



سازمان ملی استاندارد ایران

Iran National Standards Organization

استاندارد ملی ایران ۲۳۸۹۹: سال ۱۴۰۴

INSO 23899:2026

شمع‌های بتنی پیش‌تنیده به روش گریز از مرکز –
ویژگی‌ها و روش‌های آزمون

Prestressed spun concrete piles –
Specifications and test methods

ICS: 91.100.30; 93.080.30

استاندارد ملی ایران ۲۳۸۹۹: سال ۱۴۰۴، شمع‌های بتنی پیش‌تensionه به روش گریز از مرکز -
ویژگی‌ها و روش‌های آزمون

**INSO 23899:2026, Prestressed spun concrete piles –
Specifications and test methods**

Published by:
Iran National Standards Organization
(INSO)

ناشر:
سازمان ملی استاندارد ایران

Tehran:
No. 2592, Valiasr Avenue, Vanak Square,
Tehran
Postal code: 1435694561
P.O. Box: 14155-6139
Tel: +98 21 88879461-5
Fax: +98 21 88887103

تهران:
تهران، میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲
کد پستی: ۱۴۳۵۶۹۴۵۶۱
صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹
تلفن: ۰۲۱ ۸۸۸۷۹۴۶۱-۵
دورنگار: ۰۲۱ ۸۸۸۸۷۱۰۳

Karaj:
Standard Square, Karaj
Postal code: 3174734563
P.O. Box: 31585-163
Tel: +98 26 32806031-8
Fax: +98 26 32808114

کرج:
کرج، میدان استاندارد
کد پستی: ۳۱۷۴۷۳۴۵۶۳
صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۱۶۳
تلفن: ۰۲۶ ۳۲۸۰۶۰۳۱-۸
دورنگار: ۰۲۶ ۳۲۸۰۸۱۱۴

standard@inso.gov.ir

www.inso.gov.ir



به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

اولین گام نظام‌مند در حوزه استانداردسازی در ایران در سال ۱۳۰۴ با تصویب قانون اوزان و مقیاس‌ها برداشته‌شد. در سال ۱۳۳۲ با توجه به نیاز کشور به تشکیلاتی خاص برای انجام فعالیت‌های مرتبط با نظارت و انطباق کالاها با استانداردهای مرتبط از جمله کالاهای صادراتی، مرحله مطالعاتی راه‌اندازی اداره استاندارد آغاز و در سال ۱۳۳۹ قانون تأسیس مؤسسه استاندارد مصوب‌شد.

در سال ۱۳۴۴ با افزایش توانمندی‌های مؤسسه در زمینه‌های مختلف از جمله تدوین استانداردهای ملی، نظارت بر کیفیت کالاهای تولید داخل، صادراتی و وارداتی، توسعه فعالیت‌های آزمایشگاهی و صدور گواهی‌نامه‌های مرتبط و پس از تأسیس آزمایشگاه‌های تخصصی، با تصویب اساسنامه مؤسسه در مجلس شورای ملی، نام مؤسسه استاندارد به مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران تغییر یافت.

در سال ۱۳۹۶ به‌موجب قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد و با هدف افزایش پوشش استاندارد به تمامی محصولات، روزآمدسازی، تقویت، توسعه و ترویج استانداردها و تحکیم جایگاه مؤسسه در سطح کشور، عنوان مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر یافت.

به‌موجب این قانون، سازمان ملی استاندارد ایران به‌عنوان یک دستگاه اجرایی مستقل زیر نظر مستقیم رئیس‌جمهور اداره می‌شود و مرجع رسمی حاکمیتی در زمینه سیاست‌گذاری، حسن نظارت و هدایت نظام استاندارد و اطمینان‌بخشی به کیفیت کالاها و خدماتی است که در داخل کشور تولید، ارائه و/یا به کشور وارد یا از کشور صادر می‌شود.

فعالیت‌های سازمان ملی استاندارد ایران در چهار محور انجام می‌شود، در اینجا به برخی از فعالیت‌های هر محور اشاره شده‌است:

۱- استانداردسازی: تعیین، تدوین، به‌روزرسانی و نشر استانداردهای ملی، مشارکت در تدوین استانداردهای منطقه‌ای و بین‌المللی از طریق عضویت فعال در کارگروه‌های فنی، آموزش و ترویج استانداردها و فراهم کردن امکان دسترسی مردم به مشخصات و اطلاعات مربوط به استانداردهای کالا و خدمات در سطح کشور؛

۲- اندازه‌شناسی: برنامه‌ریزی و نظارت بر امور اندازه‌شناسی قانونی کشور، ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها به‌عنوان سامانه رسمی اندازه‌شناسی قانونی در کشور و واسنجی وسایل سنجش؛

۳- تأیید صلاحیت: تأیید صلاحیت نهادهای ارزیابی انطباق مانند آزمایشگاه‌های آزمون و واسنجی، نهادهای بازرسی‌کننده داخلی و خارجی، نهادهای گواهی‌کننده محصول، گواهی‌کننده اشخاص حقیقی و حقوقی و گواهی‌کننده سامانه‌های مدیریتی؛

۴- ارزیابی انطباق: نظارت بر حسن اجرای استانداردها و تمام کالاها و خدمات دارای پروانه کاربرد نشان استاندارد، کنترل کیفیت کالاهای وارداتی به‌منظور جلوگیری از ورود کالاهای نامرغوب و حملیت از مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان داخلی، کنترل کیفیت کالاهای صادراتی به‌منظور فراهم کردن امکان رقابت با کالاهای مشابه خارجی و حفظ بازارهای بین‌المللی.

در حوزه تدوین استانداردهای ملی، سازمان ملی استاندارد ایران از طریق نیازسنجی و جمع‌آوری اطلاعات از وزارتخانه‌ها، سازمان‌ها، واحدهای تولیدی و خدماتی، مراکز علمی، دانشگاهی و پژوهشی، کارگروه‌های فنی، اتحادیه‌ها و انجمن‌های صنفی و صنعتی و دفاتر تخصصی سازمان نسبت به برگزاری کارگروه ملی برنامه‌ریزی استاندارد و تعیین اولویت‌های تدوین و تجدیدنظر استانداردها اقدام می‌کند.

براساس روش اجرایی فرایند تدوین استانداردهای ملی، تهیه پیش‌نویس استانداردهای ملی به دبیران واجد شرایط واگذار می‌شود تا این پیش‌نویس‌ها را براساس منابع معتبر، دستاوردهای علمی، فناوری‌های نوآیند و تجربه جمعی، با هدف ارتقای منافع جامعه تدوین کنند. پیش‌نویس استانداردها سپس به‌منظور نظرسنجی برای مراجع ذی‌نفع و ذی‌ربط ارسال و در کارگروه ملی تصویب استاندارد، مطرح و در صورت تأیید به‌عنوان استاندارد ملی مصوب می‌شوند. استانداردهای مصوب پس از اختصاص شماره ملی از طریق درگاه اطلاع‌رسانی سازمان در دسترس عموم قرار می‌گیرند.

کمیسیون تدوین استاندارد

مشارکت‌کنندگان

رئیس:

تدین، محمدحسین
دکتری مهندسی عمران، سازه‌های دریایی

دبیر:

شکاری، عادل
کارشناسی ارشد مهندسی عمران

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

احمدوند، مصطفی
کارشناسی ارشد مهندسی عمران

پیرهادی، بهمن
کارشناسی ارشد شیمی

رئوف، مجتبی
کارشناسی ارشد مهندسی عمران

زاد اسماعیل ازنقی، عباس
کارشناسی مهندسی عمران

ساکنیان دهکردی، رهبر
کارشناسی ارشد مهندسی عمران

عالی‌پور، رسول
دکتری مهندسی عمران

عظیمی، مسعود
کارشناسی مهندسی مواد

عوض‌نیای لقمجانی، مرتضی
کارشناسی ارشد مهندسی عمران

فانی پاکدل، محمدرضا
کارشناسی ارشد مهندسی عمران

کفاش بازاری، علی اکبر
کارشناسی ارشد مدیریت

سمت و محل اشتغال

سرپرست تحقیق و توسعه شرکت آرا بتن اروند

کارشناس اجرای استاندارد اداره کل استاندارد استان خوزستان

دبیر کارگروه فنی بتن مسلح و بتن پیش‌تنیده
INSO/ISO/TC 71

مدیر فنی مجتمع تولیدی تحقیقاتی آموزشی و آزمایشگاهی
پاکدشت بتن

بازرس شرکت آتی‌سازان تاسیسات ایرانیان

نائب رئیس کمیته فنی انجمن بتن ایران و مدیر کنترل کیفیت
آروین بتن بناسازان

مدیر کنترل کیفیت و آزمایشگاه شرکت تیغاب

عضو هیئت علمی دانشگاه شهرکرد

کارشناس هماهنگی امور تدوین استاندارد اداره کل استاندارد
استان خوزستان

مدیر کارخانه و مدیر کنترل کیفیت شرکت بنیان گستر اروند

مدیر عامل شرکت بنیان گستر اروند

مدیر کنترل کیفیت مجتمع صنعتی سیمان تهران

مشارکت‌کنندگان

کلهری، موسی

دکتری مهندسی عمران

محجوبی، شایان

کارشناسی ارشد مهندسی عمران

راکی، مهدی

دکتری زمین‌شناسی مهندسی

سمت و محل اشتغال

نائب رئیس انجمن بتن ایران

کارشناس تحقیق و توسعه شرکت بنیان‌گستر ارونند

مدیر عامل شرکت راکی بتن

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
و	پیشگفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ اصطلاحات و تعاریف
۴	۴ طبقه‌بندی
۴	۵ عملکرد
۱۰	۶ شکل، ابعاد و رواداری ابعاد
۱۲	۷ میلگردها و آرایش میلگردها
۱۳	۸ کیفیت بتن
۱۳	۹ روش آزمون
۲۰	۱۰ بازرسی
۲۱	۱۱ نشانه‌گذاری
۲۲	کتابنامه

پیشگفتار

این استاندارد به استناد قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ماده ۷، بند ۱، مصوب ۱۳۹۶/۱۰/۰۲ منتشر می شود.

