

جمهوری اسلامی ایران  
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

# راهنمای اجرای سقفهای تیرچه و بلوک

مشخصات فنی عمومی و جزئیات اجرایی-کنترل کیفیت

نشریه شماره ۸۲

معاونت امور فنی  
دفتر تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

ویرایش سوم  
چاپ چهارم  
۱۳۸۴

انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ۸۴/۱۰/۳۵

## فهرست برگه

سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. دفتر تدوین معيارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله راهنمای اجرای سقفهای تیرچه و بلوک: مشخصات فنی عمومی و جزئیات اجرایی - کنترل کیفیت / معاونت امور فنی، دفتر تدوین معيارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله. ویرایش ۳. - تهران: سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، معاونت امور اداری، مالی و منابع انسانی، مرکز مدارک علمی، موزه و انتشارات، ۱۳۸۴
۱۸۱ ص: مصور. - (سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. دفتر تدوین معيارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله؛ نشریه شماره ۸۲) (انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور؛ ۸۴/۰۰/۳۵)
ISBN 964-425-626-3
چاپهای قبلی توسط سازمان برنامه و بودجه منتشر شده است.
"چاپ چهارم"
کتابنامه: ص. ۱۷۷-۱۸۱
۱. سقفها - نقشه‌های تفضیلی. ۲. سقفهای بتی. ۳. بتن - مشخصات. ۴. ساختمان سازی - استانداردها. الف. سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. مرکز مدارک علمی، موزه و انتشارات. ب. عنوان. ج. فروست.
TA ۳۶۸ / ۲ ش. ۸۲ / س ۱۳۸۴

ISBN 964-425-626-3

شابک ۳-۶۲۶-۹۶۴-۴۲۵

## راهنمای اجرای سقفهای تیرچه و بلوک: مشخصات فنی عمومی و جزئیات اجرایی - کنترل کیفیت

ناشر: سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، معاونت امور اداری، مالی و منابع انسانی، مرکز مدارک علمی، موزه و انتشارات

چاپ چهارم، ۲۰۰۰ نسخه

قیمت: ۲۰۰۰۰ ریال

تاریخ انتشار: سال ۱۳۸۴

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: قاسملو

همه حقوق برای ناشر محفوظ است.

# بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِيْمِ

## پیشگفتار

فن سقف‌سازی با استفاده از تیرچه و بلوک، ترکیبی است از دو روش بتن پیش ساخته و بتن درجا، که در آن مزایای پیش ساختگی مانند سرعت ساخت، هزینه کم‌قلب‌بندی و آرماتور‌بندی، کیفیت خوب بتن ساخته شده در کارخانه، با جنبه‌های مثبت بتن‌ریزی در محل، بویژه عدم نیاز به جرثقیل به خوبی تلفیق شده است.

علاوه بر مزایای بالا، مصرف کمتر فولاد در این نوع سقف در مقایسه با سقف طاق ضربی - تیر آهن، از دلایل عده‌هه توسعه چشمگیر کاربرد آن در سالهای اخیر در ایران است. با توجه به اینکه فولاد ساختمانی یکی از اقلام مهم واردات کشور را تشکیل می‌دهد و این واقعیت که سقف تیرچه و بلوک با وجود مصرف کمتر فولاد، از لحاظ پکارچگی و مقاومت در مقابل نیروهای ناشی از زلزله، برتری قابل ملاحظه‌ای نسبت به سقف طاق ضربی - تیر آهن دارد، ترویج این فن و تهیه مدارک علمی لازم به منظور تسهیل کار طراحان و نیز ارائه روشها و جزئیات صحیح ساخت، از همان ابتدا مورد توجه دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان برنامه‌بودجه قرار گرفت و نخستین بار نشریه «شاره ۸۲» با عنوان "راهنمای اجرای سقفهای تیرچه و بلوک" در سال ۱۳۶۲ با کوشش آقایان مسعود عسگری، عزیرالله سلوجوقی و ایرج نیامیر کارشناسان این دفتر، تهیه و منتشر گردید. این نشریه، با وجود اینکه با تدارکی محدود و در فرستی کم تدوین شده بود تا در شرایط خلاً موجود آن روز، هرچه سریعتر به دست علاقه‌مندان برسد، در عمل کام مهمن بود که در این زمینه بروای اولین بار برداشته‌اند.

همچنان، به منظور ارائه مجموعه‌ای هماهنگ از روشها و ضوابط طراحی و جزئیات اجرایی مورد نیاز طراحان، و نیز جداول محاسباتی تیرچه‌های خریایی، نشریه شماره ۹۴ این دفتر با عنوان "تیرچه‌های پیش-ساخته خریایی: مشخصات فنی، روش طرح و محاسبه"، در سال ۱۳۶۷ منتشر گردید.

به دنبال انتشار این نشریه، با توجه به استقبالی که اهل فن از آن به عمل آورده‌اند، و نیز با توجه به گسترش شتابنده سقف‌سازی با استفاده از تیرچه و بلوک‌در اتسی نقاط کشور، صلاح دیده شد، در فرصت زمانی که به دست آمده، تجدید نظر کلی در نشریه شماره ۸۲ به عمل آید و نشریه‌ای کاملتر در زمینه اجرا، در اختیار مهندسان و علاقه‌مندان قرار داده شود.

دفتر تحقیقات و معیارهای فنی، این نشریه را که توسط آقای مهندس محمد میرزا خطیب شبدی تهیه و تدوین شده است، در اختیار مهندسان و دست‌اندرکاران علاقه‌مند قرار می‌دهد.

از آقای مهندس سید اکبر هاشمی و خانم مهندس منیر وزیرنیا از دفتر تحقیقات و معیارهای فنی که امر  
ماهنه‌گی و تطبیق مطالب این نشریه را با خواسته‌های دفتر به عهده داشته‌اند، و همچنین از آقای دکتراورنگ  
فرزانه به‌خاطر همکاری‌ها تدوین کننده "نشریه"، و نیز از آقای دکتر مهدی قالیبافیان، آقای دکتر مهدی فومنی،  
جامعه مشاوران ایران و سندیکای شرکت‌های ساختمانی به‌خاطر اظهارنظرهای سودمندشان، و از آقای حسین یونسیان  
که ترسیم طرحهای گرافیکی را به عهده داشته‌اند، سپاسگزاری می‌شود.

#### دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

## فهرست مطالب

### صفحه

### عنوان

۹

۱. خلاصه‌ای درباره بتن آرمه، بتن پیش‌تنیده و انواع سقفهای بتنی

۱۷	۲. روش اجرای سقفهای تیرچه و بلوك
۱۸	۱-۲. روش حمل و انبار کردن مصالح تشکیل دهنده سقف
۱۸	۱-۱-۲. حمل و انبار کردن بلوكها
۱۹	۲-۱-۲. حمل و انبار کردن تیرچه‌ها
۲۲	۲-۱-۲. حمل و انبار کردن ميلگردها
۲۲	۴-۱-۲. حمل و انبار کردن مصالح سنگی
۲۳	۵-۱-۲. حمل و انبار کردن سیمان
۲۳	۲-۲. نصب تیرچه‌ها
۲۶	۳-۲. نصب تکيه‌گاههای موقت
۳۰	۴-۲. نصب بلوكها
۳۲	۵-۲. آرماتوربندی سقف
۳۳	۱-۵-۲. کلافهای میانی
۳۴	۲-۵-۲. کلاف روی دیوارهای باربر و لبه تیرآهن
۳۵	۳-۵-۲. ميلگرد منفی روی تکيه‌گاه
۳۶	۴-۵-۲. ميلگرد محل بازشو
۳۸	۵-۵-۲. آویزهای سقف کاذب
۳۸	۶-۵-۲. آرماتوربندی سقف طره‌ای
۴۰	۷-۵-۲. تقویت فولاد کشی تیرچه‌های خرپایی
۴۰	۸-۵-۲. تقویت فولاد عرضی تیرچه
۴۱	۹-۵-۲. ميلگردهای جمع شدگی و حرارتی
۴۱	۶-۲. تکمیل قالب‌بندی
۴۲	۷-۲. کنترل و آماده‌سازی سقف برای بتن ریزی
۴۲	۸-۲. ساخت بتن
۴۲	۱-۸-۲. ساخت بتن در کارگاه
۴۳	۱-۱-۸-۲. توزین و پیمانه‌کردن مصالح
۴۴	۲-۱-۸-۲. مخلوط‌کردن بتن
۴۹	۲-۸-۲. بتن آماده
۴۹	۹-۲. انتقال بتن
۵۲	۱-۹-۲. انتقال بتن با پمپ

صفحه	عنوان
۵۴	۲-۹-۲ . انتقال بتن با جام و جرثقیل
۵۵	۲-۱۰ . بتن ریزی و متراکم کردن بتن
۵۵	۲-۱۱ . بتن ریزی
۵۷	۲-۱۵-۲ . متراکم کردن بتن
۶۰	۱۱-۲ . پرداخت سطح بتن
۶۲	۱۲-۲ . عمل آوردن بتن
۶۶	۱۳-۲ . بازکردن قالبها و جمع آوری تکیه گاههای موقت
۶۷	۱۴-۲ . بتن ریزی و عمل آوردن بتن در شرایط ناساعد
۶۷	۱۴-۲ . بتن ریزی در هوای سرد
۶۹	۲-۱۴-۲ . بتن ریزی در هوای گرم
۷۰	۳-۱۴-۲ . بتن ریزی در هوای بارانی
۷۱	۴-۱۴-۲ . بتن ریزی در باد
۷۱	۵-۱۴-۲ . بتن ریزی در شب
۷۳	۳. کنترل کیفیت تیرچه و بلوك
۷۴	۳-۱ . تیرچه خربایی
۷۴	۳-۱-۱ . کنترل ابعاد و سلامت ظاهری تیرچه ها
۷۴	۳-۱-۲ . کنترل مکانیکی فولاد و اتصالات تیرچه ها
۷۵	۳-۱-۳ . نمونه برداری
۷۷	۳-۴-۱ . نحوه اجرای آزمایش های مکانیکی و تفسیر نتایج آنها
۷۷	۳-۴-۱-۱ . آزمایش کشش میلگرد
۷۷	۳-۴-۱-۲ . آزمایش خم و باز کردن میلگرد
۷۸	۳-۴-۱-۳ . آزمایش و کنترل مقاومت جوش
۸۰	۳-۲ . روش آزمایش تیرچه های پیش تئیده
۸۰	۳-۲-۱ . نمونه برداری
۸۱	۳-۲-۲ . کنترل ابعاد و سلامت ظاهری تیرچه ها
۸۱	۳-۲-۳ . آزمایش مکانیکی تیرچه های پیش تئیده (روش بارگذاری و تفسیر نتایج آنها)
۸۳	۳-۳ . روش آزمایش بلوك
۸۵	۴. مختصه درباره خواص بتن و عوامل موثر در کیفیت آن
۸۵	۴-۱ . ویژگی های اجزای تشکیل دهنده بتن
۸۹	۴-۲ . عوامل موثر بر خواص بتن تازه و بتن سخت شده
۸۹	۴-۲-۱ . بتن تازه
۸۹	۴-۲-۲ . بتن سخت شده

۹۳	۵. مختصری درباره، تولید بلوک بتی و جوشکاری خرپا در کارگاه
۹۳	۱-۱. تولید بلوکهای بتی در کارگاه
۹۶	۲-۵. جوشکاری اعضاخی خرپای تیرچه
۱۰۳	۶. محدودیتها و مشخصات فنی سقف تیرچه بلوک و اجزای تشکیل دهنده <sup>۲۷</sup>
۱۰۳	۶-۱. تیرچه
۱۰۴	۶-۱-۱. تیرچه پیش ساخته، خرپایی
۱۰۵	۶-۱-۱-۱. فولاد کششی
۱۰۶	۶-۱-۱-۲. فولاد عرضی
۱۰۶	۶-۱-۱-۳. عضو بالایی تیرچه
۱۰۸	۶-۱-۱-۴. بتن پاشنه
۱۰۹	۶-۱-۲. تیرچه پیش تنیده
۱۱۲	۶-۱-۳. دالهای نیم پیش ساخته، خرپایی و پیش تنیده
۱۱۵	۶-۲. بلوک
۱۱۷	۶-۲-۱. بلوکهای بتی
۱۱۷	۶-۲-۲. بلوکهای سفالی
۱۱۸	۶-۳. میلگرد جمع شدگی و حرارتی و میلگرد منفی
۱۱۸	۶-۴. بتن پوششی
۱۲۱	پیوست ۱. آزمایش بارگذاری تیرچه های پیش تنیده
۱۲۷	پیوست ۲. نمودارهای تنفس - تنجش فولاد نرم و فولاد سخت
۱۲۹	پیوست ۳. طرح بتن در کارگاههای کوچک
۱۳۳	پیوست ۴. مخلوط کردن بتن با دست
۱۳۵	پیوست ۵. تعیین رطوبت نسبی ماسه و مقدار آب بتن تازه در واحد حجم
۱۳۷	پیوست ۶. بررسی کیفیت و دانه بندی مصالح سنگی بتن آماده در کارگاه
۱۳۹	پیوست ۷. آزمایش بتن با استفاده از ماله فلزی در کارگاه
۱۴۱	پیوست ۸. جزئیات اجرایی
۱۷۷	منابع



## ۱. خلاصهای در باره؛ بتن آرمه، بتن پیش تنشیه و انواع سقفهای بتنی

ضعف عدهه؛ بتن، پایین بودن مقاومت کششی آن است که در حدود  $\frac{1}{10}$  تا  $\frac{1}{30}$  مقاومت فشاری آن است. به علت این ضعف، جز در موارد خاصی مانند شالوده‌های حجمی و دیواره‌های حاصل وزنی، بتن به تنها بی‌قاب استفاده نمی‌نماید.

در قطعات خمشی، صفحات پایین‌تر از صفحه خنشی، کشیده شده و صفحات بالاتر فشرده می‌شوند. اگر در ساخت این قطعات، تنها از بتن استفاده شود، توان باربری بسیار کمی خواهد داشت، زیرا توان باربری آنها، با تاب کششی ناچیز بتن محدود خواهد شد، در حالی که بخش زیادی از تاب فشاری بتن، بدون استفاده باقی می‌ماند.

برای رفع ضعف بتن (کمبود تاب کششی آن)، به دو روش عمل می‌شود:

- ۱) تسلیح بتن برای تحمل تنشهای کششی.

- ۲) ایجاد پیش تنشیه‌گی در بتن برای جبران تنشهای کششی که در مراحل اجرا و بهره‌برداری در آن ایجاد خواهد شد.

در هردو روش، از فولاد که چسبندگی خوبی با بتن دارد و ضریب انبساط حرارتی آن با ضریب انبساط حرارتی بتن تقریباً برابر است، استفاده می‌شود. از این لحاظ، فرق اساسی بتن آرمه و بتن پیش تنشیه، در آن است که در بتن آرمه، فولاد و بتن هنگام ساختمان، بهطور ساده کار هم قرار می‌گیرند و تنش هردو در منطقه کششی مقطع، از نوع کششی است؛ در حالی که در بتن پیش تنشیه یک نوع اتحاد فعال بین آنها وجود دارد، به این ترتیب که ابتدا فولاد توسط جکهای هیدرولیکی بسیار قوی کشیده می‌شود و پس از ایجاد پیوستگی کافی بین فولاد و بتن، به آرامی رها می‌گردد و بتن را تحت تنش فشاری قرار می‌دهد. در مرحله بهره‌برداری، تنش فولاد از نوع کششی و تنش بتن از نوع فشاری است.

دز بتن آرمه، به علت افزایش طول فولاد در مرحله بهره‌برداری، ایجاد ترک در منطقه کششی بتن اجتناب‌ناپذیر است و با افزایش تنش کششی در فولاد، عرض ترکها نیز زیادتر خواهد شد. اگر عرض ترکها محدود نشود، روی پایه‌ای سازه، اثر زیان بخشی خواهد داشت. برای این کار، باید مقدار تنفس طول نسبی فولاد محدود شود و چون اساس کشسانی فولاد (نسبت تنش به تنفس) برای انواع مختلف آن دارای مقدار ثابتی است، لذا با محدود کردن تنفس فولاد، عرض ترکها به مقادیر پیش‌بینی شده‌ای محدود خواهد شد. به همین

سبب است که آینین نامه‌ها استفاده از فولادهایی را که دارای حد کشسانی زیاد هستند (با تنش تسلیم بیشتر از حدود ۵۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمترمربع)، مجاز نمی‌دانند.

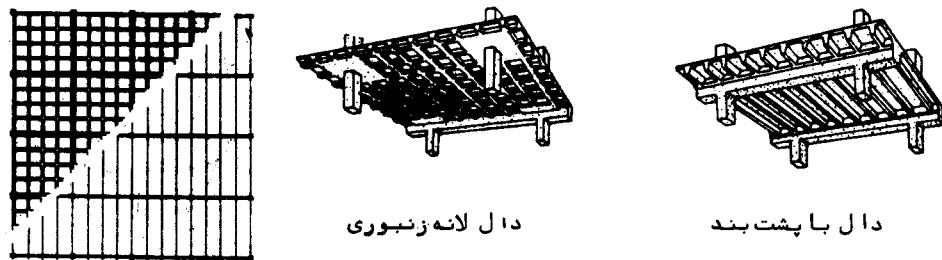
برای ایجاد پیش‌تنیدگی در بتون، از فولادهای مورد استفاده در بتون مسلح نمی‌توان استفاده کرد، زیرا حدود ۱۸۰۰ تا ۲۵۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع از تنش کششی اولیه فولاد، در اثر خوش و کوتاه شدن کشسانی بتون و همچنین جمع شدگی آن در اثر خشک شدن و وادادگی فولاد و سایر عوامل، حذف و تلف می‌شود و حتی در صورت استفاده از مقاومترین نوع فولاد برای تسلیح بتون معمولی که تنش مجاز آن حدود ۲۸۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است، تقریباً "کل نیروی کششی اولیه" فولاد در اثر افتکاهی یادشده، تلف خواهد شد. به این دلیل، در بتون پیش‌تنیده برای ایجاد پیش‌تنیدگی، از فولاد با مقاومت بسیار بالا استفاده می‌شود، تا پس از تلف شدن مقدار اولیه تنش، مقدار زیادی از آن باقی بماند. معمولاً "برای تولید تیرچه پیش‌تنیده، از فولاد با مقاومت بسیار بالا به قطر ۵ میلیمتر و دارای مقاومت ۱۷۵۰۰ تا ۱۹۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع استفاده می‌شود.

#### أنواع سقفهای بتوني

یکی از اجزای اصلی تشکیل‌دهنده انواع ساختمانها، سقفهای بتونی هستند که نقش اساسی آنها انتقال نیروهای قائم وافقی ناشی از وزن مرده سقف، سریارها و نیروهایی با دو زلزله به شیرها و ستونها و دیوارهای باربراست. دو ضمن، اتصال کلیه اجزای باربر قائم (ستونها و دیوارها) به یکدیگر، موجب تقویت آنها شده و به این ترتیب، کل ساختمان در مقابل نیروهای وارد، به طور واحد واکنش نشان می‌دهد.

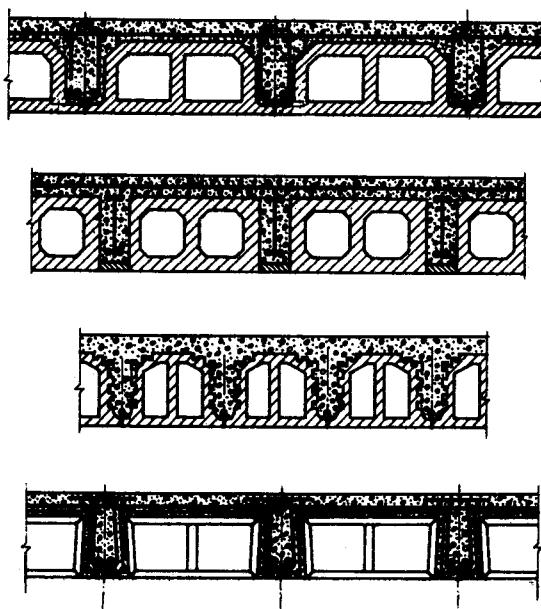
نظر به اینکه سقفها سهم نسبتاً زیادی از قیمت‌ تمام شده ساختمان را به خود اختصاص می‌دهند، طراحان ساختمان، سیستمهای متنوعی را به منظور هرچه اقتضای‌تر کردن آنها، ابداع و اجرا کرده‌اند که صرفه‌جویی در مصرف بتون و فولاد، کاهش یا حذف قالب‌بندی، بهبود روش‌های ساخت و ارتقای کیفیت اجرای محورهای اساسی، کوشش‌های انجام شده را تشکیل می‌دهند. در زیر، روند اساسی این مراحل پیشرفت به طور مختصر شرح داده می‌شود.

برای صرفه‌جویی در مصرف بتون و سبکتر کردن وزن سقف، قسمتی از مقطع سقف که در منطقه کششی قرار می‌گیرد، حذف و فقط آن مقدار از سطح مقطع بتون که برای جاگذاری آرماتورهای عرضی و کششی لازم است، باقی گذاشته می‌شود. این کار به ویژه برای کاهش وزن مرده سقف و ساختمان، دارای اهمیت خاصی است. فاصله محلهای باقی مانده به حدکافی نزدیک به هم انتخاب می‌شوند، تا مناطق فشاری و کششی مقطع بتونی سقف به طور یکپارچه عمل کنند و سقف حالت اولیه خود را از دست ندهد. این روش منجر به طرح بالای مجوف، با پشت‌بند، لانه زنبوری (شکل ۱) و مانند آنها گردیده است. مصرف بتون در این نوع سقفها، به حدود  $\frac{1}{3}$  مقدار اولیه، و وزن سقف نیز تقریباً به همین میزان کاهش می‌یابد. از طرف دیگر، به علت سبکتر شدن وزن سقفها، در مصرف میلگرد و هزینه‌های اجرای بقیه قسمت‌های باربر ساختمان، صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای می‌شود.



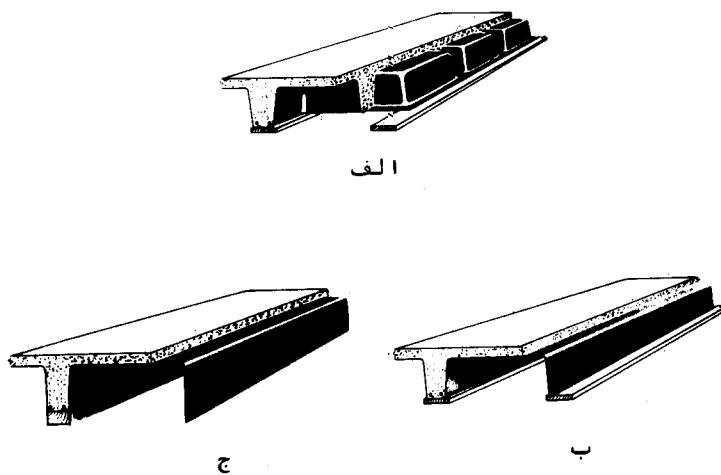
شکل ۱. دال با پشت بند و دال لانه زنبوری

قالب‌بندی برای ایجاد فضاهای مجوف در دال، معمولاً "به روش‌های زیراتجام می‌شود": در روش نخست، برای اجتناب از قالب‌بندی محلهای خالی و پرکردن آن محلها، از بلوکهای مجوف و سبک وزن استفاده می‌شود. به این منظور، مصالح پرکننده را به فواصل معین روی قالب کف قرار داده و می‌لگردها را نصب می‌کنند و سپس بتن ریزی آنجام می‌شود.



شکل ۲. استفاده از بلوکهای مجوف برای قالب‌بندی دالهای با پشت بند

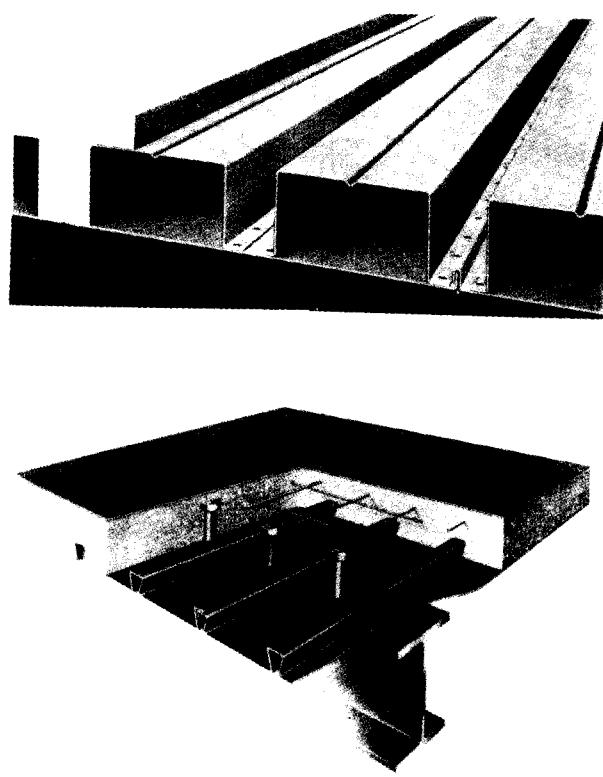
در روش دیگر، از قالب‌های فلزی و یا پشم شیشه که به راحتی قابل نصب و جمع‌آوری هستند، استفاده می‌گردد. نوعهایی از این قالبها در شکل زیر نشان داده شده‌اند.



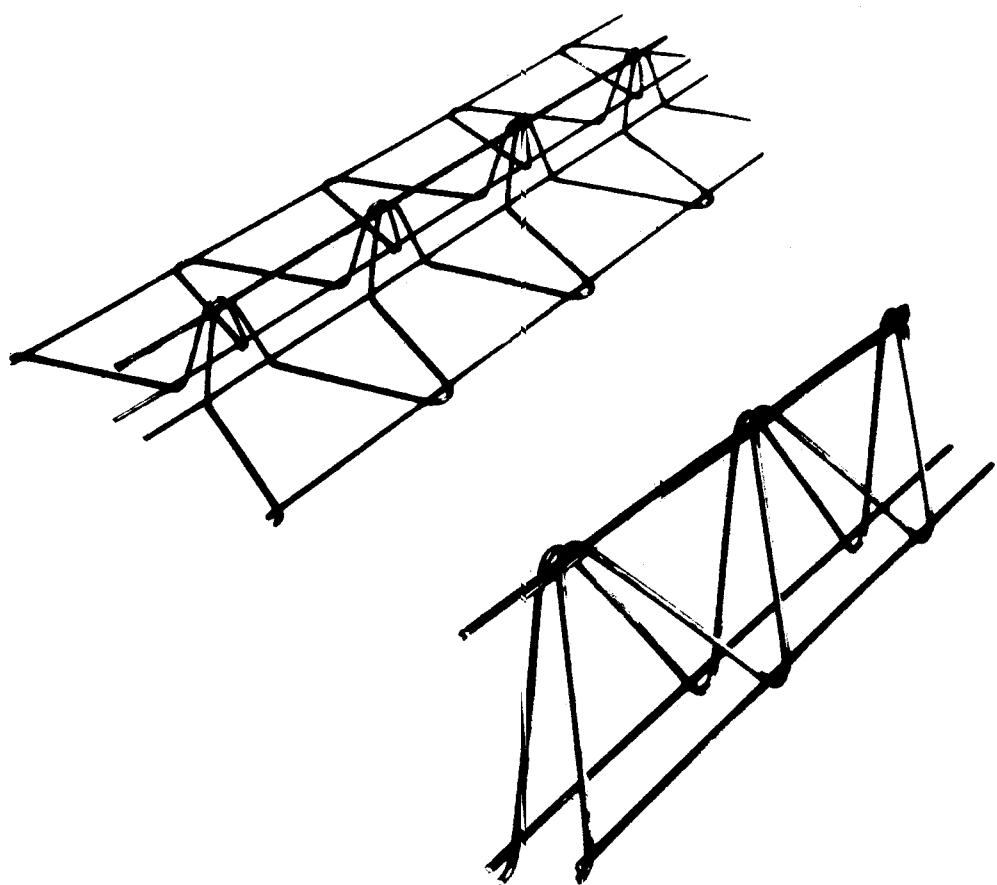
شکل ۳. سه نوع قالب برای دالهای مجوف. دال لانه زنبوری، الف. دال با پشت بند، ب و ج.

روش دیگر برای حذف قالب کف، استفاده از ورق فولادی خمکاری شده به عنوان قالب است که در اشکال گوناگون و با سطوح برجسته، طرح و ساخته می‌شوند. با خمکاری مناسب، این ورتهای فولادی، هم ایستایی کافی برای ایفای نقش قالب کف را دارا می‌شوند و هم پس از سخت شدن بتن در نقش آرماتور، نیروهای کششی سقف را تحمل می‌کنند (شکل ۴).

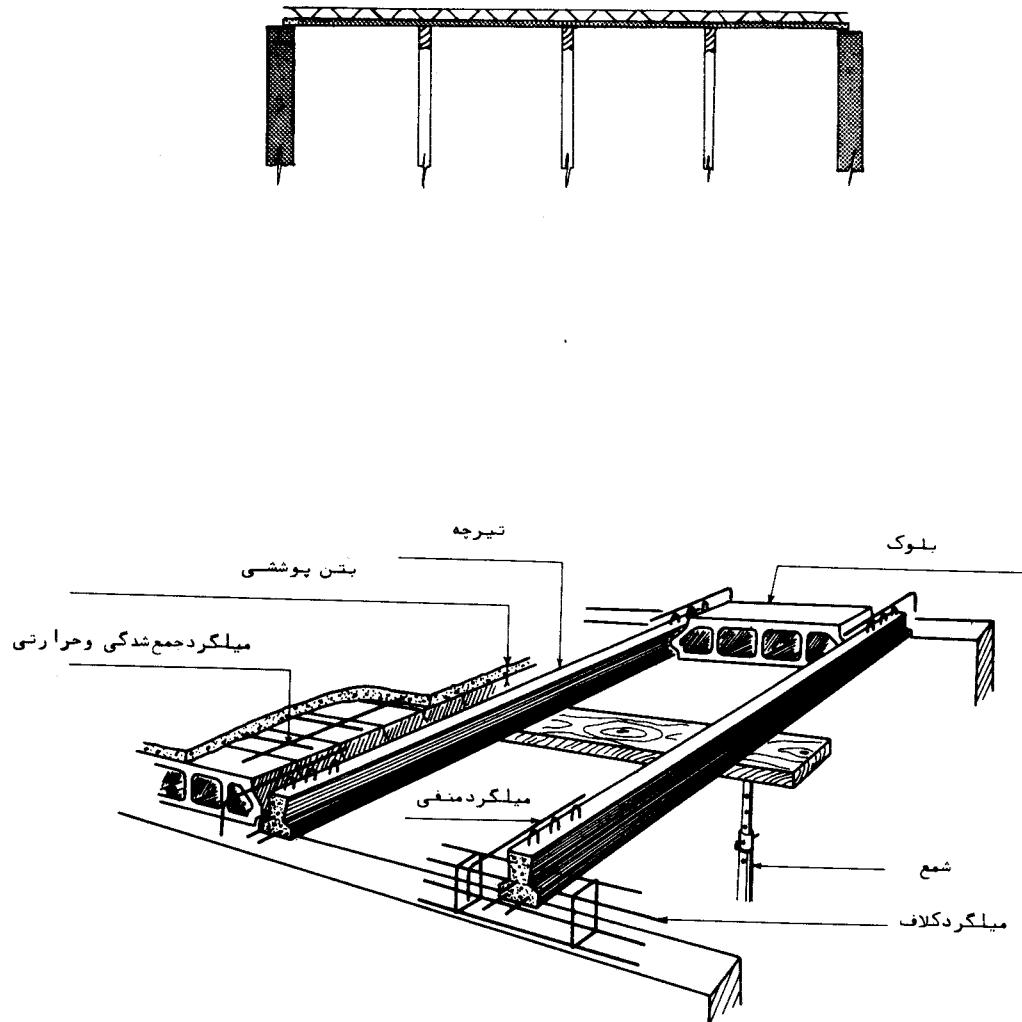
با توجه به هزینهٔ قابل ملاحظهٔ اجرای قالب کف، به منظور حذف تمام یا قسمتی از این قالب، طراحان با استفاده از فن پیش ساختگی، از اینرسی عناصر تشکیل ب亨دهٔ خود دال کمک گرفته‌اند؛ به این ترتیب که آرماتورهای موردنیاز دال را قبلاً "به شکل شبکه‌های خربایی با ایستایی کافی، جهت تحمل وزن بلوكهای مجوف ساخته و این خربایها (تیرچه‌ها) را در کار هم چنان قرار می‌دهند که فاصله دو خربایا با یک ردیف بلوك پیر شود. با بتن ریزی مختصراً که در قسمت تحتانی شبکه خربای انجام می‌شود (بتن پاشنه)، تمام قالب کف حذف می‌گردد. در این روش، همچنین می‌توان به جای شبکه خربای فولادی، از تیرچه‌های بتنی پیش تنیده که دارای ایستایی کافی باشند استفاده کرد. این قطعات، پس از بتن ریزی کامل سقف در منطقهٔ کششی دال قرار می‌گیرند (شکل‌های ۵ و ۶)."



شکل ۴. آرماتورهای ورقایی شکل، برای حذف قالب‌بندی کف



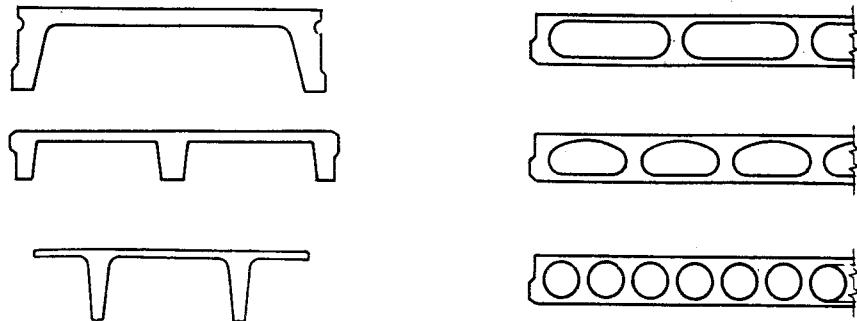
شکل ۵. دو نوع شبکه آرماتور برای تیرچه خربایی



شکل ۶. نحوه قالب‌بندی سقف با استفاده از شبکه‌های خربایی و تیرچه‌های پیش تنیده

حذف قالب و بهبود کیفیت اجرای سقف ، به بهترین وجه با استفاده از روش پیش ساختگی میسر می شود که در این روش، برای فراهم آوردن امکانات بهتر و اقتصادی‌تر برای ساختن سقف ، کل یا قسمت‌هایی از سقف در تراز زمین و در کارخانه‌های مجهز، به طور پیش ساخته تولید می‌شوند و سپس به محل اصلی، حمل و نصب می‌گردند. در این روش، قطعات در شرایط راحت‌تر و با تجهیزات مناسب‌تر ساخته شده و درنتیجه هزینه ساخت کاهش یافته و نظارت فنی بر ساخت ، در شرایط بهتری انجام می‌گیرد . سرعت نصب ، حذف قالب‌بندی کف و همچنین نیاز به نیروی انسانی کمتر برای نصب ، از مزایای دیگر این روش اجرایی است .

چنانچه کل سقف در کارخانه تولید شده باشد، آن را سقف پیش ساخته می‌نامند ، و در صورتی که قسمت‌های از سقف در کارخانه ساخته شده باشد و بعد از نصب در محل با آرماتور بندی و بتن‌ریزی در جا تکمیل شود، آن را سقف نیم پیش ساخته می‌نامند . در شکل ۷، انواعی از دالهای پیش ساخته مجوف نشان داده شده است .



dalhāy bā pīsh bānd (nawāri)

dalhāy moguf

شکل ۷. انواعی از دالهای پیش ساخته

## ۲. روش اجرای سقفهای تیرچه و بلوک

سقف تیرچه و بلوک از انواع سقفهای با پشت‌بند (نواری) است که با استفاده توازن از دو روش پیش ساختگی و بتن‌ریزی، در محل ساخته می‌شود. در این روش، قالب زیرین به کلی حذف و فقط به نصب چند ردیف شمع اکتفا می‌شود. ایستایی لازم برای تحمل بارهای زمان اجرا، توسط شبکه‌های پیش ساخته آرماتور و یا تیرچه‌های پیش تنیده، تأمین می‌شود. شکل پاشنه بتنی تیرچه طوری است که تکیه گاه کافی و مناسبی را برای نصب بلوکها (قالبهای همیشگی) فراهم می‌کند.

تیرچه‌ها در دو نوع خرپایی و پیش تنیده تولید می‌شوند. در کارگاه پس از قرار دادن آنها در فواصل معین و شمع بندی زیرتیرچه‌ها، بلوکها بین تیرچه‌های مجاور قرار داده می‌شوند و سپس آرماتورهای حرارتی نصب و بتن‌ریزی انجام می‌شود، به طوری که حداقل ضخامت بتن روی بلوکها، از ۵ سانتی‌متر یا  $\frac{1}{12}$  فاصله محور به محور تیرچه‌ها کمتر نباشد. سرعت اجرای این نوع سقف نسبتاً زیاد است و هزینه‌های مربوط به قالب‌بندی، بتن‌ریزی و کارهای وقت‌گیر کارگاهی، به حداقل ممکن تقلیل می‌یابد.

مراحل اجرای سقف تیرچه و بلوک به شرح زیر است:

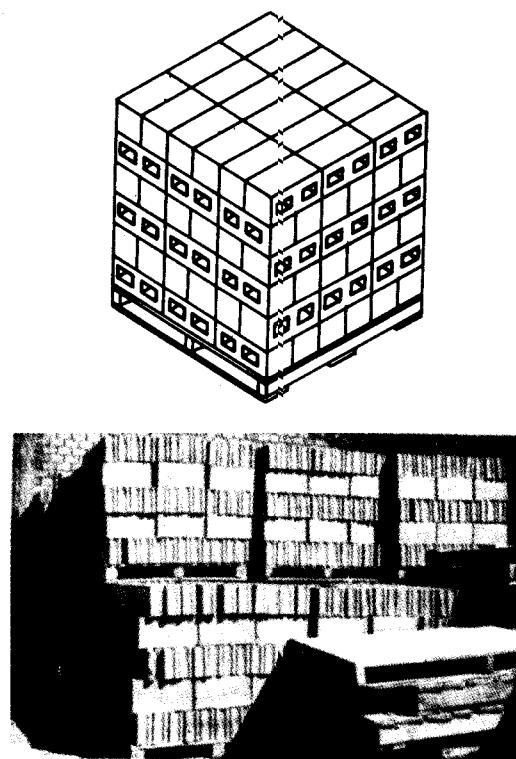
- (۱) حمل و انتبار کردن مصالح تشکیل دهنده سقف.
- (۲) نصب تیرچه‌ها.
- (۳) نصب تکیه‌گاههای موقت (شمع بندی).
- (۴) نصب بلوکها.
- (۵) آرماتوربندی.
- (۶) تکمیل قالب‌بندی.
- (۷) بازدید سقف و آماده‌سازی آن برای بتن‌ریزی.
- (۸) ساخت بتن.
- (۹) انتقال بتن.
- (۱۰) بتن‌ریزی و متراکم کردن آن.
- (۱۱) پرداخت سطح بتن.
- (۱۲) عمل آوردن بتن.
- (۱۳) بازکردن قالبها و جمع آوری تکیه‌گاههای موقت.

