



سازمان ملی استاندارد ایران

Iran National Standards Organization

استاندارد ملی ایران ۳-۲۹۰۹: سال ۱۴۰۴

تجدیدنظر اول

INSO 2909-3:2025

1st Revision

سقف‌های تیرچه بلوک – قسمت ۳: تیرچه پیش‌تنیده –
ویژگی‌ها و روش‌های آزمون

Joist and block floors – Part3: Prestressed joist -
Specifications and test methods

ICS: 91.100



استاندارد ملی ایران ۳-۲۹۰۹: سال ۱۴۰۴، سقف‌های تیرچه بلوک - قسمت ۳: تیرچه پیش‌تنیده - ویژگی‌ها و روش‌های آزمون - تجدیدنظر اول

INSO 2909-3:2025, Joist and block floors- Part 3: Prestressed joist- Specifications and test methods – 1st Revision

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 برداشته شد. 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 مصوب شد.

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 به موجب 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.

به موجب این قانون، سازمان ملی استاندارد ایران به عنوان یک دستگاه اجرایی مستقل زیر نظر مستقیم رئیس جمهور اداره می‌شود و مرجع رسمی حاکمیتی در زمینه سیاست‌گذاری، حسن نظارت و هدایت نظام استاندارد و اطمینان بخشی 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 شده است:

- 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 به عنوان سامانه رسمی اندازه‌شناسی قانونی در کشور و واسنجی تجهیزات 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 به منظور جلوگیری از ورود کالاهای نامرغوب و حمایت از مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان داخلی، کنترل کیفیت کالاهای صادراتی به منظور 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 به منظور نظرسنجی برای مراجع ذی‌نفع و ذی‌ربط ارسال و در کارگروه ملی تصویب استاندارد، مطرح و در صورت تأیید به عنوان استاندارد ملی مصوب می‌شوند. استانداردهای مصوب پس از اختصاص شماره ملی از طریق درگاه اطلاع‌رسانی سازمان در دسترس عموم قرار می‌گیرند.

کمیسیون تدوین استاندارد

سمت و محل اشتغال

مشارکت کنندگان

رئیس:

عضو هیئت علمی دانشگاه شیراز

ماهری، محمودرضا
دکتری مهندسی عمران

دبیر:

کارشناس اداره کل استاندارد استان فارس

امیری ابوالوردی، داریوش
کارشناسی ارشد مهندسی عمران

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

مدیرعامل شرکت تیرچه میگلی

اشرف نژاد، علی
کارشناسی مهندسی عمران

مدیر کنترل کیفیت شرکت تیرچه بتن پیش‌تنیده بالار صنعت

آرمان، سعید
کارشناسی ارشد مهندسی عمران

مدیر ارشد فنی شرکت بتن پیش‌تنیده آتی بام ایرانیان

اکبری، محسن
کارشناسی ارشد مهندسی عمران

عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد

اصفهانی، محمدرضا
دکتری مهندسی عمران

مدیرعامل شرکت تیرچه پیش‌تنیده ایران

بلوچی، محمدرضا
کارشناسی ارشد مهندسی عمران

مدیر تحقیق و توسعه شرکت فاتح گستر طرح و سازه (تیرچه پیش‌تنیده تیکا)

بهزادی، صدیقه
کارشناسی مهندسی عمران

کارشناس اداره کل استاندارد استان فارس

پراور، ابراهیم
کارشناسی ارشد مهندسی صنایع

عضو سازمان نظام مهندسی ساختمان استان فارس

حکمت‌آرا، علیرضا
کارشناسی ارشد مهندسی عمران

کارشناس اداره کل استاندارد استان فارس

خضرا، بابک
کارشناسی مهندسی عمران

عضو هیئت مدیره سازمان نظام مهندسی ساختمان استان فارس

خواجeh پور، مهرداد
کارشناسی ارشد مهندسی عمران

مشارکت‌کنندگان

خواجه‌پور، علی
کارشناسی ارشد مهندسی عمران

خورشیدی، محسن
کارشناسی ارشد مهندسی عمران

رحمتی، علیرضا
کارشناسی ارشد مهندسی عمران

رضایی، فریدون
دکتری مهندسی عمران

رضایی، فهیمه
کارشناسی ارشد شیمی فیزیک

رئیس‌قاسمی، امیرمازیار
کارشناسی ارشد مهندسی عمران

زارع بیدکی، محمد
کارشناسی ارشد مهندسی عمران

سعادت، سینا
دکتری مهندسی عمران

سلطانی، ابراهیم
کارشناسی ارشد معماری

شعبانیان، محسن
دکتری مهندسی برق

صدوقی، یاسمن
کارشناسی ارشد مهندسی عمران

صدیقی، امیر
کارشناسی ارشد مهندسی عمران

صفری، داود
دکتری مهندسی عمران

ظریف‌کار، اصغر
کارشناسی ارشد مهندسی عمران

سمت و محل اشتغال

عضو سازمان نظام مهندسی ساختمان استان فارس

کارشناس شرکت بتن صنعت بريس

رئیس کمیته فنی کانون سراسری انجمن‌های صنفی
تولیدکنندگان بتن آماده و قطعات بتنی کشور

عضو هیئت علمی دانشگاه بوعلی سینا

کارشناس اداره کل استاندارد استان فارس

کارشناس مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

مدیرعامل شرکت بتن پیش‌تنیده بالارصنعت

عضو گروه تخصصی سازمان نظام مهندسی ساختمان استان فارس

مدیرعامل شرکت مهندسی بتن پیش‌تنیده غرب

رئیس هیئت مدیره شرکت فاتح گستر طرح و سازه (تیرچه پیش-
تنیده تیکا)

کارشناس اداره کل استاندارد استان فارس

مدیر کنترل کیفیت شرکت تکین بتن

عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد شیراز

مدیر عامل گروه صنعتی پولادکف

مشارکت‌کنندگان

عرب‌زاده، بهمن

کارشناسی ارشد مهندسی عمران

فصحتی، سیروس

دیپلم ریاضی

قائدیان، داود

دکتری مهندسی عمران

مجتبوی، سید علیرضا

کارشناسی مهندسی مواد

مرشد، رضا

دکتری مهندسی عمران

منیعی، سالار

دکتری مهندسی عمران

نجفقلی‌پور، محمدمیر

دکتری مهندسی عمران

نجفی، اشکان

کارشناسی مهندسی عمران

نریمان، علیرضا

دکتری مهندسی عمران

نصیری، محمود

کارشناسی ارشد مهندسی عمران

نوذری، مجتبی

کارشناسی مهندسی عمران

سمت و محل اشتغال

مدیر ارشد فنی شرکت مهندسی بتن پیش‌تنیده غرب

رئیس اتحادیه تولیدکنندگان تیرچه و بلوک استان فارس

عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد شیراز

رئیس گروه نظارت بر اجرای استانداردهای صنایع ساختمانی و

معدنی سازمان ملی استاندارد ایران

عضو هیئت علمی دانشگاه یزد

رئیس واحد تحقیق و توسعه شرکت مهندسی بتن پیش‌تنیده غرب

عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شیراز

مدیر کنترل کیفیت شرکت برج سازان میگلی

مدیرعامل شرکت فاتح گستر طرح و سازه (تیرچه پیش‌تنیده تیکا)

کارشناس سازمان ملی استاندارد ایران

مدیر کنترل کیفیت گروه تولیدی تیرچه بلوک قشقایی

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ز	پیشگفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۶	۴ الزامات
۶	۴-۱ الزامات مصالح
۷	۴-۲ الزامات تولید
۱۰	۴-۳ الزامات محصول نهایی
۱۶	۵ روش‌های آزمون
۱۶	۶ نمونه‌برداری
۱۶	۷ اطلاعات سفارش
۱۷	۸ بازرسی و کنترل تولید
۱۸	۹ تواتر نمونه‌برداری و آزمون توسط واحد تولیدی
۱۸	۱۰ نشانه‌گذاری
۱۹	پیوست «الف» (آگاهی‌دهنده) راهنمای بلند کردن تیرچه پیش‌تنیده
۲۰	پیوست «ب» (آگاهی‌دهنده) حداکثر مقادیر مجاز لغزش فولاد پیش‌تنیدگی در امتداد طولی تیرچه
۲۱	پیوست «پ» (الزامی) آزمون‌های ابعادی
۲۳	پیوست «ت» (الزامی) آزمون بارگذاری به روش مستقیم
۲۵	پیوست «ث» (الزامی) آزمون به روش غیرمستقیم (آزمون خیز)
۳۳	پیوست «ج» (الزامی) تواتر نمونه‌برداری و آزمون توسط واحد تولیدی

پیشگفتار

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

استانداردهای ملی ایران براساس استاندارد ملی ایران ۵ و روش اجرایی تدوین استانداردهای ملی ایران تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم، فناوری و خدمات، استانداردهای ملی در صورت لزوم تجدیدنظر شده یا برای آن‌ها اصلاحیه و/یا تصحیح‌نامه منتشر می‌شود.

این استاندارد در جلسه شماره ۱۰۷۱ مورخ ۱۴۰۴/۰۲/۲۹ کارگروه ملی تصویب استانداردهای مهندسی ساختمان، مصالح و فراورده‌های ساختمانی مصوب شده است.

این استاندارد، استاندارد ملی زیر را باطل می‌کند و جایگزین آن می‌شود:

- استاندارد ملی ایران ۲۹۰۹-۳: سال ۱۳۹۵، سقف‌های تیرچه بلوک - قسمت ۳: تیرچه پیش‌تنیده - ویژگی‌ها و روش‌های آزمون

تمامی قسمت‌های مجموعه استاندارد ملی ۲۹۰۹ با عنوان «سقف‌های تیرچه بلوک» در نشانی <http://www.standard.inso.gov.ir> قابل دسترسی است.

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

- سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ضابطه ۵۴۳: سال ۱۳۹۰، دستورالعمل طراحی و اجرای سقف‌های تیرچه و بلوک

- استاندارد ملی ایران ۲۹۰۹-۱: سال ۱۳۹۵+اصلاحیه ۱: سال ۱۳۹۶، سقف‌های تیرچه بلوک - قسمت ۱: خرپای تیرچه و تیرچه خرپایی - ویژگی‌ها و روش‌های آزمون

- استاندارد ملی ایران ۲۹۰۹-۲: سال ۱۳۸۵، سقف‌های تیرچه بلوک - قسمت ۲: بلوک‌های سقفی مورد مصرف در سقف‌های تیرچه بلوک - ویژگی‌ها و روش‌های آزمون

- BS EN 15037-1:2008, Precast concrete products-Beam-and-block floor systems- Part 1: Beams

سقف‌های تیرچه بلوک - قسمت ۳: تیرچه پیش‌تنیده - ویژگی‌ها و روش‌های آزمون

۱ هدف و دامنه کاربرد

این استاندارد، ویژگی‌ها و روش‌های آزمون تیرچه پیش‌تنیده پیش‌کشیده مورد مصرف در سقف‌های تیرچه بلوک را تعیین می‌کند.