استانداردهای ملی ایران براساس استاندارد ملی ایران ۵ و روش اجرایی تدوین استانداردهای ملی ایران تدوین می شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم، فناوری و خدمات، استانداردهای ملی در صورت لزوم تجدیدنظر شده یا برای آنها اصلاحیه و/یا تصحیح نامه منتشر می شود.

این استاندارد در جلسه شماره ۱۰۹۵ مورخ ۱۴۰۴/۱۲/۱۸ کارگروه ملی تصویب استانداردهای ساختمان، مصالح و فرآورده های ساختمانی مصوب شده است.

منبع مورد استفاده در تهیه و تدوین این استاندارد، به شرح زیر است:

– JIS A 5373:2016, *Precast prestressed concrete products- Annex E: Piles*

شمع‌های بتنی پیش‌تنیده به روش گریز از مرکز - ویژگی‌ها و روش‌های آزمون

۱ هدف و دامنه کاربرد

این استاندارد، ویژگی‌ها و روش‌های آزمون شمع‌های بتنی پیش‌تنیده (PC)^۱ تولیدشده به روش گریز از مرکز را تعیین می‌کند. در این استاندارد دو گروه I و II برای شمع‌های بتنی مشخص شده است.

۲ مراجع الزامی

مراجع زیر، مدارکی هستند که در متن این استاندارد به کل یا بخشی از محتوای آن‌ها به‌صورت الزامی ارجاع داده شده‌است؛ بنابراین، محتوای ارجاع‌داده‌شده، جزئی از الزامات این استاندارد محسوب می‌شود. درخصوص مراجع دارای تاریخ، فقط همان ویراست کاربرد دارد. درخصوص مراجع بدون تاریخ، آخرین ویراست آن مرجع (شامل هرگونه اصلاحیه/تصحیح‌نامه) کاربرد دارد.

- استاندارد ملی ایران ۳۰۲، سنگدانه‌های بتن - ویژگی‌ها
- استاندارد ملی ایران ۳۸۹، سیمان پرتلند - ویژگی‌ها
- استاندارد ملی ایران ۱۶۰۸-۳، بتن سخت‌شده - قسمت ۳: تعیین مقاومت فشاری آزمون‌ها - روش آزمون
- استاندارد ملی ایران ۱۷۵۱۸-۱، سیمان - قسمت ۱: ویژگی‌ها
- آیین‌نامه بتن ایران (آبا) - جلد دوم - مصالح و اجرا - ضابطه شماره ۲-۱۲۰
- JIS G 3137, Small Diameter Steel Bar for Prestressed Concrete
- JIS A 5361, Precast Concrete Products- General Rules for Classification, Designation and marking
- JIS A 5362, Precast Concrete Products-Require Performance and methods of verification
- JIS A 5363, Precast Concrete Products-General Rules for Method of Performance test
- JIS A 5364, Precast Concrete Products-General Rules for Materials and Product Methods
- JIS A 5365, Precast Concrete Products-General Rules for Method of Inspection

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

۱-۳

شمع بتنی پیش‌تنیده

prestressed concrete pile

¹ Prestressed Concrete

اعضای بلند و باریک بتنی پیش‌تنیده مسلح که برای انتقال بارهای سازه به لایه‌های مقاوم‌تر و عمیق‌تر خاک یا بسترسنگی، با ظرفیت باربری مناسب به کار می‌روند.

نکته ۱ مدخل: انواع شمع بتنی پیش‌تنیده عبارتند از: شمع PC، شمع ST و شمع گره‌دار

۲-۳

شمع PC

PC pile

شمع بتنی که در سرتاسر طول خود دارای مقطع یکسان است (به شکل ۲ مراجعه شود).

۳-۳

شمع ST

ST pile

شمع PC که در انتهای خود دارای بخشی با قطر افزایش‌یافته است (به شکل ۲ مراجعه شود).

۴-۳

شمع گره‌دار

knot pile

شمع PC که در بدنه خود دارای چندین گره است (به شکل ۲ مراجعه شود).

۵-۳

گروه I

group I

شمع PC که براساس ویژگی‌هایی تولید شده‌اند که با نتایج واقعی تأیید شده‌اند و عملکرد موردنیاز را برآورده می‌کنند.

۶-۳

گروه II

group II

شمع PC که بر اساس الزامات عملکردی و ویژگی‌هایی تولید شده‌اند که پیش‌تر بین طرف‌های ذی‌نفع در زمان تحویل مورد توافق قرار گرفته است.

۷-۳

پیش‌تنیدگی

prestressing

ایجاد یک تنش ثابت و دائمی در یک عضو بتنی به نحو دلخواه و به‌اندازه لازم، به‌طوری‌که در اثر این تنش، مقداری از تنش‌های ناشی از بارهای مرده و زنده در این عضو خنثی شده و در نتیجه مقاومت باربری آن افزایش پیدا می‌کند.

۸-۳

ماشین چرخش

spinning machine

ماشینی که برای تراکم بتن در شمع‌های بتنی به روش گریز از مرکز استفاده می‌شود.

۹-۳

روش گریز از مرکز

centrifugal method

دراین روش، تراکم بتن توسط ماشین‌های چرخش و به‌وسیله نیروی گریز از مرکز انجام می‌شود.

۱۰-۳

سیم آب‌داده و بازگشت‌شده

quenched and tempered wire

سیم مورد استفاده به‌صورت فولاد پیش‌تنیده که در دمای بالا حرارت داده‌شده و برای ایجاد ساختار مارتنزیتی^۱ به سرعت سرد شده و سپس در دمای مناسب بازگشت داده می‌شود.

[منبع: استاندارد ملی ایران ۱۳۲۷۰ (ردیف [۱] کتابنامه) مدخل اصطلاحی ۲-۶-۲]

۱۱-۳

مساحت اسمی سطح مقطع

nominal cross-sectional area

مساحت سطح مقطع که معادل مساحت سیم یا میلگرد ساده با قطر اسمی می‌باشد.

[منبع: استاندارد ملی ایران ۱۳۲۷۰ (ردیف [۱] کتابنامه) مدخل اصطلاحی ۲-۱۱-۱۵]

۱۲-۳

بهر

lot

مقدار قابل ملاحظه جداشده از دپوی مصالح ذخیره‌شده که فرض می‌شود با فرآیند یکسان (برای مثال تولید یک روز یا جرم یا حجم مشخص) تولیدشده‌است.

[منبع: برگرفته از استاندارد ملی ایران ۱۱۲۶۷ (ردیف [۲] کتابنامه) مدخل اصطلاحی الف-۲-۲-۲]

۴ طبقه‌بندی

شمع‌ها باید بر اساس قطر خارجی در اندازه‌های ۳۰۰ mm، ۳۵۰ mm، ۴۰۰ mm، ۴۵۰ mm، ۵۰۰ mm، ۶۰۰ mm، ۷۰۰ mm، ۸۰۰ mm، ۹۰۰ mm، ۱۰۰۰ mm، ۱۱۰۰ mm و ۱۲۰۰ mm طبقه‌بندی شوند. شمع‌های با قطر خارجی بیش از ۱۲۰۰ mm را نیز می‌توان مورد استفاده قرار داد. در این مورد، مقادیر عملکردی باید مطابق

¹ martensitic structure.

توافق طرفین لحاظ گردد. شمع‌ها همچنین باید براساس مقدار پیش‌تنیدگی مؤثر به دسته‌های A، B و C طبقه‌بندی شوند. پیش‌تنیدگی مؤثر^۱ در شمع‌های A، B و C باید به‌ترتیب برابر 4 N/mm^2 ، 8 N/mm^2 و 10 N/mm^2 باشد. پیش‌تنیدگی مؤثر باید توسط محاسبات به‌دست آید. مقادیر محاسبه شده باید در محدوده $\pm 5\%$ هر مقدار باشد.

۵ عملکرد

عملکرد و روش تصدیق عملکرد شمع‌ها باید به‌صورت زیر باشد:

۵-۱ شمع گروه I

۵-۱-۱ مقاومت خمشی ترک‌خوردگی^۲

مقاومت خمشی ترک‌خوردگی شمع‌ها باید حداقل‌های جدول‌های ۱ و ۲ را تامین کند.

۵-۱-۲ مقاومت خمشی نهایی^۳

مقاومت خمشی نهایی شمع‌ها باید حداقل‌های جدول‌های ۱ و ۲ را تامین کنند. برای اتصالات مقاومت خمشی نهایی باید حداقل‌های جدول ۱ تامین شود.

