده نمی‌گردد.

در مواردی که ریزش در جایی اتفاق افتاده باشد که پیمانکار از شیب تندتری نسبت به آنچه که در نقشه‌ها نشان داده شده استفاده نموده، و یا به هر صورت غفلت کرده باشد، هیچ گونه پرداختی جهت جمع‌آوری و خارج نمودن مواد و بازسازی محل به وی انجام نخواهد شد. در جایی که شیب ملایم‌تری در اثر ریزش حاصل شود، هزینه‌های خاکریزی و یا بتن‌ریزی اضافی مورد نیاز به عهده پیمانکار می‌باشد.

اگر با تایید مهندس ناظر، ریزش اتفاق افتاده غیرقابل پیشگیری بوده باشد، در این صورت هزینه مربوط به زمین‌کنی اضافی یا بتن‌ریزی، براساس آحاد بهای ذکر شده طبق ردیف‌های فهرست بها پرداخت خواهد شد.

فصل ۶

سامانه انحراف رودخانه در دوران ساخت

۶-۱- کلیات

هدف اصلی از اجرای سامانه انحراف موقت فراهم نمودن فضایی خشک در محل ساختگاه سد برای انجام عملیات اجرایی پی و بدنه سد و سازه‌های وابسته می‌باشد.

به‌طور کلی روش انحراف بده پایه و طغیان‌های رودخانه در طی دوره ساختمان سد، بستگی به شرایط توپوگرافی، عرض بستر رودخانه، زمین‌شناسی مهندسی، مورفولوژی رودخانه، نوع و جانمایی سد و سازه‌های وابسته، آورد رودخانه و میزان سیلاب دارد که با توجه به امکانات و هزینه‌های اجرایی باید بهینه باشد. روش‌های متداول انحراف آب رودخانه عبارت است از:

- حفر تونل (هایی) در تکیه‌گاه (ها)،
- مجاری آبگذر از نوع کالورت،
- انحراف چند مرحله‌ای با استفاده از بستر طبیعی رودخانه.

اجزای سامانه انحراف موقت را به‌طور کلی می‌توان به شرح زیر طبقه‌بندی نمود:

- فراز بند و نشیب‌بند
- کانال‌های ورودی و خروجی
- سازه‌های ورودی و خروجی
- مجرا (ها) ی انحراف آب

طرح سامانه انحراف موقت توسط مهندس مشاور تهیه می‌شود، ولی پیمانکار موظف است طرح پیشنهادی مشاور را از لحاظ مسایل فنی، اقتصادی و اجرایی بررسی نماید، سپس در صورتی که طرح برتری نسبت به طرح مشاور داشته باشد، باید نقشه‌ها و روش اجرای آن‌را تهیه نموده و برای کسب تایید به مشاور و کارفرما ارائه نماید. طرح پیشنهادی پس از تایید مشاور و تصویب کارفرما قابل اجرا خواهد بود. در طرح پیمانکار استفاده ثانویه، چه در زمان اجرا و چه در زمان بهره‌برداری باید با در نظر گرفتن مسایل فنی، اقتصادی، مخاطرات، اجتماعی، سهولت و برنامه زمان‌بندی طرح مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

پیمانکار موظف است کلیه گزارش‌ها و نقشه‌های فنی را به دقت بررسی و در صورت مغایرت و یا اشکال فنی، از مشاور درخواست اصلاح نماید. کلیه عملیات اجرایی باید طبق مشخصات فنی خصوصی و با تایید مهندس ناظر انجام شود.

۶-۲- تعاریف

انحراف موقت آب رودخانه: تغییر مسیر جریان رودخانه برای مدت زمان معین.

انسداد مجرای انحراف: قطع جریان آب از داخل مجرای انحراف آب به نحوی که جریان آب به پایین‌دست از این طریق انجام نشود.

حق آبه: مقدار نیازهای آبی که برای مصارف کشاورزی و غیره از رودخانه برداشت می‌شود.

سامانه انحراف: مجموعه سازه‌هایی که برای انحراف موقت رودخانه در زمان احداث سد، بنا می‌گردد.

طرح پیمانکار: مجموعه‌ای از نقشه‌ها و گزارش‌ها و مشخصات فنی به همراه روش‌های اجرایی سامانه انحراف بوده که از طرف پیمانکار پیشنهاد می‌شود.

فراز بند: سازه‌ای که برای انحراف آب رودخانه به داخل مجرا(ها)ی انحراف آب در بالادست محور سد احداث می‌شود.
مجرا(ها)ی انحراف آب: محل (ها) یی که برای انحراف جریان آب رودخانه احداث می‌گردد.
نشیب‌بند: سازه‌ای که برای جلوگیری از ورود آب از پایین‌دست به محوطه کارگاه سد در پایین‌دست محور سد احداث می‌گردد.

٦-٣- حق آبه

ترتیبات کامل و کافی در تامین آب کشاورزی، شرب و آب مورد مصرف برای عملیات ساختمانی و سایر موارد، طی مدت قرارداد به عهده و با هزینه پیمانکار می‌باشد. اگر پیمانکار بخواهد از منابع آب دیگری به غیر از آن(ها) که در اسناد پیمان آمده است استفاده کند، یا روش‌های اجرایی پیمانکار در حین اجرا به‌گونه‌ای تغییر کند که به آب بیش‌تری نیاز باشد، در صورتی که ناچار به استفاده از حق‌آبه کشاورزان و اهالی گردد، راسا باید با مالکین تماس بگیرد و با آنها به توافق برسد. پیمانکار نباید آبگذرها و انهار متعلق به آب‌بران و استفاده کنندگان از آب رودخانه را آلوده کند و باید در قبال ادعای اشخاص نسبت به آلودگی آب و استفاده از آب مسوولیت کامل داشته باشد.

به طور کلی در صورتی که ضرورت ایجاب نماید در رژیم رودخانه، سردهانه و یا انهار زراعی دخل و تصرفاتی صورت گیرد، پیمانکار باید ترتیباتی اتخاذ کند که تا پایان قرارداد تامین آب زراعی انهار و رودهای مربوط به قراء و قصبات و اشخاص دچار وقفه نگردد. پیمانکار باید کارفرما را در این خصوص از هر گونه ادعا، اعتراض، جبران خسارت و سایر مسایل حقوقی و مالی بری الذمه سازد.

٦-٤- مخاطرات و بیمه

با توجه به این که سامانه انحراف برای دوره‌های بازگشت سیل کوتاه‌تری نسبت به دوره بازگشت سیل مورد نظر برای تاسیسات اصلی طراحی می‌شود، مخاطره تخریب یا آسیب سامانه انحراف، کارگاه و تجهیزات داخل کارگاه در دوران ساخت به مراتب بیش‌تر از مخاطره‌ای است که از سیل، متوجه سد و تاسیسات وابسته به آن است. به همین دلیل پیمانکار باید کلیه تاسیسات و تجهیزات کارگاه را در دوران ساخت بیمه کند. به منظور پرهیز از بروز اختلاف نظر با بیمه‌گر در خصوص شدت سیل رخ داده، باید ایستگاه آب‌سنجی مناسب و مورد تایید بیمه‌گر، پیمانکار و کارفرما به عنوان معیار آب‌سنجی‌ها در قرارداد بیمه گنجانده شود. در قرارداد بیمه باید حد و حدود خسارت‌هایی که بیش‌تر از آن به عهده بیمه‌گر و کم‌تر از آن به عهده پیمانکار است به وضوح تعیین و تشریح شود.

پیمانکار باید در قرارداد بیمه مذکور که با شرکت بیمه معتبر و مورد تایید کارفرما منعقد می‌کند، تمام تاسیسات و تجهیزات متعلق به کارفرما را با موافقت و به هزینه کارفرما در مقابل حوادث غیرمترقبه و قوای قهریه دیگر (علاوه بر سیل)، بر اساس شرایط عمومی پیمان، بیمه نماید.

هرگاه در اثر عمل پیمانکار به تاسیسات موجود در کارگاه مانند ارتباطات تلفنی، ابنیه آبرسانی، خطوط انتقال برق و غیره صدماتی وارد شود، پیمانکار متعهد است هزینه ترمیم یا برقراری مجدد آنها را بپردازد و درصورتی که عملیات اجرایی تغییر وضع تاسیسات فوق را ایجاب کند، پیمانکار به کارفرما اطلاع خواهد داد تا مامورین مربوط برای تعویض آنها اقدام نمایند. در این حالت هزینه تعویض به‌عهده کارفرما خواهد بود.

٦-٥- سامانه اعلام خطر

برای رودخانه‌هایی که دارای رژیم سیلابی وحشی باشد، به منظور پیش‌بینی وضعیت سیلابی رودخانه و پیشگیری از بروز خسارات جانی و مالی باید از یک سامانه اعلام خطر استفاده شود. سامانه اعلام خطر باید با شروع عملیات اجرایی ساخته و آماده بهره‌برداری باشد. طرح سامانه اعلام خطر باید توسط پیمانکار تهیه و به تصویب کارفرما برسد.

سامانه اعلام خطر شامل تاسیساتی خواهد بود که در بالادست محدوده عملیات اجرایی و در فاصله مناسب برای اندازه‌گیری و گزارش جریان جاری و سیلابی در رودخانه احداث می‌گردد. با توجه به نتایج مطالعات هیدرولوژیکی و هیدرولیکی رودخانه، و همچنین زمان موردنیاز برای تخلیه نیروی انسانی و ماشین‌آلات از محوطه کارگاه، محل نصب تجهیزات سامانه اعلام خطر تعیین شده و باید با تایید مهندس ناظر همراه باشد.

در صورتی‌که احتمال تخریب فرازبند و بروز خسارات جانی در پایین‌دست وجود داشته باشد، طرح سامانه اعلام خطر باید حاوی نحوه اطلاع رسانی به پایین‌دست و طرح تخلیه افرادی که در پایین‌دست زندگی می‌کنند، باشد.

٦-٦- خشکانیدن و زهکشی

در مدت قرارداد و عملیات اجرایی، پیمانکار موظف است کلیه محدوده عملیات اجرایی را در حد مناسب خشک نگه داشته و آب‌های جاری (سطحی و یا زیرزمینی) را با تدابیر موردنیاز و تحت نظر مهندس ناظر از محل کار تخلیه نماید. برای این منظور پیمانکار باید با احداث سازه‌های موقت موردنیاز برای انحراف انهار، رودها، آب‌های زیرزمینی و سیلاَب‌ها، صدمات احتمالی را به حداقل رسانده و از اختلال در عملیات اجرایی جلوگیری نماید. درصورت نیاز، پیمانکار باید وسایل پمپاژ آب را به مقادیر کافی در کارگاه فراهم سازد.

پیمانکار باید تمامی تدابیر موردنیاز را برای آب‌های جاری برروی سطوح حفاری شده چنان اتخاذ نماید تا هیچ‌گونه مخاطره‌ای برای پایداری شیب‌های حفاری شده به وجود نیاید.

بستر حفاری‌ها، معادن و منابع قرضه باید به‌طور دائم از ورود و تجمع آب‌های سطحی توسط پیمانکار حفاظت شوند. کلیه آب‌هایی که آلوده به مواد معلق، روغن، موادسیمانی و غیره باشد، باید قبل از ورود به رودخانه در حوضچه‌های رسوب‌گیر تخلیه شود. بنابراین کلیه آب‌های تخلیه شده از محل کارگاه به رودخانه باید عاری از هرگونه سموم، مواد معلق و یا مواد شیمیایی باشد تا خطر این گونه مواد انسان‌ها، حیوانات، وهمچنین ماهی‌ها و سایر آبزیان را تهدید ننماید.

٦-٧- عملیات انحراف، انسداد و آبگیری اولیه

برای رودخانه‌هایی که حتی در فصل خشک دارای جریان پایه نسبتا زیادی می‌باشند، انسداد رودخانه و انحراف آب آن به داخل مجرا(ها) ی انحراف با مشکل مواجه خواهد بود. هرچند هزینه انسداد رودخانه درصد کمی نسبت به کل هزینه‌ها می‌باشد، ولی تاخیر در انسداد یا تخریب آن به هنگام اجرا (شسته شدن مصالح در رودخانه) باعث تاخیر در کل عملیات اجرایی و افزایش چشمگیر هزینه‌ها خواهدشد. بنابراین طرح انحراف آب رودخانه باید دارای سهولت و اطمینان اجرایی باشد تا بتوان عملیات انسداد رودخانه را با کم‌ترین مشکلات انجام داد.

پیمانکار موظف است با بررسی دقیق، میزان حجم مصالح موردنیاز برای انسداد رودخانه را برآورد نموده و با تخمین ضایعات، حجم و نوع مناسبی از مصالح را جهت انسداد و انحراف آب رودخانه شناسایی و قبل از اجرا به تایید مهندس ناظر برساند.

انسداد نهایی انحراف موقت رودخانه و آغاز آبگیری مخزن یکی از مهمترین مراحل اجرایی سامانه انحراف می‌باشد وباید با دقت کافی از طرف پیمانکار برنامه‌ریزی شود. آبگیری مخزن باید بعد از خرید اراضی محدوده مخزن، جابجایی افرادی که در محدوده مخزن زندگی می‌کنند و برچیدن تجهیزات و ماشین‌آلات انجام شود.

پس از انجام عملیات انسداد و آغاز آبگیری مخزن، مدت زمان نسبتا طولانی طول خواهد کشید تا بتوان از آبگیرها استفاده نمود. در این مدت برای تامین حداقل نیازهای پایین‌دست (شامل نیازهای محیط زیست، حق‌آبه‌های کشاورزی و ...) پیمانکار موظف است که پس از بررسی‌های لازم، طرح‌های پیشنهادی را طبق مشخصات فنی خصوصی و تحت نظر مهندس ناظر اجرا نماید.

فصل ۷

عملیات آب‌بندی و بهسازی پی

۷-۱- آب‌بندی

۷-۱-۱- کلیات

پیمانکار باید نیروی کار مناسب، تجهیزات مورد نیاز و مصالح کافی برای انجام عملیات آب‌بندی پی را فراهم نماید. این عملیات شامل حفاری و تزریق به منظور اجرای پرده آب‌بند در روباره‌ها و سنگ‌ها است.

پرده آب‌بند باید نفوذپذیری را به طور چشمگیری کاهش دهد و برای این‌که بتواند روی شبکه خطوط پتانسیل جریان و جریان زه موثر باشد، باید به اندازه کافی عریض طراحی شود. انتهای آن ترجیحا باید به لایه‌های با نفوذپذیری کم‌تر برسد تا بتواند جریان و شیب زه خروجی را شدیدا کاهش دهد.

دیواره آب‌بند در سنگ‌های ضعیف یا نهشته‌های آبرفتی اجرا می‌شود و میزان تراوایی این دیواره باید حداکثر در حدود $۱۰^{-۶}$ تا $۱۰^{-۷}$ سانتی‌متر بر ثانیه باشد.

۷-۱-۲- تعاریف و اصطلاحات

آزمایش فشار آب: این آزمایش شامل تزریق آب تحت فشار در یک قطعه از گمانه، به منظور تعیین میزان آب‌خوری سنگ است.

آزمایش لوژن[1]: آزمایش اندازه‌گیری آب خوری در سنگ است. میزان آب خوری در سنگ با واحد لوژن (Lu) بیان می‌شود.

آزمایش لفران[2]: آزمایش تعیین نفوذپذیری در روباره‌ها و مصالح آبرفتی است. نفوذپذیری خاک‌ها و نهشته‌های آبرفتی به وسیله رابطه دارسی تعیین شده و برحسب سانتی‌متر برثانیه بیان می‌شود.

تزریق آب‌بندی: نوعی از تزریق است که به منظور بستن درزه و شکاف سنگ و حفره‌های درون روباره‌ها و مصالح آبرفتی برای ایجاد یک پرده آب‌بند مناسب پیشنهاد می‌شود.

تزریق آزمایشی: در مراحل مطالعاتی، پیمانکار موظف است آزمایش تزریق را مطابق دستورالعمل مهندس ناظر انجام دهد. هدف از این آزمایش تعیین روش حفاری، تعیین نفوذپذیری، بررسی تجهیزات در ارتباط با انجام تزریق پرده آب‌بند، بررسی روش‌های مختلف تزریق، انتخاب فشار و طرح اختلاط تزریق است. محل آزمایش تزریق می‌تواند برروی خط پرده تزریق یا در قسمتی از محل سازه‌های دیگر و یا محلی کاملا جدا از محل سازه‌ها باشد.

حفاری با نمونه‌گیری: شامل حفاری دورانی توام با نمونه‌گیری توسط نمونه‌گیر یک جداره یا دوجداره است (برحسب نظر مهندس ناظر).

حفاری دورانی: عبارت است از حفاری پیوسته یک گمانه، به روش دورانی با سرمته الماسی و یا تنگستن کار باید (برحسب جنس مصالح).

حفاری ضربه‌ای: شامل حفاری پیوسته یک گمانه، با ضربات سرمته‌های چکشی توام با تغییر محل سرمته است.

حفاری ضربه‌ای- دورانی: شامل حفاری پیوسته یک گمانه، با ضربات سرمته‌های چکش توام با دوران سرمته است.

حفاری مجدد: شامل حفاری مجدد قطعه‌ای از گمانه است که قبلا تزریق شده باشد.

1- Lugeon Test
2- Lefranc Test

دوغاب تزریق: ترکیبی از آب و موادی چون سیمان، سیمان و خاک یا مواد شیمیایی است که با نسبت‌های کنترل شده به درون درز و شکاف سنگ ها و یا به درون حفره‌های روباره آبرفتی از طریق گمانه‌های حفاری پمپ می‌شود.

شستشو: شامل عملیاتی است که مصالح باقیمانده درانتهای گمانه و یا مصالحی که از دیواره‌های گمانه به داخل آن ریزش نموده را با تزریق آب خارج می‌نماید.

شستشو برای تزریق: شامل شستشو و تمیز کردن یک قطعه از گمانه پیش از شروع تزریق است.

قطعه: قسمتی از طول کلی یک گمانه است که در آن آزمایش فشار آب انجام گرفته و یا در آن عمل تزریق انجام می‌شود.

گمانه‌های اولیه: شامل اولین سری گمانه‌های تزریق است که بیش‌ترین فاصله را درامتداد خط پرده تزریق از یکدیگر دارند.

گمانه‌های سری دوم و سوم و...: شامل گمانه‌هایی است که بین هر دو گمانه سری‌های قبلی حفر و تزریق می‌شود. این روش به نام روش نیمه کردن[1] معروف است.

لوژن: واحدی است قراردادی و عبارت است از عبور یک لیتر آب در یک دقیقه از طول یک متر گمانه (با قطر بین ۶۶ تا ۱۳۳ میلی‌متر) در فشار یک مگا پاسکال. پی با آب خوری یک لوژن تقریبا آب‌بند است و به تزریق و پرده آب‌بند نیاز ندارد. غالبا پی با آب خوری بیش از ۵ واحد لوژن مستلزم تزریق سیمان برای آب‌بندی است. در این صورت معیارهای مندرج در نشریه شماره ۳۱ منتشر شده از سوی ICOLD می‌تواند معیار آب‌بندی قرار گیرد.

۷-۱-۳- پرده آب‌بند (پرده تزریق)

۷-۱-۳-۱- کلیات

هدف از تزریق، پرنمودن درزه‌ها، شکاف‌ها و حفره‌های ایجاد شده در سنگ‌ها و روباره‌ها از طریق حفاری و تزریق با فشار جهت آب‌بندی پی است. چون حدود عملیات تزریق پرده آب‌بند تقریبی بوده، بنابر این مهندس ناظر مجاز است هر قسمت از عملیات حفاری و تزریق را برحسب شرایط طرح، افزایش یا کاهش دهد.

عملیات ایجاد پرده تزریق به شرح زیر است:

۱- حفاری گمانه‌های تزریق با نظارت و تایید مهندس ناظر

۲- ترکیب و ساخت دوغاب با نظارت و تایید مهندس ناظر

۳- پمپاژ دوغاب از ظرف مربوط به درون گمانه تزریق با نظارت و تایید مهندس ناظر

پیمانکار موظف است برنامه کامل عملیات حفاری و تزریق را حداقل یک ماه قبل به مهندس ناظر ارائه نماید. این برنامه باید حاوی اطلاعات ضروری شامل جدول زمان‌بندی، تجهیزات اجرایی، نیروی کار و مصالح مصرفی باشد. انجام عملیات طبق مشخصات فنی باید از نظر زمانی با برنامه کلی اجرای عملیات هماهنگ باشد.

1- Splitting

۷-۱-۳-۲- مصالح

برای تهیه دوغاب سیمان غالبا از ترکیبی از سیمان، آب، بنتونیت، ماسه، رس، افزودنی‌ها (سیلکات‌ها، کربنات‌ها و...)، پرکننده‌ها (خاک اره، پوشال و...) و رزین‌ها استفاده می‌شود. این مواد بسته به شرایط زمین‌شناسی منطقه طرح و خصوصیات پرده تزریق پس از تایید مهندس ناظر، توسط پیمانکار تهیه و با نظارت مهندس ناظر مورد مصرف قرار می‌گیرد.

پیمانکار موظف است قبل از شروع عملیات تزریق مشخصات کامل سیمان، ماسه و رس مصرفی، افزودنی‌ها، پرکننده‌ها و رزین‌ها را تهیه و به مهندس ناظر تسلیم نماید.

همچنین باید آب تمیز و زلال بدون مواد معلق یا مواد مضر به میزان کافی توسط پیمانکار تهیه و در دسترس باشد.

الف- سیمان

سیمان مصرفی جهت تهیه دوغاب باید از سیمان پرتلند بوده و کیفیت آن باید با استاندارد مورد نظر مهندس ناظر منطبق باشد.

درصد باقیمانده سیمان روی الک ۲۰۰ نباید بیش از ۲ درصد باشد. سیمان باید عاری از هرگونه کلوخه بوده و ریزدانگی آن بهتر است از ۳۴۰۰ سانتی‌متر مربع بر گرم کم‌تر باشد. به هر حال ریزدانگی سیمان وابسته به نوع درزه و شکاف مورد تزریق است.

ب - آب

آب مصرفی برای تهیه دوغاب باید تمیز، زلال و مبرا از هرگونه فضولات، روغن، اسید، مواد قلیایی، نمک‌های محلول، لای، موادآلی، گچ، سولفورها و دیگر ناخالصی‌ها باشد.

به هر حال آب قابل شرب می‌تواند در تزریق‌ها استفاده شود. پیمانکار باید قبل از شروع عملیات تزریق کیفیت آب مصرفی خود را به تایید مهندس ناظر برساند.

همچنین پیمانکار موظف است تایید میزان آب و نسبت اختلاط را همواره از مهندس ناظر درخواست نماید وکیفیت دوغاب ساخته شده تحت نظارت مهندس ناظر قبل از تزریق عملیات باید تایید گردد.

ج - بنتونیت

بنتونیت مصرفی باید نسبتا خالص و فعال، به صورت پودر و با کیفیت مورد نظر مشخصات فنی خصوصی و تایید شده توسط مهندس ناظر باشد.

بنتونیت باید ۲۴ ساعت قبل از استفاده، طبق دستورالعمل صادر شده از سوی مهندس ناظر در مخزنی خیس گردد. درصد بنتونیت افزودنی به دوغاب تزریق همواره براساس نظر مهندس ناظر و برحسب نیاز طرح تعیین می‌گردد.

د- ماسه

ماسه مصرفی برای تهیه دوغاب سیمان باید از کلیه ناخالصی‌های آلی و مطابق استاندارد ASTM C33 مشخصات شن و ماسه بتن مبرا باشد. درصد عبوری از الک استاندارد شماره ۲۰۰ نباید بیش از ۴ درصد باشد. درهنگام وزن نمودن و قبل از ساخت دوغاب، رطوبت آن باید تعیین گردد.

دانه بندی ماسه باید مطابق مشخصات زیر باشد:

شماره الک (ASTM)	درصد وزنی عبوری
نمره ۳۰	۱۰۰
نمره ۵۰	۴۰ تا ۶۰
نمره ۱۰۰	۱۰ تا ۳۰

ماسه باید ضریب نرمی بین ۱/۵ تا ۲ داشته باشد.

هـ- رس

در عملیات تزریق باید از رسی که حد خمیری و روانی آن توسط مهندس ناظر تعیین شده و بیش از ۹۰٪ اجزای آن ریزتر از ۰/۰۸ میلی‌متر باشد، استفاده کرد. رس را باید از منابع قرضه‌ای که ذخیره آن حداقل ۱۲٪ از مقدار لازم برای پروژه بیش‌تر باشد، تهیه نمود. این ماده می‌تواند در کارگاه به صورت دوغاب تهیه شود. رس پودر شده و خشک به صورت وزنی و دوغاب آن به صورت حجمی مشخص می‌شود. کیفیت رس پودری یا دوغابی باید به طور منظم در حضور مهندس ناظر کنترل گردد و قبل از استفاده به تایید مهندس ناظر برسد.

و- افزودنی‌ها

مواد افزودنی چون سیلیکات‌ها، کربنات یا بی‌کربنات سدیم و... بر اساس نظر مهندس ناظر و حسب مورد، به ترکیب اصلی دوغاب افزوده خواهد شد. مهندس ناظر با هماهنگی آزمایشگاه پیمانکار، نسبت بهینه اختلاط این مواد رامشخص می نماید و پیمانکار باید نسبت های اختلاط ابلاغ شده را رعایت کند.

ز - پرکننده‌ها

از خاک اره، پوشال، رشته‌های سلوفان، پلی وینیل یا پلی استر و خرده‌های اسفنج مصنوعی در دوغاب تزریق، برای مسدود کردن شکاف‌های باز و حفره‌ها (با نظر مهندس ناظر و برحسب مورد) استفاده خواهد شد.

ح- رزین‌ها

از رزین‌ها نیز بنا به نظر مهندس ناظر در شرایط مختلفی چون محیط‌های خورنده، اسیدی، قلیایی و مواد آلی استفاده می‌شود.

۷-۱-۳-۳- تجهیزات حفاری و تزریق[1]

پیمانکار موظف است قبل از شروع عملیات اجرایی پرده آب‌بند، فهرست کاملی از دستگاه‌ها و تجهیزات حفاری و تزریق با مشخصات فنی و ظرفیت دستگاه‌های حفاری، مخلوط‌کن‌ها، پمپ‌های تزریق و کلیه تجهیزات ضروری را تهیه و تحویل مهندس ناظر نماید. مهندس ناظر این فهرست را کنترل و جهت اطمینان از کیفیت کار و زمان پیمان، پیشنهاد اصلاحی را ارائه می‌نماید. آغاز عملیات تزریق منوط به کسب مجوز از مهندس ناظر است که به منزله تایید تجهیزات و روش اجرای حفاری‌ها است.

1- Drilling and Grouting Equipment

الف – دستگاه‌ها و تجهیزات حفاری

پیمانکار موظف است وسایل حفاری استاندارد از قبیل دستگاه‌های حفاری دورانی و ضربه‌ای[1] را تهیه و پس از تایید مهندس ناظر آنها را مورد استفاده قرار دهد. برای خنک نمودن سرمته حفاری و یا شستشوی گمانه‌ها، باید از آب تمیز یا مخلوط آب تمیز و هوا استفاده کرد. قطر گمانه‌های تزریق در شرایط معمولی نباید از ۶۶ میلی‌متر بیش‌تر و از ۳۶ میلی‌متر کم‌تر باشد.

ب- دستگاه‌های مخلوط‌کن[2]

پیمانکار موظف است از مخلوط‌کن مکانیکی که دارای سرعت زیاد و دورکافی بوده و قادر به تهیه دوغاب کلوییدی می‌باشد، استفاده نماید. این مخلوط‌کن باید مجهز به یک دستگاه اندازه‌گیری دقیق آب برحسب لیتر باشد تا امکان اندازه‌گیری حجم آب موجود در ملات میسر گردد (ترجیحا ۱۵۰۰ تا ۲۵۰۰ دوردر دقیقه). انواع اصلی مخلوط‌کن‌ها که برای تهیه دوغاب تزریق مورد استفاده قرار می‌گیرد عبارتند از مخلوط‌کن‌های کلوییدال و مخلوط‌کن‌های پره‌دار. علاوه بر مخلوط‌کن باید یک هم‌زن[3] با ظرفیت و سرعت مشابه مخلوط‌کن در نظر گرفت.

ج- پمپ‌های تزریق

هر یک از پمپ‌ها باید قادر به نگهداری یکنواخت فشار تخلیه، پمپاژ مخلوط ماسه، سیمان و آب باشد. این پمپ‌ها باید از نوع مخصوصی که برای پمپاژ دوغاب بکار می‌رود، باشند.

دوغاب باید به وسیله پمپ پیستونی، پمپ حلزونی چرخان، پمپ هیدرولیک و یا دیگر وسایل پمپاژ که مورد تایید مهندس ناظر باشد، تزریق گردد. یک دستگاه پمپ ذخیره نیز باید جزو ماشین‌آلات تزریق در نظر گرفته شود. پمپ‌ها باید قدرت ایجاد فشار مورد تایید مهندس ناظر را داشته باشند.

برای تزریق دوغاب‌های غلیظ که حاوی درصد بالایی از ماسه باشند و یا حتی برای تزریق دوغاب‌های سنگین، می‌توان با تایید مهندس ناظر از پمپ های حلزونی با ظرفیت مناسب استفاده کرد.

ظرفیت ظروف، قیفها و مخازن باید برای دو برابر میانگین مصرف هفتگی تزریق و تا خاتمه زمان قرارداد پیش‌بینی گردد.

پمپ تزریق باید قادر به تزریق مخلوط $W:C=0.6:1$ با بده حداقل ۵۰ لیتر در دقیقه و فشار حداقل ۴۰ بار باشد. همچنین لازم است که پمپ هایی نیز که قادر به تزریق دوغاب $(w/c/s=0.8:1:1)$ تحت فشار ۲۰ بار هستند در کارگاه موجود باشد.

د- پمپ‌های آزمایش آب

پمپ آزمایش آب تحت فشار باید قادر باشد تا ۱۵۰ لیتر آب در دقیقه را پمپ نماید و فشار تا ۱۵ بار را برقرار کند. همچنین باید مجهز به کنتور اندازه‌گیری آب بر حسب لیتر باشد.

1- Drill Wagon
2- Mixer
3- Agitator

هـ- مسدودکننده‌ها[1]

مسدودکننده‌ها باید متناسب با نیاز طرح از مواد پلاستیکی مقاوم، حلقه‌های قابل انبساط توسط هوا و آب، لاستیک و یا دیگر مواد مناسب که به انتهای لوله تغذیه دوغاب وصل می‌گردد، از نوع منفرد و یا دوبل، باشند. مسدودکننده‌ها باید از نوع پنوماتیک آبی یا بادی با طول و قطر متناسب با شرایط گمانه باشند. استفاده از مسدودکننده مکانیکی منوط به تایید مهندس ناظر خواهد بود. همچنین این وسایل باید در حالت انبساط، تحمل فشار آب و تزریق تا ۴۰ بار (یا تا ۲۰ درصد بیش‌تر از حداکثر فشار تزریق هر کدام که بیش‌تر باشد) را بدون نشت داشته باشند.

و- کنتور آب

کنتور آب باید قادر باشد فشار تا ۲۵ بار را تحمل کند. ظرفیت این کنتور نباید کم‌تر از ۶ لیتر در ثانیه باشد. یک دستگاه فشارسنج باید در مسیر جریان توسط یک لوله منشعب به لوله اصلی آب نصب شود.

تقسیمات کنتور آب باید به‌گونه‌ای باشد که قادر به نمایش جریان آب از یک تا ۵۰۰۰ لیتر باشد. یک صافی همراه با شیر برای تمیز نمودن در مسیر جریان آب (قبل از کنتور) نصب شود تا مانع ورود ماسه و سایر مواد به داخل کنتور شود. در مسیر جریان و قبل از کنتور، باید یک مخزن متعادل کننده فشار نصب شود. پیمانکار باید به طور مستمر کنتور آب را مورد آزمایش قرار دهد. حدمجاز تقریب کنتور ۲ ± درصد است.

ز - فشارسنج‌ها

این دستگاه‌ها باید تا فشار ۵۰ کیلوگرم برسانتی‌متر مربع یا ۲۰ درصد بیش‌تر از حداکثر فشار تزریق (هر کدام که بیش‌تر باشد) را نمایش دهند. دقت این دستگاه‌ها باید تا یک‌دهم کیلوگرم برسانتی‌متر مربع باشد.

ح- مخزن اندازه‌گیری[2]

این مخزن برای اندازه‌گیری حجم مایع مورد نیاز دوغاب بکار می‌رود. دراین مخزن بایدیک خط کش مدرج و یک لوله سرریز قابل تنظیم به منظور اندازه‌گیری دقیق حجم مایع مورد نیاز تعبیه شده باشد. ظرفیت مفید این مخزن حداقل ۹۰ لیتر است. پایه‌های مخزن باید طوری باشد که شیرخروجی بلندتر از ورودی مخلوط‌کن باشد.

ط- دستگاه خودکار ثبت فشار

پیمانکار باید برای هردستگاه پمپ یک دستگاه خودکار ثبت فشار و بده پیش‌بینی کند. این سامانه ثبت، الکتریکی خواهد بود و تغییر ولتاژ جریان برای آن نباید بیش از ۱۰ ± درصد باشد. حد مجاز تغییرات قرائت دستگاه تا ۳ ± درصد است.

1- Packers
2- Measuring Tank

ی- مخزن آب

چند مخزن آب و یا دستگاه‌های نظیر آن برای ذخیره آب اضافی باید از سوی پیمانکار تهیه گردد. این مخزن‌ها باید دارای درجه‌بندی مناسب باشند.

ک- ابزار کنترل و انتقال دوغاب

شیرهای موردنیاز، فشار سنج با غشاء روغنی مناسب، شیلنگ فشار قوی به قطر داخلی ۳۸ میلی‌متر، شیلنگ تغذیه، مسدودکننده، دستگاه ویبره، ابزار آلات کوچک دیگر جهت تغذیه دائم دوغاب و اندازه‌گیری فشار باید در کارگاه موجود و مطابق الزامات مشخصات فنی خصوصی باشد.

ل- کارگاه مرکزی تهیه دوغاب تزریق

در صورتی‌که دوغاب تزریق توسط یک پمپ مرکزی به انشعاب‌های مختلف برای تزریق فرستاده می‌شود، پیمانکار باید یک کارگاه مرکزی خودکار تهیه دوغاب، احداث نماید. دراین کارگاه باید سیلوهای نگهداری سیمان، پوزولان، ماسه و... با سامانه اندازه‌گیری وزنی و کنتور آب برای تهیه دوغاب پیش‌بینی شود.

م- لوازم متفرقه

لوازم متفرقه مانند بالابرها برای بالا و پایین آوردن لوله‌های تزریق و یا کفی‌های مکانیکی برای حمل مصالح دوغاب، پیمانه برای تزریق مصالح دوغاب، پمپ‌های کمکی و وسایل دیگر برای انجام عملیات تزریق باید تهیه و نگهداری گردند.

تجهیزات تهیه و تزریق دوغاب باید به‌گونه‌ای باشد که همواره یک جریان رفت و برگشتی دوغاب به مخلوط‌کن یا هم‌زن از طریق پمپ برقرار باشد.

ن- وسایل ارتباطی

وسیله ارتباط تلفنی و یا بی سیم باید بین کارگاه تهیه دوغاب و یا هم‌زن و هر پمپ تزریق، برای مواردی که فاصله آنها بیش از ۵۰ متر است، برقرار شود.

۷-۱-۳-٤- برنامه و حجم کار

برنامه و حجم کاری اولیه حفاری و تزریق پرده آب‌بند در نقشه‌های پیوست قرارداد مقدماتی است و در صورت نیاز برحسب موقعیت حقیقی محل، قابل بررسی و تجدیدنظر می‌باشد. تعداد، فاصله، عمق گمانه‌ها، فشار، در صد اختلاط دوغاب سیمان که جهت تزریق به‌کار برده می‌شود و نیز عمق پرده آب‌بند همگی بستگی به نوع سنگ و مصالح روباره آبرفتی که دراثر حفاری نمودار می‌شود و نتایج حاصل از عملیات واقعی تزریق که با دستورالعمل مهندس ناظر انجام می‌شود، دارند. پیمانکار کارهای مندرج در قرارداد، شرایط زمین‌شناسی ساختگاه، نوع و جنس مصالح آبرفتی (در صورت ایجاد پرده تزریق در آن)، جنس سنگ، امکانات محلی، ارتباطات و تدارکات را مطالعه و سپس پیشنهاد خود را ارائه می‌نماید و بدین ترتیب مشخصات را به طور کامل می‌پذیرد. قصور مربوط به مسایل فوق و بار مالی ناشی از آن متوجه پیمانکار خواهد بود.

۷-۱-۳-۵- عملیات حفاری

عملیات حفاری گمانه‌های پرده تزریق باید مطابق مشخصات فنی خصوصی انجام شود. قطر و عمق گمانه‌ها، مشخصات مصالح مصرفی و آب موردنیاز در مشخصات فنی خصوصی اعلام می‌گردد. برای عملیات حفاری باید از آب تمیز استفاده نمود. ولی با تصمیم مهندس ناظر ممکن است استفاده از هوا نیز تایید گردد. منابع انرژی (سوخت)، آب یا هوای کافی باید درکارگاه موجود باشد. سطح آب زیرزمینی کم و یا گم شدن آب حفاری برگشتی، باید در کلیه گمانه‌ها ثبت شود.

پیمانکار موظف است پیش‌نویس فرم داده‌های مربوط به حفاری کلیه گمانه‌ها را تهیه نماید. مغزه‌های حفاری اکتشافی، گمانه‌های کنترلی و گمانه‌های تزریق باید برای بازرسی و حفاظت، در جعبه‌های مناسب و با نظر و هماهنگی مهندس ناظر نگهداری شود. گمانه‌های تزریق باید در روی نقاط و با شیب و امتدادی که در نقشه‌ها نشان داده شده و با مشخصات ارائه شده توسط مهندس ناظر حفر شوند.

۷-۱-۳-٦- لوگ گمانه‌های حفاری

پیمانکار موظف است با روش صحیحی لوگ زمین‌شناسی تمامی گمانه‌های اکتشافی و کنترلی را تهیه نموده و به مشاور تحویل دهد. این لوگ باید شامل مشخصات تفصیلی و موقعیت کامل تمامی مصالح حاصل از حفاری، نتایج آزمایش فشار آب، موقعیت ناپیوستگی‌های خاص و مصالح نرم و آبرفتی، نقاطی که ضمن حفاری، آب حفاری در آن گم شده و یا به طور غیر معمول کاهش یافته و نیز سایر موارد قابل توجه مرتبط با دلایل حفر گمانه، باشد. پیمانکار باید یک زمین شناس متخصص به منظور نظارت برحفاری‌ها را در اختیار داشته باشد.

۷-۱-۳-۷- تزریق در روباره‌ها و مصالح آبرفتی

الف- آزمایش نفوذپذیری در روباره‌ها (لفران)

این آزمایش برای اندازه‌گیری نفوذپذیری در رسوبات دانه‌ای و در داخل گمانه‌های اکتشافی در قطعاتی که طول آن توسط مهندس ناظر تعیین می‌گردد، انجام می‌شود.قبل از هر آزمایش شستشو ی گمانه ها تا زلال شدن آب برگشتی باید ادامه یابد.

در داخل گمانه‌ای که قرار است آزمایش لفران انجام شود حتما باید لوله جدار نصب شود. قبل از شروع آزمایش، سطح آب زیرزمینی نیز باید توسط پیمانکار اندازه‌گیری و ثبت شود. مهندس ناظر قطعه مورد آزمایش و نوع آزمایش را به پیمانکار اعلام می‌نماید.

ب- عملیات آب‌بندی و تزریق روباره‌ها و مصالح آبرفتی

تزریق‌پذیری رسوبات آبرفتی بسیار دشوارتر از سنگ‌ها در شرایط نفوذپذیری مشابه است، از این رو پیمانکار باید با دقت عملیات آب‌بندی در روباره‌ها را به انجام رساند. همچنین مهندس ناظر جزییات عملیات (مانند حفر گمانه‌ها، عمق گمانه‌ها و...) را براساس آنچه در مشخصات فنی خصوصی آمده، قبل از عملیات. به پیمانکار ابلاغ می‌نماید.

برای احداث پرده آب‌بند باید قبلا عملیات تزریق آزمایشی، طبق مشخصات فنی ارائه شده از سوی مشاور طرح انجام پذیرد و از نتایج آن در احداث پرده آب‌بند استفاده شود.

در حین حفاری گمانه‌های تزریق در روباره‌ها می‌توان از لوله‌گذاری و یا بنتونیت برای جلوگیری از ریزش دیواره گمانه‌ها استفاده نمود. حفاری ممکن است با روش دورانی یا ضربه‌ای صورت گیرد.

در رسوبات با نفوذپذیری بسیار زیاد می‌توان حفاری و تزریق را با تایید مهندس ناظر به طور همزمان انجام داد.

برای اجرای پرده تزریق در روباره‌ها و رسوبات آبرفتی باید از روش تزریق با لوله غلاف‌دار[1] استفاده شود. جزییات انجام این روش، عمق و قطر گمانه‌ها توسط مهندس ناظر و براساس مشخصات فنی خصوصی قبل از شروع عملیات، به پیمانکار اعلام می‌گردد.

ج- روش تزریق و ترکیب دوغاب

روش تزریق در عملیات با لوله غلاف‌دار براساس اعلام مهندس ناظر و معمولا از پایین به بالا است. طول قطعات تزریق و ترکیب دوغاب پرکننده اولیه، براساس نتایج تزریق آزمایشی از سوی مهندس ناظر اعلام می‌گردد. دوغاب تزریق باید دارای ترکیبی باشد که با اعمال فشار در هنگام تزریق ایجاد شکستگی ننماید. ترکیب اولیه برای ساخت چنین دوغابی به شرح زیر پیشنهاد می‌گردد:

- آب ۱۵۰ لیتر
- سیمان ۹۵ تا ۱۰۵ کیلوگرم
- بنتونیت ۲۵ تا ۳۰ کیلوگرم

بدیهی است این ترکیب پیشنهادی است و ترکیب نهایی باید پس از انجام تزریق آزمایشی و تجزیه و تحلیل نتایج آن از سوی مشاور به پیمانکار اعلام شود.

در تهیه دوغاب تزریق استفاده از رس توصیه می‌گردد. رس مزبور را می‌توان با توجه به منابع قرضه ریزدانه موجود در اطراف محل سد تهیه نمود. مشخصات فنی این رس براساس آزمایش‌های لازم تعیین و به پیمانکار اعلام می‌شود. رس مورد نظر قبل از استفاده در دوغاب باید به آب اضافه شود و در مخلوط‌کن آن قدر مخلوط گردد تا به حالت کلوییدی درآید. ضمنا از مواد پرکننده نظیر کربنات سدیم نیز جهت سهولت در امر فوق، می‌توان با نظر مهندس ناظر استفاده نمود.

پارامترهای اصلی جهت انتخاب بهترین نوع دوغاب تزریق برای آبرفت در جدول (۷–۱) آمده است.

جدول ۷–۱– انواع دوغاب سیمان

پارامتر	سیمان، بنتونیت	ماده تزریق	
		محلول‌های شیمیایی رزین‌ها	محلول کلوییدی
قطر موثر دانه D10(mm)	۰/۵	۰/۰۲	۰/۰۲ — ۰/۰۵
ضریب نفوذپذیری (Cm/s)	$۱۰^{-۳}$	$۱۰^{-۳}$	$۱۰^{-۱}$ – $۱۰^{-۳}$
سطح ویژه دانه (Cm^2/gr)	۱۰	۱۰۰۰	۱۰۰ –۱۰۰۰

به طورکلی در عملیات تزریق در آبرفت به روش لوله غلاف‌دار، می‌توان با تایید و نظر مهندس ناظر از دوغاب های زیر استفاده کرد:

- دوغاب بنتونیت و سیلیکات، برای مقاطعی که نفوذپذیری آنها بسیار پایین است.
- دوغاب رس و سیلیکات، برای مقاطعی که نفوذپذیری آنها کم تا متوسط است.

1- Manchette Tube

- دوغاب رس – بنتونیت، برای مقاطعی که نفوذپذیری آنها متوسط تا بالا است.

میزان درصد مواد یاد شده در دوغاب های مختلف قبل از شروع عملیات تزریق براساس نتایج تزریق آزمایشی از سوی مهندس ناظر مشخص و به پیمانکار اعلام می‌گردد. همچنین در طول عملیات، این درصدها با نظر مهندس ناظر و شرایط ساختگاه می‌تواند تغییر یابد.

برای تهیه یک مترمکعب از دوغاب های شرح داده شده، مقادیر زیر بعنوان مقادیر اولیه پیشنهاد می‌گردد. (بدیهی است این مقدار در هر ساختگاه با توجه به شرایط زمین‌شناسی منطقه، نتایج تزریق آزمایشی و نظر مهندس ناظر می‌تواند تغییر یابد):

دوغاب بنتونیت – سیلیکات:

آب:	۹۴۰ لیتر	(۸۵/۴ درصد وزنی)
بنتونیت:	۱۶۰ کیلوگرم	(۱۴/۵۳ درصد وزنی)
سیلیکات:	۰/۸ کیلوگرم	(۰/۰۷ درصد وزنی)

دوغاب رس – سیلیکات:

آب:	۸۸۰ لیتر	(۷۰ درصد وزنی)
رس :	۳۱۵ کیلوگرم	(۲۵ درصد وزنی)
سیلیکات:	۶۲ کیلوگرم	(۵ درصد وزنی)

دوغاب رس – سیمان:

آب:	۸۳۰ لیتر	(۶۱/۵ درصد وزنی)
رس:	۴۰۰ کیلوگرم	(۲۹/۶ درصد وزنی)
سیمان:	۱۲۰ کیلوگرم	(۸/۹ درصد وزنی)

نسبت‌های اختلاط دوغاب سیمان – بنتونیت مشابه نسبت‌های دوغاب رس – سیمان در نظر گرفته می‌شود.

دوغاب سیمان – بنتونیت را تنها در لایه‌های ماسه ای یا درشت دانه می‌توان تزریق نمود. نسبت آب به سیمان با توجه به شرایط زمین‌شناسی ناحیه طرح از سوی مهندس ناظر تعیین می‌شود. نوع محلول‌های شیمیایی و چگونگی استفاده از آن در صورت نیاز به مواد در طول عملیات تزریق، توسط مهندس ناظر به پیمانکار اعلام می‌شود.

مراحل تزریق، روش اجرایی پرده آب‌بند، قطر گمانه‌ها، فاصله گمانه‌ها و... قبل از شروع عملیات از سوی مهندس ناظر به پیمانکار اعلام می‌شود. در هر مرحله از عملیات با توجه به نتایج حاصله، مهندس ناظر می‌تواند با اعلام قبلی تغییراتی در نحوه اجرای پرده آب‌بند به‌وجود آورد.

د- فشار تزریق

برای انجام تزریق پس ازنصب لوله غلاف‌دار و ریختن ملات اولیه سیمان- بنتونیت و گیرش آن، دو نوع فشار باید در داخل لوله غلاف‌دار اعمال گردد. اول فشار برای شکستن ملات اولیه بین لوله غلاف‌دار و جدار گمانه و سپس فشار تزریق دوغاب در داخل قشرهای مختلف آبرفت.

فشار مربوط به شکستن ملات اولیه هماهنگ با مقاومت ملات تزریق اولیه و زمان گیرش ملات تعیین می‌گردد. این فشار متناسب با ترتیب حفر گمانه‌های تزریق تغییر کرده و برای هر گمانه به طور جداگانه مشخص می‌شود.

فشار تزریق بستگی به عوامل مختلفی نظیر نوع دوغاب ، عمل تزریق، سرعت تزریق دوغاب، شرایط و خصوصیات قشر آبرفتی دارد. این فشار به نحوی انتخاب می‌گردد که مقدار جذب دوغاب با سرعت متوسط را ایجاد نموده و ایجاد شکست هیدرولیکی در قطعه ننماید. فشار تزریق پس از انجام تزریق آزمایشی و بررسی نتایج آن نهایی می‌گردد و قبل از عملیات از سوی مشاور به پیمانکار اعلام می‌گردد.(به بند ۷-۱-۳-۸ مراجعه کنید).

۷-۱-۳-۸- تزریق در سنگ

الف- آزمایش‌های آب خوری در سنگ (لوژن)

قسمتی از یک گمانه یا تمامی آن ممکن است به دستور مهندس ناظر تحت آزمایش آب خوری (آزمایش لوژن) یا آزمایش فشار آب قرار گیرد. این آزمایش ممکن است ضمن حفاری و یا پس از خاتمه حفاری گمانه درخواست گردد. طول قطعه آزمایش معمولا ۵ متر است ولی مهندس ناظر می‌تواند با توجه به شرایط زمین‌شناسی قطعات با طول کوتاه تر را نیز پیشنهاد نماید. قطعه آزمایش را باید با آب تمیز شستشو داد، تا آنجا که آب برگشتی از گمانه تمیز گردد.

قبل از شروع آزمایش فشار آب، سطح آب زیرزمینی باید توسط پیمانکار اندازه‌گیری و ثبت شود. پیمانکار باید قطعه مورد آزمایش، نوع آزمایش و فشارهای موردنظر برای آزمایش را از مهندس ناظر استعلام نماید.

در صورتی‌که ضمن حفاری، آزمایش فشار آب انجام شود، استفاده از یک مسدودکننده کافی است. دراین حالت یک مسدودکننده در بالای قطعه آزمایش (با توجه به کیفیت سنگ جدار گمانه) قرار می‌گیرد.

طول مسدودکننده مکانیکی باید حداقل ده برابر قطر حفاری باشد. یک لوله اصلی، منبع آب را به لوله مسدودکننده متصل می‌کند.

در صورتی که پس از اتمام حفاری گمانه ضرورت داشته باشدکه در قطعاتی از آن آزمایش فشار آب انجام شود، لازم است که از دو مسدودکننده که توسط لوله مشبک به یکدیگر متصل‌اند استفاده شود. این آزمایش به دو روش آزمایش فشار آب در یک پله و یا در پله‌های مختلف مطابق با مشخصات فنی خصوصی صورت می‌گیرد. چنانچه آزمایش به واسطه کمبود آب و یا قطع برق ویا بروز نقص فنی دستگاه‌ها متوقف شود، بعد از رفع نواقص، آزمایش باید یکبار دیگر بدون هزینه اضافی برای کارفرما تکرار گردد.

ب- عملیات آب‌بندی و تزریق سنگ

عملیات ایجاد پرده آب‌بند (تزریق) با کاهش نفوذپذیری طبیعی و متغیر سنگ‌های پی سد و سازه‌ها و مطابق با نقشه‌های منضم به قرارداد انجام می‌پذیرد. مشخصات و چگونگی تزریق گمانه‌ها، روش حفاری و دیگر جزییات ضروری که در زیر تشریح شده‌اند، از سوی مهندس ناظر به پیمانکار اعلام می‌شود و پیمانکار تجهیزات و وسایل مورد نیاز برای انجام عملیات تزریق را بر اساس آن تهیه می نماید.

ج- پارامترهای طراحی برای پرده آب‌بند (تزریق) در سنگ

پارامترهای اصلی برای طراحی پرده تزریق شامل شرایط زمین‌شناسی، نفوذپذیری سنگ پی‌سد و سازه‌ها، مشخصات درزه و شکاف‌های زمین می‌باشد. با توجه به شرایط زمین‌شناسی منطقه، مسایل ژئوتکتونیکی و داده‌های مربوط به نفوذپذیری سازندها، که حاصل عملیات اکتشافی می‌باشد، باید یک مدل که شامل موارد زیر است، تهیه شود:

- دامنه مقادیر نفوذپذیری برای هر سازند در طول پرده تزریق
- نفوذپذیری در مناطق گسله یا دیگر عوارض تکتونیکی
- تراز آب زیرزمینی توده سنگ‌های مختلف در مقطع طولی پی سد

جزییات این مدل در مشخصات فنی خصوصی ارائه می‌گردد.

برای دست یافتن به معیار نفوذپذیری مطلوب باید:

- تقسیم منظم فاصله گمانه‌های تزریق رعایت گردد.
- یک گمانه یا تعداد فردی از ردیف‌های گمانه تزریق شود.
- ترکیب مناسبی برای دوغاب تزریق انتخاب شود.

انتخاب مبنای فاصله برای گمانه‌ها، تعداد و ردیف‌های گمانه‌های تزریق و ترکیب دوغاب به نوع سنگ، وضعیت درزه و شکاف‌ها، وجود آب‌های زیرزمینی و نظر مهندس ناظر بستگی دارد.

معیار کفایت تزریق به هر دو پارامتر خورند سیمان بر حسب کیلوگرم در متر طول گمانه و نفوذپذیری محدود است. مقادیر پیشنهادی به ترتیب ۳۰ تا ۵۰ کیلوگرم سیمان در متر طول گمانه و نفوذپذیری ۳ تا ۵ لوژن است. بدیهی است که مهندس ناظر بر اساس الزامات طرح این معیار را معین خواهد کرد.

د- تزریق گمانه‌های پرده آب‌بند

قطر و عمق گمانه‌های پرده آب‌بند و محل حفر آنها در نقشه‌های پیوست قرارداد مشخص گردیده است. مهندس ناظر می‌تواند براساس نتایج گمانه‌های اکتشافی و همچنین آنالیز نتایج و اطلاعات بدست آمده، عمق و فاصله گمانه را تغییر دهد. روش حفاری و تزریق با نظر مهندس ناظر تعیین می‌گردد. اما معمولا حفاری به روش‌های دورانی با مغزه گیر و دورانی بدون مغزه، ضربه‌ای و ضربه‌ای دورانی با شستشوی آب و روش تزریق از پایین به بالا است.

آرایش گمانه‌های پرده تزریق باید به روش نیمه کردن تعیین شود. گمانه‌های مراحل اول و دوم و سوم و... در نقشه‌ها مشخص می‌شود. گمانه‌ها قبل از تزریق در صورت تشخیص مهندس ناظر باید شسته شده و تحت آزمایش فشار آب قرار گیرند.

پیمانکار باید صرف نظر از نوع سرمته مورد استفاده، مانع بسته شدن درزه‌ها و حفرات شود و در صورت مسدود شدن درزه‌ها و حفرات باید آنها را قبل از تزریق باز کند.

برای اجرای تزریق غالبا از روش مرحله‌ای استفاده می‌شود. طول قطعات تزریق با توجه به نتایج آزمایش فشار آب از سوی مهندس ناظر اعلام می‌شود. معمولا این طول حدود ۵ متر است.

در صورت مشاهده فرار آب حفاری، و یا سقوط میله حفاری و پیشرفت سریع حفاری باید بلافاصله به مهندس ناظر اطلاع داده شود و تزریق در قسمت مربوط بدون در نظر گرفتن عمق آغاز می‌شود.

در چنین شرایطی دوغاب تزریق در شروع کار نباید رقیق‌تر از ۱ قسمت سیمان به ۳ قسمت آب باشد . نسبت دقیق سیمان به آب پس از انجام عملیات تزریق آزمایشی و پس از انجام آزمایش‌های آزمایشگاهی موردنیاز شامل چگالی دوغاب، گرانروی، رسوبگذاری و جدایش سیمان از آب، زمان گیرش و مقاومت فشاری سخت شده در زمان‌های ۷، ۱۴ و ۲۸ روزه انجام می‌پذیرد.

دوغاب تزریق باید همواره در حداقل زمان ممکن تهیه شود، به طوری که این مقدار ۳۰ دقیقه پس از ساختن مصرف شود. در فاصله زمانی بین ساخت و مصرف دوغاب آن را در یک هم‌زن مکانیکی، یا آنچه که مورد تایید مهندس ناظر باشد، ریخته و به کندی مخلوط می‌کنند تا موجب کاهش میزان ژل‌های سیمانی ویژه تا حداقل ممکن گردد. جزییات لازم در خصوص آرایش گمانه‌ها، تعداد و ردیف مربوط به پرده آب‌بند و مراحل انجام کار، از سوی مهندس مشاور در مشخصات فنی خصوصی ارائه خواهد شد. فاصله پمپ تزریق از محل گمانه در دست تزریق نباید بیش از ۵۰ متر باشد.

هـ- فشار تزریق

در طول عملیات تزریق باید مدام فشار تزریق کنترل شود. فشار تزریق به وسیله فشارسنجی که برروی لوله تزریق و در بالای سامانه مسدودکننده نصب شده است، ثبت می‌شود. فشار مجاز تزریق با افزایش عمق قطعه تزریق معمولا افزایش می‌یابد. میزان این افزایش بستگی دارد به مقاومت سنگی که تحت تاثیر فشار تزریق قرار می‌گیرد.

اگر فشار تزریق خیلی زیاد باشد، شکاف‌های عریض‌تر بازشده و شکاف‌های تازه‌ای به وجود می‌آید. بنابراین باید فشار تزریق را بسته به شرایط سنگ (نفوذپذیری ، نوع شکاف ها و مقاومت) انتخاب نمود تا هدف از تزریق به بهترین نحو انجام شود.

فشار مناسب برای تزریق براساس نتایج تزریق آزمایشی بدست می‌آید و از سوی مهندس ناظر در شروع عملیات اجرایی پرده آب‌بند به پیمانکار ابلاغ می‌گردد. همچنین در طول عملیات اجرای پرده آب‌بند با توجه به اطلاعات حاصله از سوی مهندس ناظر قابل تغییر است.

و - ثبت اطلاعات عملیات تزریق

پیمانکار باید تمامی اطلاعات و نتایج حاصل از حفاری و تزریق را ثبت نماید. این اطلاعات و نتایج درقالب نقشه‌ها، گزارش‌های روزانه و نهایی به شرح زیر باید ارائه گردد:

گزارش روزانه باید تمامی مسایل پیش آمده در حفاری و تزریق و کیفیت پیشرفت کار را در برداشته باشد. برای نوبت‌های کار شب و روز باید گزارش‌های جداگانه تهیه و مجموعه آن در روز بعد تحویل مهندس ناظر شود.

موقعیت، قطر، طول و زاویه حفاری گمانه، نتایج آزمایش فشار آب، ترکیب دوغاب تزریق ، مقدار تزریق سیمان بر حسب کیلوگرم در متر طول گمانه، فشار تزریق و دیگر اطلاعات موردنیاز باید در نقشه‌هایی که پیمانکار تهیه می‌کند ثبت و در چهار نسخه به مهندس ناظر تحویل شود(یک نسخه مربوط به مهندس ناظر مقیم، یک نسخه دفتر مرکزی مشاور و دو نسخه کارفرما).

گزارش طرح باید مجموعه نقشه‌ها را در بر داشته باشد و خلاصه‌ای از نتایج کار در آن درج شود. این گزارش باید حداکثر پس از سه ماه از اتمام حفاری و تزریق تحویل مهندس ناظر شود.

ز- اندازه‌گیری کار انجام شده و پرداخت ها

اندازه‌گیری مقادیر حفاری و حفاری مجدد براساس طول گمانه، مطابق نقشه‌ها و یا مطابق با روش پیشنهادی مهندس ناظر انجام می‌شود.

پرداخت برای کارهای انجام شده باید گزینه‌بندی گردد، به نحوی که تحلیل قیمت‌ها آسان باشد. حق‌الزحمه پیمانکار شامل تمامی هزینه‌ها مانند سرمته، حفاری و تزریق با زاویه‌های مختلف، همچنین لوله‌گذاری و حفاری در مناطق خردشده، سکوسازی و احداث راه دسترسی می‌باشد.

گمانه‌ای که براساس نقشه‌های مربوط در محلی درست حفاری نگردیده و یا مطابق نظر مهندس مشاور انتخاب موقعیت نشده و یا شیب و امتداد آن منطبق بر مشخصات فنی و نقشه‌ها نباشد، باید مجددا با نظر مهندس ناظر و به هزینه پیمانکار حفاری شود.

حفاری مجدد گمانه به علت اشتباهات پیمانکار و تمیز نمودن گمانه، قبل از تزریق با هزینه پیمانکار خواهد بود. چنانچه روش تزریق از بالا به پایین و ضمن پیشرفت حفاری (بنابه توصیه مشاور) انجام گیرد، حفاری مجدد آن، با هزینه کارفرما و براساس فهرست بهای منضم به پیمان خواهد بود.

چنانچه پیمانکار با قطری بیش از آنچه که در مدارک پیمان پیش‌بینی شده بخواهد حفاری نماید، باید قبلا موافقت مهندس ناظر را جلب نماید. در غیر این‌صورت برای این امر هیچ مبلغ اضافی پرداخت نخواهد شد.

هزینه‌های مربوط به تجهیز، نصب و جمع‌آوری و همچنین هزینه‌های مربوط به آزمایش فشار آب، مصالح ، حفاری، تعداد دفعات نصب مسدودکننده برای هر مرحله تزریق و ... در فهرست بهای منضم به پیمان گنجانده شده و ملاک اندازه‌گیری‌ها و پرداخت‌ها خواهد بود.

ح- مشاهده عملکرد پرده تزریق

برای مشاهده عملکرد پرده تزریق، در طول پرده و در بالادست و پایین‌دست آن و با توجه به مشخصات زمین‌شناسی، لیتواستراتیگرافی و هیدروژئولوژی آن باید پیزومتر های نوع کاساگرانده و سلول‌های فشارسنج[1] نصب کرد. پیزومترهایی که در طول زمان مراحل مطالعات و اکتشافات نصب شده‌اند باید در یک شبکه مشاهدات گنجانده شوند. مقایسه آبدهی چشمه‌ها قبل و بعد از آبگیری کامل مخزن، از کارایی پرده تزریق، یک سنجش عددی به دست می‌دهد. نسخه ای از قرائت مربوط به آبدهی چشمه‌ها هر ماه پس از آبگیری مخزن از سوی کارفرما در اختیار مشاور طرح قرار می‌گیرد تا در انتخاب شیوه‌های تزریق تکمیلی مورد استفاده قرار گیرد.

بررسی اطلاعات حاصل از این مشاهدات و اندازه‌گیری‌ها طی یک دوره چند ساله، قابل اطمینان بودن و کارایی پرده تزریق را مشخص نموده و بخش‌های معیوب آن را که به ترمیم نیاز دارد نشان خواهد داد که از نظر ایمنی سد اهمیت دارد.

1- Pressure Cell

۷-۱-٤- دیواره آب‌بند

۷-۱-٤-۱- کلیات

دیواره آب بند معمولا در سنگ‌های ضعیف یا رسوبات آبرفتی اجرا می‌شود. این دیواره سدی ایجاد می‌کند که نفوذپذیری آن در حدود $K < 10^{-6}$ سانتی‌متر بر ثانیه است. دیواره آب‌بند باید بتواند در زمان اجرا و بهره‌برداری از سد بدون ترک خوردگی، تغییر شکل‌ها و نیروهای اعمال شده (نیروهای ناشی از نشست بدنه سد در زمان اجرا و پس از آن و نیروهای ناشی از اولین آبگیری) را تحمل نماید. بنابراین، این دیواره قسمت بسیار مهمی از طرح به‌شمار می‌آید و پیمانکار باید در اجرای آن بسیار دقیق بوده و کیفیت کار را به خوبی کنترل کند.

پیمانکار موظف است عملیات اجرایی را طبق برنامه و منطبق بر نقشه‌ها و جزییات فنی تایید شده توسط مهندس ناظر انجام دهد. در فرایند اجرا، پیمانکار باید محل و ابعاد طراحی شده دیواره آب‌بند و کیفیت مصالح را تضمین کند.

۷-۱-٤-۲- مصالح

بسته به نوع دیواره آب‌بند و خصوصیات منطقه طرح از مواد و مصالح مختلفی برای احداث دیواره آب‌بند استفاده می‌شود.

مصالح مورد استفاده مانند بتن ، گل روان[1]، میلگردها و... باید آزمایش شده و در صورت بروز اختلاف بین آزمایش و مشخصات طرح، اصلاحات لازم باید انجام شود. به هرحال کیفیت مصالح مصرفی باید از سوی پیمانکار تضمین گردد.

الف- گل روان

از گل روان برای پایدار کردن دیوار ترانشه ، انتقال رسوبات حفاری به صورت معلق در گل و خنک کردن سرمته حفاری (در صورت استفاده از هیدروفرز یا دستگاه‌های مشابهی که ضمن حفاری نیاز به خنک کردن داشته باشند) استفاده می‌شود. بنابراین باید دارای مشخصات زیر باشد:

۱- جزیی بودن مقدار دورریز.

۲- داشتن نیروی مماسی استاتیکی مناسب.

۳- پایداری مناسب.

۴- پایین بودن درصد ماسه.

گل روان را می‌توان از بنتونیت یا رس به علاوه بنتونیت درست کرد. خصوصیات گل روان تازه باید با استانداردهای مندرج در جدول (۷-۲) مطابقت نماید.

1- Slurry

جدول ۷-۲- خصوصیات گل روان[۱]

ویسکوزیته به روش قیف مارش (S)	چگالی (gr/cm^3)	تلفات در اثر فیلتره شدن (cm^3)	مقاومت ژل پس از ۱۰ دقیقه (mg/cm^3)	ضخامت کیک (mm)	PH
۳۲ تا ۵۰	۱/۰۴ تا ۱/۱۰	<۳۰	۶۰ تا ۷۵	<۳	۷ تا ۱۰

رس مورد استفاده برای تهیه گل روان باید دارای شاخص خمیری بزرگ‌تر از ۴۰ ($PI > 40$) و درصد دانه‌های رس (میلی‌متر $d < 0.005$) کم‌تر از ۵۰ درصد ($50\% >$) باشد. بنتونیت مورد استفاده نیز باید پودر طبیعی از رس با مبنای مونتموریلونیت سدیمی از نوع وایومینگ مطابق مشخصات API-13A برای مصالح حفاری چاه‌ها باشد. به‌علاه در مورد رس و بنتونیت باید تجزیه شیمیایی و فیزیکی و تعیین مواد معدنی متشکله به عمل آید. نسبت اکسید سیلیکون (سیلیس) و تری اکسید (آلومین) باید بین ۳ تا ۴ باشد.

خصوصیات زیر برای گل روان باید در مراحل مختلف آزمایش شود:

- برای تشخیص خصوصیات تهیه گل روان از رس و بنتونیت، از جمله درصد مواد کلوییدی، چگالی، درصد ماسه، پایداری، درصد لزجت (ویسکوزیته)، دورریز آب، نیروی مماس استاتیکی (مقاومت ژل) ضخامت کیک و PH باید تحت نظارت مشاورآزمایش شود.
- لزجت (ویسکوزیته)، چگالی و درصد ماسه گل روان تازه تهیه شده یا بازیابی شده برای استفاده مجدد در گمانه، قبل از بتن ریزی باید تحت نظارت مشاور آزمایش شود.
- آزمایش خصوصیات گل روان باید به وسیله آزمایشگاه تخصصی مجهز به تجهیزات موردنیاز آزمایش انجام شود. روش آزمایش و وسایل مربوط باید براساس مشخصات تعیین شده برای آزمایش گل حفاری یا مطابق نظر مهندس ناظر انتخاب شود.
- کیفیت آب مورد استفاده در تهیه گل روان باید به وسیله آزمایشگاه، آزمایش شده و مشخص گردد که آیا اثرات نامطلوب در کیفیت گل روان خواهد داشت یا نه. در صورت غیراستاندارد بودن آب، پیمانکار باید اقدامات لازم را جهت تامین آب مناسب به عمل آورد. روش و مدت مخلوط کردن گل روان براساس آزمایش تعیین می‌شود. گل روان نگهداری شده در حوضچه ذخیره باید قبل از استفاده مخلوط شود تا خصوصیات تعیین شده آن حفظ گردد.
- ریختن آب به روی گل روان در داخل ترانشه حفاری شده برای احداث پرده آب‌بند مجاز نیست. درمدت توقف حفاری ترانشه، گل روان داخل آن، باید به طور مرتب مخلوط شود.
- گل روان باید برای استفاده مجدد تصفیه و بازیابی شود. برای کار باید از وسایلی مثل الک ویبره، رولور [۲]، کانال جریان و حوضچه ترسیب استفاده کرد.

۱- آزمایش‌ها مطابق استاندارد زیر انجام می‌گیرد:

"Recommended Practice Standard Procedure for Field testing Water based Drilling Fluids.
"America Petroleum Institute Recommended Practice 13B-1, June 1, 1990".

2- Revolver

ب- بتن پلاستیک

مشخصات بتن پلاستیک مورد استفاده در هر طرح بنا به ویژگی‌های آبرفت مجاور و الزامات مورد نظر طراح، طراحی شده و در مشخصات فنی خصوصی گنجانده می‌شود. این مشخصات شامل مقاومت فشاری، آبگذری و ضریب برجهندگی بتن پلاستیک خواهد بود.

بتن پلاستیک با استفاده از تراک مخلوط‌کن به محل بتن‌ریزی منتقل می‌شود. بتن‌ریزی با روش لوله ریزش [1] یا لوله خرطومی انجام می‌شود.

هنگامی‌که بتن در زیر گل روان به وسیله لوله خرطومی (ترمی) و روش پایین به بالا ریخته می‌شود، بتن پلاستیک باید دارای کارایی خوب بوده و افت [2] آن بین ۱۸ تا ۲۲ سانتی‌متر باشد و حداکثر اندازه دانه‌های شن آن بیش از ۲ سانتی‌متر نباشد.

برای تهیه بتن با مشخصات بالا پیشنهاد می‌شود که مقدار مناسبی افزودنی به آن اضافه شود. نوع ومقدار افزودنی باید با انجام آزمایش مشخص گردد.

برای سهولت برآورد مصرف انواع مصالح مختلف در تهیه بتن پلاستیک و تعیین نسبت اختلاط برای اولین آزمایش بتن، نسبت‌های زیر پیشنهاد می‌گردد:

سیمان:	۱۵۰ – ۲۵۰ کیلوگرم
شن و ماسه (شن ریزتر از ۳/۴ اینچ):	۱۵۰۰ –۱۸۰۰کیلوگرم
بنتونیت:	۲۰–۶۰ کیلوگرم
نسبت آب به سیمان:	۳/۲–۱/۷

پیمانکار باید از طریق ساخت نمونه‌ها و انجام آزمایش‌های لازم برروی بتن پلاستیک، نسبت مناسب مصالح مختلف را به نحوی بدست آورد تا با معیارهای مندرج در این مشخصات فنی عمومی و مشخصات فنی خصوصی طرح مطابقت داشته باشد.

به منظور تولید بتن پلاستیک، ابتدا آب و بنتونیت در مخلوط‌کن‌های کلوییدی به خوبی مخلوط می‌گردد و در سیلوهای ویژه به مدت حداقل یک شبانه‌روز گردش می‌یابد. از این پس روند تولید خودکار است.

گل بنتونیت با سیمان مخلوط می‌شود و مخلوط حاصل در محل بچینگ با سنگدانه‌ها و شن و ماسه مخلوط می‌گردد.

سیمان، شن و ماسه، آب، افزودنی‌ها و... باید مطابق مشخصات ASTM باشد. سیمان پرتلند مصرفی مطابق استاندارد ASTM C150 باشد و نوع آن باید توسط مهندس ناظر به پیمانکار ابلاغ شود.

ج- قیر

قیر باید دارای مشخصات زیر باشد:

نقطه نرمش:	۴۵– ۵۵ درجه سانتی‌گراد
قابلیت انبساط در ۲۵ درجه سانتی‌گراد:	حداقل ۱۰۰ سانتی‌متر
قابلیت انحلال:	٪۹۹/۵
نفوذ (در ۲۵ درجه سانتی‌گراد):	۱۰۰.(۱۰۰ گرم، ۰/۱ میلی‌متر)

1- Tremie
2- Slump

۷-۱-٤-۳- مشخصات اجرایی دیواره آب‌بند

اسناد طرح شامل نقشه‌ها، برش طولی و برش‌های عرضی، جزییات فنی (مانند جزییات اتصال دیواره با قسمت‌های مختلف سد) از سوی مهندس ناظر به پیمانکار اعلام می‌شود و برنامه و روش اجرای پیمانکار باید قبلا به تایید مهندس ناظر برسد.

مصالح مورد استفاده مانند بتن، گل روان، میلگردها و ... باید آزمایش شده و در صورت بروز اختلاف بین نتایج آزمایش و مشخصات طرح، اصلاحات لازم باید انجام شود. به هر حال تطابق کیفیت مصالح مصرفی با مندرجات این مشخصات فنی، مشخصات فنی خصوصی و دستورالعمل‌های کارگاهی جزو مسوولیت‌های پیمانکار است.

معیارهای فنی و مشخصات مصالح ساختمانی از قبیل، حداقل مقاومت فشاری تک محوری، مدول الاستیسیته و حداکثر نفوذپذیری بتن ، شاخص خمیری و درصد دانه‌های رس ، نوع سیمان مصرفی، نقطه نرمش، قابلیت انبساط (در ۲ درجه سانتی‌گراد) قابلیت انحلال و نفوذ (در ۲۵ درجه سانتی‌گراد) قیر در مشخصات فنی خصوصی یا دستورالعمل‌های کارگاهی مشخص می‌شود.

در تمام فرایند اجرای دیواره آب‌بند و در هر مرحله از ساخت دیواره، مهندس ناظر خصوصیات مصالح مورد استفاده را کنترل می‌نماید. مرحله جدید تنها پس از کنترل و تایید کیفیت مرحله قبلی توسط مهندس ناظر می‌تواند آغاز شود. مجوز کتبی مهندس ناظر که حاکی از تایید مرحله قبل باشد، جهت شروع مرحله بعد الزامی است.

زمان بارگذاری بر دیواره آب‌بند (حداقل زمان مجاز برای حرکت ماشین‌آلات در نزدیکی دیواره آب‌بند) نباید کم‌تر از یک هفته باشد. به همین دلیل عبور و مرور ماشین‌آلات سنگین و عملیات خاکریزی و تراکم خاک در هفته اول پس از اجرای دیواره ممنوع است. عملیات با وسایل دستی و سبک با تشخیص مهندس ناظر مجاز خواهد بود.

الف- ترانشه زنی

محور و رقوم دیوار آب‌بند باید به وسیله نقشه‌برداری از نقاط مبنا طبق شرایط تعیین شده در نقشه‌ها و مشخصات فنی کنترل شود.

ماشین‌آلات اصلی لازم برای حفر ترانشه باید شرایط و مشخصات زیر را دارا باشند:

- مطابقت با شرایط تعیین شده توسط مشخصات خصوصی و دستورات مهندس ناظر
- ظرفیت کافی و مطلوب برای شل کردن و خردنمودن و برداشتن مصالح پی
- سهولت و ایمنی در بهره‌برداری و قابلیت انعطاف در تغییر وضعیت
- کنترل عمود بودن و قابلیت اندازه‌گیری دقیق انحراف از خط عمود به طور رضایت‌بخش از نظر مهندس ناظر (در هـر دو جهت عمود بر محور ترانشه و موازی با محور ترانشه).

دستگاه‌های حفاری که معمولا از نوع ضربه‌ای، بیل نوک منقاری[1] و هیدروفرز می‌باشد، باید به تایید مهندس ناظر برسد. برای حفاری گمانه‌های اصلی باید از دستگاه حفاری ضربه‌ای با سیم فولادی و انواع مختلف سرمته‌های قوی استفاده شود. در ترانشه های بین گمانه‌های اصلی باید از بیل نوک منقاری با ظرفیت کافی برای شل کردن، خرد نمودن و برداشت مصالح پی استفاده گردد. سایر

1- Clamshell

دستگاه‌ها و وسایل کمکی برای برداشت موثر مصالح پی باید تهیه شود. معمولا به دلیل حفاری سریعتر، دقت بیش‌تر و کنترل بهتر، از دستگاه هیدروفرز استفاده می‌شود.

رقوم بالاترین قسمت ترانشه باید طوری انتخاب شود که بتوان گل روان تلف شده، هرزآب و لجن تلف شده را به راحتی دفع نمود.

قبل از حفاری، برای جلوگیری از فروریختن و انجام عمل هدایت، دیوار هادی ترانشه باید در قسمت بالای ترانشه نصب یا احداث شود. ارتفاع این دیواره توسط مهندس ناظر اعلام می‌شود. این دیوار هادی باید به‌صورت عمود، پایدار و در وضعیت صحیح نصب شود. هر دو طرف آن باید به‌صورت لایه لایه خاکریزی و کاملا متراکم گردد. فاصله بین دیوارهای هادی نیز باید همان طور که توسط مهندس ناظر به پیمانکار اعلام می‌شود، اجرا گردد.

دستگاه حفاری باید برروی لایه‌های متراکم شده شن و ماسه یا پی مقاوم با سطح منظم و یکنواخت قرارداده شود. ضخامت سکوی شن و ماسه باید به میزانی باشد که فشار وارده بر هسته رسی از ظرفیت باربری مجاز آن تجاوز نکند. در جریان حفاری، جدار ترانشه باید پایدار نگه داشته شود.

پیمانکار باید همواره انحراف جدار حفاری از وضعیت قائم را کنترل نموده تا در صورت لزوم با حفاری اضافی در جدار ترانشه تصحیحات لازم را به‌عمل آورد. بدین ترتیب از ایجاد مانع در بلند کردن و پایین‌بردن دستگاه‌های حفاری در ترانشه یا مواردی مانند گیرکردن دستگاه‌های حفاری در ترانشه جلوگیری می‌شود. به هر حال در صورت بروز چنین حوادثی پیمانکار باید اقدامات لازم را برای ادامه مناسب کار به عمل آورد.

پیمانکار باید کاملا مواظب نواحی بسیار تراوا در درون ترانشه باشد. درصورت مشاهده نشت گل روان، علت آن باید بررسی شده و اقدام لازم برای جلوگیری از نشت آن انجام گیرد و به طور همزمان گل روان جایگزین در ترانشه تامین گردد، به طوری که سطح گل حفاری در ترانشه در وضعیت اولیه تثبیت شود. بدین منظور، لازم است همواره ذخیره گل روان حداقل دو برابر حجم کلیه قسمت‌هایی باشد که حفاری گردیده ولی بتن‌ریزی نشده‌اند. در صورت وجود دورریز زیاد گل روان باید ترانشه به سرعت با مصالح دانه‌ای، گل روان، بنتونیت ، ماسه یا مواد زاید حاصل از حفاری پرگردد. پس از پایدارسازی ترانشه و بررسی علل دورریز گل روان باید اقدامات لازم جهت شروع مجدد حفاری در شرایط ایمن به‌عمل آید. در چنین مواردی ممکن است تزریق نواحی بسیار تراوا لازم گردد.

در جریان حفاری، آب تلف شده و نیز تلفات گل روان و لجن باید بموقع جبران شود تا از تاثیر منفی آن در بازده کار و ریزش دیوار ترانشه جلوگیری گردد.

در هنگام حفاری، باید حفاری ترانشه را به طور مرتب کنترل نموده و مسایل و مشکلاتی را که ممکن است پیش آمده باشد، رفع کرد.

در فرایند حفاری، عمق و تغییرات لایه‌ها باید یادداشت شود و در صورت روبه رو شدن با تغییر لایه‌ها، اقدام لازم و موثر برای جلوگیری از انحراف حفاری به عمل آید.

دیوار ترانشه باید صاف و قائم نگهداری شود. انحراف مجاز در هر دو جهت به موازات و عمود بر محور ترانشه توسط مهندس ناظر اعلام می‌شود. در صورت افزایش انحراف از حد مجاز، پیمانکار باید اقدامات لازم را برای تضمین ضخامت طراحی شده دیوار به عمل آورد.

در روش حفاری با ماشین حفار «بیل نوک‌منقاری»[1] نوع ارتباط بین دو ترانشه باید دقیقا توسط مهندس ناظر مشخص گردد.

پس از اتمام ترانشه ها، باید کیفیت کار شامل محل، عمق، عرض ترانشه‌ها و انحراف آنها به طور کامل کنترل شود. همچنین پس از پایان حفاری و قبل از بتن‌ریزی باید ترانشه تمیز شود، گل روان درون آن با گل روان تازه جایگزین شود. برای تمامی موارد بالا و شروع مرحله بعدی باید تایید مهندس ناظر اخذ شود.

ب- بتن‌ریزی

برای ریختن بتن باید از روش پایین به بالا[2] استفاده شود. قطر داخلی لوله ریزش[3] باید با نظر مهندس ناظر ۱۵ تا ۲۵ سانتی‌متر باشد. قبل از ریختن بتن به داخل ترانشه باید یک روش صحیح بتن‌ریزی توسط پیمانکار تهیه شود که به طور عمده شامل موارد زیر است:

- نقشه برش طولی ترانشه حفاری شده
- حجم بتن موردنظر، سرعت بتن‌ریزی و رقوم بتن ریخته شده
- محل مراکز لوله ریزش و قسمت‌های مدفون
- فاصله بین لوله‌های ریزش مجاور نباید بیش از ۴/۵ متر باشد.
- لوله‌های ریزش در دو طرف ترانشه باید حداقل ۱ تا ۱/۵ متر و حداکثر ۲ متر از انتهای ترانشه فاصله داشته باشند.
- اگر اختلاف ارتفاع کف ترانشه بیش از ۲۵ سانتی‌متر باشد، مرکز لوله ریزش باید در پایین‌ترین قسمت قرار گیرد.
- ترکیب لوله ریزش: بالاترین قسمت هر لوله ریزش باید از چند لوله کوتاه ساخته شده باشد.
- طول کل لوله ریزش باید مساوی عمق واقعی ترانشه به‌علاوه ارتفاع اضافی در بالای ترانشه منهای فاصله بین دهانه تحتانی لوله ریزش و کف ترانشه (۳۰ تا ۵۰ سانتی‌متر) باشد.
- روش و ترتیب بتن‌ریزی (اول عمیق و بعد کم عمق) باید به طور دقیق رعایت شود.
- حجم مصرف مصالح اصلی مشخص شود و در کارگاه تامین گردد.
- اتخاذ تدابیر اجرایی در فصول زمستان، تابستان و بارندگی، الزامی است.
- برای بتن‌ریزی روان و بدون وقفه، وسایل و دستگاه‌های اصلی ذخیره برای سامانه بتن‌ریزی باید وجود داشته و قبل از استفاده در بتن‌ریزی، مورد استفاده آزمایشی قرار گیرند.
- قبل از بتن‌ریزی، شکل، درز اتصال و درز جوشی لوله‌هادی باید به دقت کنترل شود. لوله ریزش باید در محل و بر روی زمین مونتاژ و شماره‌گذاری شود.

مخلوط کردن و انتقال بتن باید طبق فصل ۸ این مشخصات فنی عمومی انجام شود. همچنین مشخصات زیر باید در بتن‌ریزی رعایت شود:

1- Clamshell
2- Lifting Filling Tube
3- Tremie

- سطح بتن در ترانشه باید به طور یکنواخت بالا آمده و اختلاف ارتفاع آن بیش از ۰/۵ متر نباشد. بتن‌ریزی باید به طور ممتد انجام شود.
- سطح بتن در ترانشه باید هر نیم ساعت یک بار و در لوله ریزش هر دو ساعت یک بار اندازه‌گیری شود. فواصل زمانی اندازه‌گیری در ابتدا و انتهای بتن‌ریزی باید نزدیکتر باشد.
- حجم بتن‌ریزی باید کنترل گردد. باز نمودن لوله ریزش باید طبق دستور دستگاه نظارت انجام گرفته و گزارش جزییات توسط پیمانکار تهیه شود.
- دهانه ترانشه باید به وسیله ورق پوشانده شود تا از ریزش بتن فاقد مشخصات به درون ترانشه جلوگیری گردد. ریختن بتن فاقد مشخصات کیفی تعیین شده به داخل ترانشه مجاز نمی‌باشد.
- در فرایند عملیات ساختمانی، مهندس ناظر، کیفیت بتن را مطابق مشخصات فنی خصوصی طرح کنترل می نماید. در این خصوص میزان بنتونیت، آب، سیمان، مصالح سنگی، افزودنی‌های جامد و مایع باید تایید گردد. همچنین باید نسبت اختلاط و خصوصیات بتن در حالت روان کنترل گردد. نمونه‌برداری از بتن برای آزمایش، محل نمونه‌برداری و تعداد نمونه‌ها مطابق با مفاد مشخصات فنی خصوصی یا مندرجات فصل هشتم این مشخصات فنی عمومی خواهد بود.
- به دلیل پایین بودن کیفیت بتن سطحی، تراز بالای بتن‌ریزی باید حداقل ۷۰ سانتی‌متر بالاتر از تراز طراحی باشد (این میزان با نظر مهندس ناظر قابل تعدیل است).
- در صورت نشت لوله ریزش یا مخلوط شدن بتن با گل روان در فرایند بتن‌ریزی، عملیات باید فورا متوقف و رفع نقص صورت گیرد.
- برای جبران مشکلات احتمالی در فرایند بتن‌ریزی، پیمانکار باید طبق مشخصات، اقدامات لازم را به عمل آورده و اطلاعات مربوط به زمان و مکان وقوع مشکل، تحلیل و اقدامات چاره جویانه را ارائه دهد.
- در صورت وقوع مشکلی در جریان بتن‌ریزی و تاثیر آن در کیفیت بتن، باید بتن اجرا شده برداشته شود و سپس بتن جدید ریخته شود.

ج- قسمت‌های مدفون در دیوار

در صورتی که دیوار آب‌بند از نوع دیوار دیافراگمی‌باشد (برای تحمل بارهای مکانیکی نیز طراحی شده باشد) و در دیوار دیافراگمی مورد نظر میلگردگذاری نیز مد نظر طراح باشد، برای مدفون کردن شبکه آرماتورها[1] در داخل ترانشه، شرایط زیر باید رعایت شود:

- شبکه مزبور باید دارای استحکام کافی برای بلند شدن باشد، دو طرف آن باید به وسیله قسمت‌های هادی نصب شود، انتهای فوقانی و تحتانی آن باید زاویه تبدیل افقی[2] داشته باشد.
- برای مدفون کردن لوله ریزش باید فضای کافی در شبکه آرماتورها منظور شود. شبکه آرماتورها باید در محل طراحی شده قرار داده شده و مهار شود تا در هنگام بتن‌ریزی تکان نخورد.

1- Reinforcing Cage
2- Taper

۷-۱-٤-٤- کنترل و پذیرش کیفیت

در اجرای دیواره آب‌بند باید جزیی‌ترین موارد به دقت ثبت گردد و کنترل‌های دقیق در تمامی مراحل اجرایی و پس از آن انجام پذیرد.

برای کنترل دیوار تمام شده می‌توان مغزه‌گیری نمود، با این تضمین که گمانه حفر شده جهت مغزه‌گیری هیچگاه از جدار بتن دیوار خارج نگردد. محل و تعداد گمانه‌های کنترل به وسیله مهندس ناظر تعیین خواهد شد. گمانه‌های کنترل باید به وسیله تزریق ملات آب‌بندی شود.

کنترل برای پذیرش عملیات دیوار آب‌بند[۱] را می‌توان به سه مرحله زیر تقسیم نمود:

مرحله ۱- کنترل پذیرش ترانشه تمام شده که پس از پایان حفاری ترانشه انجام می‌شود.

مرحله ۲- کنترل برای پذیرش پاک‌سازی ترانشه که پس از پایان پاک‌سازی ترانشه و تعویض گل روان انجام خواهد شد.

مرحله ۳- کنترل برای پذیرش عملیات دیوار آب‌بند که پس از پایان کلیه عملیات دیوار آب‌بند انجام خواهد گرفت.

مهندس ناظر، مسوول پذیرش ترانشه تمام شده و پاک‌سازی شده خواهد بود. کنترل برای پذیرش ترانشه تمام شده شامل موارد زیر است:

- نمونه‌های سنگ پی و عمق ترانشه حفاری شده در سنگ پی
- محل، عمق و عرض ترانشه و انحراف آن
- ضخامت اتصال بین ترانشه های دو مرحله‌ای

پس از پذیرش ترانشه تمام شده گواهی پذیرش صادر خواهد شد. کنترل پاک‌سازی ترانشه برای پذیرش آن متشکل از موارد زیر است:

- خصوصیات گل روان داخل ترانشه
- ضخامت رسوب درترانشه
- کیفیت پاک‌سازی جدار ترانشه

در صورت پذیرفته شدن پاکسازی ترانشه، مهندس ناظر برای آن گواهی پذیرش صادر و امضاء خواهد کرد.

پس از کنترل برای پذیرش دیواره آب‌بند پیمانکار باید اطلاعات زیر را فراهم کند:

- اسناد طرح، نقشه‌ها و مشخصات چون ساخت، تغییرات و مدارک تکمیلی
- گزارش پایان کار، پلان و مقاطع عرضی ساخته شده، اطلاعات اجرا شده هر ترانشه
- گزارش‌های اصلی ساخت، کنترل کیفیت، نتایج آزمایش مصالح مختلف، نتایج آزمایش بتن و گل روان، نتایج کنترل گمانه‌های جسم دیوار و گزارش‌های مربوط به حوادث و مشکلات مهم و ...
- گزارش‌های مربوط به تحقیق و آزمایش‌های خاص

پس از پذیرش دیوار آب‌بند، مهندس ناظر برای آن گواهی پذیرش صادر و امضاء خواهد کرد. در صورت پذیرفته نشدن دیوار مزبور، پیمانکار باید طبق نظر مهندس ناظر اصلاحات لازم را انجام دهد. سپس بار دیگر قبل از تشریفات پذیرش، کنترل به عمل خواهد آمد.

۱- در این قسمت تاکید بر دیواره آب‌بند بتنی بوده است اما در مورد دیواره‌های آب بند مشابه نیز مراحل شرح داده شده تقریبا یکسان است.

پیمانکار باید در حین ساخت دیواره آب‌بند، گزارش ساخت و تحلیل داده‌ها را تهیه کند. جدول لازم برای این کار از سوی مهندس ناظر ارائه می‌گردد. این جدول پس از تکمیل، توسط مهندس ناظر بررسی و تایید می‌شود.

به منظور مطابقت بیش‌تر دیواره آب‌بند اجرا شده با طرح و مشخصات فنی آن، موارد زیر باید درطول مراحل ساخت مورد توجه قرار گیرد:

- کلیه تجهیزات در فواصل مناسب و به طور مرتب کنترل و واسنجی (کالیبره) گردند.
- پیش از حفاری و در حین آن مرتبا گل حفاری با آزمایش‌های کارگاهی کنترل گردد و در صورت لزوم سریعا نسبت به اصلاح آن اقدام شود.
- در هنگام حفاری با دستگاه حفار (معمولا هیدروفرز) انحراف‌سنجی و عمق‌سنجی به دقت انجام و ثبت گردد.
- هنگام تولید بتن، درصد رطوبت، دانه‌بندی و سایر خصوصیات کیفی فیزیکی و شیمیایی سنگدانه‌ها به دقت کنترل گردد. در مورد تمامی مصالح مصرفی (شامل سیمان، بنتونیت، رس، آب و...) آزمایش‌های کنترلی لازم انجام شود.

۷-۲- بهسازی پی

۷-۲-۱- تزریق‌های بهسازی

تزریق بهسازی جهت بهبود وضعیت سنگ پی سدها و سازه های جنبی و سنگ‌های دیواره تونل ها اجرا می‌شود و شامل تزریق تماسی [۱] و تزریق تحکیمی [۲] می‌باشد.

۷-۲-۱-۱- کلیات

هدف از انجام تزریق تماسی از بین بردن فاصله بین سازه بتنی و سنگ‌های اطراف آن است. به نحوی که این دو بتوانند به صورت یک واحد ساختمانی عمل نمایند. در تزریق تماسی تنها درزه‌هایی مدنظر هستند که در ضخامتی از سنگ بین ۰/۵ تا یک متر وجود دارند.

هدف از تزریق تحکیمی بهبود بخشیدن و یکنواخت نمودن خواص دگر شکلی سنگ‌هایی است که در زیر پی سد و سازه‌های جنبی واقع است و بر اثر انفجار هایی که به منظور گودبرداری انجام شده‌اند، سست گردیده است. عمق تزریق تحکیمی به خواص سنگ، ابعاد سازه و فشاری که به وسیله سازه به آن وارد می‌شود، بستگی دارد. تزریق تحکیمی همچنین در اطراف پوشش تونل‌ها و در منطقه‌ای که سنگ‌ها براثر عمل انفجار و به وسیله آزاد شدن تنش ناشی از گودبرداری اطراف تونل سست شده‌اند، اجرامی‌شود [۳].

1- Contact Grouting

2- Consolidation Grouting

۳- لازم به ذکر است که مباحث تعاریف و اصطلاحات، تجهیزات حفاری و تزریق برنامه کار، عملیات حفاری، لوگ گمانه‌های حفاری آزمایش‌های نفوذپذیری،ثبت اطلاعات، اندازه‌گیری کارهای انجام شده و پرداخت‌ها مشابه همان مباحثی است که در پرده آب بند شرح داده شده است و دراینجا دوباره شرح داده نمی‌شود.

۷-۲-۱-۲- تزریق تماسی

محدوده عرض درز و شکاف‌هایی که باید در تزریق تماسی مورد تزریق واقع شوند درحدود چنددهم میلی‌متر تا ۱۰ سانتی‌متر و یا بیش‌تر است. از این رو باید برای تزریق تماسی از دوغاب غلیظ سیمان استفاده نمود که ترجیحا به صورت مخلوط پایدار بوده و هنگام گیرش آب خود را از دست ندهد. به این ترتیب آب وسیمان از هم تفکیک نمی‌شود. برای پرنمودن درزه‌های کوچک‌تر، دوغاب با نسبت $1C:0.2\,B:0.8W$ توصیه می‌شود و برای پرکردن حفره‌های بزرگ‌تر نیاز به استفاده ازماسه در دوغاب با نسبت $1C:2\,S:0.2\,B:2.4\,W$ خواهد بود. در جایی که لازم باشد ماده تزریق انقباض حاصل نماید (مانند سطح تماس پوشش فولادی با بتن) توصیه می‌گردد ۱/۵ گرم پودر آلومینیوم به ۵۰ کیلوگرم سیمان اضافه گردد. به هرحال مهندس ناظر با توجه به وضعیت سنگ پی و درزه‌های موجود، نسبت اختلاط دوغاب را به پیمانکار اعلام می‌کند .

گمانه‌های تزریق تماسی، طبق نقشه‌های تایید شده توسط مهندس ناظر که مشخص کننده فاصله گمانه و عمق آنها است، توسط پیمانکار حفاری می‌شود. معمولا گمانه‌های تزریق تماسی به عمق ۰/۵ تایک متر در سنگ در شبکه‌ای به فاصله‌های مساوی ۱/۵ تا ۳ متر حفر می‌گردند. عمق و فاصله صحیح گمانه پس از انجام تزریق آزمایشی، توسط مهندس ناظر تعیین می‌شود.

پیمانکار باید لوله‌های تزریق (لوله‌های فولادی ضدزنگ مطابق استاندارد ASTM A120) را قبل از بتن‌ریزی پوشش تونل، نصب کند. سپس گمانه‌ها را تا عمق مورد نظر مهندس ناظر به روش ضربه‌ای حفر نماید. لوله‌های تزریق را می‌توان به راحتی به طرف فضاهای عمیق تر گودبرداری شده در بالای قوس هدایت نمود که به پرشدن کامل حفره‌ها کمک کند.

در مواردی که دهانه تونل بدون حفاظ است یا از بتن غیرمسلح استفاده شده است، پیمانکار می‌تواند گمانه‌های تزریق را درون پوشش مذکور حفر کند.

الف- عملیات اجرایی تزریق تماسی

عملیات تزریق تماسی باید حداقل ۲۸ روز پس از بتن‌ریزی انجام شود.تزریق تماسی ازیک انتها به انتهای دیگر منطقه و در یک زمان صورت می‌گیرد. یک گروه از گمانه‌ها به پمپ تزریق متصل می‌شود و عملیات تزریق تحت نظارت مهندس ناظر تا رسیدن به معیار مورد نظر ادامه می‌یابد.

عملیات تزریق تماسی تونل ها از یک حلقه گمانه به حلقه دیگر و از کف قوس به بالای آن انجام می‌شود. فشار تزریق در تزریق تماسی به نوع سنگ، و فشار وارده بر پی و همچنین مقاومت پوشش تونل بستگی دارد. فشار تزریق قبل از شروع عملیات اجرایی با انجام تزریق آزمایشی از سوی مهندس ناظر محاسبه و به پیمانکار ارائه می‌شود. به طورکلی فشار بین ۲ تا ۷ اتمسفر برای تزریق تماسی کافی است. پیمانکار باید جهت تزریق تماسی در داخل تونل، تجهیزات حفاری و تزریق را بر روی دستگاه متحرکی نصب نماید.

تزریق تماسی وقتی خاتمه می‌یابد که در فشار تعیین شده از سوی مهندس ناظر مقدار تزریق از ده لیتر در ده دقیقه کم‌تر باشد.

پس از خاتمه تزریق هر قطعه از گمانه، فشار باید به وسیله شیر و یا هر وسیله دیگری تا گیرش سیمان حفظ شود و مانع برگشت دوغاب تزریق به گمانه گردد.

ب- توقف عملیات تزریق

هیچ‌گونه توقفی در تزریق یک گمانه،مگر به علل یاد شده در بالا و یا در صورت قطع برق و یا نقص فنی دستگاه‌ها، نباید پیش آید. در این حالت پس از قطع عمل تزریق، بلافاصله قطعه با تزریق آب توسط پمپ‌دستی مناسب، شسته می‌شود. این عمل برای اطمینان از تزریق‌پذیری قطعه پس از شروع تزریق انجام می‌شود.

ج- محافظت و تمیز نمودن محل کار

درصورتی‌که در سطح پوشش تونل نشت پیش آید، بلافاصله پیمانکار باید محل نشت را مسدود نماید. در صورت عدم امکان انجام این امر، تزریق متوقف شده و ضمن تمیز نمودن مصالح نشتی، تمامی مخلوط تزریق تخلیه می‌گردد.

پیمانکار باید بلافاصله مراحل تزریق را تکمیل نموده و سپس تمامی آثار ناشی از نشت را تمیز نماید. در حین کار، پیمانکار باید همواره آمادگی شستن و تمیز نمودن را داشته باشد. سطح محل کار که به علت عملیات تزریق کثیف شده است، باید بلافاصله تمیز شود.

۷-۲-۱-۳- تزریق تحکیمی

چون هدف اصلی از تزریق تحکیمی کاهش تغییر شکل‌پذیری سنگ است، باید کلیه درزه‌ها، شکاف‌ها و حفره‌های موجود با ماده تزریق دارای مقاومت و فشار بالا پر شود. در اکثر موارد ضروری است که مواد داخل درزه‌ها تخلیه و تمیز گردد.

هنگام تزریق مقاطع عمیق تر با اعمال فشار بیش‌تر، بهتر است که گمانه‌ها از بالا به پایین تزریق شوند تا لایه‌های بالایی را آب‌بند نموده و مانع نشت ماده تزریق به سطح زمین گردد.

فشار تزریق به سامانه درزه و شکاف سنگ بستگی دارد. فشار تزریق باید حتی‌الامکان زیاد باشد تا دوغاب تزریق شده به خوبی تحکیم یابد. برای تزریق منطقه بالاتر سنگ‌ها که در اثر انفجار سست شده‌اند، باید از دوغاب تزریق غلیظ و فشار تزریق نسبتا کم استفاده نمود. برای تحکیم در لایه‌های سنگی عمیق‌تر و دست نخورده، استفاده از دوغاب‌های با نفوذپذیری زیاد و همچنین فشار تزریق بالا ضروری می‌باشد.

الف- عملیات اجرایی تزریق تحکیمی

قبل از انجام عملیات تزریق تحکیمی، پیمانکار باید درزه‌ها و شکاف‌های پرشده با مواد سست را شستشو نموده و تمیز نماید. زیرا دوغاب سیمان نمی‌تواند در پرشدگی سست درزه‌ها نفوذ نماید و تاثیر آن روی تغییرشکل‌پذیری به صورت موضعی است. قبل از عملیات، پیمانکار باید مواد سست پرکننده را شستشو داده و تمیز نماید. در صورتی که ناظر مقیم اعلام نماید که درزه‌ها و شکاف ها به خوبی از مواد سست ریزدانه تمیز نشده‌اند، پیمانکار باید شستشو را تا تامین نظر مهندس ناظر ادامه دهد.

حفاری و تزریق گمانه‌ها باید در مراحل متوالی انجام شود. در ابتدا تمام گمانه‌های مرحله اول و سپس گمانه‌های مرحله دوم به نحوی که در مقابل گمانه‌های اول نبوده و شبکه مثلثی شکلی ایجاد شود، به‌طور متوالی اجرا می‌شوند. تزریق تحکیمی، پس از حداقل مدت بعد از بتن ریزی و یا حداقل مدت بعد از تزریق تماسی که توسط مهندس ناظر تعیین شده است، انجام می‌شود.

تزریق تحکیمی علاوه بر تحکیم سنگ پی در اطراف پوشش تونل و سینه کار تونل نیز اجرا می‌گردد.

ب- تجهیزات و ساماندهی کار تزریق تحکیمی

مقادیر سیمان مصرفی هنگام تزریق باید در هر مقطع ثبت شود. پیش از شروع عملیات تزریق، پیمانکار موظف به تهیه کلیه تجهیزات و مصالح مورد نیاز (شامل مقدار سیمان مصرفی که با انجام آزمایش در یک یا چند مقطع تعیین می‌گردد) می‌باشد. اگر در داخل تونل عملیات تزریق تحکیمی انجام می‌شود، باید خطوط انتقال آب ، هوای فشرده و برق در داخل تونل آماده گردد.

ج- دوغاب تزریق تحکیمی

درصورتی‌که در مشخصات فنی خصوصی نسبت‌های دوغاب تزریق و تغییرات آن مسکوت مانده باشد، برای شروع عملیات تزریق تحکیمی موارد به شرح جداول شماره ۷-۳ و ۷-۴ پیشنهاد می‌گردد و در روند اجرای کار توسط مهندس ناظر تغییر می‌یابد و یا تدقیق می‌شود:

جدول ۷-۳- غلظت ماده تزریق در ابتدای شروع تزریق تحکیمی

نفوذپذیری (لیتر در دقیقه در متر طول چال)	نسبت مخلوط
۰/۱ – ۰/۵	۳ :۱
۰/۵ – ۱	۲ :۱
۱-۲	۱:۱
بیش‌تر از ۲	دوغاب سیمان / ماسه / آب به نسبت ۱:۱:۱

جدول ۷-٤- تغییر غلظت در حین انجام تزریق تحکیمی

نسبت آب به سیمان	مقدار سیمان تزریق شده در هر گمانه (لیتر در دقیقه)	تغییر غلظت
۳	۶۰	۱:۲ (آب: سیمان)
۳	۸۰	۱:۱ (آب: سیمان)
۱	۱۰۰	۰/۸ :۱ (آب: سیمان)
۸	۱۲۵	۱:۱:۱ (ماسه: آب: سیمان)

بهتر است برای تزریق گمانه تزریق تحکیمی تونل ها، از مسدودکننده‌های یکبار مصرف[1] استفاده کرد.

د- فشار تزریق

در خصوص فشار تزریق، لازم به یادآوری است که تعیین فشار تزریق وابسته به وضعیت چال در ارتباط با سنگ در برگیرنده یا نوع سازه مربوط و برنامه تعیین شده از سوی مشاور است. مهندس ناظر مورد به مورد، فشار تزریق را توصیه خواهد نمود.

فشار تزریق عملا از مقدار تعیین شده بیش‌تر خواهد بود و باید توجه داشت که فشار به‌گونه‌ای باشد که موجب ایجاد درزه و شکاف جدید در پی سنگ یا سازه نگردد. قابل پیش‌بینی است که فشار تزریق بین ۱ تا ۲۰ اتمسفر تغییر یابد. جدول (۷-۵) به عنوان

1- Tope Hole Packer

راهنمایی برای فشار تزریق (اگر در مشخصات فنی خصوصی تعیین نشده باشد) در شروع عملیات پیشنهاد می‌گردد و در روند اجرای کار توسط مهندس ناظر تغییر می‌یابد یا تدقیق می‌شود:

جدول ۷-۵- راهنمای تعیین فشار تزریق

محل تزریق تحکیمی	فشار تزریق (کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع)	
	متوسط	حداکثر
حفاری گمانه بر روی سطح سنگ بدون پوشش بتنی	$P = 2 + 0.3D$	**۱۰**
حفاری گمانه در سطح از روی پوشش بتنی و یا شاتکریت قبل از پوشش بتنی	$P = 6 + 0.3D$	**۲۰-۱۵**

D= فاصله قطعه مورد تزریق ازدهانه گمانه است.

فشار تزریق باید تا زمانی که دوغاب سخت گردد، ثابت باشد. زمان برداشتن و کاهش فشار باید مورد تایید مهندس ناظر باشد.

هـ- کنترل عملیات

کارایی تزریق تحکیمی باید به وسیله انجام آزمایش فشارآب، با گذشت مدت تعیین شده توسط مهندس ناظر یا تعیین شده در مشخصات فنی خصوصی از انجام عملیات تزریق، کنترل شود. برای کنترل تزریق تحکیمی و تماسی تعدادی گمانه حفر می‌شود. تعداد، عمق و موقعیت این گمانه‌ها به وسیله مهندس ناظر و برحسب شرایط تزریق ارائه خواهد شد.

و- تمیز کردن

پیمانکار موظف است اقدام مقتضی را در ضمن عملیات تزریق جهت جمع‌آوری و دورریختن مواد شسته شده و زاید و مازاد دوغاب بعمل آورد و از جمع شدن این مواد در محل عملیات تزریق جلوگیری نماید.

پیمانکار موظف است پس از اتمام عملیات تزریق نسبت به جمع‌آوری وسایل دوغاب رسانی، لوله‌ها، اتصالات و... اقدام نماید.

ز- گزارش‌ها

پیمانکار موظف به همکاری با مهندس ناظر در مورد جمع‌آوری اطلاعات مربوط به گمانه‌های تزریق، عملیات تزریق، میزان پمپاژ، فشار تزریق، تغییر در اختلاط دوغاب ، مقدار مصالح و دیگر اطلاعات موردنیاز است.

۷-۲-۲- زهکش‌ها[1]

۷-۲-۲-۱- کلیات

ایجاد پرده زهکش در زیر پنجه پایین‌دست سدها بسیار رایج است. پرده تزریق اغلب نامطمئن است؛ زیرا دوغاب سیمان نمی‌تواند در درزه‌ها و شکاف‌های پرشده یا ریز نفوذ کند. استفاده از روش‌های تزریق دوباره یا تزریق مواد شیمیایی نیز بسیار گران و پرهزینه است. در چنین مواردی می‌توان از سامانه زهکش به عنوان روش مکمل یا جایگزین برای کنترل زیر فشار استفاده کرد، که به ویژه در سنگ‌های با ترک‌های ریز که تزریق آنها مشکل است کارایی خوبی دارد. زهکش‌ها در واقع مسیرهای کنترل شده‌ای برای جریان

1- Drains

آب هستند که باعث کاهش فشار نشت آب در سدهای خاکی، تونل ها و سرریزها و... می‌شوند. برخی از زهکش‌ها در زمان طراحی سازه منظور می‌شوند، در صورتی که برخی دیگر پس از پایان احداث سازه و به صورت روش ترمیمی به کار می‌روند.

ضخامت لایه‌های زهکش وابسته به نفوذپذیری مواد در دسترس و مقدار آبی است که باید کنترل شود. اغلب زهکش‌ها به همراه فیلتر، از بسته شدن سوراخ‌های زهکش و مهاجرت ذرات ریز به داخل زهکش جلوگیری می کنند.

زهکش ها را می‌توان برمبنای شکل و سطح مقطع‌شان به انواع ورقه‌ای، ترانشه‌ای و مثلثی یا چند وجهی تقسیم کرد.

۷-۲-۲-۲- گمانه‌های زهکش و رهایی فشار

پیمانکار موظف است نسبت به حفر گمانه‌های زهکش و رهایی فشار موردنیاز، مطابق نقشه اقدام نماید. این گمانه‌ها باید پس از گذشت مدت تعیین شده توسط مهندس ناظر یا مشخصات فنی از عملیات تزریق (تماسی، تحکیمی و/یا پرده آب‌بند، بسته به شرایط طرح) اجرا گردد.

این گمانه‌ها در فواصل موردنظر مهندس ناظر اجرا می‌گردند و در آنها لوله‌های .P.V.C سوراخ‌دار برای جلوگیری از پرشدن زهکش ها قرار داده می‌شود. قطر این گمانه‌ها و آرایش آنها برحسب مورد و به وسیله مهندس ناظر تدقیق می‌شود.

۷-۲-۲-۳- حفاری گمانه‌های زهکش

برحسب شرایط، پیمانکار می‌تواند گمانه‌های زهکش را با دستگاه ضربه‌ای یا دورانی حفاری نماید. مغزه‌گیری از این گمانه‌ها مورد نیاز نیست. شیب و امتداد این گمانه‌ها متغیر است و عمق و قطر گمانه‌ها مطابق آنچه در نقشه‌ها نمایش داده شده است، اجرا خواهد شد. حفاری زهکش‌های منطقه پایین‌دست پرده تزریق پس از اتمام حفاری و تزریق تمامی طول گمانه و با اجازه مهندس ناظر شروع خواهد گردید.

در طول حفاری کاربرد گل حفاری و یا بنتونیت و یا هر ماده کلوییدی دیگری که دیواره گمانه زهکش را بپوشاند و نفوذپذیری آن را کاهش دهد، مجاز نمی‌باشد.

۷-۲-۲-٤- لوله‌های گمانه‌های زهکش

لوله‌های فولادی ضدزنگ منطبق بر مشخصات ASTM-A120 باید برای گمانه‌های زهکش مطابق نقشه‌ها و یا براساس نظر مهندس ناظر کار گذاشته شوند.

لوله فولادی دهانه چاه در حدود حداقل ۱۰ سانتی‌متر بالاتر از سنگ یا بتن نصب می‌شود و حداقل ۵۰ سانتی‌متر آن در داخل سنگ و یا بتن قرار می‌گیرد. اندازه‌های مذکور توسط مهندس ناظر قابل تغییر است.

لوله‌های .P.V.C برای زهکش براساس مشخصات مندرج در جدول (۷-۶) پیشنهاد می‌شود:

جدول ۷-٦- مشخصات پیشنهادی لوله‌های .P.V.C برای زهکش‌ها

مشخصات	ابعاد
قطر	۹۰ میلی‌متر
حداقل ضخامت	۴ میلی‌متر
بازشدگی شیارهای لوله	۰/۳ میلی‌متر
سطح پوشش شیارها نسبت به سطح کل لوله	حدودا ۵ درصد
روش اتصال لوله‌ها	با پیچ به طول حداقل ۵۰ میلی‌متر
طول لوله‌ها	۲ تا ۲/۵ متر

مشخصات لوله‌های مشبک و متعلقات مربوط باید با مشخصات ASTM D-2729 قابل تطبیق باشد. به منظور تثبیت لوله از سیمانی برای تزریق استفاده می‌شود که زمان گیرش اولیه آن کم است، تا پر شدن قطعه مورد نظر امکان‌پذیر باشد.

فصل ۸

کارهای بتنی

۸-۱- کلیات

این فصل از مشخصات فنی شامل الزاماتی است که، تحت شرایط عمومی پیمان، باید توسط پیمانکار در مورد تامین مواد اولیه بتن و بتن حجیم، طراحی‌های مخلوط، ساخت، حمل، ریختن، جای‌گذاری بتن و همچنین عمل‌آوردن و نگهداری، پرداخت سطوح، کنترل کیفیت مخلوط‌های بتن و تعمیر و ترمیم بتن‌های معیوب رعایت شود. معیارهای انطباق با این مشخصات و چگونگی اندازه‌گیری تطابق کارهای بتنی با آن معیارها نیز در این دفترچه مشخصات ذکر شده‌اند.

رده‌بندی انواع مخلوط بتن مورد لزوم در طرح و الزامات ویژه دیگر برای مواد متشکله، مخلوط‌های بتن و روش‌های اجرایی کارهای بتنی در «دفترچه مشخصات فنی خصوصی» تعیین می‌شوند.

۸-۱-۱- استانداردها

تمام استانداردهایی که در این مشخصات ذکر شده‌اند (اعم از این که جزییات آنها ارائه شده یا نشده باشد)، لازم‌الرعایه هستند، مگر آن که در این مشخصات به وضوح ذکر شده باشد که استفاده از استانداردی اختیاری است.

در مواردی که بین استانداردهای مذکور و این مشخصات تضادی وجود دارد، موارد مندرج در این مشخصات لازم‌الرعایه خواهد بود.

مواردی که در این فصل از مشخصات فنی عمومی مشخص نشده است، باید مطابق آیین‌نامه بتن ایران و مشخصات استانداردهای ASTM باشد و درصورتی‌که مورد خاصی به وسیله استانداردهای یاد شده مشخص نشده باشد، مشخصات ACI ملاک خواهد بود.

۸-۱-۲- مسوولیت‌های پیمانکار

پیمانکار موظف است تمام مواد و مصالح، نیروی کار، تجهیزات و ماشین‌آلات ضروری را برای تمام جزییات کارهای بتنی، با توجه به شرایط جغرافیایی، محیطی و سایر محدودیت‌های طبیعی، چنان تامین کند که ضمن اجرای به‌موقع کار بر اساس برنامه‌های زمان‌بندی شده، معیارهای کیفی مشخص شده برای مخلوط‌های بتن و سازه‌های بتنی به بهترین نحو حاصل شود.

مدارکی که در ارتباط با کارهای بتنی ضرورتا باید توسط پیمانکار تهیه و به مهندس ناظر ارائه شود، در هر یک از بندهای مربوط در این مشخصات فنی عمومی ذکر شده است. در بندهای ۸-۱-۲-۱ تا ۸-۱-۲-۶ برخی از این مدارک فهرست شده‌اند.

۸-۱-۲-۱- گواهی‌ها

گواهی تولیدکنندگان و آزمایشگاه‌های معتبر و مورد قبول مهندس ناظر که انطباق مواد و مصالح زیر با استانداردها و این مشخصات را گواهی می‌کند، باید توسط پیمانکار به مهندس ناظر ارائه شود:

- سیمان
- سنگدانه‌ها
- افزودنی‌ها
- مواد پوزولانی

- ترکیب‌های استفاده شده در عملیات عمل‌آوری و نگهداری مخلوط‌ها
- آب مصرفی در مخلوط‌های بتن، شستشوی سنگدانه‌ها و عملیات عمل‌آوری و نگهداری

۸-۱-۲-۲- نمونه‌ها

پیمانکار باید نمونه‌ای از هر یک از مصالح فوق الذکر را که تایید شده باشد، در ظرف مناسبی که به خوبی حفظ می‌شود و دارای برچسب مناسب مشخص کننده است، نگهداری کند. (به استثنای سنگدانه‌ها و آب).

۸-۱-۲-۳- طراحی مخلوط

پیمانکار باید جزییات دقیق طراحی‌های مخلوط هر یک از رده‌های بتن را (که در مشخصات فنی خصوصی رده‌بندی و تعیین می‌شود) برای تایید مهندس ناظر ارائه کند. آزمایش‌های ابتدایی بر روی مخلوط‌های آزمایشی در آزمایشگاه مستقر در کارگاه با نظارت مهندس ناظر انجام خواهد شد. این آزمایش‌ها بر اساس برنامه‌ای که مهندس ناظر ارائه خواهد کرد، انجام خواهد شد؛ اما تامین تجهیزات، مصالح و نیروی کار به عهده پیمانکار خواهد بود. (به بندهای ۸-۹-۱ و ۸-۹-۲ رجوع کنید).

۸-۱-۲-٤- پیشنهادهای پیمانکار

پیمانکار باید قبل از انجام موارد زیر پیشنهادهای خود را در مورد چگونگی اجرای آنها ارائه و تایید مهندس ناظر را کسب کند:

- تامین تمام مصالح، نیروی انسانی، تجهیزات و ماشین‌آلات ضروری برای کارهای بتنی شامل تامین، تولید، حمل، انباشت، سرد یا گرم‌سازی مصالح سنگی و ساخت، حمل، ریختن و جای‌گذاری، عمل‌آوری و نگهداری، پرداخت و ترمیم بتن
- تامین، حمل و انبار کردن سیمان
- تامین و ذخیره آب
- تامین و نصب مواد و مصالح برای نوارهای آب‌بند، دوغاب‌بندها، کنترل درزهای انبساط و اجرایی
- ارائه برنامه بتن‌ریزی و تعیین لیفت‌های بتن‌ریزی و اجرای این برنامه‌ها در صورت تایید مهندس ناظر
- تامین تجهیزات و ماشین‌آلات مربوط به‌عملیات سردسازی بتن حجیم و اجرای تمام جزییات بر اساس برنامه تایید شده
- تامین تمام تجهیزات و ماشین‌آلات مربوط به عملیات تزریق دوغاب و ملات در درزها، لوله‌های سردسازی و سایر منافذ موجود در بتن
- تامین تجهیزات گرم کردن و گرم نگه‌داشتن بتن و مواد اولیه بتن در هوای سرد
- ثبت تمام اطلاعات هواشناسی و عملیات سردسازی درتمام دوره کارهای بتنی
- تامین تمام تاییدیه‌هایی که در این دفترچه مشخصات ذکر شده است

کسب این تاییدیه‌ها از مسوولیت پیمانکار برای اجرای به‌موقع و منطبق بر معیارهای کیفی مقرر نمی‌کاهد.

۸-۱-۲-۵- ثبت اطلاعات و گزارش‌های روزانه

گزارش‌های روزانه پیمانکار در مورد کارهای بتنی شامل موارد زیر خواهد بود:

- پرکردن فرم «الف» و ارائه آن برای هر نوبت بتن‌ریزی (این فرم که روز قبل از بتن‌ریزی توسط مسوولان نظارت امضا می‌شود به منزله مجوز بتن‌ریزی خواهد بود)
- تعداد دفعاتی که هر مخلوط در دستگاه‌های پیمانه‌کن (مرکز تهیه بتن) مخلوط شده است
- مقدار بتنی که اجرا شده است
- مقدار بتنی که ضایع شده و یا توسط مهندس ناظر پذیرفته نشده است
- وزن سیمان و مواد سیمانی که مصرف شده است
- وزن هر یک از موادی که در ساخت بتن در هر نوبت پیمانه‌کردن پیمانه شده است و مدت اختلاط هر پیمانه (بهتر است که این اطلاعات توسط سامانه کامپیوتری که به مرکز تهیه بتن وصل می‌شود، و با استفاده از چاپگر ثبت شده و روزانه به مهندس ناظر ارائه شود)
- محل دقیق بتن‌ریزی
- مدت بتن‌ریزی
- دمای هوا، سرعت باد، رطوبت نسبی هوا و وضعیت عمومی هوا که هر یک هر ساعت ثبت می‌شود
- دمای بتن باید برای هر پیمانه بتن ثبت شده و میانگین و دامنه تغییرات آن گزارش شود
- نتایج آزمایش افت بتن[1] و تعداد نمونه‌های ماخوذ از بتن برای آزمایش بر نمونه‌های سخت شده به همراه شماره آنها و نتایج آزمایش‌های تعیین درصد هوا و جرم حجمی بتن تازه
- سایر مواردی که مهندس ناظر ثبت و گزارش آنها را ضروری تشخیص دهد.

۸-۱-۲-٦- گزارش‌های ماهانه

پیمانکار باید در گزارش ماهانه ارزیابی‌های آماری تمام نتایج آزمایش‌های انجام شده بر نمونه‌های سیمان، سنگدانه و بتن و همچنین تمام موارد دیگرمربوط به بتن‌ریزی‌ها را گزارش کند.

1- Slump

فرم «الف» – فرم کنترل برای شروع بتن‌ریزی

محل بتن‌ریزی: **تاریخ بتن‌ریزی:**

موارد	تاییدیه مهندس ناظر	
	تاریخ	امضاء
رقوم کف محل بتن‌ریزی		
سنگ‌برداری مقاطع کف		
دقت رقوم قالب‌بندی		
ساخت قالب‌ها		
آب‌بندها (واتر استاپ‌ها)		
میلگردها		
تاسیسات مکانیکی		
لوله‌ها		
کارهای فلزی متفرقه		
کارهای الکتریکی		
سند بلاست خیس		
روغنکاری قالب‌ها		
تمیزی محل بتن‌ریزی		
ماشین‌آلات بتن‌ریزی		
مواد اولیه بتن (کمیت)		
مواد اولیه بتن (کیفیت)		
ابزار و مواد محافظت از بتن		
تایید نهایی بتن‌ریزی		

جزییات مربوط به هر یک از ردیف‌ها در مدارک پیوست ثبت شود.

۸-۲- تعاریف

تعریف دقیق‌تر واژه‌ها و عبارت‌ها که در متن این فصل از مشخصات فنی عمومی از آنها استفاده شده است، در زیر آورده می‌شود ونشانه ر.ک.: به معنای «رجوع کنید به» می‌باشد.

آب به سیمان w:c یا w/c: نسبت آب به سیمان

آزمایش‌ها: عملیاتی که تحت نظام استاندارد برای اندازه‌گیری کمیت‌ها و کیفیت‌های مورد نظر در مواد سازنده بتن، بتن تازه، بتن سخت شده، ماشین‌آلات و غیره انجام می‌شود.

آزمایش‌های ابتدایی: (آزمایش‌های اولیه) عملیاتی که تحت نظام استاندارد انجام شده و شامل ساخت مخلوط‌های بتن آزمایشی، نمونه‌گیری از این مخلوط‌ها، نگهداری نمونه‌ها و تعیین خواصی ازاین مخلوط‌ها در حالت‌های تازه و سخت شده است. این آزمایش‌ها برای تایید نسبت‌های اختلاط مخلوط‌ها به کار گرفته می‌شوند.

آزمایش‌های پذیرش: آزمایش‌هایی که بر روی مواد سازنده بتن و یا مخلوط‌های بتن انجام می‌شود تا معلوم شود که برای به کارگیری در عملیات قابل پذیرش هستند یا خیر. این آزمایش‌ها تحت نظام استاندارد انجام می‌شوند.

آزمایش‌های کنترل کیفیت: آزمایش‌هایی که بر روی مواد سازنده بتن و مخلوط‌های بتن تازه و سخت شده انجام می‌شوند تا دامنه تغییرات و درجه موفقیت عملیات کنترل کیفیت تعیین شود. این آزمایش‌ها تحت نظام استاندارد انجام می‌شوند.

آزمایش‌های هم‌ارزی: این آزمایش‌ها برای تعیین هم‌ارزی دو یا چند محموله افزودنی ، تحت نظام استاندارد انجام می‌شوند.

آزمایش‌های همگنی: این آزمایش‌ها برای اطمینان از همگنی یک محموله افزودنی، تحت نظام استاندارد انجام می‌شوند.

استانداردها: تعاریف، معیارها، مشخصات، راهنماها، مقررات، دستورالعمل‌ها و روش‌هایی که توسط موسسات مسوول و معتبر ملی و بین‌المللی ارائه می‌شوند و غالبا لازم‌الرعایه هستند و گاهی جنبه راهنما دارند.

انبار کردن (سیلو کردن): نگهداری مواد سازنده بتن تا زمان مصرف آنها در مخلوط‌های بتن در محل‌های ویژه‌ای (انبارها یا سیلوهایی) که برای این کار طراحی و ساخته شده‌اند.

انباشت کردن: انبار کردن سنگدانه‌ها به‌صورت آزاد بر روی هم

بتن حجیم: هر حجمی از بتن با ابعاد به اندازه کافی بزرگ که نیازمند اقداماتی برای مقابله با گرمای ایجاد شده در اثر هیدراسیون سیمان و تغییر حجم ناشی از آن باشد تا ترک خوردگی کنترل شود.

بتن‌ریزی: ر. ک. ریختن و جای‌گذاری

بچینگ پلانت[1]: ر.ک. دستگاه‌های توزین و اختلاط

پارامترهای کنترل کیفیت: خواص کیفی مواد سازنده بتن، مخلوط‌های بتن، روش‌ها، ماشین‌آلات و تجهیزات که کنترل می‌شوند.

پیمانه‌کن: دستگاه‌هایی که عملیات پیمانه‌کردن با آنها انجام می‌شود.

تولید کنندگان: اشخاص حقیقی یا حقوقی که مواد سازنده بتن، مخلوط‌های بتن یا ماشین‌آلات مورد استفاده در کارهای بتنی را تولید می‌کنند و مسوول کیفیت محصولات خود هستند.

خطای مجاز: ر.ک رواداری

خنک کردن: عملیاتی که از طریق آن مواد سازنده بتن یا مخلوط‌های بتن سرد می‌شوند. اگر مواد سازنده بتن سرد شوند، این عملیات پیش‌سردسازی نامیده می‌شود و اگر مخلوط‌های بتن ریخته شده سرد شوند، آن را پس‌سردسازی می‌نامیم.

دانه‌بندی: جدا کردن دانه‌های با اندازه‌های مختلف از یکدیگر که بخشی از عملیات تولید سنگدانه‌ها است.

درزها (تعریف اختصاصی این فصل از مشخصات فنی عمومی): فاصله یا شکاف بین دو نوبت بتن‌ریزی درز نامیده می‌شود. درزهایی که برای افزایش تحمل سازه در مقابل جابجایی‌های آن تعبیه می‌شوند، درزهای انبساطی نامیده می‌شوند و درزهایی که در حین اجرا و به دلیل فاصله افتادن بین نوبت‌های بتن‌ریزی به وجود می‌آیند، و باید بتن اجرا شده در نوبت بعدی پیوند قابل قبولی با بتن قبلی داشته باشد، درزهای اجرایی هستند. درزهای سرد از نوع درزهای اجرایی هستند.

دستگاه‌های توزین و اختلاط (بچینگ پلانت، پیمانه‌کن‌ها و مخلوط‌کن‌ها): دستگاه‌هایی که با رعایت نسبت‌های اختلاط مواد سازنده، بتن را پیمانه و مخلوط می‌کنند.

دوره کارهای بتنی: مدتی که بین ساخت مخلوط‌های بتن و اتمام دوره عمل‌آوری و نگهداری آنها طول می‌کشد.

1- Batching Plant

رواداری (خطای مجاز): مقدار معینی که مواد سازنده بتن، مخلوط‌های بتن، ماشین‌آلات و سازه‌های بتنی مجازند از کیفیات مشخص شده، با توجه به عدم امکان کنترل کامل تغییرات، عدول کنند.

ریختن و جای‌گذاری (بتن‌ریزی): عملیاتی که در آن بتن از ماشین‌آلات حمل بتن تخلیه شده و در محل نهایی (گیرش) جای داده می‌شود.

ساخت بتن: عملیاتی که شامل پیمانه‌کردن و مخلوط کردن مواد سازنده بتن است.

عمل‌آوری و نگهداری: عملیات ضروری برای جلوگیری از جمع شدگی بتن، بلافاصله پس از بتن‌ریزی تا مدت مشخص شده در اسناد پیمان.

طراحی مخلوط: تعیین نسبت‌های اختلاط مواد سازنده بتن به‌صورت نظری یا آزمون و خطا برای حصول کیفیات مورد نظر بتن.

کنترل کیفیت: عملیاتی که موجب می‌شود تغییرات کیفی مواد سازنده بتن و مخلوط‌های بتـن در دامنه‌ای تعریف شده و قابل قبول باقی بمانند و شامل بازرسی‌های عینی، نمونه‌برداری‌ها، آزمایش‌ها و محاسبه آماری نتایج آزمایش‌ها هستند.

کیفیت: مجموع صفات و مشخصات یک محصول که آن را برای برآوردن نیاز خاصی مناسب می‌سازد.

مجوز: اجازه نامه کتبی مهندس ناظر که پیمانکار باید آن را برای آغاز کارهای بتنی و برای هر نوبت بتن‌ریزی و برای هر گونه تغییر در روند عملیات اخذ کند.

مشخصه‌های الزامی: کیفیاتی از بتن که در دفترچه مشخصات فنی خصوصی حتما باید تعیین شوند.

مشخصه‌های انتخابی: کیفیاتی از بتن که ممکن است برحسب لزوم و ضرورت برای مخلوط‌هایی در دفترچه مشخصات فنی خصوصی تعیین شوند.

۸-۳- مواد متشکله

۸-۳-۱- سیمان

۸-۳-۱-۱- معیارهای انطباق

سیمان مصرفی باید یکی از انواع سیمان پرتلند باشد که در استاندارد شماره ۳۸۹ ایران (دت ۱۰۱) تعریف شده است. مقدار عناصر شیمیایی انواع سیمان به شرح مندرج در جدول (۸-۱) خواهد بود.

جدول ۸-۱- مقدار مجاز عناصر شیمیایی انواع سیمان (درصد)[۱]

انواع سیمان		I [۲]	II	III	IV	V
حداکثر SiO_2		–	۲۰	–	–	–
حداکثر Al_2O_3		–	۶	–	–	–
حداکثر Fe_2O_3		–	۶	–	۶/۵	–
حداکثر MgO		۵	۵	۵	۵	۵
حداکثر SO_3	اگر $C_3A \leq 8\%$	۳	۳	۳/۵	۲/۳	۲/۳
	اگر $C_3A > 8\%$	۳/۵	–	۴/۵	–	–
حداکثر C_3S		–	–	–	۳۵	–
حداکثر C_2S		–	–	–	۴۰	–
حداکثر C_3A		–	۸	۱۵	۷	۲[۳]
حداکثر $C_4AF + 2C_3A$		–	–	–	–	۲۰

مقدار مواد مانده نامحلول در تمام انواع سیمان نباید از ۰/۷۵ درصد بیش‌تر باشد و حداکثر افت حرارتی برای سیمان نوع IV، ۲/۵ درصد و برای سایر انواع سیمان ۳ درصد خواهد بود.

خواص فیزیکی سیمان به شرح مندرج در جدول (۸-۲) خواهد بود.