۲ مراجع الزامی

مراجع زیر، مدارکی هستند که در متن این استاندارد به کل یا بخشی از محتوای آن‌ها به صورت الزامی ارجاع داده شده است؛ بنابراین، محتوای ارجاع داده شده، 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 ۴۴۶، سنگدانه‌ها- تعیین مواد ریزتر از $75 \mu m$ در سنگدانه‌های معدنی با شستشو - روش آزمون

- استاندارد ملی ایران ۱۶۰۸-۳، بتن سخت شده- قسمت ۳: تعیین مقاومت فشاری آزمونه‌ها- روش آزمون

- استاندارد ملی ایران ۳۱۳۲، آرماتورهای فولادی گرم نوردیده برای تسلیح بتن - ویژگی‌ها و روش‌های آزمون

- استاندارد ملی ایران ۳۲۰۳-۲، بتن تازه - قسمت ۲: تعیین روانی به روش اسلامپ - روش آزمون

- استاندارد ملی ایران ۴۹۷۷، سنگدانه‌ها - دانه‌بندی سنگدانه‌های ریز و درشت - روش آزمون

- استاندارد ملی ایران ۴۹۷۸، سنگدانه‌ها - کلوخه‌های رسی و دانه‌های سست - روش آزمون

- استاندارد ملی ایران ۴۹۸۳، سنگدانه‌ها - مقدار کل رطوبت قابل تبخیر با خشک کردن - روش آزمون

- استاندارد ملی ایران ۶۰۴۴، بتن آماده - ویژگی‌ها

- استاندارد ملی ایران ۱۱۱۰۸، پلی‌استایرن منبسط‌شده - بلوک‌های مورد مصرف در سقف‌های تیرچه بلوک و

صفحات مورد مصرف در کارهای عمرانی - ویژگی‌ها

- استاندارد ملی ایران ۱۱۲۶۸، بتن - تعیین دمای بتن سیمان هیدرولیکی تازه اختلاط‌شده - روش آزمون

- استاندارد ملی ایران ۱۱۵۵۸، آرماتورهای سرد نوردیده مورد مصرف برای تسلیح بتن و ساخت شبکه‌های

جوش‌شده - ویژگی‌ها

- استاندارد ملی ایران ۱۳۲۵۰-۲، فولاد- فولاد مورد استفاده برای پیش‌تنیده کردن بتن - قسمت ۲: سیم

کشیده شده با روش سرد

- استاندارد ملی ایران ۳-۱۳۲۵۰، فولاد- فولاد مورد استفاده برای پیش‌تنیده کردن بتن - قسمت ۳: سیم آبدیده و حرارت‌دیده
- استاندارد ملی ایران ۴-۱۳۲۵۰، فولاد- فولاد مورد استفاده برای پیش‌تنیده کردن بتن - قسمت ۴: سیم بافته
- طرح و اجرای ساختمان‌های بتن‌آرمه، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان
- آیین‌نامه بتن ایران، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، نشریه ۱۲۰ (جلد ۱ تا ۴)

۳ اصطلاحات و تعاریف

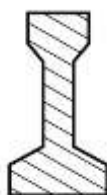
در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود.

۱-۳

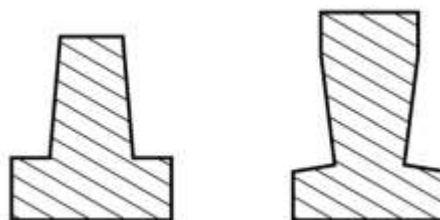
تیرچه بتنی پیش‌تنیده

prestressed concrete joist

این نوع تیرچه از طریق پیش کشیدگی فولاد پیش‌تنیدگی، پیش‌تنیده می‌شود و به عنوان تقویت کننده اصلی سامانه سقف عمل می‌کند. (به شکل ۱، شکل‌های فرعی الف)، ب و پ) مراجعه شود).



ب) تیرچه پیش‌تنیده I شکل



الف) تیرچه پیش‌تنیده T شکل وارونه



پ) تیرچه پیش‌تنیده خرپایی

شکل ۱: نمونه‌هایی از انواع تیرچه پیش‌تنیده

۲-۳

پاشنه بتنی

concrete toe

قسمت بتنی تیرچه پیش‌تنیده است که به‌عنوان نشیمن‌گاه بلوک و همچنین پوشش دهنده و مهارکننده فولاد پیش‌تنیدگی و میلگرد طولی می‌باشد.

۳-۳

بلوک

block

اجزایی ساخته شده از جنس بتن با (وزن معمولی یا بتن سبک)، سفال، پلی‌استایرن، پلاستیک یا کامپوزیت که مابین تیرچه‌ها قرار می‌گیرند.

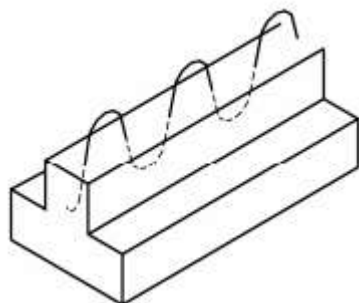
نکته ۱ مدخل: انواع بلوک در استاندارد ملی ایران ۱۱۱۰۸، بیان شده است.

۴-۳

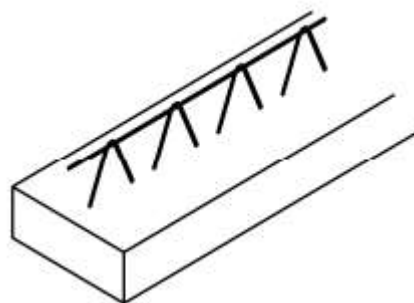
میلگرد اتصال

connecting reinforcement

میلگرد مهارشده در دو طرف فصل مشترک تیرچه پیش‌ساخته و بخش بتن درجا است. این میلگرد می‌تواند شامل شبکه خرپایی زیگزاگی یا میلگرد حلقه‌ای پیوسته و غیرپیوسته و نیز میلگردهای طولی جوش شده به آن در بالا یا پائین مقطع باشد (به شکل ۲، شکل‌های فرعی الف) و ب) مراجعه شود).



شکل ب) میلگرد اتصال از نوع حلقه‌ای پیوسته



شکل الف) میلگرد اتصال از نوع شبکه خریایی

شکل ۲: نمونه‌هایی از میلگرد اتصال

۳-۵

میلگرد برشی

shear reinforcement

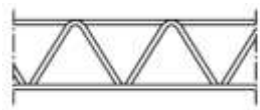
میلگردهای فولادی با زاویه بین 45° تا 90° نسبت به محور طولی تیرچه که برای تحمل برش، تعبیه و مهار می‌شوند و می‌توانند به صورت شبکه خرپا، میلگردهای حلقه‌ای، خاموت باشند.

۳-۶

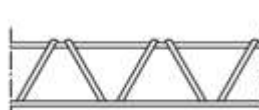
شبکه خرپا

lattice girder

ساختار فلزی دو بُعدی یا سه بُعدی است که متشکل از یک میلگرد در بالا، یک یا چند میلگرد در پایین و میلگردهای عرضی (زیگزاگ‌ها) پیوسته یا ناپیوسته که به میلگردهای بالایی و پایینی جوش داده شده‌اند یا به شکل مکانیکی به آن‌ها متصل شده‌اند، می‌باشد (به شکل ۳، شکل‌های فرعی الف) و ب) مراجعه شود).



ب) میلگردهای عرضی پیوسته



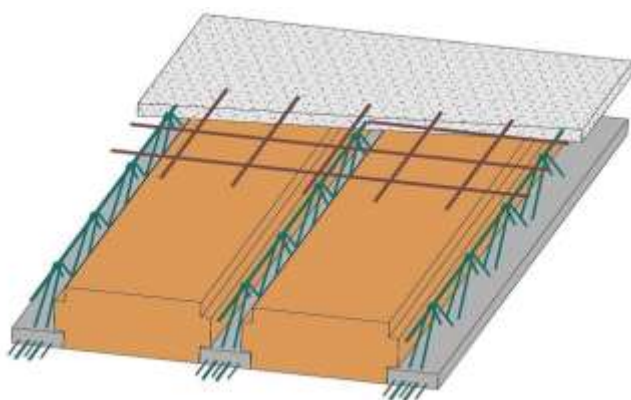
الف) میلگردهای عرضی ناپیوسته

شکل ۳: شبکه‌های خریایی

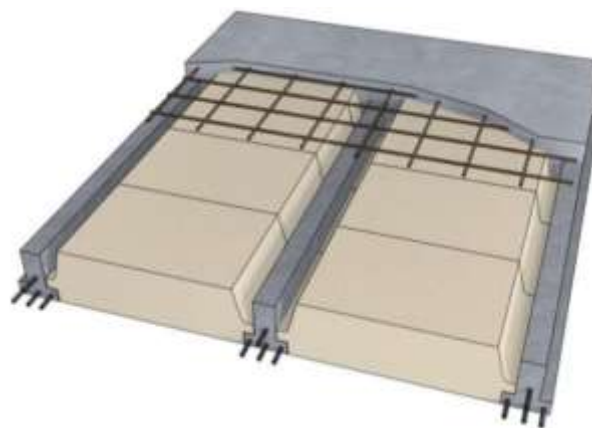
سقف تیرچه و بلوک

joist and block roofs

این نوع سقف، ترکیبی از تیرچه‌های موازی با بلوک‌های جایگذاری شده بین آن‌ها و با رویه بتنی درجا می‌باشد. رویه بتنی (بتن پوششی) به عنوان یکی از عناصر متشکله سقف، پس از جای گذاری تیرچه، بلوک و سایر میلگردها به صورت درجا اجرا می‌شود و پس از به دست آوردن مقاومت نهایی، با تیرچه‌های پیش‌تنیده، عملکرد سازه‌ای مرکب ایجاد می‌کند (شکل ۴، شکل‌های فرعی الف) و ب) مثال‌های شماتیک قسمتی از سقف‌های تیرچه بلوک را نشان می‌دهد).



ب) تیرچه پیش‌تنیده با شبکه خرپایی



الف) تیرچه پیش‌تنیده بدون شبکه خرپایی

شکل ۴: مثال‌هایی از سقف‌های تیرچه بلوک با انواع تیرچه‌های پیش‌تنیده

میلگرد

bar

محصول فولادی گرم یا سرد نوردیده به صورت ساده یا آج‌دار، دندانه‌دار با مقطع گرد که به صورت شاخه‌ای (مستقیم در طول معین) یا کلاف (به صورت حلقوی پیوسته) بسته‌بندی می‌شود.

۳-۹

مفتول

سیم

wire

یک قطعه فلزی نازک و طویل است که معمولاً از کشیدن میلگرد تولید می‌شود.

۳-۱۰

سیم سرد نوردیده

سیم کشیده شده با روش سرد

cold-drawn wire

محصولی سخت که از یک میله به وسیله سردکاری، از طریق غلتک‌ها یا ماتریس به دست می‌آید که به صورت ساده، آج‌دار، شیاردار، موج‌دار، کلاف، تنش‌زدایی شده، تولید می‌شود.

۴ الزامات

۴-۱ الزامات مصالح

الزامات این زیربند باید توسط تولید کننده برآورده شده و باید تمامی سوابق کنترل‌ها و مستندات حفظ و نگهداری شود و قابل دسترس برای بازرسین نهاد صدور گواهی و /یا مشتریان باشد.

۴-۱-۱ الزامات اجزای تشکیل‌دهنده بتن

الزامات اجزای تشکیل‌دهنده بتن باید طبق استاندارد ملی ایران ۶۰۴۴ باشد.

۴-۱-۲ فولادها

۴-۱-۲-۱ میلگردها، کلاف‌ها و شبکه‌های جوش شده

الزامات میلگردها، کلاف‌ها و شبکه‌های جوش شده باید طبق استانداردهای ملی ایران ۳۱۳۲ و ۱۱۵۵۸ باشد.

۴-۱-۲-۲ میلگرد اتصال

میلگردهای اتصال به غیر از شبکه خرپایی، باید از فولاد آجدار، دندانه‌دار یا صاف و طبق استانداردهای ملی ایران ۳۱۳۲ و ۱۱۵۵۸ باشند. در جاهایی که مناسب بودن آن ثابت شده باشد، می‌توان از سیم‌ها یا سیم‌های بافته‌شده پیش‌تنیده استفاده کرد که قطر آن‌ها باید بین ۴ mm تا ۸ mm باشد.