۵-۱-۳ مقاومت برشی ترک‌خوردگی^۴

مقاومت برشی ترک‌خوردگی شمع‌ها باید حداقل‌های جدول ۳ را تامین کنند.

۵-۲ شمع گروه II

عملکرد شمع گروه II باید مطابق با استاندارد JIS A 5362 بند 4 و بند 5، و مطابق با توافق طرفین مشخص شود. جدول ۴ را می‌توان برای ویژگی‌های عمومی به‌کار برد.

¹ effective prestress

² flexural cracking strength

³ ultimate flexural strength

⁴ shearing cracking strength

جدول ۱: ابعاد و مقاومت خمشی شمع‌ها با نیروی محوری $N=0$

مقاومت خمشی نهایی kN.m	مقاومت خمشی ترک خوردگی kN.m	طول m	ضخامت mm	نوع	قطر خارجی mm
۳۷٫۳	۲۴٫۵	۴ تا ۱۳	۶۰	A	۳۰۰
۶۱٫۸	۳۴٫۳	۴ تا ۱۵		B	
۷۸٫۵	۳۹٫۲			C	
۵۲٫۰	۳۴٫۳	۴ تا ۱۳	۶۰	A	۳۵۰
۸۸٫۳	۴۹٫۰	۴ تا ۱۵		B	
۱۱۷٫۷	۵۸٫۹			C	
۸۱٫۴	۵۴٫۰	۴ تا ۱۵	۶۵	A	۴۰۰
۱۳۲٫۴	۷۳٫۶			B	
۱۷۶٫۶	۸۸٫۳			C	
۱۱۰٫۸	۷۳٫۶	۴ تا ۱۵	۷۰	A	۴۵۰
۱۹۴٫۲	۱۰۷٫۹			B	
۲۴۵٫۲	۱۲۲٫۶			C	
۱۵۵٫۰	۱۰۳٫۰	۴ تا ۱۵	۸۰	A	۵۰۰
۲۶۴٫۹	۱۴۷٫۲			B	
۳۳۳٫۵	۱۶۶٫۸			C	
۲۵۰٫۲	۱۶۶٫۸	۴ تا ۱۵	۹۰	A	۶۰۰
۴۴۱٫۴	۲۴۵٫۲			B	
۵۶۹٫۰	۲۸۴٫۵			C	
۳۹۷٫۳	۲۶۴٫۹	۴ تا ۱۵	۱۰۰	A	۷۰۰
۶۷۱٫۰	۳۷۲٫۸			B	
۸۸۲٫۹	۴۴۱٫۴			C	

مقاومت خمشی نهایی kN.m	مقاومت خمشی ترک خوردگی kN.m	طول m	ضخامت mm	نوع	قطر خارجی mm
۵۸۸٫۶	۳۹۲٫۴	۱۵ تا ۴	۱۱۰	A	۸۰۰
۹۷۱٫۲	۵۳۹٫۶			B	
۱۲۷۵	۶۳۷٫۶			C	
۸۰۹٫۳	۵۳۹٫۶	۱۵ تا ۴	۱۲۰	A	۹۰۰
۱۳۲۴	۷۳۵٫۸			B	
۱۶۶۸	۸۳۳٫۸			C	
۱۱۰۴	۷۳۵٫۸	۱۵ تا ۴	۱۳۰	A	۱۰۰۰
۱۸۵۴	۱۰۳۰			B	
۲۳۵۴	۱۱۷۷			C	
۱۳۹۸	۹۳۲٫۰	۱۵ تا ۴	۱۴۰	A	۱۱۰۰
۲۳۸۴	۱۳۲۴			B	
۳۰۴۱	۱۵۲۱			C	
۱۷۶۶	۱۱۷۷	۱۵ تا ۴	۱۵۰	A	۱۲۰۰
۳۰۰۲	۱۶۶۸			B	
۳۹۲۴	۱۹۶۲			C	

جدول ۲: مقاومت خمشی شمع‌ها با وجود نیروی محوری^۱

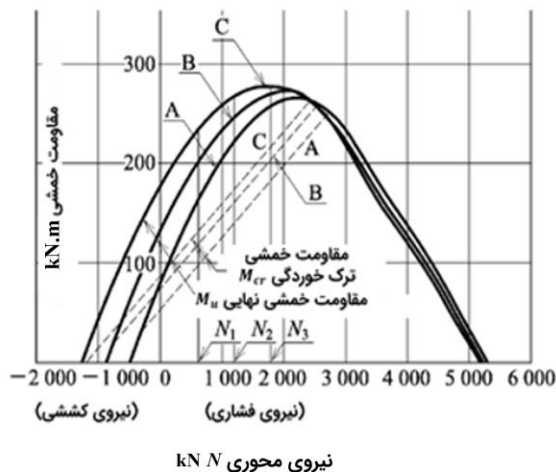
مقاومت خمشی زمانی که نیروی محوری محوری N_3 اعمال می‌شود			مقاومت خمشی زمانی که نیروی محوری N_2 اعمال می‌شود			مقاومت خمشی زمانی که نیروی محوری N_1 اعمال می‌شود			نوع	قطر خارجی mm
مقاومت خمشی نهایی M_u kN.m	مقاومت خمشی ترک‌خوردگی M_{cr} kN.m	نیروی محوری N_3 kN	مقاومت خمشی نهایی M_u kN.m	مقاومت خمشی ترک‌خوردگی M_{cr} kN.m	نیروی محوری N_2 kN	مقاومت خمشی نهایی M_u kN.m	مقاومت خمشی ترک‌خوردگی M_{cr} kN.m	نیروی محوری N_1 kN		
۱۲۲٫۶	۸۴٫۴	۱۱۷۷	۱۰۵٫۹	۶۴٫۷	۷۸۴٫۸	۷۷٫۵	۴۴٫۱	۳۹۲٫۴	A	۳۰۰
۱۲۷٫۵	۹۴٫۲		۱۱۷٫۷	۷۴٫۶		۹۵٫۲	۵۴٫۰		B	
۱۳۰٫۵	۹۹٫۱		۱۲۳٫۶	۷۹٫۵		۱۰۶٫۹	۵۸٫۹		C	
۱۸۱٫۵	۱۲۶٫۵	۱۴۷۲	۱۵۶٫۰	۹۶٫۱	۹۸۱٫۰	۱۱۱٫۸	۶۴٫۷	۴۹۰٫۵	A	۳۵۰
۱۸۸٫۴	۱۴۱٫۳		۱۷۳٫۶	۱۰۹٫۹		۱۴۰٫۳	۷۹٫۵		B	
۱۹۲٫۳	۱۵۱٫۱		۱۸۴٫۴	۱۱۹٫۷		۱۵۹٫۹	۸۹٫۳		C	
۲۵۹٫۰	۱۸۲٫۵	۱۷۶۶	۲۲۳٫۷	۱۳۹٫۳	۱۱۷۷	۱۶۳٫۸	۹۷٫۱	۵۸۸٫۶	A	۴۰۰
۲۶۹٫۸	۲۰۲٫۱		۲۴۹٫۲	۱۵۸٫۹		۲۰۱٫۱	۱۱۶٫۷		B	
۲۷۷٫۶	۲۱۵٫۸		۲۶۶٫۸	۱۷۳٫۶		۲۳۴٫۵	۱۳۰٫۵		C	
۳۶۱٫۰	۲۵۶٫۰	۲۲۰۷	۳۱۲٫۹	۱۹۵٫۲	۱۴۷۲	۲۲۸٫۶	۱۳۴٫۴	۷۳۵٫۸	A	۴۵۰
۳۷۹٫۶	۲۹۰٫۴		۳۵۳٫۲	۲۲۹٫۶		۲۹۱٫۴	۱۶۸٫۷		B	
۳۸۹٫۵	۳۰۵٫۱		۳۷۵٫۷	۲۴۴٫۳		۳۲۹٫۶	۱۸۳٫۴		C	
۴۹۶٫۴	۳۴۵٫۳	۲۶۴۹	۴۲۱٫۸	۲۶۳٫۹	۱۷۶۶	۳۰۴٫۱	۱۸۳٫۴	۸۸۲٫۹	A	۵۰۰
۵۲۷٫۸	۳۸۹٫۵		۴۸۳٫۶	۳۰۹٫۰		۳۹۲٫۴	۲۲۷٫۶		B	
۵۴۳٫۵	۴۰۹٫۱		۵۱۸٫۰	۳۲۸٫۶		۴۴۷٫۳	۲۴۷٫۲		C	
۸۳۹٫۷	۵۹۴٫۵	۳۸۲۶	۷۲۳٫۰	۴۵۲٫۲	۲۵۵۱	۵۲۲٫۹	۳۰۹٫۰	۱۲۷۵	A	۶۰۰
۸۸۶٫۸	۶۷۳٫۹		۸۲۳٫۱	۵۳۰٫۷		۶۷۱٫۰	۳۸۸٫۵		B	
۹۰۹٫۴	۷۱۳٫۲		۸۷۷٫۰	۵۷۰٫۹		۷۶۵٫۲	۴۲۷٫۷		C	
۱۳۱۲	۹۶۵٫۳	۵۲۹۷	۱۱۵۱	۷۳۱٫۸	۳۵۳۲	۸۳۲٫۹	۴۹۸٫۳	۱۷۶۶	A	۷۰۰
۱۳۶۶	۱۰۷۴		۱۲۸۲	۸۴۰٫۷		۱۰۳۴	۶۰۶٫۳		B	
۱۳۸۷	۱۱۳۹		۱۳۵۵	۹۰۶٫۴		۱۱۸۵	۶۷۳٫۹		C	
۱۸۵۵	۱۲۹۲	۵۸۸۶	۱۵۷۹	۹۹۱٫۸	۳۹۲۴	۱۱۴۳	۶۹۲٫۶	۱۹۶۲	A	۸۰۰
۱۹۶۷	۱۴۴۰		۱۷۹۶	۱۱۴۰		۱۴۴۶	۸۳۹٫۷		B	
۲۰۲۷	۱۵۳۴		۱۹۳۶	۱۲۳۵		۱۶۷۹	۹۳۵٫۹		C	
۲۶۰۱	۱۸۲۱	۷۳۵۸	۲۲۲۶	۱۳۹۴	۴۹۰۵	۱۵۹۸	۹۶۶٫۳	۲۴۵۲	A	۹۰۰
۲۷۴۸	۲۰۲۴		۲۵۱۶	۱۵۹۵		۲۰۰۹	۱۱۶۵		B	
۲۸۲۷	۲۱۲۷		۲۶۷۹	۱۶۹۶		۲۲۷۷	۱۲۶۴		C	
۳۵۰۲	۲۴۴۶	۸۸۲۹	۳۰۰۴	۱۸۷۶	۵۸۸۶	۲۱۵۹	۱۳۰۶	۲۹۴۳	A	۱۰۰۰
۳۶۹۷	۲۷۳۶		۳۴۰۳	۲۱۶۷		۲۷۵۰	۱۵۹۸		B	
۳۸۱۰	۲۸۸۲		۳۶۳۳	۲۳۱۴		۳۱۴۳	۱۷۴۵		C	
۴۵۹۷	۳۰۹۲	۱۰۳۰۰	۳۹۴۳	۲۳۷۲	۶۸۶۷	۲۸۲۱	۱۶۵۲	۳۴۳۴	A	۱۱۰۰
۴۹۰۷	۳۴۴۰		۴۵۳۸	۲۷۳۵		۳۶۴۶	۲۰۳۰		B	
۵۰۴۱	۳۶۱۲		۴۸۴۶	۲۹۱۶		۴۱۶۳	۲۲۱۸		C	

