



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

Institute of Standards and Industrial Research of Iran



استاندارد ملی ایران

۲۹۰۹ ۴

تجدید نظر اول

**ISIRI**  
**2909-1**  
**1st. edition**

خرپای تیرچه و تیرچه مورد مصرف در  
سقف‌های تیرچه بلوک -  
قسمت ۱: ویژگی‌ها و روش‌های آزمون

**Truss and joist for application in building  
floor -  
Part1: Specifications and test methods**

ICS:91.100

## 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 پیشرفتهای 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 سا زمانها 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 آنها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عبار 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

"خرپای تیرچه و تیرچه مورد مصرف در سقف‌های تیرچه بلوک - قسمت ۱: ویژگی‌ها و روش‌های

آزمون"

( تجدید نظر اول )

### رئیس:

خطیبی طالقانی ، جاوید  
( کارشناس ارشد مهندسی عمران )

### سمت و / یا نمایندگی

انجمن بتن ایران

### دبیر:

مجتبوی ، سید علیرضا  
( کارشناس مهندسی مواد- سرامیک )

سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

### اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

ارشاد ، لیلی  
( کارشناس ارشد مهندسی عمران )

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

ایروانی ، آزاده  
( کارشناس مهندسی عمران )

اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی  
استان اصفهان

بیک ، عباس  
( کارشناس مهندسی عمران )

بنیاد بتن جنوب شرق

حسینی مقدم ، علیرضا  
( کارشناس ارشد مهندسی معدن )

شرکت البرز بتن

حیدری ، صفر  
( کارشناس مهندسی عمران )

شرکت ایران فریمکو

رحمتی ، علیرضا  
( کارشناس ارشد مهندسی عمران )

شرکت پاکدشت بتن

سامانیان ، حمید  
( کارشناس مهندسی مواد- سرامیک )

پژوهشگاه استاندارد گروه پژوهشی  
ساختمانی و معدنی

شرکت فولاد کف

ظریف کار ، اصغر  
( کارشناس ارشد مهندسی عمران )

سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

عباسی رزگله ،محمد حسین  
( کارشناس مهندسی مواد – سرامیک )

اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی  
استان یزد

گلیخ منشادی، محمد حسین  
( کارشناس مهندسی عمران )

اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی  
استان فارس

محرری،حسن  
( کارشناس مهندسی عمران )

پژوهشگاه استاندارد گروه پژوهشی  
ساختمانی و معدنی

مرشدی،عبدالرضا  
( کارشناس شیمی )

صفحه	عنوان
ج	آشنایی با سازمان استاندارد
د	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
ح	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۴	۴ انواع تیرچه
۴	۴ ۱ تیرچه خرپایی
۵	۴ ۱ + ۱ اجزاء تشکیل دهنده تیرچه خرپایی
۵	۴ ۱ - ۱ میل‌گردهای زیرین (عضو کششی)
۵	۴ ۱ + ۲ میل‌گردهای عرضی (زیگزاگ)
۵	۴ ۱ + ۳ میل‌گرد بالایی
۶	۴ ۱ + ۴ میل‌گرد تقویتی
۶	۴ ۱ + ۵ میل‌گرد کمکی اتصال
۶	۴ ۱ + ۶ بتن پاشنه
۷	۴ ۲ تیرچه پیش‌تنیده
۷	۵ الزامات سقف تیرچه بلوک
۸	۶ ویژگی‌های تیرچه خرپایی
۸	۶ ۱ ویژگی خرپا
۸	۶ ۱ + ۱ ویژگی اجزاء تشکیل دهنده
۸	۶ ۱ - ۱ میل‌گردهای زیرین (عضو کششی)
۹	۶ ۱ + ۲ میل‌گردهای عرضی (زیگزاگ)
۹	۶ ۱ + ۳ میل‌گرد بالایی
۹	۶ ۱ + ۴ میل‌گردهای تقویتی
۱۰	۶ ۱ + ۲ ویژگی مجموعه خرپا
۱۱	۶ ۲ ویژگی تیرچه
۱۱	۶ ۱ + ۱ ویژگی خرپای تیرچه
۱۱	۶ ۲ + ۲ ویژگی بتن پاشنه تیرچه

	۳ ۴ ۶	ویژگی‌های ابعادی و ظاهری
۱۱	۴ ۴ ۶	ویژگی مکانیکی
۱۱	۱ ۴ ۴ ۶	خیز
۱۱	۷	ویژگی‌های تیرچه پیش تنیده
۱۲	۸	نشانه‌گذاری
۱۴	۹	نمونه‌برداری
۱۴	۱۰	اطلاعات سفارش
۱۵	۱۱	کنترل و بازرسی
۱۵	۱۲	روش‌های آزمون
۱۶	۱ ۱۲	آزمون تعیین قطر میل‌گردها
۱۶	۲ ۱۲	آزمون کشش
۱۶	۳ ۱۲	آزمون‌های ابعادی
۱۷	۴ ۱۲	آزمون مقاومت فشاری و اسلامپ بتن
۱۷	۵ ۱۲	آزمون خیز
۱۷	۱ ۵ ۱۲	تیرچه پیش ساخته خرپایی
۱۷	۲ ۵ ۱۲	تیرچه پیش تنیده
۲۵		

## پیش گفتار

استاندارد "خرپای تیرچه و تیرچه مورد مصرف در سقف‌های تیرچه بلوک - قسمت ۱: ویژگی‌ها و روش‌های آزمون" نخستین بار در سال ۱۳۸۵ تدوین شد. این استاندارد براساس پیشنهادهای رسیده و بررسی توسط موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و تأیید کمیسیون‌های مربوط برای اولین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در دویست و هفتاد و چهارمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۸۸/۱۲/۱۱ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هرگونه پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد جای‌گزین استاندارد ملی ایران شماره ۲۹۰۹: سال ۱۳۸۵ می‌شود.

منابع و مآخذی که برای تدوین این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است :

- ۱- نشریه ۸۲ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور : سال ۱۳۸۲ ، راهنمای اجرای سقف‌های تیرچه و بلوک
- ۲- نشریه ۹۴ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور : سال ۱۳۸۴ ، تیرچه‌های پیش ساخته خرپایی، مشخصات فنی، روش طرح و محاسبه
- ۳ استاندارد ملی ایران شماره ۳۱۳۲: سال ۱۳۸۰، میل‌گردهای گرم نوردیده مصرفی - ویژگی‌ها و روش‌های آزمون
- ۴ استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۵۵۸: سال ۱۳۸۷، میل‌گردهای سرد نوردیده مصرفی - ویژگی‌ها و روش‌های آزمون

5- DIN EN 15037-1: 2008, Precast concrete – Beam- and – block floor systems part 1 : Beams

# خرپای تیرچه و تیرچه مورد مصرف در سقف‌های تیرچه بلوک – قسمت ۱: ویژگی‌ها و روش‌های آزمون

## ۱ هدف و دامنه کاربرد

- ۱-۴ هدف از تدوین این استاندارد تعیین ویژگی‌ها و روش‌های آزمون خرپای تیرچه و انواع تیرچه (خرپایی و پیش‌تنیده) مورد مصرف در سقف‌های تیرچه بلوک می‌باشد.
- ۲-۴ این استاندارد برای انطباق و ارزیابی مستقل خرپای تولیدی نیز کاربرد دارد.
- ۳-۴ این استاندارد تیرچه‌های خرپایی فولادی که اتصال آن‌ها به صورت جوش نقطه‌ای و یا قلاب‌بافی است، را شامل می‌شود.
- ۴-۴ این استاندارد تیرچه‌های فولادی یک‌پارچه با بال زیرین تحتانی فولادی را شامل نمی‌شود.

یادآوری اتصال خرپای تیرچه و تیرچه‌های فولادی توسط جوش قوس الکتریکی (دستی) مجاز نمی‌باشد.

## ۲ 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 تجدید نظرهای 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 تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

- ۴ ۱ نشریه سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور به شماره ۱۲۰: سال ۱۳۸۲، آیین‌نامه بتن ایران (آبا)
- ۴ ۲ استاندارد ملی ایران شماره ۵۱۹: سال ۱۳۷۵، ساختمان‌ها و ابنیه فنی – حداقل بار وارده
- ۴ ۳ استاندارد ملی ایران شماره ۳۱۳۲: سال ۱۳۸۰، میل‌گردهای گرم نوردیده مصرفی – ویژگی‌ها و روش‌های آزمون
- ۴ ۴ استاندارد ملی ایران شماره ۳۲۰۳: سال ۱۳۸۶، بتن تازه قسمت دوم – تعیین روانی به روش اسلامپ – روش آزمون
- ۴ ۵ استاندارد ملی ایران شماره ۳۲۰۶: سال ۱۳۸۷، بتن – تعیین مقاومت فشاری آزمون‌های بتن
- ۴ ۶ استاندارد ملی ایران شماره ۶۰۴۴: سال ۱۳۸۱، بتن آماده ویژگی‌ها
- ۴ ۷ استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۲۷۲: سال ۱۳۸۶، مواد فلزی روش آزمون کشش در دمای محیط



## ۳ اصطلاحات و تعاریف

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

### ۱ ۴

#### خرپای تیرچه

شبهه پیش‌ساخته شده از میل‌گردهای کششی زیرین، بالایی و عرضی (زیگزاگ) که به شکل خرپا به همدیگر جوش یا قلاب شده‌اند و ایستایی لازم را برای حمل و اجراء تامین می‌کنند.

### ۲ ۴

#### تیرچه

قطعه پیش‌ساخته‌ای است، متشکل از بتن و فولاد که پس از اجرای کامل سقف، تیرهای فرعی **T** شکل ایجاد می‌کند.

