



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

Institute of Standards and Industrial Research of Iran



استاندارد ملی ایران

۹۳۷۵

چاپ اول

ISIRI

9375

1st.Edition

لوله‌های بتنی پیش‌تنیده تحت فشار – با استوانه
فولادی و بدون استوانه فولادی، شامل اتصالات،
متعلقات و ضوابط خاص میلگردهای فولادی
پیش‌تنیدگی برای لوله‌ها – ویژگی‌ها

**Prestressed concrete pressure pipes -
Cylinder and non- cylinder, including joints,
fittings and specific requirement for
prestressing steel for pipes-
Specifications**

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
تهران- خیابان ولیعصر، ضلع جنوب غربی میدان ونک، پلاک ۱۲۹۴، صندوق پستی: ۴۱۵۵-۶۱۳۹
تلفن: ۸۸۸۷۹۴۶۱-۵
دورنگار: ۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۷۱۰۳
کرج- شهر صنعتی، میدان استاندارد، صندوق پستی ۳۱۵۸۵-۱۶۳
تلفن: ۲۸۰۶۰۳۱-۸ (۰۲۶۱)
دورنگار: ۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶۱)
پیام‌نگار: standard@isiri.org.ir
وب‌گاه: WWW.isiri.org
بخش فروش تلفن: ۲۸۱۸۹۸۹ (۰۲۶۱)، دورنگار: ۲۸۱۸۷۸۷ (۰۲۶۱)
بها: ۴۷۵۰ ریال

Institute of standards and industrial Research of IRAN

Central office: No.1294 Valiaser Ave. Vanak corner, Tehran, Iran

P.O.BOX: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: +98(21) 88879461-5

Fax: +98(21) 88887080, 88887103

Headquarters: Standard Square, Karaj, Iran

P.O.BOX: 31585-163

TEL: +98(261) 2806031-8

Fax: +98(261) 2808114

standard@isiri.org.ir Email:

WWW.isiri.org Website:

Sales Dep: Tel: +98(261)2818989, Fax: +98(261)2818787

Price: 4750 .RLs

به نام خدا

آشنایی با مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان مؤسسه*، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادات در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقمند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که مؤسسه استاندارد تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و / یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. مؤسسه می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، مؤسسه استاندارد این گونه سازمانها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آنها اعطا و بر عملکرد آنها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این مؤسسه است.

*مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

۱- International Organization for Standardization

۲- International Electrotechnical Commission

3-International Organization for Legal Metrology (Organization International de Metrologie Legal)

۴- Contact Point

۵-Codex Alimentarius Commission

«لوله‌های بتنی پیش‌تنیده تحت فشار – با استوانه فولادی و بدون
استوانه فولادی، شامل اتصالات، متعلقات و ضوابط خاص
میلگردهای فولادی پیش‌تنیدگی برای لوله‌ها – ویژگی‌ها»

رئیس

میرزایی، حسن

(کارشناس ارشد مهندسی مکانیک)

دبیر:

کاظم زاده، مهین

(کارشناس مهندسی راه و ساختمان)

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

اللهیاری، رضا

کارشناس ارشد مهندسی (سازه‌های

هیدرولیکی)

ایمان‌زاده، سایه

(کارشناس ارشد مهندسی آب و فاضلاب)

بهروزی‌نیا، محسن

(کارشناس مهندسی مکانیک)

تولایی، علیرضا

(کارشناس ارشد مهندسی راه و ساختمان)

خوشحال، کوروش

(کارشناس مهندسی عمران)

رئیس قاسمی، امیر مازیار

(کارشناس مهندسی عمران)

ستوده، علیرضا

(کارشناس مهندسی عمران)

طهماسبی، محمدرضا

(کارشناس مهندسی الکترونیک)

سمت یا نمایندگی

شرکت مهندسين مشاور آبسو

طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب

وزارت نیرو

نماینده کارخانه لوله‌سازی آذرشهر

وزارت نیرو

نماینده شرکت لوله‌سازی قائم اصفهان

کارشناس آزاد

نماینده کارخانجات لوله‌سازی تهران

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

نماینده کارخانجات لوله‌سازی تهران

نماینده شرکت لوله‌سازی قائم اصفهان

علی‌نیا، علی‌اصغر

(کارشناس مدیریت صنعتی)

معین‌پور، محمد

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

نماینده شرکت تولیدی کانال پیش‌ساخته، لوله و

قطعات بتنی گیلان

کارشناس آزاد

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
۱	هدف
۱	دامنه کاربرد
۱	مراجع الزامی
۲	مصالح
۲	طرح و ساخت لوله
۲	۱-۵ ضوابط عمومی
۶	۲-۵ طرح لوله‌ها
۷	۳-۵ میلگرد گذاری
۷	۴-۵ بتن و ملات
۹	۵-۵ پیش تنیدگی
۱۱	۶-۵ عمل آوری
۱۱	۶ آزمون‌های کارخانه‌ای
۱۱	۱-۶ آزمون بتن
۱۱	۲-۶ آزمون هیدرواستاتیک
۱۳	۳-۶ آزمون نفوذپذیری روی پوشش
۱۷	پیوست الف - (اطلاعاتی) ضوابط خاص برای سیم‌های فولادی با مقاومت بالا برای پیش‌تنیدگی لوله‌های بتنی با استوانه فولادی و یا بدون استوانه فولادی
۲۷	پیوست ب - (اطلاعاتی) - اتصال‌های تیپ
۲۹	پیوست ج - (اطلاعاتی) - راهنمای طراحی لوله‌های بتنی پیش تنیده با استوانه فولادی
۳۳	پیوست د - (اطلاعاتی) - راهنمای طراحی لوله‌های بتنی پیش تنیده بدون استوانه فولادی

استاندارد «لوله‌های بتنی پیش‌تنیده تحت فشار - با استوانه فولادی و بدون استوانه فولادی، شامل اتصالات، متعلقات و ضوابط خاص میلگردهای فولادی پیش‌تنیدگی برای لوله‌ها، ویژگی‌ها» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط به طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب وزارت نیرو تهیه و تدوین شده و در یکصد و هفتاد و نهمین اجلاس کمیته ملی مهندسی ساختمان، مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۸۶/۷/۲۵ مورد تصویب قرار گرفت. اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد. منبع و مآخذی که برای تدوین این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

- 1- **EN642:1994, Prestressed Concrete Pressure Pipes, Cylinder and non-Cylinder, Including Joints, Fittings and Specific Requirement for Prestressing Steel for Pipes.**

**لوله‌های بتنی پیش‌تنیده تحت فشار - با استوانه فولادی و بدون استوانه فولادی،
شامل اتصالات، متعلقات و ضوابط خاص میلگردهای فولادی پیش‌تنیدگی برای
لوله‌ها - ویژگی‌ها**

۱ هدف

هدف از تدوین این استاندارد تعیین ویژگی‌های فنی، ضوابط و روش‌های ساخت لوله‌های بتنی پیش‌تنیده تحت فشار و اتصالات مربوط بوده که برای کارهای آبرسانی است. لوله‌های بتنی پیش‌تنیده تحت فشار که برای انتقال استفاده می‌شود، نباید هیچ‌گونه اثر منفی بر روی کیفیت آب آشامیدنی مطابق بند ۳-۱ داشته باشد.

۲ دامنه کاربرد

این استاندارد برای لوله‌های بتنی پیش‌تنیده تحت فشار برای انتقال آب با و یا بدون استوانه فولادی و اتصالات مربوط با قطر داخلی اسمی ۵۰۰ میلی‌متر تا ۴۰۰۰ میلی‌متر کاربرد دارد. براساس این ضوابط می‌توان لوله‌هایی با اندازه بزرگتر نیز تولید کرد. این لوله‌ها را برای فشار داخلی و بارهای خارجی و شرایط بسترسازی تعریف شده توسط خریدار طراحی می‌کنند.

۳ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی به آن‌ها ارجاع شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.
در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن موردنظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها موردنظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۳-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۵۳: سال ۱۳۷۶، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی

۳-۲ آیین‌نامه بتن ایران : نشریه شماره ۱۲۰ معاونت امور پشتیبانی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

3-3 EN639:1994, Common Requirements for Concrete Pressure Pipes Including Joints and Fittings.

۴ مصالح

مصالح باید مطابق آیین‌نامه بند ۳-۲ باشد. رعایت ضوابطی به شرح زیر نیز ضروری است.

الف - حداکثر اندازه سنگدانه نباید از کوچکترین مقادیر زیر بیشتر باشد:

- اندازه پوشش بتن بر روی فولاد مسلح سازی

- ۳۳/۰ ضخامت جداره هسته بتنی لوله بدون استوانه فولادی

- ۳۳/۰ ضخامت جداره بتنی لوله با استوانه فولادی در هر طرف استوانه

ب - سیمان مصرفی هر قطعه می‌تواند از یک نوع و یک ترکیب بوده و در یک کارخانه تولید شده باشد.

۵ طرح و ساخت لوله

۵-۱ ضوابط عمومی

۵-۱-۱ کلیات

۵-۱-۱-۱ لوله بتنی پیش تنیده با استوانه فولادی

لوله‌ای است شامل یک استوانه فولادی ساخته شده از ورق که درز آن جوشی بوده و به دو انتهای آن حلقه‌های نر و ماده جوش شده است و با لایه‌ای از بتن متراکم (از جنس بتن هسته) پوشش داخلی شده و سپس با سیم تقویتی که دور استوانه فولادی پیچیده می‌شود، به صورت محیطی پیش تنیده شده تا در مقابل فشار داخلی و بارهای خارجی مقاومت کند. پس از این مرحله سطح خارجی آن برای حفاظت استوانه فولادی و سیم‌های محیطی پیش‌تنیدگی، با ملات سیمان،

پوشش خارجی می‌شود. در مورد لوله‌ها با استوانه مستغرق، هسته بتنی در دو طرف استوانه قرار دارد. (به پیوست ب ، شکل ب -۱- د مراجعه شود)

لوله بتنی پیش تنیده با استوانه فولادی باید دارای ویژگی‌های اصلی زیر باشد:

- سیم‌های با کشش بالا برای پیش تنیدگی محیطی که در اطراف هسته به صورت یک لایه با کشش معین (میزان کشش در حدی باشد که سیم فولادی در ناحیه کشسان^۱ باشد) پیچیده می‌شوند و در دو انتها به صورت مستحکمی مهار می‌شوند.
- یک لایه پوشش متراکم از ملات و یا بتن بر روی هسته و سیم‌ها، به جز قسمت‌هایی خاص از حلقه، جهت پوشش و حفاظت سطوح فولادی اعمال می‌شود.
- حلقه‌های اتصال باید به نحوی طراحی شوند که لوله‌های متصل شده به هم، در حین بهره‌برداری، آب بند باقی بماند.