^۱ axial-tension flexural strength

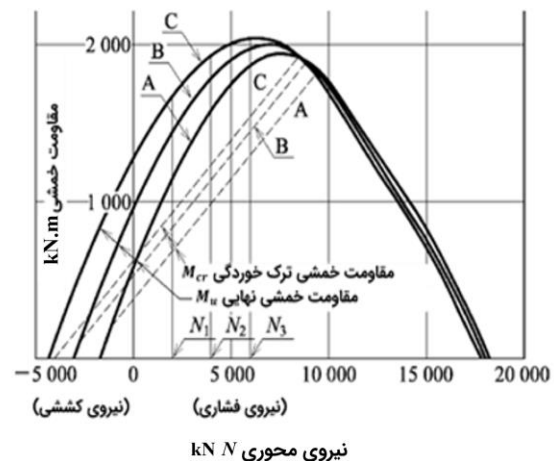
قطر خارجی mm	نوع	مقاومت خمشی زمانی که نیروی محوری N_1 اعمال می‌شود			مقاومت خمشی زمانی که نیروی محوری N_2 اعمال می‌شود			مقاومت خمشی زمانی که نیروی محوری N_3 اعمال می‌شود		
		نیروی محوری N_1 kN	مقاومت خمشی ترک خوردگی M_{cr} kN.m	مقاومت خمشی نهایی M_u kN.m	نیروی محوری N_2 kN	مقاومت خمشی ترک خوردگی M_{cr} kN.m	مقاومت خمشی نهایی M_u kN.m	نیروی محوری N_3 kN	مقاومت خمشی ترک خوردگی M_{cr} kN.m	مقاومت خمشی نهایی M_u kN.m
۱۲۰۰	A	۳۹۲۴	۲۰۸۰	۳۵۵۵	۷۸۴۸	۲۹۸۲	۴۹۸۳	۱۱۷۷۰	۳۸۸۵	۵۸۵۲
	B		۲۵۵۲	۴۵۹۸		۳۴۳۵	۵۷۵۴		۴۳۱۹	۶۲۷۲
	C		۲۸۳۴	۵۳۳۱		۳۷۰۶	۶۲۰۸		۴۵۷۸	۶۴۷۱

هنگامی که آزمون مقاومت خمشی با وجود نیروی محوری و آزمون مقاومت خمشی چرخه‌ای معکوس با وجود نیروی محوری برای تأیید عملکرد بدنه شمع انجام می‌شود، قطر متوسط در میان قطر شمع‌های تولیدی رایج باید به‌عنوان نماینده قطر خارجی استفاده شود. نیروی محوری در این زمان باید N_3 باشد. طول شمع PC مورد استفاده در این حالت باید حداقل ۸ m باشد.

علامت	توضیح
N_4	نیروی محوری که تقریباً معادل مقاومت خمشی نهایی هریک از کلاسهای A، B و C در نمودار رابطه نیروی محوری و مقاومت خمشی است.
N_3	نیروی محوری $N_4 \times 0.75$
N_2	نیروی محوری $N_4 \times 0.5$
N_1	نیروی محوری $N_4 \times 0.25$
M_{cr}	مقاومت خمشی ترک خوردگی
M_u	مقاومت خمشی نهایی



ب) نمودار رابطه نیروی محوری با مقاومت خمشی برای قطر خارجی ۴۰۰mm



الف) نمودار رابطه نیروی محوری با مقاومت خمشی برای قطر خارجی ۸۰۰mm

شکل ۱: نمودار رابطه نیروی محوری با مقاومت خمشی

جدول ۳: مقاومت برشی شمع‌ها

مقاومت برشی kN		نوع	ضخامت دیواره mm	قطر خارجی mm
مقاومت خمشی نهایی	مقاومت برشی ترک‌خوردگی			
۱۲۵	۹۹/۱	A	۶۰	۳۰۰
۱۶۰	۱۲۶	B		
۱۷۵	۱۳۶	C		
۱۴۹	۱۱۹	A	۶۰	۳۵۰
۱۹۰	۱۵۰	B		
۲۰۹	۱۶۳	C		
۱۸۷	۱۴۸	A	۶۵	۴۰۰
۲۳۴	۱۸۷	B		
۲۵۹	۲۰۴	C		
۲۲۵	۱۸۱	A	۷۰	۴۵۰
۲۹۳	۲۲۸	B		
۳۱۶	۲۴۸	C		
۲۷۶	۲۲۹	A	۸۰	۵۰۰
۳۵۹	۲۸۸	B		
۳۹۵	۳۱۴	C		
۳۸۸	۳۱۱	A	۹۰	۶۰۰
۵۰۶	۳۹۲	B		
۵۵۴	۴۲۸	C		
۵۱۴	۴۰۶	A	۱۰۰	۷۰۰
۶۷۷	۵۱۲	B		
۷۳۹	۵۵۷	C		
۶۶۱	۵۱۲	A	۱۱۰	۸۰۰
۸۶۳	۶۴۷	B		
۹۳۶	۷۰۴	C		
۸۲۰	۶۳۱	A	۱۲۰	۹۰۰
۱۰۶۳	۷۹۷	B		
۱۱۵۳	۸۶۷	C		
۹۹۰	۷۶۲	A	۱۳۰	۱۰۰۰
۱۲۸۹	۹۶۱	B		
۱۴۰۰	۱۰۴۷	C		
۱۲۰۲	۹۰۵	A	۱۴۰	۱۱۰۰
۱۵۶۱	۱۱۴۲	B		
۱۶۸۷	۱۲۴۴	C		
۱۴۱۳	۱۰۵۹	A	۱۵۰	۱۲۰۰
۱۸۲۳	۱۳۳۷	B		
۱۹۷۹	۱۴۵۷	C		

وقتی آزمون مقاومت برشی برای تأیید عملکرد بدنه شمع انجام می‌شود، قطر متوسط در میان قطر شمع‌های تولیدی متداول باید به عنوان نماینده قطر خارجی استفاده شود.

جدول ۴: عملکرد و روش تصدیق عملکرد شمع ها

موارد عملکردی	عملکرد	روش تصدیق عملکرد
عملکرد خدمت دهی ^۱	شمع باید بتواند در طول دوره خدمت به راحتی تحت بار مورد نظر قرار گرفته و عملکرد مورد انتظار را داشته باشد.	براساس مستندات طراحی، بند ۹ یا نتایج واقعی
ایمنی ^{الف}	شمع نباید در محدوده بار مورد انتظار طراحی دچار شکست شود. در محل اتصالات باید همین عملکرد وجود داشته باشد.	براساس مستندات طراحی، بند ۹ یا نتایج واقعی
دوام ^{ب، ج}	ترک خوردگی ناشی از اثرات مورد انتظار، فرسودگی خواص مصالح یا موارد مشابه نباید منجر به کاهش عملکرد الزامی شود.	براساس مستندات طراحی یا نتایج واقعی
کارایی ^۳	شمع باید قابلیت حمل، نصب، مونتاژ و اتصال راحت و ایمن، بدون خرابی مضر برای استفاده را داشته باشد.	براساس مستندات طراحی یا نتایج واقعی
الف تصدیق ایمنی در صورت درخواست خریدار انجام می شود. ب دوام می تواند توسط نتایج واقعی شمع های مشابهی که نسبت آب به سیمان و/یا درصد هوا و نیز پوشش میلگرد^۴ و روش تولید آنها معادل هم هستند تأیید شود. ج الزامات فنی و اجرایی برای تامین دوام و پایایی بتن (شمع) باید مطابق با آیین نامه بتن ایران (آبا) باشد.		

