



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

Institute of Standards and Industrial Research of Iran



استاندارد ملی ایران

۱۳۱۱۰

چاپ اول

**ISIRI**

**13110**

**1 st. Edition**

لوله‌های بتنی مسلح تحت فشار بدون استوانه  
فولادی و اتصالات و متعلقات

**Reinforced Concrete Pressure Pipes,  
non-cylinder type, including Joints and  
fittings**

ICS:23.040.10;23.040.40;23.040.30;23.040.50

## 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 حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان مؤسسه\* صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود 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، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذیصلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شود که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که مؤسسه استاندارد تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup> کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، 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 می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، مؤسسه استاندارد این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی 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

1- International organization for Standardization

2- International Electro technical Commission

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

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد  
لوله‌های بتنی مسلح تحت فشار بدون استوانه فولادی و اتصالات و متعلقات

**رئیس:**

میرزایی، حسن  
(فوق لیسانس مهندسی مکانیک)

**دبیر:**

کاظم‌زاده، مهین  
(لیسانس مهندسی راه و ساختمان)

**اعضاء:**

ایمان‌زاده، سایه  
(لیسانس شیمی کاربردی)

تولایی، علیرضا  
(فوق لیسانس مهندسی راه و ساختمان)

رئیس قاسمی، امیرمازیار  
(فوق لیسانس مهندسی عمران)

ستوده، علیرضا  
(لیسانس مهندسی عمران)

معین‌پور، محمد  
(فوق لیسانس مهندسی عمران)

امینی، داود  
(فوق لیسانس مهندسی عمران)

**سمت و / یا نمایندگی**

شرکت مهندسین مشاور آبسو

وزارت نیرو - طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت  
آب کشور

وزارت نیرو - دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا

وزارت نیرو - عضو کمیته تخصصی آب طرح تهیه ضوابط  
و معیارهای فنی صنعت آب کشور

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

نماینده کارخانه لوله‌سازی تهران

کارشناس آزاد

نماینده شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ج	آشنایی با مؤسسه‌ی استاندارد
د	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
ز	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف
۱	۲ دامنه کاربرد
۱	۳ مراجع الزامی
۲	۴ اصطلاحات و تعاریف
۲	۵ مصالح
۲	۵-۱ سنگدانه‌ها
۲	۵-۲ سیم‌های فولادی لوله‌های بتنی از نوع DRP
۲	۶ طرح و ساخت لوله
۲	۶-۱ الزامات عمومی
۳	۶-۱-۱ ضخامت جداره
۳	۶-۲ طراحی لوله
۳	۶-۲-۱ کلیات
۴	۶-۲-۲ معیار طراحی بار ترکیبی
۴	۶-۳ میلگردگذاری
۴	۶-۳-۱ میلگردگذاری محیطی برای لوله بتنی مسلح
۵	۶-۳-۲ میلگردگذاری محیطی برای لوله‌های DRP
۵	۶-۳-۳ میلگردهای طولی (مسلح‌سازی طولی)
۵	۶-۳-۴ میلگردهای طولی برای لوله‌های DRP
۵	۶-۳-۵ میلگردهای طولی پیش‌تنیده
۶	۶-۳-۶ حداقل پوشش بتنی فولاد
۶	۶-۴ بتن و ملات
۶	۶-۴-۱ طرح اختلاط
۶	۶-۴-۲ مقاومت بتن
۶	۷ آزمون کارخانه‌ای
۶	۷-۱ آزمون‌های بتن
۶	۷-۲ آزمون‌های لوله

## فهرست مندرجات (ادامه)

صفحه	عنوان
۶	۱-۲-۷ آزمون فشار هیدرواستاتیک
۶	۲-۲-۷ آزمون سه لبه‌ای (خردشدگی) لوله‌های بتنی مسلح
۹	۳-۲-۷ آزمون مرکب خردشدگی و فشار برای لوله‌های با میلگرد توزیع شده
۱۰	۴-۲-۷ آزمون مرکب خمش و فشار برای لوله‌های با میلگردهای توزیع شده

## پیش‌گفتار

استاندارد «لوله‌های بتنی مسلح تحت فشار بدون استوانه فولادی و اتصالات و متعلقات» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط به طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور - دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفای وزارت نیرو تهیه و تدوین شده و در پانصد و شصت و هفتمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مکانیک و فلزشناسی مورخ ۸۹/۸/۱۷ 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، به‌عنوان 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 تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد. منبع و مأخذی که برای تدوین این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

1. EN 640:1995, Reinforced concrete pressure pipes and distributed reinforcement concrete pressure pipes (non-cylinder type), including joints and fittings.

## لوله‌های بتنی مسلح تحت فشار بدون استوانه فولادی و اتصالات و متعلقات

### ۱ هدف

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین الزامات ساخت لوله‌های بتنی مسلح تحت فشار بدون استوانه فولادی است که به صورت محیطی پیش‌تنیده نشده و دارای میلگردهای فولادی است (RCP)<sup>۱</sup> یا دارای سیم‌های فولادی با قطر کم که در چند لایه و به صورت یکنواخت در تمام جداره توزیع شده است (DRP)<sup>۲</sup>.

### ۲ دامنه کاربرد

این استاندارد برای لوله‌های بتنی مسلح تحت فشار بدون استوانه فولادی برای انتقال آب با قطر mm ۳۰۰ تا mm ۴۰۰۰ کاربرد دارد. لوله‌هایی با قطر بزرگتر را نیز می‌توان با ضوابط این استاندارد ساخت.

این نوع لوله‌ها را می‌توان برای فشارهای داخلی، بارهای خارجی و شرایط بسترسازی مختلف که توسط خریدار تعیین شده است، طراحی کرد.