جدول ۸-۲- خواص فیزیکی انواع سیمان

انواع سیمان			I			II	III	IV	V
			۱-۳۲۵	۱-۴۲۵	۱-۵۲۵				
درصد حجمی هوا			۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲
نرمی برحسب سطح مخصوص (cm^2/gr)	حداقل در آزمایش کدورت‌سنجی		۱۶۰۰	۱۶۰۰	۱۶۰۰	۱۶۰۰	۱۶۰۰	۱۶۰۰	۱۶۰۰
	حداقل در آزمایش بلین		۲۸۰۰	۲۸۰۰	۲۸۰۰	۲۸۰۰	۲۸۰۰	۲۸۰۰	۲۸۰۰
سلامت (حداکثر درصد انبساط در آزمایش اتوکلاو)			۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۸
حداقل مقاومت فشاری (kgf/cm^2)	۱ روزه		–	–	–	–	۱۲۵	–	–
	۲روزه		–	۱۰۰	۲۰۰	–	–	–	–
	۳ روزه		۱۲۰	–	–	۱۰۰	۲۴۰	–	۸۵
	۷ روزه		۲۰۰	–	–	۱۷۵	–	۷۰	۱۵۰
	۲۸ روزه	حداقل	۳۲۵	۴۲۵	۵۲۵	۳۱۵	–	۱۸۰	۲۷۰
		حداکثر	۵۲۵	۶۲۵	–	–	–	–	–
زمان گیرش با سوزن ویکات	گیرش اولیه برحسب دقیقه (حداقل مجاز)		۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵
	گیرش نهایی برحسب ساعت (حداکثر مجاز)		۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶

۱- سیمان نوع یک با سه رده مقاومت ۳۲۵-۱، ۴۲۵-۱، و ۵۲۵-۱ مشخص می‌شود.

۲- محدودیت‌های ذکر شده برای سیمان نوع یک برای هر سه رده مقاومت ۳۲۵-۱، ۴۲۵-۱، و۵۲۵-۱ الزامی است.

۳- چنانچه محدودیت انبساط سولفات در جدول (۸-۲) رعایت شود، در نظر گرفته نمی‌شود.

۸-۳-۱-۲- موارد مصرف

از سیمان نوع I برای مصارف عمومی و از سیمان‌های نوع II و V در محیط‌های آلوده به یون سولفات به شرط نبود یونهای کلرور، استفاده خواهد شد. انتخاب بین انواع II و V برحسب مقدار سولفات موجود در محیط و با توجه به جدول (۸-۳) انجام خواهد شد. سیمان نوع III در مواردی که گیرش سریع بتن مورد نظر باشد و سیمان نوع IV برای بتن‌ریزی‌های حجیم مورد استفاده قرار خواهند گرفت. در مورد بتن‌ریزی‌های حجیم از ترکیب سیمان‌های دیگر با پوزولان ها هم می‌توان استفاده کرد. (بند ۸-۱۲)

جدول ۸-۳- موارد استفاده سیمان‌های ضد سولفات

مقدار سولفات (درصد)	سیمان	
	نوع II	نوع V
در خاک	۰/۱٪ تا ۰/۲٪	بیش‌تر از ۰/۲٪
در آب	۱۵۰ تا ۱۵۰۰ ppm	بیش‌تر از ۱۵۰۰ ppm

نوع سیمان مصرفی باید به تایید مهندس ناظر برسد.

۸-۳-۱-۳- آزمایش‌ها

پیمانکار باید قبل از تخلیه سیمان در سیلوهای نگهداری، در هر نوبت تحویل سیمان فله‌ای و یا تحویل سیمان پاکتی به کارگاه، گزارش رسمی نتایج آزمایش‌های سیمان را در اختیار مهندس ناظر قرار دهد. استفاده از سیمان فقط پس از تایید کیفیت آن به وسیله مهندس ناظر مجاز است. این آزمایش‌ها شامل تعیین خواص فیزیکی و شیمیایی سیمان خواهد بود. گزارش این آزمایش‌ها حاوی تاریخ تحویل سیمان، مقدار آن و شماره (نشانی) دقیق سیلو یا انبار کارخانه سیمان خواهد بود که محموله از آن بارگیری شده است.

مهندس ناظر می‌تواند هرگاه که صلاح بداند از پیمانکار بخواهد از سیمان مصرفی نمونه‌هایی اخذ و بر روی آنها آزمایش‌های ضروری را انجام دهد و یا این که نمونه‌گیری‌ها و آزمایش‌ها را به آزمایشگاه‌های معتبر و به هزینه پیمانکار سفارش دهد.

به هر حال هیچ محموله سیمانی بدون مجوز مهندس ناظر نباید مصرف شود. درصورتی‌که نتایج آزمایش‌ها بیانگر کیفیت نامطلوب سیمان باشد، پیمانکار باید محموله مورد نظر را به سرعت از کارگاه بیرون ببرد.

آزمایش‌ها باید بر اساس آیین‌نامه بتن ایران (دت۱۰۷، دت۱۰۹، دت۱۱۳، دت۱۱۸، دت۱۱۹، دت۱۲۰، دت۱۲۲، دت۱۲۳ و ...) یا کدهای استاندارد ASTM انجام شود، مگر در مورد آزمایش‌هایی که مهندس ناظر برای انجام آنها روش‌های دیگری را اعلام کند.

۸-۳-۱-٤- حمل سیمان

سیمان عمدتا به‌صورت فله به کارگاه تحویل خواهد شد. پیمانکار باید کلیه تجهیزات و تمهیدات ضروری برای حمل، توزین و تخلیه سیمان را تامین کند. تامین شرایط توزین صحیح هر محموله‌ای که به محل سیلوی سیمان تحویل می‌شود و حفظ کیفیت مناسب حین حمل از مسوولیت‌های پیمانکار است.

حمل سیمان باید به وسیله بونکر های هوابندی شده پاکیزه‌ای صورت گیرد که در آنها تماس سیمان با رطوبت یا هوای مرطوب به هیچ وجه ممکن نباشد. اگر محموله سیمانی در عملیات بارگیری، حمل و تخلیه سیمان به هرصورت آسیب ببیند و یا از شرایط نامساعد جوی (باد، باران یا گرما) متاثر شود، پیمانکار باید آن را به سرعت از کارگاه خارج کند.

پیمانکار باید برای روش حمل و تخلیه سیمان که می‌خواهد به‌کار گیرد، از قبل تاییدیه کتبی مهندس ناظر را اخذ کند.

۸-۳-۱-۵- نگهداری سیمان

محموله‌های سیمان بلافاصله پس از رسیدن به کارگاه، باید در سیلوهایی که به این منظور طراحی و ساخته شده است، انبار شوند. این سیلوها باید برای مقادیر مناسب سیمان ظرفیت داشته باشد تا بتوان همواره برای حداقل ۱۰ روز کارهای بتنی، سیمان ذخیره کرد.

تمام تجهیزات ذخیره سازی سیمان باید به وسیله مهندس ناظر تایید شده و به‌گونه‌ای طراحی شود که دسترسی و بازرسی آنها به سهولت میسر باشد. پیمانکار باید محموله‌های سیمان را به ترتیبی که به کارگاه حمل می‌شود، مصرف کند.

سیمانی که به‌صورت فله تحویل کارگاه می‌شود، غالبا بسیار گرم است. برای تامین ثبات ترکیب شیمیایی و کاهش گرمای سیمان، باید بین ۱۰ تا ۱۵ روز آن را در کارگاه انبار کرد. حرارت سیمان به هنگام مصرف نباید بیش‌تر از ۶۵ درجه سانتی‌گراد باشد. برای این منظور پیمانکار باید حداقل ۳ سیلو برای هر نوع سیمان به شرح زیر تدارک ببیند:

- سیلوی اول برای تخلیه سیمان از بونکر ها بلافاصله پس از رسیدن به کارگاه
- سیلوی دوم که به عنوان سیلوی انبار از آن استفاده می‌شود. سیمان از سیلوی اول به وسیله هوای سرد به سیلوی دوم دمیده خواهد شد.
- سیلوی سوم که متصل به دستگاه توزین (بچینگ پلانت) است. در این سیلو حرارت سیمان همواره کم‌تر از ۶۵ درجه سانتی‌گراد خواهد بود. در غیر این صورت مهندس ناظر اجازه استفاده از سیمان مزبور را نخواهد داد.

حرارت هوای فشرده‌ای که برای تخلیه سیمان از بونکر به سیلوی اول، از سیلوی اول به سیلوی دوم و از سیلوی دوم به سیلوی سوم استفاده می‌شود، باید در کمپرسورهای هوای سرد، کاهش یابد، تا ضمن سرد شدن، تمام بخار آب احتمالی آن هم از بین برود. هوای سرد، قبل از استفاده، بهتر است ازچربی‌گیرها[1] بگذرد تا چربی‌های آن گرفته شود.

انواع مختلف سیمان و سیمان‌هایی که از منابع مختلف تامین می‌شود، باید در سیلوهای متفاوت نگهداری شود. هرگاه مهندس ناظر تشخیص دهد، سیلوهای سیمان باید به وسیله پیمانکار تخلیه و تمیز شود. در هر صورت حداکثر هر چهار ماه یک‌بار پیمانکار باید این کار را انجام دهد.

برای انبار سیمان پاکتی باید از انبار سرپوشیده خشک و مقاوم در مقابل نفوذ آب استفاده شود. کیسه‌های سیمان بر روی قطعات چوبی (یا از جنس مناسب دیگر) که حداقل ۲۰ سانتی‌متر از کف انبار فاصله دارند و امکان گردش هوا در زیر کیسه‌های سیمان را به‌خوبی تامین می‌نمایند، تا حداکثر ۱۲ ردیف چیده خواهد شد. حداقل فاصله کیسه‌های سیمان از دیوار انبار ۳۰ سانتی‌متر و پهنای ردیف کیسه‌های چیده شده در کنار هم حداکثر ۳ متر خواهد بود. در صورتی که انواع مختلف سیمان به‌صورت کیسه‌ای تحویل کارگاه می‌شود، باید انواع سیمان در محل‌های مختلف انبار شوند.

سیمانی که بیش از ۲ ماه در کارگاه انبار شده باشد، و همچنین هر سیمانی که کیفیت آن مورد سوال باشد، نباید مصرف شود، مگر آن که دوباره آزمایش شود و کیفیت آن معیارهای انطباق مندرج در بند ۸-۳-۱-۱ را تامین کند.

1- Degreasers

سیمانی که بنابر تشخیص مهندس ناظر تماما یا قسمتی از آن هیدراته شده باشد و یا به هر دلیل معیارهای انطباق (بند ۸-۳-۱-۱) را تامین نکند، قابل مصرف نیست و باید به وسیله پیمانکار در اسرع وقت از کارگاه خارج شود.

سیمانی که به خاطر بی‌دقتی پیمانکار در عملیات حمل، تخلیه و انبار ضایع یا آسیب دیده باشد، همچنین سیمانی که قبل از مصرف هیدراته شده باشد، باید به هزینه پیمانکار به سرعت از کارگاه خارج شود.

۸-۳-۱-٦- حرارت و سن سیمان

حداکثر حرارت مجاز سیمان به هنگام تولید بتن ۶۵ درجه سانتی‌گراد خواهد بود، مگر آن که در شرایط خاصی از طرف مهندس ناظر مجوز صادر شود. هیچ سیمانی که مدت عمر آن از زمان تولید کم‌تر از ۱۰ روز باشد، مصرف نخواهد شد.

سیمان باید به فواصل زمانی معینی تحویل کارگاه شود به‌گونه‌ای که همواره مقدار سیمان ذخیره شده بتواند جبران تاخیرهای احتمالی در تحویل سیمان را بکند. مجموع ظرفیت انبارها باید آن قدر باشد که تکافوی میانگین مقدار سیمان ضروری برای ۱۰ روز کارهای بتنی را بکند.

۸-۳-۱-۷- کنترل کیفیت

کنترل کیفیت سیمان، علاوه بر عملیات کنترل کیفیت که در کارخانه تولید سیمان انجام می‌شود، و پیمانکار باید از صحت آن اطمینان حاصل کرده و در این مورد تایید مهندس ناظر را اخذ کند، شامل آزمایش‌های پذیرش و بازرسی‌های عینی روزانه است. آزمایش‌های پذیرش و معیارهای انطباق به ترتیب در بندهای ۸-۳-۱-۱ و ۸-۳-۱-۳ ذکر شده است. بازرسی‌های عینی باید روزانه توسط مسوول کنترل کیفیت پیمانکار که از قبل کتبا معرفی شده است، انجام وگزارش آنها ارائه شود. این بازرسی‌ها شامل وضعیت سیمان درسیلوها، درحین حمل، درحین توزین، وضعیت سیلوها ، وضعیت وسایل حمل و هر چه که به سیمان مربوط می‌شود، خواهد بود.

در صورت ضرورت، اقدامات اصلاحی باید با سرعت انجام شود. این ضرورت به هنگام تغییر کیفیت سیمان، تغییر در نحوه حمل و انبار سیمان و همچنین عدم انطباق آن با معیارهای انطباق خواهد بود.

۸-۳-۱-۸- ثبت و بایگانی

تمام اطلاعات در باره سیمان ، بازرسی‌های عینی روزانه، نتایج آزمایش‌ها و غیره باید به‌طور خلاصه در فرم‌ها و نمودارهای کنترل کیفی ثبت و بایگانی شده و دسترسی به آنها برای بازرسی‌ها به سهولت میسر باشد.

۸-۳-۱-۹- سیمان پوزولانی

تمام مشخصات مربوط به سیمان‌های پوزولانی (سیمان آمیخته) منطبق بر استاندارد ملی ایران به شماره ۳۴۳۲ منتشره از سوی موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (یا دت ۱۰۳) خواهد بود. سیمان‌های روباره‌ای باید منطبق بر دت ۱۰۲ باشد.

۸-۳-۲- سنگدانه‌ها

سنگدانه‌های مصرفی در بتن ممکن است از مصالح طبیعی حاصل از منابع قرضه رودخانه‌ای یا یخچالی و یا مصالح حاصل از شکستن سنگدانه‌های درشت‌دانه یا سنگ کوهی تامین شود.

طبقه‌بندی سنگدانه‌ها بر اساس اندازه دانه‌ها به شرح زیر خواهد بود:

- ماسه: از ۰ تا ۴/۷۶ میلی‌متر
- شن A: از ۴/۷۶ تا ۹/۵ میلی‌متر
- شن B: از ۹/۵ تا ۱۹ میلی‌متر
- شن C: از ۱۹ تا ۳۸ میلی‌متر
- شن D: از ۳۸ تا ۶۳ میلی‌متر
- شن E: از ۶۳ تا ۱۵۰ میلی‌متر

در دفترچه مشخصات فنی خصوصی و یا بنابر تشخیص مهندس ناظر، در موارد خاص، ممکن است یکی از طبقات یاد شده در بالا، خود تقسیم به دو طبقه با فاصله کم‌تر شود و یا دو طبقه پیاپی از طبقات مزبور به یک طبقه تبدیل شود. اما همواره ماسه و شن جداگانه طبقه‌بندی می‌شوند.

سنگدانه با کیفیت مناسب حاوی دانه‌هایی مقاوم، بادوام، تمیز و دارای شکل و بافت سطحی و دانه‌بندی مطلوب خواهد بود. کیفیت این دانه‌ها نباید با خیس و خشک شدن تغییر کند. همچنین دانه‌ها نباید حاوی موادی باشند که بر آبگیری[1] سیمان تاثیر بگذارد و یا با محصولات آبگیری سیمان وارد واکنش شیمیایی گردد و موجب انبساط درونی در بتن شود.

۸-۳-۲-۱- منابع تامین سنگدانه‌ها

اگرچه در مراحل اول و دوم طرح، منابعی مورد مطالعه قرار گرفته و پیشنهاد می‌شود، اما پیمانکار می‌تواند منبع تامین مصالح سنگی را با تایید مهندس ناظر تغییر دهد. برای کسب این تاییدیه پیمانکار باید مدارک کافی ارائه و نظر مهندس ناظر را در مورد کیفیت رضایت بخش سنگدانه‌ها تامین کند. این مدارک که برای سنگدانه‌های طبیعی و شکسته اندکی متفاوت است، شامل موارد زیر خواهد بود:

- تعیین مشخصات پترولوژی سنگدانه‌ها بر اساس استانداردهای شماره دت[2] ۲۰۵ ایران یا ASTM C295 برای سنگدانه‌های طبیعی و شکسته
- تاییدیه مهندس ناظر در مورد روش پیمانکار برای آتشکاری ، حمل، شکستن، دانه‌بندی و شستن سنگ‌های کوهی و سنگدانه‌های حاصل از آنها که شامل نمودار خط تولید سنگدانه‌ها و کمیت و کیفیت محصول هر یک از سنگ‌شکن‌ها، سرند ها، ماسه‌شوها و ... و همچنین کمیت و کیفیت محصولات نهایی این خط تولید خواهد بود.
- تاییدیه مهندس ناظر در مورد روش پیمانکار برای برداشت، حمل، (احتمالا) شکستن، دانه‌بندی و شستن سنگدانه‌های رودخانه‌ای و سنگدانه‌های حاصل از آنها که شامل نمودار خط تولید سنگدانه‌ها و کمیت و کیفیت محصول هر یک از سنگ‌شکن‌ها، سرند ها، ماسه‌شوها و ... و همچنین کمیت و کیفیت محصولات نهایی این خط تولید خواهد بود.
- مقاومت سنگدانه‌ها بر اساس استاندارد شماره ۶۱۷ ایران یا B.S.812 برای سنگدانه‌های طبیعی و شکسته

1- Hydration

۲- دت (دفتر تحقیقات)

- وزن مخصوص و جذب آب سنگدانه‌های طبیعی و شکسته بر اساس دت۲۱۰ و دت۲۱۱ یـا ASTM C127 و ASTM C128
- سلامت (درصد متلاشی شدن در سولفات‌ها) سنگدانه‌های طبیعی و شکسته بر اساس دت ۲۱۲ یا ASTM C88
- مقاومت سنگدانه‌های طبیعی و شکسته در تناوب‌های یخ بندان بر اساس دت ۲۱۳ یـا ASTM C666، ASTM C682 و AASHTO T103
- وجود رس و ذرات ریزتر از الک شماره ۲۰۰ بر اساس دت ۲۱۸ یا ASTM C117درسنگدانه‌های طبیعی و شکسته
- واکنش‌پـذیری سـنگدانه‌هـای طبیعـی و شکسـته بـر اسـاس دت ۲۰۵، دت ۲۲۶ یـا ASTM C227، ASTM C586، ASTM C1293 و ASTM C1260
- مقاومت فشاری مغزه‌های ماخوذ از معادن سنگ بر اساس استاندارد شماره ۶۱۷ ایران یا ASTM D2938
- وجود ناخالصی‌های آلی بر اساس دت ۲۱۶ یا ASTM C40 و ASTM C87
- درصد سنگدانه‌های پولکی و سوزنی موجود در سنگدانه‌های طبیعی بر اسـاس دت ۲۲۰ یـا CRD-C-119 و CRD-C-120
- کلوخه‌های رسی و دانه‌های شکننده در سنگدانه‌های طبیعی بر اساس دت ۲۲۱ یا ASTM C142
- دانه‌بندی بر اساس دت ۲۰۶ یا ASTM C136
- درصد دانه‌های سبک در سنگدانه‌های طبیعی بر اساس دت ۲۱۹ یا ASTM C123
- چگالی خشک کوبیده بر اساس ASTM C29
- مقاومت سنگدانه‌های طبیعی و شکسته در مقابل سایش بر اساس دت ۲۱۵ یا ASTM C535، ASTM C131
- تامین معیارهای اقتصادی

نمونه‌برداری از سنگدانه‌ها بر اساس دت ۲۰۴ یا ASTM D75 انجام خواهد شد.

۸-۳-۲-۲- مرکز تولید سنگدانه

پیمانکار باید قبل از سفارش یا خرید دستگاه‌هایی که در مرکز تولید سنگدانه به‌کار خواهد گرفت، موارد زیر را برای بررسی و تایید مهندس ناظر ارائه کند:

- نمودار خط تولید، شامل موقعیت دستگاه‌ها (سرند ها، سنگ‌شکن‌ها، نقاله‌ها، ماسه شوها و غیـره) و محـل‌هـای تولیـد. ارائـه مشخصات دستگاه‌های مختلف درخط تولید (مانند نوع، اندازه، ظرفیت، قدرت و غیره) نیز، به همراه این نمودار الزامی است.
- روش حمل مصالح به مرکز تولید سنگدانه و محصولات آن تا محل انباشت‌ها
- مقدار تولید هر یک از طبقات مختلف سنگدانه‌ها که در ابتدای بند ۸-۳-۲ ذکر شد.
- نحوه کنترل و دفع غبار
- نحوه کنترل و دفع پس‌آب مرکز تولید سنگدانه

به هر حال تاییدیه مهندس ناظر رافع مسوولیت پیمانکار برای تولید سنگدانه با کیفیات مندرج در این دفترچه مشخصات نخواهد بود.

۸-۳-۲-۳- حمل و انبار کردن سنگدانه‌ها

روش حمل و انبارکردن سنگدانه‌ها باید به ترتیبی اتخاذ شود که موارد زیر تامین گردد:

- جدا نشدن دانه‌ها و حفظ یکنواختی دانه‌بندی
- عدم آلودگی دانه‌ها به مواد مضر
- حمل نشدن ذرات ریز خشک به وسیله باد
- مخلوط نشدن طبقات مختلف سنگدانه با انباشت یا انبار کردن در سیلوهای متفاوت
- گرم نشدن بیش از حد دانه‌ها
- یخ نزدن سنگدانه‌ها

در انبار کردن سنگدانه‌ها تمهیدات زیر باید در نظر گرفته شوند:

- ۳ محل مختلف انباشت باید برای ماسه مرطوب، ماسه درحال زهکشی و ماسه با رطوبت پایدار در نظر گرفته شود. ماسه درحالت با رطوبت پایدار، آماده مصرف دربتن است. مرحله زهکشی حداقل ۲۴ ساعت خواهد بود.
- دیوارهای جداکننده انباشت سنگدانه‌های طبقات متفاوت از یکدیگر.
- در صورت انبار کردن سنگدانه‌ها در سیلو، این سیلوها باید مدور یا چهارگوش باشند. شیب قسمت پایینی آنها در هر طرف، نسبت به مرکز خروجی، باید بیش‌تر از ۵۰ درجه نسبت به افق باشد. دانه‌ها باید به‌صورت قائم و روی قسمت خروجی سیلوها ریخته شوند.
- نصب نردبان سنگدانه برای سنگدانه‌های بزرگ‌تر از ۳۸ میلی‌متر که از تسمه نقاله ریخته می‌شود، برای جلوگیری از شکستن دانه‌ها.
- نصب سایبان برای تمام محل‌های انباشت و سیلوها که مصالح برای بیش‌تر از ۳ ساعت در آنها انبار می‌شود، به ویژه در هوای گرم، ضروری است.

اگر چه روش‌های حمل و انبار کردن سنگدانه‌ها به تایید مهندس ناظر خواهد رسید، اما این تاییدیه از مسوولیت پیمانکار برای حفظ کیفیت مناسب سنگدانه‌ها براساس این مشخصات نمی‌کاهد.

۸-۳-۲-٤- تضمین کیفیت سنگدانه‌ها

سامانه تضمین کیفیت سنگدانه‌ها شامل سامانه‌های کنترل کیفیت و پذیرش کیفیت خواهد بود.

۸-۳-۲-٤-۱- کنترل کیفیت

کنترل کیفیت عبارت است از مشاهده و تنظیم مراحل تولید سنگدانه‌ها به‌گونه‌ای که محصولی با کیفیت ثابت (بدون تغییر کیفی در طول زمان) که همواره معیارهای انطباق مندرج در این دفترچه مشخصات را تامین می‌کند، تولید شود. پس از انتخاب منبع قرضه، عملیات کنترل کیفی در مورد خواص سنگدانه‌های تولید شده به کار گرفته خواهد شد. پارامترهای کنترل کیفی ممکن است برحسب تشخیص مهندس ناظر تغییر کند. خواصی که مورد کنترل کیفی قرار خواهند گرفت، غالبا شامل دانه‌بندی، مقدار رطوبت، شکل

دانه‌ها و تمیزی آنها است، اگر چه به‌صورت دوره‌ای، خواص دیگر سنگدانه‌ها مانند ترکیب کانی‌های آنها، مقدار یون کلرور، وزن مخصوص و جذب آب، مقاومت سایشی و مقدار مواد مضر نیز، برای کنترل تغییرات در کیفیت منبع قرضه، مورد کنترل قرار خواهند گرفت. عملیات کنترل کیفیت سنگدانه‌ها شامل بازرسی دائمی منبع، مرکز تولید سنگدانه‌ها و روش حمل و انبار کردن آنها، نمونه‌گیری و آزمایش محصول از نقاط مختلف تولید و حمل به طور منظم، و اقدام عاجل و موثر در مواقع ضروری خواهد بود. بنابراین بازرسی‌ها و آزمایش‌ها باید دارای تناوب مناسب باشد تا بتوان به‌موقع از تغییرات کیفی جلوگیری کرد. تغییراتی که درنتایج آزمایش‌ها نسبت به نتایج آزمایش‌های قبلی روی دهد، نشانه تغییری در کیفیت منبع قرضه، یا شرایط تولید، حمل یا انبارکردن است که ضرورت بازرسی‌ها واقدام فوری را نشان می‌دهد. آزمایش‌های کنترل کیفیت به شرح مندرج در جدول (۸-۴) انجام خواهند شد:

جدول ۸-٤- آزمایش‌های کنترل کیفیت

آزمایش	روش آزمایش (یا معادل آن در آبا)	تناوب ضروری
نمونه‌های ماخوذ از مرکز تولید سنگدانه:		
شن (هر یک از طبقات):		
دانه‌بندی	ASTM C136	روزی یک بار
تمیزی	ASTM C117	روزی یک بار
پولکی و سوزنی	CRD-C119	هفته‌ای یک بار
مقدار دانه‌های شکسته	شمارش دانه‌ها	ماهی دوبار
ماسه (هر یک از طبقات)		
دانه‌بندی	ASTM C136	روزی دوبار
تمیزی	ASTM C117	روزی دوبار
هم ارز ماسه	ASTM D2419	هفته‌ای یک بار
ناخالصی‌های آلی	ASTM C40	ماهی دوبار
پولکی و سوزنی	CRD-C120	هفته‌ای یک بار
نمونه‌های مأخود از محل دستگاه پیمانه‌کن (بچینگ):		
شن (هر یک از طبقات):	ASTM C566	روزی یک بار
مقدار رطوبت		
ماسه (هر یک از طبقات):	ASTM C566	به تعداد ضروری
مقدار رطوبت		

۸-۳-۲-٤-۲- پذیرش کیفیت

آزمایش‌های پذیرش بر روی نمونه‌هایی انجام خواهد شد که روزانه یا در هر نوبت کاری از تولید سنگدانه اخذ می‌شوند تا انطباق سنگدانه‌ها با معیارهای انطباق بررسی شود. در صورتی‌که سنگدانه از خارج از کارگاه خریداری می‌شود، آزمایش‌های پذیرش ممکن است بر نمونه‌ای انجام شود که از انباشت سنگدانه‌ها در محل تولید یا محل مصرف و یا هرنقطه دیگری که مهندس ناظر تشخیص دهد، اخذ شده است. آزمایش‌های پذیرش به شرح مندرج در جدول (۸-۵) انجام خواهد شد.

جدول ۸-۵- آزمایش‌های پذیرش کیفیت

آزمایش	روش آزمایش (یا معادل آن در آبا)	تناوب ضروری
شن (هر یک از طبقات):		
دانه‌بندی	ASTM C136	روزی یک بار
تمیزی	ASTM C117	روزی یک بار
پولکی و سوزنی	CRD-C119	هفته‌ای یک بار
مقاومت سایشی	ASTM C131 یا ASTM C535	هر ۶ ماه یک بار
دانه‌های سبک	ASTM C123	ماهی یک بار
سلامت	ASTM C88	ماهی یک بار
مقاومت در تناوب‌های یخ بندان	ASTM C682	هر شش ماه یکبار
کلوخه‌های رسی و دانه‌های شکننده	ASTM C142	ماهی یک بار
واکنش‌پذیری سنگدانه‌ها	ASTM C295 ASTM C586 ASTM C1293 ASTM C1260 ASTM C1293	برحسب تشخیص مهندس ناظر
جذب آب و چگالی	ASTM C127	ماهی یک بار
ماسه (هر یک از طبقات)		
دانه‌بندی	ASTM C136	روزی دوبار
تمیزی	ASTM C117	روزی دوبار
هم ارز ماسه	ASTM D2419	هفته‌ای یک بار
ناخالصی‌های آلی	ASTM C40	ماهی دوبار
ضریب ریزدانگی	ASTM C125	روزی دوبار
جذب آب و چگالی	ASTM C128	ماهی یک بار
دانه‌های پولکی و سوزنی	CRD-C120	هفته‌ای یک بار
سلامت	ASTM C88	هر ۶ ماه یک بار
کلوخه‌های رسی و دانه‌های شکننده	CRD-C141	ماهی یک بار
واکنش‌پذیری	ASTM C295 ASTM C586 ASTM C1293 ASTM C1260 ASTM C1293	برحسب تشخیص مهندس ناظر
دانه‌های سبک	ASTM C123	ماهی یک بار

۸-۳-۲-٤-۳- نمونه‌برداری‌ها

تمام نمونه‌برداری‌ها (اعم از این که برای آزمایش‌های کنترل کیفی باشد یا برای آزمایش‌های پذیرش کیفیت) بر اساس روش دت ۲۰۴ یا ASTM D75 انجام خواهد شد. نتایج آزمایش‌های کنترل کیفی را می‌توان برای سامانه پذیرش کیفیت و همچنین نتایج آزمایش‌های پذیرش کیفیت را می‌توان در آنالیزهای کنترل کیفیت به‌کار گرفت.

۸-۳-۲-٤-٤- ارزیابی نتایج آزمایش‌ها

برای ارزیابی نتایج آزمایش‌ها، پیمانکار باید از روش‌های آماری مندرج در فصل ۲ استاندارد ACI- 311استفاده کند. نتایج این ارزیابی‌های آماری باید در گزارش‌های ماهانه پیمانکار گنجانده شود.

۸-۳-۲-٤-۵- بازرسی‌های عینی منظم

بازرسی‌های عینی که برای تشخیص شرایط موثر بر عملیات تولید سنگدانه‌ها وکیفیت محصول این عملیات انجام می‌شود، باید روزانه توسط مسوول مرکز تولید سنگدانه و مسوول کنترل کیفیت که از سوی پیمانکار کتبا معرفی شده است، انجام و در گزارش روزانه ثبت شود. گزارش‌های روزانه باید تغییرات در روند عملیات وکیفیت محصول و همچنین تجهیزاتی که نیازمند تعمیر یا تعویض هستند را مشخص کند. مواردی که در این بازرسی‌ها کنترل خواهد شد، عبارتند از:

- آلودگی قرضه مصالح به مواد آلی، رس و یا سایر مواد مضر
- عمق هوازدگی سنگ قرضه
- محدوده سنگ‌های نرم، شکننده و با کیفیت نامناسب
- عدسی‌های ریز و درشت
- شکل و اندازه سنگ‌های معدن
- روش‌های برداشت و اختلاط سنگدانه‌های متفاوت
- انباشت مصالحی که خورند[1] مرکز تولید هستند به لحاظ یکسانی، جدایش و آلودگی
- روش و مقدار تغذیه مواد اولیه به سامانه تولید
- مقدار تغذیه سنگ‌شکن‌ها و توزیع محصول
- شرایط و عملکرد سنگ‌شکن‌ها
- مقدار رطوبت مواد اولیه
- کارایی و عملکرد سرندها
- اندازه سرندها
- سرندهای پاره، سوراخ یا گرفته
- فشار آب دوش سرندها و چگونگی توزیع آب بر روی سرندها
- تجهیزات دانه‌بندی و شستشوی ماسه و مقدار تغذیه این تجهیزات
- شوت‌ها و سامانه دفع مازاد
- نقاط انتقال سنگدانه‌ها
- سامانه پاک‌کننده تسمه نقاله‌ها
- نقاله‌های انباشت
- انباشت محصولات وخواص آنها مانند دانه‌بندی، تمیزی، آلودگی، جدایش و وضعیت رطوبتی
- مقدار تولید

1- Feed

- وضعیت عمومی نگهداری
- وضعیت حمل و انبار کردن سنگدانه
- و سایر مواردی که بر کیفیت نهایی سنگدانه‌ها و کمیت تولید آنها موثرند

مهندس ناظر می‌تواند هرگاه که تشخیص می‌دهد، برای اخذ نمونه‌هایی ازسنگدانه‌ها جهت انجام آزمایش‌های مورد نظر خود، دستورالعمل بدهد. درچنین مواردی پیمانکار باید برای انجام این دستورالعمل‌ها همکاری کند.

۸-۳-۲-٤-٦- معیارهای تطابق سنگدانه‌ها با مشخصات (معیارهای انطباق)

نتایج آزمایش‌هایی که بر نمونه‌های سنگدانه‌ها انجام می‌شوند، باید بیانگر تطابق خواص سنگدانه‌ها با معیارهایی باشد که شرح آنها در زیر ارائه شده است.

در تمام آزمایش‌های پذیرش، یک آزمایش از پنج آزمایش می‌تواند نتیجه‌ای داشته باشد که منطبق بر معیارهای انطباق نباشد.

۸-۳-۲-٤-۷- دانه‌بندی (دت ۲۰٦ یا ASTM C136)

دانه‌بندی ماسه ترجیحا باید منطبق بر مشخصات یکی از استانداردها باشد. استاندارد ASTM C33 دانه‌بندی مندرج در جدول (۸-۶) را توصیه می‌کند.

جدول ۸-٦- دانه‌بندی ماسه بر اساس ASTM C33

اندازه الک‌های استاندارد (mm)	# ۲۰۰ (۰/۰ ۷۵)	# ۱۰۰ (۰/۱۵)	# ۵۰ (۰/۳)	# ۳۰ (۰/٦)	# ۱٦ (۱/۲)	# ۸ (۲/٤)	# ۸ (٤/۷٦)	۳/۸ اینچ (۹/۵)
درصد وزنی رد شده انباشته	۰–۳	۰–۱۰	۵–۳۰	۲۵–۶۰	۵۰–۸۵	۸۰–۱۰۰	۹۵–۱۰۰	۱۰۰

در محدوده دانه‌بندی فوق‌الذکر برای ماسه، در صورتی‌که ازماسه شکسته استفاده شود، درصد ردشده از الک استاندارد شماره ۱۰۰ می‌تواند تا ۲۰ درصد و درصد ردشده از الک شماره ۲۰۰ تا ۷ درصد افزایش یابد. درصورتی‌که از مخلوط ماسه شکسته با ماسه طبیعی استفاده شود، درصد مجاز ردشده از الک‌های شماره ۱۰۰ و ۲۰۰ بر اساس نسبت اختلاط این دو نوع ماسه تعیین خواهد شد.

اگر ماسه منطبق برمحدوده دانه‌بندی مندرج در جدول (۸-۶) باشد، ضریب ریزدانگی آن باید بین ۲/۳ تا ۳/۱ باشد. به هر حال ضریب ریزدانگی ماسه در روند تولید نباید بیش‌تر از ۰/۲ ± نسبت به میانگین حاصل از آزمایش‌ها تغییر کند.

دانه‌بندی هر یک ازطبقات شن به شرح مندرج در جدول (۸-۷) خواهد بود.

جدول ۸-۷- دانه‌بندی هر یک از طبقات شن به طور جداگانه

اندازه الک‌های استاندارد(mm)		(۱۵۰)	(٦۳/۵)	(۳۸)	(۲۵)	(۱۹)	(۹/۵)	(٤/۷٦)	(۲/٤)
درصد وزنی رد شده	شن A	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۸۵–۱۰۰	۱۰–۳۰	۰–۱۰
	شن B	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۰–۱۰۰	۰–۱۵	۰–۱۰	۰–۵
	شن C	۱۰۰	۱۰۰	۹۰–۱۰۰	۲۰–۵۵	۰–۱۰	۰–۵	–	–
	شن D	۱۰۰	۹۰–۱۰۰	۰–۱۵	–	۰–۵	–	–	–
	شن E	به بند ۸-۱۲- بتن حجیم مراجعه شود							

دانه‌بندی مخلوط طبقات شن، با توجه به قطر بزرگ‌ترین دانه، باید منطبق بر محدوده‌های مجاز دانه‌بندی مندرج در جدول (۸-۸) باشد.

جدول ۸-۸- دانه‌بندی مخلوط طبقات شن

	اندازه الک‌های استاندارد(mm)	(۱۵۰)	(۶۳/۵)	(۳۸)	(۲۵)	(۱۹)	(۹/۵)	(۴/۷۶)	(۲/۴)
درصد وزنی رد شده	شن ۱۵۰ تا ۴/۷۶ میلی‌متر	به بند ۸-۱۲ مراجعه شود							
	شن ۶۳/۵ تا ۴/۷۶ میلی‌متر	۱۰۰	۹۵-۱۰۰	۶۰-۸۵	۴۰-۷۰	۱۰-۳۰	۰-۱۰	۰-۵	-
	شن ۳۸ تا ۴/۷۶ میلی‌متر	۱۰۰	۱۰۰	۹۵-۱۰۰	۶۰-۸۵	۳۵-۷۰	۱۰-۳۰	۰-۵	-
	شن ۱۹ تا ۴/۷۶ میلی‌متر	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۲۰-۵۵	۰-۱۰	۰-۵
	شن ۹/۵ تا ۴/۷۶ میلی‌متر	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۸۵-۱۰۰	۰-۲۰	۰-۵

درصورتی‌که درصد اختلاط طبقات مختلف شن به‌گونه‌ای باشد که الزامات مندرج در جدول (۸-۸) تامین شود، پیمانکار، با تایید مهندس ناظر، می‌تواند از شنهایی استفاده کند که دانه‌بندی آنها با الزامات مندرج در جدول (۸-۷) انطباق ندارد.

دانه‌بندی مخلوط مصالح سنگی (شن و ماسه) باید منطبق بر مندرجات جدول (۸-۹) باشد

درصورتی‌که ثابت شود شکل، دانه‌بندی و بافت سطحی دانه‌ها به‌گونه‌ای است که با استفاده از مخلوط‌هایی با دانه‌بندی متفاوت نسبت به مندرجات جدول (۸-۹) می‌توان مخلوط‌های بتن با مقاومت بیش‌تر، نفوذپذیری کم‌تر و کارایی بهتر تولید کرد، مهندس ناظر می‌تواند دانه‌بندی مذکور را به جای مندرجات جدول (۸-۹) مشخص کرده و عملیات کنترل و پذیرش کیفیت از آن پس نسبت به دانه‌بندی جدید اعمال خواهد شد.

جدول ۸-۹- دانه‌بندی مخلوط مصالح سنگی

	اندازه الک‌های استاندارد (mm)	(۷۵)	(۶۳/۵)	(۳۸)	(۱۹)	(۴/۷۶)	(۰/۶)	(۰/۱۵)
درصد وزنی ردشده	مخلوط صفر تا ۱۹ میلی‌متر	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۵-۱۰۰	۳۰-۵۰	۱۰-۳۵	۰-۶
	مخلوط صفر تا ۳۸ میلی‌متر	۱۰۰	۱۰۰	۹۵-۱۰۰	۴۵-۷۵	۲۵-۴۵	۸-۳۰	۰-۶
	مخلوط صفر تا ۶۳/۵ میلی‌متر	۱۰۰	۹۵-۱۰۰	۶۰-۸۵	۴۰-۷۰	۲۰-۴۰	۵-۲۵	۰-۶

۸-۳-۲-۴-۸- دانه‌های پولکی و سوزنی (دت ۲۲۰ یا CRD- C-120 , CRD-C-119)

مجموعه دانه‌های پولکی و سوزنی، در هر اندازه، نباید بیش‌تراز ۱۵ درصد وزنی کل دانه‌ها باشد. دانه سوزنی دانه‌ای است که نسبت طول به عرض آن بیش‌تر از ۳، و دانه پولکی دانه‌ای است که نسبت عرض به ضخامت آن بیش‌تر از ۳ باشد.

۸-۳-۲-۴-۹- دانه‌های سست و کلوخه‌های رسی (دت ۲۲۱ یا ASTM C142)

مجموع وزن کلوخه‌های رسی و دانه‌های سست نباید از یک درصد وزنی شن بیش‌تر باشد. همچنین در ماسه نیز این مقدار نباید از دو درصد تجاوز نماید.

۸-۳-۲-۴-۱۰- دانه‌های سبک (دت ۲۱۹ یا ASTM C123)

مقدار دانه‌های سبک در هر یک از طبقات شن و ماسه نباید بیش‌تر از ۰/۵ درصد وزنی باشد.

۸-۳-۲-٤-۱۱- تمیزی (دت ۲۱۸ یا ASTM C117)

مقدار رد شده از الک شماره ۲۰۰ برای ماسه حداکثر ۳ درصد و برای شن حداکثر یک درصد خواهد بود. در صورتی‌که ماسه مصرفی از نوع شکسته باشد، می‌توان حداکثر مجاز رد شده از الک شماره ۲۰۰ را تا ۷ درصد افزایش داد.

۸-۳-۲-٤-۱۲- سلامت (دت ۲۱۲ یا ASTM C88)

مقاوت شن در برابر خوردگی باید چنان باشد که پس از پنج نوبت آزمایش با محلول سولفات سدیم، کم‌تر از ده درصد افت وزنی داشته باشد. در مورد ماسه، افت وزنی مانده بر الک شماره ۵۰ نباید پس از پنج نوبت آزمایش بیش‌تر از ۸ درصد باشد.

۸-۳-۲-٤-۱۳- مجموع مواد مضر

سایر مواد مضر (به جز کلوخه‌های رسی، دانه‌های سست، ناخالصی‌های آلی، دانه‌های شکننده و دانه‌های سبک) حداکثر تا یک درصد برای شن و ۲ درصدبرای ماسه مجاز است.

مجموع مواد مضر برای شن حداکثر ۳ درصد وزنی و برای ماسه حداکثر ۵ درصد وزنی مجاز خواهد بود.

۸-۳-۲-٤-۱٤- جذب آب و وزن مخصوص(دت۲۱۰ و دت۲۱۱ یا ASTM C128, ASTM C127)

سنگدانه‌های اشباع با سطح خشک (SSD) باید دارای وزن مخصوصی بیش‌تر از ۲/۶ باشد. جذب آب شن حداکثر ۴ درصد و جذب آب ماسه حداکثر۲ درصد مجاز خواهد بود.

۸-۳-۲-٤-۱۵- مقاومت سایشی (دت ۲۱۵ یا ASTM C131, ASTM C 535)

مقاومت سنگدانه‌ها، در آزمایش با دستگاه لوس‌آنجلس، در مقابل سایش باید چنان باشد که حداکثر افت وزنی آنها در آزمایش با ۱۰۰ دور، ده درصد و در آزمایش با ۵۰۰ دور، سی و پنج درصد باشد.

۸-۳-۲-٤-۱٦- ناخالصی‌های آلی (دت ۲۱٦ یا ASTM C40)

اگر مقدار ناخالصی‌های آلی درماسه چنان باشد که موجب رنگی تیره تر از آن چه در استاندارد ASTM C40 مشخص گردیده، بشود، چنین ماسه ای پذیرفته نخواهد شد.

۸-۳-۲-٤-۱۷- واکنش‌پذیری (دت ۲۲٦ و دت ۲۰۵ یا ASTM C1293 , ASTM C586 , ASTM C227 و ASTM C1293)

در آزمایش‌های تعیین واکنش‌پذیری سنگدانه‌ها باید ثابت شود که سنگدانه مورد آزمایش استعداد شرکت در واکنش‌های شیمیایی با قلیایی‌های سیمان را ندارد.

۸-۳-۲-۵- ثبت و بایگانی

ثبت و بایگانی اطلاعات مربوط به سنگدانه‌ها باید به‌گونه‌ای باشد که دسترسی و درک آنها به سهولت میسر باشد. فرم‌های خلاصه گزارش و نمودارهای کنترل کیفی ارجح هستند. آزمایش‌های کنترل کیفی فقط باید با روش‌های آماری تجزیه و تحلیل شود. مثلا از روش «میانگین متحرک ده تایی» می‌توان استفاده کرد. به هر حال روش‌های آماری کنترل کیفیت باید منطبق بر ACI 311- 1R باشد. نمودارها و فرم‌های ثبت اطلاعات نیز بهتر است از همین مرجع اخذ شود.

۸-۳-۳- آب

مشخصات آب مورد مصرف در مخلوط‌های بتن، شستشوی سنگدانه‌ها و عملیات عمل‌آوری و نگهداری بتن به شرح زیر خواهد بود:

- باید تازه و تمیز باشد و از فضولات فاضلاب‌های شهری و صنعتی، روغن، اسید، نمک، شکر، مواد قلیایی، خزه‌ها، لای، مواد آلی و دیگر مواد مضر عاری باشد.
- کلرورهای موجود در آب در آزمایش دت ۳۰۶ یا ASTM D512 باید کم‌تر از ۵۰۰ قسمت در میلیون باشد.
- حداکثر مقدار سولفات‌ها در آب در آزمایش دت ۳۰۷ یا ASTM D516 باید کم‌تر از ۳۰۰۰ قسمت در میلیون باشد.
- در آزمایش دت ۳۰۵ حداکثر مواد محلول ۱۰۰۰ قسمت در میلیون و حداکثر ذرات جامد معلق ۱۰۰۰ قسمت در میلیون مجاز خواهد بود.
- در صورتی‌که آب موردنظر آشامیدنی نباشد، باید علاوه بر موارد فوق، دوشرط زیر را تامین کند: اول، ملاتی که با این آب ساخته می‌شود بر اساس دت ۱۱۹ باید حداقل ۹۰٪ مقاومت ملات مشابهی را داشته باشد که با آب آشامیدنی ساخته شده باشد، ودوم، در آزمایش دت ۱۱۳ یا ASTM C191 ملاتی که بااین آب ساخته می‌شود، باید زمان گیرش اولیه و نهایی مندرج در جدول (۸-۱) را تامین کند. سلامت ملات سیمان ساخته شده با چنین آبی بر اساس دت ۱۲۳ با همان معیار مربوط به سلامت سیمان ساخته شده با آب معمولی سنجیده می‌شود.
- قلیایی‌های موجود در آب در آزمایش دت ۳۰۴ یا ASTM D 516 باید حداکثر ۶۰۰ قسمت در میلیون باشد.
- از آب دریا مطلقا نباید استفاده کرد.

برای حصول اطمینان از کیفیت آب مورد مصرف هر ۶ هفته یک بار باید نمونه‌های آب مورد آزمایش قرار گیرد.

۸-۳-٤- مواد پوزولانی

مواد پوزولانی موادی است که برای بهبود بعضی خواص بتن مانند دوام در مخلوط‌های بتن جایگزین بخشی از سیمان مخلوط می‌شود. اگر در طراحی‌های مخلوط، این جایگزینی در نظر گرفته شود، مشخصات مواد پوزولانی مورد مصرف باید منطبق بر موارد زیر باشد:

۸-۳-٤-۱- انواع مواد پوزولانی

نوع N: پوزولان های طبیعی خام یا تکلیس شده شامل خاک‌های دیاتومه‌ای، چرت‌های اوپالینی و شیل‌ها، توف‌ها و خاکسترها یا سنگ‌پاهای آتشفشانی و همچنین مواد دیگری که پس از تکلیس، خواص قابل قبولی به عنوان پوزولان خواهد داشت، مانند بعضی از رس‌ها و شیل‌ها.

نوع F: خاکستر بادی که از سوختن ذغال سنگ قیری یا خشک حاصل شود.

نوع C: خاکستر بادی که از لیگنیت یا ذغال سنگ‌های کم عیار حاصل شده و علاوه بر خواص پوزولانی دارای مقداری خاصیت سیمانی است و ممکن است تا بیش‌تر از ده درصد آهک داشته باشد.

دوده سیلیسی: پوزولان مصنوعی بسیار فعال و محصول فرعی کوره‌های الکتریکی در جریان تولید سیلیسیم یا آلیاژهای آن به ویژه فروسیلیس است. خواص این ماده پوزولانی که تفاوت اساسی با سایر پوزولان‌ها دارد باید منطبق بر دت ۴۰۹ باشد.

۸-۳-٤-۲- بسته‌بندی و انبار کردن

اگر مواد پوزولانی در بسته‌بندی تحویل کارگاه می‌شود، باید نام محصول، نوع، وزن و نام تولیدکننده مصالح بر روی بسته‌بندی‌ها درج شده باشد. همین اطلاعات باید بر روی بارنامه مواد به هنگام تحویل مواد به کارگاه، به مهندس ناظر ارائه شود. انبارکردن مواد پوزولانی باید به همان صورتی باشد که در مورد سیمان عمل می‌شود.

۸-۳-٤-۳- تضمین کیفیت

تضمین کیفیت مواد پوزولانی علاوه بر این که از طریق کسب مدرک رسمی تولید کننده درمورد کیفیت محصول توسط پیمانکار و ارائه آن به مهندس ناظر انجام می‌شود، شامل نمونه‌گیری، آزمایش و کسب اطمینان از انطباق خواص پوزولان‌ها با معیارهای انطباق مندرج در این دفترچه مشخصات و بازرسی‌های عینی خواهد بود.

۸-۳-٤-٤- معیارهای انطباق

۸-۳-٤-٤-۱- خواص شیمیایی

خواص شیمیایی مواد پوزولانی (به جز دوده سیلیسی) باید منطبق بر الزامات مندرج درجدول (۸-۱۰) باشد.

جدول ۸-۱۰- خواص شیمیایی مواد پوزولانی (درصدوزنی)

	نوع ماده پوزولانی		
	N	F	C
حداقل مجاز مجموع درصدهای دی اکسید سیلیکون (SiO_2) اکسید آلومینیوم (Al_2O_3) و اکسید آهن (Fe_2O_3)	۷۰	۷۰	۵۰
حداکثر درصد مجاز تری اکسید گوگرد (SO_3)	۴	۵	۵
حداکثر مجاز درصد رطوبت	۳	۳	۳
حداکثر درصد مجاز کاهش وزن در حرارت	۱۰	۶	۶
حداکثر درصد قلیایی‌های محلول (Na_2O)	۱/۵	۱/۵	۱/۵

روش‌های آزمایش‌های مندرج در این جدول مبتنی بر دت ۳۰۴ یا ASTM C618 خواهد بود.

۸-۳-٤-٤-۲- خواص فیزیکی

خواص فیزیکی مواد پوزولانی (به جز دوده سیلیسی) باید منطبق برمندرجات جدول (۸-۱۱) باشد.

جدول ۸-۱۱- خواص فیزیکی مواد پوزولانی (درصدوزنی)

نوع ماده پوزولانی			
	N	F	C
ریزدانگی: حداکثر مانده بر الک شماره ۳۲۵(۴۵μm)در آزمایش دانه‌بندی به روش خیس	۳۴٪	۳۴٪	۳۴٪
شاخص مقاومتی: حداقل درصد کنترل باسیمان پرتلند پس از ۷ روز	۷۵	۷۵	۷۵
حداقل درصد کنترل با سیمان پرتلند پس از ۲۸ روز	۷۵	۷۵	۷۵
حداکثر درصد آب ضروری نسبت به کنترل	۱۱۵	۱۰۵	۱۰۵
سلامت: حداکثر درصد انبساط اتوکلاو	۰/۸	۰/۸	۰/۸
الزامات همگنی: چگالی و ریز دانگی هر نمونه به تنهایی نباید نسبت به میانگین نتایج آخرین ده آزمایش انجام شده یا مقدار اعلام شده توسط تولید کننده (و یا میانگین تمام نتایج هنگامی که تعداد آزمایش‌های انجام شده کم‌تر از ده آزمایش باشد)، بیش‌تر از مقادیر زیر اختلاف داشته باشد: حداکثر اختلاف چگالی نسبت به میانگین حداکثر اختلاف مانده بر الک شماره ۳۲۵ (۴۵μm)نسبت به میانگین	۵٪ ۵٪	۵٪ ۵٪	۵٪ ۵٪

روش‌های آزمایش‌های مندرج در این جدول مبتنی بر دت ۳۰۴ یا ASTM C618 خواهد بود.

درصورت تشخیص مهندس ناظر باید خواص تکمیلی فیزیکی مواد پوزولانی (به جز دوده سیلیسی) آزمایش و کنترل شود، تا اطمینان حاصل شود که ماده پوزولانی با الزامات مندرج در جدول (۸-۱۲) انطباق دارد.

جدول ۸-۱۲- خواص تکمیلی فیزیکی

نوع ماده پوزولانی			
	N	F	C
«ضریب مضاعف» که برحسب محصول افت وزنی در حرارت و ریزدانگی در آزمایش دانه‌بندی به روش خیس محاسبه می‌شود. حداکثر درصد مجاز مانده بر الک شماره ۳۲۵ (۴۵μm)	–	۲۵۵	–
حداکثر افزایش جمع شدگی ناشی از خشک شدن نسبت به میله‌های ملاتی ساخته شده از مخلوط کنترل، پس از ۲۸ روز	–	۲۵۵	–
«الزامات همگنی»: مقدار افزودنی حباب‌سازی لازم برای تولید ۱۸ درصد حباب هوا در ملات نسبت به مقدار مصرف شده در ملات کنترل نباید بیش‌تر از ۲۰ درصد اختلاف داشته باشد.			
واکنش‌پذیری با قلیایی‌های سیمان : حداکثر کاهش انبساط ملات پس از ۱۴ روز حداکثر انبساط پس از ۱۴ روز	۷۵٪ ۰/۰ ۲٪	۰/۰ ۲٪	۰/۰ ۲٪

روش‌های آزمایش‌های مندرج در این جدول مبتنی بر دت ۳۰۴ یا ASTM C618 خواهد بود.

۸-۳-٤-۵- آزمایش‌ها

روش‌های نمونه‌گیری و آزمایش مواد پوزولانی باید منطبق بر استاندارد ASTM C311 باشد.

۸-۳-٤-٦- بازرسی‌های عینی

مواد پوزولانی باید به‌گونه‌ای انبار شود که دسترسی به آنها برای بازرسی‌ها به سهولت میسر باشد. تمام امکانات برای اخذ نمونه‌ها و انجام بازرسی‌ها در محل تولید، انبارفروشنده و یا کارگاه باید توسط پیمانکار فراهم شود.

۸-۳-٤-۷- عدم مطابقت با معیارهای انطباق

اگر ماده پوزولانی هر یک از خواص مندرج در این مشخصات را تامین نکند، باید به سرعت از کارگاه بیرون برده شود. پاکت‌هایی که بیش‌تر از ٪۵ نسبت به وزن نوشته شده بر پاکت اختلاف داشته باشد، مرجوع خواهد شد. اگر میانگین وزن ۵۰ پاکت از یک محموله، بیش‌تر از ۵ درصد اختلاف نسبت به وزن نوشته شده بر پاکت‌ها داشته باشد، تمام محموله مرجوع خواهد شد.

در صورتی‌که بیش‌تر از ۶ ماه از آخرین آزمایش‌های انجام شده بر مواد پوزولانی انبار شده گذشته باشد، این مواد قبل از استفاده در بتن باید دوباره مورد آزمایش قرار گیرد.

۸-۳-۵- افزودنی های شیمیایی

۸-۳-۵-۱- انواع افزودنی های شیمیایی

افزودنی‌های شیمیایی در یکی از طبقات زیر رده‌بندی می‌شود:

نوع A – افزودنی کاهنده آب

نوع B – افزودنی کندگیر کننده

نوع C – افزودنی تندگیر کننده

نوع D – افزودنی کاهنده آب و کندگیرکننده

نوع E – افزودنی کاهنده آب و تندگیر کننده

نوع F – افزودنی فوق روان کننده

نوع G – افزودنی فوق روان کننده و کندگیر کننده

۸-۳-۵-۲- بسته‌بندی

بر روی بسته‌بندی افزودنی های شیمیایی، اعم از پاکت (برای افزودنی‌های جامد)، ظروف پلاستیکی یا شیشه‌ای (برای افزودنی‌های مایع)، باید نام تولید کننده، نام محصول، نوع افزودنی بر اساس رده‌بندی مندرج در بند ۸-۳-۵-۱ و وزن یا حجم خالص افزودنی به روشنی درج شده باشد. همین اطلاعات با ذکر چگونگی بسته‌بندی محصول (فله، پاکتی و غیره) باید در بارنامه هر محموله افزودنی قید شده باشد.

۸-۳-۵-۳- انبار کردن

افزودنی‌های شیمیایی باید در ساختمانی مناسب که به خوبی آب‌بندی شده باشد و افزودنی‌ها را از یخزدگی و رطوبت محافظت کند، انبار شود. نحوه انبار کردن افزودنی‌ها به‌گونه‌ای خواهد بود که دسترسی به آنها برای بازرسی‌ها به سهولت میسر باشد.

۸-۳-۵-٤- تضمین کیفیت

تضمین کیفیت افزودنی‌های شیمیایی شامل نمونه‌گیری، آزمایش‌های اولیه، آزمایش‌های مکمل (برای کنترل کیفیت)، آزمایش‌های همگنی و هم‌ارزی (بنابر تشخیص مهندس ناظر) و اندازه‌گیری، تطابق با الزامات است.

۸-۳-۵-۵- نمونه‌برداری‌ها

تمام امکانات ضروری برای نمونه‌برداری‌ها، چه در محل تولید و چه در محل کارگاه باید توسط پیمانکار فراهم شود. هرگاه مهندس ناظر لازم بداند، نمونه‌برداری صورت خواهد گرفت.

نمونه می‌تواند به‌صورت منفرد اخذ شود، که به معنای اخذ نمونه از یک نقطه محموله است؛ و یا از ترکیبی از نمونه‌هایی حاصل شود که از نقاط مختلف یک محموله گرفته می‌شود. نمونه به دو منظور زیر اخذ خواهد شد:

۸-۳-۵-۵-۱- آزمایش‌های کیفیت (بند ۸-۳-۵-٦)

نمونه‌ای که برای انجام آزمایش‌های کیفیت اخذ خواهد شد، باید با الزامات مندرج در این دفترچه مشخصات کاملا انطباق داشته باشد. برای چنین منظوری نمونه اخذ شده ترکیبی خواهد بود از نمونه‌هایی که از نقاط مختلف یک محموله برداشته می‌شوند، تا این اطمینان حاصل شود که نمونه اخذ شده معرف خوبی برای محموله است.

۸-۳-۵-۵-۲- آزمایش‌های همگنی و هم‌ارزی (بند ۸-۳-۵-۷)

این آزمایش بنابر تشخیص مهندس ناظر و برای اندازه‌گیری همگنی یک محموله و یا هم‌ارزی محموله‌های متفاوت انجام خواهد شد. اگر همگنی یک محموله مورد نظر باشد، از نمونه‌های منفرد ماخوذ از نقاط مختلف یک محموله استفاده خواهد شد و درصورتی‌که هم‌ارزی دو یا چند محموله مورد ارزیابی باشد، باید از نمونه‌هایی استفاده شود که هر کدام ترکیبی از نمونه‌های ماخوذ از نقاط مختلف هر محموله باشد.

روش اخذ نمونه‌ها باید منطبق بر استاندارد ASTM C494 باشد.

۸-۳-۵-٦- آزمایش‌های اولیه و مکمل (آزمایش‌های کیفیت)

آزمایش‌های اولیه برای کنترل انطباق خواص افزودنی ها با الزامات مندرج در این دفترچه مشخصات، قبل از حمل افزودنی‌ها به کارگاه انجام می‌شود. در صورت تشخیص مهندس ناظر ممکن است آزمایش‌های مکمل برای حصول اطمینان از این که خواص افزودنی‌ها درطول زمان حفظ شده است، نیز انجام شود. این آزمایش‌های مکمل شامل آزمایش‌های همگنی، هم‌ارزی، باقی مانده پس از خشک شدن در کوره (افت وزنی در حرارت)، وزن مخصوص، مقدار آب بتن تازه، زمان گیرش و مقاومت فشاری در سن‌های ۳، ۷ و ۲۸ روزه و موارد خاص دیگری که بسته به نوع افزونی ممکن است مورد نظر مهندس ناظر باشد، خواهد بود.

روش انجام تمام این آزمایش‌ها باید بر استاندارد ASTM C494 منطبق باشد.

۸-۳-۵-۷- آزمایش‌های همگنی و هم‌ارزی

هر گاه مهندس ناظر ضروری بداند همگنی یک محموله و یا هم‌ارزی دو یا چند محموله با یکدیگر بر اساس الزامات مندرج در ASTM C494 و روش‌های آزمایشی این استاندارد مورد آزمون قرار خواهد گرفت.

۸-۳-۵-۸- معیارهای انطباق

خواص هر یک از انواع افزودنی مورد مصرف باید منطبق برالزامات مندرج در جدول (۸-۱۳) باشد:

جدول ۸- ۱۳- خواص افزودنی‌ها

نوع افزودنی			A	B	C	D
حداکثر مقدارآب (درصد مخلوط‌کنترل)			۹۵	–	–	۹۵
تفاوت مجاز نسبت به مخلوط کنترل (دقیقه: ساعت)	گیرش اولیه	حداقل	–	۱:۰۰ دیرتر	۱:۰۰ زودتر	۱:۰۰ دیرتر
		حداکثر	۱:۰۰ زودتر و نه ۱:۳۰دیرتر	۳:۳۰ دیرتر	۳:۳۰ زودتر	۳:۳۰ دیرتر
	گیرش نهایی	حداقل	–	–	۱:۰۰ زودتر	–
		حداکثر	۱:۰۰ زودتر و نه ۱:۳۰دیرتر	۳:۳۰ دیرتر		۳:۳۰ دیرتر
حداقل مقاومت فشاری (درصد نسبت به مخلوط‌کنترل)		۱روزه	–	–	–	–
		۳روزه	۱۱۰	۹۰	۱۲۵	۱۱۰
		۷روزه	۱۱۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰
		۲۸روزه	۱۱۰	۹۰	۱۰۰	۱۱۰
		۶ماهه	۱۰۰	۹۰	۹۰	۱۰۰
		۱ساله	۱۰۰	۹۰	۹۰	۱۰۰
حداقل مقاومت خمشی (درصد نسبت به مخلوط‌کنترل)		۳روزه	۱۰۰	۹۰	۱۱۰	۱۰۰
		۷روزه	۱۰۰	۹۰	۱۰۰	۱۰۰
		۲۸روزه	۱۰۰	۹۰	۹۰	۱۰۰
تغییر طول، حداکثر جمع‌شدگی		درصد نسبت به کنترل	۱۳۵	۱۳۵	۱۳۵	۱۳۵
		افزایش نسبت به کنترل	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰
حداقل شاخص دوام نسبی			۸۰	۸۰	۸۰	۸۰

نوع افزودنی			E	F	G
حداکثر مقدار آب (درصد مخلوط کنترل)			۹۵	۸۸	۸۸
تفاوت مجاز نسبت به مخلوط کنترل (دقیقه: ساعت)	گیرش اولیه	حداقل	۱:۰۰ زودتر		۱:۰۰ دیرتر
		حداکثر	۳:۳۰ زودتر	۱:۰۰ زودتر و نه ۱:۳۰دیرتر	۳:۳۰ دیرتر
	گیرش نهایی	حداقل	۱:۰۰ زودتر	–	–
		حداکثر		۱:۰۰ زودتر و نه ۱:۳۰دیرتر	۳:۳۰ دیرتر
حداقل مقاومت فشاری (درصد نسبت به مخلوط کنترل)	۱روزه		–	۱۴۰	۱۲۵
	۳روزه		۱۲۵	۱۲۵	۱۲۵
	۷روزه		۱۱۰	۱۱۵	۱۱۵
	۲۸روزه		۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰
	۶ماهه		۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
	۱ساله		۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
حداقل مقاومت خمشی (درصد نسبت به مخلوط کنترل)	۳روزه		۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰
	۷روزه		۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
	۲۸روزه		۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
تغییر طول، حداکثر جمع‌شدگی	درصد نسبت به کنترل		۱۳۵	۱۳۵	۱۳۵
	افزایش نسبت به کنترل		۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰
حداقل شاخص دوام نسبی			۸۰	۸۰	۸۰

روش‌های آزمایش‌های مندرج در این جدول مبتنی بر ASTM C494 خواهد بود.

۸-۳-۵-۹- عدم تطابق با معیارهای انطباق

درصورت عدم تطابق هر یک از خواص افزودنی‌های شیمیایی با معیارهای انطباق یاد شده در بالا، اعم از آزمایش‌های کیفی و یا آزمایش‌های همگنی و هم‌ارزی، نباید از آنها استفاده شود. در صورتی‌که این قبیل افزودنی‌ها قبلا به کارگاه حمل شده‌اند، باید سریعا از کارگاه بیرون برده شوند.

۸-۳-۵-۱۰- ثبت اطلاعات

تمام اطلاعات مربوط به افزودنی‌ها و آزمایش‌های اولیه و مکمل که بر نمونه‌های آنها انجام می‌شود و همچنین نتایج آزمایش‌های همگنی و هم‌ارزی باید ثبت و نگهداری شود.

۸-۳-٦- هواسازها

موادی که قبل یا در حین مخلوط کردن مخلوط‌های بتن به آنها اضافه می‌شود، تا موجب ایجاد حباب‌های هوا در بتن شود، هواساز نامیده می‌شود و باید با الزامات مندرج در این بند از دفترچه مشخصات مطابق باشد.

هر هواسازی که به کارگاه حمل می‌شود، باید دارای گواهی تولید کننده آن باشد، که بر اساس آزمایش‌هایی که انجام داده است، ثابت می‌کند که هواساز مورد نظر به لحاظ غلظت (چگالی)، ترکیب و عملکرد، مشابه هواساز ضروری و منطبق بر این دفترچه مشخصات است.

هنگامی‌که یکسانی ترکیب شیمیایی محموله هواسازی با محموله‌های قبلی که کیفیت آنها تایید شده است، مورد تردید باشد، مهندس ناظر می‌تواند از پیمانکار بخواهد که آزمایش‌هایی انجام دهد. این آزمایش‌ها ممکن است شامل اسپکتروفتومتری مادون قرمز، تعیین pH هواساز و مقدار مواد جامد و مانند آنها باشد. چنین آزمایش‌هایی، برحسب دستورالعمل مهندس ناظر، ممکن است برای تعیین همگنی یک محموله بر نمونه‌های ماخوذ از نقاط مختلف آن محموله نیز انجام گیرد.

مقدار کلرور موجود در هواسازها باید توسط تولید کننده اعلام شود.

۸-۳-٦-۱- معیارهای انطباق

۸-۳-٦-۱-۱- همگنی و هم‌ارزی

اگر همگنی یک محموله هواساز مورد سوال باشد، نمونه‌های ماخوذ از نقاط مختلف آن محموله، و اگر هم‌ارزی یک محموله با محموله‌های قبلی مورد نظر باشد، نمونه‌های ماخوذ از محموله‌های متفاوت مورد نظر باید در دامنه مشخص شده در زیر تغییر کند:

- pH نمونه‌های متفاوت نباید اختلافی بیش‌تر از ۱/۰ واحد با هم داشته باشد.
- اختلاف وزن مخصوص نمونه مورد آزمایش نسبت به نمونه پذیرفته شده نباید بیش‌تر از ده درصد اختلاف نمونه پذیرفته شده نسبت به نمونه ساخته شده با آب معرف در همان درجه حرارت باشد (آزمایش C233 ASTM).
- مقدار هوای موجود در ملاتی که با هواساز مورد آزمایش به وجود آمده، نسبت به مقدار هوای نمونه پذیرفته شده، نباید بیش‌تر از ۲ درصد اختلاف داشته باشد (روش آزمایش ASTM C173).

۸-۳-٦-۱-۲- عملکرد

افزودنی هواساز مورد استفاده باید الزامات زیر را تامین کند:

- هنگامی که آب انداختگی برحسب درصد آب خالص در هر دو بتن محاسبه می‌شود، آب انداختگی بتن ساخته شده با هواساز مورد آزمایش نباید از آب انداختگی بتن ساخته شده با افزودنی مرجع (پذیرفته شده) بیش‌تر از ۲ درصد اختلاف

داشته باشد. آب خالص مقدار آبی است که، بدون در نظر گرفتن مقدار آبی که جذب سنگدانه‌ها می‌شود، در ساخت بتن مصرف می‌شود.

- زمان‌های گیرش اولیه و نهایی نباید با زمان گیرش مخلوط بتنی که با هواساز مرجع (پذیرفته شده) ساخته شده است، بیش‌تر از هفتاد و پنج دقیقه تفاوت داشته باشد.
- مقاومت فشاری بتن ساخته شده با هواساز مورد آزمایش در هر سن، باید بیش‌تر از ۹۰ درصد مقاومت فشاری بتن ساخته شده با هواساز مرجع در همان سن باشد.
- مقاومت خمشی بتن ساخته شده با هواساز مورد آزمایش در هر سن، نباید کم‌تر از ۹۰ درصد مقاومت خمشی بتن ساخته شده با هواساز مرجع در همان سن باشد.
- شاخص دوام نسبی بتن ساخته شده با هواساز مورد آزمایش باید بیش‌تر از ۸۰ باشد.
- تغییرات طولی بتن ساخته شده با هواساز مورد آزمایش (پس از ۱۴ روز)، باید حداکثر ۱۲۰ درصد تغییرات طولی بتن ساخته شده با هواساز مرجع (پس از ۱۴ روز) باشد. اگر تغییرات طولی بتن ساخته شده با هواساز مرجع پس از ۱۴ روز کم‌تر از ۰/۰ ۳۰ درصد باشد، افزایش تغییرات طولی بتن ساخته شده با هواساز مورد سوال نباید بیش‌تر از ۰/۰۰۶ باشد. این مطلب برحسب درصد تغییرات طولی که بزرگ‌تر از تغییرات طولی بتن ساخته شده با هواساز مرجع است، بیان می‌شود. (آزمایش ASTM C233).

۸-۳-٦-۲- نمونه‌برداری

نمونه‌برداری باید بر اساس ASTM C260 انجام شود.

۸-۳-٦-۳- روش آزمایش

آزمایش‌های ضروری برای پذیرش کیفیت هواسازها باید بر اساس ASTM C233 انجام شود. توصیه می‌شود که در صورت امکان با استفاده از سیمانی که بر اساس بند 3.4 استاندارد فوق الذکر برای این کار تهیه می‌شود، آزمایش‌ها انجام شود.

۸-۳-٦-٤- عدم انطباق

الف–اگر هر یک از معیارهای انطباق مندرج در ۸–۳–۶–۱ تامین نشود، هواساز مورد آزمایش پذیرفته نخواهد شد.

ب– درصورتی‌که ۶ ماه از تولید افزودنی گذشته باشد، باید مجدداً آزمایش شود و انطباق آن با این دفترچه مشخصات دوباره تایید شود.

ج– پاکت یا ظرفی که بیش‌تر از ۵ درصد نسبت به وزن درج شده بر روی بسته‌بندی اختلاف داشته باشد، مرجوع خواهدشد. درصورتی‌که میانگین وزن ۵۰ پاکت یا ظرف که به‌صورت تصادفی وزن آنها اندازه‌گیری می‌شود، از وزن درج شده بر بسته‌بندی‌ها کم‌تر باشد، تمام محموله مرجوع خواهد شد.

۸-۳-٦-۵- بسته‌بندی

بر روی بسته‌بندی افزودنی های هواساز باید نام افزودنی، وزن یا حجم خالص افزودنی، نام تولید کننده و تاریخ تولید درج شود. همین اطلاعات به‌علاوه شکل بسته‌بندی (اعم از پاکت، ظرف پلاستیکی، فله و غیره) باید در بارنامه افزودنی درج شود.

۸-٤- انواع بتن

انواع بتن ضروری در پروژه در دفترچه مشخصات فنی خصوصی کارهای بتنی تعیین می‌شود. برای رده‌های مختلف بتن (اعم از بتن حجیم، بتن لاغر، بتن مسلح و غیرمسلح) باید موارد زیر در دفترچه مشخصات فنی خصوصی تعیین شود:

۸-٤-۱- مشخصه‌های الزامی

مشخصه‌های الزامی آنهایی هستند که در دفترچه مشخصات فنی خصوصی و بر روی نقشه‌ها برای هر یک از مخلوطهای بتن جداگانه و حتما مشخص خواهد شد. این مشخصه‌ها عبارتند از موارد زیر:

۸-٤-۱-۱- نوع سیمان مجاز

نوع سیمان بر اساس بند ۸-۳-۱-۲ این دفترچه مشخصات تعیین خواهد شد.

۸-٤-۱-۲- نوع سنگدانه‌های مجاز

نوع سنگدانه‌هایی که مصرف آنها در هر یک از مخلوطهای بتن مجاز است، بر اساس خواص مورد نظر برای بتن تازه و سخت شده از بین انواع سنگدانه زیر برای طبقات مختلف شن و ماسه تعیین خواهد شد:

- سنگدانه طبیعی شسته با وزن مخصوص معمولی (بر اساس بند ۸-۳-۲)
- سنگدانه شکسته با وزن مخصوص معمولی (بر اساس بند ۸-۳-۲)
- سنگدانه سبک (بر اساس استاندارد ASTM C330). از این نوع سنگدانه برای ساخت بتن سبک استفاده می‌شود که مشخصات فنی آن حسب لزوم در مشخصات فنی خصوصی ارائه خواهد شد.
- سایر سنگدانه‌هایی که ممکن است مشخص شود، باید بر استانداردهای آبا یا ASTM منطبق باشد.

۸-٤-۱-۳- اندازه الزامی بزرگ‌ترین سنگدانه

بزرگ‌ترین اندازه سنگدانه‌های مورد مصرف در هر یک از مخلوطهای بتن ترجیحا بزرگ‌ترین اندازه‌ای انتخاب خواهد شد، که تولید آن ممکن و مقرون به بیش‌ترین صرفه باشد و باید با محدودیت زیر کنترل شده باشد:

- حداکثر یک پنجم کوچک‌ترین مقطع بتن
- حداکثر یک سوم ضخامت دال‌ها
- حداکثر سه چهارم کوچک‌ترین فاصله بین میلگردها و یا قالب و میلگردها

درصورتی‌که مقدار سیمان بیش‌تر از ۳۰۰ کیلوگرم در متر مکعب بتن باشد، بهتر است حداکثر اندازه بزرگ‌ترین دانه بیش‌تر از ۳۸ میلی‌متر نشود.

به هر حال پیمانکار باید روش اجرای کارهای بتنی را چنان انتخاب کند که مجبور نشود بزرگ‌ترین اندازه سنگدانه‌ها را که مشخص می‌شود، تغییر دهد. یعنی روش اجرا بر اساس اندازه سنگدانه‌ها انتخاب خواهد شد، و بزرگ‌ترین اندازه دانه‌ها به خاطر روش اجرای خاص و یا ماشین‌آلات نامناسبی که توسط پیمانکار به کارگاه آورده شده است، نباید تغییر کند.

۸-٤-۱-٤- رده‌بندی بتن

رده بتن بر اساس یکی از معیارهای مقاومت فشاری، مقاومت خمشی و یا مقاومت کششی غیرمستقیم در سن مورد نظر و به ترتیب با استفاده از جداول (۸-۱۴)، (۸-۱۵) و یا (۸-۱۶) تعیین خواهد شد.

جدول ۸-۱٤- رده‌بندی بتن برحسب مقاومت فشاری

رده بتن	C7.5	C10	C12.5	C15	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60
مقاومت مقرر ۲۸ روزه (MPa)	۷/۵	۱۰	۱۲/۵	۱۵	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵	۶۰

جدول ۸-۱۵- رده‌بندی بتن بر حسب مقاومت خمشی

رده بتن	F.3	F.4	F.5
مقاومت مقرر خمشی ۲۸ روزه (MPa)	۳	۴	۵

جدول ۸-۱٦- رده‌بندی بتن بر حسب مقاومت کششی

رده بتن	IT2	IT2.5	IT3
مقاومت مقرر کششی غیرمستقیم ۲۸ روزه (MPa)	۲	۲/۵	۳

از جدول (۸-۱۴) در موارد عمومی و از جداول (۸-۱۵) و (۸-۱۶) در موارد خاص برای رده‌بندی بتن استفاده خواهد شد. شکل و ابعاد نمونه‌های آزمایشی بتنی که بر اساس نتایج مقاومت آنها مخلوط‌های بتن رده‌بندی می‌شود، بستگی به استاندارد مورد استفاده در محاسبات سازه دارد و باید به وسیله مسوولین این محاسبات در نقشه‌ها و در دفترچه مشخصات فنی خصوصی تعیین شود.

هنگامی که از سیمان های ضد سولفات یا سیمان‌های دیرگیر دیگر استفاده می‌شود و طراح، سازه را بر اساس سیمان نوع I طراحی کرده است، مقاومت ۴۲ روزه ملاک خواهد بود. مقاومت ۷ روزه فقط معیاری است برای تخمین مقاومت ۲۸ روزه (یا ۴۲ روزه) و ۹۰ روزه و در مورد ضرایب تبدیل به مقاومت‌های ۲۸ روزه (یا ۴۲ روزه) و ۹۰ روزه، امکان حصول مقاومت مقرر در موعد تعیین شده برآورد می‌شود. اگر از نتایج آزمایش‌های ۷ روزه این اطمینان حاصل نشود که معیار انطباق برای مقاومت بتن تامین خواهدشد، بر روی بتن مورد سوال (سازه‌ای که بتن آن مورد تردید است) بتن‌ریزی یا پوشش‌های دیگر اجرا نمی‌شود، تا پس از آزمایش‌های ۲۸ روزه (یا ۴۲ روزه) و ۹۰ روزه بر اساس روش‌های مندرج در ۸-۱۰-۱۱ تصمیم‌گیری شود.

برای بعضی از مخلوط‌های خاص ممکن است دو و یا هر سه مقاومت‌های فشاری، خمشی و کششی غیرمستقیم مشخص شود.

۸-٤-۱-۵- حداقل مقدار سیمان

باید حداقل مقدار سیمان بر حسب کیلوگرم در مترمکعب مخلوط بتن تازه کاملا متراکم شده از جدول (۸-۱۷) استخراج شود (مگر در موارد خاص).

جدول ۸-۱۷- حداقل مجاز مقدار سیمان درمتر مکعب بتن تازه کاملا متراکم (شامل بتن حجیم نمی‌شود)

موارد مصرف	رده بتن	حداقل مجاز مقدار سیمان kg/m^3
بتن پیش ساخته	تمام رده‌های مجاز	۳۰۰
بتن مسلح	تمام رده‌های مجاز	۲۴۰
بتنی که هیچ فلزی در آن دفن نمی‌شود	C20	۲۲۰
	C15	۱۸۰
	C10	۱۵۰
	C7.5	۱۲۰

۸-٤-۲- مشخصه‌های انتخابی

مشخصه‌های انتخابی برای بعضی از مخلوط‌ها، بسته به خواص مورد نظر در حالت‌های تازه و سخت شده، باید انتخاب و مشخص شود. برای هر مخلوط ممکن است، هیچ، یک یا چند مشخصه انتخابی مشخص شود. تطبیق با آن مشخصه‌ها الزامی است. مشخصه‌های انتخابی که ممکن است برای مخلوط‌های بتن تعیین شود به شرح زیراست:

۸-٤-۲-۱- کارایی

عموما کارایی بتن، برحسب نتیجه آزمایش افت، به وسیله پیمانکار تعیین خواهد شد و پس از کسب تاییدیه مهندس ناظر، عملیات کنترل کیفی برای تداوم حصول این کارایی به کارگرفته خواهد شد. کارایی بتن در یکی از رده‌های مندرج در جدول (۸-۱۸) خواهد بود.

جدول ۸-۱۸- کارایی بتن برحسب نتیجه آزمایش افت

رده بتن	نتیجه آزمایش افت (mm)
بدون کارایی	-
کارایی کم	۲۰± ۲۰
کارایی متوسط	۶۰± ۲۰
کارایی زیاد	۱۰۰± ۲۰

۸-٤-۲-۲- حداکثر نسبت آب به سیمان

حداکثر نسبت آب به سیمان، توسط پیمانکار انتخاب خواهد شد و پس از تصویب مهندس ناظر، عملیات کنترل کیفی در مورد آن اعمال خواهد شد. در بعضی موارد خاص (شرایط محیطی شدید) حداکثر نسبت آب سیمان به شرح مندرج در جدول (۸-۱۹) خواهد بود. در چنین شرایطی حداکثر نسبت آب به سیمان در دفترچه مشخصات فنی خصوصی و یا در دستورالعمل‌های مهندس ناظر اعلام خواهد شد.

۸-٤-۲-۳- حداکثر مقدار سیمان

حداکثر مقدار سیمان در متر مکعب مخلوط بتن تازه کاملا متراکم شده ممکن است برای حصول اطمینان از دوام بتن مشخص شود و به هر حال در سازه‌های آبی، به ویژه سازه‌هایی که آب با سرعت زیاد و فشار از رویه یا داخل آنها عبور می‌کند، به هیچ وجه نباید بیش‌تر از ۴۰۰ کیلوگرم سیمان در متر مکعب بتن تازه کاملا متراکم مصرف شود.

جدول ۸-۱۹- حداکثر نسبت آب به سیمان در شرایط محیطی شدید

شرایط محیطی		
نوع سازه	**سازه به طور مداوم مرطوب بوده و در تناوب‌های یخ زدگی قرار دارد[1]**	**سازه در معرض آب دریا و یا سولفات‌ها قرار دارد**
مقاطع نازک مانند نرده‌ها، جدول‌ها آستانه‌ها، کارهای تزیینی و مقاطعی که پوشش روی میلگرد در آنها کم‌تر از ۲۵ میلی‌متر باشد.	۰/۴۵	[2]۰/۴
سایر سازه‌ها	۰/۵۰	۰/۴۵

۸-٤-۲-٤- سیمان‌های ویژه

گاه ممکن است سیمان‌های خاصی برای مصرف مشخص شود. مشخصات فنی این گونه سیمان‌ها در مشخصات فنی خصوصی ارائه خواهد شد.

۸-٤-۲-٥- خواص ویژه سنگدانه‌ها

در صورتی‌که خصوصیات ویژه‌ای از سنگدانه‌ها مورد نظر باشد، این خصیصه‌ها جداگانه در دفترچه مشخصات فنی خصوصی تعیین خواهد شد (مثالی از این خصیصه‌ها دانه‌بندی گسسته دانه‌ها است).

۸-٤-۲-٦- افزودنی‌های ویژه

گاه مصرف یا ممنوعیت مصرف افزودنی‌های خاصی مورد نظر خواهد بود. در این صورت چنین افزودنی‌هایی در دفترچه مشخصات فنی خصوصی تعیین خواهد شد.

۸-٤-۲-۷- مقدار هوا

هنگامی که شرایط محیطی شدید باشد، مقدار هوای موجود در بتن تازه کاملا متراکم در مشخصات فنی خصوصی تعیین خواهد شد.

۱- در کلیه شرایط محیطی شدید بتن با حباب هوا به کار گرفته خواهد شد.

۲- درصورت استفاده از سیمان ضد سولفات می توان ۰/۰۵ به حداکثرمجاز نسبت آب به سیمان افزود.

۸-٤-۲-۸- دمای بتن

در شرایط محیطی خاص و برای مخلوطهای بتن ویژه، حداکثر و یا حداقل دمای بتن در مشخصات فنی خصوصی تعیین خواهد شد. به هر حال تحت هیچ شرایطی دمای بتن کم‌تر از ۵ درجه سانتی‌گراد و بیش‌تر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد نخواهد بود. در خصوص دمای بتن در هوای گرم یا هوای سرد به بند ۸-۱۱ از این مشخصات فنی عمومی رجوع شود.

۸-٤-۲-۹- چگالی بتن

حداقل و یا حداکثر چگالی بتن تازه کاملا متراکم، در موارد ضروری، در دفترچه مشخصات خصوصی تعیین خواهد شد.

۸-٤-۲-۱۰- سایر الزامات

هر الزام دیگری که مخلوطهای بتن باید تامین کنند، نیز در دفترچه مشخصات فنی خصوصی تعیین خواهد شد.

۸-٤-۳- جداول رده‌بندی مخلوطهای بتن

بنابر آن‌چه ذکر شد، برای رده‌بندی مخلوطهای بتن، جداولی در دفترچه مشخصات فنی خصوصی طراحی می‌شود که در ردیف‌های افقی آن به ترتیب رده‌های مختلف بتن بر اساس ۸-۴-۱-۴ مشخص خواهد شد و در ستون‌های آن ابتدا مشخصه‌های الزامی بر اساس ۸-۴-۱ برای هر یک از رده‌های بتن مشخص می‌شود و سپس در ستون‌های (احتمالی) بعدی مشخصه‌های انتخابی مورد نظر بر اساس ۸-۴-۲ برای هر یک از رده‌های بتن مشخص خواهد شد.

این جداول در مورد تمام انواع بتن (لاغر، حجیم، مسلح و غیره) تهیه خواهد شد و تمام مشخصه‌هایی که تعیین می‌شود، اعم از الزامی یا انتخابی، باید تامین شود.

۸-۵- ساخت بتن

پیمانکار باید تمام امکانات و تمهیداتی را که برای بازرسی روش‌های ساخت بتن و اخذ نمونه از مواد اولیه یا مخلوطهای بتن ضروری است، به‌گونه‌ای مهیا کند که ضمن سهولت انجام بازرسی‌ها و نمونه‌برداری‌ها، عملیات ساخت بتن از روند عادی خود خارج نشود.

مشخصات دستگاه‌های پیمانه‌کن و مخلوط‌کن باید منطبق بر1305 .B.S باشد. در صورتی‌که مهندس ناظر تشخیص دهد، این دستگاه‌ها بر اساس B.S. 3963 آزمایش خواهد شد. قبل از آغاز عملیات نصب دستگاه‌های ساخت بتن (سیلوها ، پیمانه‌کن‌ها، مخلوط‌کن‌ها و...)، پیمانکار باید با ارسال نقشه‌های جانمایی و آرایش دستگاه‌ها، (که مشخصات دستگاه‌ها را هم به روشنی شامل می‌شود) تاییدیه مهندس ناظر را کسب کند.

سامانه ارتباطی (تلفن یا بی سیم) مستقیم بین محل‌های بتن‌ریزی و محل ساخت بتن ضروری است و باید توسط پیمانکار مهیا شود.

نوع، اندازه و ظرفیت دستگاه‌ها باید بر روی آنها درج شده باشد.

۸-۵-۱- سیلوها

پیمانکار باید برای اندازه‌های مختلف سنگدانه‌ها، انواع سیمان و مواد افزودنی به مقدار کافی سیلوهای متصل به سامانه تولید بتن در نظر بگیرد. این سیلوها باید منطبق بر مشخصاتی باشد که توسط استاندارد ACI- 304 تعیین شده‌اند و ظرفیت آنها باید

پاسخگوی حداکثر تولید مورد نظر باشد. تمام امکانات و تمهیدات ممکن باید برای تضمین کیفیت مناسب و یکنواختی دانه‌بندی و مقدار رطوبت سنگدانه‌ها به هنگام ورود به دستگاه پیمانه‌کن به کار گرفته شود. یکنواختی تمام مواد متشکله بتن به هنگام پیمانه‌کردن به روش‌های ممکن باید تامین شود. این روش‌ها باید مورد تایید مهندس ناظر باشد.

۸-۵-۲- پیمانه‌کردن و توزین

مواد جامد سازنده بتن بر اساس وزن، پیمانه خواهد شد، مگر در مورد سنگدانه مخلوط‌های بتن رده‌های C10, C7.5 و C15 که ممکن است براساس حجم نیز پیمانه شوند. این مواد جامد شامل سنگدانه، سیمان و افزودنی‌های جامد است. آب و افزودنی‌های مایع را می‌توان بر اساس وزن یا حجم پیمانه کرد.

به هنگام پیمانه‌کردن سنگدانه‌ها و آب باید مقدار محاسبه شده آب موجود در مصالح سنگی را در نظر گرفت. به اندازه محاسبه شده باید به وزن سنگدانه‌ها افزوده شود یا از مقدار آن کاسته شود.

برای پیمانه‌کردن سیمان، باسکول جداگانه‌ای در نظر گرفته خواهدشد. در صورتی‌که از کیسه‌های سیمان استفاده شود، می‌توان بر اساس تعداد کیسه‌های سیمان، مقدار سیمان را پیمانه کرد.

رواداری دستگاه‌های پیمانه‌کن (باسکول‌ها و غیره) بر اساس جدول (۸-۲۰) خواهد بود.

جدول ۸-۲۰- رواداری دستگاه‌های پیمانه‌کن (توزین)

ماده اولیه	وزن پیمانه شده بیش‌تر از ۳۰ درصد ظرفیت پیمانه‌کن		وزن پیمانه شده کم‌تر از ۳۰ درصد ظرفیت پیمانه‌کن	
	پیمانه‌کردن منفرد	پیمانه‌کردن انباشته	پیمانه‌کردن منفرد	پیمانه‌کردن انباشته
سیمان و مواد مضاف	۱٪ ± وزن مواد پیمانه شده ویا ۳٪ ± ظرفیت پیمانه‌کن،هر کدام بیش‌تر باشد		کم‌تر از مقدارلازم نباشد و یا ۴٪ بیش‌تر از مقدار مشخص شده	
آب (وزنی یا حجمی)	۱٪ ±	توصیه نمی‌شود	۱٪ ±	توصیه نمی‌شود
سنگدانه‌ها	۲٪ ±	۱٪±	۲٪±	۳٪± پیمانه‌کن یا ۳٪± وزن انباشته مشخص شده، هرکدام بیش‌تر باشد
افزودنی ها (وزنی یا حجمی)	۳٪ ±	توصیه نمی‌شود	۳٪±	توصیه نمی‌شود.

حداکثر مجاز رواداری هر یک از پیمانه‌کن‌ها ۱٪ ظرفیت آنها خواهد بود. حداکثر مجاز رواداری کل پیمانه‌کن‌ها در یک نوبت پیمانه‌کردن مخلوط ۰/۳ ٪ ± کل ظرفیت دستگاه، (هنگامی که دستگاه بر صفر تنظیم شده است) خواهد بود. مقدار افزودنی که نباید از ۰/۴ ٪ ± ظرفیت دستگاه پیمانه‌کن کم‌تر باشد، می‌تواند تا ۳٪ نسبت به وزن مشخص شده، بیش‌تر پیمانه شود. پیمانه‌کن نباید تحت تاثیر لرزش دستگاه‌های مخلوط‌کن و غیره باشد. دستگاه‌های کنترل اتوماتیک و چاپگرهای کامپیوتری نباید در معرض گرد و غبار باشد. باسکول‌ها و دستگاه‌های پیمانه‌کن به‌صورت تمیز و قابل استفاده نگهداری و هر روز بر روی صفر تنظیم و ماهانه کالیبره خواهد شد.

با توجه به این که برآورد مقدار دقیق آب موجود در سنگدانه‌ها به سهولت میسر نیست، باید تمام تلاش و امکانات به‌کارگرفته شود تا اختلاف در نسبت آب به سیمان در مقایسه با نسبت آب به سیمان طراحی شده در دامنه ۰/۲ ٪ ± باشد.

۸-۵-۳- مخلوط کردن

روش‌ها و ماشین‌آلاتی که برای مخلوط کردن مواد سازنده بتن استفاده می‌شود، باید قادر باشد که مواد متشکله بتن را به‌گونه‌ای مخلوط کند که مخلوط‌هایی با کیفیت یکنواخت با حداقل افت مشخص شده ساخته شود.

بهتر است پس از این که ۱۰٪ سنگدانه‌ها به داخل مخلوط‌کن ریخته شد، سیمان نیز به همراه سنگدانه‌ها به داخل مخلوط‌کن هدایت شود. قبل از سایر مواد، آب به داخل مخلوط‌کن ریخته می‌شود و ضمن این که آب ریخته می‌شود، سایر مواد هم به‌گونه‌ای اضافه می‌شود که عملیات تغذیه مخلوط‌کن در کم‌تر از یک چهارم زمان مخلوط کردن به اتمام رسیده باشد. در هر نوبت پیمانه‌کردن باید افزودنی های مایع در همان زمانی به مخلوط‌کن اضافه شود، که آب مخلوط به آن اضافه می‌شود، حال آن که افزودنی‌های جامد همزمان باسایر مواد جامد به داخل مخلوط‌کن ریخته خواهد شد. اگر از بیش‌تر از یک افزودنی استفاده می‌شود، باید هر یک جداگانه پیمانه شود. هرگز قبل از عملیات ساخت، مواد سازنده بتن نباید با هم مخلوط شود.

وضعیت اختلاط باید بر اساس آزمایش استاندارد CRD-C-55 کنترل شود و بر اساس نتایج این آزمایش، که در هر نوبت بتن‌ریزی انجام می‌شود، زمان ضروری برای اختلاط را می‌توان به دست آورد. اگر نتایج این آزمایش بیانگر عدم یکنواختی و عدم اختلاط قابل قبول بتن باشد، باید زمان اختلاط را افزایش داد. برای شروع کارهای بتنی می‌توان از راهنمای معمول برای تعیین زمان اختلاط استفاده کرد که ۱ دقیقه برای سه چهارم متر مکعب بتن علاوه بر یک چهارم دقیقه برای هر سه چهارم متر مکعب بتن که بیش‌تر از آن باشد، در نظر گرفته می‌شود. زمان اختلاط در این روش از زمانی محاسبه می‌شود که تمام مواد تشکیل دهنده بتن در دستگاه مخلوط‌کن ریخته شده باشند. بهتر است از زمان‌سنج‌هایی که زمان اختلاط را کنترل می‌کنند، استفاده شود تا از تخلیه مخلوط‌کن قبل از تکمیل اختلاط جلوگیری شود. مخلوط‌کن باید قادر باشد تحت بار کامل حرکت را آغاز یا توقف کند.

عواملی که بر اساس آنها می‌توان یکنواختی بتن را تشخیص داد عبارتنداز افت، مقدار آب ضروری، مقدار هوا و دمای بتن تازه که بر اساس آزمایش استاندارد CRD-C-55 کنترل خواهند شد.

تخلیه مخلوط‌کن‌ها نباید توام با جدایش دانه‌ها باشد.

تمام اطلاعات زیر در مورد هر نوبت پیمانه‌کردن و مخلوط کردن مخلوط‌های بتن باید توسط چاپگر کامپیوتری که به مرکز تولید بتن متصل است، چاپ شده و پس از امضای مسوول کارهای بتنی پیمانکار به مهندس ناظر تحویل شود:

- زمان واقعی پیمانه کردن هر یک از مواد اولیه
- نوع سیمان مصرفی
- تفاوت اوزان پیمانه شده با طرح مخلوط
- مقدار آب سطحی موجود در ماسه
- کیفیت بتن تازه برای رده‌های مختلف بتن
- حجم پیمانه شده برای هر رده بتن
- تعداد نوبت‌های پیمانه‌کردن برای هر رده بتن
- مجموع زمان بتن‌ریزی و حجم تولید

۸-٦- حمل، ریختن و جای‌گذاری بتن

پیمانکار باید قبل از شروع بتن‌ریزی تاییدیه مهندس ناظر را برای استفاده از روش‌های مورد نظر خود برای حمل، ریختن و جای‌گذاری بتن در هر قسمت از سازه‌های مورد اجرا اخذ کند. به هر حال روش‌هایی که از آنها استفاده گسترده‌ای شده است، به‌ویژه روش‌های تعیین شده در استاندارد ACI-304 ارجح خواهد بود. تمام روش‌های حمل، ریختن و جای‌گذاری بتن که توسط پیمانکار اتخاذ خواهد شد، باید کیفیت بتن را به لحاظ نسبت آب به سیمان ، کارایی، مقدار حباب هوا و یکنواختی حفظ کند. ماشین‌آلاتی که استفاده از آنها با تغییر نسبت‌های اختلاط بتن، بزرگ‌ترین اندازه دانه‌ها یا سایر خصوصیات بتن میسر باشد، نباید مورد استفاده پیمانکار قرار گیرند. ماشین‌آلات و روش‌های حمل، ریختن و جای‌گذاری بتن با ظرفیت مناسب باید به‌گونه‌ای مهیا باشد که بتن تا پایان مرحله پرداخت سطوح همچنان به‌صورت خمیری باشد و ضمنا از درزهای اجرایی سرد اجتناب شود. بتن در لایه‌های افقی کم‌تر از ۶۰ سانتی‌متر ریخته خواهد شد تا از تشکیل لایه‌های شیبدار و درزهای سرد جلوگیری شود. برای اجرای بتن‌ریزی در لایه‌های مختلف، هر لایه بتن باید هنگامی ریخته شود که لایه زیرین آن هنوز پلاستیک است و قابلیت لرزانده شدن را دارد تا دو لایه به خوبی به یکدیگر دوخته شود. در اجرای سازه‌های شیبدار ابتدا باید قسمت‌های پایینی سازه بتن‌ریزی شود و کم کم به طرف بالا ادامه یابد.بدین صورت تراکم طبیعی بتن نیز افزایش می‌یابد. بتن‌ریزی با سرعت زیاد، اگر موجب جدایش در مخلوط بشود، نباید انجام شود. مخلوط بتن حتی‌الامکان نزدیک به محل نهایی خود ریخته خواهد شد تا از جابه‌جایی بیش‌تر آن جلوگیری شود. بتن‌ریزی به‌گونه‌ای انجام خواهد شد که تمام میلگردها و اقلام مدفون کاملا به وسیله بتن احاطه شود و بتن تمام قالب را، به ویژه گوشه‌های آن را، کاملا پرکند.

موارد زیر پیش ازهر نوبت بتن‌ریزی توسط مهندس ناظر کنترل خواهد شد و در فرمی مانند فرم «الف» (۸-۱-۲-۵) مجوز بتن‌ریزی صادر خواهد شد:

- رقوم کف محل بتن‌ریزی
- اتمام عملیات برداشت مقاطع سنگ کف
- دقت رقوم قالب بندی‌ها
- ساخت قالب ها
- آب‌بندها (واتراستاپ‌ها)
- میلگردها
- تاسیسات مکانیکی
- لوله‌ها
- کارهای فلزی متفرقه
- کارهای الکتریکی
- سندبلاست خیس
- روغن‌کاری قالب‌ها
- تمیزی محل بتن‌ریزی‌ها

- ماشین‌آلات بتن‌ریزی
- مواد اولیه بتن (کمیت)
- مواد اولیه بتن (کیفیت)
- ابزار و مواد محافظت و نگهداری از بتن
- تایید نهایی بتن‌ریزی

یک نسخه از مجوز بتن‌ریزی به آزمایشگاه ارسال می‌شود تا مسوولین آزمایشگاه در موعد مقرر برای انجام نمونه‌برداری‌ها و آزمایش‌های ضروری در محل بتن‌ریزی حاضر باشند.

سطحی که بتن‌ریزی روی آن انجام می‌شود، اعم از خاک، سنگ، مصالح بنایی، بتن یا قالب، باید تمیز وعاری از هر نوع آلودگی باشد و آب یا خمیر سیمان موجود در بتن را جذب نکند. روی این سطوح نباید آب وجود داشته باشد و آب اضافه‌ای که برای مرطوب کردن خاک، سنگ و مصالح بنایی در تماس با بتن ریخته می‌شود، باید قبل از بتن‌ریزی جمع آوری شود. برای بتن‌ریزی روی سطوح بتنی، باید لایه نازک خمیر سیمان روی سطح بتن زیرین به هر وسیله‌ای که مورد تایید مهندس ناظر باشد، زدوده و تمیز شود، به طوری که سنگدانه‌های بتن زیرین به خوبی نمایان شود. این سطح بین دو لایه بتن‌ریزی که درز اجرایی نامیده می‌شود، باید مستوی و عمود برامتداد تنش باشد. درزهای اجرایی باید بر درزهایی منطبق شوند که به دلایل دیگر تعبیه می‌شود. درزهای اجرایی سازه‌هایی که در آب غوطه‌ورند، نباید در محدوده تغییرات سطح آب قرار گیرد. در قطعات بزرگ بتنی درزهای اجرایی به‌صورت پلکانی و شکسته اجرا خواهد شد. آب‌بندی بتن در درزهای اجرایی برای اجتناب از زنگ زدن فولاد الزامی‌است. اولین پیمانه‌های بتن‌ریزی لایه جدید روی لایه قبلی باید پرملات‌تر و ریزدانه‌تر باشد. محل تمام درزهای اجرایی، شکل و جزییات اجرایی آنها باید قبلا توسط مهندس ناظر تایید شود. مشخصات درزهای اجرایی در بند ۸-۸-۱ آمده است.

در شرایط معمولی حداکثر عمق (ارتفاع) بتن‌ریزی در هر نوبت و هر لایه بتن‌ریزی و حداقل زمان بین دو نوبت بتن‌ریزی باید مطابق با مندرجات جدول (۸-۲۱) باشد.

جدول ۸-۲۱- حداکثر عمق (ارتفاع) هر نوبت و هرلایه بتن‌ریزی و حداقل زمان بین دو نوبت بتن‌ریزی

محل بتن‌ریزی	حداکثر عمق (ارتفاع) یک نوبت بتن‌ریزی (متر)	حداکثر عمق (ارتفاع) یک لایه بتن‌ریزی (متر)	حداقل زمان بین دو نوبت بتن‌ریزی (ساعت)	
			دمای کم‌تر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد	دمای بیش‌تر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد
دیوارهای با پهنای کم‌تر از ۵ متر	۳/۰	۰/۵	۴۸	۶۰
دال با ضخامت بیش‌تر از ۰/۵ متر	۱/۵	۰/۵	۶۴	۷۲
دال با ضخامت کم‌تر از ۰/۵ متر	یک نوبت	-	-	-

همواره بتن‌ریزی روی سطوح بتنی با تایید مهندس ناظر و بر اساس مقاومت ۷ روزه یا مقاومت تسریع شده ۱ روزه بتن قبلی مجاز خواهد بود.

۸-٦-۱- تراک میکسر

در شرایط آب و هوایی معمولی مدت حمل بتن با تراک میکسر تا تخلیه کامل آن می‌تواند تا ۹۰ دقیقه باشد، اما در هوای گرم مدت مجاز حمل کاهش می‌یابد و در هوای سرد به این مدت افزوده می‌شود. این مدت از زمانی محاسبه خواهد شد که سیمان به دستگاه مخلوط‌کن ریخته می‌شود. در مدت حمل مطلقا نباید به آب مخلوط اضافه شود. زمان حمل باید به‌گونه‌ای درکارگاه تعیین شود که در این مدت، کارایی و یکنواختی بتن بدون افزایش آب به مخلوط ثابت بماند. مقدار کاهش مجاز در افت بتن از شروع اختلاط تا زمان ریختن و جای‌گذاری نیز بر اساس رده‌بندی و کارایی آن تعیین خواهد شد. این کاهش حداکثر ۲۰ میلی‌متر خواهد بود.

اگر مسافت حمل طولانی باشد، با تصویب مهندس ناظر، می‌توان مواد جامد بتن را پیمانه کرد و در زمان حمل در تراک میکسرها آن را مخلوط کرد و دقایقی قبل از تخلیه تراک میکسر آب و افزودنی های مایع را با فشار زیاد به آن افزود.

هنگامی که مخلوط بتن به تراک میکسر ریخته می‌شود، سرعت چرخیدن تراک میکسر باید برابر با سرعت چرخیدن مخلوط‌کن باشد. هرچه مسافت حمل بیش‌تر باشد، باید سرعت چرخیدن تراک میکسر در زمان حمل کم‌تر شود.

حجم تمام موادی که پیمانه شده و به داخل تراک میکسر ریخته می‌شود، نباید از ۶۳ درصد حجم تراک میکسر بیش‌تر باشد.

۸-٦-۲- کامیون، واگن و سیلوبوس

احجام بزرگ بتن را، به ویژه هنگامی که بتن از رده‌های C7.5, C10 و C15 باشد و یا وقتی که بتن حجیم ریخته می‌شود، می‌توان با استفاده از کامیون، واگن یا سیلوبوس حمل کرد. بتن را می‌توان از پشت یا طرفین این وسایل حمل تخلیه کرد. با این روش حمل، در شرایط آب و هوایی مناسب، حداکثر زمان مجاز حمل بین ۳۰ تا ۴۵ دقیقه خواهد بود. در صورتی‌که هوا گرم یا سرد باشد، مدت مجاز حمل به ترتیب کم‌تر و بیش‌تر خواهد بود. این مدت توسط مهندس ناظر تعیین خواهد شد.

سطوح فلزی قسمت بار کامیون، واگن یا سیلوبوس که بتن در آن حمل می‌شود، باید کاملا مسطح باشد. هرگز نباید به مخلوط بتن یا سطوح فلزی مذکور آبی ریخته شود. باید سطح بالای بتن به هنگام حمل با پوشاننده‌های مناسب پوشیده شود، تا از گزند باد، بارش و آفتاب در امان باشد.

۸-٦-۳- جرثقیل و باکت

استفاده از جرثقیل و باکت این امکان را می‌دهد که از مخلوط‌های با حداقل افت ممکن استفاده شود. دریچه تخلیه باکت باید حداقل یک سوم بزرگ‌ترین دهانه باکت یا پنج برابر بزرگ‌ترین اندازه دانه‌ها باشد. زاویه صفحه کنار دریچه‌های تخلیه باید حداقل ۶۰° نسبت به افق باشد. این دریچه‌ها باید هنگام عملیات به سهولت باز و بسته شود. روش‌های بتن‌ریزی با باکت باید منطبق بر ACI-۳۰۴ باشد.

۸-٦-٤- شوت‌ها و لوله‌های بتن‌ریزی

شوت‌ها باید دارای سطح مدور فلزی با حجم مناسب برای جلوگیری از لبریز شدن بتن باشند. شیب شوت در هر نوبت بتن‌ریزی باید با توجه به کارایی بتن به‌گونه‌ای تعیین شود که بتن به طور یکنواخت و بدون جدایش ریخته شود. روی شوت‌های با طول بلند باید پوشانده شود تا از تبخیر آب بتن به وسیله آفتاب یا باد جلوگیری شود. لوله بتن‌ریزی که برای انتقال عمودی بتن از بالا به پایین

استفاده می‌شود، باید مدور و در ۲-۳ متر بالای لوله دارای قطری حداقل ۸ برابر قطر بزرگ‌ترین دانه باشد. این قطر در قسمت‌های پایینی لوله می‌تواند تا ۶ برابر قطر بزرگ‌ترین دانه کاهش یابد. در این روش باید بتن حتما عمودی ریخته شود. این روش برای فواصل عمودی طولانی قابل استفاده است.

۸-٦-٥- پمپ‌ها و عملیات پمپ کردن

در صورتی‌که مهندس ناظر تایید کند، پیمانکار می‌تواند در بتن‌ریزی‌ها از پمپ استفاده کند. استفاده از پمپ نباید به نادیده گرفتن هیچ‌یک از خواص ضروری بتن که در این دفترچه و دفترچه مشخصات فنی خصوصی تعیین می‌شود، منجر شود. بلکه باید پمپی به کارگرفته شود که قادر باشد مخلوط‌های بتن مشخص شده را پمپ کند. مثلا هرگز نباید بزرگ‌ترین اندازه دانه‌ها را کاهش داد تا مخلوط بتن قابل پمپ کردن بشود. پیمانکار باید روش اجرای خود را بر اساس ضرورت‌های مشخص شده برای مخلوط‌های بتن انتخاب کند.

در صورت تایید مهندس ناظر، پیمانکار می‌تواند یکی از انواع پمپ‌های پیستونی، پنوماتیک یا تحت فشار که منطبق بر ACI- 304 باشد را مورد استفاده قرار دهد. تمام لوله‌ها و اتصالات نیز باید منطبق بر استاندارد مذکور باشد.

برای ساخت مخلوط‌های بتنی که قابل پمپ باشد، باید از ماسه منطبق بر جدول (۸-۶) و طبقات شن A, B, C یا D استفاده شود (بند ۸-۳-۲). دانه‌بندی مخلوط سنگدانه‌ها منطبق بر304 ACI- خواهد بود. همانطور که این مرجع توصیه می‌کند، طراحی مخلوط بتنی که پمپ می‌شود با مخلوط‌های بتنی که به روش‌های دیگر ریخته می‌شوند، هیچ تفاوتی نخواهد داشت. اگر مخلوط بتنی در دفترچه مشخصات فنی خصوصی با استفاده از شن رده E مشخص شده است، این مخلوط با روش‌های دیگر و بدون استفاده از پمپ اجرا خواهد شد.

لوله‌ها و شیلنگ‌ها باید دارای قطر داخلی حداقل ۳ برابر قطر بزرگ‌ترین دانه شن شکسته (در صورت استفاده از شن شکسته) و یا ۲/۵ برابر قطر بزرگ‌ترین دانه طبیعی گرد گوشه (در صورت استفاده از شن طبیعی) باشند.

به هنگام اجرای عملیات با پمپ باید پمپ را در نزدیکترین فاصله ممکن نسبت به محل بتن‌ریزی قرارداد و در این محل باید تمام امکانات و فضای مناسب برای اجرای مداوم بتن‌ریزی مهیا باشد. خطوط لوله پمپ باید حداقل خم را داشته باشد و به خوبی مهار شده باشد. انعطاف لوله‌ها و شیلنگ‌ها باید به‌گونه‌ای باشد که در قسمت‌های وسیعی از محل ریختن بتن بتوان آن را مستقیما در محل نهایی ریخت. باید لوازم تولید انرژی و پمپ‌های اضافی برای هنگامی که ماشین‌آلات اصلی خراب می‌شود، درنظر گرفته شود. هنگامی که بتن تا بیش از ۱۵ متر به طرف بالا پمپ می‌شود، بهتراست در نزدیکی پمپ شیر تخلیه‌ای در نظر گرفته شود.

ارتباط مستقیم و مناسب بین مسوول پمپ و گروه بتن‌ریزی از یک‌سو و مسوولین دستگاه‌های توزین از سوی دیگر الزامی است. برای اجتناب از گیرش بتن و مسدود شدن لوله‌ها، بهتر است عملیات پمپ کردن به طور مداوم اجرا شود. اگر به هر دلیلی لوله‌ای مسدود شد، بتنی که در آن است باید از لوله تخلیه و به محل دیگری حمل شود. این بتن نباید به داخل قالب ها ریخته شود.

نمونه‌گیری‌ها از بتنی که پمپ می‌شود، در دو نقطه انجام می‌شود. در محلی که بتن به پمپ تحویل می‌شود و در نقطه‌ای که بتن از لوله‌های پمپ خارج می‌شود. افت و مقدار هوای موجود در این نمونه‌ها اندازه‌گیری شده و با هم مقایسه می‌شود. هر اختلافی در نتایج افت و مقدار هوای نمونه بتن تازه ماخوذ از این دو نقطه، فقط با نظر و تایید مهندس ناظر قابل قبول خواهد بود. نمونه‌گیری‌ها برای تعیین خواص بتن سخت شده در انتهای لوله پمپ انجام می‌شود.

۸-۶-۶- تسمه نقاله

هنگامی که حمل بتن با افت کم، بتن با دانه‌های درشت، بتن حجیم یا بتن غلتکی (به بند ۸-۱۵-۱۰ رجوع شود) مورد نظر باشد، می‌توان از تسمه‌های نقاله استفاده کرد. عملیات حمل ممکن است از ترکیب تسمه نقاله و تراک میکسر یا تسمه نقاله و کامیون و یا ترکیب‌های دیگر تسمه نقاله با سایر روش‌ها نیز انجام شود. مواردی که در طراحی تسمه‌های نقاله باید توسط پیمانکار مورد نظر باشد، عبارت است از:

- تمام اجزای یک سامانه تسمه نقاله (به ویژه موتورهای محرکه، قاب نگهدارنده و کل سامانه سازه‌ای تسمه‌های نقاله) باید قادر باشد وزن بتن را تحمل کند.
- خود نقاله و یا مکانیزم تخلیه آن باید قادر باشد بر روی تمام محل بتن‌ریزی حرکت کند و تمام قسمت‌های بتن‌ریزی را بدون نیاز به حمل مجدد بتن در محل نهایی آن، بدون تاخیر در بتن‌ریزی، تخلیه کند. هنگامی که بتن به‌صورت لایه لایه ریخته می‌شود، این قدرت مانور باید بسیار بیش‌تر باشد تا تراکم بتن به‌موقع انجام شود.
- تسمه حمل بتن باید قادر باشد در موقعی که حداکثر بار بر روی آن است، توقف کند، متوقف بماند و دوباره حرکت کند، چرا که بتن‌ریزی نباید سریع تر یا کندتر از مراحل تراکم و پرداخت انجام شود.
- به طور کلی باید این اطمینان وجود داشته باشد که تسمه‌های نقاله قادرند بدون خرابی تحت حداکثر ظرفیت خود کار کنند.
- هنگامی که یک نوبت بتن‌ریزی آغاز می‌شود، باید به طور مداوم و بدون تاخیر تا پایان کار ادامه یابد، تا از بروز درزهای سرد جلوگیری شود. یعنی ظرفیت تسمه‌های نقاله باید متناسب با حجم بتن‌ریزی‌ها و سرعت تولید و حمل بتن طراحی شود.

طراحی تمام قسمت‌های یک سامانه تسمه نقاله باید منطبق بر ACI - 304 باشد و به هر حال آنچه در طراحی تمام این قسمت‌ها باید مدنظر پیمانکار باشد، کیفیت نهایی بتن است. یعنی بتنی که با تسمه نقاله حمل می‌شود، در پایان مسیرحمل و در محل بتن‌ریزی باید دارای مشخصات مندرج در این مشخصات فنی عمومی و مشخصات فنی خصوصی باشد.

سامانه تسمه نقاله باید در شرایط کارگاهی، قبل از انجام هرگونه بتن‌ریزی مورد آزمایش قرار گیرد. با حمل کم‌تر از ۶ متر مکعب بتن بر روی هر تسمه نقاله‌ای می‌توان تمام سامانه را آزمایش کرد. اگر سامانه در این شرایط به‌صورت رضایت‌بخش عمل کند، می‌توان پنداشت که در شرایط بتن‌ریزی نیز به خوبی عمل خواهد کرد.

آزمایش‌های بتن تازه و نمونه‌گیری‌ها برای آزمایش‌های بتن سخت شده که در محل تخلیه تسمه نقاله انجام می‌شود، باید تضمین مناسبی برای صحت عملیات رضایت‌بخش حمل با تسمه نقاله را تامین کند. اگرچه نمونه‌برداری‌ها و آزمایش‌ها برای کنترل کیفیت بتن بهتر است درمحل بتن‌ریزی انجام شود، اما اگر ثابت شود که این نمونه‌برداری‌ها و آزمایش‌ها نتایج مشابهی با نمونه‌برداری‌ها و آزمایش‌ها در محل تولید یا بارگیری تسمه نقاله دارد، می‌توان نمونه‌برداری و آزمایش را در هر محلی که مهندس ناظر دستور دهد یا تایید کند، انجام داد.

۸-۶-۷- نصب لوله‌ها، بست‌ها وغیره در بتن

لوله‌ها، بست‌ها و سایر لوازم ضروری در بتن، باید مطابق نقشه‌های اجرایی، به طور محکم در محل خود مستقر شوند. این قبیل لوازم باید تمیز و عاری از هر نوع آلودگی باشد و اطراف آنها باید به وسیله بتن کاملا پر شود.

نباید قطعات چوبی را، بدون کسب مجوز از مهندس ناظر، در بتن نصب کرد.

۸-۶-۸- خطاهای مجاز (رواداری ها)

تمام خطاهای مجاز برای سازه‌های بتنی، اجرای کارهای بتنی و مواد متشکله بتن باید به ترتیب اولویت منطبق بر آیین‌نامه بتن ایران و استاندارد ACI- 117 باشد.

۸-۷- تراکم، عمل‌آوری و نگهداری بتن

۸-۷-۱- تراکم بتن

تراکم بتن باید با استفاده از ارتعاش اجرا شود، مگر آن که مهندس ناظر دستورالعملی مبنی بر استفاده از روش‌های دیگر تراکم را (کوبیدن بتن با میله فولادی، بیل زنی، کوبنده‌های موتوری، استفاده از روش‌های مبتنی بر گریز از مرکز، میزهای سقوط و غیره) به پیمانکار ابلاغ کند.

ارتعاش بتن باید با روش‌های ارتعاش داخلی انجام شود، مگر در مواردی مانند جداره بندی تونل‌ها که استفاده از این روش به طور کامل و کاراً مقدور نیست و باید از ارتعاش خارجی یا ترکیبی از روش‌های ارتعاش داخلی و ارتعاش خارجی استفاده شود. به هر حال روش تراکم بتن باید قبل از اجرای بتن‌ریزی به تایید مهندس ناظر برسد و مبتنی بر ACI- 309 باشد.

ویبراتور (دستگاه مرتعش کننده) باید به‌صورت عمودی و درفواصل منظم (حدودا دوبرابر شعاع عمل ویبراتور) در بتن، تحت تاثیر وزن خود، پایین برود و سریعا حداقل ۱۵۰ میلی‌متر به داخل لایه قبلی نفوذ کند. اگر مقطع سازه نازک باشد، می‌توان سر ویبراتور را به‌صورت مایل یا افقی در بتن فرو کرد تا تمام سر آن داخل بتن فرو رود. ویبراتور بین ۵ تا ۱۵ ثانیه در بتن نگه داشته خواهد شد، تا تراکم لازم حاصل شود و سپس به آرامی خارج می‌شود.

برای تراکم بتن در اعضای بسیار نازک و یا اعضایی که شبکه میلگردها در آنها پر ازدحام است و یا برای تراکم مخلوط‌های با افت کم که استفاده از ویبراتورهای داخلی در آنها آسان نیست و یا برای تکمیل تراکم ویبراتورهای داخلی، می‌توان از انواع ویبراتورهای خارجی (مانند ویبراتور قالب ، میزهای ویبره، شمشه‌های ارتعاش دهنده، ویبراتورهای صفحه‌ای، شمشه‌های غلتان ارتعاشی، ماله‌ی آهنی ارتعاشی یا تخته ماله ارتعاشی) استفاده کرد. این ابزار باید بر ACI- 309 منطبق باشد.

۸-۷-۲- عمل‌آوری و نگهداری بتن

برای اطمینان از این که آب کافی و درجه حرارت مناسب در بتن باقی می‌ماند تا بتن بتواند خواص مورد نظر را کسب کند، باید در روزهای اولیه پس از تولید، عملیات عمل‌آوری و نگهداری بتن اجرا شود. دو روش اصلی برای این کار ممکن است به کار گرفته شود: اول ریختن مداوم یا متناوب آب بر روی بتن به وسیله شلنگ، آب‌پاش، بخار، پوشش‌های نخی مرطوب، خاک مرطوب، خاک اره مرطوب، ماسه مرطوب و امثال آن، به طوری که همواره سطح بتن مرطوب بماند؛ و دوم جلوگیری از کاهش مقدار آب بتن با استفاده از کاغذها یا ورق‌های پلاستیکی مسلح یا به کارگیری ترکیبات شیمیایی که بر روی سطح بتن تشکیل لایه نازکی می‌دهد، تا از تبخیر آب جلوگیری کند.

هر یک از این دو روش، ابزار و مواد آنها که پیمانکار بخواهد به کار گیرد، باید منطبق بر ACI- 308 باشد و به تایید مهندس ناظر برسد.

برای تضمین کیفیت روش‌ها، ابزار و مواد مورد استفاده پیمانکار (حسب روش تصریح شده در مشخصات فنی خصوصی یا دستورالعمل‌های کارگاهی) از دو روش مبتنی بر مقاومت و «شاخص بلوغ بتن» می‌توان استفاده کرد. هر دوی این روش‌ها بر مبنای ACI-308 می‌باشد.

حداقل مدت عمل‌آوری و نگهداری در دمای بیش‌تر از ۱۰ درجه سلسیوس برای مخلوط‌های بتن با سیمان تیپ I، ۷ روز و برای مخلوط‌های بتن با سیمان‌های تیب II و III به ترتیب ۱۴ روز و ۳ روز خواهد بود. برای مخلوط‌های بتن که مقادیری از سیمان آنها با مواد پوزولانی جایگزین شده‌اند، حداقل مدت عمل‌آوری و نگهداری ۳ هفته خواهد بود. هرچه هوا خشک‌تر، گرم‌تر و توام با باد بیش‌تری باشد، و همچنین با افزایش نسبت آب به سیمان، باید مقدار و مدت عمل‌آوری و نگهداری از بتن را افزایش داد.

اگر عملیات عمل‌آوری و نگهداری از بتن به دلیل سرد بودن هوا ممکن است موجب یخ زدگی سطوح بتن شود، باید موقتاً این عملیات تعطیل گردد. قطع عملیات عمل‌آوری و نگهداری و از سرگیری آن باید قبلا مورد تایید مهندس ناظر قرار گیرد.

به هر حال عملیات عمل‌آوری و نگهداری، به هر روش و با هر ابزار و موادی، بلافاصله پس از گیرش بتن آغاز می‌شود و سطح بتن تا هنگامی که خواص مورد نظر تحصیل شوند، مورد عمل‌آوری و نگهداری خواهد بود.

۸-۸- درزها

در غالب سازه‌های بتنی وجود درز الزامی است. ابعاد، شکل و حجم بتنی که در معرض تغییرات محیطی و شرایط مکانیکی باشد، تغییر خواهد نمود. این تاثیرات ممکن است موجب جابجایی‌های دائمی ناشی از جمع‌شدگی در خشک شدن، کربناسیون یا خستگی؛ جابجایی‌های نامنظم ناشی از واکنش‌های شیمیایی سولفات‌ها یا حملات قلیایی؛ یا فقط جابجایی‌های ناشی از بارگذاری باشد. با ظهور این جابجایی‌ها و وجود گیرداری‌های بتن در داخل یا خارج آن (دائمی یا موقت)، تنش‌های داخلی بتن از طریق شکل‌گیری یک درز (که عموما آن را ترک می‌نامند) رها می‌شود. طراحان برای جلوگیری از ترک خوردن بتن در جهات و ابعاد غیر قابل پیش‌بینی درزهایی را در محل‌هایی از سازه پیش‌بینی می‌کنند که این جابجایی‌ها را کنترل کرده تا به عملکرد سازه‌ای بتن آسیبی وارد نشود. گاهی نیز برای سهولت و صحت کارهای اجرایی درزهایی در بتن پیش‌بینی می‌شوند.

۸-۸-۱- درزهای اجرایی

درزهای اجرایی درزهایی هستند که برای سهولت عملیات اجرایی در نظر گرفته می‌شود. تمام درزهایی که به دلیل فاصله زمانی نوبت‌های بتن‌ریزی و همچنین تمام درزهای قالب‌بندی شده و قالب‌بندی نشده در جداره‌بندی سازه‌های زیرزمینی جزو درزهای اجرایی محسوب می‌شود، مگر در مواردی که نوع درزها به وسیله مهندس ناظر اعلام می‌شود.

عملیات بتن‌ریزی بدون انقطاع تا محل مورد نظر درزهای اجرایی ادامه پیدا می‌کند. محل و شکل درزها در نقشه‌های اجرایی به وسیله مهندس ناظر یا تعیین و یا تایید می‌شود. محل درزهای اجرایی نشان داده شده در نقشه‌ها نباید تغییر کند، مگر آن که مهندس ناظر به دلایل اجرایی این تغییر مکان‌ها را تایید کند. در صورت چنین تغییری هزینه اضافی برای قالب بندی‌ها، میلگردها و غیره به عهده پیمانکار خواهد بود.

درزهای اجرایی در بدنه سدهای بتنی افقی خواهد بود، مگر در موارد مورد تایید مهندس ناظر. در سایر سازه‌ها درزها افقی یا عمودی هستند، مگر در مورد جداره بندی تونل‌ها. در سطوحی از بتن که در معرض دید هستند، کار به‌گونه‌ای اجرا خواهد شد که درزهای اجرایی منطبق بر درزهای قالب بندی باشد، به طوری که در نهایت درزهای اجرایی عمودی توسط هر ماده سختی (مانند فلز) که مورد تایید مهندس ناظر باشد، شکل می‌گیرد. این ماده سخت بلافاصله پس از گیرش بتن برداشته می‌شود تا بتن‌ریزی قسمت مجاور ممکن شود. در صورت لزوم، بر اساس دستورالعمل مهندس ناظر این سطح باید سند بلاست شده، سپس با آب شسته و به وسیله برس سیمی زبر شود.

سطوح قالب بندی نشده‌ای که اولین سطح یک درز اجرایی باشند، باید به وسیله جت آب و هوا تحت فشاری که حداقل ۷ بار باشد، بلافاصله پس ازگیرش اولیه و قبل از گیرش نهایی تمیز شوند و شستشو آن قدر ادامه پیدا کند، که برسطح بتن دانه‌های سنگی کاملا نمایان باشد و آب شستشو کاملا صاف و شفاف بشود. این سطوح درموقع بتن‌ریزی روی آنها باید تمیز، مرطوب و عاری از مواد چرب، شکننده و سایر مواد مضر باشد تا بهترین پیوند ممکن حاصل شود. سطوحی که پس از شستشو با فشار آب و هوا به طور مداوم، تا قبل از بتن‌ریزی روی آنها، تحت عملیات عمل‌آوری و نگهداری بوده است، نیاز به تمهیدات دیگری ندارد، اما سطوحی که از اتمام عملیات عمل‌آوری و نگهداری آنها مدتی گذشته و یا کاملا خشک شده‌اند، باید از ۲۴ ساعت قبل از بتن‌ریزی مرطوب نگه داشته شود. در درزهای اجرایی بین لیفت‌های بتن حجیم می‌توان، با تایید مهندس ناظر، برای تمیز کردن سطوح از سندبلاست خیس استفاده کرد. بلافاصله قبل از بتن‌ریزی باید تمام آب‌هایی که بر سطوح بتن به‌صورت راکد باقی می‌ماند، جمع آوری شود.

درصورتی‌که بر روی نقشه‌ها مشخص شده باشد و یا به وسیله مهندس ناظر تعیین شود، باید از نوارهای آب‌بند (که مورد تایید مهندس ناظر باشد) در درزهای اجرایی استفاده شود. مشخصات فنی نوارهای آب‌بند در بند ۸-۸-۳ ارائه شده است.

۸-۸-۲- درزهای حرکتی (انبساطی - انقباضی)

درزهای حرکتی باید دقیقا در محل و با ابعادی ساخته شوند که بر نقشه‌های اجرایی یا توسط مهندس ناظر مشخص می‌شود. تمام مواد و مصالحی که در درزهای حرکتی مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید با بند ۸-۸-۳ از این مشخصات، دفترچه مشخصات فنی خصوصی، دستورالعمل‌های مهندس ناظر و توصیه‌های تولیدکنندگان منطبق باشد. هیچ قطعه فلز و میلگردی که در بتن مدفون باشد، در درزهای حرکتی تا سطح دیگر درز ادامه نمی‌یابد.

۸-۸-۳- نوارهای آب‌بند و درزبندها

نوارهای آب‌بند بر اساس دستورالعمل‌های مهندس ناظر تهیه و نصب خواهد شد. نوارهای آب‌بند صفحات بلندی به شکل نوار با ضخامت کم و در عرض‌های مختلف هستند که به منظور آب‌بند کردن درزهای بتن در زمان قالب‌بندی در درزها کار گذاشته می‌شوند و قسمت عمده آنها در بتن قرار می‌گیرد.

نوارهای آب‌بند ممکن است فلزی یا غیر فلزی باشد. نوارهای آب‌بند فلزی انعطاف‌پذیر نیستند و از فولاد، مس، برنز یا سرب ساخته می‌شوند. نوارهای آب‌بند فلزی برای قسمت‌هایی مشخص می‌شود که مقاومت مکانیکی به جای انعطاف‌پذیری مورد نیاز

است. نوارهای آب‌بند غیرفلزی غالبا از لاستیک طبیعی یا مصنوعی مانند لاستیک بوتیل، نئوپرن، لاستیک استایرین بوتادین و لاستیک نیتریل بوتادین و یا پی‌وی‌سی ساخته می‌شود.

نوارهای آب‌بند غیرفلزی به جای مقاومت مکانیکی باید دارای انعطاف‌پذیری بیش‌تر، قابلیت کشیدگی بیش‌تر، ظرفیت بیش‌تر برای تغییرشکل‌های الاستیک، مقاومت شیمیایی بیش‌تر و مقاومت بیش‌تر در مقابل خستگی باشند. برخی از نوارهای آب‌بند غیر فلزی خاصیت ترموالاستیک دارند که جوش‌پذیری و شکل‌پذیری آنها را در کارگاه افزایش می‌دهد. شکل‌های هندسی نوارهای آب‌بند برای تامین خواص متفاوتی در درزهای بتن ساخته می‌شوند که نوع مناسب آنها برای هر درز بر روی نقشه‌ها یا در دستورالعمل‌ها تعیین می‌شود.

درزبندها موادی هستند که از قبل و در کارخانه به نحوی شکل داده می‌شوند که در کارگاه با حداقل کار ممکن در درون درز از قبل اجرا شده، کار گذاشته شوند. اگرچه درزبندهای دیگری نیز ممکن است مورد استفاده قرار گیرند که خواص آنها در مشخصات فنی خصوصی تعیین می‌شود، اما با توجه به این که درزبندهای انعطاف‌پذیر که با فشار به درون درز رانده و کار گذاشته می‌شوند، رایج‌ترین درزبندها هستند، در این مشخصات منظور از درزبند، این نوع آن است. این نوع از درزبندها قطعاتی با طول زیاد هستند که به‌صورتی مجوف از ترکیبات لاستیکی نئوپرن و پلی‌کلروپرن و یا پلی‌یورتان ساخته می‌شوند. این ترکیبات الاستومری دارای مقاومت شدید به خرابی اوزونی، مقاومت در مقابل روغن و بنزین، تغییرشکل سریع الاستیک در تغییرات دما و انعطاف‌پذیری فوق‌العاده هستند. نصب این قطعات به کمک ماده روانسازی[1] اجرا می‌شود که نقش چسب را نیز در چسباندن درزبند به سطوح طرفین درز ایفا می‌کند.

