

وزارت نیرو



نگرشی اجمالی بر مخازن بزرگ غیر تیپ



تیر ماه ۱۳۷۲

نشریه شماره ۷۸ - ن

نگرشی اجمالی بر مخازن بزرگ غیر تیپ



پیشگفتار

امروزه نقش و اهمیت ضوابط، معیارها و استانداردها و آثار اقتصادی ناشی از بکارگیری مناسب و مستمر آنها در پیشرفت جوامع، تهیه و کاربرد آنها را ضروری و اجتناب‌ناپذیر ساخته است. نظریه وسعت دامنه علوم و فنون در جهان امروز، تهیه ضوابط، معیارها و استانداردها در هر زمینه به مجامع فنی- تخصصی واگذار شده است.

با در نظر گرفتن مراتب فوق و با توجه به شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران تهیه استاندارد در بخش آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و از این رو طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور وزارت نیرو در جهت نیل به این هدف با مشخص نمودن رسته‌های اصلی مهندسی آب اقدام به تشکیل مجامع علمی- تخصصی با عنوان کمیته‌ها و زیرکمیته‌های فنی نموده که وظیفه تهیه این استانداردها را به عهده دارند.

استانداردهای مهندسی آب با در نظر داشتن موارد زیر تهیه و تدوین می‌گردد:

- استفاده از تخصص‌ها و تجارب کارشناسان و صاحب‌نظران شاغل در بخش عمومی و خصوصی
- استفاده از منابع و مآخذ معتبر و استانداردهای بین‌المللی
- بهره‌گیری از تجارب دستگاههای اجرایی، سازمانها، نهادها، واحدهای صنعتی، واحدهای مطالعه، طراحی و ساخت
- ایجاد هماهنگی در مراحل تهیه، اجرا، بهره‌برداری و ارزشیابی طرحها
- پرهیز از دوباره‌کاریها و اتلاف منابع مالی و غیر مالی کشور
- توجه به اصول و موازین مورد عمل مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و سایر مؤسسات معتبر تهیه‌کننده استاندارد

کمیته شماره ۱۶ طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور (کمیته سازه) براساس بند ۵ صورتجلسه مورخ ۷۰/۵/۵ منظم به نامه شماره ۱۲۷۳۶/۲۰۰ مورخ ۷۰/۵/۳۰ معاونت محترم وزارت نیرو در امور آب و فاضلاب شهری مبنی بر:

بررسی راه‌حلهای ممکن برای اقتصادی نمودن اجرای منابع بزرگ آب براساس آخرین دستاوردهای علمی و تجربی از قبیل استفاده از گودالهای مصنوعی و طبیعی به کمک پوشش‌های خاص. نتایج بررسی‌های محدود خود را در مورد یکی از راههای سریع و مناسب برای ذخیره آب، چه به صورت مخزن کمکی در پروژه‌های برق آبی و چه به صورت مخزن اصلی جهت آبرسانی در این گزارش ارائه نموده است.

آگاهی از نظرات کارشناسان و صاحب‌نظرانی که فعالیت آنها با این رشته از مهندسی آب مرتبط می‌باشد موجب امتنان کمیته سازه خواهد بود.

ترکیب اعضای کمیته

اسامی اعضای کمیته فنی شماره ۱۶ که در تهیه نشریه حاضر مشارکت داشته‌اند به ترتیب الفبا به شرح زیر است:

۱- نوشین رواندوست	طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور	لیسانس سازه
۲- محمد زاهدی	مهندسین مشاور سانو	لیسانس سازه
۳- محمد رضا عسگری	مهندسین مشاور بندآب	دکترای سازه
۴- حسن نصری قجری	مهندسین مشاور ریل - بندر	دکترای سازه
۵- رحیم واعظی	مهندسین مشاور سانو	فوق لیسانس سازه

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱- مقدمه	۱
۲- پارامترهای طراحی مخازن بزرگ غیر تیپ	۲
پیوست شماره یک - مشخصات و کاربرد ژنوممبرانها	۶
۱- گستره به کارگیری:	۶
۳- اجزای سیستم ناتراوایی و بارگذاری	۲۶
۴- جزئیات اجرایی در محل اتصالات	۳۴
۵- روشهای حفاظت زهکشی از نفوذ ذرات ریز	۴۲
پیوست شماره ۲- مشخصات فنی ویژه عملیات خاکی احداث مخازن بزرگ غیر تیپ	۴۴
موضوع	۴۴
شناسایی منطقه	۴۴
درجه حرارت و محدودیتهای اجرایی ناشی از آن	۴۴
حفاظت کارهای خاکی در مقابل نفوذ آب	۴۵
تمیز کردن و ریشه کنی	۴۵
برداشتن خاک نباتی	۴۵
استفاده از مواد منفجره	۴۶
حفاظت از شیب خاکبرداری و سایر شیبها	۴۶
مصالح حاصل از خاکبرداری	۴۶
روشها و محدوده عملیات خاکبرداری	۴۷
خاکبرداری از محل قرضه	۴۷
خاکریزی در قسمتهای مختلف	۴۷
کلیات	۴۷
تجهیز وسایل	۴۷
کنترل عملیات	۴۸
مصالح زهکش افقی	۴۸
مصالح خاکریزی مخلوط ((RANDOM FILL))	۴۸
پیوست شماره ۳- مقایسه هزینه ها	۵۱
پیوست شماره ۴- مراحل طرح و اجرای یک مخزن بزرگ غیر تیپ	۵۳
پارامترهای طراحی:	۵۴

- ۵۸ ارزیابی و سنجش متعاقب .
- ۵۸ مشخصات فنی انتخاب شده
- ۵۹ نصب
- ۶۲ پیوست شماره ۵ - گزارش بازدید از مخزن ۳۰۰۰۰۰ متر مکعبی مس سرچشمه

مخازن بزرگ غیر تیپ

۱- مقدمه

آب به عنوان یکی از ارکان اصلی حیات، همواره مورد توجه بوده و مسائل مربوط به آن، مانند تأمین، تنظیم و کنترل، انتقال، ذخیره‌سازی و تصفیه قسمت عمده‌ای از دانش بشری را به خود اختصاص داده است. رشد روز افزون جمعیت در جهان به‌ویژه در ممالک جهان سوم، تراکم جمعیت در شهرها و نیاز هر چه بیشتر به تنظیم و کنترل جریانهای نابهنگام، ذخیره‌سازی آب برای مصارف صنعتی، کشاورزی و بهداشتی، استفاده از مخازن بزرگ غیر تیپ را مطرح کرده و ضرورت مطالعه و بررسی فنی-اقتصادی ساخت چنین مخازنی را ایجاب نموده است. در اینجا هدف از مطرح نمودن مخازن ذخیره‌سازی آب، مخازن حجیم بالادست سدها نمی‌باشد و مخازن بزرگ غیر تیپ به مخازنی اطلاق می‌گردد که عملکردی مانند مخازن بتنی و یا فولادی داشته لیکن به لحاظ ابعاد و گنجایش، حجم قابل ملاحظه‌ای را نسبت به مخازن کلاسیک به خود تخصیص می‌دهند. این مخازن معمولاً غیر سرپوشیده و دارای ظرفیت بسیار زیاد است و عمدتاً با استفاده از گودالهای ایجاد شده یا طبیعی و به کارگیری لایه‌آب‌بند مناسب ساخته می‌شوند.

لازم به تذکر است که استفاده از مخازن بزرگ غیر تیپ در ابتدا به دلیل نیاز به ذخیره‌سازی آب خام در احجام زیاد بوده، لیکن سرعت و سهولت اجرای این نوع مخازن در مقایسه با مخازن معمولی و متداول موجب گردید که با پیش‌بینی سقفهای سبک، با استفاده از سازه‌های فضاکار^۱ با دهانه‌های بزرگ، این نوع مخازن در جهت ذخیره‌سازی آب آشامیدنی نیز مورد توجه دست‌اندرکاران قرار گیرد. بررسیهای کمیته سازه طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور در رابطه با این نوع مخازن با استفاده از مراجع مطالعاتی زیر صورت گرفته است:

۱-۱ مراجع مطالعاتی

۱- بخش‌هایی از بولتن شماره ۷۸ کنگره بین‌المللی سدهای بزرگ (ICOLD) در ارتباط با سیستم ناتراوایی سدها و مخازن با استفاده از انواع ژئوممبران و مسائل اجرایی مربوط به آنها با افزودن اشکال و شمایهای تکمیلی (پیوست شماره ۱)

- ۲- مشخصات فنی ویژه عملیات خاکی مربوط به این نوع از مخازن (پیوست شماره ۲)
- ۳- نمونه مقایسه هزینه‌های اجرایی مخازن با ظرفیت ۳۰۰۰۰ متر مکعب در دو حالت طراحی به صورت مخزن بزرگ غیر تیپ و طراحی به صورت مخزن تیپ (پیوست شماره ۳)
- ۴- مخزن آب روباز ساخته شده در مجتمع سرچشمه (کرمان) با ظرفیت ۳۰۰۰۰۰ متر مکعب اطلاعات تکمیلی درباره این مخزن در پیوست شماره ۴ داده شده است.
- ۵- مقاله‌ای از ICOLD-Question 58 در رابطه با مخزن روباز تهیه آب خام با حجم ۹۰۰۰۰۰۰ متر مکعب در آفریقای جنوبی خلاصه‌ای از این مقاله در پیوست شماره ۵ ارائه شده است.
- ۶- مخزن ذخیره آب صنایع چوب و کاغذ (پیوست شماره ۶)

۲- پارامترهای طراحی مخازن بزرگ غیر تیپ

پارامترهای اصلی طراحی به شرح زیر می‌باشند:

۲-۱ محدودیت‌های منطقه‌ای و محلی

- در انتخاب محل مخزن، باید بررسی‌های لازم با توجه به عوامل زیر صورت گرفته و محل مناسب براساس بررسی و مقایسه گزینه‌های مختلف از نظر فنی- اقتصادی صورت گیرد:
- خصوصیات اقلیمی منطقه به منظور شناخت میزان تبخیر سطحی.
- خصوصیات هیدرولوژیکی منطقه به منظور اجتناب از سیلابها و طریقه جمع‌آوری و دفع آبهای سطحی
- خصوصیات هیدروژئولوژیکی منطقه به منظور شناخت آبهای زیرزمینی موجود در زیر مخزن
- خصوصیات زمین از دیدگاه مکانیک خاک (نوع لایه‌ها، تراز آب زیرزمینی، تراکم‌پذیری، زاویه اصطکاک داخلی ضریب چسبندگی، مقاومت برشی، درصد رطوبت، نفوذ پذیری و غیره).
- خصوصیات زمین از دیدگاه عوامل گزند بار موجود به منظور تعیین لزوم تمهیدات ویژه .

۲-۲ عملکرد

در طراحی مخزن، باید کلیه نیازها و محدودیت‌های مقرر شده چه در مورد مصارف شهری، چه در مورد مصارف صنعتی، کشاورزی یا ترکیبی از آنها در طول عمر مفید مخزن برآورد گردد. بدیهی است عملکرد چنین مخزنی در مورد هر کدام از نیازهای طرح باید از اعمال تمهیدات ویژه آن نیاز همراه باشد. به عنوان نمونه، در مصارف آب آشامیدنی، معمولاً پیش‌بینی پوشش مخزن به نحوی که اثر عوامل خارجی را تا حد امکان کاهش دهد ضرورت دارد.

۳-۲ هندسه طرح

در هندسه طرح یک مخزن بزرگ ذخیره‌سازی آب شمای کلی مخزن مطرح می‌گردد. این مخازن متشکل از یک فضای خاکبرداری و خاکریزی شده است که با استفاده از مصالح مناسب آب‌بندی و تثبیت شده و متناسب با نوع مصرف مورد نظر به صورت روباز و یا سرپوشیده اجرا می‌شود، در صورت نیاز به سرپوشیده بودن این نوع مخازن از انواع پوششهای سبک استفاده می‌شود.

تعیین هندسه طرح باید با توجه به بهینه کردن کلیه عوامل ذیربط به‌ویژه عوامل زیر صورت گیرد.

- ظرفیت مورد نیاز طرح از دیدگاه سهولت در بهره‌برداری که می‌توانند از طریق یک یا چند حوضچه تأمین گردد.

- توپوگرافی محل مخزن و ارتباط مخزن با منابع آب تأمین کننده و شبکه تأمین شونده

- شیهای پایداری مناسب

- متعادل کردن حجم عملیات خاکی در خاکبرداریها و در خاکریزیها با توجه به نوع خاک و نتیجه مطالعات قرصه‌یابی

۴-۲ انتخاب مصالح مناسب

در ارتباط با انتخاب مصالح مناسب، کمیته حاصل بررسیهای خود را در زمینه یکی از انواع مناسب لایه‌های آب‌بند که اصلی‌ترین بخش این مصالح می‌باشد در پیوست شماره ۱ ارائه نموده است در این پیوست در ارتباط با موارد ذیل (آزمایشهای مربوط به محدودیتهای ویژه انتخاب نوع لایه آب‌بند) به تفصیل توضیح داده شده است:

- نفوذپذیری،

- مقاومت در برابر کشش،

- مقاومت در برابر ترکیدگی، سوراخ شدگی و پاره شدگی،

- مقاومت در برابر ضربه،

- مقاومت در برابر عمل اصطکاک،

- جوش پذیری،

- مقاومت درزها،

- مقاومت در برابر عوامل شیمیایی گزند بار و نور،

- مقاومت در برابر عوامل زنده (جوندگان، ریزارگانیسرها و غیره)

- مقاومت در برابر دما،

- کنترل دوام،

علاوه بر ویژگیهای فوق، لایه‌های آب‌بند باید از نظر سهولت تعمیرات آتی و سابقه عملکرد در پروژه‌های مشابه نیز مورد توجه قرار گیرد. یادآور می‌شود که در عملکرد لایه‌های آب‌بند، اتصالات لایه‌ها به یکدیگر و نیز جزئیات اجرایی در محل اتصال به سازه‌های مجاور و در محل عبور لوله و سایر اعضا، اهمیت بسزایی دارند. پیوست شماره ۱ این موارد را نیز مورد بحث قرار داده است.

در مورد انجام عملیات خاکی نیز پیوست شماره ۲ ارائه گردیده که مشخصات فنی ویژه عملیات خاکی مربوط به این نوع از مخازن را مطرح می‌نماید.

۲-۵ استفاده از تجارب قبلی

استفاده از تجارب مربوط به طرح و اجرای مخازن بزرگ غیر تیپ موجود، به منظور شناخت مسائل مربوط به طرح، جزئیات اجرایی، بهره‌برداری و هزینه‌های انجام شده توصیه می‌گردد.

پیوست شماره ۳، حاوی یک نمونه مقایسه هزینه‌های اجرایی مخزنی با ظرفیت ۳۰۰۰۰۰ متر مکعب در دو حالت طراحی و به صورت مخزن بزرگ غیر تیپ و طراحی به صورت مخزن تیپ می‌باشد.

در پیوست شماره ۴، گزارش بازدید از مخزن ۳۰۰۰۰۰۰ متر مکعبی که در سرچشمه (کرمان) اجرا گردیده به همراه چند شکل ساده شده از مخزن نام برده ارائه شده‌اند.

پیوست شماره ۵، مراحل مختلف طراحی و اجرای یک مخزن بزرگ غیر تیپ ۹۰۰۰۰۰۰ متر مکعبی در آفریقای جنوبی را نشان می‌دهد (خلاصه‌ای از مقاله‌ای در رابطه با این مخزن که در پانزدهمین کنگره بین‌المللی سدهای بزرگ، برگزار شده در شهر لوزان (سوئیس) در سال ۱۹۸۵ ارائه شده بود ضمیمه گردیده است).

پیوست شماره ۶، خلاصه‌ای از مطالعات تأمین آب اضطراری صنایع چوکا می‌باشد که به همراه دو نقشه در این ارتباط ارائه گردیده است.

پیوستہا

پیوست شماره یک - مشخصات و کاربرد ژئوممبران‌ها

در این پیوست، واژه "ژئوممبران"^۱ به مصالح ناتراوا و انعطاف‌پذیری اطلاق می‌شود که حدود نیم تا چند میلی‌متر ضخامت دارند و طیف گسترده‌ای از پلی‌مرها شامل پلاستیکها، الاستومرها و ترکیبی از دیگر پلی‌مرها و قیرها در ساختن آنها به کار می‌رود.

این فرآورده را در کارخانه تهیه می‌نمایند و سپس به ساختگاه مورد نظر حمل نموده و در آنجا به کار می‌برند. برخی از این نوع مصالح را گاهی مستقیماً در محل تهیه می‌نمایند (ژئوممبران درجا).

"سیستم ایجاد ناتراویی توسط ژئوممبران" به مجموعه‌ای از لایه‌های روی هم قرار گرفته اطلاق می‌شود که برای اجرا، نصب و حفاظت ژئوممبران لازم است. در اغلب موارد، این "سیستم" شامل سه لایه است: یک لایه تکیه‌گاهی، یک ژئوممبران ناتراوا و سرانجام یک لایه حفاظ.

۱- گستره به کارگیری:

ژئوممبرانها از چندین سال پیش به عنوان عنصر عمده ناتراویی در مخازن آب و سدهای خاکریزی که ارتفاع آنها به ۳۲ متر می‌رسد با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این مصالح در سدهایی که دارای ارتفاعی به مراتب بیشتر بوده‌اند نیز برای بهتر کردن ناتراویی بخشهای فوقانی سد، یا برای عملیات ترمیمی (از جمله در مورد رویه‌های بتنی) به کار رفته‌اند.

لازم به ذکر است اغلب توصیه‌های این پیوست در ارتباط با سدهای دارای ارتفاعی کمتر از ۱۵ متر، روکش خاکریزها و کانالها نیز قابل استفاده می‌باشد.

البته، ژئوممبران‌ها می‌توانند پرده‌ای داخلی برای ناتراویی یک سد خاکریزی را هم تشکیل دهند. ولی، چون تکنیک مزبور هنوز به اندازه کافی گسترش نیافته، در این گزارش مورد بررسی قرار گرفته است.

در جهت تأمین ایمنی عمومی باید تمهیدات مهندسی لازم به منظور حفظ ژئوممبران از ضایعاتی که باعث تخریب خاکریز می‌گردد اتخاذ گردد. همچنین باید به یاد داشت که طراحی و ساختمان ابنیه باید شامل تمهیداتی باشند که ترمیم ژئوممبران را ممکن سازند.

1- Geomembrane

۲- مصالح - آزمایشها - فرسودگی

۲-۱ مصالح

۲-۱-۱ اجزاء متشکله اصلی

ژئوممبران‌های مورد استفاده در کارهای عمرانی فرآورده‌هایی نازک، انعطاف‌پذیر، پیوسته و ناتراوا هستند که خواص خود را حتی در اثر تغییر شکل‌های حاصل از بهره‌برداری نیز حفظ می‌کنند.

این فرآورده‌ها از پلی‌مرهای مصنوعی یا از مواد ساخته شده بر مبنای قیر تهیه می‌شوند و می‌توانند مسلح یا غیر مسلح باشند و در کارخانه یا در ساختگاه ساختمانی ساخته شوند. روکشهای ساخته شده از خاک متراکم شده که حاوی انواع مختلف افزودنیهای کارخانه‌ای یا طبیعی می‌باشند یا روکشهای دارای رویه سخت مانند فلزات، بتن، ملات پاشیدنی، بتن آسفالتی و خاک پایدار شده توسط سیمان، جزء ژئوممبران‌ها محسوب نمی‌شوند. همچنین پرده‌های ساخته شده از خاک رس نیز جزء ژئوممبران‌ها نیستند.

۲-۱-۱-۲ پلی‌مرهای مصنوعی

پلی‌مرها، ترکیباتی شیمیایی هستند که دارای وزن مولکولی بالایی می‌باشند. انواع متداول پلی‌مرهای قابل استفاده برای ژئوممبران‌ها را می‌توان به صورت زیر رده‌بندی نمود (نشانه‌هایی که بین دو پرانتز گذاشته شدند، آنهایی هستند که در فرانسه متداولند):

الف) ترموپلاستیکها: پلی‌کلورووینیل (PVC)، پی.وی.سی مقاوم در برابر روغنهای (PVC-OR) ترموپلاست پی.وی.سی نیتریل (TN-PVC)، آلیاژ پلی‌اتیلن انتریلی مر (EIA).

ب) ترموپلاستیکهای بلورین: پلی‌اتیلن‌ها با چگالی پایین (LDPE)، پلی‌اتیلن با چگالی بالا (PEHD)، آلیاژ پلی‌اتیلن با چگالی بالا (PEHD-A)، پلی‌اتیلن با چگالی متوسط (MDPE)، پلی‌اتیلن خطی با چگالی پائین، پلی‌پروپیلن.

ج) الاستومرها: کائوچو ایزوپرن - ایزوبوتیلن (IIR) که به طور متداول به نام کائوچو بوتیل معروف است، اتیلن - پروپیلن دی ان مونومر (EPDM)، پلی‌کلروپرن (CR) که به نام نئوپرن معروف است، اپی کلرو هیدرین کائوچو (CO).

د) الاستومرهای ترموپلاستیکی: پلی‌اتیلن کلردار (CPE)، آلیاژ پلی‌اتیلن کلردار (CPPE-A)، پلی‌اتیلن کلروسولفون (LPECS) که معمولاً آن را هیپالون (HYPALON) می‌نامند، اتیلن پروپیلن دی‌ان مونومر ترموپلاستیک (T-EPDM).

۲-۱-۱-۲ مصالح قیری

این مصالح مخلوطی از هیدروکربورهای دارای وزن مولکولی بالا هستند که از مواد طبیعی یا به صورت متداولتر، به شکل مواد درجه دوم حاصل از تقطیر نفت حاصل می‌شوند. مصالح قیری رفتار ویسکوالاستیک از خودشان نشان می‌دهند، بدین معنی که تغییر شکل آنها می‌تواند نه فقط به بار وارده، بلکه همچنین به مدت زمان اعمال این بار و به دما نیز بستگی داشته باشد.

در مورد این مصالح می‌توان انواع زیر را مشخص نمود:

- قیرهای به دست آمده از تقطیر مستقیم،
 - قیرهای هوازده که نسبت به دما دارای حساسیت کمتری هستند،
 - امولسیونهای قیری که می‌توان آنها را سرد به کار برد،
 - قیرهای با افزودنیها: قیر کائوچو، قیر گوگرد و غیره،
 - ترکیبات قیر والاستومر یا پلاستومرهای که به نام قیرهای تغییر شکل داده معروفند و رفتارشان شبیه رفتار مصالح تثبیت کننده گرما (پلی‌اکری لامید و کوپلی‌مر قیری) است، ترموپلاستیکها (پلی‌اتیلن و قیر) یا الاستومرها (SBS = قیر استیرن بوتادین استیرن)
- رفتار این دو نوع مصالح در جدول ۱ خلاصه شده است.