۴-۲-۱-۳ فولاد پیش‌تنیدگی^۱

الزامات فولاد پیش‌تنیدگی باید طبق یکی از استانداردهای ملی ایران ۲-۱۳۲۵۰، ۳-۱۳۲۵۰ و ۴-۱۳۲۵۰ باشد. فقط فولادهای پیش‌تنیدگی (سیم‌ها یا سیم‌های بافته شده) با قطر کمتر از ۱۳ mm باید مورد استفاده قرار گیرد.

فولادهای مصرفی در ساخت تیرچه نباید به موادی آغشته و ترکیب شود که باعث کاهش میزان چسبندگی بتن و فولاد شود.

۴-۲ الزامات تولید

الزامات این زیربند باید توسط تولید کننده برآورده شده و باید تمامی سوابق کنترل‌ها و مستندات حفظ و نگهداری شود و قابل دسترس برای بازرسین نهاد صدور گواهی و /یا مشتریان باشد.

۴-۲-۱ تولید تیرچه‌های پیش‌تنیده

در تیرچه‌های پیش‌تنیده، فولاد پیش‌تنیدگی پیش از بتن‌ریزی تیرچه، به وسیله جک‌هایی حداکثر تا ۸۰٪ مقاومت نهایی خود کشیده می‌شوند. رهاسازی فولاد پیش‌تنیدگی و انتقال تنش‌های پیش‌تنیدگی به مقطع، زمانی انجام می‌گیرد که بتن مقطع حداقل مقاومت فشاری معادل ۱/۷ برابر تنش فشاری حداکثر تار تحتانی بتن مقطع تحت اثر نیروی پیش‌تنیدگی نهایی و وزن تیرچه یا ۲۰ MPa هر کدام که بیشتر باشد را تأمین کند. ساخت تیرچه پیش‌تنیده باید به گونه‌ای باشد که هنگام حمل و نقل، نصب و بتن‌ریزی و بارهای بهره‌برداری دچار آسیب دیدگی نشود (به پیوست «الف» مراجعه شود).

در صورت استفاده از تیرچه‌های پیش‌تنیده در شرایط محیطی نامناسب، باید الزامات فصل ششم آیین‌نامه بتن ایران (نشریه ۱۲۰) برآورده شود.

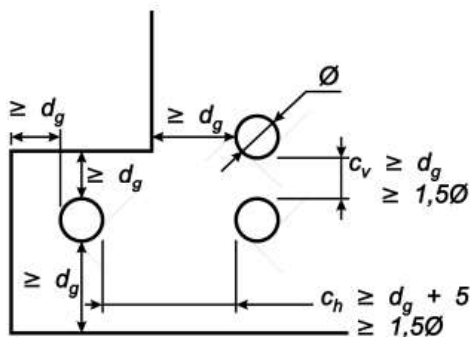
بهتر است در تیرچه‌های پیش‌تنیده خرپایی، فولاد پیش‌تنیدگی تیرچه حداکثر تا ۷۵٪ مقاومت کششی خود کشیده شود.

۴-۲-۲ موقعیت فولاد پیش‌تنیدگی و میلگردهای اتصال و برشی

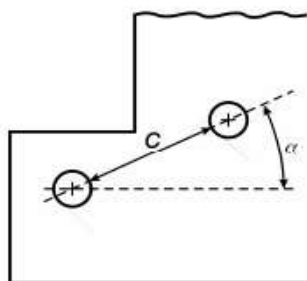
۴-۲-۲-۱ موقعیت فولاد پیش‌تنیدگی

¹ prestressing steel

فاصله آزاد اسمی بین فولادهای پیش‌تنییدگی و /یا میلگردها، باید حداقل برابر مقادیر ارائه شده در شکل ۵، شکل‌های فرعی الف) و ب) باشد.



الف) حداقل فاصله افقی و عمودی بین فولاد پیش‌تنییدگی در تیرچه پیش‌تنیده



$$\alpha \geq 45^\circ \text{ اگر } c \geq c_v$$

$$\alpha < 45^\circ \text{ اگر } c \geq c_h + 5 \text{ mm}$$

ب) حداقل فاصله مورب بین میلگردها یا فولاد پیش‌تنییدگی در تیرچه پیش‌تنیده

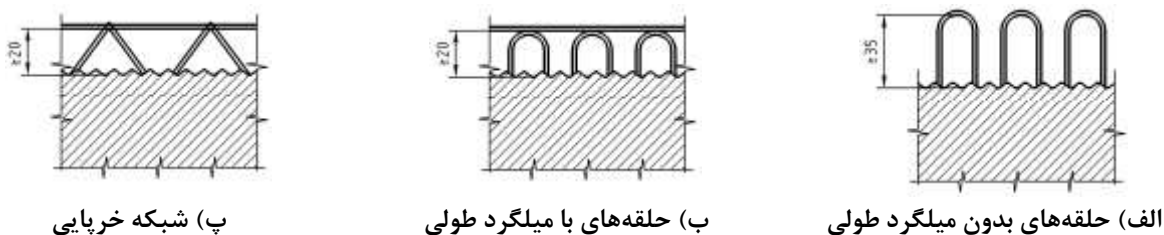
راهنما:

c	فاصله مورب بین دو فولاد پیش‌تنییدگی یا میلگرد
c_h	فاصله افقی بین دو فولاد پیش‌تنییدگی یا میلگرد
c_v	فاصله عمودی بین دو فولاد پیش‌تنییدگی یا میلگرد
d_g	قطر بزرگ‌ترین سنگدانه
α	زاویه بین افق و خط مورب
$\emptyset$	قطر بزرگ‌ترین میلگرد

شکل ۵: فاصله آزاد اسمی بین فولاد پیش‌تنییدگی و میلگردها

۴-۲-۲-۲-۲ موقیعت میلگردهای اتصال

به‌منظور تأمین تراکم لازم و پوشش کافی بتن اطراف میلگردهای اتصال، فاصله آزاد بین سطح بالایی تیرچه و زیر حلقه‌ها و میلگردهای عرضی نباید کمتر از ۳۵ mm باشد. اگر یک میلگرد طولی به قسمت بالایی حلقه‌ها یا میلگردهای عرضی جوش داده شود، این فاصله می‌تواند به ۲۰ mm کاهش یابد (به شکل ۶، شکل‌های فرعی الف)، ب) و پ) مراجعه شود).



شکل ۶: موقعیت میلگردهای اتصال

۴-۲-۲-۳ الزامات خاص میلگردهای اتصال و برشی

هنگام استفاده از این میلگردها، موارد زیر باید در نظر گرفته شود:

- ساق‌ها^۱ یا میلگردهای عرضی^۲ (زیگزاگ) از نوع میلگرد ساده، آج‌دار یا دندانه‌دار باشد؛
- قطر اسمی ساق‌ها یا میلگردهای عرضی بین ۴ mm تا ۸ mm باشد؛
- تولید کننده براساس محاسبات یا انجام آزمون، مقاومت بیرون کشیدگی میلگردهای اتصال موجود در بتن تیرچه را اعلام کند.
- مقاومت اتصالات جوش کاری شده تأیید شود؛
- در ساخت میلگرد اتصال یا میلگرد برشی نیز می‌توان از فولاد پیش‌تنیدگی با منظور نمودن حداکثر مقاومت کششی به میزان ۵۰۰ MPa استفاده کرد.

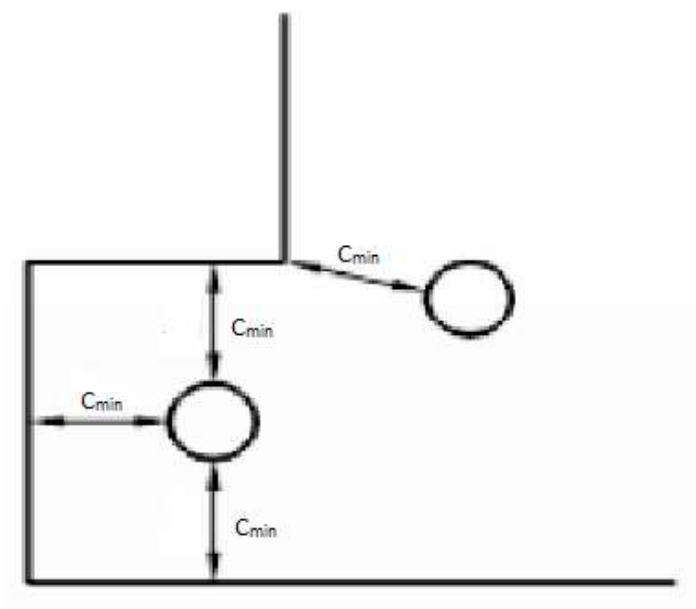
۴-۲-۲-۴ الزامات خاص فولاد پیش‌تنیدگی

- ۴-۲-۲-۴-۱ حداقل فاصله (C_{min}) بین لبه بیرونی فولاد پیش‌تنیدگی و نزدیک‌ترین سطح بتن باید طبق زیربند ۴-۲-۲-۴-۲ تأمین شود تا مانعی در برابر خطر ترک خوردگی طولی تیرچه‌ها باشد.
- ۴-۲-۲-۴-۲ در صورت عدم وجود محاسبات یا آزمون‌های خاص، حداقل پوشش بتن (C_{min}) بین لبه بیرونی فولاد پیش‌تنیدگی و نزدیک‌ترین سطح بتن باید حداقل یکی از موارد زیر باشد (به شکل ۷ مراجعه شود):

- وقتی فاصله اسمی مرکز به مرکز فولاد پیش‌تنیدگی برابر یا بیش‌تر از ۳۰ باشد، $C_{min} = ۱/۵\phi$ است؛
 - وقتی فاصله اسمی مرکز به مرکز فولاد پیش‌تنیدگی برابر یا کمتر از ۲۰ باشد، $C_{min} = ۲/۵\phi$ است.
- باید C_{min} با میان‌بایی خطی بین مقادیر محاسبه شده قبلی به دست آید.
- حداقل مقدار پوشش بتنی روی سیم‌های پیش‌تنیدگی ۱۶ mm است.

^۱ legs
^۲ diagonals

در صورت استفاده از فولادهای پیش‌تنیدگی با قطرهای مختلف، باید قطر متوسط آن‌ها در محاسبات لحاظ شود.



شکل ۷: حداقل پوشش بتنی برای جلوگیری از ترک‌خوردگی بتن تیرچه‌های پیش‌تنیده

۳-۴ الزامات محصول نهایی

۱-۳-۴ الزامات اجزای تشکیل دهنده

۱-۱-۳-۴ الزامات فولاد پیش‌تنیدگی

فولاد مورد استفاده برای پیش‌تنیده کردن بتن باید مطابق با الزامات استانداردهای ملی ایران ۲-۱۳۲۵۰، ۳-۱۳۲۵۰ و ۴-۱۳۲۵۰ باشد.

۲-۱-۳-۴ الزامات فولاد غیرپیش‌تنیدگی

تمامی میلگردهای مورد استفاده در تیرچه‌های پیش‌تنیده، بسته به مورد می‌تواند از نوع گرم نوردیده و/یا سرد نوردیده باشند. باید میلگردهای گرم‌نوردیده، مطابق با استاندارد ملی ایران ۳۱۳۲ و میلگردهای سرد نوردیده، مطابق با استاندارد ملی ایران ۱۱۵۵۸ باشند.

۱-۲-۱-۳-۴ الزامات میلگرد زیرین

میلگردهای زیرین باید از نوع گرم نوردیده (آج ۳۴۰، آج ۴۰۰ و آج ۵۰۰) یا سرد نوردیده باشد. میلگرد زیرین باید در سرتاسر طول تیرچه ادامه یابد.