حداکثر فشار طراحی لوله‌های RCP نباید از ۵۰۰ KPa (پنج بار یا پنجاه متر ستون آب) تجاوز کند. توصیه می‌شود از لوله‌های نوع RCP برای فشار کار حداکثر ۳۵۰ KPa استفاده شود و نباید فشار کار به‌علاوه فشار سرچ از ۵۰۰ KPa تجاوز نماید. در مورد لوله‌های نوع DRP یا لوله‌های بتنی با سیم فولادی که به‌صورت یکنواخت در چند لایه مارپیچی شده است، حداکثر فشار طراحی<sup>۳</sup> می‌تواند تا ۲۰۰۰ KPa نیز باشد.

**یادآوری** - لوله‌ها و متعلقاتی که در تماس دائم و یا موقت با آب آشامیدنی است، نباید اثر سوء بر کیفیت آب داشته باشد. رعایت توصیه‌های سازمان بهداشت جهانی و استاندارد بند ۳-۱ و ۳-۲ در مورد کیفیت آب آشامیدنی ضروری می‌باشد. این استاندارد باید به همراه استاندارد بند ۳-۳ به کار برده شود.

### ۳ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده 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 مورد نظر 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 مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

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

۲-۳ استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۱۱: سال ۱۳۸۶ آب آشامیدنی - ویژگی‌های میکروبیولوژی

---

1- Reinforced concrete pipe  
2- Distributed reinforcement pipes  
3- Maximum Design Pressure

۳-۳ استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۱۱۱: سال ۱۳۸۹ الزامات کلی لوله‌های بتنی مسلح تحت فشار شامل اتصالات و متعلقات

۳-۴ آیین‌نامه بتن ایران - نشریه شماره ۱۲۰ معاونت امور پشتیبانی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

#### ۴ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد تعاریف و اصطلاحات به کار رفته مطابق تعاریف استاندارد بند ۳-۳ می‌باشد.

#### ۵ مصالح

مصالح باید با مفاد استاندارد بند ۳-۳، تطابق داشته باشد.

ضوابط دیگر به شرح زیر است:

#### ۱-۵ سنگدانه‌ها

حداکثر اندازه سنگدانه لوله‌های نوع RCP نباید از یک سوم ضخامت جداره لوله و یا ۳۲ mm بیشتر باشد. در مورد لوله‌های بتنی مسلح از نوع DRP حداکثر اندازه سنگدانه نباید از فاصله سیم‌های فولادی و یا ۴ mm بیشتر باشد.

#### ۲-۵ سیم‌های فولادی لوله‌های بتنی از نوع DRP

سیم‌های فولادی مصرفی در تولید لوله‌های بتنی از نوع DRP باید مطابق استاندارد بند ۳-۳ باشد و مقاومت کششی مشخصه<sup>۱</sup> نباید کمتر از ۸۰۰ MPa باشد و رواداری قطر آن نیز باید حداکثر  $\pm 0.4$  mm باشد.

#### ۶ طرح و ساخت لوله

#### ۱-۶ الزامات عمومی

لوله‌ها باید دارای ویژگی‌های اصلی زیر باشند:

یک قفسه مسلح کننده، و یا قفسه‌هایی از میلگردهای گرد و سیم‌ها و یا شبکه‌های مدفون شده در جداره بتنی متراکم (RCP) و یا چند لایه از سیم‌های فولادی نازک پیوسته که به صورت حلزونی پیچیده شده و در داخل ملات متراکم جداره جاگذاری شده است (DRP).

اگر در طرح لوله، مقاومت تیرگونه خواسته شده باشد، باید از میلگردهای طولی فولادی متشکل از میلگردها و سیم‌ها و یا لایه‌های نوار سیمی استفاده شود. ممکن است از سیم‌های پیش‌تنیدگی نیز استفاده کرد. برای اتصال لوله‌ها به یکدیگر باید از واشرهای آب‌بندی کننده الاستومری مطابق استاندارد بند ۳-۳ استفاده شود.

---

1- characteristic tensile strength



## ۶-۱-۱ ضخامت جداره

در جدول ۱ حداقل ضخامت جداره هر دو نوع لوله ارائه گردیده است. بدیهی است ضخامت جدار لوله‌ها براساس بند ۶-۲ و بر مبنای فشار داخلی و بارهای خارجی طراحی می‌شود، در هر صورت نباید از مقادیر مندرج در جدول ۱ کمتر شود.

جدول ۱- حداقل ضخامت جداره لوله

حداقل ضخامت طراحی جداره برای DRP بر حسب mm	حداقل ضخامت طراحی جداره برای RCP بر حسب mm	DN یا ID بر حسب mm
حداکثر فشار طراحی ۲۰۰۰ KPa	حداکثر فشار طراحی ۵۰۰ KPa	
۴۰	۶۰	۳۰۰
۴۰	۶۰	۴۰۰
۴۰	۶۰	۴۵۰
۴۰	۶۰	۵۰۰
۴۵	۶۵	۶۰۰
۴۵	۶۵	۷۰۰
۵۰	۷۰	۸۰۰
۵۵	۷۵	۹۰۰
۶۰	۸۵	۱۰۰۰
۶۵	۹۰	۱۱۰۰
۶۵	۱۰۰	۱۲۰۰
۷۰	۱۱۰	۱۳۰۰
۷۰	۱۱۵	۱۴۰۰
۷۵	۱۲۵	۱۵۰۰
۸۰	۱۳۵	۱۶۰۰
(*)	۱۴۰	۱۷۰۰
(*)	۱۵۰	۱۸۰۰
(*)	۱۶۰	۱۹۰۰
(*)	۱۶۵	۲۰۰۰
(*)	۱۸۰	۲۱۰۰
(*)	۱۸۵	۲۲۰۰
(*)	۱۹۰	۲۳۰۰
(*)	۲۰۰	۲۴۰۰
(*)	(*)	۲۵۰۰ و بزرگتر

(\* توسط سازنده تعیین می‌گردد).

## ۶-۲ طراحی لوله

### ۶-۲-۱ کلیات

میلگرد فولادی باید شامل یک یا چند قفسه حلقوی یا یک قفسه بیضوی و یا ترکیبی از یک قفسه بیضوی و یک یا چند قفسه حلقوی یا چندین لایه از سیم‌های نازک باشد.