۶ شکل، ابعاد و رواداری ابعاد

۶-۱ کلیات

شکل، ابعاد و رواداری ابعاد شمع ها باید مطابق شکل ۲، جدول ۱ و جدول ۵ باشد. درخصوص گروه I، اگر اصول طراحی، عملکرد و روش تصدیق عملکرد یکسان باشد، ابعاد مرجع می تواند در پاسخ به درخواست خریدار $\pm 10\%$ تغییر کند، به شرط آنکه عملکرد لازم تامین شود.

۶-۲ شکل

نمونه ای از شکل شمع ها در شکل ۲ نشان داده شده است.

یک شمع PC دارای یک استوانه توخالی با مقطعی یکسان در تمام طولش است. شمع ST، مانند شمع PC است که دارای یک بخش با قطر افزایش یافته^۵ در انتها است. یک شمع گره دار مانند شمع PC است که در بدنه آن گره هایی وجود دارد. قطر خارجی قسمت گره باید در محدوده ای باشد که به عملکرد اصلی بدنه آسیبی وارد نکند. هر شمع می تواند در صورت لزوم با نوک، اتصال یا سر مناسب ارائه شود. شکل شمع های طبقه بندی شده در گروه II باید مطابق با توافق طرفین باشد.

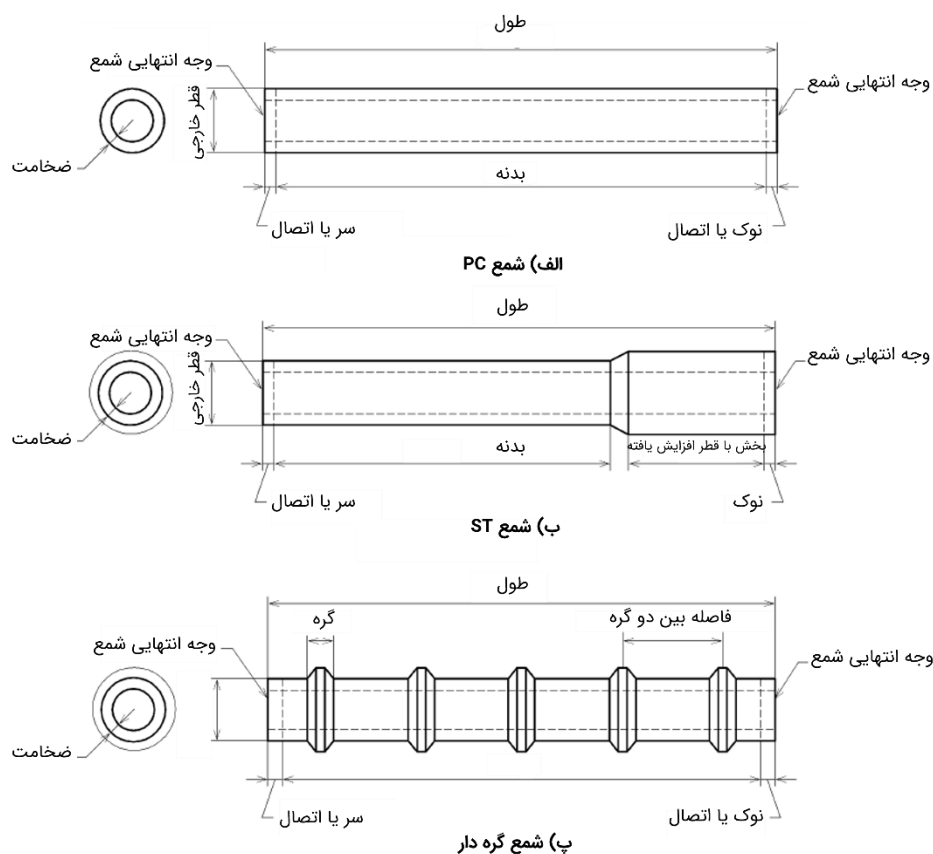
¹ service performance

² durability

³ workability

⁴ covering of reinforcing bar

⁵ diameter enlarged part



شکل ۲: نمونه‌ای از شکل شمع‌ها

۳-۶ ابعاد و رواداری ابعاد

ابعاد و رواداری ابعاد شمع‌های طبقه‌بندی‌شده در گروه I باید مطابق با جدول ۵ باشند. ابعاد و رواداری ابعاد شمع‌های طبقه‌بندی‌شده در گروه II باید مطابق با توافق طرفین باشد.

حداکثر طول بخش با قطر افزایش‌یافته در شمع ST باید به اندازه دو برابر قطر خارجی همان بخش افزایش‌یافته باشد.

حداکثر قطر خارجی گره‌ها در شمع‌های گره‌دار، برای شمع‌های با قطر خارجی ۴۵۰ mm یا کمتر برابر است با قطر خارجی شمع به اضافه حداکثر ۱۵۰ mm و برای شمع‌های با قطر خارجی ۵۰۰ mm یا بیشتر، برابر قطر خارجی شمع به اضافه حداکثر ۲۰۰ mm است، فاصله^۱ بین گره‌ها باید ۱ m باشد.

طول‌های نوک^۲، اتصال و سر، بستگی به طول شمع دارد. طول قطعه فلزی متصل به نوک که پس از ساخت به آن وصل می‌شود نباید به عنوان طول شمع در نظر گرفته شود. نوک دارای لبه باز و لبه بسته می‌باشد. نوک می‌تواند به شمع بالایی یا شمع میانی برای ایجاد یک شمع پایینی متصل شود. سطح انتهایی اتصال باید عمود بر محور

¹ interval

² tendons

شمع با حداکثر انحراف ۱ mm در هر ۳۰۰ mm باشد.

جدول ۵: ابعاد و رواداری ابعاد شمع‌ها

طول m	قطر خارجی mm	قطر خارجی mm	قطر خارجی mm	ابعاد	شمع بتنی پیش‌تنیده (شمع PC، شمع ST، شمع گره‌دار)
۴ تا ۱۵	۶۰ تا ۱۵۰	۷۰۰ تا ۱۲۰۰	۳۰۰ تا ۶۰۰	ابعاد	
±۰/۳٪ از طول	+ مشخص نشده است -۰	+۷ -۴	+۵ -۲	رواداری ابعاد	

نکته ۱: طول شمع باید در فواصل یک متری علامت‌گذاری شود.

نکته ۲: قطر خارجی شمع باید میانگین دو مقدار اندازه‌گیری‌شده در دو محور عمود در یک مقطع از بدنه باشد که به نزدیکترین عدد صحیح گرد شده است.

نکته ۳: ضخامت باید میانگین چهار مقدار اندازه‌گیری‌شده در دو محور عمود در یک مقطع از بدنه باشد که به نزدیکترین عدد صحیح گرد شده است.

نکته ۴: رواداری قطر خارجی بخش افزایش یافته قطر و همچنین بخش گره شمع تعیین نشده است.

نکته ۵: رواداری طول بخش با قطر افزایش یافته و فاصله بین گره‌ها تعیین نشده است.

آرایش میلگردها

میلگردهای مورد استفاده در شمع بتنی پیش‌تنیده باید مطابق با استاندارد JIS G 3137 باشند.

آرایش میلگردهای شمع باید مطابق با استاندارد JIS A 5364، بند ۷ و مستندات طراحی تعیین شود. آرایش میلگردها برای شمع‌هایی که مطابق با بند ۵ هستند، باید توسط تولیدکننده برای هر شمع تعیین شود.

آرایش میلگردها در شمع‌های گروه I باید به صورت زیر باشد:

الف) برای کابل‌های پیش‌تنیدگی^۱ و میلگردها که در راستای محوری قرار گرفته‌اند، نسبت سطح مقطع میلگرد به کل سطح مقطع باید حداقل ۰/۴ و تعداد آنها باید حداقل ۶ عدد باشد. میلگردها باید در هر مقطع از شمع، تا جایی که ممکن است بصورت یکنواخت در امتداد محیط دایره هم‌مرکز قرار گیرند. این موضوع برای کاهش جهت‌گیری مقاومت خمشی شمع در نظر گرفته شده است. فاصله بین کابل پیش‌تنیدگی و میلگرد باید یک یا چند برابر قطر آنها و حداقل ۴/۳ بیشترین اندازه درشت‌دانه مصرفی باشد. هنگامی که میلگردها به منظور اتصال به سرشمع‌ها و غیره، مرتب می‌شوند، آرایش و مقدار مورد نیاز میلگردها باید با توجه به توافق طرفین مشخص شود.