## ۱-۲ . روش حمل و انتبار کردن مصالح تشكیل دهنده سقف

### ۲-۱-۱ . حمل و انتبار کردن بلوکها

این عمل طوری باید انجام شود که از شکسته شدن آنها زیرفشار نیروهای غیرمتعارف و در اثر ضربه جلوگیری شود.

در صورتی که تجهیزات کافی برای حمل بلوکهای بتُنی در دسترس باشد، ابتدا بلوکها به وسیلهٔ ماشینهای مخصوص روی پالت‌های چوبی و یا فلزی به ابعاد  $1/20 \times 1/20 \times 1/20$  متر مربع چیده می‌شوند. در هر یال، بسته به ابعاد بلوکها می‌توان ۵ یا ۶ ردیف ۱۲ تا ۱۸ تایی بلوک چیده تا سطح پالت کاملاً پر از بلوک شده و در عین حال ارتفاع بلوکهای چیده شده از حدود ۱/۲۰ متر بیشتر نشود؛ سپس پالت‌های پر از بلوک، به وسیلهٔ بالابر از محل تولید به محل انتبار کارخانه حمل می‌گردند و از آنجا توسط کامیون کفی به محل مصرف ارسال می‌شوند. در صورتی که بالابرها مناسب در کارگاه موجود باشند، پالت‌های پر از بلوک تا روی سقف نیز قابل حمل خواهند بود.



شکل ۸. طرز چیدن بلوک روی پالت چوبی و چگونگی انتبار کردن پالت‌های محتوی بلوک

در کارگاه، بلوکهای سفالی و بتونی معمولاً " به وسیله، زیبه‌های مخصوص و فرغونهای مناسب، به محل نصب حمل می‌شوند .



شکل ۹ . حمل بلوک با فرغون مخصوص

چیدن بلوکها روی زمین صاف ، چنان انجام می‌شود که تیغه‌های آنها در امتداد قائم قرار گفته و به طور مرتب کار هم انبار شوند . پس از اتمام هر دیف، بلوکهای رديف بالاتر در جهت ععود بر رديف قبل چیده می‌شود تا قفل و بست مناسب بین رديفهای متواالی ایجاد گردد . تعداد رديفها طوری باید باشد که بلوکهای زیرین در اثر فشار وزن بلوکهای بالاتر از خود ، خرد نشوند و همچنین چیدن و برداشتن بلوکها به سادگی میسر باشد .

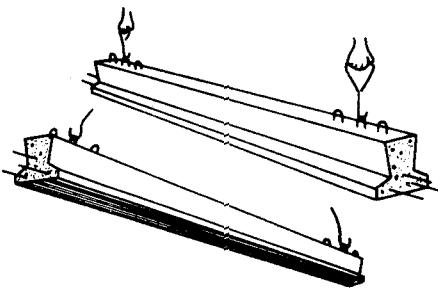
**۳-۱-۳ . حمل و انبار گردن تیرچه‌ها**  
به دلیل تأثیر نیروهای دینامیکی به هنگام حمل و نقل و اجرا ، ضریب اطمینان محاسبات برای کنترل میزان باربری قطعات پیش ساخته در این مرحله، برابر ۳، فرض می‌شود . همچنین به منظور کاهش هرجه بیشتر هزینه‌های حمل و نقل و احتراز از اثر نیروهای دینامیکی بر قطعات پیش ساخته، حمل و نقل آنها به حداقل ممکن تقلیل داده می‌شود و از حمل و نقل تواأم با تکابهای شدید ، نزهه و سقوط جلوگیری می‌گردد .

در مورد قطعات پیش ساخته خریایی، عدم دقت و مراقبت به هنگام حمل و نقل، باعث شکستن جوشها و خم شدن اعضای خریا و شکستن پاشنه بتونی می‌شود .

در مورد قطعات پیش تنیده، حمل و نقل ناصحیح ممکن است به شکستن کل قطعه بیانجامد . توضیح اینکه، قطعات پیش تنیده نباید هنگام حمل و نقل به پهلو و یا در جهت عکس برگردانده شوند ، در غیر این صورت ،

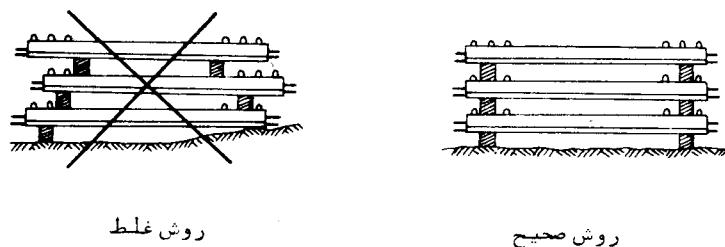
به علت خارج از مرکز بودن نیروی پیش تنیدگی، امکان شکستن آنها وجود خواهد داشت.

حمل و نقل شیرجه‌های خریابی و پیش تنیده، توسط دو نفر و در حالی که هر کدام از ۲۰ تا ۵۰ سانتیمتری دو انتهای تیرجه را گرفته‌اند، انحصار می‌شود. در مورد تیرجه‌های بلندتر و سنگین‌تر، تعداد نفرات به نسبت افزایش می‌پاید. نفرات بعدی، تیرجه را طوری می‌گیرند که فاصلهٔ نفرات از یکدیگر تقریباً "مساوی باشد. تیرجه‌های خریابی کوتاه‌تر از ۳ متر را یک کارگر، در حالی که از وسط تیرجه گرفته است، بسادگی می‌تواند حمل کند. اگر در بالا بردن قطعات از جرثقیل یا سایر دستگاه‌های بالابر استفاده می‌شود، قلابهای جرثقیل باید در فاصلهٔ ۲۰ تا ۵۰ سانتیمتری دو انتهای قطعه، پیش ساخته وصل شود و تیرجه‌ها و دالها با کمال مراقبت به طبقه، مورد نظر حمل شوند (شکل ۱۰).



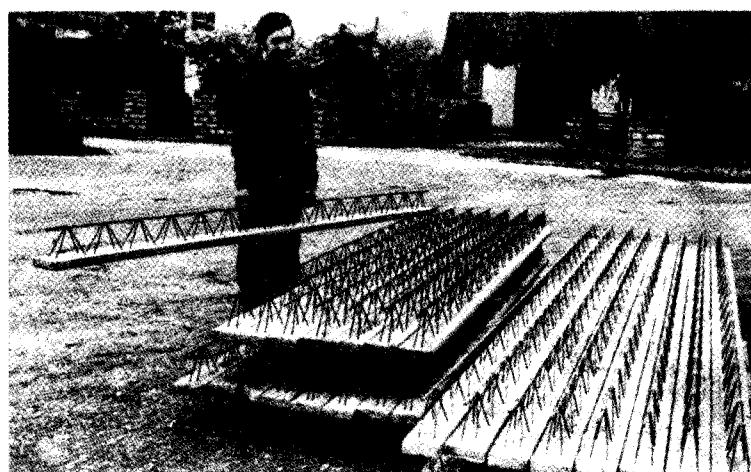
شکل ۱۰. حمل تیرجه‌های پیش تنیده با دست و جرثقیل

برای انبار کردن تیرجه‌ها و دالها، ابتدا تخته‌هایی به ضخامت حداقل ۲/۵ سانتیمتر و به عرض حدود ۱۰ سانتیمتر روی زمین مسطح مقابله هم گذاشته می‌شوند، سپس یک یا چند ردیف از قطعات پیش ساخته کسار هم و روی تخته‌ها چنان قرار داده می‌شوند که فاصله انتهای قطعات از محل اتکای آنها روی تخته، در حدود ۲۰ تا ۵۰ سانتیمتر باشد. بعد از پرشدن هر ردیف، دو عدد تخته در امتداد تخته‌های قبل و در امتداد شاغلی آنها گذاشته شده و مجدداً "عمل تکرار می‌شود. تعداد ردیفهای روی هم چیده شده، به حدی باید باشد که قطعات زیرین صدمه نمی‌بینند و جایه‌جا کردن آنها نیز مشکل نیاشد.



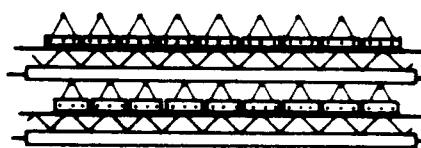
روش غلط

روش صحیح



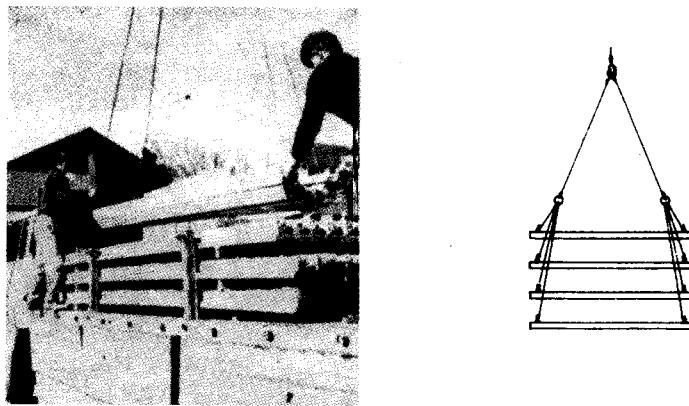
### شکل ۱۱. روش انبار کردن تیرچه‌ها

تیرچه‌های خرپایی به طولهای مساوی را می‌توان مطابق شکل ۱۲ روی پکسطح صاف، طوری روی هم قرار داد که تیرچه‌های هر ردیف عمود بر ردیف قبل از خود باشند و به این ترتیب نیازی به تخته‌های جداسازنده نخواهد بود.



شکل ۱۲. نحوه چیدن متقاطع تیرچه‌های خرپایی

عمل چیدن تیرچه و دالهای خرپایی و پیش تنیده در کامیونهای کفی نیز به روشهای یاد شده در بالا انجام می شود . توصیه می شود برای حمل و نقل سریع و صحیح این قطعات ، از کامیونهای کفی مجهز به جرثقیل استفاده شود .



شکل ۱۳ . نحوه حمل تیرچه ها با جرثقیل و چیدن آنها در کامیون

#### ۳-۱-۳. حمل و انبار گردن میلگرد

این عمل باید به نحوی باشد که فولاد به گل و روغن پر رنگ و کثافت ، یا هر ماده ای که تأثیر سوء در پیوستگی فولاد و بتون دارد ، آلوده نشود و تا حد امکان از گرد پر خاک و برف و باران مصون باشد .

از حمل و نقل فولاد تواًم با تکانهای شدید ، ضربه ، خسارت مکانیکی و سقوط باید جلوگیری شود . انبار گردن فولاد در محوطه های باز به مدت زیاد ، موجب زنگزدگی شدید آن می شود . میلگردهای فولادی را باید بر حسب نوع و قطر آنها از یکدیگر تفکیک کرده و در کارگاه انبار نمود . در صورت استفاده از میلگردهای هم قطر با مقاومت تسلیم گوناگون ، آنها را باید در محلهای متفاوت انبار کرد و با رنگ زدن نوک میلگردها ، آنها را از هم متمایز نمود . به طور کلی ، محل انبار میلگردها باید به گونه ای پیش بینی شود ، که از زنگزدگی محسوس فولاد و کشیف شدن سطح آنها جلوگیری گردد ، زیرا گرچه زنگ فولاد تا وقتی پوسته نشود اثر زیان بخش در پیوستگی فولاد و بتون ندارد ، ولی زنگ وقتی پوسته می شود ، پیوستگی بتون و فولاد را بکلی مختلف می سازد .

#### ۴-۱-۴. حمل و انبار گردن مصالح سنگی

این کار باید به صورتی باشد که جدا ای دانه های ریز و درشت آن در حداقل ممکن باشد و از آلوده شدن مواد سنگی به مواد مضر جلوگیری شود . مصالح سنگی نباید ادر دپوهای بلند انبار شوند و یا روی شب تخلیه گرددند . برداشت مصالح سنگی از دپوهای بلندتر از ۲ متر ، باید به طور لایه لایه از بالا به پایین انجام شود ، در غیر این صورت ، دانه ها روی شب دپو ریزش کرده و موجب تفکیک دانه های درشت از دانه های ریز ، می گردد .

### ۲-۱-۵. حمل و انبار کردن سیمان

برای کارهای بزرگ و بتن ریزیهای با حجم زیاد، سیمان به صورت فله توسط بونکرهای مخصوص حمل می‌شود و بسته به مورد، در سیلوهای با ظرفیت ۳۰ تا ۵۰۰ تن و یا بیشتر ذخیره می‌گردد.

برای کارهای کوچک، سیمان در بسته‌های ۵۰ کیلویی، به وسیله کامیون به محل کارگاه حمل می‌شود و در کارگاه، در محلهای پیش‌بینی شده نگهداری می‌گردد. اگر سیمان به طور فله به کارگاه کوچکی که فاقد سیلواست حمل شود، می‌توان برای مدت کوتاهی آن را در بشکه‌های درپوش‌دار محفوظ از جریان هوا، یا کیسه‌های کاغذی یا پلاستیکی در بسته نگهداری کرد.

به طور کلی، سیمان باید در محل خشک و دور از تغییرات شدید دما نگهداری شود. اگر مدت نگهداری کیسه‌های سیمان طولانی باشد، باید آنها را در جای سریوشیده و خنک نگهداری کرد. در این صورت باید کف انبار سیمان به ارتفاع حدود ۱۵ سانتیمتر، به وسیله تخته یامصالح دیگر که از نشت رطوبت به بالا جلوگیری می‌کند، مفروش گردد. در چیدن کیسه‌های سیمان، باید کمال دقت به کار رود و کیسه‌ها چسبیده به هم و روی هم قرار گیرند تا هوا در میان آنها جریان نداشته باشد. هنگام چیدن کیسه‌ها، باید راهرو مناسبی برای دسترسی به کیسه‌های انتهای انبار پیش‌بینی شود تا همیشه همه آنها در دسترس باشند و مورد استفاده قرار گیرند و به ترتیب رسیدن محموله‌های مختلف سیمان به کارگاه، مصرف شوند. اگر سیمان برای مدت کوتاهی در محیط باز انبار می‌شود، لازم است سکوبی از چوب یا مصالح مناسب تهیه شده و پس از چیدن کیسه‌های سیمان روی این سکو، سطح کیسه‌ها نیز با ورق پلاستیک پوشانده گردد، به طوری که از نفوذ آب باران به کیسه‌های چیده شده و سکوی زیر آن، جلوگیری شود.

زمان انبار کردن سیمان محدود است. زیرا، به عنوان مثال، انبار کردن سیمان به مدت ۳ ماه، موجب کاهش مقاومت اولیه آن به میزان ۱۵ تا ۲۰٪ می‌شود. اگر سیمان به مدت ۶ ماه انبار شود، ۲۰ تا ۳۰٪ از مقاومت آن کاهش می‌یابد. سیمان انبار شده به مدت بیش از ۶ ماه را باید پس از آزمایش و تأیید دستگاه نظارت مصرف کرد.

گاهی ذرات سیمان در داخل کیسه به علت فشار وزن کیسه‌های بالاتر، به هم می‌چسبد. اگر بعد از غلطاندن کیسه، سیمان به آسانی از کیسه خارج شود و عاری از کلخه و تکه‌های سخت شده باشد، مصرف آن مانع ندارد، ولی در صورتی که سیمان دارای کلخه‌ای باشد که شکستن آنها مشکل است، باید قبل از مصرف مورد آزمایش قرار گیرد.

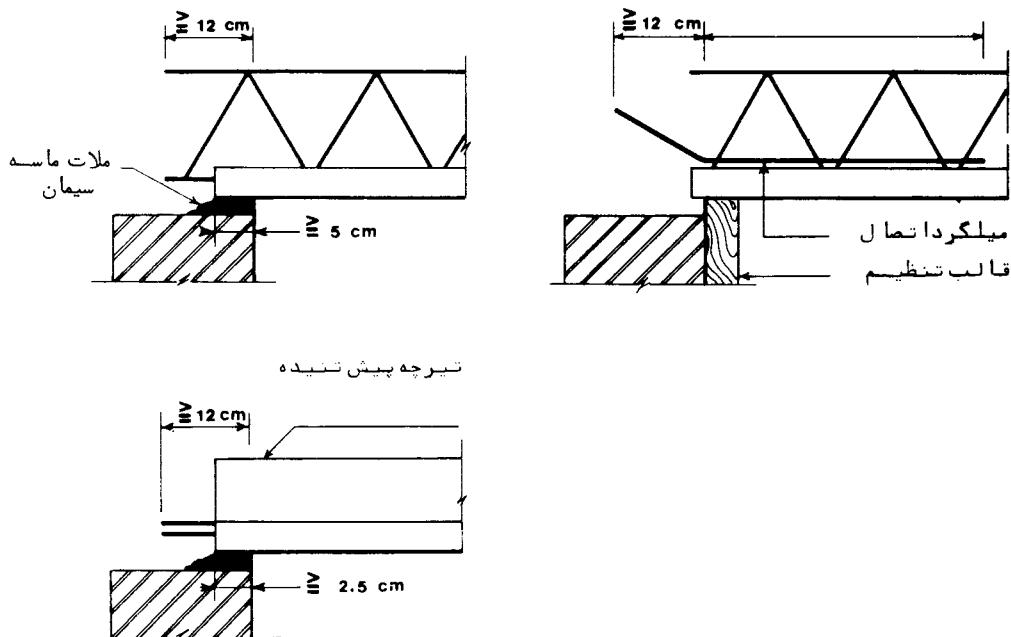
### ۲-۲. نصب تیرچه‌ها

قبل از نصب تیرچه‌ها، لازم است اختلاف سطح سقفهای ساختمان و همچنین محل طرہ‌ها و تیغه‌بندی روی سقف و بازشوها و نیز محل عبور لوله‌های بخاری وغیره، براساس نقشه‌های اجرایی، بدقت موردبازرسی و کنترل قرار گیرند. تا ضمن تصحیح اشتباهات احتمالی مربوط به تراز تکیه‌گاهها وغیره، اقدامات اجرایی در حین نصب

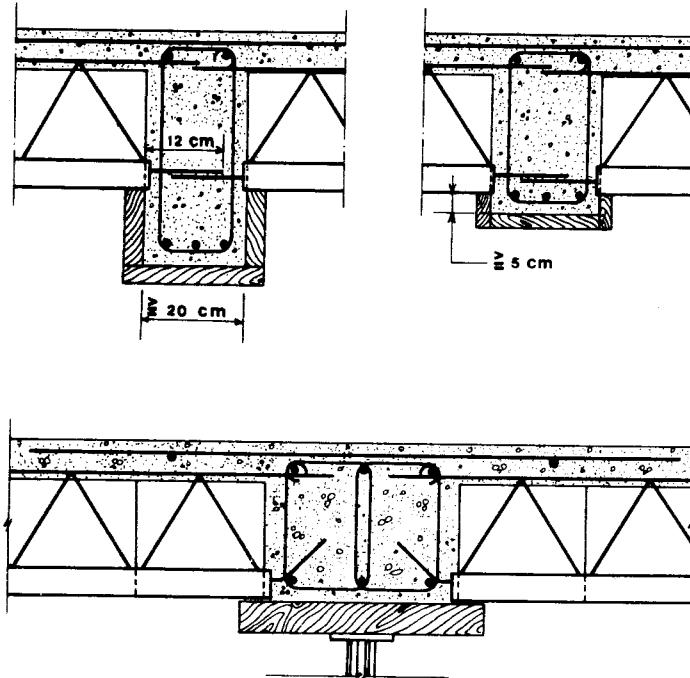
تیرچه‌ها و یا قبل از آن صورت گیرد. همچنین قبل از نصب هر تیرچه روی تکیه‌گاه مربوط، باید سلامت آن تیرچه از نظر ظاهری مورد بازدید مجدد قرار گیرد، تا تیرچه‌های معیوب کنار گذاشته شده و قبل از اصلاح مصرف نشوند.

در صورتی که طول تیرچه‌ها بزرگتر از اندازهٔ لازم باشد، برش پاشنه بتنتی تیرچه باید به وسیلهٔ قلم تیرز و یا با دستگاه فرز انجام شود و از ایراد ضربهٔ با چکش برای شکستن بتن پاشنه، باید خودداری گردد. طول اضافی میلگردها نیز با قیچی، دستگاه برش آهن و یا دستگاه جوشکاری بریده می‌شود.

تیرچه‌های خرپایی و پیش تنیده باید به دقت در فواصل مساوی و در امتداد تعیین شده روی دیوار برابر یا تیرآهن یا قالب تیر بتنتی، قرار داده شوند. حداقل طول اتنکای پاشنهٔ بتنتی تیرچه‌های خرپایی روی دیوارها برابر ۵ سانتیمتر و در مورد تیرچه‌های پیش تنیده  $\frac{2}{5}$  سانتیمتر است. اگر حداقل طول اتنکای برای نصب تیرچه‌ها تأمین نشده باشد، باید با اجرای شمع بندی و قالب‌بندی مناسب (مطابق شکل ۱۴)، تکیه‌گاه لازم را برای نصب تیرچه‌ها فراهم نمود. البته فولاد کششی تیرچه‌ها باید دست کم به اندازهٔ  $12$  سانتیمتر به داخل تکیه‌گاه ادامه داشته باشد، در غیر این صورت مطابق شکل ۱۴، میلگرد اتصال با سطح مقطع معادل میلگردهای کششی و با طول پوشش کافی در انتهای تیرچه نصب می‌شود.



شکل ۱۴. نحوه استقرار تیرچه‌ها روی دیوار برابر و قالب چوبی و نصب میلگرد اتصال



شکل ۱۵. نحوه استقرار تیرچه روی قالب تیر بتونی

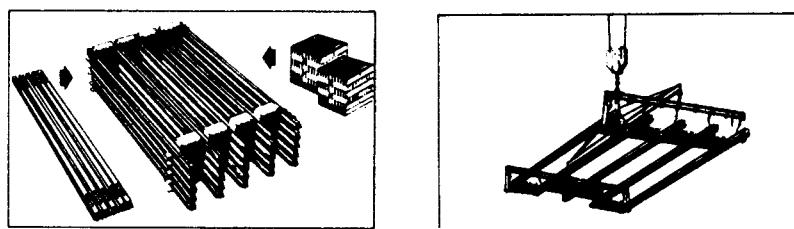
در مورد تیرچه های فلزی، فولاد تیرچه نا جان تیر آهن ادامه می یابد و با اجرای قالب بندی مناسب، تکیه گاه لازم برای نصب تیرچه ها و بتن ریزی کلاف لبه تیر آهن، فراهم می شود. از جوشکاری فولاد تیرچه به تیر آهن، باید اکیدا " خودداری شود، زیرا در این صورت، ناحیه کششی تیر آهن در اثر جوش آسیب دیده و ضعیف خواهد شد. روش تعیین سطح مقطع بتن و میلگرد کلاف لبه تیر آهن، در بند ۵-۲ این فصل درج شده است.

تنظیم فواصل تیرچه ها از یکدیگر، با نصب ۲ بلوك انتهایی در دو سر تیرچه انجام می شود و باید دقیق شود تا بلوك های انتهایی روی تکیه گاه قرار نگیرند. توصیه می شود برای بلوك های مجاور تیرها و کلاف های بتنی از بلوك های ته بسته که به همین منظور تولید می شوند، استفاده شود تا هنگام بتن ریزی از پرسدن قسمتهای خالی بلوك که موجب مصرف بیهوده بتن و سنگین شدن وزن سقف می شود، جلوگیری گردد.



شکل ۱۶. تنظیم فواصل بین تیرچه‌ها با نصب دو بلوك انتهایی

در صورت وجود تجهیزات مناسب در کارگاه، می‌توان فواصل تیرچه‌ها را در تراز زمین تنظیم و مطابق شکل ۱۷ مجموعه چیده شده را به کمک جرثقیل و گیره‌های مخصوص، در محل اصلی نصب کرد.



شکل ۱۷. تنظیم فواصل بین تیرچه‌ها در زمین و حمل مجموعه با جرثقیل و گیره‌های مخصوص

در بعضی موارد، می‌توان حتی کل بلوكهای را در تراز زمین نصب کرد و سپس مجموعه تیرچه و بلوكها را به وسیله جرثقیل و گیره‌های مخصوص در محل اصلی خوب نصب کرد.

**۳-۲. نصب تکیه‌گاههای موقت**  
برای قالب‌بندی سقف تیرچه و بلوك، از یک روش پکراخت و مشخص استفاده می‌شود که براساس آن در وقت و هزینه قالب‌بندی به مقدار زیادی صرفه‌جویی شده، مشکلات اجرایی کاهش یافته و کار با سرعت بیشتری اجرا می‌شود.

بهطور کلی، قالب سازه‌ای است که برای نگهداری بتن تازه و خمیری اجرا می‌شود تا پس از بتن ریزی، سخت شدن و مقاوم شدن بتن به حد کافی، ساختمان بتنی به فرم قالب و به صورت پکارچه‌ای درآید. تحمل نیروهای ناشی از وزن خود قالب، بتن، آرماتور و همچنین نیروهای دینامیکی حاصل از عبور و مرور عملیات بتن ریزی و غیره، به عهده سازه، قالب است.

بهطوری که در قسمتهای گذشته دیدیم، در مورد سقف تیرچه و بلوك، قسمت اعظم سازه، قالب را خود تیرچه‌ها و بلوكها تشکیل می‌دهند؛ به عبارت دیگر، تیرچه‌ها نقش پشت بندهای چوبی قالب کف، و بلوكهای نقش تخته‌های قالب‌بندی کف را ایفا می‌کنند. قالب‌بندی سقف فقط به نصب چهار تراشهای به ابعاد مقطع، دست کم  $15 \times 5$  سانتیمتر و شمع‌هایی (تکیه‌گاههای موقت) به قطر دست کم ۱۵ سانتیمتر خلاصه می‌شود.

بهطورکلی، چهار تراشه و شمعها باید طوری نصب شوند که بتوانند در مقابل نیروهای واردہ مقاومت نمایند. آنها را باید طبق اصول و قواعد مربوط به خود، به یکدیگر متصل کرد. در عمل، شمعها باید به طور محکم و ثابت نصب شده و توسط گوه در جای خود محکم شوند و با دیندهای مناسب برای جذب نیروهای افقی پیش‌بینی و اجرا گردند (شکل ۱۸).

نصب تکیه‌گاههای موقت، بلافاصله بعد از نصب تیرچه‌ها صورت می‌گیرد. فاصله چهار تراشه و شمعها متوالی از یکدیگر، به استقامت تیرچه‌ها و چهار تراشه باستگی دارد و "عمولاً" فاصله چهار تراشه از همدیگر، در مورد تیرچه‌های خرپایی حدود  $1/20$  متر و در مورد تیرچه‌های پیش‌تنیده حدود ۳ متر است. هنگام شمع‌بندی، خیز مناسی برابر  $\frac{1}{3}$  دهانه به طرف بالا برای تیرچه‌ها در نظر گرفته می‌شود تا پس از بارگذاری، خیز در نظر گرفته شده، حذف و سقف مسطح گردد.

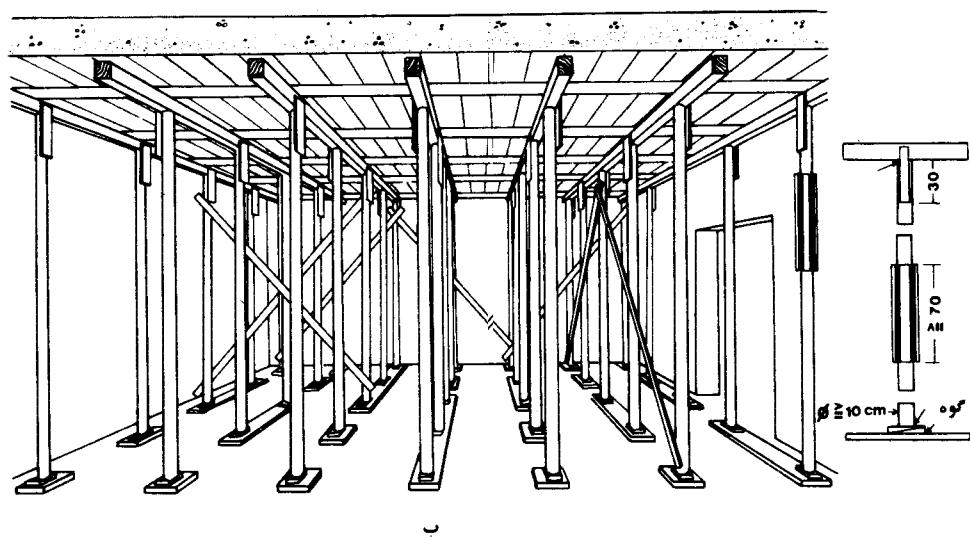
هنگام شمع‌بندی، زیر تیرچه‌های خرپایی، در صورتی که شرایط نشان داده شده در شکل ۱۹ تأمین نشده باشد، باید مطابق شکل ۲۰، تکیه‌گاه موقت در کنار تکیه‌گاه اصلی اجرا شود.

در صورتی که شمعها روی زمین تکیه داشته باشند، باید مطمئن بود که زمین زیر شمع، به علت دستی بودن خاک، با جذب رطوبت بعدی نشست نکند. بهطور کلی، در صورت سست بودن زمین، باید با افزایش سطع تکیه‌گاه شمعها و جلوگیری از نمناک شدن زمین، از نشست جلوگیری شود.

چنانچه تکیه‌گاه شمعها سقف طبقه زیرین باشد، باید وزن شمع‌بندی و سقف مورد احداث، به منزله سریار سقف زیرین در نظر گرفته شده و با توجه به عمر بتن سقف زیرین، تقویت لازم برای آن پیش‌بینی گردد. در غیر این صورت، احتمالاً سقف زیرین تحمل سریار واردہ را نمی‌کند و این امر باعث آسیب‌دیدن آن خواهد شد.

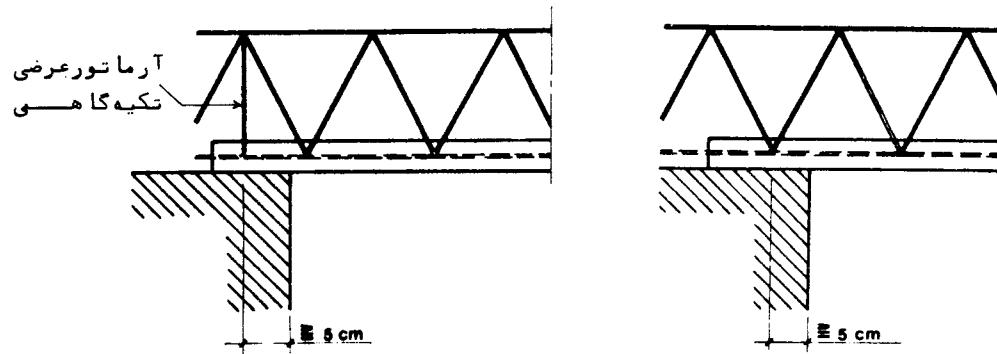


الف

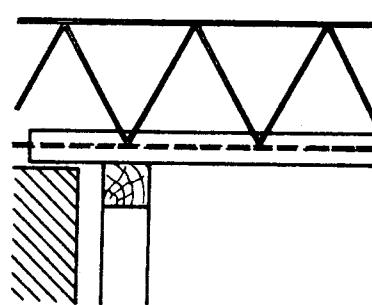


ب

شکل ۱۸. روش نصب تکیه گاههای موقت. الف) تیرچه‌های پیش تنیده، ب) تیرچه‌های خربایی



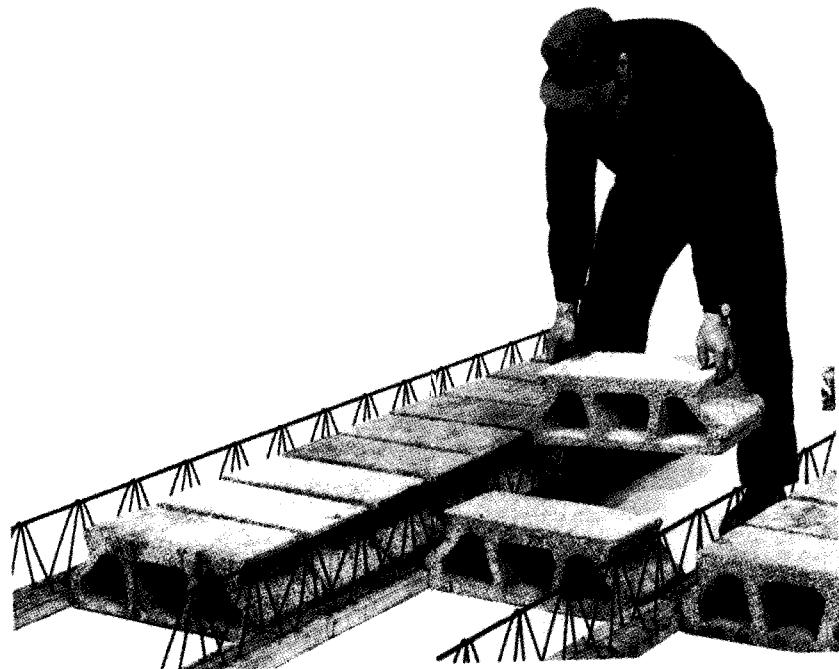
شكل ١٩



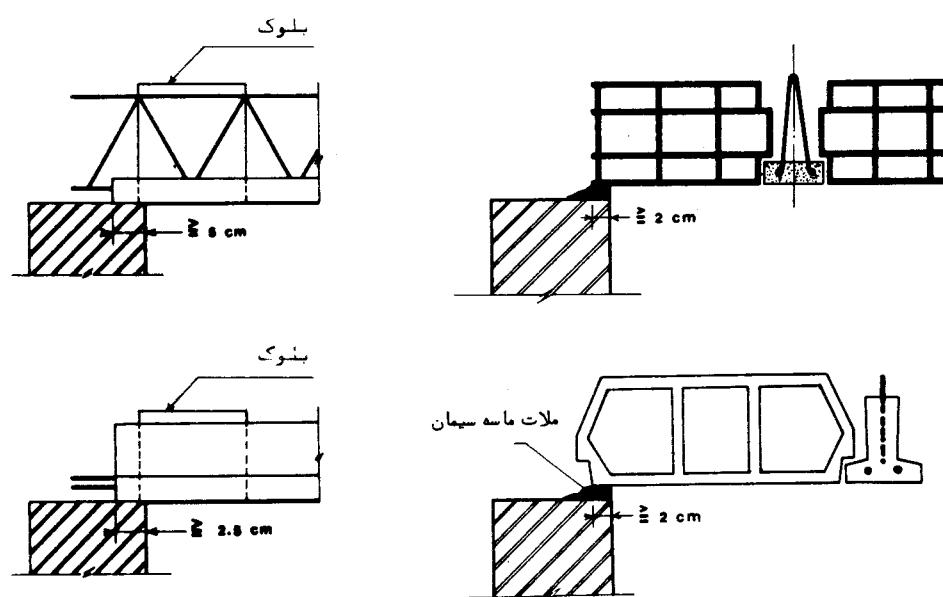
شكل ٢٠

#### ۴-۲. نصب بلوکها

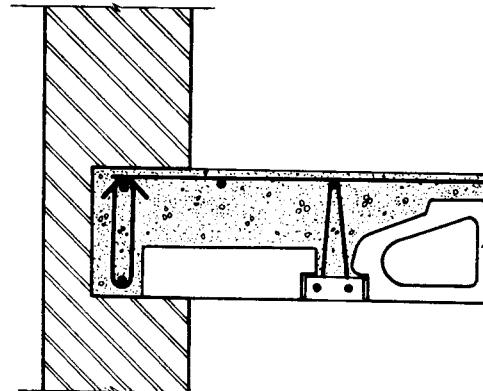
بعد از اجرای شمع بندی زیر تیرچه ها و قالب بندی کلافها و بازشوها ، نصب بلوکها آغاز می شود . هنگام نصب باید کمال مراقبت به عمل آید تا بلوکهای انتهایی در روی تکمیگاهها قرار نگیرند و فاصله آنها از قسمتهای انتهایی و کناری ، براساس جزئیات نشان داده شده در شکل ۲۲ باشد . از به کار بردن بلوکهای شکسته و نامنظم در سقف باید خودداری شود .



شکل ۲۱. نصب بلوک



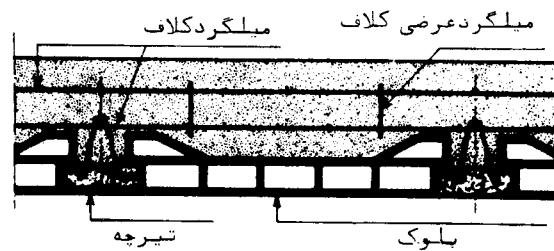
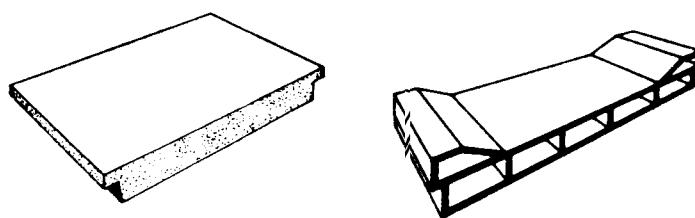
شکل ۲۲. نصب بلوک در قسمتهای انتهایی تکیدگاه



توصیه می‌شود، در محلهایی که حفره‌های بلوك در مجاورت بتن در جای تیرها و کلافها قرار می‌گیرد، از بلوكهای ته بسته استفاده شود؛ در غیر این صورت، مصرف بتن به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش خواهد یافت و وزن سقف سنگین‌تر خواهد شد.

برای جلوگیری از ورود بتن در جا به داخل بلوك، می‌توان از قطعات بتنی پیش ساخته به ضخامت دو سانتیمتر و به ابعاد مقطع بلوك استفاده کرد و آنها را همزمان با نصب بلوكها در محلهای مربوط نصب نمود.

استفاده از بلوكهای با ارتفاع کم (شکل ۲۳)، برای قالب‌بندی کلاف میانی، موجب صرفه‌جویی بیشتر در هزینه، اجرای قالب‌بندی خواهد شد.



شکل ۲۳. استفاده از بلوكهای کم ارتفاع برای حذف قالب‌بندی کلاف بتنی

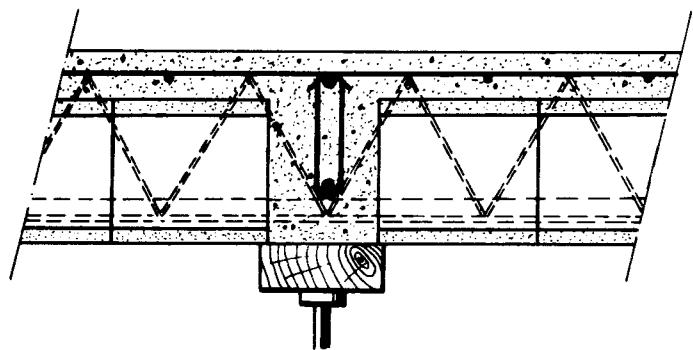
#### ۵-۲. آرماتوربندی سقف

آرماتوربندی سقف تیرچه و بلوك، بعد از نصب بلوك، انجام می‌شود، بدینهی است که آرماتوربندی تیرهای بتنی و کلافهای روی دیوارهای باربر، قبل از نصب تیرچه‌ها باید اجرا شده باشد.