در لوله‌هایی که برای فشار بیش از ۱۵۰ KPa طراحی می‌شوند یا لوله‌های RCP با قطر داخلی بزرگتر از ۱۸۰۰ mm، باید حداقل یکی از قفسه‌ها به صورت حلقوی باشد. برای لوله‌هایی که برای فشار بیش از ۳۰۰ KPa طراحی شده‌اند، باید یک قفسه حلقوی داخلی و یک قفسه حلقوی خارجی که ممکن است با یک قفسه بیضوی نیز ترکیب شود، استفاده گردد.

میلگردگذاری محیطی و طولی برای لوله‌های DRP به ترتیب باید حداقل در ۶ حلقه و در دو لایه انجام گردد.

سطح مقطع میلگردها باید برای مطابقت با الزامات طراحی کافی باشد.

#### ۲-۲-۶ معیار طراحی بار ترکیبی

لوله باید به گونه‌ای طراحی شود که در برابر تنش‌های ناشی از فشار داخلی، بارهای خارجی و در صورت نیاز بارهای تیرگونه<sup>۱</sup> ناشی از هر یک از شرایط زیر مقاوم باشد:

- ترکیبی از حداکثر فشار طراحی و بارهای مرده

- ترکیبی از فشار طرح، بارهای مرده و بارهای زنده

برای اطلاعات بیشتر به پیوست الف رجوع شود.

ضرایب مورد استفاده در محاسبات لنگر<sup>۲</sup> و نیروی عکس‌العمل تکیه‌گاه و زاویه بستر باید براساس استانداردهای ملی مناسب و یا در صورت نبود این استانداردها، مطابق با دستورالعمل‌ها یا روش‌های مورد قبول و مورد پذیرش در محل نصب لوله‌ها، محاسبه شود.

#### ۳-۶ میلگردگذاری

##### ۱-۳-۶ میلگردگذاری محیطی برای لوله بتن مسلح

میلگردگذاری (مسلح‌سازی) محیطی باید شامل سیم‌ها یا میلگردهای فولادی به شکل مارپیچ یا حلقوی و یا شبکه سیم‌های جوشکاری شده پیش‌ساخته که با جوش لب به لب<sup>۳</sup> و یا جوش روی هم<sup>۴</sup> که به صورت قفسه درآید، باشد.

از کیفیت جوش و روش جوشکاری باید با آزمون روی یک نمونه با جوش‌های لب به لب یا روی هم، در تنشی حداقل مساوی با مقاومت مشخصه فولاد اطمینان حاصل کرد. میلگردهای حلقوی باید به وسیله میلگردهای طولی به یکدیگر متصل شوند.

قطر و تعداد این میلگردها باید از تغییر شکل دادن شبکه در طی ساخت لوله جلوگیری نماید و برای مقاومت طراحی لوله کافی باشد. برای لوله‌هایی با ضخامت کمتر از ۸۰ mm، به‌طور معمول یک قفسه میلگرد کافی می‌باشد.

در مواردی که از چند قفسه میلگرد استفاده می‌شود، قفسه داخلی باید حداقل ۵۰٪ سطح مقطع فولاد محیطی را که در طراحی به دست آمده، داشته باشد، در حالی که شبکه خارجی باید حداقل ۴۰٪ سطح مقطع مورد نیاز را داشته باشد.

حداکثر فاصله بین دو میلگرد محیطی مجاور نباید از ۱/۵ برابر ضخامت جداره بیشتر بوده ولیکن در هیچ حالتی نباید بیش از ۱۵۰ mm گردد.

---

1 - Beam loading  
2 - Moment  
3 - Butt Welded  
4 - Lap welded

### ۲-۳-۶ میلگردگذاری محیطی برای لوله‌های DRP

برای لوله‌های DRP میلگردهای محیطی باید شامل لایه‌هایی از سیم با قطر حداکثر ۲ mm از نوع ماریچ یا حلقوی باشد که به صورت یکنواخت در جداره لوله توزیع شده است. برای لوله فوق حجم ویژه میلگرد (نسبت حجم سیم‌های مسلح‌سازی به حجم جداره لوله) نباید کمتر از یک درصد باشد.

در هر لایه، فاصله طراحی شده مابین سیم‌های مجاور نباید کمتر از ۳ برابر قطر سیم و یا بیشتر از دو برابر اندازه بزرگترین سنگدانه مورد استفاده باشد. انحراف از فاصله طراحی می‌تواند مورد قبول باشد، مشروط بر این که در طولی از قسمت مرکزی بدنه، شرایط زیر برقرار باشد.

در طول پنج مربع مجاور از شبکه میلگردگذاری که دارای ابعاد مساوی ضخامت لوله می‌باشند حاوی حداقل ۹۰٪ تعداد سیم‌های طراحی شده باشند.

### ۳-۳-۶ میلگردهای طولی (مسلح‌سازی طولی)

میلگرد محیطی که به صورت قفسه میلگرد ساخته شده‌اند، باید با فاصله دقیق از هم‌دیگر بوده و به‌طور محکم توسط میلگردهای طولی ثابت نگهداشته شده باشند، به‌طوری که شکل درست قفسه و محل آن در موقع بتن‌ریزی لوله تغییر نکند. برای هر قفسه میلگرد حداقل ۴ عدد میلگرد طولی باید در نظر گرفته شود و در صورت نیاز میلگردهای اضافی نیز پیش‌بینی شود، به‌طوری که فاصله محیطی بین میلگردهای طولی در هر قفسه از ۴۵۰ mm تجاوز نکند.