ب) میلگرد مارپیچ^۱ باید در سمت خارجی کابل پیش‌تنیدگی و میلگرد طولی قرار گیرند. قطر سیم میلگردهای مارپیچ برای شمع‌ها با قطر خارجی ۵۰۰ mm یا کمتر باید حداقل ۳ mm، برای شمع‌های با قطر خارجی

^۱ spiral reinforcing

بین ۶۰۰ mm تا ۱۰۰۰ mm باید حداقل ۴ mm و برای شمع‌های با قطر خارجی ۱۱۰۰ mm تا ۱۲۰۰ mm باید حداقل ۵ mm بوده و گام پیچش^۱ نیز باید حداکثر ۱۱۰ mm باشد. مقدار میلگردمارپیچ موردنیاز برای افزایش مقاومت برشی و کاهش تغییرشکل، باید بر اساس توافق طرفین باشد.

(پ) پوشش بتنی کابل پیش‌تنیدگی و میلگردمارپیچ باید حداقل ۱۵ mm باشد.

(ت) میلگرد و کابل پیش‌تنیدگی باید عاری از هرگونه زنگ‌زدگی و یا روغن و غیره، که به چسبندگی با بتن آسیب می‌رساند بوده و در مکان دقیق خود اجرا و تثبیت گردد.

۸ کیفیت بتن

۸-۱ مصالح و روش تولید

روش تولید باید مطابق با استاندارد JIS A 5364 باشد. مصالح استفاده‌شده برای شمع بتنی پیش‌ساخته باید مطابق با استانداردهای ملی ایران و به شرح زیر باشد:

- سنگدانه‌ها باید مطابق با استاندارد ملی ایران ۳۰۲ باشد.

- سیمان باید مطابق با استاندارد ملی ایران ۳۸۹ و استاندارد ملی ایران ۱-۱۷۵۱۸ باشد.

۸-۲ مقاومت فشاری

مقاومت فشاری بتن برای شمع با پیش‌تنیدگی مؤثر 470 N/mm^2 باید حداقل 80 N/mm^2 و برای شمع با پیش‌تنیدگی مؤثر بیش از 470 N/mm^2 ، حداقل 85 N/mm^2 باشد. مقاومت فشاری در زمان اعمال پیش‌تنیدگی باید حداقل 40 N/mm^2 باشد. مقاومت فشاری برای گروه II باید مطابق با توافق طرفین باشد.

موضوعات پایایی و دوام بتن باید مطابق با الزامات آیین نامه بتن ایران (آبا) باشد.

۹ روش آزمون

۹-۱ آزمون مقاومت فشاری بتن

آزمون مقاومت فشاری بتن باید مطابق با استاندارد ملی ایران ۱۶۰۸-۳ باشد. قطعه‌آزمون باید مانند شمع مورد نظر، عمل‌آوری یا به‌طور مناسب کنترل شود.

۹-۲ آزمون مقاومت خمشی شمع

آزمون مقاومت خمشی شمع باید مطابق با استاندارد JIS A 5363 باشد. آزمون برای گروه II باید مطابق توافق طرفین باشد.

(الف) در آزمون مقاومت خمشی، همانطور که در شکل ۳، نشان داده شده‌است، $\frac{3}{5}$ از طول شمع، L ، باید به‌عنوان

¹ pitch

دهانه‌ای با طول l ، بین دو تکیه‌گاه قرار گرفته و بار F معادل مقاومت خمشی در دو نقطه روی مرکز دهانه وارد شود. بار F باید طبق فرمول (۱) و با در نظر گرفتن وزن خودش محاسبه شود.

$$F = \frac{40M - mgL}{6L - 10b} \quad (۱)$$

که در آن:

F نیرو بر حسب kN است؛

M مقاومت خمشی بر حسب kN.m است؛

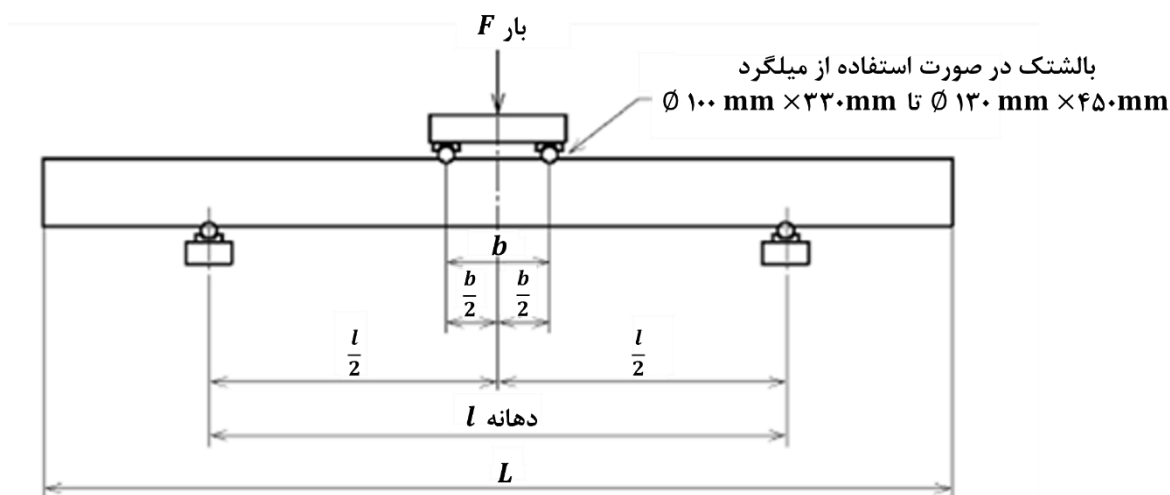
L طول شمع بر حسب m است؛

m وزن شمع بر حسب t است؛

g شتاب جاذبه $(\frac{m}{s^2})$ است؛

b دهانه تحت خمشی بر حسب m است

نکته: مقدار $b = ۱۰$ به عنوان مرجع در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۳: روش آزمون مقاومت خمشی برای شمع‌ها

در هنگام آزمون مقاومت خمشی اگر اثر نیروی برشی در حال افزایش باشد، طول قطعه l می‌تواند بزرگتر از $\frac{3}{5}$ طول شمع در نظر گرفته شود. در این صورت نیروی F باید مطابق فرمول (۲) با در نظر گرفتن وزن خودش محاسبه شود.

$$F = \frac{8M - mg(2l - L)}{2(l - b)} \quad (۲)$$

که در آن:

F نیرو بر حسب kN است؛

M مقاومت خمشی بر حسب kN.m است؛

L طول شمع برحسب m است؛

m وزن شمع برحسب t است؛

g شتاب جاذبه ($\frac{m}{s^2}$) ۹٫۸۱ است؛

l طول دهانه برحسب m است؛

b دهانه تحت خمشی برحسب m است

نکته: مقدار $b = 1/0$ به عنوان مرجع در نظر گرفته می‌شود.

(ب) باید تأیید شود که عملکرد مورد نیاز زمانی تامین می‌شود که بار F معادل مقاومت خمشی ترک‌خوردگی و مقاومت خمشی نهایی اعمال شود.

(پ) هنگامی که آزمون مقاومت خمشی در محل اتصال انجام می‌شود، درز اتصال^۱ باید همراه با مرکز دهانه قرار گیرد. در اینجا L باید طول پس از اتصال دو شمع باشد.

اگر احتمال وقوع شکست موضعی^۲ در موقعیت اعمال بار یا موقعیت تکیه‌گاه، قبل از شکست خمشی در شمع وجود داشته باشد، اقدامات متقابل باید صورت گیرد.

وزن بدنه شمع PC که برای محاسبات بارگذاری استفاده می‌شود باید مطابق مقادیر مشخص شده در جدول ۶ باشد.