جدول ۱- رفتار مصالح اصلی ژئوممبران

ژئوممبران‌های قیری		ژئوممبران‌های مصنوعی		
قیرهای تغییر شکل یافته به الاستومرها	قیر اکسیده	پلاستومرها	الاستومرها	
ویسکو پلاستیک	ویسکو پلاستیک	پلاستیک	الاستیک	رفتار کلی
همان رفتار الاستومرها ولی با حد الاستیلی بسیار وابسته به ماهیت تلاشها	همان رفتار پلاستومرها با مقداری متفاوت برای آستانه گسیختگی	برای تنشی که قدرتش از آستانه گسیختگی بیشتر است: افت- تغییر شکل به گونه‌ای جزئی پس از حذف تنش بازگشت پذیر است	افزایش طول الاستیک ثابت، تابعی از تنش تغییر شکل پس از حذف تنش ناپدید می‌گردد	رفتار تحت تنش وارده
آزاد شدن زیاد تنش	آزاد شدن تنش	آزاد شدن جزئی تنش	تحت کشش باقی می‌ماند	رفتار تحت افزایش طول ایجاد شده
متوسط تا زیاد	زیاد	متوسط	ضعیف	تأثیر دمای بالا
خوب تا متغیر بر طبق ماهیت و درصد الاستومر	ضعیف	خوب، متغیر بر حسب فرآورده	بسیار خوب	انعطاف پذیری در دمای پایین
بسیار آسان	بسیار آسان	بسیار آسان	غیر ممکن اگر مشبک باشد	جوش گرمایی
غیر عملی	غیر عملی	ممکن بر حسب فرآورده	مشکل تا غیر ممکن اگر مشبک باشد	جوش فقط توسط حل‌کننده
آسان ولی پرهزینه‌تر از جوش گرمایی	آسان ولی پرهزینه‌تر از جوش گرمایی	ممکن یا غیر ممکن بر حسب مورد	مشکل	چسباندن
—	—	—	ممکن ولی حساس	وصله پذیری

۲-۱-۲ افزودنیها به اجزای متشکله اصلی

ژئوممبران‌ها معمولاً شامل افزودنیهای گوناگون به مصالح مینا هستند:

- گرد سنگهای کانی، کربن، گردسنگهای گچی، پودر آردواز و غیره،
- عوامل تثبیت کننده، پودر سیاه کربن (که از جمله در ساختمان پلی اتیلن و برخی از پی.وی.سی‌ها به کار می‌رود).
- نرم کننده‌ها (که از جمله در تهیه پی.وی.سی. به کار می‌رود)،
- سموم ضد قارچ: سموم علف، جلبک، باکتری.
- تسهیل کننده‌های روند ساخت مواد:
- فیبرها و الاستومرها (از جمله برای ژئوممبران‌های قیری).

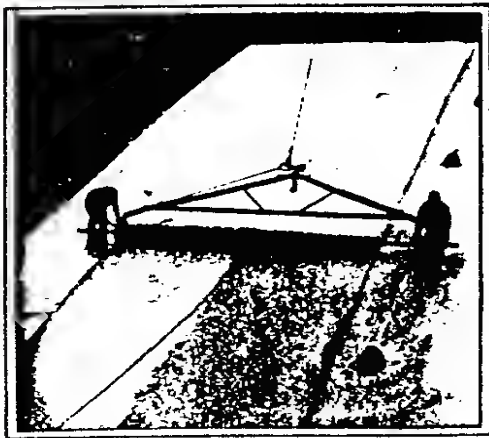
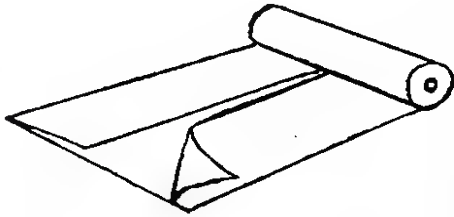
۲-۱-۳ تقویت (Reinforcement)

تقویت یک ژئوممبران می‌تواند از جمله برای یک یا چندین دلیل از دلایل زیر صورت گیرد:

- تأمین پایداری ترکیب طی روند تهیه ژئوممبران،
 - تأمین پایداری ابعاد ژئوممبران‌ها که در پی تغییرات دما کوچک یا بزرگ می‌شوند،
 - افزایش مقاومت (در برابر کشش، پارگی و سوراخ شدگی) و مدول الاستیک ژئوممبران،
- هنگامی که تقویت‌های به کاررفته (جوشنها) لایه‌های پوسته‌ای هستند ژئوممبران را مسلح می‌نامند برحسب نوع ژئوممبران، جوشن می‌تواند از مصالح زیر تشکیل شده باشد:
- ژئوتکستیل بافته نشده: پلی استر، پلی پروپیلن، پلی آمید، شیشه،
 - ژئوتکستیل بافته شده: پلی استر، پلی پروپیلن، پلی آمید، شیشه،
 - ژئوگرید: پلی استر، پلی آمید و شیشه.
- تقویت ژئوممبران به وسیله جوشن افزایش طول را به هنگام گسیختگی غشاء به مقدار زیاد کاهش می‌دهد.

۲-۱-۴ ساخت

ژئوممبران را غالباً در کارخانه به صورت نوار و رول می‌سازند. برخی از انواع ژئوممبران را می‌توان پس از ساخت در کارخانه یا در کارگاه نزدیک به ساختگاه به صورت سفره‌های بزرگ متصل کرد. مثلاً، ژئوممبران‌های تهیه شده برای مخزن مانت آلبرت فوربی^۱ در ایالات متحده، در دو نقطه بزرگ، ۶۱ و ۲۱ و ۳۰ و ۴۳ متر ساخته شده بودند که هر یک دارای مساحتی تقریباً برابر ۱۳۰۰ متر مربع بود.



شکل ۲-۱ انواع ژئوممبران به صورت رول یا نوار

برای حمل این قطعات آنها را به صورت رول، تا شده به شکل آکوردئون یا به صورت مسطح بر روی هم قرار می‌دهند و تا ساختگاه مورد استفاده‌شان حمل می‌کنند.

بر حسب مصالح تشکیل دهنده ژئوممبران، روشهای گوناگون شیمیایی یا گرمایی برای ساخت آنها موجود است. جداول ۲ و ۳ عمده‌ترین روشهای اتصال را ارائه می‌دهند.

1- Mount Elbert Forbey

جدول ۲- روشهای جوش گرمایی ژئوممبرانها

روزن رانی ^۱	دی الکتریک	تیغه فلزی	قیر گرم	مشعل جوشکاری	هوای گرم	مصالح تشکیل دهنده ژئوممبران
						<p>- ترموپلاستیکها (کلروپلی وینیل پی.وی.سی.) پی.وی.سی. نیتریل (TN-PVC) آلیاژ اتیلن انتریلی مر (EIA)</p> <p>- ترموپلاستیکهای بلورین پلی اتیلن با چگالی پایین (PEBD) پلی اتیلن با چگالی بالا (PEHD)</p> <p>- الاستومرها کائوچو نوتیلی (HR) اتیلن پروپیلین دی آن مونومر (EPDM) نئوپرن (پلی کلروپرن) اپی کلروهیدرین کائوچو (CO) - الاستومرهای نوموپلاستیکی پلی اتیلن کلردار (CPE) پلی اتیلن کلروسولفون (PECS)</p> <p>ژئوممبران قیری</p>
	×				×	
	×				×	
		×	×		×	
	×		×		×	
×						

۱. ک: جوش در کارخانه یا در کارگاه

س: جوش در ساختگاه

جدول ۳- روشهای جوش دادن به کمک ذوب کننده‌ها، چسباندن و یا وصله کردن

نواربندی	وصله کردن	چسباندن توسط چسب	چسب و حل کننده	حل کننده	مصالح تشکیل دهنده ژئوممبران
					<u>– ترموپلاستیکها</u>
	×	×	×	×	کلروپلی وینیل (PVC)
×	×	×	×	×	پی.وی.سی- نیتریل (TN-PVC) آلیاژ اتیلن انترپلی مر I (EIA)
					<u>– ترموپلاستیکهای بلورین</u>
					پلی اتیلن با چگالی پائین (PEBD)
					پلی اتیلن با چگالی بالا (PEHD)
					<u>– الاستومرها</u>
					کائوچو بوتیل (HR)
					مونوسر (EPDM)
					تئوپرن (پلی کروپرن)
					اپی کلروهیدرین کائوچو (CO)
					<u>– الاستومرها – ترموپلاستها</u>
					پلی اتیلن کلردار (CPE)
					پلی اتیلن کلرو سولفونه (PECS)
					ترموپلاستیکها (T- EPDM)
				×	غشاء قیری

۱. در این صورت، ماده چسبان قیر است.

۲-۱-۵ اجرای ژئوممبران به صورت درجا

ژئوممبران را می‌توان در خود ساختگاه تهیه نمود. ژئوممبران از فرآورده‌هایی ساخته شده است که به صورت مایع گرم یا سرد به کار می‌رود و معمولاً به صورت آغشته نمودن یک ژئوتکستیل قرار گرفته روی لایه تکیه‌گاهی اجرا می‌گردد.

با این روش اجرا، از ایجاد درز بین نوارها یا قطعات جلوگیری می‌گردد. در عوض، نمی‌توان همگون بودن فرآورده یا یکنواخت بودن ضخامت آن را تضمین نمود.

مواد عمده‌ای که بدین منظور به کار می‌روند عبارت‌اند از:

- پلی‌مرهای گرما سخت شونده به صورت دو ماده جداگانه- رزین مینا و سخت کننده- که هنگام استفاده با یکدیگر مخلوط می‌شوند: پلی‌اورتان اپوکسیدیک، پلی‌استر.
- پلی‌مرهای ترموپلاستیکی: اکریلیک به صورت شیره، شیره الاستومرهای گوناگون.
- قیرهای خالص یا تغییر شکل یافته با یا بدون افزودنیها.

۲-۱-۶ ترکیب ژئوتکستیل‌ها و ژئوممبران‌ها

ترکیب ژئوتکستیل با ژئوممبران دارای امتیازهای تکمیلی زیر می‌باشد:

- ژئوممبران را در برابر آسیب تکیه‌گاه یا لایه محافظ نگهداری می‌کند،
- زیر فشارهای ایجاد شده زیر لایه ژئوممبران را با عمل کردن به مثابه لایه‌ای زهکش کاهش می‌دهد،
- تنشها را زیر لایه ژئوممبران توزیع می‌نماید.

ژئوتکستیل و ژئوممبران را می‌توان فقط روی یکدیگر قرار داد: در این صورت آنها را به شکل رولهای جداگانه تحویل می‌دهند. آنها را می‌توان در کارخانه نیز سوار کرد. به این ترتیب بدون آسیب رساندن به ژئوممبران، نمی‌توان آن دو را از یکدیگر جدا نمود: در این حالت از واژه "ژئوممبران مرکب" استفاده می‌شود.

۲-۲ آزمایش‌های ژئوممبران

۲-۱-۱ پیشگفتار

آزمایشهایی که روی ژئوممبران‌ها انجام می‌شود را می‌توان به سه گروه بزرگ تقسیم کرد:

- آزمایشهای کنترل ساخت،
- آزمایشهای شناسایی - پذیرش،
- آزمایشهای کارآئی

۲-۲-۲ آزمایشهای کنترل ساخت

این آزمایشها را سازنده در کارخانه انجام می‌دهد تا بتواند کیفیت تولید را کنترل نماید (شامل کنترل مواد مینا، کنترل عملیات انجام شده و کنترل فرآورده به دست آمده).

۲-۲-۳ آزمایشهای شناسایی - پذیرش

آزمایشهای شناسایی - پذیرش، آزمایشهای مبنایی هستند که از سوی سازنده در برگه‌های فنی ژئوممبران ارائه می‌شود.

این آزمایشها باید به گونه‌ای باشند که استفاده کننده بتواند به راحتی آنها را کنترل نماید و معمولاً شامل موارد زیرند:

- آزمایشهایی که مربوط به ترکیب مواد می‌باشند (تحلیل شیمیایی اجزای ترکیب کننده، تحلیل اجزاء ترکیب کننده توسط روش طیف مادون قرمز، تحلیل برای تعیین درصد مصالح مرکب، درصد جوشن، تعیین مقاومت در برابر آتش و غیره)،

- آزمایشهای مربوط به خواص فیزیکی - شیمیایی (جرم حجمی، مشخصه‌های رنگ سنجی...).

- آزمایشهای مربوط به خواص مکانیکی و ژئولوژیکی (کشش تک بعدی، مقاومت در برابر جداسازی لایه‌ها)،

- آزمایشهای مربوط به خواص گرمایی و گرما مکانیکی (تعیین دما انتقال به نرمی، تحلیل گرما مکانیکی، دمای شکنندگی در اثر خم شدن، دمای شکنندگی در اثر ضربه، افت حرارتی...).

افزون بر نتایج این آزمایشها، برگه فنی سازنده باید حاوی مطالب زیر باشد:

- مشخصه‌های ساخت،
- روش ساخت،
- ماهیت ماده یا مواد ترکیب شده و جوشن احتمالی،
- ضخامت اسمی و رواداری،
- مشخصه‌های رول (عرض، طول، جرم، قطر) و احتیاطهای لازم برای ذخیره سازی،
- روش اتصال نوارها و شرایط حدی اجرای آنها،
- نتایج آزمایشهای شناسایی.

۲-۲-۴ آزمایشهای کارآیی

آزمایشهای کارآیی به استفاده کننده از فرآورده امکان می‌دهد که گزینش وی منطبق بر نیازهای سازه طراحی شده باشد.

آزمایشهای شناسایی یاد شده در صفحات پیشین معمولاً آزمایشهای رفتاری نمی‌باشند. زیرا این نوع آزمایشها ندرتاً امکان تصمیم‌گیری درباره رد یا قبول یک ژئوممبران در برابر بارگذاری یا صدمه‌پذیری معین را می‌دهند. بدین‌سان، آزمایشهای کششی تک محوره روی نمونه باریک، آزمایشهای شناسایی - پذیرش را تشکیل می‌دهند. این آزمایشها، به گونه‌ای ساده و قابل تجدید مشخصه‌های یک ژئوممبران را تعیین می‌کنند ولی نمی‌توان آنها را جهت محاسبه رفتار ژئوممبران تحت اثر بارگذاری در یک بنا در نظر گرفت. در واقع، نمونه‌های مورد استفاده برای این آزمایشها بیش از حد کوچک‌اند که بتوان رفتارشان را نمایانگر رفتار ژئوممبران در مقیاس بزرگ به حساب آورد.

درباره رفتار ژئوممبران‌ها آزمایشهای زیادی موجود است که برخی از آنها به صورت استاندارد در آمده‌اند. این آزمایشها را می‌توان بر حسب اینکه درباره رفتار هیدرولیکی، مکانیکی یا مقاومت در برابر شرایط بیرونی است، رده‌بندی کرد.

۲-۲-۴-۱ نفوذپذیری در برابر آب

ارجح است که خاصیت نفوذپذیری در برابر آب ژئوممبران را به‌جای نشان دادن با ضریب تراوایی، K ، با شاخص تراوایی K/e بیان نمود (e بیانگر ضخامت ژئوممبران می‌باشد).

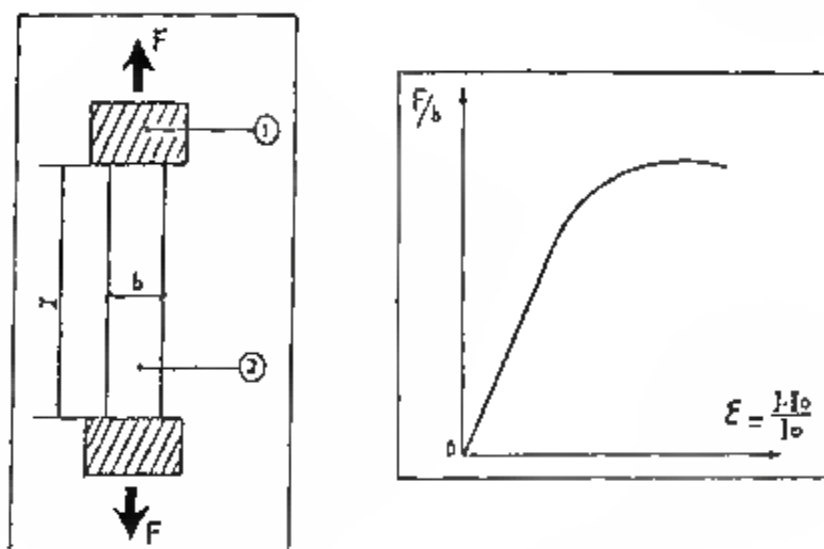
خاصیت نامبرده را می‌توان در آزمایشگاه با اندازه‌گیری مقدار آبی که تحت یک گرادیان هیدرولیکی و طی مدت زمان معینی از یک نمونه ژئوممبران عبور می‌کند، اندازه گرفت.

در عمل، مقادیر اندازه گرفته شده این خاصیت بسیار کوچک‌اند (حدود 10^{-11} s^{-1}) و می‌توان فرض نمود که ژئومبران‌ها کاملاً نائتراوا هستند و هر نوع مسأله مربوط به نشست آب از صیب و ایراد موضعی، چگونگی اتصال قطعات یا از تغییر مشخصه‌های مصالح سرچشمه می‌گیرد. هنگامی که مصالح تحت یک نیروی کششی قرار می‌گیرد، نفوذپذیری می‌تواند به مقدار قابل ملاحظه‌ای افزایش یابد. اندازه‌گیری شاخص تراوایی را می‌توان به درزها نیز اعمال نمود.

۲-۲-۲-۲ آزمایشهای سنجش مقاومت مکانیکی

الف- کشش ساده

یک آزمایش کشش ساده عبارت است از قرار دادن یک نمونه از ژئومبران (که معمولاً به شکل نواری مستطیلی است) تحت نیروی تک‌محوری (F) و اندازه‌گیری تغییر شکل ایجاد شده، نتایج به صورت یک منحنی نیرو تغییر شکل که تا حد مقادیر گسیختگی ترسیم شده است نشان داده می‌شوند. شکل ۲-۲ اصول این آزمایش را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۲ مبنای آزمایش کشش ساده و منحنی نیرو - تغییر شکل

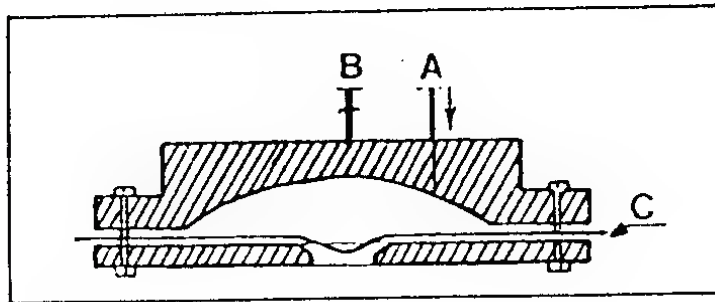
(۱) گیره‌های فشاری (۲) نمونه ژئومبران F کشش اعمال شده

باید یادآوری نمود که روش اجرا از شکل نمونه و سرعت اعمال نیرو تاثیر زیادی در نتایج دارند. از نقطه نظر مهندسی، تنش و کرنش نقطه گسیختگی دارای اهمیت کمتری نسبت به شکل نمونه تنش - کرنش دارد.

آزمایش‌های خزش^۱ (بررسی تغییر شکل تحت بار ثابت) و وادادگی^۲ (بررسی تغییر و تحول تنش تحت تغییر شکل ثابت) کامل‌کننده آزمایشهای کشش ساده تحت سرعت و تغییر شکل معین (ثابت) می باشند.

ب - آزمایش ترکاندن^۳

آزمایشی است کششی در دو جهت با تغییر شکل کروی. آزمایش عبارت است از اعمال فشار آب، روی نمونه‌ای از ژئوممبران که روی یک تکیه گاه فلزی صلب به شکل صفحه قرار گرفته و در مرکز آن دریچه‌ای گرد با قطر مشخص تعبیه شده است (شکل ۲-۳).



شکل ۲-۳ تصویر ساده شده دستگاه ترکاندن
(A) ورود آب (B) تخلیه هوا (C) ژئوممبران

تحت اثر اعمال فشار، ژئوممبران به شکل عرقچین تغییر شکل می‌دهد. با اندازه‌گیری دامنه این تغییر شکل، می‌توان تنش و تغییر شکل را در هر نقطه عرقچین برای تمام فشارهای اعمال شده محاسبه نمود.

نتایج را می‌توان به شکل یک منحنی نیرو- تغییر شکل نمایش داد که با منحنی حاصل از آزمایش کشش ساده قابل مقایسه است.

در این آزمایش گسیختگیها برای مقادیر رخ می‌دهند که از مقادیر حاصل از آزمایش کشش ساده کوچکتر باشند. در واقع، پس از به وجود آمدن یک ترک ریز، عبور آب تحت فشار باعث ترکاندن ژئوممبران می‌گردد.

بنابراین، آزمایش ترکاندن، تا آنجا که مربوط به استفاده از ژئوممبران تحت تغییر شکل می‌باشد، حدودی را نشان می‌دهد که پیش از آزمایش کشش ساده واقعیت‌گرایانه می‌باشند.

1- Creep
2- Relaxation
3- Burst Strength

ج - آزمایشهای اصطکاکی^۱

هدف آزمایش اصطکاکی، تعیین شیب پایدار استقرار ژئوممبران بر روی دامنه خاکریز می‌باشد. اصول آزمایش، همانهایی هستند که در آزمایش برش قیچی کازاگرانده به گونه‌ای رایج در مکانیک خاک به کار می‌رود.

مشخصه‌های اصطکاکی بین ژئوممبران و مصالح گوناگون دانه‌ای یا ژئوتکستیل منتشر شده‌اند ولی احتیاط حکم می‌کند که در چارچوب یک طرح جدید، با در نظر گرفتن تنش عمودی مورد نیاز، به آزمایشهای ویژه دست زد.

برخی از ژئوممبران‌ها را با رویه‌های زیر م سازند یا برای بهبود مشخصه‌های اصطکاکی، آنها را در کارخانه با ژئوتکستیل ترکیب می‌کنند.