### ۴-۳-۶ میلگردهای طولی برای لوله‌های DRP

برای لوله DRP که میلگردهای آن توزیع شده می‌باشد، در مسلح‌سازی طولی باید از سیم‌هایی که قطر آن‌ها کمتر از ۲mm می‌باشد، استفاده شود. مسلح‌سازی باید در لایه‌هایی به موازات محور لوله و مابین لایه‌های میلگردهای محیطی قرار گیرد. تماس بین میلگردهای طولی و محیطی مجاز می‌باشد. اگر مسلح‌سازی طولی از سیم‌های مستقیم با طول کوتاه تشکیل شده باشد، طول هم‌پوشانی نباید کمتر از ۸۰ برابر قطر سیم باشد. اگر مسلح‌سازی طولی به صورت نوار از سیم‌های زیکزاگ بافته شده، تشکیل شده باشد، طول هم‌پوشانی نوار، که به صورت ماریچ است نباید کمتر از ۴۰ برابر قطر سیم باشد.

حجم ویژه (همان‌گونه که در بند ۲-۳-۶ تشریح شده است) میلگردهای طولی نباید از ۰/۲٪ کمتر باشد.

### ۵-۳-۶ میلگردهای طولی پیش‌تنیده

بنا به انتخاب سازنده می‌توان لوله را به وسیله سیم‌های با مقاومت بالا (به استاندارد بند ۳-۳ مراجعه شود)، در تمام طول لوله از جمله در قسمت مادگی پیش‌تنیده نمود. پیش‌تنیدگی طولی باید به‌اندازه‌ای کافی باشد که از تنش کششی بیش از حد ایجاد شده بر اثر بار ناشی از حالت تیرگونه جلوگیری به‌عمل آورد. سیم‌های طولی باید به‌اندازه کشش طراحی، با در نظر گرفتن تمام افت‌های ناشی از خزش<sup>۱</sup>، جمع‌شدگی<sup>۲</sup>، رها کردن<sup>۳</sup> و لغزش<sup>۴</sup> تحت تنش قرار گیرد.

1- Creep  
2- Shrinkage  
3- relaxation  
4- Slip

### ۶-۳-۶ حداقل پوشش بتنی فولاد

برای سطوح داخل و خارج باید به ترتیب، ۲۰mm برای لوله‌های RCP و ۴mm برای لوله‌های DRP و یا اندازه بزرگترین سنگدانه هر کدام که بیشتر است، باشد. حداکثر پوشش برای لوله‌های DRP نباید از ۸mm تجاوز نماید.

### ۴-۶ بتن و ملات

#### ۱-۴-۶ طرح اختلاط

برای لوله‌های RCP باید حداقل ۳۰۰kg سیمان در هر مترمکعب بتن به کار رود. نسبت آب به سیمان باید به اندازه‌ای باشد که مقاومت خواسته شده برای بتن به دست آید. ولیکن در هیچ مورد نباید این نسبت از ۰/۴۵ بیشتر شود. برای لوله‌های DRP مقدار سیمان نباید از ۵۰۰kg در هر مترمکعب ملات کمتر باشد و نسبت آب به سیمان از ۰/۴ تجاوز نماید.

#### ۲-۴-۶ مقاومت بتن

حداقل مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن و ملات روی آزمون مکعبی باید ۳۵MPa باشد.

### ۷ آزمون کارخانه‌ای

#### ۱-۷ آزمون‌های بتن

سه آزمون استوانه‌ای یا مکعبی در هر هفته از هر نوع مخلوط ساخته شده و یا هر ۱۰۰ مترمکعب بتن ساخته شده، هر کدام که منجر به تعداد آزمون بیشتری شود، باید مورد آزمون مقاومت فشاری ۲۸ روزه قرار گیرد.

#### ۲-۷ آزمون‌های لوله

##### ۱-۲-۷ آزمون فشار هیدرواستاتیک

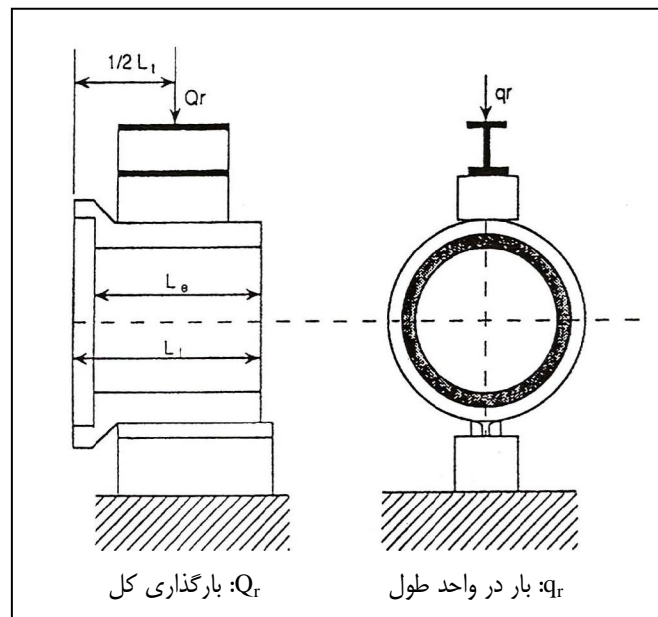
آزمون فشار هیدرواستاتیک باید روی هر لوله منفرد و یا لوله‌های متصل به هم انجام شود، قسمت آزمون باید دارای درپوش‌های مناسب باشد که به دو سر لوله متصل می‌گردد. لوله باید با آب پر شده و اجازه داده شود تا به تدریج ظرف مدت سه دقیقه به حداکثر فشار طراحی (فشار کار به علاوه فشار سرچ) برسد. لوله باید حداقل پانزده دقیقه تحت این فشار نگهداشته شود، بدون آن که در مدت آزمون ترک بردارد یا این که نشستی قابل اندازه‌گیری داشته باشد. نقاط مرطوب و یا قطره‌های آب که بر روی سطح لوله ایجاد می‌شوند و بر روی سطح باقی می‌مانند، نباید به عنوان دلایل مردود بودن لوله به حساب آیند. بنا به پیشنهاد سازنده و تأیید خریدار، لوله‌هایی که در این آزمون مردود شناخته می‌شوند را می‌توان بازسازی و مجدداً آزمون نمود.