۵-۱-۱-۲ لوله‌های بتنی پیش‌تنیده بدون استوانه فولادی

لوله‌های بتنی پیش‌تنیده بدون استوانه فولادی دارای ویژگی‌های اصلی زیر می‌باشد:

- دارای یک هسته معینی است که با میلگردهای فولادی مسلح شده است و یا به صورت طولی با سیم‌های فولادی با کشش بالا پیش کشیده - پیش تنیده گردیده و مستغرق در بتن شده است.
- دارای سیم‌های با کشش بالا برای پیش تنیدگی محیطی است که در اطراف هسته به صورت یک لایه با فواصل مختلف و با توجه به فشار تست کارخانه یا کارکرد خط و با کشش معین پیچیده شده‌اند و در هر دو انتها به صورت مستحکمی مهار شده‌اند.
- دارای یک لایه پوشش متراکم که از ملات و یا بتن بر روی سیم‌ها جهت پوشش و حفاظت می‌باشد.
- حلقه‌های اتصال به نحوی طراحی شده‌اند که لوله‌های متصل شده به هم، در حین بهره‌برداری، آب بند باقی بماند.

۵-۱-۱-۳ لوله‌های بتنی پیش تنیده نوع یک پارچه

لوله‌های بتنی پیش‌تنیده نوع یک‌پارچه دارای ویژگی‌های اصلی زیر می‌باشد:

- یک لوله بتنی با سیم‌های فولادی با کشش بالا که به‌صورت طولی و محیطی، مستغرق در جداره لوله می‌باشد
- به‌صورت هم‌زمان بتن‌ریزی می‌شود. سیم‌های فولادی طولی قبل از بتن‌ریزی پیش کشیده می‌شوند.
- پیش‌تنیدگی محیطی توسط یک قفسه میلگردی از سیم‌های با کشش بالا که مستغرق در جداره لوله می‌باشد و برای انبساط هیدرولیکی تا تنش معینی پیش‌تنیده می‌گردد. این کار باید تا بتن تازه است، انجام شود.
- حلقه‌های اتصال، به نحوی طراحی شده‌اند که لوله‌های متصل شده به‌هم، درحین بهره‌برداری، آب بند باقی بماند.

۵-۱-۲ ضخامت جداره لوله

برای حداقل ضخامت جداره لوله برای انواع لوله‌های بتنی پیش‌تنیده به جدول ۱ مراجعه شود.

۵-۱-۳ رواداری‌ها

رواداری‌های مجاز در ابعاد و شکل هندسی باید مطابق بند ۳-۳ باشد.

جدول ۱- حداقل ضخامت جداره لوله بتنی پیش تنیده

ابعاد بر حسب میلی متر

لوله بدون استوانه فولادی		لوله با استوانه فولادی	قطر اسمی لوله
حداقل t_3 یک پارچه	حداقل t_2	حداقل t_1	
۴۵	۴۰	۵۰	۵۰۰
۴۵	۴۰	۵۰	۶۰۰
۵۰	۴۰	۵۰	۷۰۰
۵۵	۴۵	۵۰	۸۰۰
۶۰	۴۵	۵۵	۹۰۰
۶۵	۵۰	۶۵	۱۰۰۰
۷۰	۵۰	۷۰	۱۱۰۰
۷۵	۶۰	۷۵	۱۲۰۰
۸۰	۶۰	۷۵	۱۲۵۰
۸۵	۷۰	۸۵	۱۴۰۰
۹۰	۷۰	۹۰	۱۵۰۰
۹۵	۷۵	۱۰۰	۱۶۰۰
۱۰۵	۷۵	۱۱۵	۱۸۰۰
۱۱۵	۸۰	۱۲۵	۲۰۰۰
۱۲۵	۹۰	۱۳۵	۲۲۰۰
۱۳۵	۱۰۰	۱۴۵	۲۴۰۰
۱۴۰	۱۰۰	۱۵۰	۲۵۰۰
۱۴۵	۱۱۰	۱۶۰	۲۶۰۰
۱۵۵	۱۲۰	۱۷۰	۲۸۰۰
۱۶۵	۱۳۰	۱۸۰	۳۰۰۰
-	۱۴۰	۱۹۰	۳۲۰۰
-	۱۶۰	۲۱۰	۳۵۰۰
-	۱۸۰	۲۴۰	۴۰۰۰
t_1 = حداقل ضخامت طراحی جداره هسته لوله شامل ضخامت استوانه فولادی t_2 = حداقل ضخامت طراحی جداره هسته لوله t_3 = حداقل ضخامت طراحی جداره لوله			

۵-۲ طرح لوله‌ها

۵-۲-۱ کلیات

لوله‌های بتنی با استوانه فولادی شامل یک استوانه فولادی با درز جوش می‌باشد که در داخل هسته بتنی قرار گرفته و سیم‌ها به صورت مارپیچ در اطراف آن پیچیده می‌شود. پیچیدن سیم‌ها پس از عمل‌آوری و گیرش بتن، تحت کشش معین و کنترل شده‌ای، انجام پذیرفته و حداقل ضخامت استوانه فولادی برای کلیه اقطار لوله ۱/۵ میلی متر است.

در مورد کلیه لوله‌های بتنی پیش تنیده با استوانه فولادی و یا بدون استوانه فولادی، اندازه و فاصله سیم‌های با کشش بالا و مقدار کشش پیش‌تنیدگی که سیم‌ها تحت آن کشش پیچیده می‌شوند، باید مطابق الزامات بند ۵-۲-۲ باشد. در طرح لوله‌ها باید افت ناشی از تغییر شکل‌های ارتجاعی و غیرارتجاعی منظور شود. کشش اولیه در سیم‌های با کشش بالا نباید از ۷۵ درصد مقاومت مشخصه آنها تجاوز کند.

قطر سیم‌های محیطی پیش تنیدگی نباید از ۴ میلی‌متر کمتر باشد. حداقل فاصله بین سیم‌ها در هر لایه نباید از قطر سیم کمتر باشد.

حداکثر فاصله بین محور سیم‌ها نباید از ۵۰ میلی‌متر بیشتر باشد. در مورد لوله‌های با استوانه فولادی و قطر سیم ۶ میلی‌متر و بیشتر حداکثر فاصله محور تا محور سیم‌ها نباید از ۲۵ میلی‌متر بیشتر باشد.

۵-۲-۲ الزامات طراحی

لوله‌های بتنی پیش تنیده باید به نحوی طراحی شوند که در مقابل تنش‌های خمشی و حلقوی ناشی از هر کدام از شرایط زیر مقاومت کنند:

الف - فشار طراحی به علاوه بار مرده

در این شرایط در هسته لوله نباید هیچ‌گونه کششی ایجاد شود.

ب - حداکثر فشار طراحی به علاوه ۱۰۰ کیلو پاسکال و بار مرده

در این شرایط در مورد لوله‌های با استوانه فولادی نباید کشش ایجاد شده در هسته لوله از $0.38 \sqrt{f_{ck}}$ و برای لوله‌های بدون استوانه فولادی نباید از $0.13 \sqrt{f_{ck}}$ تجاوز کند.

ج - فشار طراحی به علاوه بار مرده و بار زنده

در این شرایط در مورد لوله‌های با استوانه فولادی، کشش ایجاد شده در هسته لوله نباید از $0.38 \sqrt{f_{ck}}$ و برای لوله‌های بدون استوانه فولادی نباید از $0.13 \sqrt{f_{ck}}$ تجاوز کند.

د - حداکثر فشار طراحی

در این شرایط در هسته لوله هیچ‌گونه کششی نباید ایجاد شود.

مقدار f_{ck} مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن لوله مورد نظر بر حسب مگا پاسکال می‌باشد.

تنش کششی کل هسته لوله، مجموع تنش‌های خمشی و حلقوی هسته لوله بدون اعمال ضرایب کاهش است. زمانی که لوله تحت آزمون هیدرواستاتیک قرار می‌گیرد (به بند ۶-۲ مراجعه شود)، در مورد لوله‌هایی که دارای پوشش خارجی از ملات یا بتن هستند عرض ترک در پوشش بتن نباید از ۰/۱ میلی‌متر در طول ۳۰۰ میلی‌متر بیشتر باشد. این اندازه‌گیری باید مطابق بند ۶-۳-۱۰ ویژگی‌های استاندارد بند ۳-۳ باشد.

۳-۵ میلگرد گذاری

میلگردگذاری معمولی بدون پیش تنیدگی مجاز است.

۴-۵ بتن و ملات

۱-۴-۵ طرح اختلاط بتن

۱-۱-۴-۵ بتن هسته لوله

بتن هسته لوله باید حداقل دارای ۳۵۰ کیلوگرم سیمان در هر متر مکعب بتن باشد. نسبت آب به سیمان بتن باید به اندازه‌ای باشد که برای روش بتن‌ریزی موردنظر مناسب بوده و در هیچ حالتی پس از تراکم بتن، نسبت آب به سیمان نباید بیشتر از ۰/۴۵ باشد. در مورد لوله‌های بتنی با استوانه فولادی با اقطار کمتر از ۱۰۰۰ میلی‌متر حداکثر نسبت آب به سیمان در هسته بتنی لوله می‌تواند تا ۰/۵ باشد. مشروط بر آنکه حداقل ۳۸۵ کیلوگرم سیمان در هر متر مکعب بتن به کار رفته باشد.

۵-۴-۱-۲ پوشش خارجی

پس از اینکه بر روی هسته لوله، سیم‌های پیش تنیدگی پیچیده شد، یک لایه پوشش بتنی خارجی یا ملات باید بر روی آن اجرا شود که دارای حداقل ضخامت مشخص شده در بند ۵-۵-۲ باشد. در مورد سیم‌های پیش تنیدگی چند لایه به بند ۵-۵-۳ مراجعه شود. در زمان اجرای پوشش بتن روی سیم‌های پیش تنیدگی هیچ‌گونه پوسته و یا حفره - حفره شدن^۱ ناشی از زنگ‌زدگی و مواد روغنی نباید بر روی سیم‌های مربوط مشاهده شود.

۵-۴-۱-۳ ملات پوشش خارجی

ملات پوشش خارجی باید دارای نسبت وزنی یک به سه سیمان به سنگدانه ریز باشد. نسبت آب به سیمان ملات نباید از ۰/۳۵ تجاوز کند. برای تراکم بتن از دستگاه‌های پرتابی^۲ با سرعت بالا استفاده می‌شود که بتن را بر روی سطح هسته و یا بر روی پوشش قبلی اجرا می‌کند. درست قبل از اجرای ملات پوشش خارجی توصیه می‌شود به ازای هر متر مربع از سطح هسته، نیم لیتر دوغاب بر روی آن پاشیده شود. دوغاب مربوط باید شامل ۱/۲ کیلوگرم سیمان در هر لیتر آب باشد.