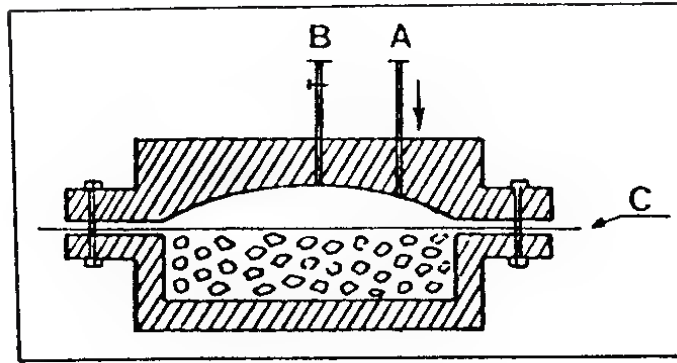
د - آزمایشهای سوراخ شدگی^۲

یکی از مسائل عمده‌ای که طراح با آن روبه‌رو می‌شود، عبارت است از پیش‌بینی دوام ناتراوایی یک ژئوممبران در تماس با سازه تکیه‌گاهی و احیاناً با سازه محافظ آن به هنگام احداث و در طول بهره‌برداری بنا. در واقع، خطر سوراخ شدگی ژئوممبران از تماس آنها با مصالح نوک تیز نشأت می‌گیرد که در نتیجه آن مقادیر زیادی آب هدر می‌رود.

در این راستا، یک آزمایش هیدرولیکی، تعمیم یافته است. همان گونه‌ای که در شکل ۲-۴ نمایش داده شده، یک فشار ایستایی روی ژئوممبرانی که بر تکیه‌گاهی مهاجم قرار گرفته است، وارد می‌آید. در این آزمایش، یا تحت یک فشار معین، زمان گسیختگی اندازه گرفته می‌شود، یا فشار گسیختگی را به هنگام تحت فشار قرار دادن تدریجی اندازه می‌گیرند. (شکل ۲-۴).

1- Frictional Characteristics

2- Static puncture Strength



شکل ۲-۴ تصویر ساده شده آزمایش سوراخ‌شدگی
 (A) ورود آب (B) تخلیه هوا (C) ژئوممبران

ه- آزمایش پاره‌شدگی^۱

آزمایشهای پاره‌شدگی یک ژئوممبران به منظور تعیین ابعاد آن، باید به گونه‌ای ویژه با شبیه‌سازی روند پاره‌شدگی در کارگاه اجرا گردند. در این ارتباط آزمایشهای استاندارد شده گوناگونی نیز وجود دارند لیکن نمی‌توان آنها را برای سنجش رفتار، ملاک قرار داد.

و- آزمایش ضربه‌پذیری^۲

هدف از این آزمایش، ارزیابی رفتار یک ژئوممبران تحت برخورد با یک جسم نوک تیز می‌باشد. استانداردهای مختلف و روشهای گوناگون در این مورد موجود می‌باشد. یک روش که آن را روش «استاتیک» نام نهاده‌اند، عبارت است از فروکردن یک میله باسرعتی ثابت در یک نمونه از ژئوممبرانی که بین دو گیره و بر روی یک سوراخ قرار داده شده است. این آزمایش نیروی بیشینه‌ای که ژئوممبران در برابر آن می‌تواند مقاومت نماید را مشخص می‌سازد.

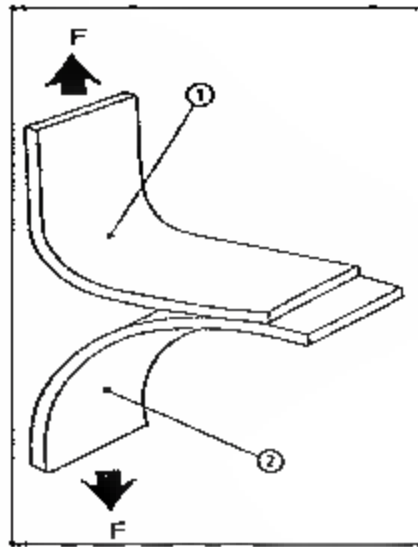
روشی دیگر که به روش «دینامیکی» موسوم می‌باشد عبارت است از ارزیابی رفتار ژئوممبران در برابر سقوط یک شیئی.

می‌توان از آزمایشهایی از این قبیل جهت رده‌بندی غشاها بر طبق رفتارشان در برابر برخورد با یک شیء بهره گرفت بدون آنکه بتوان از نتایج آن جهت اهداف طراحی استفاده نمود.

1- Tear Strength
 2- Impact Strength

ز - آزمایش جدا شدن درز^۱

این آزمایش، که معمولاً درجا صورت می‌گیرد، شامل یک آزمایش کششی جهت کنترل کیفیت درزها می‌باشد. نمونه را عمود بر محور یک جوش یا محل چسباندن می‌برند. کشش تک محوری در دو سمت لبه آزاد اصمال می‌گردد و در نتیجه دو لبه جوش شده از هم جدا می‌شوند. (شکل ۵-۲). گرچه این آزمایش به میزان کمی رفتار ژئوممبران را به هنگام بهره‌برداری نشان می‌دهد، ولی مفیدترین آزمایش جهت ارزیابی مقاومت یک اتصال می‌باشد.



شکل ۵-۲ آزمایش جدا شدن درز

(۱) صفحه فوتاتی (۲) لبه اضافی صفحه پائین (۳) کشش تک محوره

ح - آزمایش مقاومت برشی درز

در این آزمایش نمونه را عمود بر محور یک درز می‌برند و آن را تحت یک کشش ساده قرار می‌دهند این آزمایش را اغلب به عنوان آزمایش تحویل در محل انجام می‌دهند. با وجود این، آزمایش فوق کمتر از آزمایش پیشین انتخاب پذیر است چون در آن، رویه واقعاً اتصال یافته به کار می‌رود.

1- Seam peel Stenght

۲-۲-۳-۴ آزمایشهای کارایی در شرایط محیطی

این گروه آزمایش، شامل شمار زیادی آزمایش است که عبارت‌اند از بررسی رفتار یک ژئوممبران تحت اثر مواد شیمیایی، پرتوگستری (عموماً، ماوراء بنفش) و ریز ارگانیسمها. اثر دما نقش عمده‌ای را در این آزمایشها ایفا می‌کند. (دمای زیاد یا کم و چرخه انجماد و ذوب یخ).

الف) مقاومت در برابر مواد شیمیایی و ازون

بر حسب ساختگاه و تراز مورد نظر آب، مواد در تماس با ژئوممبران می‌توانند گوناگون باشند (هیدروکربورها، مواد پاک‌کننده و غیره). معمولاً این تماس اتفاقی است.

روشهای آزمایش عبارت‌اند از شناور کردن نمونه‌هایی از ژئوممبران در یک چنین موادی طی مدت زمانی کمابیش طولانی (مثلاً ۶ ماه) و در دمایی معین و سپس اندازه گرفتن ضایعات مربوط به ترکیب شیمیایی و رفتار فیزیکی (مثلاً مقاومت کششی).

ازون موجود در هوا نیز ماده‌ای است که می‌تواند یک ژئوممبران را مورد تهاجم قرار دهد. در این مورد روشی به کار می‌رود که با روش پیشین قابل مقایسه است.

ب - پرتوگستری^۱

نمونه‌های ژئوممبران تحت پرتوهای ایجاد شده توسط لامپهای ماوراء بنفش یا مادون قرمز قرار می‌گیرند و یا در منطقه‌ای که نور خورشید زیاد است گذاشته می‌شوند.

ج - رفتار در آب

برخی از مواد تشکیل دهنده ژئوممبران حاوی عناصری هستند که در دراز مدت در آب از آن جدا می‌شوند. این مقاومت در برابر جدا شدن عناصر را می‌توان توسط یک آزمایش شتاب گرفته، مثلاً پس از غوطه‌ور کردن نمونه‌های ژئوممبران به مدت ۱۴ روز در آب ۶۰° آشکار ساخت.

د - ریزارگانیسمها^۲

برای تبدیل مقاومت در مقابل ریزارگانیسمها دو نوع آزمایش وجود دارد:

- مدفون کردن در شرایط محیطی شدید.
- قرار دادن نمونه‌هایی از ژئوممبران در شرایط آزمایشگاهی و در معرض تأثیرات گوناگون ریزارگانیسمها (در دمای ۲۸° سانتیگراد و رطوبت نسبی ۹۸٪ به مدت ۲۸ روز).

1- Radiation
2- Micro Organisms

هـ - حرارت

حرارت بر رفتار ژئوممبران تأثیر می‌گذارد، حرارت زیاد گرایش به کاهش دادن مشخصه‌های مکانیکی ژئوممبران در طول زمان دارد. این موضوع عمدتاً به ژئوممبران‌های پلاستیکی مربوط می‌شود.

بنابراین آزمایش‌های مکانیکی باید در دماهای بیشینه و کمینه ساختگاه صورت گیرند. در برخی از مناطق تأثیر چرخه‌های یخ زدن و ذوب یخ باید بررسی گردد.

و - به کارگیری آب ذخیره شده

اگر هدف از ذخیره آب، تأمین آب آشامیدنی مردم باشد، لازم است کنترل گردد که ژئوممبران کیفیت مناسب را برای آب آشامیدنی دارد.

۲-۳ اثر فرسودگی ژئوممبران‌ها

۲-۳-۱ کلیات

اثر فرسودگی یک ژئوممبران، تخریب تدریجی مشخصه‌های شیمیایی - فیزیکی و مکانیکی آن، تحت اثر شرایط متداول محیطش می‌باشد مانند:

- آب و خاک در تماس با ژئوممبران،
- پرتوگستری،
- گاز (ازون)،
- گرما،
- یخ زدگی،
- ریز ارگانسمها،

- مواد ذخیره شده (آب احیاناً آلوده شده توسط هیدروکربورها، پاک کننده‌ها و...)
از دیگر سو، بارگذاری مکانیکی دراز مدت معمولاً اثر فرسودگی را افزایش می‌دهد.

طراح یک دستگاه ناتراوایی توسط ژئوممبران باید اثر فرسودگی، پایانی مواد گوناگون قابل دسترسی و احتمال جایگزینی ژئوممبران را در دراز مدت مد نظر داشته باشد.

رفتار دراز مدت ژئوممبران به مشخصه‌ها، مواد تشکیل‌دهنده آن از جمله وجود پلی‌مرها، ناخالصی‌ها، افزودنیها، تقویت مکانیکی و همچنین به چگونگی اتصال و حفاظت آن... بستگی دارد.

۲-۳-۲ رفتار دراز مدت چند نوع از ژئوممبران

۱-۲-۳-۲ ژئوممبران قیری

این نوع ژئوممبران‌ها در برابر پرتوهای ماوراء بنفش پایدارند و به خوبی در برابر آلودگیهای شیمیایی اتفاقی سطح آب، به جز هیدروکربورها و حل کننده‌های ارگانیکی، مقاومت می‌کنند.

در صورت عدم وجود لایه نگهدارنده گرایش به ترک خوردن حداقل در سطح ژئوممبران ایجاد می‌گردد که چون اثر مهمی بر مقاومت ژئوممبران ندارد حائز اهمیت نمی‌باشد.

این نوع ژئوممبران‌ها کارآیی خود را برای ایجاد ناتراوایی سدها نشان داده‌اند.

۲-۲-۳-۲ پلی کلرووینیل (PVC)

در معرض گرما ژئوممبران‌های از جنس پی.وی.سی. اغلب باعث از بین رفتن بخشی از حالت خمیری آنها می‌گردد. این پدیده، سخت شدن فرآورده را، که بر حسب نوع ماده خمیری کننده مواد مصرف متغیر می‌باشد، به دنبال دارد.

فرآورده‌هایی که در کارخانه برای مقاومت در برابر پرتوهای ماوراء بنفش تهیه شده‌اند، مقاومت نسبتاً خوبی در برابر نور خورشید از خود نشان می‌دهند.

رفتار ژئوممبران در برابر محلولهای نمکین، اسیدی یا در برابر هیدروکربورها، رضایت‌بخش می‌باشد. البته در این ارتباط مواردی از کاهش مشخصه‌های شیمیایی و مکانیکی گزارش گردیده است.

۳-۲-۳-۲ پلی اتیلن‌های با چگالی بالا (PEHD)

این پلی‌مر از لحاظ شیمیایی در برابر بارهای ناشی از گرما، پرتوهای ماوراء بنفش و مواد شیمیایی، به گونه قابل ملاحظه‌ای پایدار است. با وجود این، نوعی سخت شدن و یک ضریب انبساط حرارتی بالا ژئوممبران‌های ساخته شده با این نوع پلی‌اتیلن‌ها را، که گرایش به چروک شدن دارند، تضعیف می‌نماید.

۴-۲-۳-۲ پلی اتیلن‌های کلرور سولفونه (PECS)

از نقطه نظر فرسودگی، پلی‌اتیلن‌های کلرور سولفونه (که بیشتر به نام هیپالون (HYPALON) معروف است) همان تضمینهایی را ارائه می‌دهد که پلی‌اتیلن‌های با چگالی بالا، اما تعمیرات آنها در طی زمان مشکل می‌شوند.

۲-۳-۵ پلی اتیلن کلردار (CPE)

این نوع پلی اتیلن‌ها در برابر اثرات گرما، پرتوهای ماوراء بنفش و برخی از مواد شیمیایی، دارای پایداری خوبی هستند. اما در دماهای بالا، مقداری جذب آب صورت می‌گیرد.

۲-۳-۶ بوتیل

کانوچوی بوتیل به آهستگی توسط ازون تخریب می‌گردد. این پدیده در مناطقی که تحت تنش قرار دارند شدید می‌گردد.

نمونه‌هایی از ژئومیران بوتیلی پس از ۱۰ سال خدمت در ابنیه واقعی برداشته شده‌اند. سخت شدن آنها، که در بخشهای قرار گرفته در معرض آب و هوا تشدید شده، مشاهده گردیده است.

از دیگر سو، بوتیل در برابر هیدروکربورها، حتی به مقدار بسیار کم (به شکل پرده‌ای نازک در سطح آب)، بسیار حساس است.

۲-۳-۳ نتیجه‌گیری درباره فرسودگی

در حال حاضر، فرسودگی ژئومیران‌ها را می‌توان در آزمایشگاه، توسط داده‌های بررسی (آزمایشهای شتاب داده شده) مدنظر قرار دارد. از دیگر سو، دنبال کردن مطلب در سازه‌های واقعی اطلاعات به‌ویژه قابل ملاحظه‌ای به همراه می‌آورد.

وجود سازه‌هایی که ۱۰ سال پیش و برخی ۲۰ سال پیش ساخته شده‌اند و در برابر آب ناتراوا هستند تضمین رفتار خوب این مصالح برای مدت زمانهای مشابه می‌باشد به شرطی که آنها را در شرایطی مشابه به کار برند. بدین سان، برخی از بخشهای ناتراوایی در سراب گل و لای سد ترازقی، که در سال ۱۹۶۰ به پایان رسید، از همان ابتدا به وسیله یک ژئومیران پی.وی.سی. پوشیده شده تا بتواند متممی بر ناتراوایی موجود و همچنین عاملی برای توزیع فشار ایستایی روی گل و لای باشد.

لازم به ذکر است که در برخی از کشورها استفاده از ژئومیران‌ها چه به صورت مستقیم و بدون پوشش بر روی سدهای خاکی با عمر بیش از ده سال و چه به صورت مصالحی جهت ترمیم سدهای بتنی با سدهای ساخته شده با مصالح بنایی نتایج رضایت بخشی به همراه داشته است.

نتایج به دست آمده در مورد ناتراوایی کانالهایی که مدت ۱۰ سال است با غشاء پی.وی.سی مدفون احداث گردیده و همچنین آزمایشهای صورت گرفته روی غشاء از انواع پلی اتیلن کلردار (CPE) مدفون در مخزن مانیت البرت فوری به مدت ۹ سال (در ایالت متحده آمریکا) نشانگر عملکرد خوب این مصالح بوده است.

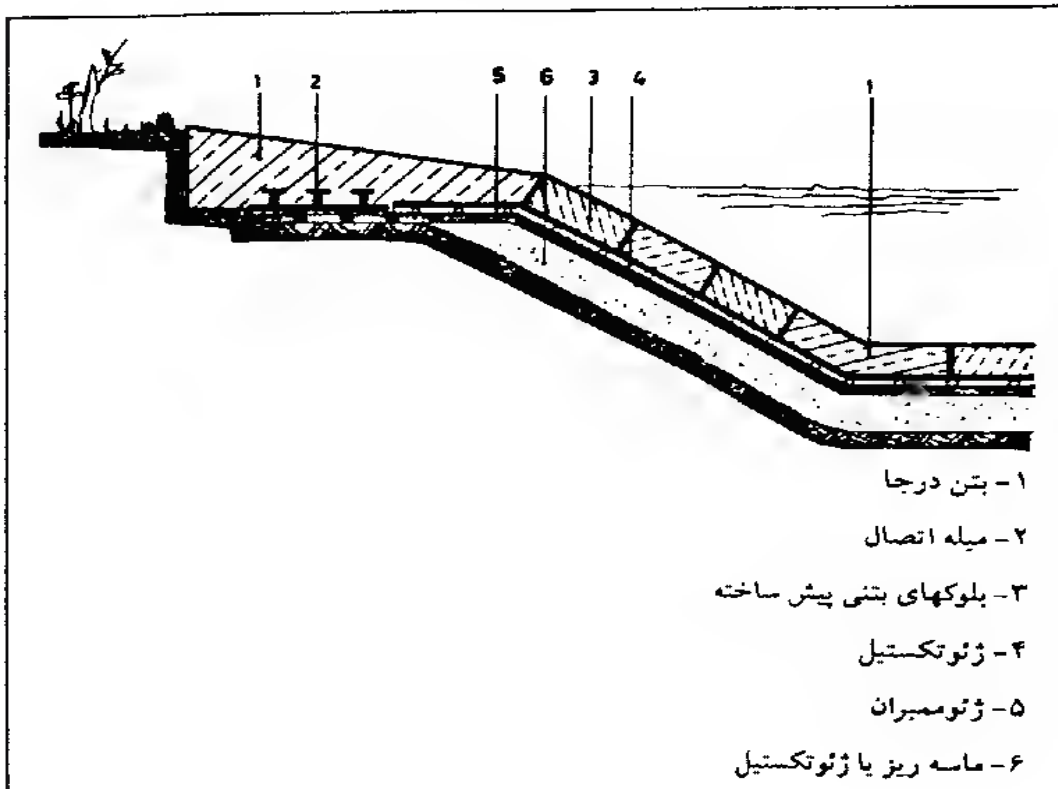
البته سازندگان ژئومیران نیز در جهت بهبود پایایی محصولاتشان اقدامات مفیدی انجام داده‌اند.

قدیمی‌ترین نمونه شناخته شده به کارگیری یک ژئوممبران روی یک سد خاکریزی، نمونه سد سنگریزی کنترادا ساپتا در ایتالیا است که از سال ۱۹۵۹ رفتاری رضایت بخش داشته است. ارتفاع این سد ۳۲ متر است و دارای غشائی از نوع پلی ایزوبوتیلن می‌باشد که به وسیله دالهای بتنی پوشیده شده است.

۳- اجزای سیستم ناتراوایی و بارگذاری

۱-۳ اجزای سیستم ناتراوایی

سیستم ناتراوایی از چند لایه روی هم قرار گرفته تشکیل شده است. لایه‌های ساخته شده از مصالحی مانند خاک، بتن، سنگریزه و غیره ضخیم و لایه‌های متشکل از مصالح مصنوعی یا قیری نازک می‌باشند. این لایه‌ها به عنوان تکیه‌گاه، عنصر ناتراوایی و لایه حفاظ به کار گرفته می‌شوند.



مجموعه نامبرده را به شرح زیر می‌توان تعریف نمود:

- لایه مبنا که بین بدنه خاکریز و سیستم ناتراوا قرار گرفته است.
- سیستم ناتراوایی که شامل لایه‌های زیر می‌باشد:
- یک لایه تکیه‌گاهی که می‌تواند نقش هیدرولیکی (صافی یا زهکش) و مکانیکی (توزیع نیروها) را دارا باشد.
- ژئوممبران که، نقش لایه نفوذناپذیر را ایفا می‌کند.

- لایه نگهدارنده ژئوممبران که معمولاً از قلوه سنگ یا سنگریزه یا از مصالح پیش ساخته (بلوک یا دال بتنی) یا حتی از خاک تشکیل شده است.

در مورد خاکریزهای کوچک که خطری برای پایاب آن موجود نیست، می‌توان ژئوممبران را حفاظت نکرد. در برخی از موارد، ناتراوایی را می‌توان توسط ژئوممبرانی ایجاد کرد که دارای یک لایه بینابینی می‌باشد. این لایه معمولاً زهکش است (سیستم ناتراوایی دوگانه).

معمولاً اجرای لایه مینا بر عهده پیمانکار اصلی و اجرای لایه تکیه گاهی بر عهده پیمانکار جزء است. سیستم‌های ناتراوایی و به‌ویژه ژئوممبران تحت بارگذاریهای گوناگونی قرار دارند. این بارگذاریها شامل بارگذاری مکانیکی و بارگذاری فیزیکی شیمیایی و بیولوژیکی می‌باشند. بارگذاریهای مکانیکی شامل بارهای ناشی از آب و متناسب با هندسه خاکریز می‌باشند (فشار ایستایی، تغییر شکل...)، بارگذاریهای فیزیکی شیمیایی و بیولوژیکی شامل اثرات عوامل مختلف روی مواد تشکیل‌دهنده ژئوممبران می‌باشند.

۳-۲-۱ بارگذاری مکانیکی

بارهای مکانیکی وارد بر ژئوممبران که به دلیل اجرای ژئوممبران یا لایه نگهدارنده آن یا در زمان بهره‌برداری ایجاد می‌شوند مشتمل بر نیروهای کششی ناشی از لغزشها یا تغییر شکلهای نامساوی لایه مینا یا ناشی از چگونگی کار گذاشتن ژئوممبران و نیروهای متمرکز سوراخ کننده هستند. در این نوع بارگذاری، فشار ایستایی نقش اصلی دارد. به دلیل خطر فرسودگی سریع تحت بارگذاریها (به‌ویژه کائوچو بوتیل و پلی‌اتیلن کلردار (CPE))، تمام تمهیدات لازم جهت کاهش تنشهای ایجاد شده پس از قرار دادن غشاء باید در نظر گرفته شوند.

۳-۲-۱-۱ لغزش

سیستم ناتراوایی شامل حداقل یک لایه نازک ژئوممبران می‌باشد. این سیستم می‌تواند شامل لایه نازک دیگری مانند ژئوتکستیل بوده یا شامل دو ژئوممبران باشد.