تیرچه‌ها در سه مرحله تحت بارگذاری قرار می‌گیرند. در مرحله اول بار ناشی از حمل‌ونقل را تحمل می‌کند. در مرحله دوم بار ناشی از اجزاء بتن ریزی سقف، که وزن مرده سقف (وزن تیرچه، بلوک و بتن درجا) و بارهای در حین اجراء در حد فاصل تکیه گاه‌های اصلی به تیرچه است را تحمل می‌کنند، و در مرحله سوم تحمل بار برآیند حاصل از بارهای مرده و زنده پس از عمل‌آوری بتن پوششی و کسب مقاومت کافی می‌باشد، که در این جا نیز به عنوان عضو خمشی سقف عمل می‌کند.

### ۳ ۴

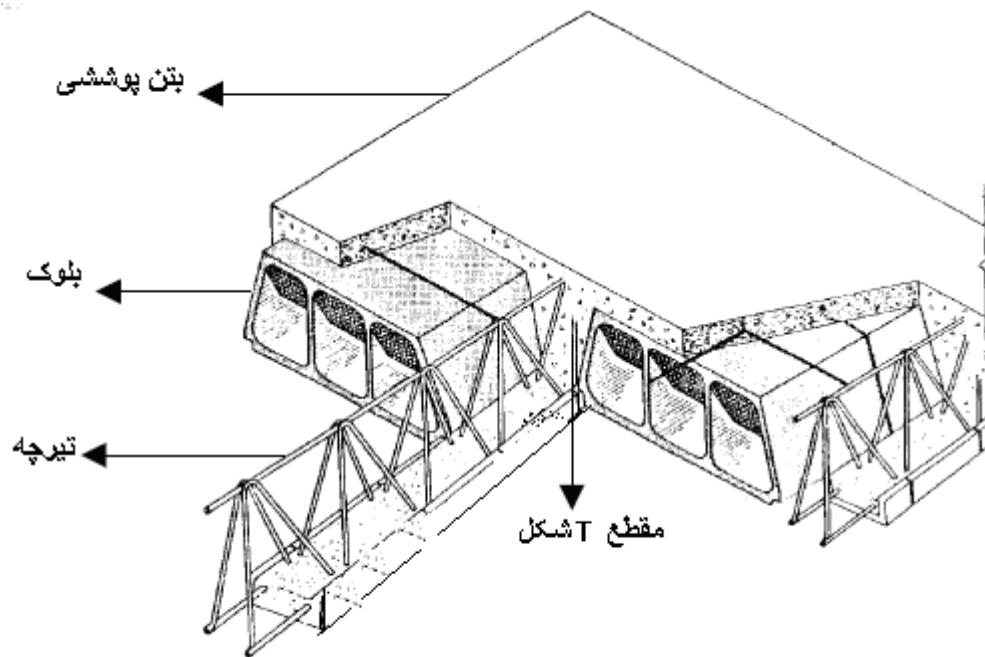
#### پاشنه بتنی

قسمت بتنی تیرچه خرپایی است که به عنوان نشیمن‌گاه بلوک و همچنین پوشش دهنده و مهار کننده میل‌گردهای زیرین خرپا می‌باشد.

### ۴ ۴

#### بتن پوششی

بتن پوششی به عنوان یکی از عناصر متشکله سقف، پس از جای‌گذاری تیرچه، بلوک و سایر میل‌گردها ریخته می‌شود و پس از به‌دست آوردن مقاومت نهایی، با قطعات دیگر مقطع مرکب **T** شکل را بوجود می‌آورد (شکل ۱ را ببینید).



شکل ۱ - بتن پوششی در سقف تیرچه بلوک

۵ ۴

#### میل گرد

فرآورده فولادی گرم و یا سرد نورد شده به صورت ساده یا آجدار با مقطع گرد است، که به صورت شاخه‌ای (مستقیم در طول معین) یا کلاف (به صورت حلقوی پیوسته) بسته بندی می‌شود.

۶ ۴

#### آج

برجستگی‌هایی که به صورت طولی (موازی محور میل گرد) و عرضی (به هر صورتی غیر از طولی) روی سطح میل گرد هنگام نورد ایجاد می‌گردد.

۶ ۴

#### میل گرد جمع شدگی حرارتی

برای مقابله با کشش‌های متفرقه در قسمت بتن درجا ( بتن پوششی سقف) میل‌گردهای جمع شدگی حرارتی را به‌طور معمول در دو جهت عمود بر هم در قسمت بالای سقف در حدود سانتی‌متر ۲ الی ۴ سانتی‌متر پایین‌تر از سطح بالایی بتن نصب می‌شود.

۷ ۴

### بار مرده

عبارت است از وزن اجزاء ساختمان که شامل دیوارها، کفها، بامها، حائلها، ( به انضمام کلیه اندودها و پوشش‌های نازک‌کاری) و وسایل ثابت و غیر منقول، و به‌طور کلی هر آنچه که ثابت بوده تغییر پیدا نمی‌کند.

۸ ۴

### بار زنده (سربار)

بار زنده یا سربار به کلیه بارهای موثر اضافی اطلاق می‌شود که در نتیجه استفاده و بهره‌برداری از ساختمان به آن تحمیل شود. بارهای زنده به دو گروه تقسیم می‌شوند.

۱ ۸ ۴

### بارهای زنده ساکن

بارها و سربارهای ساکن ولی قابل حرکت، مانند اثاثیه منزل، وسایل اداری و غیره . و یا بارهای زنده با سرعت کم، مانند وزن اشخاص و حیوانات که بارهای ایستا (استاتیک) نامیده می‌شوند.

۲ ۸ ۴

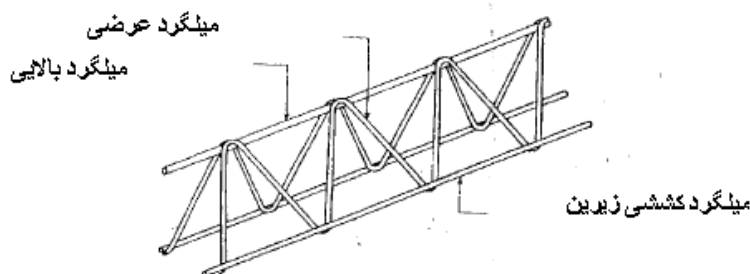
### بارهای متحرک

بارها و سربارهای متحرک با اثر جانبی قابل توجه مانند اتومبیل‌ها، آسانسورها، جراثقال‌ها و غیره که بارهای ضربه‌ای نیز خوانده می‌شوند.

### ۴ انواع تیرچه

#### ۴ ۱ تیرچه خریایی

تیرچه‌ای ساخته شده از خریای فولادی و پاشنه بتنی می‌باشد (شکل ۲ را ببینید).



شکل ۲ - خریای فولادی

تیرچه خرپای بدون قالب ماندگار تولید می‌شود (شکل ۳ را ببینید).  
یادآوری - تولید کنندگان فقط مجاز به تولید تیرچه بدون قالب ماندگار می‌باشند.



شکل ۳ - تیرچه بدون قالب ماندگار

#### ۴ + ۱ اجزاء تشکیل دهنده تیرچه خرپایی

تیرچه پیش ساخته خرپایی از اجزاء زیر تشکیل می‌شود:

#### ۴ + ۱ میل‌گردهای زیرین (عضو کششی)

در مرحله اول باربری تیرچه، میل‌گرد زیرین خرپا به عنوان عضو کششی خرپای تیرچه، باید قادر به تحمل نیروی کششی (حاصل از لنگر خمشی) ناشی از وزن خود تیرچه در زمان حمل و نقل باشد. و همچنین قادر به تحمل نیروی کششی (حاصل از لنگر خمشی) ناشی از وزن مرده سقف در فاصله محور تا محور تیرچه‌ها و بین دو تکیه‌گاه موقت (شمع‌بندی) باشد.  
در مرحله دوم باربری (بهره‌برداری)، میل‌گردهای کششی تیرچه (اعم از زیرین و یا تقویتی‌های لازم) به عنوان عضو کششی تیر T عمل می‌کند.

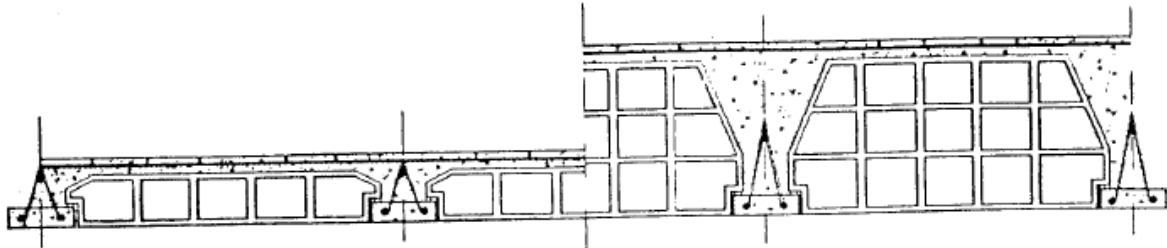
#### ۴ + ۲ میل‌گردهای عرضی (زیگزاگ)

در مرحله اول باربری، میل‌گردهای عرضی همانند عضو مورب خرپا عمل می‌کنند و به کمک اعضای کششی و بالایی، ایستایی لازم را جهت تحمل وزن خود تیرچه (در هنگام حمل و نقل) و وزن مرده سقف بین تکیه‌گاه‌های موقت (در هنگام اجراء) تامین می‌کنند.  
در مرحله دوم باربری تیرچه، میل‌گردهای عرضی پیوستگی لازم بین میل‌گرد کششی خرپا و بتن پوششی (بتن درجا) را تامین می‌کنند. همچنین مقابل با قسمتی از نیروی برشی تیر T به وسیله میل‌گردهای عرضی انجام می‌گیرد.

#### ۴ + ۳ میل‌گرد بالایی

در مرحله اول باربری، میل‌گرد بالایی به کمک دیگر اعضای خرپا، وزن تیرچه را در هنگام حمل و نقل و هم‌چنین وزن مرده سقف را در فاصله دو تکیه‌گاه موقت (هنگام قالب‌بندی و بتن‌ریزی پیش از به مقاومت رسیدن بتن پوششی) تحمل می‌کند.