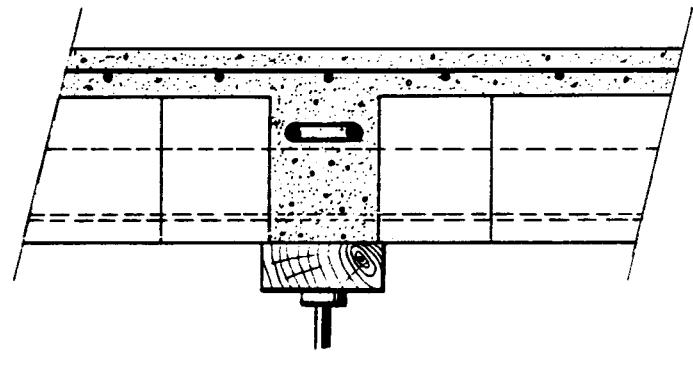
آرماتوربندی سقف تیرچه و بلوک، شامل کلافهای میانی و تکیدگاهی، میلگرد منفی، میلگرد افت و حرارت، آرماتور محل بازشوها و طردها و میلگردهای آویز سقف کاذب است. نحوه محاسبه و تعیین طول و سطع مقطع میلگردها، در نشریه شماره ۹۴ درج شده است.

#### ۳-۵-۱. کلاف میانی

برای تقویت دیافراگم افقی ساختمان در امتداد عمود برآمدادر تیرچه‌ها، و برای توزیع یکنواخت بار روی سقف تیرچه و بلوک و همچنین در محلهایی که بار منفرد موجود باشد، کلاف میانی بتنی که جهت آن عمود برجهت تیرچه‌های است، در سقف تعبیه می‌شود. حداقل عرض کلاف میانی، برابر عرض بتن پاشنه تیرچه، و ارتفاع آن برابر ارتفاع سقف خواهد بود.



الف



ب

شکل ۲۴. قالب‌بندی و آرماتوربندی کلاف عرضی - (الف) تیرچه‌های خرپایی، (ب) تیرچه‌های پیش تنیده

در صورتی که بار زنده سقف کمتر از ۳۵۰ کیلوگرم برمترمربع ، و طول دهانه بیشتر از ۴ متر باشد ، مطابق شکل ۲۴ ، یک کلاف میانی در سقف عبیه می شود . حداقل سطح مقطع آنهای طولی آن باید برابر نصف مقادیر میلگرد کشی تیوجه ها باشد . برای دهانه کمتر از ۴ متر و بار زنده سقف کمتر از ۲۵۰ کیلوگرم برمترمربع ، به کلاف میانی نیازی نیست .

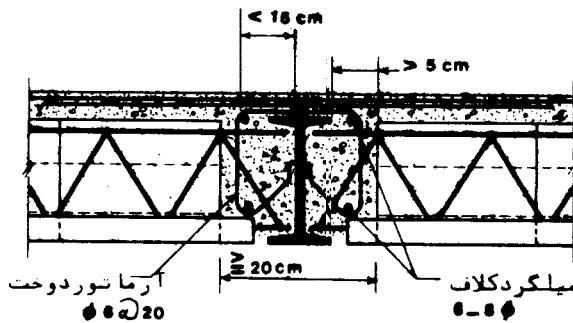
در مورد بار زنده بیشتر از ۳۵۰ کیلوگرم برمترمربع و دهانه ۴ تا ۷ متر ، دو کلاف میانی ، و برای دهانه بیشتر از ۷ متر ، سه کلاف میانی اجرا می شوند . حداقل سطح مقطع میلگرد های طولی آن برابر سطح مقطع میلگرد های کشی تیوجه خواهد بود .

میلگرد های کلاف میانی ، در دو طرف کلاف تعبیه می شوند و حداقل قطر میلگرد ، در مورد میلگرد آجدار ۶ میلیمتر و در مورد میلگرد ساده ۸ میلیمتر است . در صورتی که بار منفرد سه ک روی سقف موجود باشد ، باید توسط کلاف های میانی مناسب ، بار منفرد وارد را روی سقف پخش کرد .

**۳-۵-۲. کلاف روی دیوارهای باربر و لبه تیرآهن**  
برای ایجاد اتصال کافی بین سقف تیوجه و بلوك و غکیه کاه باربر ، کلاف هایی در محل تکیه کاه باربر اجرا می شود .

در مورد دیوارهای باربر ، آرماتوریندی کلاف قبل از نصب تیوجه ها انجام می شود . عرض کلاف بتنی در مورد تکیه کاه کناری به حداقل ۱۵ سانتیمتر ، و در مورد تکیه کاه میانی به حداقل ۲۰ سانتیمتر محدود می شود . میلگرد این کلافها براساس محاسبات یا ضوابط آین نامه ای تعیین می شوند . در پیوست ۸ جزئیات کلاف های روی دیوارهای باربر نشان داده شده است .

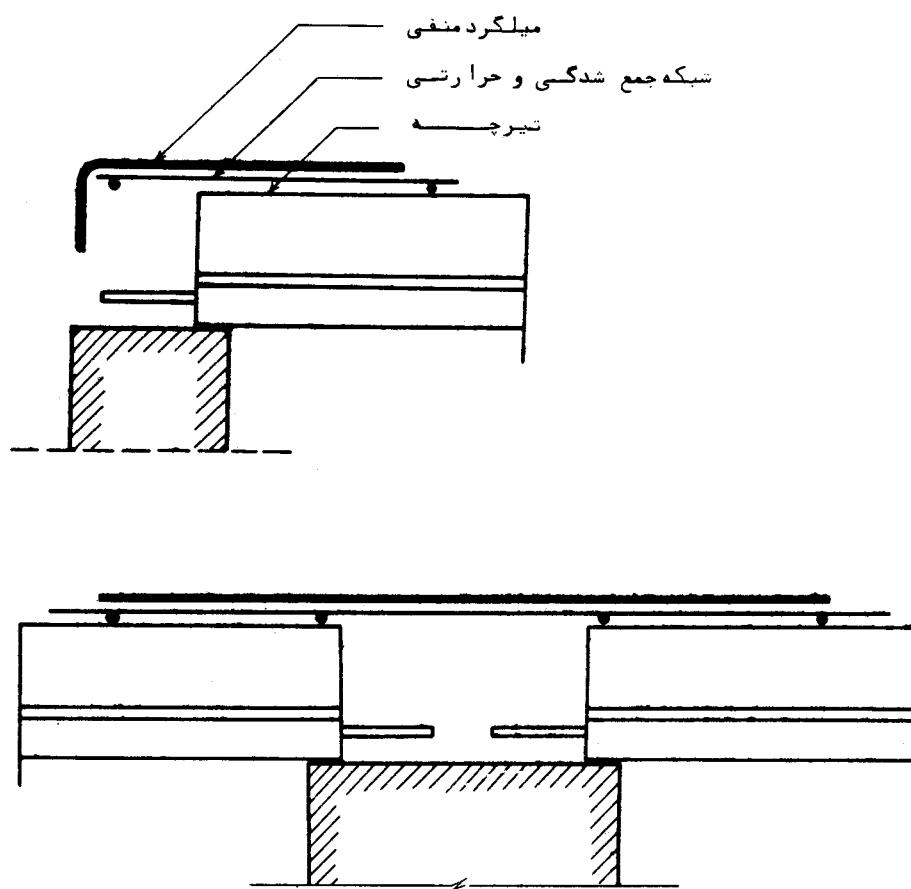
در مورد تیجه های فلزی ، در صورتی که بال فوقانی آن در داخل بتن پوششی قرار گیرد ، تیرآهن در وسط کلاف قرار گرفته و عرض حداقل کلاف به ۲۰ سانتیمتر محدود می شود . در صورتی که تیرآهن در یک طرف کلاف واقع شود ، عرض حداقل کلاف به ۱۵ سانتیمتر محدود می شود . در پیوست ۸ جزئیات بیشتر نشان داده شده است .



شکل ۲۵ . جزئیات اجرای کلاف لبه تیرآهن در محل اتصال تیوجه خربایی و پیش تنیده به تیرآهن

### ۳-۵-۳. میلگرد منفی روی تکیه‌گاه

میلگردهای منفی روی تکیه‌گاهها نصب می‌شوند. با وجود آنکه طرح سقفهای تیرچه و بلوك با فرض تکیه‌گاه ساده انجام می‌شود، ولی در عمل، میلگردهای منفی براساس ۱۵٪ لنگر خمشی وسط دهانه محاسبه و در محل تکیه‌گاه تعییه می‌شوند و در صورتی که تکیه‌گاه میانی باشد، بیشترین لنگر خمشی دهانه‌های طرفین، ملاک محاسبه قرار می‌گیرد. این میلگردها طوری نصب می‌شوند که تا فاصله  $\frac{1}{8}$  دهانه، آزاد، از تکیه‌گاه به طرف داخل دهانه، ادامه داشته باشند (شکل ۲۶).



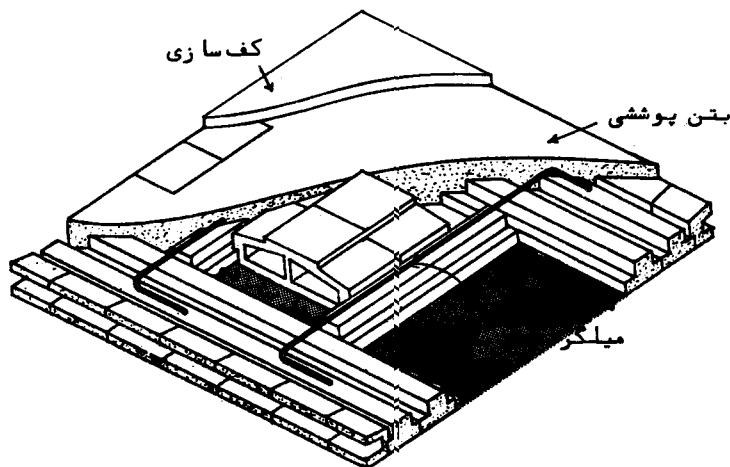
شکل ۲۶. طرز اجرای میلگردهای منفی روی تکیه‌گاه کناری و میانی

### ۲-۵-۴. میلگرد محل بازشو

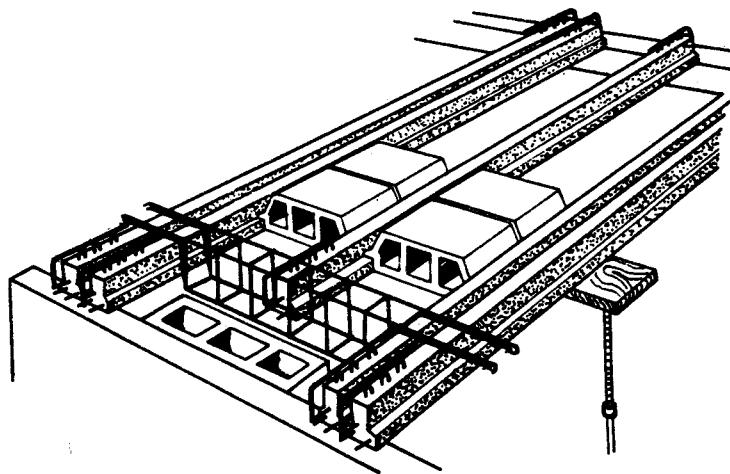
در صورتی که عرض سوراخ از فاصله بین دو تیرچه مجاور کوچکتر باشد، کافی است که پیش از بتن ریزی، دال بالایی، در محل سوراخ جعبه‌ای چوبی قرار داده و دور آن بتن ریخته شود و پس از گرفتن بتن، قالب را خارج کنند.

اگر عرض باز شود و امتداد عمود بر محور تیرچه‌ها از سه برابر فاصله "محور به محور تیرچه‌ها بیشتر نباشد، نیازی به اجرای تیرهای باربر کمکی در حد فاصل ۲۷ تیر، باربر نخواهد بود. در این حالت، آرماتور بندی و نصب تیرچه‌ها در محل بازشو، مطابق شکل‌های ۲۷ و ۲۸ انجام می‌شود. بدینهی است در این حالت باید تیرچه‌های مجاور بازشو برآساس وضع موجود محاسبه و تقویت شوند. معمولاً برای این منظور، استفاده از تیرچه‌های مضافع در طرفین محل بازشوها (کاه سه تیرچه در هر طرف) کنایت می‌گذرد.

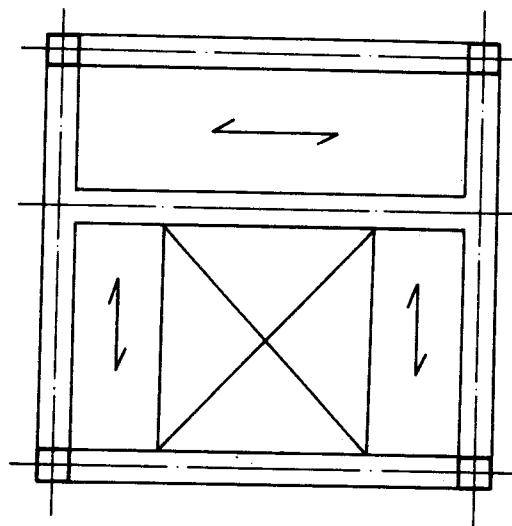
سرانجام، در صورتی که مقطع مرکب تیرچه‌های مضافع برای تحمل بارگذاری مربوط ضعیف باشد، به وسیله "تیرهای کمکی" که به تیرهای اصلی تنکیه داشته باشند، محل بازشو مطابق شکل ۲۹ اجرا می‌شود. نحوه محاسبه سطح مقطع میلگردهای محل بازشوها، در نظریه شماره ۹۴ درج شده است.



شکل ۲۷. طرز اجرای بازشوهای کوچک



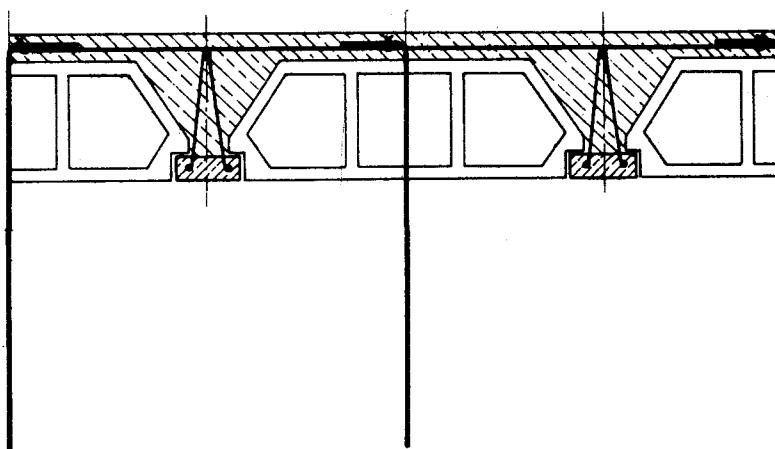
شکل ۲۸. طرز اجرای بازشوهای متوسط



شکل ۲۹. طرز اجرای بازشوهای بزرگ

### ۳-۵-۵. آویزهای سقف کاذب

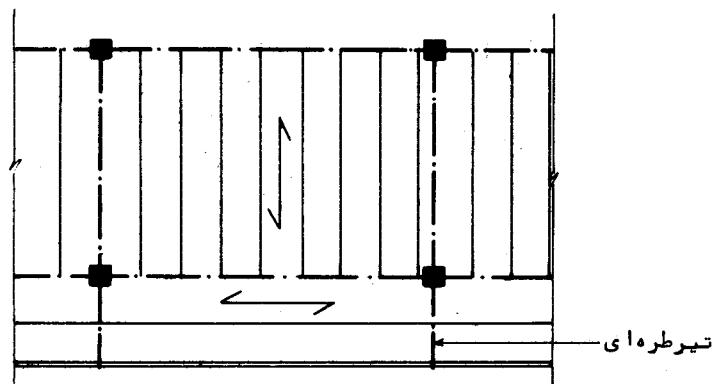
این آویزها معمولاً "به قطر ع تا ۸ میلیمتر و به طولهای مورد لزوم، در فواصل تعیین شده طبق نقشه‌های اجرایی (شکل ۳۰)، مابین بلوكها نصب می‌شوند.



شکل ۳۰. میلگرهای آویز سقف کاذب

### ۳-۵-۶. آرماتوربندی سقف طرہای

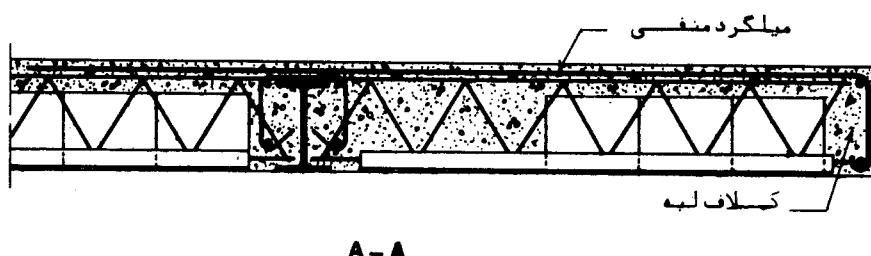
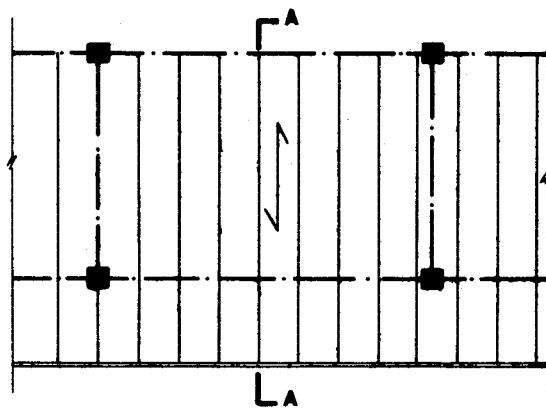
در صورتی که تیرهای اصلی (بتنی یا فلزی)، به صورت طرہ باشند و دو انتهای تیرچه‌ها روی این تیرهای طرہای نصب شوند، این نوع سقف طرہای از نظر محاسبه و اجرا، نسبت به سقفهای تیرچه و بلوك معمولی، وجه تمايزی نخواهد داشت.



شکل ۳۱. سقف تیرچه و بلوك روی تیرطرهای

اگر امتداد تیرچه‌ها در امتداد طره باشد، در این صورت آن قسمت از سقف که در خارج از تکیه‌گاه واقع است، به شکل طره عمل می‌کند. در این حالت، اولاً لازم است که مطابق شکل ۳۲، کلاف لبه درانتهای سقف طره‌ای اجرا شود؛ ثانیاً، برخلاف سقف معمولی، در این نوع، لنگر واردہ منفی است و درنتجه باید آرماتورهای کششی در قسمت بالای مقطع قرار داده شوند. همچنین، کنترل شود که تنفس فشاری بتن پشت‌بند‌ها، بیشتر از تنفس مجاز آن نباشد. چنانچه این تنفس بیشتر از مقدار مجاز باشد، می‌توان مطابق شکل ۳۲، برحسب مورد، یک یا چند بلوك مجاور تکیه‌گاه را حذف کرد و پس از قالب‌بندی لازم بتن رسیز نمود.

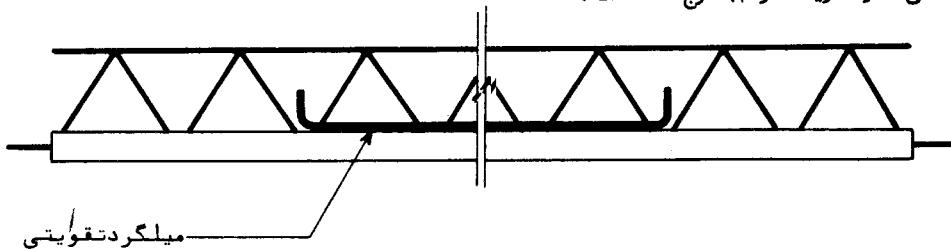
سطح مقطع میلگرد‌های طره، براساس محاسبه تعیین می‌شود و طول مهاری آن به نوع میلگرد، نوع بتن و سطح تماش آنها بستگی دارد. روش محاسبه در نشریه شماره ۹۴ درج شده است.



شکل ۳۲. سقف تیرچه و بلوك طرماي

### ۲-۵-۲. تقویت فولاد کشی تیرچه‌های خرپایی

در صورتی که به هر دلیل، قطر میلگرد های کشی برای تحمل تنشهای کشی موجود در سقف کافی نباشد، می‌توان تیرچه‌ها را مطابق شکل ۳۳، با میلگردهای کشی خارج از پاشنه تیرچه تقویت کرد. طول و قطر میلگردهای تقویتی، براساس محاسبه تعیین می‌شود و در محاسبه این نوع میلگردهای تقویتی، باید ارتفاع موثر واقعی که کمتر از ارتفاع موثر میلگردهای کشی داخل پاشنه تیرچه است، ملاک محاسبه قرار گیرد. نحوه محاسبه فولاد کشی، در نظریه شماره ۹۴۵ درج شده است.



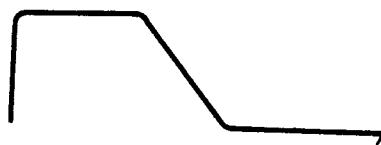
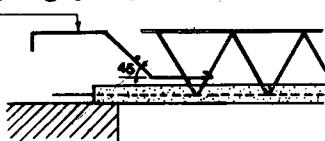
شکل ۳۳. میلگرد تقویتی فولاد کشی تیرچه ساخته شده

در صورتی که میلگرد کشی تیرچه به مقدار کافی در تکیه‌گاه ادامه نیافته باشد، لازم است از میلگرد اتصال، به شرح بند ۲ این قسمت استفاده شود.

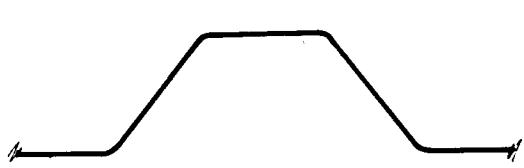
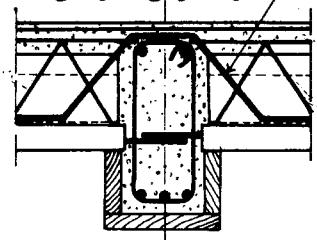
### ۲-۵-۳. تقویت فولاد عرضی تیرچه

در صورتی که میلگرد عرضی تیرچه خربداری شده، به مقدار کافی در تکیه‌گاه ادامه نیافته باشد، لازم است طبق شکل ۳۴ از میلگرد عرضی برای تقویت تیرچه استفاده شود.

فولاد عرضی تقویتی

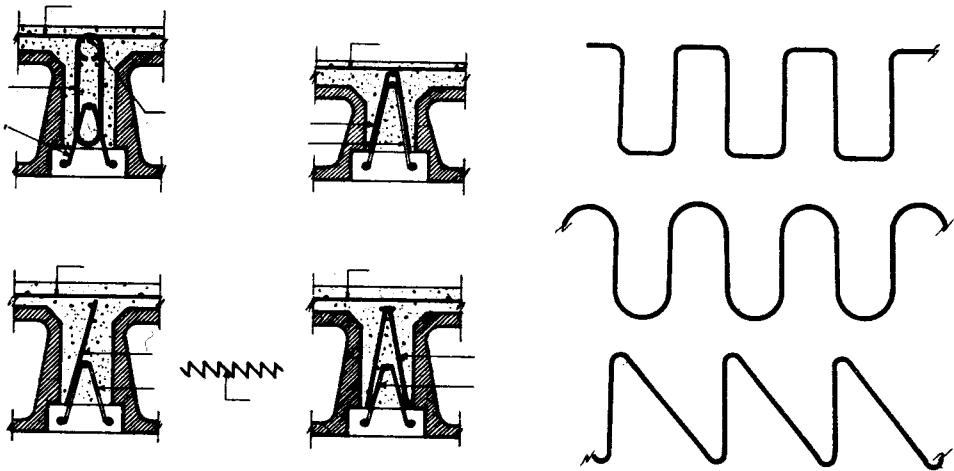


فولاد عرضی تقویتی



شکل ۳۴. تقویت فولاد عرضی تیرچه در تکیه‌گاه

در صورتی که میلگرد عرضی تیرچه<sup>۳</sup> خریداری شده، از مقدار لازم برای تحمل نیروی برشی مطابقاً کمتر باشد، لازم است برای تقویت تیرچه، از میلگردهای عرضی استفاده شود. طول و سطح مقطع این میلگردها، با محاسبه تعیین می‌گردد.



شکل ۳۵. چند نوعه از میلگردهای عرضی تقویتی متداول

#### ۹-۵-۲. میلگردهای جمع شدگی و حرارتی

بعد از نصب آرماتور کلافهای میانی در محل بازشوها و کارگذاشتن میلگردهای منفی و طره میلگردهای جمع شدگی و حرارتی نصب می‌شوند. نقش این میلگردها، مقابله با تنشهای ناشی از جمع شدگی و تغییر دما در بتن پوششی است. میلگردهای جمع شدگی و حرارتی، در دو جهث عمود برهم، در قسمت بالای سقف اجرا می‌شوند. محدودیتهای فنی مربوط به قطر و فاصله این میلگردها، در بند ۳ قسمت ششم این نشریه، به تفصیل آورده شده است.

#### ۶-۲. تکمیل قالببندی

بعد از تکمیل کارهای مربوط به نصب بلوكها و اجرای آرماتوربندی، محلهای باقی مانده سقف قالببندی می‌شوند، که شامل قالببندی قائم دورسقفها و دوربازشوها و حدفاصل تکیه‌گاهها از سقف مورد اجراست. برای قالببندی از قالب چوبی و فلزی استفاده می‌شود که با اجرای پشت‌بندها و پایه‌ها و اتصالات کافی، در جای خود محکم می‌شوند تا قادر به تحمل نیروهای ناشی از وزن، ضربه و لرزش‌های ناشی از بتن‌ریزی و متراکم کردن بتن باشند و در مرحله بتن‌ریزی تغییر شکل ندهند. وجود درز در قالب، موجب خروج دوغاب سیمان از وسط درزها و کرمو شدن بتن و در نتیجه کاهش مقاومت آن می‌شود.

قبل از قالب‌بندی، سطوح قالب که در تعاس با بتن قرار خواهد گرفت، باید بهطور مناسبی روغن مالی شوند تا قالب‌برداری بهطور ساده و بدون ایجاد ضربه میسر باشد. روغن‌های نفتی، برایر انود کردن قالب‌های فلزی و چوبی مناسب هستند و بهخوبی در چوب نفوذ می‌کنند و مانع جذب آب می‌شوند. نفت سیاه مادهٔ خوبی برای پوشش قالب‌هاست. در موقع اضطراری و در صورتی که روغن مناسب در کارگاه موجود نباشد، با مرطوب کردن (تا حد اشباع) قالب‌های چوبی، می‌توان از چسبیدن بتن به آنها جلوگیری کرد، ولی این عمل موجب تسریع استهلاک تخته‌ها می‌شود و غیر از موارد اضطراری نباید از این روش استفاده شود.

بعد از تکمیل قالب‌بندی، از مالیدن روغن روی قالب‌های نصب شده باید اکیدا "خودداری شود، زیرا با این عمل آرماتورهای نصب شده آشکته به روغن می‌شوند و چسبندگی بین فولاد و بتن از میان می‌رود.

**۷-۲. کنترل و آماده‌سازی سقف بروای بتن‌ریزی**  
باید قبل از اجرای بتن‌ریزی، ابتدا کلیهٔ مواد و مصالح زاید از لابلای تیرچه‌ها، بلوکها، سطوح میلگرد داخل قالب‌ها پاک شوند. سپس باید کل سقف از نظر ابعاد، محل بازشوها، سقف کاذب و مجاری داخل بتن، مورد ملاحظهٔ دقیق قرار گرفته و با نقشه‌های اجرایی و معطای مطابقت داده شوند. کنترل آرماتوربندی از نظر ابعاد، قطر، طول و چگونگی اتصالات و پوشش آرماتورها و فالصلهٔ آنها از یکدیگر و از قالب، از مواردی هستند که در این مرحله مورد کنترل قرار می‌گیرند. همچنین کنترل یکنواختی سقف، چگونگی اتصال تیرچه‌ها به تکیه‌گاه‌ها و استحکام شمعها و قالب‌بندی، از دیگر موارد مهم این مرحله هستند.

بعد از بازدید سقف، نواقص موجود رفع می‌شوند و قبل از بتن‌ریزی، سطح کار به موسیلهٔ آب کاملاً "شستشو" می‌شود تا گردوخاک احتمالی روی آن پاک گردد و بلیکها از آب سیراب شوند.

در محلهایی که بتن جدید به بتن قدیم متصل می‌شود، سطح بتن موجود با ابزار مناسب مانند برس سیمی و غیره، از ملات سیمان پاک می‌گردد، به طوری که دانه‌های درشت شن کاملاً "نمایان" شوند. سپس، سطح محل اتصال بهخوبی با آب شستشو می‌شود. سطح محل اتصال باید قبل از رسختن بتن جدید، تا مرحلهٔ اشتعاب مرطوب گردد؛ ولی باید توجه کرد که از جمع شدن آب روی محل اتصال جلوگیری شود. در این صورت، اتصال بتن موجود با بتن مرحلهٔ بعدی بهطور مناسب تأمین خواهد شد.

## ۷-۳. ساختن بتن

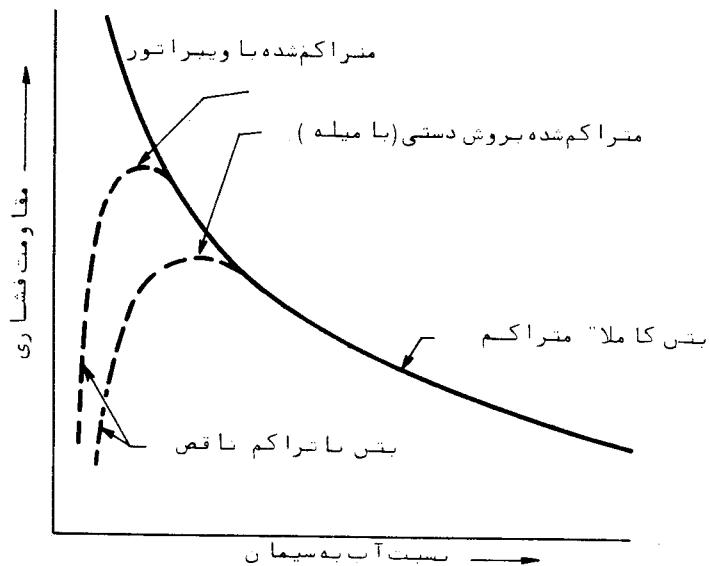
**۷-۳-۱. ساخت بتن در کارگاه**  
روش‌های ساخت بتن و نحوه اندازه‌گیری اجزای تشکیل، دهندهٔ آن در کارگاه‌های مختلف، بهطور گسترده‌ای با یکدیگر متفاوت است. قبل از ساخت بتن، باید مصالح و نفرات کانی و ماشین‌آلات و تجهیزات مناسب تهیه شده باشد و پس از آماده کردن محل بتن‌ریزی و ایجاد راهروهای مناسب برای حمل بتن، اقدام به بتن‌ریزی گردد. مدیریت صحیح، قراردادن مصالح و ماشین‌آلات در محل مناسب، پیش‌بینی نفرات کافی و کارآزموده و سرعت

عمل، لازمه، انجام کاری مطلوب است.

#### ۱-۸-۲. توزین و پیمانه کردن مصالح

توزین و پیمانه کردن مصالح تشکیل دهنده، بتن به دو روش وزنی و حجمی انجام می‌گیرد. مصالح سنگی، سیمان و آب، باروش حجمی، به دقت روش وزنی قابل اندازه‌گیری نیستند، زیرا حجم مصالح سنگی در اثر حمل و رطوبت مصالح ریزدانه متغیر است، و حجم سیمان نیز به طور قابل ملاحظه‌ای در اثر وجود هوای بین ذرات تغییر می‌کند؛ از این رو، اندازه‌گیری وزنی مناسبترین روش اندازه‌گیری اجزای تشکیل دهنده بتن است.

در روش وزنی، در صد رطوبت نسبی ماسه باید به طور دقیق اندازه‌گیری شده و برای آن تصحیح لازم در نسبتهاي اختلاط به عمل آید. رطوبت ماسه، به وسیله دستگاههای الکترونیکی و یا به روش خشک کردن نمونه در کارگاه، برآحتی قابل اندازه‌گیری است. ماسه خیس، مقدار زیادی آب به همراه دارد و منظور نکردن آن در توزین، موجب افزایش قابل ملاحظه آب و کاهش مقدار ماسه بتن می‌شود. در نتیجه، علاوه بر افزایش نسبت آب به سیمان، مقدار ماسه نیز در کل مخلوط کاهش می‌یابد، احتمال آب انداختن بیشتر می‌شود و نسبتهاي اختلاط بتن تغییر می‌کند که نهایتاً "به علت افزایش نسبت آب به سیمان، مقاومت بتن کاهش می‌یابد. نمودار ۱، کاهش مقاومت در اثر افزایش نسبت آب به سیمان را نشان می‌دهد.



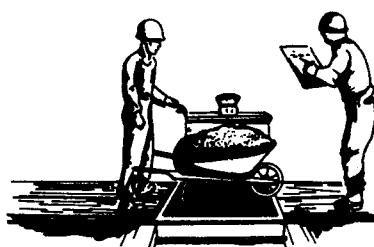
نمودار ۱. چگونگی تغییر مقاومت فشاری بتن بر حسب تغییرات نسبت آب به سیمان آن

در روش وزنی، حداکثر رواداری توزین برای سیمان به ۱٪، برای آب به ۲٪ و برای مصالح سنگی به ۳٪ محدود می‌شود. دستگاههای اندازه‌گیری باید در فواید زمانی معین، کنترل و تنظیم شوند تا از دقت کارکرد آنها اطمینان حاصل شود.

در کارگاههای کوچک "معمولًا" مصالح سنگی و آب به روش حجمی اندازه‌گیری می‌شوند، که در این صورت باید در هر تغییر قابل ملاحظه، رطوبت و یا تغییر نوع ماسه و تراکم آن که موجب تغییر وزن فضایی می‌گردد، وزن پیمانه‌های شن و ماسه مجدداً "اندازه‌گیری" و با مقدار فرض شده کنترل شود.

در صورتی که از سیمان کیسه‌ای برای ساختن بتزن استفاده شود، برای راحتی عمل، تعداد پیمانه‌های مصالح سنگی مخلوط‌بتن را برای یک کیسه سیمان محاسبه و تعمین می‌کنند. "پیمانه‌ها معمولًا" به حجم ۴۵ لیتر ساخته می‌شوند و ارتفاع پیمانه در ۴ قسمت مساوی علامت‌گذاری می‌گردد. می‌توان حجم پیمانه‌ها را طوری انتخاب کرد که برای هر کیسه سیمان از تعداد صحیحی پیمانه‌های شن و ماسه استفاده شود. در این صورت، ابعاد پیمانه‌های شن و ماسه متفاوت خواهد بود. از فرغون نیز برای پیمانه کردن شن و ماسه می‌توان استفاده کرد، که در این صورت آن را برای حجم‌های مختلف، مدرج و علامت‌گذاری می‌کنند.

در صورتی که از سیمان فله برای ساختن بتزن در کارگاه استفاده شود، با قرار دادن یک باسکول کوچک (مثلاً ۳۰۰ کیلوگرم) در مسیر عبور فرغون، وزن سیمان قابل کنترل خواهد بود. وزن شن و ماسه نیز به همین روش قابل اندازه‌گیری است (شکل ۳۶).



شکل ۳۶. توزین مصالح سنگی و سیمان در کارگاه

۲-۱-۲. مخلوط کردن بتن  
بتن باید طوری مخلوط شود که اجزای متخلکه آن به طور پکتواخت در کل مخلوط توزیع شده و روی دانه‌های سنگی با یک لایه نازک خمیر سیمان پوشیده شود.

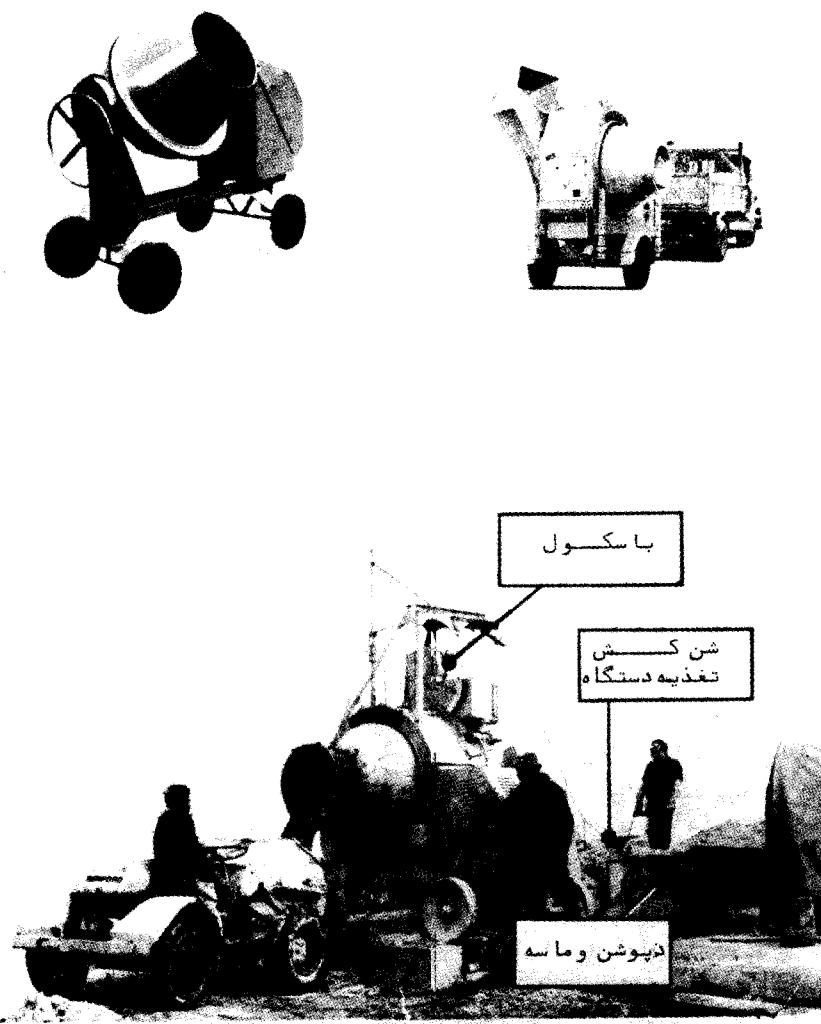
مدت مخلوط کردن بتن بستگی به نوع دستگاه بتن ساز (شکل دیگ، سرعت گردش و شکل پره های داخل آن) دارد. از طرف دیگر، زمان لازم برای اختلاط، تابعی است از مقدار سیمان، نسبت آب به سیمان و جنس، شکل و دانه بندی مصالح سنگی. شروع زمان اختلاط عبارت است از لحظه ورود آب به مخلوط شن و ماسه و سیمان. در مورد بتن سازهای کوچک، زمان اختلاط بطور متوسط  $1/5$  دقیقه است و در مورد دستگاه های بزرگتر به علت سرعت گردش زیاد و شکل پره های داخل آن، زمان لازم به مراتب کمتر و در حدود  $2/5$  ثانیه است. زمان اختلاط بتن برای هر دستگاه بتن ساز، در دفترچه مشخصات فنی آن دستگاه قید می شود.