این لایه‌های نازک به مثابه سازه‌های دو بعدی در نظر گرفته می‌شوند که دارای مشخصه‌های زیر می‌باشند:

- مقاومت در برابر خمش که می‌توان از آن صرف‌نظر کرد،
- رابطه تنش - تغییر شکل در صفحه لایه که معمولاً غیر خطی و ناهمسان بوده و تابعی از زمان می‌باشد (خزش)،

- رابطه تنش - تغییر شکل در هر یک از فصول مشترک که تابعی از متغیرهای زیر است:

- ماهیت مصالح در تماس با یکدیگر،
- درصد رطوبت آنها،
- احتمالاً زمان،

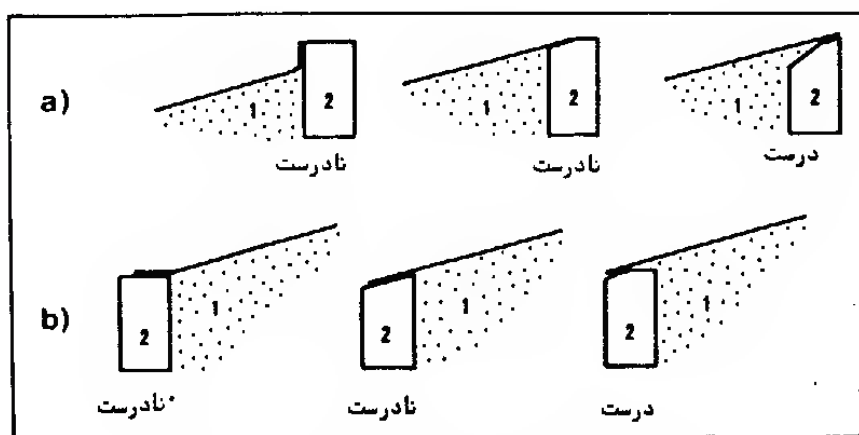
دیگر عناصر تشکیل دهنده ناتراوایی با مشخصه‌های مکانیکی خود، مانند آنچه که به طور متداول در ژئوتکنیک به کار می‌رود، نیز در این سیستم نقش دارند.

اغلب اوقات می‌توان سیستم ناتراوایی را با صرف نظر کردن از مقاومت در برابر کشش لایه‌های نازک بررسی نمود. در عوض مقاومت در برابر لغزش در سطح آنها، رفتار کلی سیستم را تحت تأثیر قرار می‌دهد زیرا لایه‌های نازک می‌توانند سطح لغزش بحرانی که برای پایداری کل سیستم نیز بحرانی است را تشکیل دهند. بنابراین لازم است که مقاومت در برابر لغزش هر یک از فصول مشترک قسمتهای زیر کنترل گردد:

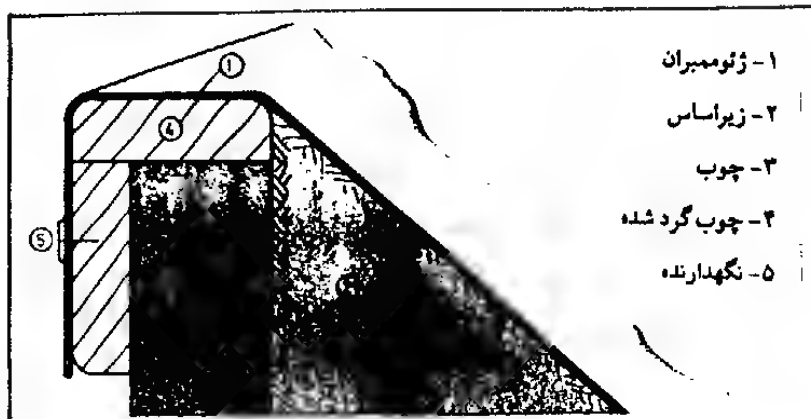
- دو لایه نازک کنار هم قرار گرفته،
 - لایه تکیه گاه و غشاء،
 - غشاء و لایه حفاظ،
- در صورت لغزش یکی از این فصول مشترک، خطر پارگی لایه‌های نازک به‌ویژه ژئوممبران‌ها موجود است.

۳-۲-۱-۲ تغییر شکل نامساوی لایه تکیه گاهی

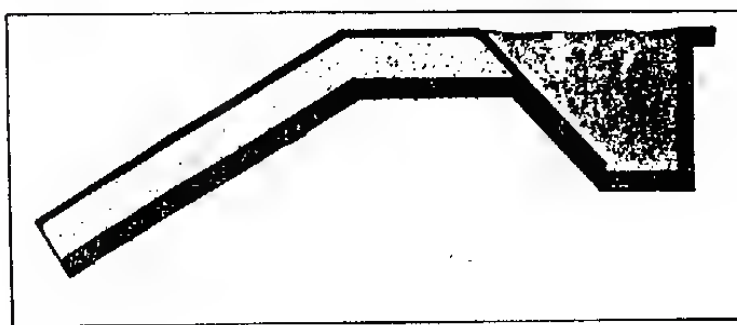
- تغییر شکلهای نامساوی لایه تکیه‌گاهی عمدتاً در بخشهای زیر به‌وقوع می‌پیوندند،
- محل اتصال به کناره‌ها یا به شالوده، در حالتی که این قسمتها از خاکریز صلبتر باشند،
 - کناره قسمتهایی که در آنها، تغییر شیب زمین ناگهانی است،
 - جنب سازه‌های بتنی،
 - قسمتهایی از لایه‌های نازک که ممکن است در بالای خاکریز مهار شده باشند.
- در حالتی که لایه باید به یک بنای بتنی متصل گردد، از اتصال به بخش قائم بنا پرهیز می‌شود. یک دیواره شیب‌دار، باعث می‌شود خاکریز روی قسمت شیب‌دار بتنی تغییر شکل داده و بدین ترتیب ژئوممبران روی خاکریز شکل‌پذیر تکیه کند.



شکل ۳-۲ طرز قرار گرفتن ژئوممبران روی تکیه گاه



- ۱- ژئوممبران
- ۲- زیراساس
- ۳- چوب
- ۴- چوب گرد شده
- ۵- نگهدارنده



شکل ۳-۳ طرز قرار گرفتن ژئوممبران روی تکیه گاه

محل‌های تاشدگی همواره به اندازه کافی کارآیی ندارند. این تاشدگی‌ها می‌توانند روی شیب جابه‌جا شوند یا، چون به وسیله لایه نگهدارنده و فشار ایستایی متراکم شده‌اند ممکن است نتوانند نقش خود را ایفا نمایند.

۳-۱-۲-۳ سوراخ شدگیها

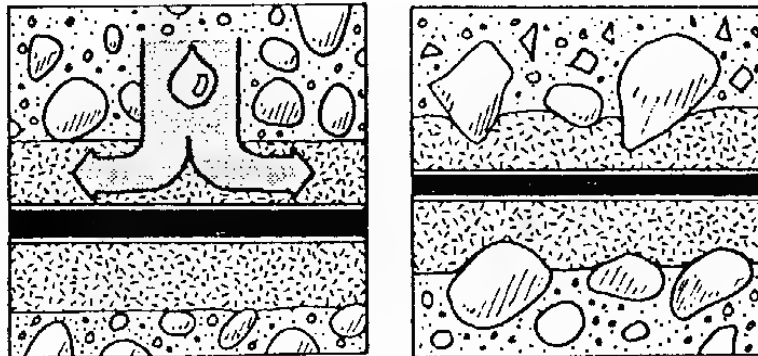
سوراخ شدگیها می‌توانند در موارد مختلف زیر به وجود آیند:

- هنگام قرار دادن ژئوممبران به دلیل جابه‌جا شدن کارگران، سقوط ابزار، خاکریزی ترانشه، عبور ماشین‌آلات ساختمانی و غیره.
- هنگام قرار دادن لایه حفاظ یا احداث بنای بتنی.
- طی عملیات ترمیمی.
- در اثر فشار آب که در طی بهره‌برداری ژئوممبران را به عناصر نوک تیز لایه اساس می‌فشارد.

جهت اجتناب از این خطر اخیر الذکر، باید لایه اساس را با به کارگیری ماسه یا ژئوتکستیل ضد سوراخ شدگی از هر نوع جسم نوک تیز پاک نمود. در غیاب ژئوتکستیل، بازرسی لایه اساس پیش از قرار دادن

ژئوممبران باید با کمال دقت صورت گیرد. چون لایه اساس در اثر جریانهای آب زیربستری می تواند فرسایش یافته و سنگهای نوک تیز را زیر آن پدیدار گردند.

جهت جلوگیری از خطرات سوراخ شدگی طی عملیات کارگاهی، برای اجتناب از ضربه های وارده از سوی مصالح حفاظ (بلوک یا سنگهای حفاظ) یا برای دادن امکان به رفت و آمد پرسنل کارگاهی، قرار دادن یک ژئوتکستیل بسیار مفید است. این ژئوتکستیل می تواند همچنین خطر لغزش لایه نگهدارنده را کاهش دهد.



جز در شرایط ضروری پیش بینی شده، ماشینهای ساختمانی نباید روی ژئوممبران حرکت کنند. یک ماشین زنجیردار می تواند روی لایه حفاظی به ضخامت ۳۰ سانتیمتر متشکل از ماسه یا خاک بدون قلوه سنگ و مشابه آنها رفت و آمد کند. معمولاً رفت و آمد یک ماشین چرخ دار روی ژئوممبران باید ممنوع شود.

۳-۲-۱-۴ تنشهای کششی ایجاد شده

این تنشها می توانند به دلایل زیر ایجاد شوند:

- چگونگی اجرای مصالح نگهدارنده، (متراکم کردن، کپه کردن)
- وزن ژئوممبران که می تواند به هنگام قرار دادن ژئوممبران و پیش از قرار دادن پوشش آن، به ویژه هنگامی که تحت اثر باد یک حرکت "خزش" پوشش به سمت پائین شیب آغاز می شود، مؤثر واقع شود.

چاره این اشکال، به کارگیری ژئوممبران تقویت شده یا چسبیده به ژئوتکستیل است، که البته این امر موجب تقلیل ضریب افزایش نسبی طولی ژئوممبران می شود.

۳-۲-۱-۵ ضربه ها

قبلاً خطرات سوراخ شدگی، پارگی یا برآمدن تکه ای از ژئوممبران طی عملیات کارگاهی توسط پرسنل یا به وسیله ماشین آلات به هنگام جابه جایی، یا قرار دادن پوشش سیستم ناتراوایی ذکر شده است. غالباً، استفاده از ژئوتکستیل زیر غشاء توصیه می گردد. غشاءهای مرکبی که به یک لایه ژئوتکستیل در کارخانه متصل می شوند می توانند بر حسب مصالح به کار برده شده، با جلوگیری از لغزش و با شتاب دادن به سرعت اجرا، تا

اندازه‌ای مناسب باشند. با استفاده از یک لایه نگهدارنده مناسب می‌توان اثرات حاصل از ضربه‌های گوناگونی که از سوی اجسام شناور، صبور حیوانات یا پر اثر خرابکاری پس از پر کردن مخزن در آن ایجاد می‌شود را از بین برد. با وجود این، تعمیر و نگهداری پنا در دوره بهره‌برداری به‌ویژه در کارگاههایی که ورود به آنها آزاد است ضروری می‌باشد.

۳-۱-۶ باد

مکشهای ایجاد شده توسط باد باعث جدا شدن ژئوممبران از لایه زیری می‌گردد. البته این خطر طی قرار دادن ژئوممبران و پیش از اجرای لایه نگهدارنده بیشتر می‌شود. مشکلات اجرا و نیز تخریب غشاءهای جدا شده در اثر باد می‌توانند از مشکلات صدمه در برخی از ساختگاهها به‌ویژه آنهایی که تحت پادهای شدید هستند باشند.

این مشکل را از طریق گذاشتن کیسه‌های خاک، لاستیکهای کهنه، سنگ یا قطعات بتن یا مهار در پخش فوقانی، حتی مهار موقت، چاره‌جویی می‌نمایند.



هنگامی که ژئوممبران دارای لایه نگهدارنده نیست، باید با انجام محاسبات، پلند شدن ژئوممبران در اثر باد کنترل گردد. برای نماهایی که دارای سطح نسبتاً بزرگی هستند، علاوه بر مهار پیرامونی، می‌توان از وزنه‌های دائمی نیز استفاده کرد.

جدول زیر، به‌صورت راهنما، مقادیر مکش پیش‌بینی شده P که روی یک رویه مسطح بر حسب سرعت باد V یاد به دست آمده است را نشان می‌دهد:

$V(\text{km/h})$	۲۰	۴۰	۶۰	۸۰	۱۰۰	۱۴۰	۱۸۰
$p(\text{Pa})$	۲۰	۸۰	۱۷۰	۳۱۰	۴۸۰	۹۲۰	۱۵۲۰

۳-۲-۱-۷ اثر موج و یخ

موجها می‌توانند به صورت تکراری ژئوممبران بدون پوشش را تغییر دهند و در اثر خستگی، باعث از بین رفتن برخی از کیفیتهایش شوند. موجها می‌توانند لایه نگهدارنده و حتی لایه اساس را نیز جابه‌جا کنند.

یخ می‌تواند بخشهایی از غشاء را که در تماس با سطح آب هستند تحت تنش قرار دهد. در برخی موارد دمیدن هوای فشرده در جنب سطوح تماس می‌تواند مؤثر باشد.

۳-۲-۱-۸ زیر فشار ناشی از آب یا گاز

اگر توده پایاب به علتی اشیاع شده باشد (خاکریز با تراز بالای آب پایاب، فرار آب...)، به هنگام تخلیه سریع، امکان ایجاد زیر فشارهای آب ممکن می‌شود. این زیر فشارها باعث ایجاد تنش در غشاء و پدیدار شدن برآمدگیهایی می‌شود. بنابراین پیش‌بینی یک سیستم زهکش مناسب در زیر غشاء ضروری می‌باشد. در حالتی که غشاء به طور افقی به شکل سفره‌ای روی بستر مخزن ادامه پیدا می‌کند به علت فاسد گشتن مواد آلی یا تغییرات تراز آب، هوا یا گاز به صورت محبوس در زیر غشاء ایجاد می‌شود. در این صورت باید تخلیه هوا یا گاز را به سمت نقاط بیرونی پیش‌بینی نمود.

۳-۲-۱-۹ انبساط

اغلب غشاءها، دارای ضریب انبساط کوچکی هستند. پلی‌اتیلن‌های با چگالی بالا (PEHD) از این قاعده مستثنی می‌باشند. بنابراین غشاهای از نوع PEHD بدون لایه نگهدارنده به گونه‌ای متناوب در مناطق گرم منبسط و منقبض می‌گردند. این امر می‌تواند باعث ایجاد موجها یا کششهایی در درزها شود. این حالت به‌ویژه در مواردی که مخازن کاملاً تخلیه می‌شوند و یا تراز آب به اندازه‌ای است که نتواند یک حفاظت گرمایی کافی ایجاد کند، به وقوع می‌پیوندد.

۳-۲-۲ اثرات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی

۳-۲-۲-۱ گرما

مشخصه‌های مکانیکی غشاءها با دما تغییر می‌کنند (هنگامی که دما افزایش می‌یابد، افزایش طول بیشتر و مدول الاستیسیته کوچکتر می‌شود).

این مطلب بر حسب شرایط محلی ساختگاه، باید در هنگام انتخاب مصالح مد نظر قرار گیرد.

۳-۲-۲-۲ اثرات پرتوهای ماوراء بنفش

امکان تخریب در اثر پرتوهای ماوراء بنفش می‌تواند توسط ترکیب مناسب غشاء محدود گردد. علاوه بر آن، با اجرای سریع یک لایه نگهدارنده، این امر می‌تواند فقط برای مدت‌زمان کوتاهی صورت پذیرد.

تضمین سازگاری آلوده کننده‌های اتفاقی مانند هیدروکربورها با مصالح سیستم ناتراوایی ضرورت دارد. لازم است که حساسیت چسبها را نیز در برابر آلودگیهای تصادفی، مانند آلودگی ناشی از هیدروکربورها، کنترل نمود.

۳-۲-۲-۴ اثر بیولوژیکی (ریزارگانیسرها)

امکان این اثر همواره باید مورد بررسی قرار گیرد. در واقع، این ریزارگانیسرها، می‌توانند از پیش در خاک خاکریز و خاک بستر وجود داشته باشند یا در آب مخزن رشد نمایند.

۳-۲-۲-۵ پوشش گیاهی

همواره باید از قرار دادن ژئوممبران روی خاکی که حاوی ریشه‌های گیاهان است پرهیز نمود. اگر بهسازی، بیولوژیکی سطح خاک مد نظر قرار گرفته باشد، سازگاری شیمیایی آن با ژئوممبران باید کنترل گردد.

۳-۲-۲-۶ جوندگان

تا آنجا که می‌دانیم، جوندگان ندرتاً به ژئوممبران که ناتراوایی یک بنای هیدرولیکی را تضمین می‌کند حمله نموده‌اند. در واقع، یک جونده، هنگامی به ژئوممبران حمله می‌کند که در آن تله کار گذاشته باشند یا ژئوممبران حاوی مواد غذایی باشد.

۳-۳ نقش لایه نگهدارنده در برابر بارگذارها

لایه نگهدارنده، ژئوممبران را در برابر خطرات زیر کاملاً حفاظت می‌نماید:

- وارد شدن ضربه پس از آب اندازی مخزن،
- بلند شدن در اثر باد،
- اثر پرتوهای ماوراء بنفش،
- پدیده خستگی ایجاد شده در اثر بلند شدنهای مکرر ناشی از عمل باد یا امواج،
- خرابکاری،
- عبور حیوانات،

ساختار حفاظ، ژئوممبران را تا حدودی در برابر خطرات زیر حفاظت می‌نماید:

- اثر زیر فشارهای ضعیف احتمالی،
- ایجاد برآمدگی و فرورفتگی در اثر انبساط،
- اثرات گرما بر مشخصه‌های مکانیکی،
- اثر یخ.

البته، وجود لایه نگهدارنده می‌تواند نقش نامناسبی نیز داشته باشد از جمله:

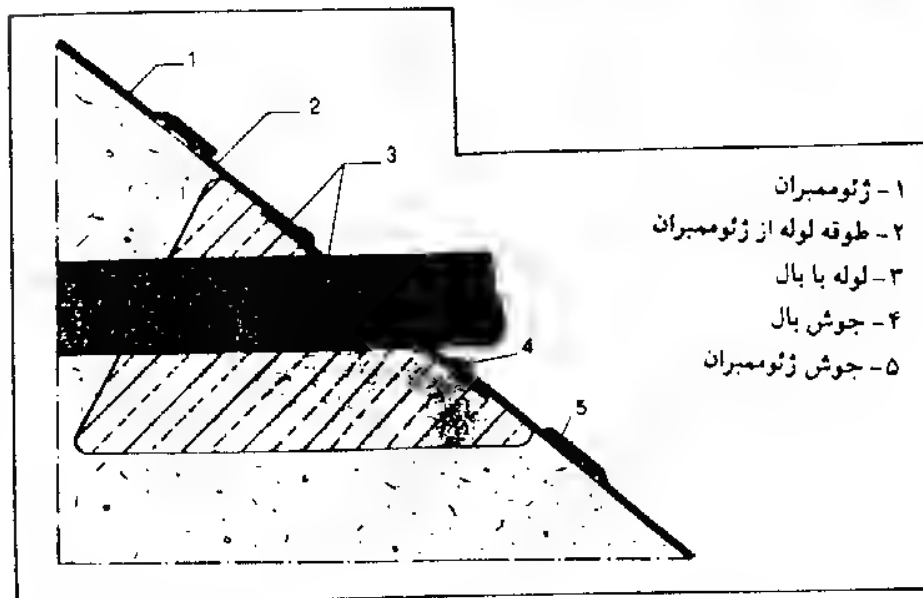
- خطر سوراخ شدگی به هنگام اجرا،

- خطر پاره شدگی در حالت لغزش لایه نگهدارنده روی غشاء،
- لزوم برداشتن لایه نگهدارنده جهت بازرسی و ترمیم ژئوممبران.

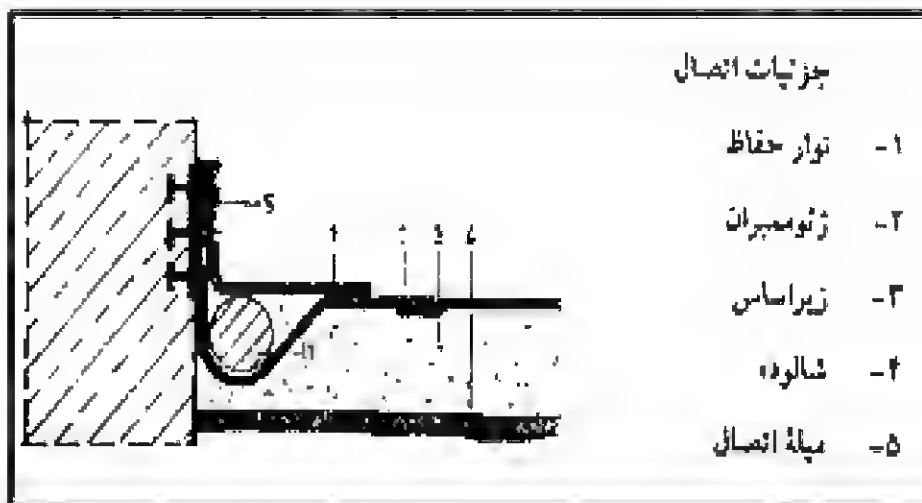
۴- جزئیات اجرایی در محل اتصالات

در موارد عبور لوله‌ها، ستونها و عناصر دیگر از ژئوممبران باید تمهیدات ویژه‌ای جهت آب‌بندی منظور گردند. اشکال ضمیمه تعدادی از جزئیات مربوطه را نشان می‌دهند.