¹ seam of joint

² local breakage

جدول ۶: وزن شمع‌های PC

طول												قطر خارجی mm
۱۵ m	۱۴ m	۱۳ m	۱۲ m	۱۱ m	۱۰ m	۹ m	۸ m	۷ m	۶ m	۵ m	۴ m	
۱,۷۶۳	۱,۶۴۶	۱,۵۲۸	۱,۴۱۱	۱,۲۹۳	۱,۱۷۶	۱,۰۵۸	۰,۹۴۰	۰,۸۲۳	۰,۷۰۵	۰,۵۸۸	۰,۴۷۰	۳۰۰
۲,۱۳۱	۱,۹۸۹	۱,۸۴۷	۱,۷۰۵	۱,۵۶۳	۱,۴۲۱	۱,۲۷۸	۱,۱۳۶	۰,۹۹۴	۰,۸۵۲	۰,۷۱۰	۰,۵۶۸	۳۵۰
۲,۶۶۷	۲,۴۸۹	۲,۳۱۱	۲,۱۳۳	۱,۹۵۵	۱,۷۷۸	۱,۶۰۰	۱,۴۲۲	۱,۲۴۴	۱,۰۶۷	۰,۸۸۹	۰,۷۱۱	۴۰۰
۳,۲۵۷	۳,۰۴۰	۲,۸۲۳	۲,۶۰۶	۲,۳۸۹	۲,۱۷۲	۱,۹۵۴	۱,۷۳۷	۱,۵۲۰	۱,۳۰۳	۱,۰۸۶	۰,۸۶۹	۴۵۰
۴,۱۱۵	۳,۸۴۰	۳,۵۶۶	۳,۲۹۲	۳,۰۱۷	۲,۷۴۳	۲,۴۶۹	۲,۱۹۴	۱,۹۲۰	۱,۶۴۶	۱,۳۷۲	۱,۰۹۷	۵۰۰
۵,۶۲۱	۵,۲۴۶	۴,۸۷۱	۴,۴۹۷	۴,۱۲۲	۳,۷۴۷	۳,۳۷۳	۲,۹۹۸	۲,۶۲۳	۲,۲۴۸	۱,۸۷۴	۱,۴۹۹	۶۰۰
۷,۳۴۸	۶,۸۵۸	۶,۳۶۸	۵,۸۷۸	۵,۳۸۸	۴,۸۹۸	۴,۴۰۹	۳,۹۱۹	۳,۴۲۹	۲,۹۳۹	۲,۴۴۹	۱,۹۵۹	۷۰۰
۹,۲۹۵	۸,۶۷۵	۸,۰۵۵	۷,۴۳۶	۶,۸۱۶	۶,۱۹۶	۵,۵۷۷	۴,۹۵۷	۴,۳۳۸	۳,۷۱۸	۳,۰۹۸	۲,۴۷۹	۸۰۰
۱۱,۴۶۲	۱۰,۶۹۸	۹,۹۳۴	۹,۱۷۰	۸,۴۰۶	۷,۶۴۲	۶,۸۷۷	۶,۱۱۳	۵,۳۴۹	۴,۵۸۵	۳,۸۲۱	۳,۰۵۷	۹۰۰
۱۳,۸۵۰	۱۲,۹۲۷	۱۲,۰۰۴	۱۱,۰۸۰	۱۰,۱۵۷	۹,۲۳۳	۸,۳۱۰	۷,۳۸۷	۶,۴۶۳	۵,۵۴۰	۴,۶۱۷	۳,۶۹۳	۱۰۰۰
۱۶,۴۵۹	۱۵,۳۶۱	۱۴,۲۶۴	۱۳,۱۶۷	۱۲,۰۷۰	۱۰,۹۷۲	۹,۸۷۵	۸,۷۷۸	۷,۶۸۱	۶,۵۸۳	۵,۴۸۶	۴,۳۸۹	۱۱۰۰
۱۹,۲۸۷	۱۸,۰۰۲	۱۶,۷۱۶	۱۵,۴۳۰	۱۴,۱۴۴	۱۲,۸۵۸	۱۱,۵۷۲	۱۰,۲۸۷	۹,۰۰۱	۷,۷۱۵	۶,۴۲۹	۵,۱۴۳	۱۲۰۰

واحدها بر اساس تن می‌باشند.

برای راحتی، وزن با توجه به رابطه زیر تا رقم سوم اعشار محاسبه می‌شود، فرض بر این است که وزن واحد حجم شمع PC ۲/۶۰ تن بر متر مکعب و مقدار π برابر ۳/۱۴ است.

$$m = \omega \pi t L (D - t)$$

که در آن:

m : وزن شمع PC بر حسب t است؛

ω : وزن واحد حجم شمع PC بر حسب t/m^3 است؛

t : ضخامت بر حسب m است؛

L : طول بر حسب m است؛

D : قطر خارجی بر حسب m است.

۹-۳ آزمون مقاومت خمشی شمع با وجود نیروی محوری (آزمون مقاومت خمشی با وجود نیروی محوری با بارگذاری چرخه‌ای معکوس)

آزمون مقاومت خمشی شمع با وجود نیروی محوری باید به صورت زیر انجام شود. این آزمون برای گروه II باید مطابق توافق طرفین صورت گیرد.

الف) در آزمون مقاومت خمشی با وجود نیروی محوری، همانطور که در شکل ۴ نشان داده شده، یک شمع که نیروی محوری به آن اعمال شده باید در دهانه‌ای به طول l بین دو تکیه‌گاه قرار گرفته و نیروی F که معادل مقاومت خمشی است باید در دو نقطه روی مرکز دهانه اعمال شود.

نیروی F باید مطابق فرمول‌های (۳) و (۴) با در نظر گرفتن وزن شمع محاسبه شود.

در موارد نیروی مثبت:

$$F = \frac{8M - mg(2l - L) - 8\delta N}{2(l - b)} \quad (۳)$$

در موارد نیروی منفی:

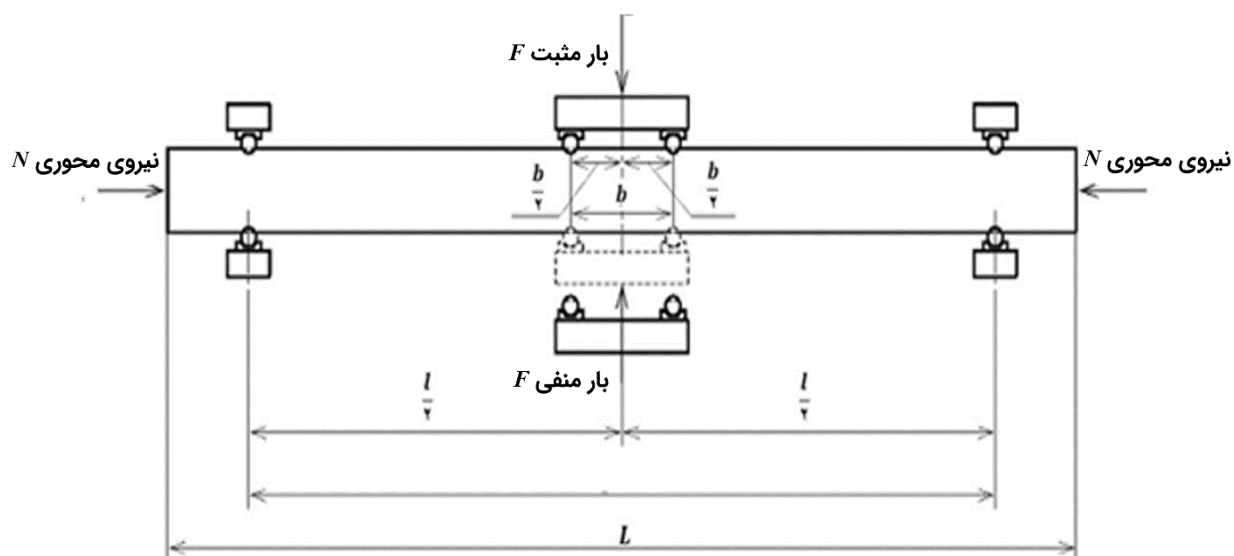
$$-F = \left(\frac{-8M - mg(2b - L) + 8\delta N}{2(l - b)} \right) - mg \quad (۴)$$

که در آن:

- F نیرو برحسب kN است؛
- M مقاومت خمشی برحسب kN.m است؛
- L طول شمع برحسب m است؛
- m وزن شمع برحسب t است؛
- g شتاب جاذبه ($\frac{m}{s^2}$) ۹/۸۱ است؛
- l طول دهانه برحسب m است؛
- δ خیز نسبی مرکز برحسب m است؛
- N نیروی محوری برحسب kN است؛
- b دهانه تحت خمشی برحسب m است.

نکته: مقدار $b = ۱۰$ به عنوان مرجع در نظر گرفته می‌شود.

- (ب) نیروی محوری N ، بار F و تعداد چرخه‌های متناوب مثبت/منفی باید شرایط زیر را داشته‌باشند:
- نیروی محوری N باید تا زمان اتمام آزمون ثابت باشد.
 - نیروی محوری N باید یکی از سه مرحله N_1 ، N_2 و N_3 باشد که در جدول ۲، نشان داده شده است.
 - همزمان با اعمال نیروی محوری N ، بار تکراری F باید $۱/۱۲$ هرکدام از مقاومت خمشی ترک خوردگی و مقاومت خمشی نهایی باشد. تعداد چرخه‌ها باید حداقل ۱۰ باشد.
 - یک چرخه به عنوان یک توالی مثبت/منفی تعریف می‌شود.
- (پ) باید تأیید شود که هنگام اعمال بار F معادل مقاومت خمشی ترک خوردگی و مقاومت خمشی نهایی پس از تکمیل تکرار متناوب مثبت/منفی، عملکرد مورد انتظار به دست می‌آید.
- اگر احتمال وقوع شکست موضعی در موقعیت اعمال بار یا موقعیت تکیه‌گاه، قبل از شکست خمشی در شمع وجود داشته‌باشد، اقدامات متقابل باید صورت گیرد.
- وزن بدنه شمع PC که برای محاسبات بارگذاری استفاده می‌شود باید مطابق مقادیر مشخص شده در جدول ۶ باشد.



شکل ۴: روش آزمون مقاومت خمشی برای شمع‌ها

۴-۹ آزمون مقاومت برشی شمع

آزمون مقاومت برشی شمع باید مطابق با استاندارد JIS A 5363 و مواردی که در ادامه آمده است انجام شود. این آزمون برای شمع‌های گروه II باید مطابق با توافق طرفین باشد.