۵-۴-۱-۴ بتن پوشش خارجی

بتن پوشش خارجی باید دارای حداقل ۴۰۰ کیلوگرم سیمان در هر متر مکعب بتن باشد. نسبت‌های سیمان، سنگدانه ریز، سنگدانه درشت، آب باید در حین پیشرفت کار تعیین و کنترل شود تا یک بتن یک‌نواخت^۳ و قابل کار کردن به دست آید. نسبت آب به سیمان نباید از ۰/۴۵ تجاوز کند. بتن باید تحت بسامد بالا مرتعش شود یا به روش مورد تایید دیگری متراکم گردد تا یک پوشش متراکم و با دوام، هسته مرکزی را احاطه کند.

1 - Pitting

۲ - Projection

3 - Homogenous

۵-۴-۲ مقاومت بتن

در زمان اعمال پیش تنیدگی محیطی باید بتن حداقل دارای مقاومت فشاری ۲۷ مگا پاسکال باشد. مقاومت فشاری بتن پس از ۲۸ روز باید حداقل ۳۵ مگا پاسکال باشد.

۵-۵ پیش تنیدگی

۵-۵-۱ پیش تنیدگی طولی

در مورد لوله‌های بتنی بدون استوانه فولادی باید هسته بتن لوله شامل سرکاسه به صورت طولی و در تمام طول آن تحت پیش تنیدگی قرار گیرد. فرآیند پیش تنیدگی توسط سیم‌های با کشش بالا انجام می‌شود که دارای حالت دندانه‌ای بوده و یا اینکه سیم‌ها دارای مهار دائمی بوده که در قسمت انتهایی بتن مستغرق گردیده‌اند. پیش تنیدگی طولی باید به اندازه کافی باشد، تا از ایجاد تنش کششی بیش از حد در هسته لوله به هنگام جابه‌جایی، بلند کردن، بارگذاری و یا پیش‌تنیدگی محیطی اجتناب شود. سیم‌های طولی باید تا حد کشش طراحی پیش‌تنیده شود و کلیه تلفات ناشی از تغییر شکل‌های ارتجاعی و غیرارتجاعی در آن لحاظ شود.

راه‌حل‌های دیگر مسلح‌سازی هسته با میلگردهای فولادی غیرپیش‌تنیده است تا از ایجاد تنش کششی بیش از حد در هسته لوله به هنگام جابه‌جایی، بلند کردن، بارگذاری و یا پیش‌تنیدگی محیطی اجتناب شود. حداقل ضخامت پوشش میلگرد که در هسته لوله مستغرق می‌باشد، به جز در قسمت‌های انتهایی، اتصال لوله باید ۱۵ میلی‌متر باشد.

۵-۵-۲ پیش تنیدگی محیطی

علاوه بر الزامات مندرج که در بند ۵-۴-۲ شرح داده شده است، تنش‌های فشاری القاء شده در هسته بتن در حین پیش‌تنیدگی نباید از ۵۵ درصد مقاومت فشاری بتنی لوله در آن زمان تجاوز کند. روش و تجهیزات مربوط به بارگذاری سیم‌های پیش‌تنیدگی باید به نحوی باشد که بتوان سیم‌ها را به صورت مارپیچی در اطراف هسته بتنی و با فاصله و کشش طراحی معینی پیچید. در ضمن امکان نشان دادن، کنترل و ثبت مقدار کشش سیم نیز وجود داشته باشد.

کشش توسط سیم‌ها باید حداقل برابر با کشش طراحی باشد. نوسانات عادی مقدار کشش سیم‌ها نباید بیشتر از ۱۰ درصد مقدار متوسط کشش سیم‌ها باشد و نباید بیش از ۵ درصد سیم‌ها دارای نوسانات لحظه‌ای (ناگهانی) بیش از ۱۰ درصد باشند.

وصله کردن سیم‌ها مجاز است. و اگر جایی از وصله کردن سیم‌ها استفاده شده باشد، باید مقاومت کامل سیم‌ها حاصل شود.

در مورد لوله‌های بتنی با استوانه فولادی آستردار^۱ (با پوشش داخلی) باید سیم‌های پیش تنیدگی محیطی توسط یک دوغاب سیمانی پوشانده شوند. قبل از اعمال دوغاب سیمان باید پوسته‌های رنگ کارخانه و زنگ اضافی، روغن، گریس، و مواد خارجی دیگر از روی سطوح خارجی سیم پاک شده تا آماده برای دوغاب‌ریزی شود. در مورد لوله‌های بتنی یک‌پارچه باید قفسه محیطی به صورت مارپیچی و با گام طراحی ساخته شود و در قالب جاگذاری شود. فاصله آزاد بین دو سیم متوالی نباید از ۱۴ میلی‌متر کمتر باشد. در مورد دیواره لوله‌های بتنی یک‌پارچه که میلگردها در داخل آنها مستغرق می‌شوند، بتن‌ریزی باید به صورت یک‌پارچه انجام شده و عمل پیش تنیدگی توسط انبساط هیدرولیکی زمانی که بتن هنوز تازه است، حاصل شود. پیش تنیدگی هیدرولیکی باید به نحوی کنترل شود تا کشش تعیین شده مورد نیاز در سیم به دست آید. فشار هیدرولیکی را نباید تا بتن لوله حداقل به مقاومت ۳۲ مگا پاسکال نرسیده است از روی آن برداشت. تنش فشاری ناشی از پیش تنیدگی نباید از ۵۵ درصد مقاومت فشاری بتنی در آن زمان تجاوز کنند.

ضخامت پوشش بتنی و یا ملات روی سیم‌های پیش تنیدگی محیطی نباید حداقل از ۲۰ میلی‌متر کمتر باشد و اگر بین ۱۵ تا ۲۰ میلی‌متر است، باید پوشش بتن سیم‌ها تحت آزمون نفوذپذیری قرار گیرد. این آزمون مطابق بند ۶-۳ بر روی ۱ درصد از لوله‌ها اعمال می‌شود.

ترک‌های محیطی در هسته بتنی لوله ناشی از ناپیوستگی پیش تنیدگی در قسمت انتهای سرساده مجاز است، در صورتی که باعث عدم آب بندی اتصال لوله‌ها نشود.

۳-۵-۵ لایه‌های متعدد

اگر لایه‌های متعددی از سیم‌های محیطی پیش تنیده به کار رفته باشد، هر لایه به‌جز لایه آخر باید مطابق با بند ۴-۵-۱ پوشش داده شود، به‌طوری‌که حداقل یک پوشش با ضخامت برابر قطر سیم بر روی هر لایه سیم تأمین شود و سپس مطابق بند ۵-۶ برای یک دوره زمانی که کمتر از هشت ساعت نباشد، عمل‌آوری می‌شود. اولین لایه سیم‌های مسلح‌سازی باید روی هسته بتنی پیچیده شود، لایه‌های بعدی نیز بر روی پوشش لایه‌های قبلی پیچیده می‌شود. ضخامت پوشش لایه آخر باید حداقل پوشش روی سطح فلز را تأمین کند (طبق بند ۵-۵-۲).

۶-۵ عمل‌آوری

تسریع در عمل‌آوری مجاز است و به درجه حرارت، زمان عمل‌آوری و رطوبت اطاق عمل‌آوری بستگی دارد. روش عمل‌آوری باید مطابق ویژگی‌های استاندارد بند ۳-۳ باشد.

۶ آزمون‌های کارخانه

۶-۱ آزمون بتن

حداقل بر روی دو نمونه استوانه‌ای یا مکعبی از هر طرح اختلاط هسته بتنی لوله، آزمون مقاومت فشاری توسط سازنده انجام می‌شود.

۶-۲ آزمون هیدرواستاتیک

۶-۲-۱ کلیات

آزمون هیدرواستاتیک باید به‌نحوی اعمال شود که همه هسته پیش تنیده یا لوله را که شامل سرلاله و سر ساده نیز می‌باشد را در بر گیرد و باید دقت شود که همه هوای داخل لوله قبل از آزمون تخلیه شده و هم چنین سرعت اعمال فشار داخلی نباید از ۲۰۰ کیلو پاسکال در هر ۵ ثانیه تجاوز کند.

۶-۲-۲ لوله‌های دارای استوانه فولادی

از هر ۲۵۰ لوله تولیدی بعد از پوشش، یک لوله باید تحت آزمون هیدرواستاتیک قرار گیرد. فشار کامل هیدرواستاتیک باید برای مدت ۳ دقیقه حفظ شود و در طی این زمان هیچ‌گونه ترک یا نشستی نباید ظاهر شود (به بند ۵-۲-۲ مراجعه شود).

در صورتی که در آزمون هیدرواستاتیک، لوله مردود شود، باید دو لوله دیگر از همان دسته ۲۵۰ تایی تحت آزمون قرار گیرد و اگر هر دو لوله در آزمون قبول شود، آن دسته لوله مورد پذیرش قرار می‌گیرد. اگر یک یا هر دو لوله در آزمون قبول نشود، آن گاه همه لوله‌های آن دسته مردود می‌شوند، یا اینکه هر لوله در این دسته به‌صورت تکی مورد آزمون قرار گیرد تا در صورت قبولی پذیرفته شود.

۶-۲-۳ لوله‌های بدون استوانه فولادی

لوله‌های بدون استوانه فولادی قبل یا بعد از پوشش باید مورد آزمون هیدرواستاتیک قرار گیرد و فشار کامل باید حداقل مدت سه دقیقه حفظ شود و در طی این مدت ترک یا نشستی ظاهر نشود (اگر آزمون بعد از پوشش انجام گیرد به بند ۵-۲-۲ مراجعه شود). اگر نم یا رطوبت بر روی سطح لوله ظاهر شود ولی چکه نکند نشت محسوب نمی‌شود. سازنده می‌تواند لوله‌های مردود را مورد آزمون مجدد قرار دهد. اگر لوله‌ها قبل از پوشش مورد آزمون هیدرواستاتیک قرار گیرند یک لوله از هر ۲۵۰ لوله باید بعد از پوشش مورد آزمون هیدرواستاتیک قرار گیرد. در صورتی که در آزمون هیدرواستاتیک لوله مردود شود باید دو لوله دیگر از همان دسته ۲۵۰ تایی تحت آزمون قرار گیرد. اگر هر دو لوله در آزمون قبول شود، آن دسته لوله مورد پذیرش قرار می‌گیرد. اگر یک یا هر دو لوله در آزمون قبول نشود، آن گاه همه لوله‌های آن دسته مردود می‌شوند، یا اینکه هر لوله در این دسته به‌صورت تکی مورد آزمون قرار می‌گیرد تا در صورت قبولی پذیرفته شود.