اختلاط ناقص بتن موجب کاهش مقاومت نهایی آن می شود. از طرف دیگر، در صورتی که بتن بیش از حد مخلوط شود، هوای داخل مخلوط بطور کامل از آن خارج می شود و در نتیجه روانی بتن کاهش می یابد. در این صورت، اگر برای جبران کاهش روانی، فقط آب به مخلوط اضافه شود، موجبات کاهش مقاومت بتن فراهم خواهد شد. در صورتی که مصالح سنگی حاوی دانه های سست باشند، اختلاط بیش از حد، سبب خرد شدن مصالح و تغییر دانه بندی می شود.

ه ساخت بتن به وسیله دستگاه های بتن ساز دستگاه های بتن ساز دارای اشکال گوناگون و ظرفیت های مختلف هستند. در مواردی که حجم بتن ریزی زیاد باشد و تولید بتن بطور مداوم انجام گیرد- مانند کارگاه های بزرگ و کارخانه های تولید بتن -، از دستگاه های بتن ساز ثابت که در یک محل نصب و راه اندازی می شوند، استفاده می کنند. این نوع دستگاه ها از سیستم های پیش رفتگی برای اندازه گیری مصالح و مخلوط کردن بتن برخوردار هستند و به صورت خودکار یا نیمه خودکار کنترل و اداره می شوند.

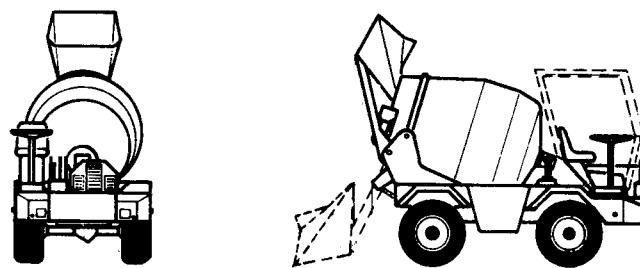
اگر حجم بتن ریزی محدود باشد آر بتن سازهایی که روی یدک کش قرار دارند، استفاده می شود. ظرفیت این نوع دستگاهها حدود  $150$  تا  $1500$  لیتر است و پس از اتمام کار به راحتی قابل جابه جا شدن هستند. شکل دیگ، شکل و زاویه تیغه های داخل دیگ بتن ساز، امتداد محور و سرعت چرخش دیگ، از عوامل مهمی هستند که در چگونگی اختلاط و زمان لازم برای مخلوط کردن بتن بسیار موثراند، بنابراین، باید در انتخاب دستگاه بتن ساز مورد توجه قرار گیرند.

دستگاه های بتن ساز، توسط افراد با تجربه و طبق دستور العمل کارخانه سازنده آن مورد بهره برداری قرار می گیرد. معمولاً "برای ساختن بتن در دستگاه بتن ساز، ابتدا شن، بعد از آن سیمان و سپس ماسه در داخل دیگ ریخته می شود و آب لازم از داخل مخزن بالای دستگاه وارد آن می گردد. پس از پایان بتن ریزی، دستگاه کاملاً" شستشو می شود تا در اثر سفت شدن بتن در اطراف تیغه ها، اشکالی در کل کرد مخلوط کن به وجود نیاید.

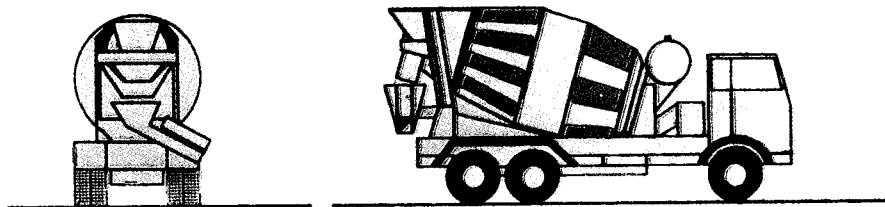


شکل ۳۷. سه نوع دستگاه بتن ساز کارگاهی با ظرفیتهای مختلف

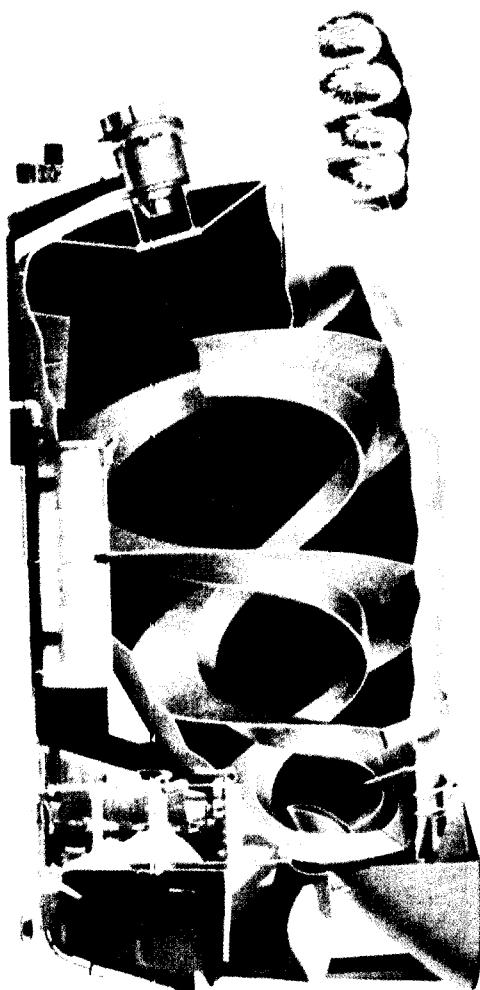
در مواردی که حجم بتن ریزی کم و مدت اجرا کوتاه، ولی فاصله انتقال بتن بیش از ۲۰۵ متر باشد، از دستگاههای بتن ساز که روی وسایل نقلیه و کامیون نصب شده‌اند، استفاده می‌شود. این دستگاههای بتن ساز دو نوع هستند؛ نوع اول به منظور ساخت بتن و جابه‌جا کردن آن در محوطه کارگاه طراحی شده است، سرعت حمل آن حدود ۲۵ کیلومتر در ساعت، طرفیت دیگر آن حداقل ۳ متر مکعب و اغلب دارای تجهیزات کافی و مناسب برای بارگیری و توزین اجزای تشکیل دهنده بتن است و اتومیکسر نام دارد (شکل ۳۸). نوع دوم، تراک-میکرها هستند که زمان بیشتری را برای مخلوط کردن بتن نیاز دارند و در مقایسه با نوع اول دارای تحرک بیشتری هستند و بتن را در مسافت‌های طولانی حمل می‌کنند (شکل ۳۹). سرعت چرخش دیگر و وضیعت و شکل تیفهای داخل آن طوری طراحی شده که حمل بتن را به نقاط دوردست و در مدت طولانی محدود نمی‌سازند. از تراک میکر، به ندرت برای ساخت و اختلاط کامل بتن استفاده می‌شود، ولی می‌توان برای تکمیل عمل اختلاط بتن که در کارخانه به طور جزئی انجام می‌شود، از آن استفاده کرد.



شکل ۳۸. اتومیکسر



شکل ۳۹. تراک میکسر



سیمای اسلامی ۱۳۷۰، کلک

## ۲-۸-۲. بتن آماده

اگر بتن در محل دیگری غیر از محل مصرف ساخته شود و به طور آماده به کارگاه تحویل شود، اصطلاحاً "آن را بتن آماده می‌نامند". استفاده از بتن آماده، به علت مزایای زیاد آن بسیار معمول است و حجم قابل ملاحظه‌ای از بتن مصرفی را تشکیل می‌دهد. در کارگاه‌های بزرگی که به علت کمبود جا، امکان تولید بتن در محل کارگاه موجود نباشد، و همچنین در کارگاه‌های کوچک که نصب دستگاه بتن‌ساز مغرون به صرفه نیست، از بتن آماده استفاده می‌شود. بزرگتر امتیاز بتن آماده، کیفیت خوب و تضمین شده آن است، به شرط آنکه کنترل‌های دقیق و مستمر توسط مسئولان کارخانه، سازنده و یا مراجع با صلاحیت در مورد آنها به عمل آید.

ساخت بتن آماده توسط دستگاه‌های مجهز انجام می‌شود و به این سبب توزین دقیق اجزای تشکیل‌دهنده بتن، تعیین دقیق رطوبت نسبی مصالح سنگی و اختلاط کامل بتن، بهخوبی امکان‌ذیر است. در بعضی از کشورها سیستمهای خاصی برای کنترل ساخت به کار گرفته می‌شود. مثلاً "مقدار شن، ماسه، سیمان، آب و رطوبت نسبی مصالح سنگی به طور جداگانه در هر بار اختلاط، به صورت خودکار در نواری چاپ و نگهداری می‌شود و مرتبًا توسط بازرسان با صلاحیت و مسئولان کارخانه کنترل می‌گردد.

در کشور ما، به رغم استفاده گسترده از بتن آماده، متأسفانه استاندارد مشخصی برای آن تنظیم نشده و در شرایط کمبود بتن آماده و تقاضای بیش از حد برای خرید، در کارخانه‌ها هم کنترل کیفی به طور شایسته انجام نمی‌شود.

مشکل اصلی بتن آماده، تغییر روانی بتن در مرحله جابه‌جایی آن است. بتن با گذشت زمان سفت می‌شود و حرارت محیط نیز عمل سفت شدن آن را تسريع می‌کند. از طرف دیگر حمل بتن معمولاً "به وقت زیادی نیاز دارد. به منظور روانتر کردن بتن و ایجاد کارآیی لازم، در بعضی کارگاه‌ها قبل از تخلیه بتن، در محل کارگاه به آن آب اضافه می‌شود که در اثر این عمل، مقاومت بتن کاهش می‌یابد. مقدار کاهش مقاومت، رابطه مستقیم با مقدار آب اضافه شده دارد. اجرای توصیه‌های درج شده در بند ۱۲-۲، برای مقابله با این مشکل فوق العاده موثر است.

## ۹-۲. انتقال بتن

انتقال بتن، شامل حمل افقی و عمودی آن است و از محل ساخت بتن شروع می‌شود و تا رسیدن آن در داخل قالب ادامه می‌یابد. در این مرحله، باید برای جلوگیری از به هم خوردن یکواختی بتن و خشک شدن آن پیش‌بینیهای لازم به عمل آید. بنهای روانتر بیشتر در معرض جدا شدن مواد سنگی قرار می‌گیرند. روش‌های مختلفی برای انتقال بتن وجود دارد که معمولاً "با توجه به مقدار بتن، موقعیت بتن‌ریزی و فاصله محل ساخت تا محل اجرا، روش مناسب انتخاب می‌شود.

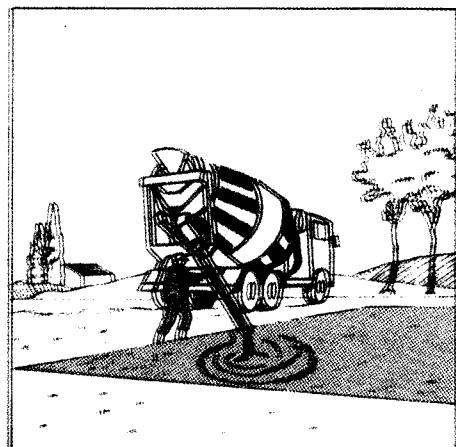


شکل ۴۱. دستگاه مرکزی بتن ساز

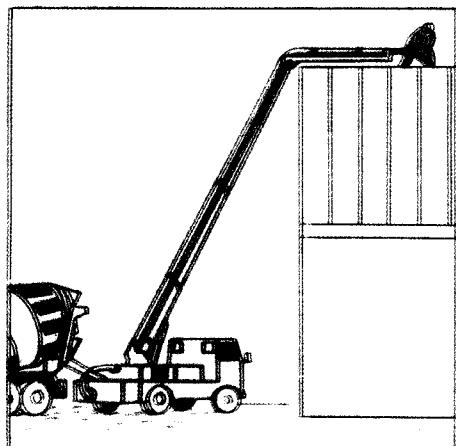
بتن را معمولاً "تا فاصله" ۳ متر با بیل، از ۳ متر تا ۵۰ متر به وسیله؛ زنبه و فرغون و از ۵۵ تا ۲۰۰ متر با دامپر منتقل می‌کنند و برای انتقال بتن از ۲۰۰ متر به بالا، در محوطه کارگاه از اتومیکر و برای فواصل بیشتر، از تراکمیکر استفاده می‌شود.

در دمای ۱۵ درجه سانتیگراد، بتن تا حدود ۲ ساعت به وسیله تراکمیکر قابل حمل است. به طورکلی، مدت انتقال بتن با حداقل تعداد مجار گردش دیگ در زمان انتقال محدود می‌شود، که مشخصات مربوط در دستورالعملهای کارخانه سازنده دستگاه تراکمیکر قید می‌گردد. با توجه به اینکه سرعت گردش دیگ باید در هوا گرم بیشتر و در هوا سرد کمتر باشد، لذا با محدودیت حداقل تعداد گردش، زمان حمل در تابستان کمتر از زمان حمل در زمستان خواهد بود.

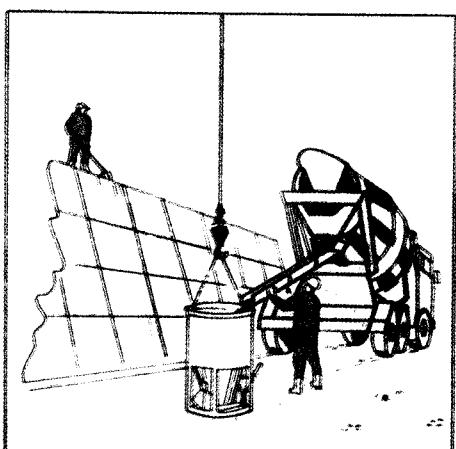
لازم به یادآوری است که در صورت انتقال بتن با دامپر، اگر فاصله حمل نسبتاً "زیاد بوده و مخلوط بتن شل باشد، باید خطر جدا شدن دانه‌های سنگی و از بین رفتن یکواختی مخلوط در اثر لرزش ناشی از حمل، مورد توجه قرار گیرد. در این صورت، باید قبل از ریختن بتن در قالب، آن را مجدداً "مخلوط کرد. برای انتقال بتن در ارتفاع، از جام و جرثقیل و پمپ بتن استفاده می‌شود (شکلهاي ۴۳ و ۴۴).



شکل ۴۲. بتن ریزی به کمک شوتو



شکل ۴۳. بتن ریزی به کمک پمپ بتن



شکل ۴۴. بتن ریزی به کمک حام و جرثقیل

### ۲-۹-۱. انتقال بتن با پمپ

پمپ بتن وسیلهٔ بسیار راحت و مناسی برای حملهٔ بتن در کارگاههاست که به وسیلهٔ آن می‌توان بتن را تا فاصلهٔ ۳۵۰ متر و با ارتفاع ۴۵ متر (هر متراارتفاع معادل حدود ۸ متر طول) منتقل کرد. اساس کار سه نوع پمپ بتن متداول، در شکل‌های ۴۵، ۴۶ و ۴۷ نشان داده شده است.

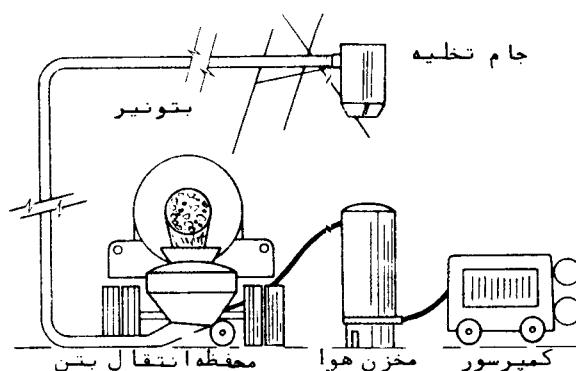
رایجترین پمپ بتن، پمپ پیستونی است که در آن، بتن تحت اثر وزن خود و نیز مکش ناشی از حرکت رفت و برگشت یک پیستون، به محفظه‌ای بین دو دریچهٔ ورودی و خروجی وارد شده و از آنجا تلمبه می‌گردد.

نوع دوم، پمپ پنوماتیک است که در آن، مخلوط بتن و هوای تحت فشار، به تناب و داخل محفظه انتقال شده و هر بار در اثر فشار هوا، بتن از طریق لولهٔ انتقال به جام تخلیه منتقل می‌گردد (شکل ۴۶).

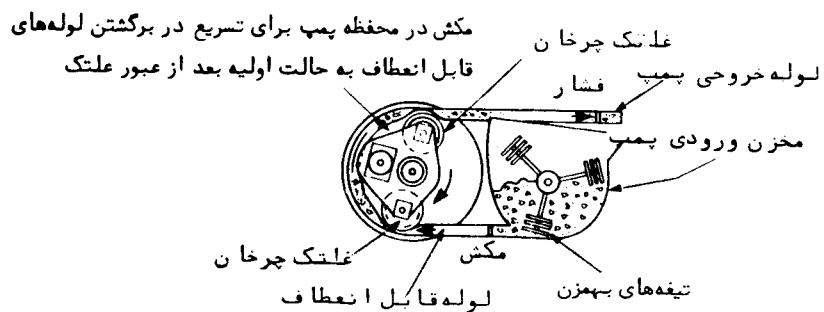
نوع سوم پمپ بتن، پمپ فشاری (Squeeze type) است که تصویر آن در شکل ۴۷ نشان داده شده است. در این پمپ، در اثر عبور غلتکهایی روی یک لولهٔ قابل انعطاف، بتن از مخزن وارد این لوله شده و سپس به طرف لوله انتقال رانده می‌شود.



شکل ۴۵. پمپ پیستونی (تلہمای)

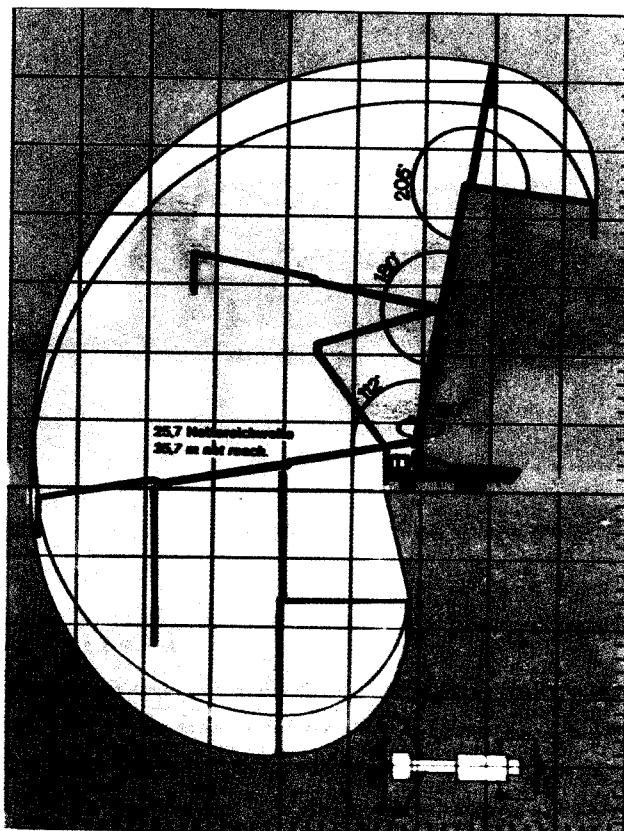


شکل ۴۶. پمپ پنوماتیک



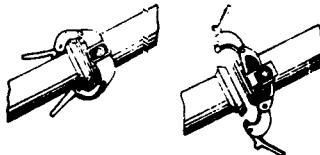
شکل ۴۷. پمپ فشاری

در بعضی از انواع پمپها، لوله‌های انتقال بتن، روی سیستمی از بازوی هیدرولیکی متحرک متصل می‌شوند و مجموعه آنها به انضمام دستگاه پمپ، روی کامیون نصب می‌گردد. به این ترتیب، پمپ و لوله‌های انتقال بتن به سرعت حمل شده و بتن ریزی در کمترین زمان انجام می‌گردد. این نوع پمپها را، پمپ بوم دار یا پمپ دکل دار می‌نامند. برای کارگاههای کوچک و هنگامی که حجم بتن ریزی کم باشد، از این نوع پمپها استفاده می‌شود. محدوده دسترسی یکی از انواع پمپهای دکل دار در شکل ۴۸ نشان داده شده است.

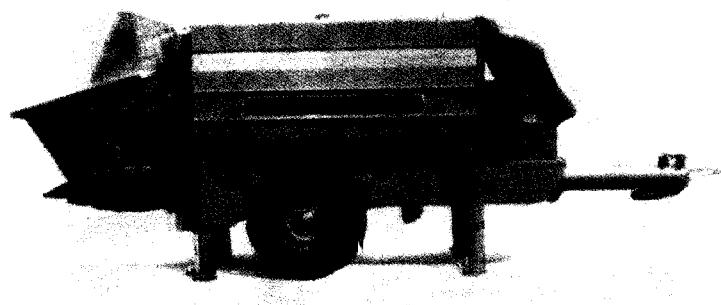


شکل ۴۸. محدوده دسترسی یکی از انواع پمپهای دکل دار

برای انتقال بتن به فواصل بیشتر، از پمپهای ثابت استفاده می‌شود که در محل مناسبی از کارگاه مستقر شده و با نصب لوله‌های انتقال، بتن به محل قالب هدایت می‌شود. لوله‌های پمپ، به وسیله اتصالات ساده به هم متصل می‌گردند و تکیه‌گاههای موقت و پیزه‌ای برای آنها در نظر گرفته می‌شود تا به قالبها و دیگر اجزای ساختمان، اثکا نداشته باشند. نصب زانویی در مسیر لوله‌کشی، موجب افت راندمان پمپ می‌شود. یک زانوی ۹۰ درجه به اندازه حدود ۱۲ متر، یک زانوی ۴۵ درجه حدود ۷ متر و یک زانوی ۵ درجه ۶ متر لوله، مستقیم افت دارد.



شکل ۴۹. یکی از انواع اتحال لوله‌های پمپ بتن

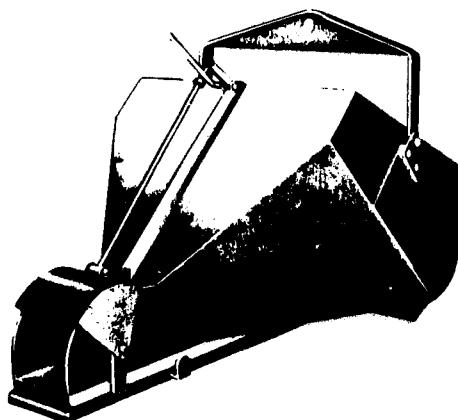


شکل ۵۰. پمپ بتن ثابت

#### ۳-۹-۳. انتقال بتن با جام و جرثقیل

در مواردی که ارتفاع محل بتن‌ریزی زیاد و فاصله افقی انتقال بتن کم باشد، از جام و جرثقیل استفاده می‌شود. جامها و جرثقیلها از نظر ظرفیت و امکانات بسیار متنوع هستند. برای بتن‌ریزی سقف تیرچه و بلوك، معمولاً از جامهای با ظرفیت  $\frac{1}{3}$  همراه با ظرفیت  $\frac{1}{8}$  مترمکعب استفاده می‌کنند که با جرثقیلها معمولی جابه‌جا می‌شوند. ولی در کارهای بزرگتر می‌توان از جاسهای با ظرفیت بیشتر و جرثقیلها بر جی استفاده کرد.

جامها باید از هر نظر اینمی کافی داشته باشند . دریجه، تخلیه جامها باید به خوبی قابل کنترل باشد تا باز و بسته کردن آنها به سادگی انجام گیرد و بتن با اسلام حدود ۵ سانتیمتر به راحتی از آنها تخلیه شود . بعد از هر مرحله، بتن ریزی ، در صورتی که فاصله، زمانی مرحله بعدی بتن ریزی بیش از یک ساعت باشد ، باید جامها بلافاصله شستشو شوند و بتن باقیمانده از قسمتهای داخلی و خارجی آنها زدوده شود .



شکل ۵۱. جام بتن

#### ۴-۱۰. بتن ریزی و متراکم کردن بتن

کیفیت یک سازه، بتنی، بستگی کامل به نحوه اجرای صحیح بتن ریزی و مراقبت از بتن دارد که بدون رعایت آنها حتی اگر از مصالح بسیار خوب و بتن با کیفیت عالی نیز استفاده شده باشد ، نتیجه، کار غیرقابل اطمینان خواهد بود و به یک تعمیر موجب هدر رفتن سرمایه و مصالح مورد مصرف خواهد شد .

بتن ریزی و متراکم کردن بتن باید به نحوی باشد که از به هم خوردن یکنواختی مخلوط جلوگیری شود ، تمام گوشها و فوائل بین آرماتورها به خوبی با بتن پر شوند و حبابهای هوای محبوس در بتن تا آنجا که میسر است از آن خارج گردد .

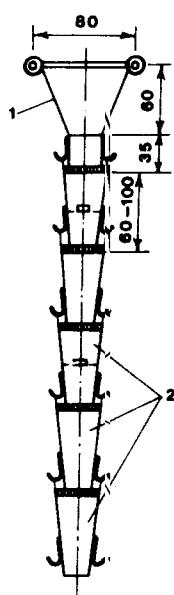
#### ۴-۱-۱. بتن ریزی

در صورتی که قالب‌بندی دیوار یا ستون بتنی با تیرها و سقف به طور یکهارچه انجام گرفته باشد ، بتن ریزی سقفها و تیرهای بتنی باید یک الی دو ساعت بعد از بتن ریزی دیوارها و ستونها انجام شود ، به طوری که قبل از بتن ریزی سقف ، انقباض اولیه بتن دیوارها و ستونها صورت گرفته باشد . تیرهای بتنی (وقتی که درجا ساخته می‌شوند) با سقفهای تیرچه و بلوك به طور یکهارچه بتن ریزی می‌شوند . میزان روانی بتن باید در حدی باشد که برای جابجا کردن و بتن ریزی مناسب بوده و بتن شلترو سفت‌تر از حد لازم نباشد .

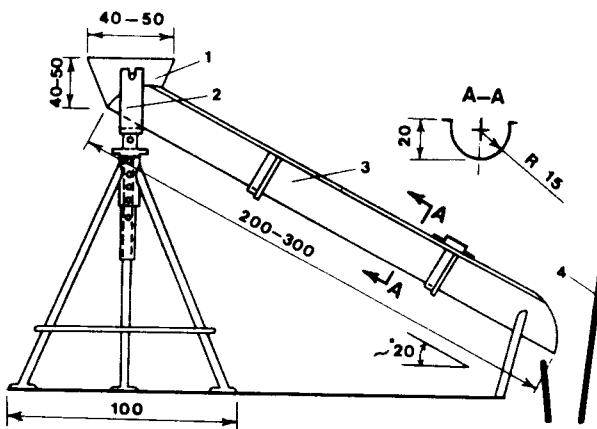
پس از مرطوب کردن روی بلوکها و قالبها (با نحوی که آب روی آنها جمع نشده باشد) ، بتن ریزی از دورترین نقطه مورد دسترسی شروع شده و در لایه‌های افقی در محل خود ریخته می‌شود . از جایجا کردن بتن به وسیله ویبراتور یا هل دادن بتن روی سقف باید خودداری شود .

ارتفاع سقوط بتن از جام یا لوله پمپ و غیره، باید بیش از  $1/5$  متر باشد و از توده شدن بتن در پک محل باید جلوگیری شود . ریختن بتن به طور مورب، موجب به هم خوردن یکواختی مخلوط بتن می‌شود . ولی بتن ریزی به طور قائم علاوه بر جلوگیری از بهم خوردن یکواختی بتن، موجب اختلاط مجدد آن نیز می‌شود . سرعت تخلیه در بتن ریزی بسیار مهم است، به طوری که تخلیه سریع، نتایج نامطلوبی را به همراه خواهد داشت . (مانند تولید ضربه روی قالب، توده شدن بتن در پک جا و به هم خوردن یکواختی مخلوط) .

اگر ارتفاع سقوط بتن بین  $1/5$  تا  $1/10$  متر باشد، از مخروطها یا منشورهای متصل به هم می‌توان استفاده کرد (شکل ۵۲) . برای فواصل نزدیکتر، از ناو کم بتن را با زاویه حدود  $25$  درجه به محل بتن ریزی هدایت می‌کند، استفاده می‌شود . در این صورت، باید در انتهای شوت، مانعی تعبیه گردد تا از جدا شدن سندانهای ریز و درشت بتن جلوگیری کند (شکل ۳۳) . در سقفهای شیبدار، بتن ریزی از پایین ترین نقطه سطح به طرف بالا انجام می‌شود .



شکل ۵۲. قیف با مخروطهای متصل به هم . اتفیف (۱) ، قطعات مخروطی یا منشوری شکل (۲) .



شکل ۵۳. ناو بتن ریزی. قیف تنظیم (۱)، سه پایه با ارتفاع قابل تنظیم (۲)، ناو پاشوت (۳)، صفحه مانع (۴)

### ۳-۵-۲. متراکم کردن بتن

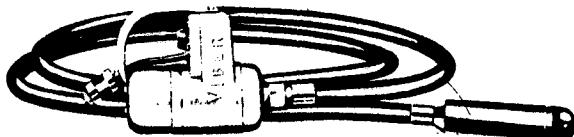
در بتن متراکم شده، مقدار قابل ملاحظه‌ای هوا وجود دارد. خارج کردن هوای داخل بتن با لرزاندن، میل زدن و کوبیدن انجام می‌گیرد. با این عمل، دانه‌های درشت داخل بتن در محل خود جایه‌جا شده و ریزدانه‌ها فضای بین آنها را پر می‌کنند، هوای موجود در مخلوط به طرف بالا حرکت می‌کند و از سطح فوقانی بتن خارج می‌شود. در اثر متراکم کردن، حجم بتن کاهش می‌یابد، گوشه‌های قالبها و اطراف میلگردها پر می‌شوندو وزن مخصوص بتن به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد.

بتن روان، با لرزاندن متراکم می‌شود. فرکانس لازم برای متراکم کردن بتن بستگی به درشتی دانه‌های سنگی و میزان روانی بتن دارد. دانه‌های درشت با فرکانس کم و دانه‌های ریزتر با فرکانس زیاد مرتعش می‌شوند. ویبراتورهای مورداستفاده معمولاً "اندازه‌های متوسط دانه‌های سنگی" را مرتعش می‌کنند. نیروی حرکه ویبراتورها ممکن است از انرژی برق، احتراق بنزین یا گازوییل و یا به وسیله فشار هوای تأمین شود. قطر لوله ویبراتور با توجه به ابعاد محل بتن ریزی انتخاب می‌گردد.

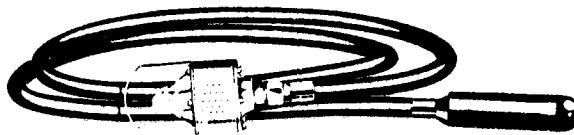
مدت لرزاندن بتن بستگی به سفتی و شلی بتن دارد و معمولاً از ۵ ثانیه کمتر و از ۲۰ ثانیه بیشتر نیست. ظاهر شدن دوغاب سیمان در سطح کار و اطراف لوله ویبراتور، نشانه متراکم شدن بتن است. بنتهای بارواني کمتر، به زمان بیشتری برای متراکم شدن نیاز دارند.

لوله ویبراتور، به طور قائم در بتن فرو برده می‌شود و بعد از لرزاندن، به آرامی خارج می‌گردد، به طوری که جای آن کاملاً پر شود. فاصلهٔ دو محلی که ویبراتور داخل بتن می‌شود باید از  $1/5$  برابر شعاع عمل

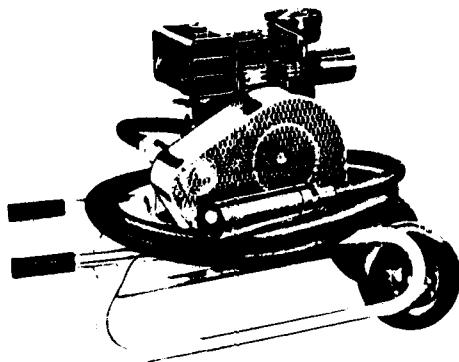
ویبراتور در داخل بتن بیشتر باشد. این فاصله بین ۵ تا ۲۵ سانتیمتر متغیر است. در صورتی که بتن بیش از حد لازم لرزانده شود، سنگدانه های ریز و درشت از هم جدا شده، دانه های درشت تر تنه نشین می شوندو بتن یکواختی خود را از دست خواهد داد.



شکل ۵۵. ویبراتور بادی



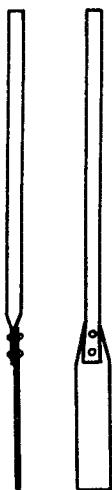
شکل ۵۴. ویبراتور برقی



شکل ۵۶. ویبراتور بنزینی یا گاروبیلی

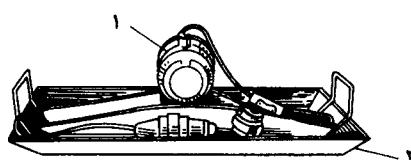
در محلهایی که گروه میلکردها به فواصل کم از یکدیگر قرار داشته باشند و همچنین در گوشاه و کوار قالبها، عمل لرزاندن باید با دقت و مراقبت خاصی صورت گیرد. در کناره؛ قالبها، لوله؛ ویبراتور در فاصله، ۵ تا ۱۰ سانتیمتری جدار قالب وارد بتن می شود. در جریان عمل لرزاندن، شیلنگ ویبراتور باید به مدت زیاد با آرماتورها در تماس باشد، در غیر این صورت، دانه های سنگی از میلکردها فاصله گرفته، جای آنها را دوغاب سیمان و ریز دانه پر می کند و در نتیجه پیوستگی میلکرده با بتن ضعیف می شود. اگر در محل گروه میلکردها، متراکم کردن بتن با ویبراتور میسر نباشد، جتن آن محل به روشن میل زدن متراکم می شود.

برای جلوگیری از جدا شدن و تنهیتی دانه های سنگی درشت، بتن شل را نباید با ویبراتور متراکم کرد. در این حالت، معمولاً عمل تراکم بهوسیله لوله هایی به قطر ۳ تا ۵ سانتیمتر انجام می گیرد. در شکل ۵۷، نمونه ای از لوله مورد استفاده برای متراکم کردن بتن شل نشان داده شده است که در آن، عرض تیغه ۱ سانتیمتر، ارتفاع آن ۴۵ سانتیمتر و کل ارتفاع تیغه و دسته حدود ۱/۸۰ متر است. می توان به جای نصب تیغه، سر لوله را کوبید تا تخت شود.



شکل ۵۷. یک نوع میله برای متراکم کردن بتن با دست

بتن سفت (مانند بتن بلوك)، با کوبیدن توأم با ارتعاش شدید متراکم می شود. برای متراکم کردن بتن سقف تیرچه و بلوك، استفاده از ویبراتورهای سطحی توصیه می شود. این نوع ویبراتورها لایه های بتن با اختلاف ۲۵ سانتیمتر را به خوبی متراکم می کنند. مدت ارتعاش در هر نقطه و فاصله، نقاط، توسط کارخانه های سازنده تعیین می شود.

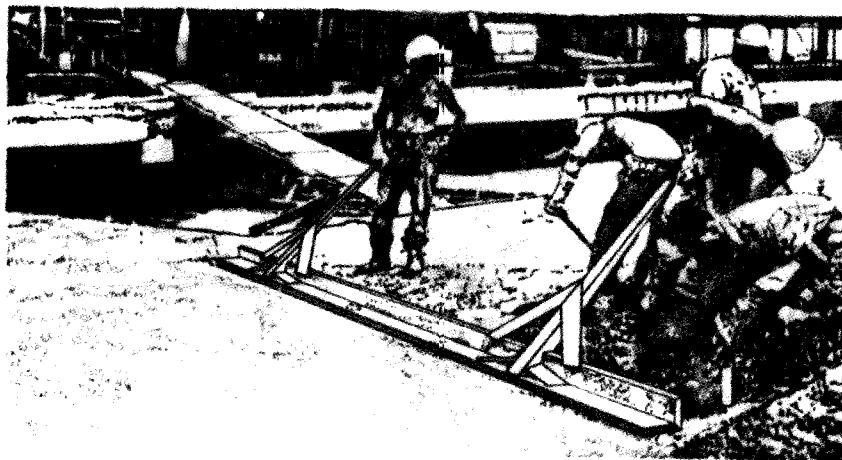


شکل ۵۸. ویبراتور سطحی، موتور برقی (۱)، سینی لرزش (۲)

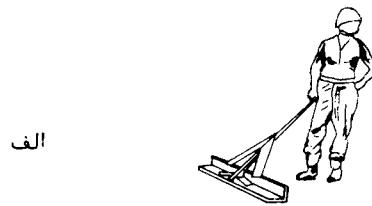
حداقل، یک ویبراتور ذخیره باید در کارگاه موجود باشد. تعداد ویبراتورهای ذخیره در کارهای بزرگ، به چند دستگاه افزایش می‌باید تا در صورت خراب شدن ویبراتورهای در حال کار، از ویبراتور ذخیره استفاده شود. یادآوری می‌شود که قیمت ویبراتورها، در مقایسه با اهمیت کاری که انجام می‌دهند بسیار ناقص است؛ از این‌رو، عدم تجهیز کارگاههای بتن‌ریزی با ویبراتور کافی، از لحاظ فنی و اقتصادی توجیه‌ناپذیر است.

#### ۱۱-۲. پرداخت سطح بتن

هدف از اجرای این مرحله، یکنواخت و متراکم کردن سطح بتن است. عمل صافکاری با وسایل وابزار بسیار ساده انجام می‌شود. هنگام بتن‌ریزی، ابتدا سطح بتن به وسیله شمشه در حد امکان صاف می‌شود، پس از تبخیر آب اضافی سطح بتن و به حض آغاز گرفتن و سفت شدن آن، به وسیله تخته ماله پرداخت می‌شود، دانه‌های درشت را به داخل بتن فرو برده می‌شوند تا ناهمواری سطح برطرف گردد و سطح صاف و یکنواختی ایجاد شود. باکشیدن و کوبیدن تخته ماله، سطح بتن متراکم و توپر می‌شود. اگر بعد از صافکاری سطح بتن، عبور از روی آن ضروری باشد، می‌توان از کفشهای چوبی مطابق شکل ۱۱-۲ استفاده کرد. در شکلهای ۵۹، ۶۰، ۶۱، ۶۲ ابزار لازم برای پرداخت سطح بتن نشان داده شده است.