در اجرای نوارهای آب‌بند موارد زیر باید رعایت شود:

- نوارهای آب‌بند باید در انبارهای حفاظت شده از عوامل جوی، روغن، گریس، مواد شیمیایی، غبار، و آسیب‌های فیزیکی نگهداری شوند.
- نوارهای آب‌بند در زمان حمل و نصب و تا زمان تکمیل اجرای هر دو سطح درز بتن باید در شرایط حفاظت شده از موارد فوق نگهداری شوند.
- نوارهای آب‌بند صدمه دیده باید به سرعت از کارگاه خارج شوند.
- تمام نوارهای آب‌بند غیرفلزی و فلزی انعطاف‌پذیر باید حدود ۲۴ ساعت قبل از نصب، از بسته‌بندی خارج شوند.
- نوارهای آب‌بند باید قبل از بتن‌ریزی در محل خود نصب و محکم شوند.
- تمهیدات ضروری برای جلوگیری از جابجایی نوار آب‌بند (به ویژه در بتن‌های حجیم که سنگدانه‌های آن درشت‌دانه است)، باید به تایید مهندس ناظر برسد.
- قسمتی از نوار آب‌بند که در مرحله دوم بتن‌ریزی در سطح دوم درز (به لحاظ زمانی) اجرا می‌شود باید قبل از بتن‌ریزی سطح دوم از روغن، گریس، گرد و غبار، خمیر سخت شده بتن و سایر آلودگی‌ها پاک شود.

1- Lubricant

درزبندها را می‌توان به روش‌های متعددی (از نصب با دست تا نصب با سامانه‌های تمام اتوماتیک) در درزهای بتن جای‌گذاری کرد. در روش اتوماتیک در حین نصب ماده روانساز نیز اعمال می‌شود. در روش دستی لازم است که عرض درزبند کمی بزرگ‌تر از عرض درز باشد و با اعمال فشار به قسمت خارجی درزبند، آن را در درز فرو برد. روش‌های دیگری نیز وجود دارد که نیازمند ابزار خاص برای اعمال فشار به درزبند در هر دو جهت عمود و هم‌راستا با طول درزبند است، و برای درزبندی درزها با درزبندهای با عرض بیش‌تر از عرض درز به کارمی‌رود. به هر حال تمام روش‌های نصب نیازمند یک روانساز و/یا چسب برای نصب صحیح درزبندها هستند.

تمام آب‌بندها و درزبندها باید قبل از استفاده مورد آزمایش قرار گیرند تا از انطباق خواص آنها با این مشخصات فنی عمومی و مشخصات فنی خصوصی اطمینان حاصل شود. هر ماده درزبند یا نوارآب‌بندی که الزامات مشخصات فنی را دارا نباشد، مردود بوده و باید به سرعت از کارگاه خارج شود. پذیرش یا رد کیفیت این قبیل مواد تنها با ارزیابی کامل آنها به روش‌های مندرج در این مشخصات فنی عمومی و مشخصات فنی خصوصی هر طرح انجام خواهد شد. انواع نوارهای آب‌بند (بسته به نوع مورد مصرف) باید منطبق بر استانداردهای زیر باشد:

- مشخصات فنی آب‌بندهای مسی[1] باید منطبق بر CRD-C 546 (ASTM B 152) و ASTM B 370 باشد.
- مشخصات فنی آب‌بندهای فولاد ضد زنگ[2] باید منطبق بر ASTM A 167 باشد.
- مشخصات فنی آب‌بندهای فولادی[3] باید منطبق بر ASTM A 109 و ASTM A 570 باشد.
- مشخصات فنی آب‌بندهای سربی[4] باید منطبق بر ASTM B 749 باشد.
- مشخصات فنی آب‌بندهای برنزی[5] بر اساس نوع آلیاژ مصرفی در آنها باید منطبق بر یکی از استانداردهای ASTM B 150، ASTM B 169، ASTM B 103 یا ASTM B 138 باشد.
- مشخصات فنی نوارهای آب‌بند لاستیکی[6] باید منطبق بر CRD-C 513 باشد.
- مشخصات فنی نوارهای آب‌بند پی وی سی[7] اصلاح شده باید منطبق بر CRD-C 572 باشد.
- مشخصات فنی درزبندها و روانسازها (بسته به مورد مصرف) منطبق بر استانداردهای زیر خواهد بود:
- درزبندهای مورد استفاده در روسازی‌ها باید منطبق بر ASTM D2628 (CRD-C 531) باشند.
- درزبندهای مورد استفاده در عرشه پل‌ها باید منطبق بر ASTM D3542 باشند.
- درزبندهای مورد استفاده در درزهای قطعات پیش‌ساخته که به هنگام تولید قطعات بر روی آنها نصب می‌شوند و با فشار بر روی هم، درز را آب‌بندی می‌کنند[8]، باید منطبق بر ASTM C509 (CRD-C 549) باشند.

1- Copper
2- Stainless Steel
3- Steel
4- Lead
5- Bronze
6- Rubber
7- Poly Vinyl Chloride
8- Gasket

- روانسازها باید منطبق بر ASTM D2835 (CRD-C 532) باشند.

هنگامی که برای انجام آزمایش‌های ضروری، نمونه‌برداری‌ها در کارخانه تولید کننده یا در کارگاه انجام می‌شود، نمونه‌برداری در حضور نماینده مهندس مشاور انجام خواهد شد. در هر نمونه‌برداری، نمونه ماخوذ باید با شماره و تاریخ تولید محصول، محل دقیق نمونه‌برداری در کارخانه یا کارگاه، تاریخ نمونه‌برداری و نام شخص نمونه‌بردار مشخص و به آزمایشگاه ارسال شود.

نوارهای آب‌بند فلزی برای شناسایی ترکیب شیمیایی، و خواص مکانیکی مانند مقاومت کششی، افزایش طول در کشش، سختی و مقاومت در خمش آزمایش می‌شوند.

نوارهای آب‌بند غیرفلزی بر اساس یکی از استانداردهای CRD-C 513 یا CRD-C 572 (هر کدام که مربوط باشد) آزمایش خواهند شد.

درزبندها بر اساس استاندارد CRD-C 531 آزمایش خواهند شد.

نوارهای آب‌بند در بلندترین طول‌های ممکن تهیه خواهد شد تا از اتصال‌های ضروری در کارگاه کاسته شود. برای اتصالات L شکل یا T شکل از انواع خاص نوار آب‌بند استفاده خواهد شد.

نوار آب‌بند نباید از پی وی سی اصلاح شده ساخته شده باشد، بلکه ترجیحا باید ازانواع پی وی سی یا لاستیک طبیعی یا مصنوعی باشد که افزایش طول نهایی آنها بیش‌تر از ۳ برابر باشد. آب‌بندها باید در محل درزهای مشخص شده در نقشه‌ها و یا درزهای مورد نظر مهندس ناظر به‌گونه‌ای نصب شود که نفوذ آب از طرفی به طرف دیگر درز غیر محتمل باشد. باید پس از نصب نوارهای آب‌بند، نظام متوالی آب‌بندی در سازه به وجود آمده باشد.

پیوستگی بتن و نوار آب‌بند در تمام نقاط تماس آنها برای آب‌بند کردن سازه بسیار مهم است. در زمان‌هایی که بخش‌هایی از نوار آب‌بند از بتن بیرون می‌ماند، باید تمهیدات و حفاظ‌های ضروری برای جلوگیری از آسیب به نوارهای لبه‌ها وگوشه‌های سازه در نظر گرفته شود. اگر مدت بیرون ماندن قسمت‌هایی از نوار آب‌بند از بتن بیش‌تر از یک ماه باشد باید آن قسمت‌ها با پوشش‌های مناسب پوشانده شود. استفاده از وسایل بتن‌ریزی، قالب‌بندی، ارتعاش بتن، میلگردها و غیره نباید به نوار آب‌بند صدمه بزند. قسمت‌های آسیب دیده نوار آب‌بند باید به هزینه پیمانکار تعویض یا تعمیر شود. نوارهای آب‌بند بر اساس دستورالعمل تولیدکننده آنها به یکدیگر متصل خواهد شد. قسمت‌هایی از نوار که پیوند خورده است، باید حداقل ۷۵ درصد مقاومت کششی قسمت‌های دیگر را دارا باشد.

۸-۹- طراحی مخلوط و مخلوط‌های آزمایشی

۸-۹-۱- طراحی مخلوط

طراحی مخلوط ممکن است بر اساس یکی از روش‌های نظری[۱] و یا ترکیبی از این روش‌ها انجام شود و یا بر اساس روش تجربی سعی و خطا در آزمایشگاه صورت گیرد.

۱- مثلا Rood Note No.4, DOE, ACI و مانند آن‌ها

پیمانکار موظف است برای هر یک از رده‌های بتن، جداگانه نتایج تمام طراحی‌ها و آزمایش‌های انجام شده را، ۶ هفته قبل از آغاز عملیات، به مهندس ناظر گزارش کند. پیمانکار باید طراحی‌های مخلوط مورد نظر خود را (همراه با نتایج آزمایش‌های انجام شده بر مخلوط‌های آزمایشی) پیشنهاد و تاییدیه مهندس ناظر را کسب کند. تنها طراحی‌های مخلوط مورد تایید مهندس ناظر می‌تواند در عملیات مورد استفاده قرار گیرد.

طراحی‌ها بر اساس مقاومت متوسطی انجام می‌شود که به اندازه ثابتی بیش‌تر از مقاومت مقرر باشد، چرا که فقط ۵ درصد آزمایش‌ها در طول کارهای بتنی مجازند از مقاومت مقرر کم‌تر باشند. اندازه ثابت مذکور که بر اساس روش‌های آماری در طول اجرای عملیات تصحیح خواهد شد، در ابتدای عملیات برای مقاومت فشاری تمام رده‌های بتن ۷ مگاپاسکال خواهد بود.

طراحی مخلوط باید قادر باشد اقتصادی‌ترین مخلوط‌هایی را موجب شود که مشخصات مندرج در جدول رده‌بندی بتن که در دفترچه مشخصات خصوصی آمده است (به بند ۸-۴رجوع کنید)، را تامین کند.

۸-۹-۲- مخلوط‌های آزمایشی

پیمانکار موظف است بر اساس طراحی‌های مخلوط مورد نظر خود، مخلوط‌های آزمایشی تهیه کند و برای هر یک از طراحی‌ها حداقل دو قالب (استوانه یا مکعب) برای آزمایش مقاومت ۷ روزه، حداقل ۲ قالب برای آزمایش ۲۸ روزه و حداقل ۲ قالب برای آزمایش ۹۰ روزه ساخته و در شرایط آزمایشگاهی نگهداری کند. در صورت لزوم (یا دستورالعمل مهندس ناظر) نمونه‌هایی نیز برای آزمایش مقاومت کششی یا مقاومت فشاری تسریع شده (۱ روزه) ساخته خواهد شد.

مکعبی یا استوانه‌ای بودن نمونه‌ها بر اساس دستورالعمل مهندس ناظر و با توجه به آیین‌نامه مورد استفاده در محاسبات سازه‌ای تعیین خواهد شد. در صورت لزوم می‌توان از ضرایب تبدیل این انواع قالب به یکدیگر نیز استفاده کرد. ابعاد نمونه‌ها باید بر اساس بزرگی سنگدانه‌ها و استانداردهای ASTM تعیین شود.

هر مخلوط آزمایشی با همان مصالحی (آب، سیمان، سنگدانه و افزودنی) ساخته خواهد شد، که در کارهای بتنی مورد استفاده خواهد بود. مخلوط‌های آزمایشی باید بر اساس ASTM C192 و در صورت لزوم بر اساس ASTM C31 ساخته و نگهداری شود و آزمایش مقاومت فشاری بر اساس ASTM C39 انجام خواهد شد. آزمایش افت، تعیین درصد هوای موجود در بتن تازه و نمونه‌گیری‌های استوانه‌ای پس از عبور از الک ۳۸ میلی‌متر (برای بتن حجیم) باید بر اساس استانداردهای ASTM C31, ASTM C173 و ASTM C143 انجام شود. ساخت و آزمایش نمونه‌های مخلوط‌های آزمایشی به شکل مکعب بر اساس B.S.1881 خواهد بود.

۸-۱۰- تضمین کیفیت و معیارهای انطباق مخلوط‌های بتن

تضمین کیفیت بتن در حالت‌های تازه و سخت شده به تمام عواملی وابسته است که در این دفترچه آمده است و تمام بندهای این مشخصات و دفترچه مشخصات فنی خصوصی باید به دقت اجرا شود.

هر کیفیت ویژه‌ای که برای مواد اولیه، روش‌های تولید و اجرا و مخلوط‌های بتن در حالت‌های تازه و سخت شده در مشخصات فنی خصوصی قید شده باشد و یا توسط مهندس ناظر ابلاغ شود، باید به دقت و صحت تامین شود.

معیارهای تطابق برای مخلوط‌های بتن به شرح ۸-۱۰-۱ تا ۸-۱۰-۸ هستند.

۸-۱۰-۱- کلیاتی درباره معیارهای انطباق مقاومتی

معیارهای انطباق مقاومتی در شرایطی که تعداد آزمایش‌ها کم‌تر از سه آزمایش باشد، معتبر نیستند. اگر بین دو نوبت بتن‌ریزی (یک رده بتن) بیش‌تر از یک ماه فاصله باشد، نتایج آزمایش‌های قبل از این فاصله زمانی با نتایج آزمایش‌های جدید یک مجموعه آماری واحد تشکیل نمی‌دهد و باید جداگانه بررسی شود. اگر مقدار نمونه‌گیری از نوبت‌ها و احجام بتن‌ریزی تغییر کند، مجموعه آماری جدیدی به وجود می‌آید که جدای از مجموعه آماری پیش از تغییر در مقدار نمونه‌گیری بررسی خواهد شد. در صورتی‌که بتن یک سازه در دو یا چند محل مختلف تولید می‌شود و یا اگر اجرای بتن یا سازه (حمل، ریختن و جای‌گذاری و غیره) با روش‌های مختلف انجام می‌شود، مجموعه‌های آماری متفاوتی از نتایج آزمایش‌های مقاومتی حاصل می‌شود که باید جداگانه بررسی شود. نتایج منفرد آزمایش‌ها، در صورتی‌که در دفترچه مشخصات فنی خصوصی درج شده باشد، برای تطبیق اجرا با مشخصات ملاک خواهد بود (سامانه پذیرش کیفیت)، اما کنترل کیفیت همواره بر اساس آنالیزهای آماری خواهد بود.

بدیهی است که تمام ضرایب تصحیح از جمله ضرایب تصحیح برای شکل نمونه‌ها، ضرایب تصحیح برای عمر نمونه‌ها و ضرایب تصحیح برای ابعاد نمونه‌ها باید اعمال شوند و نتیجه گزارش شده نتیجه‌ای باشد که حاصل اعمال ضرایب لازم در قرائتی باشد که بر دستگاه آزمایش خوانده می‌شود. به طور کلی برای هر رده بتن، از روش‌هایی استفاده خواهد شد که با یک جامعه آماری واحد بتوان در مورد انطباق آن با مشخصات قضاوت کرد، مگر آن که مهندس ناظر و یا دفترچه مشخصات فنی خصوصی به‌گونه دیگری تعیین کرده باشند.

۸-۱۰-۱-۱- معیارهای انطباق مقاومت فشاری

اگر ملاک انطباق بتن با مشخصات، مقاومت فشاری باشد، هنگامی که هر دو شرط زیر تامین شود، بتن منطبق بر مشخصات تلقی خواهد شد:

۸-۱۰-۱-۱-۱- شرط اول

میانگین آخرین سه آزمایش فشاری متوالی بر نمونه‌های بتن باید همواره بیش‌تر از مقاومت فشاری مقرر باشد.

۸-۱۰-۱-۱-۲- شرط دوم

نتیجه مقاومت فشاری هیچ نمونه‌ای نباید بیش از ۴ MPa کم‌تر از مقاومت فشاری مقرر باشد.

۸-۱۰-۱-۲- معیارهای انطباق مقاومت کششی

اگر معیار انطباق بتن با مشخصات مقاومت کششی باشد، هنگامی که هر دو شرط زیر تامین شود، بتن منطبق بر مشخصات تلقی خواهد شد:

۸-۱۰-۱-۲-۱- شرط اول

میانگین آخرین سه آزمایش مقاومت کششی متوالی بر نمونه‌های بتن باید همواره بیش‌تر از مقاومت کششی مقرر باشد.

۸-۱۰-۱-۲-۲- شرط دوم

نتیجه مقاومت کششی هیچ نمونه‌ای نباید بیش‌تر از N/mm^2 ۰/۳کم‌تر از مقاومت کششی مقرر باشد.

۸-۱۰-۲- معیارهای انطباق برای چگونگی و تعداد نمونه‌گیری

هر نمونه منفرد متشکل خواهد بود از حداقل ۵ قالب استوانه‌ای که به روش ASTM C31 ساخته می‌شود. در صورت استفاده از قالب مکعبی، نمونه‌گیری‌ها به روش B.S.1881(Part 101) انجام خواهد شد و به روش B.S.1881 (Part 108) به‌صورت مکعبی قالب‌گیری خواهد شد. آزمایش مقاومت فشاری با دستگاه‌های منطبق بر B.S.1881 (Part 115) و منطبق بر روش‌های ASTM C39 و یا B.S.1881 (Part 116) انجام خواهد شد. قالب‌های نمونه استوانه‌ای منطبق بر ASTM C470 و قالب‌های مکعبی منطبق بر B.S.1881 (Part 108) خواهد بود. آزمایش تعیین مقاومت کششی نمونه‌های بتن باید بر اساس ASTM C496 باشد.

حداقل دفعات نمونه‌گیری باید به‌گونه‌ای باشد که هر ۴ نمونه‌گیری متوالی (حداقل ۲۰ قالب) معرف حداکثر ۶۰ متر مکعب بتن باشد. هنگامی که یک نتیجه آزمایش، معیارهای مندرج در بندهای ۸-۱۰-۱-۱-۲ و یا ۸-۱۰-۱-۲-۲ را تامین نکند، تنها پیمانه‌ای که نمونه‌گیری از آن انجام شده است، مورد تردید خواهد بود.

۸-۱۰-۳- معیارهای انطباق حداقل و حداکثر مقدار سیمان

۸-۱۰-۳-۱- بازرسی‌های عینی و ثبت کامپیوتری

هنگامی که در دفترچه مشخصات فنی خصوصی مشخص شده باشد که مقدار سیمان باید با بازرسی‌های عینی یا با استفاده از ثبت کامپیوتری پیمانه‌ها کنترل شود، مقدار سیمان هرگز نباید از ۹۵ درصد مقدار مشخص شده برای حداقل مقدار سیمان کم‌تر یا از ۱۰۵ درصد مقدار مشخص شده برای حداکثر مقدار سیمان بیش‌تر باشد.

۸-۱۰-۳-۲- آزمایش تعیین مقدار سیمان

هنگامی که در دفترچه مشخصات فنی خصوصی مشخص شده باشد که برای تعیین مقدار سیمان در بتن تازه باید از آزمایش(Part 2) B.S.1881 استفاده شود، مقدار سیمان هرگز نباید از ۹۰ درصد مقدار مشخص شده برای حداقل مقدار سیمان کم‌تر و یا از ۱۱۰ درصد مقدار مشخص شده برای حداکثر مقدار سیمان بیش‌تر باشد.

۸-۱۰-٤- معیارهای انطباق حداکثر نسبت آب به سیمان

۸-۱۰-٤-۱- استفاده از آزمایش افت (افت بتن)

اگر ثابت شده باشد که برای مصالح موجود در کارگاه رابطه قابل تعریفی بین نسبت آب به سیمان و نتایج آزمایش افت وجود دارد، می‌توان از آزمایش افت برای کنترل حداکثر نسبت آب به سیمان استفاده کرد. در این صورت باید این اطمینان حاصل شود که کیفیت مصالح و روش‌های تولید یکسان باقی می‌ماند. اگر رابطه یاد شده در بالا تعریف شد، نسبت آب به سیمان هرگز نباید از ۱۰۵ درصد حداکثر مجاز نسبت آب به سیمان بیش‌تر شود.

۸-۱۰-٤-۲- آزمایش آنالیز بتن تازه

اگر برای کنترل نسبت آب به سیمان از آزمایش آنالیز بتن تازه (B.S.1881 Part 2) استفاده می‌شود، نسبت آب به سیمان هرگز نباید از ۱۱۰ درصد نسبت آب به سیمان مقرر بیش‌تر باشد.

۸-۱۰-۵- معیارهای انطباق کارایی بتن

کارایی بتن برحسب نتایج آزمایش افت باید منطبق بر جدول (۸-۱۸) و مشخصات فنی خصوصی باشد.

۸-۱۰-٦- معیارهای انطباق مقدار هوای موجود در بتن

درصد هوای موجود در بتن تازه که بر روی نمونه‌های برداشته شده از محل بتن‌ریزی آزمایش می‌شود بر اساس ASTM C231 تعیین خواهد شد و باید در محدوده ۱/۵ ٪± از درصد مقرر برای هوای موجود در بتن باشد. میانگین نتایج چهار آزمایش متوالی متاخر به روش فوق باید ۱٪± درصد مقرر برای هوای موجود در بتن باشد.

۸-۱۰-۷- معیارهای انطباق درجه حرارت بتن تازه

درجه حرارت بتن تازه در محل بتن‌ریزی باید در دامنه حداکثر ۲± درجه سانتی‌گراد درجه حرارت مقرر باشد.

۸-۱۰-۸- معیارهای انطباق چگالی بتن کاملا متراکم

چگالی بتن کاملا متراکم شده نباید از ۹۵٪ حداقل مقدار مقرر کم‌تر و یا از ۱۰۵٪ حداکثر مقدار مقرر بیش‌تر باشد.

۸-۱۰-۹- عدم انطباق

۸-۱۰-۹-۱- بتن تازه

در صورتی‌که در آزمایش‌های بتن تازه معلوم شود که بتن بر مشخصات فنی انطباق ندارد، پیمانه‌هایی از مخلوط‌های بتن که کیفیت آنها بدون انطباق با مشخصات تشخیص داده می‌شود، باید به سرعت از محل بتن‌ریزی دور و در محل مورد نظر مهندس ناظر تخلیه شود. تمام خسارات و هزینه‌های مواد اولیه، ساخت، حمل و ارجاع این قبیل مخلوط‌ها و سایر هزینه‌های مترتب بر آنها به عهده پیمانکار خواهد بود.

۸-۱۰-۹-۲- بتن سخت شده

در صورتی‌که در آزمایش‌های مقاومتی معلوم شود که برخی از پیمانه‌های بتن مصرف شده منطبق بر مشخصات نیست، موارد زیر اجرا خواهد شد:

باید کمیته‌ای ۳ نفره با شرکت نمایندگان معرفی شده کارفرما، پیمانکار و مهندس ناظر برای داوری در مورد مخلوط‌های بتن غیر منطبق بر مشخصات و یا مخلوط‌هایی که انطباق آنها با مشخصات مورد تایید است، تشکیل شود. این کمیته اقدام ضروری در مورد این قبیل مخلوط‌ها را تعیین می‌کند.

درصورت تردید در مورد مخلوط بتنی با مشخصات، «کمیته داور»، که از این پس داور خوانده می‌شود، ممکن است اقدامات زیر را انجام دهد:

- اگر بتن‌ریزی بر روی مخلوط‌های سخت شده مورد تردید انجام می‌شود، باید پس از معلوم شدن آزمایش‌های ۷ روزه این کار انجام شود، مگر به تشخیص مهندس ناظر و با شرط لازم استفاده از نتایج آزمایش مقاومت با نگهداری تسریع شده در آزمایشگاه که آزمایشی یک روزه است.
- اگر نتایج آزمایش‌های ۷ روزه (یا یک روزه تسریع شده) بیانگر عدم انطباق «قطعی» مخلوطی با مشخصات باشد، پس از ارزیابی نتایج و چگونگی نمونه‌برداری‌ها و آزمایش‌ها و تایید مجدد آنها و همچنین بازرسی‌ها یا آزمایش‌های ثانوی که «کمیته داور» صلاح بداند، ممکن است عدم انطباق مخلوط مورد نظر با مشخصات به وسیله کمیته داور تصویب شود. در مورد مخلوط‌های بتن با سیمان‌های کندگیرکننده هم از آزمایش ۷ روزه[1] و ضرایب تبدیل به مقاومت ۲۸ روزه (و ۴۲ روزه فقط در صورت طراحی سازه بر حسب سیمان نوع I) استفاده می‌شود.
- اگر نتایج آزمایش‌های ۷ روزه (یا یک روزه تسریع شده)، سازه اجرا شده را مورد تردید قرار می‌دهند و اطمینان از انطباق یا عدم انطباق آن با مشخصات غیرممکن باشد، در این صورت باید بتن‌ریزی مجدد بر روی سازه مورد تردید انجام نشود تا نتایج آزمایش‌های ۲۸ روزه معلوم شود. در این صورت صحت نتایج آزمایش‌ها بررسی می‌شود. همچنین کمیته داور می‌تواند انجام آزمایش‌های ثانوی (مغزه گیری یا آزمایش‌های غیر مخرب) را درخواست کند. پس از جمع‌آوری تمام اطلاعات در مورد پیمانه‌های مورد سوال از مخلوط (با توجه به مندرجات بند ۶-۶ از آیین‌نامه بتن ایران) در صورتی‌که کمیته داور عدم انطباق با مشخصات را تصویب کند، ممکن است یکی از رای‌های زیر را صادر کند:

الف- اگر نتایج آزمایش‌ها، بازرسی‌ها و آزمایش‌های ثانوی بیانگر این مطلب باشد که هیچ یک از دو شرط ۸-۱۰-۱-۱-۱ و ۸-۱۰-۱-۱-۲ (یا ۸-۱۰-۱-۲-۱ و ۸-۱۰-۱-۲-۲) و یا فقط شرط ۸-۱۰-۱-۱-۲ (یا ۸-۱۰-۱-۲-۲) تامین نمی‌شود، بتن مذکور ممکن است به هزینه پیمانکار تخریب و از محل دور شود و بتن مناسب جایگزین آن گردد، مگر آن که کمیته داور به دلیل محل بتن، کاربرد آن یا هر دلیل فنی دیگری تشخیص دهد که ضعف مقاومتی بتن مورد سوال موجب وضعیت بحرانی نخواهد شد.

ب- اگر مخلوط بتن مورد سوال تنها شرط ۸-۱۰-۱-۱-۱ (یا ۸-۱۰-۱-۲-۱) را تامین نمی‌کند، رای کمیته داور می‌تواند اضافه کردن ۲۰ کیلوگرم سیمان درهر متر مکعب مخلوط بتن در ادامه عملیات بتنی باشد.

ج- کمیته داور می‌تواند جرایمی متناسب با چگونگی عدم انطباق، اهمیت سازه و سایر عوامل موثر بر قضاوت، برای پیمانکار در نظر بگیرد. این جرایم ممکن است در دفترچه مشخصات فنی خصوصی یا حسب توافق‌نامه‌های کارگاهی تعیین شود. درصورتی‌که کمیته داور چنین رای دهد، پیمانکار باید سازه مورد سوال را تعمیر و تقویت کند.

۱- و نه آزمایش‌های ۱۰ روزه و مانند آن که استاندارد نیستند

۸-۱۰-۱۰- کنترل آماری کیفیت

کنترل کیفی مخلوط‌های بتن با استفاده از تکنیک‌های آماری از طریق دو عامل مهم انجام می‌شود. اول بیش‌تر بودن دائمی میانگین نتایج آزمایش‌ها از مقاومت مقرر و دوم تامین حداقل پراکندگی در نتایج آزمایش‌ها. با توجه به این که مقدار نظری احتمال وقوع این مطلب که مقدار تمام نتایج آزمایش‌ها بیش‌تر از مقاومت مقرر باشد، صفر است، بنابراین ۵ درصد از نتایج آزمایش‌ها مجازند که کم‌تر از مقاومت مقرر باشند. لذا ضریب ثابت ۱/۶۴ در انحراف معیار نتایج آزمایش‌ها ضرب می‌شود و حاصل ضرب با مقاومت مقرر جمع خواهد شد تا مقاومت میانگین مورد طراحی به دست آید. انحراف معیار و میانگین نتایج آزمایش‌ها در ابتدای عملیات معلوم نیستند، بنابراین در طراحی‌های اولیه مخلوط، مقاومت مقرر را با ۷Mpa جمع می‌کنیم تا مقاومت مورد طراحی حاصل شود.

۸-۱۱- بتن‌ریزی در شرایط ویژه

در هر شرایط ویژه باید از روش‌های بتن‌ریزی مطمئن استفاده شود به طوری که مخلوط بتن کم‌ترین تاثیر را از آن شرایط بپذیرد و با بهترین کیفیت اجرا شود

۸-۱۱-۱- بتن‌ریزی در زیر آب

به‌طور کلی توصیه می‌شود، درصورت امکان از بتن‌ریزی در زیر آب اجتناب شده و اگر میسر باشد، محل بتن‌ریزی خشک شده و سپس بتن‌ریزی انجام گیرد. در صورتی‌که دلایل فنی خاص و یا صرفه‌های اقتصادی ایجاب کند که بتن‌ریزی در زیرآب اجرا گردد، روش اجرای این بتن‌ریزی باید قبلا به‌صورت کتبی تشریح شده و مورد تایید مهندس ناظر قرار گیرد. به هرحال برای قطعات نازک از بتن‌ریزی در زیر آب استفاده نخواهد شد.

مخلوط بتنی که در زیر آب ریخته می‌شود، خواص زیر را خواهد داشت:

- افت بتن ۴۰ ± ۱۶۰ میلی‌متر خواهد بود. ضمن این روانی زیاد، بتن باید دارای حالت خمیری و چسبنده باشد.
- حداقل مقدار سیمان در مخلوط بتن برای اجرای بتن‌ریزی در زیر آب ۳۵۰ کیلوگرم در متر مکعب بتن خواهد بود.
- مخلوط بتن باید نسبت به مخلوط‌های بتن مشابه که در خشکی اجرا می‌شود، دارای ماسه بیش‌تری باشد (بین ۴۵ تا ۵۰ درصد کل سنگدانه‌ها). این ماسه باید حداقل ۱۰ درصد عبوری از الک شماره ۳۰ و ۲ درصد عبوری از الک شماره ۱۰۰ داشته باشد.
- سنگدانه مورد استفاده طبیعی و گردگوشه خواهد بود.
- استفاده از افزودنی‌های حباب‌ساز می‌تواند برای حصول کارایی مطلوب مفید باشد.
- رده‌های شن که می‌توان آنها را برای ساخت مخلوط‌های بتن قابل اجرا در زیر آب استفاده کرد، عبارتند از مخلوط A وB یا مخلوط A، B و C که الزامات دانه‌بندی مندرج در جدول (۸-۹) را تامین کند.

در این روش بتن‌ریزی، قالب باید علاوه بر تامین شکل و ابعاد قطعه مورد نظر، از مخلوط بتن در مقابل جریان‌های آب و امواج تا گیرش بتن، محافظت و همچنین باید از شستشوی سیمان و تراوش خمیر سیمان به بیرون از قالب‌ها جلوگیری کند. اگر چه قالب

باید قادر باشد بتن را از ضربات و نیروهای سایشی جریان‌های آب محافظت کند، اما بهتر است با ایجاد فرازبندهایی در اطراف محل بتن‌ریزی سرعت جریان‌های آب را کاهش داد.

روش‌های متعددی ممکن است برای اجرای بتن‌ریزی در زیر آب مورد استفاده قرار گیرد که در صورتی‌که این روش‌ها استاندارد شده باشد، اجرای بتن‌ریزی مبتنی بر آن استانداردها خواهد بود.

۸-۱۱-۱-۱- روش لوله خرطومی (ترمی[1])

این روش با استفاده از لوله‌ای مستقیم با طول کافی انجام می‌شود که از سکوی بتن‌ریزی در روی سطح آب تا پایین‌ترین محل بتن‌ریزی امتداد دارد. در قسمت بالای این لوله یک قیف وجود دارد و انتهای این لوله باید در تمام مدت بتن‌ریزی در بتن تازه مدفون باشد. در این روش، عملیات بتن‌ریزی به‌صورت پیوسته ادامه خواهد داشت و سطح بالای بتن همواره تراز خواهد بود. اجرای بتن‌ریزی با این روش باید کاملا منطبق بر ACI 304 باشد.

۸-۱۱-۱-۲- بتن‌ریزی با باکت و جرثقیل

در این روش از باکت‌هایی استفاده می‌شود که از پایین تخلیه می‌شوند. دریچه تخلیه توسط یک غواص یا کابل مرتبط به سکوی بتن‌ریزی باز می‌شود. قسمت فوقانی باکت باید توسط پوشش مناسبی بسته شود تا از شسته شدن دوغاب بتن جلوگیری شود.

۸-۱۱-۱-۳- بتن‌ریزی با کیسه

کیسه‌های کرباسی مورد استفاده در این روش باید این قابلیت را داشته باشد که به سرعت باز و تخلیه شود. بازکردن کیسه‌ها باید توسط غواص صورت گیرد.

۸-۱۱-۱-٤- استفاده از بتن‌های ویژه

بتنی که سنگدانه آن از پیش چیده شده است، به ویژه هنگامی که بتن‌ریزی در آب جاری صورت می‌گیرد، قابل استفاده است. روش استفاده ازاین نوع بتن باید مبتنی بر ACI 304 باشد.

استفاده از سایر انواع بتن مانند بتن گوگردی، بتن رزین اپوکسی یا بتن غیر پخش‌شونده با روش‌های مورد تایید مهندس ناظر ممکن خواهد بود.

۸-۱۱-۱-۵- پمپ بتن

می‌توان از پمپ نیز برای بتن‌ریزی در زیرآب استفاده کرد. ACI 304 روش‌های بتن‌ریزی با پمپ را تعیین کرده و در مواردی که در بند ۸-۶-۵ این مشخصات فنی تعیین نشده است، ملاک پذیرش بتن و روش‌های بتن‌ریزی خواهد بود.

1- Tremie

۸-۱۱-۱-٦- بتن‌ریزی در هوای گرم

تمهیدات ضروری برای بتن‌ریزی در هوای گرم منطبق بر ACI 305 و به شرح مندرج در زیر خواهد بود:

۸-۱۱-۱-۷- سیمان

در هوای گرم که نباید از سیمان‌های زودگیر استفاده شود، مصرف سیمان‌های کندگیر توصیه می‌شود، اما استفاده ازاین نوع سیمان نباید منجر به عدم رعایت توصیه‌های مندرج در این مشخصات برای بتن‌ریزی در هوای گرم شود. درجه حرارت داخل توده بتن سخت شده ممکن است بر اثر مصرف سیمان با حرارت‌زایی کم به جای سیمان معمولی با سرعت کمی افزایش یابد، اما باز هم کسب اطمینان از این که تنش کششی غیر قابل قبولی بر اثر خنک شدن سطح خارجی توده بتن در آن به وجود نخواهد آمد ضروری می‌باشد. سیمان کیسه‌ای باید در انبارهای کاملا خشک و خنک نگهداری شود. اگر سیلوی سیمان مدت طولانی در معرض آفتاب باشد، سیمان گرما به خود می‌گیرد، بنابراین بهتر است سیلوها در سایه قرار گیرند و با پوشش رنگ‌های روشن از آنها در مقابل آفتاب محافظت شود. می‌توان برای خنک کردن سیمانی که گرم به کارگاه تحویل می‌شود، از سیلوهای اضافی استفاده کرد.

۸-۱۱-۱-۸- افزودنی‌ها

در هوای گرم نباید از افزودنی‌های تندگیرکننده استفاده کرد. استفاده از کندگیرکننده‌ها می‌تواند تمایل به گیرش سریع که به دلیل دمای زیاد محیط به وجود می‌آید را کاهش دهد. به هرحال استفاده از کندگیرکننده‌ها نیز نیاز به جلوگیری از بروز اختلاف دما در هسته و پوسته بتن را مرتفع نمی‌کند. مواد افزودنی روان‌کننده (کاهنده آب) نیز در هوای گرم قابل توصیه است. همچنین می‌توان از مواد افزودنی که هم کندگیرکننده و هم کاهنده آب است، استفاده کرد. به هر حال هیچ افزودنی نمی‌تواند تاثیر تبخیر آب را در هوای گرم و خشک کاهش دهد و یا امکان افزایش اختلاف دمای هسته و پوستهٔ توده بتن را از بین ببرد. استفاده از هر نوع افزودنی منوط به تایید مهندس ناظر خواهد بود.

۸-۱۱-۱-۹- انبار سنگدانه‌ها

هر اقدامی که منجر به کاهش دمای سنگدانه‌ها بشود، می‌تواند بیش‌ترین تاثیر را در کاهش دمای بتن داشته باشد. این اقدامات عبارتند از ایجاد سایبان در محل انباشت سنگدانه‌ها، استفاده از آب به‌صورت قطرات بسیار ریز که به‌صورت پیوسته بر روی توده سنگدانه‌ها پاشیده می‌شود، محدود کردن مقدار سنگدانه‌های انباشت شده به اندازه‌ای که برای تهیه بتن روز بعد لازم است و خنک کردن سنگدانه‌ها به روش‌های دیگر که در ۸-۱۲ ذکر شده است. روش‌های خنک کردن سنگدانه‌ها باید مورد تایید مهندس ناظر باشد.

۸-۱۱-۱-۱۰- آب

روش‌های خنک کردن آب در بند ۸ -۱۲ مشخص شده است، اما درصورتی‌که مهندس ناظر تایید کند، می‌توان از آبی که سرد نشده است نیز استفاده کرد. بهتر است لوله‌های آب در عمق زمین کار گذاشته شوند و یا با عایق بندی آنها یا خاک ریزی روی آنها، جذب حرارت لوله‌ها به حداقل برسد. آبی که در مخازن عایق بندی نشده نگهداری می‌شود، نباید در عملیات بتن‌ریزی در هوای گرم مصرف شود. مخازن آب (در صورتی‌که روش دیگری برای نگهداری آب ممکن نباشد) باید عایق بندی و با رنگ‌های روشن پوشانده شود.

۸-۱۱-۱-۱۱- پیمانه، مخلوط و حمل کردن

ریختن بتن بلافاصله پس از تولید، یکی از بهترین راه‌های مبارزه با خشکی و گرمای محیط است. در هوای گرم، مدت مجاز بین تولید و ریختن بتن توسط مهندس ناظر کاسته و اعلام خواهد شد. در مراحل تولید، حمل و ریختن بتن به هیچ وجه نباید آب تبخیر شده را با افزودن آب جبران کرد، بلکه باید از تبخیر جلوگیری کرد.

۸-۱۱-۱-۱۲- ریختن، لرزاندن و پرداخت بتن

باید با لرزاندن بتن (مثلا با سرخرطومی ویبراتور) هوای محبوس در بتن را از آن خارج کرد، اما در هوای خشک و گرم باید با استفاده از ویبراتورهای اضافی و ویبراتورهای نصب شده بر قالب، سرعت عملیات تراکم را، که اهمیت زیادی دارد، بیش‌تر کرد.

بلافاصله پس از تراکم باید تدابیری برای عدم تبخیر آب موجود در بتن از روی سطح آن اندیشید. این تدابیرکه باید توسط مهندس ناظر تایید شده باشد، شامل کاهش تاثیر باد بر روی سطح بتن (مثل نصب بادشکن)، نصب روکش‌هایی که جاذب آب نیستند و حتی آب‌افشانی برای افزایش رطوبت نسبی هوا خواهد بود. استفاده از روکش که بهترین روش رایج است با حفظ روکش تا پایان مرحله عمل‌آوری و نگهداری از بتن بر روی آن اجرا می‌شود. تمام روش‌های اجرایی پیمانکار برای ریختن، لرزاندن و پرداخت بتن در هوای گرم باید مورد تایید مهندس ناظر باشد.

۸-۱۱-۱-۱۳- عمل‌آوری و نگهداری

گیرش اولیه بتن درهوای گرم و خشک سریع‌تر آغاز می‌شود. به همین دلیل عملیات عمل‌آوری و نگهداری از بتن باید زودتر آغاز شود. صحت این عملیات می‌تواند بیش‌ترین تاثیر را در کیفیت مناسب بتن داشته باشد. روش عمل‌آوری و نگهداری باید به تایید مهندس ناظر برسد و مبتنی بر بند ۸-۷-۲ باشد. این عملیات ممکن است با دو هدف متفاوت طراحی و اجرا شود: اول، کاهش نرخ تبخیر و دوم، کاهش دمای بتن در زمان گیرش.

برای کاهش نرخ تبخیر می‌توان از ورق‌های نفوذناپذیر پی وی سی و مانند آن استفاده کرد که همچنان که بتن‌ریزی تکمیل می‌شود، روی قسمت‌های تکمیل شده نصب می‌شود. این ورق‌ها برای جلوگیری از تخریب لبه‌های بتن در لبه‌ها و روی تکیه‌گاه‌ها نصب می‌شود و پس از گیرش بتن می‌توان آنها را روی سطح بتن انداخت. در این مرحله باید روی ورق‌ها را به اندازه کافی سنگین کرد تا باد آن را نبرد. در صورت استفاده از آب برای عمل‌آوری و نگهداری باید درجه حرارت آب و دمای سطح بتن یکسان باشد و آب به‌صورت پودر استفاده شود و برای جلوگیری از دور شدن این پودر به وسیله باد باید بادشکن‌هایی تعبیه شود.

برای کاهش دمای بتن در حال گیرش، بهترین راه نصب لوله آب جاری در بتن (پس‌سرمایش) است که در بند ۸-۱۲ مشخص شده است. استفاده از قالب عایق‌بندی شده یا قالب چوبی، تبادل حرارتی بتن و محیط را در سطح بتن کاهش می‌دهد و از به وجود آمدن ترک‌های ریز جلوگیری می‌کند واین قالب‌ها باید حداقل ۱۰ روز باز نشود. روش دیگر، استفاده از صفحات پلی‌استیرن است که پس از برداشتن هر قطعه از قالب فورا جانشین آن می‌گردد. برای استفاده از این روش باید قبلا صفحات با ابعاد مورد نظر آماده باشد، که به‌موقع جایگزین قطعات قالب بشود، تا استفاده مجدد از قالب‌ها امکان پذیر باشد.

۸-۱۱-۲- بتن‌ریزی در هوای سرد

هوای سرد در این مشخصات چنین تعریف می‌شود:

«هوایی که برای حداقل ۳ روز متوالی دو شرط زیر را داشته باشد: متوسط دمای هوای روزانه کم‌تر از ۵ درجه سانتی‌گراد باشد و در هر ۲۴ ساعت دمای هوا برای مدت بیش‌تر از ۱۲ ساعت از ۱۰ درجه سانتی‌گراد بالاتر نرود.»

هدف از ایجاد شرایط مناسب در بتن‌ریزی درهوای سرد آن است که بتن ریخته شده به اندازه کافی مقاومت کسب نموده و با دوام باشد. به همین منظور بتن باید با روش‌های مناسب، تولید، ریخته و عمل آورده شود.

دمای بتن، به هنگام بتن‌ریزی که بر اساس ACI 306 محاسبه می‌شود، باید بین ۷ تا ۲۱ درجه سانتی‌گراد باشد و هنگامی که درجه حرارتی نزدیک به پایین‌ترین حد مجاز داشته باشد، شرایط بتن‌ریزی باید به‌گونه‌ای باشد که بتن فرصت سرد شدن پیدا نکند.

حصارها و پوشش‌های مورد استفاده در عملیات برای حفظ حرارت بتن باید سالم، مقاوم و عایق باد و آب باشند. اگر از واحدهای حرارت دهنده استفاده می‌شود، نباید با مصرف مقادیر زیاد سوخت در اطراف گوشه‌ها، لبه‌ها و مقاطع نازک بتن از آنها استفاده کرد. این واحدهای حرارت دهنده باید دارای تهویه باشند و بتن را به‌صورت موضعی گرم و یا خشک نکنند. باید گاز CO_2 تولید شده در حرارت دهی از اطراف بتن دور نگه داشته و تهویه شود. باید برای جلوگیری از تماس آتش با بتن نیز تدابیری در نظر گرفته شود.

در هوای سرد باید مخلوط‌های بتن با افت کم‌تر از ۱۰۰ میلی‌متر ریخته شود. کسب این اطمینان ضروری است که بتن دارای مقاومتی شده است که وضعیت کاربری آن ایجاب می‌کند، تا بتوان قالب‌ها و شمع‌ها را برای استفاده مجدد برداشت.

قطع محافظت باید چنان صورت گیرد که کاهش دمای بتن تدریجی باشد. این کار با حذف تدریجی منابع تولید گرما و پوشش‌ها تا زمانی که بتن با درجه حرارت محیط به تعادل برسد، انجام خواهد شد.

تنها تامین مقاومت فشاری ۲۸ روزه کافی نیست و سازه (تمام قسمت‌های سازه به طور جداگانه) هنگامی قابل تحویل خواهد بود که دارای سلامت کافی بوده و از وجود ترک‌های ناشی از گرمایش اضافی سازه و محافظت نامناسب یا هر عیب دیگر عاری باشد.

روش‌های اصلی برای جلوگیری از اثرات یخ بندان بر بتن عبارتند از:

- استفاده از سیمان‌های تندگیر یا اضافه کردن بر مقدار سیمان مخلوط
- استفاده از افزودنی‌های تندگیر کننده
- استفاده از افزودنی‌های هواساز
- گرم کردن سنگدانه‌ها
- گرم کردن سطوحی که بتن‌ریزی روی آنها انجام می‌شود؛ هیچ بتنی نباید روی سطوح یخ زده ریخته شود.
- استفاده از پوشش‌های عایق مانند ورق‌های فوم پلی استیرن، فوم‌های یورتان، پتوهای با فوم وینیل، پشم‌های معدنی، حصیر و غیره
- محصور نمودن فضا
- گرم کردن درونی بتن با استفاده از کار گذاشتن سیم‌های مقاوم الکتریکی در بتن
- استفاده از قالب‌های عایق بندی شده یا چوبی
- عمل‌آوری صحیح بتن

استفاده از هر یک از روش‌های فوق یا ترکیبی از آنها باید به تایید مهندس ناظر رسیده و کاملا منطبق بر ACI 306 باشد.

۸-۱۲- بتن حجیم

مصالح و روش‌های طراحی مخلوط، اختلاط، ریختن و جای‌گذاری، عمل‌آوری و نگهداری بتن حجیم و خواص و رفتار بتن حجیم و سخت شده در این فصل مشخص می‌شود.

مخلوطی از بتن که در احجامی بزرگ ریخته می‌شود و لازم است تدابیر و تمهیداتی برای مقابله با اثرات حرارتی و حجمی در آن منظور گردد که کم‌ترین ترک در بتن به‌وجود آید را بتن حجیم می‌گویند.

۸-۱۲-۱- مصالح و نسبت‌های اختلاط

۸-۱۲-۱-۱- سیمان

انواع سیمان قابل استفاده در ساخت بتن حجیم عبارتند از:

- نوع I سیمان پرتلند که به آن سیمان معمولی نیز می‌گویند
- نوع II سیمان پرتلند
- نوع VI سیمان پرتلند
- نوع IS سیمان پرتلند روباره آهن‌گدازی که می‌تواند حاوی ۲۵ تا۶۵ درصد وزنی روباره آهن‌گدازی باشد. مقدار C_3A این سیمان حداکثر ۸ درصد خواهد بود و مقدار حرارت هیدراسیون آن مانند سیمان نوع II می‌باشد.
- نوع IP سیمان پوزولانی که مقدار پوزولان در آن می‌تواند بین ۱۵ تا ۴۰ درصد وزنی باشد.
- سیمان روباره‌ای که حاوی حداقل ۶۰ درصد وزنی روباره کاملا نرم و به خوبی مخلوط شده باشد.

به هر حال بهتر است از سیمان با «قلیایی‌های معادل» کم‌تر از ۰/۶ درصد استفاده شود.

۸-۱۲-۱-۲- پوزولان‌ها

پوزولان مورد مصرف در مخلوط‌های بتن حجیم منطبق برمشخصات مندرج در بند ۸-۳-۴ خواهد بود.

پیمانکار باید برای کسب تایید مهندس ناظر برای استفاده از پوزولان قبلا پوزولان مورد نظر خود را به همراه سیمان و سنگدانه مصرفی آزمایش کند و به دقت امتیازات و اشکالات فنی و اقتصادی آن را برآورد کند.

۸-۱۲-۱-۳- افزودنی‌های شیمیایی

افزودنی شیمیایی مورد مصرف در بتن حجیم باید مطابق با بندهای ۸-۳-۵ و ۸-۳-۶ باشد. تنها افزودنی‌های شیمیایی که مجاز است در بتن حجیم استفاده شوند، عبارتند از حباب‌سازها،کاهندگان آب، کندگیرکننده‌ها و در موارد استثنایی تندگیرکننده‌ها. از تمام افزودنی‌ها فقط با تایید مهندس ناظر می‌توان استفاده کرد، به ویژه در مورد تندگیرکننده‌ها که در موارد نادر استفاده از آنها در شرایط خاص ضروری می‌شود.

۸-۱۲-۱-٤- سنگدانه‌ها

سنگدانه مصرفی در بتن حجیم دارای همان خواص خواهد بود که در بند ۸-۳-۲ ذکر شد. مشخصات ویژه‌ای که برای سنگدانه مصرفی در بتن حجیم باید تامین شود، در سطور زیر آمده است:

الف – ماسه

مواد مضر در ماسه دارای محدودیت‌هایی خواهد بود که در جدول (۸–۲۲) آمده است.

جدول ۸–۲۲– مقدار مجاز مواد مضر در ماسه مصرفی در بتن حجیم

مواد مضر	حداکثر درصد وزنی مجاز
دانه‌های رد شده از الک استاندارد شماره ۲۰۰	۳
دانه‌های سبک	۲
کلوخه‌های رسی	۱
مجموع سایر مواد مضر (مانند قلیایی‌ها، میکا، دانه‌های با پوشش رسی، دانه‌های پولکی نرم و مواد آلی)	۲

بهتر است ماسه مصرفی دارای دانه‌بندی مندرج در جدول (۸–۲۳) باشد.

جدول ۸–۲۳– دانه‌بندی ماسه مصرفی در بتن حجیم

اندازه الک	درصد مطلق وزنی مانده	درصد انباشته وزنی مانده
$\frac{3}{8}''$	–	–
# 4	۰ – ۸	۰ – ۸
# 8	۵ – ۲۰	۱۰ – ۲۵
# 16	۱۰ – ۲۵	۳۰ – ۵۰
# 30	۱۰ – ۳۰	۵۰ – ۶۵
# 50	۱۵ – ۳۰	۷۰ – ۸۳
# 100	۱۲ – ۲۰	۹۰ – ۹۷
# 200	۳ – ۱۰	۹۷ –۱۰۰

دانه‌بندی ماسه مادامی که کارایی، دوام و مقاومت بتن تامین شود، نسبت به روش اجرا می‌تواند تغییر کند؛ اما پس از تایید مهندس ناظر، دانه‌بندی نباید دستخوش تغییرات عمده‌ای شود و باید همواره در حدود تایید شده باقی بماند.

ب – شن

همواره بزرگ‌ترین اندازه شن (تا ۱۵۰ میلی‌متر) باید مورد استفاده قرار گیرد. محدودیتی که برای بزرگ‌ترین قطر دانه‌ها باید رعایت شود، عبارت است از این که نباید بزرگ‌ترین قطر دانه‌ها از ۰/۲۵ کوچک‌ترین بعد سازه بزرگ‌تر باشد.

مخلوط شن نباید دارای جذب آبی بیش‌تر از ۳ درصد یا وزن مخصوصی کم‌تر از ۲/۵ باشد. سولفات‌ها و سولفیدهای مخلوط شن که بر حسب SO_3 اندازه‌گیری می‌شود، باید از ۰/۵ درصد وزنی شن کم‌تر باشد. درصدهای مجاز سایر مواد مضر باید کم‌تر از مقادیر مندرج در جدول (۸–۲۴) باشد.

جدول ۸–۲٤– مقدار مجاز مواد مضر در شن مصرفی در بتن حجیم

مواد مضر	درصد وزنی
ردشده از الک شماره ۲۰۰	۰/۵
دانه‌های سبک	۲
کلوخه‌های رسی	۰/۵
مجموع سایر مواد مضر	۲

پیمانکار باید تجهیزات کارهای بتنی (مانند پیمانه‌کن‌ها، مخلوط‌کن‌ها، حمل کننده‌ها، لرزاننده‌ها و غیره) را چنان مهیا کند که بتواند بزرگ‌ترین اندازه شن ممکن را در مخلوط‌های بتن به‌کار گیرد. بهترین اندازه برای بزرگ‌ترین قطر شن ۱۵۰ میلی‌متر است، مگر آن که مقاومت مقرر از MPa ۳۵ بیش‌تر باشد.

پیمانکار باید از تجهیزات سنگ‌شکن، که به ترتیبی برای تولید سنگدانه‌های به شکل مناسب چیده شده باشند، استفاده کند. در هر یک از اندازه‌های شن نباید بیش‌تر از ۲۵ درصد دانه‌های سوزنی و پولکی وجود داشته باشد.

شن مصرفی باید در اندازه‌های مندرج در بند ۸-۳-۲ تولید شود.

دانه‌بندی انواع شن مورد مصرف در بتن حجیم به شرح مندرج در جدول (۸-۲۵) خواهد بود:

جدول ۸-۲۵- دانه‌بندی شن مصرفی در بتن حجیم (مخلوط شن)

بزرگ‌ترین اندازه شن	درصد مانده بین الک‌ها				
	بین ۷۶ mm تا ۱۵۰mm	بین ۳۸ mm تا ۷۶ mm	بین ۱۹ mm تا ۳۸mm	بین ۹/۵ mm تا ۱۹ mm	بین ٤/۷٦ mm تا ۹/۵ mm
۱۵۰ میلی‌متر	۲۰ – ۳۵	۲۰ – ۳۲	۲۰ – ۳۰	۱۲ – ۲۰	۸ – ۱۵
۷۶ میلی‌متر	–	۲۰ – ۴۰	۲۰ – ۴۰	۱۵ – ۲۵	۱۰ – ۱۵
۳۸ میلی‌متر	–	–	۴۰ – ۵۵	۳۰ – ۳۵	۱۵ – ۲۵
۱۹ میلی‌متر	–	–	–	۳۰ – ۷۰	۲۰ – ۴۵

در تولید سنگدانه‌ها باید در آخرین مرحله سنگدانه سرند شود تا امکان بیش‌تری برای دستیابی به حدود این مشخصات برای درصد رد شده از الک شماره ۴ در انواع شن باشد که عبارتند از:

- حداکثر ۴ درصد برای شن ۱۵۰ میلی‌متر
- حداکثر ۳ درصد برای شن ۷۶ میلی‌متر و شن ۳۸ میلی‌متر
- حداکثر ۱ درصد برای شن ۱۹ میلی‌متر

۸-۱۲-۱-۵- دانه‌بندی مخلوط مصالح سنگی

دانه‌بندی مخلوط سنگدانه‌های بتن حجیم در صورت استفاده از بزرگ‌ترین قطر شن ۱۵۰ و ۷۶ میلی‌متر منطبق بر جدول (۸-۲۶) خواهد بود.

جدول ۸-۲٦- دانه‌بندی مخلوط سنگدانه‌های مصرفی در بتن حجیم (درصد عبوری)

اندازه الک	٦"	۳"	۱/۵"	mm۱۹	mm۹/۵	#٤	#۸	#۱٦	#۳۰	#۵۰	#۱۰۰
بزرگ‌ترین قطر شن ۱۵۰ میلی‌متر	۹۵-۱۰۰	۷۰ -۸۳	۵۲-۶۵	۳۸-۵۲	۲۵-۴۰	۲۰-۳۰	۱۴-۲۴	۱۰-۱۹	۷-۱۴	۵-۱۰	۲-۶
بزرگ‌ترین قطر شن ۷۶ میلی‌متر	۱۰۰	۹۵-۱۰۰	۶۵-۸۰	۴۴-۶۲	۳۰-۴۵	۲۲-۳۵	۱۶-۲۸	۱۱-۲۲	۸-۱۷	۴-۱۲	۲-۷

در صورت استفاده از اندازه بزرگ‌ترین دانه ۶۳ میلی‌متر و کوچک‌تر، دانه‌بندی کل مخلوط سنگدانه‌ها باید منطبق بر مندرجات جدول (۸-۱۰) باشد.

۸-۱۲-۱-۶- آب

کیفیت آب مصرفی در بتن حجیم باید مطابق بند ۸-۳-۳ باشد.

۸-۱۲-۱-۷- طرح اختلاط

طراحی مخلوط‌های بتن حجیم ممکن است ابتدا با استفاده از یکی از روش‌های تئوریک (مثلا ACI 211.1) انجام شود و پس از ساخت و آزمایش مخلوط‌های آزمایشی، در صورت تامین معیارهای فنی و اقتصادی، به تصویب مهندس ناظر برسد.

۸-۱۲-۱-۸- کنترل دما

دمای تمام مخلوط‌های بتن حجیم به هنگام بتن‌ریزی نباید بیش‌تر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد باشد. برای این کنترل دما، باید از نوع مناسب سیمان و حداقل مقدار سیمان و مواد پوزولانی استفاده شود. همچنین از روش‌های پیش‌سردسازی و پس‌سردسازی نیز که در این فصل مشخص شده است (۸-۱۲-۳ و ۸-۱۲-۴)، ممکن است استفاده شود.

۸-۱۲-۲- رده‌بندی، تولید، ریختن، جای‌گذاری، عمل‌آوری و نگهداری بتن حجیم

۸-۱۲-۲-۱- رده‌بندی بتن حجیم

مشخصات فنی انواع مخلوط‌های بتن بر اساس روش مندرج در بند ۸-۴، در دفتر چه مشخصات فنی خصوصی تعیین خواهد شد.

۸-۱۲-۲-۲- تولید بتن حجیم

پیمانه‌کردن بتن حجیم ممکن است اندکی نسبت به روش‌های پیمانه‌کردن بتن معمولی (بند ۸-۵-۲) متفاوت باشد، این تفاوت که بر اساس نوع مخلوط و روش اجرای بتن‌ریزی ممکن است، رعایت شود، باید منطبق بر ACI 207 بوده و به تایید مهندس ناظر برسد.

برای مخلوط کردن بتن حجیم فقط از مخلوط‌کن‌های مرکز تولید بتن استفاده خواهد شد. برای مخلوط کردن و حمل بتن حجیم تراک میکسر مناسب نیست. هنگامی‌که از مخلوط‌کننده‌های دیگی، که رایج‌ترین نوع مخلوط‌کن بتن‌های حجیم است، استفاده می‌شود، در ابتدای عملیات، زمان اختلاط ۱/۵ دقیقه برای یک متر مکعب اولیه بتن به‌علاوه ۳۰ ثانیه برای هر متر مکعب بعدی خواهد بود که سپس بر اساس جدول شماره ۱ از استاندارد ASTM C 94 و بر حسب نتایج آزمایش‌های مخلوط کردن تصحیح خواهد شد. هنگامی که از مخلوط‌کننده‌های با مشخصات فنی خاص (مخلوط‌کن‌های پیوسته، دومحوره و ...) استفاده می‌شود، باید در ابتدای عملیات بتنی، مشخصات فنی مخلوط‌کن مورد استفاده، در تعیین زمان اختلاط مورد استفاده قرار گیرد. این زمان نیز بر اساس استاندارد ASTM C 94 تصحیح خواهد شد. باید از زمان‌سنج‌هایی بر روی مخلوط‌کن‌ها استفاده شود که پیش از اتمام زمان اختلاط اجازه تخلیه مخلوط‌کن را نمی‌دهد.

محل استقرار اپراتور باید به‌گونه‌ای باشد که بتواند داخل دستگاه مخلوط‌کن را دیده و در باره مناسب بودن روانی بتن قضاوت کند و اگر به دلیل سنگدانه‌های خشک یا تر روانی بتن کم یا زیاد باشد، بتواند مقدار کمی آب به بتن اضافه یا کم کند. اگر این امکان وجود نداشته باشد که اپراتور داخل مخلوط‌کن را ببیند، باید محل او در جایی باشد که تخلیه شدن دستگاه مخلوط‌کن را زیر نظر داشته باشد و بتن را در حال تخلیه از مخلوط‌کن ببیند. دستگاه رطوبت‌سنج ماسه در این مورد امکان خوبی برای اپراتور خواهد بود.

۸-۱۲-۲-۳- ریختن و جای‌گذاری بتن حجیم

ریختن و جای‌گذاری بتن حجیم شامل آماده کردن درزها برای بتن‌ریزی، حمل، ریختن و لرزاندن بتن خواهد بود. روش آماده کردن درزها برای بتن‌ریزی بعدی باید منطبق بر بندهای ۸-۶ و ۸-۸ باشد. برای آغاز بتن‌ریزی مجدد بر روی لیفت قبلی که گرفته باشد، ابتدا باید لایه نازکی از ملات ماسه- سیمان با نسبت آب به سیمان کم‌تر از بتن حجیم مورد استفاده، روی درز اجرایی مضرس شده ریخته شود. روش‌های حمل و ریختن بتن حجیم باید به تایید مهندس ناظر برسد. این عملیات ممکن است با استفاده از باکت و جرثقیل برجی (یا کابلی)، کامیون‌ها و سیلوبوس‌ها اجرا شود.

بتن حجیم باید در لایه‌هایی با ضخامت حداکثر ۵۰ سانتی‌متر برای مخلوط‌های با بزرگ‌ترین دانه ۱۵۰ میلی‌متر و افت کم‌تر از ۴ سانتی‌متر ریخته شود. برای این منظور می‌توان از باکت‌های ۳ تا ۶ متر مکعبی و ویبراتورهای با قطر ۱۵ سانتی‌متر استفاده کرد. در موارد خاص و با استفاده از ماشین‌آلات ویژه برای پخش و کوبیدن بتن، با تایید مهندس ناظر می‌توان از باکت‌های بزرگ‌تر نیز استفاده کرد.

حداکثر ضخامت لایه‌ها برای مخلوط‌های بتن با بزرگ‌ترین دانه ۷۶ میلی‌متر (یا ۱۰۰ میلی‌متر) و با افت کم‌تر از ۵ سانتی‌متر که با باکت‌های کوچک‌تر و ویبراتورهای قوی اجرا می‌شوند، بهتر است ۴۰ سانتی‌متر باشد. این ضخامت توسط مهندس ناظر تعیین یا تایید خواهد شد. استفاده از لایه‌های بتن‌ریزی با ضخامت کم‌تر ارجح خواهد بود.

پلکان لیفت‌ها باید به شکلی سازمان دهی شود که در روزهای گرم، بتن کم‌ترین مدت ممکن را در معرض آفتاب باشد و در روزهای بارانی کم‌ترین مقدار بارش بر روی آن ببارد.

لرزاندن صحیح بتن بهترین امکان برای استفاده موفق از مخلوط‌های با افت کم و بزرگ‌ترین دانه با اندازه حداکثر را به وجود می‌آورد. لرزاندن بتن باید کاملا منطبق بر ACI 309 باشد.

۸-۱۲-۲-٤- عمل‌آوری و نگهداری بتن حجیم

به جز در هوای سرد، سطوح افقی بتن تا بتن‌ریزی بعدی باید خیس نگه داشته شود، مگر آن که خیس کردن سطح بتن منجر به سرد شدن بیش از حد سطح و افزایش اختلاف دما بین سطح و هسته بتن شود. روش عمل‌آوری و نگهداری بتن حجیم باید منطبق بر بند ۸-۷-۲ باشد، اما بهتر است از ترکیبات شیمیایی مورد استفاده در عمل‌آوری بتن استفاده نشود. در صورت استفاده از این ترکیبات، که باید مورد تایید مهندس ناظر باشد، بر روی درزها، این مواد باید به وسیله سند بلاست یا جت آب کاملا برداشته شود.

۸-۱۲-۲-۵- ارتفاع لیفت‌ها

ارتفاع لیفت‌های بتن‌ریزی تابعی از نوع کار، درجه حرارت محیط، مقدار و نوع سیمان، سنگدانه‌ها، افزودنی‌ها و آب مصرفی در مخلوط، روش‌های کنترل حرارت بتن و روش‌های اجرای بتن‌ریزی است. ارتفاع لیفت‌ها بر روی نقشه‌های اجرایی و در مشخصات فنی خصوصی بر اساس ACI 207 تعیین خواهد شد.

۸-۱۲-۳- پیش‌سردسازی

موثرترین روش برای جلوگیری از ترک‌های حرارتی که هنگام بتن‌ریزی‌های حجیم ممکن است تشکیل شود، سرد کردن مخلوط بتن به هنگام بتن‌ریزی است. هر چه دمای بتن به هنگام تبدیل از حالت پلاستیک به حالت الاستیک کم‌تر باشد، تمایل بتن به ترک خوردن کم‌تر می‌شود.

پیش‌سردسازی به روش‌هایی اطلاق می‌شود که بتن را در حالت تازه خنک می‌کنند. اگر دمای بتن حجیم به هنگام بتن‌ریزی حداکثر ۱۰ درجه سانتی‌گراد باشد، امکان خرابی‌های ناشی از حرارت هیدراسیون به حداقل کاهش می‌یابد. مقدار سردسازی مورد نیاز برای هر یک از سازه‌ها، شرایط محیطی و نوع مخلوط و مواد اولیه آن باید جداگانه محاسبه و به تصویب مهندس ناظر برسد. بهتر است این محاسبات بر اساس ACI 207 صورت گیرد. برای سرد کردن بتن تازه باید مواد اولیه آن را سرد کرد. آب بتن ممکن است سرد شود، یا بخشی از آن (یا همه آن) به‌صورت یخ پیمانه شود. محل‌های انباشت سنگدانه‌ها را می‌توان سایه‌اندازی کرد. ماسه را می‌توان در ماسه‌شوها و یا جداکننده‌هایی شست یا جدا کرد که آب آنها سرد شده است. سرد کردن شن که بیش‌ترین تاثیر را در سرد کردن بتن دارد، ممکن است با پاشیدن پودر آب سرد روی محل انباشت شن، پاشیدن آب سرد روی تسمه‌های حمل شن با سرعت کم، غرقاب کردن شن در مخازن آب سرد، وزیدن هوای سرد به لاوک‌های پیمانه‌کن و یا سرد کردن توام با تبخیر آب شن به وسیله ایجاد خلا انجام شود. ترکیبی از روش‌های فوق هم ممکن است مورد استفاده قرار گیرد.

۸-۱۲-۳-۱- آب

آب موجود در شن و ماسه نه تنها باید در عملیات پیمانه‌کردن مد نظر باشد، بلکه برای تعیین دمای بتن حجیم نیز باید در نظر گرفته شود. با توجه به این که در بتن حجیم مقدار آب کمی استفاده می‌شود، حتی هنگامی که به جای آب از یخ استفاده می‌شود نیز تاثیر چندانی در کاهش دمای بتن نخواهد داشت. در حالت معمولی بتن‌های حجیم، اگر دمای ۶۵ کیلوگرم از آب مخلوط را از ۲۱ درجه سانتی‌گراد به ۲ درجه سانتی‌گراد کاهش دهیم، دمای بتن ۲ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد. در حالی که اگر ۶۵ کیلوگرم یخ به همان بتن حجیم به جای آب اضافه کنیم دمای بتن ۱۰ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد.در مقابل دستگاه‌های سردسازی آب کم هزینه‌تر و ساده‌تر از دستگاه‌های یخ‌سازی است. استفاده از هر یک از روش‌های فوق منوط به تایید مهندس ناظر خواهد بود. در صورت استفاده از یخ، قطعات یخ باید پولکی باشد.

۸-۱۲-۳-۲- سنگدانه‌ها

با توجه با تاثیر فوق‌العاده سردسازی سنگدانه‌ها در سردسازی بتن، در اکثر موارد سردسازی بتن بدون توجه به سردسازی سنگدانه‌ها میسر نیست.

شاید بهترین راه برای سردکردن ماسه شستن آنها در ماسه‌شوهایی باشد که آب آنها در دستگاه‌های آب‌سردکن سرد می‌شود. آب جاری از ماسه‌شور به یک مخزن رسوب‌گیر می‌رود و پس از رسوب‌گیری وارد آب‌سردکن شده و دوباره به ماسه‌شور بازمی‌گردد. در این روش می‌توان ماسه‌ای با درجه حرارت بین ۴ تا ۷ درجه سانتی‌گراد تولید کرد.

آب پاشی بر روی شن روش ارزانی است که دمای شن را تا حدود کمی می‌کاهد. کارایی این روش که باید برای آن سامانه زهکشی مناسب در نظر گرفت به شرایط دما، رطوبت هوا و سرعت باد بسیار وابسته است.

غرقاب کردن شن در مخازنی که در آنها آب سرد جریان دارد، در سرد کردن بتن بسیار موثر است. در این روش پس از این که شن و آب سرد از هم جدا می‌شوند، باید شن را روی سرند ریخت تا آب زیادی آن گرفته شود. می‌توان با دمیدن هوا ضمن خشک کردن شن آن را سردتر هم کرد.

استفاده از روش سردسازی شن با خلا قادر است حرارت شن و در نتیجه بتن را تا حدود زیادی کاهش دهد.

روش‌های دیگر سردسازی سنگدانه‌ها نیز وجود دارد که در صورت پیشنهاد پیمانکار و تایید مهندس ناظر و همچنین انطباق بر ACI 207 قابل استفاده هستند.

۸-۱۲-۳-۳- سیمان

با توجه به خطر کاهش درجه حرارت سیمان تا پایین‌تر از نقطه شبنم و در نتیجه جذب آب سیمان در صورت سردسازی آن، هیچ گونه سردسازی سیمان به صورت مستقیم مجاز نخواهد بود. به هر حال در شرایط خاص و با تایید مهندس ناظر می‌توان با نصب لوله‌های آب سرد سیلوی سیمان را سرد کرد. نصب عایق‌های حرارتی در اطراف سیلوی سیمان برای کنترل تبادل حرارتی آن با محیط نیز می‌تواند مفید باشد.

۸-۱۲-۳-٤- کسب حرارت در مراحل تولید و بتن‌ریزی

برای جلوگیری از کسب حرارت مواد اولیه بتن و بتن تازه در مراحل تولید و بتن‌ریزی، باید این مراحل را با سرعت هرچه بیش‌تر اجرا کرد. می‌توان محل پیمانه‌کن‌ها را عایق‌بندی کرد، هوای این محل‌ها را سرد کرد و یا در آنها هوای سرد شده را بر روی شن اعمال کرد. به هر حال برای اجتناب از مخاطره در محاسبه دمای بتن به هنگام بتن‌ریزی باید مقداری گرما برای تاخیرهای احتمالی در نظر گرفت.

۸-۱۲-۳-۵- ظرفیت دستگاه‌های سرد ساز

دستگاه‌های سردساز آب، یخ‌ساز، سردکننده شن و سایر مکانیزم‌های مورد استفاده در عملیات پیش‌سردسازی باید ظرفیتی متناسب با حجم عملیات داشته باشد و قبل از خرید و نصب در کارگاه، محاسبات تعیین ظرفیت آنها باید به تایید مهندس مشاور برسد.

۸-۱۲-٤- پس‌سردسازی

پس‌سردسازی عبارت است از عبور دادن مایعی سرد (غالبا آب) از لوله‌های باریکی که در بتن کار گذاشته می‌شود. تا زمان دمای اوج بتن، هیچ محدودیتی در نرخ سردسازی ضروری نیست. پس از نقطه اوج دمای بتن، سردسازی تا وقوع یکی از سه حالت زیر باید تداوم یابد:

- نرخ سردسازی بتن در روز به بیش‌ترین مقدار مندرج در بند ۸-۱۲-۴-۲ برسد.
- دمای بتن به کم‌تر از ۱۷ درجه سانتی‌گراد برسد.
- دمای بتن تا مقداری که در نهایت دمای پایدار آن خواهد بود، کاسته شود.

دوره این سردسازی اولیه معمولا بین ۲ تا ۴ هفته است. دمای بتن دوباره افزایش خواهد یافت و یک یا دو دوره سردسازی دیگر مورد نیاز خواهد بود که هر یک بین ۴۰ تا ۶۰ روز ادامه خواهد یافت تا دمای بتن به‌گونه‌ای بی خطر تا درجه حرارت تعیین شده در مشخصات فنی خصوصی یا دستورکارها کاسته شود. در صورت ضرورت تزریق بین درزها، در این وضعیت تزریق درزها اجرا می‌شود.

با توجه به مدول الاستیسیته بتن که همواره افزایش می‌یابد، نرخ سردسازی بتن، بر حسب درجه سانتی‌گراد در روز، در دوره‌های سردسازی بعدی کم‌تر از دوره سردسازی اولیه خواهد بود.

۸-۱۲-٤-۱- لوله‌گذاری‌ها و وسایل سردسازی و پمپ آب

جنس، اندازه، شکل و فاصله لوله‌ها از یکدیگر و شکل کلی لوله‌گذاری‌ها در بتن باید منطبق بر ACI 207 باشد، همچنان که تمام وسایل سردسازی و پمپ آب نیز باید الزامات مرجع مذکور را تامین کند.

۸-۱۲-٤-۲- نرخ سردسازی

در مدت حرارت زایی و افزایش دمای سریع اولیه، سردسازی باید با حداکثر ظرفیت ادامه پیدا کند. پس از این که بتن به نقطه اوج دمای خود رسید، سردسازی باید برای ۱۵ روز با نرخی ادامه پیدا کند که کاهش دمای بتن از ۰/۶ درجه سانتی‌گراد در روز بیش‌تر نشود. می‌توان از نرخ کاهش دمای یک درجه سانتی‌گراد هم در یکی دو روز آخر استفاده کرد. سپس برای چند روز عملیات سردسازی قطع می‌شود و قبل از رسیدن درجه حرارت به نقطه اوج، عملیات دوباره آغاز می‌شود.

۸-۱۲-٤-۳- مشاهده حرارت

با نصب حرارت‌سنج‌های مناسب در نقاطی از بتن که قادر باشد دمای میانگین بتن را نشان دهد، می‌توان حرارت بتن را مشاهده کرد. با استفاده از این حرارت‌سنج‌ها، باید تمام افت و خیزهای حرارتی بتن ثبت شود. می‌توان با آزمایش دمای آب استاتیک نیز وضعیت سردسازی را تعیین کرد. اختلاف دمای آب در ابتدا و انتهای مسیر آن در بتن نیز به عنوان کنترل مناسبی برای چگونگی سردسازی قابل استفاده است.

۸-۱۲-٤-٤- سردسازی سطوح

سطوح سازه‌های بتن حجیم را می‌توان بلافاصله پس از بتن‌ریزی سرد کرد و سردسازی را حداقل برای دو هفته ادامه داد تا از کرنش‌های ناشی از سرد شدن هوا جلوگیری کرد. روش‌هایی که پیمانکار (احتمالا) برای این منظور استفاده خواهد کرد، باید قبلا به تایید مهندس ناظر برسد.

۸-۱۲-٤-۵- پوشش سطوح

میزان محافظت سطوح از تبادل حرارتی با محیط، نسبت به ابعاد سازه، نوع و مقدار سیمان، پوزولان‌ها و مواد افزودنی، نسبت آب به سیمان، نسبت سنگدانه به سیمان، سرعت کاهش یا افزایش دمای محیط، میانگین دمای محیط، وضعیت بارش و... تغییر می‌کند. میزان این محافظت توسط پیمانکار تعیین و به تایید مهندس ناظر خواهد رسید. پوشش سطوح افقی، عمودی و قالب‌گیری شده و بازکردن قالب‌ها باید به روش‌های منطبق بر الزامات ACI 207 و مورد تایید مهندس ناظر باشد.

۸-۱۲-۵- آزمایش‌های بتن حجیم

برای آزمایش مقاومت فشاری از هر ۲۵۰ متر مکعب مخلوط بتن (یا مقادیر مورد نظر مهندس ناظر) یک نمونه اخذ می‌شود و از آن نمونه یک سری قالب استوانه‌ای یا مکعبی ساخته می‌شود (نوع قالب بر حسب روش محاسبات سازه‌ای و استاندارد مورد استفاده در محاسبات سازه تعیین می‌شود). قالب‌های استوانه‌ای به قطر ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۴۵ سانتی‌متر و ابعاد قالب‌های مکعبی ۳۰ × ۳۰ ×۳۰ سانتی‌متر خواهد بود. از هر نمونه ۱۲ قالب آزمایشی تهیه خواهد شد که در سن‌های ۷، ۲۸، ۹۰، ۱۸۰ روزه (هر نوبت ۳ قالب) تحت آزمایش مقاومت فشاری قرار خواهند گرفت. در رده‌بندی بتن حجیم مقاومت ۹۰ روزه ملاک خواهد بود و مقاومت ۷ و ۲۸ روزه برای اطمینان از کسب مقاومت پس از ۹۰ روز انجام می‌شود. آزمایش‌های ۱۸۰ روزه به عنوان آزمایش‌های شاهد مورد استفاده قرار خواهد گرفت. گاهی ممکن است (و غالبا بهتر است) مقاومت‌های با عمر بیش‌تر نیز در مشخصات فنی خصوصی تعیین شود. از هر ۵۰۰۰ متر مکعب بتن نمای سد که در معرض آب دریاچه است، یک نمونه برای آزمایش نفوذپذیری اخذ می‌شود. از هر نمونه ۶ قالب ۳۰ × ۳۰ ×۳۰ سانتی‌متر ساخته می‌شود که ۳ قالب به عنوان نمونه شاهد نگهداری خواهد شد. از هر ۱۰/۰۰۰ متر مکعب بتن نما یک نمونه اخذ شده و از آن یک سری قالب برای آزمایش مقاومت در مقابل تناوب‌های یخبندان ساخته می‌شود. در صورت تشخیص مهندس ناظر تناوب آزمایش‌ها بیش‌تر خواهد شد، و یا در مواردی نمونه‌هایی جداگانه اخذ و آزمایش خواهد شد. آزمایش‌های دیگری که برای تعیین خواص دیگر بتن و مصالح آن مورد نظر مهندس ناظر باشد، نیز انجام خواهند شد. در صورتی که در مشخصات فنی خصوصی یا دستورکارها مشخص شده باشد، به تعداد تعیین شده نمونه برای انجام آزمایش‌های خمشی و کششی نیز تهیه می‌شود.

۸-۱۳- پیش سازی قطعات بتنی

۸-۱۳-۱- پیش‌سازی

در صورتی‌که پیمانکار بخواهد کارهای مشابه و تکراری را در کارگاه با قطعات پیش ساخته‌ای مانند قطاع‌های جداره تونل[1]، دال‌ها، تیرچه‌ها، لوله‌ها، بلوک‌ها و غیره بسازد موارد زیر را باید رعایت کند:

- تمام مشخصات مصالح بتن مندرج در ۸-۳ این مشخصات فنی عمومی و همچنین مندرجات مشخصات فنی خصوصی، نقشه‌ها و دستورالعمل‌های کارگاهی باید رعایت شود.
- تمام روش‌های اجرای عملیات مندرج در این فصل از مشخصات فنی عمومی و همچنین مندرجات مشخصات فنی خصوصی، نقشه‌ها و دستورالعمل‌های کارگاهی باید رعایت شود.
- تمام مشخصات فنی میلگردها و روش‌های میلگردگذاری مندرج در فصل دهم این مشخصات فنی، مشخصات فنی خصوصی، نقشه‌ها و دستورالعمل‌های کارگاهی باید رعایت شود.
- تمام مشخصات فنی قالب‌ها و روش‌های قالب‌بندی مندرج در فصل یازدهم این مشخصات فنی، مشخصات فنی خصوصی، نقشه‌ها و دستورالعمل‌های کارگاهی باید رعایت شود.

1- Segment

- روش تولید قطعات پیش ساخته شامل روش‌های توزین، اختلاط، ریختن در قالب، قالب‌بندی، میلگردگذاری، ارتعاش، محافظت و نگهداری، انبار کردن و حمل‌کردن باید قبلا به تایید مهندس ناظر برسد.

بدیهی است که تایید مهندس ناظر در هر یک از موارد فوق از مسوولیت پیمانکار در تولید و اجرای مطلوب قطعات پیش ساخته نمی‌کاهد.

۸-۱۳-۲- پیش تنیدن

علاوه بر این فصل و فصل‌های دهم و یازدهم این مشخصات فنی عمومی که مشخصات مصالح و روش‌های اجرایی عملیات توزین، اختلاط، ریختن و جای‌گذاری، میلگردگذاری، قالب‌بندی، ارتعاش، محافظت و نگهداری، انبارکردن مصالح و قطعات و حمل کردن مصالح و مخلوط‌های بتن را ارائه می‌کند، برای پیش تنیدن بتن مشخصات استاندارد ACI-301 نیز ملاک عمل خواهد بود.

۸-۱۴- تعمیر و ترمیم بتن‌های معیوب

خرابی‌های بتن که عملکرد سازه‌ای یا دوام بتن را به خطر بیاندازند، قبل از تحویل آن قسمت‌ها یا پوشاندن آنها با بتن یا مصالح دیگر یا تجهیزات باید تعمیر و ترمیم شوند.

بتن‌هایی که دارای ترک، کرموشدگی، درزهای سرد، پله‌شدگی، درزهای اجرایی نامناسب، قلوه‌کن شدگی، حفره‌های سطحی، خرابی‌های ناشی از قالب‌بندی نامناسب، سوراخ‌های ناشی از کارگذاری میل‌مهار و اخذ نمونه آزمایشی و هر نوع خرابی دیگر بتن که بنابر تشخیص مهندس ناظر باید مورد تعمیر و ترمیم قرار گیرند، باشند با هزینه پیمانکار تعمیر و ترمیم خواهد شد؛ مگر آن که این خرابی ناشی از کوتاهی پیمانکار در انجام تعهداتش نباشد و این مورد به تایید مهندس ناظر برسد.

مواد و روش ترمیم مورد نظر پیمانکار باید بر اساس استانداردها، آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل تولیدکنندگان مواد و ابزار تخصصی ترمیم بوده و به تایید مهندس ناظر برسد.

۸-۱۵- بتن کوبیده غلتکی (Rcc)

۸-۱۵-۱- کلیات

این قسمت از مشخصات فنی شامل الزاماتی است که، تحت شرایط عمومی پیمان، باید توسط پیمانکار، در مورد مصالح و عملیات اجرایی بتن غلتکی رعایت شود. معیارهای انطباق با مشخصات و چگونگی اندازه‌گیری تطابق مصالح و عملیات اجرایی سدهای بتن غلتکی با آن معیارها نیز در این قسمت ذکر شده است.

بتن کوبیده غلتکی (RCC) یا به طور اختصار بتن غلتکی، مخلوطی است از سنگدانه، سیمان، آب و گاهی مواد افزودنی که خشک‌تر از بتن‌های متعارف است و معمولا پس از بتن‌ریزی و پخش، توسط غلتک ویبره چرخ‌آهنی متراکم می‌گردد. بتن غلتکی با مخلوط خاک- سیمان متفاوت است و مشخصه‌های آن به ویژه پس از سخت شدن شباهت زیادی به بتن‌های متعارف دارد. به علت اختلافاتی که در دیدگاه طراحان وجود دارد، در مراجع فنی به آن نام‌های مختلفی از جمله RCD, RCC و Rollcrete اطلاق شده است که از نظر این مشخصات همگی بتن غلتکی می‌باشند. این مشخصات فقط به الزامات کلی بتن غلتکی در سدها می‌پردازد. به

جز مشخصات ذکر شده در این بخش، سایر مشخصات بتن غلتکی مانند بتن‌های متعارف بوده و از الزامات فصل هشتم از این مشخصات فنی عمومی پیروی می‌نماید.

۸-۱۵-۱-۱- استانداردها

تمام استانداردهایی که در این دفترچه مشخصات ذکر شده است، باید به وسیله پیمانکار رعایت شود، مگر آن که در این مشخصات به وضوح ذکر شده باشد.

در مواردی که بین استانداردهای مذکور و این مشخصات تضادی وجود دارد، مندرجات این مشخصات رعایت خواهد شد. مواردی که در این مشخصات فنی عمومی مشخص نشده است، باید بر استانداردهای موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و آیین‌نامه بتن ایران و در درجه دوم استانداردهای ISO، ASTM و ACI منطبق باشد.

۸-۱۵-۲- تعاریف

تعاریف خاصی که درخصوص سدهای بتن کوبیده غلتکی کاربرد دارند، به‌شرح زیر هستند:

بتن کوبیده غلتکی: بتن کم رطوبتی است که توسط غلتک ویبره چرخ‌آهنی متراکم شده و به طورکلی به ۳ نوع پرسیمان، کم سیمان و یا با سیمان متوسط تقسیم می‌گردد.

پوزولان‌ها: مواد سیلیسی یا سیلیسی- آلومینی که خود به تنهایی دارای خاصیت چسبانندگی کم یا ناچیز می‌باشد، اما در صورت افزایش نرمی در دستگاه آسیاب و قرار گرفتن در مجاورت رطوبت طی واکنش شیمیایی با هیدراکسید کلسیم در دماهای معمولی ترکیب‌هایی با خاصیت سیمانی به وجود می‌آورد. پوزولان بر دو نوع است: پوزولان‌های طبیعی و پوزولان‌های مصنوعی. خاکستر بادی نوعی پوزولان مصنوعی حاصل از سوختن ذغال سنگ می‌باشد که خوب آسیاب شده باشد و تا کنون در طرح اختلاط سدهای بتن غلتکی متعددی به کار رفته است. خاکستر بادی در ایران تولید نمی‌شود؛ ولی پوزولان‌های طبیعی در مناطق مختلف ایران، که دارای ساختار آذرینی باشند، یافت می‌شود. (برای مشخصات فنی پوزولان‌ها به بند ۸-۳-۴ رجوع کنید).

تجهیزات حمل یا انتقال بتن: به ماشین‌آلات و تجهیزاتی اتلاق می‌شود که در انتقال بتن از مرکز تولید بتن تا محل بتن‌ریزی مورد استفاده قرار می‌گیرد و به طور کلی سه نوع می‌باشد: نوع پیمانه‌ای به وسیله کامیون یا باکت انجام می‌گیرد؛ نوع پیوسته به وسیله نوار نقاله و در نوع سوم که ترکیبی از دو روش قبلی است، ابتدا بتن غلتکی تازه با استفاده از نوار نقاله از محل تولید به محل تاج سد منتقل می‌شود و در آنجا بتن به داخل قیف ذخیره جریان یافته و از طریق آن به داخل کامیون ریخته می‌شود. آنگاه کامیون‌ها بتن را به محل نهایی بتن‌ریزی حمل می‌نمایند.

دستگاه بتن‌ساز مرکزی: دستگاهی است برای تولید بتن غلتکی که به دو نوع می‌باشد: نوع پیمانه‌ای که هر بار در آن مقدار مشخصی مصالح بتن در محفظه‌ای مخلوط شده و حجم مشخص بتن حاصل می‌گردد، و نوع پیوسته که مصالح بتن به طور دائم از یک طرف محفظه اختلاط وارد و از طرف دیگر بتن به طور دائم خارج می‌شود. تجربه نشان داده است که نوع پیوسته برای اجرای سدهای بتن غلتکی مناسب‌تر است.

کنترل کیفیت ساخت: به روش‌هایی اطلاق می‌شود که به وسیله آنها پیمانکار و مهندس ناظر از کیفیت محصول نهایی طبق مشخصات فنی خواسته شده در مدارک طراحی اطمینان حاصل نمایند. به طور کلی مقداری حاشیه ایمنی در طراحی ملحوظ می‌شود

تا تغییرات خواص مصالح در نظر گرفته شود. این حاشیه نباید توسط کنترل ساخت ضعیف کاهش یابد. ولی از طرف دیگر به علت آهنگ سریع اجرای سدهای بتن غلتکی، با روش‌های معمول در بتن‌ریزی‌های متعارف (تهیه نمونه‌های استوانه‌ای) نمی‌توان کیفیت بتن غلتکی را کنترل نمود، زیرا اگر نتایج آزمایش مقاومت فشاری معیوب قلمداد شود، به علت حجم عظیم بتن‌ریزی انجام شده روی بتن مشکوک، کاری نمی‌توان انجام داد. بنابراین فلسفه کنترل کیفیت سدهای بتن غلتکی بر کنترل‌های حین ساخت بر اساس نتایج حاصل از اجرای بستر آزمایشی[1] استوار می‌باشد. در واقع تنها زمانی به پیمانکار اجازه شروع بتن‌ریزی بدنه اصلی داده می‌شود، که این اطمینان حاصل شده باشد که با تجهیزات و روش‌های اجرایی امتحان شده در بستر آزمایشی، محصول نهایی صد در صد مطابق خواسته کارفرما خواهد بود؛ و لذا مهندس ناظر در طول اجرای کار باید فقط ضوابط و الزامات اجرایی را به دقت کنترل نماید.

مواد افزودنی: ماده‌ای است به غیر از سیمان پرتلند، سنگدانه و آب که به صورت گرد یا مایع، به عنوان یکی از مواد تشکیل دهنده بتن و برای اصلاح خواص بتن کمی قبل از اختلاط یا در حین اختلاط به آن افزوده می‌شود.

نوبت بتن‌ریزی: مقدار بتن ریخته شده میان دو درز سرد یا ساختمانی افقی متوالی، که ممکن است شامل چندین لایه باشد.

۸-۱۵-۳- موعدهای با اهمیت

۸-۱۵-۳-۱- بستر آزمایشی

حداقل ۱۲۰ روز قبل از شروع عملیات بتن‌ریزی اصلی، پیمانکار باید با اجرای بستر آزمایشی بتن غلتکی مشکلات بالقوه کار را بررسی و کلیه روش‌های اجرا، کنترل کیفیت، تجهیزات، ماشین‌آلات، طرح اختلاط بتن و آمادگی کارکنان خود را ارزیابی نموده و در صورت وجود نقایص و نارسایی‌ها نهایت کوشش را در جهت مرتفع کردن آنها به کار بندد.

۸-۱۵-۳-۲- مصالح و روش اجرا

پیمانکار باید حداقل ۳۰ روز قبل از شروع اجرای بستر آزمایشی بتن غلتکی، روش‌ها و برنامه‌های پیشنهادی خود را در مورد تجهیزات لازم برای اختلاط، انتقال، بتن‌ریزی و تراکم بستر آزمایشی به مهندس ناظر ارائه دهد. برنامه فوق باید شامل شرح، نوع و ظرفیت دستگاه تولید و نیز تعداد و نوع ماشین‌آلات حمل، پخش و تراکم بتن غلتکی باشد. پیمانکار باید مشخصات کامل مصالح مصرفی، اعم از سنگدانه‌ها، سیمان، آب و مواد پوزولانی را جهت بررسی و کسب تاییدیه کتبی در اختیار مهندس ناظر قرار دهد (به بند ۸-۱۵-۸ رجوع شود).

۸-۱۵-۳-۳- برنامه آزمایش‌های مقدماتی

پیمانکار باید حداقل ۹۰ روز قبل از اجرای بستر آزمایشی بتن غلتکی برنامه آزمایش‌های مقدماتی طرح اختلاط بتن غلتکی خود را به مهندس ناظر ارائه دهد (به بند ۸-۱۵-۸ رجوع شود).

1- Test Pad

۸-۱۵-۳-٤- سرعت اجرا

پیمانکار باید در تدوین برنامه زمانی، کنترل کیفی و انتخاب تجهیزات اجرای کار، اصل اجرای هر چه سریع‌تر عملیات بتن‌ریزی و همچنین پوشاندن هر نوبت بتن غلتکی به وسیله نوبت بعدی را که نتیجه آن موجب ارتقای کیفی کار و یک‌پارچگی بیش‌تر و عملکرد بهتر بدنه سد می‌گردد، همواره مد نظر قرار دهد.

۸-۱۵-٤- سیمان مصرفی

۸-۱۵-٤-۱- نوع سیمان

در صورتی که الزامات محدود کننده دیگری مطرح نگردد، سیمان مصرفی در بتن غلتکی باید پرتلند نوع II (با حرارت هیدراسیون متوسط)، سیمان‌های پرتلند پوزولانی نوع IP (۱۵ الی ۴۰ درصد پوزولان) و یا سیمان‌های پرتلند سرباره‌ای نوع IS (۲۵ الی ۶۵ درصد سرباره) باشد که در بتن‌ریزی‌های حجیم نسبت به سیمان تیپ یک ارجحیت دارند.

۸-۱۵-٤-۲- خواص سیمان

خصوصیات سیمان نوع II باید با مشخصات استاندارد ASTM C150 و خصوصیات سیمان‌های پرتلند پوزولانی و سیمان‌های پرتلند سرباره‌ای با مشخصات استاندارد ASTM C595 مطابقت داشته باشد. (همچنین به بند ۸-۳-۱ رجوع شود).

۸-۱۵-۵- مواد افزودنی

۸-۱۵-۵-۱- خواص پوزولان‌ها

کیفیت و یکنواختی پوزولان‌های طبیعی یا هرگونه پوزولان دیگری که قرار است در طرح اختلاط بتن غلتکی به کار رود، باید با مشخصات فنی استاندارد ASTM C618 مطابقت داشته باشد (همچنین به بند ۸-۳-۴ رجوع شود).

پیمانکار و مهندس ناظر باید در انتخاب پوزولان مناسب علاوه بر الزامات فنی به هزینه تهیه و سهولت دسترسی به آن نیز توجه نمایند.

۸-۱۵-۵-۲- افزودنی‌های دیرگیر

در صورت نیاز پیمانکار می‌تواند با تایید مهندس ناظر نوعی ماده افزودنی شیمیایی دیرگیر (منطبق بر ۸-۳-۵) در تهیه بتن غلتکی مصرف نماید.

۸-۱۵-٦- سنگدانه‌ها

۸-۱۵-٦-۱- خواص سنگدانه‌ها

به طورکلی سنگدانه‌های بتن غلتکی باید حداقل الزامات سنگدانه‌های بتن متعارف (ASTM C33) را برآورده نماید (همچنین به‌بند ۸-۳-۲ رجوع شود)، مگر آن که ملاحظاتی چون اهمیت و حجم کارهای اجرایی پروژه، یا الزامات طرح اعم از مقاومت، چگالی

و... و شرایط دسترسی به منابع قرضه محلی مناسب، اجازه دهد که در مورد بعضی الزامات مقرر مانند حداکثر درصد مجاز مواد مضره با تشخیص مهندس ناظر رواداری بیش‌تری اعمال شود. در این صورت پیمانکار باید پیشنهادهای خود را همراه نتایج آزمایش‌های انجام شده به صورت کتبی جهت بررسی به مهندس ناظر ارائه نماید.

۸-۱۵-٦-۲- ذخیره سنگدانه‌ها

به دلیل سرعت بالای اجرای سدهای بتن غلتکی، پیمانکار باید قبل از شروع عملیات بتن‌ریزی حداقل ۵۰٪ سنگدانه‌های لازم برای تولید بتن همان فصل کاری را آماده و در محل‌های پیش‌بینی شده انبار کرده باشد، تا تهیه بتن دچار وقفه نگردد.

۸-۱۵-٦-۳- دانه‌بندی

پیمانکار باید شن و ماسه را به نسبتی با یکدیگر مخلوط نماید که منحنی دانه‌بندی مجموعه در محدوده مندرج در جدول (۸-۲۷) قرار گیرد.

تبصره: میزان رد شده از الک نمره ۲۰۰ با این فرض تعیین شده است که مصالح رد شده از الک ۴۰ پلاستسیته قابل ملاحظه‌ای ندارد. در صورت افزایش حد روانی و دامنه خمیری مصالح رد شده از الک ۴۰ درصد مجاز عبوری از الک ۲۰۰ باید متناسبا کاهش یابد. به عنوان راهنما اگر حد روانی بیش از ۲۵ و دامنه خمیری بیش از ۱۰ باشد، درصد مجاز رد شده از الک ۲۰۰ باید کم‌تر از ۵ درصد باشد.

جدول ۸-۲۷- دانه‌بندی سنگدانه‌ها

اندازه الک (mm)	درصد رد شده (وزنی)	
	حداکثر اندازه دانه سنگی ۷۵ میلی‌متر	حداکثر اندازه دانه سنگی ۵۰ میلی‌متر
۷۵	۹۸-۱۰۰	-
۵۰	۸۶-۹۶	۱۰۰
۳۸	۷۵-۹۰	۹۷-۱۰۰
۲۵	۶۳-۷۷	۷۶-۹۰
۱۹	۵۶-۶۹	۶۶-۸۰
۹/۵	۴۳-۵۳	۴۲-۵۶
۴/۷۵	۳۳-۴۳	۳۴-۴۶
۲/۳۶	۲۵-۳۵	۲۶-۳۷
۱/۱۸	۱۹-۲۹	۲۱-۳۱
۰/۶	۱۴-۲۴	۱۵-۲۴
۰/۳	۱۰-۱۸	۸-۱۶
۰/۱۸	۶-۱۳	۵-۱۲
الک نمره ۲۰۰	۴-۱۰	۳-۷

۸-۱۵-٦-٤- خواص ماسه

مقدار ماسه بتن غلتکی باید بیش از بتن‌های متعارف در نظر گرفته شود و ضریب نرمی[1] آن باید بین ۲/۱ و ۲/۸ باشد.

۸-۱۵-٦-٥- مخلوط‌های آزمایشی

پیمانکار قبل از اجرای بستر آزمایشی بتن غلتکی، باید از طریق ساخت بتن‌های آزمایشی متعدد به طرح اختلاط بهینه دست یافته باشد. طرح اختلاط مذکور باید کتبا همراه با گزارش فنی به مهندس ناظر اعلام گردد تا در صورت تایید در اجرای بستر آزمایشی به کار رود.

۸-۱۵-٦-٦- مقدار خمیر سیمان

نسبت‌های اختلاط اجزای بتن غلتکی بدون توجه به کلاس کم سیمان یا پرسیمان باید طوری طراحی شوند که مقدار خمیر سیمان (یعنی مجموع آب، سیمان، پوزولان، حباب‌های کوچک هوا و سنگدانه ریز عبوری از الک ۲۰۰) آن در حدود ۲۰٪ حجمی یا ۱۴٪ وزنی بتن غلتکی باشد.

۸-۱۵-٦-۷- مقدار آب

پیمانکار باید مقدار آب مصرفی را در شرایطی که مصالح سنگی بتن در حالت سطح خشک اشباع (SSD) می‌باشد، در طرح اختلاط بتن گزارش نماید.

۸-۱۵-٦-۸- طرح اختلاط مقدماتی

پیمانکار باید طرح اختلاط مقدماتی را طوری ارائه دهد که میانگین مقاومت فشاری ۳ نمونه استوانه‌ای ۳۰ × ۱۵ سانتی‌متری آن در زمان مقرر حداقل ۳ مگاپاسکال از مقاومت مشخصه خواسته شده بیش‌تر باشد.

پیمانکار باید نمونه‌های بتنی استوانه‌ای ۳۰×۱۵ سانتی‌متری را مطابق ASTM-C1176 ساخته و مقاومت فشاری آنها را در موعدهای مقرر طبق استاندارد ASTM C39 تعیین و به مهندس ناظر گزارش نماید.

پیمانکار باید روانی و چگالی تمامی نمونه‌های ساخته شده را طبق ASTM-C1170 تعیین و با چگالی حداکثر به دست آمده از آزمایش تراکم اصلاح شده ASTM D1557 مقایسه نموده و نتایج مربوط را به مهندس ناظر ارائه نماید.

۸-۱۵-۷- اختلاط بتن غلتکی

۸-۱۵-۷-۱- دستگاه بتن‌ساز مرکزی

دستگاه بتن‌ساز مرکزی می‌تواند از نوع پیمانه‌ای یا پیوسته باشد. درصورت انتخاب نوع پیوسته، پیمانکار باید مدلی را تهیه نماید که قادر به تولید و تحویل بتن یکنواخت با سرعتهای مختلف باشد. این مدل قبلا باید به تصویب مهندس ناظر برسد.

1- Fineness modulus

۸-۱۵-۷-۲- ظرفیت دستگاه بتن‌ساز مرکزی

ظرفیت دستگاه تهیه بتن باید حداقل ۱/۵ برابر میانگین تولید مطلوب و مورد نظر پیمانکار، طبق برنامه زمان‌بندی کلی اجرایی سد باشد. استفاده از دو دستگاه با ظرفیت کم‌تر نسبت به یک دستگاه با تولید بسیار بالا ارجح است.

۸-۱۵-۷-۳- واسنجی دستگاه بتن‌ساز مرکزی

دستگاه بتن‌ساز مرکزی باید همواره قادر به تولید بتنی یکنواخت بوده و پیمانکار باید پس از هر ۳۰ نوبت کاری آزمایش عملکرد دستگاه مخلوط‌کن را برروی سه پیمانه مختلف بتن مطابق استاندارد CRD-C55 انجام دهد. زمانی که به دلیل عدم انطباق بتن تولید شده با مشخصات خواسته شده، تنظیم دستگاه بتن‌ساز مرکزی لازم گردد، در این صورت دستگاه مذکور باید پس از تنظیم دوباره کنترل شود. (همچنین به بند ۸-۵ رجوع شود).

۸-۱۵-۷-٤- رطوبت بتن غلتکی

در خلال هر نوبت کاری تولید بتن غلتکی در دستگاه بتن‌ساز، پیمانکار باید حداقل یک نمونه جهت تعیین رطوبت از طریق خشک کردن مخلوط بتن اخذ و آزمایش نماید. پیمانکار باید رطوبت بتن غلتکی را در محل بتن‌ریزی بلافاصله پس از پایان عملیات تراکم توسط دستگاه چگالی‌سنج اتمی با میله مضاعف اندازه‌گیری نماید و برای واسنجی دستگاه از روش نمونه‌برداری و خشک کردن نمونه در گرمچال استفاده نماید. پیمانکار این آزمایش را باید در حداقل ۶ نقطه از هر نوبت بتن‌ریزی با نظر مهندس ناظر انجام دهد.

رطوبت بتن غلتکی نباید آنقدر زیاد باشد که سطح بتن پس از تراکم با غلتک ویبره چرخ‌آهنی و ضمن عبور غلتک، به طور قابل ملاحظه‌ای موجدار گردد. در این صورت پیمانکار باید فورا نسبت به کاهش میزان آب اختلاط و یا اصلاح طرح مخلوط اقدام نماید.

پیمانکار باید همواره رطوبت سنگدانه‌های انبار شده در مجاورت دستگاه بتن‌ساز را در حالت اشباع با سطح خشک[1] حفظ نماید. ضمنا سنگدانه‌ها باید طوری انبار شوند که از جدایی دانه‌ها جلوگیری به عمل آید (به بند ۸-۳-۲ رجوع شود). آزمایش تعیین رطوبت مصالح باید به صورت روزانه انجام شود و از نتایج آن در طرح اختلاط استفاده شود.

۸-۱۵-۸- اجرای بستر آزمایشی بتن غلتکی

پیمانکار باید به منظور ارزیابی تجهیزات، ماشین‌آلات، روش‌های بتن‌ریزی، مواد متشکله و طرح اختلاط منتخب جهت استفاده در کار اصلی مبادرت به ساخت بستر آزمایشی از بتن غلتکی نماید. کلیه مشخصات مندرج در این مشخصات شامل آماده‌سازی پی، تمیزکاری سطوح نوبت‌های بتن‌ریزی، پخش ملات بین لایه‌های بتن‌ریزی، ضخامت نوبت‌ها و لایه‌های بتن‌ریزی، روش تراکم، تعداد عبور غلتک و روش کنترل کیفی کار باید در این مقطع آزمایشی مورد استفاده و ارزیابی قرار گیرد و به تایید مهندس ناظر برسد. همچنین از این آزمایش‌ها باید جهت تمرین و بالا بردن سطح مهارت کارکنان پیمانکار استفاده شود. پیمانکار باید ضمن اجرای کلیه عملیات، گردش کارهای مورد نظر را یادداشت و گزارشی در این مورد تهیه کند و به مهندس ناظر ارائه دهد. در صورتی که اجرای این مقطع آزمایشی نتواند الزامات طرح را برآورده نماید، پیمانکار باید آن را تکرار نماید.

1- Saturated Surface Dry

اجرای بستر آزمایشی باید شامل حداقل ۵ نوبت بتن‌ریزی با طول و عرض مناسب به تشخیص مهندس ناظر باشد، به طوری که حجم بتن‌ریزی از ۲۰۰ متر مکعب کم‌تر نباشد.

در صورت نیاز به تکرار اجرای بستر آزمایشی، مهندس ناظر می‌تواند اجرای بخشی از طرح انحراف آب رودخانه یا سایر اجزای طرح را که جنبه موقتی دارند، برای کسب تجربه و مهارت بیش‌تر در اختیار پیمانکار قرار دهد. همچنین مهندس ناظر می‌تواند پس از تایید و تصویب گزارش فنی روش اجرای بستر آزمایشی پیمانکار و همچنین تهیه و نصب تجهیزات و ماشین‌آلات تکمیلی لازم، اجرای فرازبند را به عنوان بتن‌ریزی آزمایشی تعیین نماید تا پیمانکار آمادگی خود را برای شروع بتن‌ریزی اصلی به اثبات رساند.

۸-۱۵-۹- انتقال بتن غلتکی

بتن غلتکی پس از اختلاط در دستگاه بتن‌ساز باید توسط نوار نقاله یا کامیون یا ترکیبی از این دو به محل اجرای کار حمل شود.

در صورت استفاده از کامیون، چرخ‌های آن قبل از رسیدن به محل بتن‌ریزی باید از گل و سایر مواد مضر شسته شود و جاده‌های منتهی به محل بتن‌ریزی با شن‌ریزی تمیز نگاه داشته شود. در هر صورت سطح هر نوبت بتن قبل از بتن‌ریزی نوبت بعدی باید عاری از هرگونه مواد مضر باشد و به نظارت تحویل شده و صورتمجلس تحویل تنظیم شود.

در صورت استفاده از نوار نقاله، سرعت آن باید طوری تنظیم شود که از جدایی دانه‌ها جلوگیری و الزامات حجم تولید نیز برآورده شود. همچنین باید تمهیداتی برای جلوگیری از خشک شدن بتن در اثر تابش آفتاب، تر شدن بیش از حد آن در اثر ریزش باران و ریزش مواد چسبیده به نوار، از قسمت زیرین نوار نقاله بر روی سطح تمام شده کار در حین بازگشت نوار، به عمل آید.

پیمانکار در انتخاب تجهیزات و ماشین‌الات مورد نیاز، به منظور انتقال بتن از محل تولید تا محل بتن‌ریزی باید عواملی نظیر حجم بتن‌ریزی اصلی، نحوه دسترسی به محل بتن‌ریزی، هزینه ساعتی ماشین‌آلات و تجهیزات، و دیگر پارامترهای موثر را مد نظر قرار دهد و گزارش جداگانه‌ای در این خصوص حداقل ۶۰ روز قبل از تجهیز اصلی کارگاه جهت بررسی و تایید به مهندس ناظر ارائه دهد.

در صورت استفاده از قیف ذخیره موقت در محل تاج سد، حجم آن باید حداقل ۲ برابر حجم کامیون انتقال بتن باشد.

کامیون‌های حامل بتن غلتکی یا سایر ماشین‌آلات مجاز نیستند تا حداقل ۳ ساعت از زمان ریختن و تراکم بتن غلتکی، از روی آن عبور نمایند. پیمانکار باید حتی‌المقدور از تمرکز رفت و آمد کامیون‌ها در یک مسیر خاص روی تاج سد خودداری نماید. کامیون‌ها باید در وضعیت کاری خوبی بوده و روغن ریزی نداشته باشند. سوخت گیری کامیون‌ها و دیگر ماشین‌آلات روی تاج سد ممنوع می‌باشد.

رانندگان کلیه وسایل و ماشین‌آلات پیمانکار باید از ترمز سریع و دور زدن با قوس تند و هرگونه حرکتی که به بتن تازه ریخته شده صدمه وارد نماید، خودداری نمایند.

زمان انتقال بتن از شروع تهیه تا رسیدن به محل بتن‌ریزی نباید از ۱۰ دقیقه تجاوز نماید.

۸-۱۵-۱۰- بتن‌ریزی و پخش

بتن غلتکی باید در محل نهایی بتن‌ریزی تخلیه گردد و پیمانکار باید تمهیداتی جهت جلوگیری از جداشدگی سنگدانه‌ها معمول دارد.

پیمانکار باید بتن غلتکی را روی لایه تازه بتن‌ریزی شده تخلیه نماید.

بتن غلتکی باید حداکثر ۱۰ دقیقه پس از تخلیه پخش، تسطیح و آماده تراکم باشد. ضخامت لایه کوبیده شده باید در حدود ضخامت تعیین شده در مدارک طرح باشد. حداکثر رواداری مجاز برای ضخامت هر نوبت بتن‌ریزی ۵± سانتی‌متر می‌باشد.

پیمانکار باید راستای بتن‌ریزی را از یک تکیه‌گاه به طرف تکیه‌گاه مقابل هدایت نماید، مگر آن که این فاصله کم‌تر از فاصله میان رویه بالادست تا پایین‌دست سد باشد. پیمانکار باید بتن غلتکی را به صورت نوارهایی در طول کار پخش و متراکم نماید. حدود ۵۰ سانتی‌متر از کناره هر نوار باید تا بتن‌ریزی نوار مجاور به صورت غیرمتراکم رها شود، تا بعدا حاشیه بیرونی این دو نوار با یکدیگر مخلوط و یک‌باره متراکم گردند.

ضخامت نوبت‌های بتن‌ریزی با استناد به مدارک فنی طرح، توسط مهندس ناظر تعیین و پیمانکار باید آن را طی آزمایش‌های در مقیاس بزرگ و در خلال ساخت بستر آزمایشی امتحان و در صورت نیاز، بهینه سازی و به تایید مهندس ناظر برساند. پیمانکار در صورتی مجاز به افزایش ضخامت نوبت بتن‌ریزی تا حداکثر ۶۰ سانتی‌متر می‌باشد که هر سه شرط زیر تامین باشد:

- مخلوط از نظر کیفی به اندازه کافی رطوبت داشته باشد.
- نوبت بتن‌ریزی به ۲ یا ۳ لایه با ضخامت کم‌تر تقسیم و هرلایه در حین پخش شدن توسط وسیله مناسب (بولدوزرD-6 یا معادل آن) تا حدی متراکم شود.
- قبل از زمان گیرش اولیه لایه زیرین کل نوبت بتن‌ریزی متراکم شود.

پیمانکار باید حداقل یک بولدوزر فعال برای هر ۱۵۰ متر مکعب بتن‌ریزی در هر ساعت در نظر بگیرد. تیغه بولدوزرها باید قابلیت تنظیم و تغییر حالت به صورت مورب را داشته باشد. بولدوزرهای پیمانکار باید در حین عمل پخش، بتن را به اندازه کافی دوباره مخلوط و به صورت یکنواخت پخش نماید. مصالح و سنگدانه‌هایی که از مخلوط بتن جدا می‌گردد، باید با صلاحدید مهندس ناظر به نحو قابل قبولی با بتن مخلوط شود و یا پس از جمع‌آوری از محل بتن‌ریزی دور گردد.

پیمانکار باید یک دستگاه لودر نیز به منظور کمک به عملیات بتن‌ریزی درمحل‌های تنگ نظیر تکیه‌گاه‌ها آماده و مستقر نماید.

بولدوزر و سایر ماشین‌آلات چرخ زنجیری فقط مجاز به عبور از روی بتن غیرمتراکم (غلتک نخورده) می‌باشند. در صورتی که سطوح متراکم شده و غلتک خورده صدمه ببیند و بتن به گیرش اولیه خود نرسیده باشد، پیمانکار موظف است با عبور دادن غلتک سطوح صدمه خورده را دوباره متراکم نماید. ولی اگر بتن گیرش حاصل نموده باشد باید کنده شده و از محل اجرای کار دور شود. در صورت لزوم پیمانکار باید برای انتقال بولدوزر از روی سطوح متراکم شده از تریلر یدک‌کش چرخ لاستیکی استفاده نماید.

پخش بتن غلتکی در محل اجرا با ماشین‌آلات سنگین‌تر از بولدوزر معادل D-6 ممنوع است. ضمنا پیمانکار نباید برای پخش بتن غلتکی از گریدر استفاده نماید.

۸-۱۵-۱۱- تراکم

پیمانکار باید حداقل دو دستگاه غلتک ویبره چرخ آهنی برای تراکم هر نوبت بتن‌ریزی در محل کار آماده و مستقر نماید. پیمانکار باید تعداد غلتک مورد نیاز را با توجه به روش اجرا و احجام کار محاسبه و برای تایید به مهندس ناظر گزارش نماید.

غلتک‌های ویبره چرخ‌آهنی یک یا دو محوره برای تراکم بتن باید حداقل دارای مشخصات فنی زیر باشند:

- وزن هر سانتی‌متر عرض چرخ غلتک در حالت استاتیک نباید از ۲۷ کیلوگرم کم‌تر باشد.
- فرکانس ارتعاش نباید از ۲۸/۳۳ هرتز یا ۱۷۰۰ بار در دقیقه کم‌تر باشد.

- دامنه نوسان باید بین ۰/۶۳ تا ۰/۸۹ میلی‌متر باشد.

طی ۱۰ دقیقه پس از پخش بتن، هر نوبت بتن باید با حداقل چهار بار عبور غلتک دومحوره یا حدود ۸ بار غلتک تک‌محوره متراکم شود. اولین عبور با غلتک دومحوره یا دو عبور اول با غلتک تک‌محوره باید با حالت استاتیک و بدون لرزش صورت گیرد.

به جز غلتک‌های درحال کار، پیمانکار باید یک دستگاه غلتک آماده به کار به صورت دائم در نزدیکی محل اجرای کار مستقر نماید، تا در صورت وقوع نقص فنی، وقفه در کار حاصل نشود.

پیمانکار باید برای تراکم محل‌های نزدیک به سطوح سنگی، نمای بالادست و پایین‌دست و درزهای عمودی از دستگاه‌های تراکم دستی و کوچک استفاده نماید. میزان تراکم حاصل از دستگاه‌های کوچک باید معادل تراکمی‌باشد که از کاربرد غلتک‌های ویبره چرخ‌آهنی حاصل می‌گردد. حداقل ۳ دستگاه از دستگاه‌های تراکم دستی و کوچک باید به صورت آماده به کار در محل بتن‌ریزی مستقر گردد.

غلتک‌های ویبره چرخ‌آهنی باید مجهز به بادامک معکوس شونده باشد، تا تراکم بتن در هر دو جهت حرکت به جلو و عقب امکان‌پذیر باشد. حداکثر سرعت مجاز غلتک روی بتن ۳ کیلومتر در ساعت است.

پیمانکار باید تعداد عبور لازم جهت رسیدن به تراکم کافی را با توجه به نتایج اجرای بستر آزمایشی به صورت کتبی به مهندس ناظر گزارش و پس از تایید اجرا نماید.

پیمانکار باید بتن تسطیح شده را هرچه سریع تر متراکم نماید و به خاطر اصلاح جزیی ضخامت لایه یا نوبت بتن‌ریزی تراکم را به تاخیر نیاندازد.

پیمانکار باید تواتر و دامنه نوسان غلتک‌های خود را به طور ماهانه کنترل نماید. همچنین عملکرد هر راننده غلتک در هر نوبت کاری و در طول هفته اول کار باید به طور روزانه از لحاظ تعداد نوبت رفت و آمد روی بتن، پوشش صحیح محدوده تحت تراکم و شیوه صحیح کار تراکم با غلتک مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد. در صورت تایید، ادامهٔ ارزیابی به صورت یک نوبت کاری در هفته کفایت می‌نماید.

پیمانکار باید طوری برنامه‌ریزی نماید که کل مدت بین زمان اختلاط تا تراکم کامل بتن غلتکی از ۳۵ دقیقه تجاوز نکند و بتنی که طی این مدت به طور کامل پخش و متراکم نشده است، باید با نظر مهندس ناظر جمع‌آوری و دور ریخته شود. این زمان ممکن است با نظر مهندس ناظر در فصل گرما کمی کاهش و در فصل سرما افزایش یابد.

توقف و تجمع افراد و ماشین‌آلات متفرقه (شامل اتومبیل بازدیدکنندگان و مهندس ناظر) در مسیر بتن‌ریزی ممنوع است.

درصورتی که از بتن متعارف برای نماسازی بتن غلتکی استفاده شود، پیمانکار باید ابتدا بتن نما را اجرا نموده و پس از آن که بتن نما کمی روانی خود را از دست داد و قبل از گیرش اولیه، بتن غلتکی را در کنار آن بریزد و سپس فصل مشترک این دو را تا عمق مورد نظر متراکم نماید.

۸-۱۵-۱۲- درزهای اجرایی و آماده‌سازی پی

اگر در زمان پخش بتن غلتکی، بتن نوبت قبل هنوز به گیرش اولیه نرسیده باشد، پیمانکار باید با نظر مهندس ناظر پس از تمیزکاری سطوح و بدون انجام تمهیدات اضافی دیگر عملیات بتن‌ریزی را با سرعت ادامه دهد. ولی زمانی که بتن‌ریزی در نوبت‌های متوالی با فواصل زمانی بیش از زمان‌های جدول (۸-۲۸) انجام شود، اجرای لایه ملات پر سیمان بین دو نوبت بتن‌ریزی لازم می‌گردد:

جدول ۸-۲۸- فاصله زمانی نوبت های بتن‌ریزی

دمای متوسط محیط (سانتی‌گراد)	زمان بین دو نوبت بتن‌ریزی متوالی
کم‌تر از ۱۵	۱۰ ساعت
بین ۱۵ تا ۲۰	۸ ساعت
بین ۲۰ تا ۲۵	۶ ساعت
بین ۲۵ تا ۳۰	۵ ساعت
بیش از ۳۰	۴ ساعت

پیمانکار در هر حال باید سطوح نوبت‌های بتن‌ریزی را تا اجرای نوبت بعدی مرطوب نگه دارد، تا چسبندگی مطلوبی میان نوبت‌های بتن‌ریزی ایجاد شود. در صورت سخت شدن بتن، برای آن که بتن نوبت بعدی به نوبت قبلی متصل گردد، اجرای لایه نازک ملات ماسه- سیمان یا بتن نرمه با عیار ۳۵۰ کیلوگرم سیمان در هر مترمکعب ملات و به ضخامت ۲ الی ۳ سانتی‌متر روی سطح بتن سخت شده الزامی است. در موقع پخش بتن غلتکی بر روی ملات بستر نباید بیش از ۳۰ دقیقه از پخش ملات مذکور گذشته باشد.

کلیه درزهای افقی بین نوبت‌های بتن‌ریزی که حداقل ۲ روز از عمر آن می‌گذرد، باید قبل از بتن‌ریزی نوبت بعدی به وسیله جت- آب از مواد مضره، گل و لای و آلودگی‌های دیگر شسته شود. پیمانکار باید از شستن زیاد سطوح که باعث بیرون زدن سنگدانه می‌گردد، اجتناب نماید. بعد از آماده‌سازی درز، بتن باید در حالت مرطوب نگهداری شود، تا ملات روی بستر پخش شود.

ماسه‌پاشی سطوح نوبت بتن‌ریزی برای آماده‌سازی درز افقی ممنوع است. پیمانکار باید از هوای فشرده برای بعضی تمیزکاری‌ها و برداشتن مواد سست و اضافی از سطح کار استفاده نماید.

قبل از هرگونه بتن‌ریزی پیمانکار باید سطوح پی را تا حد مورد قبول مهندس ناظر تمیز و آماده نماید. مهندس ناظر موافقت خود را به صورت کتبی اعلام می‌نماید.

قبل از شروع اولین بتن‌ریزی پیمانکار باید بستر بتن‌ریزی را با پخش ملات آماده نماید.

پیمانکار برای آماده‌سازی پی باید با نظر مهندس ناظر از کلیه روش‌های بهسازی پی‌ها شامل تزریق تحکیمی، پرده تزریق و جایگزینی قسمت‌های ضعیف یا عدم پیوستگی‌ها با بتن معمولی (بتن دندانه‌ای) استفاده نماید تا سطحی صاف برای اجرای اولین نوبت بتن‌ریزی فراهم شود.

۸-۱۵-۱۳- عمل‌آوری و محافظت

به جز آن چه در این بخش از مشخصات فنی عمومی بدان اشاره می‌شود، روش‌های عمل‌آوری و محافظت از بتن غلتکی مطابق بند ۸-۱۱-۲-۷ می‌باشد.

سطوح کلیه نوبت‌های بتن که قرار است بتن‌ریزی نوبت بعدی روی آن انجام شود، باید همواره مرطوب نگه داشته شود. سطوح تمام شده کار باید به طور مداوم تا ۳۰ روز پس از بتن‌ریزی مرطوب باقی بماند. مصرف مواد شیمیایی عمل‌آوری ممنوع می‌باشد.

در زمان بارندگی، اگر پیمانکار از کامیون برای بتن‌ریزی استفاده می‌نماید، باید بلافاصله بتن‌ریزی متوقف شود. ولی در صورت استفاده از نوار نقاله (بدون هیچ‌گونه وسیله حمل و نقل چرخ لاستیکی) بتن‌ریزی می‌تواند در شرایط بارندگی خفیف با تایید مهندس ناظر ادامه یابد.

در مناطق یا فصول بارانی سطح هر نوبت بتن‌ریزی باید شیب ملایمی در حدود یک درصد داشته باشد تا آب باران به طور ثقلی از سطح کار زهکشی شود.

پیمانکار باید به هر وسیله ممکن دمای بتن را درحین عمل‌آوری کنترل نماید و در صورت افزایش دمای بتن، انجام یک یا چند مورد از تمهیدات زیر با نظر مهندس ناظر لازم می‌گردد (همچنین به بند ۸-۱۲-۱-۸- رجوع شود):

- اجرای کار در شب یا ساعات خنک شبانه‌روز
- استفاده از آب و مصالح خنک
- استفاده از سایبان
- آب پاشی مداوم سطح کار با پودر آب

حداکثر دمای بتن در زمان بتن‌ریزی ۲۳ درجه سانتی‌گراد و حداکثر اختلاف دمای سطح و درون بتن باید کم‌تر از ۳۵ درجه سانتی‌گراد باشد.

پیمانکار باید به ازای هر ۱۰۰ متر مکعب بتن تولیدی یک بار دمای بتن را در محل دستگاه بتن‌ساز و یک بار در محل بتن‌ریزی اندازه‌گیری و به همراه دمای هوای محیط ثبت و در صورت نیاز به مهندس ناظر ارائه نماید.

پیمانکار باید در فصولی از سال که احتمال یخ‌زدگی بتن وجود دارد، تمهیدات لازم برای جلوگیری از وارد آمدن صدمه به بتن غلتکی را به عمل آورد. در صورتی که دمای متوسط روزانه زیر صفر باشد، مهندس ناظر مجاز خواهد بود از ادامه بتن‌ریزی جلوگیری نماید. در این صورت پیمانکار باید سطوح آخرین نوبت بتن‌ریزی را با لایه‌ای از پتو یا پارچه ضخیم بپوشاند.

۸-۱۵-۱٤- کنترل کیفی ساخت

پیمانکار باید قبل از اجرای بدنه اصلی سد و پس از اجرای مقطع آزمایشی، برنامه‌ای براساس نتایج قبلی جهت کنترل کیفی عملیات اجرایی تهیه و به مهندس ناظر ارائه دهد. همچنین باید فردی با حداقل تحصیلات مهندسی عمران و تجربه کافی کارگاهی جهت هدایت آزمایش‌ها و تهیه گزارش‌های کنترل کیفی به کار گمارده و به مهندس ناظر معرفی نماید.

گزارش فوق باید شامل تولید سنگدانه و دانه‌بندی، تشریح دستگاه بتن‌ساز و مواد متشکله بتن، چگونگی حمل بتن، بتن‌ریزی، تراکم، پاکسازی درزهای ساختمانی، عمل‌آوری، کنترل دما و کلیه آزمایش‌های کارگاهی و آزمایشگاهی لازم باشد.

دانه‌بندی سنگدانه‌های بتن باید پس از هر ۲۰۰۰ متر مکعب بتن‌ریزی مورد آزمایش مجدد قرار گرفته و با محدوده مشخص شده در مشخصات فنی خصوصی مطابقت داده شود. درصورت عدم تطبیق، نمونه دوم تهیه خواهد شد و در صورتی که نمونه دوم نیز در محدوده الزامات این مشخصات واقع نشود، پیمانکار باید اقدام به اصلاح دانه‌بندی نماید. نمونه‌برداری باید براساس ASTM D75 انجام شود.

پیمانکار باید هفته‌ای یک بار حدود اتربرگ ریزدانه عبوری از الک ۴۰ را به دست آورد و با الزامات این مشخصات، به طور مکرر درصد مجاز عبوری از الک ۲۰۰ را کنترل نماید.

آزمایش تعیین رطوبت مصالح باید به صورت روزانه انجام و از نتایج آن در طرح اختلاط استفاده شود.

در صورتی که دمای محیط بالای ۳۰ درجه سانتی‌گراد باشد، پیمانکار باید دمای بتن در محل ساخت و بتن‌ریزی را هر ۲ ساعت یک بار اندازه‌گیری و به همراه دمای محیط ثبت نماید.

چگالی هر نوبت بتن‌ریزی بعد از تراکم باید با دستگاه چگالی‌سنج اتمی با میله مضاعف مطابق استاندارد ASTM C1040 روش B در حداقل شش نقطه اتفاقی کنترل شود. قرائت‌ها باید در پایین، وسط و ۷۵ میلی‌متر زیر سطح نوبت بتن‌ریزی شده صورت گیرد. دستگاه باید قبلا در آزمایش‌های آزمایشگاهی و بستر آزمایشی واسنجی و تنظیم گردد. درصد رطوبت بتن نیز باید با این دستگاه اندازه‌گیری شود.

میانگین تراکم به دست آمده در هر لایه باید بیش از ۹۸ درصد چگالی حداکثر به دست آمده از آزمایش تراکم اصلاح شده ASTM D1557 یا آزمایش تعیین چگالی بتن غلتکی با استفاده از میزلرزان[1] طبق ASTM C1170 (هرکدام بیش‌تر بود) باشد و هیچ‌کدام از نتایج نباید کم‌تر از ۹۵ درصد چگالی حداکثر باشد.

در صورتی که میانگین چگالی نوبت بتن‌ریزی معیارهای پذیرش طرح را برآورده نسازد، پیمانکار باید با عبورهای اضافی غلتک الزامات مشخصات فنی را برآورده نماید. ولی در صورتی که رطوبت مخلوط یا دیگر خواص آن طوری باشد که با هر میزان عبور اضافی غلتک نیز تراکم کافی حاصل نشود، پیمانکار باید با نظر مهندس ناظر فورا اقدام به برداشتن لایه مزبور نماید. پیمانکار مسوول هر گونه عقب افتادگی از برنامه زمان‌بندی طرح، ضرر و زیان ناشی از برآورده نشدن مشخصات فنی و دوباره‌کاری‌های احتمالی است.

پیمانکار برای تنظیم مدارک و اسناد کنترل کیفی بتن سخت شده باید قبل از اقدام به آبگیری مخزن سد، از بدنه سد اصلی مغزه‌گیری به قطر حداقل ۱۵۰ میلی‌متر نماید. نتایج حاصل از آزمون فشاری و دیگر مشخصه‌های به دست آمده از نمونه‌های مغزه‌گیری شده باید با مقاومت فشاری مشخصه طرح مقایسه گردد.

پیمانکار باید به دستور مهندس ناظر آمادگی تهیه ۶ نمونه استوانه‌ای از هر ۲۰۰۰ متر مکعب بتن غلتکی را داشته باشد. این نمونه‌ها طبق ASTM C1176 تهیه می‌شود.

نمونه‌های استوانه‌ای پس از ۷، ۲۸ و ۹۰ روز باید تحت آزمایش مقاومت فشاری (طبق ASTM C39) قرار گیرد. میانگین مقاومت هر ۲ نمونه به عنوان مقاومت فشاری در سن مقرر تلقی می‌شود.

1- Vebe

فصل ۹

خاکریز و مصالح خاکی

۹-۱- کلیات

پیمانکار موظف به آماده‌سازی پی، تهیه مصالح مختلف، نگهداری، خاکریزی و متراکم کردن مصالح در خاکریزهای مختلف، مطابق با مشخصات فنی ارائه شده در این فصل، طبق نقشه‌ها، یا بر اساس دستورالعمل‌های مهندس ناظر می‌باشد.

۹-۱-۱- دامنه کار

محدوده کار عبارت است از آتشکاری و برداشت از منابع قرضه و معدن سنگ، حمل، انباشت، اختلاط، آماده‌سازی، ریختن و پخش، تراکم، و آب‌پاشی یا کاستن از میزان رطوبت (در صورت لزوم) برای مصالح بدنه سد یا دیگر خاکریزها یا پشت‌ریزی‌های مورد نیاز در چهارچوب اسناد پیمان.

خاکریزها باید مطابق با خطوط، ترازها و اندازه‌های نشان داده شده در نقشه‌های اجرایی احداث شود، مگر آن که مهندس ناظر تغییر در خطوط جدا کننده مابین ناحیه‌های خاکریز، تراز تاج خاکریز، شیب‌های طرفین، ضخامت لایه‌های مشخص شده و یا دیگر اصلاحات را ضروری تشخیص دهد. شیب‌هایی که در معرض دید قرار دارند باید دارای سطح نهایی هموار با ظاهری مناسب باشند. مهندس ناظر می‌تواند هر گونه کاهش یا افزایش یا دیگر تغییرات را که ضروری می‌داند، در طراحی اعمال نماید.

پیمانکار باید، مطابق توصیه‌های فصل ۱۵ این مشخصات فنی عمومی، ضمن پیشرفت ساخت، رفتار بدنه سد و پی آن را با استفاده از ابزار اندازه‌گیری که در پی و بدنه سد نصب شده است، مورد بررسی قرار داده و نتایج را در فواصل معین زمانی به مهندس ناظر گزارش نماید. هر زمان که مهندس ناظر تشخیص دهد که این مشاهدات موید عدم ایمنی سد می‌باشد، ممکن است از پیمانکار بخواهد که از سرعت ساخت یک یا چند بخش از کار کاسته و یا کل ساخت آن را تا اطلاع بعدی متوقف نماید.

پیمانکار باید مقاطع ویژه‌ای را برای حفاظت خاکریز از تخریب سیلاب و تخلیه آب در هنگام ساخت سد و جاده روی تاج سد و استقرار وسایل ابزاربندی در داخل بدنه سد فراهم آورد.

۹-۲- تعاریف

تعاریف سنگ و خاک در این مشخصات به شرح زیر است:

تخته‌سنگ: قطعات جداگانه سنگ، معمولا گردگوشه و بعضاً نیمه گرد تا تیز گوشه که بعد کوچک آنها از ۲۵ سانتی‌متر بیش‌تر است.