##### ۲-۲-۷ آزمون سه لبه‌ای (خردشدگی) لوله‌های بتنی مسلح

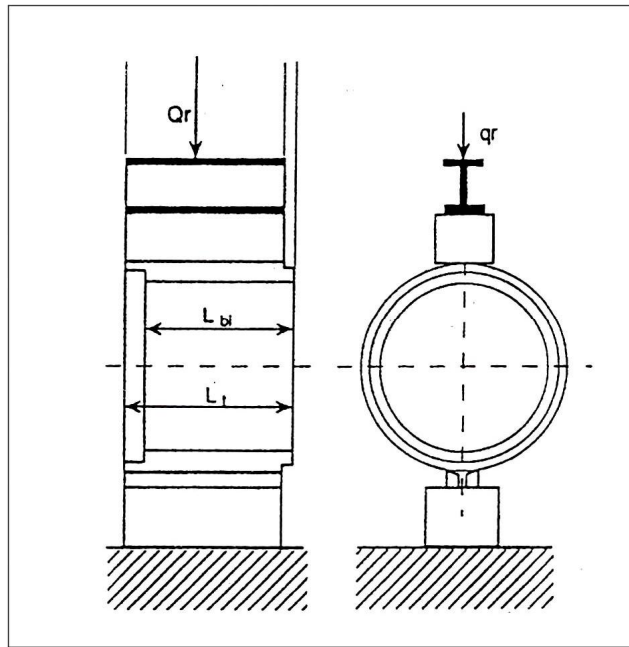
آزمون باید با استفاده از دستگاهی که دارای تجهیزات زیر باشد، انجام شود.

الف- تجهیزات ثبت مقدار بار وارده

- ب- یک تیر بارگذاری صلیب فوقانی که سطح زیرین آن دارای نوار قابل ارتجاع به ضخامت بین ۱۰ mm تا ۴۰ mm و سختی بین ۴۵ IRHD تا ۶۵ IRHD باشد. حداکثر عرض نوار به شرح زیر می باشد.
- برای قطر کوچکتر یا مساوی ۴۰۰ mm ( $DN \leq 400$ ) عرض نوار ۵۰ mm
  - برای قطر بزرگتر از ۴۰۰ mm و کوچکتر یا مساوی ۱۲۰۰ mm ( $400 < DN \leq 1200$ ) عرض نوار مساوی ۰/۱۲ برابر قطر (DN) بر حسب میلی متر
  - برای قطر بزرگتر از ۱۲۰۰ mm ( $DN > 1200$ ) عرض نوار ۱۵۰ mm
- ج- یک تیر بارگذاری زیرین (تحتانی) که بر روی آن تکیه گاهی به شکل V که یا با ماده قابل ارتجاع پوشانده شده و یا دو نوار قابل ارتجاع بر روی آن قرار گرفته باشد. مواد قابل ارتجاع مذکور باید دارای ضخامت و سختی معادل مواد قابل ارتجاع تیر بارگذاری فوقانی باشد.
- د- در جایی که زاویه  $\beta$  در قسمت V شکل  $170^\circ$  و یا بیشتر باشد، مقاومت خردشدگی همان مقداری است که ثبت می شود. در جایی که زاویه بازشدگی ( $\beta$ ) کمتر از  $170^\circ$  باشد یک ضریب تعدیل کاهشنده همان گونه که در جدول ۲ آمده است، باید برای مقاومت ثبت شده، اعمال شود.



شکل ۱- الف- آزمون خردشدگی برای لوله های سرکاسه ای



شکل ۱-ب- آزمون خردشدگی برای لوله‌های سرنازک

جدول ۲- ضرایب کاهش برای زوایای مختلف نگهدارنده V شکل

زاویه	$15^{\circ} \leq \beta < 16^{\circ}$	$16^{\circ} \leq \beta < 17^{\circ}$	$\beta \geq 17^{\circ}$
ضریب کاهش	۰/۹۸	۰/۹۹	۱/۰۰

در این آزمون یک لوله کامل یا بخشی از یک لوله که کوتاه‌تر از یک متر نباشد تحت بار گسترده یکنواخت قرار می‌گیرد. برای مثال جهت توزیع یکنواخت بار می‌توان بار را در چند قسمت اعمال کرد. بار آزمون باید به‌طور متقارن در سرتاسر «طول باربر لوله» اعمال شود. بار باید به نحوی اعمال شود که ثبات لوله در حالت افقی حفظ شود.

حداقل در زمان اعمال یک سوم آخر بار نهایی مشخص شده نرخ افزایش بار باید ثابت بوده و در فاصله زمانی حداقل ۳۰ ثانیه اعمال شود.

مقاومت لوله  $q_r$  برحسب نیوتن بر متر است که بر حسب طول مؤثر نمونه با فرمول زیر بیان می‌شود:

$$q_r = \frac{\text{بار آزمایش}}{\text{طول داخلی (تحت فشار)}} = \frac{Q_r}{L_{bi}}$$

هدف از انجام این آزمون کنترل کردن رفتار لوله برای تعیین حد بار ترک ( $q_c$ ) و بار نهایی ( $q_u$ ) برای موارد زیر است:

بار ترک  $q_c$ : باری که باعث ایجاد ترک اولیه به عرض  $0/3\text{mm}$  در طول  $30\text{cm}$  می‌شود که باید مطابق با استاندارد بند ۳-۳ اندازه‌گیری شود.

بار نهایی  $q_u$ : حداکثر باری که لوله می‌تواند تحمل کند، بدون این که لوله خرد شده و بریزد. لوله‌هایی که فقط بار ترک را تحمل می‌کند، قابل قبول می‌باشد و نباید مانع از تحویل آزمون‌ها شد.

#### ۷-۲-۳ آزمون مرکب خردشدگی و فشار برای لوله‌های با میلگرد توزیع شده

تجهیزات آزمون (به شکل ۲ مراجعه شود) که مشابه با دستگاه توصیف شده در بند ۷-۲-۲ می‌باشد به یک وسیله برای جمع‌آوری و اندازه‌گیری مقدار نشت آب مجهز شده است، برای هر طراحی جدید این آزمون باید بر روی لوله انجام شود. این لوله باید مجهز به دو درپوش قابل آب‌بندی مطابق بند ۷-۲-۱ باشد و پر از آب گردد. بارگذاری لوله از بالا توسط یک تیر طولی با سختی کافی اعمال می‌شود. طول این تیر حداقل باید نصف طول بدنه این لوله باشد.