در مرحله دوم باربری تیرچه اگر میل گرد بالایی در ضخامت بتن پوششی و بالاتر از سطوح بلوکها قرار گیرد، در نقش فولاد افت حرارتی مقطع مرکب سقف عمل می کند (در مقطع تیر T) و در صورتی که پایین تر از سطح بلوکها قرار گیرد، چنین نقشی نخواهد داشت. (شکل ۴ را ببینید)



شکل ۴ - مقطع مرکب سقف

#### ۴ + + ۴ میل گرد تقویتی

برای تقویت استحکام کششی به غیر از دو میل گرد طولی کششی که در سرتاسر طول تیرچه ادامه دارند، میل گردی با طول کمتری که با توجه به نمودار لنگر خمشی محاسبه می شود در داخل بتن پاشنه قرار می گیرد، که دو سر آن از بتن پاشنه باید بیرون آمده باشد.

#### ۴ + + ۵ میل گرد کمکی اتصال

این میل گرد به منظور مهار کردن میل گردهای کششی و امکان استقرار بیش از دو میل گرد کششی در پاشنه تیرچه به کار می رود.

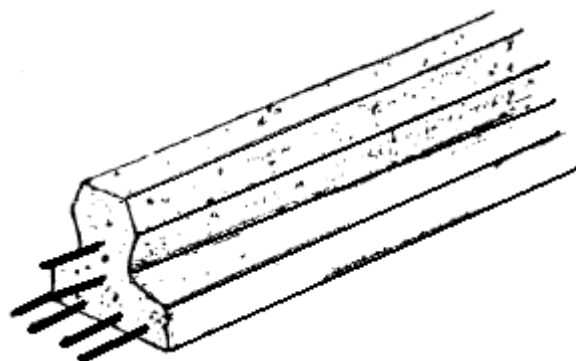
#### ۴ + + ۶ بتن پاشنه

برای تامین تکیه گاه بلوکها (قالب دائمی) و نیز برای پرهیز از قالب بندی قسمت زیرین سقف، پاشنه تیرچه قبل از نصب، بتن ریزی می شود. بتن پاشنه نقش بسیار مهمی در روش اجرای سقف دارد، چنانچه سطح افقی و عمودی تیرچه در امتداد طولی انحنا داشته باشد، جای گذاری بلوکها با مشکلاتی مواجه می گردد. نشیمن گاه بلوک باید صاف و یکنواخت باشد تا بلوکها به طور یکنواخت در محل خود قرار گیرند و سطح زیرین سقف برای نازک کاری بعدی مناسب شود.

پس از بتن ریزی پاشنه، باید مراقبت های لازم جهت نگره داری و مرطوب نگه داشتن بتن انجام شود. نوع بتن و ضخامت پوششی بتنی، روی میل گردهای کششی تاثیر زیادی در مقاومت سقف، مقاومت در برابر آتش سوزی و دوام تیرچه دارد.

#### ۴ ۲ تیرچه پیش تنیده

این تیرچه از مفتول‌های فولادی با مقاومت بالا (مقاومت نهایی ۱۷۵۰ نیوتن برمترمربع تا ۱۹۰۰ نیوتن برمترمربع) و بتن با رده مقاومتی C35 و بالاتر، مطابق استاندارد بند ۴ ۶، به صورت مقطع T شکل معکوس ساخته می‌شوند (شکل ۵ را ببینید).



شکل ۵ - تیرچه پیش تنیده

#### ۵ الزامات سقف تیرچه بلوک

##### ۵ ۱ محدودیت‌ها

محدودیت‌های اجرایی سقف‌های تیرچه بلوک به شرح زیر می‌باشد:

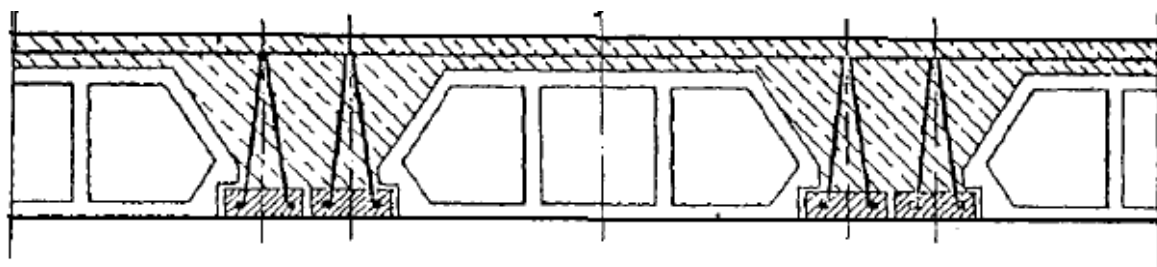
الف - فاصله آزاد تیرچه‌ها نباید از ۷۰ سانتی‌متر بیشتر باشد.

ب - ضخامت بتن پوششی قسمت بالایی تیرچه (بتن روی بلوک) نباید از ۵ سانتی‌متر یا یک دوازدهم فاصله آزاد تیرچه‌ها کمتر باشد.

ج - هنگام کاربرد تیرچه و بلوک‌ها حداقل فاصله افقی بین دو سطح قائم بلوک‌های مجاور در طرفین یک تیرچه که در مقابل یکدیگر نصب می‌شوند نباید کمتر از ۶٫۵ سانتی‌متر باشد.

ه - ضخامت سقف برای تیرچه‌های با تکیه‌گاه ساده نباید از یک بیستم دهانه کمتر باشد. این نسبت در مورد تکیه‌گاه‌های پیوسته از یک طرف، یک بیست و چهارم و از دو طرف پیوسته، یک بیست و هشتم می‌باشد. در سقف‌هایی که مسئله خیز مطرح نباشد، این مقدار تا یک سی‌ام دهانه کاهش می‌یابد.

و - حداکثر دهانه مورد پوشش سقف (در جهت طول تیرچه پیش‌ساخته خرپایی) با تیرچه‌های منفرد نباید از هشت متر بیشتر شود. چنانچه طول تیرچه بیش از چهار متر باشد، لازم است جهت یک‌پارچه‌سازی جانبی آن از یک یا چند تیر عرضی (متناسب با طول دهانه) عمود بر تیرچه‌ها استفاده شود. توصیه می‌شود برای اطمینان بیشتر، دهانه مورد پوشش، بیشتر از هفت متر نباشد و در صورت وجود سربارهای زیاد، و یا دهانه بیش از هفت متر، از تیرچه‌های مضاعف استفاده شود (شکل ۶).



شکل ۶ سقف با تیرچه‌های مضاعف

## ۶ ویژگی‌های تیرچه خریایی

### ۶ ۱ ویژگی خریا

### ۶ ۱ + ۶ ویژگی اجزاء تشکیل دهنده

### ۶ ۱ + + ۶ میل‌گردهای زیرین (عضو کششی)

میل‌گرد زیرین دو عدد بوده که می‌تواند از نوع گرم نورد دیده ( آج ۳۴۰، آج ۴۰۰ و آج ۵۰۰) و یا سردنورد دیده (فقط آج‌دار) مطابق ویژگی‌های مندرج در جداول ۲ و ۳ باشد. قطر میل‌گردهای زیرین (عضو کششی) نباید از ۶ میلی‌متر کمتر و از ۱۶ میلی‌متر بیشتر باشد. در مورد تیرچه‌هایی که ضخامت بتن پاشنه تیرچه ۵/۵ سانتی‌متر یا بیشتر باشد می‌توان حداکثر قطر میل‌گرد را تا ۲۰ میلی‌متر افزایش داد.

در صورت استفاده از میل‌گردهای کششی به تعداد بیش از دو عدد، دو میل‌گرد طولی باید در سرتاسر طول تیرچه ادامه یابند، ولی طول مورد نیاز بقیه میل‌گردها را می‌توان با توجه به نمودار لنگر خمشی محاسبه و رعایت طول مهارى در مقطعی که مورد نیاز نیست قطع کند.

فاصله آزاد بین میل‌گردهای کششی نباید از قطر بزرگترین سنگ‌دانه مورد مصرف در پاشنه تیرچه به اضافه ۵ میلی‌متر کمتر باشد. فاصله میل‌گرد کششی از لبه جانبی بتن پاشنه تیرچه به شرط وجود قالب ماندگار، نباید از ۱۰ میلی‌متر کمتر باشد. فاصله آزاد میل‌گرد کششی از سطح زیرین تیرچه (پوشش بتنی میل‌گرد) نباید از ۱۵ میلی‌متر کمتر باشد. برای تیرچه‌هایی که در محیط‌های باز مانند بالکن یا در فضاهایی که دارای مواد زیان آور برای بتن می‌باشند، اجرای یک لایه اندود ملات با حداقل عیار ۳۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب سیمان، حداقل به ضخامت ۱۵ میلی‌متر در زیر پوشش ضروری است.

**یادآوری** تیرچه‌ای که در شرایط محیطی شدید، بسیار شدید و فوق‌العاده شدید استفاده می‌شود، رعایت حداقل پوشش بتن طبق بند ۸ ۴ ۹ ۲ آیین‌نامه بند ۴ ۱ الزامی است.

#### ۶ ۴ ۴ ۲ میل‌گردهای عرضی (زیگزاگ)

میل‌گرد عرضی می‌تواند از نوع گرم نورددیده (آج ۳۴۰ و س ۲۴۰) مطابق ویژگی‌های مندرج در جدول ۲ و یا سردنورددیده با حداقل تنش تسلیم ۳۴۰ نیوتن بر میلی‌مترمربع باشد. قطر میل‌گردهای عرضی منفرد نباید از ۴ میلی‌متر کمتر و باید تعداد آنها در تیرچه حداقل دو عدد باشد.

#### ۶ ۴ ۴ ۳ میل‌گرد بالایی

میل‌گرد بالایی می‌تواند از نوع سرد نورددیده و یا گرم نورددیده با آج ۳۴۰ و بالاتر باشد. حداقل قطر میل‌گردهای بالایی بر حسب طول تیرچه باید مطابق جدول ۱ باشد.