خاک: انواع خاک با معیارهای تعریف شده در سامانه طبقه‌بندی متحد[1] به شرح زیر شناخته می‌شوند:

الف- رس- خاک پلاستیکی که از الک نمره ۲۰۰ استاندارد ASTM عبور می‌کند.

ب- لای – خاک غیر پلاستیکی که از الک نمره ۲۰۰ استاندارد ASTM عبور می‌کند.

ج- ماسه – دانه‌های معدنی که از الک نمره ۴ استاندارد ASTM عبور کرده و بر روی الک نمره ۲۰۰ استاندارد ASTM باقی می‌ماند.

1- USCS (Unified Soil Classification System)

د – شن – قطعات سنگ که بزرگ‌ترین بعد آن بیش‌تر از ۷/۵ سانتی‌متر نبوده و بر روی الک نمره ۴ استاندارد ASTM باقی می‌ماند.

خرده سنگ: قطعات سنگ که عموما گرد گوشه نیستند.

قلوه‌سنگ: قطعات گردگوشه سنگ که بزرگ‌تر از ۲۵ سانتی‌متر نبوده ولی بزرگ‌ترین بعد آنها از ۷/۵ سانتی‌متر بیش‌تر باشد.

۹-۳- طبقه‌بندی خاکریزها و سنگریزها

قسمت‌های مختلف خاکریزها و سنگریزها، در این مشخصات به صورت زیر طبقه‌بندی شده‌اند:

- پوسته
- هسته ناتراوا
- مصالح ناتراوا در سطح تماس هسته و پی
- فیلتر بالادست و فیلتر پایین‌دست
- ناحیه[1] انتقالی و زهکش
- پوسته سنگریز
- سنگ‌چین[2]

۹-٤- شرایط ویژه خاکریزها و سنگریزها

در مواقعی که بر اساس نظر مهندس ناظر متراکم کردن مصالح خاکریز با استفاده از غلتک‌های پاچه‌بزی عملی یا مطلوب نباشد، باید خاکریزها با شرایط ویژه‌ای که در این مشخصات تعیین می‌شود، متراکم شوند.

محل‌هایی که نیاز به تراکم ویژه دارد، عبارتند از:

- قسمت‌هایی در مجاورت سازه‌ها یا پی سازه‌ها که در نقشه‌ها نشان داده شده است.
- قسمت‌هایی از خاکریزها در محل تکیه‌گاه‌های ناهموار و پر شیب که توسط مهندس ناظر تعیین می‌شود.
- فرورفتگی‌ها و ناهمواری‌های سطح پی، که توسط مهندس ناظر تعیین می‌شود.
- گودبرداری‌های اضافی برای پی سازه‌ها، که برای پر کردن مجدد آنها کتبا از طرف مهندس ناظر دستور داده می‌شود.
- خاکریزی در مجاورت ابزار دقیق، لوله‌ها و مجاری آب بر، که در نقشه‌ها نشان داده شده است یا توسط مهندس ناظر تعیین می‌شود.

1- Zone
2- Rip Rap

۹-۵- مصالح خاکریز

۹-۵-۱- نکته‌های کلی

هیچیک از بخش‌های مختلف سد یا خاکریز نباید قبل از آماده‌سازی پی خاکریزی شود. پی هر یک از قسمت‌ها باید آبکشی، پاکسازی و به‌طور مناسب آماده‌سازی شود و مورد تایید مهندس ناظر قرار گیرد.

کلیه گودال‌ها، فرورفتگی‌ها، و ناهمواری‌های موجود یا ناشی از برداشت قطعه سنگ‌ها (فراتر از خطوط تعیین شده برای گودبرداری پی)، باید با مصالح خاکریزی پر شوند و یا در صورت لزوم با ملات تزریق یا بتن دندانه‌ای ترمیم شوند.

کلیه درزها، ترک‌ها، شکاف‌ها، نواحی برشی و ناهمواری‌ها باید کاملا تمیز شده و در محل‌هایی که مهندس ناظر تعیین می‌کند، با دوغاب تزریق یا بتن دندانه‌ای ترمیم شود.

۹-۵-۲- آماده‌سازی پی قبل از خاکریزی

آماده بودن هر قسمت از پی برای عملیات خاکریزی به وسیله مهندس ناظر تعیین می‌شود. در صورتی که زهکشی، تمیز کردن و آماده‌سازی به طریقی که در زیر آمده است انجام نشود، باید از عملیات خاکریزی در محل خودداری شود. در صورت تاخیر در شروع عملیات خاکریزی و بعد از آماده‌سازی، مجددا پی باید پاکسازی شده و برای عملیات خاکریزی، طبق دستورالعمل و یا با تایید مهندس ناظر آماده گردد.

۹-۵-۲-۱- بهسازی سطح پی‌های خاکی

آخرین مرحله گودبرداری طبق دستورالعمل مهندس ناظر درست قبل از آماده‌سازی پی انجام می‌گیرد.

مصالح آبرفتی بستر رودخانه، که خاکریز یا سنگریز بر روی آن ساخته می‌شود، باید قبل از بسترسازی و هموار کردن تا تراز معین شده، آبکشی شود.

کلیه ناهمواری‌ها، شیارها و آب شستگی‌ها باید از بین برود. برای جلوگیری از لغزش شیب‌های خاک‌برداری، باید این شیب‌ها ملایم بوده و در هیچ حالتی از ۱:۱ تندتر نباشد. مصالح غیر متراکمی که در عمق کم‌تر از ۱۵ سانتی‌متر قرار دارند، باید متراکم گردد. مصالح غیر متراکمی که در عمق بیش‌تر از ۱۵ سانتی‌متر قرار دارد، باید برداشته شود.

اگر روی یک پی که قبلا متراکم شده، بر اثر رفت و آمد ماشین‌آلات ساختمانی سطح صیقلی ایجاد شود، لازم است این سطح تا عمق ۵ سانتی‌متر دیسک زده شود.

در پی‌هایی که پایین‌بردن سطح آب در آنها لازم است، برای جلوگیری از اشباع شدن مصالح بالاتر از عمق ۱۵ سانتی‌متر بر اثر خاصیت مویینگی یا مکش ناشی از رفت و آمد ماشین‌آلات، لازم است سطح آب به اندازه کافی پایین برده شود.

۹-۵-۲-۲- اصلاح پی‌های سنگی

اصلاح سطح نمایان شده سنگ بعد از برداشت مصالح نامناسب روی آن، بستگی به نوع سنگ و ناهمواری‌های آن خواهد داشت. استفاده از تجهیزاتی که از خود شیار یا اثری باقی می‌گذارند، روی سنگ‌های نرم مجاز نیست، چون این نوع تجهیزات باعث صدمه سطح سنگ می‌شوند، به ویژه در مورد سنگ‌های با لایه‌بندی نازک نیاز به حفاری مجدد و صاف نمودن سطح سنگ خواهد بود.

شکل دادن به سطح نمایان شده سنگ‌های سخت عمدتا تحت تاثیر لایه‌بندی و ناپیوستگی‌ها بوده و بسته به جهت آنها، می‌تواند منجر به ایجاد سطوح عمودی، برآمدگی‌ها، قسمت‌های معلق یا دندانه اره‌ای شود. وجود حفره‌ها، مسیر رودخانه‌های مدفون، غارهای انحلالی و یا نواحی برشی و هر پدیده دیگری که باعث ناهمواری‌های اضافی خواهد شد، نیازمند ترمیم است. مصالح نامناسب باید از روی این ناهمواری‌ها برداشته شود و سطح پی به صورت یک سطح منظم شکل داده شود تا نشست‌های ناهمگون در خاکریز محدود گردد. سطح پی را عموما می‌توان به‌طور مناسب با روش سنگ‌برداری یا حفاری خطی و یا با روش پیش برش[1] شکل داد. وقتی که برای صاف کردن ناهمواری‌ها، به مقادیر زیادی سنگ‌برداری و یا آتشکاری نیاز باشد، به‌طوری که این عملیات سبب ایجاد خسارت به پی گردد، می‌توان به جای سنگ‌برداری سطح پی را با بتن دندانه‌ای پر نمود.

در هنگام عملیات ساختمانی سطوح سنگی مرتفع باید پایدار باشند و نیز برای به حداقل رساندن نشست‌های ناهمگون و تمرکز تنش، باید به یک سطح صاف با یک پروفیل پیوسته اصلاح گردند. این سطوح باید دارای شیب ۱:۰/۷۵ (افقی به عمودی) و یا ملایم‌تر باشند.

کلیه برآمدگی‌ها و سنگ‌های معلق واقع در محدوده زیر هسته رسی باید برداشته شود. هر سطح پله‌ای که از ۱:۰/۵ (افقی به عمودی) تندتر و از ۳۰ سانتی‌متر بلندتر باشد، باید برداشته شده یا توسط بتن‌ریزی با شیب ۱:۰/۵ (افقی به عمودی) یا ملایم‌تر اصلاح گردد.

در ناحیه‌هایی که با هسته تماس ندارد، کلیه توده‌های نابرجا، برآمدگی‌ها و سنگ‌های معلق باید برداشته شود. هرسطح پله‌ای که شیب آن از ۱:۰/۵ (افقی به عمودی) تندتر و از ۱/۵۰ متر بلندتر باشد، باید برداشته و یا توسط بتن‌ریزی دندانه‌ای با شیب ۱:۰/۵ (افقی به عمودی) یا ملایم‌تر اصلاح گردد.

پیمانکار باید از روش‌های مناسب آتشکاری استفاده کند، تا از اثر نامناسب آتشکاری روی خصوصیات نفوذپذیری سنگ و نیز عدم کاهش پایداری شیب و عدم کاهش مقاومت جلوگیری نماید. به دلیل وجود درزه و ترک در یک توده سنگ و به علاوه عدم وجود کنترل کافی روی انرژی آتشکاری، اغلب به دست آوردن یک سطح سنگ‌برداری شده با کیفیت مطلوب مشکل است، به همین دلیل بررسی برنامه‌ریزی پیمانکار برای آتشکاری، کنترل جزییات آتشکاری، شرایط پذیرش سطح حفاری شده و کنترل میزان لرزش، برای صدور مجوز برای هر نوبت آتشکاری توسط مهندس ناظر ضروری می‌باشد.

کلیه مصالح نامناسب و غیر متراکم باید توسط دست، کلنگ، جاروب زدن و جت آب یا هوا برداشته شود. آب انباشته شده بر اثر عملیات شستشو باید جمع‌آوری شود. در صورتی که سطح سنگ بر اثر شستشو نرم شود، لازم است از جت هوا استفاده شود. مصالح نامناسب یا غیر متراکم موجود در حفره‌ها، نواحی برشی، ترک‌ها یا رگه‌ها و درزه‌ها، باید مطابق با معیارهای زیر برداشته شود:

الف- در بازشدگی‌های کم‌تر از ۵ سانتی‌متر، باید تا عمق ۳ برابر عرض بازشدگی برداشته شود.

1- Pre-splitting

ب- برای بازشدگی‌های عریض‌تر از ۵ سانتی‌متر و کم‌تر از ۱۵۰ سانتی‌متر باید تا عمقی معادل سه برابر عرض بازشدگی، یا تا عمقی که عرض بازشدگی به ۱۲ میلی‌متر یا کم‌تر برسد، مصالح سست و غیر متراکم حذف شود. اما این عمق نباید از ۱۵۰ سانتی‌متر تجاوز کند.

ج- بازشدگی‌های عریض‌تر از ۱۵۰ سانتی‌متر جزو موارد خاص هستند، که لازم است عمق برداشت آنها در محل به وسیله مهندس ناظر تعیین شود.

برای برداشت مصالح پی‌هایی که در صورت نمایان شدن و یا قرار گرفتن در معرض هوا یا آب تخریب می‌شود، روش‌های خاص مورد نیاز است. در صورتی که خرابی در چنین پی‌هایی بر اثر نمایان شدن در مقابل هوا باشد، پی باید مرطوب نگاه داشته شود، و در صورتی که خرابی در مقابل آب اتفاق بیافتد، پی باید خشک نگاه داشته شود.

پی‌هایی که زود هوازده می‌شوند، باید بعد از سنگ‌برداری و رسیدن به سطح مورد نظر به‌طور مداوم مرطوب نگاه داشته شوند تا این‌که توسط خاکریز یا هر پوشش محافظ مناسب دیگری پوشیده شوند.

مهندس ناظر می‌تواند یک زمان حداکثر برای فاصله زمانی بین نمایان شدن سطح پی در تراز نهایی تا پوشاندن آن توسط خاکریز یا هر پوشش محافظ مناسب دیگر، تعیین نماید.

بتن دندانه‌ای برای پر کردن حفره‌ها و شیارهای ایجاد شده بر اثر سطوح لایه‌بندی و همچنین دیگر ناهمواری‌هایی که از برداشتن نواحی برشی، درزه‌های بزرگ یا کانال‌های مدفون ایجاد شده است، مورد استفاده قرار می‌گیرد. از بتن دندانه‌ای می‌توان در پایدار نمودن شیب‌های تند و یا پر کردن شیب‌های معلق استفاده کرد.

در صورتی که سنگ‌برداری را نتوان بدون آتشکاری انجام داد و یا هنگامی که شکل دادن مطلوب به سطح پی مستلزم حفاری بسیار زیادی در سنگ باشد، می‌توان به جای آن از شکل دادن توسط بتن دندانه‌ای استفاده نمود. بتن‌ریزی دندانه‌ای یا شکل دادن توسط سنگ‌برداری باید در کلیه سطوحی که در دسترس تجهیزات تراکم دستی نیستند، انجام گیرد. در محل‌هایی که تجهیزات تراکم دستی را می‌توان به محل برد، تصمیم در مورد این‌که بتن‌ریزی دندانه‌ای مناسب‌تر است یا متراکم کردن خاکریزی، موکول به قضاوت مهندس ناظر است. این قضاوت بر پایه کفایت تراکمی که در سطوح ناهموار می‌توان به دست آورد، نوع خاکریز در دسترس و هزینه نسبی بین بتن‌ریزی دندانه‌ای و تراکم دستی استوار است.

تزریق دوغاب، برای پر کردن ترک‌های پی، پر کردن سطوح باریک و نیز برای پوشش قسمت‌های نمایان پی استفاده می‌شود.

آبراهه‌های طبیعی کوچک، سنگ‌های هوازده شل و ناپایدار باید برداشته شده با بتن غلتکی و یا بتن لاغر پر گردد. در آبراهه‌های طبیعی بزرگ و عمیق، شیب دو طرف باید به صورت ۰/۵: ۱ (افقی به عمودی) برای پوسته و به صورت ۱:۱ (افقی: عمودی) برای هسته باشد.

۹-۵-۳- آماده‌سازی پی برای ریختن و تراکم مصالح هسته و فیلتر

آماده بودن پی برای عملیات خاکریزی هسته و فیلترها باید به تایید مهندس ناظر برسد.

در سطح تماس بین هسته نفوذ ناپذیر و فیلترها با پی باید سنگ محکم، سخت، سالم و غیر هوازده باشد، و بتوان آن را با استفاده از تزریق آب‌بندی کرد. تمامی ناهمواری‌ها و بیرون‌زدگی‌های تیز گوشه باید برداشته شوند، گودرفتگی‌ها با بتن یا ملات پر شوند، و سنگ‌های سست و معلق، قطعات خشک شده دوغاب، پوشش‌های ورقه‌ای یا پوسته شده، بقایای مواد آلی و دیگر مصالح خارجی برداشته شوند.

پیمانکار باید با استفاده از جاروب‌های زبر، جت آب یا هوا با فشار زیاد، سندبلاست مرطوب، یا دیگر ابزار موثر، و شستشوی کامل، سطح پی را پاکسازی کند. قبل از ریختن مصالح نفوذ ناپذیر هسته، باید آب‌های انباشته در گودال‌ها برداشته و سطح سنگ توسط جت هوا کاملا خشک شود. حضور هر گونه آب آزاد سطحی می‌تواند سطح را صیقلی سازد و از چسبندگی مناسب بین خاکریز ریزدانه و سطح سنگ جلوگیری کند. سنگ باید حداقل برای ۱۲ ساعت قبل از ریختن خاکریزی هسته، مرطوب نگه داشته شود.

درزها و ترک‌ها، رگه‌ها و قسمت‌های گسلیده باید مطابق دستور مهندس ناظر با بتن دندانه‌ای، ملات یا بتن پلاستیک پر شود. پیمانکار ممکن است با تایید مهندس ناظر تزریق دوغاب به ضخامت ۱۰ میلی‌متر بر روی سطوح افقی و سطوح شیب دار ملایم با شیب کم‌تر از ۴۵ درجه اجرا و بر روی سطوح تقریبا قائم از ملات پاشی با فشار هوا استفاده کند. سطح پی باید قبل از استفاده از دوغاب تزریق مرطوب شود، تاجذب آب توسط دوغاب صورت نگیرد.

دوغاب تزریق باید بلافاصله قبل از ریختن خاکریز نفوذ ناپذیر تماسی با پی، اجرا شود. پس از گیرش اولیه دوغاب تزریق و قبل از گیرش نهایی آن، باید اولین لایه خاکریز نفوذ ناپذیر تماسی ریخته شود و در حالتی که دوغاب هنوز به صورت پلاستیک است، متراکم شود. چنانچه دوغاب یا ملات تزریق صدمه ببیند، پیمانکار باید تمامی قسمت‌های نامطلوب را مطابق با دستور مهندس ناظر بردارد و بدون هیچ‌گونه درخواست مبلغ اضافی مجددا جایگزین نماید.

مجاری قابل انحلال و درزهای بزرگ در پی باید توسط جت آب– هوا شکافته و پاکسازی و مطابق دستور مهندس ناظر با بتن دندانه‌ای پر شوند.

۹-٦- گودبرداری و استحصال مصالح خاکریزی

۹-٦-۱- نکته‌های کلی

مصالح لازم برای ساخت خاکریز سد که از گودبرداری سازه‌های طرح قابل استحصال نباشد، باید از محل منابع قرضه، مطابق نقشه‌ها و مشخصات فنی خصوصی، برداشت شود.

بدیهی است که همواره احتمال تغییرات در جنس، بافت و میزان رطوبت و درصد دانه‌های بزرگ اندازه در مصالح نسبت به آنچه که از نتایج شناسایی‌های صحرایی به دست آمده است، وجود دارد. کلیه مسوولیت‌های استنباط و استنتاج مربوط به طبیعت مصالح، میزان رطوبت، بافت مصالح، درصد دانه‌های بزرگ اندازه، بازدهی مصالح مناسب، مشکلات گودبرداری، شکستن یا جداکردن دانه‌های بزرگ اندازه، رسیدن به میزان رطوبت مطلوب و به دست آوردن مخلوط یکنواخت از مصالح به عهده پیمانکار خواهد بود

نوع تجهیزات مورد استفاده و روش اجرای پیمانکار در گودبرداری از منابع قرضه باید به صورتی باشد که امکان تهیه مخلوط یکنواخت مورد نیاز از هر یک از انواع مصالح در برداشت از منابع قرضه موجود باشد.

موقعیت و وسعت کلیه گودهای برداشت در منابع قرضه باید مطابق دستور بوده و مهندس ناظر حق آن را دارد که به منظور به دست آوردن مناسب ترین مصالح، به حداقل رساندن پاکسازی و یا به هر دلیل دیگر حدود یا موقعیت گودبرداری در محدوده منابع قرضه را تغییر دهد.

برای جلوگیری از ایجاد چاله‌های آب در گودهای برداشت از منابع قرضه در حین عملیات گودبرداری، و پس از اتمام عملیات، باید در محل‌هایی که مهندس ناظر ضروری بداند کانال‌های زهکشی از محل برداشت به نزدیکترین مجرای خروجی ایجاد شود.

در مواقعی که گودبرداری در منابع قرضه و در نزدیکترین خاکریز سد، در زیر رقوم نرمال آب یا در مجاورت مخزن سد بالاتر از رقوم نرمال آب، انجام شود، باید شیب‌های گودبرداری و عرض سکوهای به جا مانده مطابق با نقشه‌ها یا مشخصات فنی خصوصی و مورد تایید مهندس ناظر باشد. در نواحی دیگر لازم نیست که پیمانکار سطوح گودهای برداشت از منابع قرضه را با خطوط و ترازهای مشخصی گودبرداری کند ولیکن سطوح بر جا مانده از این گودها، باید صاف و هموار بوده و ممکن است طبق دستور مهندس ناظر برای ایجاد ظاهری مناسب نیاز به هموار کردن داشته باشد.

۹-٦-۲- پاک‌سازی و تسطیح منابع قرضه

پیمانکار باید کلیه محل‌های برداشت از منابع قرضه را تا عمقی که مهندس ناظر تعیین کرده از مواد نامناسب پاک نماید. مواد نامناسب که باید در پاکسازی برداشته شود، عبارتند از کلیه آشغال‌ها و مواد گیاهی اعم از تنه درختان و ریشه‌ها و دیگر موادی که مطابق نظر مهندس ناظر برای استفاده در کارهای ساختمانی دائم مناسب نباشد.

کلیه مواد پاکسازی شده از منابع قرضه باید در محدوده گودهای حاصل از برداشت مصالح و یا مناطقی از آنها که مورد تایید باشد، ریخته شود.

۹-٦-۳- راه‌ها، ساختمان‌ها و خدمات همگانی در منابع قرضه

راه‌های عبوری از میان منابع قرضه مطابق نقشه‌ها، بر اساس شرایط این مشخصات جایگزین خواهد گردید. قبل از احداث جاده جایگزینی پیمانکار نباید به فاصله ۱۵ متری از محور در هر طرف، مصالحی را گودبرداری نماید. پیمانکار باید عملیات را به صورتی انجام دهد که اجازه استفاده مستمر از جاده داده شود و ایمنی عمومی راه را تا زمان احداث مجدد جاده تامین نماید. در صورتی که احداث این راه به پیمانکار دیگری محول شده باشد، پیمانکار باید امکان دسترسی به منظور احداث مجدد این راه را تامین کند.

خطوط انتقال نیرو، خطوط لوله و خطوط تلفن که مطابق نقشه‌ها از میان منابع قرضه عبور می‌کنند توسط گروه‌های دیگر (پیمانکارانی که توسط سازمان‌های مربوط، مثل مخابرات و ... تعیین می‌شوند) بازسازی خواهد شد. قبل از بازسازی خطوط خدمات همگانی، پیمانکار نباید مصالح بین فاصله ۱۵ متری دو سوی محور هر گونه خطوط لوله یا انتقال نیرو و تلفن را گودبرداری کند. پیمانکار باید عملیات خود را به روشی انجام دهد که از هر گونه تداخل، یا وارد آمدن خسارت به خطوط خدمات همگانی جلوگیری شده و در صورت لزوم به منظور بازسازی این خطوط به دیگران اجازه دسترسی بدهد.

۹-٦-٤- رطوبت و زهکشی

مصالح باید تا حد امکان در محل منابع قرضه و قبل از گودبرداری آماده و مرطوب شود. در صورت نیاز باید رطوبت از طریق آبیاری در گودهای منابع قرضه، مطابق با مشخصات فنی خصوصی و نظر مهندس ناظر، به مصالح خاکریزی افزوده گردد، یا با انتخاب پیمانکار و تایید مهندس ناظر ممکن است رطوبت با روش‌های دیگر اضافه شود.

زمانی که رطوبت قبل از گودبرداری در گودهای منابع قرضه به مصالح خاکریز افزوده می‌شود، باید دقت شود تا برای به دست آوردن درصد رطوبت مورد نیاز به هنگام تراکم، مصالح به‌طور یکنواخت مرطوب شود؛ ضمن آن که از جریان آب‌های زاید اضافی و تجمع آب در گودال‌ها جلوگیری شود. پیمانکار باید به دقت عمق و مقدار نفوذ آب را کنترل نماید تا از آبیاری بیش از اندازه جلوگیری شود.

اگر هنگام گودبرداری و یا قبل از آن بر اساس نظر مهندس ناظر رطوبت مصالح خاکریزی در قسمتی از گودهای برداشت از منابع قرضه زیاد باشد، باید به منظور حفظ مصالح خشک‌تر اقداماتی برای کاهش رطوبت از قبیل گودبرداری و ریختن مصالح حاوی رطوبت اضافی در انباشت‌های موقت، گودبرداری مسیرهای زهکشی، دادن زمان کافی برای عمل‌آوری و خشک شدن یا روش‌های دیگری که مورد تایید مهندس ناظر باشد، انجام شود.

مصالح خاکریز ماسه‌ای، شنی و قلوه‌سنگی نیاز به آبیاری قبلی ندارند اما ممکن است به آماده‌سازی قبلی به منظور زهکشی و پایین انداختن سطح آب به رقومی پایین‌تر از رقوم گودبرداری از منابع قرضه نیاز باشد.

زهکشی مصالح ممکن است به هر یک از روش‌های تایید شده مانند پایین آوردن سطح آب در منبع قرضه قبل از گودبرداری انجام شود. اگر مصالح خاکریز ماسه‌ای، شنی یا قلوه‌سنگی درصد رطوبتی بالاتر از مقدار مورد نیاز برای ریختن و تراکم مناسب در خاکریز سد داشته باشد، باید به جای خاکریز در انباشت‌های موقت ریخته شود و اجازه داده شود که تا رسیدن به درصد رطوبتی که برای ریختن در خاکریز سد مجاز است، زهکشی یا خشک شود.

در هر صورت، اگر چه ممکن است محیط در شرایطی بسیار مرطوب قرار داشته باشد، که می‌تواند ناشی از سطح آب زیرزمینی، بارندگی، مشکلات زهکشی و ... باشد، اما پیمانکار باید تا تکمیل کار، بر اساس این مشخصات مصالح مناسب و کافی برداشت و انباشت کند. برای به حداقل رساندن عملیات با مصالح بیش از حد مرطوب، پیمانکار مجاز خواهد بود که بخش‌هایی از منابع قرضه را که حاوی مصالح مناسب خشک‌تر است، مورد استفاده قرار دهد.

پیمانکار حق درخواست هیچ‌گونه مبلغ اضافه برای مواردی از قبیل زمان اضافه برای عمل‌آوری و خشک کردن، زمان اضافه برای انباشت کردن و برداشت مجدد از مصالح گودبرداری شده که در انباشت‌های موقت نگهداری شده‌اند، تاخیرها یا هزینه‌های اضافه در نتیجه انباشت کردن، مشکلات رفت و آمد به منابع قرضه، راه‌های حمل و نقل به خاکریز، کاهش راندمان تجهیزاتی که پیمانکار برای استفاده انتخاب می‌کند، هر گونه عملیات یا مشکلات ناشی از خیسی بیش از حد مصالح وامثال آن را ندارد. هیچ‌گونه پرداخت اضافه به سبب تغییر در نسبت بین مصالح خشک و خیس مورد نیاز گودبرداری شده برای به دست آوردن مصالح مناسب صورت نخواهد گرفت.

۹-٦-۵- برداشت و حمل

مهندس ناظر عمق برش در کلیه قسمت‌های برداشت از منابع قرضه را تعیین خواهد نمود و برش‌ها باید طبق عمق تعیین شده انجام شود. اگر مصالح بدون لایه‌بندی با درصد رطوبت یکنواخت تشخیص داده شود، برش‌های کم عمق در منبع قرضه مجاز خواهد بود.

پیمانکار باید مصالح را به محلی که توسط مهندس ناظر برای خاکریزی بدنه سد تعیین شده است، منتقل نماید.

در قبال تعیین بخش‌های مختلف در منابع قرضه برای به دست آوردن مصالح، عمق برش یا محل انباشت مصالح توسط مهندس ناظر، پیمانکار حق درخواست هیچ گونه اضافه بها را ندارد.

پیمانکار باید تسهیلات مربوط به ابزارهای جداسازی قلوه‌سنگ‌ها، تخته‌سنگ‌ها، و قطعات سنگ از دیگر مصالح را فراهم آورد. مصالح فوق باید قبل از ریختن در خاکریز بدنه سد جدا شود.

در صورتی که هر یک از منابع قرضه در معرض تهدید طغیان رودخانه و یا دیگر منابع آبی باشد و مصالح آن قرضه برای پیشرفت سریع کار مورد نظر باشد، پیمانکار موظف است با تایید مهندس ناظر نسبت به خاک‌برداری و انباشت کردن این مصالح قبل از

استغراق محل قرضه اقدام نماید. اگر مصالح درشت‌دانه مستغرق شده باشد، برداشت باید توسط بیل مکانیکی زنجیری یا دستگاه‌های مشابه مورد تایید مهندس ناظر انجام گیرد.

گودبرداری و حمل مصالح از محل قرضه می‌تواند با هر روش و توسط هر نوع ماشین‌آلات حفاری و حمل مناسب جهت انجام کار، که به تایید مهندس ناظر رسیده باشد، صورت گیرد.

۹-٦-٦- معدن سنگ

مصالح سنگی مورد نیاز باید از محل معادن سنگ، مطابق با نقشه‌ها، تامین شود. کلیه عملیات در معدن سنگ باید با تایید مهندس ناظر انجام شود. مهندس ناظر محل‌های گودبرداری در محدوده معدن سنگ را تعیین خواهد کرد. بخش‌هایی از معدن سنگ که گودبرداری می‌شود، باید از کلیه مواد روبار و سنگ‌های سست و نرم و خرد شده مطابق دستور مهندس ناظر پاکسازی شود. پیمانکار باید با گود برداری در معدن سنگ و گزینش و عمل‌آوری، به مقدار کافی قطعات سنگ تولید نماید. قطعات سنگ باید مطابق با مشخصات فنی خصوصی و یا دستورالعمل‌های مهندس ناظر تولید گردد. نوع تجهیزات مورد استفاده و عملیات پیمانکار در معدن سنگ باید به صورتی باشد که دانه‌بندی مورد نیاز برای سنگ را در معدن سنگ ایجاد نماید.

کلیه قطعات سنگ مناسب باید به نقاط استفاده نهایی حمل شده و کلیه مصالح گودبرداری شده نامناسب یا مازاد بر نیاز برای اهداف ساختمانی، باید مطابق دستور در محل‌های گودبرداری در معدن سنگ ریخته شود.

در صورت نیاز جهت جلوگیری از آلوده شدن مصالح سنگریزه‌ای با مصالح رسی، قبل از هر گونه خاکریزی، این مصالح باید شسته شود.

۹-٦-۷- مواد اضافی حاصل از گودبرداری

حمل و دفع کلیه مصالح گودبرداری شده زاید باید با تایید مهندس ناظر انجام شود. پیمانکار باید مصالح زاید را به محل‌های تعیین شده در نقشه‌ها یا مشخصات فنی خصوصی و مورد تایید مهندس ناظر حمل کند. توده‌های مواد زاید باید در محلی قرار گیرد که اثر زیان‌آوری بر روی جریان طبیعی رودخانه، مسیرهای زهکشی، عملکرد مخزن یا تداخلی با جریان آب به طرف سرریز و سازه‌های آبگیری و نیز ظاهر پروژه تکمیل شده یا راه‌های دسترسی به سازه‌های تکمیل شده، نداشته باشد. در هیچ موردی اجازه داده نخواهد شد که برای انباشت مصالح، از سطح شیب‌های طبیعی استفاده شود.

باید در حمل و دفع مواد بیش از اندازه مرطوب دقت کافی به عمل آید که از داخل شدن آب گل‌آلود به رودخانه جلوگیری شود. چنین مصالحی باید در پشت خاکریزهای متشکل از مواد زاید خشک‌تر ریخته شده یا به روش‌های دیگر مورد تایید مهندس ناظر دفع گردد. در جایی که مهندس ناظر دستور دهد توده‌های مواد زاید باید به شکل مناسبی هموار و مسطح شود.

در پایان کار، کلیه سطوح گودبرداری شده در منابع قرضه، به غیر از محدوده مخزن، نباید شیبی تندتر از دو افقی به یک عمودی ۲H /۱V داشته باشد. شیب‌ها و سطوح منابع قرضه باید تمیز گشته و به صورت مرتب درآید و عملیات مسطح کردن باید با بولدوزر و توسط راننده ماهر اجرا شود و به ایجاد زهکش و جلوگیری از فرسایش و ایجاد نمای مناسب، توجه کافی شود.

۹-۷- مشخصات خاکریزی

۹-۷-۱- نکته‌های کلی

خاکریز لایه رویی تنها پس از تایید نحوه اجرای پی یا لایه قبلی خاکریزی، توسط مهندس ناظر، انجام می‌شود. مصالح خاکریز باید مطابق نقشه‌ها یا طبق دستورالعمل مهندس ناظر خاکریزی شده و مشخصات مصالح آن مطابق مشخصات فنی و دستورالعمل‌های مهندس ناظر باشد.

مصالح خاکریز باید طوری ریخته و گسترده شود، که عاری از عدسی‌ها، گودافتادگی و برآمدگی‌ها بوده و با لایه‌های متشکل از مصالح مشابه اطراف آن از نظر جنس و دانه‌بندی تفاوت چندانی نداشته باشد.

مصالح باید به مقدار کافی در خاکریز ریخته شود. برای این کار محل ریختن محموله‌های منفرد در خاکریز را می‌توان به صورتی در نظر گرفت که مصالح ریزدانه‌تر در نزدیکی قسمت ناتراوا و مصالح درشت‌دانه‌تر در نزدیکی شیب‌های خارجی خاکریز، قرار گیرد.

در جلوگیری از جدا شدن دانه‌های ریز و درشت خاک ناچسبیده باید دقت کافی شود. در صورت جدا شدن دانه‌ها یا ناهمگون بودن درصد رطوبت و ویژگی‌های مصالح، باید مصالح با استفاده از خیش یا گریدر، همگون شده و برای شکستن کلوخه‌ها از کلوخ شکن صفحه‌ای استفاده گردد.

خاکریز هسته ناتراوا نباید در زیر آب ریخته شود. ریختن مصالح بر روی خاکریز یا پی یخ زده مجاز نمی‌باشد. باید دقت ویژه‌ای جهت جلوگیری از در هم آمیختگی مصالح هسته با مصالح دارای نفوذ پذیری بالاتر از آنچه در مشخصات فنی خصوصی برای هسته آمده است، و نیز برای جلوگیری از آلوده شدن فیلترها، اعمال شود.

ماشین‌های حمل مصالح باید تنها از محل‌های علامتگذاری شده در هسته تردد کنند و طوری هدایت شوند که تراکم ناحیه‌های پوسته هر چه یکنواخت‌تر باشد.

پیمانکار باید جزییات موقعیت و رقوم هر یک از این جاده‌های موقت را به مهندس ناظر ارائه کند. تایید مهندس ناظر جهت ادامه ساختمان هسته در هر محل تقاطع با جاده موقت الزامی است. مصالح آلوده هسته و فیلتر باید، به هزینه پیمانکار جایگزین گردد.

پیمانکار باید خاکریزها را تا تکمیل و پذیرش نهایی آنها، در شرایط رضایت بخشی نگهداری و محافظت کند. کلیه قسمت‌های خاکریز باید همزمان اجرا و بالا آورده شود و حداکثر اختلاف ارتفاع دو قسمت مجاور یک متر باشد، مگر این‌که دستورالعمل دیگری ارائه شده باشد. لایه‌های خاکریز باید به‌طور افقی و موازی با محور سد اجرا گردد.

لبه بیرونی پله‌ها در شیب‌های پله‌ای در خاکریز هسته ناتراوا، بلافاصله قبل از گذاشتن لایه‌های مجاور خاکریز هسته باید به اندازه ۰/۳ متر بریده و به عقب برده شود. پس از ریختن و گستردن مصالح در مجاورت شیب پله‌ای تمام عرض هر پله باید همراه با لایه‌ای که جدیداً ریخته شده متراکم گردد.

خاکریزی اطراف سازه‌ها و تکیه‌گاه‌ها باید تقریبا هم سطح با پیشرفت خاکریز سد قرار گیرد و سازه‌ها باید در مقابل تغییر مکان‌ها و دیگر خسارات محافظت گردند.

خاکریزها باید با تاج سد موازی باشند. بنابراین به جز در مواردی که دستورالعمل خاصی داده می‌شود، خاکریزی مصالح در یک لایه پیوسته باید از یک جناح شروع و به جناح دیگر ختم شود.

توزیع مصالح در خاکریزها باید همان‌گونه که در نقشه‌ها آمده است، انجام شود. نفوذپذیری مصالح پوسته باید از داخل بدنه به خارج آن افزایش یابد، مگر در شرایط خاص و طبق نظر و تایید مهندس ناظر.

مناطق فیلتر ریزدانه و درشت‌دانه که مجاور هسته سد می‌باشند، باید در مقایسه با سایر مناطق خاکریز یک لایه جلوتر و بالاتر باشند. در بقیه موارد این اختلاف با تایید مهندس ناظر می‌تواند بیش‌تر باشد.

پیمانکار باید برنامه‌ای را به منظور استخراج و آماده نمودن این مصالح تنظیم نماید تا با شرایط مذکور در مشخصات فوق، مطابقت داشته باشد.

۹-۷-۲- مصالح اضافه و غیر مجاز استفاده شده در خاکریز یا سنگریز

پیمانکار نباید از مصالحی استفاده کند که منابع قرضه آن تایید نشده است و یا مطابق با مشخصات نیست. هر گاه پیمانکار از چنین مصالحی استفاده کند، باید آن را به هزینه خود برداشته و با مصالح مناسب و مورد تایید جایگزین نماید.

۹-۷-۳- نگهداری خاکریزها و سنگریزها

خاکریزهای موقت، خاکریزهای مجدد و یا حتی خاکریزهای پوششی متداول باید ضخامت لازم جهت حفظ رطوبت و تراکم خاک زیرین را داشته باشند و به‌طور مداوم آب‌پاشی یا خشک شوند تا از بروز ترک‌های محتمل در خاکریز جلوگیری به عمل آید. این عمل به عهده پیمانکار است و در آحاد بهای خاکریزی ملحوظ شده است.

اگر هنگام عملیات ساختمانی و یا پس از اتمام آن در قسمتی از خاکریز، یا خاک‌برداری لغزش ایجاد شود، پیمانکار باید مصالح لغزشی را برداشته و شیب را مجددا پایدار و بازسازی نماید و کارهای لازم جهت تحکیم خاکریز را، بدون هیچ‌گونه درخواست هزینه اضافی و مطابق با دستور مهندس ناظر انجام دهد.

۹-۷-٤- راه‌های دسترسی

پیمانکار باید مسیر و نحوه ساخت راه‌های دسترسی را به تایید مهندس ناظر برساند.

این جاده‌ها و جاده‌های موجود که از بدو قرارداد در اختیار پیمانکار گذاشته می‌شود، باید در دوره عملیات ساختمانی به خوبی نگهداری شود. پیمانکار تا خاتمه عملیات ساختمانی ضامن نگهداری و ترمیم مستمر این جاده‌ها می‌باشد.

مهندس ناظر می‌تواند در قسمت‌هایی که مسیر این جاده‌ها با حریم سایر عملیات دائمی برخورد می‌نماید، درخواست تخریب آن را بنماید.

در صورتی که جاده‌های دسترسی روی بدنه سد از سطح مقاطع نقشه تیپ تجاوز نماید، باید قسمت‌های اضافه برداشته شود و قسمت‌هایی از جاده که داخل سطح پروفیل هستند طبق دستورالعمل مهندس ناظر پر و خاکریزی شود. در مورد مشخصات جاده‌های دسترسی به فصل چهارم از این مشخصات فنی عمومی رجوع شود.

۹-۷-۵- ابعاد خاکریز و سنگریز

قسمت‌های مختلف خاکریز یا سنگریز باید طبق ابعاد مذکور در نقشه‌ها اجرا گردد، مگر تغییراتی که مهندس ناظر اعمال می‌کند.

رواداری مجاز قسمت‌های مختلف بدنه سد (در جهت افقی) در جدول (۹-۱) تعیین گردیده است.

جدول ۹-۱- رواداری مجاز قسمت‌های مختلف بدنه سد

	به طرف داخل خاکریز (متر)	به طرف بیرون خاکریز (متر)
حدود سطح بیرونی شیب بالادست	۰/۲۵	۰/۵
حدود سطح بیرونی شیب پایین‌دست	۰/۲۵	۰/۵
حدود شیب بالادست هسته رسی	۰	۱
حدود شیب پایین‌دست هسته رسی	۰	۱

کنترل تغییرات فوق در خاکریزها بعد از برداشت مصالح روی سطح شیب که خوب متراکم نشده‌اند، انجام می‌گیرد. هنگام برداشتن این نوع مصالح باید کاملا مواظب بود که فیلتر آلوده نگردد.

ضخامت هسته، فیلتر ریزدانه، لایه انتقالی و سنگ‌چین در هیچ جهتی نباید کم‌تر از ضخامت داده شده در نقشه‌ها باشد.

تغییرات مجاز در مورد رقوم تاج سد و شیب‌های عرضی تاج از نقشه‌های ابلاغی، حداکثر ۰/۰۵ ± متر می‌باشد.

عرض تاج سد باید حداقل برابر اندازه مندرج در نقشه‌ها باشد. تغییرات مجاز سطح بیرونی خاکریز در جهت طولی (در جهت محور) حداکثر ۰/۲ متر در هر ۵ متر طول می‌باشد. پیمانکار باید اطمینان کافی از پایداری شیب خاکریزها داشته باشد. در هر منطقه، عملیات مختلف خاکریزی مصالح باید به طور مستمر و به‌طور هم زمان انجام گیرد، مشروط بر این که این عملیات باعث کاهش کیفیت کار نگردد. در غیر این صورت مهندس ناظر حق دارد عملیات هر منطقه را که دارای کیفیت خوبی نباشد، متوقف نماید.

ماشین‌آلات، مسیر و نحوه حمل مصالح باید قبلا توسط مهندس ناظر تایید گردد. روش جابجایی و کاربرد مصالح در هر ارتفاعی نباید موجب جدایی دانه‌های ریز از درشت گردد. مخصوصا این امر نباید در مورد فیلترها اتفاق بیفتد. در صورتی عملیات خاکریزی انجام می‌گردد که سطح پی سد یا سطح لایه قبلی به تایید مهندس ناظر رسیده باشد.

سطح خاکریز باید در طول دوره عملیات ساختمانی به نحوی نگهداری گردد تا وسایل کار بتوانند به راحتی در تمام جهات گردش نمایند.

عبور و مرور افراد و وسایل باید کنترل شده و منظم باشد تا خاکریزی هماهنگ و یکنواخت ادامه یابد. قبل از این‌که عملیات تراکم شروع شود، باید کلیه فرورفتگی‌هایی که توسط ماشین‌آلات ایجاد شده است، پر گردد. اگر هنگام عملیات خاکریزی سد لازم باشد که خاکریزهای موقتی ایجاد گردد، باید شیب این خاکریزها با تایید مهندس ناظر انتخاب گردد و در هر صورت برای مصالح رسی باید شیب کم‌تر از ۳:۱ (قائم به افقی) و برای مصالح مخلوط رودخانه‌ای کم‌تر از ۲:۱ (قائم به افقی) باشد.

۹-۷-۶- برنامه زمانی خاکریزی و آزمایش‌ها

پیمانکار باید برنامه‌ای تحت عنوان «برنامه نمونه‌برداری و خاکریزی» تهیه نماید. این برنامه باید شامل اطلاعاتی به شرح ذیل باشد:

- نمونه‌برداری از محل‌های قرضه مختلف و انجام آزمایش‌ها بر اساس مشخصات فنی
- توالی و مراحل مختلف خاکریز بدنه سد
- راه‌های دسترسی، آماده کردن مصالح، مرطوب نمودن و غیره
- تهیه مصالح مختلف جهت خاکریزی

این برنامه باید توسط پیمانکار تهیه شده و به تایید مهندس ناظر برسد. این برنامه باید دارای مشخصات کارها در ماه، فصل، سال و همچنین تا پایان عملیات ساختمان همراه با ذکر میزان دقت و صحت باشد.

برنامه زمان‌بندی باید هر ماه مورد تجدیدنظر قرار گرفته و وضعیت جدیدی که مثلا به علت عملیات ساختمانی یا سیل و یا مرحله کارهای شناسایی منابع قرضه ایجاد شده است، در آن ملحوظ گردد. این برنامه به هیچ وجه نباید باعث تاخیر در عملیات اجرایی گردد.

مهندس ناظر تنها مرجعی است که در مورد طبقه‌بندی و نحوه استخراج مصالح منابع قرضه و علت استخراج پاره‌ای از قسمت‌های آن تصمیم می‌گیرد.

۹-۷-۷- خاکریزی در قسمت‌های باریک

در قسمت‌های باریک و تنگ مجاور تکیه‌گاه‌ها، عملیات خاکریزی بر روی سنگ باید با روش دستی و یا وسایل متراکم‌کننده دستی انجام گیرد و افزایش ارتفاع خاکریز با روش دستی تا رقومی که جهت استفاده از غلتک کافی باشد، ادامه یابد.

در سطح تماس بین هسته ناتراوا و بتن باید تا حد امکان از مصالح رسی تماسی جهت اتصال صحیح هسته با بتن استفاده شود.

اندازه دانه‌های مصالح هر لایه که توسط پیمانکار ریخته می‌شود، نباید از ضخامت خود لایه که در مشخصات فنی خصوصی تعیین گردیده بزرگ‌تر باشد. اگر لایه با دو ضخامت نشان داده شده باشد، ضخامت کم‌تر باید طبق دستورالعمل در پر کردن فرورفتگی‌هایی که به صورت طبیعی و یا ساختگی ایجاد شده، نظیر گودال‌ها، حفره‌ها و یا ترانشه‌ها و همچنین در خاکریزی مصالح یا پشت‌ریزی در مجاورت سازه‌های بتنی و یا در جاهای دیگری که به علت محدود بودن جا نیاز به روش‌های مخصوص تراکم باشد، ملاک عمل قرار گیرد.

۹-۷-۸- آماده‌سازی خاکریز برای لایه‌های بعدی

پیمانکار باید اتصال لازم و کافی بین لایه خاکریز جدید و لایه قدیمی به‌وجود آورد. عملیات خاکریز لایه‌های رویی نباید تا قبل از تراکم کامل لایه‌های زیرین اجرا شود.

جهت تضمین اتصال صحیح بین سطح کوبیده شده خاکریز غیر قابل نفوذ با لایه بعدی، سطح آن لایه باید به ضخامت ۴ تا ۸ سانتی‌متر قبل از اجرای عملیات خاکریزی لایه بعدی، با استفاده از کلوخ‌شکن یا دیگر روش‌های مورد تایید مهندس ناظر، نرم و مرطوب گردد. در صورتی که سطح خاکریز پوسته غیر قابل نفوذ بیش از حد خشک یا مرطوب باشد، قبل از ریختن لایه بعدی درصد رطوبت آن باید با هزینه پیمانکار اصلاح گردد. در صورت تاخیر خاکریزی، سطح قسمت اجرا شده خاکریز باید ابتدا به عمق ۶ سانتی‌متر خراشیده و مرطوب شود و سپس با نظر مهندس ناظر، تا تراکم تعیین شده متراکم گردد.

۹-۷-۹- آماده‌سازی سطوح بتنی برای خاکریزی

سطوح بتنی که بر روی آنها لایه‌های خاکریزی قرار می‌گیرد، باید از کلیه مصالح سست پاکسازی شود. به علاوه سطوحی که بر روی آن مصالح غیر قابل نفوذ قرار می‌گیرد، قبل از خاکریزی به وسیله چکش بادی[1] خراشیده، و سپس مرطوب گردد.

1- Pick Hammer

۹-۷-۱۰- محدودیت‌های جوی برای خاکریزی

در زمستان و مواقعی که مهندس ناظر تشخیص می‌دهد، پیمانکار باید محدودیت‌های کار در هوای سرد را رعایت کرده و اقدامات لازم جهت ادامه عملیات خاکریزی مصالح نفوذ ناپذیر را ملحوظ دارد.

۹-۷-۱۱- کنترل و آزمایش‌های لازم

پیمانکار باید در هماهنگی با مهندس ناظر و مطابق با اسناد پیمان، کلیه امکانات و تسهیلات لازم در جهت نمونه‌گیری از مصالح منابع قرضه و از مصالح خاکریز، قبل و بعد از خاکریزی را فراهم نماید. هر گاه مهندس ناظر تصمیم بگیرد از خاکریز انجام شده یا منابع قرضه، نمونه‌برداری صورت گیرد، پیمانکار باید نمونه‌برداری‌های لازم را در کارگاه انجام دهد.

به‌طور کلی، پس از انجام آزمایش‌های لازم و بررسی نتایج آنها توسط مهندس ناظر و در صورت تایید آنها، پیمانکار می‌تواند نسبت به استفاده از مصالح هر یک از قسمت‌های بدنه سد اقدام نماید. تعدادی از روش‌های آزمایشی معمول در جدول (۹-۲) و تعدادی از روش‌های ثبت عملیات در جدول (۹-۳) ارائه شده است.

هم چنین پیمانکار باید ترانشه‌ها یا چال‌های آزمایشی لازم جهت کنترل کیفیت و یکنواختی خاکریز قسمت ناتراوا در هسته را ایجاد نموده و خاکریزی آنها را مجددا طبق مشخصات انجام دهد.

۹-۷-۱۲- خاکریزهای آزمایشی

پیمانکار باید پس از عقد قرارداد در اسرع وقت و پیش از استفاده از هر نوع مصالح در خاکریزها و سنگریزها، با استفاده از دستگاه‌های مورد نظر خود برای هر یک از مصالح قسمت‌های مختلف سد، اقدام به انجام خاکریز آزمایشی جهت تعیین تراکم مصالح برای دست‌یابی به رطوبت نسبی، وزن واحد حجم، نوع ماشین‌آلات جهت تراکم، تعداد عبور غلتک، سرعت آن و ضخامت لایه‌ها بنماید. علاوه بر این تعیین بهترین روش ساخت و بررسی در مورد عدم تغییر خواص مصالح (مانند خردشدگی مصالح) به مقدار بیش از حد مجاز الزامی است.

این آزمایش‌ها باید شامل ساختن خاکریز آزمایشی در محل مورد تایید، جهت خاکریزهای هسته و پوسته با حداقل ۵ لایه و حداقل مساحت سطح مقطع رویی ۱۰۰ متر مربع باشد. کلیه نتایج حاصل از آزمایش‌های تراکم باید بدون تاخیر جهت تجزیه و تحلیل و تایید روش نهایی خاکریزی به مهندس ناظر ارائه گردد.

کلیه هزینه‌ها و مسایل مربوط به این آزمایش‌ها جزو هزینه خاکریزی در نظر گرفته شده است، مگر آن که در فهرست بهای قرارداد به‌گونه دیگری ذکر شده باشد.

از خاکریزهای انجام شده ریزدانه باید به تعداد کافی نمونه‌های دست نخورده اخذ شود و تحت آزمایش‌های نشانه و مهندسی از جمله آزمایش‌های سه محوری قرار گیرد و با پارامترهای طراحی مقایسه و ارزیابی شود. همچنین باید از خاکریز درشت‌دانه نمونه اخذ شده و آزمایش‌های لازم روی نمونه‌ها براساس دستورات مهندس ناظر انجام گیرد. ضمنا باید یک ترانشه جهت کنترل عملیات در خاکریزها ایجاد شود.

جدول ۹-۲- راهنمای تعدادی از استانداردهای ASTM مورد نیاز برای کنترل عملیات خاکریزی

آزمایش‌های کنترل عملیات خاکریزی	کد	عنوان
طبقه‌بندی خاک	D 2487-92	طبقه‌بندی خاک برای کارهای مهندسی (سامانه متحد)
دانه‌بندی	D 422-63	توزیع دانه‌بندی خاک
حدود اتربرگ	D 4318-84	حد روانی، حد خمیری و شاخص خمیری خاک
میزان آب (رطوبت)	D 2216-92	میزان آب (رطوبت)خاک، سنگ و مخلوط خاک – سنگدانه در آزمایشگاه
وزن مخصوص	D 854-92	وزن مخصوص خاک
تراکم پروکتور استاندارد	D 698-91	تراکم خاک با استفاده از انرژی استاندارد $۶۰۰\ kN/mm^3$
تراکم آشو اصلاح شده	D 1557-91	تراکم خاک با استفاده از انرژی اصلاح شده $۲۷۰۰\ \ kN/mm^3$
تراکم حداکثرو حداقل و تراکم نسبی	D 4253-93 D 4254-91	تراکم حداکثر خاک توسط میز لرزان، تراکم حداقل خاک و محاسبه تراکم نسبی
تراکم در محل	D 1556-90	تراکم خاک در محل با روش مخروط ماسه
	D 4564-86	تراکم خاک در محل
	D 2937-83	تراکم خاک در محل
	D 2167-84	تراکم خاک در محل با روش بادکنک لاستیکی
	D 5030-89	تراکم خاک و سنگ در محل به روش جایگزینی آب در چاله آزمایش

جدول ۹-۳- راهنمای تعدادی از استانداردهای ASTM مورد نیاز برای ثبت عملیات خاکریزی

آزمایش‌های ثبت عملیات خاکریزی	کد	عنوان
نفوذ پذیری در ازمایشگاه	D 2434-68	نفوذ پذیری خاک دانه‌ای (بار ثابت)
مقاومت برشی:	D 2850-87	مقاومت فشاری سه محوری تحکیم نیافته و زهکشی نشده خاک‌های چسبنده
مقاومت فشاری سه محوری	D 4767-88	مقاومت فشاری سه محوری بر روی خاک‌های چسبنده در شرایط تحکیم یافته و زهکشی نشده
برش مستقیم	D 3080-90	آزمایش برش مستقیم خاک‌ها در شرایط تحکیم یافته و زهکشی شده
برش در محل	D 2573-72	آزمایش صحرایی برش پره‌ای در خاک چسبنده
تحکیم	D 2435-90	تحکیم یک بعدی خاک‌ها
	D 4186-89	تحکیم یک بعدی خاک‌ها با استفاده از بارگذاری با کرنش کنترل شده

۹-۸- روش خاکریزی

۹-۸-۱- خاکریزی پوسته

۹-۸-۱-۱- مصالح

مصالح پوسته باید متشکل از مخلوطی خوب دانه‌بندی شده و تراوا از ماسه، شن و قلوه‌سنگ به دست آمده از منابع قرضه مشخص شده در نقشه‌ها و یا مشخصات فنی خصوصی باشد. قلوه‌سنگ‌ها و تخته‌سنگ‌ها باید مطابق با دستور مهندس ناظر از مصالح جدا شده، و در بخش‌های دیگر استفاده شوند.

۹-۸-۱-۲- کنترل رطوبت

رطوبت مصالح خاکریز شن و ماسه و قلوه‌سنگی، قبل از تراکم و در حین آن، باید در سرتاسر هر لایه به طور یکنواخت پخش شده باشد. رطوبت مصالح باید به مقدار کافی برای رسیدن مصالح متراکم به تراکم نسبی بیشینه مشخص شده در روش تراکم باشد.

به طور کلی، مصالح باید به اندازه‌ای مرطوب باشد که بیشینه تراکم ممکن به دست آید، اما بیش از اندازه نیز مرطوب نباشد که تداخلی با تجهیزات پیمانکار برای حمل، ریختن و تراکم پیمانکار داشته باشد.

درصورت نیاز به مرطوب‌سازی می‌توان توسط آب‌پاشی در روی خاکریز یا به هر روش مورد تایید دیگر این کار را انجام داد. اگر رطوبت مصالح خیلی زیاد باشد، باید وقفه کوتاهی بین زمان تسطیح و تراکم تامین شود، تا مقدار آب اضافی خارج شود.

۹-۸-۱-۳- روش خاکریزی و تراکم

پیمانکار باید عملیات خاکریزی را به‌گونه‌ای انجام دهد که از جداشدگی دانه‌ها جلوگیری شود. جهت ایجاد چسبندگی خوب لایه‌ها به یکدیگر، باید قبل از ریختن لایه جدید، لایه قبلی تا عمق ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر تراشیده و رطوبت زده شود (بدون کشیدن و جابجا کردن قطعات درشت). جهت پخش یکنواخت دانه‌های درشت و ریز، پس از تخلیه، مصالح باید در یک سطح افقی پخش گردد.

عمل تراکم باید توسط یک غلتک ویبره مناسب انجام گردد. تعداد عبور غلتک روی مصالح باید با توجه به نتایج خاکریزهای آزمایشی تعیین گردد. به هرصورت روش نهایی اجرای خاکریز باید مورد تایید مهندس ناظر قرار گیرد. به منظور اطمینان از رسیدن هر لایه از خاکریز به تراکم مناسب، مهندس ناظر دستور انجام آزمایش‌های تراکم را خواهد داد.

تراکم نسبی از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$D = \frac{Dmx(D - Dmn)}{D(Dmx - Dmn)}100$$

که در آن:

D = تراکم خشک در محل

Dmx = تراکم خشک حداکثر

Dmn = تراکم خشک حداقل

می‌باشد.

چنانچه پیمانکار تمایل داشته باشد که از روش‌های تراکمی غیر از آن چه در این مشخصات فنی عمومی و مشخصات فنی خصوصی قید می‌گردد، استفاده کند، این روش‌ها باید به‌گونه‌ای باشد که نتایج آزمایش‌ها در خاکریز متراکم در حدود زیر باشد:

مصالحی که نمونه‌های آن دارای تراکم نسبی کم‌تر از مقدار کمینه مشخص شده باشد، باید برداشته شود و مجددا تا رسیدن به تراکم نسبی معادل یا بیش‌تر از این مقدار، متراکم شود.

براساس نتایج آزمایش‌های مستمر انجام شده از مصالح ریخته شده و مورد تایید، دامنه تغییرات و یکنواختی تراکم نسبی مصالح در محدوده مشخص شده در حدودی باشد که در مشخصات فنی خصوصی تعیین می‌شود.

پیمانکار باید هرزمان که تراکم نسبی نزدیک یا خارج از محدوده مشخص شده باشد، مهندس ناظر را آگاه کند. پیمانکار باید تراکم نسبی خاکریز متراکم شده را برای تمامی عمق هرلایه متراکم، به روش آزمایش استاندارد ASTM D1557-91 یا USBR 7250 تعیین کند.

در قسمت‌هایی که تراکم با ماشین‌آلات سنگین امکان‌پذیر نباشد، باید از غلتک‌های ویبره دستی (و یا مشابه آن) استفاده نمود. رطوبت و زمان تراکم باید طوری انتخاب گردد که مصالح این نواحی همان تراکم خاکریز مجاور آن (که توسط ماشین‌آلات سنگین کوبیده شده است) را دارا باشد.

۹-۸-۲- خاکریزی هسته رسی

۹-۸-۲-۱- مصالح

خاکریز هسته باید متشکل از مخلوطی مطابق با نقشه‌ها و مشخصات فنی خصوصی باشد که از محل منابع قرضه مندرج در نقشه‌ها و مشخصات فنی خصوصی برداشت می‌شود (یا از مصالح حاصل از گودبرداری مطابق با نظر مهندس ناظر به دست می‌آید).

مصالح انتخاب شده برای هسته باید حداقل دارای درصدی (به نسبت وزنی خشک) دانه‌های ریزتر از الک شماره ۲۰۰ استاندارد ASTM و شاخص پلاستیسیته‌ای برای قسمتی از مصالح که از الک شماره ۴۰ استاندارد ASTM عبور می‌کند، باشد، که در مشخصات فنی خصوصی تعیین می‌شود. مهندس ناظر می‌تواند درصد دانه‌های عبوری ازالک شماره ۲۰۰ و شاخص تغییر شکل پذیری نمونه‌هایی از مصالح غیرمتراکم را در محل خاکریزی تعیین کند.

۹-۸-۲-۲- کنترل رطوبت تراکم خاکریز هسته

جهت حصول اطمینان از کیفیت عملیات خاکریزی هسته باید دقت کافی در میزان رطوبت و تراکم خاک ریزدانه هسته صورت گیرد. بدین منظور رطوبت و تراکم مبنا از آزمایش تراکم (پراکتور استاندارد) درحالت بهینه اخذ می‌شود.

در اجرای خاکریزی هسته همواره تراکم با میزان رطوبت نظیر آن در حالت مرطوب‌تر از بهینه مدنظر می‌باشد.

به طور کلی باید تراکم مصالح حداقل برابر درصد تراکم تعیین شده در خاکریز آزمایشی که توسط مهندس ناظر اعلام می‌شود و یا تراکم تعیین شده در مشخصات فنی خصوصی باشد، که همراه با رطوبتی بین رطوبت بهینه و رطوبت بهینه به اضافه دو درصد، تامین می‌گردد. براساس بررسی‌ها و آزمایش‌ها، مهندس ناظر می‌تواند حدود دیگری را با توجه به شرایط تعیین نماید.

کنترل تراکم مصالح در آزمایشگاه طبق استاندارد D 698-91 و در محل طبق D 1557-91 از استاندارد ASTM یا معادل آن از USBR صورت می‌گیرد.

تنظیم مقدار رطوبت در مرحله اول در محل قرضه باید صورت گیرد. بیشینه تصحیح قابل قبول هر لایه مطابق با مشخصات فنی خصوصی یا نظر مهندس ناظر می‌باشد.

اگر مصالحی که به محل خاکریز حمل شده است، خیلی مرطوب باشد، باید رطوبت آن را با افزایش هوای درون آن به روش «در حالت شل[1]» کاهش داد. اگرخیلی خشک باشد باید به وسیله آب‌پاشی مرطوب گردیده و سپس مخلوط و همگن گردد تا رطوبت مناسب به دست آید.

وسیله آب‌پاشی باید مورد تایید مهندس ناظر باشد و به پشت ماشین آب‌پاش نصب شده باشد. قبل و بعد از تراکم نباید هیچ‌گونه گودال آب تشکیل شده باشد. آب‌پاشی به صورت متمرکز و با دست، مجاز نمی‌باشد.

چنانچه برطبق مشخصات فنی خصوصی یا نظر مهندس ناظر مقدار رطوبت مصالح لایه جدید باید نزدیک میزان رطوبت لایه قبلی باشد، بعد از تراکم، سطح لایه باید به اندازه کافی مرطوب نگاه داشته شود تااز خشک شدن و یا ایجاد ترک‌های سطحی جلوگیری شود.

1- Loose State

عملیات تراکم باید به نحوی باشد که هیچ‌گونه ترکی در سطح خاک ایجاد نشود.

عملیات خاکریزی رس باید به نحوی باشد که اتصال مناسبی بین لایه‌های خاکریز ایجاد گردد و هیچ گونه مسیر ترجیحی برای تراوش به وجود نیاید. این امر به وسیله آزمایش و حفر ترانشه، بازبینی و کنترل می‌گردد.

مصالحی که در خاکریز ریخته خواهد شد باید دارای رطوبت بین بهینه و بهینه به اضافه ۲ درصد و تراکم معادل ۹۸ درصد تراکم خشک حداکثر همان مصالح باشد. این بدان معنی است که پیمانکار باید مصالح را در منبع قرضه انباشت نموده (ممکن است چندین انباشت با خاصیت‌های مختلف موجود باشد)، سپس از هر کدام از انباشت‌ها (هرکدام که دارای خاصیت ژئوتکنیکی متفاوت می‌باشد) نمونه‌های کافی که معرف انباشت می‌باشد، اخذ نماید. سپس آزمایش تراکم پراکتور ساده بر روی نمونه‌های معرف هر انباشت انجام داده و محدوده رطوبت تراکم (بهینه +۲ درصد) و محدوده تراکم خشک مورد نظر هر انباشت را جهت خاکریز از مصالح آن انباشت به دست آورد و سپس طبق مشخصات فوق عمل نماید، یا این‌که معدن قرضه با توجه به خصوصیات متفاوت مصالح ریزدانه به چند منطقه تقسیم گردد و عملیات فوق برروی آنها انجام گیرد. درهر حال انجام کل خاکریزی با یک معیار رطوبت بهینه و یک تراکم خشک حداکثر، مجاز نمی‌باشد.

۹-۸-۲-۳- روش خاکریزی هسته

خاکریزی باید به‌گونه‌ای انجام شود که از ایجاد هرگونه رگه، عدسی و حفرات جلوگیری شود و مصالح لایه‌های مختلف خاکریز از نظر بافت، دانه‌بندی، یا درصد رطوبت تفاوت زیادی با مصالح اطراف خود نداشته باشد. پیوستگی عملیات گودبرداری و خاکریزی باید به‌گونه‌ای باشد که زمانی که مصالح در خاکریز ریخته می‌شود، مطابق نظر مهندس ناظر کاملا مخلوط شده باشد و به بالاترین درجه ممکن از یکنواختی رسیده باشد.

مراحل ریختن مصالح خاکریز عبارت است از: انباشت، پخش و مخلوط کردن مصالح و دیگر عملیات در سطح خاکریز که برای ایجاد لایه‌ای هرچه همگن‌تر از مصالح غیرمتراکم ضروری است. مصالح حاصل از بارگیری‌های متوالی باید بر روی خاکریز انباشت و پخش شود، به صورتی که مطابق نظر مهندس ناظر بهترین توزیع ممکن از مصالح ایجاد شود و برای این منظور ممکن است مهندس ناظر محل تخلیه هر یک از بارها را تعیین کند. مصالح باید در جهت موازی با خط مرکزی تاج سد انباشت و پخش شود. درصورت توده کردن مصالح در کنار خاکریز، باید توده‌ها به موازات خط مرکزی تاج سد ردیف شوند.

مصالح خاکریز باید ریخته و سپس توسط بولدوزر، گریدر یا وسیله دیگری که به تایید مهندس ناظر رسیده باشد، به صورت لایه‌های افقی و با سطحی هموار و بدون ایجاد شیار گسترده شود.

قبل از ریختن لایه جدید، سطح لایه ریخته شده باید ابتدا تا عمق ۴ تا ۵ سانتی‌متر تیغ زده شود و مرطوب گردد. این عمق از سطح متراکم شده قبلی، اندازه‌گیری می‌گردد.

اگر این سطح خیلی خشک، خیلی سفت و یا خیلی صاف باشد برای ایجاد پیوستگی بین لایه قبلی با لایه جدید، پیمانکار باید با تایید مهندس ناظر، سطح خشک را شخم زده و مرطوب نماید تا به عمق مورد تایید برسد و سپس مصالح سطحی را توسط دیسک کلوخ شکن یا هرگونه وسیله مورد تایید دیگر، مخلوط نماید. قبل از ریختن خاک لایه جدید، باید مطابق مشخصات، آن را متراکم کرد. اگر سطح یک لایه توسط آب باران خیس شده باشد و یا اگر به نظر مهندس ناظر رطوبت لایه جهت ادامه کار زیاد باشد، رطوبت لایه باید تا حد رطوبت لازم خشک شود و پس از مخلوط نمودن آن مطابق مشخصات بالا، دوباره متراکم گردد.

پس از تخلیه مصالح روی لایه قبلی، باید ابتدا آن را پخش کرده و سپس به موازات محور سد در لایه‌های افقی تسطیح نمود. لایه ابتدا باید هموار شده، سپس توسط ماشین‌آلات، شخم و تیغ زده شود. شخم و تیغ‌زنی باید کل ضخامت لایه را (که شامل ۴ الی ۵ سانتی‌متر از لایه قبلی نیز می‌باشد) جهت هوادهی مصالح دربرگیرد. اگر رطوبت لایه زیاد باشد، آن را در مقابل آفتاب و باد قرار داده تا رطوبت تمامی ضخامت لایه یکنواخت گردد. قبل از شروع عمل تراکم، باید خاکریزهای مسیر ترافیک مسطح و تراز گردد.

تعداد و دفعات شخم و تیغ زنی جهت همگن نمودن مصالح، باید تا حد رسیدن مصالح به همگنی و رطوبت لازم، ادامه یابد که تعداد آن از طریق تجربی معین می‌شود.

ضخامت لایه باید توسط پیمانکار و براساس عملکرد ماشین‌آلات مورد استفاده و خاکریز آزمایشی، جهت تایید و تصویب به مهندس ناظر کتبا اعلام گردد. به هرحال، ضخامت لایه پس از تراکم نباید از ۲۰ سانتی‌متر تجاوز نماید.

باید بیش‌ترین یکنواختی ممکن در خاکریز، در نتیجه عملیات خاک‌برداری، حمل و پخش پدید آید. در صورتی که در نهایت عدسی یا حفره‌ای پدید آمد که حاوی مصالحی با تفاوت اندک نسبت به خواص میانگین مصالح باشد، این مصالح باید با خاک مجاور خود (طبق دستور مهندس ناظر) کاملا مخلوط گردد. درصورتی که نتیجه اختلاط مواد فوق مورد تایید مهندس ناظر نباشد، پیمانکار باید این گونه عدسی‌ها را از خاک خارج نماید.

در محل اتصال هسته با پی باید دقت خاصی به شرح زیر و همچنین مطابق با بند ۹–۸–۳ از این مشخصات فنی عمومی اعمال گردد:

- لایه ۳۰ سانتی‌متری (اندازه‌گیری در جهت قائم و عمود بر سطح پی) باید از رس با خواصی مطابق مشخصات پیش گفته ساخته شود.
- دراین قسمت ضخامت لایه قبل از تراکم باید از ۱۵ سانتی‌متر تجاوز نماید و حتی‌المقدور باید ساخت لایه‌های متوالی هسته سد بدون وقفه و به طور مرتب صورت پذیرد.
- هنگام تخلیه و پخش مصالح باید یک گروه کارگر به وسیله دست ریشه گیاه یا هرگونه جسم خارجی را جمع‌آوری نموده و از محوطه خارج نمایند. اگر از غلتک چرخ لاستیکی استفاده می‌گردد، باید اجسام درشت‌تر از ۳ سانتی‌متر از خاک رس معمولی جدا گردد. اگر غلتک پاچه‌بزی مورداستفاده قرار گیرد اجسام درشت‌تر از ۵ سانتی‌متر باید جدا و دور ریخته شود. برای خاکریزی در محل اتصال هسته به پی و یا در حالت استفاده از وسایل تراکم دستی، حداکثر قطر قطعات درشت‌دانه باید ۰/۵ سانتی‌متر باشد. و لایه اتصالی باید رطوبت و تراکم بیش‌تری نسبت به لایه‌های دیگر داشته باشد، سطح هرلایه هسته باید دارای ۲ تا ۴ درصد شیب جهت تخلیه آب باران به یکی از دو طرف بالا یا پایین‌دست باشد. چنانچه کار خاکریز به مدت طولانی متوقف گردد، موقعی که کار مجددا شروع شود این خاکریز غیرقابل نفوذ باید تراشیده، شخم و تیغ زده، و متراکم شود و یا تاعمق ۲۰ سانتی‌متر به تشخیص مهندس ناظر دور ریخته شود.

نظیر روش بالا باید در مورد اتصال دو لایه مختلف نسبت به هم نیز به کار رود.

۹–۸–۲–٤– روش تراکم مصالح رسی

مصالح رسی، باید با وسایلی که تعیین می‌گردد، متراکم شود.

اگر بعد از تراکم، مهندس ناظر متوجه شود که نتایج آزمایش‌های کنترلی رضایت بخش نبوده، می‌تواند درخواست عملیات تکمیلی را نماید.

اگر به شرایط خاکریزی توجه نشده باشد، پیمانکار باید به هزینه خود و تا به دست آوردن تراکم مورد نظر، تراکم خاکریز را اصلاح نماید.

در این حالت مهندس ناظر می‌تواند به پیمانکار دستور دهد لایه غیرقابل قبول را برداشته و لایه مناسب جایگزین کند. در قسمت‌هایی از هسته که تراکم آن با ماشین‌آلات سنگین امکان‌پذیر نیست، مخصوصا در بعضی قسمت‌های پی و در قسمت‌هایی از هسته سد که فاصله آن از ابزار دقیق و یا ساختمان‌های بتنی کم‌تر از یک متر باشد، مصالح باید توسط تخماق‌های مکانیکی در لایه‌های حداکثر ۱۰ سانتی‌متری متراکم گردد.

مصالحی که با این روش متراکم می‌گردد، باید خصوصیاتی نظیر تراکم با ماشین‌آلات سنگین داشته باشد.

۹-۸-۲-۵- اقدامات لازم در هوای سرد

جهت جلوگیری از کاهش درجه حرارت مصالح نفوذ ناپذیر متراکم شده تا زیر صفر درجه سانتی‌گراد باید اقدامات لازم انجام گیرد. باید قبل از این‌که درجه حرارت مصالح متراکم شده نفوذ ناپذیر هسته به زیر صفر درجه سانتی‌گراد کاهش یابد، یک لایه محافظ متشکل از مصالح تراکم نیافته درشت‌دانه با حداقل ضخامت یک متر برروی آن ریخته شود و تا زمانی که درجه حرارت مصالح تا بالاتر از صفر درجه سانتی‌گراد افزایش نیافته، برداشته نشود. مصالح آلوده شده در هسته، به اضافه یک لایه به ضخامت ۵ سانتی‌متر، باید برداشته شود.

در هوای بارانی عملیات خاکریزی رس باید متوقف گردد.

۹-۸-۲-٦- مصالح یخ زده

مصالحی که بعد از تراکم یخ می‌زند و یا به طریقی دیگر بعد از تراکم تحت تاثیر عواملی قرار گرفته و متورم شده است، باید مجددا آن طور که مورد نظر مهندس ناظر است متراکم گردد.

۹-۸-۳- خاکریزی مصالح ناتراوا در سطح تماس هسته و پی

سطح پی هسته رسی باید مطابق مشخصات، اصلاح شده و درست قبل از عملیات خاکریزی، آخرین تمیزکاری انجام و سطح پی مرطوب گردد.

در روش‌های خاکریزی باید اطمینان حاصل شود که مصالح خاکریز در محل تماس با سطح پی، اتصال مناسب داشته و نیز تراکم مناسب را به دست آورده است. روش تراکم بستگی به شیب سطحی که عمل تراکم باید روی آن انجام شود و نیز ناهمواری‌های آن دارد.

کوبیدن دستی می‌تواند برای تراکم خاکریز روی سطح ناهموار، حفره‌ها و فرورفتگی‌هایی که با ماشین‌آلات تراکم سنگین قابل دسترسی نیست، به کار رود.

خاکریزهایی که به‌گونه‌ای خاص توسط وسایل دستی متراکم می‌شود، باید در لایه‌هایی که حداکثر ضخامت آنها پس از تراکم ۱۰ سانتی‌متر است، اجرا شود. ضمنا سطح بین لایه‌ها باید با روش پیش گفته خراشیده و اصلاح شود.

قضاوت درباره نیاز به استفاده از خاکریزی متراکم شده با دستگاه دستی به عهده مهندس ناظر است.

برای متراکم نمودن چند لایه نخست باید از غلتک چرخ لاستیکی استفاده نمود و پس از خاکریزی و تراکم هر لایه باید سطح لایه با وسایل مناسب شخم و لایه بعدی اجرا شود. لایه‌هایی که به وسیله غلتک چرخ لاستیکی متراکم می‌شوند باید در لایه‌هایی که پس از تراکم دارای ضخامت حداکثر ۱۵ سانتی‌متر باشند، اجرا شود.

در هر صورت تایرهای لاستیکی باید از نظر اندازه و تعداد به‌گونه‌ای انتخاب شود که بار هر چرخ برای تنظیم فشار ۶ تا ۱۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع از ۱۲/۵ تن تجاوز نکند. حداکثر سرعت غلتک باید بین ۵ تا ۸ کیلومتر در ساعت باشد.

خاکریزی لایه اول به موازات سطح پی (سطح لایه افقی) برای سطح پی با شیب ملایم‌تر از ۱۰:۱ (عمودی: افقی) قابل قبول است به شرط آن که تنش برشی ایجاد شده در خاک در اثر حرکت به طرف بالای غلتک بر روی شیب، موجب دست‌خوردگی و شل‌شدگی خاکریزی که قبلا غلتک خورده است، نگردد.

برای خاکریزی و متراکم کردن مصالح هسته بر روی سطوح با شیب تند باید مصالح مزبور در لایه‌های به ضخامت بیشینه ۱۵ سانتی‌متر ریخته شده و بین لایه‌ها خراشیده شود. برای متراکم کردن هر لایه، ۱۲ بار عبور غلتک از روی آن الزامی است.

خاکریز درسطحی با شیب تند باید به صورت شیب بالارو به طرف سطح با شیب تند، با شیب ۶:۱ تا ۱۰:۱ ریخته شود تا مولفه نیروی متراکم‌کننده به طرف شیب تند عمل کند. بار چرخ غلتک چرخ لاستیکی باید ۱۲/۵ تن باشد. تایرهای لاستیکی باید دارای اندازه و لایه‌های مناسب برای تحمل فشار ۶ تا ۸ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع برای بار چرخ ۱۲/۵ تن باشد.

برای متراکم کردن لایه‌ها (به غیر از چند لایه اول) می‌توان از غلتک‌های پاچه‌بزی با بار چرخ ۱۷ تا ۳۵ تن نیز استفاده کرد. خاکریز متراکم شده نباید دارای دانه‌های بزرگ‌تر از ۲/۵ سانتی‌متر باشد.

برای خاکریزی بر روی سطوح نامنظم، بهتر است از مصالح پلاستیک و تغییر شکل‌پذیر استفاده شود تا هنگام متراکم ساختن، در اثر فشار به کلیه حفرات و گودال‌های سطح پی نفوذ کند. رطوبت خاکریزی باید بین ۱ تا ۳ درصد بیش از رطوبت بهینه باشد. بهتر آن است که مصالح با حدود خمیری (پلاستیسیته) لازم انتخاب شود.

۹-۸-٤- خاکریزی فیلترها

مصالح فیلترها باید متشکل از شن تمیز و خوب دانه‌بندی شده، و ماسه تمیز باشد، که از محل‌های تایید شده اخذ می‌شود. کلیه پیش‌بینی‌های لازم به منظور جلوگیری از اختلاط و یا ورود سایر مصالح به این قسمت باید انجام شود.

محل عبور و تعداد ماشین‌آلاتی که از روی فیلتر تردد دارند، باید توسط پیمانکار پیشنهاد و به تایید مهندس ناظر برسد. هر گونه مصالح خارجی که وارد قسمت فیلتر می‌گردد، باید با هزینه پیمانکار از داخل فیلتر برداشته و جایگزین گردد.

روش پخش قسمت‌های فیلتر درشت‌دانه و همچنین روش تهیه و حمل آنها باید طوری باشد که اجزای درشت‌دانه و ریزدانه فیلترها، از یکدیگر جدا نشود. به این منظور پیمانکار باید برای پخش کردن مصالح، از یک وسیله پخش‌کن که قادر باشد مصالح را در تمام عرض فیلتر به شکل یک لایه پیوسته و هموار و همگن (با ضخامت تعیین شده) پخش نماید، استفاده کند. در محل اتصال به سنگ پی، مشخصات گفته شده در مورد هسته رسی عینا در مورد فیلتر نیز باید رعایت گردد. محدوده تراکم نسبی فیلتر و لایه انتقالی پس از عملیات خاکریز آزمایشی تعیین می‌گردد.

روش کنترل تراکم در مشخصات فنی خصوصی تعیین می‌شود. به هر حال هر خاکریز فیلتر که تراکم تعیین شده را تامین نکند، مجدداً تا حصول درصد تراکم قابل قبول کوبیده خواهد شد. مقدار تراکم مورد نظر با نسبت تراکم مصالح خاکریز در محل به تراکم آزمایشگاهی به صورت درصد بیان می‌شود.

۹-۸-۵- خاکریزی زهکش و ناحیه انتقالی

مصالح زهکش و ناحیه انتقالی باید متشکل از ماسه یا شن و ماسه تمیز باشد، که از محل‌های تایید شده اخذ می‌شود. این مصالح باید از سنگ‌های سخت و سالم تشکیل شده و کم‌ترین تغییرات شیمیایی و فیزیکی در آنها ایجاد شده باشد.

دانه‌بندی مصالح باید در محدوده تعیین شده در مشخصات فنی خصوصی یا توسط مهندس ناظر قرار گیرد.

آماده‌سازی پی برای اجرای زهکش و نواحی انتقالی مطابق با موارد گفته شده در این مشخصات ضروری است.

مصالح زهکشی باید در لایه‌های پیوسته و تقریبا افقی، با ضخامت بیشینه ۳۰ سانتی‌متر در حالت متراکم نشده ریخته شود. مصالح بارگیری شده باید به نحوی ریخته شود که بهترین توزیع ممکن از مصالح ایجاد شده و جداشدگی دانه‌ها به کم‌ترین مقدار برسد.

میزان رطوبت مصالح زهکشی، قبل از تراکم و در حین آن، باید در سرتاسر لایه یکنواخت باشد. به طور کلی، مصالح باید به خوبی مرطوب شود تا تراکم مطلوب به دست آید، اما بیش از اندازه نیز مرطوب نباشد که تداخلی با تجهیزات حمل و پخش را موجب شود. مصالحی که مورد تایید مهندس ناظر نباشد، باید به هزینه پیمانکار با مصالح مناسب جایگزین شود. پیمانکار مسوول حفاظت خاکریزهای زهکشی ساخته شده می‌باشد. هزینه حفاظت از خاکریزها در بهای واحد فهرست بها گنجانیده می‌شود.

روش کنترل تراکم در مشخصات فنی خصوصی تعیین می‌شود. به هر حال هر خاکریز زهکش و ناحیه انتقالی که تراکم تعیین شده را تامین نکند، مجدداً تا حصول درصد تراکم قابل قبول کوبیده خواهد شد. مقدار تراکم مورد نظر با نسبت تراکم مصالح خاکریز در محل به تراکم آزمایشگاهی به صورت درصد بیان می‌شود.

۹-۸-٦- سنگریز

مصالح سنگریز باید از معدن سنگ مطابق نقشه‌ها، یا از مصالح حاصل از گودبرداری مطابق دستور مهندس ناظر تهیه شود. سنگریز باید خوب دانه‌بندی شده باشد و توزیع دانه‌های آن در محدوده تعیین شده در مشخصات فنی خصوصی یا توسط مهندس ناظر قرار گیرد. عملیات سنگریزی باید به‌گونه‌ای انجام شود که از جدا شدگی دانه‌ها، و به‌وجود آمدن تمرکز دانه‌های ریزتر یا به وجود آمدن حفره در سنگریز جلوگیری شود. در صورتی که چنین حفره‌هایی ایجاد شود، پیمانکار موظف است با استفاده از روش‌های موردتایید، حفره‌ها را به حداقل برساند.

تخته‌سنگ‌های بزرگ‌تر از ۹۰ سانتی‌متر باید از سنگریز جدا و مطابق دستور مهندس ناظر در قسمت‌های دیگر استفاده یا از کارگاه خارج شوند.

مصالح سنگریز باید در لایه‌های پیوسته و تقریبا افقی ریخته شود. ضخامت بیشینه لایه سنگریز نباید از ۹۰ سانتی‌متر تجاوز کند.

عمل تراکم باید توسط یک غلتک ویبره مناسب و مورد تایید مهندس ناظر انجام شود. تعداد عبور غلتک روی مصالح باید با توجه به نتایج خاکریز آزمایشی تعیین گردد. به هر صورت روش نهایی اجرای خاکریز باید به تایید مهندس ناظر برسد.

روش کنترل تراکم در مشخصات فنی خصوصی تعیین می‌شود. به هر حال سنگریزی که تراکم تعیین شده را تامین نکند، مجدداً تا حصول درصد تراکم قابل قبول کوبیده خواهد شد. مقدار تراکم مورد نظر با نسبت تراکم مصالح سنگریز در محل به تراکم آزمایشگاهی به صورت درصد بیان می‌شود.

۹-۸-۷- سنگ‌چین حفاظتی[1] شیب بالادست

تخلیه سنگ‌های حفاظتی باید تا حد ممکن در نزدیکترین محل مورد نظر در سنگریز صورت گیرد. جابجایی سنگ‌ها با بولدوزر مجاز نمی‌باشد. بلوک‌های بزرگ باید به وسیله جرثقیل‌های مخصوص و متحرک جابجا گردد و برای سطح رویه باید بلوک‌ها در کنار هم باشد. باید از تجمع بلوک‌های درشت در کنار هم و یا بلوک‌های ریز در کنار هم جلوگیری شود.

در صورت لزوم، فضای خالی بین بلوک‌ها را باید با قطعات کوچک‌تر توسط کارگران و با دست پر نمود تا یک لایه متراکم به دست آید.

ضخامت قشر سنگ‌های حفاظتی باید مطابق نقشه‌ها باشد.

مهندس ناظر می‌تواند به منظور کنترل ضخامت و دانه‌بندی سنگ‌های حفاظتی و تطبیق آنها با دستورالعمل تعیین شده، دستور دهد که پیمانکار بلوک‌های سبک‌تر از حداقل وزن مجاز را از محوطه بدنه سد به هزینه خود خارج سازد و یا کلاً دستور عدم استفاده مجدد از این بلوک‌ها در مکان‌های دیگر را بدهد.

۹-۸-۸- خاکریزهای متراکم ویژه

مشخصات فنی برای خاکریزهایی که دارای شرایط ویژه‌ای از نظر تراکم هستند در بند ۹-۴ از این مشخصات آورده شده است. تراکم به دست آمده برای مصالح این خاکریزها باید مطابق با خاکریز ناحیه‌ای باشد که در آن اجرا می‌شود. مصالح خاکریز متراکم ویژه در لایه‌ها ی نازکتر ریخته می‌شود تا با وسایل مورد نظر به تراکم مطلوب برسد.

زمانی که سطح پی یا لایه قبلی خاکریز بیش از حد صاف باشد، این سطح باید خراشیده شود و یا شخم زده شود تا سطح اتصال مطلوبی به دست آید.

هر لایه از خاکریز پس از آماده‌سازی با غلتک‌های ویژه، تخماق‌های مکانیکی، یا دیگر روش‌های مورد تایید مهندس ناظر اجرا خواهد شد.

در مجاورت تکیه‌گاه‌های پرشیب و نواحی دیگری که اجرای عملیات با محدودیت‌هایی روبه‌رو می‌شود، در صورت تایید مهندس ناظر می‌توان برای تراکم لایه‌ای از خاکریز که عرض افقی آن از ۶۰ سانتی‌متر تجاوز نمی‌کند، به جای تخماق‌های مکانیکی از وسایل چرخ لاستیکی استفاده کرد، مشروط بر آن که سطح صافی که از عبور چرخ‌ها به جا می‌ماند قبل از اجرای لایه بعدی مطابق با موارد گفته شده در این مشخصات اصلاح شود.

کنترل رطوبت و تراکم خاک مطابق با شرایط خاکریز ناحیه مربوط صورت می‌گیرد. پیمانکار باید با پیشرفت کار، چاله‌های آزمایشی لازم برای بررسی و اخذ نمونه از خاکریزهای با تراکم با شرایط ویژه، حفر کند. مهندس ناظر زمان و

1- Rip Rap

موقعیت حفر چاله‌های آزمایشی را تعیین خواهد کرد. چاله‌های آزمایشی باید مطابق با نظر مهندس ناظر با مصالح خاکریز اطراف آن مجددا پر شوند.

پرداخت بهای خاکریزهای با تراکم با شرایط ویژه در ردیفی از فهرست بها و در قالب واحد متر مکعب خاکریزی، مشتمل بر هزینه خراشیدن سطح اتصال، ریختن و مرطوب کردن، و تراکم با شرایط ویژه مصالح خاکریز پیش‌بینی شده است.

۹-۹- تراکم

۹-۹-۱- کلیات

انواع مختلف خاکریز باید با روش و تراکم های تعیین شده در بندهای قبل انجام گیرد. از سایر وسایل و روش‌ها نیز در مورد هر کدام از مصالح مختلف، در صورتی که نتایج تراکم حاصل از آن معادل با شرایط داده شده باشد، می‌توان استفاده کرد. کلیه این وسایل و روش‌ها باید بر روی خاکریز آزمایشی مورد آزمایش قرار گیرد و قبلا به تصویب مهندس ناظر برسد.

کلیه ماشین‌آلات جهت کوبیدن خاکریز باید بر روی نوارهای موازی حرکت داده شود به نحوی که هر نوار، نوار قبلی را به مقدار ثابتی بپوشاند (حدود ۵۰ سانتی‌متر).

۹-۹-۲- روش‌های تراکم

۹-۹-۲-۱- تراکم با استفاده از غلتک چرخ لاستیکی

غلتک چرخ لاستیکی باید طوری طراحی شده باشد که در هنگام حرکت بر روی زمین ناهموار، بار تقریبا مساوی به چرخ‌های آن وارد گردد. کل وزنی که به هر چرخ اعمال می‌شود، نباید کم‌تر از ۱۲/۵ تن باشد. فشار بار چرخ‌ها بین ۶ تا ۸ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع می‌باشد و جهت رسیدن به حداکثر تراکم ممکن لایه، میزان فشار بار چرخ ها، تعیین می‌گردد. تعداد دفعات عبور غلتک از هر مسیر حداقل چهار بار و سرعت حرکت آن بین ۵ تا ۸ کیلومتر در ساعت خواهد بود.

۹-۹-۲-۲- تراکم با استفاده از تخماق‌های دستی

در مواردی که به نظر مهندس ناظر استفاده از غلتک چرخ لاستیکی به دلیل تنگی جا ممکن نبوده و یا باعث صدمه زدن به سازه‌های دائمی‌شود، می‌توان به جای آن از تخماق‌های دستی با ظرفیت کافی استفاده نمود. این تخماق‌ها طوری انتخاب خواهد شد که قادر به ایجاد تراکم تعیین شده باشد. کلیه این وسایل باید قبلا به تایید مهندس ناظر برسد. ضخامت لایه کوبیده شده به وسیله این دستگاه‌ها نیز باید به تایید مهندس ناظر برسد.

۹-۹-۲-۳- تراکم با روش‌های دینامیکی

برای متراکم ساختن خاکریز درشت‌دانه می‌توان از غلتک‌های ویبره بزرگ و سنگین به وزن ۱۵-۱۰ تن از جنس فولاد و با سطح صیقلی یا ناصاف استفاده کرد. محدوده تغییرات فرکانس ارتعاش باید آنقدر وسیع باشد تا خاکریز به خوبی متراکم گردد. پیمانکار موظف است که آزمایش‌های لازم جهت تعیین فرکانس ارتعاشات، سرعت حرکت و تعداد دفعات عبور غلتک برای خاکریزهای

مختلف را طبق دستورالعمل انجام دهد. تعداد دفعات عبور غلتک از هر مسیر نباید کم‌تر از چهار بار و سرعت حرکت آن بیش از چهار کیلومتر در ساعت باشد.

۹-۹-۲-٤- تراکم با غلتک ویبره مخصوص

در جاهای باریک و تنگ که استفاده از غلتک بزرگ امکان پذیر نیست و یا با نظر مهندس ناظر در صورت استفاده امکان ایجاد خساراتی به سازه‌های دائمی وجود داشته باشد، باید از غلتک‌های ویبره دستی کوچک مورد تایید استفاده شود. این نوع غلتک‌ها باید قادر به ایجاد تراکم حداقل در حد ماشین‌آلات تعیین شده باشند. کلیه این نوع ماشین‌آلات و ضخامت لایه‌های متراکم شده توسط این غلتک‌ها باید به تایید مهندس ناظر رسیده باشد.

برای تراکم هسته رسی می‌توان از غلتک‌های پاچه‌بزی به وزن ۱۷ تا ۳۵ تن، و با سرعت حرکت کم‌تر از ۸ کیلومتر در ساعت استفاده نمود. غلتک‌های پاچه‌بزی مورد استفاده باید از نوع غیر ارتعاشی بوده و می‌تواند به صورت یدک کش یا خود کشش باشد. نوع غلتک و بار وارده از طرف درام‌ها باید به‌گونه‌ای باشد که تراکم مورد نیاز را به دست دهد.

تصمیم گیری نهایی برای تعیین نوع غلتک مورد استفاده بر اساس خاکریز آزمایشی باید به تایید مهندس ناظر برسد. مهندس ناظر حق خواهد داشت در هر زمان که لازم بداند، دستور اصلاح یا تعمیر پاچه‌های غلتک، و یا تغییر وزن غلتک را به منظور رسیدن به تراکم بهینه در خاکریز بدهد.

۹-۱۰- شرایط تراکم خاکریزها

ضخامت بیشینه پیشنهادی هر لایه برای مصالح مختلف مطابق با مقادیر تعیین شده در جدول (۹-۴) می‌باشد، لیکن مهندس ناظر می‌تواند بر مبنای نتایج آزمایش‌ها انجام شده بر روی خاکریز آزمایشی دستورالعمل دیگری را بدهد.

جدول ۹-٤- راهنمای روش تراکم و خاکریزی

نوع مصالح	وسیله تراکم	محدوده قابل قبول برای لایه‌های متراکم (متر)[۱]
هسته ناتراوا	غلتک چرخ لاستیکی یا غلتک پاچه‌بزی یا تخماق مخصوص	۰/۱۵ –۰/۲ ۰/۱
سطح تماس لایه ناتراوا	تخماق مخصوص	۰/۱
فیلتر و زهکش	غلتک ویبره	۰/۲۵
ناحیه انتقالی	غلتک ویبره غلتک ویبره مخصوص	۰/۴–۰/۵ ۰/۳
سنگریز	غلتک ویبره غلتک ویبره مخصوص	۰/۶۵–۰/۸ ۰/۶
مخلوط	غلتک ویبره	۰/۴–۰/۵

۱- مهندس ناظر می‌تواند بر اساس نتایج خاکریز آزمایشی یا بر حسب نوع تجهیزات تراکم و یا نوع مصالح، تغییرات لازم در ضخامت لایه را به پیمانکار ابلاغ نماید.

۹-۱۱- آزمایش‌ها، استانداردها و کنترل کیفیت مصالح خاکریز و سنگریز

۹-۱۱-۱- نکته‌های کلی

پیمانکار موظف است این اطمینان را کسب کند که کلیه آزمایش‌های لازم برای طبقه‌بندی مصالح، درصد رطوبت، و تراکم خاکریز جهت انطباق با «مشخصات» انجام می‌گیرد. کلیه آزمایش‌ها باید با جدیدترین روش‌های ASTM یا آیین‌نامه دیگر مورد تایید مهندس ناظر انجام گیرد.

مهندس ناظر مجاز است کلیه آزمایش‌ها را از نظر انطباق با استانداردهای معتبر تعیین شده، ارزیابی کرده و در صورت لزوم خواستار اصلاح، تعدیل و تغییر روش‌ها، مصالح و درصد رطوبت جهت رساندن تراکم مصالح خاکریز به سطح مطلوب شود.

در هر صورت توالی و برنامه کنترل عملیات اجرایی باید به نحوی باشد که کیفیت کار، یکنواختی و ویژگی‌های آن را تضمین کند. بدیهی است در شروع عملیات، کنترل و بازرسی بیش‌تری اعمال می‌گردد.

کنترل کیفیت رس، شن و ماسه، فیلتر، مصالح ناحیه انتقالی و بتن زیر هسته رسی، عمدتا بر اساس آزمایش‌های انجام شده در محل سد و آزمون‌های آزمایشگاهی انجام می‌گیرد. مهندس ناظر می‌تواند در هر زمان و موقعیت که لازم بداند، برنامه کنترل کیفیت خاکریزی را با شرایط ایجاد شده در محل تطبیق، یا تغییر دهد.

۹-۱۱-۲- مصالح ریزدانه ناتراوا

پس از کوبیدن هر لایه رس ، باید آزمایش‌های صحرایی انجام گیرد (جدول‌های ۹-۲ و ۹- ۳). در صورتی که نتیجه آزمایش تراکم بیش از ۹۸ ٪ و رضایت بخش باشد، اجازه خاکریزی لایه بعدی داده خواهد شد. به هر حال بر اساس نتایج آزمایش‌ها روی کلیه لایه‌ها، باید میزان تراکم آخرین لایه از تراکم خشک حداکثر میانگین حاصله از آنها بیش‌تر باشد.

۹-۱۱-۲-۱- محل و تعداد نمونه‌گیری

در ازای هر ۵۰۰ متر مربع خاکریزی ، یا ۱۰۰ متر مکعب حجم خاکریزی یک نمونه برای آزمایش صحرایی باید گرفته شود.

از هر ۵۰ نمونه، دو نمونه برای آزمایش به آزمایشگاه فرستاده خواهد شد. هدف این است که نتیجه آزمایش‌های صحرایی کنترل شده و از کیفیت صحیح اجرای کار اطمینان حاصل شود.

۹-۱۱-۲-۲- عمق نمونه‌گیری

نمونه باید از عمق بین ۵ تا ۱۵ سانتی‌متر لایه گرفته شود. در شرایط خاص، یک نمونه باید از نقطه بین دو لایه گرفته شود. همچنین در هر ۱۵ سانتی‌متر بر اساس دستور مهندس ناظر ممکن است نیاز به نمونه‌گیری باشد.

۹-۱۱-۲-۳- آزمایش‌های صحرایی و آزمایشگاهی

به منظور کنترل کیفی عملیات خاکریزی و تهیه سابقه عملیات اجرایی، باید آزمایش‌های صحرایی و آزمایشگاهی شامل دانه‌بندی، تعیین حدود اتربرگ، میزان رطوبت، توده ویژه، تراکم آزمایشگاهی، تراکم در محل، نفوذپذیری ، مقاومت برشی (شامل سه محوری یا برش مستقیم) و برش پره‌ای انجام شود.

جهت کنترل مضاعف باید تعدادی آزمایش تعیین رطوبت به روش خشک کردن در کوره[1] انجام پذیرد. تعداد آزمایش‌ها با نظر مهندس ناظر تعیین می‌گردد.

۹-۱۱-۳- مصالح سنگریزه‌ای و یا درشت‌دانه شنی

پس از کوبیدن هر لایه، در زمان معین باید آزمایش‌های کنترل کیفی انجام شود (جدول‌های ۹-۲و ۹-۳) در صورتی که نتیجه آزمایش تراکم بیش از ۹۸٪ و رضایت بخش باشد، اجازه خاکریزی لایه بعدی داده خواهد شد.

۹-۱۱-۳-۱- محل و تعداد نمونه‌گیری

به ازای هر ۵۰۰ متر مکعب حجم خاکریزی یک نمونه برای آزمایش صحرایی گرفته خواهد شد. از هر ۵۰ نمونه، دو نمونه برای انجام آزمایش‌های آزمایشگاهی فرستاده خواهد شد.

۹-۱۱-۳-۲- عمق نمونه‌گیری

نمونه‌گیری باید حداقل عمق لایه سنگریز را بپوشاند. در شرایط خاص یک نمونه باید از کف لایه کوبیده شده گرفته شود.

۹-۱۱-۳-۳- نوع و روش آزمایش‌های صحرایی

این آزمایش‌ها عبارتند از دانه‌بندی و هیدرومتری، تعیین تراکم با روش «بادکنک آب[2]»، دانه‌بندی، نشست ، نفوذپذیری به روش تزریق آب پس از متراکم کردن ۵ لایه، وزن واحد حجم در حالت‌تر و خشک.

۹-۱۱-۳-٤- آزمایش‌های آزمایشگاهی

آزمایش‌هایی که در آزمایشگاه انجام می‌شوند، عبارتند از دانه‌بندی، تراکم نسبی، تخلخل ، تراکم خشک و نفوذپذیری . تعداد آزمایش‌ها با نظر مهندس ناظر تعیین می‌گردد.

۹-۱۱-٤- فیلترها، ناحیه انتقالی و زهکش

پس از تراکم، در زمان معین باید آزمایش‌های کنترل (جدول‌های ۹-۲ و ۹-۳) انجام پذیرد. در صورتی که نتیجه آزمایش تراکم بیش از ۹۸ درصد باشد نتیجه قابل قبول است و اجازه خاکریزی لایه بعد داده خواهد شد. نتایج خاکریز آزمایشی مقادیر تراکم نسبی نهایی را مشخص می‌نماید.

۹-۱۱-٤-۱- محل و تعداد نمونه‌گیری

برای هر ۵۰ تا ۸۰ متر مکعب حجم خاکریزی ، یک نمونه برای آزمایش‌های صحرایی گرفته خواهد شد. برای هر ۱۰۰۰ متر مکعب خاکریزی ۲ نمونه برای آزمایش به آزمایشگاه فرستاده خواهد شد.

1- Oven Dry
2- Water Baloon

۹-۱۱-٤-۲- آزمایش‌های صحرایی و آزمایشگاهی

آزمایش‌های صحرایی و آزمایشگاهی عبارتند از وزن خشک، میزان لای، آزمایش عدم وجود چسبندگی، دانه‌بندی، تراکم نسبی و نفوذپذیری . تعداد آزمایش‌ها با نظر مهندس ناظر تعیین می‌گردد.

فصل ۱۰

میلگردگذاری و مسلح کردن بتن

۱۰-۱- کلیات

این فصل از مشخصات فنی شامل الزاماتی است که، تحت شرایط عمومی پیمان، باید توسط پیمانکار، در مورد میلگردها و مسلح کردن بتن رعایت شود. معیارهای انطباق با مشخصات و چگونگی اندازه‌گیری تطابق میلگردها و عملیات میلگردگذاری با آن معیارها نیز در این فصل ذکر شده‌اند.

۱۰-۱-۱- استانداردها

تمام استانداردهایی که در این دفترچه مشخصات ذکر شده است، باید به وسیله پیمانکار رعایت شود، مگر آن که در این مشخصات به وضوح ذکر شده باشد که استاندارد مورد اشاره فقط جنبه راهنما دارد.

در مواردی که بین استانداردهای مذکور و این مشخصات تضادی وجود دارد، مندرجات این مشخصات رعایت خواهد شد. مواردی که در این مشخصات فنی عمومی مشخص نشده است، باید در درجه اول بر استانداردهای موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و آیین‌نامه بتن ایران و در اولویت‌های بعدی بر استانداردهای ISO، ASTM و ACI منطبق باشد.

۱۰-۱-۲- گواهی‌ها

قبل از آغاز هر مرحله عملیات بتن‌ریزی، صحت و اتمام عملیات میلگردگذاری باید کتبا توسط مهندس ناظر تایید شود (به فرم «الف» در فصل هشتم از این مشخصات فنی عمومی رجوع شود). به همین دلیل پیمانکار باید حداقل ۲۴ ساعت قبل از بتن‌ریزی عملیات میلگردگذاری را به پایان رسانده و مراتب را کتبا به مهندس ناظر اعلام کند تا مهندس ناظر برای بازرسی و تایید میلگردگذاری‌ها وقت کافی داشته باشد. بتن‌ریزی قبل از کسب تایید مهندس ناظر در خصوص میلگردگذاری‌ها مجاز نیست. مواردی مانند بتن‌ریزی با قالب لغزان که در آن همزمانی بتن‌ریزی و میلگردگذاری اجتناب‌ناپذیر است از قاعده فوق مستثنی هستند و روش بازدید و تایید میلگردگذاری‌ها توسط مهندس ناظر تعیین خواهد شد.

هر نوع میلگرد یا سیم فولادی مورد مصرف در بتن باید مطابق استاندارد مشخص و مورد قبول تولید شده و دارای برگ شناسایی کارخانه تولید کننده باشد. برگ شناسایی هر محموله میلگرد به همراه حداقل ۲ گزارش آزمایشگاهی گواهی شده کارخانه تولید کننده برای هر آزمایش میلگردها توسط پیمانکار تحویل مهندس ناظر خواهد شد.

۱۰-۲- تعاریف

واژه‌هایی که در این فصل از مشخصات آمده اند و نیاز به تعریف دقیق‌تری داشته‌اند در این قسمت تعریف می‌شوند.

انبار کردن: نگهداری میلگردها، مهارها، لقمه‌ها و سایر مواد و مصالح مربوط به عملیات میلگردگذاری در محل‌های ویژه‌ای که برای این کار طراحی و آماده شده‌اند.

انطباق: (تطابق، تطبیق) برخورداری مواد و مصالح، روش‌ها، ماشین‌آلات و تجهیزات عملیات میلگردگذاری از کیفیت‌های مشخص شده و تعریف شده.

فولاد سرد اصلاح شده: فولاد اصلاح شده در حالت سرد به وسیله عملیات مکانیکی از قبیل پیچاندن ، کشیدن ، نورد کردن یا گذراندن از حدیده.

فولاد سخت: فولادی که منحنی تنش – تغییر شکل نسبی آن فاقد پله تسلیم باشد.

فولاد گرم عمل آمده: فولادی ویژه که با عملیاتی مانند گرمایش و آبدادگی سخت شده است.

فولاد گرم نورد شده: فولاد نورد شده در حالت گرم

فولاد نرم: فولادی که منحنی تنش – تغییر شکل نسبی آن دارای پله تسلیم مشهود است.

فولاد نیم سخت: فولادی که منحنی تنش – تغییر شکل نسبی آن دارای پله تسلیم بسیار محدود باشد.

قطر اسمی میلگردها: قطر اسمی میلگرد ساده، قطری است که در برگ شناسایی آن ذکر می‌شود و معادل قطر دایره‌ای است که مساحت آن برابر مساحت مقطع عرضی میلگرد باشد. قطر اسمی میلگرد آجدار، معادل قطر اسمی میلگرد صاف هم وزن آن اختیار می‌شود.

میلگرد: فولادی که به شکل میله تولید شده و برای تقویت خواص مکانیکی بتن در آن کار گذاشته می‌شود.

میلگرد آجدار: میلگردی که برای ایجاد گیرداری بیش‌تر با بتن به صورت منقش به آج تولید می‌شود.

میلگردهای انتظار: بخشی از میلگردها که از سطح بتن بیرون می‌مانند تا عملیات بعدی بر روی آنها انجام شود.

میلگرد ساده: (میلگرد صاف) میلگردهایی که با سطح صاف تولید می‌شوند.

۱۰-۳- نوع و مشخصات میلگردهای مصرفی در بتن

میلگردهای مصرفی در بتن باید نو، تمیز، عاری از هر نوع آلودگی مانند چربی‌ها، ذرات بتن، گرد و خاک، پوسته‌های رنگ یا زنگ‌زدگی باشد که ممکن است چسبندگی بین میلگردها و بتن را کاهش دهد. مقطع میلگردها نباید به دلیل زنگ‌زدگی ضعیف شده باشد. استفاده از میلگردهای زنگ‌زده هنگامی مجاز است که نخست قبل از بتن‌ریزی میلگرد زنگ‌زده کاملا با برس سیمی یا وسایل قابل قبول دیگر پاک شود و دوم آنکه قطر میلگرد پس از برس زدن حداکثر ۰/۵ میلی‌متر کاهش یابد.

۱۰-۳-۱- رده بندی میلگردها

رده‌بندی میلگردها براساس آیین‌نامه بتن ایران و بر حسب مقاومت مکانیکی آنها، به صورت مندرج در جدول زیر انجام می‌شود:

جدول ۱۰-۱- رده‌بندی میلگردها بر اساس مقاومت مکانیکی

میلگرد	نوع فولاد بر اساس شکل‌پذیری	ویژگی میلگرد	حداقل مقاومت تسلیم (Mpa)	حداقل مقاومت گسیختگی (Mpa)	حداقل ازدیاد طول نسبی به هنگام گسیختگی (٪)
S-220 (A-I)	نرم	–	۲۲۰	۳۴۰	۲۲
S-300 (A-II)	نیمه سخت	الف– با سختی طبیعی ب– با سختی اصلاح شده	۳۰۰	۵۰۰	۱۹ ۱۶
S-400 (A-III)	سخت	الف– با سختی طبیعی ب– با سختی اصلاح شده	۴۰۰	۵۰۰	۱۴ ۱۲
S-500 (A-IV)	سخت	حداکثر قطر میلگرد مصرفی ϕ 16	۵۰۰	۵۰۰	۱۰

انواع فولاد بر حسب روش تولید، شکل رویه، جوش‌پذیری و شکل پذیری آنها نیز رده بندی می‌شوند.

روش‌های تولید استاندارد قابل قبول عبارتند از فولاد گرم نورد شده، فولاد سرد اصلاح شده، فولاد گرم عمل آمده.

میلگردها بر حسب شکل رویه آنها به دو گروه میلگرد ساده (با رویه صاف) و میلگرد آجدار طبقه‌بندی می‌شوند. بهتر است تمام میلگردهای مصرفی در بتن (به استثنای خاموت‌ها) از نوع میلگرد آجدار باشد.

جوش‌پذیری میلگردها در سه طبقه جوش‌پذیر، جوش‌پذیر مشروط و جوش ناپذیر طبقه‌بندی می‌شود.

فولاد به لحاظ شکل پذیری در ۳ رده فولاد نرم، فولاد نیمه سخت و فولاد سخت طبقه‌بندی می‌شود.

هر یک از رده‌های فوق الذکر در بند۱۰-۲ تعریف شده است.

میلگردها به صورت کلاف، شاخه و شبکه‌های بافته شده یا جوش شده توسط کارخانه عرضه می‌شود و تفکیک آنها بر اساس قطر اسمی انجام می‌شود. در محاسبات وزن، سطح رویه و سطح میلگرد، علاوه بر قطر اسمی آن، جرم واحد حجم که معادل ۷۸۵۰ کیلوگرم در متر مکعب است ملاک خواهد بود.

۱۰-٤- کنترل کیفیت میلگردها

کنترل کیفیت میلگردها از طریق نمونه‌برداری، آزمایش و تطبیق نتایج آزمایش‌ها با معیارهای انطباق مندرج در بند ۱۰-۴-۲ انجام خواهد شد.

۱۰-٤-۱- نمونه‌برداری و آزمایش

نمونه‌برداری از میلگردها طبق آیین‌نامه بتن ایران به روش آشتو T -۲۴۴ انجام خواهد شد. تواتر آزمایش‌ها بر حسب تشخیص مهندس ناظر به‌گونه‌ای تعیین خواهد شد که ارزیابی کیفی میلگردها به خوبی انجام شود.

از هر پنجاه تن و کسر آن، از هر قطر و هر نوع فولاد باید حداقل ۳ نمونه اخذ شود. اگر مهندس ناظر موافقت کند، می‌توان از هر ۳ بسته ۵ پنج تنی یک نمونه اخذ کرد.

آزمایش‌هایی که بر روی نمونه‌های میلگرد انجام خواهد شد، بر اساس آیین‌نامه بتن ایران خواهد بود.

۱۰-٤-۲- کنترل مشخصات مکانیکی

معیار اصلی برای پذیرش کیفی میلگردها (معیارهای انطباق) مشخصات مکانیکی میلگردها است. معیارهای انطباق میلگردها به شرح زیر است و نتایج آزمایش‌ها با این معیارها مقایسه خواهد شد. بر اساس این مقایسه کیفیت میلگردها پذیرفته یا رد خواهد شد.

مقاومت مکانیکی فولاد هنگامی بر طبقه مورد نظر منطبق و قابل قبول است که شرایط زیر تامین شود:

الف- تمام نتایج آزمایش‌های مقاومت کششی انجام شده بر روی ۵ نمونه باید بدون استثناء بیش‌تر از مقاومت مشخص شده در جدول (۱۰-۱) باشد.

ب- اگر شرط فوق تامین نشود، یک سری نمونه شامل ۵ نمونه دیگر مورد آزمایش قرار خواهد گرفت و نتایج ۱۰ آزمایش انجام شده بر روی ۱۰ نمونه مذکور باید در رابطه زیر صدق کند:

$$f_{ym} \geq f_{yk} + 0.6S_{10}$$

که در آن:

$$fym = \frac{\sum_{i=1}^{10} fyi}{10}$$

$$S_{10} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (fym - fyi)^2}{9}}$$

علایمی که در این فرمول آمده‌اند، به شرح زیر هستند:

fym– مقاومت میانگین تنش تسلیم میلگردهای فولادی (MPa)

fyk– مقاومت مشخصه مکانیکی (MPa)

S_{10} – انحراف معیار ۱۰ آزمایش مقاومت کششی (MPa)

fy– تنش تسلیم میلگردهای فولادی (MPa)

مقاومت مشخصه فولاد بر اساس مقدار تنش تسلیم آن تعیین می‌شود، و برابر است با مقدار مقاومتی که حداکثر ۵ درصد مقاومت‌های اندازه‌گیری شده برای حد تسلیم کم‌تر از آن باشد. در مواردی که تنش تسلیم فولاد کاملا معلوم نباشد مقدار آن معادل تنش نظیر ۰/۲ درصد تغییر شکل نسبی ماندگار اختیار می‌شود.

در آزمایش تعیین مقاومت کششی هر نمونه باید ثابت شود که روابط زیر برقرار هستند:

$$f_s \geq 1.18 f_{y,obs}$$

$$f_s \geq 1.25 f_y$$

که در آن:

fs – مقاومت کششی میلگردهای فولادی (MPa)

fy,obs– حد الاستیسیته حاصل از آزمایش‌های کششی میلگردهای فولادی (Mpa)

شکل‌پذیری میلگردها که در آزمایش تاشدگی با زاویه ۱۸۰ درجه یا آزمایش خم کردن و باز کردن خم با استفاده از فلکه استاندارد تعیین می‌شود، هنگامی قابل قبول است که ازدیاد طول نسبی در هنگام گسیختگی در آزمایش مقاومت کششی از ۸ درصد روی ۱۰ برابر قطر میلگرد و از ۱۲ درصد روی ۵ برابر قطر میلگرد کم‌تر نباشد.

۱۰-٤-۳- کنترل مشخصات خم کردن

این کنترل با استفاده از یک سری آزمایش خم و باز کردن خم در دمای محیط ۲۰ درجه سانتی‌گراد انجام می‌شود. میلگردها باید به طور متوالی:

الف– روی فلکه‌ای که قطرآن با توجه به جدول (۱۰–۲) تعیین می‌شود، به زاویه ۴۵ درجه خم شوند.

جدول ۱۰-۲- حدقابل قبول انحنای میلگردها

قطر میلگرد / نوع میلگرد	$\varphi < 12$	$12 < \varphi < 16$	$16 < \varphi < 25$	$25 < \varphi < 32$
با سختی طبیعی A-II و A-III	5φ	6φ	8φ	10φ
با سختی اصلاح شده A-II و A-III	6φ	7φ	9φ	11φ

ب- سپس به مدت نیم ساعت در آب جوش قرار گیرند.

ج- به اندازه ۳۰ و ۲۲ درجه خمشان باز شود.

نتیجه کنترل وقتی رضایت‌بخش و قابل قبول است که متعاقب این عملیات میلگرد گسیخته نشده و در آنها هیچ نوع ترک خوردگی، بریدگی و سایر معایب مشاهده نشود.

تعداد نمونه‌ها در این آزمایش برای هر ۵۰ تن میلگرد مصرفی از هر قطر اسمی ۳ نمونه می‌باشد. اگر نتایج آزمایش روی هر ۳ نمونه بیانگر عدم کیفیت تعریف شده باشد، یک سری شامل ۳ نمونه دیگر مورد آزمایش قرار گرفته و در صورت مساعد بودن نتایج آزمایش‌ها، محموله پذیرفته خواهد شد و در غیر این‌صورت محموله باید به سرعت از کارگاه خارج شود.

۱۰-۵- حمل و انبار کردن

میلگردها به صورت کلاف ، شاخه ، شبکه‌های جوش شده یا بافته شده در کارخانه تحویل می‌شود. میلگردهای مورد استفاده در بتن باید بدون خم‌شدگی تحویل کارگاه شود. میلگردهای به قطر ۶ میلی‌متر و کم‌تر را می‌توان به صورت کلاف در کارگاه استفاده کرد و مصرف میلگردهای با قطر بیش‌تر به صورت کلاف در صورتی مجاز است که مهندس ناظر کتبا تایید کند که وسیله مناسبی برای باز کردن کلاف میلگردها در کارگاه موجود است. در این‌صورت قطر کلاف باید حتما بیش‌تر از ۲۰۰ برابر قطر میلگرد باشد.

باز کردن خم میلگردهایی که به صورت اتفاقی خم شده‌اند، مجاز نیست. این میلگردها قابل قبول نیستند و تنها اگر طول صاف آنها کافی باشد می‌توان پس از حذف قسمت‌های خم شده از قسمت صاف آن استفاده کرد.

بارگیری، حمل و تخلیه میلگردهای شکل داده شده، جوش شده یا بافته شده باید به نحوی صورت گیرد که تغییر شکل‌های دائم در آنها ایجاد نشود. همچنین باید از گسیختگی جوش شبکه‌های جوش شده جلوگیری شود. در این عملیات میلگردها باید از زنگ زدگی و سایر آسیب‌های فیزیکی و شیمیایی محافظت شده و از تماس آنها با خاک یا مصالح مرطوب، باران، برف و هوای مرطوب جلوگیری شود.

میلگردها را باید برحسب نوع و قطر آنها از هم تفکیک کرده و در محل جداگانه درکارگاه انبار نمود. اگر در محل کارگاه جهت استفاده در ابنیه مختلف دو نوع میلگرد صاف هم قطر یا آجدار هم قطر موجود باشد، باید آنها را در محل‌های متفاوت انبار کرد و با رنگ زدن دو سر میلگردها آنها را کاملا متمایز نمود. این مطلب به دلیل ممنوع بودن استفاده ازمیلگردهای صاف هم قطر یا آجدار هم قطر ازانواع مختلف (A-III و A-II) در یک سازه، الزامی است. در صورت تردید نسبت به نوع میلگرد، مهندس ناظر دستور آزمایش‌های لازم را صادر خواهد کرد.

محل انبار میلگردها باید تمیز بوده و تماس میلگردها در انبار با خاک و مصالح مرطوب، چربی‌ها و سایر موادی که سطوح میلگردها را آلوده می‌کنند، باید غیرممکن باشد.

میلگردهای سخت حتما باید در محل سرپوشیده انبار شوند.

۱۰-٦- آماده کردن میلگردها

آماده کردن میلگردها شامل عملیات بریدن و خم کردن آنها است که باید مطابق نقشه‌ها و مشخصات فنی خصوصی در کارگاه و یا در کارخانه تولید کننده انجام شود. روش‌هایی که پیمانکار برای بریدن و خم کردن میلگردها در نظر دارد باید مطابق این مشخصات بوده و به تایید مهندس ناظر برسد.

۱۰-٦-۱- بریدن

تجهیزات بریدن میلگردها که قادر باشد ضوابط این مشخصات فنی را تامین کنند، باید به تایید مهندس ناظر برسد. این تجهیزات مکانیکی خواهد بود. میلگردها به طریق سرد بریده خواهند شد.

۱۰-٦-۲- خم کردن

انتخاب تجهیزات خم کردن، قطر فلکهٔ خم‌کن، شعاع انحنای میلگرد و خم کردن باید براساس ضوابط این مشخصات فنی و تایید مهندس ناظر باشد.

خم کردن فولاد با استفاده از حرارت و همچنین خم‌کردن میلگردهای داخل بتن مانند میلگردهای انتظار یا باز کردن خم میلگردهای خم شده مجاز نیست. در مواردی که در نقشه‌های اجرایی شکل دادن مجدد به میلگردها پیش‌بینی شده باشد، این کار با توجه به خواص فولاد مصرفی انجام خواهد شد. در خم کردن میلگردها رعایت نکات زیر الزامی است:

الف- حداقل قطر فلکه خم‌کن متناسب با نوع فولاد و براساس مندرجات جدول (۱۰-۳) تعیین خواهد شد.

جدول ۱۰-۳- حداقل قطر خم برای میلگردهای مختلف[1]

طبقه میلگرد / قطر میلگرد (میلی‌متر)	S – 220	S – 300	S – 500 , S – 400
d < 28	5d	5d	6d
28 < d < 34	5d	6d	8d
36 < d < 55	7d	10d	10d

۱- برای خم کردن میلگرد با قطر ۳۶ میلی‌متر و بیشتر با زاویه بیشتر از ۹۰ درجه باید از روش‌های خاص مورد تایید مهندس ناظر استفاده شود.

ب- سرعت خم کردن متناسب با نوع فولاد و دمای محیط انتخاب شده و به تایید مهندس ناظر خواهد رسید. سرعت خم کردن میلگردهای سرد اصلاح شده به طور تجربی در کارگاه انتخاب شده و به تایید مهندس ناظر خواهد رسید. سرعت مجاز خم کردن باکاهش دمای محیط کاسته خواهد شد.

ج- خم کردن میلگردها در دمای کم‌تر از ۵ درجه سانتی‌گراد مجاز نیست.

د- باز و بسته کردن خم‌ها به منظور شکل دادن مجدد مجاز نیست.

قطر داخلی خم‌ها در شبکه‌های سیمی جوش شده صاف یا آجدار هنگامی که به عنوان میلگرد عرضی به کار گرفته شود، باید بیش‌تر از ۴d برای سیم‌های آجدار به قطر ۷ میلی‌متر و بیش‌تر از ۲d برای سایر سیم‌ها باشد. خم‌های با قطر داخلی کم‌تر از ۸d نباید از نزدیکترین گره جوش شده فاصله‌ای کم‌تر از ۴d داشته باشد.

۱۰-۷- وصله میلگردها، جوش دادن میلگردها

۱۰-۷-۱- وصله میلگردها

تعداد وصله میلگردها باید حداقل ممکن بوده و طول و محل آنها، در صورتی که اجتناب از وصله غیرممکن باشد، باید مطابق نقشه‌ها و یا با تایید مهندس ناظر باشد. محل وصله در نقاطی در نظر گرفته خواهد شد که تنش وارده برعضو یا قطعه بتنی حداکثر نباشد. نباید وصله‌ها در یک محل متمرکز شوند. وصله کردن میلگردها طبق آیین‌نامه بتن ایران و زیرنظر مهندس ناظر اجرا خواهد شد. برای اجرای وصله‌ها نکات زیر الزاما باید رعایت شود:

الف- طول وصله برای میلگردهای صاف حداقل دو برابر طول وصله برای میلگردهای آجدار خواهد بود.

ب- در قطعات تحت خمش و خمش توام با فشار بیش از نصف میلگردها دریک مقطع نباید وصله شود.

ج- هنگامی که کشش (یا کشش ناشی از خمش) وجود داشته باشد، نباید بیش‌تر از ثلث میلگردها در یک مقطع به وسیله پوشش وصله شود.

د- وصله میلگردهای بالایی قطعه خمشی بر روی تکیه‌گاه‌ها یا نزدیک آنها و همچنین وصله میلگرد پایینی قطعه خمشی در وسط دهانه یا نزدیک آن مجاز نیست.

هـ- به عنوان یک قانون کلی هر وصله باید حداقل ۴۰ برابر قطر میلگرد با وصله مجاور فاصله داشته باشد و با آن در یک مقطع قرار نگیرد.

و- اتصالات مکانیکی با رعایت مشخصات ارائه شده توسط تولید کننده آنها و پس از انجام آزمایش‌های لازم و تایید مهندس ناظر مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

۱۰-۷-۲- جوش دادن میلگردها

تمام میلگردهای نرم را می‌توان جوش داد. جوشکاری با روش‌های جوش الکتریکی تماسی (جوش نوک به نوک) و جوش ذوبی با الکترود (جوش با قوس الکتریکی) مجاز می‌باشد. روش جوشکاری باید به تایید مهندس ناظر برسد و در عملیات جوشکاری تمام ضوابط مندرج در آیین‌نامه بتن ایران باید رعایت شود.

جوش‌پذیری میلگردهای نیمه سخت و سخت و روش جوش دادن آنها توسط کارخانه تولیدکننده آنها تعیین و توسط مهندس ناظر تایید می‌شود. قبل از جوشکاری، میلگردها باید گرم شوند. جوشکاری با شعله مجاز نیست.

به هرحال عملیات جوشکاری باید توسط کارگران با تجربه و کارآمد انجام شود. مهارت این کارگران، نوع جوش، مشخصات دستگاه‌ها و تجهیزات جوشکاری باید به تایید مهندس ناظر برسد.

۱۰-۸- کارگذاشتن میلگردها

هنگام کارگذاشتن، میلگردها باید تمیز و عاری از زنگ، پوسته‌شدگی، چربی، روغن، ملات سیمان، شن و خاک باشد.

میلگردها باید طبق مشخصات نقشه‌های اجرایی در محل خود نصب شده و به کمک سیم و لقمه‌های ماسه- سیمانی یا پلاستیکی و یا خرک‌های فلزی به مقدار کافی طوری مهار شوند که امکان جابه جایی آنها قبل یا در حین بتن‌ریزی و لرزاندن وجود نداشته باشد.

ابعاد و مشخصات لقمه‌های ماسه- سیمانی یا پلاستیکی و خرک‌های فلزی باید مورد تایید مهندس ناظر باشد. لقمه ماسه- سیمانی باید دارای سیم مفتولی باشد که برای بستن و مهار کردن لقمه، به میلگردهای اصلی بسته می‌شود. استفاده از لقمه‌های فولادی که قسمت‌هایی از آنها پس از قالب‌برداری قابل رویت بوده و در معرض خطر زنگ زدگی قرار دارد، مجاز نیست. ملات ماسه- سیمانی مورد مصرف در لقمه‌های ماسه- سیمانی باید با کیفیت بتن اصلی هماهنگ بوده و اگر لقمه‌هادر معرض دید هستند، همرنگ آن باشد.

استفاده از قطعات سنگ، فلز یا چوب برای نگهداری میلگردها و تامین پوشش بتن ممنوع است. تمام لقمه‌ها باید به طریق مناسب به‌گونه‌ای در محل خود ثابت شوند که امکان جا به جایی آنها در حین بتن‌ریزی وجود نداشته باشد و باید طوری قرار داده شوند که از بتن بیرون نزنند و به هیچ وجه موجب تغییر رنگ یا فساد بتن نشوند.

برای بستن میلگردهای متقاطع به یکدیگر، استفاده از جوشکاری مجاز نیست، مگر در مورد میلگردهای جوش‌پذیر و با تایید مهندس ناظر.

پیمانکار موظف است قبل از هر نوبت بتن‌ریزی تایید مهندس ناظر در مورد صحت قرار گرفتن میلگردها در قالب را کسب کند.

۱۰-۹- حداقل پوشش

حداقل پوشش میلگردها در مشخصات فنی خصوصی عملیات بتنی، برروی نقشه‌های اجرایی و یا در دستورالعمل‌های کارگاهی، با توجه به شرایط سازه و محیط آن ارائه خواهد شد و پیمانکار موظف است که با به کار گرفتن تمام مساعی خود در عملیات نصب میلگرد و ریختن و متراکم کردن بتن، این پوشش محافظ را برای میلگردها تامین کند.

در صورتی که این حداقل پوشش ارائه نشده باشد، مندرجات جدول (۱۰-۴) رعایت خواهد شد.

جدول ۱۰-٤- حداقل پوشش بتنی (mm)

نوع سازه	شرایط محیطی				
	ملایم	متوسط	شدید	بسیار شدید	فوق‌العاده شدید
تیرها و ستون‌ها	۳۵	۴۵	۵۰	۶۵	۷۵
دال‌ها، دیوارها و تیرچه‌ها	۲۰	۳۰	۳۵	۵۰	۶۰
پوسته‌ها و سقف‌های پلیسه‌ای	۱۵	۲۵	۳۰	۴۵	۵۵

شرایط محیطی مندرج در جدول (۱۰-۴) در نشریه شماره ۵۵ سازمان برنامه و بودجه به شرح زیر تعریف شده است:

الف- شرایط محیطی ملایم در مورد محیط‌هایی مصداق دارد که در آنها عوامل مهاجم موجود نبوده یا قطعات بتنی در مقابل آنها کاملا محافظت می‌شوند. قطعاتی که در معرض رطوبت ، تعرق ، تر و خشک شدن متناوب، یخزدگی، تماس با خاک مهاجم یا غیرمهاجم، مواد خورنده، فرسایش شدید، عبور وسایط نقلیه و ضربه اجسام دیگر نبوده یا در مقابل تهاجم به نحوی مطلوب مورد محافظت واقع شده باشند، دارای شرایط محیطی ملایم می‌باشند.

ب- شرایط محیطی متوسط به آن دسته از شرایط محیطی اطلاق می‌شود که در آنها قطعات بتنی در معرض رطوبت و گاهی تعرق قرار می‌گیرند. قطعاتی که به طور دائم در تماس با خاک‌های غیرمهاجم هستند یا در مجاورت آب‌های با $PH < 4.0$ قرار می‌گیرند، دارای شرایط محیطی متوسط هستند.

ج- شرایط محیطی شدید در مورد محیط‌هایی مصداق دارد که در آنها قطعات بتنی در معرض رطوبت یا تعریق شدید یا تر و خشک شدن متناوب و یا یخ زدگی نه چندان شدید قرار گیرند.

د- شرایط محیطی بسیار شدید در محیط‌هایی وجود دارد که در آنها قطعات بتنی در معرض گازها، مایعات و مواد خورنده و یا رطوبت همراه با یخ زدگی شدید قرار می‌گیرند. قطعات در معرض ترشح آب، قطعات غوطه‌ور در آب که یک وجه آنها در تماس با هوا قرار می‌گیرند، قطعات واقع در هوای اشباع شده از نمک و سطوحی که در معرض خوردگی ناشی از مصرف مواد یخزدا قرار می‌گیرند، دارای شرایط محیطی بسیار شدید هستند.

هـ- شرایط محیطی فوق‌العاده شدید به آن دسته از شرایط محیطی اطلاق می‌شود که در آنها قطعات بتنی در معرض فرسایش شدید، عبور وسایط نقلیه و یا آب با $PH \leq 4.0$ قرار می‌گیرند. سطوح بتنی محافظت نشده پارکینگ‌ها و قطعات موجود در آبی که اجسام صلبی را با خود جابه جا می‌کند، دارای شرایط محیطی فوق‌العاده شدید هستند.

در صورتی که پوشش بتنی محافظ میلگردها مشخص نباشد، موارد دیگری نیز باید رعایت شود، که اهم آنها عبارتند از:

الف- حداقل ضخامت پوشش بتنی باید برابر قطر میلگردهای مصرفی باشد. در مورد گروه میلگردها، ضخامت پوشش بتن از خارجی‌ترین سطح گروه میلگرد درجهت مورد نظر و به قطری معادل قطر سطح مقطع کل گروه میلگردها اندازه‌گیری می‌شود.

ب- حداقل پوشش میلگرد بیش‌تر از حداکثر قطر سنگدانه خواهد بود. درمورد سنگدانه‌های بزرگ‌تر از ۳۲ میلی‌متر پوشش میلگردها از حداکثر قطر سنگدانه به علاوه ۵ میلی‌متر بیش‌تر خواهد بود.

ج- رعایت ضخامت پوشش بتنی میلگردها، با موافقت مهندس ناظر، درمورد انتهای میلگردهای مستقیم در قطعات کف و سقف که در معرض تعرق نباشند، الزامی نیست.