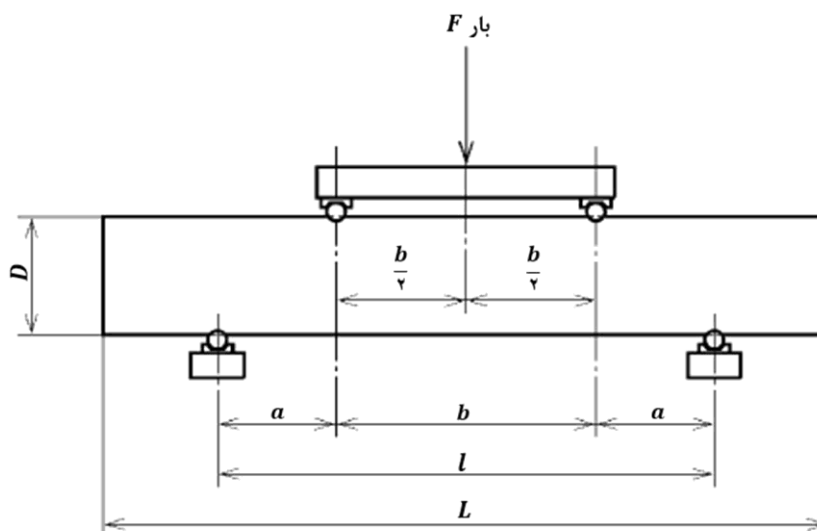
آزمون مقاومت برشی باید مطابق شکل ۵ یا شکل ۶ انجام شود. نیروی F نشان داده شده در شکل ۵ از فرمول (۵) محاسبه می‌شود:

$$F = 2Q \quad (۵)$$

که در آن:

F نیرو بر حسب kN است؛

Q مقاومت برشی بر حسب kN است.



b : دهانه تحت خمشی (m): $b=1/0$ به عنوان مرجع در نظر گرفته شود.

a : دهانه تحت برشی (m): $a=1/0 \cdot D$

D : قطر خارجی (m)

شکل ۵: روش آزمون مقاومت برشی برای شمع‌ها (بارگذاری بر تیر ساده)

طول بیرون زدگی (m) نمونه آزمون در شکل ۵ باید حدود $1,25 D$ تا $2,0 D$ باشد. نیروی F در شکل ۶ باید با استفاده از فرمول (۶) محاسبه شود:

$$F = \frac{Q(2a + b)}{b} \quad (۶)$$

که در آن:

F نیرو بر حسب kN است؛

Q مقاومت برشی بر حسب kN است؛

b بر حسب m است؛

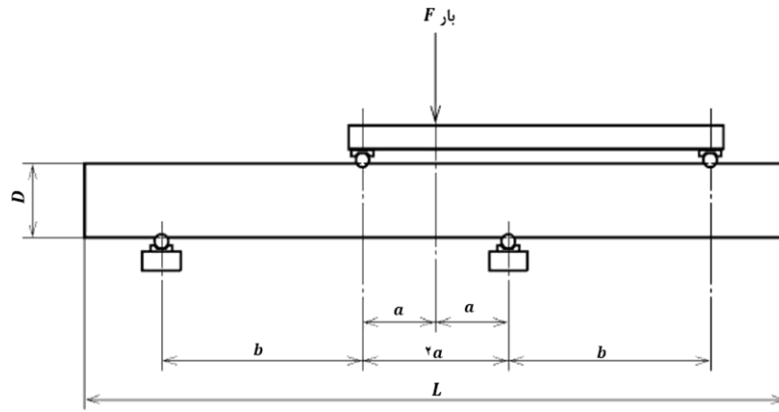
a دهانه برشی بر حسب m است.

نکته: $a = D - t/۲$

که در آن:

D قطر خارجی بر حسب m است.

t ضخامت بر حسب m است.



شکل ۶: روش آزمون مقاومت برشی برای شمع‌ها (بارگذاری تیر با یک انتهای آزاد)

باید تایید شود که در هنگام اعمال بار F که معادل مقاومت برشی ترک‌خوردگی و مقاومت خمشی نهایی است، عملکرد مورد انتظار به‌دست می‌آید.

اگر احتمال وقوع شکست موضعی در موقعیت اعمال بار یا موقعیت تکیه‌گاه، قبل از شکست برشی در شمع وجود داشته‌باشد، اقدامات متقابل باید صورت گیرد.

۱۰ بازرسی

بازرسی باید مطابق با الزامات استاندارد JIS A 5365 و موارد زیر باشد:

الف) بازرسی نهایی، بازرسی نهایی شمع‌ها باید روی ظاهر، عملکرد، شکل و ابعاد انجام شود و به‌صورت زیر باشد:

– **ظاهر**، برای بازرسی ظاهر، بازرسی ۱۰۰٪ یا بازرسی نمونه‌برداری^۱ باید با توجه به مشخصات شمع، روش تولید، مقدار تولید، به صورت مشاهده چشمی انجام شود. این شمع‌ها باید عاری از هرگونه نقص، ترک، پوسته‌پوسته‌شدگی، اعوجاج، پیچش (در محصولات صفحه‌ای) و مشابه آن که برای عملکرد، مضر است باشد.

– **عملکرد**، در بازرسی عملکرد، باید از روش نمونه‌برداری استفاده شود، هنگامی که مشخصات جایگزین با استفاده از نمونه‌های آزمایشی جایگزین^۲ (به جای بررسی شمع) مورد بررسی قرار گیرند، باید همبستگی بین خواص نمونه آزمایشی و شمع از پیش تأیید شود.

برای بازرسی عملکرد مقاومت خمشی ترک‌خوردگی، باید از هر بهر دو شمع دلخواه انتخاب شود و مطابق زیربند ۹-۲ مورد بازرسی قرار گیرند. اگر هر دو مطابق با زیربند ۵-۱-۱ بودند، آن بهر باید مورد پذیرش قرار گیرند. اگر هیچ یک از آن دو شمع مطابقت نداشته باشد، بهر رد خواهد شد.

^۱ sampling inspection

^۲ alternative test piece

اگر یکی از آن دو تطابق نداشت، بازرسی باید مجدداً انجام شود. در بازرسی مجدد، چهار شمع دیگر از آن بهر انتخاب می‌شوند اگر همه چهار شمع با الزامات مطابقت داشته باشند، آن بهر پس از حذف اولین شمع غیرمنطبق پذیرفته خواهد شد. اگر یکی یا بیشتر از آن‌ها در بازرسی مجدد با مقررات مذکور تطابق نداشته باشند، آن بهر باید مردود شود.

در بازرسی بارنهایی بدنه شمع^۱، یکی از دو شمع اول که در بازرسی مقاومت خمشی ترک خوردگی استفاده می‌شود باید مطابق با زیربند ۹-۲ بازرسی شود. اگر مطابق با الزامات زیربند ۵-۱-۲ بود آن بهر پذیرفته می‌شود. در صورت عدم تطابق، باید دو شمع دیگر از همان بهر انتخاب و مورد بازرسی مجدد قرار گیرند. اگر هر دو شمع با الزامات مطابقت داشته باشند، آن بهر پس از حذف اولین شمع غیرمنطبق پذیرفته خواهد شد. اگر یکی یا هر دو در بازرسی مطابق با الزامات نباشند، کل آن بهر باید مردود شود.

- **شکل و ابعاد**، برای بازرسی شکل و ابعاد، باید دو شمع دلخواه از هر بهر انتخاب شود. اگر این دو شمع مطابق با بند ۶ باشند، بهر باید پذیرفته شود. اگر یکی از آن‌ها یا هر دو مطابقت نداشتند، باقیمانده بهر باید ۱۰۰٪ مورد بازرسی قرار گیرد. اگر باقیمانده شمع‌ها مطابق با الزامات باشند بهر باید پذیرفته شود.

- **اندازه بهر بازرسی**، اندازه بهر بازرسی باید توسط تولیدکننده با در نظر گرفتن مشخصات شمع، روش تولید، مقدار تولید، دوره تولید، مقدار شمع‌های سفارش داده شده و غیره، تعیین شود. هر شمع در بهر بازرسی باید دارای مشخصات یکسانی باشد، و با استفاده از مصالح یکسان و نسبت اختلاط بتن و فرآیند تولید یکسان ساخته شود.

(ب) **بازرسی تحویل**، بازرسی تحویل شمع‌ها باید براساس ظاهر، شکل و ابعاد آن‌ها انجام شود. اندازه بهر بازرسی و روش نمونه‌برداری باید توسط خریدار همانطور که بین طرفین برای تحویل توافق شده است تعیین شود. بازرسی تحویل می‌تواند براساس توافق بین طرفین حذف شود.

۱۱ نشانه‌گذاری

موارد زیر باید مطابق با الزامات استاندارد JIS A 5361 روی شمع‌ها درج شود:

(الف) نوع یا نشان اختصاری آن؛

(ب) نام تولیدکننده یا نشان اختصاری آن؛

(پ) تاریخ ساخت یا نشان اختصاری آن؛

(ت) نشان PHC.

نشان PHC، تنها باید بر روی شمع‌هایی که به روش گریز از مرکز ساخته می‌شوند درج شود.

¹ ultimate load of the body

کتابنامه

- [۱] استاندارد ملی ایران ۱۳۲۷۰، فولاد برای تقویت و پیش تنیدن بتن - واژه‌نامه
- [۲] استاندارد ملی ایران ۱۱۲۶۷، سنگدانه - نمونه‌برداری از سنگدانه‌ها - آئین کار
-