۶-۲-۴ فشار آزمون

فشار آزمون هیدرواستاتیک باید به اندازه‌ای اعمال شود که تنش کششی در دیواره لوله با احتساب پیش‌تنیدگی و در زمان آزمون نزدیک به صفر شود.

۳-۶ آزمون نفوذپذیری روی پوشش

۱-۳-۶ هدف آزمون

این آزمون میزان نفوذپذیری بتن یا ملات پوشش لوله تولید شده نهایی را بدون تخریب لوله با استفاده از ابزار متعارف برای اندازه‌گیری مقدار دقیق جذب آب نمونه زیر یک فشار ثابت، تعیین می‌کند.

۲-۳-۶ تواتر آزمون^۱ روی لوله تولیدی

این آزمون باید بر روی یک لوله از هر دسته صد تایی انجام شود. اگر لوله انتخابی در آزمون مردود شود، باید دو لوله دیگر از همان دسته مورد آزمون قرار گیرد. اگر هر دو لوله مورد قبول قرار گرفت، تمام لوله‌های آن دسته پذیرفته است. اگر حتی یکی از لوله‌ها نیز جواب نداد، آن گاه تمام لوله‌های آن گروه مردود می‌شوند و باید برای پذیرش، کلیه لوله‌های آن دسته مورد آزمون قرار گیرد.

۳-۳-۶ لوازم و تجهیزات آزمون

لوازم مورد نیاز در آزمون به‌صورت کلی در شکل ۱ نشان داده شده است.

دقت مورد نیاز لوازم آزمون باید با گواهینامه کنترل کیفیت تایید شود.

لوازم و تجهیزات آزمون شامل موارد زیر است:

- یک محفظه^۲ با قابلیت ارتجاعی که به سطح بیرونی بالای لوله بسته شده است. این محفظه باید دارای روزنه^۳ با سطح تماس معین برای تماس مستقیم بر روی سطح لوله باشد.
- استوانه شیشه‌ای^۴ مدرج که به محفظه‌ای با یک فشارسنج مناسب که در بالای استوانه قرار دارد، متصل شده است.
- یک منبع هوای فشرده که فشاری معادل ۳۰۰ کیلو پاسکال را (با رواداری ± ۲۰ کیلو پاسکال) به‌صورت تنظیم شده و ثابت در بالای محفظه شیشه‌ای وارد می‌کند.

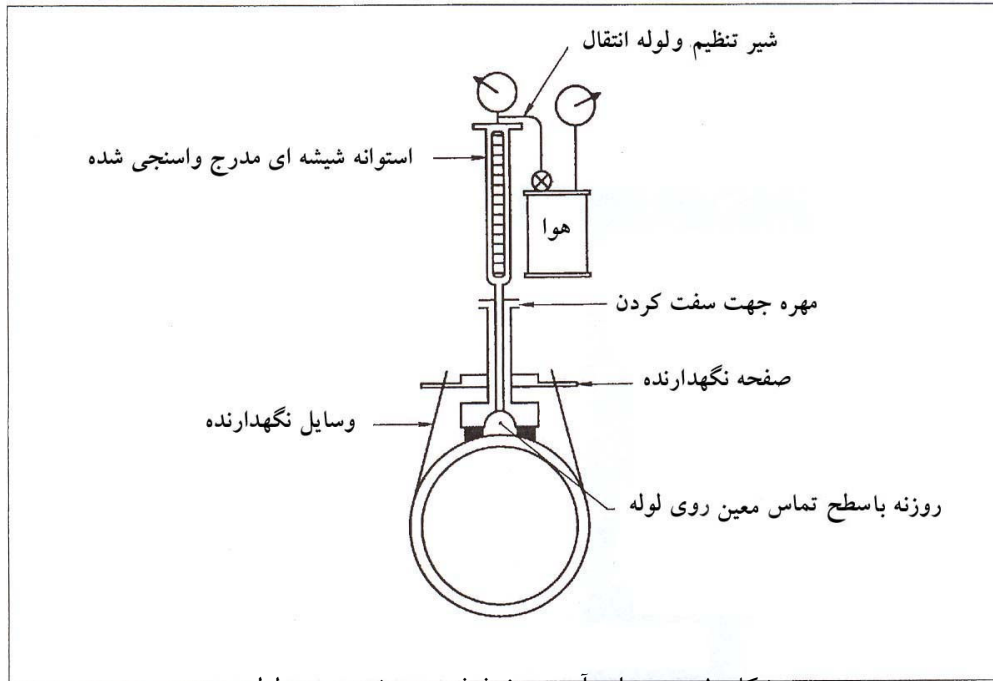
1 - Test Frequency

2 - Chamber

3 - Orifice

4 - Sight glass

- مقدار مناسبی از پودر رنگی قابل حل در آب با غلظت مناسب که قابل رویت بوده و در داخل استوانه بر روی سطح لوله ریخته می شود.
- کرنومتر حداقل شش ساعته با درجه بندی بر حسب دقیقه



شکل ۱-۱- تجهیزات آزمون نفوذپذیری پوشش بتنی لوله

۶-۳-۴ روش آزمون

- پوشش بتنی باید قبل از آزمون به طور کامل با آب اشباع شده باشد.
- آزمون باید برای شش ساعت به صورت مداوم انجام شود.
- لوازم آزمون باید به لوله بسته شده باشد و محفظه شیشه ای با رنگ پر شده باشد.
- منبع هوای فشرده باید متصل شده و کل مجموعه زیر فشار ۳۰۰ کیلو پاسکال (با رواداری ± 20 کیلو پاسکال) از نظرنشتی کنترل شود.

- مقدار رنگ درون استوانه شیشه‌ای باید در هر ۳۰ دقیقه یک‌بار برای مدت شش ساعت زیر فشار ۳۰۰ کیلو پاسکال (با رواداری ± 20 کیلو پاسکال) و تحت شرایط کامل پیوستگی هیدرولیکی رنگ با سطح لوله، اندازه‌گیری شود.

۶-۳-۵ نتایج آزمون

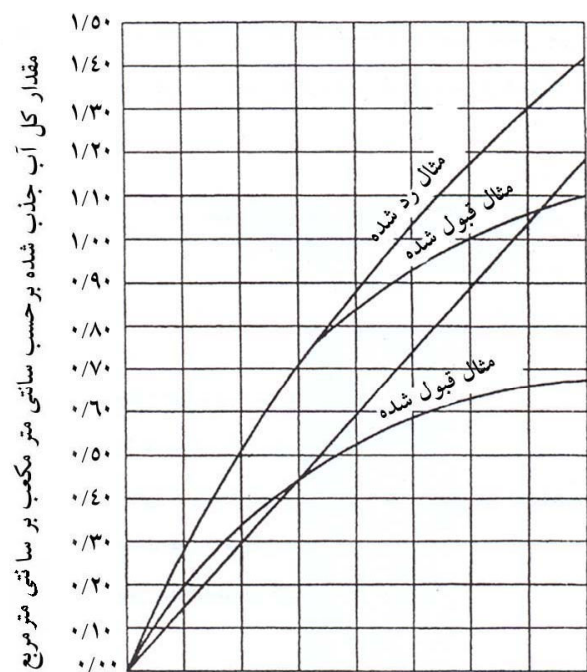
نتیجه آزمون برحسب مقدار رنگی بیان می‌شود که از استوانه شیشه‌ای در فاصله زمانی و در واحد سطح تماس رنگ با سطح لوله خارج می‌شود. مقدار رنگ استوانه شیشه‌ای برحسب سانتی‌متر مکعب و سطح روزنه برحسب سانتی‌متر مربع بیان می‌شود. در هر ۳۰ دقیقه مقدار رنگ خارج شده از استوانه شیشه‌ای اندازه‌گیری می‌شود. شیب منحنی نتایج آزمون در شکل ۲ با استفاده از معادله زیر تعیین می‌شود:

$$\text{مقدار رنگ خارج شده از استوانه شیشه‌ای برحسب سانتی مترمکعب در هر ساعت} \\ = \frac{\text{شیب منحنی}}{\text{مساحت روزنه محفظه روی سطح لوله بر حسب سانتی مترمربع}}$$

۶-۳-۶ معیار پذیرش آزمون

آزمون قابل قبول باید در برگیرنده موارد زیر باشد:

نسبت به دست آمده در بند ۶-۳-۵ برای یک دوره زمانی یک ساعته از دقیقه ۱۲۱ تا دقیقه ۱۸۰، نباید از ۰/۱۵ در ساعت تجاوز کند. اگر در این دوره زمانی نسبت فوق از ۰/۱۵ بیشتر باشد، این نسبت برای دوره‌های زمانی از دقیقه ۱۲۱ تا ۲۴۰، ۳۰۰، ۳۶۰، ۴۲۰ و ۴۸۰ تعیین می‌شود، تا جواب لازم به دست آید. در صورتی که این نسبت پس از ۴۸۰ دقیقه حاصل نشود، لوله مورد آزمون مردود است.



شکل ۲۷- نتایج آزمون های نفوذ پذیری و مثال های مربوط

ساعت های آزمایش

پیوست الف

(اطلاعاتی)

ضوابط خاص برای سیم‌های فولادی با مقاومت بالا برای پیش تنیدگی لوله‌های بتنی با

استوانه فولادی و یا بدون استوانه فولادی

پیش‌تنیدگی سیم‌های فولادی باید با استانداردهای معتبر مطابقت داشته باشد. به‌علاوه سیم‌های فولادی باید الزامات خاصی به شرح زیر را نیز تأمین کند.

الف - ۱ خواص مکانیکی

الف-۱-۱ ازدیاد طول

برای آزمون تأیید باید از یک دسته از یک محموله یا تولیدات هر روز کارخانه سه نمونه حداقل از سه قرقره یا کلاف مختلف نمونه‌گیری، و آزمون شود و حداقل یکی از الزامات زیر را تأمین کند.

- ازدیاد طول نمونه ۲۰۰ میلی متری بر مبنای حداکثر بار ازدیاد طول آزمون به طول ۲۰۰ میلی‌متر عبارتست از مجموع تغییر طول پلاستیک در حداکثر بار وارده (بار وارده ابتدا به حداکثر خواهد رسید و سپس به صفر تقلیل می‌یابد) و ازدیاد طول کشسان که توسط سازنده ارائه می‌شود.

حداقل ازدیاد طول بر مبنای حداکثر بار باید معادل ۳ درصد طول اولیه نمونه باشد.

- ازدیاد طول پایدار^۱ به‌جز قسمت مربوط به باریک شدگی موضعی^۲ برای نمونه اصلی به طول ۱۰۰ میلی‌متر

حداقل ازدیاد طول پایدار که پس از شکستن نمونه اندازه‌گیری می‌شود به‌جز در قسمت باریک شدگی باید ۲ درصد طول اولیه نمونه باشد.