د- برای میلگردهای با قطر بیش‌تر از ۳۶ میلی‌متر مقادیر مندرج در جدول (۱۰-۴) باید به اندازه ۱۰ میلی‌متر افزایش یابند.

هـ- در صورتی‌که بتن مستقیما روی خاک ریخته می‌شود وبه طور دائم در تماس با خاک خواهد بود، ضخامت پوشش میلگردها حداقل ۷۵ میلی‌متر خواهد بود.

و- اگر سطح بتن منقش باشد، ضخامت پوشش میلگردها از عمق فرورفتگی سطح بتن اندازه‌گیری می‌شود.

۱۰-۱۰- بازرسی‌ها و رواداری‌ها

۱۰-۱۰-۱- بازرسی‌ها

بازرسی ها توسط مهندس ناظر به طور مرتب انجام شده و موارد زیر کنترل خواهد شد:

الف- نحوه حمل و انبار کردن میلگردها

ب- نحوه اتصال و جوش دادن میلگردها

ج- محل، ابعاد و رقوم قالب‌ها قبل از میلگردگذاری

د- نصب و جای‌گذاری میلگردها به لحاظ قطر، تعداد، شکل، نوع، فواصل و استحکام میلگردها

رعایت تمام مندرجات آیین‌نامه بتن ایران در مورد تهیه، حمل و نصب میلگردها در بتن مسلح اجباری است.

۱۰-۱۰-۲- رواداری‌ها

رواداری‌ها در بریدن و کار گذاشتن میلگردها براساس نشریه شماره ۵۵ سازمان برنامه و بودجه به شرح زیر رعایت خواهند شد:

- رواداری‌های بریدن میلگردها در مشخصات فنی خصوصی درج خواهد شد. در صورت عدم وجود این رواداری‌ها در مشخصات فنی خصوصی یا دستورالعمل‌های کارگاهی رعایت رواداری‌های زیر الزامی است:
  - طول میلگرد ۲۵ ± میلی‌متر
  - مجموعه ابعاد خاموت ۱۲ ± میلی‌متر
  - خم‌ها ۲۵ ± میلی‌متر

ضخامت پوشش بتن نباید بیش از ۸ میلی‌متر نسبت به مقادیر تعیین شده در مشخصات فنی خصوصی یا دستورالعمل‌های کارگاهی کم‌تر شود. این کاهش ضخامت هرگز نباید از یک سوم مقدار تعیین شده کم‌تر شود.

انحراف موقعیت میلگردها نسبت به محل‌های تعیین شده در نقشه‌ها برای قطعات خمشی، دیوارها و ستون‌ها به شرح زیر خواهد بود.

برای $h \leq ۲۰۰$ (میلی‌متر)	۸ ± میلی‌متر
برای $۲۰۰ < h < ۶۰۰$ (میلی‌متر)	۱۲ ± میلی‌متر
برای $h \geq ۶۰۰$ (میلی‌متر)	۲۰ ± میلی‌متر
انحراف فاصله جانبی بین میلگردها نسبت به فاصله مشخص شده	۳۰ ± میلی‌متر
انحراف موقعیت طولی خم‌ها و انتهای میلگردها	۵۰ ± میلی‌متر
انحراف موقعیت طولی خم‌ها و انتهای میلگردها در انتهای ناپیوسته قطعات	۲۰ ± میلی‌متر

۱۰-۱۱- الیاف تقویتی

مشخصات فنی الیاف فولادی که برای افزایش مقاومت کششی بتن ممکن است مورد استفاده قرار گیرد در بند ۱۳-۴-۵-۱ این مشخصات فنی عمومی ارائه شده‌اند. استفاده از این روش تقویت بتن منوط به تایید مهندس ناظر بر اساس توصیه‌ها و مشخصات ارائه شده توسط تولید کننده الیاف و مندرجات ۱۳-۴-۵-۱ این مشخصات فنی است.

۱۰-۱۲- میلگردهای خاص

در صورتی که در نقشه‌ها یا دستورالعمل‌های کارگاهی استفاده از میلگردهای خاصی مورد نظر باشد، مشخصه‌های الزامی آن در دفترچه مشخصات فنی خصوصی یا دستورالعمل‌های مهندس ناظر خواهد آمد.

فصل ۱۱

قالب‌بندی

۱۱-۱- کلیات

این فصل از مشخصات فنی شامل الزاماتی است که باید توسط پیمانکار در مورد طراحی قالب‌ها و داربست‌ها شامل محاسبات لازم و نقشه‌های مربوطه، تهیه و تامین مصالح و اجرای عملیات ساخت، حمل و آماده کردن، جابجایی موضعی، نصب، برداشتن، بازرسی و رواداری‌های مربوط رعایت شود. این فصل همچنین مشخصات سطح بتن که نیاز به قالب‌بندی ندارد را نیز تعیین می‌نماید.

۱۱-۱-۱- استانداردها

همه استانداردهایی که در این مشخصات ذکر شده (اعم از این که جزییات آنها ارائه شده یا نشده باشد) لازم الرعایه هستند، مگر آن که در این مشخصات یا مشخصات فنی خصوصی غیر آن صریحا ذکر شده باشد.

۱۱-۱-۲- ملاحظات کلی

در کلیه حالاتی که لازم است بتن محدود و محصور شده و یا شکل داده شود، به جز مواردی که رویه فولادی[1] نصب می‌شود، باید از قالب استفاده شود. قالب‌بندی باید شکل مورد نظر سازه را طبق اندازه‌های تعیین شده در نقشه‌ها و با کیفیت و محدودیت‌های تعیین شده در این مشخصات و یا سایر اسناد پیمان به وجود آورد.

مصالح مصرفی وارده به کارگاه به جز در مواردی که صریحا در دیگر اسناد پیمان مشخص شده باشد، باید نو باشد.

قالب‌ها باید طوری طراحی شود که ریختن و لرزاندن صحیح بتن ممکن باشد.

به خاطر جلوگیری از ظهور ترک در سطح بتن، قالب نباید جلوی انقباض بتن را بگیرد.

قالب‌ها و متعلقات آن باید قبل، در حین و پس از بتن‌ریزی و در زمان لرزاندن بتن صلب و محکم بوده و در وضعیت صحیح و مطابق نقشه‌ها قرار داشته باشد.

قالب‌بندی باید طوری طراحی، ساخته، حمل و نصب شود، که ایمنی افراد و تجهیزات و تاسیسات تامین شود.

در تعیین موقعیت درزهای اجرایی بتن، محدودیت‌های قالب‌بندی نیز باید مورد توجه قرار گیرد.

بررسی و تایید نقشه‌های قالب‌بندی توسط مهندس ناظر، از مسوولیت پیمانکار در اجرای صحیح و مطابق مشخصات کار به هیچ وجه نمی‌کاهد.

قالب‌بندی باید بتن را در برابر صدمات مکانیکی حفظ کند.

قالب‌بندی باید در برابر سرما و گرمای محیط عایق مناسبی باشد.

قالب باید از کم شدن رطوبت بتن جلوگیری نماید.

در استفاده از قالب‌های ساخته شده موجود اندازه صفحات باید به تایید مهندس ناظر رسیده باشد.

1- Steel lining

در قالب‌بندی علاوه بر ایمنی کارکنان قالب‌بندی، باید ایمنی کارکنان دیگری که برای اجرای کار خود از سکوها و سایر اجزای قالب‌بندی استفاده می‌کنند، نیز مورد توجه قرار گیرد. کلیه پل‌های مورداستفاده برای کارکنان، دست اندازها و نردبان‌ها و غیره با توجه به ایمنی کلیه کارکنان باید طراحی، ساخته و نصب شود.

قالب‌بندی نباید به میلگردهای بتن بسته شده و یا به وسیله آنها نگهداشته شود.

سطح تماس قالب با بتن باید کاملا تمیز بوده و عاری از مواد چسبنده به آن از قبیل میخ‌های بیرون زده از سطح قالب، خرده چوب، گرد و غبار و آب ایستاده باشد.

درزها باید کاملا آب‌بند باشد تا از خروج شیره بتن و ایجاد ناهمواری در سطح بتن جلوگیری نماید.

به کلیه گوشه‌های ۹۰ درجه و تند تراز آن باید پخ ۲۰ ×۲۰ میلی‌متر داده شود، به جز بلوک‌های بتن سد بتنی که پخ آنها باید ۵۰ × ۵۰ میلی‌متر باشد.

روی سطوح شیبداری که شیب آنها بیش از ۲ قائم به ۳ افقی باشد، باید قالب‌بندی شود. این قالب‌ها باید به نحوی مهار شود، که بتن بتواند به خوبی لرزانده شود. همچنین باید تمهیداتی به کار برد که هوا نیز در قالب حبس نشود.

۱۱-۲- تعاریف

داربست: سازه‌ای موقت است که برای نگهداری قالب‌بندی، سکوهای کار و تحمل بارهای حین اجرا بر پا می‌شود و شامل شمع‌ها، بادبندها، زیرسری‌ها و اتصالات آنها به یکدیگر می‌باشد.

رویه قالب: قسمتی از قالب است که در تماس مستقیم با بتن می‌باشد.

شمع: عضوی از اعضای نگه دارنده قائم یا مایل است که به عنوان جزیی از داربست یا قالب‌بندی برای تحمل وزن قالب‌بندی، بتن و بارهای حین اجرا به کار می‌رود.

شمع اطمینان: شمعی است که به منظور جلوگیری از تغییر شکل نامناسب قسمتی از سازه که تازه قالب‌برداری شده است پس از برداشتن قالب سطح زیرین آن قسمت باقی گذاشته می‌شود.

قالب: سازه موقتی است که از آن برای شکل دادن و نگه داشتن بتن در مدت بتن‌ریزی و دوره‌ای که بتن در حال کسب مقاومت به میزانی که بار خود را بدون تغییر شکل نامطلوب تحمل نماید، استفاده می‌شود.

قالب‌بندی: مجموعه‌ای است که برای نگهداری بتن در شکل مورد نظر به کار می‌رود و شامل رویه و بدنه قالب، پشت بندها، کلاف‌ها، چپ و راست‌ها، پایه‌های قائم و کمرکش‌های افقی است.

قالب قوسی: قالبی که جهت ایجاد یک سطح قوسی به کار رود «قالب قوسی» نامیده می‌شود. رویه این قالب ممکن است یک‌پارچه و به شکل قوسی، معمولا با پوشش ورق فلزی بوده و یا با پیوستن قطعات مستوی کوچکی در کنار یکدیگر (درمورد دایره، وترهایی از آن) ساخته شود. نوع جنس رویه در صورتی‌که در نقشه‌ها یا مشخصات فنی خصوصی تعیین نشده باشد، باید قبلا به وسیله پیمانکار پیشنهاد شده و به تایید مهندس ناظر برسد.

نامنظمی‌های تدریجی: نامنظمی‌های سطح بتن که از نوع نامنظمی‌های ناگهانی نباشد، نامنظمی‌های تدریجی خوانده می‌شود. مقدار این نوع نامنظمی‌ها با شمشه اندازه‌گیری می‌شود. طول شمشه برای سطوح با قالب ۱/۵ متر و برای سطوح بدون قالب ۲ متر می‌باشد. شمشه برای سطوح مستوی، مستقیم و برای سطوح منحنی با الگوی منحنی ساخته خواهد شد.

نامنظمی‌های ناگهانی: نامنظمی‌های سطح بتن است که ناشی از اشتباه در قالب‌بندی، حرکت و جابجایی قالب‌ها، در رفتن قالب به خاطر شل بودن یا کم بودن پیچ و مهره‌ها و یا سایر نقایص قالب و پشت بندهای آن به وجود می‌آید. مقادیر نامنظمی‌های ناگهانی مستقیما اندازه‌گیری می‌شود.

۱۱-۳- طبقه‌بندی به لحاظ کیفیت سطح بتن

۱۱-۳-۱- سطوح قالب‌بندی شده

قالب‌ها به لحاظ کیفیت سطح بتن به طبقات F3, F2, F1 و F4 طبقه‌بندی می‌شود. به جز برای بتن با نماهای خاص، که در نقشه‌ها و مشخصات فنی خصوصی قید شده باشد، برای تامین ویژگی‌های تعیین شده برای سطح بتن در هر طبقه فقط کارهای پرداختی تعیین شده برای آن طبقه مجاز است. در صورت وجود معایب جزیی در گستره محدودی از سطح بتن با موافقت مهندس ناظر و طبق مشخصات مورد تایید و به هزینه پیمانکار آن گستره تعمیر می‌شود. تشخیص جزیی بودن معایب با مهندس ناظر می‌باشد. نوع سطح نمای بتن برای کارهای مختلف باید مطابق با این مشخصات و نقشه‌های اجرایی باشد.

۱۱-۳-۱-۱- طبقه F1

این طبقه از کیفیت سطح بتن برای سطوحی است که در معرض دید قرار ندارد، مانند سطوحی که پشت آنها خاکریزی یا بتن‌ریزی می‌شود یا سطوح درزهای انبساط و انقباض یا سطوحی که روی آنها پوشیده می‌شود. رویه قالب برای این طبقه از کیفیت سطح بتن می‌تواند از چوب، ورق فولاد یا هر مصالح مناسب دیگری باشد. از درزهای بین تخته‌های کنار هم قرار داده شده نباید شیره بتن در هنگام لرزانیدن آن خارج شود.

در صورتی‌که قرار است روی سطح بتن اندود و یا کاشی شود، بلافاصله پس از برداشتن قالب، سطح بتن باید زخمی و زبر شود. برای تامین اتصال بین سطح بتن و اندود یا کاشی‌کاری برآمدگی‌های سطح بتن باید کم‌تر از نصف ضخامت اندود یا زیرسازی کاشی‌کاری باشد.

در صورتی‌که سطح بتن کرمو بوده یا صدمه دیده باشد، مطابق نظر مهندس ناظر تعمیر خواهد شد. اصلاح نامنظمی‌ها فقط برای حالت‌های تورفتگی و یا فقط آنهایی که خواص سازه‌ای کارها را خدشه دار می‌سازد و یا خواص مثبت سازه‌ها را کاهش می‌دهد، لازم می‌باشد. نامنظمی‌های سطوح نباید بیش از ۱۰ میلی‌متر برای نامنظمی‌های ناگهانی و بیش از ۱۵ میلی‌متر برای نامنظمی‌های تدریجی باشد.

۱۱-۳-۱-۲- طبقه F2

کیفیت سطح بتن طبقه F2 معمولا برای سطوحی است که در معرض دید واقع می‌شود. مصالح رویه قالب برای این طبقه از کیفیت سطح بتن، تخته کام و زبانه شده یا تخته چندلایی یا صفحه فلزی است. صفحات کنار هم طوری قرار داده می‌شود، که نمای به دست آمده دارای یک الگوی یک‌دست مورد تایید مهندس ناظر بوده و عاری از معایبی که سطح ظاهری نما را خدشه‌دار می‌سازد، باشد. این کیفیت سطح نما نباید نیاز به پرکردن تورفتگی‌ها داشته باشد.

نامنظمی‌های سطوح نباید بیش از ۵ میلی‌متر برای نامنظمی‌های ناگهانی و بیش از ۸ میلی‌متر برای نامنظمی‌های تدریجی باشد.

۱۱-۳-۱-۳- طبقه F3

این طبقه از کیفیت سطح بتن معمولا برای سطوحی است که یا نمای آنها اهمیت خاص داشته و یا صافی سطح آنها از نظر هیدرولیکی اهمیت دارد. برای دستیابی به این سطح از کیفیت، رویه قالب باید از تخته چندلا به ابعاد بزرگ یا ورق‌های فلزی بزرگ باشد. ورق‌های تخته چندلا یا فلزی باید مطابق الگویی مورد تایید مهندس ناظر کنار هم قرار داده شود. در صورت امکان درزها باید فقط افقی و قائم باشد. درز و اختلاف سطح دو صفحه کنار هم نباید از ۵ میلی‌متر بیش‌تر باشد.

نامنظمی‌های سطوح در جهت جریان آب نباید از ۳ میلی‌متر برای «نامنظمی‌های ناگهانی» و از ۶ میلی‌متر برای «نامنظمی‌های تدریجی» بیش‌تر باشد.

نامنظمی‌های ناگهانی عمود بر جهت جریان آب باید با شیب ملایم ۱ عمود بر امتداد جریان به ۲۰ در امتداد جریان ترمیم شود. نامنظمی‌های ناگهانی در جهت جریان آب باید با شیب ملایم ۱ قائم به ۱۰ افقی ترمیم شود. سطوح مجاور شیارهای دریچه‌ها نباید اختلاف شیب بیش از ۳ میلی‌متر در ۱/۵ متر را دارا باشد و شیارها نباید نسبت به خطوط تئوریک طراحی تفاوت داشته باشد.

۱۱-۳-۱-٤- طبقه F4

این طبقه از کیفیت سطح بتن برای سطوحی است که در تماس با جریان آزاد آب بوده و صافی سطح بتن بیش‌ترین اهمیت را از نظر هیدرولیکی داراست و سطح بتن باید در مقابل قدرت مخرب جریان آب مقاومت نماید. این طبقه از کیفیت سطح بتن باید الزامات طبقه F3 را برآورده نماید. علاوه برآن نامنظمی‌های ناگهانی سطوح درامتداد عمود بر جهت جریان آب باید تا رسیدن به شیب ۱عمود بر امتداد جریان به ۵۰ در امتداد جریان ساییده شود.

نامنظمی‌های بزرگ‌تر از ۳ میلی‌متر در جهت جریان آب نیز باید تا رسیدن به شیب‌های تعیین شده برای طبقه F3 ساییده شود.

۱۱-۳-۱-۵- سطوح قالب‌بندی نشده

پرداخت کاری سطوح قالب‌بندی نشده بتن باید توسط کارگران ماهر انجام شود. پیمانکار باید برنامه پرداخت کاری سطوح قالب‌بندی نشده بتن را به مهندس ناظر قبل از اجرا اطلاع دهد، به طوری که مهندس ناظر بتواند به موقع بر عملیات نظارت نماید. پرداخت کاری سطوح بتن باید با حضور مهندس ناظر انجام شود، مگر این که در موارد خاصی مهندس ناظر خود این حضور را لازم نداند.

برای تخلیه آب‌ها، سطوح داخلی و سطوحی که در معرض بارندگی قرار می‌گیرد، باید طبق نقشه‌ها یا دستور مهندس ناظر شیب داده شود. سطوح باریک مثل سطح روی دیوارها و جدول‌ها باید شیب حدود سه درصد داشته باشد. سطوح پهن‌تر مثل معابر، سکوها و باراندازها باید شیبی حدود دو درصد داشته باشد.

سطوح قالب‌بندی نشده به لحاظ کیفیت سطح بتن به طبقات U1، U2 و U3 تقسیم می‌شود. به جز حالاتی که نقشه‌ها مشخصا کیفیت دیگری را تعیین کرده باشد، کیفیت سطوح بتن قالب‌بندی نشده باید مطابق مشخصات تعیین شده برای هر طبقه باشد.

۱۱-۳-۱-۶- طبقه U1 (شمشه‌ای)

این کیفیت سطح بتن برای سطوحی است که توسط بتن یا مصالح دیگر روی آن پوشیده می‌شود. همچنین کیفیت مرحله اول کار برای سطوح با کیفیت U2 و U3 طبقه U1 می‌باشد. برای رسیدن به این کیفیت از سطح بتن قالب‌بندی نشده، سطح بتن باید تسطیح شده و به نحوی شمشه‌کشی شود تا یک سطح یکنواخت ساده یا دندانه‌ای به وجود آید. این سطح (به جز مواردی که بعدا با بتن با کیفیت U2 یا U3 پوشیده می‌شود) به هیچ وجه نباید بعد از گیرش اولیه و در طول مدت گیرش نهایی آسیب ببیند. خمیر سیمان اضافی بلافاصله بعد از متراکم شدن و قبل از پرداخت‌کاری[1] باید از روی سطح بتن برداشته شود. در مواردی که قرار است بتن اتصالی روی این طبقه از سطح بتن ریخته شود، باید هنگامی که هنوز بتن نگرفته است، شیره بتن و دانه‌های مصالح سنگی که خوب به بتن نچسبیده است از روی سطح بتن با وسیله مناسب برداشته شود.

۱۱-۳-۱-۷- طبقه U2 (تخته‌ماله‌ای)

این طبقه از کیفیت برای سطوح بتن قالب‌بندی نشده‌ای است که در معرض دید واقع می‌شود، ولی مشخصات طبقه U3 را نیز ندارد. این طبقه از کیفیت سطح بتن برای کف تونل‌هایی که نیاز به تامین مشخصات طبقه U3 را ندارند، مثل تونل‌های زهکش و تونل‌های دسترسی، سطوح آبروها، روی کانال‌های برق، دیوارها، روی پل‌ها و دال‌های ورودی در فضای خارج از ساختمان‌ها استفاده می‌شود.

این طبقه از کیفیت به عنوان مرحله دوم پرداخت کاری برای طبقه U3 به کار می‌رود. برای رسیدن به این کیفیت معمولا از روش شناوری[2] استفاده می‌شود. برای شناور کردن ممکن است از وسایل دستی یا ماشینی (تخته‌ماله دستی یا ماشینی) استفاده شود. کار تخته‌ماله‌کشی (شناورسازی) بلافاصله بعد از این که سطح شمشه‌کشی شده بتن به اندازه کافی سفت شده باشد، باید شروع شده و این عملیات فقط به میزان حداقلی لازم است که سطح بتن از آثار شمشه‌کشی عاری شده و سطحی با بافت یکنواخت به دست آید. اگر قرار است سطح نهایی دارای مشخصات طبقه U3 باشد، تخته‌ماله‌کشی باید آن‌قدر ادامه یابد تا مقدار کمی ملات بدون آب اضافی به سطح بتن بالا آمده باشد، به نحوی که آماده برای ماله‌کشی نهایی باشد. به سطح افقی پله‌ها بعد از تخته‌ماله‌کشی باید به موازات طول پله‌ها بافت جارویی داده شود و بعد از آن لبه پله‌ها گرد شود.

۱۱-۳-۱-۸- طبقه U3 (ماله‌ای)

این طبقه از کیفیت جهت سطح بتن قالب‌بندی نشده برای کف سازی فضاهایی به کار می‌رود که قرار نیست روی آنها پوشش دیگری از قبیل موزاییک، کاشی و سایر کفپوش‌ها اجرا شود.

1- Finishing
2- Floating

همچنین این طبقه از کیفیت سطح بتن برای سطوحی به کار می‌رود، که دقت در صافی سطح و یا مقاومت در برابر اثر تخریبی جریان آب مهم باشد. پس از تخته‌ماله‌کاری سطوحی که باید رویه‌کاری طبقه U3 را دارا باشد، طبق آن‌چه که در بند مربوط به طبقه U2 بیان شد، بعد از این که بتن به اندازه‌ای سفت شده باشد که مواد ریزدانه اضافی از سطح خارج نشود، باید با ماله فولادی ماله‌کشی شود. ماله باید روی سطح بتن محکم و به نحوی فشار داده شود، تا بافت ماسه‌ای تخته‌ماله‌ای کاملا صاف شده و یک سطح متراکم یکنواخت و عاری از آثار ماله و سایر ناصافی‌ها فراهم شود.

۱۱-٤- رواداری‌ها

اختلاف سطوح بتن برای همه طبقات اعم از قالب‌بندی شده یا قالب‌بندی نشده نباید از مقادیر حداکثر مجاز رواداری‌های تعیین شده در مشخصات فنی خصوصی یا نقشه‌ها تجاوز کند. در مواردی که مقادیر مجاز رواداری تعیین نشده باشد، مقادیر جدول (۱۱-۱) باید رعایت شود. دراین جدول منظور از «بُعد» و «خط تراز» فاصله خطوط و یا تراز از یک مبنای معین و اندازه‌های مشخص شده روی نقشه‌ها (مقاطع عرضی یا افقی) می‌باشد.

جدول ۱۱- ۱- رواداری‌های اختلاف سطوح بتنی

طبقه	حداکثر رواداری به میلی‌متر			
	خط تراز	نامنظمی ناگهانی	نامنظمی تدریجی	بعد
U1	±۱۵	۶	± ۱۵	–
U2	± ۶	۳	± ۶	–
U3	± ۶	۰	± ۳	–
F1	± ۱۵	۱۰	± ۱۵	+۱۲ ،-۶
F2	± ۸	۵	± ۸	+۱۲ ،-۶
F3	± ۶	۳[1]	± ۶	± ۶
F4	± ۳	۰[2]	± ۵	± ۶

۱۱-۵- ضوابط کلی طراحی قالب‌بندی

۱۱-۵-۱- نکات کلی

به طور کلی قالب‌بندی باید به وسیله پیمانکار طراحی شود و در مورد قالب‌های پیش ساخته پیمانکار باید مدارک لازم را از سازنده معتبر ارائه نماید و به تایید مهندس ناظر برساند. قالب‌بندی باید طوری طراحی شود که بتواند تمامی بارهای وارده را با ایمنی و اطمینان در زمان جابجایی، نصب، بتن‌ریزی و قبل از این که سازه بتنی مقاومت کافی را به دست آورد، تحمل نماید و تغییر شکل‌های سازه از رواداری‌های تعیین شده تجاوز ننماید.

۱- با موافقت مهندس ناظر، نامنظمی‌های ناگهانی موازی با جریان آب می‌تواند حداکثر ۶ میلی‌متر باشد.

۲- الزامات خاص این طبقه از کیفیت سطح بتن در بند ۱۱-۳-۱ تعیین شده است.

۱۱-۵-۲- ملاحظات طراحی

قالب‌بندی از مصالح بسیار مختلفی ساخته می‌شود. برای هر یک از مصالح باید از آیین‌نامه‌ها و استانداردهای ملی جاری و درصورت نبودن آیین‌نامه‌های ملی از آیین‌نامه‌های معتبر بین‌المللی مورد تایید مهندس ناظر استفاده شود. پایداری و کمانش را در تمامی حالات باید مورد بررسی قرار داد. زمانی که سازه بتنی بخشی از سامانه تکیه‌گاهی قالب‌بندی را تشکیل می‌دهد، مقاومت بتن باید به میزانی منظور شود که بتن آن مقاومت را با ضریب اطمینان کافی داشته باشد و در صورت لزوم برای تامین مقاومت کافی و نگه داشتن تغییر شکل در محدوده رواداری‌ها تقویت‌های مناسب پیش‌بینی شود. علاوه بر رعایت ضوابط مربوط در محاسبات فنی در طراحی قالب‌بندی به نکات اجرایی هم باید توجه نمود. از جمله باید به موارد زیر توجه شود:

- بار باد، دامپرهای موتوری، تجهیزات بتن‌ریزی و انبار کردن موقت مصالح
- تنش‌های اضافی ناشی از شمع زنی
- چرخش قالب تیرها در مواردی که قالب دال‌ها تنها از یک سمت به آنها متصل می‌گردد
- مهار کافی در مقابل فشار ناشی از سطوح شیبدار قالب
- بارگذاری برون محوری ناشی از ترتیب بتن‌ریزی
- مهاربندی جانبی مناسب یا مهاربندی افقی شمع‌ها
- لاغری اعضای فشاری
- بستن گوشه قالب‌های طره‌ای متقاطع به یکدیگر
- بارهای تحمیلی بر روی مهارها هنگام هم‌راستا کردن قالب‌بندی
- خیز معکوس لازم در دال‌ها یا دیگر اعضای سازه‌ای جهت جبران تغییر شکل سازه

تمامی مقادیر اصلی طراحی و شرایط بارگذاری را باید در نقشه‌های قالب‌بندی درج نمود. این موضوع شامل موارد زیر می‌باشد:

- مقادیر فرضی بار مرده
- مقاومت فشاری بتن برای بازکردن قالب‌بندی و اعمال بارهای اجرایی
- سرعت بتن‌ریزی، دما و ارتفاع بتن تازه
- وزن تجهیزات متحرکی که روی قالب‌بندی کارمی‌کنند
- فشار وارد بر پی و تنش‌های طراحی
- نمودارهای خیز
- اطلاعات دیگری که حسب مورد ممکن است توسط مهندس ناظر تعیین شود

نقشه‌های قالب‌بندی باید علاوه بر مشخص کردن نوع مصالح، اندازه‌ها، جزییات اتصالات و جزییات کاربردی زیر را نیز نشان دهد:

- روش، ترتیب و ملاک برداشتن قالب‌ها، شمع‌ها و شمع‌های مجدد
- مقدار بارهای اجرایی اضافی مجاز
- مهارها، بست‌های قالب، شمع‌ها، مهاربندی جانبی و مهاربندی افقی شمع‌ها

- تنظیم کارگاهی قالب‌ها
- نوارهای آب‌بند، شیارها و مغزی‌ها
- سکوهای کار و مسیرهای عبور
- سوراخ‌های زهکش یا سوراخ‌های ویبراتور
- شمشه‌ها و نوارهای تراز
- مکان نصب ویبراتور خارجی
- صفحات خردشونده یاصفحات تخریبی درمواردی که بازکردن قالب‌ها ممکن است به بتن آسیب وارد سازد
- سوراخ‌های تمیز کاری و دریچه‌های بازرسی
- درزهای ساخت، درزهای انقباض و درزهای انبساط
- ترتیب بتن‌ریزی و حداقل زمان میان دو مرحله بتن‌ریزی مجاور
- نوارهای پخ یا نوارهای تراز در مورد گوشه‌های نمایان و درزهای ساخت
- خیز
- تیرهای تکیه‌گاه یا تحمل کننده‌های دیگر برای قالب‌بندی
- تدابیر ویژه همچون تدابیرایمنی، ضدحریق، زهکشی وحفاظت دربرابر یخ و نخاله در گذرگاه‌های آبی
- اندودهای قالب‌بندی
- اندازه موقعیت کانال‌ها، لوله‌ها و قطعات داخل بتن
- دریچه‌ها یا اتصالات جهت جرثقیل، بالابر یا دیگر تجهیزات جابجایی مصالح

۱۱-۵-۳- بارها

۱۱-۵-۳-۱- بارهای قائم

بارهای قائم از بارهای مرده و زنده تشکیل می‌شود. بار مرده شامل وزن قالب‌بندی به علاوه وزن بتن تازه ریخته شده است. بار زنده شامل وزن کارگران، تجهیزات، مصالح انبار شده، مسیرهای عبور و ضربه است. بارهای قائمی که در طراحی شمع‌زنی و شمع‌زنی مجدد سازه‌های چند طبقه در نظر گرفته می‌شود، باید تمامی بارهای انتقال یافته از کف‌های فوقانی را در برگیرد. حداقل بار زنده برای پایه‌های قائم و قالب‌بندی افقی باید ۲/۴ کیلو پاسکال و در صورت استفاده از دامپرهای موتوری باید ۳/۶ کیلو پاسکال در نظر گرفته شود.

حداقل بار طراحی ترکیب بار زنده و مرده باید ۴/۸ کیلو پاسکال و در صورت استفاده از دامپرهای موتوری باید ۶ کیلو پاسکال در نظر گرفته شود.

۱۱-۵-۳-۲- فشار جانبی بتن

به جز در مواردی که شرایط بخش‌های الف و ب از این بند از مشخصات فنی عمومی برآورده می‌شود، فشار جانبی بتن تازه ریخته شده را باید مطابق معادله زیر در نظر گرفت:

$$P = WH$$

که در آن:

P = فشار جانبی به کیلو پاسکال

W= وزن مخصوص بتن تازه به کیلو نیوتن بر متر مکعب

H= عمق مایع یا بتن خمیری به متر می‌باشد.

در مورد ستون‌ها یا قالب‌های دیگری که پیش از هر گونه سخت شدن بتن به سرعت پر می‌شود، H را باید ارتفاع کل قالب و در صورت چند مرحله‌ای بودن بتن‌ریزی، معادل فاصله میان درزهای ساخت در نظر گرفت.

الف– در مورد بتن با وزن مخصوص معمولی (حدود ۲۴ کیلونیوتن بر متر مکعب) بدون پوزولان یا مواد افزودنی دیگر با اسلامپ ۱۰۰ میلی‌متر یا کم‌تر و لرزاندن معمولی تا عمق ۱/۲ متر یا کم‌تر، فشار جانبی را می‌توان از معادلات زیر که در آنها

R= سرعت بتن‌ریزی بر حسب متر در ساعت

T= دمای بتن در قالب‌ها بر حسب درجه سلسیوس می‌باشد، به دست آورد:

برای ستون‌ها:

$$P = 7.2 + \frac{785R}{T + 17.8}$$

حداکثر مقدارP برابر با ۱۴۴ کیلو پاسکال و حداقل مقدار آن ۲۸/۷ کیلو پاسکال و در هیچ حالتی از H ۲۳/۵ بیش‌تر در نظر گرفته نمی‌شود.

برای دیوارها (با سرعت بتن‌ریزی کم‌تر از ۲ متر در ساعت)

$$P = 7.2 + \frac{785R}{T + 17.8}$$

حداکثر مقدار P برای ستون‌ها برابر با ۱۴۴ کیلوپاسکال و برای دیوارها ۹۶ کیلو پاسکال و حداقل مقدار آن ۳۰ کیلوپاسکال و در هیچ حالتی از H ۲۴ بیش‌تر در نظر گرفته نمی‌شود.

برای دیوارها (با سرعت بتن‌ریزی بین ۲ تا ۳ متر در ساعت)

$$P = 7.2 + \frac{1156}{T + 17.8} + \frac{244R}{T + 17.8}$$

حداکثر مقدار P برابر با ۹۶ کیلو پاسکال و حداقل مقدار آن ۳۰ کیلوپاسکال و در هیچ حالتی از ۲۴H بیش‌تر در نظر گرفته نمی‌شود.

ب– برای تعیین فشار جانبی بتن در طراحی قالب می‌توان از نتایج آزمایش‌های مورد تایید مهندس ناظر و یا از منابع علمی که اعتبار آنها مورد تایید مهندس ناظر باشد، استفاده نمود.

ج– در زمان استفاده از لرزش خارجی یا بتن ساخته شده از سیمان منبسط شونده باید افزایش فشار نسبت به فشار ایستایی را منظور نمود.

$$P = 4.8 + \frac{524R}{T + 17.8}$$

که در آن:

R= سرعت بتن‌ریزی بر حسب متر در ساعت

T= دمای بتن در قالب‌ها برحسب درجه سلسیوس می‌باشد.

۱۱-۵-۳-۳- بارهای افقی

مهارها و شمع‌ها را باید برای مقاومت در برابر تمامی بارهای افقی قابل پیش‌بینی مانند نیروهای لرزه‌ای یا کشش کابل‌ها، پایه‌های مایل، تخلیه بتن و حرکت و توقف تجهیزات طراحی کرد. همچنین باید اثر بار باد بر روی حصارها و دیگر سطوح بادگیر را نیز در نظر گرفت.

الف- در هیچ حالتی در ساختمان‌ها بار افقی ناشی از باد، تخلیه بتن، بتن‌ریزی مایل و تجهیزاتی که در هر جهتی در هر طبقه عمل می‌کنند، نباید از ۱/۵ کیلو نیوتن برهر متر طول بر لبه کف یا ۲ در صد کل بار مرده روی قالب که به صورت بار یکنواخت بر لبه کف وارد می‌شود(هر کدام بزرگ‌تر بود)، کم‌تر در نظر گرفته شود.

ب- مهاربندی قالب دیوار را باید برای تحمل بار باد طبق آیین‌نامه‌های جاری ملی طراحی کرد. در مورد قالب دیوارهایی که در معرض عوامل جوی قرار دارند، حداقل بار طراحی باد نباید از ۰/۷ کیلو پاسکال کم‌تر در نظر گرفته شود. مهاربندی قالب دیوارها را باید برای حداقل بار افقی ۱/۵ کیلو نیوتن بر هر متر طول دیوار که در قسمت فوقانی آن وارد می‌شود، طراحی نمود.

ج- در طراحی قالب دیوارهای مرتفع باید به شرایط ویژه آنها در هر مورد توجه نمود.

۱۱-۵-۳-٤- بارهای ویژه

قالب‌بندی را باید با توجه به شرایط ویژه احتمالی، همچون بتن‌ریزی نامتقارن، ضربه ناشی از ریخته شدن بتن، زیر فشار، بارهای متمرکز میلگردگذاری، بارهای جابجایی قالب و انبار کردن مصالح ساختمانی و نیروهای پس کشش در سازه‌های بتنی پیش تنیده طراحی نمود.

۱۱-۵-٤- تنش‌ها

تنش‌های مجاز در طراحی قالب‌بندی با توجه به نوع مصالح قالب‌بندی براساس ارقام تعیین شده در آیین‌نامه‌ها و استانداردهای جاری ملی و در صورت نبودن، براساس ارقام تعیین شده توسط آیین‌نامه‌ها و استانداردهای بین‌المللی معتبر به تشخیص مهندس ناظر انتخاب می‌شود. در صورتی‌که ضوابط مورد استفاده در طراحی، تعیین تنش‌های مجاز را موکول به انجام آزمایش‌هایی نموده باشد، این آزمایش‌ها باید در آزمایشگاه معتبر و مورد تایید مهندس ناظر انجام شود.

در مورد مصالحی که به طور مکرر مورد استفاده واقع می‌شود، باید از مقادیر کاهش یافته برای تنش مجاز استفاده نمود.

۱۱-۵-۵- ضرایب ایمنی لوازم قالب‌بندی

در جدول (۱۱-۲) حداقل ضرایب ایمنی لوازم قالب‌بندی مانند بست قالب، مهار قالب و آویزهای قالب ارائه شده است. طراح قالب‌بندی در زمان انتخاب این لوازم باید مطمئن شود که در عمل مصالح مورد استفاده، مقاومت نهایی برای برآورده نمودن این ضرایب را تامین می‌نماید.

۱۱-۵-٦- شمع‌های اطمینان

در صورت عدم انجام محاسبات، پیش‌بینی شمع‌های اطمینان برای تیرهای با دهانه بزرگ‌تر از ۵ متر، تیرهای طره به طول بیش از ۲/۵ متر، دال‌های با دهانه بزرگ‌تر از ۳ متر و دال‌های طره‌ای به طول بیش از ۱/۵ متر الزامی است.

تعداد پایه‌های اطمینان پیش‌بینی شده باید به اندازه‌ای باشد که فاصله هر دو پایه اطمینان مجاور در هیچ مورد از ۳ متر تجاوز ننماید.

جدول ۱۱-۲- حداقل ضرایب ایمنی لوازم قالب‌بندی

لوازم	ضریب ایمنی	کاربرد
بست قالب	۲	تمامی موارد کاربرد
مهار قالب	۲	قالبی که فقط وزن قالب و فشارهای بتن را تحمل می‌کند
	۳	قالبی که وزن بتن، قالب، بارهای زنده اجرایی و ضربه را تحمل می‌کند
آویز قالب	۲	تمامی موارد کاربرد

۱۱-٦- نکات اجرایی و ایمنی

۱۱-٦-۱- ملاحظات اجرایی

در ساخت و برپایی قالب باید اصول صحیح فنی و جزییات تعیین شده در نقشه‌ها و طراحی قالب رعایت شود.

نکات زیر از جمله ملاحظات اجرایی هستند که باید رعایت شود:

- وصله کاری کارگاهی لب به لب یا همپوشانی شمع‌های چوبی مجاز نیست، مگر آن که برای این منظور از وسایل پیش‌ساخته‌ای با مقاومت و پایداری مشخص استفاده شود. در صورتی که برای وصله کردن شمع‌های چوبی از تخته‌چندلایی یا الوار استفاده شود، آنها را باید مانند دیگر اعضای فشاری برای مقاومت در مقابل کمانش و خمش طراحی نمود.
- میخ کوبی، پیچ کاری و اتصالات کافی
- مهار بندی جانبی مناسب و کافی
- توجه به توصیه‌های سازنده درمورد قالب‌هایی که از طریق سازنده‌های حرفه‌ای تهیه می‌شود.
- عدم استفاده از الوارهای گره‌داری که به مقاومت عضو آسیب وارد می‌کند.
- دقت در جوشکاری‌ها
- کنترل سرعت بتن‌ریزی با توجه به پارامترهای طراحی قالب
- سفت یا محکم کردن هم‌آهنگ و کافی بست‌ها و یراق‌آلات قالب
- عدم استفاده از ویبراتور خارجی بر روی قالب‌هایی که برای این کار طراحی نشده است.
- مهار قالب رویی در سطوح شیبدار به‌گونه‌ای مناسب در مقابل نیروهای زیر فشار
- فراهم بودن سطح اتکای کافی برای شمع‌ها
- استفاده از قالب رویی در سطوح شیبدار با شیب بیش از ۱/۵ افقی به یک قائم، مگر آن که ثابت شود که می‌توان قالب رویی را حذف کرد.

- عدم استفاده از قالب‌هایی که رویه آنها در مراحل قبل آسیب دیده است، برای قالب‌بندی با کیفیت سطح بتن همه طبقات، به جز طبقه F1.

۱۱-٦-۲- مهار بندی و مهار بندی افقی شمع‌ها

برای مقاومت در برابر بارهای جانبی و جلوگیری از ناپایداری اعضای منفرد در موارد لازم باید در صفحات قائم و افقی مهاربندی قطری ایجاد کرد. وظیفه مهاربندی افقی شمع‌ها را در طراحی، می‌توان نگهداری و افزایش مقاومت شمع‌های منفرد و شمع‌های مجدد یا شمع‌های اطمینان در برابر کمانش در نظر گرفت. مهاربندی افقی شمع‌ها را باید در هر جهتی انجام داد که نسبت لاغری (l/r) بیش از حد مجاز باشد.

l طول بدون مهار شمع و r حداقل شعاع ژیراسیون می‌باشد.

سامانه مهار بندی شده را باید طوری به زمین یا سازه نگهدارنده مهار کرد که از پایداری کل سامانه اطمینان حاصل شود.

۱۱-٦-۳- پی یا تکیه‌گاه قالب‌بندی

برای قالب‌بندی باید پی یا تکیه‌گاه مناسبی همچون تیرهای تکیه‌گاه پی گسترده یا پی شمعی برروی زمین ایجاد کرد. در صورتی که خاک زیر تیرهای تکیه‌گاه توانایی تحمل بارهای وارده را بدون نشست قابل توجه ندارد، آن را باید تثبیت و تحکیم نمود و یا برای قالب‌بندی باید تکیه‌گاه دیگری فراهم کرد. قالب‌بندی نباید متکی به زمین منجمد باشد.

۱۱-٦-٤- نشست

قالب‌بندی را باید طوری طراحی و اجرا نمود که برای جبران جمع‌شدگی و نشست آن امکان تنظیم قائم وجود داشته باشد.

۱۱-٦-٥- تدابیر ایمنی

در طرح و اجرای قالب‌بندی تمامی آیین‌نامه‌ها و مقررات ایمنی جاری باید رعایت شود. پیمانکار متعهد است علاوه بر رعایت نکات ایمنی در طراحی قالب‌بندی، بر ساخت و برپایی قالب‌بندی نظارت دقیق و بازرسی پیوسته به عمل‌آورد. عملیات ساخت و برپایی قالب باید از قبل برنامه‌ریزی شود، تا از ایمنی کارکنان و سلامت سازه تمام شده اطمینان حاصل شود. برخی از تدابیر ایمنی عبارتند از:

الف- نصب علایم و موانع ایمنی جهت دور نگه داشتن افراد غیرمجاز از منطقه برپایی قالب، بتن‌ریزی یا قالب‌برداری.

ب- به کارگماردن سرکارگران مجرب قالب‌بندی در حین عملیات بتن‌ریزی جهت اطمینان از تشخیص سریع و زود رس جابجایی احتمالی یا شکست قالب‌بندی، آماده نگه داشتن شمع‌های اضافی یا مصالح و تجهیزات دیگر جهت دسترسی سریع در حالت اضطراری.

ج- فراهم نمودن روشنایی کافی برای قالب‌بندی.

د- در نظرگرفتن نقاط مخصوص بلند کردن در طراحی و جزییات قالب‌هایی که با جرثقیل جابجا می‌شود به ویژه قالب‌های بالا رونده.

هـ- در نظر گرفتن داربست‌ها، سکوهای کار و نرده‌های ایمنی در طرح قالب‌بندی.

و- برنامه‌ریزی برای بازرسی کارگاهی از نظر ایمنی قالب‌بندی.

نکات ایمنی تعیین شده در فصل سوم این مشخصات فنی عمومی لازم الرعایه هستند.

۱۱-۷- آماده کردن قالب‌ها

قالب‌ها را باید قبل از استفاده، از تمامی آلودگی‌ها، ملات و اجسام خارجی تمیز و آنها را با ماده‌ای رهاساز اندود نمود. در صورت لزوم و تایید مهندس ناظر ممکن است از اندود درزگیر برای بستن درزهای بین قطعات رویه قالب استفاده شود. در مواردی که دسترسی به کف قالب از داخل قالب عملی نیست، باید با ایجاد دریچه‌هایی امکان خارج ساختن اجسام خارجی را پیش از بتن‌ریزی فراهم ساخت. اندودهای قالب باید پیش از کار گذاشته شدن میلگردها به کار برده شود و مقدار اندود باید به میزانی باشد که روی میلگردها یا درزهای ساخت بتن جاری نشود.

رویه قالب ممکن است با موادی که هدف آنها علاوه بر تسهیل در جداسازی قالب از بتن، تغییر بافت، بهبود دوام و آب‌بندی سطح تماس جهت مقابله با رطوبت باشد نیز اندود شود.

۱۱-۸- بازرسی

قالب‌ها را باید پیش از نصب میلگردها بازرسی و کنترل کرد تا از انطباق ابعاد و موقعیت صحیح قالب‌ها نسبت به نقشه‌ها و همچنین کیفیت آنها اطمینان حاصل شود. قالب محفظه‌ها، مغزیها، غلاف‌ها، مهارها و دیگر اقلام مدفون در بتن را باید به شکل صحیحی مشخص و تعیین مکان و محکم کرد. درصورت تعیین خیز، قالب‌ها باید از این نظر کنترل شود.

در سازه‌های مهم فهرست کنترلی[1] شامل کلیه مواردی که لازم است بازرسی شود، تنظیم شده و به وسیله شخص ذیصلاحی که صلاحیت او به تایید مهندس ناظر رسیده باشد، بازرسی و امضاء می‌شود. این فهرست و موارد مندرج در آن باید مورد تایید مهندس ناظر باشد. تشخیص مهم بودن سازه به عهده مهندس ناظر می‌باشد. این فهرست نافی لزوم پر کردن فرم الف مندرج در فصل هشتم این مشخصات فنی عمومی برای هر نوبت بتن‌ریزی نیست.

۱۱-۹- جابجایی و نصب قالب

در طراحی و برنامه‌ریزی و اجرای قالب‌بندی برای جابجایی و نصب قطعات قالب به ویژه قطعات بزرگ و سنگین، نوع تجهیزات و وسایل جابجایی و نصب قالب، ظرفیت و موقعیت قرارگیری آنها باید با توجه به نوع سازه، ابعاد و وزن قالب و فضای موجود، طراحی و انتخاب شود. جابجایی و نصب قطعات باید طوری انجام شود که شکل قالب تغییر نیافته و در استحکام اجزای آن خللی به وجود نیاید. در طراحی یا انتخاب وسایل جابجایی و استفاده از آنها باید ایمنی کامل برای افراد، تجهیزات و سازه‌ها تامین شود. در نصب قالب عملیات هم‌راستا کردن و تنظیم قالب‌بندی باید طوری انجام شود که در ضمن و بعد از بتن‌ریزی رواداری‌ها در محدوده تعیین شده باشد. روش‌های پیمانکار برای جابجایی نصب قالب‌ها باید قبلا به تایید مهندس ناظر برسد.

1- Check list

۱۱-۱۰- قالب‌برداری

۱۱-۱۰-۱- نکات کلی

در طراحی قالب‌بندی باید معیارهای برداشتن قالب برای قسمت‌های مختلف قالب‌بندی از جمله حداقل مقاومت بتن در هنگام برداشتن قالب‌ها یا شمع‌ها تعیین شود و مورد تایید مهندس ناظر باشد. برای مقایسه مقاومت بتن در هنگام برداشتن قالب با مقاومت مورد نظر می‌توان از نتایج آزمایش‌هایی که برروی نمونه‌های عمل آمده کارگاهی به دست می‌آید و یا هر روش دیگر که مورد تایید مهندس ناظر باشد، استفاده نمود.

حداقل زمان لازم پس از بتن‌ریزی برای برداشتن قالب با توجه به شرایط محیطی و طرح اختلاط بتن و سایر عوامل تعیین می‌شود. ترتیب برداشتن شمع‌ها و قالب‌ها باید طوری باشد که موجب تغییر شکل خمشی یا تابیدگی اضافی و یا آوردن آسیب دیگری به بتن نشود.

در صورتی که قالب‌برداری قبل از پایان دوره مراقبت انجام پذیرد، باید برای تداوم عمل‌آوری و حفاظت حرارتی از بتن تدابیر لازم به عمل آید. قالب‌بندی و شمع‌زنی باید طوری طراحی و اجرا شود، که امکان برداشتن آسان و ایمن هر جزء بدون وارد آمدن ضربه یا تکان ناگهانی وجود داشته باشد، تا بتن بتواند سهم بار خود را به صورت تدریجی و یکنواخت دریافت نماید.

در مواردی که برای تعیین زمان باز کردن قالب‌ها از نتایج آزمایش‌های مقاومت نمونه‌های بتن استفاده می‌شود، نمونه‌های آزمایشی باید در شرایطی عمل‌آورده شود، که از بدترین شرایط عمل‌آوری بتن در سازه موردنظر بهتر نباشد.

پس از قالب‌برداری سطوح قائم، باید بلافاصله عمل‌آوردن بتن به روش مقتضی برای محافظت آن در برابرگرما یا سرمای محیط شروع شود.

۱۱-۱۰-۲- زمان قالب‌برداری

الف–در صورتی که زمان قالب‌برداری در طرح تعیین و تصریح نشده باشد و یا برای آن روشی مشخص نشده باشد، زمان‌های داده شده در جدول (۱۱–۳) برای برچیدن قالب‌ها و پایه‌ها ملاک قرار می‌گیرند.

اعتبار زمان‌های داده شده در این جدول تابعی از شرایط زیر خواهد بود:

- در صورتی که بتن با سیمان پرتلند معمولی یا ضد سولفات تهیه شده باشد ارقام مندرج درجدول فوق معتبر هستند.
- درصورتی که ضمن سخت شدن بتن دمای محیط به کم‌تر از صفر درجه سلسیوس تنزل کند، زمان‌های داده شده را باید به تناسب و حداقل به اندازه مدت یخبندان افزایش داد.
- در صورت استفاده از سیمان با مقاومت زودرس می‌توان زمان‌های داده شده را کاهش داد.
- درصورت استفاده از مواد کندگیر کننده باید زمان‌های داده شده را افزایش داد.
- در صورتی که جلوگیری از ترک‌های پیش رس یا حذف آنها (به خصوص در اعضا و قطعات با ضخامت‌های متفاوت یا روبار و با درجه حرارت‌های مختلف) یا تقلیل تغییر شکل‌های ناشی از وارفتگی مورد نظر باشد، زمان‌های داده شده باید افزایش یابد.

- درصورتی که عمل‌آوردن تسریع شده یا قالب‌بندی خاصی نظیر قالب‌های لغزان مورد نظر باشد، تقلیل زمان‌های داده شده با استفاده از نتایج آزمایش‌ها و محاسبات لازم برای اطمینان از کفایت زمان سپری شده امکان‌پذیر است.

ب- برچیدن قالب‌ها و پایه‌ها در مدتی کم‌تر از زمان‌های داده شده در جدول (۱۱-۳) فقط به شرط آزمایش قبلی میسر است. درصورتی که آزمایش نمونه‌های نگهداری شده در کارگاه حاکی از رسیدن مقاومت بتن به حداقل هفتاد درصد مقاومت مشخصه مورد نظر باشد، می‌توان قالب‌های سطح زیرین را برداشت. ولی برچیدن پایه‌های اطمینان فقط در صورتی مجاز است، که علاوه بر مراعات کلیه محدودیت‌ها، بتن به مقاومت مشخصه مورد نظر رسیده باشد.

جدول ۱۱-۳- حداقل زمان لازم برای قالب‌برداری

نوع قالب‌بندی		دمای مجاور سطح بتن (درجه سلسیوس)			
		۲۴ و بیش‌تر	۱۶	۸	۰
قالب‌های قائم – ساعت		۹	۱۲	۱۸	۳۰
دال‌ها	قالب زیرین (شبانه روز)	۳	۴	۶	۱۰
	پایه‌های اطمینان (شبانه روز)	۷	۱۰	۱۵	۲۵
تیرها	پایه‌های زیرین (شبانه روز)	۷	۱۰	۱۵	۲۵
	پایه‌های اطمینان (شبانه روز)	۱۰	۱۴	۲۱	۳۶

۱۱-۱۰-۳- برداشتن پایه‌های اطمینان

در صورتی‌که برای برداشتن پایه‌های اطمینان در مشخصات فنی خصوصی یا نقشه‌ها یا طرح قالب‌بندی مورد تایید مهندس ناظر روش مشخصی تعیین نشده باشد، ضوابط تعیین شده در بند ۹-۴-۳-۳ آیین‌نامه بتن ایران بخش اول (نشریه شماره ۱۲۰) باید رعایت شود.

۱۱-۱۱- قالب‌بندی بدنه سدهای بتنی و سازه‌های بتنی حجیم دیگر

۱۱-۱۱-۱- نوع قالب

قالب‌بندی بتن حجیم از جمله بدنه سدهای بتنی به دو مقوله مشخص زیر تقسیم می‌شود:

۱۱-۱۱-۱-۱- قالب‌بندی برای بتن‌ریزی کوتاه

در این نوع بتن‌ریزی ارتفاع هر مرحله بتن‌ریزی (یک لیفت) بین ۱/۵ تا ۳ متر می‌باشد. دراین نوع بتن‌ریزی معمولا از قطعات قالب پیش ساخته چند بار مصرف طره‌ای با اسکلت فلزی و رویه فولادی یا تخته چندلا استفاده می‌شود، که داربست و در برخی موارد وسایل بالابر را نیز با خود همراه دارد.

این قالب‌ها از خارج به کمک مهارهایی که در بتن مرحله قبل نصب شده‌اند، نگهداری ومستحکم می‌شود. پیچ‌های تنظیمی امکان هم‌راستا کردن صفحات قالب را فراهم می‌نماید.

۱۱-۱۱-۱-۲- قالب‌بندی برای بتن‌ریزی بلند

در این نوع بتن‌ریزی قالب‌بندی با رویه تخته‌ای و برای یک بار مصرف ساخته می‌شود.

۱۱-۱۱-۲- فشار جانبی بتن

برای بتن حجیم می‌توان از همان فرمول‌های فشار جانبی بتن ریخته شده در قالب دیوارها استفاده کرد. برای تعیین فشار جانبی باید به ترتیب بتن‌ریزی توجه کرد. اغلب بتن طوری به صورت لایه‌ای ریخته می‌شود که برروی قالب انتها فشار مایع کاملی ایجاد می‌گردد. به علاوه استفاده از جام‌های بزرگ بتن نیز ممکن است بارهای ضربه‌ای بزرگی در نزدیکی قالب‌ها وارد آورد.

۱۱-۱۱-۳- ملاحظات طراحی

برای مهار قالب‌های شیبدار و مهار قالب دیوارها به سطح سنگ در پی باید دقت ویژه‌ای مبذول داشت. خم کردن و جوشکاری میل مهارهای فولادی با مقاومت کششی بالا ممنوع است. باید از مقاومت کافی در هنگام وارد شدن تنش به بتن، از طریق مهارهای کار گذاشته شده در بتن مراحل قبل جهت تحمل بارهای طراحی ناشی از بتن‌ریزی جدید و تنش‌های پیچکاری، اطمینان حاصل شود. تمام گوشه‌های بلوک‌های بتن بدنه سد باید پخ ۵۰ × ۵۰ میلی‌متر داشته باشد.

در محل برخورد قالب‌های سطوح خارجی بدنه سد که غیرقائم است با قالب‌های عرضی بین بلوک‌ها، مثلث‌ها یا ذوزنقه‌های کوچکی ایجاد می‌شود. قالب‌بندی باید برای پرکردن این مثلث‌ها یا ذوزنقه‌ها اجزای لازم را داشته باشد، به طوری که شکل مورد نظر به طور دقیق حاصل شود. برای درزهای انقباضی باید کلیدهای برشی طبق نقشه‌ها فراهم شود.

پیمانکار می‌تواند به جای طرح ارائه شده در نقشه‌ها برای کلید برشی پیشنهاد دیگری بدون دریافت مبلغ اضافی ارائه نماید. این پیشنهاد درصورت تایید توسط مهندس ناظر قابل اجرا خواهد بود.

با توجه به اهمیت قالب بدنه سد، پیمانکار باید هنگام ارائه پیشنهاد قیمت خود، سامانه قالب‌بندی مورد نظر خود را ارائه نماید. قبل از سفارش قالب‌بندی، پیمانکار باید جزییات سامانه پیشنهادی، از قبیل نقشه‌های ساخت و نصب، محاسبات مربوط به مقاومت و تغییر شکل‌ها و مقادیر پیش‌بینی شده قالب‌بندی را جهت تایید به مهندس ناظر تسلیم نماید.

۱۱-۱۲- سازه‌های زیرزمینی (مغارها، تونل‌ها، شافت‌ها و گالری‌ها)

۱۱-۱۲-۱- نکات کلی

تفاوت سازه‌های زیرزمینی با تاسیسات سطحی، اجرای عملیات در فضای محدود و بسته است. این وضع مشکلاتی را از نظر جابجایی، مهارکردن قالب‌بندی و عملیات بتن‌ریزی مربوطه به وجود می‌آورد. در طراحی و اجرای قالب‌بندی سازه‌های زیرزمینی و بتن‌ریزی آنها باید به این محدودیت‌ها توجه شود. از جمله می‌توان از مهار سنگی یا میل مهارها برای نگهداشتن قالب استفاده کرد. برای باز و بسته کردن و جابجایی قالب و استفاده مجدد از آن باید از تجهیزات و روش‌های ویژه‌ای استفاده شود. ممکن است از سطوح سنگ برای اتصال تجهیزات جابجایی و بالابر استفاده نمود. برای قالب‌بندی و بتن‌ریزی دیوارها و سقف تونل دو روش اصلی وجود دارد. این دوروش اصلی با نام‌های «روش تیغه‌ای» و «روش شیب پیوسته پیش‌رونده» شناخته می‌شود.

روش شیب پیش‌رونده یک روش پیوسته بتن‌ریزی است که استفاده از آن معمولا در تونل‌هایی که درون سنگ‌های مقاوم حفر شده و قطر آنها بین ۳ تا ۷/۵ متر بوده و طول آنها حداقل ۱/۵ کیلومتر باشد، کاربرد دارد.

قالب قوسی در روش تیغه‌ای معمولا در واحدهای منفرد به طول از ۷ متر به بالا، از اسکلت و رویه فولادی ساخته می‌شود، که با استفاده از جک‌های پیچی یا هیدرولیکی باز شده، به جلو حرکت داده شده و مجددا برپا می‌شود.

قالب قوسی در روش شیب پیوسته پیش‌رونده معمولا از ۸ یا تعداد قطعه بیش‌تری تشکیل می‌شود، که طول هر یک از آنها بین ۳ تا ۸ متر است. هر قطعه را می‌توان باز نموده و به شکل جمع شده از درون قطعات دیگر عبور داد و با استفاده از یک حامل قالب آن را مجددا بر پا کرد.

در مواردی که استفاده از قالب‌های چندین بار مصرف به هر علتی عملی نبوده و یا به علت کمی دفعات استفاده مقرون به صرفه نباشد، رویه قالب و حتی مجموعه قالب‌بندی می‌تواند چوبی باشد، مشروط به این که کیفیت مورد نظر سطح بتن و سایر الزامات مشخصات فنی تامین شود.

استفاده از قالب چوبی در هر مورد باید به تایید مهندس ناظر برسد. در قالب‌بندی قسمت‌های بالاتر از کف تونل و سایر سازه‌های زیرزمینی باید ردیف‌هایی از دریچه در هر طرف تعبیه شود. پایین‌ترین ردیف دریچه‌ها حدود ۱/۸ متر بالاتر از درز ساختمانی بتن کف قرار می‌گیرد. ردیف‌های بالاتر هر کدام حدود ۱/۸ متر بالاتر از ردیف‌های پایینی واقع می‌شود. دریچه‌های ردیف‌های مجاور باید متناوب باشد(دریک امتداد قائم قرار نگیرند). اندازه دریچه‌ها و موقعیت آنها باید طوری باشد، که امکان بازرسی و لرزانیدن بتن داخل قالب‌ها را فراهم آورد. برای هر یک از دریچه‌ها باید سکویی که به راحتی قابل استفاده و ایمن باشد، فراهم شود. فاصله دریچه‌ها در هر ردیف حدود ۲/۵ متر می‌باشد. اندازه دریچه‌ها حدود ۹۰×۴۵ میلی‌متر بوده که طول آن در جهت محور تونل قرار می‌گیرد. جزییات قالب‌بندی در فضاهای بسته باید به تایید مهندس ناظر برسد.

۱۱-۱۲-۲- بارهای طراحی

۱۱-۱۲-۲-۱- بارهای قائم

بارهای اجرایی قائمی که در طراحی قالب‌بندی سازه‌های زیرزمینی در نظر گرفته می‌شود، با بارهای سازه‌های رو زمینی مشابه است، جز این که در نزدیکی تاج تونل‌ها بارهای قائم غیرمعمول و در قالب قوس کف تونل‌ها نیروهای فشاری رو به بالا وجود دارد. فشار وارد بر تاج قوس تونل‌ها می‌تواند تا ۱۵۰ کیلوپاسکال باشد. بزرگی و توزیع فشار باید با محاسبات تعیین شود.

در هیچ حالت، فشار عمود بر قالب به علاوه وزن مرده بتن نباید کم‌تر از ۵۰ کیلوپاسکال منظور شود. برای بخش‌هایی از قالب کف تونل‌ها که بالای حداکثر بعد افقی قالب قرار دارند باید فشارهای قائم رو به بالا محاسبه و منظور شود.

۱۱-۱۲-۲-۲- بارهای جانبی

بارهای جانبی به طور معمول همان بارهایی است که در فصل ضوابط کلی طراحی قالب‌بندی تعیین شده است. زمانی که قالب متکی به مهارهای توکار مرحله بتن‌ریزی قبلی است، به مقاومت بتن که به علت عدم گیرش نهایی از مقاومت نهایی خیلی کم‌تر است، باید توجه داشت.

۱۱-۱۳- قالب سازه‌های هیدرولیکی (سرریز، آبگیر، تخلیه کننده‌ها)

قالب‌بندی سازه‌های هیدرولیکی بسته به شکل آنها و کیفیت سطح بتن و سرعت جریان آب دارای مشخصات مختلفی می‌باشد، که در هر مورد نقشه‌ها و مشخصات فنی خصوصی، آنها را تعیین می‌نماید. قالب‌بندی سطوح منحنی، خم‌ها، محل اتصال مجراها و سایر جاهایی که آب در آنها جریان دارد، باید طوری ساخته شود، که شکل سازه عینا مطابق انحناهای مشخص شده در آید.

در بعضی موارد ممکن است برای مشخص شدن شکل سازه، مختصات نقاطی از آن تعیین شود. در این صورت با میان‌یابی[1] فواصل، محل نقاط دیگر به وسیله پیمانکار مشخص می‌شود.

قالب باید طوری ساخته شود که بین نقاط مورد نظر پیوسته باشد و اختلاف سازه ساخته شده و نقشه مورد نظر با استفاده از شمشه منحنی از رواداری‌های مجاز تجاوز ننماید. معمولا کیفیت سطح بتن در این سازه‌ها از طبقه F3 یا F4 است و برای تامین این سطح از کیفیت، دقت فراوان و استفاده از کارگران ماهر و نیروهای فنی پشتیبانی لازم است. مصالح مصرفی برای قالب‌بندی باید مورد تایید مهندس ناظر قرار گرفته باشد.

۱۱-۱٤- کارگذاری قطعات فلزی، آب‌بندها، کام و زبانه‌ها

به فصل هشتم مراجعه شود.

1- Interpolation

فصل ۱۲

تونل‌ها و شافت‌ها

۱۲-۱- کلیات

این فصل از مشخصات فنی عمومی شامل الزاماتی است که تحت شرایط عمومی پیمان، باید توسط پیمانکار، در ساخت فضاهای زیرزمینی نظیر تونل‌های انحراف، تونل‌های انتقال، تونل‌ها و شافت‌های آب‌بر نیروگاه‌ها، مغارهای نیروگاه، اتاق شیرها، تونل‌ها و شافت‌های دسترسی و سرویس، گالری‌های زهکش و تزریق به کار گرفته شود.

۱۲-۱-۱- استانداردها

تمام استانداردهایی که در این فصل از مشخصات ذکر شده است، باید به وسیله پیمانکار رعایت شود، مگر آن که در این مشخصات به وضوح ذکر شده باشد.

در مواردی که بین استانداردهای مذکور و این مشخصات تضادی وجود دارد، مندرجات این مشخصات رعایت خواهد شد. مواردی که در این مشخصات فنی عمومی مشخص نشده است، باید بر استانداردهای موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی و سایر مقررات، آیین‌نامه‌ها و استانداردهای ملی و در درجه دوم استانداردهای معتبر بین‌المللی منطبق باشد.

۱۲-۲- تعاریف

آبکشی: کلیه عملیاتی که به منظور دفع آب از محل حفاری‌های زیرزمینی انجام می‌گیرد.

آتشکاری: عبارت است از استفاده از مواد منفجره به منظور خرد کردن سنگ‌ها. آتشکاری ممکن است به روش‌های مختلف انجام شود.

آتشکاری کنترل شده محیطی: نوعی عملیات آتشکاری است که پیش‌برش، آتشکاری آرام و چالزنی خطی را شامل می‌شود. به طورکلی آتشکاری کنترل شده محیطی به معنای روش‌های ویژه چالزنی و آتشکاری است که برای ایجاد یک سطح صاف مطابق با خطوط، رقوم و ابعاد داده شده و با کم‌ترین میزان شکاف‌های سطحی ناشی از انفجار به کار برده می‌شود.

اضافه حفاری: مقدار حفاری‌هایی است که خارج از حدود حفاری انجام می‌گیرد. عمدتا این اضافه حفاری‌ها به واسطه شرایط نامناسب توده‌سنگ‌های محل حفر فضاها و یا به کارگیری نامناسب آتشکاری اتفاق می‌افتد.

اضافه حفاری غیرقابل پیش‌بینی: این گونه حفاری‌ها بستگی به شرایط نامساعد و یا غیر قابل پیش‌بینی زمین دارد، که با اجرای روش‌های عادی حفاری غیر قابل اجتناب است.

اضافه حفاری قابل قبول: عبارت است از مقدار مواد برداشته شده در پشت خط «B» که برای تطبیق روش‌های عادی حفاری صورت می‌گیرد. حداکثر اضافه حفاری قابل قبول پشت خط «B» در مشخصات فنی خصوصی ارائه می‌شود. این مقدار بستگی به شرایط زمین شناسی و قطر حفاری دارد و در هر مقطع باید به تایید مهندس ناظر برسد.

انبساط‌سنج (کشیدگی‌سنج)[1]**:** میله یا میله‌هایی که در اعماق از پیش تعیین شده در گمانه گیردار شده و دارای یک صفحه مبنا در سر گمانه است. جابجایی نسبی بین مهاری و صفحه مبنا به وسیله یک گیج عقربه‌ای و یا یک ترانسدیوسر الکترونیکی اندازه‌گیری می‌شود. گمانه‌ای که به منظور نصب انبساط‌سنج (کشیدگی‌سنج) حفر می‌شود، گمانه انبساط‌سنج (کشیدگی‌سنج) نامیده می‌شود.

1- Extensometer

بارگیری و حمل و نقل: مجموعه‌ای از فعالیت‌ها که به منظور جمع‌آوری و دفع مواد حفاری شده و زاید از محیط فضاهای زیرزمینی به خارج انجام می‌گیرد.

پاس یا مرحله انفجار: مجموعه فعالیت‌های یک سیکل چالزنی، خرج‌گذاری و آتشکاری است که شامل لق‌گیری و همچنین بارگیری و انتقال تجهیزات به محوطه و خارج کردن آنها نیز می‌شود.

پایدارسازی: مجموعه‌ای از فعالیت‌هایی است که به منظور تامین پایداری فضاهای زیرزمینی به‌کار گرفته می‌شود. این عملیات به طورکلی شامل اجرای بتن‌پاشی[1]، بتن‌پاشی مسلح، نصب انواع پیچ‌سنگ‌ها و قاب‌های فولادی است.

پیش‌برش: مجموعه فعالیت‌های حفر یک ردیف چال‌های نزدیک به هم، خرج‌گذاری کم در کلیه چال‌ها و یا در برخی چال‌های انتخابی و انفجار هم‌زمان چال‌ها قبل از انجام آتشکاری اصلی، که برای ایجاد شکاف بین توده‌سنگ دیواره که باید باقی بماند و توده‌سنگی که باید خرد و حفاری شود، به‌کار گرفته می‌شود.

تزریق تحکیمی: مجموعه فعالیت‌هایی که با حفر چال‌هایی در سنگ با یک الگوی منظم در اطراف فضاهای زیرزمینی و تزریق آنها برای کاهش نفوذپذیری و یا برای بهبود کیفیت توده‌سنگ انجام می‌گیرد.

تزریق تماسی: تزریق در سطح تماس سنگ و بتن که معمولا با جای‌گذاری لوله‌ها در قسمت فوقانی تونل و حفاری آنها به منظور تضمین قرارگیری انتهای گمانه در سنگ انجام می‌شود.

تهویه: کلیه عملیاتی که به منظور تامین هوای تمیز در کارهای زیرزمینی اجرا می‌گردد.

حدود حفاری: سطح صاف مطابق با خطوط، رقوم و ابعاد داده شده در نقشه‌ها که با کم‌ترین میزان شکاف‌های سطحی ناشی از انفجار، ایجاد می‌شود.

حفاری: عبارت از برداشت و جمع‌آوری سنگ و یا مواد هوازده و آبرفت با هر وسیله مناسب اعم از چالزنی، آتشکاری، خردکردن و یا استفاده از ماشین‌های حفاری می‌باشد.

حفاری مقطع بالایی[2]: مرحله اول حفاری مقطع تونل که معمولا از سقف شروع می‌شود. ابعاد و ارتفاع این قسمت بستگی به تجهیزات و ماشین‌آلات موجود دارد و نیز تابع ویژگی‌های ژئوتکنیکی توده‌سنگ‌های پیرامون تونل است.

حفاری مقطع پایینی[3]: مرحله دوم حفاری مقطع تونل که پس از حفاری مقطع بالایی شروع می‌شود. برای مقاطع بزرگ، ممکن است چندین مرحله حفاری لازم باشد.

حفاری‌های لازم: خطوط حفاری‌های نشان داده شده در نقشه‌ها که به عنوان کارهای دائمی تلقی می‌گردد و حفاری‌های مربوط به کارهای موقت را شامل نمی‌شود.

خطوط حفاری «A»: این خطوط در نقشه‌ها نشان دهنده مرزی است که در داخل آن (به جز قطعات فولادی که می‌تواند جزیی از پوشش بتنی نهایی باشند) نباید سنگ و یا هرگونه مواد خارجی قرار گرفته باشد. قطعات فلزی به‌شرطی می‌توانند در داخل «A» قرار گیرند که مانع از آرماتوربندی و یا سبب کاهش قطر مفید تونل‌ها نگردد.

1- Shotcrete
2- Top Heading
3- Benching

خطوط حفاری «B»: این خطوط در نقشه‌ها نشان دهنده مرزی است که برای پرداخت هزینه‌ها به پیمانکار قابل قبول است. جابجایی خط «B» در اثر تغییر شکل توده‌سنگ قابل قبول بوده، مقدار مجاز این جابجایی برای کلیه مقاطع حفاری در نقشه‌ها مشخص شده است. چنانچه جابجایی توده‌سنگ به میزان قابل ملاحظه‌ای با مقادیر پیش‌بینی شده متفاوت باشد، مهندس ناظر مقادیر مزبور را تصحیح خواهد نمود.

دامنه اندازه‌گیری: حداقل و حداکثر مقدار پارامتر مورد نظر، که دستگاه قادر به اندازه‌گیری آن است.

درزه‌سنج: در داخل یا در دو طرف یک درزه نصب می‌شود و جابجایی نسبی در امتداد یا عمود بر محور درزه با یک گیج مکانیکی و یا وسایل الکتریکی اندازه‌گیری می‌شود.

روش‌های حفاری: کلیه شیوه‌ها و راه‌کارهایی که برای حفاری فضاهای زیرزمینی موردنظر به کارگرفته می‌شود.

سلول بارسنج: یک استوانه فولادی که در وسط آن حفره‌ای قرار دارد و درزیرصفحات باربر میل‌مهاری‌ها یا تاندون‌ها نصب می‌گردد. (برای توضیحات بیش‌تر به فصل ۱۵ مراجعه شود).

صحت: رواداری ابزار در اندازه‌گیری پارامترهای مربوط

عمق: فاصله ابتدا تا انتهای چال بدون در نظر گرفتن شیب چال، می‌باشد.

قطعه: یک قسمت یا تمامی طول گمانه را شامل می‌شود.

مقاطع حفاری بالایی و پایینی: تعیین دقیق ابعاد مقاطع بالایی و پایینی که بر اساس نیازهای اجرایی و ماشین‌آلات موجود تعیین می‌گردد.

۱۲-۳- حفاری تونل‌ها

۱۲-۳-۱- محدوده کاربرد

فعالیت‌هایی که برای حفاری تونل‌ها باید انجام گیرد، مشتمل بر تامین نیروی انسانی، مصالح، تجهیزات و ماشین‌آلات برای حفاری، بارگیری و حمل و نقل بوده و همچنین کلیه فعالیت‌های لازم برای حفاری، برداشت، دفع مواد حاصل از حفاری‌ها و آماده‌سازی‌های لازم برای انجام کارهای بعدی نظیر بتن‌ریزی را شامل می‌شود. کلیه این فعالیت‌ها باید مطابق نقشه‌ها در موارد زیر انجام گیرد:

- تونل‌های آب‌بر نیروگاه
- تونل‌های انتقال آب
- تونل‌های انحراف آب
- تونل‌های دسترسی
- گالری‌های زهکش
- گالری‌های تزریق
- حفاری‌های موضعی

پیمانکار باید حداقل ۳۰ روز قبل از شروع کار، روش اجرای مورد نظر خود را (که شامل جزییات روش‌های پیشنهادی، برنامه و توالی فعالیت‌های لازم برای اجرای حفاری‌ها مطابق با مشخصات فنی است) به منظور بررسی به مهندس ناظر ارائه نماید.مهندس ناظر رد یا قبول کل یا بخش‌هایی از روش اجرای پیشنهادی را به طور کتبی به پیمانکار اعلام خواهد نمود. اگر طرح پیشنهادی مورد قبول واقع نگردد، پیمانکار باید روش اجرای جدیدی ارائه نماید. شروع عملیات حفاری منوط به تایید روش اجرای پیمانکار از سوی مهندس ناظر است. روش‌های اجرای ارائه شده از طرف پیمانکار باید مطابق با مشخصات فنی و مفاد پیمان باشد.

پیمانکار مسوول کلیه روش‌های اجرای ارائه شده و مورد تایید مهندس ناظر است.

پیمانکار باید تمهیدات لازم برای آب‌زدایی را مطابق بخش ۱۲-۷-۲ پیش‌بینی نماید.

۱۲-۳-۲- تدابیر ایمنی

مسوولیت ایمنی کلیه حفاری‌ها به عهده پیمانکار است.

ضمن تامین تمام الزامات خاص ایمنی که در فصل سوم این مشخصات فنی عمومی یا در مشخصات فنی خصوصی ذکر گردیده است، کلیه فعالیت‌های پیمانکار در حفاری‌های زیرزمینی باید با قوانین مملکتی و آیین‌نامه‌های محلی ایمنی مطابقت داشته باشد.

پیمانکار باید کلیه حفاری‌ها را بازرسی نموده و هر گونه موادی را که خود یا مهندس ناظر، سست و یا ناپایدار تشخیص می‌دهند، در اسرع وقت پاکسازی و نسبت به پایدارسازی آنها اقدام نماید.

پیمانکار باید کلیه پیچ‌سنگ‌های تزریق نشده را مورد بازبینی قرار دهد و در صورت لزوم آنها را دوباره تحت کشش قرار دهد و چنانچه تجهیزات این پیچ‌سنگ‌ها نظیر صفحه باربر و مهره‌ها آسیب دیده باشد، بلافاصله نسبت به تعویض آنها اقدام نماید.

مهندس ناظر مجاز است هر گونه فعالیتی که برای اطمینان از پایداری حفاری‌ها ضروری تشخیص دهد را از پیمانکار درخواست نماید و پیمانکار ملزم به رعایت آنها است.

پیمانکار باید کلیه اقدامات لازم برای کاهش میزان کلی صدا تا ۸۵dBA را به عمل آورد. این اقدامات شامل موارد زیر است:

- پوشش گذاری روی منابع تولید صدا
- به کار بردن صدا خفه کنهای مناسب برای دستگاه‌های تهویه و دیگر تجهیزات
- احداث دیواره‌هایی برای جداسازی منابع تولید صدا و محوطه کار

پیمانکار باید وسایل اندازه‌گیری میزان صدا را فراهم آورد و نتایج اندازه‌گیری‌ها را به طور منظم یا هر زمان که مهندس ناظر درخواست کند، ارائه نماید. پیمانکار باید برای کلیه کارگران و همچنین بازدید کنندگان از کارگاه، گوشی فراهم نماید.(به فصل سوم این مشخصات فنی عمومی رجوع شود).

پیمانکار باید در حفاری‌های زیرزمینی یک سامانه روشنایی مورد تایید را مطابق با فصل سوم این مشخصات فنی عمومی یا آیین‌نامه‌های محلی (هر کدام که روشنایی بیش‌تری را ضروری می‌داند) تامین نماید.در ضمن مفاد بند ۱۲-۷-۳ نیز ملاک خواهد بود.

پیمانکار باید کلیه راه‌های دسترسی به حفاری‌های زیرزمینی را بازبینی و دستورهای مهندس ناظر در این مورد را انجام دهد.

پیمانکار باید کلیه موارد ایمنی در مورد انبار کردن، جابجا نمودن و به کارگیری مواد منفجره را مطابق قوانین کشوری و فصل سوم این مشخصات فنی عمومی رعایت کرده و یک نسخه از قوانین کشوری در مورد حمل و نقل، انبار کردن و استفاده از مواد منفجره را در دفتر کار خود، در کارگاه داشته و یک نسخه از آن را در اختیار مهندس ناظر قرار دهد.

پیمانکار باید موقعیت مناسب انبار ناریه را با توجه به کلیه قوانین و مقررات ایمنی انتخاب نماید و طرح مناسب را برای این منظور به کار گیرد.

پیمانکار باید کپی دستورالعمل‌ها و آگهی‌های صادر شده از طرف خود را پس از کسب تایید مهندس ناظر جهت اطلاع کارگران و کارمندان در تابلوی اعلانات نصب نماید.

پیمانکار باید مواد منفجره را فقط در مورد ردیف کارها، زمان و محلی که مورد تایید مهندس ناظر باشد، به کار ببرد. چنین تاییدی سبب سلب مسوولیت پیمانکار در رابطه با مجروح کردن، مرگ، نارضایتی افراد، صدمه زدن به کار، ساختمان‌های مربوط، جاده‌ها، اماکن، اشیاء، حیوانات و اموال نمی‌گردد. پیمانکار قانونا مسوول هر گونه حوادث احتمالی ناشی از عملیات آتشکاری است و کارفرما از پرداخت هر گونه غرامت و ادعایی که ناشی از عدم رعایت موارد ایمنی باشد، معذور است.

اگر مهندس ناظر احتمال وقوع حادثه‌ای را در اثر انفجار بدهد، می‌تواند از ادامه کار ممانعت کند و پیمانکار حق هیچ‌گونه اعتراضی را به کارفرما نخواهد داشت. پیمانکار باید قبل از زمان هر انفجار آژیر اعلام خطر را کشیده و افرادی را در جاده‌ها و محدوده‌های خطر با پرچم، سوت یا بلند گو به‌کارگمارد، تا از توقف و رفت و آمد افراد، حیوانات و وسایل نقلیه در محدوده خطر جلوگیری کنند.

پیمانکار باید انبار مواد ناریه را با رعایت ضوابط ایمنی برای انبار کردن مواد ناریه آماده کرده و نسبت به نگهداری و حفاظت آن مطابق قواعد ایمنی اقدام نماید.

پیمانکار باید کلیه نکات ایمنی را در مورد انبار کردن و استفاده از مواد ناریه مطابق با مندرجات این فصل و فصل سوم این مشخصات فنی عمومی و قوانین کشوری، رعایت نموده و تابلوهای خطر و آگهی‌هایی را که شامل دستورالعمل‌های لازم زمان انفجار باشد، در محل نصب نماید. چنین آگهی‌هایی باید به تمام زبان‌هایی که معمولا افراد کارگاه بدان تکلم می‌کنند، نوشته شده باشد و به ابعاد و رنگ‌هایی باشد که در فصل سوم این مشخصات فنی عمومی تعیین شده است.

در مواردی که از چاشنی‌های الکتریکی استفاده می‌شود، جهت جلوگیری از انفجار ناقص باید کنترل و دقت لازم به‌عمل آید.

طی مدت عملیات آتشکاری فقط اکیپ آتشکار و مسوول کنترل آتشکاری که از سوی مهندس ناظر بر عملیات آتشکاری نظارت می‌کند، مجاز هستند که در محل حضور داشته باشند و قبل از زمان انفجار کلیه افراد اکیپ آتشکار در محل امنی پناه گرفته و سپس انفجار توسط مسوول اکیپ آتشکار، با اطمینان از این که کلیه موارد ایمنی رعایت شده است، صورت می‌گیرد. بعد از انفجار بازدیدی توسط اکیپ آتشکار جهت اطمینان از این که انفجار به طور کامل انجام شده باشد، صورت می‌پذیرد. قبل از کنترل نهایی و اطمینان از کامل بودن انفجار، کنترل محدوده خطر ادامه می‌یابد. مسوول اکیپ آتشکار باید دارای مجوز رسمی از مراجع رسمی ذیصلاح باشد و افراد اکیپ باید با تجربه بوده و مورد تایید باشند.

در مواقع طوفانی و رعد و برق، عملیات آتشکاری به روش الکتریکی نباید صورت گیرد، مگر با تایید مهندس ناظر.

پیمانکار باید به طریقی که مورد تایید مهندس ناظر باشد، کلیه مدارک مربوط به آتشکاری را برای مقایسه با سوابق زلزله نگاری جمع آوری نماید. مدارک آتشکاری باید شامل زمان دقیق، محل، نوع مواد منفجره، مقدار آن، نحوه انفجار و نتیجه آتشکاری باشد.

۱۲-۳-۳- روش‌های حفاری

روش‌های حفاری باید متناسب با ابعاد مقطع حفاری، نحوه استقرار دستگاه‌ها و نحوه تخلیه مصالح انتخاب گردد. پیمانکار باید برنامه و روش عملیات حفاری را قبل از انجام آن به تایید مهندس ناظر برساند.

به طور کلی روش‌های حفاری شامل روش‌های زیر است:

- حفاری ماشینی
- حفاری با چال و انفجار

پیمانکار باید مطابق با مشخصات فنی و نیازهای اجرایی، یکی از روش‌های حفاری و یا هر دو شیوه حفاری را انتخاب و به تایید مهندس ناظر برساند.

در صورتی که حفاری ماشینی برای اجرای پروژه در نظر گرفته شود، پیمانکار باید کلیه امکانات و تجهیزات لازم برای حفاری با چال و انفجار را نیز در اختیار داشته باشد.

به طور کلی در هر یک از روش‌های یاد شده در بالا باید اقدامات لازم به منظور جلوگیری از دست‌خوردگی توده‌سنگ پیرامون تونل به‌عمل آید.

۱۲-۳-۳-۱- حفاری ماشینی

پیمانکار باید مطابق با مشخصات طرح، برنامه زمان‌بندی، ویژگی‌های ژئوتکنیکی محدوده ساختگاه و مطابق نظر مهندس ناظر، ماشین‌آلات مورد نیاز را تامین نماید. این ماشین‌آلات باید طوری انتخاب گردد که قابلیت حفاری تونل‌ها را با در نظر گرفتن ویژگی‌های توده‌سنگ‌های مختلف و همچنین شرایط هندسی فضاها، دارا باشد.

پیمانکار باید کلیه تجهیزات و ماشین‌آلات را به طور مرتب بازرسی و سرویس نماید.

پیمانکار باید کلیه قطعات یدکی مورد نیاز تجهیزات و ماشین‌آلات را در کارگاه تامین نماید، به طوری که هیچگاه فعالیت ماشین‌آلات به‌دلیل عدم وجود قطعات یدکی متوقف نگردد.

پیمانکار باید سرویس ژنراتورهای تولید برق و نیز سامانه انتقال انرژی برای تجهیزات و ماشین‌آلات حفاری را به طور کامل انجام دهد و ژنراتورهای یدکی را پیش‌بینی نماید.

پیمانکار باید کلیه تمهیدات لازم برای جلوگیری از ایجاد گرد و غبار در ضمن حفاری با ماشین‌آلات و همچنین در زمان بارگیری و حمل و نقل را فراهم آورد. این تمهیدات شامل آب‌پاشی و استفاده از سامانه غبارگیری است.

پیمانکار باید ماشین‌آلات بارگیری و حمل و نقل را طوری تامین نماید که حفاری به طور پیوسته انجام گیرد.

پیمانکار باید همزمان با پیشروی حفاری، شرایط توده‌سنگ‌ها را بررسی نماید تا چنانچه محدوده‌هایی وجود دارد که حفاری در آنها با ماشین‌های حفاری امکان‌پذیر نباشد، به شیوه مناسب حفاری و نگهداری گردد.

پیمانکار باید سامانه روشنایی و تهویه را با در نظر گرفتن شرایط اجرا و مطابق مفاد فصل سوم این مشخصات فنی عمومی تامین نماید.

پیمانکار باید در حفاری با ماشین‌های حفار از اپراتورهای ماهر استفاده نماید.

پیمانکار باید کلیه اقدامات لازم به منظور پایدارسازی فضاهای زیرزمینی را به‌عمل آورد.

چنانچه کیفیت توده‌سنگ‌های ساختگاه طوری باشد که احتمال وقوع ریزش آنها در ضمن حفاری وجود داشته باشد، پیمانکار باید از دستگاه‌های با سپر محافظ، استفاده نماید.

پیمانکار باید در ضمن حفاری با ماشین‌های حفار، به طور دائم مسیر حفاری را کنترل و تصحیحات لازم در مورد مسیر را به‌عمل آورد. به طوری که هیچگاه در مسیر حفاری انحراف به‌وجود نیاید.

در صورت استفاده از ماشین حفاری کله گاوی، با توجه به ابعاد فضای زیرزمینی، پیمانکار باید با تایید مهندس ناظر، حفاری را به صورت چند مرحله‌ای انجام دهد.

۱۲-۳-۳-۲- حفاری با چال و انفجار

در این روش پیمانکار باید از روش‌های آتشکاری استفاده نماید که بتواند سطوحی صاف و عاری از مواد ناپایدار و با حداقل درزه و ترک ایجاد نماید. بدین منظور روش‌های آتشکاری کنترل شده محیطی با تایید مهندس ناظر باید مورد استفاده قرار گیرد.

پیمانکار باید با انجام آزمایش‌های مختلف، روش‌های آتشکاری کنترل شده محیطی را بهبود بخشد، تا بتواند اضافه حفاری و شکستگی در ورای خطوط حفاری نشان داده شده در نقشه‌ها را به حداقل برساند و سرانجام سطوحی صاف و محکم ایجاد نماید.

پیمانکار باید با تغییر دادن ضخامت بار، الگوی حفاری، عمق چال‌ها، مقدار و نوع مواد منفجره، توالی انفجار و الگوی تاخیرها، آزمایش‌های لازم به منظور تعیین طرح بهینه آتشکاری را انجام دهد و به تایید مهندس ناظر برساند.

روش‌های چالزنی و آتشکاری کنترل شده محیطی در صورتی قابل اجرا خواهد بود که بعد از انجام لق‌گیری در هر پاس انفجار، حداقل ۵۰ درصد اثر چال‌ها در سطح نهایی قابل رویت بوده و توزیعی یکنواخت داشته باشد و رواداری‌های نشان داده شده در نقشه‌ها، رعایت شده باشد.

پیمانکار باید به دنبال آتشکاری‌های آزمایشی، طرح آتشکاری و تغییرات احتمالی مورد نیاز آن را به مهندس ناظر ارائه نماید.

پیمانکار باید حداقل ۲۴ ساعت قبل از شروع عملیات چالزنی الگویی شامل تعداد، عمق و قطر چال‌ها، توالی تاخیرها، نوع چال‌ها، مقدار و نوع ماده منفجره در هر چال و مدار آتش را برای کسب مجوز اجرای آتشکاری به طور کتبی به مهندس ناظر ارائه نماید.

در هر نوبت آتشکاری اگر سطوح به دست آمده از نوبت قبلی با مشخصات فنی خصوصی آتشکاری کنترل شده محیطی تطبیق ننماید، پیمانکار باید پیشنهادهای خود را برای اصلاح طرح آتشکاری به مهندس ناظر ارائه نماید.

پیمانکار باید برای کنترل موثر آتشکاری محیطی مطابق با مشخصات فنی خصوصی، رواداری‌های تعیین شده برای طول، موقعیت و شیب را در حفر چال‌های محیطی رعایت نماید.

پیمانکار باید طول چال‌ها را با در نظر گرفتن روش آتشکاری و ابعاد فضای زیرزمینی تعیین و برای کسب تایید به مهندس ناظر ارائه نماید.

برای کنترل موثر آتشکاری محیطی رعایت موارد زیر الزامی است:

- طول چال‌های محیطی در حفاری‌های زیرزمینی نباید از ۷ متر تجاوز نماید.
- موقعیت ابتدا و انتهای چال‌ها باید با رواداری‌های مشخص شده مطابقت داشته باشد.
- درصورت بالابودن سطح آب زیرزمینی، باید از مواد ناریه ضد آب استفاده شود.

۱۲-۳-۳-۲-۱- رفتارسنجی فعالیت‌های آتشکاری

پیمانکار باید فعالیت‌های آتشکاری را رفتارسنجی نماید. بدین منظور لازم است برای اندازه‌گیری شدت و بزرگی ارتعاش‌های زمین از یک لرزه‌نگار مهندسی استفاده شود. لرزه‌نگار مهندسی یعنی سامانه رفتارسنجی در عملیات انفجار و لرزه که به طور مستقیم سرعت ارتعاش را اندازه‌گیری می‌نماید.

مهندس ناظر مجاز است رفتارسنجی قسمتی یا تمامی‌عملیات آتشکاری را با استفاده از لرزه‌نگار و یا وسایل دیگر درخواست نماید. پیمانکار باید در نصب، بهره برداری، قرائت ابزار دقیق با مهندس ناظر همکاری نماید.

در صورتی که نتایج رفتارسنجی نشان دهد که عملیات آتشکاری، سازه‌های بتنی یا تزریق‌ها و حفاری‌های کامل شده را تهدید می‌نماید، پیمانکار باید روش آتشکاری خود را اصلاح نموده و کلیه تاسیسات خسارت دیده را به هزینه خود ترمیم نماید.

۱۲-۳-۳-۲-۲- محافظت سازه‌ها در برابر آتشکاری

سرعت ذره به طور کلی نباید از حدود زیر تجاوز نماید:

- در محدوده‌هایی که بیش از ۶۰ ساعت از اجرای بتن یا تزریق گذشته باشد، سرعت ذره که در سطح بتن یا محل تزریق اندازه‌گیری می‌شود نباید از ۶۰ mm/s تجاوز نماید. در مورد سازه‌هایی که با بتن ساخته شده‌اند یا مقدار آرماتور زیادی در آنها به کار نرفته باشد و عرض سازه در بلندترین نقطه از ارتفاع آن بیش‌تر باشد، حداکثر سرعت مجاز ذره به ۸۰ mm/s افزایش می‌یابد.
- در مناطقی که کم‌تر از ۶۰ ساعت از اجرای بتن‌ریزی در نزدیکی آنها گذشته باشد، حداکثر سرعت مجاز ذره ۱۰ mm/s است.

به طور کلی با در نظر گرفتن ویژگی‌های توده‌سنگ‌ها و شرایط سازه‌های مجاور، سرعت مجاز ذره باید به تایید مهندس ناظر برسد.

حدود آتشکاری که در بالا ذکر گردیده فقط چهارچوب کلی شرایط آتشکاری را تشکیل می‌دهد و ممکن است ضمن پیشرفت کار و بر اساس اندازه‌گیری‌ها و مشاهدات انجام شده، توسط مهندس ناظر اصلاح گردد.

۱۲-۳-٤- لق گیری و صاف کردن برآمدگی‌ها در داخل خط «A»

پیمانکار باید همواره کلیه مواد سست و ریزشی که ایمنی کارگران یا سازه‌ها و یا دستگاه‌ها را تهدید می‌کند، پاکسازی نماید.

پاکسازی سطوح باید مطابق نظر مهندس ناظر انجام شود. این فعالیت‌ها شامل پاکسازی به وسیله تجهیزات مکانیکی، لوازم دستی و جتهای آب یا هوا است. پس از پاکسازی سطوح، شکاف‌های باز شده باید مطابق با مشخصات فنی خصوصی، با بتن یا بتن پاشیدنی پر شوند. اجرای بتن‌پاشی یا بتن با موافقت مهندس ناظر باید انجام گیرد.

پیمانکار باید کلیه برآمدگی‌های داخل محدوده خط «A» را با تایید مهندس ناظر صاف نماید. صاف کردن این سطوح باید قبل از نصب عناصر نگهدارنده انجام گیرد.

پیمانکار باید برآمدگی‌های سطوح سنگی در تونل را به وسیله دژبر و یا به روش‌های دستی که سبب خردشدن دیواره تونل نشود، صاف کند.

۱۲-۳-۵- آماده‌سازی سطوح

پیمانکار به طور کلی باید کلیه سطوح حفاری‌ها را برای بتن‌ریزی با آب یا هوای فشرده پاکسازی نماید. روش پاکسازی باید به تایید مهندس ناظر برسد.

محل شستشوی سطوح حفاری شده باید ابتدا توسط مهندس ناظر بازرسی شود و طبق دستور مهندس ناظر پاک سازی آن انجام گیرد. پس از آن و پیش از بتن‌ریزی یا اجرای بتن‌پاشی پاک سازی نهایی انجام گیرد. شستشوی اولیه باید

هنگامی‌انجام شود که عملیات آتشکاری و برداشت بیرون‌زدگی‌های داخل خطوط حفاری مطابق دستورالعمل مهندس ناظر خاتمه یافته باشد.

پاکسازی نهایی سطوح در محل بتن‌ریزی باید بلافاصله پیش از بتن‌ریزی یا اجرای بتن‌پاشی انجام شود. درزه‌ها و شکاف‌ها باید طبق دستورالعمل مهندس ناظر تا عمق مشخص شده پاکسازی و تمیز گردد، سپس مطابق با مشخصات فنی خصوصی با بتن پر شود.

پس از آماده شدن سطوح بتن‌ریزی، پیمانکار باید برای انجام عملیات بعدی، مجوز کتبی از مهندس ناظر دریافت نماید.

برای شستشوی سطوح حفاری شده و پاکسازی آنها باید از جریان آب با فشار حداقل ۳/۵ و حداکثر ۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع و یا طبق نظر مهندس ناظر استفاده نماید.

در مواردی که آب سبب نرم شدن و یا تورم توده‌سنگ‌ها می‌گردد، طبق نظر مهندس ناظر باید تمامی آب ورودی به چنین سطوحی، هر چه سریعتر از محل دفع گردد. علاوه بر این، مهندس ناظر مجاز است پیمانکار را ملزم نماید تا سطح چنین موادی را پس از پاکسازی در اسرع وقت با یک لایه بتن پاشیدنی بپوشاند.

در مواردی که امکان استفاده از آب وجود نداشته باشد، با موافقت مهندس ناظر باید از هوای فشرده برای پاکسازی سطوح استفاده شود.

۱۲-۳-٦- گزارش پیشرفت کار و ثبت عملیات

پیمانکار باید گزارش‌های زیر را پس از پایان هر نوبت کاری، ظرف مدت ۱۲ ساعت به مهندس ناظر ارائه نماید. الگوی گزارش باید با توافق مهندس ناظر تهیه شود و موارد زیر را شامل گردد:

- مقدار پیشرفت حفاری
- تحکیمات نصب شده و ویژگی‌های توده‌سنگ‌ها
- مشاهدات (اندازه‌گیری جریان آب نفوذی، میزان پمپاژ، شرایط آب و هوا)
- فعالیت ساختمانی در مجاورت حفاری‌ها
- تاخیر در اجرای فعالیت‌ها و دلایل آن
- مسایل و مشکلات موجود
- آمار تجهیزات و کارکنان به کار گرفته شده و اشکالات به‌وجود آمده برای ماشین‌آلات و تجهیزات
- بازده فعالیت‌ها

همچنین پیمانکار باید اطلاعات دیگری را که مهندس ناظر به طور موجه درخواست نماید، فراهم کند.

۱۲-٤- حفاری شافت‌ها

۱۲-٤-۱- محدوده کاربرد

فعالیت‌هایی که برای حفاری شافت‌ها باید انجام گیرد، مشتمل بر تامین نیروی انسانی، مصالح، تجهیزات و ماشین‌آلات برای حفاری، بارگیری و حمل و نقل بوده و همچنین کلیه فعالیت‌های لازم برای برداشت، دفع مواد حاصل از حفاری‌ها و آماده‌سازی‌های لازم برای انجام کارهای بعدی است. کلیه این فعالیت‌ها باید مطابق نقشه‌ها در موارد زیر انجام گیرد:

- شافت‌های کنترل
- شافت‌های آب‌بر
- شافت‌های دسترسی و سرویس
- حفاری‌های مربوط به آماده‌سازی سطوح در شافت‌ها برای فعالیت‌های بعدی

۱۲-٤-۲- تدابیر ایمنی

علاوه بر تدابیر ایمنی مندرج در بند ۱۲-۳-۲ و فصل سوم این مشخصات فنی عمومی، پیمانکار ملزم به رعایت موارد زیر است:

- تامین راه رفت و آمد کارکنان با نصب حفاظ‌های مناسب و مطابق مفاد فصل سوم این مشخصات.
- چنانچه طول شافت زیاد باشد، باید پاگردهای مناسب و مطابق مفاد فصل سوم این مشخصات برای استراحت کارکنان تامین شود.
- در بخش فوقانی شافت‌ها، حفاظ‌های مناسب و مطابق مفاد فصل سوم این مشخصات، به منظور جلوگیری از سقوط اشیا و کارکنان به داخل شافت نصب گردد.
- درحفاری‌های رو به بالا، باید جبهه کار به طور کامل پاکسازی و پایدار شده باشد به طوری که از سقوط خرده‌سنگ‌ها نیز جلوگیری شود.

۱۲-٤-۳- روش‌های حفاری

روش حفاری شافت‌ها باید متناسب با مقطع حفاری، نحوه استقرار دستگاه‌ها، و نحوه تخلیه مصالح انتخاب گردد. پیمانکار باید برنامه و روش عملیات حفاری را قبل از انجام آن به تایید مهندس ناظر برساند.

به طورکلی روش‌های حفاری شافت‌ها به شرح زیر است:

- حفاری ماشینی
- حفاری با چال و انفجار

پیمانکار باید مطابق با مشخصات فنی و نیازهای اجرایی و طبق نظر مهندس ناظر یکی از روش حفاری و یا هر دو شیوه حفاری را انتخاب و به تایید مهندس ناظر برساند.

۱۲-٤-۳-۱- حفاری ماشینی

به طورکلی حفاری ماشینی شافت‌ها می‌تواند به دو صورت از پایین به بالا و از بالا به پایین انجام گیرد. انتخاب روش باید به تایید مهندس ناظر برسد.

پیمانکار باید علاوه بر رعایت موارد مندرج در بند ۱۲-۳-۳-۱، موارد زیر را نیز رعایت نماید:

- تامین امکانات لازم و متناسب با شیوه حفاری انتخاب شده
- کنترل مسیر شافت
- ایجاد فضاهای مناسب در پایین و یا بالای شافت (بستگی به نوع روش حفاری دارد)

۱۲-٤-۳-۲- حفاری با چال و انفجار

پیمانکار موظف به رعایت کلیه موارد مندرج در بندهای ۱۲-۳-۳-۲، ۱۲-۳-۳-۲-۱ و ۱۲-۳-۳-۲-۲ است.

۱۲-٤-۳-۳- فعالیت‌های دیگر مرتبط با حفاری شافت‌ها

پیمانکار ملزم به رعایت کلیه بندهای ۱۲-۳-۴، ۱۲-۳-۵ و ۱۲-۳-۶ است.

۱۲-۵- روش‌های بارگیری و حمل مصالح حفاری شده

پیمانکار موظف به انتخاب روش بارگیری و حمل مصالح حفاری شده برای دور ساختن مواد زاید از محیط کار، با درنظر گرفتن ابعاد فضاها و روش حفاری است. این روش‌ها باید به تایید مهندس ناظر برسد.

در استفاده از سامانه بارگیری مداوم، پیمانکار باید کلیه تجهیزات مورد نیاز را تامین نماید.

پیمانکار موظف به تامین قطعات یدکی مورد نیاز سامانه بارگیری و همچنین انجام سرویس و نگهداری به موقع تجهیزات است.

پیمانکار باید سامانه انتقال مواد را متناسب با روش حفاری و سامانه بارگیری تامین نماید.

پیمانکار باید با توجه به سرعت حفاری، ماشین‌آلات مورد نیاز بارگیری و حمل و نقل را تامین نماید.

پیمانکار باید پیشنهادهای خود در ارتباط با محل دپو مصالح در فضاهای زیرزمینی را به مهندس ناظر ارائه نماید.

پیمانکار باید کلیه تجهیزات لازم برای جلوگیری از گرد و غبار ناشی از بارگیری و حمل مصالح را مطابق با نظر مهندس ناظر پیش‌بینی نماید.

ماشین‌آلات به کار گرفته شده باید طوری انتخاب گردند که حداقل آلودگی هوای محیط را سبب شوند و برای این منظور پیمانکار باید پیش‌بینی‌های لازم را به‌عمل آورد.

ظرفیت ماشین‌آلات باید طوری انتخاب گردد که زمان انتظار آنها حداقل باشد.

۱۲-٦- تهویه[1]

۱۲-٦-۱- محدوده کاربرد

فعالیت‌هایی که برای تهویه باید انجام گیرد مشتمل است بر تامین بادزن[2]ها، لوله‌های انتقال، ایجاد ایستگاه‌های نصب بادزن‌ها، نصب لوله‌های انتقال، سرویس و نگهداری تجهیزات، کاهش منابع آلودگی محیط و ارائه طرح تهویه.

۱۲-٦-۲- روش‌های تهویه[3]

پیمانکار باید با در نظر گرفتن جبهه‌های کار، نوع فضاهای زیرزمینی اعم از شافت یا تونل، روش‌های حفاری، روش‌های نگهداری و ماشین‌آلات موجود در فضاهای زیرزمینی، طرح تهویه را تهیه و قبل از اجرا به مهندس ناظر ارائه نماید. پیمانکار همچنین باید کلیه روش‌های کاهش منابع آلودگی هوای محیط را پیش‌بینی کرده و به مهندس ناظر ارائه نماید.

پیمانکار باید در طرح تهویه پیشنهادی محاسبات انجام شده را نیز به مهندس ناظر ارائه کند.

پیمانکار باید جزییات روش‌های تهویه شامل انتخاب روش دهشی، مکشی و یا ترکیبی را به تایید مهندس ناظر برساند.

پیمانکار باید در حفاری‌های زیرزمینی تا زمان نصب سامانه تهویه دائمی، از سامانه تهویه موقت استفاده نماید. این سامانه تهویه باید کلیه شرایط مورد نیاز برای اجرای فعالیت‌ها در داخل فضای زیرزمینی را، مطابق استانداردهای پذیرفته شده، مفاد فصل سوم این مشخصات فنی عمومی و نظر مهندس ناظر تامین نماید. در حفاری‌های زیرزمینی برای به حداقل رساندن گرد و غبار کلیه چالزنی‌ها باید به روش تر صورت گیرد. در مواردی که استفاده از این روش مجاز نباشد، باید مطابق نظر مهندس ناظر تمهیدات لازم برای جلوگیری از آلودگی هوای محیط به‌عمل آید.

برای جلوگیری از ایجاد گرد و غبار به هنگام بارگیری مصالح، پیمانکار موظف به استفاده از دوشهای آب است. پیمانکار باید آب‌های استفاده شده را مطابق آیین‌نامه‌های مربوط به محل‌های مناسب هدایت و آن را دفع نماید.

پیمانکار باید سطح راه‌ها را دائماً مرطوب نگه دارد.

پیمانکار باید با سامانه تهویه مناسب، غلظت متوسط مجاز گازها در فضاهای زیرزمینی را مطابق دستورالعمل مهندس ناظر تامین نماید. به طور کلی غلظت مجاز این گازها برای یک نوبت کار ۸ ساعته به شرح مندرج در جدول (۱۲-۱) است.

جدول ۱۲-۱- غلظت مجاز گازها در فضاهای زیرزمینی

نوع گاز یا ذرات معلق	مقدار متوسط مجاز	مقدار حداکثر مجاز
دی اکسید کربن	۵۰۰ قسمت حجمی در میلیون	۱۵۰۰ قسمت حجمی در میلیون
منو اکسید کربن	۵۰ قسمت حجمی در میلیون	۱۰۰ قسمت حجمی در میلیون
منواکسید نیتروژن	۲۵ قسمت حجمی در میلیون	۳۵ قسمت حجمی در میلیون
دی اکسید نیتروژن	۳ قسمت حجمی در میلیون	۵ قسمت حجمی در میلیون
سولفید هیدروژن	۱۰ قسمت حجمی در میلیون	۱۵ قسمت حجمی در میلیون
کوارتز قابل تنفس	۰/۱ میلی گرم در متر مکعب	-

1- Ventilation
2- Fan

۳- در فصل سوم این مشخصات فنی عمومی استانداردها و منابع مربوط به تهویه فضاهای زیر زمینی ارائه شده‌اند.

پیمانکار باید همواره حدود متوسط و ماکزیمم ارائه شده در جدول بالا را رعایت نماید.

پیمانکار باید غلظت گازهای زیان‌بار را حداقل هفته‌ای یک بار و در صورت لزوم در فواصل زمانی کوتاه‌تر، حسب صلاحدید مهندس ناظر، اندازه‌گیری نماید.

سامانه تهویه مورد استفاده باید بتواند در تمام مدت فعالیت‌های اجرایی، همواره غلظت حجمی‌اکسیژن را به حداقل ۲۰ درصد در کلیه فضاهای زیرزمینی برساند. در ضمن، پیمانکار باید در محاسبات تهویه، افت فشار هوا را در مجاری تهویه مد نظر قرار دهد.

ابزار ثبت میزان گازهای زیان‌بار و گرد و غبار باید همواره با شرایط مناسب در دسترس باشد. این ابزار باید در مدت عملیات حفاری زیرزمینی توسط پیمانکار تهیه و نگهداری شود. اطلاعات ثبت شده باید به صورت هفتگی یا مطابق دستورالعمل مهندس ناظر، به مهندس ناظر ارائه شود.

مسوولیت بهره‌برداری از سامانه تهویه در حفاری‌های زیرزمینی تا پایان کلیه عملیات ساختمانی به عهده پیمانکار است.

سامانه تهویه باید طوری انتخاب گردد که از تجمع غبار در فضاهای زیرزمینی جلوگیری نموده و شرایط دید ایمن را فراهم آورد.

سامانه تهویه باید قابلیت تامین مقادیر حداقل هوای مورد نیاز به شرح زیر را داشته باشد:

- ۶ متر مکعب در دقیقه به ازای هر نفر که در فضاهای زیرزمینی مشغول به کار است.
- ۶ متر مکعب در دقیقه به ازای هر کیلووات قدرت دستگاه‌های دیزلی و یا تجهیزات دیگری که در فضاهای زیرزمینی کار می‌کنند.
- سرعت متوسط هوا در کلیه حفاری‌های زیرزمینی نباید کم‌تر از ۰/۳ m/s باشد.
- در جبهه کار باید حداقل ۷ متر مکعب در دقیقه هوای تازه تامین گردد.

دود ناشی از آتشکاری باید از نزدیکترین فاصله ممکن به جبهه کار، به بیرون رانده شود. این فاصله نباید بیش از ۳۰ متر باشد.

سامانه تهویه باید طوری باشد که دود ناشی از آتشکاری و یا گرد و غبار ناشی از فعالیت‌های اجرایی به‌گونه‌ای از فضاهای زیرزمینی خارج شود که وارد کارگاه‌های دیگر نشود و یا دوباره همراه با هوای تازه به داخل سامانه تهویه راه پیدا نکند.

برای تهویه کافی در فاصله بین جبهه کار حفاری و ورودی سامانه مکشی، باید از یک سامانه تهویه ثانویه دهشی استفاده شود.

ورود هوای سامانه ثانویه (دهشی) باید به اندازه کافی از جبهه کار حفاری فاصله داشته باشد، تا باعث برگشت گازهای ناشی از انفجار نگردد.

پیمانکار باید کلیه دستگاه‌ها و مجاری تهویه را در وضعیت مطلوب نگهداری نماید و هرگونه آسیب دیدگی مجاری تهویه باید به سرعت ترمیم گردد.

در حفاری‌های زیرزمینی به جز موتور دیزل، نباید از موتورهای احتراق داخلی دیگر استفاده شود. موتور دیزل مورد استفاده در فضاهای زیرزمینی باید همواره تنظیم بوده، مجهز به یک دستگاه خنک کن گازهای خروجی و فیلتری باشد که بتواند غلظت گازهای سمی موجود در دود خروجی را کاهش داده و به حد قابل قبول برساند. همچنین باید از بیرون زدن شعله و یا جرقه جلوگیری به‌عمل آید.

چنانچه میزان غلظت گازهای سمی‌از حدود مشخص شده تجاوز نماید، پیمانکار باید بلافاصله موتورهای دیزلی را متوقف نموده و میزان تهویه را افزایش دهد و یا اقدامات قابل قبول دیگری را با تایید مهندس ناظر به‌عمل آورد.

موتور دستگاه‌های دیزلی در هنگام بیکار بودن نباید روشن بماند.

پیمانکار باید متناسب با فعالیت‌های موجود نظیر تزریق، بتن‌ریزی، اجرای بتن‌پاشی، اصلاحاتی در سامانه تهویه به‌عمل آورد.

سامانه تهویه باید قابلیت کنترل دمای مورد نیاز محیط را نیز داشته باشد و شرایط مناسب برای محیط کار را در داخل تونل فراهم سازد.

پیمانکار باید برای اندازه‌گیری گازها و رعایت مشخصات فنی، تجهیزات و وسایل اندازه‌گیری مورد نیاز را در وضعیت مطلوب نگهداری نماید.

لوله‌های تهویه مورد استفاده جهت انتقال هوا باید به‌گونه‌ای باشد که افت فشار در آن به حداقل برسد.

جنس لوله‌های تهویه باید از مواد غیر قابل اشتعال باشد.

پیمانکار باید کلیه قرائت‌های انجام شده را ثبت و به صورت هفتگی به مهندس ناظر ارائه نماید.

پیمانکار باید محل نصب بادزنها را به تایید مهندس ناظر برساند.

در صورت وجود سامانه مکش گرد و غبار بر روی دستگاه‌های حفاری، پیمانکار با تایید مهندس ناظر مجاز است راندمان آنها را در محاسبات مربوط به سامانه تهویه در نظر بگیرد.

۱۲-۷- آبکشی و روشنایی تونل‌ها و شافت‌ها

۱۲-۷-۱- محدوده کار

فعالیت‌هایی که برای تامین روشنایی تونل‌ها و شافت‌ها و جمع‌آوری آب‌های نفوذی به داخل فضاهای زیرزمینی باید انجام گیرد، شامل تامین نیروی انسانی، تجهیزات مورنیاز برای سامانه روشنایی، آبکشی و هدایت آب‌های نفوذی به خارج از فضاهای زیرزمینی است.

۱۲-۷-۲- آبکشی

پیمانکار باید براساس مشخصات زمین‌شناسی موجود و شرایط آب‌های زیرزمینی، حجم آب ورودی به داخل فضاهای زیرزمینی را تخمین بزند و برمبنای آن طرح آبکشی را تهیه و جهت بررسی به مهندس ناظر ارائه نماید.

با توجه به تغییرات ویژگی‌های ژئوتکنیکی توده‌سنگ‌های ساختگاه، تغییر سطح آب زیرزمینی و یا نفوذ آب‌های سطحی، میزان آب ورودی به فضاهای زیرزمینی در زمان‌های مختلف ممکن است متغیر باشد. از این رو پیمانکار باید طرح آبکشی را با درنظر گرفتن شرایط مذکور تهیه و جهت بررسی به مهندس ناظر ارائه نماید.

پیمانکار باید پمپ‌های مورد نیاز را در ایستگاه‌های پمپاژ که از پیش به تایید مهندس ناظر رسیده است، نصب نماید. این پمپ‌ها باید ظرفیت انتقال آب نفوذی به داخل فضاها را داشته باشند.

پیمانکار باید مطابق طرح تایید شده مهندس ناظر، آب‌های جاری در تونل‌ها را به یک نقطه هدایت کرده و توسط سامانه‌های ثقلی و یا پمپاژ به خارج از فضاهای زیرزمینی منتقل نماید.

پیمانکار باید پمپ‌های یدکی را در کارگاه در اختیار داشته باشد تا در مواقع لزوم از آنها استفاده نماید، به طوری که جبهه‌های کار به دلیل از کار افتادن سامانه پمپاژ تعطیل نگردد.

در مواقع ضروری برای کاهش نفوذ آب به داخل فضای زیرزمینی، پیمانکار باید اقدام به ایجاد پرده آب‌بند نماید. طرح ایجاد پرده آب‌بند باید به تایید مهندس ناظر رسیده باشد.

در نواحی پر آب لازم است پس از هر مرحله پیشروی به منظور کاهش نفوذ آب، تزریق توده‌سنگ پیرامون تونل انجام شود.

پیمانکار باید کانال‌های هدایت آب را پس از تایید مهندس ناظر اجرا نماید.

۱۲-۷-۳- روشنایی

پیمانکار باید در کلیه فضاهای زیرزمینی یک سامانه روشنایی مورد تایید را مطابق با آیین‌نامه‌های محلی تعبیه و مراقبت نماید. شدت روشنایی در کلیه نقاط فضاهای زیرزمینی نباید کم‌تر از ۵ شمع (هر شمع برابر است با ۱۰/۷۶ لوکس) باشد. در هر جبهه فعال، شدت روشنایی حداقل ۱۰ شمع قابل پذیرش خواهد بود. در این مورد به فصل سوم این مشخصات فنی عمومی رجوع شود.

تمامی‌علایم هشدار دهنده باید دائماً در معرض روشنایی قرار داشته باشند. (به فصل سوم این مشخصات فنی عمومی رجوع شود.)

پیمانکار باید برای تامین روشنایی از لامپ‌های مخصوص استفاده نماید.

در محل‌هایی که امکان نفوذ آب وجود دارد باید از لامپ‌های دارای محافظ، برای جلوگیری از نفوذ آب، استفاده گردد.

لامپ‌ها باید به طور مرتب از گرد و غبار پاکسازی شوند.

لامپ‌ها نباید در محل‌هایی نصب گردند که احتمال برخورد افراد و ماشین‌آلات به آنها وجود داشته باشد.

۱۲-۷-٤- ارتباطات

ارتباط تلفنی با تمام جبهه‌های فعال در تونل‌ها، شافت‌ها و سایر فضاهای زیر زمینی باید برقرار باشد.

۱۲-۸- پایدارسازی تونل‌ها و شافت‌ها

۱۲-۸-۱- محدوده کار

فعالیت‌هایی که برای پایدارسازی تونل‌ها و شافت‌ها باید انجام گیرد، مشتمل است بر تامین نیروی انسانی، مصالح و تجهیزات مورد نیاز و نیز انجام کلیه کارهای لازم برای تهیه و نصب تاندون‌ها، میل‌مهارها[1]، پیچ‌سنگ‌ها[2]، قاب‌های فولادی مشبک و اجرای بتن‌پاشی مطابق با نقشه‌ها و دستورالعمل‌های مهندس ناظر و مشخصات فنی، در موارد زیر:

- تاندون‌های بافته رشته‌ای با قابلیت تنیدن
- میل‌مهارهای کشیده شده
- پیچ‌سنگ‌های تمام طول تزریق شده
- قاب‌های فولادی مشبک

1-Anchor Bolt
2- Rock Bolt

- آزمایش میل‌مهارها
- تنیدن تاندون‌ها
- توری‌های فولادی و مهاری‌های مربوط
- بتن پاشیده مسلح

۱۲-۸-۲- کلیات

به منظور پایدارسازی تونل‌ها و شافت‌ها، پیمانکار باید با توجه به شرایط زمین‌شناسی، جزییات نقشه‌های نگهداری، مشخصات فنی خصوصی و مطابق نظر مهندس ناظر نسبت به تهیه و ساخت عناصر نگهدارنده نظیر تاندون‌ها، میل‌مهارها، پیچ‌سنگ‌ها، توری‌های فولادی و قاب‌های فولادی مشبک اقدام نماید. همچنین برای جلوگیری از هرگونه ریزش و تامین پایداری بیش‌تر در نقاطی که در نقشه‌ها نشان داده شده و یا مهندس ناظر توصیه می‌نماید، باید نسبت به اجرای بتن پاشی اقدام نماید. پیمانکار باید با توجه به نقشه‌های زمین‌شناسی روش اجرای عناصر نگهداری موقت را ارائه و پس از تصویب مهندس ناظر اجرا نماید. انجام کارهای ذکر شده هیچ‌گونه مسوولیتی را از پیمانکار سلب نمی‌نماید و پیمانکار مسوولیت حفظ ایمنی تونل و جان کسانی که در تونل کار می‌کنند را به عهده دارد.

در زیر کلیات مربوط به سامانه‌های نگهداری ارائه شده است:

تاندون‌ها، میل‌مهارها، قاب‌های فولادی مشبک، پیچ‌سنگ‌ها و توری‌های فولادی هرجا که تحکیم سطوح حفاری مورد نیاز باشد، باید نصب گردند. همچنین علاوه بر موارد یاد شده در بالا در محل‌هایی که در نقشه‌ها نشان داده شده و یا مهندس ناظر تعیین می‌نماید، باید بتن‌پاشی مسلح نیز اجرا گردد.

جانمایی‌های سامانه تحکیم سنگ شامل تاندون‌ها، میل‌مهارها، قاب‌های فولادی مشبک و بتن‌پاشی که در نقشه‌ها نشان داده شده است، ممکن است با توجه به نتایج رفتارسنجی و بررسی شرایط توده‌سنگ‌های پیرامون فضاهای زیرزمینی، توسط مهندس ناظر تغییر یابد.

به منظور تامین ایمنی افراد و تجهیزات در مدت ساختمان، باید مطابق نظر مهندس ناظر پیچ‌سنگ‌های ایمنی و یا توری‌های فولادی جوش داده شده و یا بتن پاشیدنی به عنوان تحکیم موقت سنگ به کار برده شود.

به طورکلی به منظور تامین ایمنی در تمامی‌سطوح شیبدار حفاری شده در محوطه دهانه تونل‌ها و یا در دیگر حفاری‌ها با صلاحدید مهندس ناظر، باید توری‌های فولادی جوش داده شده و بتن پاشیدنی به کار برده شود.

هرجا که پیمانکار تشخیص دهد، نیاز به نصب پیچ‌سنگ، توری‌های فولادی و اجرای بتن‌پاشی است، پس از موافقت مهندس ناظر باید نسبت به اجرای عناصر نگهدارنده مورد نیاز اقدام نماید.

پیمانکار باید روش‌های اجرایی تفصیلی را ۳۰ روز قبل از شروع عملیات، جهت بررسی به مهندس ناظر ارائه نماید.

روش‌های حفاری و نصب عناصر نگهدارنده سنگ باید براساس مشخصات فنی خصوصی و اجزای نشان داده شده در نقشه‌ها اجرا گردد.

حدود طبقه‌بندی عناصر تحکیم مورد نیاز، براساس اطلاعات زمین شناسی و ژئوتکنیکی، در نقشه‌ها مشخص گردیده است و ممکن است با پیشرفت کار براساس اطلاعات ژئوتکنیکی به دست آمده، توسط مهندس ناظر اصلاح گردد.

هم‌زمان با پیشرفت فعالیت‌های اجرایی، ممکن است جزییات هر یک از عناصر نگهدارنده توسط مهندس ناظر تغییر یابد.

پیمانکار باید کلیه تمهیدات لازم را به منظور انجام کامل و به موقع سامانه‌های نگهداری پیش‌بینی نماید.

کلیه فولادهای به کار رفته در تهیه تاندون‌ها، میل‌مهارها و پیچ‌سنگ‌ها باید دارای لیست مشخصات تایید شده از کارخانه با ذکر شماره هر محموله باشد. پیمانکار باید یک نسخه از این مدارک را به مهندس ناظر ارائه نماید.

سیمان مصرفی برای تزریق بخش گیردار و طول آزاد میل‌مهارها و نیز اجرای بتن‌پاشی باید مطابق با مشخصات ارائه شده از سوی مهندس ناظر و یا مشخصات فنی خصوصی باشد.

دوغاب مصرفی برای تزریق میل‌مهارها و پیچ‌سنگ‌ها باید مخلوطی از سیمان، آب و ۰/۵ درصد حجمی‌ماده افزودنی منبسط کننده مورد تایید باشد (این طرح اختلاط فقط جنبه راهنمایی دارد). مقاومت طرح مخلوط باید مطابق با مشخصات فنی خصوصی باشد. مقاومت تسلیم و مقاومت نهایی فولادهای مورد استفاده در تهیه قطعات فلزی عناصر نگهدارنده باید مطابق با مشخصات فنی خصوصی باشد.

میل‌مهارها و پیچ‌سنگ‌ها بسته به طول تحکیم و شرایط نقطه گیرداری باید دارای گیردار کننده مناسبی از نوع رزین، دوغاب سیمان و یا مکانیکی باشند و پس از کشش باید با دوغاب سیمان تزریق شود. نوع گیرداری باید به تایید مهندس ناظر برسد.

پیچ‌سنگ‌ها و میل‌مهارهای دائمی باید دارای پوشش دائمی قابل قبول برای حفاظت در مقابل خوردگی باشند.

صفحات باربر پیچ‌سنگ‌ها باید دارای مشخصات تعیین شده از سوی مهندس ناظر بوده و دراین صفحات سوراخ‌هایی برای تزریق تعبیه شده باشد.

میل‌مهارها و پیچ‌سنگ‌ها باید قابلیت تحمل باری معادل ۸۰ درصد ظرفیت نهایی خود را داشته باشند.

صفحات باربر میل‌مهارهایی که به طور دائم روباز خواهند ماند، باید قبل از نصب با یک ترکیب محافظ تایید شده پوشش داده شود. هرگونه نقصی در پوشش صفحه باربر باید قبل از نصب برطرف گردد. قسمتی از پیچ‌سنگ‌ها که بیرون از سنگ باقی می‌ماند، مهره‌ها و واشرها نیز باید پس از نصب و کشش پیچ‌سنگ‌ها با یک ترکیب محافظ پوشش داده شود.

۱۲-۸-۲-۱- قاب‌های فولادی مشبک

هرگاه در سامانه نگهداری حفاری‌های زیرزمینی، قاب‌های فولادی مشبک مورد نیاز باشد، این قاب‌ها باید مطابق نقشه‌ها و صلاحدید مهندس ناظر ساخته شود.

پیمانکار باید جزییات ساخت قاب‌ها را به تایید مهندس ناظر برساند، ساخت قاب‌ها باید در یک کارگاه مجهز و دارای کارکنان مجرب انجام گیرد.

مشخصات میلگردهای مورد استفاده در ساخت قاب‌ها باید مطابق با مشخصات فنی خصوصی باشد.

ابعاد قاب‌ها باید به اندازه‌ای باشد که بتوان آنها را در فضای موجود با دست یا با دستگاه نصب نمود. تحت هر شرایطی قاب‌ها باید قبل از آن که با میل‌مهارها محکم شوند، مطابق نقشه‌ها در محل تراز شوند.

قاب‌ها باید طوری نصب گردند که به طور کامل با سنگ پیرامون تونل متصل باشند. به‌دلیل پستی و بلندیهای دیواره، لازم است حد فاصل قاب‌ها و دیواره تونل‌ها با بتن پاشیدنی به طور کامل پر شود.

تیرهای پیچ خورده و تغییر شکل یافته نباید مورد استفاده قرار گیرد. قاب‌هایی که در شرایط تحت کنترل پیمانکار در زمان ساخت، بعد از ساخت و قبل از نصب، در مدت نصب یا بعد از نصب آسیب ببینند، باید به هزینه پیمانکار تعویض شود.

پیمانکار باید به منظور حفظ سرعت حفاری تونل، همواره ذخیره کافی از قاب‌ها را در دسترس داشته باشد. ذخیره قاب‌ها تحت هیچ شرایطی نباید از تعداد قاب‌های لازم برای عملیات تحکیم در دو پاس حفاری کم‌تر باشد.

۱۲-۸-۲-۲- تاندون‌ها

تاندون‌ها باید دارای مشخصات ارائه شده در نقشه‌ها و مشخصات فنی خصوصی و در تطابق با آیین‌نامه‌های مرتبط باشند.

برای تامین گیرداری قابل قبول، تاندون‌ها باید مجهز به وسایلی باشند که بتوان آنها را با دوغاب سیمان به نحو مطلوب تزریق نمود.

تاندون‌ها باید به‌طور دائم (در زمان حمل از محل ساخت، در مدت انبارداری در کارگاه و در مدت نصب) به وسیله یک پوشش مورد تایید در مقابل خوردگی محافظت شوند. در زمان نصب، پوشش رشته‌ها باید در تمامی‌طول تاندون بی‌نقص باشد.

جزییات نمایش داده شده در نقشه‌های تاندون‌ها براساس فرضیات علمی بوده و طول‌ها تقریبی هستند. پیمانکار باید سازندگان و نصاب‌های متخصص چنین تاندون‌هایی را به خدمت بگیرد و جزییات نقشه‌های ساخت و نصب تاندون‌ها را ۲ ماه قبل از شروع ساخت و تعیین جزییات و طول‌های نهایی، جهت بررسی به مهندس ناظر ارائه نماید.

توالی ساخت تاندون‌ها باید با توالی کلی حفاری سازگاری داشته باشد.

صفحات باربر، کلاهک‌ها، واشرها و صفحات نگهدارنده گوه‌ها و دیگر متعلقات مورد نیاز برای کشش تاندون‌ها باید به‌گونه‌ای ساخته شوند که با دیگر اجزای تاندون‌ها سازگاری داشته باشند.

تاندون‌ها و درگیرکننده‌های آنها باید قابلیت تحمل بار تا ۸۰ درصد ظرفیت کشش نهایی خود را دارا باشند.

۱۲-۸-۳- نکات کلی در باره نصب سامانه‌های نگهدارنده

روش و تجهیزات مورد استفاده پیمانکار برای نصب عناصر نگهدارنده قبل از آغاز عملیات باید مورد تایید مهندس ناظر قرار گیرد.

عناصر نگهدارنده نظیر تاندون‌ها، میل‌مهارها، پیچ‌سنگ‌ها و قاب‌های مشبک فولادی و بتن پاشیدنی باید مطابق نقشه‌ها و یا صلاحدید مهندس ناظر، در هر مرحله از حفاری، قبل از حفاری مرحله بعدی اجرا و نصب گردند.

پیمانکار باید برای کالیبره کردن آچارهای ترک‌سنج[1] مورد استفاده، آچارهای استاندارد و مورد قبول مهندس ناظر را فراهم نماید. آچارهای مورد استفاده باید هر ماه یک بار کالیبره شوند.

پیمانکار باید کلیه تجهیزات لازم برای نصب و تنیدن تاندون‌ها و میل‌مهارها را فراهم نماید. این تجهیزات باید توانایی ایجاد باری معادل ۸۰ درصد ظرفیت نهایی این عناصر را داشته باشد.

برای اندازه‌گیری فشار جک هیدرولیک باید از یک گیج عقربه‌ای و یا ترانسدیوسر با دقت مورد نیاز طبق تایید مهندس ناظر استفاده شود.

1- Crackmeter

حفر چال‌ها، نصب، کشش و تزریق تاندون‌ها، میل‌مهارها و پیچ‌سنگ‌ها، ساخت و نصب قاب‌های مشبک فولادی باید توسط افراد با تجربه انجام گیرد.

پیمانکار باید جزییات کامل و نقشه‌های وضعیت اجرا شده سامانه‌های نگهداری را تهیه و به تایید مهندس ناظر برساند.

۱۲-۸-۳-۱- چالزنی برای نصب تاندون‌ها، میل‌مهارها و پیچ‌سنگ‌ها

چال‌های محل نصب تاندون‌ها، میل‌مهارها و پیچ‌سنگ‌ها باید به عمق و قطر مورد نیاز برای عناصر تحکیم و در محل‌های دقیق و شیب‌های تعیین شده در نقشه‌ها، مطابق با دستورالعمل مهندس ناظر و نیز دستورالعمل کارخانه سازنده و مشخصات فنی خصوصی حفر گردد.