قطر اسمی میلگردهای زیرین نباید از ۸ mm کمتر و از ۱۶ mm بیش تر باشد.

در صورت استفاده از میلگردهای زیرین به تعداد بیش از دو عدد، طول مورد نیاز بقیه میلگردها را می توان با توجه به نمودار لنگر خمشی محاسبه و با رعایت طول مهاری، در مقطعی که مورد نیاز نیست قطع کرد.

۴-۳-۱-۲ الزامات میلگرد بالایی

میلگرد بالایی می تواند از نوع گرم نوردیده با آج ۳۴۰ و بالاتر و/ یا سرد نوردیده باشند. باید میلگردهای گرم نوردیده، مطابق با استاندارد ملی ایران ۳۱۳۲ و میلگردهای سرد نوردیده، مطابق با استاندارد ملی ایران ۱۱۵۵۸ باشند. حداقل قطر اسمی میلگردهای بالایی برحسب طول تیرچه باید مطابق جدول ۱ باشد.

جدول ۱: حداقل قطر اسمی میلگردهای بالایی

طول تیرچه m	قطر اسمی میلگرد بالایی mm	قطر اسمی میلگرد بالایی در صورت استفاده از جوش قوس الکتریکی با گاز CO ₂ mm
تا ۴	۶	۸
۴ تا ۵/۵	۸	۱۰
۵/۵ تا ۷	۱۰	۱۲
۷ و بالاتر	۱۲	۱۴

۴-۳-۱-۳ الزامات میلگردهای عرضی (زیگزاگ) شبکه خرپا

میلگردهای عرضی باید به صورت مضاعف به کار برده شوند و می توانند از نوع گرم نوردیده و/ یا سرد نوردیده باشند. میلگردهای گرم نوردیده باید مطابق با استاندارد ملی ایران ۳۱۳۲ و میلگردهای سرد نوردیده باید مطابق با استاندارد ملی ایران ۱۱۵۵۸ باشند. استفاده از میلگردهای ساده فقط در ساق ها و میلگردهای عرضی شبکه های خرپایی زیگزاگی یا میلگردهای اتصال تیرچه مجاز است. میلگردهایی که تأمین کننده بخشی از مقاومت برشی عمودی تیرچه هستند، باید از نوع آج دار باشند. قطر اسمی میلگردهای عرضی گرم نوردیده نباید از ۶ mm و میلگردهای سرد نوردیده نباید از ۴ mm کمتر باشد.

در صورت استفاده از جوش قوس الکتریکی با گاز محافظ CO₂ صرفاً برای اتصال میلگرد عرضی به میلگرد بالایی، قطر اسمی میلگردهای عرضی گرم نوردیده نباید از ۸ mm و میلگردهای عرضی سرد نوردیده، از ۶ mm کمتر باشد.

۴-۳-۱-۴ موقعیت فولادها

موقعیت فولادها در سطح مقطع باید با نقشه های محاسباتی، مطابقت داشته باشد. حداکثر رواداری مجاز موقعیت استقرار فولادهای مقطع به شرح زیر است:

الف - فولاد معمولی (غیرپیش‌تنیدگی)

- موقعیت در راستای عرضی مقطع: $\pm 5 \text{ mm}$ ؛
- موقعیت در راستای طولی تیرچه: $\pm 15 \text{ mm}$ ؛
- طول بیرون آمدگی از دو انتهای تیرچه: 20 mm - و 50 mm +.

ب - فولاد پیش‌تنیدگی (سیم‌ها و سیم‌های بافته)

- موقعیت در مقطع (هر دو امتداد عمودی و افقی): $\pm 5 \text{ mm}$ ؛
- طول بیرون آمدگی از دو انتهای تیرچه: 20 mm - و 50 mm +.

پ - میگردهای عرضی اتصال و برشی

- موقعیت در مقطع (هر دو امتداد عمودی و افقی): $\pm 10 \text{ mm}$ ؛
- موقعیت مجموعه آرماتورها در راستای طولی تیرچه: 30 mm ±.

۴-۳-۲ الزامات شبکه خرپا

الزامات این زیربند صرفاً برای تیرچه‌های پیش‌تنیده خرپایی کاربرد دارد.

۴-۳-۲-۱ رواداری ارتفاع خرپا، باید $\pm 5\%$ ارتفاع اسمی خرپا باشد.

نکته: ارتفاع خرپا، فاصله عمودی روی میلگرد بالایی تا سطح زیر خرپا است.

۴-۳-۲-۲ رواداری گام‌های میلگرد عرضی نسبت به ابعاد مندرج در نقشه اجرایی باید $\pm 15 \text{ mm}$ باشد و همچنین حداکثر اندازه گام میلگرد عرضی باید 200 mm و حداقل زاویه میلگرد عرضی با سطح افقی باید 45° باشد.

نکته: گام‌های میلگرد عرضی، فاصله دو نقطه متوالی اتصال روی میلگرد بالایی است.

۴-۳-۲-۳ استفاده از میلگردهای وصله شده در شبکه خرپا مجاز نیست.

۴-۳-۲-۴ مقاومت کششی و تنش تسلیم تمامی میلگردها بعد از انفصال از خرپا، باید مطابق با الزامات استاندارد ملی ایران ۳۱۳۲ یا استاندارد ملی ایران ۱۱۵۵۸ باشد.

نکته: برای آزمون میلگردهای جوش شده در خرپا، برش میلگردها طوری انجام شود که هیچ تاثیری بر جوش نداشته باشد و جوش در وسط میلگرد منفصله برای آزمون کشش باشد.

۴-۳-۳ الزامات مجموعه تیرچه پیش‌تنیده

۴-۳-۳-۱ ویژگی ظاهری

۴-۳-۳-۱-۱ سطح مقطع تیرچه‌های پیش‌تنیده باید تکیه‌گاه مناسب برای بلوک‌ها را تأمین کند (به شکل ۱ مراجعه شود).

۴-۳-۳-۱-۲ به‌منظور تأمین یکپارچگی بتن تیرچه و رویه بتنی (بتن پوششی) سقف، سطح بالایی تیرچه باید به‌طور زبر و برجسته باشد. به‌تراست این زیرشدگی در دامنه تقریبی ۶ mm باشد.

۴-۳-۳-۱-۳ بتن تیرچه پیش‌تنیده باید عاری از پوکی، شکستگی و ترک‌خوردگی باشد.

۴-۳-۳-۲ الزامات ابعادی

۴-۳-۳-۲-۱ عرض پایینی پاشنه بتنی تیرچه‌های پیش‌تنیده غیر خرابایی نباید از ۸۵ mm کمتر باشد و برای تیرچه‌های پیش‌تنیده خرابایی نباید از ۱۲۰ mm کمتر باشد.

۴-۳-۳-۲-۲ عرض نشیمن‌گاه بلوک‌ها برای تیرچه‌های پیش‌تنیده که با بلوک‌های سقفی سفالی یا بتنی به‌کار برده می‌شوند، نباید از ۲۰ mm کمتر باشد و برای تیرچه‌های پیش‌تنیده که با سایر بلوک‌های سقفی استفاده می‌شوند نباید از (27 ± 2) mm کمتر باشد.

۴-۳-۳-۲-۳ عرض قسمت بالایی تیرچه‌های پیش‌تنیده غیرخرپایی نباید از ۴۵ mm کمتر باشد.

۴-۳-۳-۲-۴ میزان خیز منفی تیرچه نباید از یک‌هزارم طول تیرچه کمتر باشد، مگر آن‌که در نقشه‌های اجرایی مقدار بیشتری الزام شده باشد.

۴-۳-۳-۲-۵ انحراف جانبی در طول تیرچه نباید از $\frac{1}{250}$ طول تیرچه بیشتر باشد.

۴-۳-۳-۲-۶ حداکثر رواداری طول تیرچه نسبت به طول اسمی تیرچه باید برابر ± 25 mm باشد.

۴-۳-۳-۲-۷ رواداری ارتفاع تیرچه نسبت به ارتفاع اسمی باید مطابق جدول ۲ باشد.

جدول ۲: رواداری ارتفاع تیرچه نسبت به ارتفاع اسمی

ارتفاع اسمی تیرچه (h)	رواداری مجاز ارتفاع موجود نسبت به ارتفاع اسمی
mm	mm
< 100	$+10$ و -5
$100 \leq h < 200$	$+10$ و $-5h/100$
$200 \leq h < 500$	$+10$ و -10

۴-۳-۳-۲-۸ ارتفاع تیرچه نباید از $3/5$ برابر عرض پاشنه تیرچه بیش‌تر باشد.

۴-۳-۳-۲-۹ فاصله آزاد بین فولاد پیش‌تنیدگی نباید از قطر بزرگ‌ترین سنگدانه مورد مصرف در پاشنه تیرچه

به اضافه ۵ mm کمتر باشد.

۴-۳-۳-۳-۱۰ فاصله فولاد پیش‌تنیدگی از لبه‌های جانبی بتن پاشنه باید مطابق الزامات زیربند ۴-۲-۲-۲ باشد.

۴-۳-۳-۳ الزامات پاشنه تیرچه پیش‌تنیده

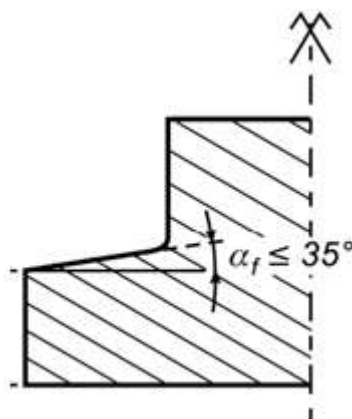
۴-۳-۳-۳-۱ الزامات پاشنه تیرچه باید به روش مندرج در پیوست «پ» آزمون شده و با موارد زیر منطبق باشد.

۴-۳-۳-۳-۲ بخش بتنی تیرچه پیش‌تنیده باید به‌صورت پیوسته و عاری از پوکی، شکستگی و ترک خوردگی باشد.

۴-۳-۳-۳-۳ فولاد پیش‌تنیدگی در دو سر تیرچه باید در خارج از پاشنه بتنی ادامه داشته و نمایان باشند.

۴-۳-۳-۳-۴ ضخامت پاشنه تیرچه بتنی خرابایی نباید کمتر از ۵۵ mm و ضخامت پاشنه تیرچه بتنی غیر خرابایی نباید کمتر از ۴۰ mm باشد.

زاویه شیب سطح بالایی پاشنه تیرچه‌های پیش‌تنیده باید کمتر از 35° باشد (به شکل ۸ مراجعه شود).



شکل ۸: حداکثر زاویه شیب سطح بالایی پاشنه تیرچه

۴-۳-۳-۴ الزامات مکانیکی

۴-۳-۳-۴-۱ تیرچه‌های پیش‌تنیده غیرخرپایی

۴-۳-۳-۴-۱-۱ آزمون بارگذاری به‌روش مستقیم

هنگامی که تیرچه‌های پیش‌تنیده غیرخرپایی طبق روش آزمون مندرج در پیوست «ت»، تحت بارگذاری مستقیم قرار می‌گیرند، پس از طی مدت زمان آزمون و بعد از بارگذاری نهایی، در تیرچه نباید هیچ‌گونه ترکی با چشم غیرمسلح مشاهده شود.