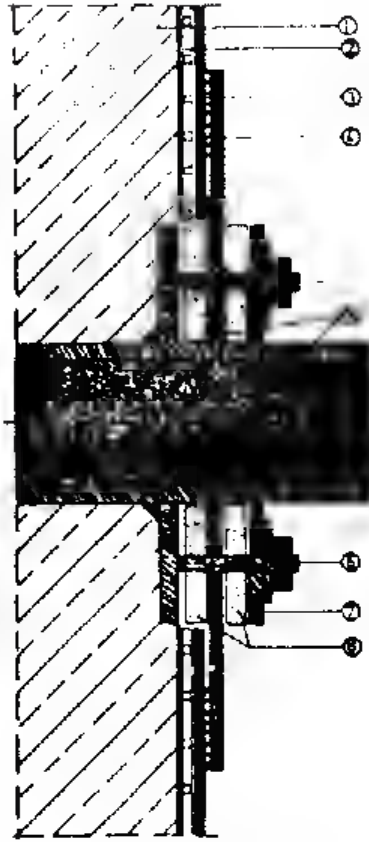
عبور لوله از ژئوممبران



لوله در خاکریز - جزئیات عبور لوله

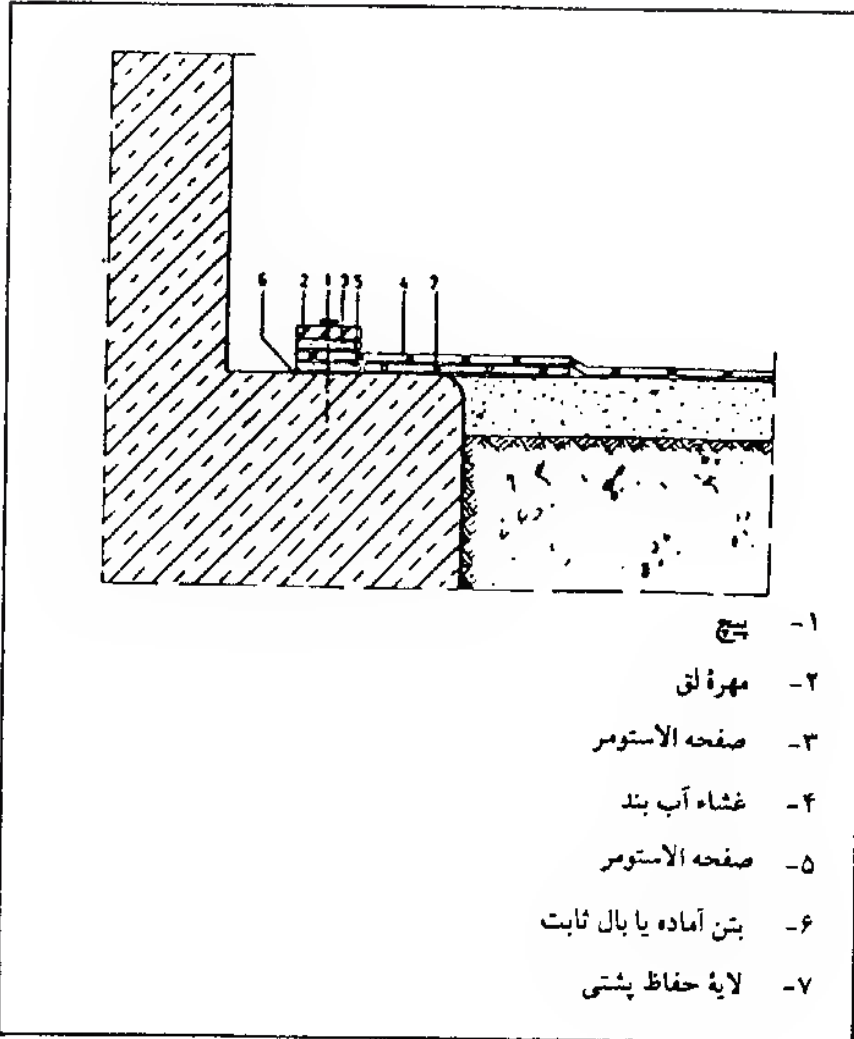


نحوه اتصال (قرار گرفتن) قطعات ژئوممبران روی یکدیگر

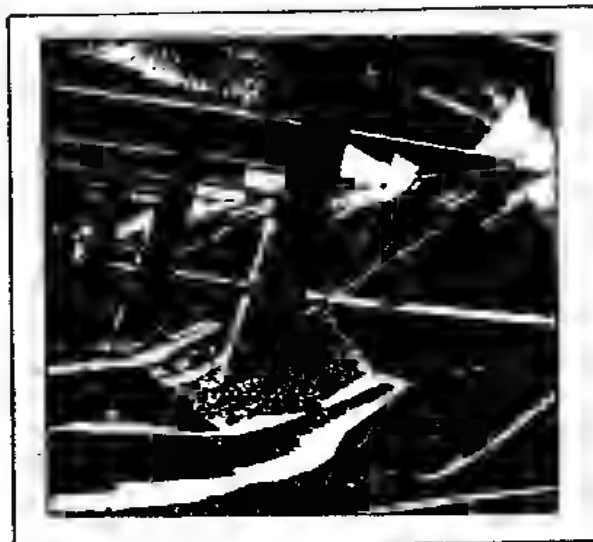


روش قرار دادن لوله در میان ژئوممبران

- | | |
|--------------------------|--|
| ۱- بتن درجا | |
| ۲- لایه حفاظ (ژئوتکستیل) | |
| ۳- لایه ژئوممبران | |
| ۴- لایه ژئوممبران | |
| ۵- بال ثابت | |
| ۶- پیچ | |
| ۷- بال Loose | |
| ۸- نوار تراکم پذیر | |



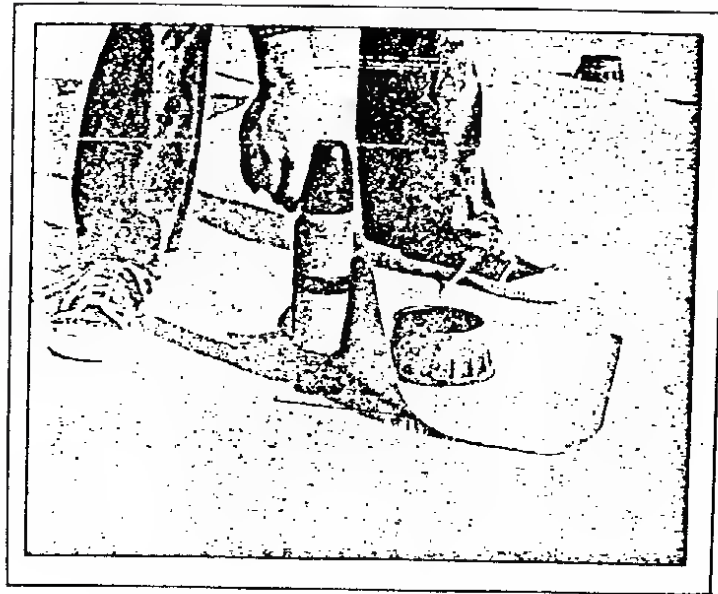
اتصال افقی ژئوممبران به بتن



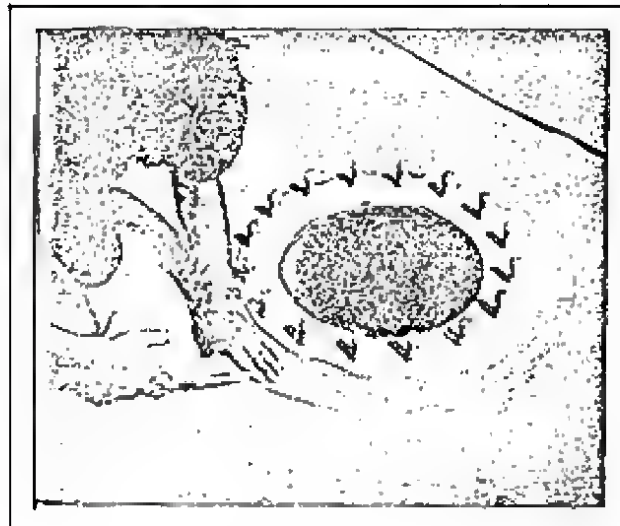
عبور ستون از ژئوممبران



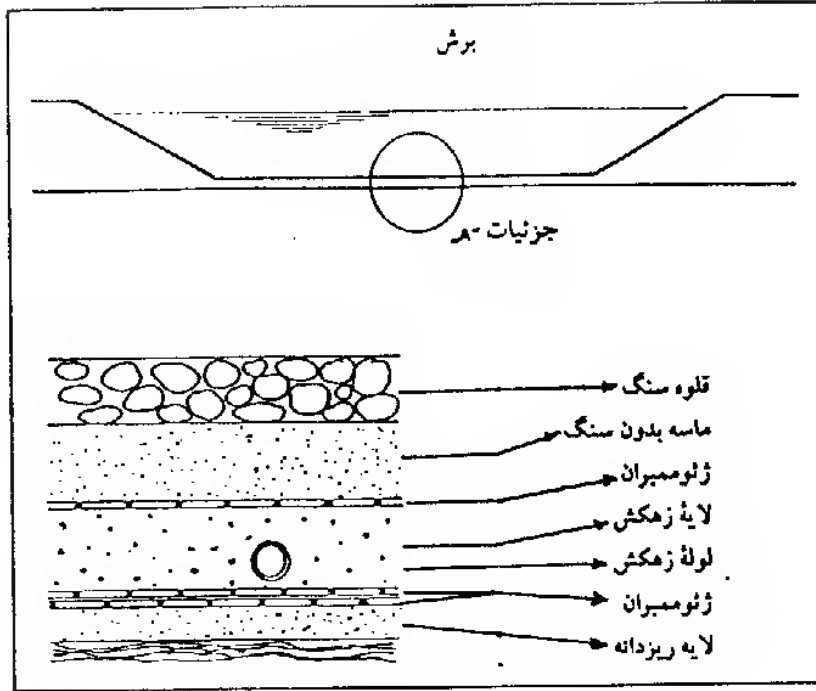
ماشین دوخت جهت اتصال جهت ورقهای ژئوممبران



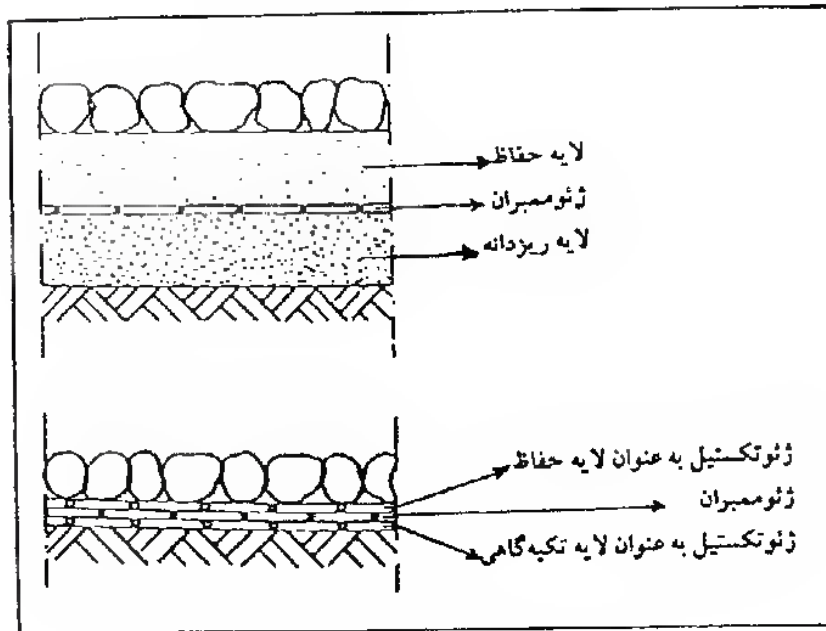
روش دوخت قطعات ژئومیران در محل استقرار لوله



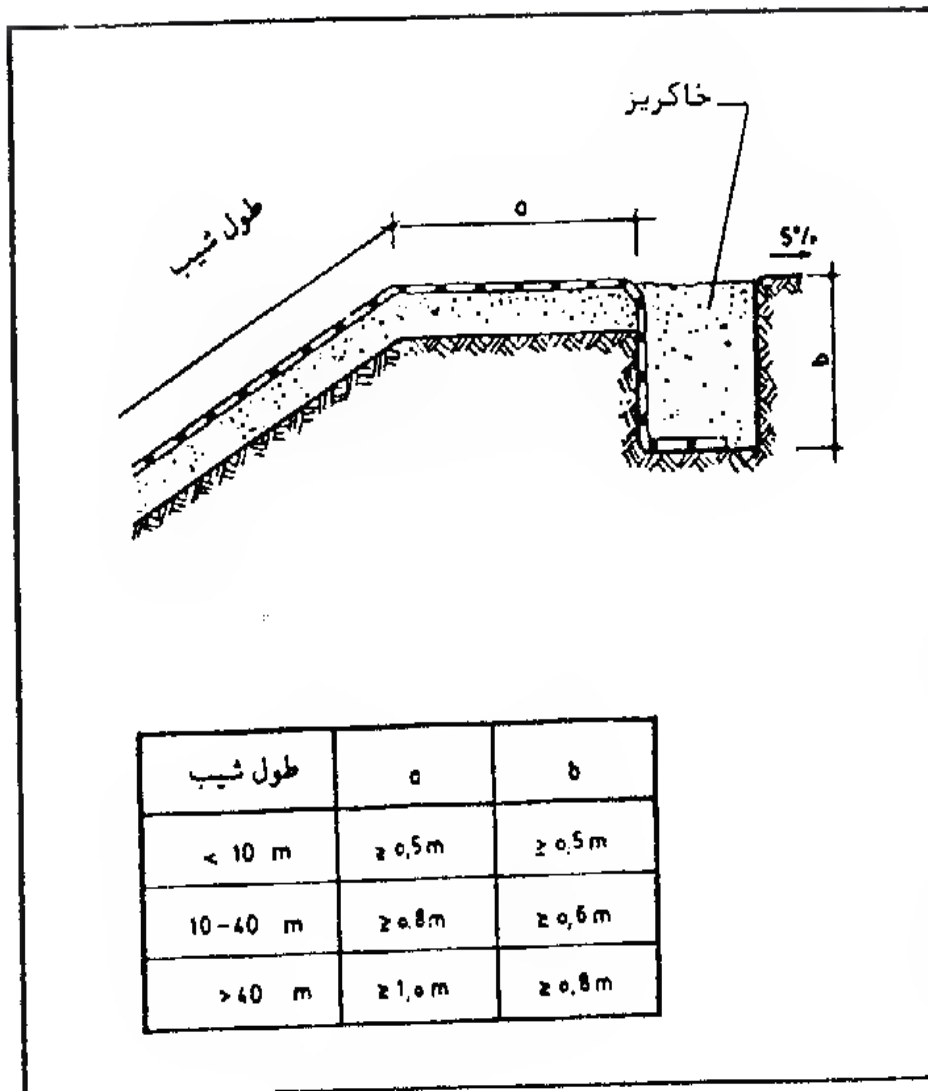
روش استقرار پیچها



جزئیات کارگذاری لایه‌های دو گانه ژئوممبران با زهکش



جزئیات کارگذاری یک لایه ژئوممبران



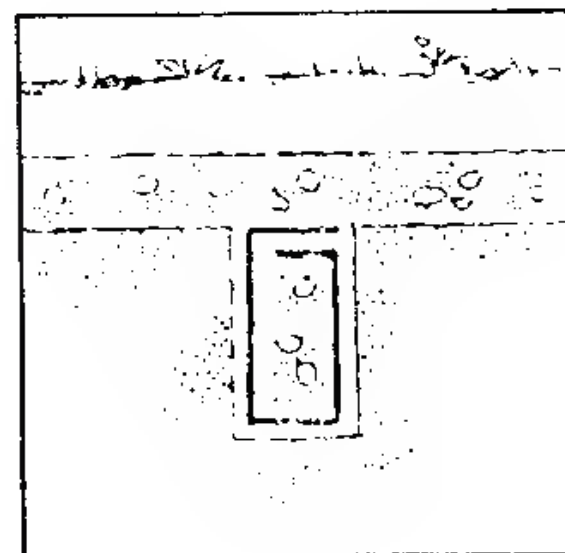
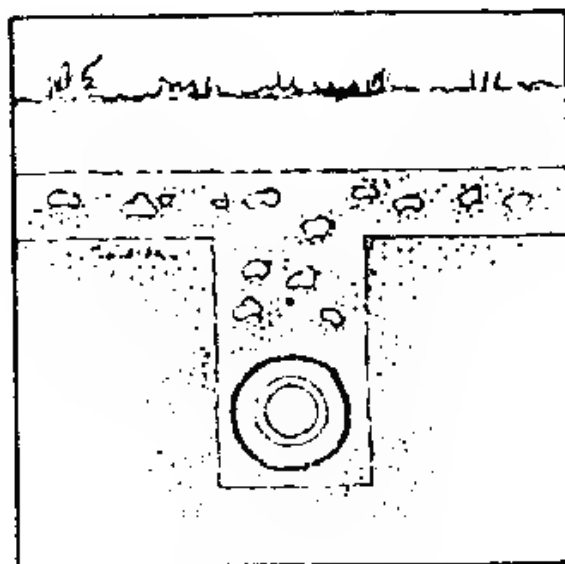
چگونگی آب‌بندی ترانشه به کمک ژئوممبران

۵- روشهای حفاظت زهکشی از نفوذ ذرات ریز

می‌توان لایه آب‌بند را یا به کارگیری یک ماشین دوخت (STAPLER) گرد لوله زهکش قرار داد. این پوشش حفاظ را می‌توان پیش از قرار دادن لوله در ترانشه یا در محل انجام داد.

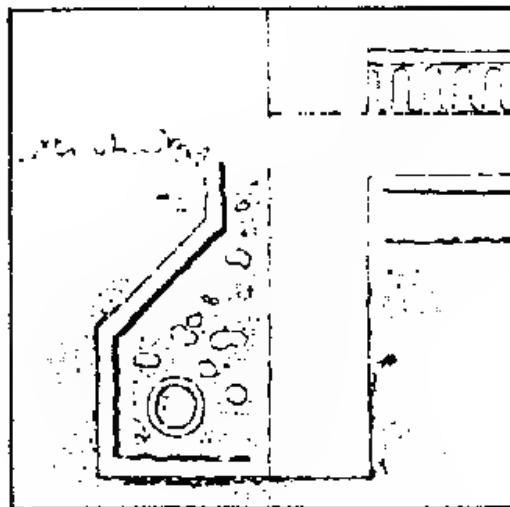
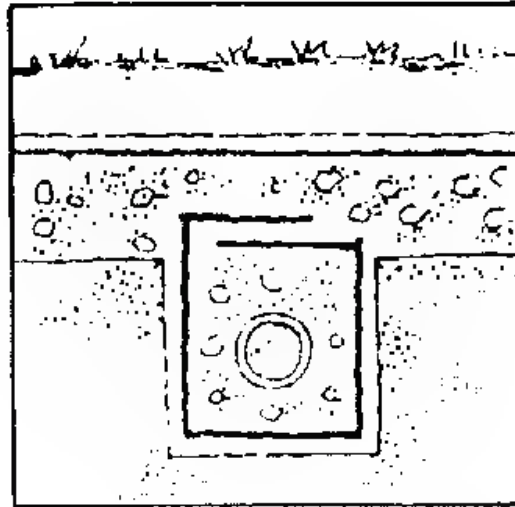
در مورد لوله‌های پنی، فقط اتصالات هستند که باید به کمک لایه آب‌بند حفاظت شود.

می‌توان ترانشه را فقط یا قرار دادن لایه آب‌بند گرداگرد آن حفاظت نمود. این روش دارای کارایی بیشتری است.



روش دیگر حفاظت لوله زهکش در بالا و پایین آن می باشد.

لایه های آب بند، با قرار گرفتن در زیر دالهای بتنی یا در جنب تیرهای شالوده، لایه های زهکش را به خوبی از نفوذ ریزدانه حفاظت می نمایند.



پیوست شماره ۲- مشخصات فنی ویژه عملیات خاکی احداث مخازن بزرگ غیر تیپ

موضوع

در این بخش، مقررات و مشخصات فنی ویژه عملیات در مصالح خاکی مشتمل بر موارد زیر ارائه شده و دیگر موارد عمومی تابع مشخصات مربوط به این قبیل کارها می‌باشد.

- علف‌کشی، بوته‌کشی، ریشه‌کشی و قطع اشجار.
- برداشتن قشر خاکهای نباتی و انباشته نمودن آنها در محلهایی که معین شده است.
- انجام عملیات خاکبرداری و مصرف خاک حاصل از آن در خاکریزها و یا انباشته نمودن آن در محلهای مناسب.
- آماده کردن سطح و بستر ابنیه فنی.
- خاکریزی در قسمتهای مختلف.

شناسایی منطقه

منطقه‌ای که برای ایجاد مخزن در نظر گرفته می‌شود می‌باید دارای خصوصیات زیر باشد:

- از نظر شیب عمومی در محدوده کم شیب واقع باشد.
- با در نظر گرفتن شبکه آبرسانی، محل مخزن تغذیه کننده آن از نظر رقوم ارتفاعی مناسب انتخاب گردد.
- حتی الامکان زمین محل انتخاب شده باید از ناهنجاریهای زمین‌شناسی دور بوده و از دیدگاه مکانیک خاک، از ترکیبات گزند بار به‌ویژه گچ، بری باشد و در صورت اجبار به انتخاب چنین منطقه‌ای، تمهیدات ویژه‌ای می‌باید معمول گردد. به‌طور کلی اطلاعاتی که درباره مشخصات، نوع و خواص خاکها در مشخصات فنی قبل از ساخت در اختیار قرار داده می‌شود جنبه راهنمایی داشته و می‌باید در حین اجرای کار با انجام آزمایشهای ویژه نسبت به تدقیق شناخت منطقه مبادرت شود.

درجه حرارت و محدودیتهای اجرایی ناشی از آن

در منطقه اجرای عملیات بسته به شرایط اقلیمی در ماههای خاص این احتمال وجود دارد که درجه حرارت محیط به زیر صفر درجه سانتیگراد برسد. در چنین شرایطی می‌بایستی به موارد ذیل توجه داشت:

- حفاری و خاکبرداری تا دو متری سطوح باید متوقف شود.
- دانه‌بندی و تهیه مصالح از مصالح خاکبرداری شده جهت استفاده از خاکریزها باید متوقف شود، مگر با تأیید مراجع ذی ربط.
- هر گونه عملیات خاکریزی و کوبیدن خاک باید متوقف شود، مگر با تأیید مراجع ذی ربط.

در شرایطی که درجه حرارت خاک کمتر از پنج درجه سانتیگراد است، کف پی‌ها و خاکریزها با تأیید دستگاه نظارت در حالتی می‌تواند کوبیده شود که مشخصات مورد نظر در طرح حاصل گردد. بدین منظور احتمالاً انرژی کوبیدگی بیشتری می‌باید مصرف شود.

برای حفاظت سطوح خاکریزی و کوبیده شده در مقابل نفوذ یخبندان در آن، می‌بایستی این سطوح با پخش یک قشر خاک، به ضخامت مناسب که توسط دستگاه نظارت مشخص می‌شود، پوشیده شوند. لایه خاک محافظ قبل از آن که سطح خاک کوبیده شده به زیر صفر برسد باید بر روی آن ریخته شود. و تا زمانی که درجه حرارت قشر محافظ در شب به بالاتر از صفر درجه سانتیگراد نرسیده است نمی‌باید این لایه محافظ از سطح خاک کوبیده شده، برداشته شود.

حفاظت کارهای خاکی در مقابل نفوذ آب

در طول مدت اجرای عملیات، کارهای خاکی (مناطق خاکبرداری شده جهت مخزن، دپوی مصالح، مناطق خاکریزی شده برای دیواره مخزن و ترانشه‌ها...) باید در مقابل نفوذ آبهای سطحی ناشی از باران و ذوب برف و آبهای نشتی محافظت شود. تمام عملیات خاکریزی باید در محیطی کاملاً خشک و دور از جریان آب و یا آب راکد انجام شود.