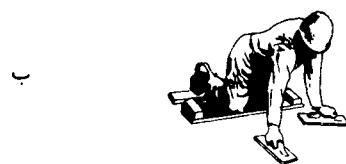


شکل ۵۹. شمشه کشی سطح بتن



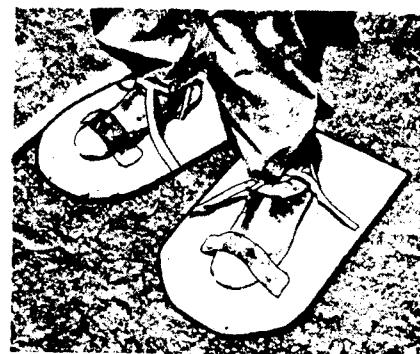
الف

شکل ۶۴. ابزار و روش‌های پرداخت سطح بتن، شمشه کوچک



ب

شکل ۶۵. ابزار و روش‌های پرداخت سطح بتن، روش پرداخت با تخته ماله



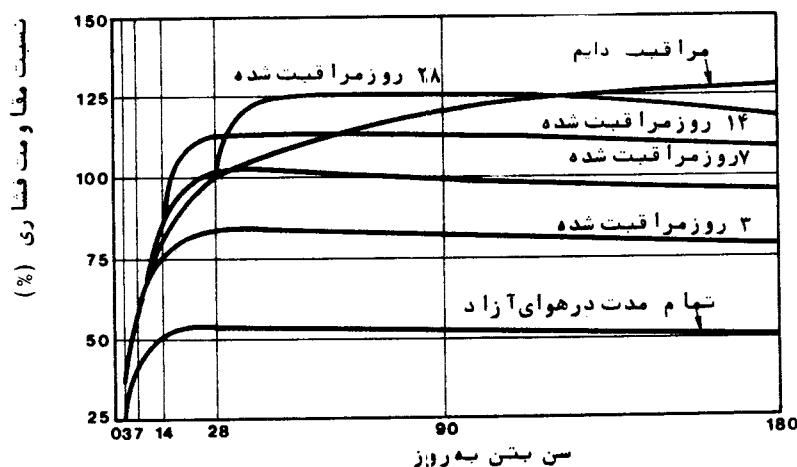
شکل ۶۶. کش جوبی برای عبور اضطراری از روی بتن تازه پرداخت شده

## ۱۲-۲. عمل آبگیری بتن

این عمل عبارت از تأمین شرایطی است که در آن شرایط، و اکتش شیمیایی آب و سیمان (عمل آبگیری) به خوبی انجام گیرد و مقاومت و پایایی بتن افزایش یابد. این مرحله از کار بسیار کم خرج است، ولی بی توجهی به آن موجب خسارت غیرقابل جبران می شود.

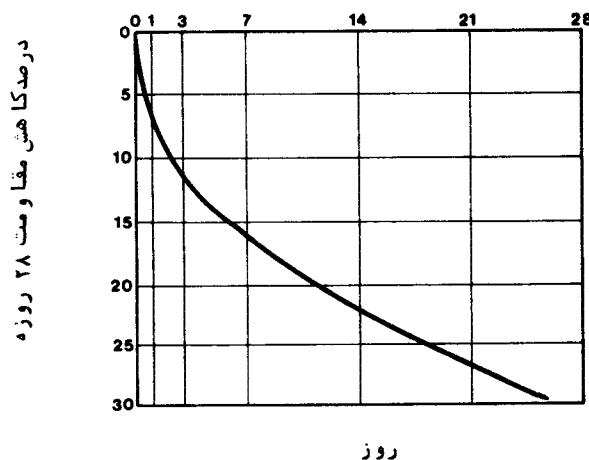
عمل آبگیری در روزهای اول بعد از بتن ریزی، بسیار سریع انجام می شود، ولی به مرور لگاریتمی از سرعت آن کاسته می شود. به طور مثال، بتن ساخته شده با سیمان پرتلند نوع یک، با نسبت آب به سیمان معادل ۰/۴۹ که در شرایط آزمایشگاهی (دما ۲۱ درجه و رطوبت نسبی ۹۰٪) به عمل آمده، بعد از ۳ روز در حدود ۵۵٪ و بعد از ۷ روز حدود ۶۵٪ مقاومت فشاری ۲۸ روزه خود را کسب می کند، و بعد از ۳ ماه، فقط حدود ۲۵٪ به مقاومت فشاری ۲۸ روزه آن افزوده می شود. درصد افزایش مقاومت بتنهای ساخته شده با یک نوع صالح سنگی و یکنوع آب، که در شرایط یکسان به عمل آمده، به نوع سیمان پرتلند و به نسبت آب به سیمان مخلوط بستگی دارد.

در شرایط کارگاهی، عمل آبگیری تقریباً همیشه قبل از کامل شدن آن متوقف می شود. نمودار ۲، تأثیر مراقبت در میزان افزایش مقاومت فشاری بتن را نشان می دهد. در این شکل، نسبت مقاومت فشاری نمونه های آزمایش شده به مقاومت فشاری نمونه هایی که در طول ۲۸ روز تحت مراقبت قرار داشته اند، روی محور عرضها نشان داده شده است. هریک از منحنیها، حدود تغییرات مقاومت فشاری نمونه هایی از بتن را که به تعداد روزهای معینی پس از ساخت تحت مراقبت قرار گرفته، نشان می دهد.



نمودار ۲. تأثیر طول مدت مراقبت روی مقاومت فشاری بتن

نمودار ۳، تأثیر تأخیر در شروع مراقبت را نشان می‌دهد. درصد کاهش مقاومت نمونه‌ها نسبت به مقاومت نمونه‌ای که از ابتدای ساخت به طور دائم تحت مراقبت قرار گرفته است، روی محور عرضها درج شده است. به عنوان مثال، اگر بتن در سه روز اول پس از ساخت و بتن‌ریزی تحت مراقبت قرار نداشته باشد، ولی پس از آن به طور دائم تحت مراقبت قرار گیرد، حدود ۱۲٪ از مقاومت آن به علت تأخیر مورد اشاره کاسته خواهد شد.



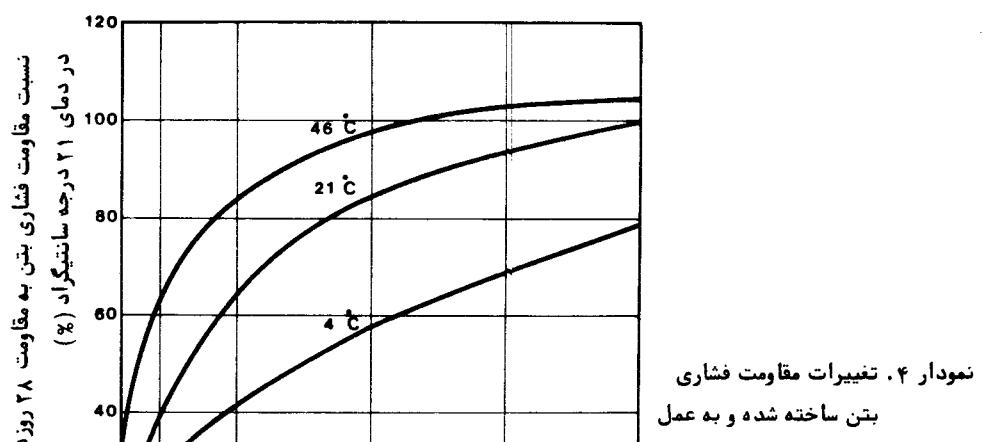
نمودار ۳. تأثیر تأخیر در شروع مراقبت روی مقاومت فشاری بتن

آب از عوامل اصلی انجام عمل آبگیری است و باید مراقبت شود تا بتن خشک نشود و آب همیشه در جسم بتن موجود باشد. لذا در وله اول، مراقبت می‌شود تا آب بتن تبخیر نگردد و از هوای گرم، باد و سایر عواملی که در تبخیر آب بتن موثر هستند، محافظت شود. به این منظور، سطح بتن با پوشش‌هایی مانند نایلون، گونی، حصیر، کرباس، و کاه یا برگ خیس پوشانده می‌شود. در وله دوم، آب به جسم بتن رسانده می‌شود.

لازم به یاد آوری است که با کاهش رطوبت هوای محیط بتن ریزی و یا افزایش دمای بتن تازه، دمای محیط بتن ریزی، عیار سیمان و جریان باد، بتن سریعتر خشک می‌شود و رساندن آب به جسم بتن، زودتر آغاز می‌گردد. هم‌زمان با این مراقبتها، بتن جوان باید از اثر ضربه، لرزش و تأثیرات جوی (تغییرات دما، یخ‌بندان، برف و باران) حفظ شود.

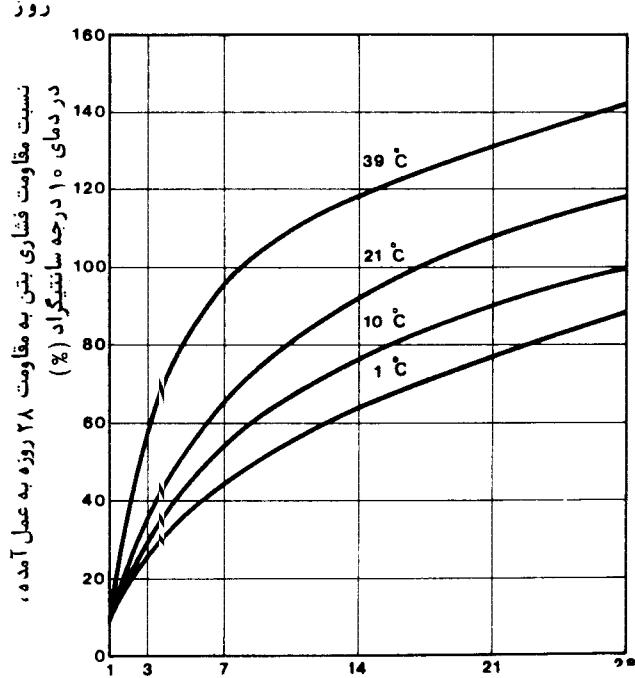
علاوه بر تأثیر آب، باید شرایط لازم دیگری برای تسهیل و تسریع واکنش شیمیایی تأثیر می‌گیرد. یکی از عوامل بسیار مهم و موثر، دمای جسم بتن است. عمل ترکیب شیمیایی آب با سیمان، در دمای  $-10^{\circ}\text{C}$ – $20^{\circ}\text{C}$  "سانتیگراد کاملاً" متوقف می‌شود و در دمای  $+5^{\circ}\text{C}$  درجه کند، در دمای  $20^{\circ}\text{C}$  درجه سانتیگراد خوب و در درجات بالاتر شدت می‌یابد.

نمودارهای زیر، تأثیر دما در افزایش مقاومت فشاری بتن را نشان می‌دهند.

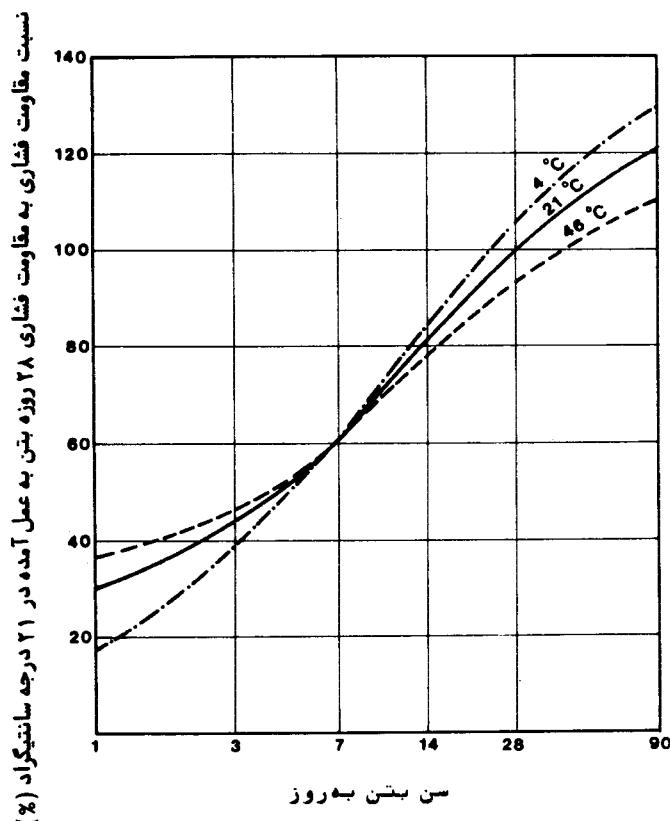


نمودار ۴. تغییرات مقاومت فشاری  
بتن ساخته شده و به عمل  
آمده در دماهای مختلف

نمودار ۵. تغییرات مقاومت فشاری بتن  
ساخته شده و به عمل آمده در  
دماهای ۱۰ درجه سانتیگراد به  
مدت ۲۴ ساعت و نگهداری  
شده در دماهای مختلف پس  
از ۲۴ ساعت اول



دماهی بتن نازه، در مقاومت نهایی آن موثر است. نمودار ۶، اثر دماهی جسم بتن نازه را در دو ساعت اول پس از بتن‌ریزی، روی مقاومت فشاری آن نشان می‌دهد.



نمودار ۶. تغییرات مقاومت فشاری نمونه‌های بتن، که در دو ساعت اول پس از ساخت در دماهی نشان داده شده و سپس در دماهی ۲۱ درجه سانتیگراد، به عمل آمده است.

در سقف تیرچه و بلوك، بتن پوششی را باید دست کم تا کسب حدود ۵۶٪ از مقاومت ۲۸ روزه خود، تحت مراقبت و محافظت دقیق قرار داد. در این شرایط، مقاومت بتن بدون نیاز به مراقبت بیشتر، به طور عادی تا ۲۸ روز اضافه خواهد شد. این افزایش به علت حضور آب حبس شده کافی در داخل بتن، صورت می‌گیرد. بتن ساخته شده با سیمان پرتلند نوع یک، در دماهی متوسط روزانه ۲۰ درجه، دست کم به مدت ۷ روز تحت مراقبت و محافظت قرار می‌گیرد. در درجات پایین‌تر مدت مراقبت افزایش می‌باید.

توصیه می‌شود در دمای متوسط روزانه ۲۵ درجه سانتیگراد، آب پاشی بتن در ۳ شبانه‌روز اول دستکم ۳ بار در روز و یکبار در شب انجام شود و بعد از آن، ۴ روز دیگر دستکم ۳ بار در روز آب پاشی شود. در دمای بالاتر و هوای خشک، فواصل آب پاشی به نسبت کوتاه‌تر می‌شود. علاوه بررساندن مداوم آب به جسم بتن، باید به وسیله کرباس، گونی، نایلون، برگ، کاه و نظایر آنها، بتن را از تابش مستقیم آفتاب و وزش باد حفظ نمود و روی آنها را به طور مداوم آب پاشی کرد. ظهور غیرعادی ترک در سطح بتن، نمایانگر مراقبت ناکافی از بتن است و در چنین شرایطی باید به شدت مراقبت و محافظت افزوده شود.

بتن تازه ریخته شده، باید از اثر باران و نیروهای ضربه‌ای و لرزش، و نیز از تغییرات سریع دمای جسم بتن حفظ شود. باید از راه رفتن روی بتن تازه ریخته شده تا کسب مقاومت کافی (حدود ۱۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)، خودداری گردد. در اثر باد، گوششها، لمبه‌ها و سطوح بالای بتن زودتر از سایر قسمتها خشک می‌شود و باید مراقبت بیشتری از آن قسمتها به عمل آید. سرد شدن سریع بتن بعد از بتنهایی، موجب به وجود آمدن ترکهای عمیقی در بتنهایی می‌شود که منشاء آن اختلاف دمای جسم بتن و سطح خارجی آن است. در این موارد، باید با پوشش‌هایی نظیر حصیر و گونی، سطح بتن پوشانده شود تا حرارت آن به سرعت از دست نرود.

برای جلوگیری از تبخیر آب بتن، می‌توان پس از تأثید دستگاه نظارت، از ترکیبات عمل آورنده استفاده کرد و با پاشیدن این مواد بر سطح بتن، لایه، غیرقابل نفوذی ایجاد کرده و از تبخیر آب بتن جلوگیری نمود. روش استفاده از این مواد، در دستورالعملهای کارخانه‌سازنده شرح داده می‌شود. این مواد، ساکمی رنگ آغشته‌می‌شوند تا قابل تشخیص بوده و به طور منظم پاشیده شوند. اگر قبل از خشک شدن کامل این مواد (حدود سه ساعت پس از پاشیدن)، باران شدید بپارد، احتمال شسته شدن آنها وجود خواهد داشت و دوباره باید عمل تکرار شود. سطوحی از بتنهای که به بتنهای مرحله‌بعدی متصل خواهند شد، از آغشته شدن به مواد عمل آورنده مصنون بمانند.

**۲-۱۳. بازکردن قالبها و جمع آوری تکیه‌گاههای موقت**  
جمع آوری تکیه‌گاههای موقت، نباید قبیل از حصول مقاومت کافی سقف، برای تحمل وزن خود و سربارهای وارد، احتمالی، صورت گیرد. این مرحله از کار، نباید قبیل از کسب اجازه کتبی دستگاه نظارت انجام شود. صدور اجازه برچیدن حایلهای موقت توسط دستگاه نظارت، از مسئولیت‌های رئیس کارگاه در این مورد، نمی‌کاهد. مدت زمان لازم برای کسب مقاومت بتن و امكان قالب‌برداری، به نوع سیمان، خصوصیات بتن، شرایط جوی و نوع مواد افزودنی مصرف شده بستگی دارد. قالب‌برداری باید با احتیاط و بدون ایجاد ضربه انجام شود.

پس از برداشتن تکیه‌گاههای موقت زیرسقف (شماعندیها)، یک یا چند ردیف پایه اطمینان برای مدتی بیشتر زیرسقف نصب می‌شود تا افتادگی ناشی از خزش بتن، به حداقل ممکن تقلیل یابد. حداقل فاصله پایه‌های اطمینان از یکدیگر و از تکیه‌گاههای باربر، حدود ۳ متر است.

معمولًا "قالب‌برداری سطوح جانبی (گونه‌ها)"، بعد از کسب حدود ۵٪، قالب و شمع بندی اعضای بتنه

که فقط وزن خود را بعد از قالببرداری تحمل می‌کنند (مانند شمع‌بندی زیرسقف و کلافها) ، بعد از کسب حدود ۶۵٪ و قالب تیرهای اصلی و طره‌ها و همچنین پایه‌های اطمینان بعد از حصول حدود ۸۵٪ الی ۱۰۰٪ مقاومت ۲۸ روزه<sup>۱</sup> بتن ، صورت می‌گیرد .

برداشتن شمع‌بندی زیرطره‌ها باید از قسمت بیرون به طرف تکیه‌گاه انجام گیرد . برداشتن شمع‌بندی‌های زیرسقف نباید زودتر از موقع انجام شود و جمع آوری و قراردادن مجدد مجاز نیست . در شرایط خاصی که به علت شرایط متغیر جوی و غیره ، پیش‌بینی زمان حصول مقاومتهای محاذ ذکر شده امکان‌ذیر نیست ، هنگام بتن ریزی ، نمونه‌های آزمایشی تهیه شده و در شرایط محیط سقف نگهداری می‌شوند تا بعد از انجام آزمایش فشاری آنها ، اگر بتن مقاومت لازم را به دست آورده باشد ، اقدام به قالببرداری شود . این نمونه‌ها نمونه آگاهی نام دارند . به طور کلی قالب‌بندی و قالب‌برداری ساختمان ، باید توسط افراد با تجربه و آموخته دیده صورت گیرد .

در سقف‌هایی که زمان قالب‌برداری آنها فرا نرسیده ، باید از توده کردن مصالح و نصب بلوكها و بتن ریزی سقف بالاتر ، خودداری شود و بعد از این مرحله نیز قبیل از توده کردن هرگونه مصالح روی سقف (در حد متعارف) ، باید تکیه‌گاههای اطمینان کافی در زیر آن نصب گردد .

اگر پس از قالب‌برداری ، ملاحظه شود که محلهایی از سقف با بتن پر نشده (بتن کرم باشد) ، باید قبل از لکه‌گیری این نقاط ، توسط دستگاه نظارت دقیقاً "مورد بازارسی و مطالعه قرار گیرد و پس از دستور کار دستگاه نظارت ، نسبت به لکه‌گیری آن نقاط ، اقدام شود .

#### ۲-۱۴-۱. بتن ریزی و عمل آوردن بتن در شرایط نامساعد

##### ۲-۱۴-۲. بتن ریزی در هوای سرد

در هوای سردتر از ۵°C درجه سانتیگراد و در مواردی که تا ۷۲ ساعت دیگر احتمال تنزل دمای محیط به پایین‌تر از صفر درجه سانتیگراد وجود داشته باشد ، باید از بتن ریزی خودداری کرد ؛ ولی اگر ضرورت یا موقعیت جغرافیایی ایجاد نماید که در دمای کمتر از ۵°C درجه سانتیگراد بتن ریزی انجام شود ، لازم است مراقبتهای ویژه‌ای معمول گردد . در هر صورت ، در دمای پایین‌تر از ۵°C درجه باید از بتن ریزی خودداری شود .

در زیر توصیه‌های عملی برای بتن ریزی در هوای سرد ارائه می‌شود :

- در حد ممکن بتن ریزی در ساعت ۱۰ صبح شروع شده و در ساعت ۲ بعد از ظهر خاتمه باید .
- از مصالح سنگی گرم شده استفاده شود . با گرم کردن این مصالح ، لایه نازک بین دور سنگدانه‌ها که از چسبیدن خمیر سیمان به دور آنها جلوگیری می‌کند ، از بین رفتنه و علاوه بر آن دمای بتن ساخته شده نیز افزایش خواهد یافت . دمای مصالح سنگی نباید بیش از ۳۵°C درجه سانتیگراد باشد . مصالح سنگی را معمولاً "با بخار آب گرم می‌کنند .

- از آب گرم برای ساختن بتن استفاده شود . دمای آب نباید بیشتر از ۷۰ درجه سانتیگراد باشد ، زیرا آب گرمتر از ۷۰ درجه سانتیگراد برق آسا با سیمان ترکیب می شود .

- از سیمان پرتلند نوع ۳ (زودگیر) ، برای ساختن بتن استفاده شود تا زمان مراقبت اولیه کاهش یابد . در صورت استفاده از سیمان معمولی ، می توان با افزایش مقدار سیمان ، سرعت کسب مقاومت را افزایش داد .

- از مواد افزودنی برای زودگیر کردن بتن استفاده شود و با بهره گیری از مواد افزودنی مناسب نسبت به افزایش کارآیی ، اقدام گردد . استفاده از مواد افزودنی برای ایجاد حبابهای ریز هوا ، بسیار مفید خواهد بود . یاد آوری می شود که استفاده از کلرور کلسیم برای زودگیر کردن بتن ، مجاز نیست .

- دستگاههای ساخت بتن و لوله های پمپ ، باید با عایق مناسب پوشانده شوند و جامها و ناووهای گرم شوند ، ولی دمای آنها نباید از ۴۵ تا ۴۰ درجه سانتیگراد بیشتر باشد .

- روانی بتن در کمترین حد ممکن باشد .

- حمل بتن در کوتاهترین زمان ممکن انجام شود و پیش بینیهای لازم برای جلوگیری از تأخیرهای مربوط به زمان بارگیری و تخلیه ، به طور کامل انجام شود .

- محلهای بارگیری و تخلیه ، در مقابل وزش باد محافظت شود .

- تراک میکسرها و جامها با رنگ تیره رنگ شوند و از جامهای در پوشدار استفاده گردد تا از هدر رفتن حرارت بتن تازه جلوگیری شود .

- از بخاری ، بخار داغ و یا هوای گرم ، برای گرم کردن هوای اطراف بتن استفاده شود . معمولاً " نگهداری بتن به مدت ۷ تا ۸ روز دمای حدود ۱۵ + درجه سانتیگراد ، کافی است .

- حرارت خود بتن با پوشش های عایق مناسب حفظ شود .

- از تغییرات شدید دمای بتن جلوگیری شود .

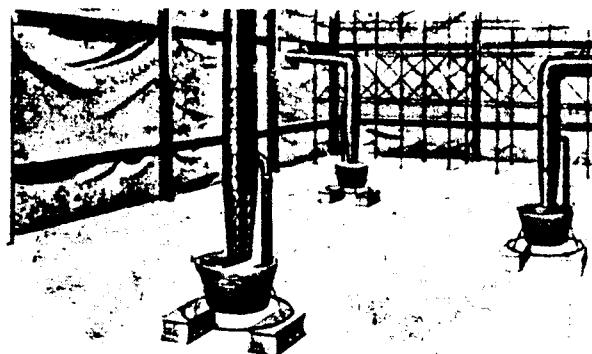
- با آب پاشی مداوم ، از خشک شدن بتن پیشگیری گردد .

در دمای زیر صفر ، اگر آب بتن تازه قبیل از سفت شدن آن (تبديل از حالت خمیری به حالت جامد) بخ بزند ، بسیار خسارت بار خواهد بود . در این حالت ، مولکولهای یخ در اثر افزایش حجم ، دانه های سنگ را از هم جدا خواهند نمود و بعد از رفع یخ ینداز ، توده بتن از هم خواهد پاشید . بهترین راه حل برای کاهش خسارت بتن یخ زده در این حالت ، ریختن آب گرم به مقدار زیاد در سطح بتن یخ زده و تأمین دمای بالاتر از ۱۵ + درجه سانتیگراد در محیط بتن ، به مدت ۷ روز است . با انجام این کار ، در اکثر مواقع کیفیت بتن به

حالت قابل قبولی درمی‌آید ، ولی نباید فراموش کرد که بتن کیفیت اولیه، خود را هرگز به دست نخواهد آورد. پس از گرم شدن بتن ، آب داخل بتن نباید دوباره بین بزند ؛ علاوه بر آن ، به علت کاهش رطوبت نسبی هوا در دمای پایین ، تبخیر آب بتن به طور سریع صورت خواهد گرفت ، لذا باید مراقبت کافی برای جلوگیری از خشک شدن بتن به عمل آید . اگر بتن بعد از حصول ۷۵ درصد مقاومت ۲۸ روزه<sup>۱</sup> خود بین بزند ، این امر تأثیری در مقاومت نهایی آن ایجاد نخواهد کرد .

اگر بتن بعد از سفت شدن و قبل از کسب ۷۵٪ مقاومت ۲۸ روزه<sup>۱</sup> خود بین بزند ، بسته به میزان آب داخل بتن و مقاومت آن در لحظه<sup>۱</sup> یخبدان ، میزان خسارت واردہ به بتن متغیر خواهد بود . با توجه به اینکه میزان خسارت ناشی از یخبدان ، با مقدار آب موجود در جسم بتن مناسب است ، در دمای کمتر از ۵ + درجه سانتیگراد که خطر یخبدان احتمال دارد ، تحت هیچ شرایطی بتن آب پاشی نمی شود .

برای گرم کردن محیط بتن تازه ریخته شده ، از وسایل گرم کننده مانند بخاری ، بخار داغ و هوای گرم استفاده می شود . در صورتی که از آتش برای ایجاد گرما استفاده شود ، باید رطوبت کافی و تهویه مناسب فراهم شده باشد ، زیرا در این شرایط ، علاوه بر تبخیر سریع آب بتن ، در صورت عدم تهویه مناسب ، افزایش دی اکسید کربن در هوا نیز موجب ترک خوردن سطح بتن می شود .



شکل ۶۳. گرم کردن محیط بتن تازه با استفاده از بخاری

۲ - ۱۴ - ۳ . بتن ریزی در هوای گرم در هوای گرمتر از ۳۰ + درجه<sup>۱</sup> سانتیگراد ، مراقبتهای ویژه ای باید معمول شود و از تبخیر سریع آب کامل " جلو گیری گردد . بدترین شرایط بتن ریزی در هوای گرم ، زمانی است که همراه با وزش باد باشد . در این صورت ، در اثر تبخیر سریع آب و اختلاف شدید دمای بتن و محیط اطراف ، سطح بتن ترک بر می دارد . در زیر خلاصه ای از توصیه های مورد لزوم برای بتن ریزی در هوای گرم ارائه می شود :

- بتن ریزی در گرمریزین ساعت روز باید متوقف شود هر در صورت امکان در شب انجام گیرد.
- برای ساختن بتن، از سیمان پرتلند نوع ۴ که کندگیرتر از سیمان پرتلند نوع ۱ است، استفاده شود.
- در ساختن بتن، از آب سرد استفاده شود. برای پایین آوردن دمای آب می‌توان از بخ استفاده کرد، ولی هرگز نباید بخ را به طور مستقیم در دستگاه بتن ساز ریخت.
- مصالح سنگی از تابش مستقیم آفتاب محافظت شوند تا دمای آنها بیش از حد نباشد. با آب پاشی کردن می‌توان دمای مصالح سنگی را به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش داد.
- از مواد افزودنی برای حصول روانی بیشتر استفاده شود.
- دمای بتن به هنگام بتن ریزی، نباید از ۳۵ درجه سلسیوس تجاوز کند. لازم به یاد آوری است که دمای بتن هنگام بتن ریزی، هرچه پایینتر باشد (تا ۴ درجه سلسیوس)، مقاومت نهایی آن بیشتر خواهد بود.
- از مصرف سیمان گرمتر از ۷۵ درجه سلسیوس خودداری شود. سیمان ممکن است در اثر تابش آفتاب گرم شود و یا اینکه به علت نزدیکی فاصله کارخانه تولید سیمان تا محل کارگاه، سیمان تحويل شده به کارگاه، به حد کافی سرد نشده باشد.
- روانی بتن در بالاترین حد خود باشد.
- دستگاههای تولید بتن و لوله‌های پمپ و جامهای بتن، از تابش آفتاب محفوظ بمانند و با رنگ سفید، رنگ شوند. آب پاشی قسمتهایی که در مجاورت قوار دارند مغایر خواهد بود. تراکمیکسرها به رنگ سفید رنگ شوند.
- سطح قالبها و بلوکها قبل از بتن ریزی به حد وفور آب پاشی شوند.
- حمل و بتن ریزی در کوتاهترین زمان ممکن انجام شود.
- از پوشش‌هایی مانند نایلون، حصیر، گونی، کاه و یا برگ خیس برای جلوگیری از تابش مستقیم آفتاب استفاده شود.
- از تغییر دمای شدید و تبخیر سریع آب بتن جلوگیری گردد، در غیر این صورت، ترکهایی در سطح بتن ایجاد خواهد شد.

### ۲ - ۳ - ۲. بتن ریزی در هوای بارانی

- در صورتی که بارندگی شدید باشد، صلاح در این است کاملاً "عملیات بتن ریزی شروع نگردد، ولی در صورتی که بارندگی پس از شروع بتن ریزی آغاز شده باشد و قطعه بتن ریزی میسر نباشد، لازم است که تابیر زیر برای محافظت بتن نازه ریخته شده (از شسته شدن دوغاب سیمان و یا افزایش نسبت آب به سیمان آن)، اتخاذ گردد:
- ساخت بتن با اسلامپ کمتر انجام شود.
  - سطح بتن نازه ریخته شده به وسیله ورقه‌های نایلونی یا سایر پوشش‌های مناسب پوشانده شود.
  - شبیب بندی مختصی برای تخلیه آب باران اجرا گردد.
  - از جمع شدن آب روی سقف جلوگیری شود.

– اگر پاران شدید ببارد و از جمع شدن آب در سطح کار ویا از شسته شدن بتن نتوان جلوگیری کرد ، بتن ریزی باید در محلهای مناسبی قطع شود .

– در صورتی که باران به صورت رگبار به مدت کوتاهی ببارد ، در آن مدت باید بتن ریزی را متوقف کرده و سطح کار با ورقهای نایلونی و غیره پوشیده شود و پس از خاتمه رگبار ، بتن ریزی مجدد " از سرگرفته شود .

۲-۱۴-۴. بتن ریزی در باد هنگام بتن ریزی در باد ، باید قبلا " پیش بینیهای کافی در مورد تعییه حفاظهای لازم برای جلوگیری از سقوط افراد از ارتفاع به عمل آمده باشد . همچنین برای جلوگیری از خشک شدن سریع آب بتن نازه ، سقف بتن ریزی شده به وسیله ورقهای نایلونی پوشانده شود .

۲-۱۴-۵. بتن ریزی در شب اگر بتن ریزی در شب انجام می شود ، باید قبلا " سیستم روشنایی مناسب برای اجرای عملیات فراهم شده باشد .



### ۳. کنترل کیفیت تیرچه و بلوك

هدف از کنترل کیفیت قطعات پیش ساخته و بتن آمده، حصول اطمینان از تطبیق مشخصات فنی این محصولات با مشخصات طرح و استانداردهای مربوط است. کنترل کیفیت این محصولات، در سه مرحله، متمایز انجام می‌گیرد که به شرح زیر است:

الف) کنترل کیفیت مصالح تشکیل دهنده، شامل بررسی مدارک و تأییدیه‌های فنی کارخانه تولید کننده این مصالح (به ویژه فولاد)، بازدید ظاهری مصالح تحویل شده و بررسی آنها از لحاظ آسیب‌دیدگی احتمالی ناشی از حمل و نقل، و نمونه‌گیری از مصالح تحویل شده و انجام آزمایش‌های لازم روی این نمونه‌هاست. کنترل اخیر، به ویژه در مورد فولادهای اصلاح شده و نیز در مواردی که مصالح خریداری شده، قادر تأییدیه‌های معابر فنی باشند، ضروری است.

ب) کنترل حین تولید، شامل کنترل صحت کارکرد ماشین‌آلات و کنترل کیفیت محصول در مراحل مختلف تولید است. این کنترل، باید با توجه به توصیه‌های درج شده در مدارک فنی ماشین‌آلات مورد استفاده و نیز اصول فنی صحیح مربوط به روند تولید، انتخاب شده و انجام گیرد.

ج) کنترل کیفیت قطعه، ساخته شده، شامل بررسی ظاهری قطعه و کنترل صحت ابعاد و اندازه‌ها و آزمایش مقاومت بتن، کنترل تأثیر جوشکاری روی فولاد، به ویژه فولادهای اصلاح شده و کنترل کیفیت قطعات ساخته شده به کمک آزمایش‌های بارگذاری این قطعات است.

هر سه مرحله کنترل یاد شده در بالا، باید به طور منظم در کارخانه سازنده قطعات انجام گیرند و کیفیت محصولات، به تأیید مراجع فنی صلاحیت دار برسد. در این صورت، نیازی به آزمایش مجدد قطعات در مرحله خرید و اجرا نخواهد بود. اما در حال حاضر، به دلیل نبودن کنترل کیفی اجباری قطعات پیش‌ساخته بتن و بتن آمده، اکثر محصولات بتن تولید شده در کارخانه‌ها، بدون انجام حداقل کنترلهای کیفی مورد نیاز، به بازار عرضه می‌شوند. به این سبب، تا برقرار شدن سیستم مناسب برای کنترل کیفیت این محصولات، محصولات خریداری شده باید تحت آزمایش‌های مناسب قرار گیرند. نحوه کنترل کیفی تیرچه‌های خرپایی، تیرچه‌های پیش‌تئید و بلوك سقفی به شرح زیر است.

### ۳ - ۱. تیرچه خرپایی

تیرچه‌های خرپایی، در واقع نوعی شبکه‌های فولادی را جوش شده هستند و به این دلیل کنترل کیفیت آنها، شامل کنترل ابعاد و سلامت ظاهری، کنترل کیفیت فولاد و ارزیابی تأثیر جوش در خواص مکانیکی فولاد و اندازه‌گیری مقاومت جوش در اتصالات خواهد بود.

### ۳ - ۱ - ۱. کنترل ابعاد و سلامت ظاهری تیرچه‌ها

در این مرحله، کیفیت ظاهری فولاد و بتن مصرف شده، تعداد میلگرد‌های کششی تقویتی، شکل میلگرد‌های عرضی، سلامت ظاهری قطعه از نظر شکستگی و خردشیدگی بتن پاشنه و خرپای تیرچه، انحنای غیرعادی تیرچه، کیفیت ظاهری جوش، سلامت میلگرد در محل اتصالات جوشی، پکواخت بودن ابعاد شبکه خرپای و بتن پاشنه، مورد ملاحظه دقیق قرار می‌گیرند: همچنین، با استفاده از وسایل اندازه‌گیری کارگاهی مانند متروکولیس، قطر میلگردها، ابعاد هندسی خرپای و طول میلگردهای کششی تقویتی و نیز پوشش بتنی روی میلگردها، اندازه‌گیری شده و نتایج به دست آمده با اندازه‌های طرح و مشخصات فنی، مورد مقایسه و کنترل قرار می‌گیرند.

کنترل ابعاد و سلامت ظاهری تیرچه، باید روی نمونه‌های منتخب از انواع تیرچه‌های خریداری شده و با تیرچه‌هایی که در کارگاه تولید می‌شوند، انجام گیرد. منظور از انواع تیرچه‌ها، تنوع آنها از نظر نوع و شکل خرپای فولادی، قطر و نوع فولاد کششی و عرضی، همراه با تولید محموله‌های مختلف است. طول تیرچه، عامل تنوع به حساب نمی‌آید.

تعداد حداقل نمونه‌های لازم برای کنترل ابعاد و سلامت ظاهری تیرچه‌ها، در بند ۳-۱ این فصل یاد شده است. مقادیر حداقل را دارای ابعاد و انحنای قائم و افقی تیرچه‌های خرپایی به شرح زیر است:

- پوشش بتنی :

$\pm 5$ میلیمتر	جانبی
$\pm 5$ میلیمتر	زیرین
$\pm 5$ درصد ارتفاع محاسباتی	- ارتفاع خرپای
$\pm 15$ میلیمتر	- فاصله پای میلگردهای عرضی
$\pm 50$ میلیمتر	- طول خرپای
$\pm 5$ میلیمتر	- عرض و ارتفاع پاشنه بتنی
$\frac{1}{500}$ طول تیرچه	- انحراف قائم
$\frac{1}{500}$ طول تیرچه و حداقل ۱۵ میلیمتر	- انحراف طولی

### ۳ - ۱ - ۲. کنترل مکانیکی فولاد و اتصالات تیرچه‌ها

این کنترل برای تعیین خواص مکانیکی فولاد مصرف شده در خرپای، تعیین مقاومت اتصالات و همچنین تأثیر عمل جوشکاری بر خواص مکانیکی فولاد، انجام می‌شود. در صورتی که هدف از اندازه‌گیری، تعیین مشخصات

مکانیکی فولاد مصرف شده باشد ، نمونه‌های مورد آزمایش باید عاری از هرگونه اثر جوشکاری باشند . اگر هدف از اندازه‌گیری ، تأثیر جوش روی خواص مکانیکی فولاد باشد ، نمونه‌ها باید دارای حداقل یک گره جوشکاری در وسط نمونه‌ها باشند .

هنگامی که فولاد مورد مصرف ، گواهینامه (معرفی نامه) معتبر نداشته باشد ، و هنگامی که در مورد محصول ارسال شده تردید وجود داشته باشد ، تعیین خواص مکانیکی فولاد ضروری است . در مورد فولادهای سردار اصلاح شده ، کنترل کیفیت ضرورت دارد .