جدول ۱ - قطر میل‌گردهای بالایی

قطر میل‌گرد بالایی میلی‌متر		طول تیرچه متر
سرد نورددیده	گرم نورددیده	
۶	۸	۳
۸	۱۰	۳ تا ۶
۱۰	۱۲	۶ تا ۸

#### ۶ ۴ ۴ ۴ میل‌گردهای تقویتی

میل‌گردهای تقویتی مورد نیاز می‌تواند دو عدد بوده که از نوع گرم نورددیده (آج ۳۴۰ و آج ۴۰۰) و یا سردنورددیده (فقط آج‌دار) مطابق ویژگی‌های مندرج در جداول ۲ و ۳ باشد. حداقل قطر میل‌گردهای تقویتی ۶ میلی‌متر و حداکثر ۱۶ میلی‌متر می‌باشد. میل‌گردهای تقویتی را می‌توان با توجه به نمودار لنگر خمشی محاسبه و در مقطعی که مورد نیاز نیست، با رعایت طول مهار، قطع کرد.



جدول ۴ ویژگی‌های میل‌گرد گرم نورد دیده

حداقل ازدیاد طول نسبی درصد		حداقل مقاومت کششی نیوتن بر میلی‌متر مربع	حداقل تنش تسلیم نیوتن بر میلی‌مترمربع	نوع میل‌گرد
A <sub>10</sub>	A <sub>5</sub>			
۱۸	۲۵	۳۶۰	۲۴۰	س ۲۴۰
۱۵	۱۸	۵۰۰	۳۴۰	آج ۳۴۰
۱۲	۱۶	۶۰۰	۴۰۰	آج ۴۰۰
۸	۱۰	۶۵۰	۵۰۰	آج ۵۰۰

جدول ۳ ویژگی‌های میل‌گرد نورد سرد

حداقل ازدیاد طول نسبی درصد A <sub>5.65</sub>	حداقل مقاومت کششی نیوتن بر میلی‌متر مربع	حداقل تنش تسلیم <sup>الف</sup> نیوتن بر میلی‌مترمربع	نوع میل‌گرد
۱۲	۵۵۰	۵۰۰	ساده و آج‌دار

یادآوری - مقاومت مشخصه برای تنش تسلیم معادل ۲٪ درصد ازدیاد طول آفست، مقاومت کششی و ازدیاد طول نسبی پس از گسیختگی در اندازه طولی معادل پنج برابر قطر اسمی می‌باشد.

<sup>الف</sup> در صورت توافق فروشنده و خریدار به جای A<sub>5.65</sub>، باید ازدیاد طول نسبی کل در دو درصد نیروی بیشینه (A<sub>gt</sub>) استفاده شود.

#### ۴ ۱ ۲ ویژگی مجموعه خرپا

۴ ۱ ۱ رواداری ارتفاع خرپا باید  $\pm 5$  درصد ارتفاع اسمی باشد.

یادآوری ارتفاع خرپا از زیر میل‌گرد زیرین تا بالای میل‌گرد بالایی می‌باشد.

۴ ۱ ۲ گام‌های میل‌گرد عرضی فاصله دو نقطه متوالی اتصال روی هر دو میل‌گرد طولی) مطابق ابعاد محاسباتی با رواداری  $\pm 15$  میلی‌متری و حداکثر آن ۲۰۰ میلی‌متر و حداقل زاویه میل‌گرد عرضی با افق ۴۵ درجه باشد.

۴ ۱ ۳ انحنای افقی در طول خرپا نباید بیشتر از یک پانصدم طول خرپا و حداکثر ۱۰ میلی‌متر باشد.

۴ ۱ ۴ نسبت مقاومت کششی میل‌گردهای زیرین بعد از انفصال از خرپا به مقاومت گسیختگی میل‌گردهای زیرین از همان نمونه قبل از اتصال، باید حداقل ۰/۹۵ باشد، به عبارتی اثر جوشکاری روی میل‌گرد نباید مقاومت کششی (fu) را بیشتر از ۵ درصد نسبت به میل‌گرد قبل از جوشکاری کاهش دهد.

یادآوری این ویژگی برای خرپاهایی که اتصال آنها به روش بافتن می‌باشد، نیاز نیست.

#### ۶ ۲ ویژگی تیرچه

#### ۶ ۴ ۱ ویژگی خرپای تیرچه

ویژگی خرپای تیرچه باید به‌طور کامل مطابق با ویژگی‌های ملحوظ در بند ۶ ۱ باشد.

#### ۶ ۴ ۲ ویژگی بتن پاشنه تیرچه

بتن پاشنه باید مطابق با ویژگی مندرج در بند ۴ ۶ و رده مقاومتی آن باید حداقل C25 و اسلامپ بتن تازه آن بین ۱۰۰ میلی‌متر تا ۱۵۰ میلی‌متر باشد.

حداقل عرض پاشنه بتنی ۱۰ سانتی‌متر است و به‌طور معمول آن را با عرض ۱۲ سانتی‌متر اجرا می‌کنند. ضخامت پاشنه حداقل ۴ سانتی‌متر و حداکثر ۵/۵ سانتی‌متر است و نباید از قطر بزرگترین میل‌گرد کششی به اضافه ۳۰ میل‌متر کمتر باشد.

یادآوری توصیه می‌شود در مناطق مهاجم، جهت جلوگیری از خوردگی میل‌گردها و کاهش نفوذپذیری بتن از مواد کاهنده آب (روان کننده‌ها)، سایر موارد افزودنی‌های مناسب و یا نسبت آب به سیمان کم استفاده شود.

#### ۶ ۴ ۳ ویژگی‌های ابعادی و ظاهری

عرض قسمت زیرین تیرچه پیش‌ساخته نباید از ۱۰ سانتی‌متر کمتر باشد و ارتفاع آن ۲/۵ برابر عرض تیرچه بیشتر باشد. عرض لبه کناری تیرچه که نشیمن‌گاه بلوک‌ها است باید حداقل ۱۵ میلی‌متر بوده و سالم و صاف باشند.

یادآوری- ابعاد تیرچه و مفتول‌های به‌کار رفته در ساخت تیرچه باید بر مبنای محاسبات کاربردی تیرچه و براساس درخواست خریدار باشد.

بخش بتنی تیرچه باید بصورت پیوسته و پوکی و شکستگی باشد. میل‌گردهای کششی در دو سر تیرچه باید در خارج از پاشنه بتنی ادامه یابند و نمایان باشند. دو سر میل‌گرد تقویتی باید از سطح بتن پاشنه نمایان باشد.

#### ۶ ۴ ۴ ویژگی مکانیکی

#### ۶ ۴ ۴ ۱ خیز

هنگامی که آزمون خیز طبق بند ۴ ۱۰ انجام می‌گیرد، باید خیز اندازه‌گیری شده از خیز مجاز کمتر یا مساوی آن باشد:

(۱)

که در آن :

خیز اندازه‌گیری شده بر حسب میلی‌متر؛

خیز مجاز بر حسب میلی‌متر.

چنانچه رابطه (۱) برقرار نکرديد، بايد رابطه (۲)، همواره برقرار باشد:

$$\frac{L}{h} > \dots$$

(۲)

که در آن:

$L$  خيز باقی مانده پس از بيست و چهار ساعت برداشت بر حسب ميلي متر.

چنانچه رابطه (۲) برقرار نکرديد، بنابه درخواست توليد کننده ۷۲ ساعت پس از برداشتن با از سقف، مجدد، آزمون بارگذاري انجام می گيرد که بايد:

الف - رابطه (۳) همواره برقرار باشد:

$$\frac{L}{h} > \dots$$

(۳)

که در آن:

$L$  خيز اندازه گيري شده در مرحله دوم بر حسب ميلي متر؛

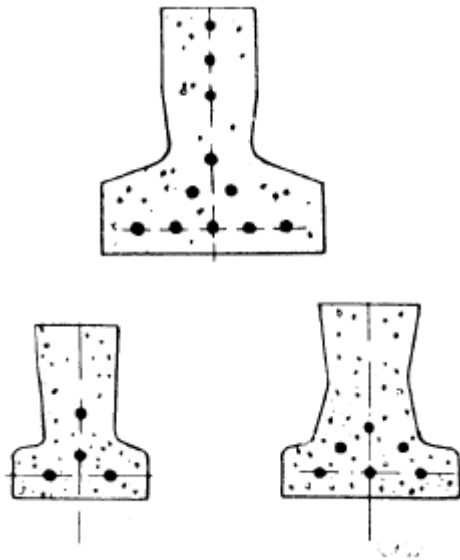
$h$  خيز باقی مانده پس از بيست و چهار ساعت برداشت در مرحله دوم بر حسب ميلي متر.

ب - در سقف مورد آزمون هيچ گونه شواهدی مبنی بر گسيختگی قابل مشاهده ای پديد نیامده باشد.  
يادآوری - پس از آزمون دوم، آزمون ديگری نبايد بر روی سقف به عمل آيد.

## ۷ ویژگی های تیرچه پیش تنیده

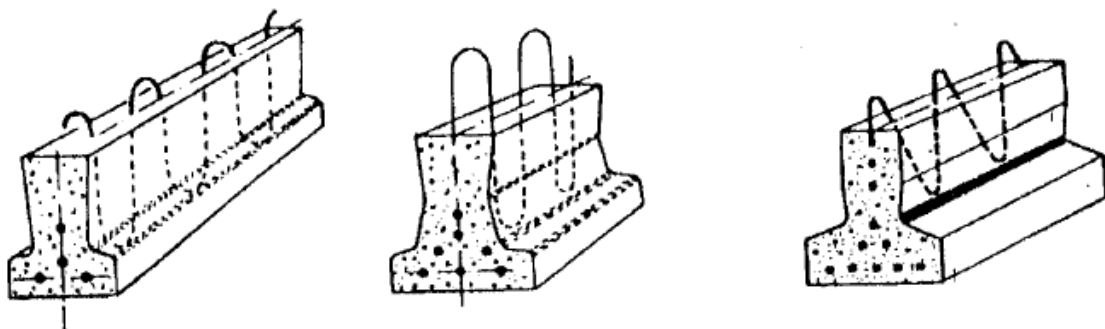
تیرچه پیش تنیده در واقع قسمتی از سطح مقطع نوارسقف است که در اثر بهره برداری تحت تنش کششی قرار می گیرد. مقدار پیش تنیدگی آن بايد به حدی باشد که تیرچه هنگام حمل و نقل، نصب، بتن ریزی و بارهای بهره برداری، ترک نخورد.