فاصله پشت تا پشت بین تکیه‌گاه‌های تیر طولی تحتانی باید مطابق بند ۷-۲-۲ بوده و طول آن حداقل  $0/6$  طول بدنه لوله باشد (به شکل ۲ مراجعه شود).

آزمون با افزایش فشار داخلی تا حداکثر فشار طراحی شروع می‌شود و سپس بارخارجی به تدریج اعمال می‌گردد تا حداکثر لنگر  $M_c$  در جداره لوله حاصل شود. مقدار این لنگر از فرمول زیر به دست می‌آید.

$$M_c = K \cdot q_r \cdot r_m$$

که در آن

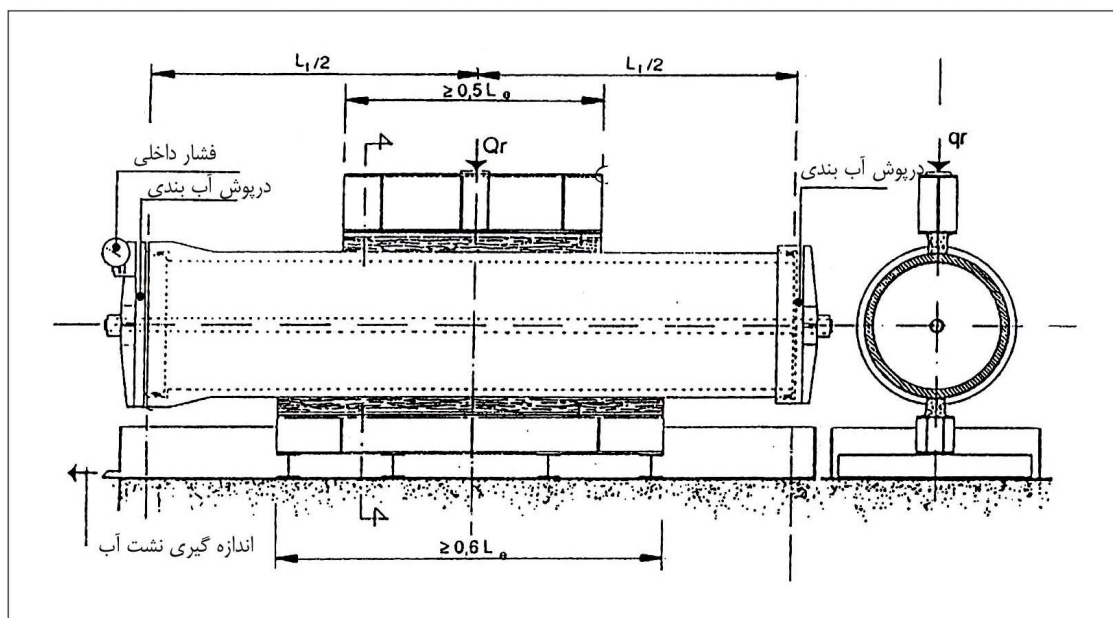
$K$  ضریبی که تابعی از نحوه اعمال بار است

$M_c$  معادل  $1/5$  برابر حداکثر لنگر طراحی

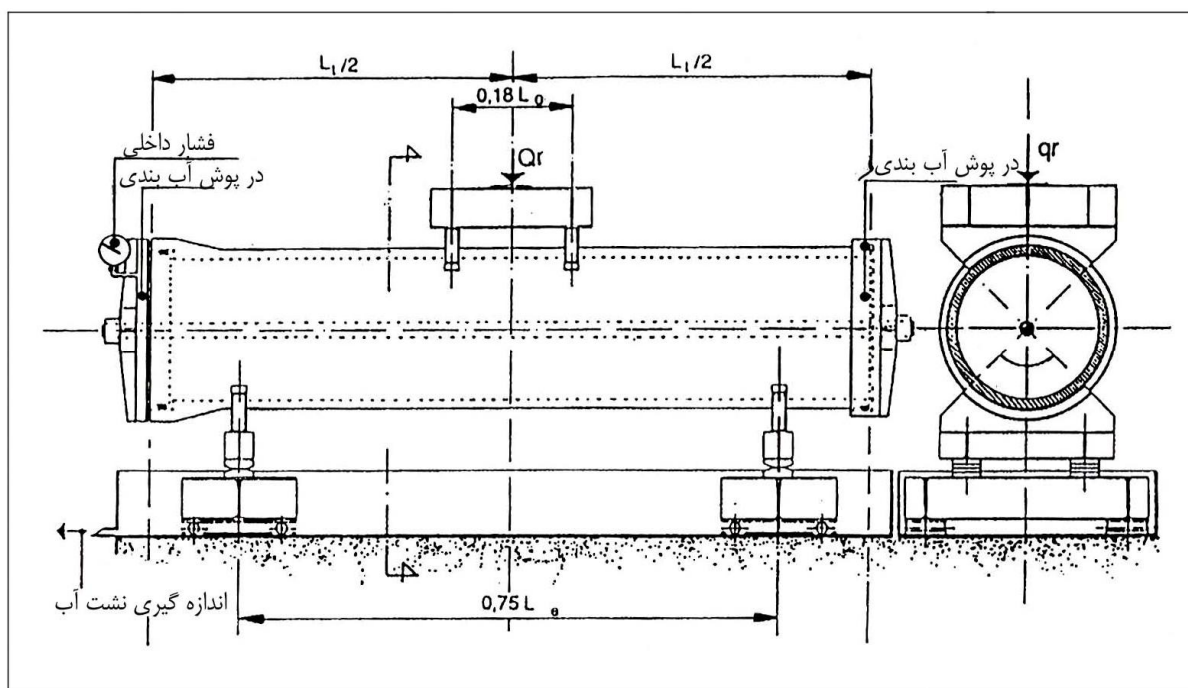
$r_m$  شعاع متوسط لوله

لوله‌ای در آزمون مورد قبول قرار می‌گیرد، که بعد از برداشتن بار خمشی مقدار نشت آب اندازه‌گیری شده از  $0/04$  لیتر در هر مترمربع در هر ساعت تجاوز نکند

لوله‌های آزمون شده مورد قبول، نباید از گروه لوله‌های تحویلی حذف شود.