۴-۳-۳-۲ تیرچه های پیش تنیده خرپایی

۴-۳-۳-۱-۲ آزمون بارگذاری به روش غیرمستقیم (خیز)

آزمون خیز باید طبق پیوست «ث» انجام شود و تغییرمکان (خیز) اندازه گیری شده و باید الزامات یکی از رابطه های ۱، ۲ یا ۳ را برآورده کند:

$$\Delta_1 \leq \Delta_{all} \quad (۱)$$

که در آن:

Δ_1 حداکثر تغییرمکان (خیز) اندازه گیری شده بر حسب mm که ۲۴ h پس از اعمال کل بار آزمایشی و نسبت به وضعیت تیرچه قبل از انجام آزمون اندازه گیری می شود؛

Δ_{all} تغییرمکان (خیز) مجاز بر حسب mm که برابر با بزرگ ترین مقادیر mm ۱/۳ و $l_t/2000$ است؛

l_t طول دهانه تیرچه ی (بر حسب mm) تحت آزمون است که برابر با کوچک ترین دو مقدار:
الف) فاصله محور تا محور تکیه گاه ها؛

ب) فاصله آزاد بین تکیه گاه ها به اضافه ضخامت کل سقف تحت آزمون است.

چنانچه رابطه ۱ برقرار نشد، باید رابطه ۲ همواره برقرار باشد:

$$\Delta_r \leq \Delta_1 / 4 \quad (۲)$$

که در آن:

Δ_r تغییرمکان (خیز) باقیمانده پس از ۲۴ h برداشت بارهای آزمون بر حسب mm است.

چنانچه رابطه ۲ برقرار نشد، بنابه درخواست تولیدکننده ۷۲ h پس از برداشتن بار از سقف، مجدداً آزمون بارگذاری انجام می گیرد که باید رابطه ۳ همواره برقرار باشد:

$$\Delta_{r1} \leq \Delta_2 / 5 \quad (۳)$$

که در آن:

Δ_2 حداکثر تغییرمکان (خیز) اندازه گیری شده در آزمون بارگذاری دوم بر حسب mm است که نسبت به وضعیت تیرچه در شروع آزمون بارگذاری دوم اندازه گیری می شود؛

Δ_{r1} تغییرمکان (خیز) باقی مانده پس از ۲۴ h برداشت کل بارهای آزمون در آزمون بارگذاری دوم بر حسب mm است.

پس از انجام آزمون دوم، نباید آزمون به روش مستقیم یا آزمون دیگری بر روی سقف به عمل آید.

علاوه بر تأمین الزامات فوق، پس از انجام آزمون بارگذاری، در هیچ قسمتی از تیرچه نباید آثاری از جداشدن بتن یا خردشدن آن و / یا نشانه های دیگری از گسیختگی مشاهده شوند. همچنین، تیرچه مورد آزمون نباید دارای

ترک‌هایی که نشان دهنده قریب الوقوع بودن گسیختگی برشی است، باشند.

۵ روش‌های آزمون

تمامی روش‌های آزمون ابعادی فولادها، خریا و تیرچه باید طبق پیوست «پ» و الزامات مکانیکی برای تیرچه‌های پیش‌تنیده خریایی باید طبق پیوست «ث» و برای تیرچه‌های پیش‌تنیده غیر خریایی باید طبق پیوست «ت» انجام شود.

تمامی آزمون‌های مصالح باید طبق استانداردهای روش آزمون ارجاعی در استاندارد ویژگی‌ها یا الزامات آن محصول انجام شود.

۶ نمونه‌برداری

نمونه‌برداری شامل موارد زیر است:

- نمونه‌برداری از تیرچه پیش‌تنیده توسط شخص ثالث باید مطابق جدول ۳ باشد؛
- در هنگام نمونه‌برداری باید دقت شود که نمونه‌های انتخابی برای آزمون دارای مشخصات اسمی (ابعاد و کاربری) یکسان باشند؛
- در نمونه‌برداری اولویت با فرآورده‌های مشابهی است که حداکثر تولید کارخانه را در بر می‌گیرد؛
- چنانچه از تیرچه‌های پیش‌تنیده برای آزمون به روش مستقیم نمونه‌برداری شود، از خط تولید ۳ عدد (از ابتدا، وسط و انتهای آن) که در یک نوار قرار نگرفته باشد، نمونه‌برداری می‌شود.

جدول ۳: حداقل مقدار نمونه

میزان تولید m	فولاد پیش‌تنیدگی m	فولاد غیرپیش‌تنیدگی m	خرپای تیرچه تعداد	تیرچه پیش‌تنیده تعداد
تا ۲۰۰۰	۴	۴	۱	۴
از ۲۰۰۰ به بالا	۸	۸	۲	۸

۷ اطلاعات سفارش

- تولید کننده موظف است تیرچه پیش‌تنیده را بر اساس مشخصات فنی زیر که به درخواست خریدار بوده و/یا به تایید وی رسیده است، تولید کند:
- نقشه‌های اجرایی و مشخصات فنی سقف؛
 - مشخصات مصالح مصرفی؛

- ابعاد هندسی تیرچه از جمله طول تیرچه (با در نظر گرفتن طول مورد نیاز برای نشیمن تکیه‌گاهی تیرچه) و ابعاد هندسی مقطع تیرچه؛
- قطر، تعداد و آرایش فولاد معمولی (غیرپیش‌تنیدگی) و فولاد پیش‌تنیده مصرفی اعم از طولی و عرضی؛
- میزان کشش فولاد پیش‌تنیدگی؛
- مشخصات و فاصله قلاب‌های حمل (در صورت تعبیه)؛
- شرایط حمل و نصب در محل و نیز شرایط محیطی محل مصرف.

۸ بازرسی و کنترل تولید

- برای کنترل کیفیت و مطابقت تیرچه‌های تولیدی با این استاندارد، باید موارد زیر را بررسی و رعایت کرد:
 - واحد تولیدی دارای سیلوی سیمان و مخلوط‌کن مکانیکی پیماندار باشد؛
 - عمل‌آوری و نگهداری بتن تازه باید مطابق با شرایط مندرج در مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان انجام گیرد؛
 - مدارک و سوابق لازم برای برقراری سامانه کنترل کیفیت واحد تولیدی در محل واحد تولیدی موجود و در دسترس باشد؛
 - واحد تولیدی دارای آزمایشگاه با تجهیزات زیر باشد:
 - تجهیزات لازم برای انجام آزمون‌های دانه‌بندی سنگدانه‌ها طبق استاندارد ملی ایران ۴۹۷۷، کلوخه‌های رسی و ذرات سست طبق استاندارد ملی ایران ۴۹۷۸، مواد ریزتر از الک $75 \mu m$ طبق استاندارد ملی ایران ۴۴۶، رطوبت سنگدانه طبق استاندارد ملی ایران ۴۹۸۳، مقاومت فشاری بتن طبق استاندارد ملی ایران ۳-۱۶۰۸، اسلامپ بتن طبق استاندارد ملی ایران ۲-۳۲۰۳، دمای بتن طبق استاندارد ملی ایران ۱۱۲۶۸، کنترل ابعادی، خیز تیرچه، سکوی بارگذاری یا دستگاه بارگذاری طبق پیوست «پ» و پیوست «ت»؛
 - سوابق لازم مربوط به انجام آزمون‌های مقاومت فشاری بتن مبنی بر انطباق بتن با رده مقاومتی حداقل C35 و دمای بتن تازه بین $13^{\circ}C$ تا $32^{\circ}C$ باید در واحد تولیدی موجود باشد و نتایج آزمون انجام شده در واحد تولیدی به بازرسی یا نمونه‌بردار تحویل شود.
 - واحد تولیدی تیرچه سنگدانه، سیمان و سیم‌ها را از واحدهای دارای پروانه کاربرد علامت استاندارد برای محصول مورد نظر تهیه کند و اسناد مرتبط را به نحو مناسبی با قابلیت ردیابی نگهداری کند.
- نکته: در صورت استفاده از مواد اولیه وارداتی، دارا بودن گواهی انطباق برای آن ماده اولیه الزامی است.
- در بازرسی و نمونه‌برداری شخص ثالث باید سوابق کنترل کیفیت واحد تولیدی مشتمل بر سامانه کنترل کیفیت و فعالیتهای آزمایشگاه واحد کنترل کیفیت، موجود و کالیبره بودن ابزارهای آزمون و ابزارهای

پیمانه کردن بتن بررسی شود. نمونه‌برداری از تیرچه و سیم‌های فولادی انجام و آزمون‌های مورد نیاز طبق این استاندارد انجام شود. انجام آزمون ویژگی خیز توسط شخص ثالث فقط دو بار در سال کفایت می‌کند؛

- در صورت تهیه خرپای آماده، تمامی اسناد خرید از جمله قرارداد رسمی مهمور صادر شده توسط واحد تولیدی و پروانه واحد تولیدی، بررسی شود.

بهتر است تولید تیرچه پیش‌تنیده در محیطی مسقف و دور از تغییرات شدید دما و در شرایط محیطی ثابت انجام شود.

۹ تواتر نمونه‌برداری و آزمون توسط واحد تولیدی

تواتر نمونه‌برداری و آزمون اجزا و محصول نهایی که باید توسط واحد تولیدی انجام شود باید مطابق پیوست «ج» باشد.

۱۰ نشانه‌گذاری

نشانه‌گذاری باید بر روی پلاک و روی یک تیرچه از هر بهر یا از هر ۵۰۰ m تیرچه الصاق شود. نشانه‌گذاری باید شامل موارد زیر باشد:

- نام و/یا نشان تجاری تولیدکننده؛
- مشخصات فنی تیرچه که شامل: طول اسمی تیرچه، ارتفاع تیرچه، تعداد فولاد پیش‌تنیدگی، رده بتن و حداقل خیز منفی تیرچه؛
- درج نام و نشان تجاری واحد تولیدکننده خرپا در صورت تهیه خرپای آماده از تولیدکنندگان خرپا.

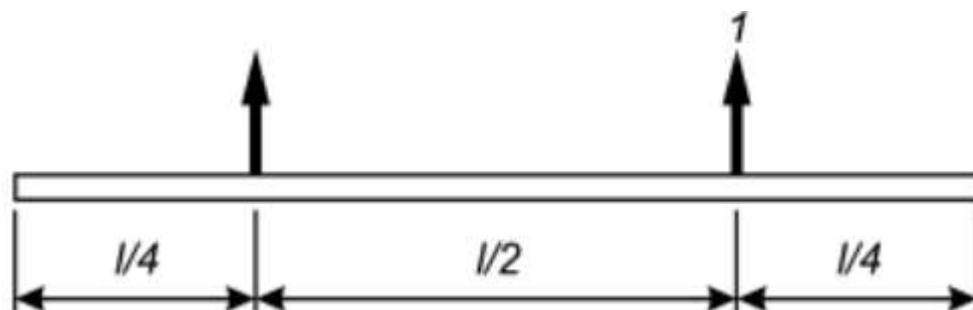
پیوست «الف»

(آگاهی‌دهنده)

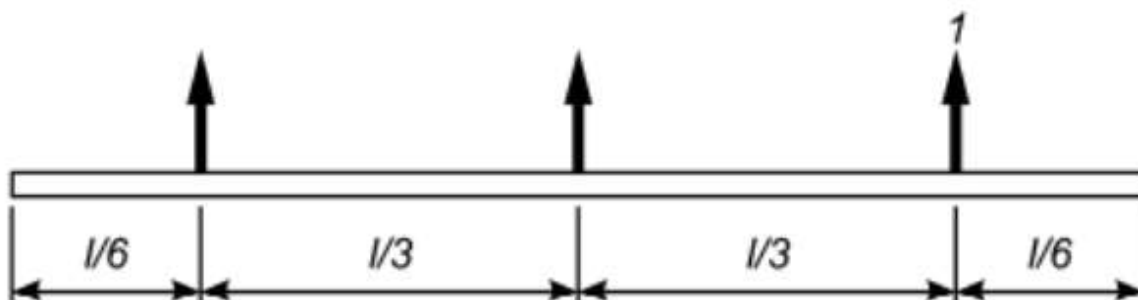
راهنمای بلندکردن تیرچه پیش‌تنیده

در شکل الف-۱، شکل‌های فرعی الف) و ب) موقعیت نقاط بلند کردن تیرچه پیش‌تنیده نشان داده شده است. موقعیت این نقاط باید به گونه‌ای باشد که تنش کششی تحت تأثیر وزن خود تیرچه به مقادیر مناسب محدود شود.