سطح مقطع تیرچه پیش تنیده برای تامین محل مناسب نصب بلوک های دو طرف، به شکل سپری ساخته می شود (شکل ۷ را ببينيد). عرض قسمت زیرین تیرچه پیش تنیده نبايد کمتر از ۱۰ سانتی متر باشد و عرض قسمت بالایی (بتن بين دو بلوک با توجه به عرض تکیه گاه های بلوک روی تیرچه) نبايد کمتر از ۶/۵ سانتی متر باشد. ارتفاع کل تیرچه بايد به حدی باشد که ایستایی لازم را برای حمل و نصب تیرچه و تحمل بارهای اجرایی را تامین می کند. سطح بالایی تیرچه برای ایجاد پیوستگی کافی با بتن پوششی به طور زبر و برجسته بتن ریزی می شود. پوشش بتنی روی فولاد نبايد کمتر از ۲۰ ميلي متر باشد.



شکل ۴ مقاطع انواع تیرچه پیش تنیده

مقاومت بتن تیرچه پیش تنیده در هنگام انتقال نیرو از فولاد به بتن (بعد از هر نوع انرژی ناشی از پیش تنیدگی) نباید از نصف مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن کمتر باشد. رده مقاومتی بتن تیرچه پیش تنیده نباید از C<sub>35</sub> و همچنین از دو برابر تنش فشاری بتن در قسمت زیرین تیرچه‌ها کمتر باشد. بخش کششی بتن تیرچه نباید ترک خورده و یا شکسته باشد. میزان خیز منفی تیرچه باید یک سانتی‌متر در پنج متر طول و همچنین پیچیدگی جانبی تیرچه نباید بیش از یک سانتی‌متر در پنج متر طول باشد. تیرچه‌های پیش تنیده بطور معمول فاقد میل‌گردهای عرضی هستند ولی در بعضی از انواع آن، برای تقویت مقاومت برشی، دو انتهای تیر، میل‌گردهای عرضی در داخل بتن آن کار گذاشته می‌شوند تا علاوه بر تقویت برشی تیرچه، گیره‌های لازم برای حمل و نقل تیرچه و اتصال بین بتن و دال را تامین کند. (شکل ۸)



شکل ۸ - استقرار میل‌گردهای عرضی در تیرچه‌های پیش تنیده

برای ایجاد پیش تنیدگی در بتن تیرچه بطور معمول از چند رشته سیم فولادی به قطر پنج میلی‌متر با مقاومت نهایی ۱۷۵۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع تا ۱۹۰۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع استفاده می‌شود. سیم‌ها قبل

از بتن ریزی حداکثر تا ۶۵ درصد مقاومت نهایی خود کشیده می‌شوند. پس از بتن ریزی و بدست آوردن مقاومت کافی در بتن و ایجاد پیوستگی مناسب بین فولاد و بتن، به آرامی رها می‌شوند تا تیرچه تحت تنش فشاری قرار گیرد. پوشش بتنی روی سیم‌های فولادی در کلیه جهات حداقل ۲۰ میلی‌متر است و فاصله دو سیم مجاور از هم به حدی است که بزرگترین دانه سنگی بتن به آسانی بتواند از بین آنها جابجا شود. محل استقرار سیم‌ها طوری انتخاب می‌شوند که تنش فشاری در قسمت زیرین تیرچه بیشتر از قسمت بالایی آن باشد.

**یادآوری ۱:** جابجایی تیرچه‌ها در حین تولید حداقل ۷۲ ساعت پس از بتن ریزی باید انجام پذیرد. در صورت استفاده از روش‌های ویژه تسریع کننده گیرش بتن، زمان فوق را می‌توان کاهش داد، مشروط بر آن‌که در هنگام انتقال، بتن مقاومت ۷۲ ساعته خود را کسب کرده باشد.

**یادآوری ۲:** سیم فولادی مصرفی در ساخت تیرچه نباید به موادی آغشته و ترکیب گردد که باعث کاهش میزان چسبندگی بتن و سیم شده باشد و مقدار زنگ زدگی به هیچ وجه نباید به میزانی باشد که سبب کاهش اندازه سطح مقطع سیم گردد.

## ۸ نشانه گذاری

نشانه گذاری باید بر روی پلاک و روی یک تیرچه از هر بهر<sup>۱</sup> یا از هر ۵۰۰ متر تیرچه الصاق گردد.

نشانه گذاری باید شامل موارد زیر باشد:

۱ نام و یا نشان تجاری تولید کننده

۲ نوع تیرچه

۳ علامت استاندارد در صورت اخذ مجوز

۴ مشخصات فنی تیرچه، که شامل:

۴ ۱ طول تیرچه

۴ ۲ ارتفاع تیرچه

۴ ۳ رده بتن

۴ ۵ نوع و تعداد میل‌گردهای مصرفی به همراه نام تولید کننده آنها (برای تیرچه‌های خرپایی)

۴ ۶ نوع کاربری تیرچه (مسکونی، پارکینگ و.....)

۴ ۷ عرض پاشنه

## ۹ نمونه برداری

برای نمونه برداری از اجزای تشکیل دهنده، خرپا و تیرچه باید موارد زیر را رعایت کرد:

۹ ۱ روش نمونه برداری از میل‌گردهای زیرین، بالایی و عرضی باید مطابق بند ۳ A استاندارد ملی بند ۴ ۳ و بصورت تصادفی و به تعداد مندرج در جدول ۴ انجام گیرد.

۲۹ تعداد نمونه برای خرپا و تیرچه آماده تحویل باید مطابق جدول ۴ باشد.

جدول ۴ مقدار نمونه برداری

تیرچه عدد	خرپای تیرچه متر	میل گرد متر	میزان تولید متر
۴	۱	۱	تا ۵۰۰۰
۴	۲	۲	از ۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰
۴	۴	۴	از ۱۰۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰
۸	۸	۸	از ۲۰۰۰۰ تا ۴۰۰۰۰

۳۹ در اجرای نمونه برداری باید دقت شود که نمونه‌های انتخابی برای آزمون دارای مشخصات اسمی (ابعاد و محل مصرف) یکسان باشد.

۴۹ در نمونه برداری اولویت با فراورده‌های مشابهی است که حداکثر تولید کارخانه را در بر می‌گیرد.

۵۹ چنانچه از تیرچه‌های پیش تنیده برای آزمون به روش مستقیم نمونه برداری شود، از خط تولید سه عدد از ابتدا، وسط و انتهای آن که در یک نوار قرار نگرفته باشد، نمونه برداری می‌شود.

یادآوری - از میل‌گردهای مصرفی شامل میل‌گرد بالایی، زیرین، عرضی و تقویتی، هر کدام به مقدار مندرج در جدول ۴ جداگانه نمونه برداری می‌شود.

## ۱۰ اطلاعات سفارش

تولید کننده موظف است تیرچه را براساس مشخصات فنی زیر که به درخواست خریدار بوده و یا به تایید آن رسیده باشد، تولید کند:

۱ طول تیرچه

۲ قطر و تعداد میل‌گرد مصرفی

۳ ارتفاع خرپا

۴ فاصله محور تا محور تیرچه

۵ نوع کاربری تیرچه (مسکونی، پارکینگ و.....)

۶ شرایط محیطی محل مصرف

۷ شدت بار زنده و مرده

## ۱۱ کنترل و بازرسی

برای کنترل کیفیت و مطابقت تیرچه‌های تولیدی با این استاندارد، باید موارد زیر را بررسی و رعایت کرد:

۱ جوشکاری باید دور از تغییرات شدید دما و در شرایط محیطی ثابت انجام شود.

۲ جوشکاری در دمای صفر درجه سلیسیوس و زیر آن مجاز نمی‌باشد.

۱۱ ۳ کلیه میل‌گردها باید قبل از جوشکاری، جرم‌گیری و زنگ‌زدایی شده باشند.

۱۱ ۴ دمای بتن تازه نباید زیر ۱۳ درجه سلیسیوس و یا بیشتر از ۳۲ درجه سلیسیوس باشد. همچنین بتن ریزی باید دور از شرایط محیطی متغیر و در محیط مسقف انجام شود و عمل‌آوری و نگهداری بتن تازه باید مطابق با شرایط مندرج در بند ۷ ۵ آیین‌نامه بند ۴ ۱ انجام گیرد.

۱۱ ۵ برای نظارت بر کنترل کیفیت تیرچه در هر نوبت نمونه‌برداری، باید آزمون و انطباق کلیه ویژگی‌های اجزاء تشکیل‌دهنده، خرپا و تیرچه به غیر از آزمون خیز و بتن پاشنه، انجام شود. و در هر دوره یک‌ساله و یا سه نوبت نمونه‌برداری متوالی، آزمون و انطباق ویژگی خیز و بتن پاشنه، فقط یک‌بار انجام شود.

## ۱۲ روش‌های آزمون

### ۱۲ ۱ آزمون تعیین قطر میل‌گردها

#### ۱۲ ۱ + ۱ وسایل

۱۲ ۱ + ۱ کولیس با دقت ۰٫۱ میلی‌متر

### ۱۲ ۲ نمونه مورد نیاز

برای انجام این آزمون یک عدد از تیرچه از چهار عدد تیرچه نمونه‌برداری اولیه نیاز است.

### ۱۲ ۳ روش انجام آزمون

قطر میل‌گردهای بالایی و زیرین را در دو انتها و وسط تیرچه را توسط کولیس، اندازه‌گیری کرده و هر سه اندازه‌گیری را گزارش کنید.