شکل ۲- آزمون مرکب خردشدگی و فشار برای لوله‌های با میلگرد توزیع شده



شکل ۳- آزمون مرکب خمش و فشار برای لوله‌های با میلگرد توزیع شده

۴-۲-۷ آزمون مرکب خمش و فشار برای لوله‌های با میلگرد توزیع شده  
 برای هر طراحی جدید این آزمون باید بر روی یک لوله انجام شود. این لوله باید مجهز به دو درپوش قابل  
 آب‌بندی مطابق بند ۶-۲-۱ باشد و پراز آب گردد. (به شکل ۳ مراجعه شود)  
 لوله روی دو تکیه‌گاه فلزی زین مانند هم محور به عرض ۱۰۰ mm و زاویه  $90^\circ$  قرار داده می‌شود.  
 بین لوله و هر تکیه‌گاه باید از یک لایه لاستیکی با سختی Shore A ۵۰ الی Shore A ۶۰ قرار داده شود.



فاصله محور به محور تکیه‌گاه‌های زین مانند باید معادل  $0/75$  طول لوله باشد. بار خمشی به‌وسیله دو بازوی زین مانند از بالا اعمال می‌شود، که این بازوهای زین مانند شبیه تکیه‌گاه‌های زین مانند تحتانی از نظر اندازه و لایه لاستیکی می‌باشد.

فاصله محور به محور بازوهای زین مانند فوقانی باید معادل  $0/18$  طول لوله باشد. بار وارده توسط یک جک هیدرولیکی به یک تیر طولی و از آن به دو بازوی فوقانی منتقل می‌شود و به‌وسیله دینامومتر اندازه‌گیری می‌شود، دستگاه آزمون باید با یک وسیله برای جمع‌آوری و اندازه‌گیری نشت آب تکمیل شود.

آزمون با بالا بردن فشار داخل تا حداکثر فشار طراحی اجرا می‌گردد، و سپس بار به تدریج افزایش داده می‌شود تا قطرات درشت رطوبت در سطح بیرونی لوله ظاهر شود و حداکثر لنگر خمشی تیرگونه ( $M_p$ ) ایجاد شود.

$M_p$  از معادله زیر تعیین می‌گردد.

$$M_p = 1.25 M_0$$

که  $M_0$  معادل  $0/0625q_r L_{bi}^2$  می‌باشد که حداکثر لنگر طراحی خمشی برای بار توزیع شده یکنواخت به شرح زیر است:

- مقدار بار معادل جمع بار خاکریزی به‌علاوه بار مرده و بار زنده

- اعمال بار روی یک تیر دو سر ساده

- بارگذاری در تمام طول لوله ( $L_{bi}$ )

- فاصله بین تکیه‌گاه معادل  $0/75$  طول لوله ( $L_{bi}$ )

شرط قبول شدن لوله در این آزمون این است که در حداکثر فشار طراحی پس از برداشتن بارگذاری خمشی فوق‌الذکر مقدار نشت از  $0/04$  لیتر بر مترمربع در هر ساعت بیشتر نباشد. لوله‌های مردود در آزمون را بنا به انتخاب سازنده می‌توان مورد آزمون مجدد قرار داد. لوله‌های آزمون شده مورد قبول، نباید از گروه لوله‌های تحویلی حذف شود.

**پیوست الف**  
**(اطلاعاتی)**  
**نمونه روش طراحی**

**الف - ۱ کلیات**

راهنمای زیر یک نمونه از روش محاسبات طراحی لوله‌های RCP و DRP را ارائه می‌کند. لوله باید برای شرایط مندرج در بند ۶-۲-۲ و در نظر گرفتن حالت‌های زیر طراحی گردد.

حد سرویس‌دهی

حد نهایی

**الف - ۲ نمادها**

$N_1$  نیروی قائم<sup>۱</sup> در جداره لوله

$M_1$  حداکثر لنگر خمش در جداره لوله

$A_{ch}$  سطح مقطع معادل جداره لوله با در نظر گرفتن نسبت  $n = 15$  برای سطح مقطع فولاد تسلیح (مسلح‌سازی)

$Z_{ch}$  مدول مقطع معادل جداره لوله با در نظر گرفتن نسبت  $n = 15$  برای سطح مقطع فولاد تسلیح (مسلح‌سازی)

$f_c$  تنش بتن

$\bar{f}_{cb}$  تنش کششی مجاز بتن در خمش

$\bar{f}_{ct}$  تنش مجاز بتن در کشش

$f_{ck}$  مقاومت مشخصه فشاری ۲۸ روزه بتن (حداقل ۳۵ مگاپاسکال)

$f_{yk}$  مقاومت مشخصه تسلیم فولاد

$f_{sd}$  تنش طراحی برای فولاد

$f_{cd}$  تنش طراحی برای بتن

$w$  سطح فولاد تسلیح بر حسب درصد سطح کل مقطع

**الف - ۳ طراحی جداره لوله**

**الف - ۳-۱ حالت حد سرویس‌دهی**

محاسبات را می‌توان به یکی از دو روش زیر انجام داد:

**الف - ۳-۱-۱ تنش طراحی**

در این روش شرط زیر باید برقرار شود:

تنش بتن باید مساوی و یا کمتر از تنش کششی مجاز بتن در خمش باشد.

$$f_c = \frac{N_1}{A_{ch}} + \frac{M_1}{Z_{ch}} \leq \bar{f}_{cb}$$

و در قسمتی که لنگر خمشی برابر  $M_1 = 0$  باشد باید تنش بتن کمتر یا برابر تنش مجاز بتن در کشش باشد.

$$f_c = \frac{N_1}{A_{ch}} \leq \bar{f}_{ct}$$

اگر  $0 < \frac{M_1}{N_1} \leq \frac{t}{6}$  مقدار مجاز تنش درون‌بایی<sup>۱</sup> شده خطی باید به کار رود.