1 - Permanent

2 - Necking

الف - ۱-۲ آزمون پیچش معکوس

برای آزمون تایید باید از یک دسته از یک محموله یا تولیدات هر روز کارخانه سه نمونه حداقل از سه قرقره یا کلاف مختلف برای انجام آزمون نمونه گیری شود.

آزمون باید مطابق چرخه پیچش « ۱-۲-۱ » (طبق بند الف - ۲-۲) بر روی سیم فولادی که بین دو گیره مهاری به فاصله ۵۰ برابر قطر اسمی سیم مهار شده، انجام شود.

تعداد چرخه‌های پیچش پس از ظاهر شدن اولین ترک باید حداقل معادل ۳ چرخه یا بیشتر باشد.

الف - ۱-۳ مقاومت در مقابل شکنندگی هیدروژنی

برای «آزمون تایید» باید از یک دسته از یک محموله یا تولیدات هر روز کارخانه، شش استوانه که دور آن سیم پیچیده شده و حداقل از سه قرقره یا کلاف مختلف تهیه شود. (مطابق بند الف - ۲-۳) اگر زمان شکست شش استوانه بیش از ۹۰ دقیقه باشد، محموله مورد تأیید است.

اگر هر یک از استوانه‌ها زمان شکست کمتر از ۹۰ دقیقه داشته باشد، آزمون مجدداً روی شش نمونه دیگر انجام می‌شود.

– اگر متوسط زمان شکست سه نمونه از بدترین نمونه‌ها در هر یک از دو سری نمونه‌های لوله استوانه‌ای بیشتر از ۹۰ دقیقه باشد، آن دسته از محموله مورد تأیید است. با وجود این اگر در هر یک از دو سری آزمون، یک استوانه و یا بیشتر دارای زمان شکست کمتر از یک ساعت باشد، آن دسته از محموله مردود است.

– اگر متوسط زمان های شکست سه نمونه از بدترین نمونه‌ها در هر یک از دو سری نمونه کمتر از ۹۰ دقیقه باشد، آن دسته از محموله مردود است.

آزمون پس از سه ساعت متوقف می‌شود، اگر در یک سری از آزمون‌ها فقط یک یا دو نمونه استوانه شکسته شود، برای محاسبه متوسط زمان شکست تمام استوانه‌های دیگر، زمان شکست سه ساعت به حساب می‌آید.

الف - ۲ روش های آزمون

الف - ۱-۲ تغییر طول

– تغییر طول پلاستیک در حداکثر بار وارده

تغییر طول پلاستیک با نشانه‌گذاری به طول ۲۰۰ میلی‌متر بر روی سیم فولادی و ثبت نتیجه آزمون روی نمودار (بار، تغییر طول) تا حداکثر بار وارده انجام می‌شود. سپس میزان بارگذاری کم شده تا به حد صفر برسد و تغییر طول نمونه ۲۰۰ میلی‌متری اندازه‌گیری می‌شود. تغییر طول باید قبل از هر گونه باریک شدگی موضعی اندازه‌گیری شود.

– تغییر طول دائمی بدون احتساب باریک شدگی موضعی

قبل از بارگذاری، روی سیم فولادی به طول حداقل ۵۰۰ میلی‌متر، به فواصل ۵۰ میلی‌متری نشانه‌گذاری می‌شود. پس از بارگذاری و پاره شدن قطعه آزمون، طول جدید سیم در فاصله نشانه‌گذاری شده ۱۰۰ میلی‌متر اولیه اندازه‌گیری می‌شود. طول انتخاب شده برای اندازه‌گیری باید دورترین قسمت به محل باریک شدگی موضعی باشد.

الف ۲-۲ پیچش معکوس

آزمون باید روی یک قطعه سیم فولادی به طول حداقل ۷۰ برابر قطر سیم انجام شود. سیم فولادی باید بین دو گیره^۱ که فاصله آنها ۵۰ برابر قطر لوله است، مهار شود و یک دور کامل به سمت راست پیچانده شود، سپس دو دور به سمت چپ و مجدداً یک دور به سمت راست پیچانده شود، تا به حالت اولیه خود برگردد. این چهار دور یک چرخه کامل پیچش را تشکیل می‌دهد که به چرخه پیچش «۱-۲-۱» موسوم است. حداکثر سرعت پیچش باید یک دور در هر ۱۰ ثانیه باشد. وقتی اولین ترک قابل رؤیت به وجود آید، آزمون متوقف می‌شود.

الف ۲-۳ مقاومت در مقابل شکنندگی هیدروژنی (شکست هیدروژنی)

الف ۲-۳-۱ اصول آزمون

روش آزمون بدین ترتیب است که سیم فولادی با تنش یک‌نواخت در حدود و نزدیک به مقدار تنش سیم در زمان بهره‌برداری به دور استوانه‌های با قطر کم پیچیده می‌شود. این استوانه‌ها سپس در یک محلول خورنده در حالی که تحت تاثیر قطبی شدن کاتدی^۲ است، غوطه‌ور می‌شود. این شرایط موجب آزاد شدن هیدروژن و جذب آن توسط سیم فولادی می‌شود.

1 - Jaw

2 - Cathodic polarization

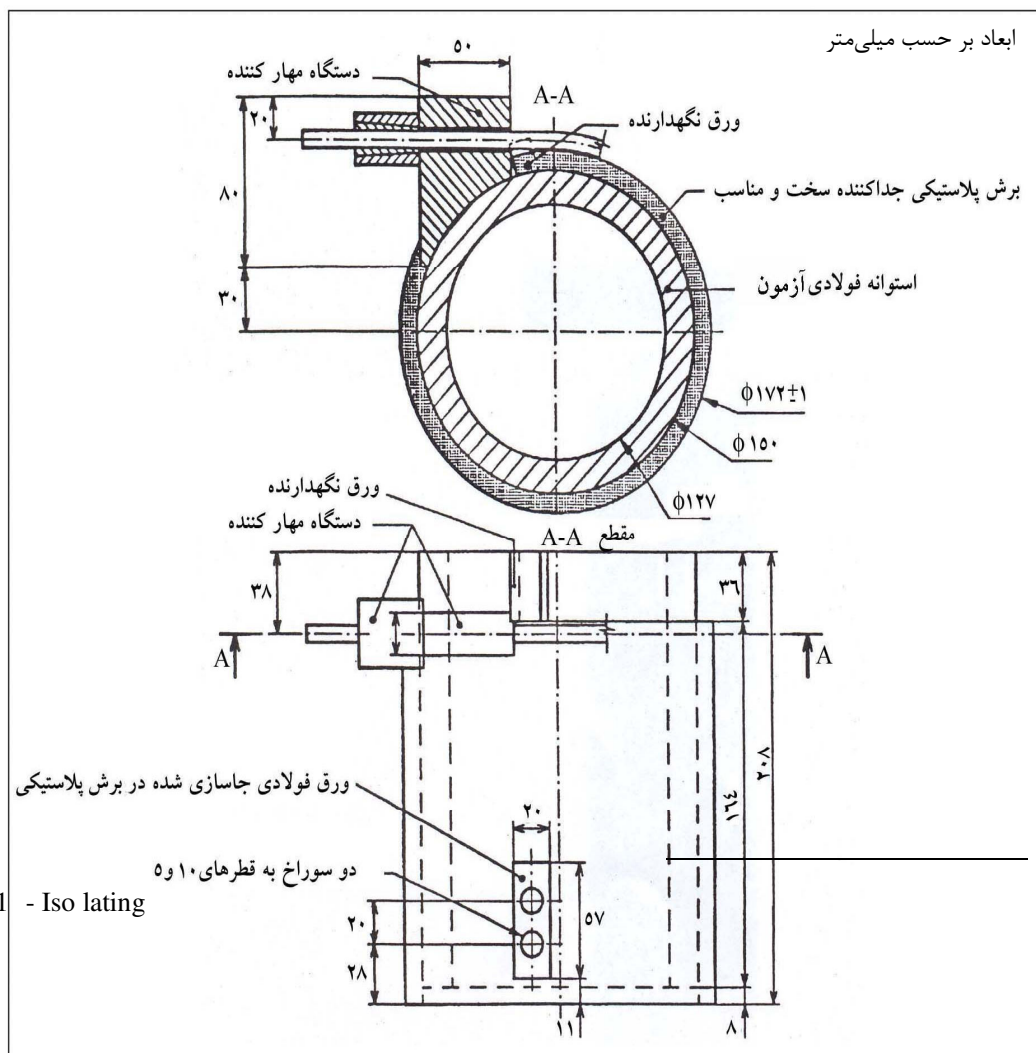
الف - ۲-۳-۲ تهیه آزمون و روش آزمون

الف - ۲-۳-۲ آماده سازی آزمون

استوانه‌ها متشکل از لوله‌های از جنس فولاد نرمه بوده که به‌طریقه سرد کشیده شده است. این استوانه‌ها داخل پلاستیک سخت به قطر خارجی ۱۷۲ میلی‌متر (روا داری ± 1 میلی‌متر) و ضخامت ۱۱ میلی‌متر قرار داده می‌شود و از محیط خورنده جدا^۱ می‌شود.

این سیستم مجهز به قسمت‌های زیر می‌باشد:

- صفحه نگهدارنده‌ای برای اعمال حرکت دورانی در موقع پیچیدن سیم فولادی به‌دور استوانه
 - وسیله‌ای برای مهار کردن سیم در ابتدای پیچیدن آن
 - مهار کننده‌ای که سیم را پس از پیچیده شدن مهار کند.
- شکل الف - ۱ ابعاد استوانه و لوازم جانبی آنرا نشان می‌دهد.



شکل الف - ۱- جزییات استوانه آزمون

انتهای سیمی که باید مورد آزمون قرار گیرد، مجهز به یک مهار کننده است که سیم را روی استوانه نگه می‌دارد. با پیچیدن یک دور سیم روی استوانه بدون اینکه تنش داخلی آن ایجاد شود، این مهار کننده را در جای خود نگه می‌دارد. سپس سیم تحت تنش آزمون همان‌گونه که در زیر تعیین شده قرار می‌گیرد و پیچیدن آن با تنش ثابت تا ۷ دور در هر استوانه ادامه می‌یابد. پیچیدن سیم با سرعت خطی ثابت ۴۰ میلی‌متر در هر ثانیه (روا داری ± 5 میلی‌متر) انجام می‌شود. زمانی که پیچیدن سیم تکمیل شد، برای حفظ تنش داخلی، سیم در جای خود توسط پیچ‌های گیره‌ای نگهداشته می‌شود.