پس از خاتمه حفاری، چال‌ها باید توسط آب یا هوا به طور کامل پاکسازی شوند. چنانچه برای این منظور از آب استفاده شود، عمل شستشو باید آن قدر ادامه یابد که آب برگشتی از چال شفاف گردد. پس از شستشوی چال برای جلوگیری از آلوده شدن مجدد چال باید سرچال‌ها با استفاده از درپوش مناسب مسدود گردد. موقعیت حفر چال‌ها مطابق نقشه‌ها باید توسط پیمانکار روی سطوح حفاری نشانه‌گذاری شود. پس از نشانه‌گذاری، این محل‌ها باید توسط مهندس ناظر مورد بررسی و تایید قرار گیرد.

چال‌هایی که در موقعیت نادرست و یا با شیب غیرصحیح حفاری شده‌اند، به هزینه پیمانکار باید با چال‌های جدید جایگزین گردد، مگر این که مهندس ناظر دستورالعمل دیگری ارائه نماید.

امتداد چال‌های حفاری شده نباید بیش از ۵٪ طول چال انحراف داشته باشد این مقدار انحراف در صورتی قابل قبول است که به صورت یکنواخت در طول چال اتفاق افتاده باشد و به طور ناگهانی انحراف به‌وجود نیامده باشد.

پیمانکار باید قبل از نصب تاندون‌ها و پیچ‌سنگ‌ها، تجهیزات لازم برای اندازه‌گیری و تایید شیب چال‌ها را فراهم آورد.

سطح اطراف دهانه چال‌های حفر شده که صفحات باربر روی آن نصب می‌شود، باید قبل از نصب عناصر نگهدارنده، در صورت لزوم، تسطیح و سپس با بالشتکی از سیمان پوشانده شود.

۱۲-۸-۳-۲- نصب و کشش میل‌مهارها و پیچ‌سنگ‌ها

کلیه انواع میل‌مهارها و پیچ‌سنگ‌ها باید برطبق دستورالعمل‌های کارخانه سازنده، نقشه‌های تفصیلی ساخت، مورد تایید و مطابق نظر مهندس ناظر نصب گردد.

میل‌مهارها، بعد از گیرش نقطه گیرداری، باید طبق دستورالعمل مهندس ناظر کشیده شود. میل‌مهارهایی که بیش از حد، تنیده شده یا آسیب ببینند، باید به هزینه پیمانکار تعویض گردند. پس از کشش میل‌مهارها، تنش وارده به هیچ عنوان نباید آزاد گردد، مگر این که مهندس ناظر دستورالعمل خاصی را ارائه نماید.

اگر مشخص شود که یک میل‌مهار یا پیچ‌سنگ، بدون لغزش قادر به تحمل کشش مورد نظر نیست، پیمانکار باید به هزینه خود میل‌مهار دیگری را در چال جدیدی کنار چال قبلی و بر اساس نظر مهندس ناظر نصب نماید.

تزریق میل‌مهارها و پیچ‌سنگ‌های سامانه‌های نگهداری در هر زمانی پس از کشش می‌تواند انجام گیرد، ولی آن دسته از پیچ‌سنگ‌ها و میل‌مهارها که در مقطع فوقانی تونل نصب شده‌اند، باید قبل از حفاری مقطع پایینی تزریق گردد.

کلیه میل‌مهارها و پیچ‌سنگ‌ها باید قبل از اجرای پوشش بتنی نهایی، تزریق شوند.

قبل از نصب پیچ‌سنگ‌ها، باید چال به خوبی شسته شود. پیمانکار مجاز نیست قبل از نصب پیچ‌سنگ، چال را تزریق نماید. بسته به شرایط، پیمانکار باید پیچ‌سنگ‌ها را طبق دستورالعمل سازنده یا با روش مناسب برای تامین بار مورد نیاز نصب نماید.

پیچ‌سنگ‌ها به مدت ۴۸ ساعت پس از نصب، یا به مدت مورد نظر مهندس ناظر، باید در مقابل هرگونه دستخوردگی محافظت شود.

۱۲-۸-۳-۳- نصب تاندون‌ها

تاندون‌ها باید توسط افراد متخصص که دارای تجربه کافی در این زمینه باشند، مطابق با نقشه‌های تفصیلی ساخت، دستورالعمل کارخانه سازنده و با نظر مهندس ناظر نصب گردد.

تجهیزات و روش‌های حمل و نقل تاندون‌ها باید به‌گونه‌ای باشد که رشته‌ها، غلاف‌ها، پوشش‌ها و سامانه محافظت در برابر خوردگی در مدت حمل، انبار، مونتاژ و نصب آسیبی نبیند.

پیمانکار باید با ترکردن تاندون‌ها به وسیله اسفنج و با استفاده از یک عیب یاب الکتریکی یا با روش‌های شناخته شده دیگر، نبود هرگونه نقص در پوشش تاندون‌ها را به مهندس ناظر ثابت نماید.

هر یک از رشته‌های تاندون‌ها که پوشش آن دارای نقص باشد باید به هزینه پیمانکار تعویض شود.

پس از شستشوی چال محل نصب تاندون‌ها در بخشی از چال که تزریق خواهد شد، باید برای تعیین میزان جذب دوغاب، آزمایش فشار آب انجام گیرد. آزمایش فشار آب باید مطابق دستورالعمل مهندس ناظر انجام گیرد. چنانچه میزان نفوذ آب در فشار ثابت بیش از مقدار تعیین شده باشد، چال باید مطابق با مشخصات فنی خصوصی تزریق و پس از حداقل ۱۲ ساعت مجددا حفاری شود. بلافاصله قبل از نصب تاندون‌ها در یک چال آزمایش شده و مورد قبول، طول گیردار شونده آن باید با استفاده از مواد پاک کننده و آب داغ یا دیگر مواد مورد تایید، از هرگونه آثار روغن و گریس پاک شود.

تاندون‌ها باید با استفاده از فاصله‌گذار به دقت در محور مرکزی چال کار گذاشته شود. تاندون‌ها باید به هنگام کارگذاری کاملا محکم گردند تا در زمان تزریق جابجا نشوند.

حداقل ۴۸ ساعت بعد از تزریق تاندون‌ها، حفره مخصوص نصب صفحه باربر باید پاک شده و سپس صفحه باربر مطابق با مشخصات فنی نصب و در دوغاب مدفون گردد.

پیمانکار باید قبل از تنیدن تاندون‌ها، توالی و روش‌های پیشنهادی خود را برای تنیدن و آزمایش تاندون‌ها، جهت بررسی به مهندس ناظر ارائه نماید.

تاندون‌ها در مرحله اول باید تا ۲۰ درصد ظرفیت تسلیم و یا مقداری که مهندس ناظر مشخص می‌کند، تنیده شده، و در مرحله نهایی تاندون‌ها باید تا باری معادل ۸۰ درصد ظرفیت نهایی تنیده شوند. دستورالعمل کشش تاندون‌ها از طرف مهندس ناظر ارائه می‌گردد. تمام رشته‌های تاندون‌ها باید به طور هم‌زمان تنیده شود. همچنین باید دقت لازم به‌عمل آید تا توالی تنیدن تاندون‌ها موجب تمرکز فشار در یک سمت نشود و هیچ گونه بار اضافی را بر دیگر تاندون‌ها یا عناصر تحکیم وارد نیاورد. پس از آن که یک تاندون تحت کشش قرار گرفت، کشش وارده به هیچ عنوان نباید آزاد شود، مگر به دستور مهندس ناظر. کلیه دستگاه‌های تنیدن باید مطابق با مشخصات فنی خصوصی و دستورالعمل‌های کارخانه سازنده مورد استفاده قرار گیرند و در شرایط مطلوب نگهداری شوند.

مهندس ناظر مجاز است برای اطمینان از تنش کافی تاندون‌ها یا به هر علت دیگر، آزمایش بلند کردن را برای هر یک از مهاری‌ها در خواست نماید و پیمانکار باید هرگونه همکاری شامل تامین نیروی انسانی و تجهیزات لازم برای این آزمایش‌ها را به

هزینه خود به عمل آورد. پیمانکار باید منحنی‌های «تنش – کرنش» در کل طول تاندون‌ها را تهیه و جهت بررسی به مهندس ناظر ارائه نماید. تاندون‌ها در صورتی که دارای شرایط زیر باشند، مورد تایید قرار خواهند گرفت:

- بار کل و بار معادل ۸۰ درصد ظرفیت نهایی به تاندون‌ها اعمال شده باشد و در صورت لزوم با آزمایش بلند کردن اندازه‌گیری شود.
- منحنی «تنش– کرنش» در تمام طول رشته‌ها از نقطه درگیری تا سر رشته بیش از ۱۰ درصد نسبت به منحنی الاستیک نظری انحراف نداشته باشد.

تاندون‌هایی که با الزامات یاد شده در بالا مطابقت نداشته باشد، مورد تایید نبوده و پیمانکار باید آنها را به هزینه خود اصلاح نماید.

پس از آن که یک تاندون مورد تایید مهندس ناظر قرار گرفت، طول اضافی رشته‌ها باید بریده شود و سپس درپوش‌های محافظ نصب گردد. این درپوش‌ها و اجزای تاندون‌ها باید مطابق با نقشه‌ها با گریس ضد خوردگی تزریق شود. گریس باید به‌گونه‌ای تزریق شود که درپوش و تمامی طول رشته‌ها را بپوشاند تا تاندون‌ها کاملا در برابر خوردگی محافظت شود.

۱۲-۸-۳-٤- ذخیره عناصر نگهدارنده

پیمانکار باید ذخیره کافی از انواع تاندون‌ها، میل‌مهارها، پیچ‌سنگ‌ها و کلیه متعلقات آنها را مطابق نظر مهندس ناظر در محل کارگاه نگهداری نماید. پیمانکار باید علاوه بر ذخیره انبارها، مقادیر مورد نیاز از هر نوع عناصر نگهدارنده را برای عملیات اجرایی سفارش دهد. با نزدیک شدن پایان کار، پیمانکار باید مقادیر عناصر مورد نیاز را تخمین و اقدام به استفاده از موجودی انبارها نماید.

۱۲-۸-۳-٥- آزمایش و بازبینی میل‌مهارها و تاندون‌ها

کلیه میل‌مهارهای موجود در محدوده ۱۰ متری فعالیت‌های آتشکاری باید در مدت ۴ ساعت پس از هر آتشکاری تحت آزمایش کشش یا پیچش قرار گیرند و در صورت نیاز تا رسیدن به نیروی پیچش لازم، دوباره پیچیده شوند. اگر معلوم شود که یک میل‌مهار بدون لغزش نقطه گیرداری، کشش موردنظر را تحمل نخواهد نمود، پیمانکار باید به هزینه خود میل‌مهار دیگری را در چال جدیدی در کنار چال قبلی و با نظر مهندس ناظر نصب نماید.

مهندس ناظر مجاز است آزمایش بلند کردن را برای برخی تاندون‌ها به صورت انتخابی درخواست نماید و پیمانکار ملزم به انجام این آزمایش‌ها است.

پس از نصب اولیه، مهندس ناظر مجاز است از پیمانکار بخواهد که ظرفیت هر یک از میل‌مهارها یا تاندون‌ها را تحت کششی معادل ۸۰ درصد ظرفیت نهایی آنها آزمایش نماید. این آزمایش‌ها باید تحت نظر مهندس ناظر و با روش مورد قبول وی انجام گیرد.

درصورتی که نتایج حاصل از آزمایش یک تاندون مطلوب نباشد، پیمانکار باید به هزینه خود تاندون دیگری را در چال جدیدی در کنار تاندون قبلی و با نظر مهندس ناظر نصب نماید.

۱۲-۸-۳-٦- توری‌های فولادی

توری‌های فولادی مورد استفاده به عنوان حفاظ موقت باید با سیم‌های فولادی جوش داده شده و مطابق با مشخصات ارائه شده در نقشه‌ها تهیه شود.

شبکه سیمی‌فولادی از طریق اتصال سیم‌های فولادی که به صورت طولی و عرضی در فواصل معینی از یکدیگر قرار داده شده‌اند، ساخته می‌شود. مشخصات سیم‌های فولادی برای شبکه فولادی باید با مشخصات مندرج در استاندارد ASTM A82 مطابقت داشته باشد. اتصال سیم‌های فولادی باید از طریق جوش الکتریکی مقاومتی ایجاد گردد.

توری‌های فولادی باید به طور محکم به صفحات باربر میل‌مهارها و پیچ‌سنگ‌ها بسته شوند. اگر نصب توری‌های فولادی بعد از کشش میل‌مهارها و پیچ‌سنگ‌ها انجام شود، برای این کار باید از صفحات باربر، واشر و مهره‌های مضاعف استفاده شود.

همپوشانی توری‌های فولادی نباید از ۳۰ سانتی‌متر کم‌تر باشد و توری‌ها در این قسمت‌ها باید با سیم به هم بسته شوند.

برای تامین گیرداری قسمت‌های همپوشانی در گوشه‌های توری‌های فولادی و همچنین برای نصب اولیه باید از مهاری‌های مخصوص نصب توری‌های فولادی که مورد قبول مهندس ناظر است، استفاده شود.

درگیر کننده مهاری‌های مخصوص توری‌ها باید از نوع مکانیکی یا ملات رزین زود سخت شونده مورد تایید باشد.

در شرایط خاص زمین‌شناسی، نصب توری‌های فولادی باید پس از اجرای لایه اول بتن‌پاشی انجام گیرد.

۱۲-۸-٤- بتن پاشی

۱۲-۸-٤-۱- محدوده کار

فعالیت‌هایی که برای اجرای بتن‌پاشی باید انجام گیرد، شامل تامین نیروی انسانی، مصالح، تجهیزات مورد نیاز، و انجام کلیه کارهای لازم جهت تهیه و اجرای بتن‌پاشی (اعم از بتن پاشیدنی الیافی یا معمولی) مطابق نقشه‌ها و نظر مهندس ناظر و فصل سیزدهم از این مشخصات فنی عمومی و مشخصات فنی خصوصی در موارد زیر است:

- در سطوح حفاری‌های زیرزمینی به عنوان مکمل سامانه نگهداری
- در سطوح حفاری‌ها، هر جا که جلوگیری از هوازدگی توده‌سنگ‌ها لازم باشد
- در سطوح کلیه حفاری‌ها به منظور تامین پایداری موقت

۱۲-۸-٤-۲- نکات کلی

به طور کلی الزامات بتن پاشیدنی باید با مفاد فصل سیزدهم از این مشخصات فنی عمومی و الزامات مندرج در نقشه‌های سامانه نگهداری تطبیق نماید. با این حال مهندس ناظر مجاز است، هرگاه ضروری تشخیص دهد، از پیمانکار بخواهد که سطوح حفاری شده را بتن‌پاشی نماید.

به طورکلی بتن‌پاشی باید در چند لایه اجرا گردد. لایه اول بلافاصله بعد از تکمیل عملیات حفاری و لایه دوم بعد از نصب میل‌مهارها با در نظر گرفتن کلیه شرایط و در زمانی که از سوی مهندس ناظر تعیین می‌شود.

۱۲-۸-٤-۳- مصالح

مشخصات فنی مواد و مصالح بتن پاشی (شامل سیمان، آب، سنگدانه‌ها، مواد افزودنی و الیاف فولادی) در فصل سیزدهم این مشخصات فنی عمومی ارائه شده است.

۱۲-۸-٤-٤- آزمایش‌های کیفیت بتن پاشیدنی

آزمایش‌های تعیین کیفیت بتن پاشیده بر اساس فصل سیزدهم این مشخصات فنی عمومی انجام خواهد شد.

پیمانکار باید برای آماده‌سازی و بررسی کیفیت بتن پاشیدنی مورد استفاده، روش‌های مناسبی را به کار بندد. نتایج آزمایش‌های کنترل کیفیت باید ظرف مدت ۲۴ ساعت به مهندس ناظر ارائه شود. مهندس ناظر مجاز است انجام آزمایش‌های خاصی را از پیمانکار بخواهد.

پیمانکار باید روش‌ها، طرح اختلاط، تجهیزات و سامانه اجرای بتن‌پاشی خود را براساس بررسی‌های مهندس ناظر اصلاح نماید.

۱۲-۸-٤-٥- تجهیزات

پیمانکار باید در تمامی جبهه کارهای حفاری، تجهیزات لازم برای اجرای بتن‌پاشی را مطابق با مندرجات فصل سیزدهم این مشخصات فنی عمومی و مشخصات فنی خصوصی فراهم نماید.

۱۲-۸-٤-٦- مهارت کارگران

به فصل سیزدهم این مشخصات فنی عمومی رجوع شود.

۱۲-۸-٤-۷- آماده‌سازی سطح

برای بتن پاشی بر سطح حفاری، بلافاصله بعد از آتشکاری، باید سطح مورد نظر با لق‌گیری و شستشو با آب تمیز، آماده گردد. به هنگام اجرای بتن پاشی، تمامی‌سطوح باید مرطوب، تمیز و عاری از پس‌ریز (دورریز)[1] باشد. در دیگر موارد استفاده بتن پاشیدنی، سطوح باید با جتهای آب یا هوای فشرده شسته شده یا با استفاده از وسایل دیگر، از غبار، گل، نخاله‌ها، روغن، ذرات سست، پس‌ریز یا سنگ‌های لق و دیگر مواد آلوده کننده پاکسازی شود. کلیه سطوح باید در مدت اجرای بتن‌پاشی مرطوب نگه داشته شود.

هرگاه از سطح سنگی که باید بتن پاشی شود، آب بیرون بیاید و مقدار این آب به حدی باشد که نتوان تنها با بتن پاشی جلوی آن را گرفت، باید با درزگیری از خروج آب جلوگیری شود، یا این که با استفاده از لوله، ناودانی، یا وسایل مورد قبول دیگر، مسیر آب عوض شود، طوری که بتن پاشیده تحت تاثیر فشار هیدرواستاتیک یا خوردگی ناشی از تراوش آب قرار نگیرد.

قبل از آن که یک لایه بتن پاشی با لایه بعدی پوشیده شود، باید گیرش اولیه‌اش را حاصل کرده باشد و کلیه مواد آلاینده، ذرات سست، غبار، پس‌ریز و مواد مضر دیگر باید با جارو کردن، شستن یا به طرق دیگر که مورد قبول مهندس ناظر باشد پاکسازی شود.

سطح بتن پاشیده باید تا رسیدن به مشخصات تعیین شده یا اجرای لایه بعدی مرطوب نگه داشته شود.

در مدت آماده‌سازی سطح، مهندس ناظر مجاز است در هر زمانی از پیمانکار بخواهد سطوح انتخابی را قبل از آماده شدن سطح بتن‌پاشی نماید.

۱۲-۸-٤-۸- اختلاط و اجرا

به فصل سیزدهم این مشخصات فنی عمومی رجوع شود.

1- Rebound

۱۲-۸-٤-۹- ترمیم

قبل از اجرای هر لایه بتن‌پاشی، لایه قبلی باید از نظر خلل و فرج بررسی شود.

پیمانکار باید تمامی‌فضاهای خالی، ماسه‌ای، ترک خورده یا خرد شده و هر قسمت دیگری از بتن پاشیده را که از نظر مهندس ناظر معیوب تشخیص داده شود، ترمیم نماید. عمل ترمیم با برداشتن بتن پاشیده تا رسیدن به یک سطح صاف و محکم از بتن پاشیده یا سنگ انجام می‌گیرد.

۱۲-۹- رفتارسنجی تونل‌ها و شافت‌ها

۱۲-۹-۱- محدوده کاربرد

فعالیت‌هایی که برای رفتارسنجی تونل‌ها و شافت‌ها باید انجام گیرد، شامل تامین نیروی انسانی، مصالح، تجهیزات و انجام تمامی کارهای لازم برای آماده‌سازی، تهیه، نصب و رفتارسنجی کلیه ابزار مورد نیاز مطابق با نقشه‌ها و مطابق دستورالعمل مهندس ناظر و مشخصات فنی خصوصی است.

۱۲-۹-۲- نکات کلی

مجموعه ابزاری که در رفتارسنجی کارهای زیرزمینی باید مورد استفاده قرار گیرد، به طور کلی به شرح زیر است:

- ایستگاه‌های همگرایی‌سنجی
- گمانه‌های انبساط سنجی (کشیدگی‌سنجی)
- تنش‌سنج‌ها
- فشار سنج‌ها
- پیزومترها
- شبکه نقاط نقشه‌برداری

با توجه به شرایط ژئوتکنیکی و ویژگی‌های هندسی فضاهای زیرزمینی و به منظور تامین نیازهای طرح، مهندس ناظر می‌تواند اصلاحاتی را در ابزار مورد نیاز رفتارسنجی به‌عمل آورد و پیمانکار نیز ملزم به تامین و نصب آنها است.

پیمانکار باید، سه ماه قبل از نصب هر یک از ابزار رفتارسنجی، دستورالعمل نگهداری و طرز استفاده از ابزار را جهت بررسی به مهندس ناظر ارائه کند.

پیمانکار باید ابزار دقیق را در دوره اجرا و تا یک سال بعد از آن در وضعیت کارایی مطلوبی نگهداری نماید.

در صورتی که نتایج به دست آمده از قرائت رفتارسنجی ضرورت تقویت تحکیم‌های انجام شده را ایجاب کند، پیمانکار باید تمهیدات لازم را پیش‌بینی و پس از تایید مهندس ناظر نسبت به اجرای آن اقدام نماید.

نتایج به دست آمده از رفتارسنجی، پارامترهای اساسی را برای ارزیابی پایداری حفاری‌ها به دست می‌دهد، از این رو انجام رفتارنگاری باید در اولویت قرار گیرد.

کلیه ابزار دقیق باید طوری نصب گردند که در طول مدت مورد نیاز کارایی لازم را داشته باشند.

۱۲-۹-۳- نصب و قرائت ابزار دقیق

نصب ابزار دقیق باید توسط افرادی که از تجربه کافی برخوردارند، انجام گیرد. نصب ابزار باید زیر نظر مهندس ناظر انجام شود. پیمانکار باید تمام وسایل لازم برای نصب و قرائت ابزار دقیق را در محل‌های تعیین شده در نقشه‌ها یا نقاط دیگری که مهندس ناظر توصیه می‌نماید، فراهم کند.

پیمانکار باید قبل از قرائت ابزار دقیق، مهندس ناظر را مطلع نماید، تا نماینده مهندس ناظر بتواند در محل حضور یابد.

روش‌های نصب و قرائت دستگاه‌ها و ارائه نتایج باید قبل از هر اقدامی به تایید مهندس ناظر برسد.

نتایج قرائت‌ها باید به شیوه مورد قبول مهندس ناظر ارائه شود. پیمانکار باید نتایج اندازه‌گیری‌ها را ظرف مدت ۲۴ ساعت بعد از انجام قرائت‌ها در اختیار مهندس ناظر قرار دهد.

پیمانکار باید لوله‌های آب، هوا و پمپاژ را طوری نصب کند که مشکلی در انجام قرائت‌ها ایجاد ننماید.

برای سهولت در انجام قرائت‌ها، پیمانکار باید در ایستگاه‌های اندازه‌گیری، تهویه مناسب را فراهم کند.

موقعیت ابزاردقیق باید چنان تعیین شود که ضمن مطابقت با الزامات طراحی، کم‌ترین وقفه را در کار ایجاد نماید.

ایستگاه‌های رفتارسنجی باید با یک روش مشخص کدگذاری شود.

پیمانکار باید تمامی ابزار دقیق و اتصال‌های مربوط را طوری نصب نماید که در مقابل صدمه و جابجایی محافظت شود.

۱۲-۹-۳-۱- همگرایی‌سنجی

مهاری‌های همگرایی باید از جنس میلگردهایی به قطر ۱۲ تا ۲۰ میلی‌متر و با مقاومت تسلیم بالا، که مهندس ناظر مشخص می‌کند، تهیه گردد.

یک کلاهک از جنس فولاد ضدزنگ باید به سر مهاری‌ها جوش داده شود. این کلاهک باید طوری ساخته شود که متر همگرایی را بتوان به طور دقیق به آن متصل نمود.

مهاری‌های همگرایی‌سنجی باید در درون گمانه‌هایی به قطر حداقل ۳۸ میلی‌متر، با استفاده از رزین یا تزریق سیمان، محکم شوند.

ایستگاه‌های همگرایی‌سنجی باید در کوتاه ترین فاصله از جبهه کار نصب گردد و قرائت‌های مبنا باید قبل از پیشروی جبهه کار انجام شود. موقعیت ایستگاه‌ها باید مطابق نقشه‌ها باشد.

قرائت باید در کلیه ایستگاه‌ها انجام شود، مگر این که مهندس ناظر دستورالعمل دیگری صادر کند.

اندازه‌گیری‌های همگرایی باید با استفاده از یک متر همگرایی از جنس فولاد ضدزنگ انجام گیرد.

مشخصات متر و میخ‌های[1] همگرایی‌سنجی باید به تایید مهندس ناظر برسد.

به طورکلی قرائت‌ها باید در فواصل زمانی زیر انجام گیرد:

- بعد از هر مرحله آتشکاری
- پس از مرحله آتشکاری، در زمان بین دو مرحله آتشکاری تا زمانی که نتایج قرائت‌ها به تعادل برسد.

1- Pin

- پس از مرحله آتشکاری، هفته‌ای یکبار تا زمانی که نتایج قرائت‌ها به تعادل برسد.
- پس از مرحله آتشکاری، مطابق توصیه مهندس ناظر

۱۲-۹-۳-۲- انبساط‌سنج‌ها (کشیدگی‌سنج‌ها)

موقعیت ایستگاه‌های انبساط‌سنجی (کشیدگی‌سنجی) باید مطابق نقشه‌ها تعیین شود.

انبساط‌سنج‌ها باید در تطابق با مشخصات فنی خصوصی و طبق نظر مهندس ناظر انتخاب گردد.

انبساط‌سنج‌ها (کشیدگی‌سنج‌ها) باید در کوتاه‌ترین فاصله از جبهه کار نصب گردند. این فاصله حدود ۱ متر تخمین زده می‌شود.

قرائت‌های صفر باید قبل از پیشروی جبهه کار انجام گیرد.

پیمانکار باید روش نصب و قرائت انبساط‌سنج‌ها (کشیدگی‌سنج‌ها) را به تایید مهندس ناظر برساند.

دقت اندازه‌گیری باید مطابق مشخصات مورد نیاز باشد.

آرایش انبساط‌سنج‌ها (کشیدگی‌سنج‌ها) توسط مهندس ناظر تعیین می‌گردد.

پیمانکار باید با در نظر گرفتن قطر انبساط‌سنج‌ها (کشیدگی‌سنج‌ها) نسبت به حفر گمانه محل نصب با قطر و عمق مورد نیاز اقدام کند.

پیمانکار باید محل و جهت دستگاه حفاری را قبل از شروع حفاری به‌دقت کنترل نماید.

قبل از نصب انبساط‌سنج‌ها (کشیدگی‌سنج‌ها)، داخل گمانه باید از مصالح ریزشی و خردشده پاکسازی گردد.

پیمانکار باید برای جلوگیری از فرار ملات تزریق در انبساط‌سنج‌های (کشیدگی‌سنج‌ها) تزریقی حداقل یک بار قبل از نصب انبساط‌سنج‌ها (کشیدگی‌سنج‌ها) گمانه را با ملات رقیق سیمان تزریق نماید.

برای انجام قرائت مبنا باید زمان کافی از تزریق انبساط‌سنج‌ها (کشیدگی‌سنج‌ها) گذشته و ملات به اندازه کافی سخت شده باشد.

برای حفاظت انبساط‌سنج‌ها (کشیدگی‌سنج‌ها) در برابر برخورد وسایل و همچنین پرتاب سنگ‌های ناشی از آتشکاری باید پوشش محافظ روی آنها نصب شود.

پیمانکار باید تمهیدات لازم به منظور اتصال کامل انبساط‌سنج‌ها (کشیدگی‌سنج‌ها) با دیواره گمانه را به‌عمل آورد.

۱۲-۹-۳-۳- نقاط نقشه‌برداری

پیمانکار باید نسبت به نصب نقاط نقشه‌برداری طبق نظر مهندس ناظر یا مطابق آنچه در نقشه‌ها نشان داده شده است، اقدام کند. شاخص‌های نقشه‌برداری که عبارت از میخ‌های برنجی است، باید در محل‌های تعیین شده در نقشه‌ها به وسیله رزین محکم شود. پیمانکار باید برای کنترل حرکات افقی و عمودی، شاخص‌ها را در محل‌هایی نصب نماید که توسط دستگاه‌های نقشه‌برداری قابل رویت باشد.

نقاط نشانه باید از صدمات احتمالی محفوظ بماند.

قرائت و اندازه‌گیری باید طبق دستورالعمل مهندس ناظر انجام گیرد.

۱۲-۹-۳-٤- سلول‌های اندازه‌گیری فشار و تنش

پیمانکار باید نسبت به تامین اجزای سلول‌های فشار و تنش‌سنج اقدام کند.

پیمانکار باید نسبت به ایجاد یک سطح صاف و یکنواخت و عمود بر امتداد پیچ‌سنگ برای نصب سلول‌های فشار و تنش‌سنج اقدام کرده و سپس روی این سطوح یک لایه نازک سیمان اجرا نماید.

سلول‌ها باید از هر گونه آلودگی پاکسازی شوند.

سلول‌ها باید در نقاطی که در نقشه‌ها نشان داده شده و یا مهندس ناظر تعیین می‌نماید، نصب گردد.

سلول‌ها به منظور جلوگیری از صدمات احتمالی باید دارای درپوش محافظ باشند.

۱۲-۹-٤- زمان و شرایط اندازه‌گیری

پیمانکار باید تا زمانی که کمیت‌های اندازه‌گیری شده دارای تغییرات محسوسی باشند، حداقل در هر ۲۴ ساعت یک بار قرائت‌ها را انجام دهد. در صورتی که از روش آتشکاری برای حفاری استفاده می‌شود، پس از هر مرحله آتشکاری قرائت‌ها صورت گیرد. اگر در قرائت‌ها تغییر رفتار و یا رفتار غیرقابل انتظار مشاهده گردد، تعداد قرائت‌ها تا دستیابی به یک نتیجه مشخص باید افزایش یابد.

با توجه به این که تغییر شکل‌ها و توزیع تنش‌ها تابع فاصله ایستگاه رفتارسنجی از جبهه کار پیشروی است، بنابراین مهندس ناظر دستورالعمل انجام اندازه‌گیری‌ها را به پیمانکار ارائه می‌نماید.

کلیه اندازه‌گیری‌ها باید توسط فرد مجرب انجام گیرد.

قبل از انجام اندازه‌گیری‌ها باید میخ‌های نشانه و کلاهک انبساط‌سنج‌ها (کشیدگی‌سنج‌ها) بازرسی و استحکام و تمیزی آنها مورد بررسی قرار گیرد.

پیمانکار باید کلیه وسایل اندازه‌گیری را واسنجی (کالیبره) و نتایج را به مهندس ناظر ارائه نماید.

هر یک از اندازه‌گیری‌های مختلف باید سه بار تکرار گردد.

۱۲-۹-٥- گزارش‌ها

پیمانکار باید گزارش نصب، قرائت و پردازش اطلاعات را به مهندس ناظر ارائه نماید.

در گزارش نصب، موارد زیر باید قید گردد:

- محل دقیق نصب نقاط اندازه‌گیری اعم از میخ‌های همگرایی‌سنجی، نقاط نشانه نقشه‌برداری یا محل نصب انبساط‌سنج‌ها (کشیدگی‌سنج‌ها) و سلول‌های بارسنجی
- شکل هندسی ایستگاه نصب ابزار رفتارسنجی
- مشخصات کامل ابزار نصب شده (همگرایی سنج ۳ یا ۵ نقطه‌ای، تعداد و عمق انبساط‌سنج‌ها)
- ویژگی‌های زمین شناسی محل نصب
- روش نصب
- تاریخ نصب
- نام نصب کننده
- تاریخ و مشخصات سامانه نگهداری نصب شده در ایستگاه
- جهت و عمق گمانه‌های انبساط‌سنجی (کشیدگی‌سنجی)

- شرایط آب زیرزمینی
- طول میل‌مهارهایی که سلول‌های فشار سنج یا بارسنج روی آنها نصب شده است.
- فشار اولیه اعمال شده به بارسنج

در گزارش قرائت‌ها موارد زیر باید ارائه گردد:

- تاریخ اندازه‌گیری
- زمان اندازه‌گیری
- درجه حرارت محیط
- مشخصات مقطع اندازه‌گیری
- متراژ جبهه کاری پیشروی در زمان اندازه‌گیری‌ها
- فاصله از حفاری‌های مجاور
- وضعیت آب زیرزمینی
- ثبت اطلاعات مربوط به واسنجی (کالیبراسیون)
- مقادیر اندازه‌گیری شده
- شماره ابزار قرائت شده
- گزارش در مورد جابجایی‌های غیرعادی
- مشاهدات

در گزارش پردازش اطلاعات موارد زیر باید ارائه گردد:

- منحنی‌های همگرایی– زمان
- منحنی‌های آهنگ همگرایی– زمان
- منحنی‌های همگرایی- فاصله از جبهه کار پیشروی
- منحنی‌های جابجایی نسبی- زمان برای هر انبساط‌سنج (کشیدگی‌سنج)
- منحنی‌های جابجایی نسبی– عمق انبساط‌سنج‌ها (کشیدگی‌سنج‌ها)
- منحنی‌های مربوط به تلفیق اطلاعات مربوط به همگرایی‌سنج‌ها، انبساط‌سنج‌ها (کشیدگی‌سنج‌ها) و اطلاعات حاصل از نقشه‌برداری
- منحنی‌های تنش- زمان برای بارسنج‌ها
- منحنی‌های فشار- زمان برای فشارسنج‌ها
- منحنی‌های تنش- فاصله از جبهه کار برای بارسنج‌ها
- منحنی‌های فشار- فاصله از جبهه کار برای فشارسنج‌ها

علاوه بر بندهای یاد شده در بالا (که اطلاعات آنها به‌صورت نسخه الکترونیکی تهیه و جهت کنترل در اختیار مهندس ناظر قرار می‌گیرد) پیمانکار باید کلیه گزارش‌های مورد نیاز مهندس ناظر را ارائه نماید.

۱۲-۱۰- تهیه نقشه‌های زمین شناسی مهندسی چون ساخت[1]

برای بررسی شرایط واقعی ژئوتکنیکی محل حفاری تونل‌ها و شافت‌ها لازم است نقشه‌های زمین‌شناسی حین حفاری تهیه شود. این کار باید براساس نظرات مهندس ناظر انجام گیرد.

نقشه‌های جامع زمین شناسی تمام حفاری‌های زیرزمینی باید تهیه گردد. دراین نقشه‌ها خصوصیات و ویژگی‌های لایه‌ها، شرایط زمین شناسی، طبقه‌بندی توده‌سنگ‌ها و دیگر مشخصات ظاهری توده‌سنگ‌ها باید ثبت گردد.

مهندس ناظر باید کوشش کند تا هرگونه تاخیر غیرقابل اجتناب را از بابت تهیه نقشه‌های حفاری به حداقل برساند، ولی هنگامی که اندازه‌گیری تفصیلی درزه‌ها مورد نظر باشد، در هر جبهه کار ممکن است تاخیرات جزیی رخ دهد. چنین تاخیرهایی عادی و قابل انتظار است و پیمانکار نباید بدین سبب هزینه‌های اضافی را درخواست نماید.

پیمانکار باید محدوده‌هایی که تهیه نقشه آنها ضروری است را با آب یا هوای فشرده تمیز کند.

پیمانکار باید تسهیلات لازم برای عملیات تهیه نقشه، مانند نور، تهویه و لوازم دسترسی را با هزینه خود تامین کند.

پیمانکار باید نقشه‌های سامانه نگهداری نصب شده (چون ساخت) را برای کلیه حفاری‌های زیرزمینی تهیه و به مهندس ناظر ارائه نماید.

کلیه نقشه‌های تهیه شده باید به تایید مهندس ناظر برسد.

۱۲-۱۱- بهسازی توده‌سنگ پیرامون تونل‌ها و شافت‌ها

۱۲-۱۱-۱- محدوده کار

کارهایی که به منظور بهسازی توده‌سنگ پیرامون تونل‌ها و شافت‌ها باید انجام گیرد، شامل تامین نیروی انسانی، مصالح، تجهیزات و انجام کلیه کارهای لازم برای حفر چال‌های تزریق، رهاسازی فشار و زهکشی مطابق با نقشه‌ها و دستورالعمل‌های مهندس ناظر و مشخصات فنی خصوصی است. این عملیات عبارتند از:

- حفاری و شستشوی گمانه‌های تزریق تحکیمی، تزریق تماسی و چال‌های کاهش فشار و زهکش
- آزمایش فشار آب در گمانه‌های تزریق
- تدارک و نصب مسدودکننده‌ها[2]
- تدارک، اختلاط و تزریق مخلوط دوغاب سیمان
- شستشو و تمیز کردن لوله‌های تزریق دوغاب
- تدارک مواد افزودنی و مخلوط‌ها

1- As Built
2- Packer

۱۲-۱۱-۲- نکات کلی

پیمانکار باید برای انجام عملیات چالزنی و تزریق، متخصص‌های تایید شده را به خدمت بگیرد.

در طول مدت چالزنی، آزمایش فشار آب و عملیات تزریق، پیمانکار باید گزارش‌های کامل و دقیقی را تهیه کند. این گزارش‌ها باید حاوی اطلاعات مربوط به پیشرفت کار باشد و جهت بررسی روزانه به مهندس ناظر ارائه شود.

اطلاعات روزانه چالزنی باید حتی‌الامکان شامل مختصات و عمق گمانه‌های حفر شده، نام کارگران و سرکارگران، وسایل مورد استفاده، نوع چالزنی، قطر چال، سطح آب زیرزمینی، نتایج آزمایش‌های فشار آب، سرعت پیشروی، شرایط زمین شناسی، تغییرات سازندها و کلیه رخدادهای مرتبط باشد.

در مورد تزریق باید جزییات زیر ارائه شود:

- شماره و موقعیت گمانه‌ها
- شماره قطعه گمانه
- جزییات در مورد فشار، غلظت و حجم دوغاب تزریق
- مقادیر تزریق شده و زمان‌های تزریق
- ملاحظات کلی فرایند تزریق

قبل از شروع هرگونه چالزنی، پیمانکار باید جزییات تجهیزات و روش‌هایی که در عملیات چالزنی و تزریق و کارهای مربوط، به کار خواهد گرفت را جهت بررسی به مهندس ناظر ارائه نماید.

تمامی مصالح تهیه شده، روش‌ها و وسایل پیشنهادی پیمانکار برای گمانه‌های رهاسازی فشار و زهکشی باید مورد بررسی مهندس ناظر قرار گیرد.

نوع، ظرفیت و شرایط تمامی تجهیزات حفاری باید برای انجام به موقع کار با کیفیت مطلوب مناسب باشد.

پیمانکار باید کلیه وسایل مورد نیاز از قبیل شیرها، چندراهه‌ها، بده‌سنج‌ها و لوازم خودکار ثبت جریان، گیجهای فشار، مسدودکننده‌ها، بست‌ها و تمامی لوازم مورد نیاز برای تهیه مداوم دوغاب را تهیه کند.

تجهیزات به کار گرفته برای چالزنی باید استاندارد و از نوع دورانی یا ضربه‌ای باشند، تا عملیات حفاری مطابق مشخصات فنی و یا خواست مهندس ناظر انجام گیرد.

مسدودکننده‌ها باید از انواع دارای پوشش چند جداره، انبساط مکانیکی با حلقه‌های لاستیکی یا انبساط پنوماتیکی با غلاف لاستیکی باشند.

هرکارگاه تزریق باید قابلیت تهیه، اختلاط، به هم زدن و پمپاژ دوغاب را مطابق دستورالعمل مهندس ناظر داشته باشد.

مصالح دوغاب باید با استفاده از یک مخلوط‌کن مکانیکی با دور بالامخلوط شود. مخلوط‌کن باید دارای تجهیزات اندازه‌گیری مصالح دوغاب باشد، تا بتوان نسبت‌های اختلاط را به دقت کنترل کرد.

موقعیت پمپ‌ها باید به‌گونه‌ای باشد که فاصله آنها در هر کدام از چال‌های در حال تزریق بیش از ۳۰۰ متر نباشد.

پیمانکار باید مصالح مورد نیاز نظیر سیمان، مواد افزودنی، آب و همچنین قطعات یدکی مورد نیاز تجهیزات را در کارگاه فراهم آورد.

پیمانکار باید آب لازم برای چالزنی، شستشو، آزمایش فشار آب و عملیات تزریق را فراهم آورد.

پیمانکار باید دوغاب مورد نیاز را مطابق مشخصات فنی و دستورالعمل مهندس ناظر تهیه کند.

در صورت تایید مهندس ناظر، پیمانکار می‌تواند از مواد افزودنی شیمیایی استفاده نماید.

پیمانکار باید تمامی سیمان و مواد افزودنی را مطابق مندرجات فصل هشتم این مشخصات فنی عمومی حمل، انبار و محافظت کند که دچار آلودگی و فساد نشوند.

پیمانکار باید برای تعیین غلظت مخلوط‌ها، نسبت‌های اختلاط و خواص دیگری از این قبیل که ممکن است بر کیفیت دوغاب اثر بگذارد، آزمایش‌هایی را بر روی دوغاب پیشنهادی انجام داده و گزارش آن را جهت بررسی به مهندس ناظر ارائه نماید.

تمامی گمانه‌ها باید بر طبق توالی، جهت و عمق مشخص شده در نقشه‌ها حفاری شده یا مطابق با خواست مهندس ناظر تعیین محل و حفر گردد.

استفاده از گل حفاری یا سایر روان‌کننده‌ها برای حفاری مجاز نیست.

هر گمانه باید دارای یک درپوش موقت و مناسب باشد.

هر گمانه‌ای که به هر علتی قبل از تکمیل عملیات مسدود گردد، باید به روش مورد تایید مهندس ناظر باز شود و یا پیمانکار به هزینه خود گمانه دیگری را حفر کند.

فشار تزریق باید توسط مهندس ناظر تعیین شود.

کل طول گمانه‌های حفر شده از تونل‌ها و گالری‌ها باید در یک مرحله تزریق شود.

حفره‌های ایجاد شده در بتن باید پس از کامل شدن عملیات تزریق به وسیله دوغاب بدون انقباض پر شود.

تماس بین پوشش بتنی تونل یا گالری‌ها با سنگ باید هنگامی تزریق شود که بتن به مقاومت موردنظر مهندس ناظر رسیده باشد.

گمانه‌های رهاسازی فشار و زهکشی باید مطابق با مشخصات فنی یا نظر مهندس ناظر و مطابق نقشه‌ها حفر گردد.

علاوه بر گمانه‌های رهاسازی فشار و زهکشی که در نقشه‌ها نشان داده شده است، با پیشرفت حفاری‌ها ممکن است مهندس ناظر براساس شرایط ساختگاه، در محدوده‌هایی گمانه‌های رهاسازی فشار و زهکشی بیش‌تری را درخواست کند.

پیمانکار باید تمامی گمانه‌های رهاسازی فشار و زهکشی خواسته شده را مطابق نقشه‌ها، ضمن پیشرفت حفاری‌ها، حفر کند، زیرا این گمانه‌ها مکمل سامانه نگهداری سنگ و سامانه زهکشی دائمی می‌باشد.

تمامی آب بیرون آمده از گمانه‌های رهاسازی فشار و زهکشی باید به حوضچه‌ها، کانال‌ها و یا دیگر سامانه‌های جمع‌آوری مورد تایید مهندس ناظر، هدایت و از محوطه حفاری خارج شود.

پیمانکار باید همواره گمانه‌های رهاسازی فشار و زهکشی را محافظت و نگهداری کند. هر گمانه‌ای که به علت اجرای نامناسب غیرقابل استفاده باشد، باید مطابق نظر مهندس ناظر شستشو یا مجددا حفاری گردد؛ یا این که با گمانه دیگری جایگزین شود.

مهندس ناظر ممکن است درخواست کند درون گمانه‌های رهاسازی فشار و زهکش که احتمال انسداد آنها در اثر ریزش خرده‌سنگ از دیواره وجود داشته باشد، لوله‌های مشبک از جنس .P.V.C کار گذاشته شود.

فصل ۱۳

بتن‌پاشی و بتن پاشیدنی

۱۳-۱- کلیات

این فصل از مشخصات فنی عمومی شامل الزاماتی است که، تحت شرایط عمومی پیمان، باید توسط پیمانکار در مورد تامین و اجرای بتن پاشیدنی و مواد متشکله آن رعایت شود. معیارهای انطباق با مشخصات و چگونگی اندازه‌گیری تطابق عملیات مذکور با آن معیارها نیز در این دفترچه مشخصات ذکر شده است.

۱۳-۱-۱- استانداردها

استانداردهایی که در این مشخصات ذکر شده است، لازم‌الرعایه است، مگر آن که در این مشخصات به وضوح ذکر شده باشد. درمواردی که بین استانداردهای مذکور و این مشخصات مغایرتی وجود دارد، موارد مندرج در این مشخصات رعایت خواهد شد. مواردی که در این مشخصات فنی عمومی مشخص نشده است، باید بر مشخصات فنی خصوصی و استانداردهای موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و در اولویتهای بعدی استانداردهای ISO، ASTM و ACIمنطبق باشد.

۱۳-۱-۲- مسوولیت‌های پیمانکار

پیمانکار موظف است مواد اولیه، نیروی کار، تجهیزات و ماشین‌آلات ضروری را برای تمام جزییات عملیات، با توجه به شرایط جغرافیایی، محیطی و سایر محدودیت‌های طبیعی چنان تامین کند که ضمن اجرای به موقع کار بر اساس برنامه‌های زمان‌بندی مصوب، معیارهای کیفی مشخص شده در این مشخصات به بهترین شکل حاصل شود.

مدارکی که در ارتباط با موضوعات این فصل از مشخصات فنی عمومی ضرورتا باید توسط پیمانکار تهیه و به مهندس ناظر ارائه شود، در هر یک از بندهای مربوط در این مشخصات ذکر شده است.

پیمانکار باید ماهانه گزارشی ارائه دهد که در آن علاوه بر پیشرفت کار بر اساس حجم، تحلیل کیفی کارهای انجام شده بر اساس نتایج آزمایش‌های انجام شده نیز ارائه گردد.

۱۳-۲- تعاریف

واژه‌هایی که در این فصل از مشخصات آمده است و نیاز به تعریف دقیق‌تری داشته است، در این قسمت تعریف می‌شود.

افشانه: دهانه شیلنگ بتن پاشیدنی که از آن بتن به سطح کار پاشیده می‌شود.

بتن‌پاشی: پاشیدن مخلوطی از سیمان، سنگدانه و آب که ممکن است شامل افزودنی‌های شیمیایی نیز باشد، ازطریق فشار هوا با سرعت بالا و دهانه افشانه‌ای به محل کار، برای تولید جسم متراکم یکنواخت.

بتن‌پاشیدنی تر: بتن پاشیدنی که در اجرای آن سیمان، آب، سنگدانه، (احتمالا) افزودنی‌ها و (احتمالا) الیاف پیش از ورود به شیلنگ با یکدیگر مخلوط شده باشند.

بتن پاشیدنی الیافی: بتن پاشیدنی دارای الیاف ناپیوسته مجزا از جنس فولاد، فایبرگلاس یا پلی‌پروپلین. توری‌های فولادی، توری‌های موجی و میلگردهای طویل به عنوان عناصر تقویتی از نوع الیاف مجزا تلقی نمی‌شوند.

بتن‌پاشیدنی خشک: بتن پاشیدنی که عمده آب آن در دهانه افشانه به آن افزوده می‌شود.

پس ریز: اجزای بتن پاشیدنی که ضمن اجرا به سطح نچسبیده و می‌ریزد.

تولید سنگدانه: عملیاتی که شامل برداشت از منابع قرضه (یا آتشکاری)، حمل به مرکز تولید سنگدانه‌ها، شکستن، دانه‌بندی کردن، شستن و دپوکردن دانه‌ها است و منجر به حصول سنگدانه‌هایی با کیفیات مورد نظر می‌شود.

دانه‌بندی: جدا کردن دانه‌های با اندازه‌های مختلف از یکدیگر که بخشی از عملیات تولید سنگدانه‌ها است.

درزهای ناشی از توقف کار: ناپیوستگی در بتن پاشیده که الزاما درز ساختمانی نمی‌باشد.

رده بندی: (طبقه‌بندی) تقسیم مواد سازنده بتن پاشیدنی و مخلوط‌های بتن پاشیدنی در گروه‌های مختلف برحسب کیفیت مورد نظر.

سیمان پرتلند: سیمان آبی که بخش عمده آن سیلیکات‌ها هستند و گاه به طور خلاصه سیمان نامیده می‌شود.

طراحی مخلوط: تعیین نسبت‌های اختلاط مواد سازنده بتن پاشیدنی با روش نظری یا آزمون و خطا جهت حصول کیفیات مورد نظر بتن پاشیدنی.

عمل آوردن و نگهداری: عملیات ضروری برای جلوگیری از جمع‌شدگی بتن پاشیدنی بلافاصله پس از بتن‌پاشی تا مدت مشخص.

معیارهای انطباق: بیان کمی کیفیت‌های مورد نظر برای مواد و مصالح، مخلوط‌های بتن پاشیدنی و ماشین‌آلات در دفترچه مشخصات که با حداقل مجاز، حداکثر مجاز یا محدوده مجاز تعیین می‌شود.

مواد سازنده بتن پاشیدنی: (مصالح) موادی که سامانه بتن پاشیدنی از آنها تشکیل می‌شود و شامل سیمان، آب، سنگدانه، الیاف، مواد پوزولانی و افزودنی‌ها است. گاهی از آنها با عنوان مصالح نیز یاد می‌شود.

۱۳-۳- نوع عملیات

عملیات بتن‌پاشی ممکن است به صورت خشک یا تر انجام شود. عملیات بتن‌پاشی خشک عبارت است از فرایند تولید بتن پاشیده که در آن مخلوط سیمان، سنگدانه و (احتمالا) افزودنی‌های شیمیایی، به غیر از تندگیر کننده‌ها، توزین و به خوبی در حالت خشک با یکدیگر مخلوط و به دستگاهی که به این منظور ساخته شده است، تغذیه می‌شود. در این دستگاه مخلوط تحت فشار قرار می‌گیرد و در جریان هوایی که سریعا حرکت می‌کند تغذیه می‌شود و از طریق لوله‌ها و شلنگ‌ها به دهانه افشانه منتقل می‌شود. بلافاصله پس از عبور از دهانه افشانه، آب و (احتمالا) تندگیر کننده به شکل پودر به مخلوط اضافه می‌شود. تمام مخلوط بلافاصله به محل مورد نظر پاشیده می‌شود.

عملیات بتن‌پاشی تر، فرایند تولید بتن پاشیده است که در آن سیمان و سنگدانه توزین می‌شود و با آب و افزودنی‌های شیمیایی، به غیر از تندگیر کننده‌ها، در محل کار یا مجاورت آن و یا در تراک میکسرها قبل از پمپ شدن مخلوط می‌شود. سپس به وسیله پمپ و از طریق لوله به دهانه افشانه منتقل می‌شود. در این محل هوای فشرده (و در صورت لزوم تندگیر کننده) اعمال شده و بتن را به محل مورد نظر می‌پاشد.

۱۳-٤- مصالح

۱۳-٤-۱- سیمان

مشخصات فنی سیمان مورد مصرف در بتن‌پاشی همان مشخصه‌های سیمان مورد مصرف در بتن است. بنابراین برای انتخاب نوع سیمان و مشخصات فنی سیمان بتن‌پاشی به بند ۸-۳-۱ از این مشخصات رجوع شود.

سازگاری[1] سیمان با افزودنی‌های مورد نظر باید توسط پیمانکار و با انجام آزمایش‌های اولیه درکارگاه براساس ASTM C1141 به اثبات رسیده باشد و در این خصوص تصویب مهندس ناظر را کسب نماید. این تاییدیه کتبی الزامی است.

۱۳-٤-۲- سنگدانه

سنگدانه باید منطبق بر مشخصاتی باشد که در ۸-۳-۲ آمده است. به جز ماسه تنها گروه شن قابل مصرف در بتن‌پاشی شن ۹/۵ -۴/۷۶ میلی‌متر (رده A که در بند ۸-۳-۲ این مشخصات فنی عمومی تعریف شده است) می‌باشد. تنها در صورت تایید مهندس ناظر می‌توان از رده دیگری از شن استفاده کرد.

علاوه بر مشخصات فنی مندرج در ۸-۳-۲ مشخصه‌های زیر نیز باید تامین شود:

- عدد ده درصد ریز دانه که بر اساس B.S.812 part3:۱۹۹۰ تعیین می‌شود نباید از ۱۰۰ KN کم‌تر باشد.
- دانه‌بندی مخلوط مصالح سنگی باید در حدود مشخص شده در جدول (۱۳-۱) باشد.

جدول ۱۳-۱- محدوده دانه‌بندی مجاز برای سنگدانه‌ها

شماره الک‌ها	۳/٤ "	۳/۸"	#٤	#۸	#۱٦	#۳۰	#۵۰	#۱۰۰	#۲۰۰
درصد انباشتـــه رد شده از الک‌ها	۱۰۰	۹۵-۱۰۰	۷۸-۱۰۰	۶۰-۸۴	۴۷-۷۸	۲۸-۵۸	۱۶-۲۴	۶-۱۸	۰-۳

در صورت تایید مهندس ناظر یکی از محدوده‌های موجود در جدول (۱۳-۲) می‌تواند جایگزین محدوده مندرج در جدول (۱۳-۱) شود.

جدول ۱۳-۲- سایر محدوده‌های مجاز دانه‌بندی

اندازه الک‌ها	درصد انباشته رد شده از الک‌ها		
	دانه‌بندی شماره ۱	دانه‌بندی شماره ۲	دانه‌بندی شماره ۳
۳/۴"	-	-	۱۰۰
۱/۲"	-	۱۰۰	۸۰-۹۵
۳/۸"	۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۷۰-۹۰
# ۴	۹۵-۱۰۰	۷۰-۸۵	۵۰-۷۰
# ۸	۸۰-۱۰۰	۵۰-۷۰	۳۵-۵۵
#۱۶	۵۰-۸۵	۳۵-۵۵	۲۰-۴۰
# ۳۰	۲۵-۶۰	۲۰-۳۵	۱۰-۳۰
# ۵۰	۱۰-۳۰	۸-۲۰	۵-۱۷
# ۱۰۰	۲-۱۰	۲-۱۰	۲-۱۰

1- Compatibility

دانه‌بندی دیگری که توسط پیمانکار پیشنهاد می‌شود، در صورتی که پیمانکار بتواند نشان دهد که بدون اثر منفی بر کیفیت کار تمام شده (که در این مشخصات فنی عمومی، مشخصات فنی خصوصی و دستورکارها تعریف می‌شود)، و زمان‌بندی و بدون تحمیل هزینه‌های اضافی به کارفرما می‌تواند با آن کار کند، از سوی مهندس ناظر پذیرفته و عملیات کنترل کیفیت در مورد این دانه‌بندی انجام خواهد شد.

درصد رد شده از الک شماره ۲۰۰ نباید از ۳٪ تجاوز کند.

برای بتن‌پاشی خشک مقدار آب موجود در سنگدانه‌ها نباید از ۶٪ تجاوز کند.

۱۳-٤-۳- آب

مشخصه‌های آب مخلوط بتن‌پاشی باید منطبق بر مشخصات مندرج در ۸-۳-۳ باشد.

۱۳-٤-٤- میلگردها (تورهای سیمی)

مشخصات میلگردها در فصل دهم این مشخصات ارائه شده‌اند. مواردی که در بند مذکور مشخص نشده‌اند، باید منطبق بر مشخصات مندرج در ASTM A615 باشد. توری‌های فلزی بافته شده باید منطبق بر ASTM A185 باشند.

۱۳-٤-۵- الیاف

۱۳-٤-۵-۱- الیاف فولادی

الیاف فولادی شامل یکی از رده‌های الیاف فولاد تغییر شکل یافته نوع ۱،۲،۳ منطبق برASTM A820 و ASTM A1116 خواهد بود، به جز آن که الیاف نوع ۱ ممکن است دارای مقطع مدور یا چندگوش باشد. الیاف فولادی باید از فولاد نرم یا سیم‌های سرد کاری شده باشد و نباید گالوانیزه باشد.

الیاف فولادی در انبار آب‌بندی شده نگهداری شده و باید عاری از زنگ زدگی، روغن، گریس، کلرورها و مواد مضری باشد که موانعی در فرایند اختلاط و پاشیدن بتن به وجود می‌آورد یا پیوند بین الیاف فولادی و بتن راکاهش می‌دهد.

الیاف باید دارای نسبت ظاهری[1] بین ۳۰ تا ۱۵۰ برای طول‌های بین ۱۲/۷ تا ۶۳/۵ میلی‌متر باشد. رواداری‌ها منطبق بر ASTM A820 خواهد بود.

نوع الیاف بر حسب الزامات این مشخصات فنی عمومی، مشخصات فنی خصوصی، دستورات کارگاهی و سایر مدارک پیمان به‌گونه‌ای انتخاب خواهد شد که به آسانی توزین، مخلوط و پاشیده شود. پس از اثبات این مطلب در مخلوط‌های اولیه آزمایشی، نوع الیاف باید به تایید مهندس ناظر برسد تا قابل استفاده باشد.

الیافی که در فرایند اختلاط و پاشیدن تغییر شکل بدهد، نباید استفاده شود.

مشخصات فنی الیاف فولادی که به صورت بافته تهیه می‌شود، باید منطبق بر ASTM A185 باشد.

1- Aspect Ratio

۱۳-٤-٥-۲- الیاف شیشه‌ای و مصنوعی

مشخصات فنی این قبیل الیاف باید منطبق بر ASTM A1116 باشد.

۱۳-٤-٦- افزودنی‌ها

مشخصات فنی افزودنی‌ها و مواد پوزولانی در ۸-۳-۴ و ۸-۳-۵ تعیین شده است. در سطور بعدی این بند از مشخصات فنی عمومی مشخصات افزودنی‌های شیمیایی که به طور خاص در عملیات بتن‌پاشی باید تامین شود، تعیین می‌شود.

در هیچ نوع افزودنی نباید بیش‌تر از ۰/۱ درصد وزنی کلرور وجود داشته باشد.

تندگیر کننده مصرفی نباید خورنده یا حاوی قلیایی‌ها باشد.

چسب‌های قابل حل در آب یا افزودنی‌های دیگری که برای مرتب کردن الیاف فولادی به کار گرفته می‌شود، باید با سایر مواد و مصالح بتن پاشیدنی سازگاری داشته باشد. در این مورد قبل از آغاز عملیات، پیمانکار باید تاییدیه مهندس ناظر را کسب کند.

در صورت لزوم استفاده از تند گیر کننده‌ها فقط از تند گیر کننده‌های مایع استفاده می‌شود. از سیلیکات سدیم استفاده نخواهد شد، مگر به شکل پایه پلیمری تغییر شکل یافته که به تایید مهندس ناظر برسد. باید از حداقل مقدار تند گیر کننده که در مخلوط‌های آزمایشی موفق عمل کرده است، استفاده شود. این مقدار غالبا بین ۸ تا ۱۰ درصد مقدار مواد سیمانی خواهد بود.

مواردی که در این مشخصات فنی عمومی برای افزودنی‌های شیمیایی تعیین نشده‌اند، باید منطبق براستاندارد شماره ASTM C1141 باشد. مشخصه‌های دوده سیلیسی باید منطبق بر استاندارد شماره ASTM C1240 باشد. مشخصات فنی خاکستر بادی و پوزولان طبیعی باید بر استاندارد شماره ASTM C618 منطبق باشد.

۱۳-٥- مخلوط‌ها

رده بندی مخلوط‌ها براساس جدول (۱۳-۳) انجام می‌شود. مخلوط‌های مندرج در این جدول به شرح زیر تعریف می‌شوند:

- مخلوط «الف» بتن پاشیدنی بدون الیاف و میلگرد است که برای تسطیح سطوح یا محافظت از مخلوط‌های «پ» و یا به عنوان سطح پرداخت مخلوط‌های «ب» و «ت» به کار گرفته می‌شود.
- مخلوط «ب» به عنوان جداره بندی دائمی برای تحمل بارهای دائمی، همراه با توری‌های سیمی به کار گرفته می‌شود.
- مخلوط «پ» به عنوان جداره‌بندی دائمی برای تحمل بارهای دائمی، به همراه الیاف فولادی به کارگرفته می‌شود.
- مخلوط «ت» که به عنوان تحکیم اولیه زمین، به همراه الیاف فولادی یا توری‌های سیمی به کار گرفته می‌شود، اما برای تحمل بارهای دائمی طراحی نشده است.

جدول ۱۳-۳- رده بندی مخلوطهای بتن پاشیدنی

مشخصه		مخلوط «الف»	مخلوط «ب»	روش آزمایش
حداقل مقاومت فشاری مخلوطهای آزمایشی (MPa)	۱ روزه	–	–	
	۷ روزه	–	۲۰	ASTM C۱۱۴۰
	۲۸ روزه	۳۰	۳۵	
حداقل مقاومت فشاری مخلوط در کارگاه (MPa)	۱ روزه	–	–	
	۷ روزه	–	۲۰	ASTM C۱۱۴۰
	۲۸ روزه	۲۳	۲۵	
حداقل مقاومت خمشی‌مخلوطهای آزمایشی	۲۸ روزه	–	–	ASTM C۷۸
حداقل مقاومت خمشی مخلوطها در کارگاه	۲۸ روزه	–	–	
دوام یا نفوذپذیری (حداکثر نفوذ)،(mm)		–	۳۰	–
چگالی خشک (Kg/m^3)	۲۸ روزه	۲۲۷۵	۲۲۷۵	ASTM C۶۴۲-۹۵
جذب آب جوشیده	۷ روزه	–	حداکثر ٪۸	ASTM C۶۴۲-۹۵
حجم منافذ	۷ روزه	–	حداکثر ٪۱۷	ASTM C۶۴۲-۹۵
زمان گیرش:	گیرش ابتدایی (مطابق استاندارد)	–	–	ASTM C۱۱۱۷
	گیرش نهایی	–	–	

مشخصه		مخلوط «پ»	مخلوط «ت»	روش آزمایش
حداقل مقاومت فشاری مخلوطهای آزمایشی (Mpa)	۱ روزه	–	۱۰	ASTM C ۱۱۴۰
	۷ روزه	۲۰	۲۸	
	۲۸ روزه	۳۷	۴۵	
حداقل مقاومت فشاری مخلوط در کارگاه (Mpa)	۱ روزه	–	۸	ASTM C ۱۱۴۰
	۷ روزه	۲۰	۲۱	
	۲۸ روزه	۲۸	۳۵	
حداقل مقاومت خمشی‌مخلوطهای آزمایشی ۲۸روزه		۴/۶	۴/۶*	ASTM C ۷۸
حداقل مقاومت خمشی مخلوطها در کارگاه ۲۸ روزه		۴/۲	۴/۲*	
مقدار مقاومت باقی مانده مخلوطهای آزمایشی ۲۸ روزه		خم۱mm/۳mm ۲Mpa /۱/۵Mpa	خم۱mm/۳mm ۳/۵Mpa /۳Mpa	ASTM C 1996
مقدار مقاومت باقی مانده مخلوطهای کارگاه ۲۸ روزه		۲Mpa /۱/۵Mpa	۳/۵Mpa /۳Mpa	
مقاومت پیوند با سنگ (Mpa)		۰/۵	۰/۵	–
دوام / نفوذپذیری (حداکثر نفوذ)		۳۰mm	–	–
چگالی خشک ۲۸ روزه (Kg/m^3)		۲۲۷۵	۲۲۷۵	ASTM C ۶۴۲-۹۵
جذب آب جوشیده ۷ روزه		حداکثر ٪۸	حداکثر ٪۹	ASTM C ۶۴۲-۹۵
حجم منافذ ۷ روزه		حداکثر٪۱۷	حداکثر ٪۱۹	ASTM C ۶۴۲-۹۵
زمان گیرش:	گیرش ابتدایی	–	دقیقه ۹	ASTM C ۱۱۱۷
	گیرش نهایی	–	دقیقه ۶۰	

* فقط هنگامی که مخلوط «ت» با الیاف فولادی استفاده می‌شود.

در مشخصات فنی خصوصی ممکن است برخی از مشخصات ارائه شده در جدول (۱۳-۴) نیز برای مخلوطهای بتن‌پاشی مشخص شود. این معیارها انتخابی خواهند بود و به تشخیص طراح مشخص خواهند شد.

جدول ۱۳-٤- مشخصه‌های انتخابی طراح برای مخلوط‌های بتن‌پاشی

مشخصه	مخلوط «الف»	مخلوط «ب»	مخلوط «پ»	مخلوط «ت»
حداقل مقدار مواد سیمانی (Kg/m^3)	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰
حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی	۰/۵	۰/۵	۰/۴۵	۰/۴۵
الیاف فولادی				
حداقل مقاومت کششی (Mpa)	–	–	>۸۰۰	>۸۰۰*
حداقل طول (mm)	–	–	۲۵	۲۵ *
حداکثر طول (mm)	–	–	۴۰	۴۰*
حداقل مقدار (Kg/m^3)	–	–	۴۰	۴۰*

* فقط هنگامی که مخلوط «ت» با الیاف فولادی استفاده می‌شود.

برای جلوگیری از مخلوط‌های بتن پاشیدنی که در معرض این خطر باشند، ممکن است در مشخصات فنی خصوصی یا دستورالعمل‌های مهندس ناظر، مقدار هوا نیز بر اساس جدول (۱۳-۵) مشخص شود.

جدول ۱۳-۵- مقدار کل هوای بتن مقاوم در مقابل یخ‌زدگی[۱]

اندازه بزرگ‌ترین دانه (میلی‌متر)[۲]	مقدار کل هوای بتن (درصد حجمی)[۳]
۱۹	۷
بزرگ‌تر از ۱۹	۶

بتن پاشیدنی باید این قابلیت را داشته باشد که در لایه‌های ۱۰۰ الی ۱۵۰ میلی‌متری به‌گونه‌ای اجرا شود که چسبندگی خوبی به زمین یا لایه‌های قبلی ایجاد کرده و شکم نداده و فرورفتگی نداشته باشد.

مخلوط بتن پاشیدنی باید متراکم و همگن باشد و در آن جدایش دانه‌ها و یا جدایش دانه‌ها و الیاف یا نقصهای ظاهری دیگر نباید به چشم بخورد.

مخلوطی که در آن از الیاف فولادی استفاده می‌شود نباید منجر به ترک‌های ناشی از جمع‌شدگی بزرگ‌تر از ۰/۰۵ میلی‌متر شود. این مطلب با بازرسی‌ها و اندازه‌گیری‌های دقیق کنترل می‌شود و کسب تایید مهندس ناظر برای کارهایی که سطح آنها بیش‌تر از ۱۰۰ متر مربع باشد، الزامی است.

مسوولیت طراحی تمامی‌مخلوط‌های بتن‌پاشی (بر اساس بند ۱۳-۹-۲) و کیفیت بتن پاشیده به عهده پیمانکار است. پیمانکار باید اطلاعات مربوط به نسبت‌های اختلاط مصالح پیشنهادی خود را جهت بررسی به مهندس ناظر ارائه نماید.

مخلوط‌های بتن‌پاشی پیشنهادی باید با استفاده ازنتایج طرح اختلاط بهینه، حداقل ۳۰ روز قبل از کاربرد نهایی به مهندس ناظر پیشنهاد گردد.

۱- نمونه‌های ماخوذ از تراک میکسر

۲- برای رده‌بندی سنگدانه‌ها به بند ۸-۳-۲ این مشخصات رجوع شود.

۳- رواداری برای این مقادیر هوا ۱/۵٪ ± مجاز خواهد بود.

نسبت‌های دقیق اجزا در کاربرد نهایی بتن‌پاشی، براساس نتایج آزمایش‌های طرح اختلاط بهینه، تعیین می‌گردد و نباید بدون اخذ مجوز کتبی از مهندس ناظر تغییر داده شود.

پیمانکار باید زمان‌های گیرش اولیه و نهایی مخلوط‌های حاوی مواد افزودنی با درصدهای وزنی مختلف سیمان راتعیین نماید. نسبت دقیق مواد افزودنی از نتایج این آزمایش‌ها مشخص می‌گردد.

برای به حداقل رساندن مقدار پس‌ریز، در صورت لزوم باید نسبت‌های اختلاط مورد بررسی مجدد قرار گیرد.. پیمانکار باید مهندس ناظر را از هرگونه تغییری در نسبت‌های اختلاط آگاه سازد.

اطلاعاتی که پیمانکار برای تصویب طرح اختلاط باید به مهندس ناظر ارائه نماید شامل موارد زیر است:

- نسبت وزنی یا حجمی مصالح مصرفی
- مقاومت
- نسبت آب به سیمان (برای روش تر)
- دانه‌بندی سنگدانه‌های مصرفی و منبع قرضه
- نوع سیمان مصرفی
- آب مصرفی
- مواد افزودنی مصرفی
- نتایج آزمایش‌ها

۱۳-٦- روش‌ها و ماشین‌آلات

۱۳-٦-۱- نکات کلی

بتن پاشیدنی نوع «پ» و «ت» باید حتما با فرایند مخلوط تر، اما مخلوط‌های نوع «الف» و «ب» می‌توانند با یکی از روش‌های مخلوط تر یا مخلوط خشک اجرا شوند.

تمام ماشین‌الات توزین و اختلاط مصالح و پاشیدن انواع مخلوطها باید قبل از آغاز عملیات به تصویب مهندس ناظر برسد و در طول عملیات باید چنان نگهداری شود که در تمام مدت عملیات بتن‌پاشی بتواند به طور مطلوب عملیات را اجرا کند. تمام اطلاعات در مورد ماشین‌آلات باید حداقل ۴ هفته قبل از شروع ساخت مخلوطهای آزمایشی در اختیار مهندس ناظر قرار گیرد. ظرفیت دستگاه‌های بتن‌پاشی باید متناسب با حجم عملیات باشد. یک سامانه بتن‌پاشی شامل ماشین‌آلات ساکن و سیار باید در طول مدت عملیات به عنوان سامانه ذخیره آماده سرویس‌دهی باشد. هوای دستگاه بتن‌پاشی باید تمیز، خشک و عاری از روغن باشد و فشار آن نباید از فشار لازم برای اجرای عملیات و از مقدار مشخص شده توسط سازنده دستگاه کم‌تر باشد.

دستگاه بتن‌پاشی باید قادر باشد که مصالح را با سرعت مشخص به سر افشانه تغذیه کند و از آنجا نیز بتن را با سرعتی مناسب به سطح کار بپاشد تا چسبندگی کافی بین سطح کار و بتن به وجود بیاید و ضمن ایجاد حداکثر چگالی و چسبندگی، حداقل پس‌ریز به وجود آید.

دستگاه بتن‌پاشی باید به کلی درزبندی و آب‌بندی شده باشد. این دستگاه‌ها باید حداقل یک بار در هر نوبت کاری تماما تمیز شود تا از انباشتگی مصالح باقی مانده در قسمت‌های مختلف دستگاه جلوگیری شود. لوله‌های انتقال شامل تمام لوله‌ها و افشانه‌ها باید به صورت مستقیم و یا با خمیدگی‌های ملایم باشد. این لوله‌ها با توجه به اندازه دانه‌ها و الیافی که در مخلوط‌های آزمایشی انتخاب شده است، باید دارای قطر مناسب و یکسان و در فاصله بین دستگاه بتن‌پاشی و سرافشانه عاری از دندانه یا تاب باشد.

دستگاه بتن‌پاشی باید قادر باشد به تمام سطوح مورد نظر ازفاصله مناسب بتن بپاشد. سطوحی که برای بتن‌پاشی آماده شده‌است، باید به روشنی برای مهندس ناظر مشخص شود. برای این کار در صورت تاریک بودن محوطه کار از نورافکن‌های مناسب استفاده خواهد شد و لامپ کلاه‌های ایمنی در این خصوص مورد قبول نیست. گرد و غبار، توسط پودر آب، هوادهی و تهویه مناسب و با نگهداری دستگاه در شرایط مطلوب، در حداقل نگه داشته خواهد شد. لباس‌های ایمنی و ماسک‌های تنفس باید برای تمام افراد درگیر در بتن‌پاشی مهیا باشد و توسط آنها استفاده شود. مشخصات وسایل ایمنی در فصل سوم این مشخصات فنی عمومی ارائه شده است.

۱۳-٦-۲- فرایند مخلوط تر

ماشین‌آلات فرایند بتن‌پاشی با مخلوط تر آن گونه که سازنده ماشین‌آلات توصیه می‌کند، نصب می‌شود و تجهیزات پمپ باید انتقال مداوم بتن پاشیدنی را با تامین کم‌ترین مکث تضمین کند. دستگاه به‌گونه‌ای خواهد بود که بتوان هوا و آب را به هرنسبتی که انتخاب شده باشد، به سطح کار پاشید و از این طریق عملیات تمیزکردن سطح یا پرداخت نهایی انجام شود.

۱۳-٦-۳- فرایند مخلوط خشک

ماشین‌آلات فرایند بتن‌پاشی با مخلوط خشک آن‌گونه که سازنده ماشین‌آلات توصیه می‌کند، نصب می‌شود. ماشین‌آلات بتن‌پاشی مخلوط خشک به‌گونه‌ای خواهد بود که در هنگام اجرای عملیات به همان اندازه گرد و غبار ایجاد کند،که یک دستگاه بتن‌پاشی مخلوط تر ایجاد می‌کند. این موضوع از طریق اجرای مخلوط‌های آزمایشی به تایید مهندس ناظر خواهد رسید.

افشانه باید توانایی آن را داشته باشد که به طور دائمی وکامل مقدار آب مخلوط را کنترل کند؛ همچنان که دستگاه بتن‌پاشی باید قادر باشد تمام مصالح بتن را به خوبی با یکدیگر مخلوط کند.

۱۳-٦-٤- پیمانه‌کردن خودکار

پیمانه‌کردن افزودنی‌ها با دست مجاز نیست.

دستگاه فرایند مخلوط تر باید به مراتب زیر مجهز باشد:

الف- سامانه کنترلی که این قابلیت را داشته باشدکه طبق برنامه نوشته شده عمل کند و تمام عملکرد دستگاه را (شامل پیمانه‌کردن تمام افزودنی‌ها) کنترل کند. این سامانه باید قادر باشد اطلاعات هر نوبت پیمانه‌کردن و همچنین هر نوبت عملیات را حفظ و از طریق چاپگر در اختیار مسوولین عملیات بگذارد. یک نسخه از اطلاعات مربوط به هر نوبت عملیات بتن‌پاشی در اختیار مهندس ناظر قرار می‌گیرد.

ب- دستگاه تغذیه کننده‌ای که قادر باشد افزودنی‌ها را به مقدار تصویب شده به بقیه مخلوط اضافه کند. این دستگاه باید بتواند هر نوع افزودنی را با رواداری ۰/۵٪± به مخلوط اضافه کند. این دستگاه باید بر اساس توصیه سازنده آن واسنجی شده و

مورد استفاده قرار گیرد. دستگاهی که برای فرایند مخلوط خشک مورد استفاده قرار می‌گیرد باید به پمپ‌هایی مجهز باشدکه افزودنی‌های مایع را با رواداری ۱٪ ± مقدار تصویب شده به آب مخلوط اضافه کند. این پمپ‌ها براساس دستورالعمل سازنده آنها واسنجی شده و مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

۱۳-٦-٥- بتن‌پاشی با کنترل از راه دور

هنگامی که از روش بتن‌پاشی با کنترل از راه دور استفاده می‌شود، ابزار بتن‌پاشی با کنترل از راه دور باید به‌گونه‌ای باشدکه بیش‌ترین فاصله ممکن بین محل کار و اپراتور قابل تامین باشد، به صورتی که اپراتور بتواند افشانه را در تمام مدت بتن‌پاشی از یک محل امن به خوبی مشاهده کند و همچنین از آن فاصله کنترل کامل و موثر روش‌ها وسایرعملکردهای سرافشانه را در دست داشته باشد. تجهیزات کنترل از راه دور بر اساس دستورالعمل سازنده آن مورد استفاده قرار گرفته، تمیز و نگهداری می‌شود.

۱۳-۷- آزمایش‌ها وروش‌های استاندارد آنها

آزمایش‌های متعددی برروی مواد اولیه بتن‌پاشی و همچنین مغزه‌ها و نمونه‌های ماخوذ از بتن‌پاشی انجام می‌شود تااین مواد اولیه و اجرای بتن‌پاشی مورد پذیرش و کنترل کیفی قرار گیرد. آزمایش‌هایی که برروی مواد اولیه بتن پاشیدنی انجام می‌شود، در بند ۸-۳ و همچنین ۱۳-۴ این مشخصات توضیح داده شده‌اند. آزمایش‌هایی که برروی مغزه‌ها و نمونه‌های ماخوذ از مخلوطهای بتن پاشیدنی انجام می‌شود عبارتند از:

- مقاومت فشاری براساس ASTM C42
- مقاومت خمشی (فقط در مورد مخلوطهای حاوی الیاف فولادی) براساس ASTM C78
- ارزش مقاومت باقی مانده (فقط در مورد مخلوطهای حاوی الیاف‌فولادی) براساس EFNARC 1996
- مقاومت پیوند مطابق مندرجات بند ۱۳-۷-۱ از این مشخصات فنی عمومی
- دوام (نفوذپذیری) مطابق مندرجات بند ۱۳-۷-۲ از این مشخصات فنی عمومی
- چگالی خشک براساس ASTM C642:90
- جذب آب جوشیده براساس ASTM C642:90
- حجم منافذ براساس ASTM C642:90
- زمان گیرش براساس ASTM C1117
- مقدار الیاف (فقط در مورد مخلوطهای حاوی الیاف فولادی) مطابق مندرجات بند ۱۳-۷-۳ از این مشخصات فنی عمومی
- الیاف (فقط در مورد مخلوطهای حاوی الیاف فولادی) مطابق مندرجات بند ۱۳-۷-۴ از این مشخصات فنی عمومی
- کارایی (فقط در مورد مخلوطهای حاوی الیاف فولادی) بر اساس B.S.1881:part 102

نمونه‌گیری‌ها و مغزه‌گیری‌ها مطابق استاندارد ASTM C1140 انجام خواهد شد. محل نمونه‌گیری‌ها توسط پیمانکار تعیین و توسط مهندس ناظر تایید می‌شود، در غیراین صورت آزمایش‌ها اعتبار نخواهد داشت.

هنگامی که ضخامت اسمی بتن پاشیدنی کم‌تر از ۱۰۰ میلی‌متر باشد، مغزه‌های تعیین مقاومت فشاری و سایر مغزه‌هایی که الزاما باید بیش‌تر از ۱۰۰ میلی‌متر طول داشته باشد از محل‌هایی از سطح کار اخذ می‌شوند که ضخامت واقعی آنها بیش‌تر از ۱۰۰ میلی‌متر باشد. در مواردی ممکن است برای مغزه‌گیری از بتن پاشیدنی آن را در محل‌هایی که توسط پیمانکار تعیین و توسط مهندس ناظر تایید شده باشند، با ضخامت اضافی پاشید.

توضیحاتی درباره روش انجام برخی از آزمایش‌های فوق‌الذکر در سطور زیر آمده است:

۱۳-۷-۱- آزمایش مقاومت پیوند

آزمایش تعیین مقاومت پیوند بین بتن پاشیده و سنگ ممکن است از طریق آزمایش در محل و یا آزمایش مغزه‌های ماخوذ از بتن و سنگ پیوند خورده در آزمایشگاه انجام شود.

تمام وسایل آزمایش باید مورد تایید مهندس ناظر باشد. آزمایش برروی مغزه‌ای انجام می‌شود که طول آن بزرگ‌تر از ۶۰ میلی‌متر و کوچک‌تر یا مساوی ۱۰۰ میلی‌متر باشد. حفاری مغزه برای آزمایش و همچنین نگهداری آن باید در شرایط استاندارد انجام شود.

سرعت بارگذاری نباید از 1 Mpa در دقیقه کم‌تر و 3 Mpa در دقیقه بیش‌تر شود.

در این آزمایش اطلاعات زیر باید ثبت و گزارش شود:

- مشخصات مغزه، نوع و رده بتن پاشیدنی و محل اخذ نمونه
- اندازه‌های مغزه
- سن بتن پاشیدنی در زمان آزمایش و شرایط نگهداری نمونه
- سرعت بارگذاری و تغییر شکل
- حداکثر بار و مقاومت پیوند محاسبه شده
- تشریح گسیختگی و سطح گسستگی

در صورتی که مقاومت پیوند از 1.5 MPa بیش‌تر شود، با تایید مهندس ناظر می‌توان آزمایش را تمام شده تلقی کرد و آن‌را ادامه نداد. این مقاومت پیوند بین بتن و سنگ کافی است.

۱۳-۷-۲- آزمایش تعیین دوام (نفوذپذیری)

آزمایش تعیین نفوذپذیری با تعیین مقدارنفوذ آب در قطعه مطابق استاندارد DIN 1048 Part 5 و سطور زیر انجام خواهد شد.

ابتدا سه مغزه به قطر ۱۵۰ میلی‌متر توسط حفاری گردشی با الماس از هر محل مورد آزمایش اخذ می‌شود. مغزه‌گیری پس از یک روز از زمان اجرای بتن‌پاشی انجام می‌شود. این مغزه‌ها تا سن ۲۸ روز (زمان آزمایش) در پلاستیک‌های مقاوم در مقابل نفوذ آب و رطوبت نگهداری می‌شود.

قطعات آزمایشی استوانه‌ای از هر صفحه آزمایشی، جداگانه مغزه‌گیری و آزمایش می‌شوند.

تهیه نمونه‌ها و ابعاد آنها براساس استاندارد ASTM C1140 تعیین می‌شود. محل‌های مغزه‌گیری به‌گونه‌ای انتخاب می‌شود که از مغزه‌گیری از نقاطی که احتمالا پس‌ریز بتن‌پاشی هستند، جلوگیری شود. هیچ دو مغزه‌ای که دریک سن آزمایش می‌شوند نباید از

یک صفحه آزمایشی اخذ شده باشد. مغزه‌هایی که در سن‌های متفاوت (۱ روزه، ۷ روزه و ۲۸ روزه) آزمایش می‌شود، ممکن است از یک صفحه آزمایشی اخذ شده باشد. برای هر آزمایش حداقل یک مغزه اضافی اخذ خواهد شد.

مقدار نفوذ آب در همان جهتی که بتن‌پاشی شده است و برای ۳ مغزه مختلف در سن ۲۸ روز تعیین خواهد شد.

مغزه‌های آزمایشی از صفحه‌های مختلف و به ابعاد ۱۵۰ میلی‌متر قطر و ۱۲۰ میلی‌متر طول اخذ می‌شود. تواتر آزمایش نفوذپذیری عبارت از یک آزمایش (به معنای میانگین نتایج ۳ مغزه ۲۸ روزه اخذ شده از ۳ صفحه متفاوت در یک روز کاری و دریک سطح کار که به تایید مهندس ناظر رسیده باشد) برای هر ۵۰۰ متر مکعب بتن پاشیدنی نوع «ب» و «پ» می‌باشد.

۱۳-۷-۳- آزمایش تعیین مقدار الیاف فولادی

اندازه‌گیری مقدار الیاف فولادی در بتن پاشیده برروی نمونه‌ای ۵ کیلوگرمی از هر مخلوط بتن پاشیدنی مسلح به الیاف فولادی که بلافاصله پس از عملیات بتن‌پاشی اخذ می‌شود، انجام خواهد شد. پس از شستشوی مخلوط، الیاف فولادی موجود در آن جمع آوری، خشک و توزین می‌شود. وزن حاصل با وزنی که ازنظر مهندس ناظر مورد پذیرش است، مقایسه خواهد شد.

تواتر انجام آزمایش تعیین مقدار الیاف فولادی در مخلوط بتن پاشیدنی یک آزمایش (به معنای میانگین ۳ نمونه۵کیلوگرمی از مخلوط) برای هر ۲۰۰ مترمکعب بتن پاشیدنی مسلح به الیاف فولادی که اجرامی‌شود، خواهد بود.

روش انجام آزمایش برای هر نوع آزمایش به تایید مهندس ناظر خواهد رسید. آزمایش در حضور نماینده مهندس ناظر انجام می‌شود.

۱۳-۷-٤- آزمایش الیاف فولادی

روش انجام آزمایش و پذیرش کیفی الیاف فولادی مطابق استاندارد ASTM A820 خواهد بود، مگر در مورد سطح مقطع مورد استفاده در آزمایش تعیین مقاومت کششی که با چهار رقم اعشار وبه واحد میلی‌متر مربع بیان شده و از قرار زیر خواهد بود:

الف- برای الیاف سیمی کششی، سطح محاسبه شده از قطر واقعی الیاف منبع اصلی یا الیاف پرداخت شده.

ب- برای الیاف حاصل از برش صفحه فولادی، مساحت محاسبه شده از ضخامت واقعی و عرض صفحه اصلی، و یا اگر الیاف مورد آزمایش هستند، مساحت سطح مقطع هر قطعه الیاف منفرد از طول و عرض واقعی آن قطعه، که به نزدیک‌ترین ۰/۰۰۰۱g (برحسب چگالی ۷۸۵۰ کیلوگرم در متر مکعب)، توزین می‌شود.

ج- برای الیاف حاصل از کشش الیاف فولادی مذاب، مساحت سطح مقطع محاسبه شده از قطر هم ارز الیاف خواهدبود، که از میانگین طول تعیین شده و وزن مقدار معین الیاف براساس چگالی ۷۸۵۰ کیلوگرم در متر مکعب حاصل می‌شود.

سایر آزمایش‌ها براساس استانداردهای مذکور در سطور فوق در این بند انجام خواهد شد.

۱۳-۸- مشخصات مخلوط

مشخصات مخلوط‌ها به طورکلی عبارت است از مندرجات جداول شماره ۱۳-۳، ۱۳-۴ و بند ۱۳-۵.

۱۳-۹- روش تایید

۱۳-۹-۱- مواد اولیه و مصالح

روش‌تایید مصالح و مواد اولیه بتن پاشیدنی عمدتا همان است که در مورد مواد اولیه و مصالح بتن معمولی نیز اعمال می‌شود. بنابراین مفاد بند ۸-۳ این مشخصات درمورد مواد اولیه و مصالح بتن پاشیدنی نیز چه در مرحله قبل از عملیات و چه درمرحله اجرای عملیات مصداق دارد و لازم الرعایه می‌باشد.

سازگاری مواد تندگیر کننده با سیمان از طریق مخلوط‌های آزمایشی باید براساس ASTM C1141 تایید شود.

دانه‌بندی سنگدانه‌های بتن پاشیدنی در بند ۱۳-۴-۲ آمده است.

روش تایید الیاف فولادی چنین است که کیفیت این مصالح از طریق انطباق آن با ASTM A820 مورد تایید مهندس ناظر قرار خواهد گرفت. در این مورد بند ۱۳-۴-۵ رعایت می‌شود.

پس از تایید مهندس ناظر و صدور مجوز استفاده از الیاف فولادی پیشنهادی پیمانکار، عملیات کنترل کیفیت در مورد این مصالح نیز مانند سایر مصالح انجام شده و انطباق دائمی کیفیات این مصالح با استاندارد فوق‌الذکر کنترل خواهد شد.

۱۳-۹-۲- مخلوط‌های بتن پاشیدنی

در مورد تایید مخلوط‌های بتن پاشیدنی روش‌های مندرج در سطور زیر اعمال خواهد شد.

ساخت مخلوط‌های آزمایشی و انجام آزمایش‌های ابتدایی باید هنگامی آغاز شود، که بتوان پیش از شروع عملیات برای هر رده‌بتن پاشیدنی، پس از رفع معایب و نواقص کار، تایید مهندس ناظر را درموردطراحی مخلوط و روش‌های اجرایی عملیات بتن‌پاشی و نگهداری آن کسب کرد، تا عدم تایید مهندس ناظر، به خاطر وجود معایبی در کار، موجب عقب افتادن آغاز عملیات بتن‌پاشی نشود. به هرحال عملیات بتن‌پاشی، پیش از اتمام عملیات آزمایشگاهی و کسب رضایت و مجوز مهندس ناظر نباید آغاز شود.

مخلوط آزمایشی با همان دستگاه‌هایی اجرا می‌شودکه در عملیات بتن‌پاشی به کار گرفته می‌شوند و مواد و مصالح مورد استفاده در آن باید تماما نمونه کاملا واقعی همان مواد و مصالح باشد که در عملیات استفاده خواهد شد.

طراحی مخلوط برای هر رده بتن پاشیدنی توسط پیمانکار در دو مرحله انجام خواهد شد:

مرحله اول، تولید بتن پایه

مرحله دوم، تولید بتن پاشیدنی از بتن پایه

مقاومت میانگین مورد طراحی در بتن پایه معادل ۱۳۰٪ حداقل مقاومت مقرر برای بتن پاشیدنی خواهد بود.

برای هر رده بتن پاشیدنی یک طرح اختلاط توسط پیمانکار تهیه و مخلوط‌های آزمایشی براساس این طرح اختلاط و با مواد و مصالحی که برای عملیات اجرایی مورد نظر پیمانکار و تایید مهندس ناظر است، ساخته خواهد شد. ساخت این مخلوطها و آزمایش برروی آنها بر اساس استاندارد ASTM C1140 خواهد بود. از یک دستگاه مخلوط کن تمیز و خشک برای این کار استفاده خواهد شد و اولین پیمانهٔ مخلوط شده دور ریخته خواهد شد.

یک افشانه دار مجرب از مخلوط آزمایشی یک صفحه آزمایشی تهیه خواهد کرد.

هر یک از صفحه‌ها باید حداقل (۱۰۰۰ mm × ۱۰۰۰) سطح و ۲۰۰ میلی‌متر ضخامت داشته باشد.هر صفحه آزمایشی از پاشیدن بتن به قالب‌های عمودی (نه افقی یا مایل بر بالای سر و یا مایل رو به پایین) حاصل خواهد شد. قالب‌ها از فولاد یا مواد محکم دیگری که جذب آب نکنند ساخته می‌شود و دارای لبه‌هایی خواهد بود که به طرف بیرون با زاویه ۴۵ درجه باز می‌شوند تا از ریختن پس‌ریز بتن‌پاشی به داخل قالب جلوگیری کند. بتن پاشیده به داخل قالب به آن خوب چسبیده، به خوبی متراکم شده و نباید هیچ فرورفتگی یا شکم دادگی داشته باشد.

مقادیر کارایی بتن پاشیدنی، بر پایه مخلوط‌های تر تعیین می‌شود.

صفحه‌ها حداقل تا ۱۸ ساعت حرکت داده نمی‌شود و بدون هیچ گونه تکان یا لرزشی در دمای ۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد و در زیر ورق پلی اتیلن تا زمان مغزه‌گیری نگهداری می‌شود.

مغزه‌ها برای آزمایش‌های تعیین مقاومت فشاری ۱روزه، ۷ روزه و ۲۸ روزه، پس ازگذشتن یک روز از بتن‌پاشی، اخذ می‌شود. مغزه‌های اخذ شده برای تعیین مقاومت فشاری ۷ و ۲۸ روزه، مطابق با استاندارد ASTM C1140 در آب نگهداری می‌شود.

در مورد مغزه‌هایی که مورد آزمایش دوام یا نفوذپذیری قرار می‌گیرند در بند ۱۳–۷– ۲ بحث شد.

آزمایش‌های مقاومت فشاری برروی مغزه‌ها به شرح زیر انجام می‌شوند.

الف– بعد از ۱، ۷ و ۲۸ روز آزمایش تعیین مقاومت فشاری در جهت بتن‌پاشی بر روی ۴ مغزه در هر سن.

مغزه‌ها باید ۱۰۰ میلی‌متر قطر و ۱۰۰ میلی‌متر طول داشته باشد.

ب– بعد از ۱، ۷ و ۲۸ روز آزمایش تعیین مقاومت فشاری در جهت عمود بر جهت بتن‌پاشی بر روی مغزه در هر سن.

مغزه‌ها که از صفحه‌های مختلف اخذ می‌شوند، ۱۰۰ میلی‌متر قطر و ۱۰۰ میلی‌متر طول خواهد داشت.

در صورت استفاده از مخلوط‌های حاوی الیاف فولادی یک افشانه دار مجرب از هر مخلوط آزمایشی تعداد ضروری تیر برای آزمایش تعیین مقاومت خمشی براساس استاندارد ASTM C1018 تهیه می‌کند. همچنین از هر مخلوط آزمایشی یک محوطه آزمایشی که برآن بتن پاشیده شده است، تهیه می‌کند تا آزمایش تعیین مقاومت پیوند انجام شود. مکان این محوطه آزمایشی باید توسط مهندس ناظر تایید یا تعیین شود.

هر مغزه یا تیر حاصل از عملیات آزمایشی فوق‌باید شماره گذاری شده و تاریخ و زمان بتن‌پاشی برروی آن مشخص شود.

بهینه مقدار الیاف فولادی براساس سهولت مصرف آن در عملیات توزین، اختلاط و بتن‌پاشی مورد نظر و همچنین نتایج آزمایش‌های مقاومت خمشی تعیین می‌شود وبه تصویب مهندس ناظر خواهد رسید.

نتایج آزمایش‌ها باید با معیارهایی که در ۱۳–۱۰ ارائه شده‌اند، تطبیق کندتا مخلوط آزمایشی اولیه و روش بتن‌پاشی به تایید مهندس ناظر برسد.

ساخت و آزمایش مخلوط‌های آزمایشی، اگرکیفیت یا منبع تهیه یکی از مواد اولیه و مصالح تغییر کند و یا لزوم تغییر درصدهای اختلاط وجود داشته باشد، تکرار خواهدشد.

۱۳–۹–۳– توزین، اختلاط و حمل

مواد اولیه بتن پاشیدنی برحسب وزن پیمانه می‌شود، مگر افزودنی‌های شیمیایی که اندازه‌گیری آنها بر حسب حجم انجام می‌شود. دقت پیمانه‌کردن برای تمام مواد و مصالح باید ۳٪ ± باشد. روش پیمانه‌کردن باید به‌گونه‌ای باشد که کنترل دقت پیمانه‌کردن به سهولت

قابل اعمال باشد. تجهیزات پیمانه‌کردن باید در شرایط خوب سرویس دهی و پاکیزه نگهداری شود و روزانه بر روی صفر تنظیم شود. این تجهیزات باید ماهی یک بار واسنجی (کالیبره) شده و برگ واسنجی (کالیبراسیون) آنها مورد تایید مهندس ناظر قرار گیرد.

پیمانه وزنی با الزامات ASTM C94 و پیمانه حجمی با الزامات ASTM C685 باید مطابق بوده و پیمانه حجمی هر هفته یکبار باید با پیمانهٔ وزنی کنترل شود.

تجهیزات مخلوط کردن باید قادر باشد مواد اولیه پیمانه شده مخلوط‌های تر یا خشک را به خوبی مخلوط کند. پیمانکار باید دائماً اختلاط قابل قبول مصالح را از طریق بازرسی‌های مکرر کنترل کند.

اضافه کردن الیاف فولادی به مخلوط در مرحله‌ای انجام می‌شود که تولید کننده دستگاه بتن‌پاشی توصیه کرده باشد. روش اضافه کردن الیاف فولادی به هنگام اجرای مخلوط‌های آزمایشی باید تعیین و تمرین شده، و مورد قبول مهندس ناظر قرارگیرد. هر تجمع الیاف فولادی در مخلوط باید به وسیله یک سرند که برروی قیف دستگاه بتن‌پاشی نصب می‌شود از فرایند تولید جمع آوری و حذف شود. الیاف باید بدون هیچ تجمع یا جدایشی در تمام مخلوط توزیع شود. سرعت اضافه شدن الیاف به مخلوط باید چنان باشد که بتواند با سایر مواد سازندهٔ بتن پاشیدنی یه خوبی مخلوط شود.

مخلوط‌های بتن پاشیدنی که به روش مخلوط تر اجرا می‌شود باید حداکثر پس از یکساعت و نیم از تولید بر سطح کار پاشیده شود.

اگر از افزودنی‌های کندگیر کننده، فوق روان کننده یا کنترل کننده آب‌گیری سیمان استفاده شود، می‌توان این مدت را تا حدود مورد تایید مهندس ناظر افزایش داد.

زمان اختلاط مخلوط بتن پاشیدنی مورد استفاده در فرایند مخلوط خشک باید به اندازه کافی برای مخلوط شدن کامل مواد و مصالح و حداقل به مدت ۱ دقیقه باشد. چنین مخلوطی باید توسط تجهیزات مناسب و بدون جدایش تحویل شود. مواد مخلوط شده در فرایند مخلوط خشک ممکن است تایک ساعت و نیم پس از اضافه کردن سیمان به مخلوط استفاده شود، با تامین این شرط که به آسانی بتوان این مخلوط را به سطح کار پاشید. مخلوطی که پس از این مدت استفاده نشده باشد، دور ریخته می‌شود. اگر از افزودنی‌های دیرگیر کننده یا زود گیر کننده سیمان که مورد تایید مهندس ناظر باشد، استفاده شود، می‌توان این مدت را افزایش داد.

برای عملیات بتن‌پاشی با مخلوط خشک، مخلوط بتن پاشیدنی خشک را با استفاده از تراک میکسریا کامیون و واگن بدون همزن می‌توان حمل کرد. این گونه مخلوط‌های خشک باید در حین عملیات حمل به خوبی از تاثیرات عوامل جوی (باد، باران، گرما، سرما و رطوبت) محافظت شود.

برای عملیات بتن‌پاشی با مخلوط تر، مخلوط پایه فقط با روش‌های مورد تایید مهندس ناظر قابل قبول است. این مخلوط نیز باید به خوبی از تاثیرات عوامل جوی محفوظ باشد.

۱۳-۹-٤- بتن‌پاشی

مخلوط‌های بتن پاشیدنی نباید به هیچ سطح کاری (اعم از سنگی یا بتن پاشیدنی) پاشیده شود، مگر آن که تایید کتبی مهندس ناظر، این اجازه را بدهد. پیمانکار باید مدتی قبل از هر نوبت عملیات بتن‌پاشی تصمیم خودرا برای اجرای عملیات به اطلاع مهندس ناظر برساند. این مدت بستگی به توافق پیمانکار و مهندس ناظر دارد. هنگامی که پیمانکار بخواهد به دلیل ایمنی کار (سرعت اجرای عملیات تحکیم) به سرعت عملیات بتن‌پاشی را اجرا کند، مطلب را فورا به اطلاع مهندس ناظر رسانده و سپس عملیات را آغاز می‌کند.

قبل از اجرای عملیات بتن‌پاشی، سطح مقطع حفاری شده باید کنترل و اصلاح شود و سطوح سنگ یا بتن پاشیدنی که کار برروی آنها اجرا خواهد شد با هوای فشرده و اگر ممکن باشد، با مخلوط آب و هوا باید تمیز شود، تا تمام موانع موجود برای ایجاد چسبندگی بین سطح کار و بتن پاشیدنی از سطح کار شسته شود. سطح کار برای دریافت بتن پاشیدنی قبل از اجرای عملیات باید مرطوب، اما بدون آب آزاد باشد. اندکی قبل از آغاز عملیات برای اطمینان از این که سطح کار تمیز و مرطوب است، سطوح کار با مخلوط آب و هوای فشرده باید تمیز شود.

برای جلوگیری از اثرات منفی آب‌های زیرزمینی برروی بتن پاشیدنی باید اقداماتی انجام شودکه موردتایید مهندس ناظر باشد. این اقدامات و تمهیدات پیشگیرانه باید حداقل تا ۲۸ روز پس از اجرای عملیات درمحل باقی بماند. جریان‌های آبی که ممکن است موجب تخریب بتن پاشیدنی یا عدم چسبندگی بتن به سطح کار شوند، باید با روشی که برروی نقشه طراحی می‌شود و به تایید مهندس ناظر می‌رسد، از محل دور شوند. این روش ممکن است شامل کانال‌ها، پمپ‌ها، لوله‌ها، تجهیزات و روش‌های دیگر زهکشی آب زیرزمینی باشد.

بتن پاشیدنی تنها توسط افشانه داری (متصدی پاشیدن بتن) پاشیده می‌شود که به شرح مندرج در ۱۳-۱۲ مورد تایید مهندس ناظر باشد. فاصله بین سطح کار و سرافشانه در روش مخلوط تر نباید بیش‌تر از ۱/۵ متر و در روش مخلوط خشک نباید بیش‌تر از ۲ متر باشد. به عنوان یک قانون کلی امتداد سرافشانه باید عمود بر سطح کار باشد، مگر در مواردی که به خاطر اطمینان از پوشش کامل میلگردها یا سایر مصالح تحکیم، مثل تیر باربر مشبک سرافشانه، باید از حالت عمود بر سطح کار خارج شود.

اگر ضخامت نهایی مورد لزوم به‌گونه‌ای باشد که بتوان بتن پاشیدنی با الیاف فولادی را در دو مرحله اجرا کرد، بهتراست مرحله اول باضخامت ۵۰ میلی‌متر انجام شده و سپس در مرحله بعدی ضخامت نهایی حاصل شود.

هر لایه بتن پاشیدنی باید از طریق چندین بار عبور سرافشانه از سطح کار و توام با مهارت افشانه دار اجرا شود. بتن پاشیدنی با جریانی مرتب و یکنواخت و بدون کم و زیاد یا قطع و وصل شدن برروی سطح کار اعمال خواهد شد. اگر جریان بتن پاشیدنی نامرتب شود، افشانه دار باید سر افشانه را به طرف دیگری بگیرد تا جریان دوباره ثابت و مرتب شود.

هنگامی که لایه‌ای بر روی لایه دیگر پاشیده می‌شود، ابتدا باید لایه زیرین گیرش خود را انجام دهد و مواد و مصالح نچسبیده به لایه و پس‌ریز بتن پاشیدنی از سطح آن دور شود، و سپس لایه بعدی پاشیده شود. سطح لایه زیرین قبل از اجرای لایه بعدی کنترل شده و از سلامت آن اطمینان حاصل خواهدشد. در صورت لزوم این سطح تعمیر شده و نهایتا با جریان آب و هوا شسته شده وآماده بتن‌پاشی مجدد می‌شود. مصالح نچسبیده (پس‌ریز) با بتن‌پاشی نباید دفن شود. تمام این قبیل مصالح از سطح کار باید برداشته شده و از محل کار دور شودو نباید از آنها دوباره استفاده شود. دورریختن پس‌ریز بتن پاشیدنی منطبق بر شرایط پیمان و با در نظر گرفتن مسایل زیست محیطی انجام خواهد شد.

برای سطوح عمودی (یا نزدیک به عمودی) اجرای بتن‌پاشی از قسمت پایین سطح کار شروع می‌شود. ضخامت هر لایه عمدتا وابسته به شکم دادگی آن است. اگر لایه‌های ضخیم اجرا می‌شود، سطح بالایی باید با شیب تقریبی ۴۵ درجه نگهداشته شود. در مورد سطوح بالای سر (تاج تونل‌ها) عملیات بتن‌پاشی از شانه به تاج اجرا خواهد شد.

فرو رفتگی‌ها و شکم‌دادگی‌ها تخریب شده و دوباره مورد بتن‌پاشی قرار می‌گیرد. سطح بتن‌پاشی دوباره نباید کم‌تر از ۳۰۰ × ۳۰۰ mm باشد.

اقداماتی مانند ماله‌کشی و نظایر آن برای پرداخت سطوح نباید انجام شود. پرداخت سطوح در صورت لزوم نیاز به اقدامات دیگری نظیر بتن‌پاشی مجدد خواهد داشت.

۱۳-۹-۵- کنترل ضخامت و نیمرخ

روش کنترل ضخامت لایه‌های بتن‌پاشی توسط پیمانکار پیشنهاد خواهد شد و پس از تایید مهندس ناظر براساس نتایج حاصل از کنترل ضخامت مخلوط‌های آزمایشی قابل استفاده خواهد بود.

تیرهای مشبک و سایر فولادکاری‌ها (به استثنای الیاف فولادی) با لایه‌ای از بتن پاشیدنی نوع «ت» به ضخامت حداقل۳۰ میلی‌متر پوشانده می‌شوند.

در هر نقطه از کار و هر سن بتن، در صورت دستور مهندس ناظر، پیمانکار باید برای بررسی و تایید ضخامت لایه بتن پاشیدنی اجرا شده، سوراخی با قطر ۲۵ میلی‌متر در بتن ایجاد کند.

پیمانکار باید همه شرایط و وسایل ضروری را مهیا کند تا مهندس ناظر قادر باشد این سوراخ‌ها را بازبینی کرده و ضخامت لایه اجرا شده را اندازه‌گیری کند. این سوراخ‌ها در صورت تایید مهندس ناظر ممکن است به همان صورت باز باقی بماند.

کنترل نیمرخ جداره بندی تونل‌ها، به صورتی که در نقشه‌ها آمده است، ممکن است توسط وسایل الکترونیک یا دستی، براساس تایید مهندس ناظر، صورت گیرد. تجهیزات لیزری باید تمام موارد قانونی مربوط به سلامت افراد و قوانین ایمنی کارگاه و کارکنان را رعایت کرده و با مقررات مربوطه کاملا انطباق داشته باشند. (به فصل سوم این مشخصات فنی عمومی رجوع کنید). این گونه وسایل باید براساس توصیه‌های سازنده آنها به کار گرفته شود.

۱۳-۹-٦- محافظت و نگهداری

تمام مخلوط‌های بتن پاشیدنی باید با به کارگیری روش‌ها و مواد مورد تایید مهندس ناظر عمل آوری و نگهداری شوند، تا از ترک‌های ناشی از جمع‌شدگی پلاستیک، تبادل حرارتی زود هنگام و جمع‌شدگی ناشی از خشک شدن جلوگیری شود و از پیوند مستحکم بین لایه‌های بتن پاشیدنی اطمینان حاصل شود. استفاده از مواد عمل آوری و نگهداری بتن پاشیدنی با تایید مهندس ناظر ممکن است.

اگر از ترکیبات شیمیایی پاشیدنی برروی بتن پاشیدنی برای عمل آوری و نگهداری از آن استفاده می‌شود، باید با استفاده از مخلوط‌های آزمایشی ثابت شود که پیوند بین لایه زیرین که با این مواد عمل آوری و نگهداری شده است با لایه بعدی تحت تاثیر این مواد کم نمی‌شود و دراین مورد تایید مهندس ناظر ضروری است. پس ازاین تایید نیز تنها روش‌ها و مواد تایید شده توسط مهندس ناظر قابل استفاده هستند. به هر حال مشخصات فنی این ترکیبات شیمیایی منطبق بر ASTM C309 خواهد بود.

اگر از پوشش‌های ورقه‌ای برای عملیات عمل‌آوری استفاده می‌شود، خواص این مواد باید بر ASTM C171 منطبق باشد.

عملیات عمل آوری و نگهداری حداکثر ۲۰ دقیقه پس از اتمام عملیات بتن‌پاشی آغاز خواهد شد. عمل آوری و نگهداری با آب باید حداقل ۷ روز ادامه داشته باشد.

۱۳-۹-۷- قالب‌ها و میلگردها

میلگردها باید مطابق با ASTM C615 و شبکه‌های‌فولادی جوش شده باید مطابق ASTM A185 باشد.

قبل از شروع عملیات بتن‌پاشی قالب‌ها باید در محل خود قرار گیرد و در مقابل ارتعاش‌ها وضربات کاملا مهار شود و در ضمن به‌گونه‌ای باشد که اجازه خروج هوا و مصالح برگشتی از سطح کار (پس‌ریز) را بدهد.

میلگردها و سایر اقلام مدفون در بتن پاشیدنی باید به‌گونه‌ای نصب شده باشد که بتن پاشیده بتواند آنها را کاملا احاطه کرده و بپوشاند. سطوح میلگردها باید عاری از آلودگی به روغن یا سایر مواد مانع چسبندگی به بتن باشد. میلگردها باید کاملا در جای خود مهار شوند تا در زمان بتن‌پاشی هیچ گونه حرکت و لرزشی نداشته باشند.

میلگردهای فولادی باید به اندازه کافی با یکدیگر همپوشانی داشته باشند.

هیچ یک از میلگردهای فولادی نباید در درزهای کنترل انبساط ادامه داشته باشد.

پوشش روی میلگردها در بتن‌پاشی باید مطابق ضوابط ACI- 301 باشد. سرعت بتن‌پاشی و خاصیت خمیری مخلوط‌ها باید طوری تصحیح شود که فضای خالی در پشت میلگردها باقی نماند.

۱۳-۱۰- قوانین تطبیق

قوانین تطبیق علاوه بر موارد مندرج درباره مصالح بتن‌پاشی در فصول دیگر این مشخصات (مثل فصل‌های سوم، دهم و یازدهم) عبارتند از مواردی که در سطور زیر ارائه شده است.

۱۳-۱۰-۱- مقاومت فشاری

مقاوت بتن پاشیدنی هنگامی قابل پذیرش است که شروط زیر را تامین کند:

۱۳-۱۰-۱-۱- شرط اول

میانگین نتایج چهار آزمایش متوالی متاخر حداقل به مقادیر زیر از حداقل مقاومت مخلوط درکارگاه (به جدول (۱۳-۳) رجوع شود) بیش‌تر باشد:

۲/۰ Mpa برای مقاومت ۱ روزه

۳/۰ Mpa برای مقاومت ۲۸ روزه

۱۳-۱۰-۱-۲- شرط دوم

هیچ نتیجه آزمایش مقاومت فشاری نباید بیش‌تر از مقادیر زیر از حداقل مقاومت مخلوط در کارگاه (به جدول (۱۳-۳) رجوع شود) کم‌تر باشد.

۲/۰ Mpa برای مقاومت ۱ روزه

۳/۰ Mpa برای مقاومت ۲۸ روزه

هر نتیجه آزمایش خود میانگین نتایج آزمایش برروی حداقل ۳ مغزه است. مقاومت فشاری ۷ روزه معیار پذیرش کیفیت نیست و فقط برای پیش‌بینی مقاومت ۲۸ روزه استفاده می‌شود.

۱۳-۱۰-۲- مقاومت خمشی

حداقل مقاومت خمشی قابل پذیرش برای مخلوط‌های حاوی الیاف فولادی عبارت است از ۴/۶ Mpa برای مخلوط‌های آزمایشی و ۴/۲ Mpa برای مخلوط‌های اجرایی بتن‌پاشی

۱۳-۱۰-۳- مقدار مقاومت باقی مانده

مقدار مقاومت باقی مانده که تفاوت بین مقادیر بارگذاری لازم برای تغییر شکل از ۱ میلی‌متر تا ۳ میلی‌متر در آزمایش مقاومت خمشی است و فقط در مورد مخلوط‌های حاوی الیاف فولادی انجام می‌شودعبارت خواهد بود از حداقل ۱/۵ Mpa تا ۲Mpa برای مخلوط‌های آزمایشی و کارگاهی «پ» و حداقل ۳ Mpa تا ۳/۵Mpa برای مخلوط‌های آزمایشی و کارگاهی «ت».

۱۳-۱۰-٤- مقاومت پیوند با سنگ

این آزمایش که براساس مندرجات بند ۱۳-۷-۱ فقط در مورد مخلوط‌های «پ» و «ت» انجام می‌شود، باید بیانگر حداقلMpa ۰/۵ مقاومت پیوند بتن پاشیدنی با سنگ باشد.

۱۳-۱۰-۵- دوام (نفوذپذیری)

این آزمایش براساس مندرجات بند ۱۳-۷-۲و فقط برروی مخلوط‌های «ب» و «پ» انجام می‌شود و باید ثابت کند که حداکثر نفوذ آب در نمونه‌ها ۳۰ میلی‌متر است.

۱۳-۱۰-٦- چگالی خشک

چگالی خشک هیچ یک از مخلوط‌ها نباید از ۲۲۷۵ کیلوگرم در متر مکعب کم‌تر باشد.

۱۳-۱۰-۷- جذب آب

جذب آب جوشیده نمونه‌های بتن پاشیدنی مخلوط‌های «ب» و «پ» حداکثر ۸٪ و مخلوط‌های «ت» حداکثر ۹٪ خواهد بود.

۱۳-۱۰-۸- حجم منافذ

حجم کل منافذ موجود در نمونه‌های بتن پاشیدنی در مورد مخلوط‌های «ب» و «پ» حداکثر ۱۷٪ و در مورد مخلوط‌های «ت» حداکثر ۱۹٪ خواهد بود.

۱۳-۱۰-۹- زمان گیرش

زمان گیرش اولیه در مورد مخلوط‌های «ت» حداکثر ۹ دقیقه و زمان گیرش نهایی این مخلوط‌ها حداقل ۶۰ دقیقه خواهد بود.

۱۳-۱۰-۱۰- مقدار سیمان

در صورتی که در مشخصات فنی خصوصی، برروی نقشه‌ها یا دستورالعمل‌های کارگاهی تعیین نشده باشد، حداقل مقدار سیمان (یا مواد سیمانی) در متر مکعب مخلوط ۴۰۰ کیلوگرم خواهد بود.

۱۳-۱۰-۱۱- الیاف فولادی

درصورت استفاده از الیاف فولادی مشخصات آن باید مطابق با این بند از مشخصات فنی باشد:

- حداقل مقاومت کششی باید ۸۰۰ Mpa باشد.
- حداقل طول الیاف باید ۲۵ میلی‌متر و حداکثر آن ۴۰ میلی‌متر باشد.
- حداقل مقدار الیاف در مترمکعب بتن پاشیدنی باید ۴۰ کیلوگرم باشد.

۱۳-۱۰-۱۲- نسبت آب به سیمان

حداکثر مقدار نسبت آب به سیمان برای مخلوط‌های «الف» و «ب»، ۰/۵ و برای مخلوط‌های «پ» و «ت» ۰/۴۵ خواهد بود.

۱۳-۱۰-۱۳- سنگدانه

قوانین تطبیق برای سنگدانه بتن پاشیدنی همان قوانین تطبیق ارائه شده در بند ۸-۳-۲ و ۱۳-۴-۲ این مشخصات فنی عمومی هستند.

۱۳-۱۰-۱٤- درجات کیفی مغزه‌های بتن‌پاشی

باید اجرای بتن‌پاشی به‌گونه‌ای باشد که درجه کیفی تعیین شده برای مغزه‌ها حاصل شود.

تعیین درجه کیفی مغزه‌ها از طریق محاسبه میانگین حداقل ۳ مغزه انجام می‌شود. غالبا درجه کیفی ۲/۵ برای کارهای معمول بتن‌پاشی قابل قبول است، مگر آن‌که در مشخصات فنی خصوصی یا دستورکارها به‌گونه دیگری مشخص شده باشد. بتن‌پاشی‌هایی که یک مغزه اخذ شده از آنها حایز درجه کیفی بیش‌تر از ۳ باشد، قابل قبول نیستند. معیارهای انطباق فوق در خصوص مغزه‌هایی قابل اعمال است که سطح آنها ۳۲۰ سانتی‌متر مربع (۵۰ اینچ مربع) باشد. برای سطوح کم‌تر یا بیش‌تر مهندس ناظر معیار متناظر با آن را تعیین و ابلاغ می‌کند.

۱۳-۱۰-۱٤-۱- مغزه‌های درجه یک

مغزه‌های درجه یک عبارتند از مغزه‌های کاملا متراکم و بدون حالت ورقه‌ای یا لایه‌لایه، حفره‌ای یا نواحی ماسه‌ای. حباب‌های کوچک هوا با قطر حداکثر ۳ میلی‌متر و طول حداکثر ۶ میلی‌متر قابل قبول هستند. وجود نواحی ماسه‌ای یا حفرات در پشت میلگردهای ادامه دار قابل قبول نیست. سطح مقابل قالب یا محل اتصال به زیرکار باید سالم و بی عیب و بدون بافت ماسه‌ای یا حفرات زیاد باشد.

۱۳-۱۰-۱٤-۲- مغزه‌های درجه دو

مغزه‌های درجه دو آنهایی هستند که نباید بیش‌تر از دو لایه یا نواحی ماسه‌ای با ابعاد بزرگ‌تر از ۳ میلی‌متر در ۲۵ میلی‌متر داشته و ارتفاع، عرض و عمق حفرات در آنها نباید از ۹/۵ میلی‌متر بیش‌تر باشد. سطح مقابل قالب یا محل اتصال به زیرکار باید سالم، بدون عیب و بدون بافت ماسه‌ای یا حفرات زیاد باشد.

۱۳-۱۰-۱٤-۳- مغزه‌های درجه سه

مغزه‌های درجه سه نباید بیش‌تر از دو لایه با نواحی ماسه‌ای با ابعاد بیش‌تر از ۵ میلی‌متر در ۳۱ میلی‌متر داشته و یا فقط می‌توانند حاوی یک حفره بزرگ و ناحیه ماسه‌ای حاوی ماسه سست به ابعاد کم‌تر از ۱۶ میلی‌متر ضخامت و ۳۱ میلی‌متر عرض باشد. سطح مقابل قالب یا محل اتصال با زیرکار ممکن است بافت ماسه‌ای داشته و شامل حفراتی به عمق ۲ میلی‌متر باشد.

۱۳-۱۰-۱٤-٤- مغزه‌های درجه چهار

مغزه‌های درجه چهار به طورکلی الزامات مغزه درجه ۳ را دارند، اما ممکن است شامل دو شکاف بزرگ، مانند آنچه برای مغزه درجه ۳ مشخص شد، باشد یا یک شکاف با ابعاد حداکثر ۲۵ میلی‌متر عمود بر وجه مدور مغزه و عرض حداکثر ۳۸ میلی‌متر داشته باشد. انتهای مغزه که در برابر قالب بتن‌پاشی شده است، ممکن است ماسه‌ای و شامل حفراتی تا عمق ۳ میلی‌متر باشد.

۱۳-۱۰-۱٤-۵- مغزه‌های درجه پنج

مغزه‌های درجه پنج مغزه‌هایی هستند که نتوانند معیارهای درجه بندی ۱ تا ۴ را برآورده کنند. تعیین درجه کیفی مغزه‌ها براساس محاسبه میانگین حداقل ۳ مغزه ماخوذ صورت می‌گیرد. به طورکلی میانگین درجه کیفی ۲/۵ یا کم‌تر مورد قبول خواهد بود، مگر آن که در مشخصات فنی خصوصی، نقشه‌ها یا دستورالعمل‌ها با صراحت درجه کیفی دیگری مشخص شود. درجه کیفی هر مغزه به تنهایی نباید از ۳ کم‌تر باشد.

درجه بندی فوق براساس مغزه استوانه‌ای باسطح ۳۱۴ سانتی‌متر مربع صورت گرفته ودر مورد مغزه‌های کوچک‌تر و بزرگ‌تر از این مقدار می‌توان شکاف‌ها و حفرات مجاز را به تناسب تعدیل نمود.

۱۳-۱۰-۱۵- عدم تطابق

به طورکلی بتن پاشیده‌ای که الزامات طرح را برآورده نماید یا پس از بهسازی مطابق این مشخصات فنی و مشخصات فنی خصوصی شود، قابل قبول است. بتن پاشیده‌ای که مطابق مشخصات فنی نباشد و پس از بهسازی نیز قادر نباشد الزامات طرح را تامین کند، ممکن است پس از بررسی‌ها، توسط مهندس ناظر پذیرفته یا مردود شود. پذیرفتن مخلوط‌های بتن پاشیده به معنای آن است که مخلوط مورد نظر قادر است اهداف طراحی‌ها را تامین کند و مردود دانستن آن به معنای آن است که آن اهداف حاصل نخواهند شد و باید بتن پاشیده شده تخریب شده و مجدداً اجرا شود.

برای حصول اطمینان از کیفیت مطلوب و مطابق با مشخصات بتن‌پاشی ممکن است بعضی اصلاحات ضروری انجام شود. این اصلاحات بنا بر دستورالعمل و یا تاییدیه مهندس ناظر انجام می‌شود.

۱۳-۱۱- مسوولیت‌ها

اگر چه پیمانکار برای مخلوط‌ها، ماشین‌آلات، روش‌های اجرایی و آزمایش‌های خود قبلا تایید مهندس ناظر را کسب می‌کند، اما این تاییدیه‌ها از مسوولیت پیمانکار در اجرای به موقع، مطلوب و منطبق بر مشخصات فنی کارهای بتن‌پاشی نمی‌کاهد و عملکرد مطلوب بتن‌های پاشیده در مدت عمر مفید سازه از مسوولیت‌های پیمانکار است. تمام مصالح، روش‌ها و عملیات اجرایی و ماشین‌الات به کار گرفته شده باید منطبق برالزامات ACI-506 باشد، مگر در مواردی که مغایرت با این استاندارد به تایید مهندس ناظر برسد.

۱۳-۱۲- مهارت

افشانه دار باید از قبل تجربه کافی در اجرای عملیات بتن‌پاشی داشته باشد و یا مستقیما زیرنظر سرکارگری که چنین تجربه‌ای را دارد، کارکند. به هرحال عملیات بتن‌پاشی باید توسط افرادی اجرا شود که قادر باشند تمام الزامات مندرج در این مشخصات و استاندارد ACI-506 را برآورده کنند. مهارت افرادی که اجرای کار بتن‌پاشی را به عهده دارند. توسط مهندس ناظر تایید می‌شود و تنها افرادیکه این تاییدیه کتبی را دارند، می‌توانند مجری این عملیات باشند.

فصل ۱۴

مصالح

۱۴-۱- کلیات

مشخصات فنی عمده مواد و مصالح مورد کاربرد در عملیات سدسازی در فصول دیگر، به ویژه فصول هفتم، هشتم، نهم، دهم، یازدهم، سیزدهم و چهاردهم، ارائه شده است. در این فصل مشخصات فنی برخی از انواع مصالح ویژه‌ای که در اجرای عملیات ساختمانی سد و نیروگاه آبی ممکن است مورد مصرف قرار گیرد، تعیین می‌شود.

۱۴-۲- تعاریف

به فصل دوم از این مشخصات فنی عمومی رجوع شود.

۱۴-۳- مصالح بتن

مشخصات فنی مواد متشکله بتن در بند ۸-۳ این مشخصات فنی عمومی ارائه شده است.

۱۴-٤- مصالح مسلح کردن بتن

مشخصات فنی میلگردها در فصل دهم و مشخصات فنی الیاف فولادی در فصل سیزدهم این مشخصات فنی عمومی ارائه شده است.

۱۴-۵- مصالح خاکی و سنگی (خاکریزی)

مشخصات فنی مصالح مصرفی در سدهای خاکی، سنگریزه‌ای (سدهای خاکریز) و سنگ‌چین‌ها در فصل نهم این مشخصات فنی عمومی ارائه شده است.

۱۴-٦- مصالح ساختمانی

تمام مصالح ساختمانی مورد استفاده در ساختمان‌های مختلف طرح‌های سدسازی باید با مندرجات مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی (نشریه شماره ۵۵ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور) منطبق باشد.

۱۴-۷- سایر مصالح

سایر مصالحی که در این فصل عنوان می‌گردد، شامل چوب، مصالح آب‌بندی و درزبندی، بنتونیت، رنگ‌ها و اپوکسی‌ها، میکروسیلیس، مواد ناریه و مصالح قیری می‌باشد که به ترتیب شرح داده می‌شود.

۱۴-۷-۱- مصالح چوبی

۱۴-۷-۱-۱- انواع چوب و کاربرد آنها

چوب در ساختمان سد و ابنیه جنبی آن به‌صورت‌های قالب، داربست و حائل، همچنین درب و پنجره، قفسه و پوشش دیوار و کف استفاده می‌گردد.

بسته به نوع استفاده، چوب مصرفی باید با مشخصات فنی خصوصی طرح و نشریه شماره ۵۵ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور مطابقت نماید. پیمانکار موظف است از چوبهایی استفاده کند، که از نظر بافت و یکنواختی قابل قبول بوده و تمیز و عاری از ترک، صمغ و همچنین فاقد تابیدگی و پیچیدگی و دیگر معایب باشد.

۱۴-۷-۱-۲- نحوه جابجایی و نگهداری چوب

بارگیری و حمل و نقل مصالح چوبی باید به نحوی انجام گیرد، که به چوب آسیبی وارد نشود، قطعات چوب باید در محل سرپوشیده و عاری از خاک، رطوبت، یخبندان، گرما و سرما دسته‌بندی و در انبار نگهداری شود. محل انبار چوب باید دور از آتش و مواد آتش‌زا و قابل اشتعال باشد، همچنین انبار نگهداری چوب باید از تهویه کافی برخوردار باشد.

۱۴-۷-۲- بنتونیت

مشخصات فنی بنتونیت در فصل هفتم از این مشخصات فنی عمومی ارائه شده است.

۱۴-۷-۳- رنگ‌ها و اپوکسی‌ها

در این مورد مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی (نشریه شماره ۵۵ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور) باید مورد عمل قرار گیرد.

۱۴-۷-۴- مواد ناریه

در مواردی که عملیات حفاری در سنگ با دستگاه‌های مکانیکی نظیر بولدوزرهای قوی و سایر دستگاه‌های حفار امکان‌پذیر نباشد، از مواد ناریه طبق دستور مهندس ناظر و بر اساس قوانین مملکتی و دستورالعمل‌های مقامات رسمی استفاده می‌شود. در این حال کلیه مراحل تهیه، حمل، نگهداری و مصرف آن باید بر اساس قوانین و مقررات کشور و دستورالعمل‌های صادره توسط مهندس ناظر انجام پذیرد. مقدار مصرف مواد منفجره باید در هر مورد توسط مهندس ناظر تایید گردد. با توجه به این که تولید، حمل و نگهداری مواد ناریه در صنایع نظامی، توسط نیروهای نظامی و تحت استانداردهای مرسوم در این ارگان‌ها تولید می‌شود، پیمانکار در مورد کیفیت این مواد مسوولیتی ندارد، اما مراحلی از کار با مواد ناریه که توسط پیمانکار انجام می‌شود باید مطابق قوانین و مقررات کشور، مشخصات فنی عمومی و خصوصی و دستورالعمل‌های صادره توسط مهندس ناظر انجام پذیرد.

۱۴-۷-۴-۱- ایمنی در مصرف مواد ناریه

کلیه مراحل حمل و نقل و جابجایی در داخل کارگاه و نگهداری در انبارهای تایید شده توسط مقامات ذیصلاح باید طبق دستورالعمل‌ها و قوانین و مقررات کشوری بوده و یک نسخه از این دستورالعمل‌ها توسط پیمانکار در اختیار مهندس ناظر قرار گیرد. پیمانکار موظف است، یک نسخه از دستورالعمل‌ها و آگهی‌های صادر شده از طرف خود به کارمندان و کارگران را در تابلوی اعلانات کارگاه نصب نماید. پیمانکار موظف است جزییات پیشنهادی مربوط به مواد منفجره و طرز حمل و نقل و انبار کردن آن را به مهندس ناظر ارائه نماید. عملیات انفجار باید زیر نظر کارشناس ایمنی و سرکارگر با تجربه و کاملا آگاه صورت پذیرد.

پیمانکار قانونا مسوول صدمات وارده به کارکنان، مجروح شدن، مرگ، نارضایتی آنها و همچنین مسوول صدمات وارده به کار و ساختمان‌های مربوط، جاده‌ها، اشیاء و صدمه‌زدن به حیوانات می‌باشد. به هر صورت پیمانکار موظف است کلیه نکات ایمنی را در تمام مراحل کار و نگهداری مواد منفجره رعایت نموده و با نصب علایم خطر و آگهی‌ها، هشدارهای لازم را به کارگران و کلیه کسانی که در معرض رفت و آمد و کار با مواد منفجره هستند بدهد. آگهی‌ها باید به زبان‌های مختلفی که کلیه کارکنان به آن تکلم می‌کنند، ترجمه و در معرض دید آنان قرار گیرد. پیمانکار مسوول هر گونه خسارتی است که به افراد، اماکن، معابر و کار وارد گردد و جبران آن به هزینه و امکانات پیمانکار می‌باشد و از این بابت هیچ‌گونه پرداختی به وی صورت نخواهد گرفت.

در مورد ایمنی در عملیات آتشکاری به فصول سوم و دوازدهم از این مشخصات فنی عمومی رجوع شود.

۱۴-۷-۴-۲- ویژگی ها و کاربرد مواد ناریه

مواد ناریه شامل دینامیت، چاشنی، کورتکس، پودر آمفو و. . .، باید طبق مشخصات فنی خصوصی بوده و در هر مورد طبق نظر مهندس ناظر و بر اساس آرایش تایید شده چال‌ها و به میزان تایید شده، مورد استفاده قرار گیرد.

۱۴-۷-۴-۳- آزمایش‌ها و استانداردها

مواد ناریه مورد استفاده در عملیات حفاری باید طبق استانداردهای قابل قبول ملی و بین‌المللی بوده و با مشخصات خواسته شده طرح انطباق داشته باشد. به هر صورت در هر مورد استفاده از آن، باید تایید مهندس ناظر اخذ گردد.

۱۴-۷-۴-۴- حمل و نقل و نگهداری مواد ناریه

حمل و نقل هر نوع مواد ناریه باید طبق دستورالعمل‌های مصوب و مورد تایید مهندس ناظر و مسوولین محلی انجام گیرد. پیمانکار موظف است کلیه نکات احتیاطی، ایمنی در مورد انبار کردن و استفاده از مواد منفجره را مطابق قوانین و مقررات کشوری و استانداردهای مورد نظر مهندس ناظر رعایت نماید.

پیمانکار موظف است مواد ناریه را برای عملیات انفجار فقط در ارتباط با کار و در زمان و محل و روش مورد تایید مهندس ناظر نگهداری و استفاده نماید. تایید مهندس ناظر به هیچ‌وجه رافع مسوولیت پیمانکار در رابطه با مجروح کردن، مرگ، صدمه به کار و ساختمان جاده‌ها، اماکن، اشیاء و هم چنین صدمه رساندن به حیوانات و اموال نمی‌باشد.

پیمانکار قانونا مسوول هر گونه حوادث احتمالی در خصوص نگهداری، حمل و نقل و استفاده از مواد ناریه است.

برای مشخصات فنی مواد ناریه به فصل دوازدهم این مشخصات فنی عمومی رجوع شود.