تنش مجاز با استفاده از روابط زیر باید به دست آید.

برای RCP

$$\bar{f}_{ct} = 0.18^3 \sqrt{f_{ck}^2}$$

( $\bar{f}_{ct}$  و  $f_{ck}$  برحسب مگاپاسکال)

$$\bar{f}_{cb} = 1.30 \bar{f}_{ct}$$

برای DRP

$$\bar{f}_{ct} = a + bw + cw^2 + dw^3$$

$$\bar{f}_{cb} = 1.30 \bar{f}_{ct}$$

که در آن ضرایب a, b, c, d باید توسط تولید کننده براساس داده‌های آزمون تأیید شده ارائه گردد.

### الف-۳-۱-۲ محدودیت ترک برای RCP

محدودیت ترک با محاسبه  $F_c$  از رابطه زیر کنترل می‌گردد.

$F_p$  که به نسبت تنش ناشی از نیروی قائم به تنش خمشی  $(\frac{N_1}{A_{ch}} / \frac{M_1}{Z_{ch}})$  بستگی دارد که از نمودار (الف - ۱) استخراج می‌گردد.

$$F_c = F_p \left[ \frac{N_1}{A_{ch}} \right] + \left[ \frac{M_1}{Z_{ch}} \right] \leq 6 \text{ MPa}$$

### الف - ۳-۲ حالت حد نهایی

محاسبات را می‌توان به دو روش زیر انجام داد:

- نیروی قائم و مقاومت خمشی جداره لوله

- تنش طراحی

### الف ۳-۲-۱ نیروی قائم و مقاومت خمشی جداره لوله

ضرایب بار به شرح زیر می‌باشد.

$\gamma_f$ : ۱/۳۵ برای بارهای مرده و فشار طرح

$\gamma_f$ : ۱/۵ برای بارهای زنده و فشار سرج

برای تعیین مقادیر تنش طراحی باید از ضرایب کاهش زیر استفاده شود.

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{1.50}$$

$$f_{sd} = \frac{f_{yk}}{1.15}$$

فقط در مقاطعی که لنگر خمشی برابر صفر است  $f_{sd0} = \frac{f_{sd}}{1.60}$  می باشد.

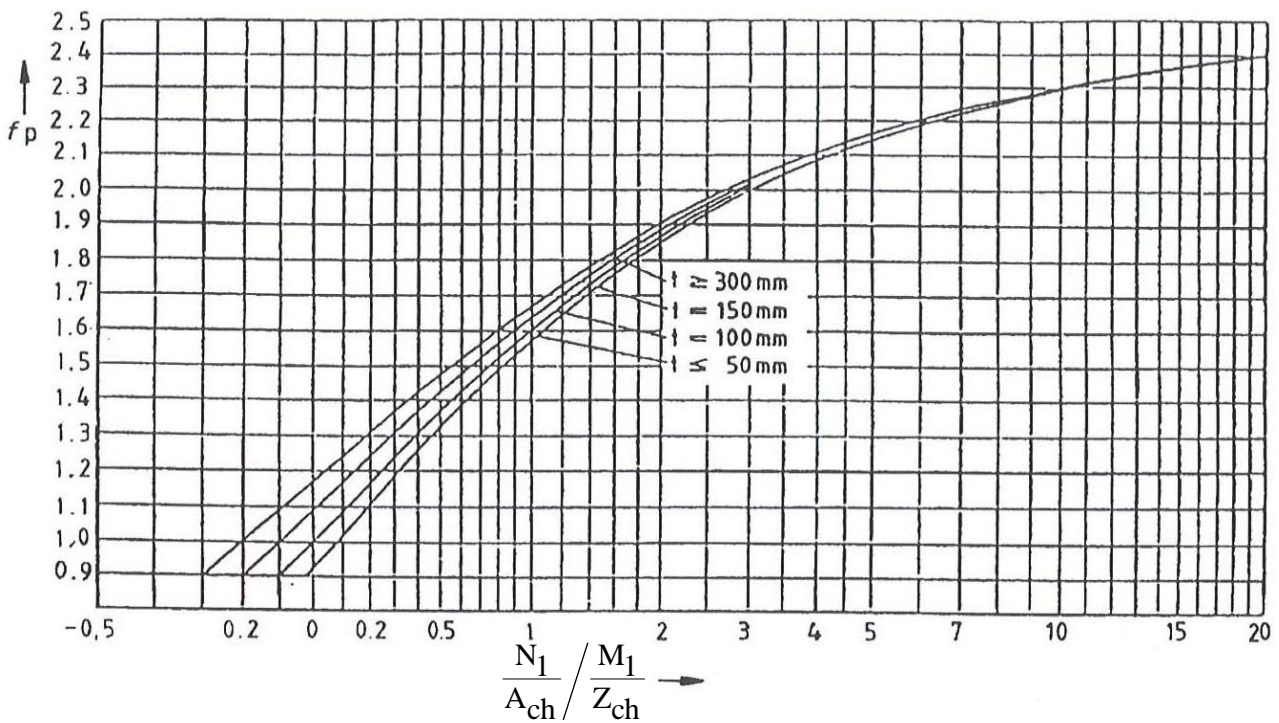
مقاومت کششی بتن قابل اغماض است.

### الف ۲-۲-۳ طراحی با کنترل تنش

مقاومت کششی بتن قابل اغماض است.

تنش مجاز بتن ملات و فولاد مسلح سازی باید با آیین نامه بند ۳-۴ مطابقت داشته باشد.

فقط در مقطع با ممان خمشی صفر، مقادیر تنش مجاز فولاد باید با ضریب ۱/۶ کاهش داده شود.



نمودار الف - ۱ - ضریب  $f_p$