برای اندازه‌گیری قطر میل‌گردهای عرضی (زیگزاگ) سه نقطه در طول تیرچه، توسط کولیس اندازه‌گیری نموده و میانگین آن‌ها را گزارش نمایید.

**یادآوری** برای اندازه‌گیری قطر میل‌گردهای زیرین در وسط تیرچه، باید قسمتی از بتن را از سطح میل‌گرد توسط تیشه یا وسیله‌ای مشابه برداشته و میل‌گرد را عاری از بتن نموده، سپس قطر را اندازه‌گیری نمود.

### ۱۲ ۲ آزمون کشش

آزمون کشش میل‌گردها و خرپا (میل‌گردها بعد از جوشکاری) باید مطابق استاندارد بند ۴ ۷ انجام گیرد.

**یادآوری** برای آزمون کشش میل‌گردهای جوش شده در خرپا، برش میل‌گردهای عرضی از فاصله‌ای انجام گیرد که هیچ تاثیری بر جوش نداشته باشد.

## ۱۲ ۳ آزمون‌های ابعادی

این آزمون شامل اندازه‌گیری ضخامت پاشنه، سطح زیرین تیرچه و فاصله سطح زیرین تیرچه تا بالاترین سطح آن می‌باشد.

## ۱۲ ۴ ۱ وسایل

۱۲ ۴ ۱ کولیس با دقت ۰/۱ میلی‌متر

۱۲ ۴ ۲ خط‌کش فولادی (یا متر فلزی) به طول حداقل ۵۰ سانتی‌متر و دقت ۰/۱ سانتی‌متر

## ۱۲ ۴ ۲ نمونه مورد نیاز

برای انجام این آزمون یک عدد از تیرچه از چهار عدد تیرچه نمونه‌برداری اولیه نیاز است.

## ۱۲ ۴ ۳ روش انجام آزمون

ضخامت پاشنه و عرض زیرین تیرچه را توسط کولیس در دو انتهای تیرچه، اندازه‌گیری نموده و میانگین دو اندازه‌گیری را گزارش نمایید. و برای ارتفاع سطح زیرین تیرچه تا بالای تیرچه، توسط خط‌کش فولادی یا متر فلزی در سه نقطه که شامل دو انتها و وسط تیرچه می‌باشد، اندازه‌گیری را انجام داده و میانگین سه اندازه‌گیری را گزارش نمایید.

## ۱۲ ۴ ۴ آزمون مقاومت فشاری و اسلامپ بتن

آزمون مقاومت فشاری بتن پاشنه طبق استاندارد بند ۴ ۵ و آزمون اسلامپ بتن تازه جهت پاشنه تیرچه طبق استاندارد بند ۴ ۴ انجام می‌گیرد.

## ۱۲ ۵ آزمون خیز

### ۱۲ ۵ ۱ تیرچه پیش ساخته خرپایی

برای اندازه‌گیری خیز تیرچه، باید خیز آن را در سقف اجرا شده اندازه‌گیری نمود، لذا ابتدا باید سقفی که شامل تیرچه‌های نمونه‌برداری شده می‌باشد را اجرا و بر روی سقف ساخته شده را اندازه‌گیری نمود.

## ۱۲ ۵ ۱ وسایل

۱۲ ۵ ۱ ۱ صفحه ساعت<sup>۱</sup> قلاب‌دار با دقت ۰/۱ میلی‌متر ۲ عدد

۱۲ ۵ ۱ ۲ خرپای فلزی برای اتصال صفحه ساعت



۱۲ ۱۱ ۱۰ ۹ ۸ ۷ ۶ ۵ ۴ ۳ پایه‌های چوبی یا فلزی، پایه‌های چوبی باید راست و بدون ترک باشد و در مورد چوب گرد قطر متوسط پایه از ۱۰ سانتی‌متر کمتر و در مورد چهار گوش بدون زیر سری، کوچک‌ترین بعد مقطع از عرض تیرچه کمتر نباشد.

### ۱۲ ۱۱ ۱۰ ۹ ۸ ۷ ۶ ۵ ۴ ۳ محل آزمون (تکیه‌گاه‌ها)

با توجه به دهانه‌ای که تیرچه بر روی آن بکار می‌رود، باید دو دیوار تکیه‌گاه با مشخصات زیر را برای آن ساخته شود.

۱۲ ۱۱ ۱۰ ۹ ۸ ۷ ۶ ۵ ۴ ۳ پی دیوار باید طوری باشد که وزن دیوار زیر سری و سقف مورد آزمون و همچنین بارهای بعدی و ضربه‌های احتمالی ناشی از آن را تحمل کند. در هر صورت نباید پی دیوار هنگام بارگذاری و آزمون تیرچه‌ها هیچ‌گونه نشست داشته باشد.

۱۲ ۱۱ ۱۰ ۹ ۸ ۷ ۶ ۵ ۴ ۳ 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 نماید و همچنین عمل بارگذاری بر روی سقف بدون ایجاد ضربه و برخورد با بلوک‌ها و تیرچه‌های کناری به سادگی انجام گیرد.

دیوارها باید به‌گونه‌ای ساخته شده باشند که در اثر بارهای وارده در طول آزمون هیچ کمانشی در آن پدیدار نشود و طول دیوارها متناسب با عرض سقف مورد آزمون که متشکل از چهار عدد تیرچه و سه ردیف بلوک است، باشد.

۱۲ ۱۱ ۱۰ ۹ ۸ ۷ ۶ ۵ ۴ ۳ زیر سری چنانچه دیوارها از مصالح آجری، سنگی و یا بلوک ساخته شده باشند، جهت توزیع نیروهای شناژی از بتن آرمه به عرض و طول دیوار به ارتفاع حداقل ۲۰ سانتی‌متر روی آن ساخته شود.

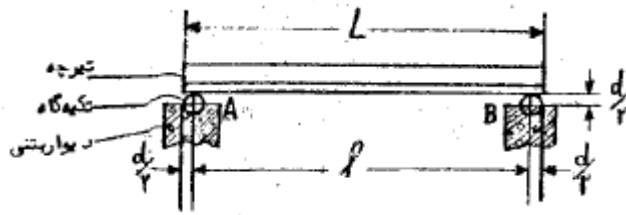
۱۲ ۱۱ ۱۰ ۹ ۸ ۷ ۶ ۵ ۴ ۳ در هنگام بتن ریزی دیوار یا شناژ، لوله‌های چدنی (بدون کاسه سر) به قطر اسمی ۱۰ سانتی‌متر در طول دیوار یا شناژ طوری نصب می‌گردد که قطر افقی لوله هم سطح بتن بالای دیوار یا شناژ بوده و محور طولی دیوار بر هم منطبق باشد، بطوری که دو لوله در دو دیوار هم سطح و هم تراز باشند. فاصله دو تکیه‌گاه (محور تا محور لوله‌های چدنی) از یکدیگر برابر رابطه زیر باشند: ( شکل ۹ را ببینید)

$$L = d \quad ( )$$

که در آن:

$L$  طول تیرچه مورد آزمون بر حسب سانتی‌متر؛

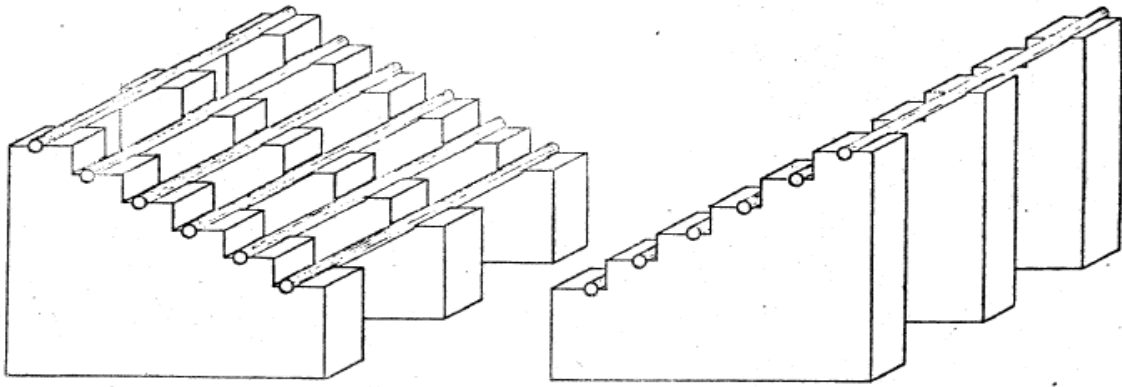
$d$  قطر خارجی لوله چدنی بر حسب سانتی‌متر.



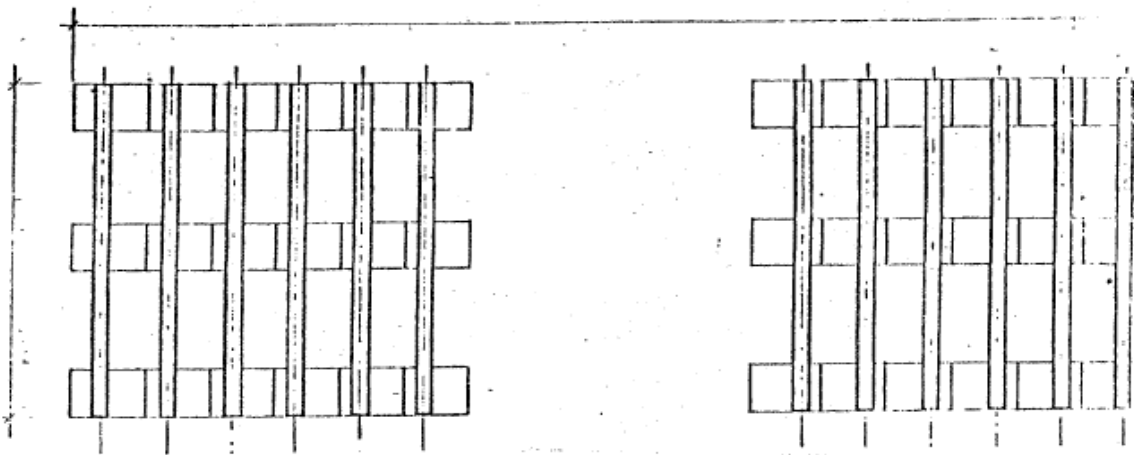
شکل ۹ - فاصله دو تکیه‌گاه

۵ ۴ ۱ ۵ ۱۲  
 ضخامت دیوار یا شناژ باید بصورتی باشد که در موقع ازمون، تیرچه‌ها با دیوار تماس پیدا کنند.