۱۴-۷-۵- مصالح قیری

ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی و مشخصه‌های ظاهری قیرها باید با آن‌چه در مشخصات فنی عمومی راه‌ها (نشریه شماره ۱۰۱ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور)، نقشه‌ها، دستور کارها، مشخصات فنی خصوصی و سایر مدارک پیمان ذکر شده است، منطبق باشد. نمونه‌های قیرهای مصرفی باید قبلا به تصویب مهندس ناظر برسد.

روش‌های آزمایش قیرها باید طبق استانداردهای موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به شرح زیر باشد:

- استاندارد شماره ۱۲۴: قیر (کلیات و تقسیم‌بندی)
- استاندارد شماره ۱۲۵: مشخصات قیرهای مایع
- استاندارد ۱۲۶: مشخصات قیرهای جامد
- استاندارد ۲۱۱: مشخصات عایق کاری ساختمان به وسیله قیر
- استاندارد شماره ۶۰۲: روش اندازه‌گیری قابلیت کشش مواد قیری
- استاندارد شماره ۲۹۵۰: تعیین درجه نفوذ
- استاندارد شماره ۲۹۵۱: تعیین نقطه نرمی قیر و دیگر استانداردهای مندرج در بند ۲-۷ مواد چسباننده از فصل مصالح ساختمانی مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی (نشریه شماره ۵۵ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور).

۱۴-۷-۵-۱- حمل و نقل و نگهداری

بارگیری، حمل و باراندازی مصالح قیری باید با دقت انجام گیرد. انواع مختلف قیر باید جداگانه دسته‌بندی و انبار شود. مواد قیری باید در مکان‌های تمیز و حتی‌المقدور سرپوشیده نگهداری شده و از آلودگی آنها به خاک، مواد مضر، آب، یخ و برف جلوگیری شود. انبارهای بسته باید به طور پیوسته تهویه شده و از تجمع گازهای قابل اشتعال در آنها جلوگیری شود. انبارها باید دور از آتش و مواد قابل اشتعال بوده و برای اعلام خطر حریق احتمالی در آنها تدابیر لازم اتخاذ شده باشد.

فصل ۱۵

ابزار اندازه‌گیری

۱۵-۱- کلیات

۱۵-۱-۱- نکات عمومی

پیمانکار موظف به تهیه، آزمایش، نصب و راه اندازی، نگهداری و همچنین انجام کلیه قرائت‌ها در طول زمان قرارداد می‌باشد. در راستای اجرای این تعهدات، پیمانکار یک مهندس عمران واجد شرایط را به عنوان مسوول رفتارنگاری و کنترل داده‌های اندازه‌گیری شده تا هنگام تحویل قطعی سد به ارگان بهره‌برداری‌کننده معرفی می‌نماید.

تمام عملیات اجرایی مربوط باید مطابق این مشخصات فنی عمومی، نقشه‌ها و بر اساس دستورالعمل‌های سازنده ابزار به اجرا درآید و هر گونه تغییری باید با تایید قبلی مهندس ناظر صورت گیرد.

این مشخصات به شرایط عمومی لازم می‌پردازد. اگر مندرجات مشخصات فنی خصوصی با مفاد این مشخصات فنی عمومی مغایرتی داشته باشد، مشخصات فنی خصوصی حاکم خواهد بود.

در تهیه و نصب ابزار اندازه‌گیری، کنترل مشخصات و کنترل قرائت اولیه باید به تایید مشاور طرح برسد.

۱۵-۱-۲- شرایط تهیه و نصب دستگاه‌ها

۱۵-۱-۲-۱- تهیه ابزار اندازه‌گیری

در تهیه ابزار دقیق که از مسوولیت‌های پیمانکار می‌باشد، ضروری‌است شرایط زیر مراعات گردد:

- این ابزار باید تنها از سازندگان معتبر و مورد تایید خریداری و شرایط خرید آن به تایید مهندس ناظر و تصویب کارفرما برسد. برای این منظور باید ابتدا شرکت سازنده و مشخصات فنی ابزار به نماینده فنی کارفرما (مهندس مشاور) معرفی شده و پس از تایید مهندس مشاور و تصویب کارفرما نسبت به تهیه ابزار اقدام شود.
- دستگاه‌های خریداری شده باید همراه با جزییات و دستورالعمل‌های کامل درباره انتقال، نگهداری، انبار، نصب و بهره‌برداری باشد.
- بسته بندی و نحوه انتقال ابزار باید به روشی انجام شود که در هنگام حمل و انبارداری آسیبی به آنها نرسد.
- برنامه زمانی تهیه و نصب دستگاه‌ها باید هماهنگ با برنامه زمانی کلی پیشرفت عملیات ساختمانی باشد، به‌طوری که عملیات اجرایی بدین لحاظ دچار هیچ‌گونه تاخیری نگردد.
- دستگاه‌های تهیه شده علاوه بر دارا بودن دقت و حساسیت لازم باید از دوام و استحکام کافی نیز برخوردار باشند. ابزار تهیه شده باید همراه با قطعات یدکی مورد نیاز، جهت تعمیر یا تعویض احتمالی دستگاه‌ها در یک دوره زمانی مشخص (که در مشخصات فنی خصوصی تعیین می‌شود)، باشد.
- موضوع آزمایش دستگاه‌های ابزار دقیق به منظور اطمینان از صحت عملکرد آنها باید در هنگام تهیه (خرید) ابزار مدنظر قرار گیرد. روش آزمایش و کنترل صحت عملکرد تمام ابزارها باید توسط پیمانکار از سازنده استعلام شود و پس از تایید مهندس ناظر مورد عمل قرار گیرد.

۱۵-۱-۲-۲- نصب ابزار اندازه‌گیری

نصب ابزار دقیق از مسوولیت‌های پیمانکار بوده و به‌منظور دست یابی به داده‌های کامل و مورد استفاده در ارزیابی آتی رفتار سد و سایر سازه‌ها رعایت نکات زیر ضروری است:

- گروه نصب دستگاه‌ها باید متشکل از افرادی با تجربه و کارآمد باشد و صلاحیت آن باید به تایید مهندس ناظر برسد.
- نصب دستگاه‌ها باید تحت نظر مهندس ناظر و به هزینه پیمانکار (سازنده) صورت گیرد.
- دستگاه‌هایی که بر اثر بی‌دقتی پیمانکار، حین انجام عملیات نصب و یا اجرای عملیات آسیب دیده یا از کار بیافتند، باید بلافاصله به هزینه پیمانکار و با نظر مهندس ناظر جایگزین شود.
- بلافاصله پس از نصب دستگاه‌ها و اطمینان از کارکرد صحیح آن، قرائت منظم دستگاه‌ها باید شروع گردد.
- تمهیدات حفاظتی برای دستگاه‌ها در حین نصب و اجرای عملیات باید اتخاذ شود. نحوه خاکریزی در سدهای خاکی و حفاظت دستگاه‌ها مطابق فصل مربوط به خاکریزی انجام گیرد.
- حداقل تعداد دو دستگاه قرائت دستی[1] در محل کارگاه تامین شود. برای ابزارهایی که توسط دستگاه مرکزی قرائت می‌شود، نیز وجود دستگاه قرائت دستی ضروری است.
- بازرسی ادواری از مجموعه دستگاه‌ها و سامانه رفتارنگاری باید در برنامه کاری پیمانکار گنجانده شود. تا هنگام تحویل سد به بهره‌بردار، ارائه خدمات پشتیبانی از طرف پیمانکار الزامی است. دامنه این خدمات در مشخصات فنی خصوصی تعیین می‌گردد.
- گزارشی راجع به نصب، نحوه استقرار و قرائت کلیه دستگاه‌ها به همراه کلیه دستورالعمل‌ها و نقشه‌های چون‌ساخت باید تهیه و ارائه شود.
- جزییات و دستورالعمل‌های نصب دستگاه‌ها باید پس از ارائه آنها از سوی پیمانکار به تایید مهندس ناظر برسد.
- پیمانکار باید شیوه قرائت و کنترل کلیه دستگاه‌ها را به افراد ارگان بهره‌برداری کننده از سد، طی یک دوره آموزشی تعلیم دهد.

۱۵-۱-۳- قرائت

پیمانکار موظف است قرائت‌های اولیه و صفر مربوط به هر دستگاه را تعیین نموده و در فرم‌های مربوط ثبت نماید.

پیمانکار موظف است در طول مدت قرارداد نسبت به قرائت (اندازه‌گیری) کلیه دستگاه‌های نصب شده بر اساس دستورالعمل، برنامه قرائت و تناوب اندازه‌گیری‌ها (که توسط مهندس مشاور تعیین می‌شود) اقدام نماید و نتایج را با دقت در فرم‌های مربوط ثبت و یک نسخه از آن را به همراه نمودارهای مربوط و پرونده رایانه‌ای در اختیار نماینده کارفرما (مهندس ناظر) قرار دهد.

پیمانکار موظف به نگهداری و تعمیر تمام ابزار دقیق است. یک نسخه نرم‌افزاری از نتایج قرائت‌ها نیز به مهندس ناظر ارائه خواهد شد.

1- Readout Device

هر گاه به تشخیص مهندس ناظر در خصوص صحت قرائت(های) خاصی شبهه‌ای وجود داشته باشد، پیمانکار موظف به رفع شبهه و یا تکرار قرائت(های) مورد نظر تا حصول نتیجه قابل قبول مهندس ناظر خواهد بود.

۱۵-۱-٤- آموزش

آموزش کارکنان نگهدارنده سد در مورد نحوه قرائت و بهره‌برداری از دستگاه‌های ابزار دقیق به عهده پیمانکار می‌باشد.

۱۵-۱-۵- حفظ و نگهداری

مسوولیت حفظ و نگهداری دستگاه‌های ابزار دقیق در برابر صدمات احتمالی در هنگام حمل، نصب و راه‌اندازی دستگاه‌های ابزار دقیق به عهده پیمانکار می‌باشد.

مسوولیت حفظ و نگهداری دستگاه‌های ابزار دقیق در برابر صدمات احتمالی درمرحله اجرای سد به عهده پیمانکار می‌باشد.

ابزاری که براثر بی دقتی در حین انجام عملیات نصب ابزار یا مرحله اجرای سد آسیب می‌بیند، باید بلافاصله به هزینه پیمانکار و با نظر مهندس ناظر تعویض گردد.

۱۵-۲- تعاریف

واژه‌هایی که در متن این فصل از مشخصات فنی عمومی آمده است و نیاز به تعریف دقیق تری دارند، دراین بند تعریف می‌شوند.

آزمایش[1]: واژه «آزمایش» به سلسله عملیاتی اطلاق می‌گردد که پیمانکار پس از تهیه (خرید) ابزار به منظور اطمینان از صحت عملکرد آنها انجام می‌دهد.

ابزار دقیق[2]: واژه «ابزار دقیق« به کلیه لوازم و وسایلی اطلاق می‌گردد که به‌منظور بررسی و کنترل رفتار سد در زمان ساخت، آبگیری و دوره بهره‌برداری در بخش‌های مختلف خارجی و داخلی سد نصب می‌گردد.

قرائت صفر[3]: واژه « قرائت صفر» به قرائت به دست آمده قبل از نصب دستگاه‌های الکتریکی در محل موردنظر اطلاق می‌گردد.

قرائت مبنا[4]: واژه «قرائت مبنا (اولیه)« به اولین قرائت بلافاصله پس از نصب هر دستگاه در محل مورد نظر اطلاق می‌گردد.

نصب[5]: واژه «نصب» به سلسله عملیاتی اطلاق می‌گردد که پیمانکار در محل سد جهت قراردادن دستگاه‌های ابزار دقیق در موقعیت‌های مشخص شده در نقشه‌های فنی ابزار دقیق انجام می‌دهد.

1- Test
2- Instrument
3- Zero Reading
4- Base (Initial) Reading
5- Installation

۱۵-۳- ابزار اندازه‌گیری در سدهای خاکی

۱۵-۳-۱- سامانه‌های اندازه‌گیری[1]

۱۵-۳-۱-۱- سامانه‌های کنترل از راه دور

کلیه سامانه‌های انتقال از راه دور باید قابل اتصال به ایستگاه خودکار مرکزی قرائت و اندازه‌گیری بوده تا بتوان داده‌ها را به صورت متمرکز و مستمر ثبت و پردازش نمود. صحت عملکرد سامانه کنترل از راه دور باید به تایید مهندس مشاور برسد. همچنین نحوه انتقال اطلاعات از ابزار دقیق تا سامانه قرائت مرکزی با تمام جزییات باید توسط پیمانکار در اختیار مهندس مشاور قرار داده شود تا عملکرد سامانه مورد ارزیابی قرار گیرد.

۱۵-۳-۱-۱-۱- سامانه تله‌لیمینی‌متری[2] (برای اندازه‌گیری سطح آب دریاچه)

هر سامانه تله‌لیمینی‌متری که سازگار با نحوه بهره‌برداری و کارکرد ایستگاه خودکار باشد و شرایط زیر را برآورده سازد، قابل استفاده می‌باشد:

- دقت: ده سانتی‌متر،
- حساسیت: یک سانتی‌متر.

۱۵-۳-۱-۱-۲- سامانه پیزومتر الکتریکی[3]

سامانه‌های پیزومتر الکتریکی باید دارای ساختمانی متشکل از تار مرتعش مداوم و یک مبدل الکتریکی[4] باشد که فرکانس تشدید تار مذکور را به صورت فشار پیزومتری نشان دهد. این مبدل الکتریکی هنگامی قابل قبول خواهد بود که دارای شرایط زیر باشد:

- دقت: ۰/۵ درصد،
- حساسیت: ۰/۱ درصد،
- دمای کارکرد: در محدوده حداقل و حداکثر دمای ساختگاه و متناسب با محل نصب دستگاه،
- قابلیت تحمل اضافه بار[5]: ۲۰۰ درصد،
- قابلیت جذب اضافه ولتاژ و جذب صاعقه[6].

۱۵-۳-۱-۱-۳- سامانه فشارسنج خاک[7]

سامانه فشارسنج خاک باید دارای ساختمانی شامل سیم ارتعاشی[8] و شرایط زیر باشد:

1- Measurement systems
2- Teleliminimetric System
3- Electrical Piezometer
4- Transducer
5- Over Pressurized
6- Over Voltage Surge Arrestor
7- Earth Pressure Cell
8- Vibrating Wire

- دقت دستگاه: ۰/۵ درصد،
- حساسیت: ۰/۱ درصد،
- دامنه کار: متناسب با محل نصب دستگاه،
- دمای کارکرد: در محدوده دمای حداقل و حداکثر ساختگاه،
- قابلیت تحمل اضافه بار: ۲۰۰ درصد،
- دارای سامانه جذب اضافه ولتاژ و محافظ صاعقه.

۱۵-۳-۱-۱-٤- انبساط‌سنج (کشیدگی‌سنج) خاکی

میله‌های اتصال انبساط‌سنج (کشیدگی‌سنج) خاکریز باید به وسیله حلقه‌ها[1] یا مهاری‌هایی[2] در فواصل مشخص از یکدیگر و حداقل به اندازه ۴۰ cm در خاک اطراف فرو رود و جابجایی محوری خاکریز را به مبدل الکتریکی منتقل سازد.

کلیه قطعات باید مقاوم، با دوام و متناسب با شرایط کاری خاکریز و محیط مرطوب و آب باشد. هر مبدل الکتریکی باید به همراه حداقل ۵ متر کابل دارای علامت حک شده و یک‌پارچه باشد.

- دامنه کارکرد: متناسب با فاصله حلقه‌های «لبه» از یکدیگر (۵ درصد قطعات اندازه‌گیری)،
- دقت: ۰/۲ درصد،
- حساسیت: ۰/۰۰۱ درصد.

۱۵-۳-۱-۱-۵- سامانه انتقال راه دور کابل‌ها و جعبه‌های اندازه‌گیری

پس از نصب دستگاه‌ها در محل، کابل آنها باید در مسیرهای مشخصی به سمت جعبه‌های اندازه‌گیری که متناسب با وضعیت استقرار دستگاه‌ها و آرایش آنها در ترازها و محل‌های مختلف تعبیه خواهد شد، هدایت شده و به جعبه‌ها متصل گردد. بدین صورت در حین اجرای خاکریز بدنه سد و از طریق این جعبه‌ها قرائت دستگاه‌ها امکان‌پذیر می‌گردد.

سامانه انتقال راه دور کابل‌ها و جعبه‌های اندازه‌گیری باید دارای مشخصات زیر باشد:

الف- کابل‌ها

کابلی که اتصال بین مبدل‌های الکتریکی، جعبه‌های اندازه‌گیری و مرکز کنترل و قرائت را برقرار می‌سازد، باید دارای مشخصات زیر باشد:

- دارای سیم‌های هادی مسی طبق استاندارد ASTM B3-89،
- مقاوم در برابر آب،
- سیم‌ها و مواد پرکننده عایق حفاظت شده با چند لایه روکش پلی‌اتیلن،
- دارای غلاف محافظ داخلی از جنس پلی‌اتیلن حداقل به ضخامت ۷ میلی‌متر،
- دارای روکش محافظ فلزی یا تسلیح فولادی،

1- Flange
2- Anchor

- تفکیک و جدا بودن هر جفت سیم،
- غلاف محافظ خارجی از جنس پلی‌اتیلن به ضخامت ۸ میلی‌متر، مقاوم در برابر آفتاب، با دوام در برابر شرایط کاری سخت در خاکریز،
- انعطاف‌پذیر با ظرفیت تحمل کرنش حداقل به میزان ۱۵ درصد،
- دارای علامت حک شده حداقل در هر متر طول کابل،
- دارای قابلیت انتقال سیگنال‌ها تا فواصل دور،
- دارای ظرفیت مقاومت کششی کابل حداقل ۳ کیلو نیوتن،
- دارای اتصالات مقاوم و آب‌بند.

ب- جعبه‌های اندازه‌گیری (ترمینال)

این جعبه‌ها کلیه کابل‌های خروجی از مبدل الکتریکی دستگاه‌های رفتارنگاری را در یک مقطع عرضی یا در یک ناحیه و یا در یک ردیف دریافت و جمع می‌کنند. مشخصات آنها باید موارد زیر را شامل گردد:

- نقاط اندازه‌گیری بر اساس شرایط پروژه و مشخصات فنی خصوصی،
- تعویض نقطه اندازه‌گیری به روش دستی و خودکار مرتبط با ایستگاه کنترل مرکزی،
- نمایش مقادیر اندازه‌گیری هر دستگاه در محل،
- قابلیت فعال ساختن «کلید » خودکار دستگاه مورد نظر،
- قابلیت تعویض مرحله به مرحله مطابق برنامه ایستگاه کنترل مرکزی.

۱۵-۳-۱-۱-٦- نشتاب‌سنج[1]

نشتاب‌سنج یا سرریز مثلثی عبارت است از یک معبر برای آب‌های نشتی که مقطع آن مثلثی است و تراز آب در آن با خطکش اندازه‌گیری، سنجیده می‌شود. نشتاب‌سنج، فولادی است و دقت خطکش اندازه‌گیری آن باید حداقل ۱mm ± باشد.

۱۵-۳-۱-۲- نکات کلی

کلمه سامانه که جهت سهولت مورد استفاده قرار می‌گیرد، به معنی کلیه دستگاه‌ها اعم از الکتریکی، مکانیکی و انواع دیگر است، که به منظور کسب اطلاعات رفتارنگاری سد مورد استفاده قرار می‌گیرند، و دارای اجزایی نظیر مبدل الکتریکی[2]، وسایل حسگر[3]، دستگاه قرائت کننده و اندازه‌گیری، اتصالات و دیگر ملحقات مربوط است.

این مشخصات فنی عمومی در مورد سامانه‌های زیر کاربرد دارد:

- سامانه‌های قابل کنترل از راه دور،

1- Measuring Weir
2- Transducer
3- Sensor

- سامانه‌های اندازه‌گیری با قرائت محلی،
- سامانه میکروژئودزی،
- سامانه شتاب نگاری،
- سامانه اعلام خطر.

با توجه به اهمیت موضوع، یک ایستگاه خودکار مجهز به سامانه انتقال از راه دور جهت تمرکز و پردازش داده‌ها ضرورت دارد، که باید تامین شود.

برای سایر سامانه‌های اندازه‌گیری از انواع متداول مناسب می‌توان استفاده کرد. لازم به ذکر است، که با وجود سامانه اندازه‌گیری پیشرفته به هر حال باید قرائت در محل، جهت بازرسی صحت عملکرد سامانه منظور گردد. بنابراین امکانات لازم برای قرائت دستی همواره ضروری می‌باشد.

۱۵-۳-۱-۳- سامانه قرائت و اندازه‌گیری داده‌ها

به منظور کسب و ثبت اطلاعات کامل رفتارنگاری در طول عمر سد، هم در زمان ساخت آن و هم در دوره بهره‌برداری سد، تدارک دو نوع تجهیزات برای قرائت محلی و خودکار مرکزی ضروری می‌باشد. از دستگاه قرائت محلی (دستی) می‌توان در شرایطی که در کار ایستگاه مرکزی وقفه‌ای ایجاد شده یا کابل‌ها و اتصالات دچار صدمه شده‌اند، نیز بهره جست.

الف- دستگاه قرائت محلی[1]

این واحد اندازه‌گیری باید از امکانات لازم برای برآورده ساختن موارد زیر برخوردار باشد:

- مکانیزمی برای دریافت سیگنال از مبدل‌های الکتریکی،
- بررسی وضعیت اتصالات کابل‌ها،
- مکانیزمی برای کنترل سیم پیچ مبدل الکتریکی.
- دیگر مشخصات این دستگاه باید مطابق زیر باشد:
- تبدیل فرکانس و نمایش داده‌ها برحسب واحدهای مهندسی،
- قابل حمل، سبک و مقاوم در برابر ضربه‌های مکانیکی،
- مناسب برای کار در شرایط مرطوب و مقاوم در برابر نفوذ آب و تغییرات دمای محیط ساختگاه،
- دارای باتری قابل شارژ از طریق برق شهر که به مدت ۸ ساعت به طور مستقل کار کند.
- قابل تنظیم برای قرائت دستی و خودکار.

ب- ایستگاه قرائت مرکزی

ویژگی‌های این دستگاه باید به شرح زیر باشد:

1- Readout Device

- قابلیت تنظیم برنامه‌ریزی برای تناوب اندازه‌گیری‌ها،
- دارای امکانات لازم برای انتقال داده‌ها به کامپیوتر در فواصل زمانی تعیین شده،
- متناسب با شرایط کاری ساختگاه از نظر رطوبت و گرد و غبار،
- انجام قرائت‌ها و ذخیره‌سازی اطلاعات به طور دستی یا خودکار،
- نمایش داده‌های مربوط به هر جعبه اندازه‌گیری و دستگاه،
- نمایش داده‌ها برحسب واحدهای مهندسی قابل تنظیم (کمیت‌های فیزیکی)،
- قابلیت تعریف برای مقادیر حدی[1] کمیت‌های فیزیکی،
- ثبت داده‌ها روی نوارهای کاغذی،
- امکان مقایسه داده‌ها با مقادیر مشخص شده حدی،
- امکان راه‌اندازی با برق شهر یا باتری،
- مجهز به سامانه محافظ در مقابل اضافه ولتاژ و صاعقه.

۱۵-۳-۱-٤- سامانه‌های اندازه‌گیری با قرائت محلی

این سامانه‌ها باید به صورت دستی در محل نصب دستگاه، اندازه‌گیری و قرائت شوند و عبارتند از:

- سامانه پیزومترهای لوله قائم کاساگراند،
- سامانه اندازه‌گیری انحراف‌سنج[2]،
- سامانه اندازه‌گیری نشست‌سنج،
- سامانه پیزومتر لوله‌ای.

۱۵-۳-۱-۵- انحراف‌سنج

انحراف‌سنج برای اندازه‌گیری حرکت‌های خطی در شیب‌های حفاری شده، حفاری‌های روباز یا زیرزمینی، سدها یا مناطق زمین‌لغزش مورد استفاده قرار می‌گیرد و شامل اژدر[3] اندازه‌گیری، کابل، دستگاه قرائت و دستگاه ثبت‌کننده اطلاعات می‌باشد. نوع الکتریکی آن ممکن است به سامانه مرکزی وصل شود.

این دستگاه اندازه‌گیری باید دارای مشخصات زیر باشد:

- دامنه اندازه‌گیری: $\pm 30^{\circ}$،
- گستره اندازه‌گیری خطی: ۰/۵٪،
- حداقل قطر خارجی اژدر: ۲۵ mm،
- دقت زمانی اندازه‌گیری: حداکثر ۱۵ ثانیه.

1- Limit Values
2- Inclinometer
3- Probe

۱۵-٤- ابزار اندازه‌گیری در سدهای بتنی

۱۵-٤-۱- کلیات

کلمه «سامانه» که جهت سهولت در این گزارش مورد استفاده قرار می‌گیرد به هر یک از دستگاه‌های ابزار دقیق سد اعم از الکتریکی، مکانیکی و انواع دیگر اطلاق می‌گردد. یک سامانه اندازه‌گیری شامل قسمت‌هایی نظیر حسگر، مبدل الکتریکی، دستگاه قرائت، اجزای تشکیل‌دهنده سامانه، اتصالات و دیگر ملحقات مربوط می‌باشد.

هر سامانه اندازه‌گیری می‌تواند به صورت کنترل از راه دور و یا به صورت قرائت محلی، بسته به آنچه که در مشخصات فنی و نقشه‌های ابزار دقیق عنوان گردیده است، مورد استفاده قرار گیرد.

با توجه به اهمیت موضوع، یک ایستگاه خودکار مجهز به سامانه کنترل از راه دور جهت تمرکز و پردازش داده‌ها باید مورد استفاده قرار گیرد. در سامانه‌های کنترل از راه دور نیز باید امکانات لازم برای قرائت محلی فراهم گردد، تا از این طریق امکان کنترل صحت عملکرد سامانه در محل میسر شود.

ابزار اندازه‌گیری دقیق در سدهای بتنی، که باید دقیقا بر اساس دستورالعمل‌های تولید کنندگان آنها حمل، نصب، قرائت و نگهداری شوند، ترکیبی از ابزار زیر می‌باشد:

۱۵-٤-۲- پاندول[1]

این سامانه، از هر نوع که باشد، باید قادر به اندازه‌گیری تغییر مکان‌های افقی سد در راستای شعاعی و مماسی بوده و کلیه اجزای تشکیل دهنده آن مطابق استانداردهای بین‌المللی، مورد تایید مهندس ناظر، تولید شده باشند. این سامانه باید دارای حداقل مشخصات زیر باشد:

- دمای کارکرد: در محدوده حداقل و حداکثر دمای ساختگاه،
- دامنه اندازه‌گیری: حداکثر تغییر مکان شعاعی و مماسی محاسبه شده برای سد به اضافه ۵۰ درصد،
- قابلیت قرائت دستی و کنترل از راه دور،
- جنس سیم پاندول باید به‌گونه‌ای باشد تا در اثر تغییرات درجه حرارت و نیروی کششی وزنه پاندول حداقل انقباض و انبساط را داشته باشد،
- دقت اندازه‌گیری جابجایی سیم: ۲± میلی‌متر به نسبت ۱٪± دامنه اندازه‌گیری،
- حساسیت: ۰/۱ میلی‌متر.

1- Pendulum

۱۵-٤-۳- شیب‌سنج[1]

این سامانه باید قادر به اندازه‌گیری مقدار کج‌شدگی یا چرخش سازه در صفحه قائم باشد. کلیه اجزای تشکیل دهنده این سامانه باید مطابق با استانداردهای بین‌المللی، مورد تایید مهندس ناظر، تولید شده باشند. این سامانه باید دارای حداقل مشخصات زیر باشد:

- دمای کارکرد: در محدوده حداقل و حداکثر دمای ساختگاه،
- دامنه اندازه‌گیری: ۳۰±دقیقه،
- دقت اندازه‌گیری: ۲ ثانیه،
- حساسیت: ۲ ثانیه،
- کلیه قطعات باید دارای دوام و مقاومت کافی متناسب با شرایط محل نصب سامانه باشد،
- به منظور جلوگیری از صدمه دیدن، پایه‌های ثابت[2] شیب‌سنج باید دارای پوشش حفاظتی باشد.

۱۵-٤-٤- درز سنج[3]

این سامانه اندازه‌گیری از هر نوع (مکانیکی، الکتریکی) که باشد، باید قادر به اندازه‌گیری مقدار بازشدگی یا جمع‌شدگی درزهای اتصال بین بلوک‌های بتنی مجاور هم در سدهای بتنی (در یک یا چند جهت) باشد و کلیه اجزای تشکیل دهنده آن باید مطابق با استانداردهای بین‌المللی، مورد تایید مهندس ناظر، تولید شده باشند. این سامانه باید دارای حداقل مشخصات زیر باشد:

الف- نوع مکانیکی

- دمای کارکرد: در محدوده حداقل و حداکثر دمای ساختگاه،
- دامنه اندازه‌گیری: ۵۰±میلی‌متر،
- دقت اندازه‌گیری: ۰/۱میکرومتر،
- به منظور جلوگیری از صدمه دیدن، پایه‌های درزسنج باید دارای پوشش حفاظتی باشد.

ب- نوع الکتریکی (تار مرتعش)

- دمای کارکرد: در محدوده حداقل و حداکثر دمای ساختگاه،
- دامنه اندازه‌گیری: ۳۰±میلی‌متر،
- دقت اندازه‌گیری: ۰/۱میلی‌متر،
- حساسیت: ۰/۲۵ درصد دامنه اندازه‌گیری،
- کلیه قطعات باید دارای دوام و مقاومت کافی متناسب با شرایط محل نصب سامانه باشند.

1- Inclinometer (Clinometer)
2- Stud
3- Joint Meter

۱۵-٤-۵- دماسنج[1]

این سامانه (از هر نوع) باید قادر به اندازه‌گیری دمای بتن، آب و هوا باشد و کلیه اجزای تشکیل دهنده آن باید مطابق با استانداردهای بین‌المللی، مورد تایید مهندس ناظر، تولید شده باشد. این سامانه باید دارای حداقل مشخصات زیر باشد:

- دامنه اندازه‌گیری دما در بتن: $-10^{\circ}C$ تا $60^{\circ}C$،
- دامنه اندازه‌گیری دما در آب: $-10^{\circ}C$ تا $30^{\circ}C$،
- دامنه اندازه‌گیری دما در هوا: $-30^{\circ}C$ تا $50^{\circ}C$.
- دقت اندازه‌گیری: $\pm 0/5^{\circ}C$،

۱۵-٤-٦- تنش‌سنج[2]

این سامانه باید از نوع تار مرتعش بوده و قادر باشد تنش‌های موجود در بخش‌های مختلف بدنه سد و پی را اندازه‌گیری نماید. کلیه اجزای تشکیل دهنده آن باید مطابق با استانداردهای بین‌المللی، مورد تایید مهندس ناظر، تولید شده باشد. حداقل مشخصات این سامانه باید به شرح زیر باشد:

- دمای کارکرد: در محدوده حداقل و حداکثر دمای ساختگاه،
- دامنه اندازه‌گیری: متناسب با محل نصب دستگاه،
- دقت اندازه‌گیری: ۰/۰۱ درصد دامنه اندازه‌گیری،
- دارای سامانه جذب اضافه ولتاژ و محافظ صاعقه،
- قابلیت اندازه‌گیری از طریق سامانه کنترل مرکزی.

۱۵-٤-۷- کرنش‌سنج[3]

این سامانه باید از نوع سیم ارتعاشی بوده و توانایی اندازه‌گیری کرنش در بخش‌های مختلف بدنه سد را داشته باشد و کلیه اجزای تشکیل دهنده این سامانه باید مطابق با استانداردهای بین‌المللی، مورد تایید مهندس ناظر، تولید شده باشند. این سامانه باید دارای حداقل مشخصات زیر باشد:

- دامنه کارکرد: در محدوده حداقل و حداکثر دمای ساختگاه،
- دامنه اندازه‌گیری: ۳۳۰۰ میکروکرنش ($\mu\frac{\Delta L}{L}$)،
- دقت اندازه‌گیری: ۰/۲ میکرو کرنش ($\mu\frac{\Delta L}{L}$)،
- حساسیت: ۰/۱۵ میکرو کرنش ($\mu\frac{\Delta L}{L}$)،

1- Thermometer
2- Stress Meter
3- Strain Meter

- دارای سامانه جذب اضافه ولتاژ و محافظ صاعقه،
- قابلیت اندازه‌گیری از طریق سامانه کنترل مرکزی.

۱۵-٤-۸- ترک‌سنج[1]

این سامانه (از هر نوع) باید قادر به اندازه‌گیری حرکات درز و یا ترک ایجاد شده در سطوح بتنی و یا سنگی باشد و کلیه اجزای تشکیل دهنده آن باید مطابق با استانداردهای بین‌المللی، مورد تایید مهندس ناظر، تولید شده باشند. این سامانه باید دارای حداقل مشخصات زیر باشد:

- دمای کارکرد: در محدوده حداقل و حداکثر دمای ساختگاه،
- دامنه اندازه‌گیری: ۵۰± میلی‌متر،
- دقت اندازه‌گیری: ۰/۱ میلی‌متر،
- قابلیت اندازه‌گیری محلی.

۱۵-٤-۹- پیزومتر[2]

این سامانه اندازه‌گیری از هر نوع (مکانیکی، الکتریکی) بسته به اهداف مورد نظر باید قادر به اندازه‌گیری فشار منفذی، تعیین تراز پیزومتری آب در تکیه‌گاه‌ها یا اندازه‌گیری فشار برکنش[3] در پی باشد و کلیه اجزای تشکیل دهنده آن باید مطابق با استانداردهای بین‌المللی، مورد تایید مهندس ناظر، تولید شده باشند. این سامانه باید دارای حداقل مشخصات زیر باشد:

- دمای کارکرد: در محدوده حداقل و حداکثر دمای ساختگاه،
- دامنه اندازه‌گیری: متناسب با محل نصب دستگاه،
- دقت: ۰/۵ درصد مقدار اندازه‌گیری شده،
- حساسیت: ۰/۱ درصد مقدار اندازه‌گیری شده،
- قابلیت تحمل اضافه بار: ۲۰۰ درصد،
- قابلیت جذب اضافه ولتاژ و جذب صاعقه.

۱۵-٤-۱۰- انبساط‌سنج (کشیدگی‌سنج)[4]

این سامانه باید قادر به اندازه‌گیری جابجایی طولی در توده سنگ یا بتن باشد و کلیه اجزای تشکیل دهنده این سامانه باید مطابق با استانداردهای بین‌المللی، مورد تایید مهندس ناظر، تولید شده باشند. این سامانه باید دارای حداقل مشخصات زیر باشد:

- دمای کارکرد: در محدوده حداقل و حداکثر دمای ساختگاه،

1- Crackmeter
2- Piezometer
3- Uplift
4- Extensometer

- دامنه اندازه‌گیری: ۱۰۰ ± میلی‌متر،
- دقت اندازه‌گیری: ۰/۵ میلی‌متر،
- حساسیت: ۰/۰۲ میلی‌متر.

فصل ۱۶

نگهداری در دوره تضمین

۱۶-۱- کلیات

در این فصل وظایف پیمانکار و نحوه همکاری مهندس ناظر و کارفرما در دوره تضمین شرح داده می‌شود. نگهداری و مراقبت از تاسیسات شامل قسمت‌های مختلف سد مثل آبگیرها، تخلیه‌کننده‌ها، تاسیسات آبرسانی، تونل‌ها، گالری‌ها، سرریزها، دریچه‌ها، آشغال‌گیرها، ابزار اندازه‌گیری دقیق، بازدید و بررسی وضعیت تراوش در تکیه‌گاه‌ها، بررسی طغیان‌ها و بازدید از کلیه قسمت‌های عمده سد و تاسیسات جنبی پس از طغیان، تهیه دستورالعمل‌های مختلف، برنامه‌های عملیاتی و... از موارد عمده وظایف پیمانکار می‌باشد، که با همکاری مهندس ناظر و کارفرما انجام می‌پذیرد.

۱۶-۲- تعاریف

عناوین و واژه‌های مورد استفاده در این فصل مطابق عناوین مندرج در فصل تعاریف (فصل دوم) می‌باشد. عناوینی مثل کارفرما، مهندس ناظر، پیمانکار، تحویل موقت، تحویل قطعی، رفع نواقص، دوره تضمین، صورت‌وضعیت قطعی و... که دراین فصل ذکر می‌شود، عینا بر تعاریف مندرج در شرایط عمومی پیمان منطبق می‌باشد.

۱۶-۳- مسوولیت‌ها و وظایف پیمانکار

آن دسته از نواقصی که مانع بهره‌برداری کامل و صحیح از طرح نبوده و با نظر مهندس ناظر و موافقت کارفرما تعیین شده باشند، می‌تواند در دوره تضمین رفع نقص گردد. در این خصوص تکمیل و رفع نقص نقشه‌های چون‌ساخت نیز ممکن است مد نظر قرار گیرد.

به طور کلی مسوولیت‌ها و وظایف پیمانکار در دوره تضمین عبارت از موارد زیر است، اما محدود به این نیست و حسب الزامات طرح و مشخصات فنی خصوصی ممکن است با نظر مهندس ناظر تکمیل شود:

۱۶-۳-۱- رفع نواقص

پیمانکار موظف است در دوره تضمین موارد زیر را انجام دهد:

- تعمیر و ترمیم قسمت‌هایی که در صورتجلسه تحویل موقت به عهده پیمانکار گذاشته شده است.
- جایگزین نمودن قطعات و قسمت‌های معیوب، به همان نحو که در صورتجلسه تحویل موقت قید گردیده است.
- رفع اشکالات و نواقص و در صورت لزوم جایگزین نمودن اتصالات و قطعات ابزارهای اندازه‌گیری دقیق، طبق مفاد صورتجلسه تحویل موقت
- رعایت مدت تعیین شده در صورتجلسه تحویل موقت برای کلیه کارهای پیش‌بینی شده
- اعلام انجام موارد رفع نقص به مهندس ناظر و کارفرما و پیگیری مراحل بازدید مجدد و اخذ گواهی رفع نقص

۱۶-۳-۲- نگهداری کارهای موضوع پیمان

وظایف پیمانکار در خصوص نگهداری کارهای موضوع پیمان عبارت است از:

- تعمیر و جایگزین کردن قطعات معیوب دستگاه‌های برقی و مکانیکی و همچنین رفع نقص از کلیه ساختمان‌ها و تاسیسات تحویل شده به کارفرما در دوره تضمین
- نگهداری، مراقبت و کنترل عملکرد تاسیسات و تجهیزات مختلف نظیر دریچه‌های آبگیری، دریچه‌های تخلیه‌کننده، آشغال‌گیرها، آسانسورها، جرثقیل‌ها و... در طول دوره تضمین و گزارش هر نوع نارسایی به مهندس ناظر و ارائه پیشنهادها، و راه‌حل‌های لازم جهت رفع این اشکالات. این گزارش‌ها پس از بررسی مهندس ناظر برای کارفرما ارسال خواهدشد.
- رفع نواقص و اشکالات ایجاد شده مندرج در فوق، بلافاصله پس از صدور دستورات مهندس ناظر و اعلام انجام آن، جهت بررسی و بازدید به مهندس ناظر
- بازدید مستمر از تونل‌ها، گالری‌ها، سرریزها، تاسیسات و تجهیزات مربوط، بررسی وضعیت تراوش‌ها به ویژه پس از هر طغیان و ارائه گزارش‌ها و پیشنهادهای لازم به مهندس ناظر و کارفرما
- تهیه دستورالعمل‌های نحوه کار و نگهداری دستگاه‌ها و تاسیسات مختلف و ارائه آن به مهندس ناظر و کارفرما
- برچیدن موانع و جمع‌آوری و خارج کردن هرنوع قطعات اضافی و یا خرد و ریزهایی که در اثر عملیات تعمیر و نگهداری ایجاد می‌گردد.

۱۶-۳-۳- تهیه نقشه‌های چون‌ساخت

پیمانکار باید فعالیت های زیر را برای تکمیل نقشه‌های چون‌ساخت بر اساس شرایط عمومی پیمان انجام دهد:

- جمع‌آوری اسناد، مدارک، دستورکارها و صورتجلسات تغییرات ضمن کار و همچنین کارهای انجام شده در دوره تضمین، درج تغییرات روی نقشه‌ها و ارسال آنها برای مهندس ناظر جهت تایید و تهیه آلبوم کامل نقشه‌های چون‌ساخت که مورد تایید مهندس ناظر قرار گرفته است. این نقشه‌ها که باید برای کارهای سیویل، معماری، تاسیسات برقی و مکانیکی، تجهیزات هیدرومکانیک و هیدروالکتریک و... به تفکیک تهیه و آلبوم گردد، در تهیه متره‌های قطعی برای صورت‌وضعیت قطعی و همچنین در دوره بهره‌برداری مورد استفاده قرار خواهد گرفت.
- تهیه و ارائه گزارش‌های فنی شامل محاسبات عملیات مربوط به تغییرات ضمن کار که منجر به تهیه نقشه‌های جدید چون‌ساخت شده است. این گزارش‌ها باید مورد تایید مهندس ناظر قرار گرفته باشد.
- ارائه آلبوم عکس‌های تهیه شده از روند عملیات اجرایی قسمت‌های مختلف طرح.

۱۶-۳-٤- مسوولیت‌های افراد و امکانات و تسهیلات لازم برای انجام آزمایش

نکات زیر باید از سوی پیمانکار در دوره تضمین رعایت شود:

- حضور و در دسترس بودن رییس کارگاه و نمایندگان تام‌الاختیار پیمانکار در تمام دوره تضمین.
- درخواست مجوزهای لازم از کارفرما برای حضور کارشناسان و نمایندگان خارجی سازنده‌ها، در صورت لزوم و همکاری با کارفرما دراین مورد.

- درخواست مجوزهای لازم از مراجع قانونی و محلی و ایجاد هماهنگی با ارگان‌های دولتی از طریق کارفرما برای عبـور از تاسیسات خاص
- انجام کلیه کارها و تهیه لوازم مورد نیاز آزمایش‌ها که طبق دستور مهندس ناظر و کارفرما اعلام می‌گردد
- ارسال نتایج آزمایش‌ها جهت مهندس ناظر و کارفرما
- اعلام ضرورت انجام بعضی از آزمایش‌ها و اندازه‌گیری‌ها به مهندس ناظر و تهیه وسایل و ابزار لازم و انجام آزمـایش‌هـا، پس از موافقت مهندس ناظر و کارفرما

۱۶-۳-۵- تهیه و تحویل قطعات یدکی دستگاه‌ها و تجهیزات

پیمانکار موظف است علاوه بر تهیه وتحویل قطعات یدکی مورد نیاز هر یک از دستگاه‌ها و تجهیزات به تفکیک، به همراه فهرست کامل قطعات، نقشه‌ها و دستورالعمل‌های نصب و جایگزینی قطعات،که در دوره ۵ ساله نخست بهره‌برداری مورد نیاز می‌باشد، به نمایندگان کارفرما، موارد زیر را نیز انجام دهد:

- تهیه دستورالعمل‌های نحوه بهره‌برداری و تعمیر دستگاه‌ها، با کمک سازنده‌ها و مهندس ناظر و تحویل آنها به نمایندگان معرفی شده کارفرما
- آموزش کارکنان معرفی شده کارفرما جهت بهره‌برداری درست از تاسیسات، تعمیرات و جایگزینی قطعات تعویض شده بـا همکاری مهندس ناظر
- تهیه دستورالعمل‌های ایمنی و هشداردهنده به همراه تصاویر و تابلوهای لازم و تحویل آنها بـه نماینـدگان معرفـی شـده کارفرما
- اخذ کلیه دستورالعمل‌های راهبری، نگهداری و تعمیرات از سازنده‌ها، ترجمه و تدوین آنها بـا همکـاری مهنـدس نـاظر و تحویل آنها به کارفرما برای استفاده در دوره بهره‌برداری

۱۶-۳-۶- آماده‌سازی کلیه کارهای مربوط به ساخت و نگهداری سد و تاسیسات جنبی برای تحویل قطعی

رعایت موارد زیر از سوی پیمانکار ضروری است:

- تمیز و آماده نگه داشتن کلیه معابر، راه‌های ارتباطی، سکوها، گالری‌ها و غیره به منظور بازرسی عملیات برای تحویل قطعی
- ارائه کلیه مدارک و نتایج کارها و آزمایش‌های انجام شده به مهندس ناظر و کارفرما
- ارائه نتایج و گزارش تحلیلی قرائت‌های دوره‌ای ابزارهای اندازه‌گیری به مهندس ناظر و کارفرما
- ارائه کلیه نقشه‌ها و جزییات تغییر یافته در دوره تضمین به همان نحوی که انجام شده است
- ارائه گزارش‌های تحلیلی از رویدادها و اتفاقات در طول دوره تضمین نظیر سیل، زلزله و... به همراه عکس‌ها و فیلم‌هـای آنها و سایر مستندات به مهندس ناظر و کارفرما
- برچیدن کلیه تاسیسات، ماشین‌آلات و لوازم متعلق به پیمانکار و حمل آنها به خارج از محل کارگاه با اخذ اجازه از کارفرما
- حمل و خارج نمودن کلیه مواد و مصالح باقی‌مانده در کارگاه که مورد نیاز کارفرما نمی‌باشد، با اخذ اجازه از کارفرما

- به حالت اولیه برگرداندن کلیه زمین‌ها و اماکنی که جهت اجرای عملیات مورد پیمان در اختیار او گذاشته شده است.
- تحویل کلیه تاسیسات و ماشین‌آلاتی که به منظور اجرای عملیات، توسط کارفرما در اختیار پیمانکار قرار گرفته است، به کارفرما. این تاسیسات و ماشین‌آلات باید بدون نقص بوده و پس از انجام تعمیرات لازم به کارفرما تحویل گردد.
- تخریب و برچیدن ساختمان‌های موقت و پیش‌ساخته و حمل آنها به خارج از کارگاه با اخذ اجازه از کارفرما و با هماهنگی مهندس ناظر و تسطیح و تمیز کردن محل آنها و سایر مستندات به مهندس ناظر و کارفرما

۱۶-۳-۷- درخواست تحویل قطعی

موارد زیر در مورد تحویل قطعی موضوع پیمان باید از جانب پیمانکار رعایت شود:

- درخواست تحویل قطعی عملیات موضوع پیمان از کارفرما، در پایان دوره تضمین و پس از انجام کلیه کارهایی که طبق مفاد پیمان و دستور کارهای داده شده بر عهده پیمانکار می‌باشد.
- تعیین و معرفی کارشناسان و متخصصان مورد نیاز در مراحل تحویل قطعی
- هماهنگی لازم با کارفرما و مهندس ناظر جهت تعیین تاریخ تحویل قطعی و فراهم کردن مقدمات آن
- حضور فعال پیمانکار به همراه کارشناسان و متخصصان درکلیه مراحل بررسی عملیات موضوع پیمان، طی مراحل تحویل قطعی به منظور ارائه راهنمایی‌های لازم و پاسخ به پرسشهای اعضای کمیسیون تحویل قطعی
- فراهم نمودن کلیه عوامل و وسایل و ابزار لازم برای انجام بررسی، قطع و وصل و راه‌اندازی دستگاه‌ها و سامانه‌هایی که جهت تحویل قطعی مورد نیاز اعضاء کمیسیون تحویل باشد

۱۶-۳-۸- تهیه و تنظیم صورت‌وضعیت قطعی

برای تهیه صورت‌وضعیت قطعی پیمانکار باید براساس شرایط عمومی پیمان عمل کند.

فصل ۱۷

تجهیزات هیدرومکانیکی، مکانیکی و الکتریکی

۱۷-۱- کلیات

این فصل از مشخصات فنی شامل الزاماتی است که، تحت شرایط عمومی پیمان، باید توسط پیمانکار، در مورد تجهیزات هیدرومکانیکی، مکانیکی و الکتریکی سدها رعایت شود. معیارهای انطباق با مشخصات و چگونگی اندازه‌گیری تطابق این تجهیزات با آن معیارها نیز در این فصل ذکر شده است. اگر چه برنامه زمان‌بندی عملیات طراحی، ساخت، حمل، نصب، راه‌اندازی و تحویل تجهیزات هیدرومکانیکی، مکانیکی و الکتریکی توسط پیمانکار تخصصی تهیه و ارائه می‌شود، اما این برنامه جزیی از زمان‌بندی اصلی پروژه خواهد بود و انطباق با آن و کنترل این بخش از پروژه از مسوولیت‌های پیمانکار اصلی خواهد بود. زمان‌بندی و روش‌های اجرایی این بخش از کار پیش از شروع کار باید توسط پیمانکار ارائه شود و تاییدیه مهندس ناظر را کسب کند.

ابزار و تجهیزات ویژه‌ای که اختصاصا برای هر طرح ممکن است ضرورت داشته باشد، در مشخصات فنی خصوصی یا دستورالعمل‌های مهندس ناظر ارائه خواهد شد.

۱۷-۱-۱- استانداردها، توصیه نامه‌ها، آیین‌نامه‌ها و...

استانداردها و کدهای مورد استفاده برای تجهیزات هیدرومکانیکی و الکتریکی سدها به‌طور عمده به قرار زیر است، اما فهرست زیر شامل تمام استانداردها نیست و با توجه به الزامات هر طرح و نظر طراح و سازنده تجهیزات ممکن است از استانداردهای دیگری نیز استفاده شود:

ANSI: موسسه استانداردهای ملی آمریکا (American National Standards Institute)

ASME: جامعه مهندسین مکانیک آمریکا (American Society of Mechanical Engineers)

ASTM: جامعه آمریکایی آزمایش و مواد و مصالح (American Society for Testing and Materials)

ISO: سازمان بین‌المللی استاندارد (International Organization of Standardization)

DIN: موسسه استاندارد آلمان (Deuteche Industrie Normen)

BS: استاندارد بریتانیا (British Standards)

AWS: جامعه جوشکاری آمریکا (American Welding Society)

USBR: اداره توسعه و عمران ایالات متحده (United States Bureau of Reclamation)

AISI: موسسه آهن و فولاد آمریکا (American Iron and Steel Institute)

AISC: موسسه فولادسازی آمریکا (American Institute of Steel Construction)

ACI: موسسه بتن آمریکا (American Concrete Institute)

CMAA: انجمن سازندگان جرثقیل آمریکا (Crane Manufacturers Association of America)

AGMA: انجمن سازندگان چرخ‌دنده آمریکا (American Gear Manufacturers Association)

AFBMA: انجمن سازندگان یاطاقان ضداصطکاکی(Anti-Friction Bearing Manufacturers Association)

SSPC: شورای رنگ‌کاری سازه‌های فولادی (Steel Structures Painting Council)

IEC: کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (International Electrotechnical Commission)

IEEE: موسسه مهندسین برق و الکترونیک (Institute of Electrical and Electronics Engineers)

NEMA: انجمن ملی سازندگان تجهیزات برقی (National Electrical Manufacturers Association)

NFPA: انجمن ملی حفاظت در برابر آتش سوزی (National Fire Protection Association)

در هر کجا از مشخصات فنی عمومی حاضر که به یکی از استانداردها و یا کدهای نام‌برده رجوع داده شده است، منظور آخرین چاپ مربوط در زمان طراحی تجهیزات همراه با سامانه‌های آنها می‌باشد.

در صورت تایید نماینده کارفرما استفاده از استانداردهایی که حداقل معادل با یکی از استانداردهای مذکور باشد، بلامانع خواهد بود. دراین موارد پیمانکار باید استاندارد یا استانداردهای مورد نظر خود را همراه با دلایلی کافی مبنی بر معادل بودن استاندارد از جنبه‌های مهم و اساسی با استانداردهای پیش گفته، به صورت کتبی به کارفرما ارائه نماید.

اگر متن مشخصات فنی عمومی دریک یا چند مورد با استانداردهای اشاره شده در تعارض باشد، مشخصات فنی ارجحیت خواهد داشت.

۱۷-۱-۲- واحدهای اندازه‌گیری

واحدهای اندازه‌گیری باید براساس «سامانه بین‌المللی واحدها» (SI یا متریک) باشد. در تهیه کلیه نقشه‌ها، محاسبات و دستورالعمل‌های فنی باید از واحدهای سامانه متریک استفاده شود. اگر برخی از تجهیزات با سامانه انگلیسی از لحاظ واحدهای اندازه‌گیری تطبیق نماید، تا آنجا که ممکن است باید مقادیر مربوطه به نزدیکترین مقادیر در سامانه متریک تبدیل شود.

پیمانکار می‌تواند برای سهولت کار خود، واحدهای سامانه انگلیسی را نیز در داخل علامت [ ] به کار برد. واحدهای اندازه‌گیری سامانه متریک و اختصارات مربوطه به‌طور عمده به شرح مندرج در جدول (۱۷-۱) مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

۱۷-۱-۳- بسته‌بندی

تمامی تجهیزات باید به دقت بسته‌بندی گردند، به طوری که ضمن حمل و نقل از طریق خشکی و دریا تحت شرایط آب و هوایی متفاوت از جمله رطوبت زیاد، هیچ‌گونه صدمه‌ای نبیند. تجهیزات الکتریکی باید به‌طور کامل در مقابل رطوبت و زنگ‌زدگی ناشی از بارندگی و نیز آب شور محافظت شود. تجهیزات و قطعاتی که قابل بسته‌بندی نمی‌باشد نیز باید به نحو مشابهی محافظت گردد.

سطوح ماشین‌کاری شده و قطعاتی که در بتن کار گذاشته می‌شود، باید قبل از حمل به نحو مناسبی در مقابل اثرات جوی حفاظت شود.

قطعات یدکی ماشین‌آلات و تجهیزات باید به نحوی بسته‌بندی شود که برای نگهداری دراز مدت مناسب باشد و آن قطعاتی که نیاز به حفاظت در مقابل زنگ‌زدگی دارد باید قبل از بسته‌بندی با ماده ضدزنگ مناسبی پوشانده شود.

قطعات یدکی باید به‌طور مجزا از سایر اقلام تجهیزات بسته‌بندی گردد؛ به ویژه دقت گردد، که این قطعات همراه با ابزار و لوازم نصب بسته‌بندی شود. روی بسته‌ها یا جعبه‌های محتوی قطعات یدکی باید برچسب‌هایی الصاق گردد که به روشنی نشان دهد، محتویات آن قطعات یدکی می‌باشد و همچنین روی این برچسب‌ها دستورالعمل انبار کردن و نگهداری این قطعات ذکر شود.

جدول ۱۷-۱- واحدهای سامانه متریک و علایم اختصاری آنها

کمیت	واحد	نشانه
جرم	کیلوگرم– تن	Kg - t
نیرو– وزن	نیوتن– کیلونیوتن	N- KN
درجه حرارت	درجه سانتی‌گراد	oC
طول	میلی‌متر– متر	mm-m
سطح	متر مربع	m^2
حجم	لیتر	L
	مترمکعب	m^3
فشار یا تنش	نیوتن برمترمربع (پاسکال)	N/m^2 (pa)
جرم مخصوص	کیلوگرم بر متر مکعب	Kg/m^3
مقاومت به ضربه	ژول	J
گشتاور	نیوتن – متر	N-m
توان	وات – کیلووات	W-Kw
مقاومت الکتریکی	اهم	Ω
پتانسیل الکتریکی	ولت	V
جریان الکتریکی	آمپر	A
فرکانس	هرتز	Hz
گشتاور ماند	کیلوگرم– مترمربع	$Kg - m^2$
زمان	ثانیه	S
	دقیقه	min
	ساعت	h
	روز	d
بده	لیتر بر ثانیه	L/Sec

۱۷-۱-٤- انبار کردن و حمل و نقل

۱۷-۱-٤-۱- انبار کردن

به‌طورکلی نحوه انبارکردن تجهیزات و شرایط نگهداری آنها باید به‌گونه‌ای باشد که تا زمان نصب هیچ‌گونه تغییری در کیفیت و مشخصات مربوط رخ نداده باشد. جهت حصول این امر مواردی به شرح زیر باید رعایت شود:

- حداکثر دو سری بسته یا قطعه روی هم قرار گیرد و درحد فاصل آنها و کف انبار از الوارهای چوبی یا قطعات پلاستیکی به مقدار مناسب و با ضخامت کافی استفاده گردد، تا از اعمال فشار زیاد به قطعه پایینی و یا تغییر شکل قطعه بالایی در اثر وزن خود جلوگیری به عمل آید.
- دریچه‌ها باید به نحوی در انبار نگهداری شود که از اعمال فشار روی لاستیک‌های آب‌بند اجتناب شود. همچنین این آب‌بندها باید به نحو مناسبی پوشانده یا حفاظت شود تا از صدمه دیدن به واسطه شرایط آب و هوایی محیط و نیز

پرتوهای خورشیدی مصون بماند. چرخ‌ها و غلتک‌ها باید با حفاظ مناسبی پوشانده شود تا از نفوذ گـرد و غبـار بـه محـور چرخنده و در نتیجه گریپاژ آنها جلوگیری شود.

- قطعات فاقد آستر محافظ، باید توسط ماده ضد زنگ برای انبارداری بلندمدت پوشش داده شود (حداقل برای مدت ۶ ماه).
- قطعات مکانیکی حساس و تجهیزات برقی و الکتریکی و ابزار دقیق باید در بسته‌بندی خود همراه بـا کیسـه‌هـای حـاوی مواد جاذب رطوبت درون صندوق‌های بدون درز (معمولا دارای حفاظ آلومینیمی) یا کابین‌های استاندارد نگهداری شود.
- به‌طورکلی برای انبارداری، حمل و چیدن قطعات و بسته‌ها از نمودارهای گرافیکی بین‌المللی مطابق اسـتاندارد ISO 780 استفاده شود.
- دستورالعمل‌های سازنده در مورد نگهداری و انبار نمودن تجهیزات و قطعات مربوط باید به دقت رعایت شود.

۱۷-۱-٤-۲- جابجایی و حمل و نقل

قبل از مبادرت به جابجایی تجهیزات یا قطعات باید از سالم بودن کابل‌های فولادی، قلاب‌ها و اتصالات مربوط اطمینان حاصل شود و مدارک تایید کننده در این خصوص به نماینده کارفرما ارائه شده و به تایید وی برسد.

برای جابجایی تجهیزات باید از اپراتور ماهر که آموزش‌های لازم را دیده باشد، استفاده شود.

بلند کردن قطعات باید با توجه به مرکز ثقل آنها صورت گیرد، تا تعادل قطعه در حین حمل حفظ گردد و موجب بروز خطرات احتمالی نشود. همچنین قطعات باید به‌طور عمودی برداشته و حمل شود و از برداشتن آنها به صورت مایل اجتناب شود.

در هنگام جابجایی قطعات و تجهیزات مسیر انتقال آنها هرگز از بالای سر کارکنان کارگاه عبور نکند.

نحوه بالابری و زوایای مربوط، با توجه به محدودیت فضای کاری و محل استقرار تجهیزات بالابرنده تعیین می‌شود؛ ولی باید بررسی و توجه شود که در اثر افزایش زاویه کابل‌ها، تغییر فرم در قطعه به وجود نیاید و در صورت وجود این احتمال از چفت و بست‌های[1] مناسب استفاده گردد.

در حین حمل و نقل باید از تثبیت کامل قطعات یا بسته‌ها اطمینان حاصل گردد. قبل از اقدام به حمل با توجه به محدودیت‌های وزنی و ابعادی ملاحظات راه‌داری مربوط باید مورد نظر قرار گیرد و با توجه به تعاریف بارهای ترافیکی شامل: ترافیکی معمولی، ترافیکی یک اسکورته، ترافیکی دو اسکورته، ترافیکی دو اسکورته با بیس، ترافیکی دو اسکورته با بیس با تغییر مسیر، ضمن هماهنگی با وزارت راه تمهیدات لازم در نظر گرفته شود.

قطعات باید به‌گونه‌ای روی کفی قرار گیرد که مرکز ثقل آنها بر محور تقارن طولی ماشین منطبق باشد و در صورت بزرگ‌تر بودن عرض قطعه از عرض کفی، به‌طور قرینه از دو طرف آن بیرون زدگی داشته باشد. قطعات حساس به نور آفتاب، رطوبت و گرد و غبار باید توسط کانتینرهای مخصوص حمل شود.

از چیدن بیش از دو سری قطعه یا بسته روی هم در حین حمل و نقل باید اجتناب شود.

1- Jics & Fixtures

برای جلوگیری از صدمه دیدن لبه ورق‌ها یا پوشش قطعات توسط کابل فولادی، به هنگام تثبیت قطعه، حتما از واسطه‌ای چوبی یا پلاستیکی استفاده شود.

برای قطعات و تجهیزات حساس به ضربه و قطعاتی که باید به آهستگی حمل شوند، تا در اثر جابجایی صدمه نبینند، لازم است از کفی‌های مخصوص که دارای سامانه‌های تعلیق هیدرولیکی روغنی یا بادی[1] هستند و مانع انتقال بار به قطعه می‌گردند، استفاده شود.

۱۷-۱-۵- پلاک‌ها و برچسب‌ها

کلیه دستگاه‌ها و تجهیزات باید دارای پلاک و یا برچسب مناسب باشند که به‌طور دائمی روی آنها نصب شود. این پلاک‌ها و برچسب‌ها شامل پلاک مشخصات اصلی، راهنمای کار و بهره‌برداری، علایم هشداردهنده و غیره می‌باشد.

پلاک‌ها و برچسب‌ها باید به هر دو زبان فارسی و انگلیسی باشد. حروف به رنگ مشکی در زمینه سفید خواهد بود، به جز در مورد علایم هشداردهنده که باید به رنگ قرمز در زمینه سفید نوشته شود.

پلاک و برچسب‌هایی که در محیط بیرون نصب می‌شود باید از جنس فولاد ضدزنگ باشد و آنهایی که در اطاق یا سالن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، می‌تواند از جنس پلاستیک باشد. پلاک و برچسب‌هایی که روی تجهیزات مشابه نصب می‌شود، از نظر اندازه و شکل ظاهری نیز باید مشابه باشد.

شکل و محتویات پلاک‌ها باید قبلا به تایید نماینده کارفرما برسد. این محتویات به‌طور کلی تمام یا بخشی از موارد زیر را شامل خواهد گردید، ولی هر گونه اطلاعات لازم دیگر نیز باید ذکر شود:

- نام و نشانی سازنده
- شرح دستگاه یا تجهیزات
- تاریخ ساخت
- ظرفیت
- توان نامی
- فشار کار یا طراحی
- سرعت
- ولتاژ حداکثر
- جریان الکتریکی حداکثر
- فرکانس
- شماره سریال
- رتبه[2] دقت

1- Pneumatic
2- Accuracy Class

- درجه حفاظت
- محدوده اندازه‌گیری

در مورد قسمت‌هایی از تجهیزات که به صورت مستقل توسط سازندگان غیرایرانی ساخته می‌شود، نصب برچسب یا پلاک به زبان انگلیسی کافی خواهد بود.

۱۷-۱-٦- روغن کاری

پیمانکار باید قبل از راه اندازی تجهیزات، فهرستی از روغن‌ها و گریس‌های مورد نیاز برای هر یک از تجهیزات را جهت بررسی و تایید به کارفرما ارائه نماید. این فهرست باید به نحوی تهیه شود، که تا حد ممکن از مواد روانکاری که تولید داخل کشور باشد، استفاده گردد.

تهیه اولین شارژ روغن یا گریس به اضافه ده درصد این مقدار به عهده پیمانکار می‌باشد. علاوه بر آن روغن لازم برای تمیز کردن سامانه در ابتدای راه‌اندازی نیز باید توسط پیمانکار تامین شود. تمیز کردن سامانه روغن و لوله‌های مربوطه باید بر طبق استاندارد ASME LOS-5C1 «توصیه‌های عملی برای تمیز کاری سامانه روغن برای روغنکاری و کنترل تجهیزات هیدروالکتریک» انجام گیرد. سامانه روغنکاری تجهیزات باید به نحوی طراحی شود، که حداقل تنوع در استفاده از روغن و گریس را شامل گردد.

نقاط روغنکاری تجهیزات باید به آسانی در دسترس باشد. روغنکاری قسمت‌هایی از تجهیزات که متحرک می‌باشد باید از خارج از حفاظ ایمنی آنها صورت گیرد.

۱۷-۱-۷- قطعات یدکی

به همراه هر یک از اقلام تجهیزات، قطعات یدکی برای ۵ سال بهره‌برداری، باید تحویل کارفرما شود. فهرست این قطعات در مشخصات فنی خصوصی آورده می‌شود. همچنین لازم است پیمانکار فهرست قطعات یدکی برای ده سال بهره‌برداری را تهیه و به کارفرما ارائه نماید، تا به انتخاب و هزینه خود آنها را درخواست نماید.

قطعات یدکی باید حداقل دارای کیفیتی معادل با قطعات اصلی بوده و با آنها قابل جایگزینی باشد.

۱۷-۲- تعاریف

به فصل دوم از این مشخصات فنی عمومی مراجعه شود.

۱۷-۳- طراحی سازنده

۱۷-۳-۱- نکات کلی

پیمانکار قبل از ساخت تجهیزات اقدام به طراحی تفصیلی می‌نماید، به طوری که بر اساس آن بتواند تجهیزات مورد نیاز را به بهترین وجه ساخته و نصب نماید. این طراحی به‌طورکلی باید ویژگی‌هایی به شرح زیر را دارا باشد:

طراحی باید به‌گونه‌ای باشد که بازرسی، تعمیر، تمیزکاری و نگهداری تجهیزات به سهولت ممکن باشد. دراثر نوسانات شدید بار و یا تغذیه الکتریکی نباید خللی در عملکرد صحیح تجهیزات به وجود آید. تمهیدات لازم از جهت تامین ایمنی عملکرد تجهیزات باید در طراحی منظور گردد. کلیه قطعات مشابه به کار رفته در تجهیزات تا حد ممکن باید قابل تعویض با یکدیگر باشد، به نحوی که تعویض قطعات یدکی به سرعت و سهولت انجام شود. به ویژه کلیه یاطاقان‌ها، بوش‌ها، شیرهای کنترل، فلانج‌ها، پیچ و مهره‌ها، موتورهای الکتریکی، جریان‌سنج‌ها، ابزار دقیق، رله‌ها، لامپ‌های هشدار دهنده، کاسه نمدها، واشرها و... باید تا آن جا که میسر باشد، قابل تعویض و جایگزینی با یکدیگر باشند، ولی هرگز این مطلب نباید برای سازنده محدودیت ایجاد نماید.

کلیه تجهیزات و سازه‌های تکیه‌گاه مربوط باید به منظور مقاومت در مقابل زلزله نیز طراحی شوند.

۱۷-۳-۲- اطلاعات پایه برای طراحی

اطلاعات پایه برای طراحی هر یک از تجهیزات در مشخصات خصوصی مربوط به آنها ارائه می‌شود. این اطلاعات شامل شرایط هیدرولیکی مخزن سد، پایاب، جریان عبوری، شرایط اقلیمی و غیره می‌باشد.

۱۷-۳-۳- مراجع طراحی

مراجع طراحی تجهیزات هیدرومکانیکی و الکتریکی به‌طورکلی به قرار زیر می‌باشد. در هنگام طراحی باید از آخرین چاپ هر یک از این مراجع استفاده شود. مراجع معادل دیگری که مورد تایید مهندس ناظر و کارفرما باشد نیز قابل قبول می‌باشند:

ASTM- Materials Specifications (مشخصات مواد)

AISC – Manual (دستورالعمل)

AWS D1.1- Structural Welding Code (آیین‌نامه جوشکاری سازه‌ها)

ACI 318- Building Code Requirements for Reinforced Concrete
(الزامات مربوطه به بتن مسلح در آیین‌نامه ساختمان)

CMAA Specification No.70 Specification for Electric Overhead Travelling Cranes
(مشخصات فنی جرثقیل‌های سقفی متحرک برقی)

AGMA 420.04 Practice for Enclosed Speed Reducers or Increasers Using spur, Hellical, Herringbon and Bevel Gears (استاندارد تجربی جعبه دنده‌های کاهنده یا افزاینده با دنده‌های معمولی،هلیس، مارپیچی و مخروطی)

ASME /ANSI B30.2. Safety Standards for overhead and Gantry Cranes
(استانداردهای ایمنی جرثقیل‌های سقفی و پایه‌دار)

ASME/ANSI B 30.16 Safety Standards for overhead Hoists (Underhung)
[استانداردهای ایمنی بالابرهای سقفی (آویز)]

HMI 100 Safety Standard for Electric Wire Rope hoist (استاندارد ایمنی بالابرهای الکتریکی سیم بکسلی)

AISE No.7. Specification for Design of ladle Hooks (مشخصات طراحی چنگک‌های چمچه‌ای)

IEC. Electrical Safety Standards (استانداردهای ایمنی الکتریکی)

SSPC Painting Specifications(مشخصات رنگ‌کاری)

(هندبوک هیدرولیک کاربردی تالیف دیویس) Handbook of Applied Hydraulics by. C.V. Davis

Formulas for stress and strain by Raymond j Roark and Warrem C. Young

(فرمول‌های تنش و کرنش تالیف ریموند رآرک، وارم سی یانگ)

۱۷-۳-٤- بارگذاری

در طراحی تجهیزات اثر بارگذاری در حالت‌های مختلف که به‌طور کلی شامل موارد زیر می‌باشد، باید در نظر گرفته شود:

۱۷-۳-٤-۱- تجهیزات هیدرومکانیکی (به‌غیر از لوله و پوشش فولادی تحت فشار)

- بار هیدرواستاتیک آب روی دریچه یا شیر در حالت بسته و رقوم نرمال آب (مخزن یا پایاب)
- بار هیدرواستاتیک آب روی دریچه یا شیر در حالت بسته و رقوم متناظر با سیلاب طراحی(مخزن یا پایاب بسته به مورد)
- وزن خود تجهیزات (دریچه، جرثقیل، بالابر، شیر و...)
- نیروهای اصطکاکی در چرخ‌ها، غلتک‌ها و آب‌بندها در رقوم نرمال آب (درحالت سکون و حرکت)
- نیروهای اصطکاکی در چرخ‌ها، غلتک‌ها و آب‌بندها در رقوم متناظر با سیلاب طراحی (در حالت سکون و حرکت)
- نیروهای اصطکاکی در حرکات کشویی و لغزشی روی ریل‌های هدایت کننده
- نیروهایی که در هنگام گیر کردن و توقف اجباری حرکت شیر یا دریچه وارد می‌شود
- نیروی باد روی دریچه یا جرثقیل ناشی از سرعت باد طراحی در نامناسب‌ترین جهت وزش آن
- نیروی ضربه به میزان ۳۰ درصد برای تجهیزات (به طور عمومی)
- نیروی ضربه به میزان ۱۰۰ درصد برای طراحی لوازم قفل کننده دریچه یا شیر
- نیروی وارده به دریچه یا شیر در حالت نیمه باز در رقوم آب مابین رقوم نرمال و حداکثر
- بارجانبی وارده به غلتک‌ها یا ریل‌های راهنمای دریچه به میزان ۱۰ درصد
- بار ناشی از زلزله روی تجهیزات به تنهایی و نیز توام با اثر هیدرودینامیک آب
- بارهای ناشی از آب نفوذی مابین بتن و سازه‌های فلزی
- نیروی وارده از طرف بالابر هیدرولیکی به هنگام بسته بودن کامل دریچه در صورت عمل نکردن سامانه قطع فشار هیدرولیک
- نیروی وارده از طرف بتن به هنگام انجام عملیات بتن‌ریزی قطعات مدفون

۱۷-۳-٤-۲- لوله و پوشش فولادی تحت فشار

لوله‌ها و پوشش‌های فولادی باید در مقابل بارهای طراحی زیر چه به تنهایی و چه همراه با بتن اطراف آنها، مقاومت نمایند:

- بار ناشی از فشار هیدرواستاتیک داخلی متناظر با رقوم حداکثر و رقوم استثنایی آب مخزن
- بار ناشی از فشار خارجی هنگامی که لوله خالی و رقوم دریاچه سد حداکثر است.
- بار ناشی از وزن لوله یا پوشش فولادی همراه با وزن آب در فاصله مابین دو تکیه‌گاه

- بار ناشی از تزریق بتن در فاصله خالی مابین لوله و بتن اطراف آن
- بار ناشی از تزریق تحکیمی بتن اطراف لوله یا پوشش فولادی
- نیروهای وارده در ضمن نصب و بتن‌ریزی شامل وزن لوله مابین دو تکیه‌گاه و نیروی شناوری بتن به هنگام بتن‌ریزی اطراف لوله.
- نیروهای ناشی از زلزله روی لوله به تنهایی و نیز توام با اثر هیدرودینامیک آب
- نیروهای ناشی از افزایش فشار به علت وقوع پدیده ضربه قوچ

۱۷-۳-۵- معیارهای طراحی در برابر زلزله

طراحی تفصیلی تجهیزات مکانیکی و الکتریکی به منظور مقاومت در برابر زلزله باید براساس الزامات NEHRP[1] و نیز حداقل الزامات ذکر شده در نشریه شماره ۸۲ آیین‌نامه ساختمانی ایران تحت عنوان آیین‌نامه (طرح ساختمان‌ها در برابر زلزله « به زبان انگلیسی»، سال ۱۳۶۷) باشد. در مورد تجهیزاتی که در معرض فشار آب می‌باشد، منوگراف شماره ۱۱ USBR[2] ملاک می‌باشد.

اگر ملاک دیگری در مشخصات فنی خصوصی ذکر نشده باشد، به عنوان حداقل الزامات باید از نشریه شماره ۲۸۰۰ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ایران تحت عنوان «آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله» استفاده شود. نیروها و حرکات ناشی از زلزله به عنوان بارهای استثنایی در نظر گرفته شده و تنها در شرایط عملکرد عادی تجهیزات قابل اعمال می‌باشد. این نیروها به‌طور همزمان با بارگذاری‌های غیرعادی دیگر منظور نمی‌شوند. در طراحی پایه‌های نگهدارنده، مهارها، تنش‌های مجاز برای حالت‌های بارگذاری استثنایی محدود به ۸۰ درصد حد الاستیک ماده می‌گردد. این تنش برای سایر اجزای تجهیزات مطابق با استانداردهای مربوط می‌باشد.

طراحی تفصیلی تجهیزات مکانیکی و الکتریکی و سامانه‌های مربوط براساس NEHRP و برمبنای ضرائب زلزله DBL[3] انجام خواهد شد.

طراحی دریچه‌ها، شیرها، قطعات مدفون و پوشش‌های فولادی براساس منوگراف شماره ۱۱ از USBR صورت می‌گیرد. برمبنای این نشریه، بار ناشی از زلزله تنها در ترکیب با شرایط عادی بهره‌برداری به حساب آمده و در حالت بارگذاری‌های غیرعادی دخیل نمی‌باشد. در این شرایط تنش مجاز نباید از مقادیر زیر تجاوز نماید:

- برای DBL: ۸۰ درصد حد الاستیک ماده
- برای MDL[4]: ۹۵ درصد حد الاستیک ماده

1- National Earthquake Hazards Reduction Program
2- Hydrodynamic Pressure on Dams to Horizontal Earthquake Effects
3- Design Basis Level
4- Maximum Design Level

۱۷-۳-٦- تنش‌های مجاز

در طراحی هر یک از قسمت‌های تجهیزات هیدرومکانیکی سد، تنش مورد محاسبه باید با مقادیر تنش مجاز به شرح زیر مقایسه شود (کم‌تر از مقدار مجاز باشد):

۱۷-۳-٦-۱- اجزای مکانیکی

در اجزای مکانیکی دریچه‌ها، شیرها، جرثقیل‌ها و بالابرها حداکثر تنش نباید از مقادیر مندرج در ملاک‌های زیر تجاوز نماید:

- برای جرثقیل‌ها و طناب‌های فولادی، تنش‌های مجاز مذکور در CMAA No.70 و برای قلاب‌ها براساس AISE No.7 ضریب اطمینان در طراحی طناب‌های فولادی در شرایط عادی بارگذاری نباید از ۵ کم‌تر باشد. در بارگذاری استثنایی، نیروی وارد بر طناب نباید از ۶۰ درصد مقاومت گسیختگی طناب برای حالت تک وینچی و از ۸۰ درصد این مقدار برای حالت دو وینچی بالاتر باشد.
- در مورد سایر تجهیزات، تنش‌های طراحی نباید از ۳۳ درصد مقاومت تسلیم ماده و یا از ۲۰ درصد مقاومت نهایی ماده تجاوز نماید (در بارگذاری عادی). در بارگذاری استثنایی مقادیر تنش می‌تواند تا ۳۳ درصد بالاتر از تنش‌های مجاز در بارگذاری عادی، افزایش داده شود، مشروط بر این که بازهم از ۸۰ درصد حداقل مقاومت تسلیم ماده بیش‌تر نشود.

۱۷-۳-٦-۲- اجزای سازه‌ای

در سازه‌های فولادی تجهیزات هیدرومکانیکی، منجمله پوشش‌های فولادی، تنش مجاز طراحی نباید بیش از ۹۰ درصد مقادیر ذکر شده در استاندارد AISC باشد. در مورد سازه‌های فولادی جرثقیل‌ها و بالابرها CMAA No.70 حاکم خواهد بود.

در مورد اجزای سازه‌ای نیز به‌طورکلی در حالت بارگذاری استثنایی، مقادیر تنش می‌تواند تا ۱۳۳ درصد تنش مجاز در بارگذاری عادی بالا رود، به شرط این که از ۸۰ درصد تنش تسلیم حداقل ماده تجاوز ننماید.

۱۷-۳-٦-۳- اتصالات

در اتصالات جوشی، تنش مجاز نباید از ۹۰ درصد مقادیر ذکر شده در AWS D.1.1 بیش‌تر باشد، و همچنین این تنش نباید از تنش مجاز در نظر گرفته شده برای فلز پایه فراتر رود. در اتصالات پیچ و مهره‌ای، بار وارده نباید بیش از ۹۰ درصد مقادیر مجاز در استاندارد AISC(دربارگذاری عادی) باشد. در حالت بارگذاری استثنایی، این مقدار را می‌توان تا ۲۵ درصد افزایش داد، ولی به هیچ وجه نباید از ۸۰ درصد حداقل تنش تسلیم ماده بیش‌تر شود.

برای محاسبه تنش مجاز ترکیبی فرمول زیر باید به کار برده شود:

$$\sigma_c = (\sigma x^2 + \sigma y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2)^{\frac{1}{2}}$$

حداکثر تغییر شکل دریچه‌ها در شرایط بارگذاری عادی $\frac{۱}{۸۰۰}$ فاصله چرخ‌های طرفین دریچه و یا نصف میزان مجاز تغییر شکل الاستیک آب‌بند می‌باشد (هر کدام کم‌تر باشد). در مورد جرثقیل‌ها، حداکثر تغییر شکل پل جرثقیل در آزمایش تحت بار نباید بیش از $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ دهانه جرثقیل باشد.

۱۷-۳-۷- اسناد و مدارک طراحی

پیمانکار باید در طول دوره پیمان اسناد و مدارک مختلفی را که به شرح زیر می‌باشد، تهیه و به کارفرما ارائه نماید. این اسناد به زبان انگلیسی و در مواردی که مشخص گردیده است، به دو زبان فارسی و انگلیسی باید تهیه شود:

۱۷-۳-۷-۱- محاسبات

محاسبات طراحی باید به تفصیل ارائه شود، به طوری که نشان‌دهنده کلیه پارامترهای طراحی، مراجع، مشخصات مواد، تنش‌های مجاز و غیره باشد. همچنین این محاسبات باید در تطابق کامل با نقشه‌های تجهیزات که توسط پیمانکار تهیه می‌شود، باشد.

محاسبات به ویژه در برگیرنده موارد زیر خواهد بود:

- آنالیز شرایط بارگذاری عادی و استثنایی
- تعیین نیروهای وارده از سوی تجهیزات بر سازه‌های سیویل
- آنالیز نیروهای برکنش و پایین برنده هیدرولیکی روی دریچه‌ها و شیرها
- تعیین نیروهای لازم برای باز کردن و بستن اضطراری دریچه‌ها و شیرها
- آنالیز صفحه پوششی دریچه‌ها
- تعیین اندازه و فواصل تیرهای اصلی و فرعی
- تعیین اندازه چرخ‌ها یا غلتک‌ها و فواصل آنها
- تعیین ابعاد و پروفیل ریل‌های هادی و مسیر چرخ دریچه‌ها
- آنالیز نیروهای وارده روی قطعات مدفون و تعیین اندازه میل مهارها
- تعیین اندازه و ارائه ملاک انتخاب تجهیزات مکانیکی، بالابرها، سیلندرهای هیدرولیک، سامانه مولد فشار هیدرولیک، محورها، پیچ و مهره‌ها و غیره
- تعیین ضخامت تقویت کننده‌ها و تکیه‌گاه‌های لوله‌ها و پوشش‌های فولادی
- محاسبات جوش
- محاسبات مربوط به تجهیزات الکتریکی مانند تابلوهای فشار ضعیف، کابل‌ها و سایر تاسیسات الکتریکی

۱۷-۳-۷-۲- نقشه‌ها

نقشه‌ها شامل مجموعه‌های مونتاژ شده هر کدام از تجهیزات، مونتاژهای فرعی، نقشه‌های جزییات ساختمانی، نقشه‌های جانمایی تجهیزات، دیاگرام‌های هیدرولیکی و الکتریکی و سایر نقشه‌هایی می‌باشد که نشان دهنده طراحی تجهیزات بر اساس مشخصات فنی مدارک پیمان و عملکرد صحیح و مطمئن آنها بر اساس‌نیازهای طرح هستند.

ارائه نقشه‌ها باید براساس برنامه‌ای که به تایید کارفرما رسیده باشد، صورت گیرد. نقشه‌ها به‌طور عمده موارد زیر را شامل می‌گردد:

- نقشه‌های ساخت و مونتاژ
- نقشه‌های کامل سیم‌کشی و کابل‌کشی برای تجهیزات الکتریکی

- نقشه‌های شماتیک برای نشان دادن اتصال مابین اجزای مختلف تجهیزات یا سامانه‌ها
- نقشه‌های استقرار تجهیزات در مجاری آب گذر
- نقشه‌های قطعات مدفون در بتن
- نقشه‌های مدارهای فرمان و قدرت تابلوهای فشار ضعیف توزیع، روشنایی و تابلوهای اختصاصی تجهیزات
- نقشه‌های مونتاژ، ترمینال‌ها، جانمایی تابلوها و سامانه روشنایی داخلی و خارجی اتاق کنترل و سایر نقشه‌های مربوط به تجهیزات الکتریکی
- هر نوع نقشه و یا اطلاعات تکمیلی که برای انطباق نقشه‌های تجهیزات با نیازهای طرح لازم بوده و از طرف کارفرما درخواست شود.

هر نقشه باید دارای بلوک عنوان مشابه با عناوین نقشه‌های منضم به اسناد پیمان باشد. مشخصات کامل این بلوک باید از طرف پیمانکار قبلا ارائه گردد و به تصویب کارفرما برسد.

نقشه‌ها باید مطابق با استاندارد IEC/ISO و دارای مقیاس منطقی باشد. اعداد و نوشته‌ها به زبان انگلیسی و علایم مورد استفاده در نقشه‌ها براساس استاندارد IEC/ISO باشد.

اندازه نقشه‌ها باید با استاندارد ISO مطابقت نماید. نقشه‌های نهایی تجهیزات باید به نحوی ارائه شود که تهیه میکروفیلم از آنها به سادگی امکان‌پذیر باشد. در نقشه‌هایی که بر لوح رایانه‌ای تحویل می‌شود، موارد فوق باید رعایت شود.

۱۷-٤- ساخت

۱۷-٤-۱- مواد و مصالح

۱۷-٤-۱-۱- نکات کلی

مواد و مصالح مورد استفاده در ساخت تجهیزات باید با آخرین چاپ از استانداردهای ASTM, ANSI و یا معادل آنها مطابقت نماید. استانداردهای معادل باید در فهرست مواد مربوط به هرکدام از تجهیزات ذکر شود.

انتخاب مواد باید به طریقی صورت گیرد که ضمن رعایت مشخصات فنی مورد نیاز، تجهیزات ساخته شده کم‌ترین وزن ممکن را دارا باشد، مگردر مواردی که وزن اضافی به منظور اطمینان از بسته شدن دریچه یا شیر مورد نیاز باشد.

۱۷-٤-۱-۲- مواد ریخته‌گری شده

مواد مختلف ریخته‌گری شده باید مطابق استانداردهای زیر باشد:

- چدن — ASTM A48 - Class30 یا مرغوب‌تر
- فولاد ریختگی — ASTM A27 Grade 65-35 یا مرغوب‌تر
- فولاد زنگ‌نزن ریختگی — ASTM (با مشخصات مورد تایید کارفرما)

مواد ریخته‌گری شده باید دارای کیفیت یکنواخت بوده و عاری از هر نوع تخلخل،حباب هوا (مُک)[1]، ترک، نقاط سخت شده، اثرات انقباض و نقایص ظاهری باشد. سطوحی از قطعات ریخته‌گری شده که عملیات ماشین‌کاری روی آنها انجام نمی‌شود، نباید دارای هیچ‌گونه عیوب ریخته‌گری مانند برآمدگی، حفره، حالت لانه زنبوری و غیره باشد. این سطوح پس از ریخته‌گری باید به‌طور کامل تمیز شود.

تعمیر قطعات ریخته‌گری شده چه توسط جوشکاری و یا روش‌های دیگر، بدون اخذ اجازه کتبی کارفرما مجاز نمی‌باشد. در چنین مواردی روش تعمیر باید به‌طور کامل مدون و مستند گردیده و پس از تایید کارفرما به مورد اجرا گذاشته شود. این قطعات قبل از تعمیر، ضمن تعمیر و پس از آن توسط کارفرما بازدید خواهد شد. قطعات ریختگی مربوط به اجزای اصلی تجهیزات هیدرومکانیکی که مستقیما تحت تاثیر فشار هیدرواستاتیک می‌باشد، مورد بازرسی نماینده کارفرما قرار خواهد گرفت.

پس از انجام عملیات حرارتی (سخت کاری، نرمالیزه کردن، تنش زدایی و...) هیچ‌گونه جوشکاری عمده روی قطعات ریخته‌گری شده مجاز نمی‌باشد.

هرگونه تجمع ناخالصی و یا آلیاژی می‌تواند موجب مردود شدن قطعه ریخته‌گری شده از سوی کارفرما گردد. طراحی قالب‌ها باید به صورتی باشد که بدون ایجاد محدودیت، شرایط انقباض ماده را درضمن سرد شدن میسر نماید، تا احتمال وجود نواحی با تنش داخلی به حداقل برسد. آزمایش‌های غیر مخرب ذرات مغناطیسی (MT) و رنگ نفوذپذیر (PT) باید براساس استاندارد ASME, sec VIII- D.1 روی قطعات ریخته‌گری شده انجام شود. آزمایش رادیوگرافی (RT) تا ۵۰ میلی‌متر ضخامت براساس ASTM E446 و برای ضخامت‌های بالاتر براساس ASTM E186 خواهد بود. آزمایش اولتراسونیک (UT) برمبنای استاندارد ASTM E114 باید صورت گیرد.

تعمیر قطعات ریخته‌گری باید برطبق استانداردهایASTM انجام شود. جوشکاری با عمق بیش از ۲۰ میلی‌متر تنها در صورتی مجاز خواهد بود، که قطعه پس از تعمیر، تنش زدایی شود. تعمیر قطعات چدنی با جوشکاری پذیرفته نیست.

کلیه قطعات ریخته‌گی که برای ساخت قطعات چرخنده در تجهیزات مورد استفاده قرار می‌گیرند، باید دو بار تحت عملیات حرارتی قرار گیرد، که مرحله دوم آن در کوره مخصوص عملیات حرارتی انجام خواهد شد. این کوره باید مجهز به کلیه لوازم کنترل بوده و نماینده کارفرما در طی عملیات حرارتی دسترسی کامل به نمودارهای حرارتی و سایر پارامترهای عملکردی کوره را داشته باشد.

۱۷-٤-۱-۳- مواد آهنگری شده

محورها و قطعات دیگری که به صورت آهنگری شده در ساخت تجهیزات به کار می‌رود، باید براساس استانداردهای زیر ساخته شود:

- فولاد کربنی براساس ASTM A 668- ClassD یا مرغوب‌تر
- فولاد آلیاژی براساس ASTM A668 - ClassH یا مرغوب‌تر
- چرخ دریچه‌ها براساس ASTM A504 - ClassARیا معادل

شمش ریخته‌گری شده که مورد عملیات آهنگری قرار می‌گیرد، باید در قالب فلزی ریخته شده باشد. قطعه آهنگری شده باید فاقد هرگونه نقصی که مقاومت و دوام قطعه را تحت تاثیر قرار دهد، باشد. همچنین ناخالصی‌های غیرفلزی و تجمع ناخالصی در آن

1- Bubble

نباید وجود داشته باشد. قطعات اصلی تجهیزات، منجمله آنها که تحت فشار هیدرواستاتیک می‌باشند، از مرحله ریختن شمش تا پایان عملیات آهنگری، مورد بازرسی کارفرما قرار خواهد گرفت. همچنین پس از انجام تعمیرات روی قطعات آهنگری شده، عملیات حرارتی و تکمیل ماشین‌کاری، این بازرسی انجام خواهد شد.

به‌طورکلی کلیه قطعات آهنگری شده، مورد عملیات حرارتی، نرمالیزه کردن و تنش زدایی قرار خواهند گرفت. در مورد محورهای توپرکه لازم است سوراخ محوری در آنها ایجاد شود، عملیات حرارتی باید پس از سوراخ‌کاری غیر دقیق انجام شود. نماینده کارفرما باید همیشه امکان دسترسی به نمودارهای کوره مخصوص عملیات حرارتی و پارامترهای کنترل کننده دیگر را داشته باشد. روی قطعات آهنگری شده باید «شماره حرارتی» حک شود. محل این شماره باید در جایی باشد که پس از مونتاژ قطعه روی دستگاه مربوط به راحتی قابل خواندن باشد.

نمونه‌های آزمایشی از قطعات آهنگری شده براساس ASTM A370 انتخاب می‌گردد.

چنانچه طول محور ۳ متر یا بیش‌تر باشد، قطعه آهنگری شده باید دارای طول اضافی در هر دو انتها باشد. همچنین اگر وزن محور ۴/۵ تن یا بیش‌تر باشد، باز هم باید طول اضافی در طرفین در نظر گرفته شود. در محورهای با قطر ۳۰ سانتی‌متر و بالاتر، باید یک سوراخ سراسری حداقل به قطر ۱۵ سانتی‌متر ایجاد شود. صافی سطح این سوراخ مطابق با ANSI/ASTM B46.1 خواهد بود. این سوراخ به منظور بازرسی و کنترل وضعیت داخل محور مورد استفاده قرار می‌گیرد.

کلیه قطعات آهنگری شده که برای ساخت محور به کار می‌روند مورد آزمایش متالوگرافی قرار می‌گیرند. به همین منظور نمونه‌های آزمایشی با بزرگنمایی ۱۰۰ مورد بررسی قرار می‌گیرد، و باید نشان داده شود که فولاد دارای ساختمان متجانس است و تجمع ترکیبات آلیاژی یا ناخالصی‌ها در آن دیده نمی‌شود.

۱۷-٤-۱-٤- ورق‌ها و مقاطع فولادی

ورق‌های فولادی که در ساخت پوشش‌های فولادی و لوله، اجزای اصلی تجهیزات هیدرومکانیکی و قطعاتی که تحت تنش بالا هستند، به کار می‌رود باید از جنس فولاد دانه‌ریز و مطابق استاندارد ASTM به شرح زیر باشد.

- قسمت‌های اصلی ساختمانی ASTM A572 Grade50
- کارهای فلزی غیراصلی ASTM A36

این ورق‌ها باید به‌طور کلی شرایط زیر را دارا باشد:

- خواص مکانیکی و شیمیایی تضمین شده
- قابلیت جوشکاری خوب
- مقاومت زیاد در مقابل خستگی
- سختی مناسب (حتی در درجه حرارت زیرصفر)
- پوسته (لایه لایه) نشدن
- مقاومت در برابر پیرشدگی
- صافی سطح مناسب

- دقت کافی در ابعاد و ضخامت‌ها

تعمیر نقایص موجود در ورق‌های فولادی به وسیله جوشکاری چه در حین نورد و چه در کارخانه سازنده ورق مجاز نمی‌باشد.
ورق‌های مورد استفاده به منظور پوشش کانال‌های کابل و لوله و یا به عنوان کف‌پوش باید از نوع آجدار باشد.
پروفیل‌ها و مقاطع فولادی نیز براساس استاندارد ASTM بوده و مشخصات فنی آنها در مشخصات فنی خصوصی بیان می‌گردد.

۱۷-٤-۱-٥- فولاد زنگ‌نزن

فولاد زنگ‌نزن باید حداقل مطابق ASTM A276 باشد و مشخصات مکانیکی و ترکیب شیمیایی آن به تایید کارفرما برسد.

۱۷-٤-۱-٦- فلزات غیرآهنی (مس، آلومینیم و...)

مس و آلیاژهای آن که در ساخت میله‌ها یا پروفیل‌های هادی الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید مطابق ANSI C 7.25 (Specifications for Copper Bus Bar, Rod and Shapes) باشد.

هادی‌های سامانه زمین واتصالات مربوط باید از جنس مس نرم باشد. آلومینیم مورد استفاده در هادی‌های اصلی الکتریکی باید مطابق ANSI C7.27 Specifications for Alluminum Bar for Electrical Purposes (Bus Bar) باشد.

همچنین آلیاژهای آلومینیم که در ساخت هادی‌های الکتریکی واتصالات مربوط کاربرد دارد باید با استاندارد ANSI C7.45: Specifications for Alluminum alloy Extruded Bar, Rod, Pipe and Structural Shapes for Electrical Purposes (bus Conductors) مطابقت داشته و دارای خواص هدایت الکتریکی مناسب باشد.

۱۷-٤-۱-۷- بوش‌ها و میله‌های برنزی و برنجی

آلیاژ برنز که به عنوان بوش مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید مطابق ASTM B584 با شماره‌های آلیاژی C90500, C86300 یا C93700 و یا معادل آن باشد. میله‌های برنزی باید براساس ASTM B1، آلیاژ نوع A و نیمه سخت شده باشد (به جز در مواردی نظیر پین‌های برشی). برنز و برنج برای مصارف دیگر باید دارای مشخصات مورد تایید کارفرما باشد.

۱۷-٤-۱-۸- بابیت

بابیت به عنوان ماده ضد اصطکاکی باید مطابق استانداردهای زیر باشد:

- بابیت برای یاطاقان‌های غلافی برطبق ASTM B23, Alloy No.3 or 7
- بابیت برای یاطاقان‌های محوری (تراست) بر طبق ASTM B23, Alloy No.2 or 3

۱۷-٤-۱-۹- جنس سطوح فلزی در تماس با یکدیگر

هرجا که لازم باشد سطوح فلزی که از دو جنس متفاوت باشند، در تماس مستقیم با یکدیگر قرار گیرند، در صورت امکان جنس این دو فلز باید طوری انتخاب شود، که پتانسیل الکتریکی بین آنها با توجه به جدول خواص الکتروشیمیایی فلزات بیش از ۰/۵ ولت نباشد. در صورتی که این امر امکان‌پذیر نباشد، سطح یکی از دو فلز باید به روش الکترولیز آب‌کاری شود به طوری که اختلاف

پتانسیل الکتریکی به مقدار فوق‌الذکر محدود گردد، یا در صورت امکان دو سطح نسبت به هم با استفاده از رنگ یا ماده مناسب دیگری عایق شود.

۱۷-٤-۱-۱۰- پیچ، مهره، واشر، فنر، و غیره

پیچ‌ها، مهره‌ها، واشرها، فنرها، پرچ‌ها که جهت اتصال قطعات در تجهیزات به کار می‌روند، باید از لحاظ شکل و اندازه مطابق با سامانه متریک ISO و از لحاظ مواد مطابق با استاندارد ASTM 193 باشد.

به‌طور کلی برای مصارف عادی از پیچ و مهره‌های فولادی با کربن متوسط استفاده می‌شود. پیچ و مهره‌هایی که تحت تنش یا درجه حرارت خیلی زیاد باشند، باید از فولاد با تنش بالا ساخته شود. در کلیه اتصالات پیچ و مهره‌ای باید از واشر، خار قفلی و یا وسایل دیگر برای قفل شدن و جلوگیری از شل شدن اتصال، استفاده شود.

در جاهایی که پیچ و مهره‌ها به فواصل طولانی باز و بسته شوند (نظیر تعویض لاستیک آب‌بند دریچه‌ها) و یا لازم باشد که پیچ و مهره‌ها به‌طور مکرر به منظور تعمیرات و نگهداری باز و بسته شوند، بسته به مورد جنس آنها باید فولاد زنگ‌نزن و یا برنز باشد. در سایر موارد نیز دندانه پیچ و مهره باید قبل از بستن با مواد ضدگریپاژ پوشانده شود.

در ابزار دقیق، رله‌ها و تجهیزات الکتریکی دقیق باید تا حد ممکن از به کار بردن پیچ و مهره‌های فولادی اجتناب شود و در صورت استفاده نیز سطح آن با کرم، کادمیوم و یا روی آب‌کاری شود و چنانچه این کار به علت محدودیت رواداری‌ها قابل قبول نباشد، این گونه پیچ و مهره‌ها می‌تواند از جنس فولاد زنگ‌نزن باشد. به‌طور معمول جنس پیچ و مهره برای این گونه مصارف، برنج و یا برنز می‌باشد. همچنین جنس فنرها باید از آلیاژ زنگ‌نزن نظیر فسفر- برنز یا نقره – نیکل، انتخاب گردد. پیچ‌های مخصوص چوب باید دارای روکش نیکل و یا برنج باشد.

۱۷-٤-۲- فرایندهای ساخت

۱۷-٤-۲-۱- جوشکاری

به‌طورکلی جوشکاری در فرایند ساخت تجهیزات هیدرومکانیکی به روش جوشکاری با قوس الکتریکی انجام می‌شود. روش‌های جوشکاری براساس استاندارد AWS خواهد بود.

جوشکاران و اپراتورهای جوشکاری باید دارای گواهی‌نامه معتبر از یک موسسه ذیصلاح بوده و بر طبق قواعد AWS تعیین صلاحیت شوند. همچنین دستگاه‌های مورد استفاده در جوشکاری باید با استانداردهای AWS و ASME منطبق باشد.

روش‌های جوشکاری و گزارش‌های تست جوش چه در کارخانه سازنده و چه در کارگاه باید توسط پیمانکار تهیه شده و به تایید نماینده کارفرما برسد. مدارک دال بر صلاحیت جوشکاران و اپراتورها نیز باید به کارفرما ارائه گردد. نمایندگان کارفرما حق خواهند داشت، در هرزمان در تست رادیوگرافی جوش حضور یابند و فیلم‌های رادیوگرافی نیز در دسترس آنها قرار خواهد گرفت.

الکترودهای جوشکاری باید برای جلوگیری از نفوذ رطوبت در پلاستیک پیچیده شده و در جعبه مخصوص که مانع نفوذ رطوبت باشد، نگهداری شود. الکترودهایی که رطوبت جذب کرده باشند، قابل استفاده نخواهد بود. الکترودهای جوشکاری باید منطبق بر استاندارد AWS (Filler Metal Specification A5) باشد.

ورق‌هایی که به یکدیگر جوش می‌شوند، باید دقیقا به اندازه مناسب بریده شده و لبه‌های آنها به صورتی آماده‌سازی شود که جوش دارای نفوذ کامل باشد. تصحیح قوس لبه‌های ورق با چکش و نظایر آن مجاز نمی‌باشد. در جوش لب به لب، نباید دو قطعه در ریشه جوش بیش از ۳ میلی‌متر فاصله داشته باشند. همچنین پس از جوشکاری لبه‌های ورق نباید بیش از ۱/۵ میلی‌متر با هم اختلاف سطح داشته باشند.

طراحی خطوط جوش باید به نحوی باشد که حتی‌الامکان از جوش سربالا پرهیز شود. چنانچه در شیار جوش قبل از انجام جوشکاری خال‌جوش زده شود، حین جوشکاری، خال‌جوش‌های موجود در مسیر خط جوش باید سنگ زده شود. استفاده از ورق‌های پشت‌بند برای جوشکاری پذیرفته نمی‌باشد.

چنانچه دو ورق به یکدیگر جوش شود که یکی از آنها یا هر دو دارای ضخامت بیش از ۲۵ میلی‌متر باشد، نواحی مجاور خط جوش باید در تمام مدت جوشکاری پیش گرم شده و به‌طور یکنواخت در حرارت حدود ۷۰ درجه سانتی‌گراد نگاه داشته شود. دراین موارد الکترودهای مورد استفاده نیز باید از نوع با هیدروژن کم باشد. بعد از هر پاس جوشکاری بلافاصله بعد از تمیز کردن محل جوش، سطح جوش باید به‌آرامی چکش‌کاری شود تا تنش‌های باقیمانده به حداقل برسد و حتی‌الامکان از پیچیدگی قطعات جلوگیری به عمل آید. این چکش‌کاری باید با ملاحظه انجام شود تا موجب پاره شدن فلز پایه و یا ترک برداشتن خط جوش نشود. اولین و نیز آخرین پاس جوشکاری نباید چکش‌کاری شود.

ابعاد جوش نباید از آنچه در استاندارد AWS, D1.1 (Structural Welding Code) مشخص شده است، کم‌تر باشد. اندازه جوش‌های گوشه، که بسته به ضخامت ورق‌ها تعیین خواهد شد، نباید کم‌تر از ۶ میلی‌متر باشد و چنانچه ابعاد آن بیش از ۸ میلی‌متر باشد، حتما تعداد پاس‌های جوش باید دو یا بیش‌تر باشد.

جوش‌های لب به لب باید از نوع «با نفوذ کامل» باشد و در صورتی که ضخامت هر یک از ورق‌ها بیش از ۱۶ میلی‌متر باشد، جوش دو طرفه باید اجرا شود.

در جوش فولاد زنگ‌نزن که در مجاری آب‌گذر برای جلوگیری از خلازایی[1] مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید از الکترود فولادی کرم – نیکل استفاده شود. نوع و ترکیب شیمیایی این الکترودها و کلاس مربوطه با توجه به استاندارد ASTM، منوط به تایید نماینده کارفرما خواهد بود.

پس از تکمیل جوشکاری، هرسازه فولادی به طور معمول باید با استفاده از روش مورد قبول کارفرما مورد تنش زدایی قرار گیرد.

پس از تکمیل جوشکاری باید کلیه تقویت‌کننده‌های موقتی که حین جوشکاری برای جلوگیری از تغییر شکل سازه فولادی نصب شده‌است، بریده و محل اتصال آنها با قطعاتی که جوشکاری شده‌اند، سنگ زده و در صورت لزوم صدمات وارده ترمیم گردد.

تست جوش به‌طورکلی براساس استانداردهای زیرانجام می‌گیرد:

- تست‌های MT و PT براساس D.1و ASME Sec. VIII، پیوست‌های ۶ و ۸
- تست رادیوگرافی (RT) براساس AWS D 1.1
- تست اولتراسونیک (UT) براساس ASTM E114

1- Cavitation

دراستانداردهای فوق‌الذکر علاوه بر روش تست، ملاک‌های پذیرش جوش نیز مشخص شده است. در صورت وجود هر گونه نقص غیر قابل قبول درجوش، جوش باید تا محل فلز اصلی برداشته شده و با انجام تست‌های غیرمخرب (UT, MT, PT, RT) توسط پیمانکار و تحت نظارت و با روش تایید شده توسط نماینده کارفرما مورد بررسی قرار گیرد، به طوری که قبل از تعمیر جوش، از برداشته شدن کامل قسمت‌های معیوب اطمینان حاصل شود.

۱۷-٤-۲-۲- حفاظت در مقابل خوردگی

حفاظت تجهیزات هیدرومکانیکی در مقابل خوردگی به‌طور عمده به یکی از دو روش زیر صورت می‌گیرد:

۱- گالوانیزه کردن (پوشش روی)

۲- رنگ‌کاری

۱۷-٤-۲-۲-۱- گالوانیزه کردن

جهت قطعات و اجزایی از تجهیزات که طبق مشخصات فنی باید گالوانیزه شود، بر مبنای استاندارد ASTM A123 از روش گالوانیزه داغ استفاده خواهد شد. وزن لایه روی به ازای هر متر مربع از فلز پایه نباید کم‌تر از ۶۰۰ گرم باشد. فولاد ساختمانی پس از گالوانیزه کردن، با کرومات پوشش داده می‌شود.

در مورد قطعات لوله‌ای شکل، باید سوراخ‌های تخلیه لازم به هنگام عملیات گالوانیزه کردن در نظر گرفته شود. آماده‌سازی قطعات برای گالوانیزه کردن نباید بر خصوصیت مکانیکی آنها تاثیر نامطلوب بگذارد.

قطعات پس از گالوانیزه کردن باید کاملا تمیز شوند، به طوری که هیچ‌گونه برآمدگی، لبه‌های تیز و غیره بجا نماند و پیاده و سوار کردن آنها به سهولت امکان‌پذیر باشد. روی قطعات گالوانیزه شده هیچ‌گونه عملیات ماشین‌کاری، سوراخ‌کاری یا جوشکاری مجاز نمی‌باشد.

قسمت‌هایی از سطوح گالوانیزه که ضمن حمل و نقل و یا نصب صدمه ببینند، باید با استفاده از روش گالوانیزه سرد در کارگاه ترمیم شود.

آزمایش قطعات گالوانیزه شده بر اساس ملاک‌های مندرج در استاندارد ASTM A123 صورت می‌گیرد.

۱۷-٤-۲-۲-۲- رنگ‌آمیزی

سطوح تجهیزات هیدرومکانیکی و الکتریکی که در تماس با آب و هوا هستند، باید با پوشش حفاظتی مناسبی پوشانده شود. این پوشش معمولا شامل زیررنگ، رنگ میانی و رنگ نهایی می‌باشد. زیررنگ و رنگ میانی تا آن‌جا که ممکن باشد، باید در کارخانه سازنده اجرا شود. در مورد تابلوهای الکتریکی رنگ نهایی نیز در کارخانه زده می‌شود. در مورد سایر تجهیزات رنگ نهایی در کارگاه و پس ازتکمیل عملیات نصب اجرا می‌شود.

به کلیه سطوحی که در بتن مدفون می‌شود، سطوح و لبه‌هایی که باید در کارگاه جوشکاری شود و نیز سایر سطوحی که نیازی به رنگ‌آمیزی پس از نصب ندارد، فقط در کارخانه، یک لایه زیررنگ از نوع قابل جوشکاری زده می‌شود، که فقط برای جلوگیری از زنگ‌زدگی آنها ضمن حمل و نقل و انبار کردن در کارگاه می‌باشد.

سطوح ماشین‌کاری شده، گالوانیزه، فولاد زنگ‌نزن، سطوح برنزی، آلومینیومی، میل‌مهارها و سطوحی که دارای رواداری دقیق هستند، فقط باید با یک لایه محافظ موقت برای جلوگیری از زنگ‌زدگی ضمن حمل ونقل و انبار کردن در کارگاه، پوشانده شود.

آماده سازی سطوح به منظور اجرای رنگ مطابق استاندارد SSPC و بشرح زیر انجام می‌گیرد:

الف– سفید کردن سطح: سطوحی که باید تقریبا به‌طورکامل سفید (براق) شوند، بر طبق SSPC-SP10 ماسه‌پاشی (سندبلاست) می‌شود. دراین حالت متوسط ارتفاع برجستگیهای سطحی ۰/۰۵ میلی‌متر یا کم‌تر خواهد بود. روغن، گریس و آلودگی‌های ناشی از جوشکاری باید قبل از ماسه پاشی توسط حلال‌های مناسب زدوده شود. در صورتی که مقدار این آلودگی‌ها کم باشد، نیازی به این کار نمی‌باشد، ولی ماسه مورد استفاده، به علت همراه داشتن چربی، دوباره قابل مصرف نخواهد بود.

ب– تمیز کردن معمولی به وسیله ماسه پاشی: ماسه پاشی سطوح به طور معمول براساس SSPC-SP6 انجام می‌شود که روش مناسب در اغلب موارد می‌باشد.

ج– تمیز کردن سطوح با ابزار ماشینی: چنانچه لازم باشد از ابزار برقی یا بادی مجهز به بُرس برای تمیز کردن سطوح استفاده شود، ابتدا لازم است چربی،گریس، زنگ‌زدگی و... برطبق SSPC-SP3 زدوده شود. ماسه پاشی بر طبق SSPC-SP6 نیز می‌تواند جایگزین روش تمیز کردن سطوح با ابزار ماشینی شود.

د– تمیزکاری نهایی سطوح: قبل از اجرای زیررنگ، باید هرگونه مواد زاید، بقایای ماسه و غیره توسط بُرس تمیز، هوای فشرده یا مکنده از روی سطح مورد نظر برداشته شود. در مورد گوشه‌ها، محل‌های اتصال و نقاط کور، توجه ویژه به این امر باید مبذول گردد. بلافاصله پس از تمیزکاری نهایی سطوح، اولین لایه محافظ (زیررنگ) باید اجرا شود. تحت هیچ شرایطی نباید فاصله زمانی مابین تمیزکاری نهایی سطح و اجرای زیررنگ یا رنگ نهایی در صورت تک لایه بودن رنگ بیش از ۴ ساعت باشد.

اجرای رنگ باید در شرایطی باشد که درجه حرارت محیط حداقل ۵ درجه سانتی‌گراد بالاتر از حداقل درجه حرارت تعیین شده به وسیله سازنده باشد. همچنین سطوح رنگ شونده باید کاملا عاری از رطوبت باشد.

رنگ‌کاری می‌تواند با استفاده از بُرس ویا پاشش رنگ (اسپری) انجام شود. عملیات رنگ‌کاری باید حتی‌الامکان بی‌وقفه بوده و هرچه زودتر تکمیل شود. البته مدت زمان لازم برای خشک شدن هر لایه از رنگ نباید کم‌تر از ۱۲ ساعت باشد.

پس از نصب تجهیزات در کارگاه قسمت‌هایی از رنگ که صدمه دیده، باید قبل از اجرای رنگ نهایی، ترمیم شود. مقدار رنگ لازم برای این کار باید قبلا توسط پیمانکار پیش‌بینی و تهیه گردد.

ضخامت نهایی رنگ با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری ضخامت رنگ که مورد تایید کارفرما باشد، کنترل می‌گردد. چنانچه در لایه‌های رنگ، عدم تجانس، حباب هوا یا اشکالات دیگر وجود داشته باشد، پس از آماده‌سازی سطح رنگ، یک لایه رنگ اضافی باید اجرا شود. حداقل ضخامت این لایه مطابق پیشنهاد تولید کننده رنگ بوده و در هر صورت نباید کم‌تر از ۱۰۰ میکرون باشد. پیمانکار باید رنگ اجرا شده روی تجهیزات را چه به لحاظ خود رنگ و چه به لحاظ نحوه آماده‌سازی واجرای آن تضمین نماید. این تضمین شامل جدا نشدن رنگ از فلز نیز می‌باشد.

رنگ نهایی چه در کارخانه سازنده و چه در کارگاه باید براساس استاندارد رنگ مورد قبول کارفرما باشد.

برای پوشش حفاظتی تجهیزات مختلف (رنگ) سامانه‌های مختلفی وجود دارد که ذیلاً مشخصات آنها آورده شده است. پیمانکار باید با توجه به شرایط محیطی کار برای هر یک از تجهیزات، سامانه مورد نظر را برگزیده و اجرا نماید:

- سامانه P1 (برای سطوح در تماس با آب)

در این سامانه آماده‌سازی، سطح مطابق SSPC-SP10 می‌باشد. سامانه رنگ از یک لایه زیررنگ غیرآلی غنی شده از روی و دو لایه اپوکسی قیر ذغال که سازگار با آن باشد، تشکیل می‌شود. هنگام اجرای رنگ در کارخانه باید دقت شود که به فاصله حدود ۱۰

سانتی‌متر از محل جوش‌های کارگاهی فقط یک لایه زیررنگ اجرا شود. همچنین همه رنگ‌های مورد استفاده متعلق به یک تولید کننده رنگ بوده و دستورالعمل پیشنهادی تولید کننده به‌طور کامل به مورد اجرا گذاشته شود.

ضخامت لایه زیررنگ (خشک شده) باید بین ۵۰ تا ۹۰ میکرون و ضخامت هر کدام از دو لایه اپوکسی قیر ذغال بین ۲۰۰ تا ۲۶۰ میکرون باشد. ضخامت کامل رنگ (خشک شده) بین ۴۵۰ تا ۶۱۰ میکرون خواهد بود. ضخامت رنگ با دستگاه ضخامت سنج الکتریکی هالیدی اندازه‌گیری خواهد شد.

- سامانه P2 (برای سطوح در تماس با هوا و رطوبت زیاد)

در این سامانه آماده سازی سطح مطابق SSPC-SP10 می‌باشد. سامانه رنگ از یک لایه زیررنگ غیر آلی غنی شده از روی و دو لایه رنگ اپوکسی دارای بنیان پلی‌آمید تشکیل می‌شود. ضخامت نهایی رنگ (خشک شده) حداقل باید ۲۵۰ میکرون باشد.

- سامانه P3 (برای سطوح در تماس با هوا اعم از محیط سرپوشیده و محیط روباز)

در این سامانه آماده‌سازی سطح توسط ماسه‌پاشی و مطابق با SSPC-SP6 صورت می‌گیرد. سامانه رنگ از یک لایه زیررنگ آلکیدی و دو لایه رنگ دریایی با بنیان آلکیدی تشکیل می‌شود. حداقل ضخامت نهایی رنگ (خشک شده) باید ۲۰۰ میکرون باشد.

- سامانه P4 (برای سطوح خارجی لوله‌های فولاد کربنی و دستگاه‌های مکانیکی در تماس با محیط)

سطوح خارجی دستگاه‌هایی که جداگانه ساخته شده‌اند، مانند موتور پمپ‌ها، شیرآلات، گیربکس‌ها و... ابتدا باید چربی‌زدایی (طبق SSPC-SP2)، و سپس طبق SSPC-SP1 تمیز، و بالاخره یک لایه رنگ دریایی با بنیان آلکیدی روی آنها زده شود. سطوح دیگر باید طبق SSPC-SP10 به وسیله ماسه‌پاشی آماده‌سازی، و سپس یک لایه زیررنگ غیرآلی، غنی شده از روی و دو لایه رنگ دریایی آلکیدی روی آنها اجرا شود. ضخامت نهایی رنگ (خشک شده) در این سامانه حداقل ۳۰۰ میکرون می‌باشد، ولی باید توجه شود که وقتی رنگ روی رنگ کارخانه‌ای قبلی اجرا می‌شود، ضخامت آن به اندازه‌ای باشد که اثر رنگ قبلی کاملا مخفی شود.

- سامانه P5 (سطوح در تماس با روغن)

در این سامانه، آماده‌سازی سطح برطبق SSPC-SP10 خواهد بود. پس از آماده‌سازی باید یک لایه رنگ ضد روغن با ضخامت نهایی (خشک شده) حداقل ۲۰۰ میکرون اجرا شود. تولید کننده رنگ باید معتبر بوده و دستورالعمل اجرای رنگ که توسط تولیدکننده ارائه می‌شود، به دقت رعایت گردد.

- سامانه P6 (کارهای فلزی متفرقه سیویل)

در این سامانه، که برای رنگ‌آمیزی کارهای فلزی متفرقه نظیر نرده‌های حفاظ، پلکان‌ها، دستگیره‌ها و غیره به کار می‌رود، آماده‌سازی سطوح طبق SSPC-SP6 انجام، و ابتدا یک لایه زیررنگ و سپس دو لایه رنگ آلکیدی مورد تایید کارفرما اجرا خواهد شد. ضخامت نهایی (خشک شده) ۴۰ میکرون خواهد بود.

۱۷-۵- بازرسی و آزمایش

۱۷-۵-۱- نکات کلی

تمامی مواد، تجهیزات و وسایلی که توسط پیمانکار تهیه یا ساخته می‌شود، در کارخانه سازنده یا در کارگاه در حضور نماینده کارفرما مورد بازرسی و آزمایش قرار خواهد گرفت، تا ثابت شود که الزامات ذکر شده در مشخصات فنی را برآورده می‌سازد. همچنین پس از تکمیل کارهای موضوع قرارداد، آزمایش‌هایی برای اطمینان از عملکرد صحیح تجهیزات و سامانه‌های مختلف به عمل خواهد آمد. روش و دستورالعمل انجام آزمایش‌ها بر اساس مشخصات فنی خصوصی برای هر یک از تجهیزات و یا منطبق بر استانداردهای پذیرفته شده بین‌المللی برای هر یک از آزمایش‌ها خواهد بود.

پیمانکار موظف است قبل از شروع آزمایش‌ها و بازرسی‌ها، برنامه مدونی برای این کار تهیه نموده و به تایید کارفرما برساند. زمان شروع، مدت و زمان خاتمه هر یک از آزمایش‌ها برطبق برنامه مصوب خواهد بود.

پس از انجام هر گروه از آزمایش‌ها، پیمانکار گزارش آزمایش مربوط را تهیه خواهد نمود. این گزارش شامل تست‌های انجام شده، نتایج به دست آمده، ابزار اندازه‌گیری مورد استفاده، نام کارکنان مربوط و نیز امضاء نظارت‌کنندگان بر آزمایش خواهد بود. چارچوب و شکل ارائه این گزارش‌ها قبلا تهیه و به تایید کارفرما خواهد رسید.

پس از انجام موفقیت آمیز آزمایش‌های پس از نصب، نماینده کارفرما، گواهی‌نامه مبنی بر تایید آزمایش‌های مربوط را صادر خواهد نمود.

۱۷-۵-۲- بازرسی و آزمایش‌های حین ساخت

۱۷-۵-۲-۱- آزمایش و بازرسی مواد

کلیه مواد، قطعات و دستگاه‌های پیش‌ساخته که در ساخت تجهیزات هیدرومکانیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید تحت بازرسی و آزمایش قرار گیرد.

این آزمایش‌ها باید براساس جدیدترین استانداردها و روش‌های پذیرفته شده بین‌المللی باشد. اگر پیمانکار بخواهد از مواد موجود در انبار که مختص پروژه ساخته نشده است، استفاده کند، باید مدارکی دال بر مطابق بودن این مواد با نیازهای مشخصات فنی ارائه نماید. در این صورت انجام تست‌های ذکر شده در مشخصات فنی ضرورت ندارد. درمورد مواد و دستگاه‌هایی که بر اساس مشخصات فنی یا استانداردها، تست‌های تیپ انجام می‌شود، گواهی‌نامه‌های مربوط قابل قبول است، اما اگر شواهدی دال بر احتمال معتبر نبودن این گواهی‌نامه‌ها از طرف کارفرما ارائه شود، پیمانکار موظف است به هزینه خود تست‌های تیپ مورد نیاز را تکرار کند.

پیمانکار باید کلیه نقشه‌های جزییات ساخت و مدارک مورد نیاز دیگر را که در بازرسی به آنها مراجعه می‌شود، در اختیار نماینده کارفرما قرار دهد. همچنین تاریخ انجام تست‌ها به موقع به اطلاع کارفرما رسانده شود.

پیمانکار باید روش‌های ساخت، کنترل کیفی و روش‌های انجام آزمایش‌های غیرمخرب را به‌طور کامل تهیه نموده و قبل از انجام آزمایش‌ها در اختیار کارفرما قراردهد.

یک نسخه از نتایج کلیه تست‌های مکانیکی و تجزیه شیمیایی انجام شده بر نمونه‌های مواد باید برای کارفرما ارسال شود. اگر به هر دلیل حضور نماینده کارفرما در آزمایش‌ها و بازرسی‌ها ممکن نگردد، پیمانکار باید گزارش تست‌های انجام شده را تهیه کرده و با جزییات کامل به کارفرما ارائه نماید.

این حق برای کارفرما محفوظ است که اگر انجام آزمایشی را علاوه بر آن چه در مشخصات فنی و یا استانداردها ذکر شده، لازم بداند، آن را از پیمانکار درخواست نماید. دراین موارد هزینه انجام تست به عهده کارفرما می‌باشد و مدت زمان کافی به پیمانکار فرصت داده می‌شود که برای انجام تست مورد نظر خود را آماده و تجهیز نماید.

در مواردی که صحت تست انجام شده توسط پیمانکار مورد تردید کارفرما باشد، پیمانکار موظف است آن را تکرار نماید و اگر عدم صحت تست قبلی ثابت شود هزینه‌ای بابت تکرار تست به پیمانکار پرداخت نخواهد شد.

استانداردهای مربوط به تست‌های مورد نیاز برای مواد و مصالح مختلف در بخش ۱۷-۴-۱ در قسمت‌های مربوط ذکر شده است.

۱۷-۵-۲-۲- بازرسی فرایندهای ساخت

بازرسی فرایندهای ساخت در بخش ۱۷-۴-۲ برای فرایندهای مختلف همراه با استانداردهای مورد استناد تشریح گردیده است.

۱۷-۵-۳- آزمایش‌های پس از ساخت

آزمایش‌های پس از ساخت شامل تست فشار، مونتاژ و آزمایش عملکرد تجهیزات می‌باشد.

۱۷-۵-۳-۱- آزمایش فشار

کلیه مخازن و قسمت‌هایی از تجهیزات که تحت فشار بالاتر از 0.1 MPa نسبت به فشار جو می‌باشند، باید بر اساس استاندارد ASME مربوط به دیگ‌ها و مخازن تحت فشار(Boiler and Vessel Code Section VIII ,D1) تحت فشاری معادل ۱/۵ برابر حداکثر فشار کار، تست شوند. این فشار حداقل به مدت ۲ ساعت باید بدون اضافه نمودن سیال عامل تولید فشار، ثابت نگهداشته شود.

تست فشار باید به روش هیدرواستاتیک انجام شود و سیال مورد استفاده حتی‌الامکان همان سیال مورد نظر در عملکرد عادی تجهیزات باشد.

پس از انجام تست فشار، سیال مورد استفاده باید کاملا تخلیه گردد و در صورتی که برای این تست از آب استفاده شود، بلافاصله کلیه سطوح خیس شده، کاملا خشک شوند.

روش انجام تست فشار باید توسط پیمانکار تهیه شده و به تایید کارفرما برسد.

۱۷-۵-۳-۲- مونتاژ و آزمایش عملکرد

هرکدام از تجهیزات هیدرومکانیکی شامل دریچه، بلوک مسدودکننده، قطعات مدفون، پوشش‌های فولادی، شیر، بالابر هیدرولیکی، جرثقیل و غیره قبل از حمل باید تا آن جا که امکان‌پذیر باشد در کارخانه سازنده مونتاژ گردند.

انجام این مونتاژها و تست‌های عملکرد توسط پیمانکار بدین منظور است که کارفرما از دقت ساخت، عدم نشتی آب و روغن، صحت عملکرد و برآورده شدن سایر الزامات مشخصات فنی اطمینان حاصل نماید.

در هنگام انجام این تست‌ها تا جایی که ممکن است باید شرایط واقعی عملکرد تجهیزات ایجاد شود. روش مونتاژ و انجام تست‌های فوق باید قبلا توسط پیمانکار با توجه به مشخصات فنی تهیه شده و به تایید کارفرما برسد.

تجهیزات الکتریکی و کنترل مربوط به هر یک از دریچه‌ها، شیرها، بالابرها، جرثقیل‌ها و غیره باید مورد آزمایش عملکرد در کارخانه سازنده قرار گیرد تا صحت عملکرد آنها پس از نصب تضمین شود.

۱۷-۵-٤- گزارش بازرسی و آزمایش در کارخانه سازنده

پیمانکار باید یک گزارش کامل جلد شده شامل کلیه آزمایش‌های انجام شده در کارخانه تهیه و به کارفرما تحویل دهد. این گزارش عموما باید موارد زیر را در بر گیرد ولی به هیچ وجه محدود به این موارد نخواهد گردید:

- شرح وسایل آزمایش همراه با دیاگرام نحوه استقرار این وسایل و تعیین استانداردی که لوازم آزمایش بر اساس آن فـراهم شده است.
- محاسبات نمونه برای محاسبه نتایج با استفاده از اطلاعات به دست آمده در آزمایش از طریق قراردادن آنها در معادلات مربوط
- ارائه اطلاعات حاصله به صورت جدولی و منحنی‌های نشان دهنده ارتباط بین مقادیر آزمایش شده
- مقایسه نتایج حاصل از آزمایش با استانداردها و مقادیر تضمین شده در مشخصات فنی و ارائه توضیحات لازم در صـورت وجود انحراف در نتایج

نتایج ثبت شده در آزمایش مواد باید به طریقی گزارش شود، که به سهولت بتوان دریافت هر قطعه از تجهیزات از کدام‌یک از مواد مورد آزمایش، ساخته شده است. همچنین گواهی‌نامه‌های مواد باید به طریقی تنظیم شود که تطابق آنها با استانداردها یا مشخصات فنی به سهولت امکان‌پذیر باشد.

کلیه نمونه‌های آزمایشی و نتایج ثبت شده در آزمایش‌ها و نیز فیلم‌های رادیوگرافی جزو اموال کارفرما محسوب می‌شود.

۱۷-٦- نصب و راه اندازی

۱۷-٦-۱- نکات کلی

پیمانکار باید قبل از شروع به نصب تجهیزات در کارگاه، دستورالعمل‌های نصب مربوط به هر قسمت از تجهیزات را تهیه و به کارفرما ارائه نماید. این دستورالعمل‌ها شامل روش نصب، ابزار و تجهیزات لازم برای نصب، ابزار و وسایل اندازه‌گیری و کنترل، ترکیب نیروی انسانی، نحوه تامین برق لازم برای نصب و کلیه موارد دیگر مورد نیاز برای نصب صحیح همراه با رعایت مسایل ایمنی در کارگاه می‌باشد.

دستورالعمل‌های نصب مورد بررسی نماینده کارفرما قرار گرفته و پس از تصویب قابل اجرا خواهد بود.

پیمانکار باید سرمهندس نصب خود را که بر این عملیات نظارت می‌کند و مطلع و واجد شرایط می‌باشد، معرفی و درکارگاه مستقر نماید.

۱۷-٦-۲- بازرسی حین نصب

بازرسی تجهیزات در حین نصب عموما شامل موارد زیر می‌باشد، ولی محدود به این موارد نخواهد گردید:

- کنترل و تایید ابعاد، هم راستا بودن، رقوم‌ها و...

- کنترل میزان سفت بودن پیچ‌های مربوط به نصب تجهیزات و میل مهارها
- کنترل و تست جوشکاری‌های انجام شده در کارگاه
- تست پیوستگی کلیه مدارهای الکتریکی و کنترل
- کنترل صحت نصب و سیم‌کشی تابلوها
- کنترل صحت نصب سامانه زمین
- کنترل صحت نصب ابزار دقیق و ابزار اندازه‌گیری
- تست فاز در موتورهای الکتریکی و مدارهای قدرت

۱۷-٦-۳- آزمایش عملکرد و راه اندازی تجهیزات

پس از تکمیل مونتاژ و نصب تجهیزات در کارگاه، پیمانکار کتبا به کارفرما اعلام خواهد نمود که تجهیزات آماده انجام آزمایش‌های راه‌اندازی و تحویل می‌باشد.

این آزمایش‌ها باید نشان دهد که کلیه موارد تضمین شده توسط پیمانکار محقق گردیده و علاوه بر آن کلیه تجهیزات منجمله تجهیزات کمکی و جنبی به درستی نصب گردیده و تنظیم شده‌اند، به طوری که کاملا آماده بهره‌برداری عادی باشند.

تست دریچه‌ها در دو حالت خشک و تر به شرح زیر و تحت نظارت پیمانکار صورت خواهد گرفت:

۱۷-٦-۳-۱- تست خشک

پس از انجام کلیه تنظیم‌های لازم که مورد تایید نماینده کارفرما باشد، هر دریچه باید حداقل ۳ بار در کل طول مسیر حرکت خود، مانور شود و ضمن این کار فاصله چرخ‌ها و غلتک‌ها تا مسیر حرکت آنها و فاصله آب‌بندها تا مسیر حرکت آنها در حالتی که دریچه بسته باشد، کنترل خواهد گردید. فاصله مابین چرخ‌ها، غلتک‌ها، ضربه گیرها، فنرها و آب‌بندهای دریچه تا ریل‌های راهنما در وضعیت باز، بسته و نیز موقعیت تعمیراتی دریچه نیز باید کنترل شود.

در خلال این تست‌ها باید توجه شود که به هنگام آزمایش نهایی دریچه (حالت تر) حداقل تصحیحات لازم باشد تا از آب‌بندی و صحت عملکرد آن اطمینان حاصل شود.

۱۷-٦-۳-۲- تست تر

این تست پس از پرشدن مخزن سد و رسیدن به رقوم عادی بهره‌برداری انجام خواهد شد. نماینده کارفرما باید کتبا پیمانکار را از تاریخ انجام این تست آگاه سازد. این تست بدان منظور انجام می‌شود که ثابت شود، دریچه دارای نشتی قابل قبول بوده و نیز عملکرد آن مطابق الزامات مشخصات فنی و نیازهای طرح است. هر گونه اشکالی که دراین تست مشاهده شود، باید بلافاصله برطرف گردد و تست آن قدر ادامه پیدا کند که هیچ اشکالی در آب‌بندی و عملکرد دریچه وجود نداشته باشد. اگر در ضمن این تست‌ها لازم شود که محل استقرار دریچه از آب تخلیه شود، پیمانکار موظف است این کار را به هزینه خود انجام دهد.

تست عملکرد شیرها شامل بررسی آب‌بندی آنها در حالت بسته و مانور شیر در تمام کورس خود بدون صدا و ارتعاش غیرعادی می‌باشد. لازم است که ضریب آب‌گذری شیرهای تنظیم جریان در وضعیت کاملا باز کنترل و از تخلیه میزان بده مورد نظر با توجه به تراز آب مخزن اطمینان حاصل شود.

تست عملکرد جرثقیل‌ها به‌طور عمده موارد زیر را شامل می‌گردد:

- عملکرد کلیدهای کنترل، میکروسوییچ‌ها و کلیدهای حدی و تنظیم بودن آنها در تمام شرایط کاری
- عملکرد کلیه وسایل حفاظتی
- انجام کلیه حرکات جرثقیل در تمامی جهات ممکن
- کنترل لقی‌ها، تنظیم‌ها، روغن‌کاری، کارگیربکس‌ها و موتورها

تست‌های فوق در حالت بدون بار و نیز در حالتی که جرثقیل زیر بار است (بارنامی) باید انجام شود.