ابعاد برحسب متر



الف) برای تیرچه پیش‌تنیده با طول کمتر یا مساوی ۶ m



ب) برای تیرچه پیش‌تنیده با طول بیش‌تر از ۶ m

راهنما:

1 نقاط جابه‌جایی

شکل الف-۱: راهنمای نقاط بلندکردن تیرچه پیش‌تنیده

پیوست «ب»

(آگاهی‌دهنده)

حداکثر مقادیر مجاز لغزش فولاد پیش‌تنیدگی در امتداد طولی تیرچه

حداکثر لغزش فولاد پیش‌تنیدگی در امتداد طول تیرچه به مقادیر مندرج در جدول ب-۱ محدود می‌شود.

جدول ب-۱: حداکثر مقدار مجاز لغزش فولاد پیش‌تنیدگی (سیم‌ها و سیم‌های بافته) (mm)

سیم‌های بافته شده			سیم‌ها		
حداقل مقاومت فشاری بتن در زمان رهاسازی برابر ۳۰MPa	حداقل مقاومت فشاری بتن در زمان رهاسازی برابر ۲۰ MPa	قطر mm	حداقل مقاومت فشاری بتن در زمان رهاسازی برابر ۳۰MPa	حداقل مقاومت فشاری بتن در زمان رهاسازی برابر ۲۰ MPa	قطر mm
۲٫۵	۲٫۵	Ø 5.2	۲٫۰	۲٫۰	Ø 4
۲٫۵	۲٫۸	Ø 6.85	۲٫۰	۲٫۲	Ø 5
۲٫۵	۳٫۰	Ø 9.3	۲٫۰	۲٫۴	Ø 6
۳٫۰	۳٫۵	Ø 12.5	۲٫۳	۲٫۶	Ø 7

پیوست «پ»

(الزامی)

آزمون‌های ابعادی

پ-۱ آزمون‌های ابعادی

آزمون‌های ابعادی تیرچه پیش‌تنیده شامل موارد زیر می‌باشد:

- ارتفاع تیرچه؛
- طول تیرچه؛
- عرض قسمت بالایی تیرچه؛
- عرض نشیمن‌گاه بلوک‌ها؛
- ضخامت پوشش بتنی روی سیم‌ها؛
- انحراف عمودی در طول تیرچه؛
- قسمت زیرین تیرچه؛
- خیز منفی تیرچه.

پ-۲ تجهیزات

پ-۲-۱ کولیس با درستی 0.1 mm ؛

پ-۲-۲ خط‌کش فولادی به طول حداقل 500 mm و درستی 1 mm ؛

پ-۲-۳ متر فلزی به طول حداقل 10 m و درستی 10 mm ؛

پ-۲-۴ ریسمان، به طول مورد نیاز.

پ-۳ تعداد آزمون‌ها

برای انجام آزمون‌های زیربندهای پ-۴-۱ تا پ-۴-۴ چهار عدد تیرچه و برای انجام آزمون‌های زیربند پ-۴-۵ دو عدد تیرچه نیاز است. نتیجه آزمون انجام شده روی هر آزمون، به‌طور مستقل باید با ویژگی‌های مرتبط منطبق باشد.

پ-۴ روش اجرای آزمون

پ-۴-۱ ارتفاع تیرچه پیش‌تنیده

با استفاده از کولیس در سه نقطه (ابتدا، میانه و انتها) هر تیرچه پیش‌تنیده ارتفاع آن را که فاصله عمودی صفحه

زیرین تیرچه تا بالای تیرچه پیش‌تنیده است را با درستی 0.1 mm اندازه بگیرید و میانگین سه مقدار اندازه‌گیری شده را به عنوان ارتفاع تیرچه پیش‌تنیده گزارش کنید.

پ-۴-۲ طول تیرچه پیش‌تنیده

با استفاده از متر فلزی در وسط سطح زیرین تیرچه پیش‌تنیده، طول تیرچه پیش‌تنیده را با درستی 10 mm اندازه بگیرید و آن را به عنوان طول تیرچه پیش‌تنیده گزارش کنید.

پ-۴-۳ عرض قسمت زیرین و بالایی تیرچه پیش‌تنیده

با استفاده از کولیس در سه نقطه (ابتدا، میانه و انتها) هر تیرچه پیش‌تنیده، عرض قسمت زیرین و بالایی را با درستی 0.1 mm اندازه بگیرید و میانگین سه مقدار اندازه‌گیری شده برای هر مورد را گزارش کنید.

پ-۴-۴ عرض نشیمن‌گاه بلوک‌ها، ضخامت پوشش بتنی روی فولاد پیش‌تندگی

با استفاده از کولیس در سه نقطه (ابتدا، میانه و انتها) هر تیرچه پیش‌تنیده عرض نشیمن‌گاه بلوک و ضخامت پوشش بتنی روی فولاد را با درستی 0.1 mm اندازه بگیرید و میانگین سه مقدار اندازه‌گیری شده برای هر مورد را گزارش کنید.

پ-۴-۵ انحراف جانبی در طول تیرچه پیش‌تنیده و خیز منفی تیرچه

برای اندازه‌گیری انحراف جانبی در طول تیرچه پیش‌تنیده و خیز منفی، پس از زدودن زائده‌ها از سطح بتن، ریسمان را به طور محکم در قسمت زیرین و جانبی تیرچه پیش‌تنیده ببندید و با استفاده از کولیس انحراف جانبی و خیز منفی را با کولیس و با درستی 0.1 mm اندازه بگیرید.

پیوست «ت»

(الزامی)

آزمون بارگذاری به روش مستقیم

ت-۱ وسیله آزمون

دستگاهی است با دو تکیه‌گاه ساده قابل تنظیم برای دهانه‌های مختلف مورد آزمون که بتواند دو بار منفرد مساوی قابل تنظیم نسبت به دهانه و هم فاصله از دو تکیه‌گاه ساده، بر تیرچه پیش‌تنیده وارد کند. بار وارده P ، به کمک یک تیر توزیع کننده دوبار منفرد مساوی $\frac{P}{2}$ بر روی تیرچه پیش‌تنیده مطابق شکل ت-۱ وارد می‌شود.

ت-۲ روش قراردادن تیرچه پیش‌تنیده

تیرچه پیش‌تنیده را روی دوتکیه‌گاه چنان قرار دهید که قسمت طره (C) آن از دو سر تکیه‌گاه با هم برابر و از یک متر فراتر نرود و قاعده تیرچه پیش‌تنیده باید روی تکیه‌گاه و به‌طرف پایین باشد.

ت-۳ بار آزمون

باری به میزان $\frac{P}{2}$ که طبق رابطه ت-۱ برای هر سطح مقطعی محاسبه می‌شود، به فواصل معین از دو تکیه‌گاه و برابر $\frac{1}{4}$ دهانه $(\frac{l}{4})$ وارد می‌شود.

$$P = \frac{8}{(L - C)} = [W(\sigma + 3.7) - q(\frac{L^2}{8} - \frac{LC}{2})] \quad (\text{ت-۱})$$

که در آن:

 P کل بار وارده بر تیرچه پیش‌تنیده بر حسب N؛ L طول کل تیرچه پیش‌تنیده بر حسب mm؛ W اساس مقطع تیرچه پیش‌تنیده (مدول مقطع) بر حسب mm^3 ؛ q وزن واحد طول تیرچه پیش‌تنیده بر حسب kN/m؛ σ تنش در تار تحتانی تیرچه پیش‌تنیده تحت اثر نیروی پیش‌تنیدگی موثر و وزن تیرچه

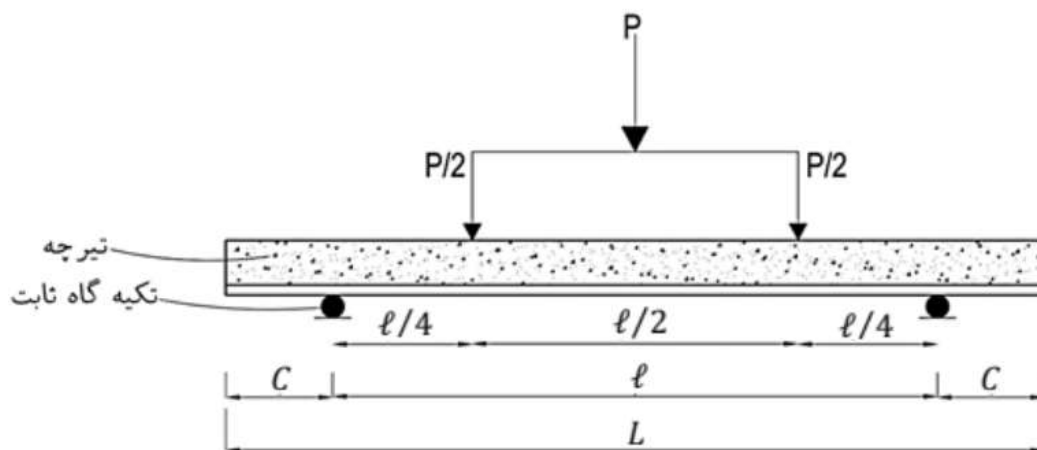
(وسط دهانه) بر حسب MPa؛

 C طول هر طرف از مرکز تکیه‌گاه بر حسب mm است.

l فاصله محور تا محور دو تکیه‌گاه.

ت-۴ روش بارگذاری

ابتدا باری به میزان ۵۰٪ بار محاسبه شده با سرعت ۱۰ kN تا ۱۲ kN در هر دقیقه (۰٫۱۶۷ kN تا ۰٫۲ kN در هر ثانیه) بارگذاری کنید و آزمون را با افزودن ۱۰٪ بار محاسبه شده تا ۱۰۰٪ بار نهایی ادامه دهید. مدت توقف بین دو افزایش بار ۵ min و مدت توقف بار نهایی ۱۵ min خواهد بود. در طی مدت مذکور (زمان آزمون) و بعد از بارگذاری نهایی، سطح زیرین تیرچه پیش‌تنیده را با محلول متیلن بلو و /یا آب آهک به وسیله برس آغشته کنید و با چشم غیرمسلح سطح زیرین تیرچه را بررسی کنید. در تیرچه پیش‌تنیده نباید هیچ‌گونه ترکی در طول تیرچه پیش‌تنیده مشاهده شود.



راهنما:

L	طول کل تیرچه پیش‌تنیده بر حسب mm
C	طول هر طرف از مرکز تکیه‌گاه بر حسب mm
P	کل بار وارده بر تیرچه پیش‌تنیده بر حسب N

شکل ت-۱: طرز قرار گرفتن تیرچه پیش‌تنیده روی دستگاه

پیوست «ث»

(الزامی)

آزمون به روش غیرمستقیم (آزمون خیز)

برای آزمون خیز تمامی تیرچه پیش تنیده، باید خیز آن را در سقف اجرا شده اندازه گیری نمود، لذا ابتدا باید سقفی با تیرچه های نمونه برداری شده اجرا کرد و بر روی سقف ساخته شده، خیز را اندازه گیری کرد.