آب کلیه زهکش‌های موقت را باید به وسیله پمپ کردن و یا هدایت طبیعی تحت اثر نیروی ثقل به رودخانه و یا زهکش‌های دائم هدایت نمود. به منظور حفاظت شیب خاکریزها و خاکبرداری‌ها در مقابل لغزش، به علت نفوذ آب، باید به روشهایی که مورد تأیید دستگاه نظارت باشد، آبهای هرز را کنترل کرده و از نفوذ آنها به داخل خاکبرداریها جلوگیری نمود.

تمیز کردن و ریشه کنی

باید، محدوده مخزن، ابنیه تبعی آن، همچنین قرضه و معدن و دیگر مناطقی که در طرح مشخص شده و یا به وسیله دستگاه نظارت معین می‌شود تمیز شده و هر گونه علف، بوته، ریشه درخت، کنده درخت و سایر مواد آلی و زباله‌ها از این مناطق خارج شوند.

برداشتن خاک نباتی

در قسمتهایی که طبق مشخصات و یا دستور دستگاه نظارت قرار است خاک نباتی آن برداشته شود، باید کلیه قشرروبی که دارای ریشه‌ها و بقایای نباتی و هوموس و مواد آلی می‌باشد تا عمقی که دستگاه نظارت تعیین می‌کند برداشته شود. در هر حال خاکهای مزبور به هیچ صورت نباید به مصرف خاکریزها برسد.

عملیات خاکبرداری و مصرف آن در خاکریز و یا توده کردن آنها در محلهای مناسب

در احداث مخازن بزرگ غیر تیپ سعی می‌گردد که توازن بین خاکبرداری و خاکریزی برقرار باشد. خاکبرداری به‌طور اعم به عملیات پی‌کنی، خاکبرداری و گودبرداری در هر نوع زمین و در محل عملیات و یا خارج آن اطلاق می‌شود. به منظور انجام عملیات خاکبرداری در هر قسمتی، باید دستگاه نظارت را کتباً در جریان قرار داد و کلیه عملیات را بر طبق دستور او انجام داد.

عملیات خاکبرداری می‌باید در هر نوع زمین و خاک انجام شود و کلیه وسائل و ماشین‌آلات خاکبرداری و حمل و نقل خاک که متناسب با جنس زمین باشد قبلاً در محل حاضر و به کاربرده شود. عملیات خاکبرداری می‌باید به عرض و طولی که در نقشه‌های اجرایی و نیمرخهای طولی و عرضی مشخص شده و یا به ابعادی که کتباً از طریق دستگاه نظارت دستور داده می‌شود اجرا گردد. به هر حال وضعیت زمین قبل از شروع عملیات خاکبرداری می‌باید به تأیید دستگاه نظارت برسد. دستگاه نظارت محلی را برای نگهداری نخاله‌ها و محل دیگری را در جهت دپوی مصالح مناسب معین خواهد نمود. مصالح خاکبرداری شده که نامناسب تشخیص داده می‌شوند باید به ترتیبی ذخیره شوند که به‌طور مستقیم و یا غیر مستقیم در هیچ شرایطی جریان حداکثر پیش‌بینی شده نهرها را محدود نکرده و بدون ایجاد مزاحمت در کار به‌طور مناسبی پخش گردند. عملیات خاکبرداری عمدتاً در سه منطقه زیر انجام می‌شود:

- خاکبرداری در محل مخزن
- خاکبرداری در محل، جاده سرویس و ابنیه فنی مربوطه از قبیل شیرخانه، حوضچه توزیع و برج آبگیر.
- خاکبرداری در محل قرضه برای تأمین مصالح خاکریزی.

استفاده از مواد منفجره

استفاده از مواد منفجره باید براساس دستورالعملها و قوانین جاری مربوطه صورت گیرد.

حفاظت از شیب خاکبرداری و سایر شیبها

کلیه شیبها و کناره‌های قائم همه حفاریها و محل قرضه می‌باید تثبیت گردد. کارهای مربوط به تثبیت شیبها مشتمل بر کلیه زهکشی‌های قبل و بعد از خاکبرداری برای محافظت دائم و یا موقت خاکبرداریها می‌باشد. می‌توان به منظور تثبیت شیبها از چوب یا حصارهای فولادی و یا پهن نمودن تورهای سیمی در روی شیبها استفاده نمود.

مصالح حاصل از خاکبرداری

از مصالحی که در نتیجه خاکبرداری حاصل می‌شود می‌توان در ساختمان خاکریزها با اجازه و دستور دستگاه نظارت استفاده نمود. مصالح زائد به محلی که عامل اجرایی پیشنهاد نموده و به تأیید دستگاه نظارت می‌رسد حمل شده و ریخته خواهد شد.

روشها و محدوده عملیات خاکبرداری

اتخاذ روشهای مختلف خاکبرداری، بسته به مصالحی که در محدوده عملیات خاکبرداری وجود دارد می تواند متفاوت باشد.

محدوده عملیات خاکبرداری براساس نقشه‌هایی اجرایی مشخص می‌گردد. در صورتی که عملیات خاکبرداری بیش از مقاطع نشان داده شده در نقشه و یا پیشنهاد شده توسط دستگاه نظارت صورت گیرد باید قسمتهای اضافی براساس مشخصات ارائه شده توسط دستگاه نظارت پر شوند.

خاکبرداری از محل قرضه

در شرایطی که حجم مصالح خاکبرداری مخزن جهت ساختمان خاکریزهای دیواره کناری کافی نبوده و یا کیفیت آن برای استفاده در خاکریز مناسب تشخیص داده نشود، از معادن و یا محللهای قرضه‌ای که در طرح مشخص شده و یا به‌وسیله دستگاه نظارت تعیین می‌شود، استفاده خواهد شد.

جهت انجام عملیات خاکبرداری از قرضه می‌باید روشی به منظور تهیه مخلوط مناسبی از مواد تشکیل‌دهنده آن انتخاب کرد. خاکبرداری از محل قرضه باید به طریقی باشد که شیب زمین پس از خاکبرداری به طرف زهکش‌های طبیعی و یا زهکش‌های طرح شده از ۳ (عمودی) به ۲ (افقی) بیشتر نباشد.

خاکریزی در قسمتهای مختلف

کلیات

تجهیز وسایل

قبل از شروع خاکریزی عامل اجرایی باید فهرست وسایل و ماشین‌آلاتی را که برای کوبیدن و غلطک‌زنی و خاک در نظر گرفته است به تصویب دستگاه نظارت برساند. وسایل مزبور باید برای انجام غلطک‌زنی و کوبیدن خاکها در زمینهای رسی، شنی و سنگی از هر جهت مناسب باشد. کلیه قشرهای خاکی می‌باید به اندازه‌ای که در مشخصات مربوطه ذکر شده متراکم گردند. اگر در نتیجه کنترل معلوم شود که تراکم یک قشر کمتر از حد نصاب مقرر است عامل اجرایی موظف است مجدداً قشر مزبور را غلطک‌زده تا میزان تراکم مطلوب به دست آید. اگر در قسمتی حصول به این حد نصاب غیر ممکن تشخیص داده شود، عامل اجرایی قسمت مزبور را خاکبرداری کرده و مجدداً خاکریزی و متراکم می‌نماید تا نتیجه مطلوب به دست آید. در تمام حالات به‌ویژه هنگامی که تراکم مقرر حاصل نگردد دستگاه نظارت می‌تواند تقلیلی در ضخامت قشرها بدهد.

کنترل عملیات

علاوه بر آزمایشهایی که توسط دستگاه نظارت به منظور کنترل عملیات خاکریزی صورت می‌گیرد، عامل اجرایی نیز ملزم به انجام آزمایشهایی می‌باشد.

عامل اجرایی موظف است نتیجه آزمایشهای خود را در اختیار دستگاه نظارت قرار دهد. به‌طورکلی برای هر ۲۵۰ متر مکعب خاکریزی کوبیده شده حداقل یک آزمایش تراکم در محل و یک آزمایش دانه‌بندی مصالح انجام می‌شود.

مصالح زهکش افقی

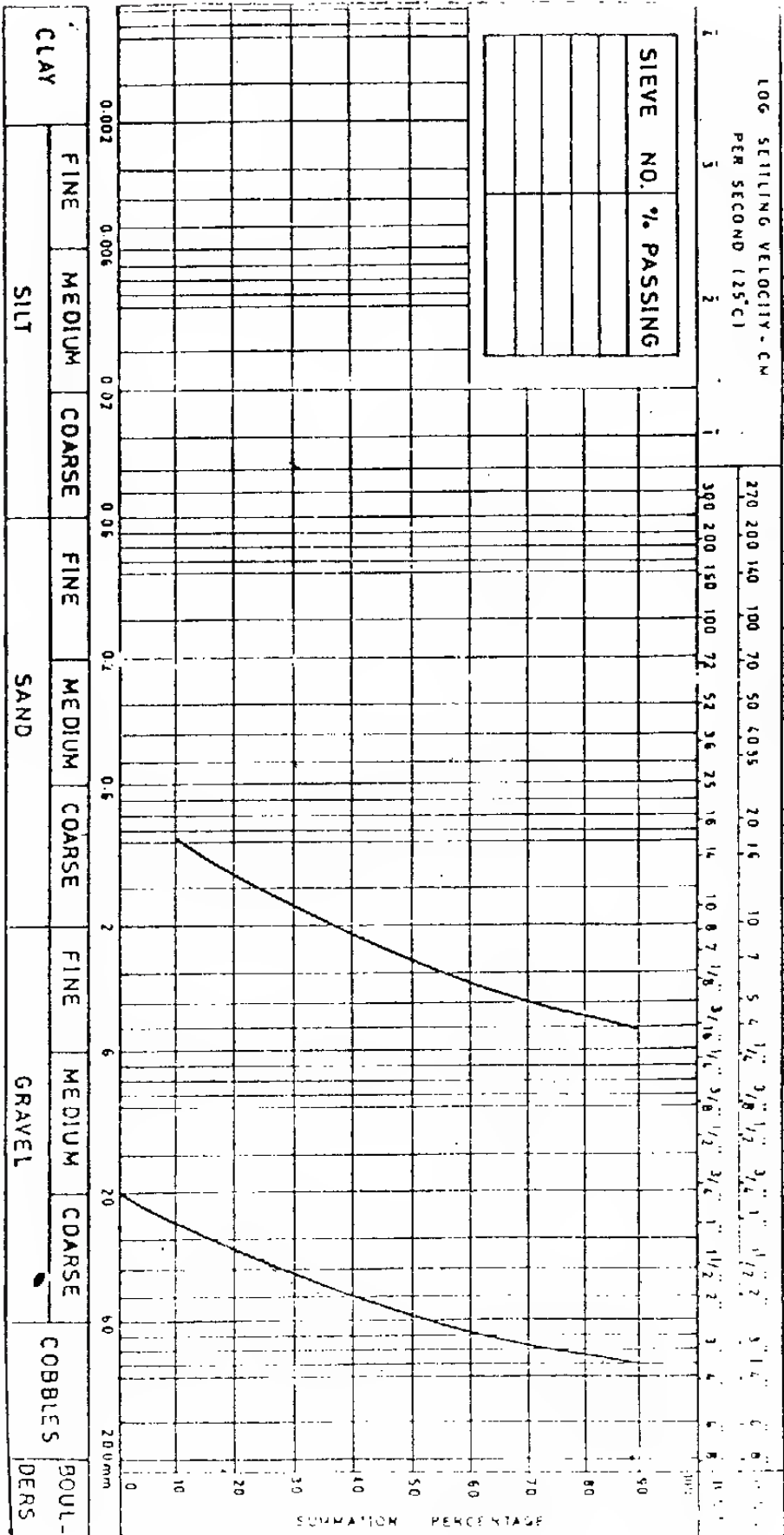
مصالح زهکش افقی در محلهایی که نقشه‌های اجرایی مشخص شده‌اند مصرف می‌گردد. به‌طورکلی مشخصات این مصالح می‌باید با محدودیتهای مشخص شده در جدول مطابقت نماید.

مصالح خاکریزی مخلوط (RANDOM FILL)

مصالح مخلوط در محلهایی که در نقشه‌های اجرایی مشخص شده است مصرف می‌گردد. این مصالح از قرضه‌هایی که در نقشه‌های منضم به مدارک پیمان مشخص شده تأمین می‌گردد. مصالح خاکریزی می‌باید مخلوط مناسبی از لای ماسه و شن و قلوه سنگ باشد و با محدودیتهایی که در جدول ارائه شده مطابقت نماید. خاکریزی مصالح مخلوط می‌باید در لایه‌های افقی به ضخامت حداکثر ۳۰ سانتیمتر (قبل از کوبیدن) انجام گیرد. مصالح مخلوط تا درصد مشخص شده در مدارک اجرایی، می‌باید کوبیده شود. رطوبت این مصالح می‌باید قبل و حین کوبیدن یکنواخت بوده و تا حد قابل قبولی با درصد رطوبت مناسب جهت کوبیدن مطابقت نماید.

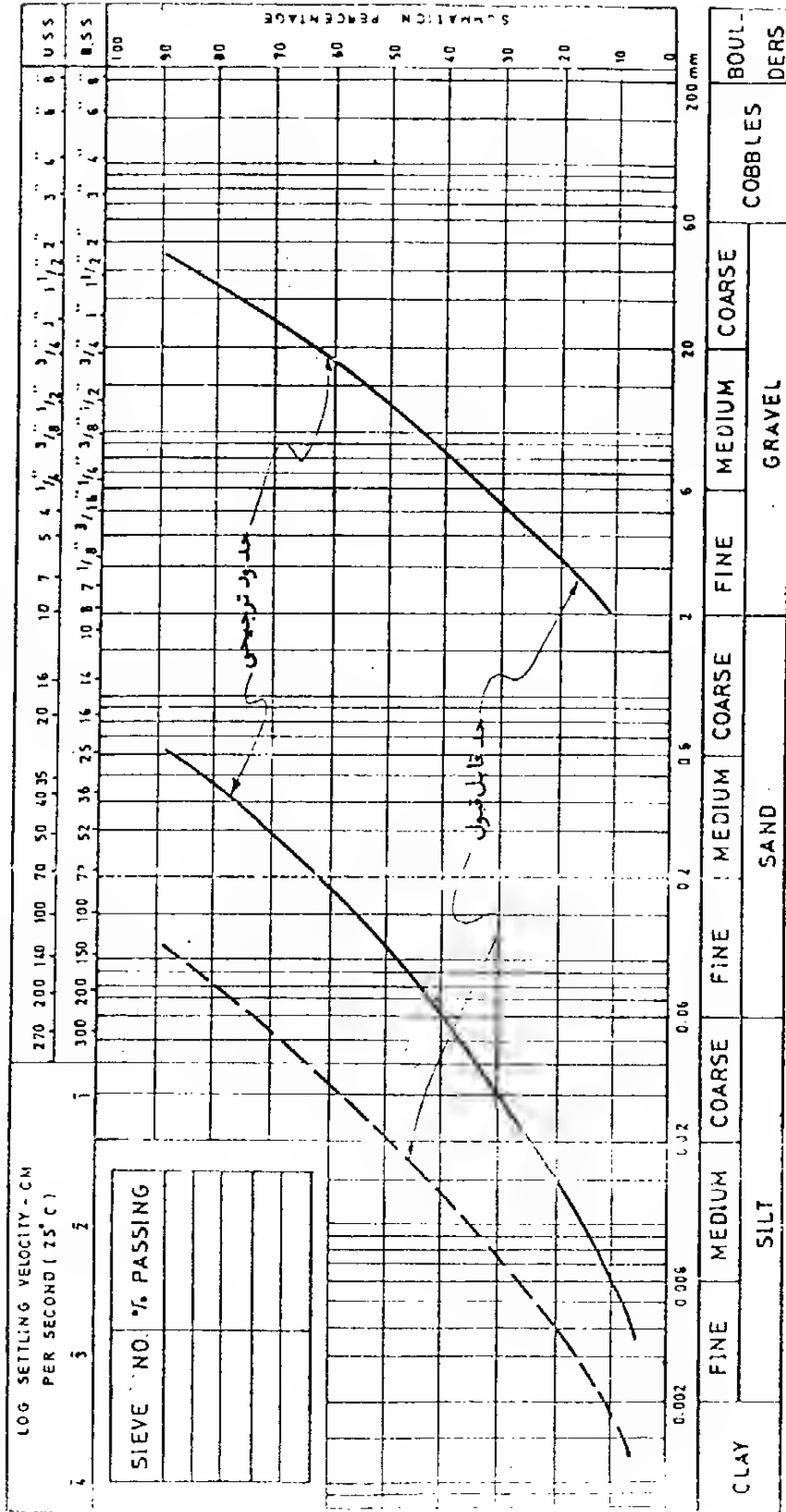
در مناطقی که مصالح مخلوط در مجاورت سنگ ریز قرار می‌گیرد می‌باید از مخلوطهای درشت دانه که به صورت لایه انتقالی بین مخلوط و سنگ ریز ریخته می‌شود استفاده گردد.

PARTICLE SIZE DISTRIBUTION



معاون دانیانندی مصالح زمکیش

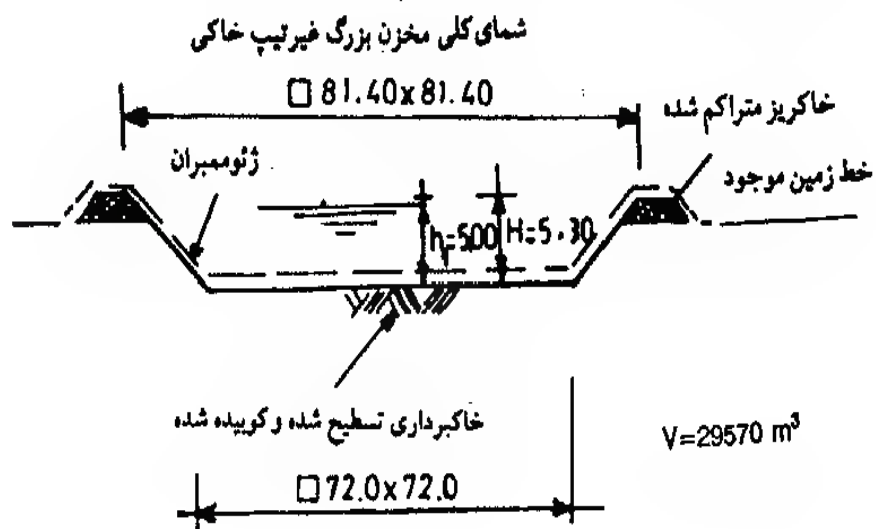
PARTICLE SIZE DISTRIBUTION



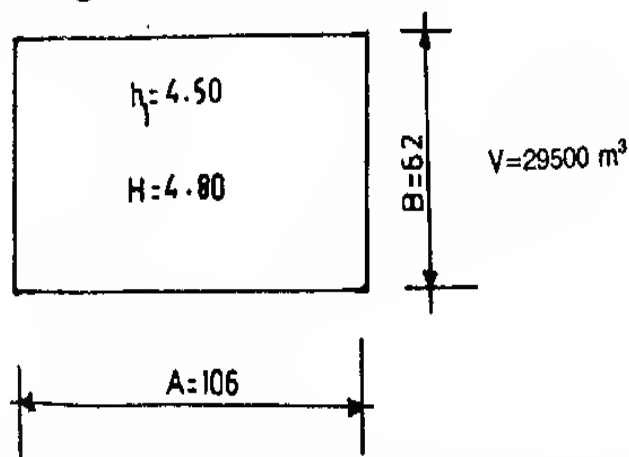
حدود دانه بندی مصالح خاکریز

پیوست شماره ۳- مقایسه هزینه‌ها

به منظور مقایسه برآورد هزینه دو سازه مخزن تپ بتنی زمینی نیمه مدفون و مخزن بزرگ غیر تپ مورد بحث، در این پیوست حجم ذخیره‌سازی ۳۰۰۰۰ متر مکعب در نظر گرفته شده است شمای فرضی مخزن بزرگ غیر تپ مطابق کروکی زیر می‌باشد.



پلان مخزن بتنی نیمه مدفون تپ (ارتفاع کل ۴/۸ متر)



خاکبرداری و خاکریزی به نحوی فرض شده که حجم خاک اضافی حمل شده به محل حداقل کاهش یابد. مصالح ناتراوا کننده بستر و جناحین مخزن بزرگ غیر تپ ژئوممبران فرض شده است که به منظور برآورد

۱- انتخاب دو گزینه فوق و مقایسه هزینه اجرایی آنها به مفهوم عدم لزوم بررسی گزینه‌های دیگر از مخازن بزرگ غیر تپ

نمی‌باشد.

هزینه آن تهیه هر متر مربع ژئوممبران حدود ۴ دلار آمریکا تخمین زده شده است. بر طبق مشخصات ارائه شده در پیوست شماره ۱، رویه حفاظتی ژئوممبران بتن سبک به ضخامت ۲۰ سانتیمتر، در نظر گرفته شده است، جدول مقایسه‌ای احجام مصالح هر دو مخزن در زیر ارائه می‌گردد.

نوع مخزن	حجم (m ³)	ارتفاع مخزن (m)	ارتفاع آب (m)	خاکبرداری و خاکریزی (m ³)	کوبیدن بستر (m ²)	بتن نظافت (m ³)	بتن مسلح (m ³)	AIJ فولاد (kg)	حمل و نقل مصالح (ton.km)	ژئوممبران (m ²)
بتنی نیمه - مدفون تیپ	۲۹۵۷۰	۴/۸۰	۴/۵۰	۲۷۹۵۰	۱۰۸۹۱	۹۰۳	۴۱۳۰	۴۷۸۷۴۸	۶۲۲۱۸۶	-
بزرگ غیر - تیپ خاکی	۲۹۵۰۰	۵/۳۰	۵/۰۰	۳۱۵۶۰	۲۳۷۸۰	۸۱۷	۱۶۳۳	۱۶۳۳۰۰	۲۶۹۴۸۰	۸۱۶۵

سایر متعلقات مخازن مانند شیرخانه، اطاق توزیع و غیره مشابه در نظر گرفته شده است. براساس فهرست بهای سال ۱۳۷۱ هزینه اجرایی مخزن بتنی تیپ نیمه مدفون حدود ۶۰۰×۱۰۶ ریال و هزینه اجرایی مخزن بزرگ غیر تیپ معادل ۲۷۰×۱۰۶ ریال می‌گردد که در مخزن اخیر الذکر سهم عمده ریالی به تهیه ژئوممبران که بار ارزی دارد، تعلق می‌گیرد (حدود $\frac{1}{3}$ کل هزینه‌های اجرایی).