پس از آزاد شدن تنش در قسمت آزاد سیم این قسمت بریده می‌شود. روی سیم و استوانه نشانه‌گذاری می‌شود تا اطمینان حاصل شود که بعداً لغزشی صورت نگرفته باشد. سیم فولادی باید بیشتر از ۰٫۷۵ و کمتر از ۱٫۵ دور تاب^۱ داشته باشد. اتصال الکتریکی، در انتهای مهار شده سیم فولادی انجام می‌شود.

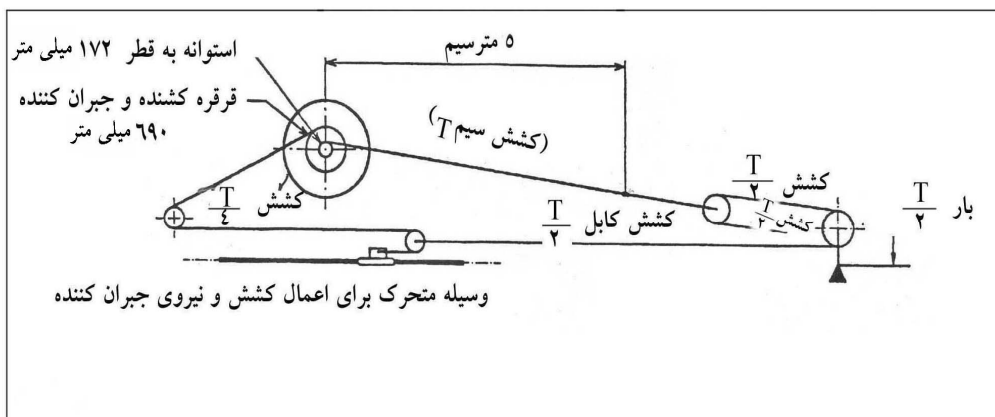
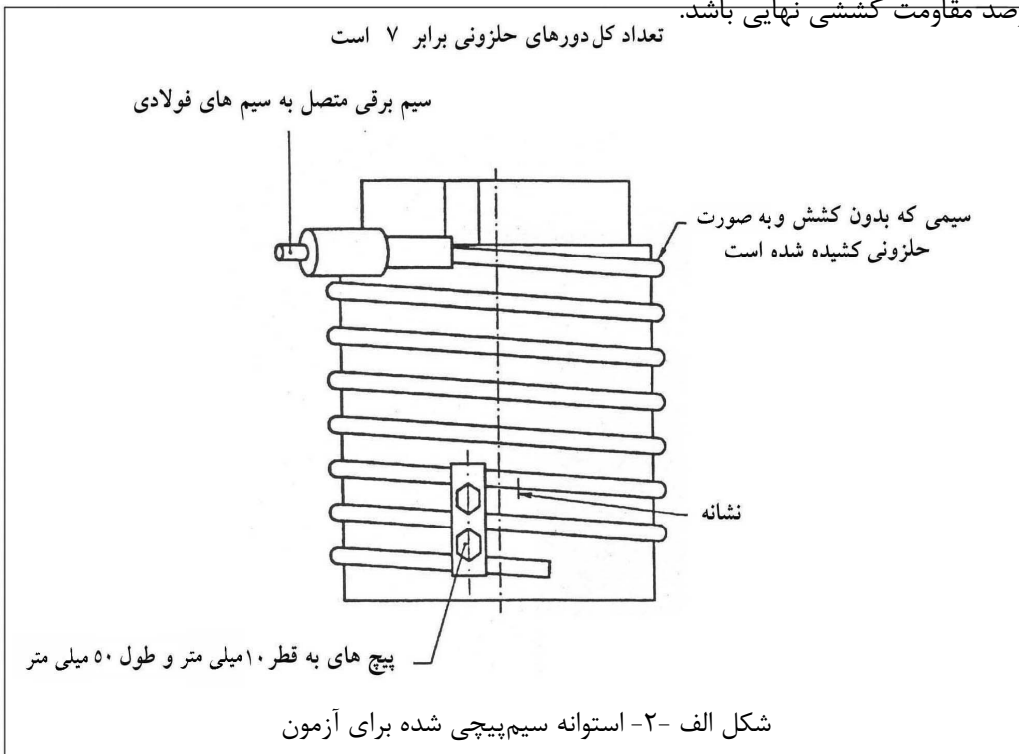
شکل الف - ۲ استوانه سیم پیچ شده و شکل الف - ۳ اصول سیستم مورد استفاده برای پیچیدن سیم به دور استوانه را نشان می‌دهد. بعد از پیچیدن سیم، مهاری‌های نگهدارنده با مواد خمیری ضد زنگ پوشانده می‌شود تا از تماس با محلول خورنده محافظت شود.

ظرف مدت زمان ۲۴ ساعت پس از پیچیدن، سیم استوانه باید به صورت نیمه مستغرق در یک محلول خورنده در دمای $(18 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ نگهداری شود (به شکل الف - ۴ مراجعه شود).

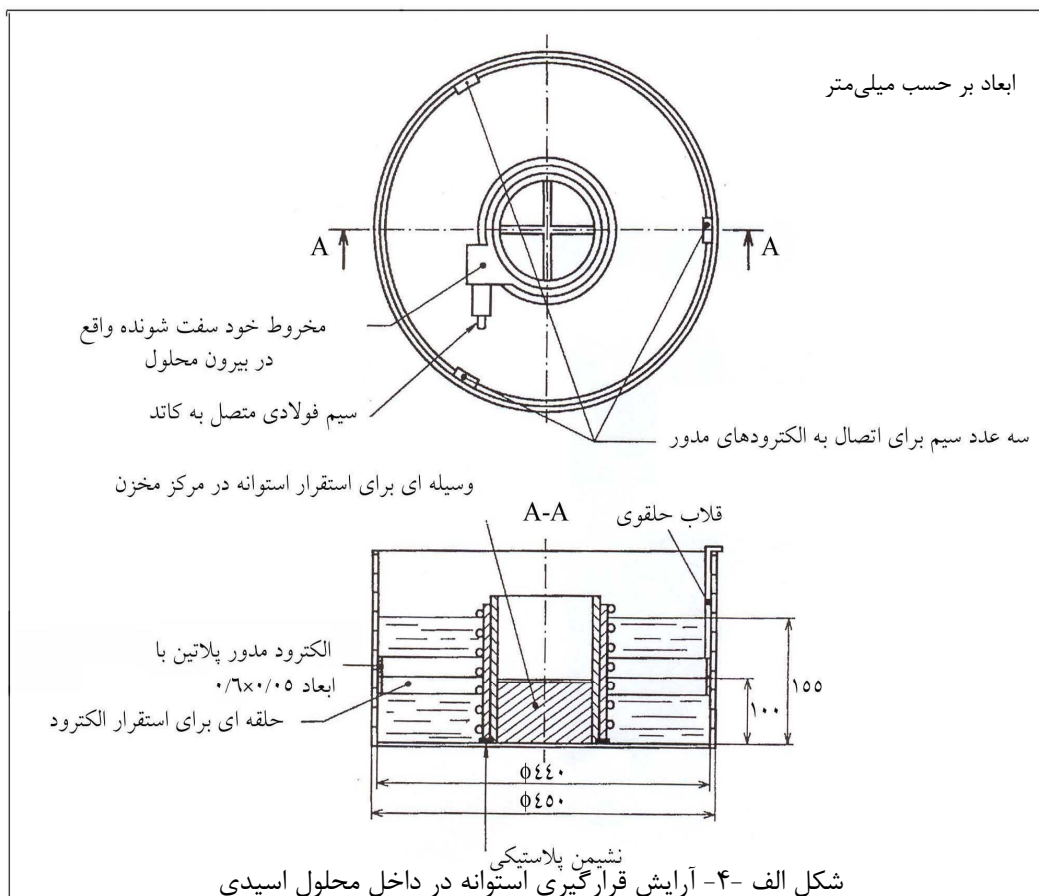
الف ۲-۳-۲ تنش حاصل از پیچیدن

تنش حاصل از پیچیدن باید معادل ۷۵ درصد مقاومت کششی نهایی تضمین شده توسط فروشنده باشد. در صورتی که کشش نهایی واقعی تضمین شده، مشخص نباشد، تنش حاصل از پیچیدن باید ۷۰ درصد مقاومت کششی واقعی سیم فولادی باشد. رواداری تنش حاصل از پیچیدن باید ± 10

درصد مقاومت کششی نهایی باشد. تعداد کل دورهای حلزونی برابر ۷ است



شکل الف -۳- نمونه‌ای از آرایش سیم‌پیچی استوانه‌های آزمون



الف - ۲-۳-۳- محلول آزمون

محلول در یک مخزن استوانه‌ای غیرعادی و مقاوم در مقابل اسید ریخته می‌شود. محلول حاوی

اسید هیدروکلریک $\frac{1}{2}$ نرمال تهیه می‌شود (دارای $\frac{1}{2}$ مول اسید هیدروکلریک در هر لیتر است).

این محلول خالص برای تجزیه نامیده می‌شود و دارای حداکثر مواد خارجی به شرح زیر است.

مواد غیر فرار باقیمانده کمتر از ۰/۰۰۱۰ درصد

فلزات سنگین (حسب سرب) کمتر از ۰/۰۰۰۲ درصد

آهن (Fe) کمتر از ۰/۰۰۰۵ درصد

کمتر از ۰/۰۰۰۱ درصد	آرسنیک (As)
کمتر از ۰/۰۰۱۰ درصد	بروم (Br)
کمتر از ۰/۰۰۰۲ درصد	سولفات (SO ₄)
کمتر از ۰/۰۰۰۲ درصد	مواد اکسیدان (حسب CO)
کمتر از ۰/۰۰۱۰ درصد	مواد احیاء کننده (حسب SO ₂)

نرمالیده محلول باید بین ۰/۴۸ تا ۰/۵۲ شود، محلول باید حاوی ۲۰ لیتر آب مقطر دارای مقاومت الکتریکی بین ۵۰۰ اهم تا ۸۰۰ اهم باشد که بدین منظور به مقدار لازم اسید هیدروکلریک برای تهیه محلول $\frac{1}{2}$ نرمال به آن اضافه می‌شود.

محلول برای هر بار آزمون باید تعویض شود.

شکل الف-۴ اندازه مخزن و ترتیب قرار گیری استوانه در داخل محلول اسیدی را نشان می‌دهد. آند باید به سطح محیطی داخل مخزن در ارتفاع میانی استوانه سیم پیچ شده وصل گردد. استوانه توسط وسیله مناسبی در وسط مخزن گذارده می‌شود و کف آن بر روی سطح لاستیکی قرار می‌گیرد.