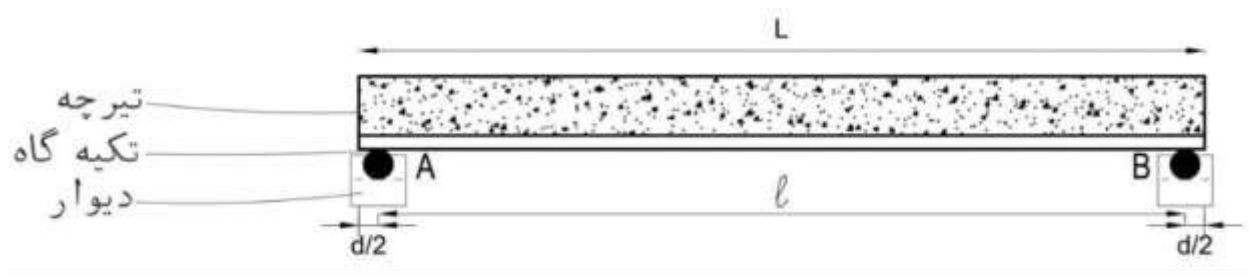
ث-۱ تجهیزات

- ث-۱-۱ دو عدد جابجایی سنج مکانیکی یا الکترونیکی با درستی 0.1 mm .
 ث-۱-۲ خرابای فلزی برای اتصال جابجایی سنج های مکانیکی یا الکترونیکی.

ث-۲ محل آزمون (تکیه گاه ها)

با توجه به دهانه هایی که تیرچه بر روی آن به کار می رود، باید دو دیوار تکیه گاه با مشخصات زیر برای آن ساخته شود:

- پی دیوار باید طوری باشد که وزن دیوار زیر سری و سقف مورد آزمون و همچنین بارهای بعدی و ضربه های احتمالی ناشی از آن را تحمل کند. در هر صورت نباید پی دیوار هنگام بارگذاری و آزمون تیرچه ها هیچ گونه نشستنی داشته باشد؛
- دیوارها باید به صورتی ساخته شوند که آزمونگر بتواند به راحتی در زیر سقف مورد آزمون رفت و آمد کند و مراحل آزمون را کنترل کند و همچنین عمل بارگذاری بر روی سقف بدون ایجاد ضربه و برخورد با بلوک ها و تیرچه های کناری به راحتی انجام گیرد؛
- دیوارها باید به گونه ای ساخته شده باشند که در اثر بارهای وارده در طول آزمون هیچ کمانشی در آن ظاهر نشود و طول دیوارها متناسب با عرض سقف مورد آزمون باشد که متشکل از چهار عدد تیرچه و سه ردیف بلوک است.
- چنانچه زیر سری دیوارها از مصالح آجر، سنگی و/یا بلوک ساخته شده باشند، برای توزیع نیروهای شناژی بتن آرمه به عرض و طول دیوار به ارتفاع حداقل 200 mm روی آن ساخته شود؛
- در هنگام بتن ریزی دیوار یا شناژ، لوله های چدنی (بدون کاسه سر) به قطر اسمی 100 mm در طول دیوار یا شناژ طوری نصب شود که قطر افقی لوله هم سطح بتن بالای دیوار یا شناژ بوده و محور طولی دیوار بر هم منطبق باشد، به طوری که دو لوله در دو دیوار هم سطح و هم تراز باشند. فاصله دو تکیه گاه (محور تا محور لوله های چدنی) از یکدیگر مطابق شکل ث-۱ باشند. (به شکل ث-۱ مراجعه شود).



راهنما:

L طول کل تیرچه پیش‌تنیده برحسب mm

l فاصله بین دو تکیه‌گاه برحسب mm

A تکیه‌گاه A

B تکیه‌گاه B

d قطر خارجی لوله چدنی

شکل ت-۱: نحوه استقرار تیرچه روی تکیه‌گاه‌ها

- ضخامت دیوار یا شناژ باید به‌صورتی باشد که در هنگام آزمون، تیرچه‌ها با دیوار تماس پیدا نکنند. توصیه می‌شود که محل آزمون برای سهولت اجرای سقف و بارگذاری و اجرای آزمون برای دهانه‌های مختلف مطابق شکل ت-۲ که به‌صورت سه بعدی و در دو نمای بالا و روبرو نشان داده شده، باشد.

ت-۳ روش انجام آزمون

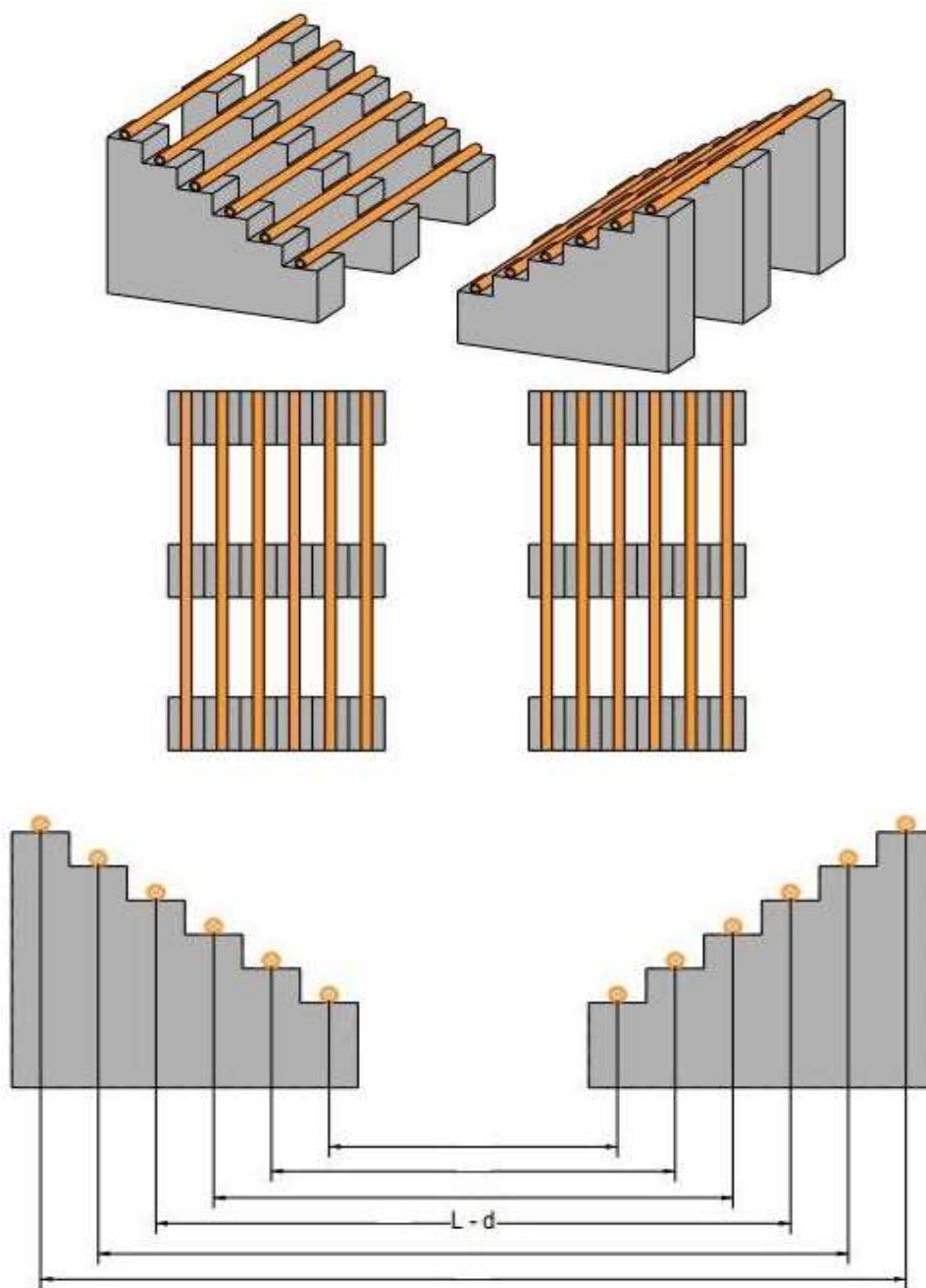
ت-۳-۱ روش ساخت سقف مورد آزمون

دو تیرچه مورد آزمون و دو تیرچه کمکی روی دو تکیه‌گاه (لوله‌های چدنی) به نحوی قرار گیرد که هر تیرچه از محور لوله‌های چدنی به اندازه d (قطر خارجی لوله چدنی) خارج شود و محور تیرچه‌ها عمود بر محور تکیه‌گاه‌ها بوده و فاصله بین تیرچه‌ها متناسب با بلوک‌های مورد مصرف (۳ ردیف) در نظر گرفته شود. زیر هر تیرچه به فاصله حداکثر ۱/۲ m در طول تیرچه، یک پایه چوبی یا فلزی به همراه زیر سری مناسب به نحوی انتخاب شود که فشار وارد بر آن در اثر حداکثر بارگذاری نشست نکند و در ضمن توصیه می‌شود بستر پایه‌ها در معرض جریان آب و یخبندان قرار نگیرند و تیرچه را از حالت افقی خارج نکند و سطح تماس آن با تیرچه بزرگ‌تر از عرض تیرچه باشد.

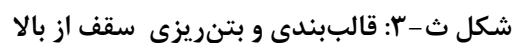
برای تنظیم پایه‌ها و سهولت در برچیدن آن‌ها در هر پایه حداکثر یک جفت گوه چوبی از چوب سخت (بلوط یا گردو) قرار داده شود و بعد از تنظیم قالب، هر جفت گوه حداقل به‌وسیله یک عدد میخ ۷۵ mm تثبیت شود.

حداکثر شیب گوه ۴ به ۱ بوده و حداقل ضخامت انتهای باریک آن ۱۰ mm باشد. عرض گوه حداقل معادل قطر پایه باشد. سطح اتکای پایه‌ها روی گوه‌ها باید مسطح و عمود بر محور پایه باشد.

سپس سه ردیف بلوک در سه دهانه بین چهار تیرچه در سرتاسر آن قرار می‌گیرد و بعد بتن‌ریزی شروع می‌شود. بتن‌ریزی باید طوری انجام شود که دو تیرچه میانی بصورت دو تیر T تکمیل شود. بنابراین باید در وسط دو دهانه طرفین، قالب مناسبی قرار داد و شبکه میلگردی (حرارتی و افت) را با میلگردهایی به قطر ۶ mm به فاصله ۲۵۰ mm در سطح مورد بتن‌ریزی (بتن پوششی) روی بلوک‌ها کار گذاشته و بتن پوششی را که دارای ویژگی‌ها و مشخصات بتن مصرفی تیرچه‌ها می‌باشد روی سقف ریخته و آن را به نحوی بلرزانید که ضخامت بتن در بالای بلوک‌ها حداکثر ۵۰ mm و در سطح سقف (طول و عرض) تراز باشد. تمامی مراحل اجرای بتن‌ریزی سقف، نگهداری، عمل‌آوری و قالب‌برداری تا آزمون، باید مطابق فصل ۷ آیین‌نامه بتن ایران انجام شود. در ضمن برداشت چهار آزمون استاندارد از بتن سقف و تعیین رده مقاومتی آن الزامی است. روش قالب‌بندی و بتن‌ریزی در شکل ث-۳ نشان داده شده است. در ضمن پایه‌ها روی آجر خشکه چین قرار نگیرند.



شکل ث-۲: تکیه‌گاه‌ها



بعد از اجرای سقف و طی حداکثر ۵۶ روز از تاریخ بتن ریزی سقف (بتن پوششی)، بارگذاری انجام می گیرد.