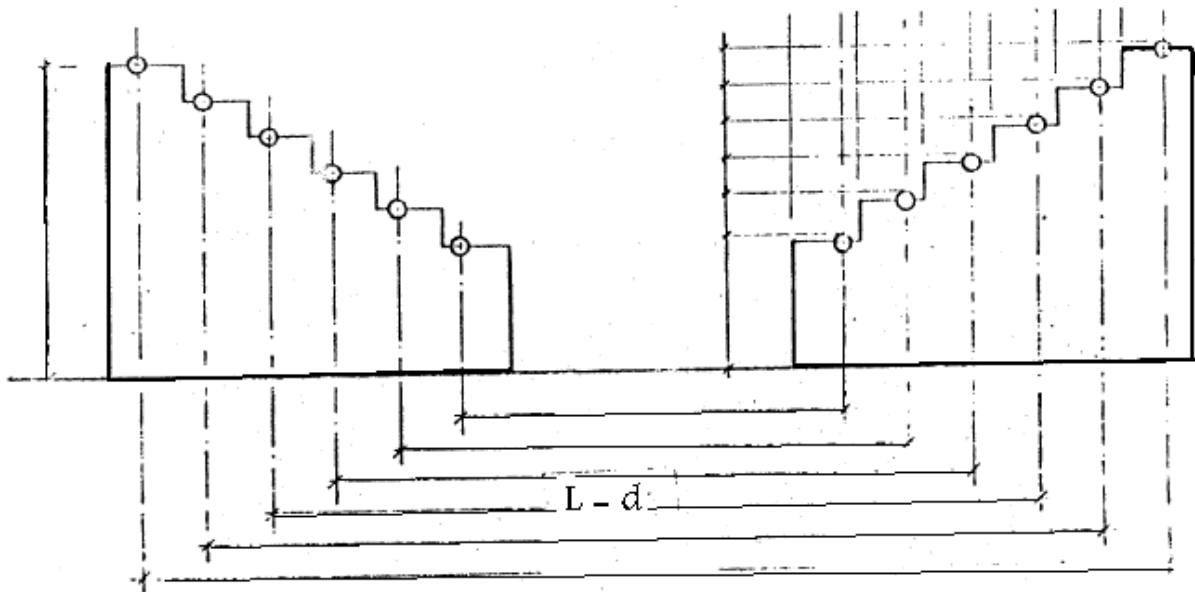
توصیه می‌شود که محل آزمون جهت سهولت اجرای سقف و بار گذاری و اجرای آزمون برای دهانه‌های مختلف مطابق شکل ۱۰ که به صورت سه بعدی و دو نمای بالا و روبرو نشان داده شده، باشد.



شکل الف - نمای ۳ بعدی



شکل ب - نمای بالا



شکل ج - نمای روبرو

شکل ۱۰ تکیه‌گاه

## ۱۲ ۵ ۴ ۳ روش انجام آزمون

### ۱۲ ۵ ۴ ۱ روش ساخت سقف مورد آزمون

دو تیرچه مورد آزمون و دو تیرچه کمکی را روی دو تکیه‌گاه (لوله‌های چدنی) به نحوی قرار گیرد که هر تیرچه از محور لوله‌های چدنی به اندازه  $d$  ( قطر خارجی لوله چدنی) خارج گردد 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  $1/2$  متر در طول تیرچه، یک پایه چوبی یا فلزی به همراه زیر سری مناسب به نحوی انتخاب گردد که فشار وارد بر آندر اثر حداکثر بارگذاری نشست ننماید 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.

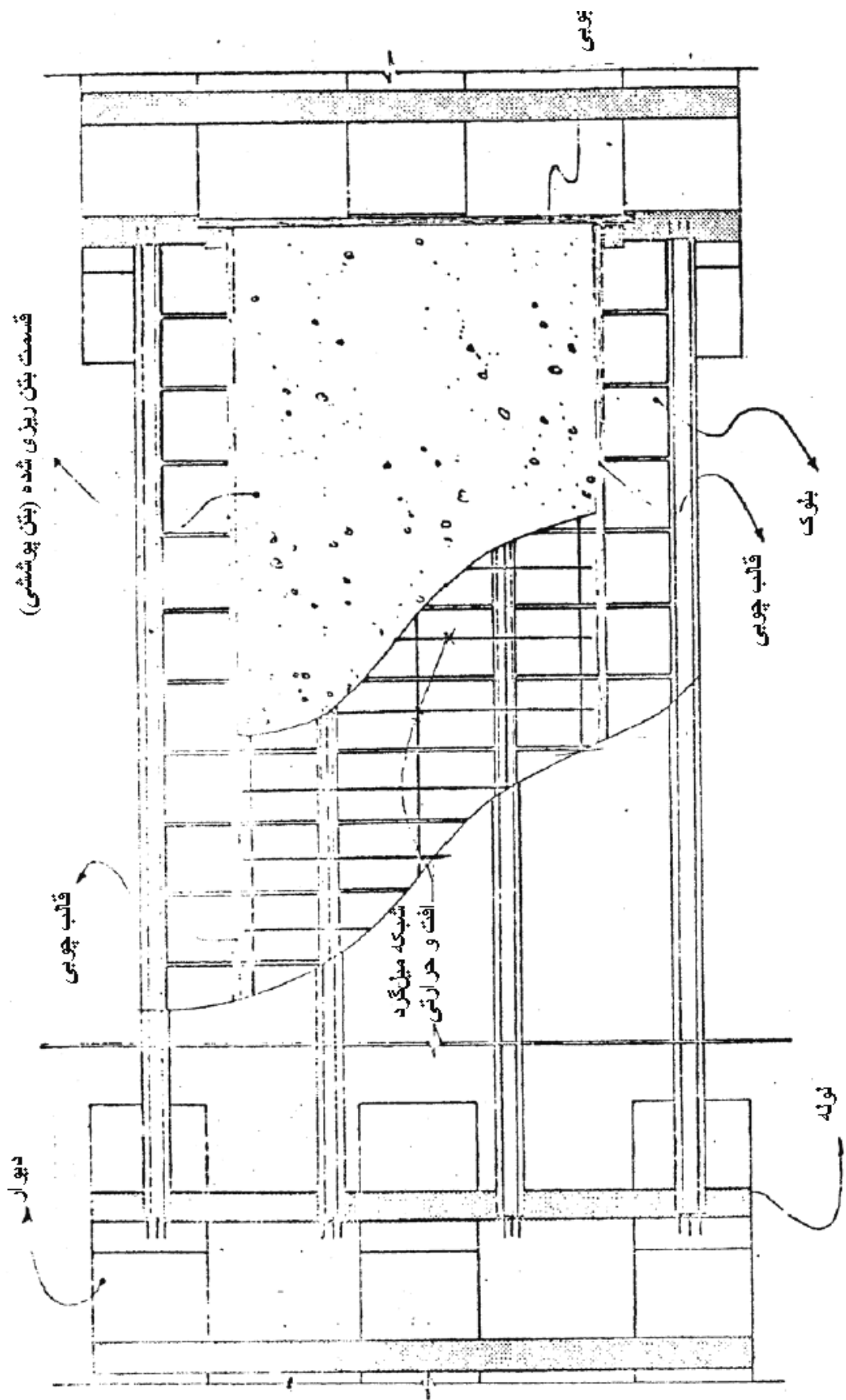
برای تنظیم پایه‌ها و سهولت در برچیدن آنها در هر پایه حداکثر یک جفت گوه چوبی از چوب سخت (بلوط یا گردو) قرار داده شود و بعد از تنظیم قالب، هر جفت گوه حداقل به وسیله یک عدد میخ  $7/5$  سانتی‌متری تثبیت شود.

حداکثر شیب گوه ۴ به ۱ بوده و حداقل ضخامت انتهای باریک آن یک سانتی‌متر 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 بتن ریزی شروع می‌شود. بتن ریزی باید طوری انجام شود که دو تیرچه میانی بصورت دو تیر **T** تکمیل گردد، بنابراین باید در وسط دو دهانه طرفین، قالب مناسبی قرار داد و شبکه مفتولی (حرارتی و افت) را با مفتول‌هایی به قطر ۶ میلی‌متر به فاصله ۲۵ سانتی‌متر در سطح مورد بتن ریزی (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 بلرزانی که ضخامت بتن در بالای بلوک‌ها حداکثر ۵ سانتی‌متر و در سطح سقف (طول و عرض) تراز باشد. کلیه مراحل اجرای بتن ریزی سقف، نگه‌داری، عمل‌آوری و قالب برداری تا آزمون، باید مطابق فصل ۷ آیین نامه بند ۴ ۱ انجام شود. در ضمن اخذ چهار آزمون استاندارد از بتن سقف و تعیین رده مقاومتی آن الزامی است.

روش قالب بندی و بتن ریزی در شکل ۱۱ نشان داده شده است.

یادآوری پایه‌ها روی آجر خشکه چین قرار نگیرند.



شکل ۴۱ روش قالب بندی و بتن ریزی

## ۱۲ ۵ ۴ ۳ زمان بارگذاری

بعد از اجرای سقف و طی حداکثر ۵۶ روز از تاریخ بتن ریزی سقف (بتن پوششی)، بارگذاری انجام می‌گیرد. لازم است حداقل سه روز قبل از انجام آزمون، سقف مورد آزمون را از کلیه قالب‌های مربوطه باز کرد. یادآوری - استفاده از تکنیک‌های تسریع عمل‌آوری و با استفاده از مواد افزودنی تسریع کننده در بتن پوششی مجاز می‌باشد، لذا بنابه درخواست تولید کننده می‌توان زودتر از ۵۶ روز آزمون بارگذاری را انجام داد.