الف -۲-۳-۴ قطبی شدن کاتدی

به وسیله عبور جریان یک سو از داخل محلول بین آند از نوع پلاتین و کاتد که همان سیم فولادی تحت آزمون است، قطبی شدن حاصل می‌شود. جریان بلافاصله پس از قرار دادن استوانه در داخل محلول برقرار می‌گردد.

شدت جریان یک سو نباید از مقادیر تعیین شده بیشتر از ± 10 درصد تغییر کند. آند و کاتد باید به تابلوی برق دستگاه یک سو کننده وصل شوند و مجهز به وات متر باشند تا بتوان مقدار جریان عبوری را تنظیم کرد. آند باید به سه نقطه با فاصله مساوی از هم به دیواره مخزن اتصال یابد

به طوری که توان^۱ آن در همه نقاط محیطی مخزن یکسان باشد. شدت قطبی شدن کاتدی باید

برابر ۱ میلی آمپر به ازای هر سانتی متر مربع سطح جانبی سیم غوطه ور در محلول باشد .

الف - ۲-۳-۵ مدت آزمون

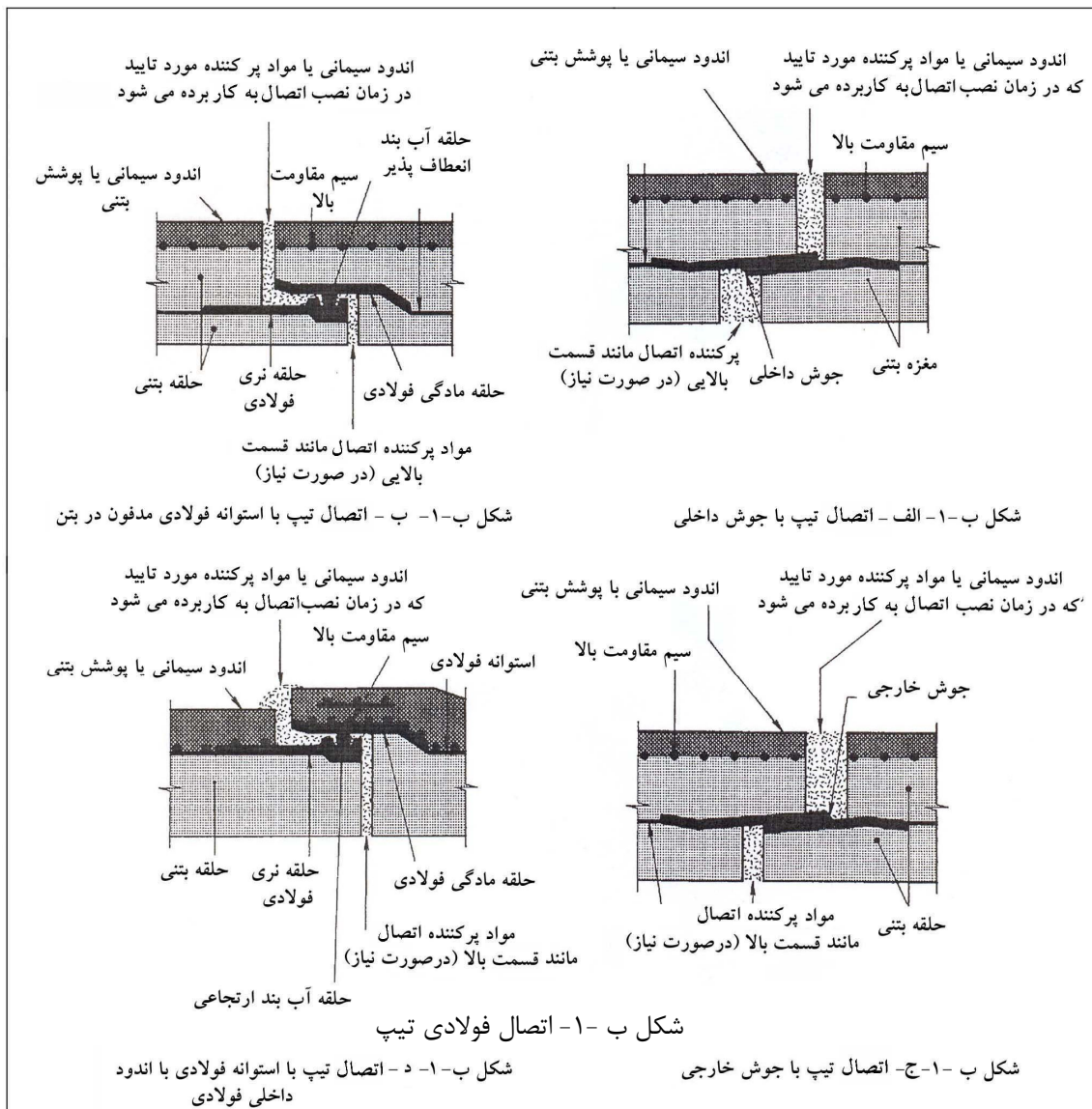
مدت آزمون باید سه ساعت باشد. زمان شکستن نمونه باید ثبت شود.

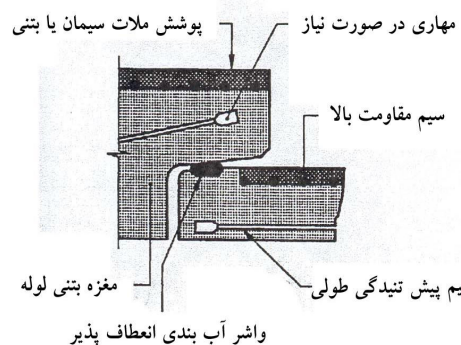
الف - ۲-۳-۳ نتیجه آزمون

نتیجه آزمون بر مبنای زمان شکست است که از لحظه غوطه ور کردن آزمون در محلول تا لحظه

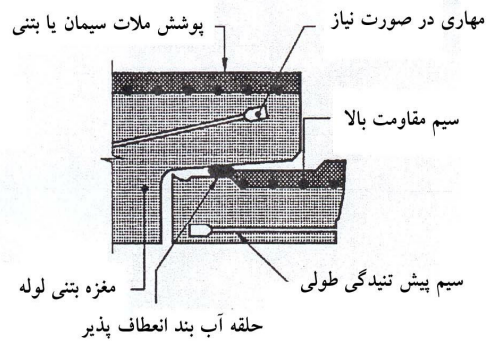
شکستن سیم فولادی پیش تنیده اندازه گیری می شود.

پیوست ب
(اطلاعاتی)
اتصال‌های تیپ

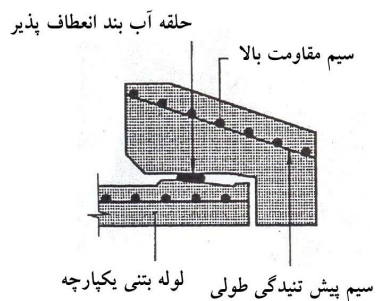




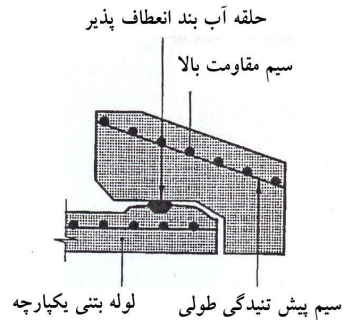
شکل ب- ۲- ب - اتصال تیپ با واشر لغزنده



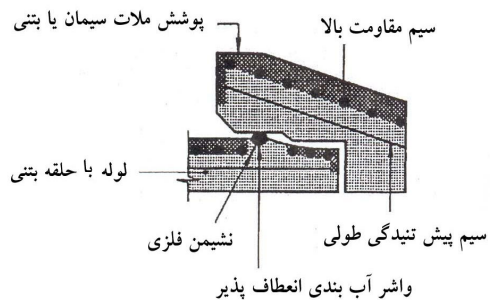
شکل ب- ۲- الف- اتصال تیپ با واشر غلطان



شکل ب- ۲- د - اتصال تیپ لوله های یکپارچه با واشر غلطان



شکل ب- ۲- ج- اتصال تیپ لوله های یکپارچه با واشر لغزه



شکل ب- ۲- اتصال بتنی تیپ
شکل ب- ۲- ه- اتصال تیپ واشر لغزه با نشیمن فلزی برای واشر آب بندی

پیوست ج

(اطلاعاتی)

راهنمای طراحی لوله‌های بتنی پیش تنیده با استوانه فولادی

نمادها

A_c	سطح مقطع لوله
A_s	سطح مقطع سیم‌های پیش تنیده در واحد طول
E_c	مدول کشسانی ^۱ مغزه بتنی
E_{ci}	مدول کشسانی اولیه مغزه بتن
E_r	مدول کشسانی در پوشش
E_s	مدول کشسانی فولاد
f_s	تنش اولیه در سیم‌های پیش تنیده
N_{ov}	نیروی معمول ایجاد شده در اثر بارهای خارجی، وزن لوله و وزن آب
r_c	شعاع خارجی مغزه
r_i	شعاع داخلی لوله
r_r	شعاع خارجی پوشش
r_{sc}	شعاع داخلی استوانه فولادی
t_{sc}	ضخامت استوانه فولادی
ϵ_c	کرنش جمع شدگی مغزه بتنی
ϵ_r	کرنش جمع شدگی پوشش بتن
$c\phi$	ضریب خزش مغزه بتنی
$r\phi$	ضریب خزش پوشش بتنی

روند محاسبه با توجه به پیش فرض‌های زیر انجام گرفته است :

- سطح مقطع سیم‌های پیش تنیده
- مشخصات هندسی لوله

- مشخصات مصالح لوله
 - مقدار بیضوی شدن مناسب
 - تنش‌های پیش تنیدگی
- و سپس حداکثر فشار کار محاسبه می‌شود.
- ضرایب معادل

$$n_i = \frac{E_s}{E_{ci}} \text{ و } n = \frac{E_s}{E_c}, n_\gamma = \frac{E_s}{E_r}, n_r = \frac{E_r}{E_c}$$

$$r_{co} = r_c + (n-1)t_{sc} = \text{معادل شعاع خارجی مغزه}$$

$$r_{ro} = r_r + (n-1)t_{sc} = \text{معادل شعاع خارجی پوشش}$$

ضرایب لازم

$$A = \frac{2r_i^2}{r_{co}^2 - r_i^2}, B = A + 1, C = A + 2$$

$$A_r = \frac{2r_{co}^2}{r_{ro}^2 - r_{co}^2}, B_r = A_r + 1, B_s = \frac{r_c}{A_s}$$

$$k = \frac{B}{B_r}$$

$$D = n_r \times B(B_s + n_\gamma \times B_r) + B_r \times B_s$$

مشخصات هندسی

$$t_{ro} = (r_c + r_i) + (n-1)t_{sc} + (n-n_r)A_s + n_r(r_r - r_c) = \text{ضخامت معادل کل جداره لوله}$$

$$y_i = \frac{(r_c + r_i)^2}{2t_{ro}} + \frac{(n-1)t_{sc}(r_{sc} - r_i)}{t_{ro}} + \frac{(n-n_r)A_s(r_c - r_i)}{t_{ro}} + \frac{n_r(r_r - r_c)(r_r + r_c - 2r_i)}{2t_{ro}}$$