٢٩

ث-۳-۳ بار آزمون

کل بار آزمون در واحد سطح سقف شامل وزن مرده آن مورد آزمون باید برابر با بزرگ‌ترین مقادیر زیر باشد:

$$T_t = D_w + 1.1D_s + 1.6L \quad (\text{ث-۱})$$

$$T_t = 1.3(D_w + D_s) \quad (\text{ث-۲})$$

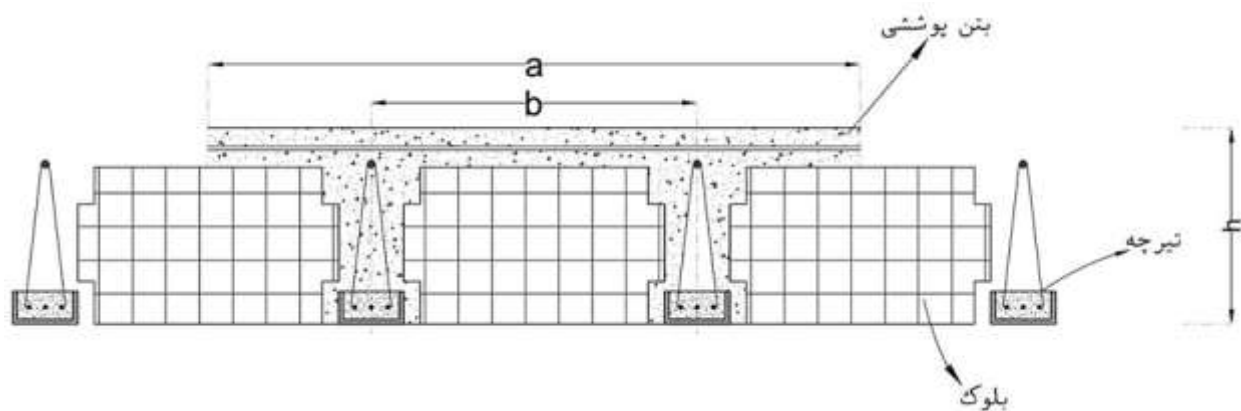
که در آن‌ها:

D_w بار مرده ناشی از وزن سقف شامل وزن تیرچه‌ها، بلوک‌ها و وزن بتن پوششی در حد بهره‌برداری (بدون ضریب)؛

D_s بار اضافه شده مرده (سربار مرده) در حد بهره‌برداری (بدون ضریب) و؛

L بار زنده بهره‌برداری (بدون ضریب) است.

وزن اجزا سقف براساس وزن مخصوص مصالح و حجم آن‌ها محاسبه می‌شود. بار اضافه شده مرده (سربار مرده) و بار زنده براساس جزئیات اجرایی سقف و محل مصرف تیرچه تعیین می‌شوند. از آنجایی که براساس روابط ث-۱ و ث-۲، کل بار آزمون شامل وزن سقف نیز می‌باشد، مقدار بار آزمون باید بدون احتساب وزن مرده این محدوده محاسبه شود. به عبارت دیگر، وزن مرده محدوده مذکور باید از مقدار D_w در روابط فوق کسر شود. مقادیر بار آزمون از روابط ث-۱ و ث-۲ باید در a (برحسب m) ضرب شوند.



راهنما:

h ارتفاع ضخامت تمام‌شده سقف

a فاصله محور تا محور بلوک‌های جانبی

b فاصله محور تا محور دو تیرچه

شکل ث-۴: فاصله محور تا محور بلوک‌های جانبی

ث-۳-۴ روش بارگذاری

قبل از انجام بارگذاری باید جابجایی سنج‌های مکانیکی یا الکترونیکی را که روی خرپا تعبیه شده‌اند را در زیر سطح دو تیرچه مورد آزمون و در وسط آن‌ها قرار داد و پایه‌های خرپا را با ملات زودگیری مانند گچ ثابت کرد. بعد

از اطمینان از تثبیت خریا، شاخص‌های جابجایی سنج‌های مکانیکی یا الکترونیکی را در تماس با زیر سطح تیرچه‌ها قرار داد و خوانش اولیه هر دو جابجایی سنج‌های مکانیکی یا الکترونیکی را انجام داد. سپس بار آزمون را باید به آهستگی و به تدریج و حداقل در چهار مرحله و به صورت یکنواخت در سرتاسر طول دهانه تیرچه (L) و به عرض محور تا محور تیرچه‌های میانی (b) قرار داد (به شکل ث-۴ مراجعه شود).

$$S_2 = b \times L \quad (\text{ث-۳})$$

که در آن:

S_2 سطح مورد بارگذاری بر حسب m^2 ؛

b فاصله محور تا محور تیرچه‌های میانی بر حسب m؛

L طول دهانه تیرچه بر حسب m.

۲۴ h پس از این که بار نهایی آزمون بر سقف قرار گرفت خوانش‌های ثانویه را انجام داد. از تفاوت خوانش اولیه و ثانویه خیز (Δ) را یادداشت نموده و بلافاصله تمام بارهای آزمون را از روی سقف برداشته و پس از ۲۴ h دیگر خیز باقی مانده اندازه‌گیری می‌شود.

در هر مرحله باید حداکثر یک چهارم وزن کل بار آزمون را به نحوی که به سقف مورد آزمون ضربه‌ای وارد نشود، بارگذاری نمود.

بار آزمون فقط در محدوده عرض b مطابق شکل ث-۴ اعمال می‌شود.

بار یکنواخت آزمایش، T_t ، باید طوری وارد شود که از توزیع یکنواخت بار انتقال یافته به تیرچه‌ها اطمینان حاصل شود. باید از عملیات قوسی بار در هنگام بارگذاری جلوگیری شود. برای مثال، اگر سقف با آجر یا قطعات بلوک مجزا به طور یکنواخت بارگذاری شود، قوسی شدن آجرها یا بلوک‌های در تماس با سقف موجب کاهش بار در ناحیه میانی می‌شود. بهتر است از کیسه‌های با عرض b (مطابق شکل ث-۴) برای بارگذاری سقف استفاده نمود. مقدار اولیه اندازه‌گیری‌ها باید حداکثر ۱ h قبل از اعمال اولین مرحله بار ثبت شود.

ث-۴ محاسبات

مقدار خیز مجاز تیرچه‌های مورد آزمون از رابطه ث-۴ بدست می‌آید:

$$\Delta = \frac{L^2}{20000h} \quad (\text{ث-۴})$$

که در آن:

Δ خیز مجاز بر حسب mm؛

L طول دهانه تیرچه بر حسب mm؛

h ضخامت سقف تمام شده بر حسب mm.

مثالی از یک محاسبه: محاسبه کل بار آزمون مورد نیاز به منظور انجام آزمون بارگذاری به روش غیرمستقیم (خیز)

بر روی تیرچه‌های پیش‌تنیده خرابایی با بلوک پلی‌استایرن و دارای مشخصات عمومی زیر را انجام دهید:

- طول تیرچه‌ها ۸ m، فاصله محور به محور آن‌ها (فاصله b در شکل ث-۴) ۶۰۰ mm، ارتفاع تیرچه mm ۲۵۰ (d = ۲۵۰ mm) و ضخامت بتن پوششی mm ۵۰ (Tc = ۵۰ mm) است. ضخامت کل سقف mm ۳۰۰ (h = ۳۰۰ mm) است.
- عرض سقف اجرا شده توسط تولید کننده تیرچه برای انجام آزمون بارگذاری (فاصله a در شکل ث-۴) برابر با mm ۱۲۰۰ (a = ۱۲۰۰ mm) است.
- سن سقف اجرا شده ۴۵ روز است و آزمون‌های بتن نشان می‌دهد که بتن تیرچه و سقف مقاومت مورد انتظار را کسب کرده‌اند.
- بررسی‌ها نشان می‌دهد که پوشش بتنی فولادهای تیرچه و نیز رواداری‌ها مطابق استاندارد توسط تولید کننده رعایت گردیده است.
- تیرچه در یک ساختمان مسکونی با سربار مرده $2/2 \text{ kN/m}^2$ ، سربار مرده معادل تیغه‌بندی برابر با kN/m^2 و بار زنده 2 kN/m^2 (تمام بارها در حد بهره‌برداری) مصرف می‌شود.

حل:

با حذف وزن مرده کل سقف در روابط (پ-۱) و (پ-۲) به علت حضور این بار از قبل، بار کل آزمون برابر است با بزرگ‌ترین دو مقدار زیر:

$$T_t = [1.1D_s + 1.6L]a = [1.1(3.6) + 1.6(2)]1.2 \cong 8.59 \text{ kN/m}$$

$$T_t = [1.3(D_s)]a = [1.3(3.6)]1.2 \cong 6.62 \text{ kN/m}$$

توجه شود که این سقف در محل مصرف تحت اثر سربار مرده در مجموع $3/6 \text{ kN/m}^2$ (شامل $2/2 \text{ kN/m}^2$ سربار مرده و $1/4 \text{ kN/m}^2$ سربار مرده تیغه‌بندی) و سربار زنده 2 kN/m^2 قرار می‌گیرد.

از روابط فوق، مقدار $8/59 \text{ kN/m}$ حاکم است. این بارگذاری در عرض $b = 600 \text{ mm}$ انجام می‌شود. با توجه به اینکه سن بتن سقف و مقاومت آن الزامات استاندارد را تامین نموده و نیز رواداری‌ها رعایت گردیده‌اند، بارگذاری و انجام آزمون بلامانع است.

پیوست «ج»

(الزامی)

تواتر نمونه‌برداری و آزمون توسط واحد تولیدی

حداقل تواتر نمونه‌برداری و آزمون توسط واحد تولیدی باید مطابق جدول‌های ج-۱ و ج-۲ باشد.

جدول ج-۱: حداقل تواتر نمونه‌برداری و آزمون اجزای تشکیل‌دهنده

اجزای تشکیل دهنده	ویژگی	تواتر نمونه‌برداری و آزمون
سنگدانه	دانه‌بندی	هر بار تحویل گرفته شده
	کلوخه‌های رسی و ذرات سست	هر بار تحویل گرفته شده
	مواد ریزتر از $75 \mu m$	هر بار تحویل گرفته شده
	رطوبت	هر بار تولید بتن
بتن	دما	هر بار تولید بتن
	مقاومت فشاری نمونه نگهداری شده در آزمایشگاه به منظور ارزیابی مقاومت ۲۸ روزه	هر $25 m^3$ تولید بتن
	مقاومت فشاری نمونه نگهداری شده در شرایط مشابه شرایط عمل‌آوری تیرچه برای کنترل کسب مقاومت لازم بتن برای رهاسازی فولاد پیش‌تنیدگی	هر بهر تولید
فولادها	قطر	هر بهر تحویل گرفته شده
	سایر ویژگی‌ها ^{الف}	هر بهر تحویل گرفته شده
^{الف} در صورت تهیه فولادها از واحدهای دارای پروانه کاربرد علامت استاندارد، آزمون سایر ویژگی‌ها الزامی نیست.		

جدول ج-۲: حداقل تواتر نمونه برداری و آزمون تیرچه پیش تنیده

فرآورده	ویژگی	تواتر نمونه برداری
تیرچه پیش تنیده	ارتفاع تیرچه	هر روز تولید یکبار
	طول تیرچه	هر روز تولید یکبار
	عرض قسمت بالایی و پایینی تیرچه	هر روز تولید یکبار
	عرض نشیمن گاه بلوک ها	هر روز تولید یکبار
	ویژگی ظاهری	هر روز تولید یکبار
	ضخامت پوشش بتنی روی فولاد پیش تنیدگی	هر روز تولید یکبار
	انحراف جانبی در طول تیرچه	هر روز تولید یکبار
	خیز منفی تیرچه	هر روز تولید یکبار
	ویژگی مکانیکی (آزمون بارگذاری به روش مستقیم و غیرمستقیم)	هر ۳ ماه یکبار