همچنین تست ترمزها در کلیه حرکت‌ها (تحت بار و بدون بار) باید روی جرثقیل انجام شود.

کنترل تغییر شکل حداکثر جرثقیل تحت بار در مقایسه با مقدار مشخص شده در مشخصات فنی خصوصی نیز ضرورت دارد. این کنترل هنگامی باید انجام شود که جرثقیل در چند نوبت زیر بار قرار گرفته باشد.

تست‌های عملکرد[1] توربین که در مشخصات فنی خصوصی ذکر شده است، به‌طور کلی موارد زیر را شامل می‌گردد:

- تست راندمان حداکثر
- تست‌های راندمان وزنی
- تست‌های مربوط به خلازایی
- تست‌های لازم برای اندازه‌گیری افت‌های هیدرولیکی تضمین شده
- تست قدرت و بده خروجی در ترازهای مختلف آب سرآب و پایاب.

نتایج حاصل از کلیه این تست‌ها باید مقادیر تضمین شده توسط سازنده توربین را تایید نماید.

۱۷-٦-٤- گزارش‌های نصب و تست عملکردها

پیمانکار باید پس از نصب و انجام آزمایش‌های عملکردهای تجهیزات، گزارشی شامل کلیه کنترل‌ها و بازرسی‌های حین نصب و همچنین نتایج تست‌های عملکردها را تهیه و به کارفرما ارائه نماید.

شکل و نحوه ارائه این گزارش باید قبلا به تایید کارفرما رسیده باشد.

۱۷-۷- دستورالعمل بهره‌برداری و نگهداری

پیمانکار باید علاوه بر آموزش کارکنان کارفرما برای بهره‌برداری از تمام تجهیزات هیدرومکانیکی، مکانیکی و الکتریکی، دستورالعمل چگونگی بهره‌برداری و نگهداری از این تجهیزات را نیز به کارفرما ارائه کند.

1- Field tests

فصل ۱۸

تجهیزات الکتریکی نیروگاه و کلیدخانه

۱۸-۱- کلیات

این فصل از مشخصات فنی شامل الزاماتی است که، تحت شرایط عمومی پیمان، باید توسط پیمانکار، در مورد تجهیزات الکتریکی نیروگاه و کلیدخانه‌ها رعایت شود.

۱۸-۱-۱- استانداردها

تمام استانداردهایی که در این دفترچه مشخصات ذکر شده است، باید به وسیله پیمانکار رعایت شود، مگر آن که در این مشخصات چیز دیگری به وضوح ذکر شده باشد.

در مواردی که بین استانداردهای مذکور و این مشخصات تضادی وجود دارد، مندرجات این مشخصات باید رعایت شود. مواردی که در این مشخصات فنی عمومی مشخص نشده است، باید در درجه اول بر استانداردهای موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و در درجه دوم بر استاندارد IEC منطبق باشد.

۱۸-۲- تعاریف

به فصل دوم از این مشخصات فنی عمومی رجوع شود.

۱۸-۳- ژنراتور

۱۸-۳-۱- پارامترهای طراحی

ژنراتور باید از نوع سنکرون، سه فاز با فرکانس ۵۰ هرتز و مجهز به یاطاقان‌های هادی و کف‌گرد از نوع متناسب با ظرفیت و دور واحد باشد.

با توجه به ویژگی نیروگاه‌های برقابی که مانور زیاد و سریع واحدها را ایجاب می‌نماید، ژنراتور باید قابلیت کار دائم، خاموش و روشن کردن‌های متناوب و همچنین تطبیق با تغییرات سریع بار (نیاز شبکه) را داشته باشد.

مشخصات و پارامترهای طراحی ژنراتور مانند ظرفیت، ظرفیت نامی حداکثر، ولتاژ خروجی، ضریب قدرت، سرعت دوران و دیگر پارامترهای مورد نیاز بر اساس ضوابط مورد نیاز طرح تعیین و درمشخصات فنی خصوصی ارائه می‌گردد.

ژنراتور باید به صورت دائم قادر به تولید انرژی در حد ظرفیت اسمی و ظرفیت حداکثر خود بوده و پارامترهای طراحی فوق همواره در ضریب قدرت اسمی صادق باشد، بدون آن که حرارت سیم‌پیچ‌ها از مقادیر ارائه شده در مشخصات فنی خصوصی برای عملکرد ژنراتور در حالات مختلف، تجاوز نموده و یا این که لرزش و دیگر پدیده‌های زیان‌آور در آن به وجود آید.

ژنراتور باید به نحوی طراحی و ساخته شود که قادر باشد، در مدت معین شده در مشخصات فنی خصوصی در سرعت فرار گردش نماید، بدون آن که صدمه‌ای به یاطاقان‌ها و دیگر قسمت‌های آن وارد آید و یا این که برای بهره‌برداری مجدد، بعد از حالت فوق نیازی به بازدید یا تعمیر در قسمت‌های مختلف ژنراتور باشد. بدیهی است که سرعت فرار مورد بحث از نظر تئوری محاسبه و در مشخصات فنی خصوصی ارائه گردیده است، لکن مقدار واقعی آن باید با هماهنگی سازنده توربین تعیین شده و در طراحی ژنراتور ملحوظ گردد.

۱۸-۳-۱-۱- طبقه‌بندی عایق

تمام سیم‌پیچ‌های استاتور و روتور و حلقه‌های ارتباطی آنها، سرفازهای خروجی اصلی و نقطه صفر ژنراتور باید طبق استانداردهای IEC و IEEE به عایق از نوع کلاس «F» مجهز باشند. ولی افزایش حرارت مجاز در سیم‌پیچ‌ها در حد سقف مورد نظر برای کلاس عایقی «B» خواهد بود.

۱۸-۳-۱-۲- مشخصه‌های الکتریکی

مشخصه‌های الکتریکی ژنراتور با توجه به ظرفیت آن و پارامترهای پخش بار در سامانه با هماهنگی مسوولین مربوط تعیین و در مشخصات فنی خصوصی ارائه می‌گردد، و باید از طرف سازنده تضمین گردد.

۱۸-۳-۱-۳- اثر چرخ طیار و عکس‌العمل هیدرولیکی

به منظور پایداری واحد، میزان اثر چرخ طیار باید با هماهنگی سازنده توربین محاسبه و در وزن قسمت‌های چرخنده ژنراتور ملحوظ گردد. لکن به طور کلی قطعات ژنراتور باید به نحوی طراحی و ساخته شود که قادر به تحمل نیروهای ناشی از وزن و عکس‌العمل‌های هیدرولیکی واحد باشد و پایداری واحد را در هنگام قطع سریع بار تضمین نماید.

۱۸-۳-۱-٤- بازدهی

بازدهی ژنراتور یکی از پارامترهای اصلی و تعیین‌کننده طراحی و ساخت آن است. بنابراین میزان آن باید با توجه به آن چه که در مشخصات فنی خصوصی ارائه می‌شود، توسط سازنده به‌ازای بارهای ۵۰ تا ۱۱۰ درصد ظرفیت اسمی ژنراتور و در ضریب قدرت‌های اسمی و یک (واحد) و با در نظر گرفتن شرایط و محدودیت‌های ساخت تعیین و تضمین گردد.

سازنده دراین راستا همچنین باید میزان اتلاف انرژی[1] در قسمت‌های مختلف ژنراتور را اعلام و تضمین نماید. این اتلاف انرژی باید در قسمت‌های زیر ارائه گردد:

- اتلاف انرژی در هسته[2]
- اتلاف انرژی در سیم‌پیچ استاتور[3]
- اتلاف انرژی مربوط به جریان‌های سرگردان[4]
- اتلاف انرژی در سیم‌پیچ روتور[5]
- اتلاف انرژی در جاروبک‌های سامانه تحریک[6]
- اتلاف انرژی کلی در سامانه تحریک[7]

1- Energy loss
2- Core loss
3- Stator copper loss
4- Stray current loss
5- Rotor copper loss
6- Slip ring brush loss
7- Excitation loss

- اتلاف انرژی در سامانه تهویه واحد و اتلاف ناشی از اصطکاک[1]

۱۸-۳-۲- اجزای اصلی ژنراتور

۱۸-۳-۲-۱- نکات کلی

کلیه قسمت‌های ژنراتور باید به نحوی طراحی و ساخته شود که قادر باشد ضربات مکانیکی ودیگر تنش‌هایی را که معمولا در حین کار واحد پیش می‌آید، و ناشی از اتصال کوتاه، سنکرونیزاسیون نادرست و شرایط سرعت بیش از سرعت اسمی می‌باشد، را تحمل نماید. همچنین ژنراتور باید در شرایط غیرمعمول فوق قادر به حفظ پایداری خود باشد و بعد از برقراری شرایط عادی به کار مطلوب ادامه دهد.

هیچ‌یک از قسمت‌های ژنراتور در شرایط غیرعادی، که احتمال به وجود آمدن آن هست، نباید تحت تنشی بیش از دو سوم تنش مجاز خود قرار گیرد.

نهایتا تمامی اجزا و مصالحی که در ساخت ژنراتور به کار می‌رود، باید مناسب برای کار مورد نظر خود بوده و با شرایط تعیین شده در استاندارد IEC و یا دیگر استانداردهای معتبر و قابل قبول مطابقت نماید.

طراحی ساختمان ژنراتور شامل طرز قرار گرفتن روتور، یاطاقان کف‌گرد و هادی و ارتباط آنها با اجزای توربین باید به نحوی باشد که هیچ‌گونه شرایط لرزش غیرعادی و یا تشدید لرزش[2] را باعث نگردد و واحد بتواند به طور فیزیکی در تحت شرایط اتصال کوتاه حداکثر پایداری خود را حفظ نماید.

در ساختمان ژنراتور باید پیش‌بینی‌های لازم برای نصب و همچنین بیرون آوردن روتور به صورت کامل، در مواقع تعمیرات اساسی مد نظر قرار گیرد. این موضوع امکان نصب و پیاده کردن اجزای ژنراتور با بهره‌گیری از جرثقیل نیروگاه را فراهم خواهد کرد.

مسایلی که باید به منظور نصب و پیاده کردن اجزای ژنراتور به هنگام تعمیرات مد نظر قرار گیرد، عبارتند از:

- بزرگ‌ترین قطعه توربین باید پس از خارج نمودن روتور و اجزای آن بتواند از ژنراتور خارج شود.
- سیم‌پیچ قطب‌های روتور باید به نحوی باشد که بدون نیاز به خارج نمودن روتور بتواند به سهولت پیاده شود. بدیهی است که اتصالات الکتریکی قطب‌ها در محلی پیش‌بینی می‌گردد که بازرسی و قطع و وصل آنها به سرعت امکان‌پذیر باشد.

۱۸-۳-۲-۲- پایه‌های نگهدارنده ژنراتور[3]

بدنه استاتور روی صفحاتی که از قبل در داخل بتن و به عنوان قسمتی از سازه ژنراتور تعبیه گردیده است، قرار می‌گیرد. این صفحات باید قادر به تحمل ضربات مکانیکی ناشی از اتصال کوتاه، سنکرونیزاسیون نابه‌جا و یا دیگر شرایط غیرعادی کار واحد باشد، و توسط سازنده ژنراتور تهیه و دستورالعمل نصب آنها نیز ارائه گردد.

1- Ventilation & friction loss
2- Resonance
3- Sole plate

۱۸-۳-۲-۳- استاتور

الف - هسته و بدنه

طراحی بدنه استاتور، پایه‌های نگهدارنده و کلیه ملحقات مربوط، باید به‌گونه‌ای باشد که تمامی تنش‌هایی را که ممکن است در حین کار ژنراتور، بر اثر مواردی نظیر اتصال کوتاه و خطای در سنکرونیزاسیون وجود داشته باشد، تحمل نماید. بدنه استاتور باید با توجه به محدودیت‌های حمل و نقل جاده‌ای قطعه بندی شود تا به صورت مناسب و در شرایط مطلوب حمل گردد.

هسته استاتور از ورقه‌هایی از جنس فولاد سیلیکون‌دار نو، و ورقه شده توسط نورد سرد تشکیل می‌شود، و به منظور کم‌تر نمودن تلفات ناشی از جریان‌های ناخواسته[1]، باید هر دو طرف آن از عایق مخصوص (وارنیش) یا موادی مشابه آن پوشیده گردد.

ورقه‌های استاتور باید با مهارهای مخصوص یا برش‌های نر و ماده[2] به بدنه متصل، و به وسیله فلانج‌های مخصوص که در دو سر هسته قرار می‌گیرد، در جای خود محکم گردد. عمل تحکیم و قرار دادن ورقه‌های هسته باید به نحوی صورت پذیرد که هیچ‌گونه لرزشی در حین کارکرد ژنراتور وجود نداشته باشد. در داخل هسته، مجاری مخصوص به منظور عبور هوا و خنک کردن هسته تعبیه می‌گردد. این مجاری باید به نحوی باشد که یک جریان آرام و بدون مقاومت را از داخل هسته تامین نماید.

ب - سیم‌پیچ[3]

اولین پارامتر در سیم‌پیچ استاتور انتخاب نوع و مقطع هادی سیم‌پیچ‌ها است، به نحوی که حرارت حاصله از عبور جریان در آنها به حداقل برسد. جنس سیم‌پیچ باید از رشته‌های مس لعاب‌دار، به صورت خالص و عاری از هرگونه خش، تخلخل و یا لبه‌های تیز باشد. اتصالات انتهایی سیم‌پیچ به‌گونه‌ای شکل داده و محکم شوند که از هر گونه لرزش ناشی از شرایط نامساعد که در حین کار ژنراتور به وجود آید، جلوگیری شود. سیم‌پیچ‌ها باید دارای محافظ مخصوص برای جلوگیری از پدیده کورونا[4] باشند. اتصالات انتهایی سیم‌پیچ‌ها باید در سمت بالای ژنراتور پیش‌بینی شود.

اتصال سیم‌پیچ استاتور به صورت ستاره با مرکز زمین شده خواهد بود، مگر آن که در مشخصات فنی خصوصی نحوه دیگری پیش‌بینی شده باشد. به همین جهت دو انتهای هر دسته سیم‌پیچ (مربوط به هر فاز) باید از محل‌های مورد نظر (ترمینال) به عنوان خروجی فازها و نقطه صفر ژنراتور خارج گردند.

سیم‌پیچ استاتور باید با عایق از نوع مناسب (کلاس F) عایق شود و طبق توصیه‌های استاندارد IEC ساخته و نصب گردد. این عایق باید به اندازه کافی در مقابل ضربه مقاومت داشته باشد تا در هنگام خارج کردن سیم‌پیچ‌ها و یا جای‌گذاری آنها صدمه‌ای به عایق وارد نیاید.

1- Eddy current
2- Dovetailed
3- Coil
4- Corona effect

ج - آشکارسازهای[1] حرارتی

آشکارسازهای حرارتی باید در نقاط مختلف استاتور و دیگر قسمت‌های ژنراتور جاگذاری شوند. تعداد و محل‌های نصب آشکارسازهای مذکور در مشخصات فنی خصوصی ذکر گردیده است.

۱۸-۳-۲-٤- روتور

الف- محور

محور روتور باید از فولاد کربنی که با روش مناسب حرارتی شکل داده شده باشد، ساخته شود و بدون هیچ‌گونه لرزش، گسیختگی و یا افزایش تنش مجاز قادر به کار در ظرفیت حداکثر و سرعت فرار واحد باشد. در این مورد محاسبات مربوط به سرعت بحرانی باید توسط سازنده تهیه و ارائه گردد. در تمام طول محور یک سوراخ با قطر مناسب با هماهنگی سازنده توربین تعبیه خواهد شد.

از آن جایی که محور روتور نهایتا به محور توربین متصل (کوپله) می‌گردد، سازنده ژنراتور موظف است ضمن هماهنگی با سازنده توربین نسبت به اندازه فلانج کوپلینگ، قطر و تعداد سوراخ‌های آن اقدام نموده ودر کارخانه با شابلون مخصوص آنها را کنترل، تنظیم و آماده حمل نماید. ابعاد و اندازه‌های محور باید طبق توصیه‌های استاندارد ANSI به نحوی طراحی گردد که قادر به تحمل نیروهای وارده از سوی روتور به علاوه نیروهای هیدرولیکی منتقل شده از توربین باشد.

ب - هسته

سازه هسته روتور باید در مقابل صدمات ناشی از بار زیاد و حداکثر سرعت فرار ژنراتور مقاوم باشد و اثرات نامطلوب نداشته باشد. طراحی هسته روتور باید به نحوی باشد که جابجایی و تعویض قطب‌های روتور را امکان‌پذیر سازد. ابعاد هسته روتور نه تنها باید با توجه به نیازهای الکتریکی ژنراتور تعیین گردد، بلکه باید اثر چرخ طیار مورد نظر برای پایداری واحد و امکان پیاده کردن یاطاقان‌ها نیز در آن رعایت شده باشد. همچنین پیش‌بینی لازم برای بالانس (موازنه) استاتیک و دینامیک روتور به نحوی که لرزش‌های نامناسب و ناخواسته را ایجاد ننماید، یکی دیگر از عوامل مورد توجه در طراحی روتور می‌باشد.

در زیر روتور باید حلقه مناسبی برای اتصال کفکش‌های[2] ترمز در نظر گرفته شود. سطح خارجی این حلقه به صورت قطعه قطعه خواهد بود، به نحوی که پیاده کردن و تعویض هر قطعه به راحتی امکان‌پذیر باشد. همچنین پیش‌بینی لازم برای دفع حرارت حاصله از عملکرد کفکش‌های ترمز روی این حلقه باید به عمل آید.

ج - سیم‌پیچ

سیم‌پیچ‌های روتور نیز مانند استاتور باید از جنس مس باشد و با عایق مناسب (معمولا از کلاس F) عایق کاری شود و طبق توصیه‌های استاندارد IEC تحت آزمایش قرار گیرد.

1- Detector
2- Footing

د - حلقه‌های جاروبک تحریک

حلقه‌های جاروبک تحریک[1] باید در بالای روتور و به صورتی که به سادگی قابل دسترس باشد، تعبیه شود و حلقه‌های مربوط به هر فاز به طور مناسب از یکدیگر جدا شده باشد. به طور کلی برای هر فاز دو حلقه در نظر گرفته شود و پیش‌بینی لازم به منظور امکان معکوس کردن قطب‌بندی حلقه‌ها برای استفاده یکنواخت از هر دو حلقه به عمل آید. حلقه‌ها و جاروبک‌ها باید طوری قرار گیرد که از جمع شدن هر نوع آلودگی موجود در محیط، بخار، روغن یا نشت روغن از یاطاقان‌ها روی آنها جلوگیری شود.

۱۸-۳-۲-۵- سامانه جک و ترمز

به منظور کم کردن سرعت ژنراتور و توقف آن از سامانه ترمز استفاده می‌شود. این سامانه باید قادر باشد که توربین و ژنراتور را در زمانی که جریان تحریک قطع می‌شود و دریچه‌های توربین نیز بسته شده‌اند، از سرعتی که معمولا معادل ۲۵٪ سرعت نامی خواهد بود، به حال توقف کامل درآورد، بدون آن که هیچ‌گونه صدمه یا افزایش حرارت غیرمجاز در کفکش‌ها و یا حلقه مخصوص آنها به وجود آید. این سامانه همچنین باید بتواند به عنوان جک هیدرولیکی در بلند کردن مجموعه روتور و چرخ توربین در زمان‌های دمونتاژ و یا تنظیم یاطاقان کف‌گرد و یا روغن‌کاری زیرکفکش‌های یاطاقان بعد از یک توقف طولانی واحد، مورد استفاده قرار گیرد. طراحی سامانه جک و ترمز باید به نحوی باشد که بعد از عمل کردن جک‌ها تمامی روغن و منجمله هرگونه نشت از پیستون‌ها به مخزن روغن برگشت داده شود.

۱۸-۳-۲-٦- یاطاقان‌ها

الف - یاطاقان کف‌گرد[2]

یاطاقان کف‌گرد باید به نحوی طراحی گردد که قدرت تحمل نیروهای ناشی از وزن روتور، چرخ توربین و نیروهای هیدرولیکی توربین را در زمان توقف واحد و یا در زمان راه‌اندازی و کاردائم داشته باشد. سطح یاطاقان کف‌گرد باید توسط یک سامانه تحت فشار که در خارج محفظه یاطاقان قرار دارد، روغن‌کاری شود و این سامانه طوری پیش‌بینی گردد که راه‌اندازی واحد بدون نیاز به جک و بدون صدمه دیدن یاطاقان امکان‌پذیر باشد. یاطاقان کف‌گرد از یک قطعه چرخنده قابل تعویض و یک‌پارچه، به نحوی که تنظیم و پیاده و سوار کردن آن بدون نیاز به اختلال در سامانه استاتور و روتور و فقط به وسیله سامانه جک قابل انجام باشد، تشکیل می‌گردد.

سامانه روغن یاطاقان کف‌گرد باید به صورت خودروانکار باشد و بتواند به وسیله خنک‌کن‌های داخلی و یا خارجی خنک شود. ترجیح آن است که در سامانه روغن و خنک‌کن‌های یاطاقان کف‌گرد هیچ‌گونه پمپ یا موتور به کار نرفته باشد. جزییات این قسمت در مشخصات فنی خصوصی درج گردیده است.

1- Collector rings
2- Thrust bearing

ب - یاطاقان‌هادی[1]

ژنراتور باید به دو سری یاطاقان‌هادی مجهز باشد، که یک سری در بالای روتور و یک سری در زیر روتور قرار گرفته باشند. یاطاقان‌های هادی باید کلیه تنش‌های ناشی از گردش عادی واحد و یا سرعت فرار مورد نظر برای آن را، بدون صدمه و آسیب تحمل نمایند. یاطاقان‌های هادی از قطعاتی که معمولا از جنس بابیت ساخته شده‌اند، تشکیل می‌شود. این قطعات باید قابل تنظیم باشد و به وسیله سامانه مخصوص روغن‌کاری شود. این سامانه نباید به نحوی باشد که روغن و بخار روغن از محفظه یاطاقان خارج و وارد سامانه خنک کن ژنراتور گردد. قطعات یاطاقان‌هادی باید به نحوی طراحی و ساخته شود که بدون نیاز به مداخله در قسمت‌های دیگر قابل تنظیم و یا تعویض باشد.

۱۸-۳-۲-۷- سامانه خنک کننده[2]

ژنراتور باید به صورت خود تهویه باشد؛ بدین معنی که هوا توسط پره‌هایی که روی روتور نصب خواهد گردید، به سمت سیم‌پیچ‌های استاتور و کانال‌های مخصوص تعبیه شده روی آن رانده شده و حرارت ایجاد شده در آنها را به طرف رادیاتورهای آبی هدایت نماید. پرّه‌های روی روتور باید به صورت ثابت و محکم پیش‌بینی گردد، به نحوی که در هر سرعت چرخش روتور جابجایی و تغییر جهت نداشته باشد. شیارهایی که برای هدایت هوا روی سیم‌پیچ‌های استاتور درنظر گرفته می‌شود، باید به صورت تکه‌تکه و به نحوی طراحی گردد که برای خارج کردن سیم‌پیچ‌ها به منظور تعمیر و یا تعویض آنها مانعی ایجاد نشود و این امر را تسهیل نماید. رادیاتورها که خود به وسیله عبور جریان آب خنک می‌شوند، باید به اندازه و تعداد کافی پیش‌بینی شود و به صورت قرینه روی جدار خارجی ژنراتور نصب گردد. اتصال هر رادیاتور به لوله اصلی باید توسط فلانج و از طریق یک شیر در ورودی و خروجی آن باشد تا بدین وسیله پیاده کردن هر رادیاتور به طور مستقل از دیگر رادیاتورها به سهولت امکان‌پذیر باشد.

رادیاتورها باید از نوع مقاوم در مقابل خوردگی و ساختمان آنها به نحوی باشد که توسط یک شیر تخلیه به صورت کامل از آب تخلیه شده و مجاری آن قابل تمیز کردن باشد.

۱۸-۳-۲-۸- سامانه حفاظت در برابر آتش سوزی[3]

سامانه حفاظت در برابر آتش سوزی در ژنراتور عموما توسط گازکربنیک[4] خواهد بود، مگر آن که در مشخصات فنی خصوصی نوع دیگری توصیه شده باشد. این سامانه شامل یک سری سیلندرهای گازکربنیک (اصلی و رزرو)، کنترل خودکار، شیر یک‌طرفه، شیر تخلیه گاز و آشکارسازهای حرارتی می‌باشد. میزان گاز باید به اندازه‌ای باشد که در هنگام وقوع آتش‌سوزی در داخل ژنراتور بلافاصله عمل کند و در کوتاهترین مدت ممکن فضای داخل ژنراتور را با تراکم مناسب پرکرده و آتش را خاموش نماید.

با توجه به سمی بودن گاز و خطرات جانی که ممکن است برای کارکنان بهره‌بردار در برداشته باشد، ضروری است که این سامانه به صورت کاملا حفاظت شده عمل نماید و حداقل شامل تجهیزات کنترلی و حفاظتی زیر باشد:

1- Guide bearing
2- Cooling system
3- Fire protection
4- CO_2

- قفل و رابط با اتصالات منطقی برای کنترل و جلوگیری از عملکرد سامانه، در صورت عملکرد نابجای آشکارسازهای حرارتی
- کلیدهای مخصوص روی درب‌های محفظه ژنراتور به منظور جلوگیری از عملکرد سامانه در زمانی که درب‌ها باز هستند و نشان دهنده وضعیت مذکور در اتاق فرمان
- حسگر گاز قابل حمل برای تشخیص مقطعی نشت گاز
- ماسک‌های مخصوص و نصب آنها در محل‌های قابل دسترسی، به منظور استفاده افراد بهره‌بردار در زمان وقوع آتش‌سوزی

۱۸-۳-۲-۹- گرمکن‌های فضای داخلی[1]

به منظور جلوگیری از تعریق بخار آب موجود در داخل ژنراتور باید از تعدادی گرمکن‌های برقی در محل‌های مناسب استفاده گردد. این گرمکن‌ها باید به صورت خودکار و با فرمان ترموستات‌ها قطع و وصل شود و باعث حفاظت ژنراتور در مقابل صدمات ناشی از تعریق بخار آب باشند.

۱۸-۳-۲-۱۰- آشکارسازهای خزش[2]

به منظور حس و اعلام وضعیت ژنراتور در حالت توقف باید آشکارسازهای خزش در ژنراتور همراه با کنترل‌ها و هشداردهنده‌های لازم نصب گردد.

زمانی که واحد با بسته شدن دریچه‌های تنظیم آب توربین و اعمال ترمز بحالت توقف در می‌آید، اگر روتور حرکتی داشته باشد، آشکارسازها باید وارد عمل شده و وضعیت را اعلام نمایند.

۱۸-۳-۲-۱۱- سامانه نشان‌دهنده لرزش

در هر ژنراتور باید یک سامانه نشان‌دهنده لرزش به صورت کامل با حسگرها و واحد کنترل همراه با رله تاخیر زمانی نصب گردد. حسگر این سامانه باید در محل مناسبی که بتواند لرزش‌های غیرمنتظره و اضافی قسمت‌های گردنده ژنراتور را حس و اعلام نماید، نصب گردد.

۱۸-۳-۲-۱۲- ساختمان محفظه ژنراتور[3]

محفظه ژنراتور باید از ورق‌های فولادی صاف (بدون اعوجاج و چین‌خوردگی) و یا بتنی ساخته شود و دارای مقاومت لازم برای نیروهای مترتب به ژنراتور و لرزش‌های مربوط باشد. برای ورود به داخل این محفظه از درب مخصوصی که نسبت به عبور هوا مقاوم (هوابند) باشد، استفاده گردد. همچنین برای پوشش بالای این محفظه ورق‌های فولادی با مقاومت مخصوص که محل‌های مناسبی نیز برای بلند کردن آنها تعبیه شده باشد، در نظر گرفته شود. این محفظه می‌تواند شامل پلکان، راهرو و پل‌های ارتباطی به قسمت‌های مختلف ژنراتور باشد که تمامی این قسمت‌ها باید از ورق‌های فولادی آجدار ساخته شوند.

1- Interior space heater
2- Creep detector
3- Generator housing

محفظه ژنراتور همچنین شامل سکوی فلزی که در زیر ژنراتور و یاطاقان کف‌گرد به منظور جدا کردن ژنراتور از اتاقک توربین می‌گردد، نیز خواهد بود. بدیهی است که این سکو باید محل مخصوص دسترسی به قسمت یاطاقان کف‌گرد را داشته باشد. در داخل محفظه ژنراتور باید چراغ‌های روشنایی از نوع مناسب به اندازه کافی و پریز برق به منظور انجام تعمیرات در این قسمت پیش‌بینی شود و کلید روشنایی‌ها به طور خودکار با باز و بسته شدن درب ورودی به محفظه کنترل گردد.

۱۸-۳-۳- سامانه تحریک[1]

۱۸-۳-۳-۱- نکات کلی

سامانه تحریک شامل ترانسفورماتور تحریک، تنظیم کننده خودکار ولتاژ[2]، کلید قطع تحریک و سایر ملزومات و دستگاه‌ها برای نشان دادن وضعیت، حفاظت و کنترل این سامانه خواهد بود.

۱۸-۳-۳-۲- مشخصات الکتریکی سامانه تحریک

سامانه تحریک به طور کلی از طریق یک دستگاه ترانسفورماتور که مستقیما به خروجی ژنراتور متصل می‌گردد، تغذیه خواهد شد.

برای مواقع اضطراری و راه‌اندازی اولیه ژنراتور باید یک انشعاب برق متناوب[3] و یک انشعاب برق مستقیم[4] از سامانه برق داخلی نیروگاه در نظر گرفته شود.

خروجی ترانسفورماتور تحریک پس از عبور از یکسوکننده و انجام کنترل‌ها و تنظیم‌های مربوط، به حلقه‌های جاروبک ژنراتور متصل می‌شود و از طریق سامانه جاروبک، سیم‌پیچ‌های روتور را تغذیه خواهد نمود.

به طور کلی سامانه تحریک برای هر واحد شامل قسمت‌های زیر خواهد بود:

- ترانسفور ماتور تحریک
- یکسوکننده و تنظیم‌کننده خودکار ولتاژ
- اتصالات برق و کنترل‌های لازم
- سامانه خنک‌کننده نیمه‌هادی‌ها

۱۸-۳-۳-۳- ترانسفورماتور تحریک

با توجه به این که ترانسفورماتور تحریک معمولا در محلی در داخل ساختمان نیروگاه قرار خواهد داشت، از نظر رعایت ضوابط ایمنی، از نوع خشک[5] انتخاب می‌گردد. این ترانسفورماتور باید از نوع خودخنک‌کن[6] باشد و عایق از نوع کلاس (F) داشته باشد. ولتاژ اولیه این ترانسفورماتور در سطح ولتاژ خروجی ژنراتور خواهد بود و ولتاژ ثانویه آن باید توسط سازنده با توجه به طراحی سامانه

1- Excitation system
2- AVR
3- AC
4- DC
5- Dry type
6- Self cooled

تحریک انتخاب و اعلام گردد. این ترانسفورماتور باید قابلیت تحمل شرایط جریان نامی تحریک و ولتاژهای حداکثر تعریف شده برای سامانه تحریک را بدون صدمه و افزایش درجه حرارت دارا باشد.

۱۸-۳-۳-٤- یکسوسازها[1]

یکسوسازها باید دارای پل‌های تریستوری[2] که به صورت موازی با یکدیگر متصل باشند و قدرت کافی برای حالتی که یک تریستور از مدار خارج شود و یکسو ساز شرایط نامی خود را حفظ نماید، باشند. در هر رشته از تریستورها باید به تعداد کافی تریستور به صورت سری وجود داشته باشد که قابلیت تحمل ولتاژ حداکثر متصور برای سامانه تحریک را دارا باشد. در حالتی که یکی از تریستورها به دلایلی از مدار خارج گردد، باید بار مربوط به آن به صورت بدون وقفه روی رشته‌های تریستوری دیگر منتقل شده و خللی در کار عادی یکسوساز پیش نیاید.

۱۸-۳-۳-٥- تنظیم‌کننده خودکار ولتاژ[3]

تنظیم‌کننده ولتاژ باید از نوع الکترونیکی[4] و دارای مشخصات زیر باشد:

- کنترل و تنظیم ولتاژ از طریق اخذ ولتاژ متوسط خروجی ژنراتور و پس‌خوراند از طریق خروجی سامانه
- کنترل خودکار ولتاژ توسط سامانه‌های برقی (غیردستی)، کلیدهای قابل تنظیم و کلید قطع و وصل. همچنین سامانه کنترل ولتاژ باید قادر باشد که ولتاژ خروجی را در محدوده ۸۰ تا ۱۱۰ درصد ولتاژ نامی ژنراتور تنظیم نماید.
- تنظیم‌کننده ولتاژ باید مجهز به ترانسفورماتور جداساز و یکسوسازهای مستقل باشد تا کنترل مورد نیاز سامانه تحریک را تامین نماید.
- تغذیه رزرو از طریق سامانه UPS نیروگاه برای تنظیم کننده ولتاژ باید پیش‌بینی گردد.

۱۸-۳-٤- آزمایش‌ها

۱۸-۳-٤-۱- نکات کلی

تمامی مواد و مصالح که به منظور ساخت ژنراتور و متعلقات آن به کار می‌رود و همچنین قسمت‌های مختلف ژنراتور و سامانه تحریک باید در حضور کارفرما و یا نماینده وی تحت آزمایش‌های در کارخانه، یا در نیروگاه قرار گیرد.

آزمایش‌هایی که دراین مشخصات فنی عمومی ذکر شده‌اند، جنبه کلی و عمومی دارد و جزییات این آزمایش‌ها به علاوه آزمایش‌های ویژه در مورد هر طرح در مشخصات فنی خصوصی ذکر می‌گردد.

1- Rectifiers
2- Thyristor
3- Automatic voltage regulator
4- Solid state

پیمانکار موظف است امکانات بازرسی و نظارت بر انجام آزمایش‌ها را برای کارفرما یا نماینده وی فراهم نماید. اصول انجام آزمایش‌های مربوط به ژنراتور در استاندارد IEC نشریه شماره ۳۴ ذکر گردیده، ولی پیمانکار موظف است در هر مورد استاندارد خاص هر آزمایش را ذکر نموده و ضمن ارائه روش انجام و جزییات آزمایش‌ها یک کپی از استاندارد مربوط را تسلیم نماید.

پیمانکار باید در پایان هر آزمایش یک گزارش شامل نوع آزمایش، روش انجام، نتایج حاصله و تفسیر مربوط را تهیه و ارائه نماید.

۱۸-٤- سامانه شینه حفاظدار[1] و تجهیزات تحت ولتاژ ژنراتور

۱۸-٤-۱- نکات کلی

برای انتقال انرژی تولیدی در ژنراتور به ترانسفورماتورهای افزاینده از سامانه شینه حفاظدار استفاده می‌شود. مشخصات فنی عمومی سامانه شینه حفاظدار و همچنین تجهیزات دیگری که با ولتاژ ژنراتور کار می‌کنند، عمدتا عبارتند از:

- شینه حفاظدار و متعلقات مربوط
- ترانسفورماتورهای تحریک(توضیحات در قسمت مربوط به تحریک ژنراتور ارائه شده است)
- ترانسفورماتورهای مصرف داخلی نیروگاه
- تابلوهای تحت ولتاژ ژنراتور
- ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان
- سکسیونرهای قابل قطع زیر بار
- برقگیر محافظت ژنراتور
- تابلوی زمین نقطه صفر ژنراتور

(توضیح: برای نیروگاه‌های کوچک با توجه به امکانات فضای نیروگاه، می‌توان برای انتقال انرژی ژنراتور به ترانسفورماتورها از کابل استفاده نمود. که در آن صورت نیازی به این قسمت نخواهد بود).

۱۸-٤-۲- پارامترهای طراحی

کلیه قسمت‌های این سامانه باید به نحوی طراحی شود که تمام تنش‌های ناشی از ضربات الکتریکی، مکانیکی و یا هرنوع تنش دیگری را که احتمال ایجاد آن در سامانه باشد را تحمل نماید.

شینه اصلی باید براساس جریان‌های اتصال کوتاه از نظر حرارتی و دینامیکی سامانه طراحی شود و قدرت تحمل بالاترین میزان جریان اتصال کوتاه سامانه که بر مبنای ولتاژ ژنراتور و دیگر پارامترهای سامانه که در مشخصات فنی خصوصی ارائه گردیده است، را دارا باشد.

1- Bus duct system

۱۸-٤-۳- جزییات ساختمان اجزای اصلی

۱۸-٤-۳-۱- شینه حفاظدار

شینه‌ها از هادی‌های تک فاز که نسبت به بدنه حفاظ خود عایق شده است، تشکیل می‌شود. هادی‌ها معمولا از جنس مس یا آلومینیم و حفاظ آنها از آلومینیم و یا به نحوی که در مشخصات فنی خصوصی تعیین گردیده است، ساخته خواهد شد. سطح مقطع هادی و ضخامت حفاظ باید به نحوی طراحی و تعیین شود که ضمن تحمل بالاترین شرایط کاری خود، افزایش حرارتی بیش از میزان مندرج در مشخصات فنی خصوصی، نسبت به شرایط محیط خود را نداشته باشد. هادی‌ها ممکن است به صورت قطعه‌قطعه ساخته شود و با توجه به شرایط کار و طرح، در محل به یکدیگر متصل و تشکیل یک هادی واحد را بدهند.

محفظه شینه باید به صورت کاملا بسته باشد. به منظور جلوگیری از ورود گرد و غبار و تعریق رطوبت روی شینه‌ها و در فضای داخل آن، ارتباط محفظه با فضای خارج، از طریق فیلترهای مخصوص که خاصیت جذب رطوبت و گرد و غبار (مانند سلیکاژل) را داشته باشد، خواهد بود.

۱۸-٤-۳-۲- تابلوهای تحت ولتاژ ژنراتور

تابلوها باید از نوع تمام فلزی و دارای درب‌های لولایی و قفل شونده باشد. طراحی بدنه و سازه تابلوها باید به نحوی باشد که تنش‌های ناشی از ضربات مکانیکی حین حمل و نقل و نصب و همچنین ضربات ناشی از اتصال کوتاه را تحمل نماید. تمامی تجهیزاتی که داخل تابلو نصب می‌گردند، باید طوری پیش‌بینی شوند که به سهولت قابل دسترسی و تعمیر و یا تعویض باشند.

تجهیزات تابلوها باید به صورت کامل در کارخانه سازنده نصب، سیم‌کشی و سپس حمل گردد.

ترمینال‌ها باید درمحفظه‌ای جداگانه و در قسمت پایین تابلو پیش‌بینی گردند، به نحوی که ورود و خروج کابل‌ها از زیر تابلو امکان‌پذیر باشد. تمام تابلوهایی که برای تجهیزاتی نظیر برقگیر، خازن، ترانسفورماتور ولتاژ، ترانسفورماتور تحریک و امثال آن می‌باشد، باید قابلیت اتصال به انشعاب شینه یا کابل را (بسته به مورد) دارا باشد. به منظور جلوگیری از صدمات ناشی از جابجایی جزیی و یا لرزش‌ها، کلیه انشعاب‌ها و یا اتصالات باید از نوع قابل انعطاف[1] باشد.

۱۸-٤-۳-۳- ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان

ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان باید از نوع خشک (عایق خشک صنعتی) و مناسب برای نصب داخلی باشند.

برای ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان بسته به محل نصب و نوع عملکردی که برای آنها در نظر گرفته شده است، باید ۳ خصوصیت «نسبت تبدیل»، «کلاس دقت» و «ظرفیت»[2] مد نظر قرار گیرد. این پارامترها در مشخصات فنی خصوصی طرح به تفصیل ارائه گردیده است.

1- Flexible
2- Burden

ترانسفورماتورهای ولتاژ به صورت تک فاز و یا سه فاز که اولیه آنها به صورت ستاره اتصال می‌یابد، خواهد بود. طرف ثانویه آنها نیز به صورت ستاره و یا مثلث باز (بسته به نیاز طرح) خواهد بود که در این صورت به منظور جلوگیری از پدیده تشدید[1]، باید در مثلث باز یک مقاومت با ظرفیت مناسب استفاده گردد.

ترانسفورماتورهای جریان با توجه به نوع عملکرد آنها می‌توانند با هسته‌های متفاوت باشد، که هر یک پارامترهای مخصوص خود را دارا است. ظرفیت تحمل اتصال کوتاه حرارتی و مکانیکی در ترانسفورماتورهای جریان با توجه به محاسبات و بر اساس استانداردهای قابل قبول (IEC) خواهدبود.

۱۸-٤-۳-٤- کلیدهای قابل قطع زیر بار

کلیدهای قابل قطع زیر بار به صورت تک فاز و هر یک در محل مخصوص که نسبت به فازهای دیگر ایزوله شده باشد، قرار می‌گیرند، ولی باید دارای مکانیزم فرمان واحد باشند. هر یک از فازها دارای یک قطع کننده از نوع خلا بوده، و باید بتواند ظرفیت نامی خود را بدون آن که نیاز به سامانه خنک‌کن داشته باشد، قطع نماید.

مکانیزم فرمان کلید باید به نحوی طراحی شود که بتواند عملیات قطع، ایزوله کردن و اتصال کلید زمین را انجام دهد و در محلی قابل دسترسی نصب گردد. کلید مذکور باید مجهز به نشان‌دهنده وضعیت (باز یا بسته) و چفت و بست‌های مکانیکی به منظور جلوگیری از بروز خطا در عملکرد آن، باشد.

۱۸-٤-۳-٥- برقگیر

به منظور حفاظت ژنراتور از امواج ناخواسته که ممکن است از طریق شبکه و ترانسفورماتورهای اصلی به طرف ژنراتور وجود داشته باشد، و همچنین ازدیاد ولتاژ ناشی از کلیدزنی که معمولا در خروجی ژنراتور ایجاد می‌گردد، از برقگیر استفاده می‌گردد. با توجه به این که برقگیر بین ترانسفورماتور و ژنراتور نصب می‌گردد، مشخصات آن باید با هماهنگی سازنده‌های تجهیزات مذکور تعیین گردد. روی هر فاز باید یک برقگیر نصب شود.

۱۸-٤-۳-٦- تابلوی نقطه صفر ژنراتور

به منظور اتصال زمین مرکز سیم‌پیچ‌های ژنراتور که به صورت ستاره به یکدیگر متصل می‌گردند، از تابلو نقطه صفر ژنراتور با تجهیزات مربوطه استفاده می‌شود. این تجهیزات باید قادر باشد که صدمات ناشی از اتصال زمین فازهای ژنراتور را محدود کرده و به حداقل برساند. این تجهیزات همچنین باید خطای اتصال زمین از سیم‌پیچ‌های استاتور را مشخص کند و فرامین لازم را صادر نماید.

تمام پارامترها، ظرفیت و کلاس دقت تجهیزات تابلوی نقطه صفر ژنراتور باید براساس ضوابط استاندارد IEC و آن چه که در مشخصات فنی خصوصی تعیین گردیده، باشد.

1- Resonance

۱۸-٤-٤- آزمایش‌ها

کلیه قسمت‌های شینه حفاظدار، کلید قابل قطع زیر بار، ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان، برقگیر و تجهیزات تابلوی نقطه صفر ژنراتور باید طبق توصیه‌های استانداردهای معتبر نظیر IEC تحت آزمایش‌های لازم قرار گیرند، تا صحت عملکرد آنها قابل تایید باشد.

۱۸-۵- ترانسفورماتورهای اصلی

۱۸-۵-۱- پارامترهای اصلی

نوع ترانسفورماتور از نظر سه فاز یا تک فاز و همچنین تعداد سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه در مشخصات فنی خصوصی طرح تعیین می‌گردد. ترانسفورماتورها باید با گردش روغن خنک شوند که این گردش نیز می‌تواند بسته به نیاز طرح به صورت طبیعی یا پمپ (با فشار) باشد (که نوع آن در مشخصات فنی خصوصی تعیین می‌شود).

۱۸-۵-۲- اجزای اصلی

۱۸-۵-۲-۱- نکات کلی

در این قسمت، مشخصات فنی عمومی هر یک از اجزای ترانسفورماتور ارائه می‌شود و همان طور که ذکر شد، مشخصات خاص مربوط به هر قسمت در مشخصات فنی خصوصی ذکر خواهد گردید. به این ترتیب آن چه که در مورد اجزای ترانسفورماتور گفته می‌شود، صرفا جنبه عمومی و اولیه داشته و باید به عنوان حداقل نیاز تلقی گردد.

به طور کلی ترانسفورماتور علاوه بر برخورداری از مشخصات فنی عمومی مذکور در این فصل و آن چه که در مشخصات فنی خصوصی ذکر گردیده است، باید طبق ضوابط بیش بینی شده در آخرین انتشار استانداردهای قابل قبول بین‌المللی نظیر IEC ساخته شود و برخوردار از آخرین پیشرفت‌های تکنولوژیکی در دنیا در این زمینه باشد.

۱۸-۵-۲-۲- هسته

هسته ترانسفورماتور باید از ورق‌های فولاد سیلیکون‌دار با درجه خلوص بالا ساخته شود و دارای خصوصیت افت و پس‌ماند مغناطیسی (هیسترزیس) پایین و به صورت نورد شده باشد.

ورق‌های هسته باید به صورت مناسب در جای خود و روی یکدیگر قرار گرفته و توسط پیچ و مهره و یا بست‌های مخصوص محکم شود، به نحوی که هرگونه ضربات مکانیکی ناشی از اتصال کوتاه و یا حمل و نقل را بدون آن که تغییر شکل بدهد و یا صدمه‌ای ببیند، تحمل نماید. به این نکته باید توجه کافی مبذول شود که جنس پیچ و مهره‌ها و بست‌هایی که برای محکم کردن هسته به کار می‌رود، از نوع ضد مغناطیس باشد و علاوه برآن نسبت به آهن هسته عایق گردد. به منظور عبور روغن از داخل هسته و خنک کردن آن مجاری مخصوصی باید پیش‌بینی گردد.

همچنین برای جلوگیری از انباشته شدن بارهای الکترواستاتیکی در هسته، باید هسته ترانسفورماتور به نحو مطمئن به شبکه زمین اتصال یابد. این اتصال باید به طریقی انجام گردد که به سهولت قابل دسترسی باشد و بتوان آن را در مواقع لزوم مورد آزمایش قرار داد.

۱۸-۵-۲-۳- سیم‌پیچ‌ها

سیم‌پیچ‌ها باید از جنس مس الکترولیتی و عاری از هر گونه ناخالصی و یا خلل و فرج بوده و دارای عایق مناسب با سطح ولتاژ تعیین شده باشند. در اتصال سیم‌پیچ‌ها باید دقت کافی بشود که یا از اتصالات پیچ و مهره‌ای استفاده شود و یا توسط جوش (لحیم) از جنس نقره اتصال یابند. این اتصالات باید طوری شکل داده و عایق شده باشد که از به وجود آمدن هرگونه تنش الکتریکی در آنها جلوگیری گردد. سیم‌پیچ‌ها باید قادر باشند کلیه تنش‌های ناشی از اتصال کوتاه، بارهای اضافی و افزایش ولتاژهای اعمال شده به ترانسفورماتور در حدود مذکور در استاندارد را تحمل نمایند. همچنین قدرت تحمل تنش‌های ناشی از افزایش حرارت و ضربات مکانیکی حاصل شده از اتصال کوتاه را دارا باشند.

به طورکلی اتصال سیم‌پیچ‌ها در داخل ترانسفورماتور و یا به مقره‌ها باید به صورت محکم و به نحوی باشد که هرگونه ضربه ناشی از پدیده‌های الکتریکی، مکانیکی و حمل و نقل را تحمل کند و هیچ‌گونه آسیبی به آنها وارد نشود.

۱۸-۵-۲-٤- مخزن و اتصالات

مخزن ترانسفورماتور باید از ورق‌های فولاد سخت شکل داده شده و با اتصالات جوشی ساخته شود، به نحوی که این سازه قادر باشد، فشار منفی (در خلا کامل) را تحمل نماید. سرپوش مخزن از ورق فولادی و با اتصالات پیچ و مهره‌ای خواهد بود.

سازه مخزن باید به نحوی طراحی و ساخته شود که علاوه بر تحمل وزن هسته و سیم‌پیچ، تحمل وزن روغن (با ظرفیت کامل) را دارا باشد و هرگونه ضربه و صدمه مکانیکی ناشی از حمل و نقل، بلند کردن کل بدنه و دیگر صدمات مکانیکی محتمل را بدون آن که تنش اضافی در آن ایجاد شود و یا منجر به نشت روغن گردد، تحمل نماید.

اتصالات مخزن باید به نحو مطلوب و مطمئن در قبال نشت روغن گرم آب‌بندی شود و تغییر فرم (اعوجاج) در آن ایجاد نگردد. علاوه بر آن سازه مخزن نباید در زمان‌هایی که درپوش آن برداشته می‌شود، تغییر شکل بدهد.

در انتخاب نوع واشرهای به کار رفته در اتصالات مخزن باید دقت کافی بشود که این واشرها در قبال روغن گرم مقاوم باشد و باعث از بین رفتن آن و یا نشت احتمالی روغن نگردد.

۱۸-۵-۲-۵- مقره‌ها

مقره‌های ترانسفورماتور باید بر اساس مشخصات ذکر شده در استاندارد IEC از جنس چینی مخصوص با درجه عایقی متناسب با ولتاژ و شرایط کار ترانسفورماتور که بر مفاد مشخصات فنی خصوصی منطبق است، ساخته شود. جنس چینی مقره باید به صورت همگن، بدون ترک و یا چین خوردگی و یا خلل و فرج بوده و با روش از نوع مرطوب ساخته شده باشد. مقره‌ها باید در قبال نیروهای مکانیکی خواسته شده در طرح و همچنین قدرت عایقی تعیین شده مقاوم باشد و هیچ عامل خارجی نظیر تنش‌های مکانیکی و یا نفوذ رطوبت در آن تاثیری نداشته باشد. لعاب به کار رفته روی مقره باید عاری از ذرات خارجی باشد و در مقابل تغییرات درجه حرارت محیط، و یا فشارها و تنش‌های ناشی از انقباض و انبساط هادی متصل به آنها تاثیرپذیر نباشد.

اتصالات خارجی مقره‌ها باید بسته به نیاز طرح برای اتصال به کابل یا شینه مناسب باشد و در محل اتصال به طور کامل نقره‌اندود شده باشد. اتصال مقره‌ها به بدنه ترانسفورماتور باید به نحوی باشد که پیاده کردن آنها از بدنه در زمان تعمیرات به سهولت امکان‌پذیر و تخلیه حداقل از حجم روغن را نیاز داشته باشد.

۱۸-۵-۲-۶- سامانه تغییر ولتاژ

سامانه تغییر ولتاژ بسته به ظرفیت ترانسفورماتور و نوع عملکرد آن در نیروگاه دارای خصوصیات و پله‌های تغییری خواهد بود که در طراحی تعیین و در مشخصات فنی خصوصی خواهد آمد.

این مکانیزم باید با توجه به قدرت و شرایط کاری ترانسفورماتور، قادر به تحمل اتصال کوتاه، و دیگر تنش‌های احتمالی موجود بر ترانسفورماتور باشد، بدون آن که صدمه و یا خللی در عملکرد آن به وجود آید.

به منظور جلوگیری از عملکرد نامناسب، این سامانه باید مجهز به چفت و بست‌های لازم باشد و به علاوه باید تمامی قسمت‌های آن به صورت یک‌پارچه عمل نماید.

۱۸-۵-۲-۷- مخزن ذخیره و انبساط روغن

به منظور تامین روغن مخزن اصلی در مواقع لزوم، و همچنین تخلیه روغن اضافی ناشی از انبساط حجم روغن (در مواقعی که حرارت بالا می‌رود)، یک مخزن در بالای مخزن اصلی و با سازه‌ای مناسب باید تعبیه گردد. این مخزن که از ورق فولادی و با اتصالات جوشی ساخته خواهد شد، دارای حجمی معادل ۱۰٪ حجم روغن موجود در کولرها و مخزن اصلی ترانسفورماتور خواهد بود. روی بدنه این مخزن باید اتصالات به اندازه و تعداد کافی برای بازدید، تمیز کردن و تعمیرات احتمالی آن پیش‌بینی گردد. همچنین یک نشان‌دهنده سطح روغن از خارج آن باید تعبیه گردد (پنجره شیشه‌ای).

۱۸-۵-۲-۸- مبدل حرارتی آب – روغن

اگر سامانه خنک‌کنندگی ترانسفورماتور با آب تعیین شده باشد، در آن صورت هر ترانسفورماتور باید حداقل به ۲ دستگاه مبدل حرارتی که هر یک ظرفیت ۱۰۰٪ خنک‌کنندگی ترانسفورماتور را دارا باشد، مجهز گردد. بدیهی است که در حالت عادی فقط یکی از مبدل‌ها در بهره‌برداری قرار خواهد داشت و دیگری به عنوان ذخیره استفاده خواهد شد. جایگزین کردن مبدل‌ها با یکدیگر به وسیله دست و یا کنترل از دور خواهد بود. هر مبدل از یک استوانه که از جنس چدن یا فولاد ساخته می‌شود و سطح داخلی آن بسیار صاف و در مقابل خوردگی و پوسیدگی حفاظت شده باشد، تشکیل می‌شود. در داخل این استوانه لوله‌هایی که از جنس فولاد ضدزنگ خواهد بود، قرار داده می‌شود، به طوری که روغن در داخل استوانه و آب در داخل لوله‌ها جریان داشته باشد.

مبدل حرارتی باید به شیرها و نشان‌دهنده‌های لازم، آن طورکه در مشخصات فنی خصوصی ذکر می‌شود، مجهز باشد.

۱۸-۵-۲-۹- ابزار و اتصالات کمکی

هر ترانسفورماتور باید به یک غشا (دیافراگم) یا شیر مخصوص رهاکننده فشار با اندازه مناسب برای محافظت ترانسفورماتور در قبال انفجارهای ناشی از تولید جرقه در داخل روغن، مجهز باشد. همچنین در مخزن ترانسفورماتور باید شیرهایی با اندازه و نوع مناسب برای عملکردهای مورد نظر که درمشخصات فنی خصوصی ذکر شده است، تعبیه گردد.

علاوه بر شیرها و اتصالات فوق، ترانسفورماتور باید دارای وسایل حفاظتی و نشان‌دهنده‌ها نیز باشد، که بتوان خصوصیات و شرایط عملکردی ترانسفورماتور را در هر زمان کنترل و یا ثبت نمود.

۱۸-۵-۲-۱۰- پمپ روغن

در صورتی که سامانه گردش روغن از نوع با فشار تعیین شده باشد، باید برای هدایت و گردش روغن به مبدل حرارتی و بالعکس، تعدادی پمپ روغن (متناسب با ظرفیت ترانسفورماتور) با موتور برقی تعبیه گردد. تعداد و مشخصات این پمپ‌ها برحسب نیاز طرح در مشخصات فنی خصوصی ذکر شده است. پمپ‌های مذکور که روی مخزن و یا روی پایه ترانسفورماتور نصب می‌شود، باید دارای قدرت کافی برای گردش روغن در بدترین شرایط کاری باشد، بدون آن که صدمه‌ای به آنها وارد شود و یا افزایش حرارت غیرمجازی را داشته باشد.

۱۸-۵-۳- آزمایش‌ها

هر ترانسفورماتور باید به منظور حصول اطمینان از صحت ساخت و عملکرد آن طبق توصیه‌های استاندارد IEC و یا آن چه که مشخصا در مشخصات فنی خصوصی عنوان گردیده، تحت آزمایش‌های لازم قرار گیرد.

۱۸-٦- سامانه‌های کمکی الکتریکی نیروگاه

۱۸-٦-۱- سامانه‌های کمکی الکتریکی نیروگاه (جریان متناوب)

این سامانه به طور کلی شامل تجهیزات زیر می‌باشد:

- ترانسفورماتورهای مصرف داخلی نیروگاه که مستقیما به خروجی ژنراتورها متصل است و ولتاژ آنها را به ۴۰۰ ولت تبدیل می‌نماید.
- ترانسفورماتورهای کمکی که برای تبدیل ولتاژ شبکه محلی به ۴۰۰ ولت به عنوان پشتیبان منبع تغذیه برق داخلی مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- کلیه تابلوهای توزیع و کنترل
- کلیه کابل‌کشی‌ها و سیم‌کشی‌ها
- دیزل ژنراتور

۱۸-٦-۱-۱- ترانسفورماتورهای سرویس داخلی

الف- نکات کلی

برای تامین برق متناوب مصارف داخلی نیروگاه از دو نوع ترانسفورماتور استفاده خواهد شد. ترانسفورماتورهای با ولتاژ اولیه هم سطح با ولتاژ ژنراتور، برای زمان‌هایی که واحدهای نیروگاه در حال کار هستند، و ترانسفورماتور با ولتاژ اولیه منطبق با ولتاژ شبکه محلی به منظور استفاده از شبکه محلی موجود در نیروگاه، در بقیه زمان‌ها. میزان ولتاژهای مذکور و همچنین چگونگی اتصال و شرایط کار آنها در مشخصات فنی خصوصی ذکر گردیده است.

ب- پارامترهای طراحی

هر دو نوع ترانسفورماتورهای مصرف داخلی نیروگاه از نوع سه فاز، دو سیم‌پیچ، مناسب برای نصب داخلی و از نوع خشک یا روغنی خواهد بود.

دیگر پارامترهای طراحی آنها به طور کلی شامل ولتاژهای اولیه و ثانویه، ظرفیت، امپدانس اتصال کوتاه، گروه برداری[1]، نوع عایق و سامانه خنک‌کن آنها می‌باشد که در مشخصات فنی خصوصی درج گردیده است.

ج- اجزای اصلی

جزییات ساخت هر ترانسفورماتور باید طبق ضوابط استاندارد IEC بوده و به طور کلی موارد زیر در آنها رعایت شده باشد:

۱- هسته

هسته ترانسفورماتورهای سرویس باید از ورقه‌های فولاد نو و نورد سرد شده‌ای که دارای هدایت مغناطیسی بالا و افت کم باشد، ساخته شود. ورقه‌های مذکور باید توسط یک ماده غیرآلی نظیر کارلیت یا مواد مشابه دیگر پوشش داده شده باشد و به منظور جلوگیری از لرزش و یا تغییر شکل ناشی از ضربات مکانیکی و اتصال کوتاه به یکدیگر و به شاسی ترانسفورماتور محکم گردند.

۲- سیم‌پیچ

سیم‌پیچ‌ها باید از مس الکترولیتی و عاری از هرگونه تخلخل یا ناخالصی باشد و همچنین باید با عایق دارای درجه دی‌الکتریک بالا و مقاومت مکانیکی لازم، عایق گردد.

سیم‌پیچ‌ها باید در قبال تنش‌های ناشی از اتصال کوتاه، حرارتی و مکانیکی مقاومت کافی داشته باشند.

۳- کلید تغییر ولتاژ

کلید تغییر ولتاژ درحالت قطع ترانسفورماتور عمل نموده و باید در محلی که به سهولت در دسترس باشد، در نظر گرفته شود. این مکانیزم باید به طور دستی بهره‌برداری شود و به نحوی طراحی شود که گشتاور ناشی از محکم شدن آن به اتصالات سیم‌پیچ‌های مرتبط با آن صدمه‌ای وارد ننماید. اهرم‌ها و اتصالات کلید تغییر ولتاژ باید از مواد با مقاومت مکانیکی بالا، هدایت الکتریکی مناسب و ضدپوسیدگی باشند.

٤- تجهیزات حفاظت در مقابل افزایش درجه حرارت

هر ترانسفورماتور باید به منظور حفاظت در مقابل افزایش درجه حرارت، مجهز به سامانه نشان‌دهنده و هشداردهنده محلی و از راه دور باشد. این سامانه باید قادر باشد که در صورت بروز افزایش درجه حرارت غیرمجاز در ترانسفورماتور، به طور خودکار آن را قطع نموده و به بهره‌بردار اعلام خبر نماید.

1- Vector Group

۱۸-۶-۱-۲- تابلوهای توزیع داخلی

الف- نکات کلی

تابلوهای توزیع داخلی عموما شامل کلیدهای قطع و وصل خودکار، وسایل کنترل، شینه‌ها، سیم‌کشیها و بدنه تابلو می‌باشد.

کلیه این قسمت‌ها باید از نظر طراحی و ساخت قادر به ارائه عملکرد مناسب و مطلوب خود، آن طور که در مشخصات فنی خصوصی ذکر گردیده است، باشند. بدنه تابلو و سیم‌کشیهای داخلی آن باید به نحوی باشد که توسعه و اضافه نمودن سلول‌ها در زمان‌های لازم امکان‌پذیر باشد.

طراحی تابلوها باید برای ولتاژ کار ۳۸۰/۲۲۰ ولت، فرکانس ۵۰ هرتز باشد.

تابلوهای توزیع باید طبق آن چه که در مشخصات فنی خصوصی تعیین می‌شود، دارای کلیدهای خودکار و چفت و بست‌های[1] مناسب برای مانور در شرایط مختلف باشد، به نحوی که قطع کامل برق نیروگاه را باعث نگردد.

ب- جزییات ساختمانی

تمام مواد و جزییات ساختمانی تابلوها عموما باید طبق شرایط مندرج در استاندارد IEC باشد.

تمام اجزا و موادی که در تابلوها به کار می‌رود، باید دارای شرایط کار و مقادیر اسمی که در مشخصات فنی خصوصی تعریف شده است، باشد و منطبق بر استانداردهای معتبر این‌گونه وسایل باشد.

تابلوها باید به وسیله صفحات فلزی، قسمت‌بندی و به زمین متصل شود و دارای درجه حفاظت داخلی[2] مناسب برای نصب داخلی باشد.

بدنه تابلوها باید دارای مقاومت مکانیکی کافی به منظور مقاومت در قبال ضربات در حین حمل و نقل و یا مواقع بروز اتصال کوتاه در بهره‌برداری باشد. همچنین برای جلوگیری از تعریق در داخل تابلو، باید گرمکن مناسب که به وسیله ترموستات کنترل می‌گردد، در آن تعبیه شود.

سلول‌های مختلف تابلوها باید بتوانند به وسیله پیچ و مهره به یکدیگر متصل و محکم گردند.

شینه‌های تابلو باید از جنس مس بوده و دارای سطح مقطع کافی برای تحمل جریان‌های مورد نظر برای عملکرد مطلوب تابلو باشد. این شینه‌ها باید به وسیله مقره‌های مخصوص نسبت به بدنه تابلو عایق و به آن محکم گردند.

تابلوها باید به صورت کامل در کارخانه سازنده تکمیل و سیم کشی شود.

۱۸-۶-۱-۳- کلیدهای خودکار

کلیدهای خودکار عموما در ورودی‌های تابلوی اصلی و مدارهای خروجی به تابلوهای فرعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. قطب‌های کلید باید توسط دیواره‌های جداکننده به منظور جلوگیری از خطا در اتصال آنها و یا پخش جرقه‌های ناشی از قطع و وصل کلید، از یکدیگر جدا شده باشد.

1- Interlocks
2- IP (Inter-Protection)

قطع و وصل کلید باید توسط انرژی که به صورت دستی یا برقی در فنر مخصوص ذخیره می‌شود، انجام گردد. این سامانه باید مجهز به نشان‌دهنده وضعیت باز یا بسته بودن کلید و آماده بودن فنر مربوط برای عمل کردن، و دسته مخصوص انرژی‌دار کردن فنر باشد.

مکانیزم عامل کلید باید دارای چفت و بست مخصوص با کلید زمین به منظور جلوگیری از خطا در بسته یا باز شدن آن باشد.

سامانه قطع خودکار کلید باید به طور کلی از نوع حرارتی و مغناطیسی باشد و عملکرد آن باید به وسیله سامانه هشداردهنده مناسب اعلام گردد.

۱۸-٦-۱-٤- دیزل ژنراتور

به منظور تغذیه مصارف ضروری نیروگاه در زمان‌های توقف واحدها و یا قطع برق شبکه منطقه نیروگاه از دیزل ژنراتور استفاده می‌گردد. دیزل ژنراتور برای کار در حالت موازی با شبکه خارجی نیروگاه مورد نظر نخواهد بود و باید به صورت یک واحد مستقل قادر باشد، کلیه مصارف ضروری نیروگاه را که در مشخصات فنی خصوصی و دیاگرام تک خطی مربوط در نظر گرفته می‌شود به صورت مداوم (۲۴ ساعته) تامین نماید.

دیزل ژنراتور باید به صورت خودکار در زمان قطع برق روشن شود و مصارف را تغذیه نماید، و در زمان وصل مجدد خاموش و متوقف گردد. بدون آن که نیازی به آماده‌سازی مجدد آن باشد.

طراحی تمامی قسمت‌های دیزل ژنراتور باید به نحوی باشد که بتواند کلیه تنش‌های الکتریکی و مکانیکی که ممکن است، در اثر حمل و نقل و یا در زمان بهره‌برداری از آن وجود داشته باشد، را بدون آن که صدمه ای به آن وارد آید، تحمل نماید.

الف- مشخصات کلی دیزل

موتور دیزل باید از نوع خنک شونده با آب و به صورت چهار زمانه مناسب برای اتصال به ژنراتور باشد. سامانه تخلیه دود موتور باید به نحوی طراحی شود که از جمع شدن آب تعریق شده در آن جلوگیری شود و مجهز به صداگیرهای کافی و مناسب باشد.

روغن‌کاری موتور و گردش آب خنک‌کن باید به وسیله پمپ‌های مخصوصی که به محور موتور اتصال داده می‌شود، صورت پذیرد. موتور دیزل باید به صورت کامل و مجهز به کلیه لوله‌کشی‌ها و اتصالات مربوط به سوخت، روغن، آب خنک‌کن، هوای ورودی و دود خروجی باشد.

لوازم کنترل و کمکی زیر باید، به عنوان حداقل، همراه با موتور دیزل تامین گردد:

- سامانه راه‌اندازی برقی
- سامانه تنظیم خودکار و دستی سرعت
- سامانه آب خنک‌کن شامل رادیاتور، پمپ آب و لوله‌های مربوط
- سامانه روغن شامل فیلتر و پمپ و لوله‌های مربوط
- سامانه خروج دود شامل اتصالات و مخازن صداگیر مربوط

ب- مشخصات کلی ژنراتور

ژنراتور از نوع سه فاز و با ولتاژ خروجی ثابت است و مناسب برای اتصال به دیزل باید انتخاب گردد. سامانه تحریک ژنراتور که مجهز به یکسوکننده‌های دوار روی روتور خواهد بود، باید قادر باشد که جریان تحریک ژنراتور را در شرایط کاری متصور برای آن تامین نماید. عایق سامانه استاتور و روتور باید از نوع کلاس (F) باشد.

ساختمان ژنراتور باید طوری باشد که با گردش هوا به طور طبیعی خنک شود.

۱۸-٦-۱-۵- آزمایش‌ها

به منظور حصول اطمینان از صحت ساخت و عملکرد مطلوب تجهیزات، کلیه آنها باید در کارخانه سازنده و در کارگاه تحت آزمایش‌های لازم طبق توصیه‌های استاندارد IEC و یا آن چه که در مشخصات فنی خصوصی ذکر می‌شود، قرار گیرد.

۱۸-٦-۲- سامانه‌های کمکی الکتریکی (جریان مستقیم)

به منظور تامین برق مورد نیاز تجهیزات و سامانه‌هایی که براساس مشخصات آنها، باید با برق مستقیم تغذیه شوند، و همچنین تامین یک منبع اضطراری برای مواقع قطع برق کلی نیروگاه و شبکه از یک سامانه برق مستقیم که متشکل از یک سری باتری، شارژکننده باتری و تابلوهای مربوط می‌باشد، استفاده می‌شود.

مشخصات فنی روغن ترانسفورماتور در مشخصات فنی خصوصی و یا دستورالعمل مهندس ناظر تعیین خواهد شد.

۱۸-٦-۲-۱- باتری‌ها

باتری‌ها باید برای نصب در فضای داخل مناسب باشند. مجموعه باتری و شارژکننده‌های مربوطه به طور شناور[1]، برق مورد نیاز مستقیم را تامین خواهند کرد و در زمان قطع برق متناوب، تغذیه مورد نیاز سامانه مذکور فقط از طریق باتری‌ها تامین می‌گردد.

ظرفیت باتری‌ها باید بر اساس محاسبات بارهای مورد نیاز و اعمال ضریب همزمانی آنها و زمان مورد نیاز تعیین گردد. این ظرفیت بر اساس نیازهای طرح محاسبه و در مشخصات فنی خصوصی ارائه گردیده است.

تعداد سلول‌های باتری مورد نیاز باید با توجه به شرایط محیط (درجه حرارت)، مشخصات ارائه شده توسط سازنده و درنظر گرفتن ضریب معقول برای اضافه ظرفیت نسبت به آنچه که محاسبات ارائه می‌دهد، تعیین گردد.

قطب‌های اتصال باتری باید از محل مناسب از محفظه خارج و با واشرهای مخصوص آب‌بندی شده باشد.

۱۸-٦-۲-۲- شارژکننده‌ها

به منظور شارژ باتری‌ها باید از دو دستگاه شارژکننده که هر یک قابلیت تامین و شارژ مجموعه کامل باتری‌ها را داشته باشد، استفاده گردد. شارژکننده‌ها باید در داخل یک محفظه فلزی، ایستاده، مقاوم در مقابل صدمات مکانیکی و دارای امکانات تهویه کامل جاسازی شده باشند.

1- Float

شارژکننده‌ها باید با یکسوسازهای نیمه‌هادی (الکترونیکی) ساخته شوند و در برابر نوسانات ولتاژ و فرکانس برق متناوب ورودی قادر باشد، به صورت خودکار به کار خود ادامه دهد و ولتاژ خروجی ثابتی را تامین نماید.

شارژکننده‌ها باید به وسیله برق متناوب سه فاز، ۳۸۰ ولت و فرکانس ۵۰ هرتز تغذیه شده و به وسیله یک کلید خودکار در ورودی خود محافظت گردند.

ظرفیت هر شارژکننده بسته به نیازهای طرح تعیین و در مشخصات فنی خصوصی ارائه گردیده است، اما به عنوان حداقل، هر شارژکننده باید قادر باشد، ضمن تامین برق مستقیم مورد نیاز نیروگاه، باتری‌های تخلیه شده را نیز در مدت خواسته شده شارژ نماید.

هر شارژکننده باید مجهز به سامانه‌های حفاظت و هشداردهنده لازم باشد.

۱۸-٦-۲-۳- تابلوها

تابلوهای مربوط به سامانه برق مستقیم نیروگاه باید حتما در محل مناسبی خارج از اتاق باتری‌ها ولی نزدیک به آن پیش‌بینی گردد. تابلوهای مذکور شامل پانل‌های کنترل، حفاظت، روشنایی اضطراری، راه‌اندازی اولیه واحدها و بالاخره توزیع کلی برق مستقیم می‌باشد.

بدنه تابلوها باید از ورق‌های فلزی با ضخامت کافی برای مقاومت تابلو در قبال صدمات مکانیکی و تحمل وزن تجهیزات داخل آن ساخته شود. تابلوها همچنین باید دارای روشنایی داخلی و سامانه گرمکن ضد تعریق باشند. هر قسمت از تابلو باید مجهز به درب لولایی مجزا باشد و تجهیزات داخل به نحوی نصب گردد که برای انجام تعمیرات به سادگی در دسترس باشد.

شینه‌های داخل تابلو باید از جنس مس و کاملا نسبت به بدنه عایق باشد. کلیه اتصالات شینه‌ها باید به منظور اتصال کامل اندود نقره داشته باشد.

۱۸-٦-۲-٤- منبع تغذیه بدون وقفه[1]

به منظور تامین برق متناوب برای تجهیزات حساسی که از این نوع برق تغذیه می‌شوند و نباید قطع شوند، از یک سامانه تغذیه بدون وقفه که مستقیما متصل به سامانه برق مستقیم نیروگاه است و تجهیزات مذکور را تغذیه می‌نماید، استفاده می‌گردد.

منبع مذکور ضمن آن که باید ظرفیت کافی برای تامین برق سامانه ابزار دقیق و کنترل توربین- ژنراتور، کامپیوتر و دیگر تجهیزاتی که تعیین شده‌اند، را دارا باشد، باید قادر باشد که برق مستقیم ورودی خود را به برق متناوب و با فرکانس ۵۰ هرتز تبدیل نماید.

سامانه مذکور باید مجهز به اجزای نیمه‌هادی باشد و به صورت خودکار نوسانات بارهای متصل را تحمل نماید.

خروجی منبع بدون وقفه باید برای اتصال موازی با سامانه برق متناوب نیروگاه برای تغذیه بارهای مورد نظر در شرایط عادی مناسب باشد. کنترل خودکار این سامانه در زمان قطع برق متناوب و یا نوسانات بیش از حد ولتاژ نیروگاه، خروجی منبع را به بارهای مورد نظر وصل، و یا در اثر ایجاد شرایط عادی قطع خواهد نمود.

هر منبع بدون وقفه باید به منظور حفاظت و اعلام وضعیت‌های مختلف خود مجهز به سامانه‌های حفاظتی و هشداردهنده مناسب باشد.

1- UPS (Uninterruptable Power Supply)

۱۸-۶-۲-۵- آزمایش‌ها

به منظور حصول اطمینان از صحت ساخت و عملکرد مطلوب تجهیزات باید تمام آنها طبق توصیه استانداردهای قابل قبول و یا آنچه که در مشخصات فنی خصوصی ذکر گردیده است، در کارخانه‌های سازنده و در کارگاه تحت آزمایش قرار گیرند.

۱۸-۷- کابل‌ها

۱۸-۷-۱- نکات کلی

شبکه کابل‌ها به منزله شریان‌های یک مجموعه نیروگاهی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. باید در مشخصات ساخت، شرایط کاری و نوع کابل دقت کافی بشود. کابل‌ها که عمدتا شامل کابل‌های قدرت برای ولتاژهای فشار متوسط (ولتاژ ژنراتور یا شبکه) و فشار ضعیف و همچنین کابل‌های کنترل می‌باشد، باید مناسب برای کار پیوسته و دائم در شرایط محیط مورد نظر برای کابل باشد. کابل‌هایی که در فضاهای داخلی مورد استفاده قرار دارند، باید حتما روی سینی کابل، کانال‌های کابل سرپوشیده و یا به صورت محکم شده روی دیوارها و در طول گالری‌ها نصب شوند، و کابل‌های مورد استفاده در فضای خارج، باید در داخل کانال‌های سرپوشیده و به صورت محکم شده روی دیوارهای آنها و یا نردبان‌های مخصوصی که در کف کانال نصب می‌شود، قرار داده شوند.

۱۸-۷-۲- جزییات

۱۸-۷-۲-۱- کابل‌های با ولتاژ متوسط

کابل‌های با ولتاژ متوسط باید به صورت تک رشته و با عایق از نوع مناسب با لایه زره‌دار باشد. هادی این کابل‌ها از جنس مس با درجه خلوص بالا و به صورت چند سیمه (افشان) بوده و باید به نحوی شکل داده و متراکم شده باشد که با پوشش عایقی داخلی و پوشش خارجی کابل، سطحی کاملا صاف با مقطع دایره را به وجود آورده باشد. حد فاصل بین هادی و پوشش خارجی کابل باید از مواد عایق مناسب و با همان درجه عایقی پوشش خارجی به صورت کاملا یکنواخت پر شود و از استفاده از عایق به صورت نوار اطراف هادی خودداری شود.

۱۸-۷-۲-۲- کابل‌های با ولتاژ ضعیف

کابل‌های با ولتاژ ضعیف بسته به سطح مقطع هادی مورد نظر و محل‌های کاربرد می‌تواند با هادی تک رشته (یک فاز) و یا چند رشته (سه فاز) باشد. جنس هادی از مس و پوشش هادی‌ها و پوشش خارجی آن از پلی وینیل کلراید[1] خواهد بود، مگر آن که در مشخصات فنی خصوصی موارد دیگری تعیین شده باشد.

هادی‌های کابل باید به صورت چند سیمه (افشان) باشد، مگر آن که به صورت تک سیمه نیز در مشخصات فنی خصوصی مجاز باشد.

1- PVC

۱۸-۷-۲-۳- کابل‌های کنترل

کابل‌های کنترل باید با هادی‌های چند سیمه (افشان) و یا تک سیمه و از جنس مس باشد. هر رشته هادی کابل باید دارای پوشش عایقی نرم و قابل انعطاف باشد. تعداد رشته‌های هادی هر کابل بسته به نیاز طرح و موارد مصرف تعیین خواهد شد. کابل‌های کنترل باید در حد فاصل پوشش اطراف هادی‌ها و پوشش خارجی کابل به منظور مقاومت مکانیکی و جلوگیری از تاثیر شرایط محیطی، دارای یک زره شبکه‌ای فلزی باشد.

۱۸-۷-۳- سینی کابل و اتصالات

به منظور خوابانیدن کابل در مسیرهای افقی و یا عبور از مسیرهای عمودی و محکم کردن آن باید از سینی کابل استفاده گردد. به همین جهت سینی کابل باید دارای استحکام و سختی کافی جهت تحمل وزن کابل و یا نیروهای مکانیکی وارده باشد.

سینی‌های کابل نباید دارای لبه‌های تیز و یا خراشهایی در سطح باشد که بتواند به پوشش عایق خارجی کابل آسیب وارد نماید.

جنس سینی کابل باید از ورق‌های فولاد گالوانیزه و یا آلومینیم مشبک باشد. پایه‌های نگهدارنده سینی کابل نیز باید از جنس فولاد گالوانیزه باشد. در مسیرهای عمودی، سینی کابل باید حتما دارای یک درپوش فلزی نیز باشد تا کابل‌ها از صدمات خارجی مصون باشند.

سینی‌های کابل باید در محل‌های مناسب به شبکه زمین نیروگاه اتصال داشته باشد.

برای محل‌های انشعاب و خم‌ها باید از قطعات شکل داده شده و اتصالات مخصوص استفاده گردد.

۱۸-۷-٤- آزمایش‌ها

به منظور حصول اطمینان از صحت ساخت و تطبیق مشخصات کابل‌ها، باید طبق توصیه‌های استاندارد قابل قبول و یا آن چه که در مشخصات فنی خصوصی ذکر گردیده است، آنها را مورد آزمایش‌های در کارخانه و یا کارگاه قرار داد.

۱۸-۸- سامانه کنترل، اندازه‌گیری و حفاظت

۱۸-۸-۱- نکات کلی

سامانه کنترل، اندازه‌گیری و حفاظت در نیروگاه به طور کلی شامل کلیه تجهیزات مربوط به کنترل واحدها و سامانه‌های جنبی و کمکی نیروگاه، علامت‌دهنده‌ها، هشداردهنده‌ها، وسایل اندازه‌گیری، ثبات‌ها و تجهیزات حفاظتی می‌باشد.

کنترل واحدها و تجهیزات کمکی و جنبی نیروگاه ممکن است از دو طریق، به صورت محلی توسط اپراتور و یا از طریق اتاق کنترل مرکزی صورت پذیرد. همچنین کلیه تجهیزات هیدرومکانیک سد که در ارتباط با کار و بهره‌برداری از نیروگاه است، نیز باید توسط سامانه کنترل نیروگاه قابل کنترل باشد. جزییات بیش‌تر در مورد نحوه عملکرد سامانه در مشخصات فنی خصوصی تشریح گردیده است.

۱۸-۸-۱-۱- طراحی

تمام وسایل مربوط به سامانه کنترل، حفاظت و اندازه‌گیری باید به صورت کامل ساخته شود و در داخل تابلوها یا سلول‌های آماده برای بهره‌برداری نصب گردد. این وسایل عمدتا شامل کلیدها، کنتاکتورها، کلیدهای کنترلی، رله‌های کمکی، هشداردهنده‌ها، بلوک‌های آزمایش‌کننده (برای نشان دادن صحت عملکرد سامانه‌ها) ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان، بلوک‌های پایانه (برای اتصال سیم‌ها و کابل‌های ورودی و خروجی) و دیگر وسایل مورد نیاز خواهد بود. ورود و خروج کلیه سیم‌ها و یا کابل‌ها به داخل تابلو باید از قسمت تحتانی و از محل‌های مخصوصی که بدین منظورپیش‌بینی شده است، صورت پذیرد.

تجهیزات این سامانه باید طبق مشخصات مندرج در استاندارد IEC و یا دیگر استانداردهای معتبر بین‌المللی باشند.

طراحی سامانه کنترل برای هر یک از تجهیزات باید به نحوی باشد که بسته به مورد، کنترل محلی آنها در نزدیکترین محل قابل دسترسی به آنها و کنترل از راه دور آنها از طریق کنترل مرکزی نیروگاه باشد.

۱۸-۸-۱-۲- معیارهای انتخاب سامانه‌ها

انتخاب سامانه کنترل باید براساس کنترل کامل و مطمئن و در عین حال ساده و با عملکرد سریع باشد. سامانه مورد نظر باید به نحوی طراحی شود که اعمال کنترل و نظارت بر عملکرد صحیح تجهیزات را که به طور کلی شامل موارد زیر خواهد بود، انجام دهد:

- راه‌اندازی، توقف، موازی شدن با شبکه (سنکرونیزاسیون) و تقسیم بار بین واحدهای نیروگاه
- قطع و وصل سامانه‌های برقی متناوب و مستقیم نیروگاه
- عملکرد تجهیزات هیدرومکانیکی در ارتباط با نیروگاه نظیر دریچه‌های راس آبگیر و شیرها (درحد نیاز)
- عملکرد دیزل ژنراتور اضطراری نیروگاه
- عملکرد تابلوها و تجهیزات مربوط به اتصال نیروگاه به شبکه انتقال (پست) (در صورت وجود)

۱۸-۸-۲- اتاق کنترل

تمام مراحل راه‌اندازی مرحله‌ای و همچنین کنترل تجهیزات جنبی اصلی از اتاق کنترل نیروگاه و توسط تجهیزات این مرکز و با فرمان اپراتور صورت می‌گیرد. همچنین توقف مرحله‌ای واحدها نیز ازهمین مرکز خواهد بود. به همین جهت کلیه تجهیزات لازم برای کنترل مطلوب و ایمن واحدها در مراحل راه‌اندازی و یا در مراحل توقف، اعم از عادی و یا اضطراری باید دراین اتاق (مرکز کنترل نیروگاه) فراهم گردد.

از دیگر عملیاتی که باید از این مرکز قابل کنترل و یا بهره‌برداری باشد، سامانه سنکرونیزاسیون واحدها به صورت دستی یا خودکار می‌باشد، که باید از طریق سامانه مخصوص امکان‌پذیر باشد.

در اتاق کنترل نیروگاه، مانور ترانسفورماتورهای سرویس داخلی، سامانه برق مستقیم نیروگاه، راه‌اندازی و توقف دیزل ژنراتور نیز باید بتواند انجام گردد.

کلیه مقادیری که اندازه‌گیری می‌شود، (نظیر ولتاژ، جریان، قدرت اکتیو و راکتیو واحدها، میزان قدرت مصرفی در داخل نیروگاه، و میزان‌های مشابه برای قدرت خروجی از نیروگاه) و همچنین کلیه مقادیر کنترلی واحدها، (نظیر درجه حرارت‌ها، فشارها، حوادث و پدیده‌های عادی و غیرعادی) باید دراین مرکز ثبت شود و دراختیار اپراتور قرار گیرد.

۱۸-۸-۳- کنترل محلی

کنترل دستی و محلی کلیه تجهیزات باید از طریق تابلوهای کنترل هر دستگاه که در مجاورت و یا نزدیکی آن نصب می‌شود، (نظیر تابلوهای توربین، ژنراتور و گاورنر) صورت پذیرد. این نکته باید مد نظر باشد که کنترل دائمی و در حالت عادی از طریق تجهیزات اتاق کنترل انجام خواهد گرفت، و تابلوهای کنترل محلی صرفا برای مواقع اضطراری و یا تعمیرات یا راه‌اندازی اولیه که دسترسی به اتاق کنترل میسر نیست و یا به علت فاصله با اشکال مواجه باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرند. علاوه بر راه‌اندازی و توقف مرحله‌ای واحدها که از طریق تابلوهای کنترل واحد صورت می‌گیرد، تجهیزات زیر نیز عمدتا دارای سامانه کنترل محلی خواهد بود:

- کنترل قطع و وصل ترانسفورماتورهای مصرف داخلی و همچنین تغذیه کلیه مصرف‌کننده‌های داخلی از طریق تابلوهای اصلی برق متناوب نیروگاه
- کنترل، قطع و وصل سامانه باتری‌ها و شارژکننده‌ها و همچنین تغذیه‌کننده‌های داخلی از طریق تابلوهای اصلی برق مستقیم نیروگاه
- راه‌اندازی و توقف دیزل ژنراتور
- کنترل، قطع و وصل کلیه مصرف‌کننده‌ها

تابلوهای مذکور باید ضمن دارا بودن شرایط ساخت تابلوها که در قسمت‌های مربوط توضیح داده شد، شامل کلیدهای خودکار، رله‌های کمکی، نشان‌دهنده‌ها و سامانه‌های سیم‌کشی و شینه‌کشی مناسب و مطابق با استانداردهای معتبر و قابل قبول بین‌المللی باشد.

۱۸-۸-٤- سنکرونیزرها (دستی- خودکار)

برای کنترل خودکار سرعت واحد و سامانه تحریک به منظور اتصال نیروگاه به شبکه انتقال با حداقل اختلال در سامانه باید تجهیزات سنکرونیزاسیون تعبیه گردد. این سامانه در زمانی که ژنراتور در حالت تطبیق با شرایط شبکه باشد، با ارسال فرمان مخصوص به کلید مربوط عمل می‌نماید. سنکرونیزر باید پدیده‌های ولتاژ، فرکانس و زاویه فاز ژنراتور با شبکه را بتواند مقایسه و در صورت عدم تطبیق آنها، با تغییر دور و یا تغییر در تحریک ژنراتور، شرایط مطلوب را فراهم آورد و در حالت تطبیق زاویه فاز فرمان بستن کلید را صادر نماید.

سنکرونیزر خودکار باید شامل قسمت‌های زیر باشد:

- گیرنده ولتاژ
- مقایسه‌گر سرعت
- مقایسه‌گر ولتاژ

قسمت‌های فوق باید محدوده‌های قابل قبولی را برای تنظیم داشته باشند.

سنکرونیزر خودکار در یک سلول مستقل در اتاق کنترل مرکزی نیروگاه نصب می‌گردد.

سنکرونیزر دستی روی تابلوی اصلی که در نزدیک سامانه کنترل کلید مربوطه قرار دارد، نصب می‌گردد. این سامانه باید چهار حالت خودکار، دستی، خاموش و آزمایش را داشته باشد.

به منظور جلوگیری از عملکرد اشتباه، سامانه باید مجهز به قفل باشد و برای عملکرد آن از کلید مخصوص که برای تمام سنکرونیزرها مناسب باشد، استفاده گردد. کلید مذکور باید زمانی بتواند از سنکرونیزر خارج گردد که موقعیت آن روی «خاموش» باشد. همچنین سامانه قفل داخلی سنکرونیزر باید به صورتی باشد که فقط در حالت‌های «خودکار» و یا «دستی» بتواند عمل نماید. به طور کلی تمامی شرایط و نحوه عملکرد سنکرونیزر باید مشابه با سنکرونیزر خودکار باشد.

۱۸-۸-۵- هشداردهنده‌ها

هشداردهنده‌ها باید بتوانند به دو صورت زیر عمل نمایند:

- در شرایط بحرانی و خاص، ضمن اعلام و نشان دادن خطا در سامانه، فرمان قطع و جداشدن قسمت معیوب از سامانه را نیز صادر نماید.
- در شرایط عادی و غیربحرانی، فقط شرایط و یا خطای ایجاد شده در سامانه را اعلام و نشان دهد.

هر هشداردهنده شامل یک اخطاردهنده صوتی و نشان‌دهنده نوری است که به صورت مجتمع در یک مدول از طریق اجزای نیمه‌هادی قرار دارد و قابل خارج کردن و یا نصب مجدد در تابلوی کنترل می‌باشد. هشداردهنده‌ها باید قادر باشند که به صورت خودکار وظایف محوله خود را اعم از قطع مدار[1]، اعلام صوتی[2] و یا اعلام نوری[3] انجام دهند. عملکرد این سامانه در شرایط بحرانی باید به صورت بستن اتصالاتی که در حالت عادی باز هستند و یا باز کردن اتصالاتی که در حالت عادی بسته هستند، باشد.

در مجاورت هر هشداردهنده باید یک کلید قطع صدا نیز نصب گردد. در مواقع اعلام خطر، اعلام صوتی توسط کلید مذکور قطع می‌شود، ولی باید اعلام چشمی (نوری) همچنان تا زمان برطرف شدن عیب مورد نظر در سامانه روشن باقی بماند.

۱۸-۸-٦- وسایل اندازه‌گیری

به منظور نشان دادن مقادیر واقعی پارامترهای مربوط به تولید و اعمال کنترل روی محدوده مجاز هر یک از آنها از وسایل اندازه‌گیری با خصوصیاتی که در این قسمت و جزییاتی که در مشخصات فنی خصوصی ذکر خواهد گردید، استفاده می‌گردد. وسایل و ابزار مذکور روی تابلوهای کنترل واحد، روی تابلوهای کنترل تجهیزات کمکی و بالاخره به صورت کامل و نهایی در اتاق کنترل مرکزی نیروگاه نصب می‌گردد.

تمام این تجهیزات باید به صورت هم سطح با تابلو، اتصال از پشت، محدوده عملکردی مناسب، صفحه سفید و شماره‌گذاری و عقربه به رنگ سیاه، ضد انعکاس نور و با تنظیم نقطه صفر تهیه و نصب گردد.

وسایل اندازه‌گیری باید کلاس دقت لازم را داشته و مناسب برای نصب روی مدار ثانویه ترانسفورماتورهای جریان و یا ولتاژ باشد.

1- Trip
2- Alarm
3- Visual signal

تقسیم و درجه بندی مقیاس وسایل اندازه‌گیری باید به نحوی باشد که خواندن دقیق و سریع آنها را ممکن سازد. در انتخاب سامانه‌های مختلف این مجموعه باید دقت لازم به عمل آید تا نسبت تبدیل ترانسفورماتورهای ولتاژ و جریان و همچنین محدوده عملکرد و کلاس دقت وسایل هماهنگ باشد.

تمام وسایل اندازه‌گیری باید از نظر ابعاد همسان بوده و بتوانند با یکدیگر جابجا شوند. محفظه پوششی آنها باید از فلزی رنگ‌آمیزی شده و با محافظ مغناطیسی باشد.

وسایل و ابزاری که معمولا در نیروگاه مورد استفاده قرار خواهد گرفت، عبارتند از:

- فرکانس‌متر
- وات‌متر و وارمتر
- نشان‌دهنده ضریب قدرت (اندازه گیرکسینوس فی)
- آمپرمتر برای جریان‌های متناوب و مستقیم
- ولت‌متر برای ولتاژهای متناوب و مستقیم
- وات‌ساعت‌متر و وارساعت‌متر (کنتور) برای نشان دادن میزان انرژی‌های تولیدی در نیروگاه و یا ورودی به نیروگاه
- وسایل اندازه‌گیری دیگر نظیر دماسنج‌ها، فشارسنج‌ها، دورسنج‌ها و غیره که هر یک متناسب با محدوده عملکـردی خـود باید ساخته شده و دارای دقت کافی باشد.

۱۸-۸-٦-۱- مبدل‌های الکتریکی[1]

برای تبدیل خروجی ترانسفورماتورهای جریان و ولتاژ به علایم مناسب برای تابلوهای کنترل و وسایل اندازه‌گیری مربوط که در فاصله دور قرار دارند، از مبدل‌های الکتریکی استفاده می‌گردد.

مبدل‌های الکتریکی باید حتی‌الامکان به صورت خودتغذیه باشند و در صورتی که منابع تغذیه خارجی مورد نیاز باشد، باید از منابع برق متناوب نیروگاه تغذیه گردند.

مبدل‌های الکتریکی باید با استفاده از نیمه‌هادی‌ها ساخته شده و در برابر ولتاژهای ضربه‌ای بین ترمینال‌های آن و زمین مقاوم باشد.

مشخصات ساخت و محدوده عملکردی مبدل‌های الکتریکی باید طبق استاندارد IEC باشد.

۱۸-۸-٦-۲- ثبات‌ها

تمام ثبات‌ها باید قابل نصب در تابلو، از نوع مناسب و به صورت هم‌سطح با تابلو باشد.

محفظه پوششی ثبات‌ها باید ضد گرد و غبار و رطوبت و با ابعاد و اندازه مناسب برای نوع عملکرد مربوط باشد. موتور ثبات‌ها باید برای کار با برق متناوب نیروگاه طراحی شده باشد.

1- Transducer

نوار ثبات‌ها باید به طور کامل خوانا و مشخص علامت گذاری گردد. تمام ثبات‌ها باید دارای علامت گذار با مقیاس مناسب برای رویت و تشخیص سریع باشند.

تمام قسمت‌های متحرک ثبات نظیر موتور، مکانیزم مربوط به نوار و چرخ دنده‌ها باید به نحوی طراحی و ساخته شود که نیازی به روغن‌کاری نداشته و درعین حال حداکثر اطمینان در بهره‌برداری و حداقل نیاز به تعمیرات را دارا باشد.

۱۸-۸-۷- تجهیزات حفاظتی

۱۸-۸-۷-۱- نکات کلی

به منظور حفاظت ژنراتورها، ترانسفورماتورهای افزاینده و سرویس، تجهیزات پست انتقال و دیگر سامانه‌هایی که در بهره‌برداری از نیروگاه نقش اساسی و موثر دارند، باید از یک سامانه حفاظتی مناسب استفاده شود. این سامانه به طور عمده از رله‌های حفاظتی با نوع مناسب تشکیل می‌شود، که جزییات آن در مشخصات فنی خصوصی ذکرگردیده است.

رله‌های مختلف حفاظتی برای هر قسمت به صورت مجتمع در سامانه قرار می‌گیرد و هر یک باید از هسته جداگانه ترانسفورماتورهای جریان تغذیه شود، تا در عین داشتن دقت لازم از تکرار یک نقص در رله‌های مختلف جلوگیری به عمل آید.

به علت حساسیت خاص این سامانه، تغذیه آن باید از دو سامانه مستقل و از برق مستقیم که خود نیز از طریق دو سری باتری و کابل مستقل تشکیل شده است، صورت گیرد. در این رابطه باید همکاری و هماهنگی لازم بین سازندگان تجهیزات اصلی و سامانه حفاظتی به عمل آید، تا بتوان یک سامانه حفاظتی مطمئن و با عملکرد سریع و موثر را در دسترس داشت.

۱۸-۸-۷-۲- مشخصات کلی رله‌ها

به طور کلی رله‌ها باید دارای خصوصیات زیر باشند:

- رله و اجزای آن به سهولت در دسترس بوده و قابل تعویض باشد.
- اجزای آن با انواع مشابه قابل تعویض و جایگزینی باشد.
- تعمیرات آن ساده باشد.
- اتصالات آن دارای پوشش نقره و یا مواد معادل آن باشد.
- حداقل اتصالات کنترلی را داشته باشد.
- در تابلو به صورت هم سطح با جدار خارجی قابل نصب باشد.
- محدوده تنظیم و زمان عملکرد رله به نحوی قابل تنظیم باشد که بتواند به صورت کامل عمل کند و هماهنگی لازم را با سایر رله‌های مجموعه حفاظتی داشته باشد.
- اجزا و مدارهای آن استاندارد باشد، تا در صورت بروز یک اشکال در سامانه، سریعا و به سهولت قابل تعویض باشد.
- رله‌ها باید در مقابل ضربات مکانیکی مقاوم باشد و هرگونه لرزش یا میدانه‌ای مغناطیسی خارجی روی آنها تاثیر نداشته باشد.
- به صورت دستی و بدون آن که نیازی به باز کردن پوشش آن باشد، برای عملکرد مجدد آماده شود.
- دارای اتصالات کمکی باشد که از آن طریق عملکرد رله نمایش داده شود.

روی هر رله باید اطلاعات زیر در محلی روی بدنه آن که به سهولت قابل رویت باشد، ارائه شود:

نوع عملکرد رله، رنگ فاز، منحنی خصوصیات عملکرد (در مواردی که نیاز باشد)، جریان و ولتاژ نامی کار رله و ظرفیت قطع نامی اتصالات رله.

۱۸-۸-۷-۳- انواع رله‌ها

رله‌هایی که معمولا در سامانه‌های یک نیروگاه مورد استفاده قرار می‌گیرد، انواع مختلف و با مشخصات متفاوت را شامل می‌شود، که در هر مورد بسته به نوع عملکرد و ظرفیت نیروگاه از چند یا کلیه رله‌ها استفاده می‌گردد. دراین قسمت با توجه به عمومی بودن این مشخصات، مهمترین انواع رله‌ها که در قسمت‌های مختلف می‌تواند کاربرد داشته باشد، نام برده می‌شود و بدیهی است که انتخاب قطعی و خصوصیات مورد نیاز آنها در مشخصات فنی خصوصی تعیین می‌گردد.

۱۸-۸-۷-٤- رله‌های کمکی

رله‌های کمکی باید به صورت یک‌پارچه طراحی شده باشد و در هر مورد که نیاز باشد با اتصالات بیش‌تر از آن چه که تعیین شده است به سهولت و به صورت جاگذاری[1] نصب گردد.

اتصالات رله‌ها باید برای کار دائم با تغذیه متناسب با سامانه نیروگاه طراحی و ساخته شده باشد. همچنین اتصالات باید مجهز به مقاومت باشند تا در مواردی که نیاز به کار دائم و طولانی رله است، به حداقل جریان نیاز باشد. تمام اتصالات رله‌های کمکی باید به نحوی شکل داده شود که حداقل مقاومت را در اتصال داشته باشد. کلیه سیم‌پیچ‌های رله‌های کمکی که با برق مستقیم تغذیه می‌گردد، و همچنین کلیه سیم‌پیچ‌هایی که با برق متناوب تغذیه می‌گردد، باید قادر باشند که در محدوده قابل قبولی از ولتاژ نامی خود و رله‌های کمکی که با برق مستقیم تغذیه می‌شود و برای منظورهای کنترل و فرمان قطع به کار می‌رود، در محدوده تعیین شده در استاندارد IEC به طور مطمئن و رضایت‌بخش عمل نماید. سیم‌پیچ رله‌ها باید مجهز به ضربه گیر امواج باشد.

در محل‌هایی که نیاز باشد که عملکرد رله نشان داده شود، رله باید دارای نشان‌دهنده مخصوص و ترجیحا از نوع مکانیکی باشد و در مقابل لرزش و یا عملکرد ناصحیح حفاظت شده باشد. برای مقاومت در مقابل لرزش، رله‌ها باید مقاوم و طبق شرایط پیش‌بینی شده در استاندارد IEC باشد.

رله‌های کمکی باید طبق استاندارد IEC به محفظه ضد گرد و غبار و یک کلاهک پلاستیک ترانسپارانت و ضد گرد و غبار قابل برداشتن مجهز باشد.

رله‌های کمکی بسته به کاربرد آنها باید ازنظر الکتریکی و زمانی به صورت خودتنظیم (تنظیم برای عملکرد مجدد) باشد.

۱۸-۸-۸- ترانسفورماتورهای ابزار دقیق

برای عملکرد مطلوب سامانه ابزار دقیق، ترانسفورماتورهای کمکی جریان ولتاژ، جداساز، و جابجا کننده فاز باید طراحی و نصب گردد. برای جزییات طراحی هر یک از این ترانسفورماتورها باید محاسبات دقیق با در نظر گرفتن وظایف آنها انجام و ارائه گردد.

1- Plug - in

مدارهای ثانویه ترانسفورماتورهای کمکی ولتاژ و جداساز باید در مواقعی که مورد نیاز باشد، توسط فیوز محافظت گردد.

۱۸-۸-۹- آزمایش‌ها

به منظور حصول اطمینان از صحت ساخت و عملکرد مطلوب کلیه سامانه‌ها و وسایل مربوط به کنترل، اندازه‌گیری و حفاظت، باید آزمایش‌هایی در کارخانه سازنده و در کارگاه طبق استانداردهای قابل قبول انجام گردد.

۱۸-۹- سامانه زمین

به منظور حفظ جان افراد بهره‌بردار و همچنین به حداقل رساندن افزایش ولتاژ ناشی از عبور جریان اتصال زمین و در نتیجه حفاظت تجهیزات، باید یک سامانه زمین همگن که دارای مقاومت بسیار پایین باشد، نصب گردد. این سامانه از اتصال مناسب شبکه به هم پیوسته و الکترودهای مخصوص دفن شده در محل‌های معین تشکیل می‌شود و برای به دست آوردن مقاومت کم‌تر به کلیه قسمت‌های فلزی ساختمان نیروگاه نظیر آرماتورهای داخل بتن و دیگر قسمت‌های فلزی مدفون نظیر پوشش‌های فولادی، متصل می‌گردد. در طراحی سامانه زمین باید دقت شود که ولتاژ گامی و تماسی کم‌تر از حداقل مطمئن برای حفظ جان افراد باشد و افزایش ولتاژ ناشی از اتصال زمین و جریان عبوری در حالت اتصال وسایل برقی به زمین را به منظور جلوگیری از صدمه دیدن این تجهیزات به حداقل برساند.

۱۸-۹-۱- مشخصات کلی

سامانه اصلی زمین عبارت خواهد بود از یک شبکه از سیم‌های مسی افشان با سطح مقطع مناسب، که باجوش احتراقی به یکدیگر متصل شده و در زمین مناسب در زیر ساختمان نیروگاه و یا کلید خانه و یا محل مناسب دیگری که مقاومت مخصوص کم‌تری دارد، دفن می‌گردد. همچنین ممکن است ضرورت داشته باشد این شبکه به یک سری الکترودهای عمودی که طول و قطر آنها نیز با توجه به پارامترهای مختلف سامانه زمین محاسبه خواهد گردید، اتصال یابد. همان طور که ذکر گردید، برای دستیابی به یک شبکه زمین مطمئن‌تر و با مقاومت کم‌تر ضروری است که سامانه فوق به کلیه قسمت‌های فلزی ساختمان و تجهیزاتی که در زمین و بخصوص در محل‌های مرطوب دفن می‌گردد، نظیر پوشش فولادی مجراهای آب‌بر، بدنه محفظه حلزونی توربینها، لوله مکش و قسمت‌های مدفون دریچه‌های انسداد، متصل گردد.

کلیه شبکه‌ها و اتصالات سامانه باید طبق استاندارد IEEE محاسبه، ساخته، نصب و آزمایش گردند.

۱۸-۹-۲- آزمایش‌ها

کلیه موادی که برای احداث سامانه زمین به کار می‌رود، باید دارای گواهی آزمایش نوعی[1] تایید شده از طرف سازنده باشد. در حین و پس از نصب و اجرای شبکه زمین در محل نیروگاه آزمایش‌های دیگری باید انجام شود که جزییات آن در مشخصات فنی خصوصی درج گردیده است.

1- Type test

۱۸-۱۰- دستورالعمل بهره‌برداری و نگهداری

پیمانکار باید علاوه برآموزش کارکنان کارفرما برای بهره‌برداری و نگهداری تمام تجهیزات الکتریکی نیروگاه و کلیدخانه، دستورالعمل بهره‌برداری و نگهداری این تجهیزات را به کارفرما ارائه کند.

پیوست ۱

فهرست مطالب برنامه پیمانکار برای حفاظت و ایمنی کار و کارکنان در کارگاه‌های سدسازی

این فهرست به عنوان راهنما تهیه شده و ممکن است شامل تمام موضوعات نباشد. پیمانکار باید با رجوع به مشخصات فنی خصوصی، قوانین کشوری در مورد ایمنی کار و کارکنان (از جمله آیین‌نامه ایمنی کارگاه‌های ساختمانی مندرج در روزنامه رسمی کشور به شماره ۱۴۹۴۹ مورخ ۱۳۷۵/۴/۱۱) و سایر آیین‌نامه‌های جایگزین و مکمل و همچنین موضوع پیمان و روش‌های کاری خود طرح‌ها، برنامه‌های ایمنی مناسب، کارآ و فراگیر را ارائه و تصویب آنها را از مهندس ناظر اخذ کند.

تصویب مهندس ناظر از مسوولیت پیمانکار برای تامین سلامت و ایمنی کارکنان نمی کاهد. پس از جلسه اولیه وتسلیم برنامه حفاظت و ایمنی پیمانکار، برای بررسی این برنامه، جلسه های دیگری برگزار خواهد شد. رییس کارگاه، مسوول ایمنی پیمانکار و سایر مسوولین مربوط به برنامه حفاظت و ایمنی در این جلسه هاحضور خواهند داشت.

برنامه اصلی پیمانکار برای حفاظت و ایمنی کار و کارکنان باید فهرست مطالب زیر را بپوشاند:

پ.۱-۱- الزامات عمومی

۱- ۱- تعیین سیاست‌های ایمنی

۱- ۲- تعیین مسوولیت‌های ایمنی و سلامت

۱- ۳- تعیین الزامات تطبیق با قوانین و مقررات مملکتی واستانداردها

۱- ۴- تعیین الزامات تطبیق پیمانکاران دست دوم با بند ۱-۳ از پ.۱-۱

۱- ۵- روش‌های بازرسی ایمنی و سلامت

۱- ۶- روش‌های رسیدگی و گزارش حوادث

۱- ۷- طرح‌های عملی برای مواقع اضطراری

۱- ۸- طرح‌های محافظت در مقابل آتش‌سوزی

۱-۸-۱- نوع و مکان وسایل اطفای حریق

۱-۸-۲- توافقهای انجام شده برای کمک رسانی نیروهای آتش‌نشانی از خارج کارگاه

۱-۸-۳- وسایل گرم و شعله‌ور در کارگاه

پ.۱-۲- پزشکی

۲-۱- وسایل

۲-۲- آموزش

۲-۳- مدارک و گواهی‌ها

۲-۴- پزشک یا پزشکیار

۲-۵- آمبولانس

۲-۶- گواهی سلامتی کارکنان

۲-۷- بایگانی

پ.۱-۳- ارتباطات

۳-۱- آموزش کارکنان

۳-۲- جلسات مربوط به ایمنی

۳-۳- تمرین روش‌های ایمنی در کارگاه

۳-۴- آموزش ناظران در مورد روش‌های پیمانکار برای حصول ایمنی

پ.۱-٤- سلامتی

۴-۱- روش‌ها و وسایل برای هر چه کم ترکردن خطر

۴-۱-۱- برنامه‌های آزمایشی برای کارکنان و محیط‌های کاری

۴-۱-۲- کارکنان مورد تایید

۴-۱-۳- لوازم ایمنی کارکنان

۴-۱-۴- طرح‌های تهویه هوا

پ.۱-۵- ماشین‌آلات و لوازم مکانیکی

۵-۱- روش‌ها و ابزار کاهش مخاطرات

۵-۱-۱- برنامه‌های آزمایشی برای کارکنان و محیط‌های کاری

۵-۱-۲- ماشین‌آلات متحرک و ثابت

۵-۲- روش‌های بازرسی

۵-۳- روش‌های نگهداری

۵-۴- کارکنانی که با ماشین‌آلات کار می‌کنند

۵-۵- تدابیر ایمنی محافظت کننده

۵-۵-۱- گواهی‌ها

۵-۶- بالابرها و آسانسورها

پ.۱-٦- خاک‌برداری، سنگ‌برداری و تخریب

۶-۱- تونل‌ها و شافت‌ها

۶-۱-۱- موتورهای احتراق داخلی

۶-۱-۲- طرح‌های تهویه

۶-۱-۳- لوازم و روش‌های ترابری

۶-۱-۴- آزمایش محیط‌های کاری

۶-۱-۵- روش‌های پایداری
۶-۲- آتشکاری
۶-۲-۱- گواهی آتشکاران
۶-۲-۲- روش‌های آتشکاری مصوب
۶-۲-۳- انبار مواد ناریه
۶-۲-۴- ترابری مواد ناریه
۶-۳- خاک‌برداری و سنگ‌برداری در فضاهای باز
۶-۳-۱- محافظت در مقابل رانش‌ها
۶-۳-۲- روش‌های پایداری
۶-۳-۳- بازرسی
۶-۳-۴- دسترسی‌ها
۶-۴- کار در بلندی
۶-۴-۱- تعریف دقیق محل کار
۶-۴-۲- لوازم ایمنی کارکنان
۶-۴-۳- روش‌های ویژه عملیات اجرایی
۶- ۵- ترابری مواد خاک‌برداری و سنگ‌برداری
۶-۵-۱- راه‌ها

پ.۱-۷- سطوح کار

۷-۱- دسترسی
۷-۱-۱- نردبان‌ها
۷-۱-۲- سکوها، پلکان‌ها و پاگردها
۷-۲- لوازم ایمنی کارکنان
۷-۳- داربست‌ها
۷-۴- تورهای ایمنی

پ.۱-۸- محافظت از فضاهای عمومی و عموم مردم

۸-۱- علایم و حصارها
۸-۲- روش‌های علامت‌گذاری با پرچم
۸-۳- تایید مراجع مسوول

پ.۱-۹- لوازم برقی

۹-۱- پست برق

۹-۲- خطوط انتقال

پیوست ۲

واژه‌نامه

آب‌بندی	Seal
آبگیری (سیمان)	Hydration
آزمایش	Test
آزمایش عملکرد	Field Tests
آزمایش لفران	Lefranc Test
آزمایش لوژن	Lugeon Test
آزمایش نوعی	Type Test
آشکارسازهای خزش	Creep Detector
ابزار دقیق	Instrument
اتلاف انرژی	Energy Loss
اتلاف انرژی در جاروبک‌های سامانه تحریک	Slip Ring Brush Loss
اتلاف انرژی در سامانه تهویه واحد و اتلاف ناشی از اصطکاک	Ventilation & Friction Loss
اتلاف انرژی در سیم‌پیچ استاتور	Stator Copper Loss
اتلاف انرژی در سیم‌پیچ روتور	Rotor Copper Loss
اتلاف انرژی در هسته	Core Loss
اتلاف انرژی کلی در سامانه تحریک	Excitation Loss
اتلاف انرژی مربوط به جریان‌های سرگردان	Stray Current Loss
اژدر	Probe
اشباع با سطح خشک	Saturated Surface Dry
اضافه بار	Over Pressure
اعلام صوتی	Alarm
اعلام نوری	Visual Signal

افت (افت بتن)	Slump
انبارسپتیک (انباره فاضلاب)	Septic Tank
انبساط‌سنج (کشیدگی‌سنج)	Extensometer
انحراف سنج	Inclinometer
انفجار ملایم	Smooth Blasting
بادزن	Fan
بادکنک آب	Water Balloon
بادی	Pneumatic
بتن‌پاشی	Shotcrete
بتن ساز	Batching Plant
برق متناوب	AC (Alternative Current)
برق مستقیم	DC (Direct Current)
بستر آزمایشی	Test Pad
بیل نوک منقاری	Clamshell
پاندول	Pendulum
پایه‌های ثابت	Stud
پایه‌های نگهدارنده	Sole Plate
پدیده تشدید	Resonance
پدیده کورونا	Corona Effect
پرداخت‌کاری	Finishing
پس‌ریز (دورریز)	Rebound
پلی وینیل کلراید (پی وی سی)	PVC

پیچ‌سنگ	Rock Bolt
پیزومتر	Piezometer
پیش‌شکافت (پیش برش)	Pre-Splitting
تجهیزات حفاری و تزریق	Drilling and Grouting Equipment
ترانسدیوسر (مبدل الکتریکی)	Transducer
ترک‌سنج	Crackmeter
تریستوری	Thyristor
تزریق تحکیمی	Consolidation Grouting
تزریق تماسی	Contact Grouting
تعلیق لجن	Dredge
تنش‌سنج	Stress meter
تنظیم کننده اتوماتیک ولتاژ	Automatic Voltage Regulator (AVR)
تهویه	Ventilation
جاگذاری	Plug-in
جذب کننده اضافه ولتاژ و جذب صاعقه	Over Voltage Surge Arrestor
جریان‌های ناخواسته	Eddy Current
چربی‌گیرها	Degreasers
چفت و بست	Jics & Fixtures (Interlocks)
چکش بادی	Pick Hammer
چون‌ساخت	As Built
حالت شل	Loose State
حفاری دورانی و ضربه‌ای	Drill Wagon

حفاری مقطع بالایی	Top Heading
حفاری مقطع پایینی	Benching
حفاظت داخلی	IP (Interior Protection)
حفر چال‌های خطی	Line Drilling
حلقه	Flange
حلقه‌های جاروبک تحریک	Collector Rings
خودخنک‌کن	Self Cooled
خورنده	Feed
درزسنج	Jointmeter
درزبندی	Joint Sealant
دریچه	Opening
دستگاه قرائت محلی	Readout Device
دستگاه مخلوط‌کن (هم‌زن ملات)	Agitator
دماسنج	Thermometer
دوزیمترها	Dosimeter
رتبه دقت	Accuracy Class
روش پایین به بالا	Lifting Filling Tube
روش ترمی	Tremie
رولور	Revolver
رویه فولادی	Steel Lining
زاویه تبدیل افقی	Taper
زمین‌کنی	Excavation

زهکش‌ها	Drains
ساختمان محفظه ژنراتور	Generator Housing
سازگاری	Compatibility
سازمان بهداشت جهانی	World Health Organization
سلول فشارسنج	Pressure Cell
سنگ‌برداری دندانه‌ای	Dental Excavation
سنگ‌چین حفاظتی شیب بالادست	Rip Rap
سامانه پیزومتر الکتریکی	Electrical Piezometer System
سامانه تحریک	Excitation System
سامانه تله‌لیمنی‌متری	Teleliminimetric System
سامانه حفاظت در برابر آتش‌سوزی	Fire Protection System
سامانه خنک‌کننده	Cooling System
سامانه شینه حفاظدار	Bus Duct System
سامانه طبقه‌بندی همسان خاک	USCS (Unified Soil Classification System)
سامانه‌های اندازه‌گیری	Measurement systems
سیم ارتعاشی	Vibrating Wire
شبکه آرماتورها	Reinforcing Cage
شناور	Float
شناوری	Floating
شیب‌سنج	Clinometer
شیب‌راهه	Ramp
ضریب نرمی	Fineness Modulus

ظرفیت	Burden
آزمایش عملکرد	Field Tests
فشار برکنش	Uplift Pressure
فشارسنج خاک	Earth Pressure Cell
فهرست کنترلی	Check List
قابل انعطاف	Flexible
قرائت صفر	Zero Reading
قرائت مبناء	Base (Initial) Reading
قطاع‌های جداره تونل	Tunnel lining Segment
کرنش‌سنج	Strain meter
کلید	Switching
کوره	Oven Dry
گازکربنیک	CO_2
گرانکش (جرثقیل)	Crane
گرم‌کن‌های داخلی	Space Heater
گل روان	Slurry
لبه	Flange
لرزش غیرعادی و یا تشدید لرزش	Resonance
لوله ریزش	Tremie-Filling Tube
لوله غلاف‌دار	Manchette Tube
ماشین حفار (کلم شل)	Clamshell
مبدل الکتریکی (ترانسدیوسر)	Transducer
مخزن اندازه‌گیری	Measuring Tank

مدار	Trip
مسدودکننده	Packer
مسدودکننده یک‌بار مصرف	Tope Hole Packer
مقادیر حدی	Limit Values
مقطع بالایی	Top Heading
مقطع پایینی	Benching
منبع تغذیه بدون وقفه	UPS (Uninterruptible Power Supply)
مهار	Anchor
میان یابی	Interpolation
میخ	Pin
میزلرزان	Vebe
میل‌مهار	Anchor Bolt
نر و ماده	Dovetailed
نسبت ظاهری	Aspect Ratio
نشت‌سنج	Weir
نصب	Installation
نوع خشک	Dry Type
نیمه کردن	Splitting
وسایل حسگر	Sensor
یاتاقان کف‌گرد	Thrust Bearing
یاتاقان‌هادی	Guide Bearing
یکسوسازها	Rectifiers

منابع و مراجع

الف - استانداردها، آیین‌نامه‌ها، و مشخصات فنی عمومی

با توجه به این که تعداد نشریات سازمان‌های مختلف که مسوول تهیه استانداردها، آیین‌نامه‌ها و مشخصات فنی عمومی برای فعالیت‌های مختلف هستند، و در تدوین این مشخصات فنی عمومی مورد استفاده و رجوع قرار گرفته‌اند، در بعضی موارد بسیار زیاد بوده است، در این پیوست ترجیح داده شده است که نام این سازمان‌ها فهرست شود و از ذکر شماره نشریات منتشره این سازمان‌های ملی و بین‌المللی، برای احتراز از تطویل کلام خودداری شده است. شماره این نشریات به طور عموم در متن مشخصات فنی عمومی حاضر ارائه شده‌اند و بدیهی است که مراجع و منابع این نشریات نیز خود در زمره منابع و مراجع این مشخصات فنی عمومی هستند.

فارسی:

نشریات طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور – وزارت نیرو.

نشریات مرکز تحقیقات آب – وزارت نیرو.

نشریات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن – وزارت مسکن و شهرسازی.

نشریات مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران – وزارت مسکن وشهرسازی.

نشریات معاونت امور فنی - دفتر امور فنی و تدوین معیارها- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.

نشریات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.

نشریات کمیته ملی سدهای بزرگ.

انگلیسی:

ACI: موسسه بتن آمریکا (American Concrete Institute)

AGMA: انجمن سازندگان چرخدنده آمریکا(American Gear Manufacturers Association)

ANSI: موسسه استانداردهای ملی آمریکا(American National Standards Institute)

ASTM: جامعه آمریکایی آزمایش و مواد و مصالح (American Society for Testing and Materials)

ASME: جامعه مهندسین مکانیک آمریکا(American Society of Mechanical Engineers)

AISC: موسسه فولادسازی آمریکا (American Institute of Steel Construction)

AISI: موسسه آهن و فولاد آمریکا (American Iron and Steel Institute)

AWS: جامعه جوشکاری آمریکا (American Welding Society)

AFBMA: انجمن سازندگان یاطاقان ضداصطکاکی(Anti-Friction Bearing Manufacturers Association)

BS: استاندارد بریتانیا (British Standards)

CMAA: انجمن سازندگان جرثقیل آمریکا (Crane Manufacturers Association of America)

DIN: موسسه استاندارد آلمان (Deuteche Industrie Normen)

EFNARC : مشخصات اروپایی بتن پاشیدنی(European Sprayed Concrete Specification)

ICOLD: کمیته بین‌المللی سدهای بزرگ (International Commission on Large Dams)

IEEE: موسسه مهندسین برق و الکترونیک (Institute of Electrical and Electronics Engineers)

IEC: کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (International Electrotechnical Commission)

ISO: سازمان بین‌المللی استاندارد (International Organization of Standardization)

NEMA: انجمن ملی سازندگان تجهیزات برقی (National Electrical Manufacturers Association)

NFPA: انجمن ملی حفاظت در برابر آتش سوزی (National Fire Protection Association)

SSPC: شورای رنگ کاری سازه‌های فولادی (Steel Structures Painting Council)

USBR: اداره توسعه و عمران ایالات متحده (United States Bureau of Reclamation)

ب – کتب، مشخصات فنی خصوصی و سایر نشریات

در سطور زیر فهرستی از کتب و نشریاتی ارائه شده است که به عنوان مراجع اصلی در تهیه این مشخصات فنی عمومی مورد استفاده بوده‌اند. بدیهی است که ارجاع به هر کتاب یا استانداردی در این نشریات به منزله آن است که نشریه مورد ارجاع یکی از منابع این مشخصات فنی عمومی است. به همین دلیل از تکرار نام آن نشریات احتراز گردیده است. علاوه بر آن استانداردها، کتب، مقالات و نشریات بسیار زیادی برای تهیه این مشخصات فنی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند که به طور مستقیم در این مشخصات به آنها ارجاع نشده است. ضمن قدردانی از تهیه‌کنندگان این قبیل نشریات، با توجه به تطویل غیر ضروری این فهرست منابع و مراجع، از ذکر نام آنها خودداری شده است.

فارسی

۱- سدهای بتن غلتکی، تالیف هنسن و راینهارد، ترجمه مهندس دالی بندار، انتشارات کمیته ملی سدهای بزرگ ایران، وزارت نیرو ۱۳۷۶.

۲- شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس: «مشخصات فنی اجرایی تونل های انحراف آب سد آغ چای»، مطالعات مرحله دوم، اسفند ماه ۷۵.

۳- شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس: «مشخصات فنی اجرایی سد تبارک آباد و بارزوی مرحله دوم».

۴- شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس: «مشخصات فنی اجرایی دیواره آب بند سد مخزنی کرخه»، مطالعات مرحله دوم، آبان‌ماه ۷۵ .

۵- شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس: «مشخصات فنی کارهای بتنی سد تنظیمی کرخه»، بهمن ۱۳۷۵.

۶- شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس:«مشخصات فنی عملیات حفاری و تزریق تحکیمی، پرده آب بند و کارهای بتنی سد چم‌گردلان ایلام مرحله دوم».

۷- گروه همکاری مشاور پژوهاب- آبفن: «مشخصات فنی سد زیردان»، شهریور ماه ۱۳۷۷.

۸- مجموعه مقالات بتن غلتکی، ترجمه سید محمد علوی مقدم، بهار ۱۳۷۷.

۹- مهندسی پیشرفته در طراحی، ساخت و بازسازی سدها، ویرایش رابرت بی یانسن، ترجمه گروهی از کارشناسان شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس و وزارت نیرو، انتشارات کمیته ملی سدهای بزرگ ایران، وزارت نیرو اسفند ماه ۱۳۷۷.

۱۰- آیین‌نامه بتن ایران (آبا) بخش اول، نشریه شماره ۱۲۰، معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها، سازمان برنامه و بودجه، ویرایش دوم، چاپ چهارم ۱۳۷۷.

۱۱- کنترل پایداری سدها (قسمت اول)، اندازه‌گیری‌های مربوط به پایداری سد و لوازم اندازه‌گیری مربوطه، وزارت نیرو، موسسه بررسی‌های آزمایشگاهی منابع آب، خرداد ۱۳۶۳.

۱۲- «روش‌های کنترل ایمنی سدها»، (قسمت اول)، امور سد سازی، شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس ۱۳۶۴.

۱۳- «کنترل پایداری سدها»، مفاهیم کنترل و رفتار سدهای بتنی قوسی و سامانه ابزار دقیق آنها، امور سد سازی، شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس، شهریور ۱۳۶۶.

۱۴- «کلیات کاربرد ابزارهای اندازه‌گیری برای سدهای خاکی و سنگریزه‌ای»، ترجمه بولتین ۲۱ کمیسیون بین‌المللی سدهای بزرگ، واهه پتروسیان.

۱۵- «اصول کنترل رفتار و ابزارهای اندازه‌گیری سدهای خاکی و سنگریزه‌ای» امور سدسازی، شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس،۱۳۶۶.

۱۶- «رفتار سنجی سدها (ملاحظات عمومی)»، ترجمه بولتین شماره ۶۰ کمیسیون بین‌المللی سدهای بزرگ، مهندس حمید غنی زاده.

17- Burgin, C.R., Investigation of the physical properties of Cement-Bentonite Grouts for Improvement of Dam Foundation, Thesis Presented to the University of Florida in 1979 in partial fulfillment of requirements for the degrees of Master of Science, 1979.

18- Deere D.V. "Cement-Bentonite grouting for Dams in Grouting in Geotechnical Engineering", ASCE, 1985.

19- Deere, D.V. "Dam on rock Foundations - Some design questions, Rock Engineering for Foundations and Slopes" Conference II, Boulder, Colo. 1976, PP.55-89.

20- Deere D.V. Lombardi, G. "Grout Slurries- Thick or thin, ASCE, 1980.

21- Ernest K. Schrader "Roller Compacted Concrete for Dams - The State of the Art" 1992.

22- Ernest K. Schrader, "Roller Compacted Concrete", Concrete Construction Engineering HANDBOOK, Editor Dr. Edward G. Nawy. 1997.

23- Fergusson, F.F., Lancaster - Jones, P.F.F. "Testing the efficiency of grouting operations at dam sites", Trans. VIII the ICOLD, Edinburgh, 1964, Vol. 1, PP.121-140.

24- "Fiber Reinforced Concrete,", Bulletin No. 40A, ICOLD, Paris, 1988.

25- Houlsby. A.C. "Engineering of Grout Curtain to Standards" , ASCE, 1977.

26- Houlsby A.C., "Optimum Cement Ratios for Rock grouting in, Grouting in Geotechnical Eng., 1985.

27- Karol R.H., "Chemical grouts and their properties" CGGE, New Orleans, 1982, PP. 359-377.

28- Karun III Technical Specification, MAHAB GHODSS- ACRES (J.V) Consulting Engineers, 1994.
29- Klosterman, M.J., Easterly, M.M. ” Grouting at Clarence Cannon Dam: A new approach”, CGGE, New Orleans, 1982, PP. 332-345.
30- Lombardi, G, ” ،The Role of Cohesion in Cement grouting of rock, XVth, ICOLD, Lausanne, 1985, Vol.III, PP.235-262.
31- Nonvieiller, E. “Grouting theory and practice”, Elsevier, 1989.
32- I.H.Seeley. “Public Works Engineering”. Macmillan, 1992.
33- Institution of Civil Engineers, Association of Consulting Engineers and Federation of Civil Engineering Contractors. ICE Conditions of Contract, Sixth Edition (January 1991).
34- Institution of Civil Engineers. Civil Engineering Procedure. Telford (1986).
35- C.K. Haswell and D.S. de Silva. "Civil Engineering Contracts: Practice and Procedure". Butterworths (1989).
36- R.J. Marks, R.J.E. Marks and R.E. Jackson. Aspects of Civil Engineering Contract Procedure. Pergamon (1985).
37- I.H. Seeley. Civil Engineering Specifications. Macmillan (1976).
38- P.E. Chesley Ayers. Specifications. McGraw-Hill (1975).
39- Ministry of Transport. Specification for Highway Works. HMSO (1986).
40- "Cost of Flood Control in Dams", ICOLD Bull. No: 108, 1998.
41- "Cost Impact of Rules, Criteria, and Specification" ICOLD Bull. No: 110, 1997.
42- "Inflow Design Floods for Dams & Reservoirs", USACE[1], ER III0-8-2(FR), March 1991.
43- "Dam Safety Guidelines", Washington State Dept. of Ecology, 1986
44- "River Control during Dam Construction", ICOLD Bull. No: 48a, 1986.
45- "Design of Small Dams", USBR, 1987
46- "Engineering Guidelines for the Evaluation of Hydropower Projects", Federal Energy Regulation Commission, Division of Dam Safety & Inspection, Washington, 1991
47- "Design & Construction Evaluation", USACE, ER415-1-13, Feb 1996.
48- "Safety & Health Requirements Manual", USACE, EM385-1-1, Sep 1996.
49- Ernest K. Schrader, "Roller Compact Concrete", Concrete Construction Engineering Handbook, Editor Dr. Edward G. Nawy, 1997.
50- "Roller Compacted Mass Concrete, ACI Report No: 207.5R.89.
51- "Roller Compacted Concrete, US Army Corps of Engineers, No.5, ASCE, 1994.
52- "Karun III Technical Specification TS9, Fill Materials, MAHAB GHODSS-ACRES (J.V) Consulting Engineers, 1994.
53- C. L. Bartholamew & L. Haverland, "Concrete Dam Instrumentation Manual" United State Department of interior Bureau of Reclamation, October 1987
54- "C. L. Bartholomew, B. G. Murray & D. L. Goins, "Embankment Dam Instrumentation Manual" United State of Interior Bureau of Reclamation, January 1987

1- USACE: US Army Corps of Engineers

55- "General Consideration Applicable to Instrumentation for Earth and Rockfill Dams", Bulletin No.21 of ICOLD, November, 1989.
56- "General Consideration on Instrumentation for Concrete Dams", Bulletin No.23 of ICOLD, July, 1972.
57- "Dam Safety Guidelines", Bulletin No.59 of ICOLD, 1987.
58- "Dam Safety Guidelines", Canadian Bulletin Dam Safety Association, 1997.
59- Dam Monitoring, General Considerations Bulletin No.80 of ICOLD, 1985.
60- "Measuring Initializations for Dam Monitoring Concepts", Reliability & Redundancy, Special Issue to the 17th International Congress on Large Dams, June, 1991, Vienna, Prepared by Swiss Nation Committee on Large Dams.
61- "Dam Monitoring", Bulletin No.68 of ICOLD, 1988
62- "Training Aids for Dam Safety" Module: Inspection of Concrete & Masonry Dams, USBR, Denver, Colorado,1988

خواننده گرامی

امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر پانصد عنوان نشریه تخصصی – فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به‌صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در سال‌های اخیر در سایت اینترنتی**nezamfanni.ir** قابل دستیابی می‌باشد.

Islamic Republic of Iran

Vice Presidency For Strategic Planning and Supervision

General Technical Specifications for Dams

No.

Office of Deputy for Strategic Supervision
Department of Technical Affairs
nezamfanni.ir

Ministry of Energy
Bureau of Engineering and Technical Criteria for Water and Wastewater
http://seso.moe.org.ir

2013

این نشریه

بـا عنـوان مشخصـات فنـی عمـومی سـدها می‌باشد. این مشخصات فنی عمومی با بهره‌گیری از استانداردهای بین‌المللی و ملی و تجارب موجود برای استفاده در پروژه‌های سدسازی تدوین شـده است.

این نشریه که برای بهره‌برداری به عنوان بخشی از اسناد پیمان‌های سدسازی تهیه شده است، به بیان کمی و کیفی معیارهایی می‌پردازد که برای اجرای پروژه‌های سدسازی الزامی است. اگر چه این معیارها به طور عمده فنی است، اما در موارد ضروری معیارهای حقوقی و مالی مترتب بر موارد فنی را نیز تعیین می‌کند.