مستفاد از آنچه که گذشت هزینه اجرایی یک مخزن بتنی نیمه مدفون تیپ ۳۰ هزار متر مکعبی تقریباً دو برابر هزینه اجرایی مخزن غیر تیپ خاکی با حجم مشابه می‌باشد، لیکن به دلیل بار مالی که هزینه تهیه ژئوممبران به خود تخصیص می‌دهد و همچنین سایر عوامل و پارامترهای مربوط به بهره‌برداری نمی‌توان این نتیجه‌گیری را برای هر نوع مخزن با احجام مختلف تعمیم داد و به‌طورکلی مقایسه ریالی و اقتصادی در احداث این‌گونه مخازن نقش نخواهد داشت و معمولاً جنبه سرعت در اجرا و مقتضیات بهره‌بردار می‌تواند آنرا توجیه نماید.

پیوست شماره ۴- مراحل طرح و اجرای یک مخزن بزرگ غیر تیپ^۱

کمیسیون تأمین برق آفریقای جنوبی (ESCOM) جهت برطرف نمودن تمام نیازهای فوری آب نیروگاه جدید ۶×۶۰۰MW منطقه لتابو (LETHABO) در مدت پنج روز، ساخت یک مخزن بزرگ ۹۰۰۰۰۰ متر مکعبی برای ذخیره آب تصفیه نشده را ضروری تشخیص داد. محل اجرای پروژه در فاصله تقریبی ۹ کیلومتری جنوب ورینیگینگ (VEREENIGING) بود و مشاورین ژئوتکنیک پروژه وجود مصالح متورم شده در اثر تغییرات سطح آب منطقه که در معرض فرسایش رگاب (PIPING) دائمی بودند را مشخص نموده و در نتیجه اتخاذ تمهیداتی جهت ناتراوا نمودن پوشش در مقابل نشست را ضروری دانستند.

مشروح دلایل تعیین این ضرورت به شرح زیر می‌باشد:

- وجود لایه آبرفت با عمقی حدود ۱۰ متر زیر تراز خاک موجود، که دارای قابلیت نفوذپذیری بیش از $10^{-5} \times 1/4$ متر بر ثانیه می‌باشد. چنین قابلیت نفوذی به همراه شکاف خوردگی و فرسایش‌پذیری مصالح موجود، امکان تخریب جسم خاک در اثر رگاب در طول مسیرهای بحرانی جریان را ایجاد می‌نماید. این پدیده تا ژرفای ۲۰ متری زیر تراز خاک موجود ادامه دارد. بنابراین کف مخزن باید به وسیله یک لایه غیر قابل نفوذ پوشیده شود.

- وجود سنگهای سیلتی (SILTSTONE) باقیمانده در محل که در اثر آبهای حاصل از سیلاب متورم شده‌اند. از آن جایی که تجارت گذشته در ارتباط با سازه‌های مشابه نشان داده‌اند که از نشست‌های نامساوی در بستر متشکل از چنین مصالحی نمی‌توان صرف‌نظر نمود، لذا مصالح موجود در محل نمی‌توانند شرایط مناسب برای یک لایه غیر قابل نفوذ برای عمر ۴۰ ساله مخزن را تضمین نمایند.

- وجود قبلی جنگلی از درختان اکالیپتوس در محل باعث پائین نگه داشته شدن آب از سطح متعارف شده و در ارزیابی برآمدگی‌ها (HEAVE) بالقوه در محل در اثر بالا آمدن سطح آب به مقدار تراز طبیعی دیده می‌شود که مقدار این برآمدگی‌ها بین ۸۰mm تا ۱۲۰mm در هر فاصله حدوداً ده سال یک بار می‌باشد.

- این مشاورین در جهت مقابله با مشکلات فوق راه‌حلهای زیر را به طور همزمان پیشنهاد نمودند.
انتخاب یک لایه بسیار مقاوم در برابر سوراخ شدگی و کاملاً غیر قابل نفوذ
پیش‌بینی زهکشی در زیر لایه آب‌بند؛ به گونه‌ای که فشار آب ایجاد شده در زیر لایه کاهش یابد و امکان موج از بین برود.

- استفاده از یک لایه از مصالح صافی در زیر پوشش که افزون بر عمل زهکشی به افزایش مقاومت لایه آب‌بند در برابر سوراخ شدگی نیز کمک نماید.

۱. این پیوست خلاصه‌ای از مقاله نصب پوشش انعطاف‌پذیر به منظور ناتراوا نمودن یک مخزن بزرگ آب تصفیه نشده است که از

بررسی Question58 پانزدهمین کنگره بین‌المللی سدهای بزرگ با عنوان

"The Installation of a Flexible Membran To seal A Large Raw water Storage Reservoir"

حاصل گردیده است

پارامترهای طراحی:

• قیود ساختگاهی

- خاک: با ضخامتی متغیر از ماسه ریز بادی روی یک لایه از ماسه رسی شکاف خورده نرم شده آبرفتی قرار گرفته است. این ماسه‌ها به وسیله سنگهای سیلیسی هوازده شکافته شده و صیقلی یافته پوشیده شده که آنها نیز به نوبه خود به وسیله شیبست رسی کربناتی پوشیده شده است.
- مجاورت برجهای خنک کننده
- قرار داشتن بین دو جاده
- قرار داشتن در ۳ کیلومتری رودخانه وال (VAAL)
- الزامات حصارکشی

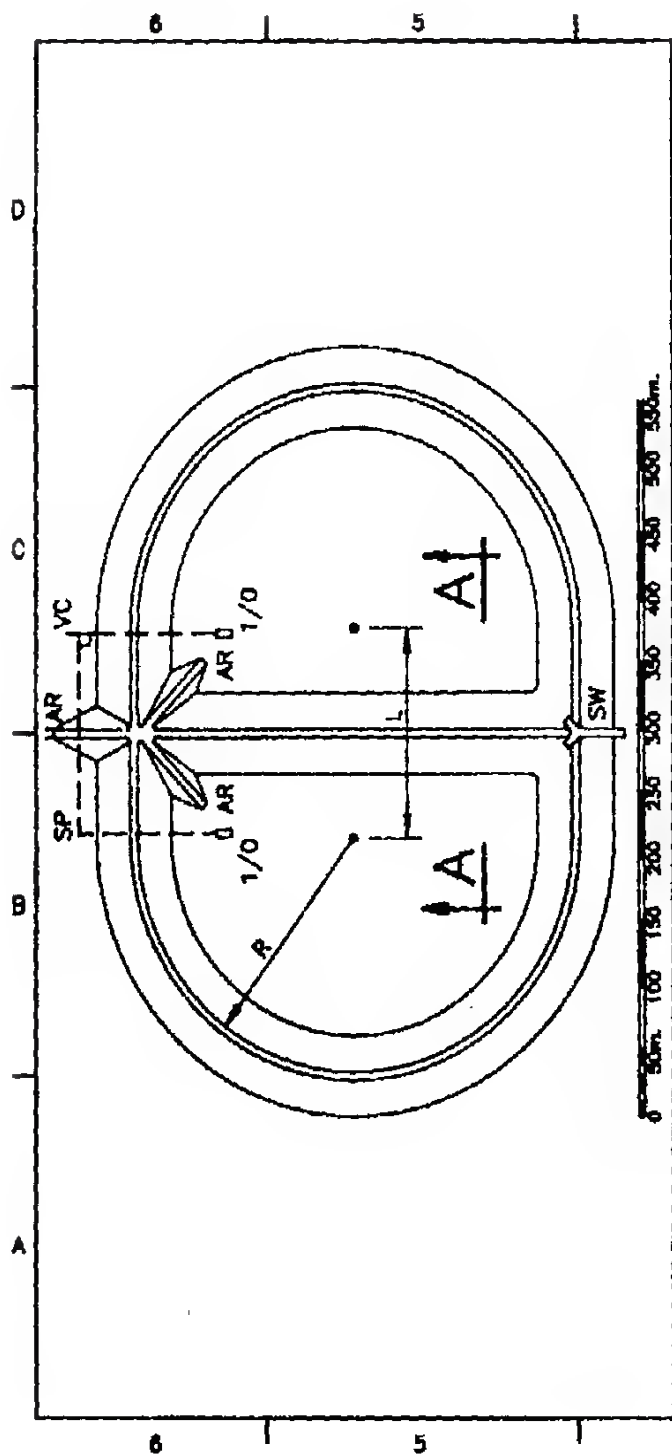
• عملکرد

ذخیره نمودن حدود ۹۰۰۰۰۰ متر مکعب آب تصفیه نشده برای نیازهای فوری ۵ روزه تمام بخشهای نیروگاه به هنگام قطع آب، تغییرات کیفیت یا تراز آب تأمین شده از سد رودخانه وال.

• طرح اصلی

مخزن خاکی تشکیل شده از دو قسمت مشابه از نوع خاکبرداری - خاکریزی (CUT & Fill)

بررسی‌ها نشان دادند که شکل اجرا شده مخزن با صرفه‌ترین شکل جهت ذخیره حجم مورد نیاز آب و نگهداری می‌باشد (شکل ۱). دیگر مشخصات مخزن به قرار زیر است:



شکل ۱- شمای کلی مخزن

لوله فولادی ($\varnothing 140\text{mm}$) SP =

شیب دسترسی = AR

سوریز = SW

سازه‌های ورودی و خروجی = O/I

شیرخانه = VC

$L = 10\text{m}$

$L = 169\text{m}$

- عمق: ۹ متر
- ارتفاع آزاد: ۱ متر
- مساحت کف: ۹۱۰۰۰ متر مربع
- مساحت خاکریز: ۶۳۰۰۰ متر مربع
- شیب خاکریز: ۱ به ۳
- مساحت آب: ۱۳۴۰۰۰ متر مربع
- تناوب انباشت و تخلیه: هر ۶۰ ساعت (دو روز و نیم)

• مدت زمان اجرای طرح

۲۰ ماه (از نوامبر ۱۹۸۲ تا ژوئیه ۱۹۸۴)

• تجارب قبلی اسکوم

اسکوم برای نیروگاههای حرارتی خود، تسهیلات ذخیره آب تصفیه نشده با ابعاد مشابهی را در طول سالهای متمادی ساخته است که به خنک کننده تر (WET COOLING) آن بستگی دارد. اسکوم همچنین ساختن مخازن متعددی را با پوشش از مصالح طبیعی موجود در محل (رس) و مصالح مصنوعی سخت و انعطاف پذیر مانند بین آسفالتی ئیدرولیکی (HAC)، لاستیک بوتیلی، اتیلن پروپیلن داین مونومر (EPDM) و بنتونیت بر عهده گرفته است.

• سیستم‌های آب‌بندی ارائه شده

- بتن: به علت سختی بیش از اندازه جهت مقابله کردن با برآمدگی‌های نامساوی و همچنین به علت هزینه زیاد انتخاب نشد.
- HAC: مناسب در سازه‌های اجرا شده و احتمالاً از نظر هزینه گران.
- سیستم‌های آب‌بندی به وسیله خاک مانند بنتونیت: علت وابستگی شدید به کنترل کیفیت در ساختگاه در طول کاربری و کنترل کیفیت در کارخانه؛ همچنین نیاز به لایه حفاظ خاک و موج شکنهای گران قیمت جهت جلوگیری از صدمات ناشی از امواج- انتخاب نشد.
- رس: به علت نبود مصالح همگن مناسب در محل انتخاب نشد.
- بوتیل و بوتیل پروپیلن داین مونومر: نامناسب بودن تجارب قبلی، گران بودن هزینه، وجود ضخامت‌های محدود این مصالح در آفریقای جنوبی.
- پلی اتیلن با چگالی بالا: دارای مشخصه‌های مناسب فیزیکی، به کار گرفته نشدن آن در سازه‌های پیشین اسکوم: از نظر هزینه ارزان.
- پی - وی - سی: به علت طول عمر تضمین نشده و ظرفیت پایین در برابر اشعه ماورا بنفش انتخاب نشد.

- ژئوتکستیل آغشته به مواد گوناگون: به علت نبود تجربه‌های پیشین با چنین ابعادی و اشکالات ناشی از کنترل کاربردی در ساختگاه انتخاب نشد.
- سیستم‌های قیر لاستیکی کاتالیزه شده: به علت تأخیر در معرفی مصالح جهت انتخاب و نبود تجربه محلی در این باره انتخاب نشد.

• انتخاب سیستم آب‌بندی

سه نوع مصالح جهت بررسی عمیق‌تر در نظر گرفته شد:

HAC، غشاء بوتیلی لاستیکی و غشاهای تغییر شکل یافته HDPE.

- HAC اشکالات ناشی از دست‌یابی به مصالح مناسب برای آسفالت یا سنگ‌دانه‌ها و مواد چسبنده در محل همراه با دقت لازم برای آماده‌سازی ساختگاه، کارهای آزمایشگاهی، مسائل مربوط به نگهداری، هزینه بالای HAC نسبت به سیستم HDPE، هزینه‌های بالای تعمیرات و نگهداری آن نیروگاه دیگر اسکوم یعنی ماتلا (MATLA) و سرانجام عدم ارائه ضمانت نصاب محلی باعث شدند که سیستم HAC مورد توجه قرار نگیرد.

- غشاء بوتیلی لاستیکی بوتیل EPDM

قیمت گران هر دو فرآورده، اشکالات نگهداری آنها امکان دست‌یابی به این مصالح با کیفیت مناسب در محل و سرانجام نتیجه آزمایشها از لحاظ خواص فیزیکی نشان دادند که به خوبی HDPE نیستند و بوتیل در اثر کشش یا برآمدگی‌های نامساوی مورد ترکهای تنشی سختی قرار می‌گرفت.

- غشاهای تغییر یافته HDPE

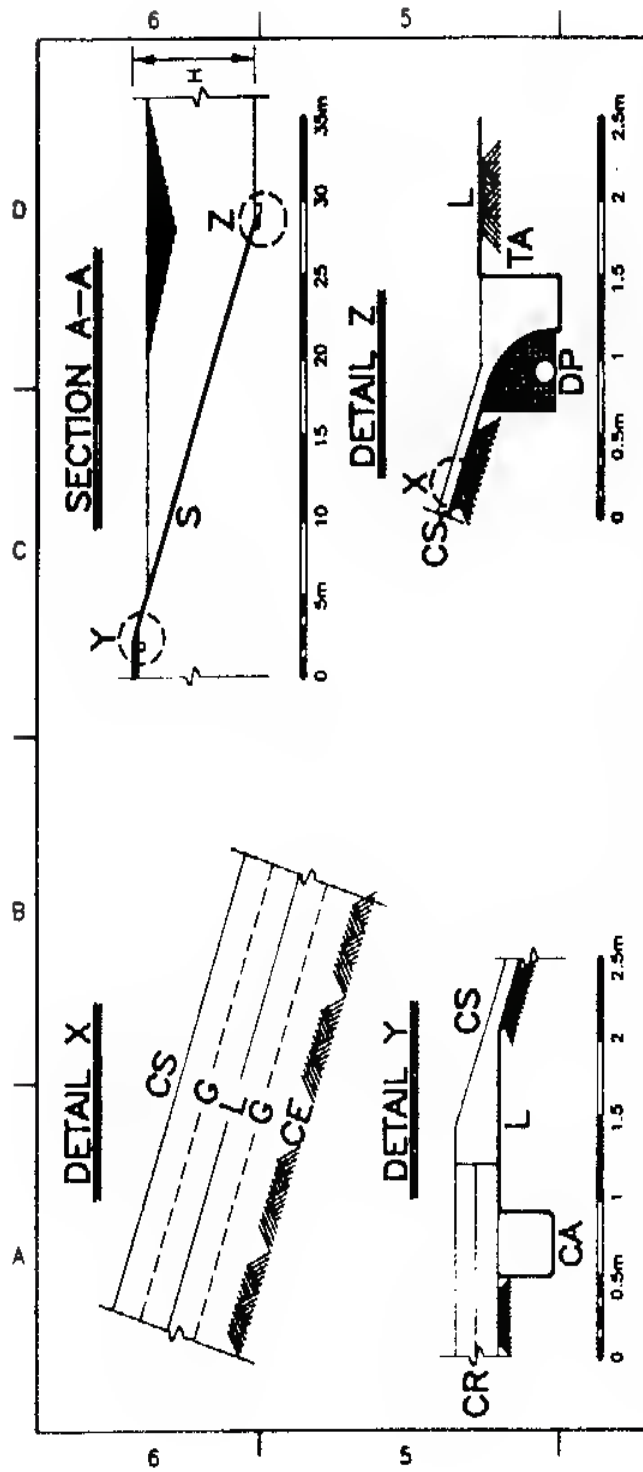
به کارگیری این مصالح نشان داده بود که روکش ساخته شده از آن موفقیت آمیز بوده و هزینه نگهداری کمی را در بردارد. خواص فیزیکی این مصالح در کشش، افزایش طول، سوراخ شدگی و پاره‌شدگی قابل قبول می‌باشد و نتایج به‌دست آمده در جدول ۱ نشان داده شده است. مواد وارداتی می‌توانستند از لحاظ قیمت با مواد تهیه شده از مصالح خام محلی و با استفاده از تکنولوژی و عملیات حرارتی در محلی قابل رقابت باشند. چندین بازدید از موارد به کارگیری HDPE ساخته شده با مصالح و تکنولوژی محل در آفریقای جنوبی صورت گرفت. افزون بر آن شرکت گاندل در یوهانسبورگ ضمانتی ۲۰ ساله برای فرآورده‌اش در برابر تخریب ناشی از اشعه ماوراء بنفش ارائه می‌نمود.

پوشش بتی محافظت مکانیکی خوبی در برابر خرابکاری عمدی، سوراخ شدن، یا صدمات حیوانی و تبعات ناشی از عبور و مرور وسائل ساخت و نگهداری ارائه می‌نماید. این پوشش همچنین حفاظتی برای خاک قرار گرفته زیر غشایی نسبتاً نازک، در برابر فرسایش ناشی از عمل موج و پمپ کردن هیدرولیکی می‌باشد.

پوشش باید به گونه‌ای نصب گردد که میلگردها فراسوی درزها ادامه یابد تا مسانلی ناشی از برآمدگی‌های نامساوی به حداقل برسد.

نصب

جهت جلوگیری از رفت و آمدهای غیر ضروری روی پوشش که می‌توانست باعث خرابی آن به طور اعم و خرابی پوشش کف به طور خاص شود، چنین تصمیم گرفته شد که عملیات پوشش‌گذاری از خاکریز آغاز گردد. بنابراین پوشش‌گذاری خاکریز از یک سمت شیب راهه (Ramp) دسترسی آغاز گردید، دور تا دور ادامه یافت و در شیب راهه دسترسی پایان پذیرفت. پس از تکمیل کارهای خاکی یک نیمه از مخزن عملیات پوشش‌گذاری همزمان با شروع عملیات خاکی نیمه دوم آغاز شد. به این دلیل که عملیات پوشش‌گذاری می‌باید در طول ماههای بارانی تابستانی صورت گیرد، اهمیت داشت که عملیات هموارسازی (TRIMMING) خاکریزها درست پیش از عملیات پوشش‌گذاری پایان پذیرد. پس از تحویل گرفتن یک بخش کامل شده کارهای خاکی توسط پیمانکار پوشش‌گذاری، نوارهای ۱۴۰ گرم بر متر مربع از ژئوتکستیل به عرض ۴ متر با توجه ویژه به وصله ورقهای مجاور یکدیگر، به صورت عمود بر جهت خاکریز روی آن خوابانده می‌شوند. به صورت موقت، ژئوتکستیل را در گودالهایی در بالا و پایین خاکریز مورد حفاظت قرار می‌دادند (شکل ۲). نظر به نگرانی اسکوم درباره مقاومت ژئوتکستیل در برابر اشعه ماوراء بنفش، این عملیات را درست پیش از نصب غشاء انجام می‌دادند.



شکل ۲- مقاطع و جزئیات

CA =	مهار پوشش در انتها	G =	ژئوتکستیل	X =	جزئیات x
CE =	خاک فشرده	H =	عمق 4m	Y =	جزئیات y
CR =	جاده دسترسی	L =	پوشش	Z =	جزئیات z
CS =	پوشش بتنی	S=L3	شیب		
DP =	لوله زهکش	TA	مهار در پوشش در پاشنه		

ورقهای Hi-DRILNE HDPE به عرض ۶/۸۶ متر و به ضخامت ۰/۷۵ میلی‌متر به صورت عمود بر جهت خاکریز در بالای ژئوتکستیل قرار گرفته بودند. با به کارگیری فرایند جوش دادن از طریق غلتک (EXTRUSION FUSION)، ورقهای مجاور پیش از جوش شدن به یکدیگر، به کمک نوار چسبیده دو لبه روی هم قرار گرفته و به یکدیگر وصله می‌شوند. ورقهای ۰/۷۵ میلی‌متری در توپهای ۱۰۰ متری ارائه می‌شوند. این توپها به وسیله دو عدد جک روی یک چرخ تکیه داده شده‌اند و ورق به سمت خاکریز در بالای گودال پائینی کشیده شده به اندازه گودال مهاری در بالای سکوی خاکریز قطع می‌گردد. ورقهای ۱ میلی‌متری در طول جهت خاکریز در گودال بتنی پائینی و در امتداد پیرامون کف قرار می‌گیرند و به ورقهای ۰/۷۵ میلی‌متری جوش می‌شوند.

هنگامی که یک بخش از پوشش‌گذاری کامل می‌گشت، مورد تأیید بازرسان کنترل کیفیت قرار می‌گرفت و از هر نوع مواد خارجی که بتواند اثری تعیین کننده در عملکرد پوش داشته باشند بری می‌گردید، در آن صورت به وسیله لایه‌ای از ژئوتکستیل ۲۰۰ گرم بر متر مربع پوشیده می‌شد.

ژئوتکستیل در نوارهایی به عرض ۴ متر عمود بر جهت خاکریز قرار می‌گرفت و توجه ویژه‌ای به وصله‌های ورقهای مجاور می‌شد. به مجردی که این عمل در طولی کافی تحقق یافت جهت جلوگیری از ورود باد به زیر غشاء بتن در گودال پائینی ریخته می‌شد. به منظور نگه داشتن غشاء در موقعیت مناسب تا زمانی که جوش داده شوند و به وسیله بتن پوشیده شوند، از کیسه‌های شن به گونه گسترده‌ای استفاده به عمل می‌آمد.

پس از تمیز نمودن ژئوتکستیل، بتن و قالب آن در بالای ژئوتکستیل قرار داده می‌شد. به کارگیری فاصله‌گذاری‌ها (SPACER) امکان خم شدن میلگردها را در ته قالب به دست می‌دهد تا بدین‌سان احتمال سوراخ شدگی پوشش کاهش یابد. بتن در مقاطع ۳/۵ متری از پایین به بالا به کارگیری شوت بتن ریزی ریخته می‌شود تا بتن از بالای خاکریز ریخته شود.