فاصله محور خنثی تا سطح داخلی مغزه

$$y_e = r_c - r_i - y_i$$

$$y_r = r_r - r_c + y_e$$

$$i_o = \frac{1}{12}(r_c - r_i)^3 + (r_c - r_i) \left[y_i \frac{r_c - r_i}{2} \right]^2 + (n-1)t_{sc}(r_i + y_i - r_{sc})^2 + (n-n_2)A_s y_e^2$$

$$+ \frac{1}{12}n_2(r_r - r_c)^3 + n_2(r_r - r_c) \left[\frac{r_r - r_c}{2} \right]^2$$

لنگر ماند^۱ معادل سطح مقطع کل =

محاسبه تنش‌های محیطی

الف - تنش‌های کششی پدیدار شده بلافاصله بعد از سیم پیچی:

$$\Delta'f_s = \frac{n_i f_s}{\nu B_s} \times \frac{r_c + r_i}{r_c - r_i} = \text{کاهش کشش اولیه در پیش‌تنیدگی به دلیل تغییر شکل ارتجاعی بتن}$$

$$f'_s = f_s - \Delta'f_s$$

$$f'_{ci} = -\frac{CA_s f'_s}{r_c} = \text{تنش کششی در سطح داخلی مغزه}$$

$$f'_{ce} = -\frac{BA_s f'_s}{r_c} = \text{تنش کششی در سطح خارجی مغزه}$$

ب - کشش نهایی ناشی از پیش‌تنیدگی:

افت نهایی در فولاد ناشی از وادادگی در اثر گذشت زمان $\Delta''f_s$

$$f''_s = f'_s - \Delta''f_s$$

$$\Delta'''f_s = 2 \frac{n\varphi_c A_s B f''_s (1 - \varphi_r) - E_s \varepsilon_r (1 + \varphi_r) r_c - E_r \varepsilon_r n_2 k r_c}{2r_c (1 + \varphi_r + n_2 k) + n A_s B (1 + \varphi_r) (2 + \varphi_c)}$$

افت تنش فولاد ناشی از جمع شدگی و خزش بتن

$$f_1 = \frac{E_s E_r + \Delta'''f_s}{n_1 B_r (1 + \varphi_r)} = \text{تنش فشاری به وجود آمده در پوشش}$$

$$\Delta''f_s = \Delta''f_s \left[1 - 2 \frac{\Delta'''f_s}{f_s} \right] = \text{مجموع افت نهایی تنش در فولاد}$$

$$f'''_s = f_s - (\Delta'f_s + \Delta''f_s + \Delta'''f_s)$$

$$f'''_{ci} = -C \left[\frac{A_s f'''_s}{r_c} - f_1 \right] = \text{کشش نهایی در سطح داخلی مغزه}$$

$$f_{ce}''' = -B \left[\frac{A_s f_s'''}{r_c} - f_1 \right] = \text{کشش نهایی در سطح خارجی مغزه}$$

ج - تنش‌های کششی به وجود آمده در اثر بارهای خارجی، وزن لوله و وزن آب:

$$f_{ci.ov} = \frac{N_{ov}}{t_{ro}} + \frac{M_{yi}}{\ell_o} \quad \text{در سطح داخلی مغزه}$$

$$f_{ce.ov} = \frac{N_{ov}}{t_{ro}} + \frac{M_{yr}}{\ell_o} \quad \text{در سطح خارجی مغزه}$$

د - تنش‌های کششی ناشی از فشار داخلی:

$$f_{ci.p} = BP - \frac{C n_i A}{D} (B_s + n_i \times B_r) \quad \text{در سطح داخلی مغزه}$$

$$f_{ce.p} = AP - \frac{B n_i A}{D} (B_s + n_i \times B_r) \quad \text{در سطح خارجی مغزه}$$

ه - تنش کششی کل برابر است با جمع تنش حلقوی و خمشی:

ترکیب تنش‌های حلقوی و خمشی ایجاد شده در هسته لوله باید برای کلیه شرایط بند ۲-۲-۵ محاسبه گردند. سطح مقطع سیم فولادی، فاصله سیم‌های محیطی پیش‌تنیدگی باید به نحوی باشد که الزامات بند ۲-۲-۵ را تأمین کند.

توجه: هنگامی که تنش‌های حلقوی محاسبه می‌شود، فقط ضخامت مغزه در نظر گرفته می‌شود. هنگامی که تنش خمشی محاسبه می‌شود، ضخامت دیواره برابر ضخامت مغزه و پوشش در نظر گرفته می‌شود. برای محاسبه بارهای خارجی، لنگر ماند و تنش‌های محوری به زیر تبصره بند ۴-۴ ویژگی‌های استاندارد بند ۳-۳ مراجعه شود.

پیوست د

(اطلاعاتی)

راهنمای طراحی لوله‌های بتنی پیش تنیده بدون استوانه فولادی

د-۱ کلیات

لوله‌های بتنی پیش تنیده بدون استوانه فولادی باید به‌نحوی طراحی شوند که در مقابل فشار داخلی (حلقوی) و فشار خارجی (خمشی) که توسط خریدار مشخص شده، مقاومت کنند و الزامات بند ۲-۲-۵ را تامین کنند.

د-۲ روند محاسبه پیش تنیدگی محیطی

تنش‌های حلقوی باید با استفاده از معادله زیر برای هر شرط (برای هر یک از شرایط مندرج در بند ۲-۲-۵ و فشار داخلی و خارجی مشخص شده توسط خریدار) تعیین شود.

$$= \frac{PD_i}{2(A_c + nA_s)} f_{tp}$$

که در آن:

f_{tp} تنش کششی در دیواره لوله

P فشار (فشار طراحی یا حداکثر فشار طراحی یا فشار آزمون کارگاهی، بنا به مورد

D_i قطر داخلی لوله

A_c سطح مقطع یک دیواره مغزه در واحد طول

A_s سطح مقطع آهن در واحد طول

$n = ۵$ (نسبت مدول ها ..)

تنش خمشی باید با استفاده از معادله زیر برای هر شرط محاسبه شود.

$$f_{tf} = \frac{6M}{t^2}$$

که در آن:

f_{ff} تنش خمشی کششی در دیواره لوله

M حداکثر لنگر خمشی در واحد طول با توجه به فرمول‌های شناخته شده مانند فرمول الندر^۱ محاسبه می‌شود که در آن وزن لوله، وزن آب، بارهای مرده و زنده و شرایط بستر مناسب طراحی بنا به مورد منظور شده است.

t کل ضخامت جداره

تنش کششی کل با جمع تنش‌های حلقوی و خمشی برابر است. ترکیب تنش‌های خمشی و کششی با توجه به بند ۵-۲-۲ برای دو حالت زیر نباید از $0.13\sqrt{f_{ck}}$ تجاوز کند. سطح مقطع سیم‌ها، کشش ایجاد شده بعد از افت (به بند **D** - ۴ رجوع شود) و فواصل سیم‌های پیش تنیده محیطی باید، با توجه به الزامات مندرج در بند ۵-۲-۲ تعیین شود. توجه: در محاسبه تنش حلقوی، ضخامت دیواره باید برابر ضخامت مغزه در نظر گرفته شود. در هنگام محاسبه تنش خمشی بیضوی شدن ضخامت دیواره باید برابر مجموع ضخامت مغزه و پوشش منظور شود. برای محاسبه بارهای خارجی به بند ۴-۴ ویژگی‌های استاندارد بند ۳-۳ مراجعه شود.

د - ۳ الزامات محاسبه پیش تنیدگی

پیش تنیدگی طولی مورد نیاز (**long f_c**) برابر است با حداکثر مقدار به دست آمده در شرایط زیر:
د - ۳ - ۱ لوله باید طوری طراحی شود که تنش‌های خمشی ثانویه حاصل از پیچش سیم پیچی حلقوی بدون ترک خوردن، با توجه به فرمول زیر مقاومت کند:

برحسب پاسکال $\frac{f_c}{3} - 2/4 =$ (تنش پیش تنیدگی بعد از افت - به بند د - ۴ مراجعه شود) **long f_c**

fc تنش محیطی (به بند د - ۲ مراجعه شود)

د - ۳ - ۲ - پیش تنیدگی در بتن (بعد از افت‌ها به بند د - ۴ مراجعه شود) نباید کمتر از ۰.۷ مگا پاسکال باشد.

د - ۴ افت پیش تنیدگی

مجموع افت پیش تنیدگی در فولاد تنیده باید برابر مجموع اجزای زیر در هر جا که مناسب باشد، فرض شود

د - ۴ - ۱ افتهای فوری

افتهای فوری (بعد از بتن ریزی) که در اثر تغییرات کشسان بتن به وجود می آید، برابر $\frac{3}{2} f_{ci}$ می باشد.

که در آن:

f_{ci} تنش اولیه در بتن می باشد

برای فولاد طولی نیز، هر جا که صدق نماید، افتهای فوری (حین بتن ریزی) در اثر جاگذاری سرهای سیم، جمع شدن (کوتاه شدن) قالب، کش آمدن سیم به دلیل ریختن و متراکم کردن بتن منظور می شود.

$$\text{افت} = \frac{2E_s}{L}$$

مقدار E_s در زمان تنش آزاد شده^۱، 2×10^5 مگاپاسکال و در هنگام کشیدن 193×10^5 مگاپاسکال میباشد

و با فرض $L = ۸۰$ میلی متر + طول موثر

د - ۵ افتهای تأخیری

در غیاب داده های آزمون تایید شده، مقادیر زیر باید برای بتن فرض شود:

$$E_s = ۰/۰۰۰۱ \text{ افت ناشی از جمع شدگی بتن}$$

$$f_{ci} = ۲/۵ \text{ افت ناشی از خزش بتن}$$

افت ناشی از رهاسازی در فولاد باید دو برابر درصد رهاسازی بعد از ۱۰۰۰ ساعت که از داده های آزمون معتبر به دست آمده، فرض شود. در غیاب داده های آزمونی افت تنش در اثر رهاسازی باید

۱۶ درصد تنش پیش از افت‌های معمول تنش در سیم‌های آزاد شده، و یا ۶ درصد برای تنش با رهاسازی پایین در سیم‌های آزاد شده و ۱۴ درصد برای سیم‌های کشیده شده فرض شود.

ICS: 23.040.50

صفحه : ۳۸