با توجه به محدودیتها فعلى امکانات آزمایشگاهی ، این کنترل‌ها فقط به کنترل مکانیکی می‌گردد . کششی محدود می‌شود ، مگر آنکه به علت وجود نیروهای برش قابل توجه (دهانه و سریار زیاد) ، دستگاه نظارت ، کنترل مکانیکی می‌گردد . عرضی را نیز لازم تشخیص دهد . کنترل مکانیکی فولاد و اتصالات تیرچه‌ها ، شامل آزمایش‌های

#### آزمایشگاهی زیر است :

الف ) آزمایش کشش روی نمونه می‌گردد ، برای تعیین مقاومت کششی و حد ارجاعی و تغییر طول نسبی نمونه مورد آزمایش .

ب ) آزمایش خم و بازکردن می‌گردد ، برای تعیین شکل پذیری فولاد .

ج ) آزمایش تعیین مقاومت برشی جوش (در محل اتصال می‌گردد عرضی به می‌گردد کششی) . این آزمایش ، فقط در صورتی که آزمایش‌های مکانیکی روی می‌گردد عرضی تیرچه‌ها ضروری تشخیص داده شود ، انجام می‌گیرد .

#### ۳ - ۱ - ۳ - نمونه‌برداری

کنترل ابعاد و سلامت ظاهری تیرچه‌ها و نیز کنترل مکانیکی فولاد و جوش روی نمونه‌های منتخب تیرچه‌ها انجام می‌گیرد و با توجه به توضیح درج شده در بند ۲-۱-۳ ، منظور از انواع ، تنوع تیرچه‌ها از نظر شکل و ابعاد خربما ، قطر و نوع می‌گردد کششی ، شرایط تولید محموله‌های مختلف (روش جوشکاری و نوع تجهیزات مربوط و مهارت جوشکار) است . ولی در صورتی که به علت وجود نیروهای برشی قابل توجه (دهانه و سریار زیاد) ، دستگاه نظارت ، کنترل مکانیکی فولادهای عرضی را نیز ضروری تشخیص دهد ، قطر و نوع می‌گردهای عرضی نیز عامل محسوب خواهد شد . چگونگی نمونه‌برداری و حداقل تعداد نمونه‌های لازم ، در شرایط مختلف ، به شرح زیر خواهد بود .

#### ۳ - ۱ - ۳ - ۱ - نمونه‌برداری قبل از خرید تیرچه‌ها (کنترل اولیه)

در صورتی که تیرچه‌های خرپایی به طور آماده خریداری شوند ، توصیه می‌شود قبل از انجام سفارش ، کنترل اولیه روی تیرچه‌های تولیدی در محل کارخانه سازنده ، صورت گیرد . به این منظور ، می‌توان با مراجعه اتفاقی به محل کارخانه و نمونه‌برداری از تولیدات (در حد امکان از تولید همان روز) ، که فیـ... تیرچه‌های تولید شده را مورد آزمایش قرار داد .

انتخاب نمونه‌ها باید به این صورت باشد که از هرگروه خریا با میلگرد کشی به قطر معین و از یک نوع فولاد، سه نمونه به طور تصادفی انتخاب شود و از هر کدام نمونه‌ای به طول  $1/5$  متر بریده و برای انجام آزمایش‌های یاد شده در بالا، به آزمایشگاه ارسال کنند.

۳ - ۱ - ۲ - ۲. نمونه‌برداری از تیرچه‌های خرپایی تحویل شده به کارگاه، در صورتی که کنترل اولیه موضوع بند ۱-۳-۱-۳، در مورد آنها انجام گرفته باشد در این صورت، علاوه بر کنترل اولیه، لازم است که سموله‌های تیرچه، تحویل شده به کارگاه، طبق روشی که در زیر توصیه می‌شود، مورد کنترل قرار گیرند.

در صورتی که خرپاهای تحویل شده بدون استفاده از ماشینهای اتوماتیک تولید خریا و به روش جوشکاری دستی تولید شده باشد، به ترتیب تحویل سموله‌های تیرچه‌های خرپایی به کارگاه، به ازای هر سه هزار متر تیرچه، سه نمونه به طور تصادفی از تیرچه‌هایی که میلگرد کشی آنها از یک نوع فولاد و با قطر یکسان باشد، انتخاب شده و پس از انجام کنترلهای ظاهری، از هر کدام قطعه‌ای به طول  $1/5$  متر بریده شده و برای آزمایش به آزمایشگاه ارسال شود. در صورتی که قطر و نوع فولاد میلگرد دهای کشی تیرچه‌ها متفاوت باشد، توصیه می‌شود نمونه‌ها از تیرچه‌های مشابه که بیشترین طول را در سه هزار متر هر مورد تحویل دارند، انتخاب شود. اگر طول مجموع تیرچه‌های تحویل شده به کارگاه از سه هزار متر کمتر باشد، می‌توان به تشخیص دستگاه نظارت از انجام آزمایش، صرفنظر کرد.

در صورتی که تیرچه‌های مورد سفارش، در کارخانه و با استفاده از ماشینهای اتوماتیک تولید خرپایی تیرچه ساخته شده باشد، کنترل اولیه کافی است و نیازی به کنترل تیرچه‌های ارسال شده به کارگاه نیست، مگر در مواردی که کیفیت ظاهری تیرچه‌ها با تیرچه‌های نمونه‌برداری شده در کارخانه متفاوت باشد.

۳ - ۱ - ۳ - ۳. نمونه‌برداری از تیرچه‌های خرپایی تحویل شده به کارگاه، در صورتی که کنترل اولیه اولیه موضوع بند ۱-۳-۱-۳، در مورد آنها انجام نگرفته باشد در صورتی که ساخت خرپایی تیرچه‌ها در کارخانه ولی بدون استفاده از ماشینهای اتوماتیک تولید خریا و به روش جوشکاری دستی انجام شده باشد، به ترتیب تحویل سموله‌های تیرچه خرپایی به کارگاه، به ازای هر  $1500$  متر تیرچه، سه نمونه به شرح بالا انتخاب شود و پس از انجام کنترلهای ظاهری، برای آزمایش به آزمایشگاه ارسال گردد. اگر طول مجموع تیرچه‌های مورد مصرف یک کارگاه از  $1500$  متر کمتر باشد، می‌توان به تشخیص دستگاه نظارت از انجام آزمایش صرفنظر کرد.

در صورتی که تیرچه‌های تحویل شده، در کارخانه و با استفاده از ماشینهای اتوماتیک تولید خریا ساخته شده باشد، نمونه‌برداری مطابق روش بالا و به ازای هر  $3000$  متر تیرچه انجام می‌گیرد.

یادآوری می‌شود که پس از برقرار شدن سیستم استاندارد اجباری در مورد تیرچه‌ها و سایر محصولات بتنی، کنترل کیفی قطعات و محصولات بتنی تحویل شده به کارگاه، لزومی نخواهد داشت، به شرط آنکه برای

تصمیم استاندارد محموله، از طرف سازنده همراه با محموله به خریدار داده شود.

۳-۲-۳-۴. نمونهبرداری از تیرچه‌هایی که در کارگاه محل مصرف، تولید می‌شوند در این صورت، علاوه بر کنترل‌های درج شده در بندهای الف و ب این فصل (کنترل مصالح تشکیل دهنده و کنترل حین تولید)، از هر ۲۵۰۰ متر تولید متوالی هر کدام از جوشکارها که با پک دستگاه جوشکاری معین کار می‌کنند، سه نمونه پیکسان با نظر دستگاه نظارت انتخاب شده و پس از کنترل‌های ظاهری، از هر کدام نمونه‌ای به طول ۱/۵ متر بریده و برای آزمایش‌های مکانیکی، به آزمایشگاه ارسال می‌شود.

۳-۱-۴. نحوه اجرای آزمایش‌های مکانیکی و تفسیر نتایج آنها  
در آزمایشگاه، از میلگرد‌های کشی هرگروه سه تایی نمونه‌های خرپای ارسال شده، یک نمونه دارای حداقل یک گروه جوشکاری در وسط نمونه برای آزمایش کشش میلگرد، دو نمونه (یکی با اثر جوش در وسط و دومی بدون اثر جوش) برای آزمایش خم و بازکردن فولاد و یک نمونه (با اثر جوش در وسط نمونه) برای آزمایش برش جوش‌تهیه می‌شود.

۳-۱-۴-۱. آزمایش کشش میلگرد  
این آزمایش، در آزمایشگاه‌های مجاز انجام می‌گیرد و تفسیر نتایج آن به عهده دستگاه نظارت است. در صورتی که نسبت مقاومت بعدست آمده از آزمایش کشش نمونه‌های دارای گره جوشکاری به مقاومت کششی فولاد مصرف شده (بدون اثر جوشکاری)، بین ۱/۵ تا ۱ باشد، استفاده از تیرچه‌های نمونه‌برداری شده پس از کنترل مجدد محاسباتی براساس مقاومت به دست آمده از آزمایشها و اجرای تقویت‌های احتمالی لازم، مجاز است. اگر نسبت بالا کمتر از ۱/۵ باشد، تیرچه‌های مورد نمونه‌گیری مردود شناخته می‌شوند.

۳-۱-۴-۲. آزمایش خم و باز کردن میلگرد  
این آزمایش، برای ارزیابی میزان شکل‌پذیری میلگرد‌های کشی، در محل جوشکاری شده و نیز در طولهای بدون اثر جوش انجام می‌گیرد. روش انجام این آزمایش در دو حالت بدون اثر جوش و فولاد دارای یک گره جوش، به شرح زیر است. این آزمایش در محل کارگاه‌انیز قابل اجراست.

روش آزمایش در مرور فولاد بدون ارجو شویندگی این ترتیب است که نمونه تهیه شده فولاد را در دستگاه خم کن حول فلكه چرخان به قطر سه برابر قطر میلگرد، برای میلگرد‌های به قطر کوچکتر یا مساوی، ۱۲ میلیمتر و به قطر پنج برابر قطر میلگرد برای میلگرد‌های دارای قطر بزرگتر از ۱۲ میلیمتر، به آرامی به اندازه ۹۰ درجه، خم می‌کنند و سپس آن را به مدت نیم ساعت در آب جوش قرار می‌دهند. نتیجه آزمایش وقتی رضایت‌بخش محسوب می‌شود که پس از سرد شدن نمونه‌ها و کاهش دمای آنها تا دمای محیط، خم آنها را بتوان ۴۵ درجه باز کرد بدون آنکه هیچ گونه آثار ترک و بریدگی و معایب دیگر در آنها مشاهده شود. اگر نتیجه، این آزمایش

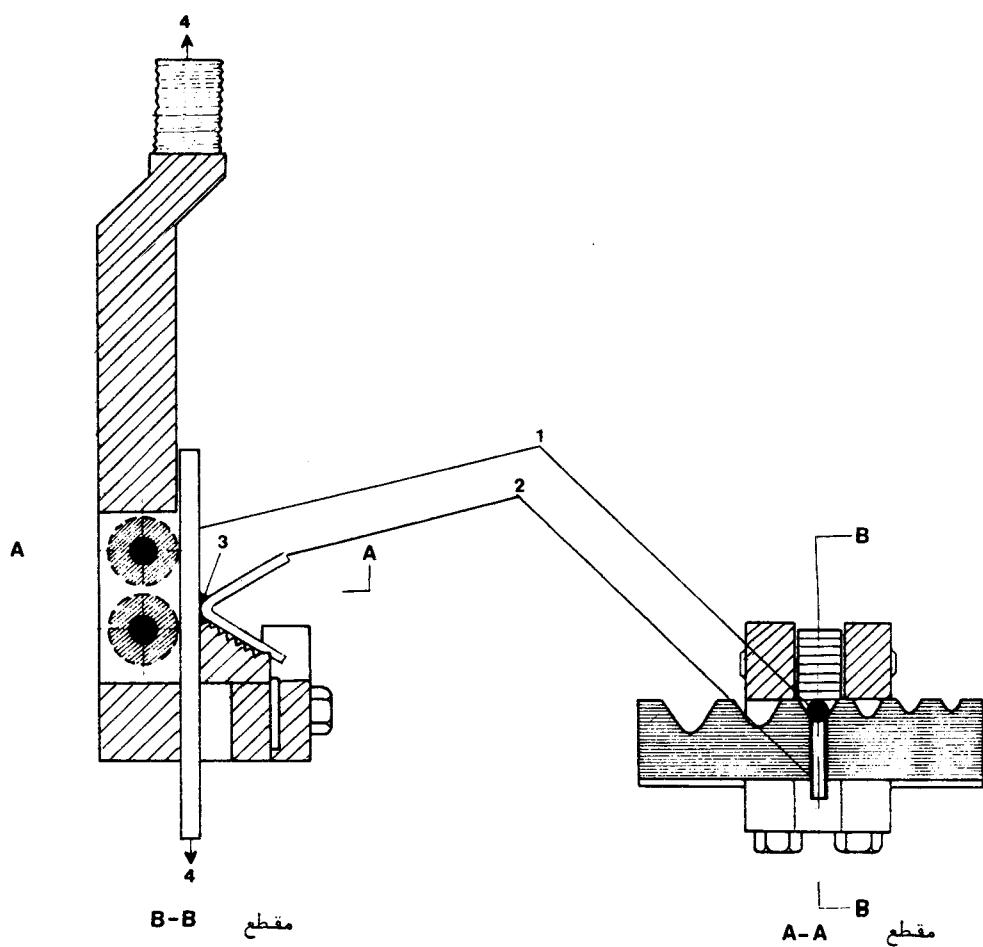
در مورد دو نمونه از هر سه نمونه‌ای که مورد آزمایش قرار می‌گیرند، رضایت‌بخش باشد، نتیجه، کنترل مجموعه تیزچه‌های مورد نمونه‌گیری، مثبت خواهد بود. وجود نقاطی از گره‌های جوش روی نمونه، به شرط‌آنکه این نقاط هنگام خم کردن در طول انحنای میلگرد واقع نشوند، اشکالی ندارد.

در آزمایش خم و باز کردن به منظور بررسی میزان تأثیر عمل جوشکاری روی فولاد، نمونه تهیه شده باید دارای یک گره جوش در وسط باشد و هنگام خم کردن میلگرد، گره جوش باید در وسط اینجا و به طرف بیرون فلکه قرار داده شود. انتخاب قطر فلکه چرخان، مانند آزمایش خم و بازکردن فولاد بدون اثر جوش ایست. نتیجه، آزمایش وقتی رضایت‌بخش تلقی می‌شود که در اثر خم کردن میلگرد به اندازه ۹۵ درجه، هیچ گونه آثار ترک و بریدگی و معایب دیگر در محل جوش مشاهده نشود.. اگر نتیجه، آزمایش در مورد حداقل دو نمونه از هر سه نمونه‌ای که تحت آزمایش قرار می‌گیرد رضایت‌بخش باشد، نتیجه کنترل مجموعه تیزچه‌های مورد نمونه‌گیری مثبت تلقی خواهد شد.

لازم به یاد آوری است که دمای میلگردهای مورد آزمایش نباید کمتر از ۵- درجه سانتیگراد باشد و در این صورت، پس از گرم کردن نمونه‌ها (متلا "گذاشتن آنها در آب گرم)، می‌توان آزمایش خم و بازکردن میلگردها را در مورد آنها اجرا نمود.

**۳-۱-۴-۳. آزمایش و کنترل مقاومت جوش**  
این آزمایش فقط در مواردی که تلاش برشی سقف قابل ملاحظه باشد (دهانه، بزرگ و سربار سنگین)، بنابراین تشخیص دستگاه نظارت انجام می‌شود و هدف از آن، تعیین مقاومت جوش و مقایسه آن با ضوابط طرح است. آزمایش با اضافه کردن تجهیزات مناسب در دستگاه کمشن فولاد قابل اجراست و این تجهیزات باید آزادی حرکت میلگرد اصلی را تأمین کند.

نحوه آزمایش به این ترتیب است که با عمور دادن و کشیدن میلگرد کشی از داخل یک سوراخ به قطر ۱ تا ۲ میلیمتر بزرگتر از قطر میلگرد، مقدار نیرویی که موجب بریده شدن اتصال جوش می‌شود، اندازه‌گیری و مقاومت برشی جوش به دست می‌آید. سرعت مناسب افزایش نیروی کشی، عدم اصطکاک بین میلگرد کشی و جداره، سوراخ، هم امتداد بودن نیروی کشی با امتداد میلگرد، جلوگیری از حرکت جانبی نمونه در محله، آزمایش و ثابت بودن محل تکیدگاه جوش، از نکاتی هستند که باید مورد ملاحظه، دقیق قرار گیرند. تصاویر شماتیک یک نوع دستگاه آزمایش مقاومت برشی جوش در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۶۴. تصویر شماتیک دستگاه آزمایش مقاومت برشی جوش.  
میلگرد کشی (۱)، میلگرد عرضی (۲)، جوش (۳)، نیروی کشی (۴).

نتیجه کنترل نمونه‌های سه تایی تهیه شده از تیرچه‌های خرپایی، وقتی رضایت‌بخش تلقی می‌شود که مقاومت برشی اندازه‌گیری شده در این آزمایش، در مورد حداقل دو نمونه از سه نمونه، مساوی یا بیشتر از سقدار محاسباتی باشد.



**۳ - ۲ . روش آزمایش تیرچه‌های پیش‌تنیده**  
به طور کلی هدف از آزمایش تیرچه‌های پیش‌تنیده، کنترل ابعاد و نیز تعیین میزان تنفس فشاری موجود در بتن پیش‌تنیده است. آزمایش تیرچه‌های پیش‌تنیده، شامل کنترل ابعاد و سلامت ظاهری و نیز کنترل مکانیکی آنهاست.

**۳ - ۲ - ۱ . نمونه‌برداری**  
کنترل باید کلیه، انواع تیرچه‌های همنوع را در برگیرد، منظور از انواع، تنوع آنها از نظر ابعاد مقطع، نوع بتن و فولاد مصرف شده و تعداد، قطر، محل استقرار سیمها و شرایط تولید محموله‌های مختلف است. طول تیرچه عامل تنوع محسوب نمی‌شود.

در صورتی که طول مجموع تیرچه‌های مورد مصرف یک کارگاه، از ۲۵۰۰ متر کمتر باشد، با نظر دستگاه ناظر، می‌توان از انجام کنترل مکانیکی تیرچه‌ها صرف‌نظر کرد. در غیر این صورت، روش نمونه‌برداری و آزمایش به شرح زیر خواهد بود:

از هر محموله تیرچه‌های پیش‌تنیده ارسالی به کارگاه (محموله هر کامیون)، دو نمونه از یک نوع، به طور تصادفی انتخاب شده و پس از کنترل ابعاد و سلامت ظاهری، آنها را برای آزمایش بارگذاری به آزمایشگاه ارسال

می‌کند . در صورتی که محموله تحويل شده به کارگاه ، دارای انواع مختلف تیرچه باشد ، با نظر دستگاه نظارت ، ترجیحا " نمونه‌ها را از بین تیرچه‌های همنوعی که بیشترین مقدار را در آن محموله دارا هستند ، انتخاب می‌کنند .

### ۳ - ۲ - ۲ . کنترل ابعاد و سلامت ظاهری تیرچه‌ها

نخست ، قطعات به منظور بررسی سلامت ظاهری ، از نظر شکستگی و خردشگی بتن ، انحنای غیر عادی طولی و عرضی و یکنواخت بودن ابعاد مقطع ، موردملاحظه دقیق قرار می‌گیرند و سپس با استفاده از وسایل اندازه‌گیری کارگاهی مانند متراکولیس ، طول و ابعاد مقطع ، فاصله سیمه‌ها از یکدیگر ، محل آنها ، پوشش بتنی روی سیمه‌ها ، محل استقرار آنها ، همچنین خیز و انحنای افقی تیرچه ، اندازه‌گیری می‌شود . مقادیر حداقل رواداری ابعاد و انحنای افقی تیرچه‌های پیش‌تئیده به شرح زیر هستند :

- ابعاد مقاطع عرضی بتن  $5^+$  میلیمتر ، برای عرض پاشنه و جان تیرچه

- درصد ارتفاع محاسباتی ، برای ارتفاع مقطع  $5^+$

- طول تیرچه  $25^+$  میلیمتر

- محل استقرار سیمه‌ها در مقطع عرضی  $3^+$  میلیمتر

- انحنای افقی در طول تیرچه  $\frac{1}{500}$  طول تیرچه و حداقل  $10^+$  میلیمتر

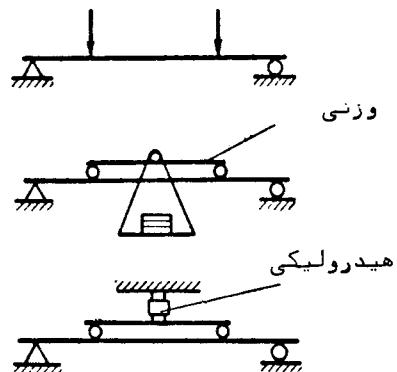
لازم به یادآوری است که خیز تیرچه‌های پیش‌تئیده ، بستگی به ابعاد ، مقاومت بتن ، حدول ارجاعی بتن ، اندازه و محل اثر نیروی پیش‌تئیدگی داشته و برای هر نوع تیرچه ، مقدار معینی دارد . تفاضل خیز از اندازه‌گیری شده در وسط تیرچه و خیز محاسباتی ، باید کمتر از  $\frac{1}{500}$  طول تیرچه باشد .

### ۳ - ۲ - ۳ . آزمایش مکانیکی تیرچه‌های پیش‌تئیده

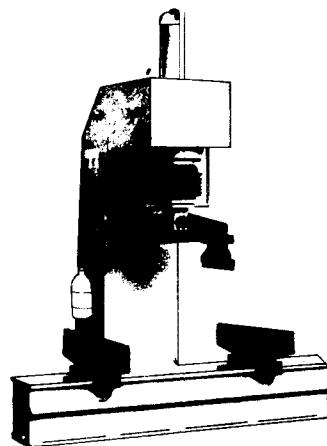
در مرحله آزمایش مکانیکی ، میزان تنش فشاری موجود در تیرچه پیش‌تئیده ، مورد آزمایش قرار می‌گیرد و برای تعیین آن ، به علت ثابت بودن سطح مقطع عرضی تیرچه‌های پیش‌تئیده ، تیرچه‌ها مانند یک تیر پیش ساخته بتنی مورد آزمایش خشی قرار می‌گیرند . برای آزمایش ، از دستگاه خمش چهار نقطه ، یا هر دستگاه مشابهی که برای بارگذاری این قطعات پیش ساخته مناسب باشد ، استفاده می‌شود . در آزمایشگاه ، می‌توان طول مناسبی از تیرچه پیش‌تئیده را ببریده و با دستگاه آزمایش مقاومت خمشی (چهار نقطه) ، مورد آزمایش قرار داد . در این آزمایش ، دو نیروی متمرکز را با غواص‌المساوی از دو تکیه‌گاه طرفین ، به تیرچه وارد کرده و مقدار نیرو و تغییرات خیز و سطح تیرچه را که توسط نیروسنج و تغییر شکل سنجها اندازه‌گیری می‌شوند ، یادداشت می‌کنند . از سیستم‌های بارگذاری مستقیم ، اهرمی و هیدرولیکی نیز ، برای بارگذاری تیرچه پیش‌تئیده می‌توان استفاده کرد .

بارگذاری دو قطعه ، ایجاد لنگر خمشی می‌کند و تنش فشاری تارهای تحتانی ، به تدریج حذف و به تنش تارهای فوقانی اضافه می‌شود . این عمل تا آنجا ادامه می‌یابد که تنش حاصل از پیش‌تئیدگی در تارهای تحتانی ، به کلی حذف و به تنش کششی تبدیل شود . در نتیجه ، افزایش تنش کششی در تار تحتانی ، قطعه مورد آزمایش ترک می‌خورد ، که جهت ترکها عمود بر محور طولی تیرچه است . با معلوم بودن مقدار نیرویی که موجب حذف تنش پیش‌تئیدگی در تار تحتانی و ایجاد ترک می‌شود ، می‌توان میزان پیش‌تئیدگی تیرچه را محاسبه کرد . (شکل ۶۵) . جزئیات آزمایش ، در پیوست ۱ درج شده است .

در صورتی که نسبت نیروی پیش تنیدگی اندازه‌گیری شده به نیروی پیش تنیدگی اسمی تیرچه‌ها ، کمتر از  $5/70$  باشد ، محموله مورد آزمایش مردود شناخته می‌شود . چنانچه این نسبت ، بین  $5/70$  تا  $1$  باشد ، مصرف آنها مشروط به تجدید نظر در محاسبات مربوط به سقف (براساس میانگین نتایج آزمایش) و اجازه کتبی دستگاه نظارت خواهد بود .



(الف)



(ب)

شکل ۶۵. آزمایش خمی چهار نقطه‌ای . شمای آزمایش چهار نقطه‌ای (الف) . یک نوع دستگاه آزمایش خمی چهار نقطه‌ای از آزمایشگاهی (ب) .

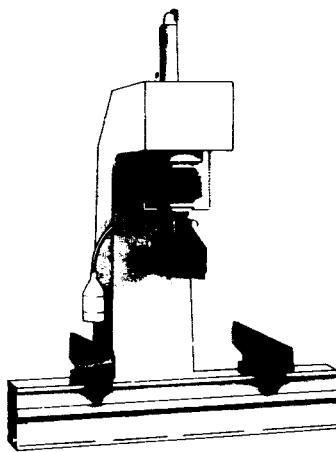
### ۳-۳. روش آزمایش بلوک

هدف از آزمایش بلوک، کنترل میزان باربری و حصول اطمینان از مقاومت کافی بلوک در برابر نیروهای وارد در زمان اجرای سقف است. کنترل کیفیت، باید انواع بلوکها را دربرگیرد. منظور از انواع، تنوع آنها از نظر شکل، ابعاد، روش و شرایط تولید محموله‌های مختلف است.

این آزمایش تنها در صورتی انجام می‌گیرد که به دلیل مشکوک بودن کیفیت ظاهری بلوکها، دستگاه نظارت آزمایش را ضروری تشخیص دهد. برای این منظور، به ازای هر ۱۰۰۰ عدد بلوک همنوع مورد مصرف، یک نمونه، و حداقل ۴ نمونه، به طور تصادفی انتخاب شده و مورد آزمایش بارگذاری قرار می‌گیرد.

آزمایش بلوک، توسط دستگاه اندازه‌گیری مقاومت خمشی انجام می‌گیرد. این دستگاه باید بتواند بار متمرکزی را به میزان حداقل ۵۵ کیلوگرم، اعمال کند. دستگاه، دارای دو تکیه‌گاه قابل تنظیم برای جاگذاری بلوک و یکتیغه منفرد در بالا، برای اعمال فشار است. عرض نشیمنگاه بلوک و محل اثر نیز، حدود ۲۲ سانتیمتر و طول آن حداقل برابر طول بلوک مورد آزمایش است که برای جلوگیری از تعاس مستقیم تیغه‌ها یا بلوک، توسط چند لایه موکت یا لاستیک به ضخامت نیم سانتیمتر، پوشیده می‌شود. پس از جاگذاری بلوک، بار با سرعت یکواخت حدود ۱۵ کیلوگرم در ثانیه، بر بلوک وارد می‌شود و بلوک مورد آزمایش، باید قادر به تحمل نیرویی معادل ۳۰۰ کیلوگرم باشد.

نتیجه کنترل مجموعه بلوکهای مورد نمونه‌گیری، وقتی رضایت‌بخش تلقی می‌شود که حداقل  $\frac{3}{4}$  نمونه‌های مورد آزمایش، در اثر بارگذاری نشکنند.



شکل ۶۶. دستگاه بارگذاری بلوک



#### ۴. مختصری دربارهٔ خواص بتن و عوامل موثر در کیفیت آن

به دلیل اهمیت موضوع، ویژگیهای اجزای تشکیل دهنده و عوامل موثر در کیفیت بتن، به طور خلاصه در این نشریه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۴ - ۱. ویژگیهای اجزای تشکیل دهندهٔ بتن

بتن از سه جزء اصلی سیمان، مصالح سنگی (شن و ماسه رودخانه‌ای یا شکسته) و آب تشکیل می‌یابد و در بعضی موارد برای بهبود پاره‌ای از خواص آن، از مواد افزودنی نیز استفاده می‌شود. خمیر سیمان (مخلوط آب و سیمان) حدود ۲۵ تا ۴۰ درصد و مصالح سنگی حدود ۶۴ تا ۷۵ درصد، حجم بتن تازه را تشکیل می‌دهند. در بتن متراکم شده، حدود ۱٪ تا ۲٪ فضای خالی وجود دارد. وزن مخصوص بتن با مصالح سنگی متعارف، حدود  $2350 \pm 50$  کیلوگرم بر مترمکعب است.

سیمان: سیمانی که برای ساختن بتن مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید دارای مشخصات ویژه‌ای که در استانداردهای مربوط تعریف شده‌اند، باشد. همچنین مشخصات آن با مشخصات سیمان بتن طرح، مطابقت داشته باشد. اگر ویژگی خاصی از نظر فیزیکی و شیمیایی موردنیاز نباشد، از سیمان پرتلند نوع یک استفاده می‌شود و در صورتی که احتمال تأثیر ملایم سولفاتها به سازه بتنی موجود باشد و یا به علت گرمای هوا و سایر عوامل، سیمان کندگیرتری مورد نیاز باشد، به ترتیب از سیمان پرتلند نوع دو و چهار، استفاده می‌شود و بالآخره در صورتی که کسب مقاومت زیاد در مدت کم الزامی باشد، از سیمان پرتلند نوع سه استفاده می‌شود. مقاومت بتن ساخته شده با این نوع سیمان، در مدت ۳ تا ۷ روز، به مقاومت ۲۸ روزه بتن ساخته شده با سیمان نوع یک می‌رسد. استفاده از این سیمان، برای بتن ریزی در هوای سرد بسیار مناسب و با صرفه است، ولی به هر حال، مقاومت نهایی این بتن با مقاومت نهایی بتن ساخته شده با سیمان نوع یک، تقریباً یکسان است.

کیفیت سیمان را معمولاً "براساس مقاومت ۲۸ روزه ملات استاندارد، مشخص می‌کنند. مقاومت فشاری ملات استاندارد، براساس آزمایش‌های مندرج در استاندارد شمارهٔ ۳۹۳ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، زیرعنوان "سیمان پرتلند - تعیین تاب فشاری و خمشی"، تعیین می‌شود. هنگام انتخاب سیمان مورد مصرف، باید از تطابق تاب فشاری آن با تاب فشاری سیمان مورد نظر طراح، اطمینان حاصل کرد.

**مصالح سنگی:** مصالح سنگی به مراتب ارزانتر از سیمان، هستند و به این دلیل، برای مقاومت ثابت بتن، مصرف بیشتر مصالح سنگی در واحد حجم بتن، اقتصادیتر است. به علاوه وجود آنها در بتن، از دیدگاه فنی لازم است. بتنی که با مصالح سنگی مناسب ساخته می‌شود، مقاومت فشاری و پایایی بیشتری دارد و تغییر حجم آن (افت و خروش) کم خواهد بود. خصوصیات مصالح سنگی، از نظر جنس، چگونگی سطح و شکل دانه‌ها و همچنین وضعیت دانه‌بندی در کیفیت بتن سخت شده، نقش مهمی دارد.

سنگهای ضعیف و شکننده و سنگهایی که در هوا تجزیه می‌شوند و یا در آب متلاشی می‌گردند، نباید برای ساختن بتن بمقاره روند. همچنین، از به کار بردن سنگهایی که اثر سوء و مخربی در ترکیب شیمیایی آب و سیمان داشته باشد، باید خودداری شود. مصالح سنگی، باید چسبندگی خوبی با خمیر سیمان داشته باشند تا بتن مقاومی حاصل شود، اما از آنجا که گسیختگی بتن، یا در اثر شکستن دانه‌های سنگی و یا در اثر جدا شدن دانه‌ها از یکدیگر اتفاق می‌افتد، علاوه بر چسبندگی خوب دانه‌ها با خمیر سیمان، مقاومت برشی خود دانه‌های سنگی نیز در مقاومت نهایی بتن، نقش عمده‌ای دارد.

زیر بودن سطح مصالح سنگی در حد متعارف، موجب افزایش میزان چسبندگی با خمیر سیمان می‌شود، ولی اگر سطح دانه‌های سنگی بیش از اندازه زیرباشد و دانه‌های تیزگوش باشند و یا در حد مصالح سنگی پولکی، سوزنی و مستوی بیش از حدود ۱۵٪ وزن کل مصالح سنگی باشد، برای ایجاد کارایی معین بتن، خمیر سیمان بیشتری مصرف می‌شود و در نتیجه بتن ساخته شده با این نوع مصالح سنگی، گرانتر تعام می‌شود. در صورتی که برای اصلاح کارایی بتن، بدون اضافه کردن سیمان، فقط آب اضافه شود، به علت افزایش نسبت آب به سیمان در مخلوط بتن، مقاومت آن کاهش می‌یابد. این موضوع بویژه در مورد مصالح ریز دانه (ماسه) از اهمیت بیشتری برخوردار است.

عامل مهم دیگری که در چسبندگی مصالح سنگی با خمیر سیمان موثر است، میزان پاکیزگی سطح دانه‌های سنگی است. وجود مواد پسر و زايد مانند لای، خاکری، ملاج و مواد آلی روی دانه‌ها، باعث جلوگیری از انود شدن سطح دانه‌های سنگ با خمیر سیمان می‌شود و در نتیجه علاوه بر تأثیر در واکنش شیمیایی آب و سیمان، مانع چسبیدن کامل مصالح سنگی به خمیر سیمان و به یکدیگر می‌شود. در این صورت، مقاومت بتن به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. این عیب مصالح سنگی، "عمولاً" با شستشوی خوب برطرف می‌گردد.

دانه‌بندی مصالح سنگی، باید طوری باشد که بعد از متراکم کردن بتن، دانه‌های ریز دور دانه‌های درشت تر از خود را به خوبی احاطه نمایند و فضای خالی بین دانه‌های درشت، با دانه‌هایی ریز پر شود. در غیر این صورت، فضای خالی بین مصالح سنگی، با خمیر سیمان پرخواهد شد و در نتیجه علاوه بر افزایش قیمت تمام شده بتن، مقاومت آن نیز کاهش خواهد یافت.

مصالح سنگی غالب به ذو گره شن و ماستقیم می‌شوند. دانه‌های سنگی به قطر ۷۵ میکرون تا ۵ میلیمتر را ماسه و دانه‌های به قطر ۵ یا ۷ میلیمتر به بالا را شن می‌نامند. در مورد بتن پوششی سقفهای تیرچه و بلوك،

اندازه، درشت ترین شن به ۲۵ میلیمتر محدود می‌شود و توصیه می‌گردد شن درشت تراز ۲۵ میلیمتر، در بتون پوششی مصرف نشود.

در مصالح سنگی، علاوه بر شن و ماسه، دانه‌های ریزتر از ۲۵ میکرون نیز وجود دارند که ذرات به قطر ۲ تا ۷۵ میکرون را لای (سپلیت) و کوچکتر از ۲ میکرون را رس می‌نامند. دانه‌بندی مصالح ریز دانه بتون، باید با استاندارد شماره ۳۵۰ موءسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مطابقت داشته باشد.

در صورتی که کیفیت مصالح سنگی مورد تردید باشد، می‌توان مخلوطهای آزمایشی بتون از آنها ساخت و مورد آزمایش قرار داد. چنانچه نتایج این آزمایش موئید کارایی، مقاومت و پایایی بتون باشد، مصالح سنگی مورد استفاده، قابل قبول تلقی خواهد شد.

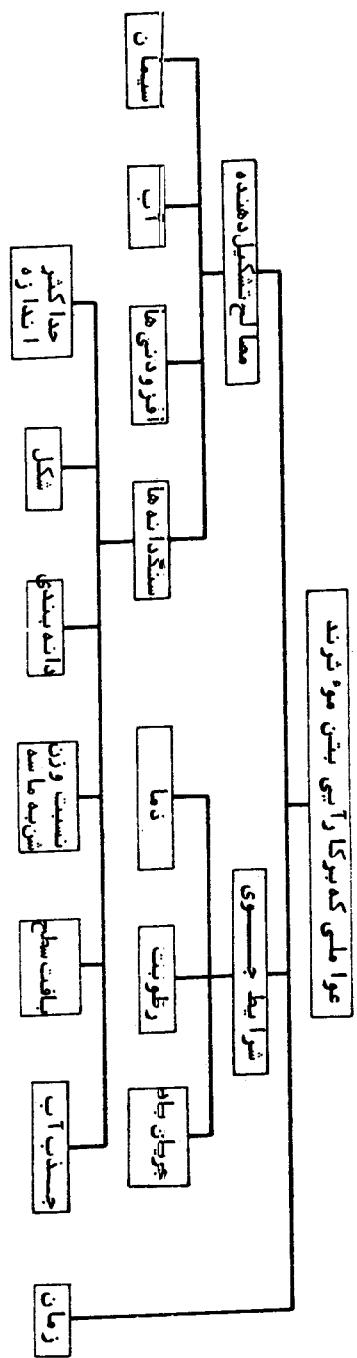
**آب:** آب در مخلوط بتون، علاوه بر ترکیب با سیمان (عمل آبگیری)، کارایی لازم را برای بتون تازه تأمین می‌کند. مقدار آبی که در واکنش شیمیایی با سیمان شرکت می‌کند، از حدود ۲۵ درصد وزن سیمان تجاوز نمی‌کند؛ در حالی که در عمل، برای تأمین کارایی، نسبتهاي بالاتری مورد نیاز است. به عبارت دیگر، با وجود تأثیر سو، افزایش نسبت آب به سیمان از مقدار حداقل یاد شده در بالا، این نسبت برای بتنهاي سفت، حدود ۴۰ تا ۴۵ درصد و برای بتنهاي روان حدود ۵۰ تا ۶۰ درصد انتخاب می‌شود.

آب مورد استفاده در بتون، باید صاف و عاری از مواد ضر روغنى، اسیدى، قلیاپى، نمکى، قندى، مواد آلى و یا هر ماده‌ای که برای بتون و فولاد زیانبخش است، باشد. معمولاً "هر نوع آب که قابل آشامیدن باشد، برای ساختن بتون نیز مناسب است. ولی در مناطقی که آب آشامیدنی حاوی مقادیر زیادی سولفات باشد، باید برای ساخت بتون به کار رود. ناخالصی آب ممکن است به طور قابل ملاحظه‌ای از مقاومت بتون بکاهد و آن را زودگیر یا کندگیر نماید و یا موجب تغییر حجم زیاد بتون شود. ترکیبات آب ناخالص (مانند آب دریا)، در مواردی موجب خورده شدن و زنگ زدن فولاد داخل بتون می‌شود.