## ۱۲ ۵ ۴ ۳ بار آزمون

بار آزمون از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$P = [ 0.95 ( 1.4 p_1 + 1.7 p_2 ) \times S_1 ] - [ 0.95 ( 1.4 p_3 ) ] \quad (۵)$$

که در آن:

$P$  کل بار آزمون بر حسب کیلوگرم؛

$P_1$  بار مرده در واحد سطح بر حسب کیلوگرم بر مترمربع؛

$P_2$  بار زنده یا سربار در واحد سطح بر حسب کیلوگرم بر مترمربع؛

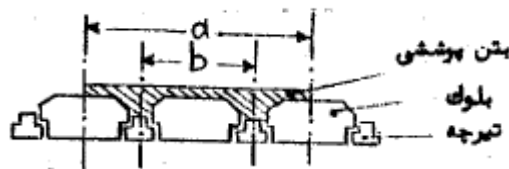
$S_1$  کل سطح سقف مورد آزمون که عبارت است از فاصله محور تا محور بلوک‌های جانبی (a) در طول دهانه تیرچه (L) بر حسب مترمربع؛ (شکل ۱۲ را ببینید)

$$S_1 = a \times L \quad (۶)$$

$P_3$  کل وزن سقف زیر سطح مورد آزمون که وزنیک بلوک در طول دهانه تیرچه (L) از آن کم شود بر حسب کیلوگرم.

یادآوری ۱ بار مرده شامل وزن تیرچه‌های مورد آزمون، بلوک‌ها و بتن پوششی می‌باشد که با استفاده از وزن مخصوص مندرج در استاندارد بند ۴ ۱ و حجم آن‌ها اندازه‌گیری می‌شود.

یادآوری ۲ بار زنده یا سربار بر حسب محل مورد مصرف تیرچه از استاندارد بند ۴ ۱ به دست می‌آید.



شکل ۱۲ - مقطع سطح  $S_1$  و  $S_2$

## ۱۲ ۵ ۴ ۳ روش بارگذاری

قبل از انجام بارگذاری باید صفحه ساعت‌ها را که روی خرپا تعبیه شده‌اند را در زیر سطح دو تیرچه مورد آزمون و در وسط آنها قرار داد و پایه‌های خرپا را توسط ملات زود گیری مانند گچ ثابت نمود. بعد از اطمینان

از تثبیت خرپا، شاخص‌های صفحه ساعت‌ها را در تماس با زیر سطح تیرچه‌ها قرار داد و قرائت اولیه هر دو صفحه ساعت را انجام داد.

سپس بار آزمون را باید به آهستگی و بتدریج و حداقل در چهارمرحله بصورت گسترده و یکنواخت در سرتاسر طول دهانه تیرچه ( $L$ ) و به عرض محور تا محور تیرچه‌های میانی ( $b$ ) قرار داد ( شکل ۱۲ را ببینید).

$$S_2 = b \times L \quad (۷)$$

که در آن:

$S_2$  سطح مورد بارگذاری بر حسب مترمربع؛

$b$  فاصله محور تا محور تیرچه‌های میانی بر حسب متر؛

$L$  طول دهانه تیرچه بر حسب متر.

۲۴ ساعت پس از این که بار نهایی آزمون بر سقف قرار گرفت قرائت‌های ثانویه را انجام داد. از تفاوت قرائت اولیه و ثانویه، خیز ( ) را یادداشت نموده و بلافاصله تمام بارهای آزمون را از روی سقف برداشته و پس از ۲۴ ساعت دیگر خیز باقیمانده ( ) را اندازه‌گیری کرده.

**یادآوری ۱-** در هر مرحله باید حداکثر یک چهارم وزن کل بار آزمون را بطوری که به سقف مورد آزمون ضربه‌ای وارد نشود، بارگذاری نمود.

**یادآوری ۲-** چنانچه در مراحل آزمون علائم واضح و غیر قابل انکاری مبنی بر گسیختگی در قسمت‌هایی از سقف مشاهده گردید، تیرچه‌ها غیر قابل قبول شناخته می‌شوند.

## ۱۲ + ۵ ۴ + ۵ محاسبات

مقدار خیز مجاز تیرچه‌های مورد آزمون از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$= \frac{L^2}{20000h} \quad ( )$$

که در آن :

خیز مجاز بر حسب میلی‌متر؛

$L$  طول دهانه تیرچه بر حسب میلی‌متر؛

$h$  ضخامت سقف تمام شده بر حسب میلی‌متر.

## ۱۲ ۵ ۲ تیرچه پیش تنیده

آزمون خیز بر روی تیرچه پیش تنیده بر حسب امکانات و انتخاب تولید کننده به یکی از دو روش زیر انجام می‌شود:

## ۱۲ ۵ ۴ ۱ روش غیر مستقیم

این روش مشابه روش آزمون خیز تیرچه پیش ساخته خرپایی می‌باشد و کلیه شرایط، محل، زمان و اجرای سقف و محاسبات یکسان می‌باشد و فقط شرایط پذیرش آن متفاوت است.

## ۱۲ ۵ ۴ ۱ پذیرش

چنانچه رابطه (۱) مندرج در بند ۴ ۴ ۱ برقرار نگردد، باید رابطه (۹) همواره برقرار باشد:

$$0.8 - \quad (9)$$

که در آن :

خیز اندازه‌گیری شده بر حسب میلی‌متر؛

خیز باقی مانده پس از بیست و چهار ساعت برداشت بر حسب میلی‌متر.

یادآوری پس از انجام آزمون تیرچه پیش تنیده به روش غیر مستقیم، نباید این آزمون مجدد و یا آزمون به روش مستقیم (۱۲ ۵ ۴ ۲) انجام شود.

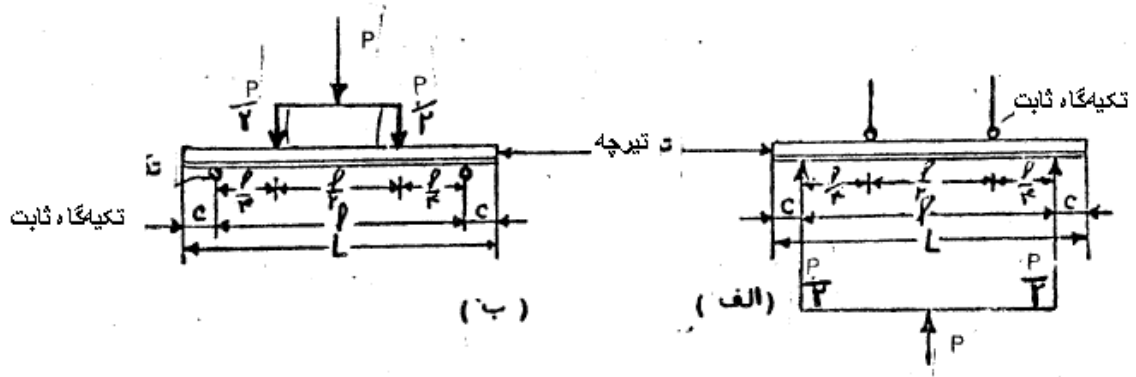
## ۱۲ ۵ ۴ ۲ روش مستقیم

## ۱۲ ۵ ۴ ۱ محل آزمون

عبارت است از دستگاهی که دارای 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 وارد نماید.

بار وارده  $P$  به کمک یک تیر توزیع کننده به دو بار منفرد مساوی  $\frac{P}{2}$  بر روی تیرچه مطابق شکل ۱۳ وارد می‌گردد.





شکل ۱۳ - طرز قرار گرفتن تیرچه روی دستگاه

۱۲ ۵ ۴ ۴ ۲ روش قرار دادن تیرچه

تیرچه روی دو تکیه‌گاه چنان قرار می‌گیرد که قسمت طره آن از دو سر تکیه‌گاه با هم برابر و از یک متر تجاوز نکند و قاعده تیرچه باید روی تکیه‌گاه و به طرف پایین باشد.

۱۲ ۵ ۴ ۳ بار آزمون

باری به میزان  $\frac{P}{2}$  که طبق رابطه زیر برای هر سطح مقطعی محاسبه می‌گردد، به فواصل معین از دو تکیه‌گاه و برابر  $\frac{L}{4}$  ام دهانه وارد می‌گردد.

$$\frac{P}{2} = \frac{4}{L} \left[ W(\delta + 10) - q \left( \frac{L^2}{8} - \frac{4C^2}{8} \right) \right] \quad (10)$$

که در آن:

$\frac{P}{2}$  یکی از نیروهای متمرکز وارده بر تیرچه بر حسب کیلوگرم؛

$L$  فاصله دو تکیه‌گاه (دهانه) بر حسب سانتی‌متر؛

$W$  اساس مقطع تیرچه (مدول مقطع) بر حسب سانتی‌متر؛

$q$  وزن واحد طول تیرچه بر حسب کیلوگرم بر سانتی‌متر طول؛

$\delta$  تنش در تار تحتانی قاعده تیرچه بر حسب کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع؛

$C$  طول هر یک از طره‌ها بر حسب سانتی‌متر.

در رابطه فوق، تنش مجاز کششی بتن، ۱۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع در نظر گرفته شده است.

## ۱۲ ۵ ۴ ۴ ۴ روش بارگذاری

ابتدا باری به میزان ۵۰ درصد بار محاسبه شده (هر ثانیه ۵۰ کیلوگرم) وارد می‌شود و آزمون به تدریج با افزودن ۱۰ درصد بار محاسبه شده تا ۱۰۰ درصد بار نهایی ادامه می‌یابد. مدت توقف بین دو ازدیاد بار پنج دقیقه و مدت توقف بار نهایی پانزده دقیقه خواهد بود. در طی مدت مذکور (زمان آزمون) و بعد از بار گذاری نهایی در تیرچه نباید ترکی در طول تیرچه مشاهده گردد.