هنگامی که بتن‌ریزی خاکریز تا آن مقدار پیشرفت کرد که برای خدمه این عملیات یک جریان ممتد کاری ایجاد نماید، عملیات پوشش‌گذاری کف مخزن آغاز گردید. این عملیات به کمک ورقهای Hi-DRILNE HDPE به عرض ۶/۸۶ متر و به ضخامت ۱ میلی‌متر کامل گردید. این ورقها در توپهای ۱۰۰ متری عرضه گردید و با نصب آن با سرعت ۴۰۰۰ مترمربع در روز صورت گرفت.

استقرار مخزن در ماه مه ۱۹۸۴ به پایان رسید.

پیوست شماره ۵ - گزارش بازدید از مخزن ۳۰۰۰۰۰ متر مکعبی مس سرچشمه

مخزن بتنی مس سرچشمه (کرمان) به حجم ۳۰۰۰۰۰ متر مکعب، با عمق ۱۵ متر و دارای لایه‌های آب‌بند (تشکیل شده از ژئوممبران)، به منظور ذخیره آب مازاد تلمبه شده از چاه‌های خاتون‌آباد واقع در بالادست کارخانه مس سرچشمه اجرا شده است. مازاد آب چاه‌های خاتون‌آباد پس از تأمین آب مورد نیاز کارخانه و آب مصرفی شهرک مس سرچشمه به مخزن مذکور هدایت می‌شود. آب از این مخزن، نه تنها پاسخ‌گوی نیاز پنج روزه کارخانه می‌باشد بلکه در موارد اضطراری می‌تواند آب شهرک مس سرچشمه را نیز تأمین نماید.

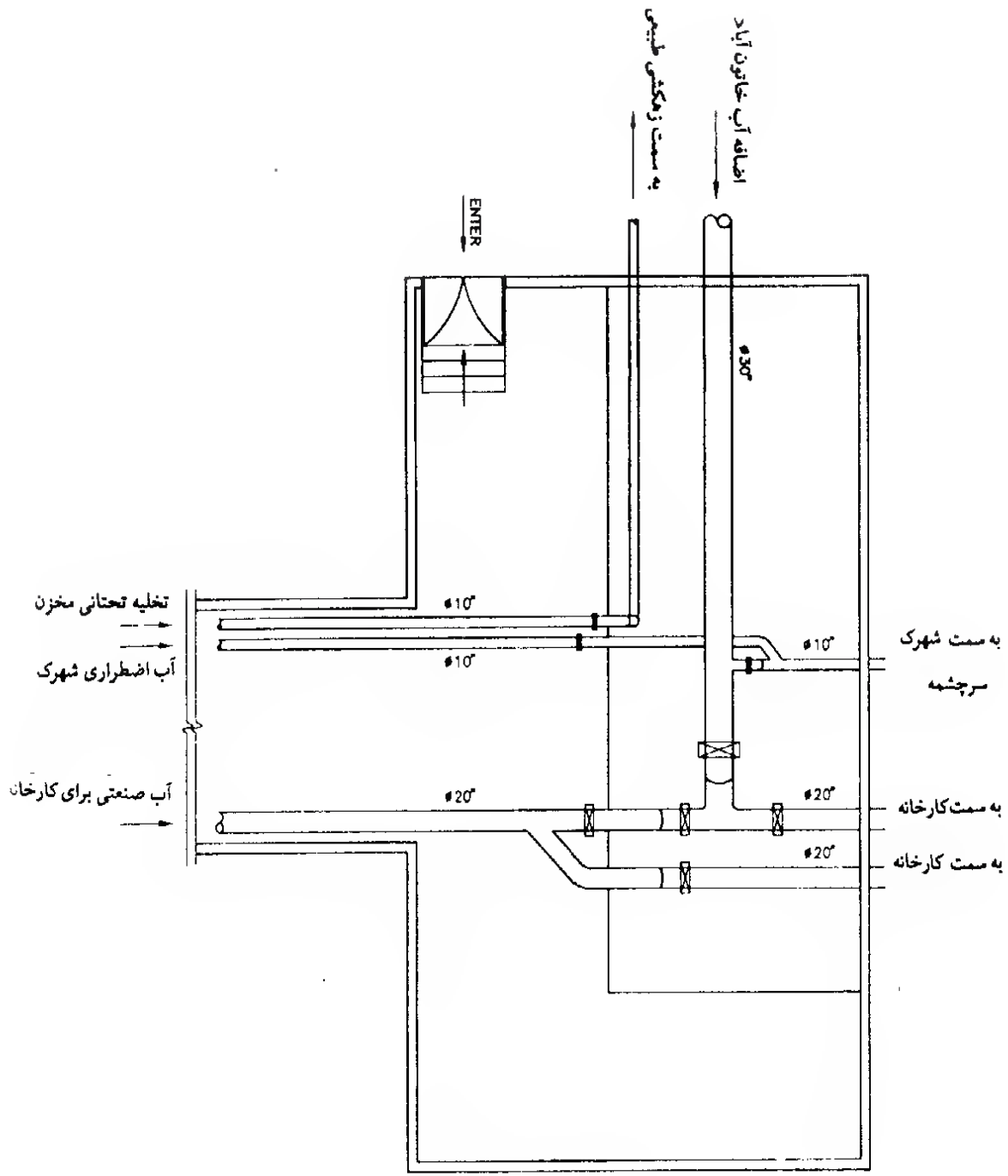
آب مازاد مخزن از طریق یک سرریز جانبی واقع در یکی از جناحین مخزن، در فاصله زمانی که برای قطع جریان از خاتون‌آباد لازم است، به زهکش طبیعی که در محل وجود دارد هدایت می‌شود.

کنترل توزیع آب بین مصرف کنندگان از طریق شیرخانه‌ای انجام می‌شود که در پایین دست مخزن قرار دارد.

آب‌گیری از مخزن به وسیله برج آب‌گیری به ارتفاع ۱۶ تا ۱۷ متر که به همین منظور در مخزن ایجاد شده به ترتیب زیر صورت می‌گیرد:

- تخلیه تحتانی مخزن: رقوم +۰/۰۶ متر
 - تأمین آب مصرفی کارخانه: رقوم +۳ متر
 - تأمین آب شهرک در مواقع اضطراری: رقوم +۶ متر
- دسترسی به برج آب‌گیر از طریق تونلی به شعاع تقریباً ۲ متر که به اتاقک شیر خانه منتهی می‌شود امکان‌پذیر است.

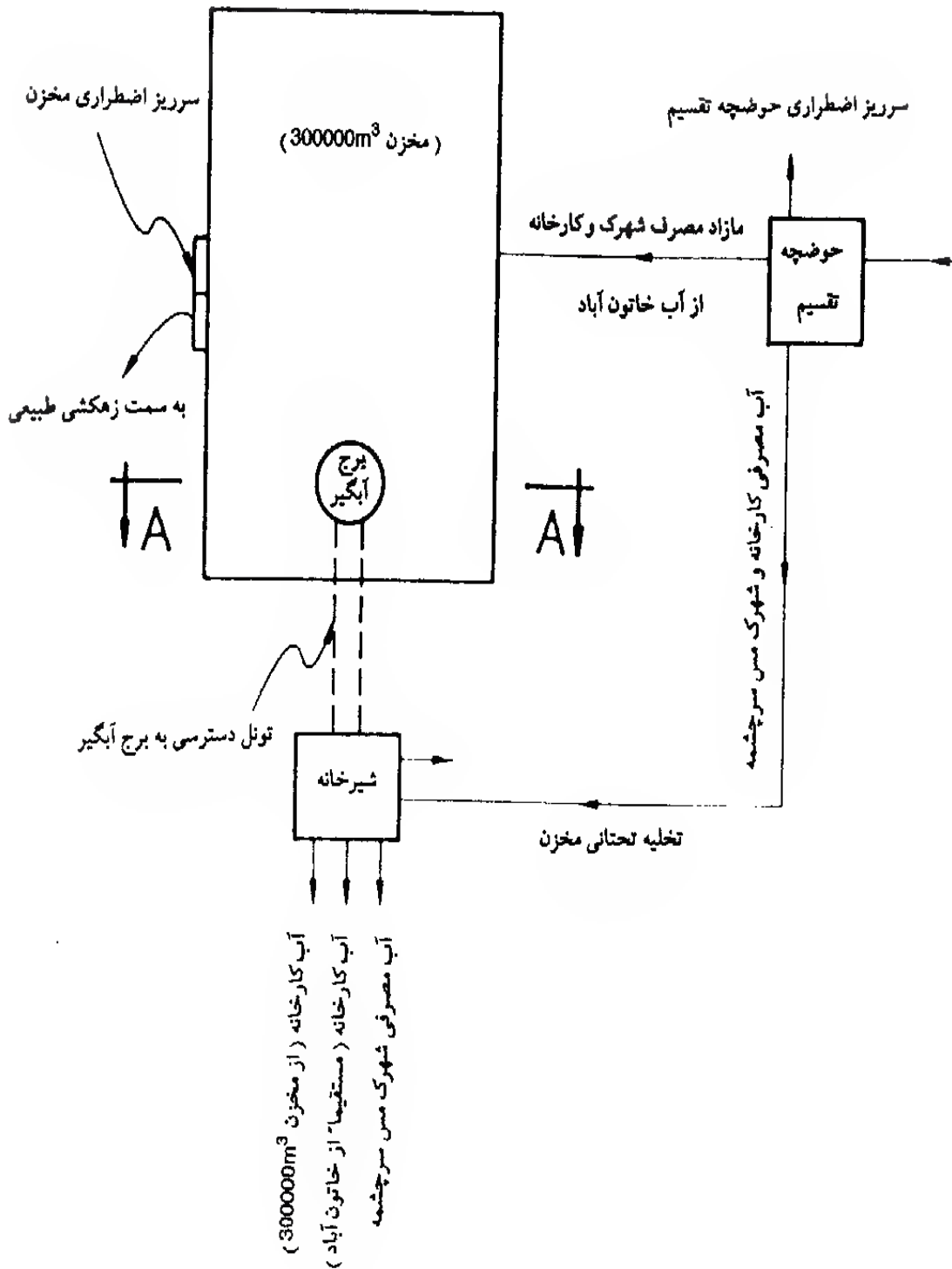
نقشه‌های جانمایی و دیگر جزئیات برداشت شده در طول بازدید، همه به صورت ساده شده در شکل‌های پیوست دیده می‌شود.

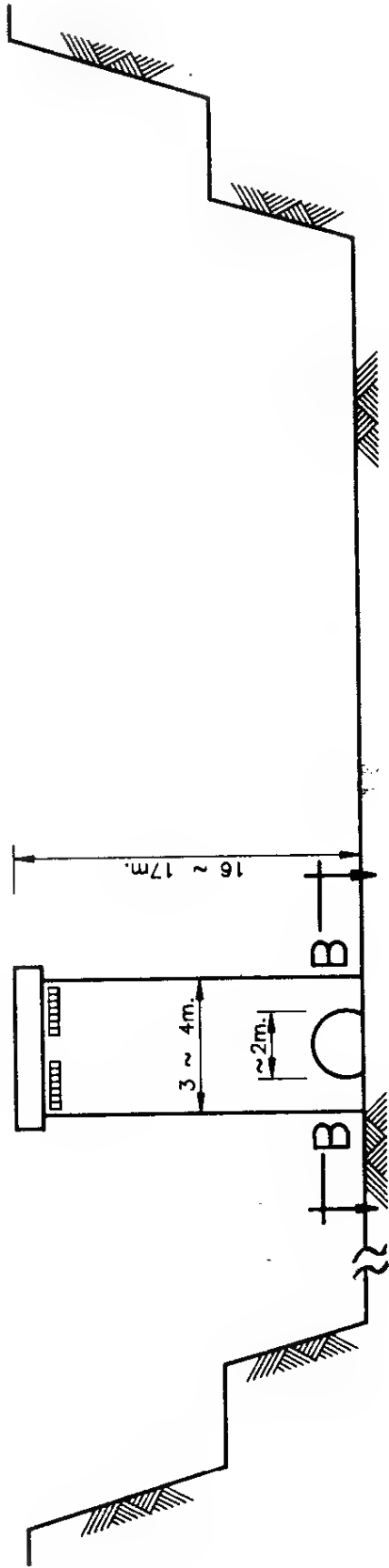


پلان شیرخانه پایین دست
مخزن 300000 مترمکعبی

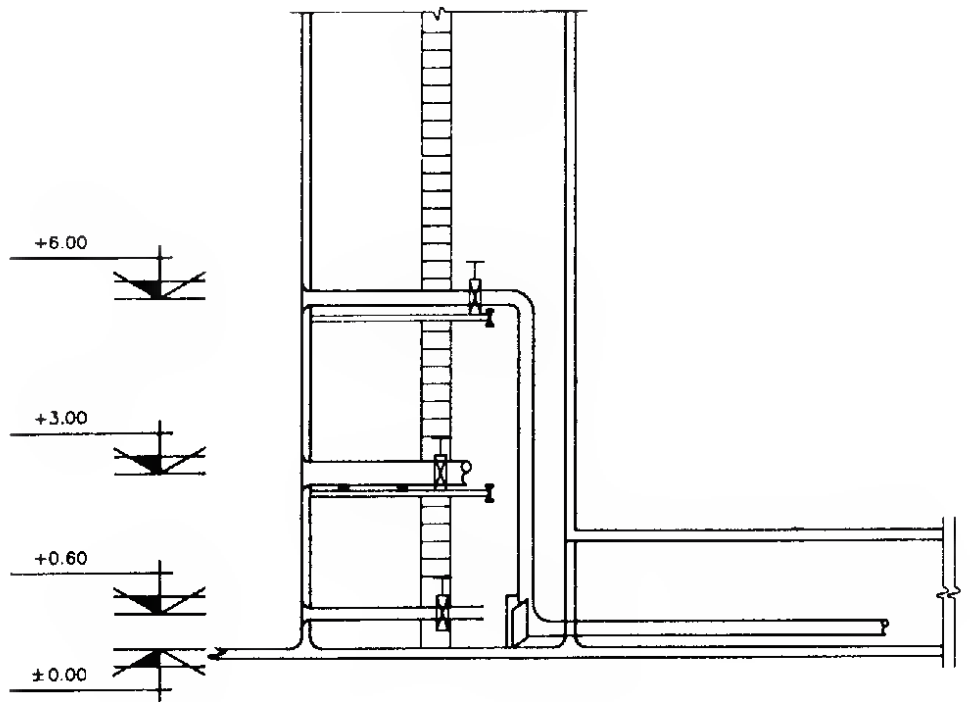
مخزن ذخیره آب خاتون آباد

پلان جانمایی

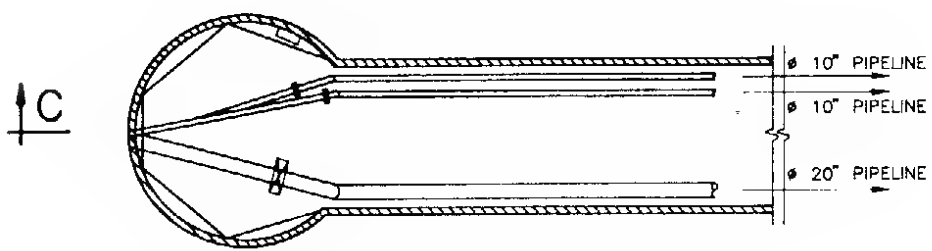




SECTION A--A



SECTION C-C



SECTION B-B

پیوست شماره ۶ - خلاصه‌ای از مطالعات تأمین آب اضطراری صنایع چوکا^۱

مجتمع صنایع چوب و کاغذ ایران (چوکا) در شمال غرب ایران، در استان گیلان به فاصله ۲ کیلومتری رضوان‌شهر در مسیر جاده بندر انزلی - آستارا واقع شده است.

آب مورد نیاز این مجتمع در حال حاضر از رودخانه سفارود تأمین می‌شود. نظر به اینکه در مواقع سیلابی به علت کدورت زیاد باران و همچنین در مواقع کم آبی، بهره‌برداری از سیستم موجود، مختل شده و در نتیجه از کار افتادن کارخانه مجتمع، زیان قابل توجهی متوجه این صنایع می‌گردد، لذا لزوم مطالعات طراحی جهت تأمین آب مورد نیاز مجتمع در مواقع اضطراری مورد توجه مسئولین صنایع مذکور قرار گرفت.

مطالعات مراحل اول و دوم طرح تأمین آب مورد نیاز مجتمع چوکا در مواقع اضطراری با احداث بند جهت ایجاد مخزن طبیعی در دره واقع بین تشکیلات آبیگری و کارخانه مجتمع برای ذخیره آب قابل استحصال از سیستم موجود آبیگری از رودخانه سفارود در مواقع عادی و مصرف آن در مواقع اضطراری به مهندسین مشاور واگذار شد.

پس از بازدید کارشناسان مهندسین مشاور از محل مجتمع صنایع چوکا و مطالعات اولیه، برای تأمین آب مورد نیاز مجتمع چوکا در مواقع اضطراری، سه گزینه برای تأمین هدف مذکور مورد توجه قرار گرفت که عبارت‌اند از:

- ۱- استفاده از آبهای زیرزمینی با ایجاد چاه فلمن
 - ۲- ترمیم سیستم آبیگری موجود با گسترش حوضچه‌های ته‌نشینی و امکان دفع رسوبات در مواقع طغیانی و فراهم نمودن امکان آبیگری در شرایط مطلوب
 - ۳- ایجاد مخزنی برای ذخیره حدود ۱۰ روز آب مورد نیاز مجتمع
- در ادامه مطالعات و بررسیها، با حذف گزینه‌های شماره ۱ و ۲ راه حل تأمین آب اضطراری مجتمع چوکا به گزینه ایجاد مخزنی با احداث بند در دره طبیعی واقع در محدوده تأسیسات آبیگری از رودخانه سفارود و کارخانه مجتمع محدود گردید.

به منظور ادامه مطالعات برای واریانت مذکور پس از دریافت نقشه‌های توپوگرافی و گزارش عملیات ژئوتکنیک مطالعات تخصصی بشرح زیر انجام گردید.

- مطالعات هواشناسی و هیدرولوژی و تعیین میزان دبی سیلاب حوزه بند و برآورد حجم مناسب مخزن.
- مطالعات زمین‌شناسی و تدقیق آن با توجه به گزارش ژئوتکنیک .
- مطالعه وضعیت خاک منطقه با توجه به گزارش مکانیک خاک و گزارش زمین‌شناسی.
- انتخاب نوع بند و مشخصات هندسی آن.

۱. مفاد پیوست حاضر بنا به درخواست کمیته شماره ۱۶ طرح (سازه) توسط شرکت مهندسین مشاور "بندآب" در اختیار گذاشته شده است.

- طراحی بند برای ذخیره آب مورد نیاز مجتمع به مدت ده روز بدون اصلاح دره
- انتخاب و طراحی بند با اصلاح کف و جناحین دره
- بررسی مشخصات هندسی مخزن از قبیل اندازه‌های مختلف کف و اصلاح جناحین دره، معرفی گزینه‌ها مبنی بر حجم خاکبرداری- حجم مفید مخزن، تعیین گزینه انتخابی، مشخصات فنی و پایداری شیبه‌ها.
- حفاظت مخزن و بند در مقابل سیلابها با طراحی سرریز بند
- حفاظت مخزن در مقابل آلودگی و زهکشی آبهای سطحی اطراف مخزن
- بررسی مسائل پایین دست و دفع سیلابها
- برنامه بهره‌برداری از مخزن
- مصالح مصرفی و منابع تهیه آنها
- وسایل اندازه‌گیری
- مطالعه تأسیسات موجود انتقال آب
- پیشنهاد تأسیسات انتقال آب
- ارائه گزینه پیشنهادی
- مطالعه سیستم آب‌اندازی به مخزن
- مطالعات تأسیسات آبیگری از مخزن^۱
- مطالعات رسوبات وارده به مخزن، تخلیه رسوبات و شستشوی مخزن
- مطالعه تأسیسات تخلیه مخزن
- برآورد هزینه اجرای طرح
- برنامه زمانبندی اجرایی
- انجام مطالعات مرحله دوم و تهیه نقشه‌های اجرایی
- تهیه اسناد و مدارک مناقصه

در غایت با ایجاد بند خاکی به ارتفاع ۱۴ متر و با اصلاح جناحین و کف دره، مخزنی به حجم حدود ۳۰۰۰۰۰ متر مکعب ایجاد می‌گردد که آب مورد نیاز مجتمع چوکا را به مدت حدود ۱۰ روز در مواقع طغیانی بودن رودخانه سفارود و عدم آبیگری تأمین می‌نماید.

این مخزن با ایجاد کف پوش رسی در کف و جناحین آن نفوذناپذیر گردیده و با طراحی کف بتنی بر روی لایه رسی امکان شستشوی مخزن در مقاطع لازم را (حداقل یکبار در سال) میسر خواهد نمود.

۱. برای کاهش کدورت آب در زلال ساز و در نتیجه کاهش مصرف مواد شیمیایی در آن، آبیگری در تراز +۵۵ یعنی ۵ متر بالاتر از کف مخزن که ۷۰٪ ظرفیت مخزن را شامل می‌شود صورت می‌گیرد. برای استفاده از ظرفیت کامل مخزن آبیگری از تراز ۵۰ و ۵۰ نیز امکان خواهد داشت.

آبگیری از مخزن در دو تراز مختلف (فوقانی و تحتانی) طراحی گردیده است که به ترتیب حدود ۷۰٪ و ۱۰۰٪ حجم مخزن را شامل می‌شود. در مواقع عادی با آبگیری از آبگیر فوقانی در تراز +۵۵، آب انتقال یافته و زلال ساز با کدورت خیلی کم بوده^۱ که نتیجتاً مصرف مواد شیمیایی را در زلال ساز به حداقل ممکن کاهش خواهد داد و باعث صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در هزینه‌های بهره‌برداری خواهد شد.

با به‌کار انداختن یک، دو و سه تلمبه موجود در تأسیسات آبگیری، می‌توان آب مورد نیاز مجتمع چوکا را در موارد مصرف عادی (ثانیه/لیتر ۳۰۰)، مصرف حداکثر (ثانیه/لیتر ۵۰۰) ذخیره آب در مخزن پس از شرایط اضطراری تأمین نمود.

اشکال ضمیمه قسمتی از نقشه‌های اجرایی مخزن بزرگ غیر تیپ مذکور شامل پلان عمومی و تعدادی از مقاطع مخزن را نشان می‌دهند.

۱. در واقع در این حالت مخزن رل حوضچه ته‌نشین را هم خواهد داشت.