**مواد افزودنی:** مواد افزودنی موادی هستند که برای بهبود برخی از خواص بتون مانند کارایی، مقاومت فشاری و سرعت بخشیدن یا به تأخیر اندختن زمان گیرش بتون، به سیمان یا مخلوط بتون اضافه می‌شوند و باید به طور یکنواخت و طبق دستورالعمل کارخانه‌سازنده، مصرف شوند. کیفیت مواد افزودنی، قبل از مصرف باید به تأیید دستگاه نظارت رسیده باشد. بعضی از انواع مهم مواد افزودنی عبارتند از:

**الف)** مواد کندگیرکننده: این مواد، برای به تأخیر اندختن فعل و اتفاقاً شیمیایی سیمان و آب به کار می‌رود. از این مواد، معمولاً "برای بتون ریزی در هوای گرم استفاده می‌شود.

**ب)** مواد تسریع کننده: این مواد، برای تسریع در گیرش بتون، و یا تسریع در کسب مقاومت بتون در سنین اولیه، و یا به هر دو منظور به کار می‌روند. کلرور کلسیم از این نوع مواد افزودنی است، ولی به علت زیان آور بودن آن برای فولاد، استفاده از آن در بتون مسلح و بتون پیش تنیده منوع است.



## نمودار ۷. عوامل موثر بر کارایی بتن

ج ) مواد کاهنده آب : ماده افزودنی کاهنده آب ، برای کاهش مقدار آب اختلاط مورد لزوم تولید بتن با روانی معین ، یا افزایش روانی بتن با مقدار آب معین ، به کار می رود .

د ) مواد حباب ساز : با افزودن این مواد به بتن ، حبابها بسیار ریز در آن به وجود می آید . وجود این حبابها در بتن ، موجب افزایش پایایی بتن شده و ناحدودی از بهم خوردن یکنواختی بتن هنگام حمل و نقل ، جلوگیری می کند . علاوه بر آن ، مواد حباب ساز کارایی بتن را نیز بهبود بخشیده و از مصرف آب و ماسه می کاهد . استفاده از این ماده افزودنی ، در مواردی که دانه بندی مصالح سنگی ضعیف باشد ، بسیار مفید است . مقاومت فشاری بتن ، به علت وجود حبابها ریز ، کمی کاهش می پابد ، ولی این کاهش ، به علت مصرف کمتر ماسه و آب در مخلوط بتن ، بسیار اندرکاست و با اندک افزایش در مقدار سیمان مورد مصرف ، قابل اصلاح است . متأسفانه ، در حال حاضر به علت ناشناخته بودن این ماده افزودنی در ایران ، استفاده از آن به ندرت انجام می گیرد .

لازم به یاد آوری است که در اغلب موارد ، با تغییر نسبتهاي اختلاط و انتخاب مصالح بهتر و تغییر روشهاي ساخت بتن ، می توان بدون استفاده از مواد افزودنی ، خواص بتن را بهبود بخشید . از این رو ، قبل از مصرف مواد افزودنی ، بهتر است روشهاي مختلف مورد بررسی قرار گيرند تا اقتصادی ترین روش ممکن انتخاب و اجرا شود .

#### ۴ - ۲. عوامل موثر بر خواص بتن تازه و بتن سخت شده

##### ۴ - ۲ - ۱. بتن تازه

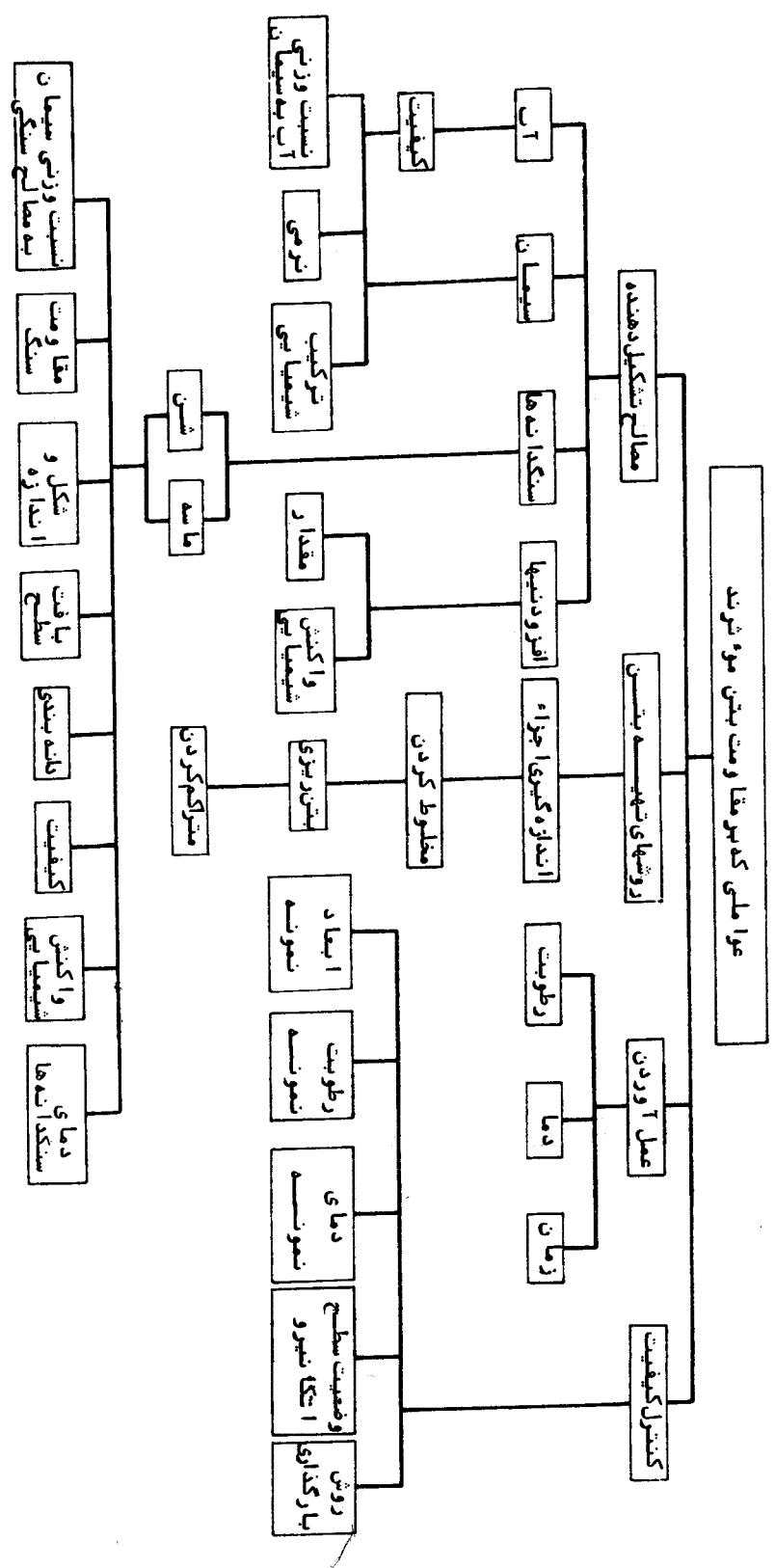
برای اینکه عمل اختلاط بتن به آسانی و با حداقل کار صورت گیرد و یکنواختی مخلوط ، در مراحل حمل ، بتن ریزی و متراکم کردن ، به هم نخورد ، لازم است که بتن تازه ، دارای خواص پیش بینی شده ای باشد که مجموعه این خواص را کارایی بتن می نامند . عواملی که بر کارایی بتن تازه موثرند در نمودار ۷ نشان داده شده است .

تاکنون ، آزمایشی که نشان دهنده دقیق کارایی بتن تازه باشد ، شناخته نشده است و تنها با اندازه گیری بعضی از خواص فیزیکی آن ، به میزان کارایی بتن تازه بی می برند . رایج ترین آزمایشی که به این منظور انجام می شود آزمایش اسلامپ است که نحوه دقیق انجام این آزمایش ، در استاندارد شماره ۴۹۲ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ، درج شده است . باید توجه داشت که ممکن است دو نوع بتن تازه اسلامپ یکسان ، دارای کارایی های متفاوتی باشد .

##### ۴ - ۲ - ۲. بتن سخت شده

بتنی که در ساختهای بتن آرم و بتن پیش تنشی به کار می رود ، باید دارای خواص فیزیکی و مکانیکی پیش بینی شده باشد . مهمترین خواص بتن سخت شده ، عبارتند از مقاومت فشاری ، پایایی و جمع شدگی که در زیر به منظور یاد آوری شرح مختصراً در مورد آنها و عوامل موثر بر هر کدام ، ارائه می شود :

الف ) مقاومت فشاری : مقاومت فشاری بتن مهمترین مشخصه کیفیت بتن سخت شده به شمار می رود و



نحوه اثر عوامل موثر بر مقاومت فشاری بتن

معمولاً "بتن با اندازه‌گیری آن مورد قضاوت قرار می‌گیرد . مقاومت فشاری بتن ، عبارت است از حداکثر تنفس فشاری که نمونه معینی از بتن ، قبل از رسیدن به حد گسیختگی آن را تحمل می‌کند . مقاومت فشاری بتن ، به عوامل متعددی بستگی دارد و معمولاً "عواملی که مقاومت فشاری را افزایش می‌دهند سایر خواص بتن را نیز بهبود می‌بخشنند . عوامل موثر بر مقاومت فشاری بتن ، در نمودار ۸ نشان داده شده است . ابعاد نمونه‌های آزمایشی ، روش نمونه‌برداری از بتن تاره و روش ساختن و عمل آوردن نمونه‌های بتنی ، به ترتیب در استانداردهای شماره ۱۶۰۸ ، ۴۸۹ و ۵۸۱ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران درج شده است .

ب ) پایایی بتن : علاوه بر استقامت در مقابل بارهای وارده ، بتن باید در مقابل عواملی مانند باد ، باران ، یخ‌بندان ، برف ، فعل و انفعالات شیمیایی ، سایش و غیره ایستادگی کند . عواملی که در پایایی بتن موثرند و همچنین عواملی که موجب افزایش پایایی می‌شوند ، به طور خلاصه در نمودار ۹ نشان داده شده است .

ج ) جمع شدگی بتن : هنگامی که بتن در هوای آزاد سخت می‌شود ، از حجم آن کاسته می‌گردد و زمانی که در مجاورت آب سخت شود به حجم آن اضافه می‌گردد . این دو پدیده را به ترتیب جمع شدگی و تورم بتن می‌نامند . جمع شدگی بتن به عوامل متعددی بستگی دارد که با توجه به اهمیت این پدیده در ایجاد ترک در سقف‌های تیرچه و بلوك ، به اختصار عوامل عمدۀ موثر در جمع شدگی بتن به شرح زیر نام برده می‌شوند :

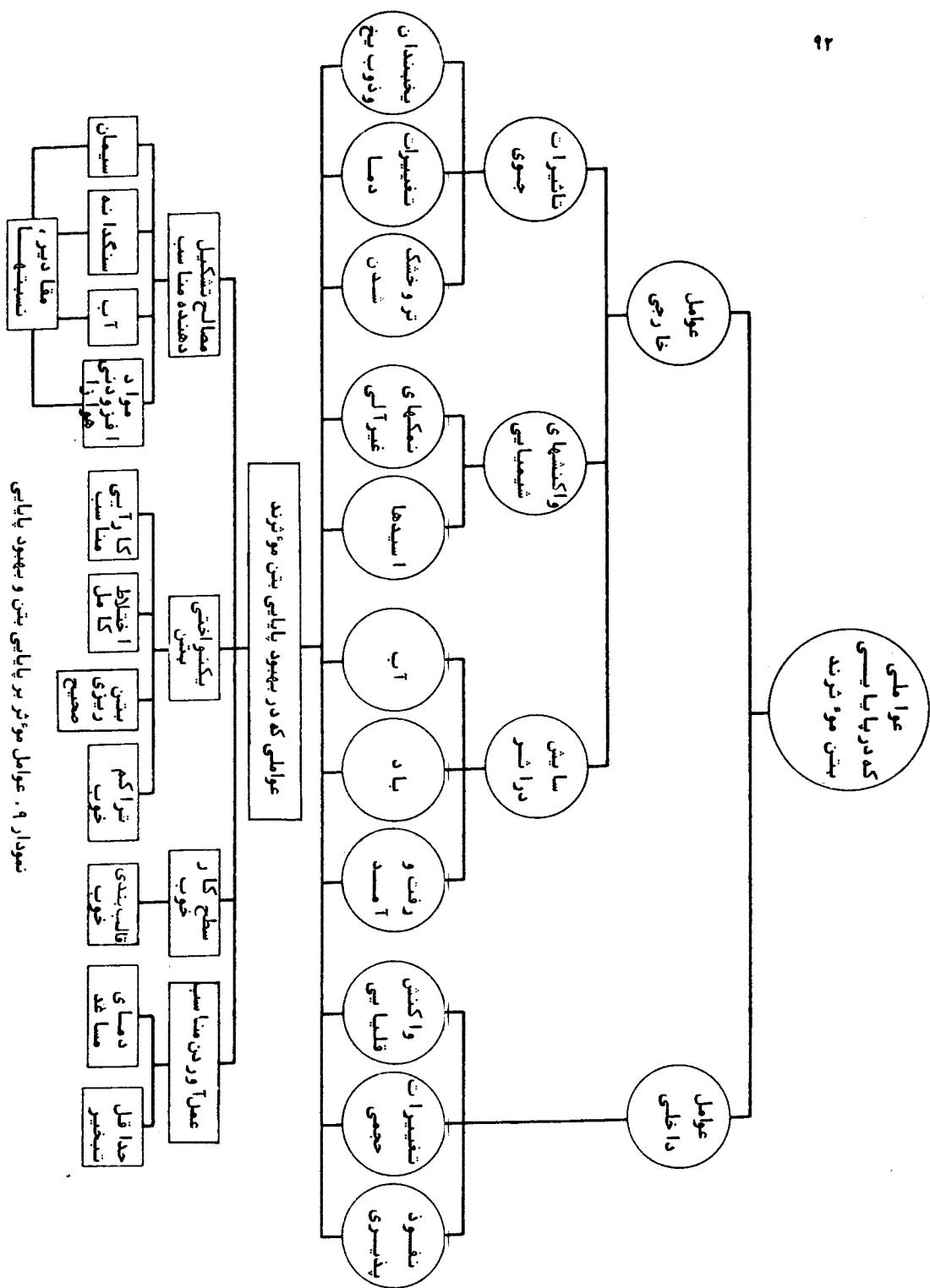
اول . نوع و مقدار سیمان : افزایش مقدار سیمان در واحد حجم بتن ، موجب افزایش جمع شدگی بتن می‌شود ، علاوه بر این ، سیمانهای نرمتر جمع شدگی بتن را افزایش می‌دهند .

دوم . مقدار آب : افزایش نسبت وزنی آب به سیمان ، موجب افزایش جمع شدگی بتن می‌شود .

سوم . نوع و دانه‌بندی مصالح سنگی : ماسه‌ریز و سنگدانه‌های متخلخل ، موجب جمع شدگی زیاد در بتن می‌شوند . هر اندازه قابلیت تغییر حجم شن و ماسه بیشتر باشد ، جمع شدگی بتن بیشتر خواهد بود . بنتها می‌که از مصالح سنگی با دانه‌بندی پیوسته ساخته شوند ، دارای خلل و فرج کمتری بوده و جمع شدگی کمتری را نشان می‌دهند .

چهارم . مواد افزودنی : مواد افزودنی تسریع کننده ، معمولاً "موجب افزایش جمع شدگی بتن می‌شوند .

پنجم . رطوبت و دما : میزان رطوبت و دمای محیط ، تأثیر زیادی در مقدار جمع شدگی بتن دارند . دمای زیاد و رطوبت نسبی کم ، موجب تبخیر و انقباض بتن می‌شوند . قسمتهایی از بتن که در مجاورت هوا قرار دارند بسرعت خشک می‌شوند ، تنفس کششی در آن نواحی ایجاد می‌شود و منجر به ایجاد ترک می‌گردد . برای جلوگیری از این پدیده ، باید با آب پاشی بموقع سطح بتن ، از تبخیر آب آن جلوگیری شود .



نحوه از ۹ عوامل موثر بر پایایی بتن و بهبود پایایی

## ۵. مختصه‌ی دربارهٔ تولید بلوک بتنی و جوشکاری خربا در کارگاه

۵-۱. تولید بلوکهای بتنی در کارگاه

بلوکهای بتنی، معمولاً در کارخانه‌های مجهر تولید می‌شوند؛ ولی در صورت وجود ماشین‌آلات مناسب، در کارگاههای کوچک نیز قابل تولید هستند. به طور کلی، تولید بلوک شامل ۶ مرحله، اساسی به شرح زیر است:

- الف) انتخاب مصالح اولیه مناسب از نظر نوع، کیفیت و دانه‌بندی.
- ب) توزیع صحیح مواد اولیه، برای ساخت بتن طبق مشخصات طرح شده.
- ج) مخلوط کردن بتن به حد کافی، تا کسب کارایی مناسب و یکنواخت.
- د) قالب‌گیری بلوک در ماشین بلوک زن.
- ه) عمل آوردن در شرایط مناسب و با تجهیزات کافی.
- و) انبار کردن بلوکهای ساخته شده و تأمین شرایط مناسب برای کسب مقاومت بیشتر.

در ساخت بلوک، معمولاً از سیمان پرتلند نوع یک استفاده می‌شود؛ ولی در مواقعی که کسب مقاومت سریع‌تر مورد نظر باشد، می‌توان برای کاهش زمان سخت شدن، از سیمان پرتلند نوع ۳ نیز استفاده کرد.

ماسه، مورد استفاده برای ساختن بلوک، علاوه بر تمیز بودن، باید دارای مقاومت و پایایی کافی بوده، دانه‌بندی پیوسته و مناسبی داشته باشد، کلاً "از الک شماره، چهار (۴/۷۵ میلیمتر) بگذرد، حدود ۱۵ تا ۲۵٪ آن از الک شماره، ۵۰ (۳/۰ میلیمتر) و ۵٪ آن از الک شماره، ۱۰۰ (۰/۱۵ میلیمتر) رد شود. ضریب نرمی ماسه باید بین ۲/۶ تا ۳ باشد. حداکثر سیلت (دانه‌های ۰/۵۰ تا ۰/۷۵ میلیمتر) قابل قبول در ماسه بلوک ۵٪ است.

در مورد سنگدانه‌های درشت، توصیه می‌شود از سنگدانه‌هایی با دانه‌بندی به این شرح استفاده شود: سنگدانه‌ها کلاً "از الک  $\frac{3}{8}$  اینچ (۹/۵ میلیمتر) رد شوند و روی الک شماره، ۸ (۲/۳۸ میلیمتر) باقی بمانند، عبور ۵٪ شن از الک شماره، ۸ (۲/۳۸ میلیمتر)، قابل جسم پوشی است. در این حالت، حدود ۲۵٪ تا ۴٪ سنگ‌دانه‌ها، باید از الک شماره، ۴ (۴/۷۵ میلیمتر) رد شوند.

آب مورد مصرف برای ساختن بتن بلوک، باید مطابق مشخصات شرح داده شده در فصل پنجم باشد. معمولاً "هر نوع آب که قابل آشامیدن باشد، برای تولید بتن بلوک نیز مناسب است.

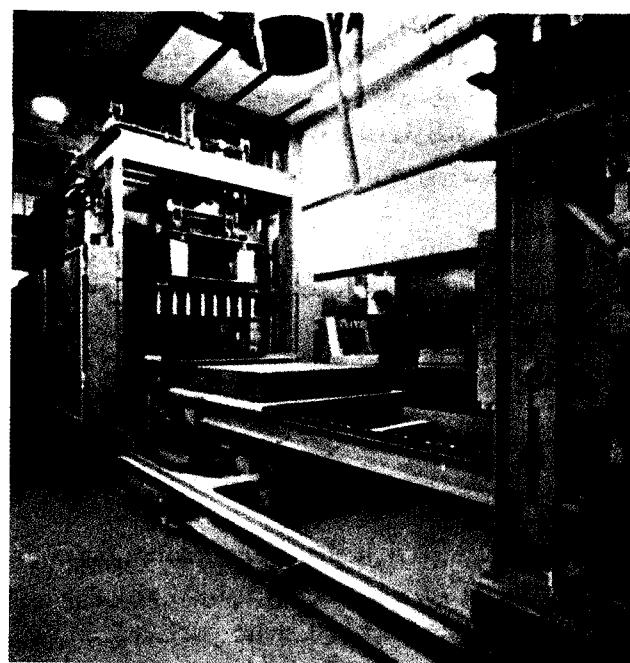
از انواع مواد فروخته شده آب ، تسریع کنند « و غیره که دارای کیفیت خوب و قابل قبول دستگاه نظارت باشد ، می توان برای بهبود خواص بتن بلوك استفاده کرد .

بتن مورد استفاده برای تولید بلوك ، باید از نبع سفت (اسلامپ کمتر از ۲ سانتیمتر) باشد . مصالح سنگی بتن بلوك (مخلوط شن و ماسه ) ، باید کلا " از الک  $\frac{1}{2}$  اینچ (۹/۵ میلیمتر) رد شوند و دانه های مواد سنگی طبیعی باشد که مقدار ماسه بیشتر یا کمتر از حد لازم نباشد . نسبت شن و ماسه طوری انتخاب می شود که ضریب نرمی مخلوط شن و ماسه بین  $\frac{3}{5}$  تا  $\frac{4}{5}$  باشد . معمولاً " مخلوط بتن از ۵۵ نا  $\frac{7}{5}$  ماسه و ۴۵ نا  $\frac{3}{5}$  شن گرد گوشش تشكیل می شود . در مورد مصالح سنگی شکسته ، این نسبت ممکن است به  $\frac{4}{6}$  نا  $\frac{7}{5}$  ماسه و  $\frac{2}{5}$  نا  $\frac{6}{6}$  شن تغییر باید . با وجود آنکه دانه بندی با ضریب نرمی کمتر ، برای مقادیر یکسان سیمان مقاومت بیشتری ایجاد می کند ، ولی نرمی ، همیشه لازمه کارایی مناسب یک بتن خوب است و موجب سطح یکنواخت و صاف بلوك می شود . میزان شکستگی بلوكها نیز ، با مصالح سنگی با ضریب نرمی بیشتر ، کاهش می باید .

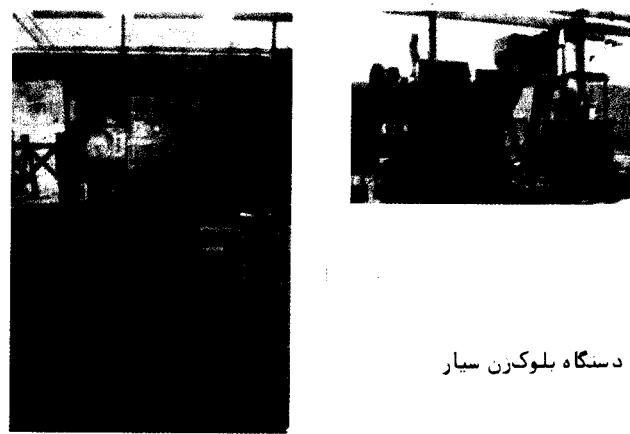
طمئن ترین و بهترین روش برای تعیین مقادیر مناسب شن ، ماسه ، سیمان و آب ، ساختن نمونه های آزمایشی و مقایسه نتایج آنهاست که با تغییر نسبت ماسه به کل مصالح سنگی و مقادیر مختلف سیمان ، انجام می شود . روش ساخت نمونه های آزمایشی ، در پیوست ۳ شرح داده شده است . برای مقایسه میزان کارایی بتن ، جذب آب ، ترک خوردن ، بافت سطحی ، مقاومت و وزن مخصوص بلوك ، موردنظر قرار می گیرد . رفتار خوب بتن تر در ماشین بلوكزن و قالب گیری راحت و خوب ، و راحتی حمل و نقل بلوكها خیس ، نشان دهنده کیفیت خوب بلوك نهایی است . کوشش اولیه برای تعیین بهترین میزان اختلاط ، موجب بهبود کیفیت و راحتی کار در تمام دوره تولید خواهد شد .

تولید بلوك در کارخانه ها و کارگاهها ، معمولاً " توسط دستگاه های مجهز تمام اتوماتیک یا نیمه اتوماتیک انجام می شود و پس از ساختن بتن در دستگاه های بتن ساز ، بلوكها توسط بلوك زن های ثابت و سیار ، قالب گیری می شوند . دستگاه های بلوكزن ثابت ، در محل ثابتی نصب می شوند و بلوكها روی پالت های چوبی یا فلزی قالب گیری می شوند . پالت های حاوی بلوكها تازه تولید شده ، روی ریله ای به طرف جلو رانده شده و در قفسه های چند ردیفی چیده می شوند . سپس توسط لیفتراک های مخصوص ، به محظوظ مراقبت حمل می گردد . روش عمل آوردن بلوك در کارخانه ها ، خود بحثی طولانی است و در حوصله این نشريه نمی گنجد .

در کارگاهها ، تولید بلوك توسط دستگاه های بلوك زن سیار ، انجام می شود . در این روش تولید ، بلوكها روی زمین و در بستر های صاف بتنی قالب گیری می شوند و دستگاه بلوكزن بعد از هر دوره ، قالب گیری به طرف جلو حرکت می کند تا بلوكها بعدی را تولید نماید . به علت گستردگی بودن سطح بستر تولید و ضخامت نازک جداره بلوكها آب بتن پسرعت تبخیر می شود و با کمترین غفلت در مراقبت از آن ، کل محصول از بین می رود . تابش آفتاب ، باد ، باران و جریان هوای گرم و سرد ، از عوامل مهمی هستند که موجب صدمه دیدن بلوكها تازه می گردند و بلوكها باید در برابر آنها محافظت شوند . برای کاهش میزان آسیب پذیری ، معمولاً " بلوكها در محله ای سرپوشیده و محفوظ از جریان هوا تولید می شوند تا از تابش آفتاب و باد و باران و سرما محفوظ باشند



شکل ۶۷. یک نوع دستگاه بلوکزن ثابت



شکل ۶۸. یک نوع دستگاه بلوکزن سیار

و درجهٔ حرارت محوطهٔ تولید، قابل کنترل و تنظیم باشد.

بلوکهای تولید شده، بلا فاصله بعد از گیرش اولیه بتن و قبل از آنکه سطح آنها کاملاً خشک شود، توسط آب پاشهای مخصوص که آب را به صورت پودر روی بلوکها به طور یکنواخت می‌پاشند، مربوط می‌شوند. این کار در دمای حدود ۱۵ درجهٔ سانتیگراد به مدت ۳ شبانه روز، به طور مداوم ادامه می‌پابد. به طوری که در روز، دست کم هر ۳ ساعت یکبار و در شب یکبار، آبپاشی انجام می‌گیرد. فاصلهٔ دو مرحلهٔ آبپاشی در هوای گرمتر، کوتاه‌تر و در هوای خنکتر، بیشتر می‌شود و زمان مراقبت در هوای گرم کاهش پافته و در هوای سرد افزوده می‌شود. بعد از این مرحله، بلوکها جمع‌آوری و به انبار بلوک برده می‌شوند، ولی آبپاشی آنها تا ۷ روز بعد از تولید ادامه می‌پابد؛ به طوری که حداقل ۳ بار در روز آبپاشی انجام می‌شود.

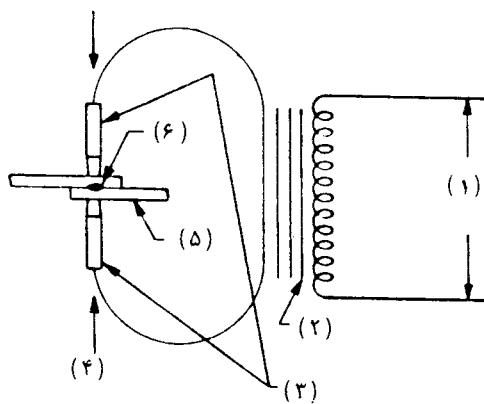
بلوکهای بتُنی، نباید در دمای کمتر از ۵ درجهٔ سانتیگراد تولید شوند. در صورتی که بلوکهایی قبل از تولید شده باشند ولی زمان مراقبت از آنها تمام نشده باشد، آبپاشی در دمای کمتر از ۵ درجهٔ سانتیگراد پایدار نباشد. این موقوفه عوّد.

**۵-۲. جوشکاری اعضاٰ خربای تیرچه**  
اتصال اعضاٰ خربای تیرچه، اغلب توسط جوش تأمین می‌شود و برای این منظور از دو روش جوش مقاومتی و جوش با قوس الکتریکی استفاده می‌گردد.

جوش مقاومتی بهترین و مناسب‌ترین روش برای اتصال اعضاٰ تیرچه خربایی است، همان‌گونه که در شکل ۶۹ مشاهده می‌شود، در این روش، جریان برق از یک الکترود وارد و از الکترود دیگر خارج می‌شود، اختلاف پتانسیل و جریان برق، سبب ذوب شدن محل اتصال می‌گردد و تحت فشار فکهای الکترود که از دو طرف به اعضاٰ مورد جوشکاری وارد می‌آید، این اعضا به هم‌بیگر جوش می‌شوند. در این روش، مادهٔ اضافی برای عمل جوشکاری، به کار برده نمی‌شود و ایجاد فشار، توسط نکهای الکترود، برای حصول یک اتصال خوب کافی است. با توجه به اینکه هر اتصال فقط چند دهم ثانیه طول می‌کشد، جوشکاری فولادهای اصلاح شده، با این روش امکان‌ذییر است. جوشکاری به روش مقاومتی، به کمک دستگاههای مخصوصی انجام می‌شود که معمولاً "می‌توانند جوشکاریهای همزمان چند اتصال را، در یک مرحله انجام دهند. ماشینهای جوشکاری، از نظر تکنیکی جوشکاریهای همزمان، سیستم ایجاد فشار در محل اتصال وغیره، به طور گستردگایی با یکدیگر فرق دارند. با ادغام ماشینهای جوشکاری با تجهیزات و تأسیسات دیگر، تولید شکه و خربا، به طور اتوماتیک انجام می‌شود.

شکل ۷۰، یکی از انواع ماشینهای جوشکاری مخصوص خربا را نشان می‌دهد.

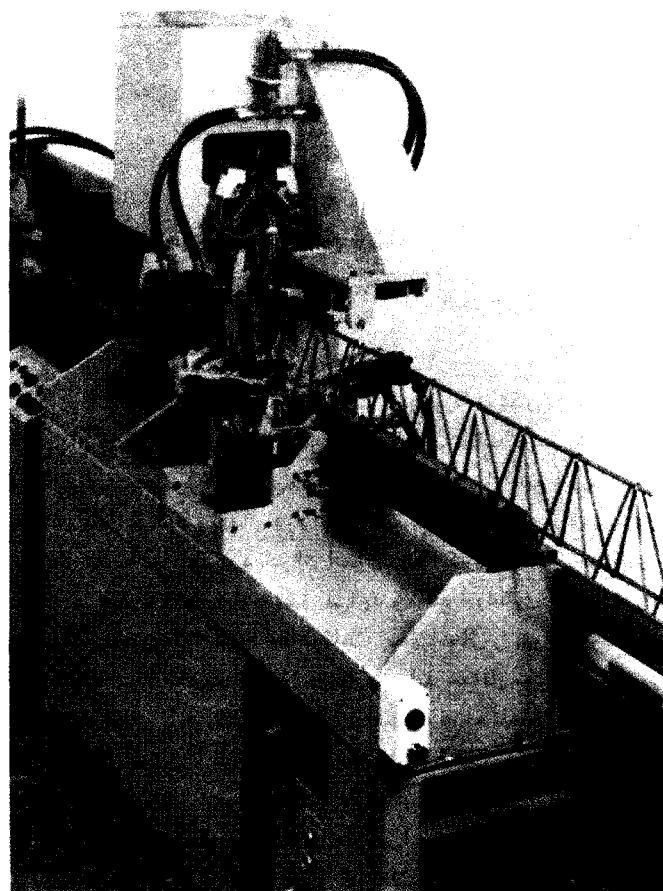
از روش جوش مقاومتی، برای اتصال آرماتورهای گرم نورد شده به شرط جوش پذیر بودن آنها، می‌تسوی استفاده کرد، بدون آنکه محدودیتی از نظر قطر مطروح باشد. ولی در مورد میلگردهای اصلاح شده، علاوه بر شرایط بالا، دست کم یکی از دو میلگرد مورد اتصال، باید دارای قطری کمتر از ۱۵ میلیمتر باشد. در غیر این صورت، خطأ از بین رفتن افزایش مقاومت حاصل از اصلاح سرد فولاد وجود خواهد داشت. تسممهای ورقهای خم شده برای ساخت خربا، فقط با این روش جوشکاری به هم متصل می‌شوند.



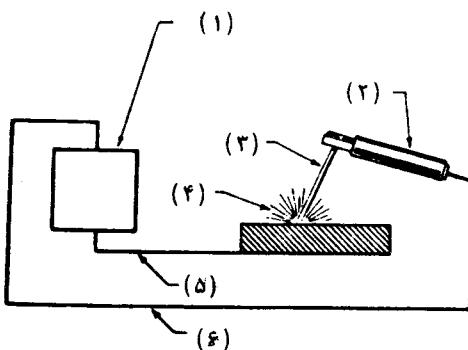
شکل ۹۶. تصویر شماتیک فرایند جوش مقاومتی. منبع برق (۱)، ترانسفورماتور (۲)، الکترودهای فکی (۳)، نیروی فشاری (۴)، قطعه جوش شونده (۵)، جوش (۶).

در روش جوشکاری با قوس الکتریکی، محل اتصال دو عضو مورد جوشکاری، توسط یک ماده اضافی (الکترود فلزی) که در اثر اختلاف پتانسیل و جریان برق به حالت مذاب درمی‌آید، پر شده و دو قطعه به هم دیگر متصل می‌شوند. برای ایجاد قوس الکتریکی، یک سر جریان برق، از منبع انرژی به قسمت ابتدای قطعه مورد جوشکاری (خرپا)، وصل می‌شود و اتصال دوم توسط گیره به الکترودی که برای پر کردن لابلای محل جوشکاری مصرف خواهد شد، انجام می‌گیرد. در اثر اتصال میله الکترود به محل جوشکاری و بسته شدن مدار جریان، قوس الکتریکی با حرارت بسیار زیاد تشکیل می‌شود و موضع جوشکاری را گداخته و الکترود ذوب شده را در لابلای آن پر می‌کند، به طوری که الکترود مذاب کاملاً " محل اتصال را بیوشاند و حدود ۱ تا ۲ میلیمتر در میلگردha نفوذ کند. فاصلهٔ نوک الکترود از محل جوشکاری، باید حداقل ممکن باشد تا مادهٔ مذاب به راحتی از الکترود به طرف قطعه، جریان پاید. لازم به پادآوری است که هرچه فاصلهٔ نوک الکترود از محل جوشکاری بیشتر باشد، اکسیژن و ازت بیشتری با مادهٔ مذاب میله الکترود ترکیب می‌شود و جوش را اکسیده (سوخته) و نیترانه (بسیار ترد و شکننده) می‌کند. جوش نباید به صورت پهن در سطح کار پخش شود، بلکه باید باحداقل سطح و به عمق ۱ تا ۲ میلیمتر در میلگرد نفوذ کند، در غیر این صورت، اتصال خوبی برقرار نخواهد شد. ضخامت جوش نیز نباید از مقداری که برای یک اتصال خوب لازم است، بیشتر شود.

میله الکترودی که در جوشکاری از آن استفاده می‌شود، یک میلهٔ فلزی است که سطح آن از مادهٔ مخصوصی پوشیده شده است. این ماده پوششی، در اثر حرارت ناشی از قوس الکتریکی، گاز بی اثری تولید می‌کند تا فلز ذوب شده را از اکسیده و نیترانه شدن حفاظت کند. قطر میله الکترود، بسته به شرایط کار، مهارت جوشکار و وضع درز اتصال، از ۲/۵ تا ۴ میلیمتر تغییر می‌کند.



شکل ۷۰. دستگاه اتوماتیک تولید خرپای تیرچه



شکل ۷۱. تصویر شماتیک فرایند کارکرد جوش با قوس الکتریکی  
ماشین جوشکاری (۱)، گیره الکترود (۲)، الکترود (۳)، قوس الکتریکی (۴)، سیم بدنه (۵)،  
سیم الکترود (۶)

مرغوبیت جوش، تابع جوشیدیر فولاد، ابعاد قطعات مورد اتصال، شدت جریان، اختلاف پتانسیل، نوع ماشین جوشکاری، نوع میله الکترود جوش، تمیز بودن قطعه، حرارت و رطوبت محیط و مهمتر از همه، تجربه و مهارت جوشکار است.

استفاده از روش جوش قوس الکتریکی، برای اتصال برخی از انواع فولادهای سرداصلاح شده، به شرط انجام کنترل‌های مستمر، امکان‌پذیر است؛ ولی در مورد فولادهای گرم نورد شده، به شرط دارا بودن قابلیت جوش، از این روش جوشکاری، برآحتی می‌توان استفاده کرد. در جوشکاری خرپای تیرچه با روش جوش الکتریکی، قطر میلگردهای کششی خرپا نباید از ۸ میلیمتر، و قطر میلگردهای عرضی و بالائی نباید از ۶ میلیمتر، کمتر باشد.

باید از جوشکاری در درجه حرارت پایین‌تر از ۵- درجه سانتیگراد، خودداری شود و در صورتی که اجرای جوشکاری در این شرایط الزامی باشد، باید احتیاط‌های خاص به عمل آید. در هوای مرطوب، الکترودها نباید بیش از یک ساعت در معرض هوایی با رطوبت نسبی بیش از ۷۵٪ باقی بمانند، در غیر این صورت، لازم است طبق دستورالعمل کارخانه سازنده، قبل از مصرف خشک شوند. در هوای مرطوب بار رطوبت نسبی کمتر از ۷۵٪ نباید الکترودها بیش از ۴ ساعت در معرض هوای گیرند، در غیر این صورت، باید مطابق توصیه کارخانه سازنده، ابتدا خشک شده و سپس مصرف شوند. رعایت دستورالعمل‌های کارخانه سازنده، بسیار مهم و ضروری است و الکترودی که پوشش آن مرطوب باشد، نباید تحت هیچ شرایطی مصرف شود.

اگر در جوشیدیر فولاد و یا سازگاری الکترود با قطعه مورد جوشکاری، تردید باشد، همچنین برای تعیین مناسبترین ولتاژ و شدت جریان، باید قبل از شروع به کار، تعدادی نمونه را با شرایط متفاوت، جوشکاری کرد و تحت آزمایش کشش و تنشیگی قرار داد، و بعد از حصول اطمینان از نتایج عمل، جوشکاری را شروع کرد.

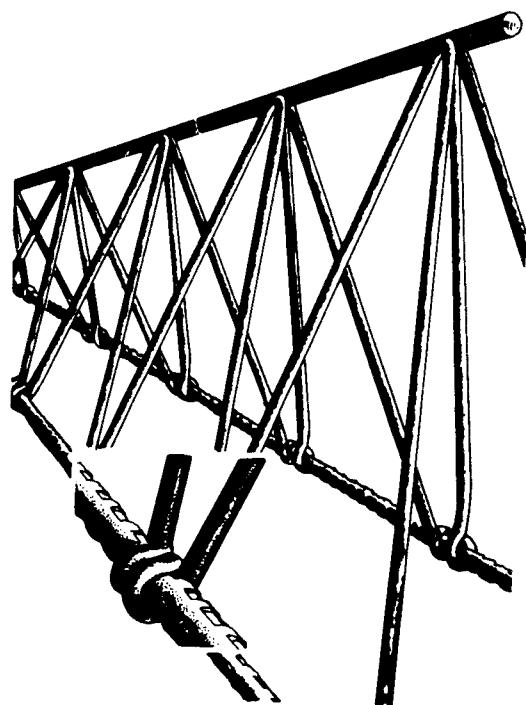
برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد جزئیات مربوط به جوشکاری، می‌توان به نشریات دفتر تحقیقات و معیارهای فنی، به شرح زیر رجوع کرد:

- |                 |                                       |
|-----------------|---------------------------------------|
| نشریه شماره؛ ۲۵ | ۱. جوشکاری در ساختمانهای فولادی       |
| نشریه شماره؛ ۲۱ | ۲. تجهیز و سازمان دادن کارگاه جوشکاری |
| نشریه شماره؛ ۲۲ | ۳. جوشیدیری فولادهای ساختمانی         |
| نشریه شماره؛ ۲۳ | ۴. بازرسی و کنترل کیفیت جوش           |
| نشریه شماره؛ ۲۴ | ۵. ایندیکاتورهای جوشکاری              |
| نشریه شماره؛ ۲۶ | ۶. جوشکاری در درجات حرارت پایین       |

تولید خرپا با ماشینهای اتوماتیک، هزینه ساخت و مراقبت و بازرسی در مرحله تولید را بسیار کاهش می‌دهد و باید در حد ممکن از جوشکاری خرپا با دست خودداری شود؛ ولی در صورتی که در جوشکاری با دست، نکات فنی مربوط رعایت شود، خرپای تولید شده از نظر فنی قابل قبول خواهد بود.

برای جوشکاری با دست، باید قبلًا "امکانات و تجهیزات مناسب تهیه شده باشد و پس از حصول اطمینان از جوشیدیر بودن آرماتورها و سازکار بودن الکترودها با آنها، توسط افراد با تجربه و کارآزموده اقدام به جوشکاری شود و از دخالت سایر کارگران در عمل جوشکاری جلوگیری گردد. انجام آزمایش‌های مربوط به کنترل کیفیت، به طور مداوم ضروری است و با تغییر شرایط جوشکاری و در شرایط مشکوک، باید نمونه‌هایی تهیه شده و برای آزمایش کشش و تاشدگی به آزمایشگاه ارسال گردد تا از کیفیت جوش و عدم تأشیر جوشکاری در مقاومت فولاد اطمینان حاصل شود.

در بعضی از انواع خرپاها، از روش اتصال مکانیکی برای متصل کردن اعضای خرپا استفاده می‌شود.



شکل ۷۲. اتصال مکانیکی فولاد کششی به فولاد عرضی



#### ۶. محدودیتها و مشخصات فنی سقف تیرچه و بلوک و اجزای تشکیل دهنده آن

محدودیتهای فنی سقف تیرچه و بلوک به شرح زیر است :

الف ) فاصله محور به محور تیرچه‌ها ، نباید از ۷۵ سانتیمتر بیشتر باشد .

ب ) بتن پوششی قسمت بالای سقف (روی بلوکها) ، نباید از ۵ سانتیمتر و همجنین از  $\frac{1}{12}$  فاصله<sup>۱</sup> محور به محور تیرچه‌های مجاور ، کمتر باشد .

ج ) عرض تیرچه‌ها نباید از ۱۵ سانتیمتر کوچکتر و همجنین از  $\frac{1}{3}$  برابر ضخامت کل سقف کمتر باشد .

د ) حداقل فاصله<sup>۲</sup> دو طرف یک تیرچه ، پس از نصب ، نباید از  $\frac{4}{5}$  سانتیمتر کمتر باشد .

ه ) ضخامت سقف برای تیرچه‌های با تکیه‌گاه ساده ، نباید از  $\frac{1}{6}$  دهانه کمتر باشد . در مورد تیرچه‌ای پکسره (تکیه‌گاههای گیردار) ، نسبت ضخامت به دهانه ، به  $\frac{1}{24}$  دهانه کاهش می‌باید . در سقفهایی که مستله خیز مطرح نباشد ، این مقدار می‌تواند تا  $\frac{1}{35}$  دهانه نیز کاهش باید .

و ) حداکثر دهانه<sup>۳</sup> مورد پوشش (در جهت طول تیرچه‌های پیش ساخته) با تیرچه‌های منفرد ، نباید از ۸ متر بیشتر شود . توصیه می‌شود برای اطمینان بیشتر ، دهانه<sup>۴</sup> مورد پوشش بیش از ۷ متر نباشد و در صورت وجود سربارهای زیاد و یا دهانه‌های بیش از ۷ متر ، از تیرچه‌های مضاعف استفاده شود .

سقفهای تیرچه و بلوک ، از اجزای اصلی به شرح زیر تشکیل می‌شوند :

۱. تیرچه

۲. بلوک

۳. میلگرد حرارتی و افت و میلگرد منفی و کلاف

۴. بتن پوشی در رجا

مشخصات فنی اجزای بالا ، در زیر شرح داده می‌شود :

۶ - ۱. تیرچه

تیرچه عضو پیش ساخته‌ای است متشکل از بتن و فولاد که در دو نوع تیرچه پیش تنیده و تیرچه خربایی تولید می‌شود . تیرچه‌ها در دو مرحله تحت اثر نیرو قرار می‌گیرند .

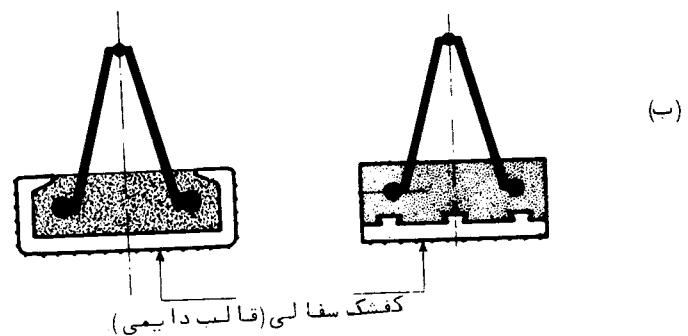
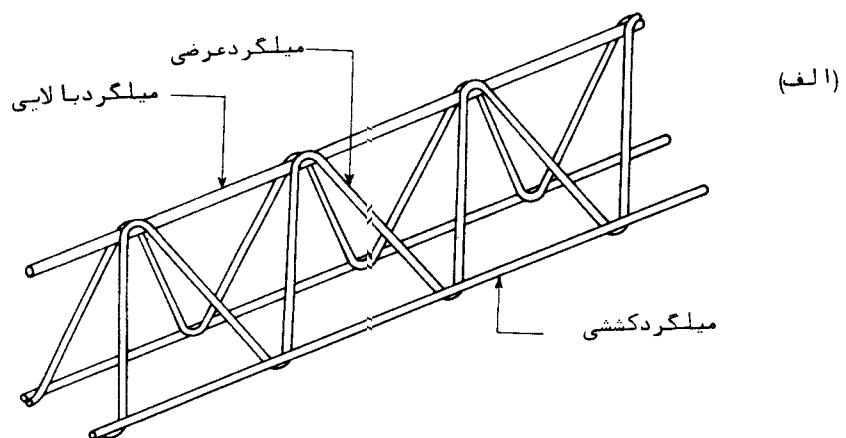
در مرحله؛ اول باربری، تیرچه هنگام حمل و نقل بار ناشی از وزن خود ، و در زمان اجرای سقف ، وزن موده سقف (وزن تیرچه ، بلوک و بتن درجا ) را در حد فاصل تکیه‌گاههای موقت (شمع بندیها) تحمل می‌کند .

در مرحله؛ دوم باربری که پس از حصول مقاومت بتن پوششی و جمع آوری تکیه‌گاههای موقت فرا می‌رسد، تیرچه به عنوان عضو خمی سقف ، نیرو را تحمل می‌کند .

#### ۶ - ۱ - ۱. تیرچه پیش ساخته خرپایی

تیرچه پیش ساخته خرپایی ، از خرپایی فولادی و پاشنه بتنی تشکیل می‌شود و در صورتی که از قالب دائمی برای بتن ریزی پاشنه استفاده شود ، آن را تیرچه خرپایی کشکدار می‌نمایند .

خرپایی تیرچه ، شبکه پیش ساخته‌ای از آرماتورهای کششی و عرضی و میلگرد اتصال بالایی است که به شکل خرپا به هم‌دیگر جوش شده و ایستایی لازم را برای حمل و اجرا تأمین می‌کند .



شکل ۷۳. تیرچه پیش ساخته خرپایی . خرپا (الف) ، تیرچه کشکدار (ب) .

فولاد مورد استفاده برای ساخت خرپا ، علاوه بر دارا بودن مدول ارجاعی کافی ، باید جوشیده باشد و حداقل مجاز تنفس (تغییر طول نسبی) در مرحله گسیختگی را دارا باشد . این مقدار تنفس در مورد فولادهای نرم ( A-I ) ، به ۲۵٪ ، برای فولادهای نیم سخت و سخت گرم نورد شده ، به ۱۸٪ و در مورد فولادهای اصلاح شده ، به ۸٪ محدود می شود .

اتصال اعضای خرپای تیرچه ، معمولاً "توسط عمل جوشکاری نامین می گردد و برای این منظور ، از دوروش جوش مقاومتی وجودش با قوس الکتریکی استفاده می شود . توضیحات بیشتر در مورد جوشکاری اعضاخ خرپای تیرچه ، در فصل پنجم درج شده است .

#### ۶ - ۱ - ۱ - ۱ . فولاد کششی

سطح مقطع فولاد کششی خرپا ، از طریق محاسبه تعیین می شود و در هر صورت ، برای فولاد نرم ( A-I ) ، از ۰/۰۰۲۵ و برای فولاد نیم سخت و سخت از ۰/۰۱۵ و برابر سطح مقطع جان تیر I ، باید کمتر باشد . توصیه می شود ، سطح مقطع آرماتورهای کششی از ۰/۵٪ سطح مقطع جان تیر I بیشتر نباشد .

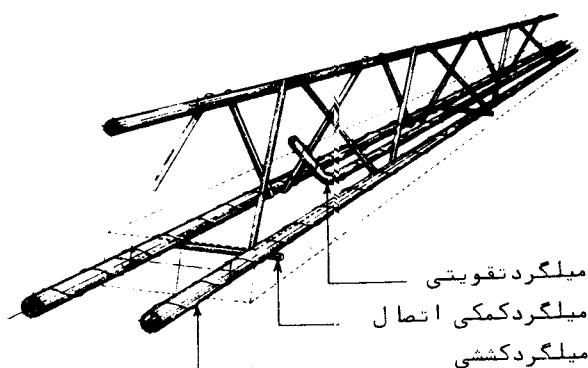
در عمل ، باید مطابق مطالب فصل سوم گزارش حاضر ، از تطبیق مقاومت آرماتور مورد استفاده با مقاومت قید شده در جداول طراحی ، اطمینان حاصل شود .

توصیه می شود برای به حداقل رساندن تأثیر جوش در مقاومت فولاد کششی ، فولاد کششی خرپا از میلگرد هایی با سطح مقطع کوچکتر (مثلاً " به قطر ۸ یا ۱۵ میلیمتر ) انتخاب شود و بقیه فولادهای کششی مورد نیاز تیرچه ، به صورت میلگرد های تقویتی نصب گرددند .

دست کم ، ۵۵٪ سطح مقطع میلگرد های کششی سقف باید در سراسر طول تیرچه ادامه داشته باشد ، ولی می توان طول میلگرد های تقویتی مازاد بر ۵۵٪ سطح مقطع کل فولاد کششی را ، با محاسبه تعیین کرد و در محلهای حساب شده قطع نمود . در عمل ، دو انتهای میلگرد های تقویتی ، برای قابل دید بودن قطر و طول آنها ، با زاویه ۴۵ درجه به طرف بالا خم می شوند .

روش محاسبه طول میلگرد های تقویتی ، در پیوست ۲ نشریه شماره ۹۴ دفتر تحقیقات و معیارهای فنی شرح داده شده است .

فاصله آزاد بین میلگرد های کششی خرپا و میلگرد های تقویتی ، باید از قطر بزرگترین دانه' شن بتن پاشنه باضافه ۵ میلیمتر ، و فاصله آن از لبه' جانبی بتن پاشنه ، باید از ۱۵ میلیمتر کمتر باشد . فاصله' میلگرد کششی از لبه' زیرین بتن پاشنه ، باید از ۱۵ میلیمتر کمتر باشد . در صورتی که از کشک ( قالب سفالی یا بتی ) در ساخت خرپا استفاده شود ، فاصله آزاد میلگرد کششی از سطوح افقی و قائم داخل قالب ، باید از ۱۵ میلیمتر کمتر باشد .



شکل ۷۴. نحوه استقرار میلگرد تقویتی تیرچه خرپایی

#### ۶ - ۱ - ۲. فولاد عرضی

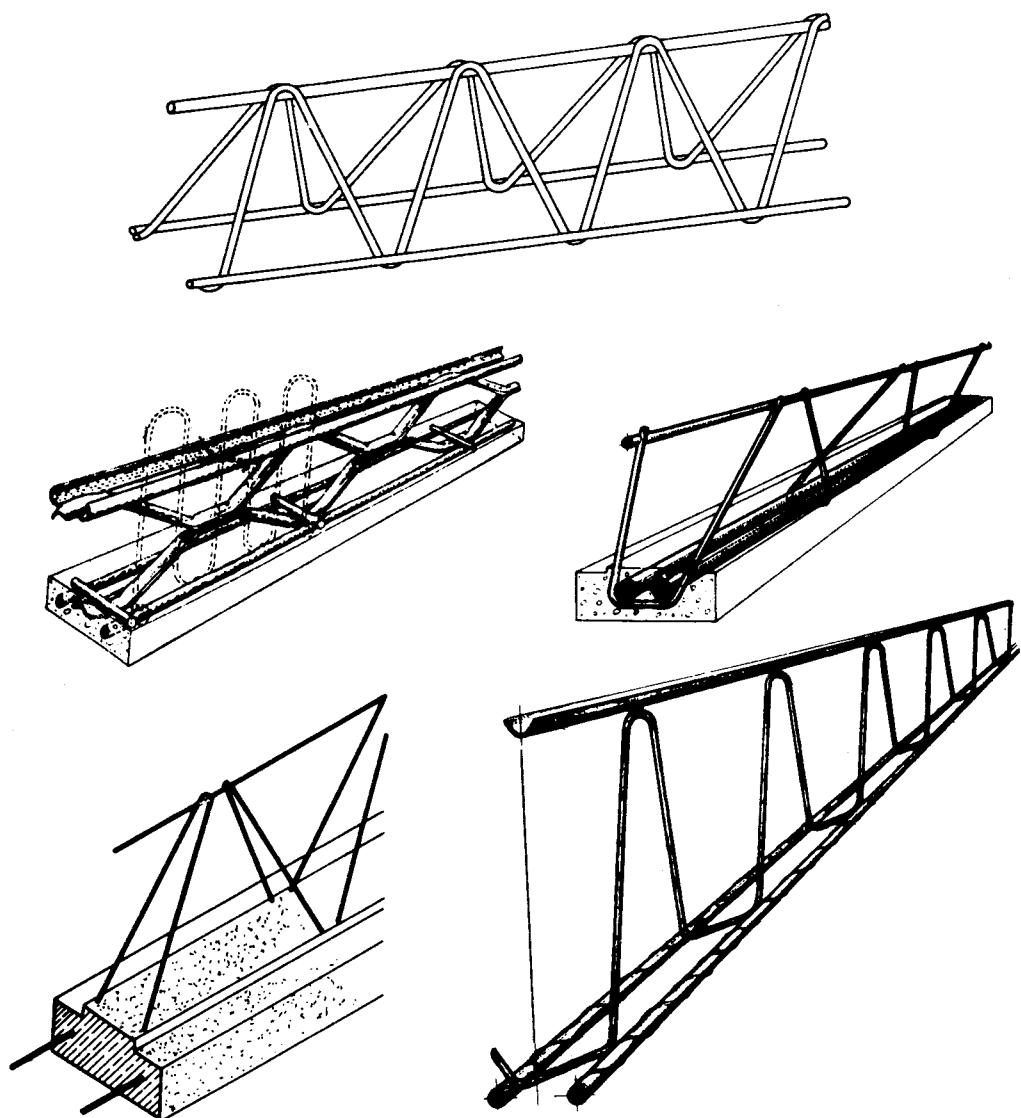
فولاد عرضی تیرچه، در مرحله، اول باربری همانند عضو مورب خرپا عمل می‌کند و به کمک اعضای طولی پایینی و بالایی، ایستایی لازم را برای تحمل وزن خود تیرچه هنگام حمل و نقل و نصب، وزن مرده سقف در حد فاصل تکیه‌گاههای موقت را هنگام اجرا، تأمین می‌نماید. در مرحله، دوم باربری، پیوستگی لازم‌بین آرماتورهای کششی و بتن درجا توسط آرماتورهای عرضی خرپا تأمین می‌شود. تحمل نیروهای برشی سقف نیز، به وسیله آرماتورهای عرضی خرپا انجام می‌گیرد.

سطح مقطع میلگردهای عرضی خرپا، باید از  $\frac{15}{150}$  کمتر باشد، که  $\frac{b}{W}$  عرض پاشنه، تیرچه و  $\tau$  فاصله دو آرماتور عرضی متواالی است.

در مورد خرپای ماشینی با میلگردهای عرضی مطابق، که به روش جوش مقاومتی به هم متصل می‌شوند، حداقل قطر میلگرد عرضی ۴ میلیمتر است که اگر از روش جوشکاری با قوس الکتریکی برای اتصال اعضای خرپا استفاده شود، این مقدار به ۵ میلیمتر افزایش می‌یابد. حداقل زاویه، میلگردهای عرضی نسبت به خط افق، ۳۵ درجه است و فاصله دو میلگرد عرضی متواالی در تیرچه‌های خرپایی، حداقل ۲۰ سانتیمتر است.

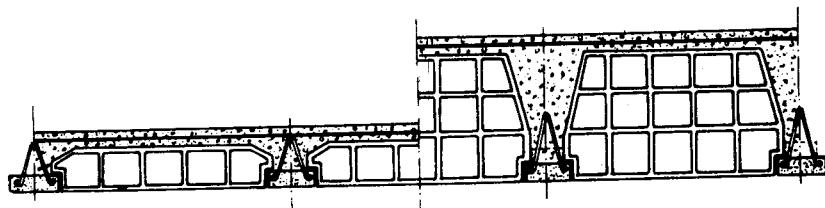
#### ۶ - ۱ - ۳. عضو بالایی تیرچه

این عضو در مرحله، اول باربری به عنوان عضو فشاری خرپا عمل می‌کند و به کمک سایر اعضای خرپا نیروهای واردہ در مرحله، حمل، نصب و اجرا را تحمل می‌کند. در مرحله، دوم باربری، اگر عضو بالایی خرپا، داخل ضخامت بتن پوششی و بالاتر از سطح بلوكها قرار گیرد، به عنوان قسمتی از فولاد جمع شدگی و حرارتی محاسبه می‌شود. در صورتی که این عضو پایین تر از لایه فوقانی بتن قرار گیرد، اولاً، از آن به عنوان آرماتور



شکل ۷۵. چند نوع تیرچه خربایی، با فولادهای عرضی به شکل‌های مختلف

حرارتی نمی‌توان استفاده کرد، ثانیاً، در محاسبه میلگردهای عرضی، ارتفاع مقطع برش باید کمتر در نظر گرفته شود. (شکل ۷۶)



شکل ۷۶. دو وضعیت قرار گرفتن میلگرد بالایی تیرچه، نسبت به میلگرد جمع‌شدگی و حرارتی سقف

سطح مقطع عضو بالای تیرچه، با تغییر نوع میلگرد، طول تیرچه و ارتفاع خربناک تغییر می‌کند. در صورتی که این فولاد در داخل بتن پوششی قرار گیرد، کنترل محدودیتهای مربوط به فولاد جمع‌شدگی و حرارتی، در مورد آن ضروری است. این محدودیتها در بند ۳-۳ این فصل درج شده است.

قطر فولاد بالایی تیرچه، معمولاً "از ۶ تا ۱۲ میلیمتر" تغییر می‌کند. جدول زیر، برای انتخاب قطر این میلگرد توصیه می‌شود.

از دهانه ۳ تا ۴ متر	۶ میلیمتر
" ۸	"
از دهانه ۴ تا ۵/۵ متر	۱۰
از دهانه ۵/۵ تا ۷ متر	۱۲

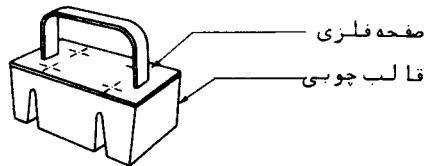
برای تأمین تکیه‌گاه برای بلوكها (قالبهای دائمی) و نیز برای پرهیز از قالب‌بندی قسمت زیرین سقف، پاشنه تیرچه خربناکی، قبل از نصب بتن ریزی می‌شود.

بوش بتنی روی میلگردها که در بند ۶-۴ شرح شده، مربوط به تیرچه‌های مورد استفاده در فضای داخلی ساخته‌اند و مقاومت کافی در برابر آتش سوزی را برای حدود یک ساعت، تأمین می‌کند. در صورتی که مقاومت بیشتری در برابر آتش سوزی موردنظر باشد، یا تیرچه‌ها در محیط‌های باز، مانند بالکنها یا فضاهایی که دارای اثر زیان‌ور برای فولاد باشد قرار گیرند، اجرای یک لایه اندود ماسه سیمان پرمایه به ضخامت حداقل ۱۵ میلیمتر، در زیر سقف ضروری است.

حداقل عرض پاشنه بتنی ۱۵ سانتیمتر است و معمولاً آن را به عرض ۱۲ سانتیمتر، اجرا می‌کند. حداقل ضخامت بتن پاشنه ۴ سانتیمتر است و نباید از قطر بزرگترین میلگرد کششی باضافه ۳۵ میلیمتر، کمتر باشد. معمولاً "ضخامت بتن پاشنه، از ۴/۵ تا ۵/۵ سانتیمتر اجرا می‌شود.

بتن پاشنه، نقش بسیار مهمی در نحوه اجرای سقف دارد. چنانچه سطوح افقی و عمودی پاشنه تیرچه، در امتداد طولی اتحنا داشته باشد، جاگذاری بلوكها با اشكالاتی مواجه خواهد شد. همچنین، اگر نشیمنگاه بلوك صاف و یکواخت نباشد، سطح زیرین سقف ناهموار خواهد شد.

بتن ریزی پاشنه تیرچه، پس از جاگذاری خرپا در قالب فلزی یا کفشه کبتنی و سفالی (قالب دائمی)، انجام می‌شود و هنگام بتن ریزی، باید از قرار گرفتن صحیح خرپا در قالب و تأمین پوشش بتنی حداقل میلگرد های کششی در تمام طول تیرچه، مطمئن بود. حداقل تاب فشاری بتن پاشنه، ۲۵۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است. توصیه می‌شود، برای نمایان بودن آرماتورهای کششی در دو سر تیرچه، از قالب های مطابق شکل ۷۷، در دو انتهای تیرچه استفاده شود.



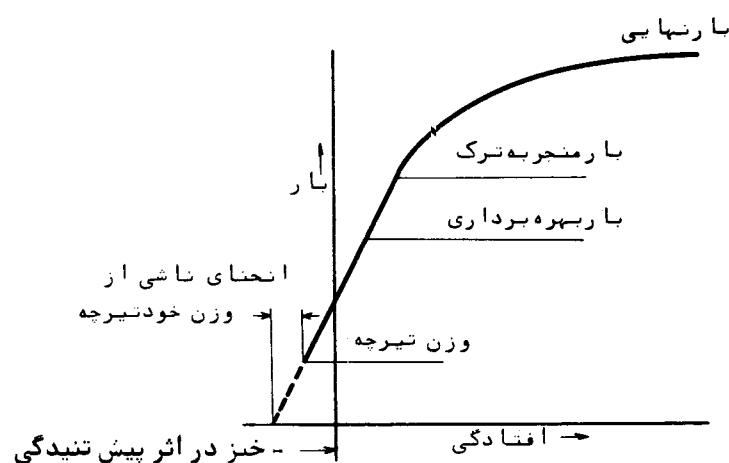
شکل ۷۷. قالب چوبی دو انتهای پاشنه بتنی تیرچه

پس از بتن ریزی، باید مواقبت های لازم برای مرطوب نگاهداشت و حفاظت بتن، معمول گردد و در صورت لزوم با استفاده از بخار آب و حرارت، بتن پروردگار شود. لازم به یادآوری است که مقاومت تیرچه در برابر آتش سوزی و عوامل جوی، با تاب فشاری بتن پاشنه افزایش می‌یابد.

در صورتی که بتن پاشنه تیرچه میبوب و شکسته باشد، باید آن تیرچه از محل عیب به دو تیرچه کوتاه تر تقسیم شود و یا پس از خرد کردن بتن پاشنه، نسبت به بتن ریزی مجدد اقدام گردد. خرد کردن بتن پاشنه، به وسیله قلم تیز، فرز و بدون وارد کردن ضربه انجام می‌گیرد.

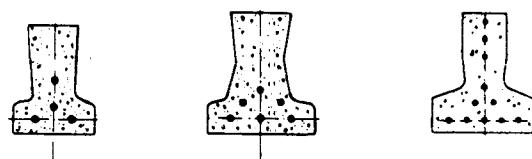
#### ۶ - ۱ - ۲. تیرچه، پیش تنیده

تیرچه، پیش تنیده، در واقع قسمتی از سطح مقطع سقف نواری است که در اثر بار بهره برداری، تحت تنشی کششی قرار می‌گیرد و مقدار پیش تنیدگی آن، باید به حدی باشد که تیرچه هنگام حمل و نقل، نصب، بتن ریزی و همچنین تحت اثر بارهای بهره برداری، ترک نخورد.

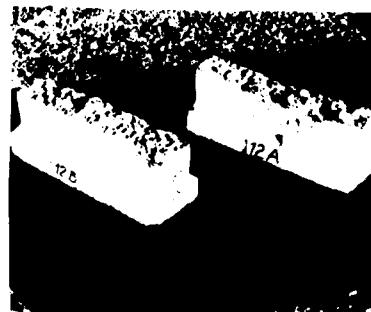


نمودار ۱۵. تغییرات افتادگی تیرچه پیش تنیده، بر حسب تغییرات بار واردۀ به آن

سطح مقطع تیرچه؛ پیش تنیده، برای تأمین محل مناسب نصب بلوک‌های دو طرف آن، به شکل سپری ساخته می‌شود. عرض قسمت تحتانی، حداقل ۱۰ سانتیمتر، ارتفاع پاشنه، حداقل ۴ سانتیمتر و محل نصب بلوکها، حداقل ۲ سانتیمتر است. ارتفاع کل تیرچه، به حدی است که ایستایی لازم را برای حمل و نصب تیرچه و تحمل بارهای اجرایی در مرحله قالب‌بندی، تأمین می‌کند. سطح بالایی تیرچه، برای ایجاد پیوستگی کافی، با بتن پوششی به طور زبر و برجسته بتن‌ریزی می‌شود. در شکل‌های ۷۸ و ۷۹، نمونه‌هایی از تیرچه‌های پیش تنیده، نشان داده شده است.



شکل ۷۸. قطب‌های عرضی، چند نوع تیرچه پیش تنیده

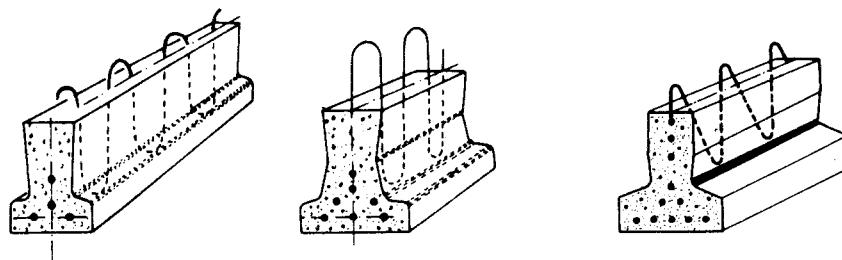


شکل ۷۹. زبری سطح بالایی تیرچه پیش تنیده، برای ایجاد پیوستگی کافی با بتن پوششی

مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه‌های مکعب بتن تیرچه‌های پیش تنیده، نباید از ۳۵۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع، همچنین، از دو برابر تنش فشاری قسمت زبرین تیرچه‌ها، کمتر باشد.

برای ایجاد پیش تنیدگی در بتن تیرچه، معمولاً "از چند رشته سیم فولادی به قطر ۵ میلیمتر، با مقاومت نهایی ۱۷۵۰۰ نا ۱۹۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع، استفاده می‌شود. سیمهای قبل از بتن‌ریزی، تا حدود ۶۵٪ مقاومت نهایی خود کشیده می‌شوند؛ پس از بتن‌ریزی و به دست 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، دست کم ۲۰ میلیمتر است و فاصله دو سیم مجاور از هم به حدی است که بزرگترین دانه سنگی بتن، به آسانی بتواند از لایای آنها جابه‌جا شود. محل استقرار سیمهای طوری انتخاب می‌شوند که تنش فشاری در قسمت زبرین تیرچه، بیشتر از تنش قسمت بالایی آن باشد.

تیرچه‌های پیش تنیده، معمولاً "قاد آرماتورهای عرضی هستند ولی در بعضی از انواع آن، برای تقویت مقاومت برشی دو انتهای تیر، میلگرد های عرضی مطابق شکل ۸۰، در داخل بتن تیرچه کار گذاشته می‌شوند، تا علاوه بر تقویت برشی تیرچه، گیره‌های لازم را برای حمل و نقل تیرچه‌ها تأمین کنند.

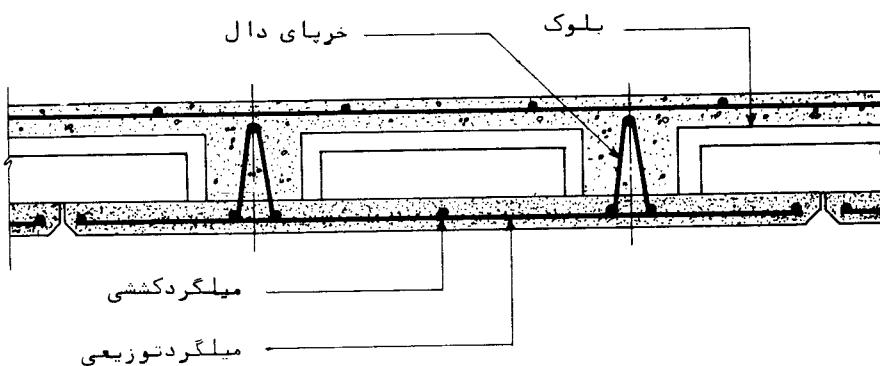


شکل ۸۰، نحوه استقرار میلگرد عرضی، در تیرچه‌های پیش تنیده

#### ۶-۱-۳. دالهای نیم پیش ساخته خرپایی و پیش تنیده

این نوع دالها، از نظر فنی تشابه بسیار زیادی با تیرچه‌ها دارند. این دالها در واقع همان تیرچه‌ها هستند که برای تأمین سطحی صاف در زیر سقف و حذف نازک‌کاری، اجرای هرچه‌بیشتر کار در تراز زمین، تأمین حداقل نظارت بر کیفیت و کاهش زمان نصب و اجرا، پاشنه‌های بتقی آنها به طور پهن و به هم چسبیده ساخته شده است. ضخامت دالهای نیم پیش ساخته، مانند پاشنه تیرچه‌ها، در حدود  $4\text{ cm}$  تا  $5\text{ cm}$  سانتیمتر است. عرض دالها، با توجه به تجهیزات موجود برای نصب، و عرض سقف مورد پوشش تعیین می‌شود. طول دالهای نیم پیش ساخته محدودیتهای مربوط به تیرچه‌ها، تعیین می‌گردد. این نوع دالها، در عرضهای  $1/20$  تا  $2/45$  متر تولید می‌شوند.

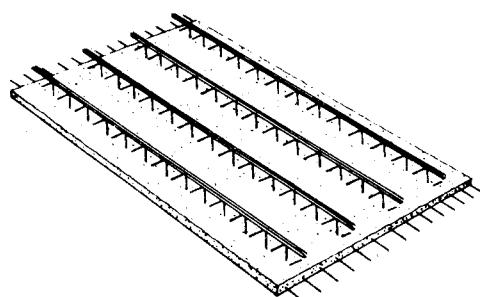
این نوع دالها برای دهانه‌های مختلف، به راحتی قابل اجرا هستند. در صورتی که ضخامت سقف بیش از  $12\text{ cm}$  سانتیمتر باشد، با استفاده از بلوک‌های توخالی لآ شکل، که به طور معکوس روی سقف قرار داده می‌شوند، می‌توان وزن سقف را کاهش داد و در مصرف بتن صرفه‌جویی کرد. دالهای نیم پیش ساخته، مانند تیرچه‌های دار دو نوع خرپایی و پیش تنیده تولید می‌شوند.



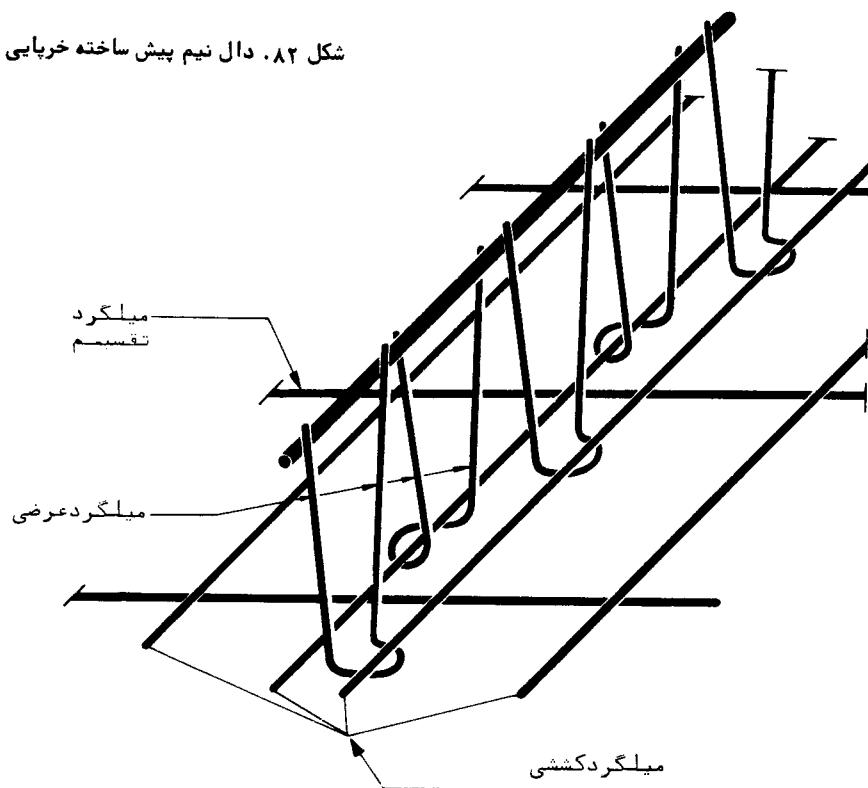
شکل ۸۱. مقطع سقف اجرا شده با دال نیم پیش ساخته

(الف) دالهای نیم پیش ساخته خرپایی: دالهای نازکی هستند که شبکه آرماتورهای کششی و تقسیم سقف، در داخل بتن زیرین قرار می‌گیرد. از مزایای مهم این روش اجرا، امکان استفاده از شبکه‌های پیش ساخته آرماتور است. خرپاهای فولادی، در فواصل معین، در دال نیم پیش ساخته نصب می‌شوند و عملکرد آنها به شرح زیر است:

- تأمین ایستایی لازم برای حمل و نقل و نصب.
- تأمین ایستایی لازم برای تحمل وزن دال و بتن پوششی درجا، و بلوک‌های روی آن در فاصله‌شمعها.



شکل ۸۲. دال نیم پیش ساخته خربایی



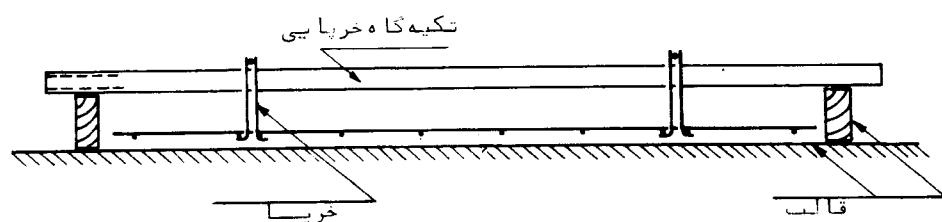
شکل ۸۳. یک نوع خرپا برای دال نیم پیش ساخته و نحوه استقرار آن در داخل شبکه میلگردهای دال

- تأمین محل مناسب برای گیره‌های جرثقیل، در مراحل حمل و نقل و نصب.
- تأمین مقداری از میلگردهای کششی، برشی و عرضی سقف.
- ایجاد پیوستگی بیشتر دال و بتن پوششی در جا.
- تحمل کل، یا قسمتی از نیروی برشی سقف تعلم شده.

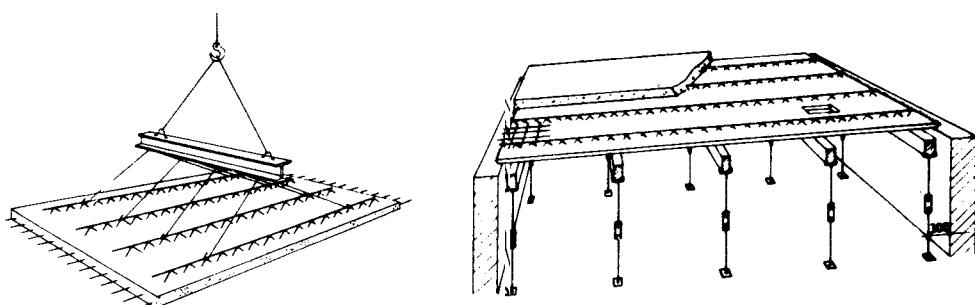
روش تعیین سطح مقطع میلگردهای کششی و عرضی خرپا، مانند روش محاسباتی درج شده در نظریه «سواره» ۹۴ است. با این تفاوت که در دالهای نیم پیش ساخته، میلگردهای کششی، به طور گستردۀ و یکنواخت در سطح دال پخش می‌شوند. فاصله این میلگردها باید از سه برابر ضخامت کل دال و یا  $35$  سانتیمتر، هر کدام کمتر است، بیشتر باشد. سطح مقطع میلگردهای توزیعی، معادل  $\%25$  سطح مقطع آرماتورهای کششی انتخاب می‌شود و معمولاً "در فواصل  $25$  سانتیمتر و در امتداد عمود بر امتداد میلگردهای کششی، نصب می‌گردد.

هنگام بتن ریزی، سطح بالایی دال به طور ناهموار اجرا می‌شود تا پیوستگی آن با بتن پوششی، در جا بهتر باشد.

مقررات کلی، مربوط به فاصله خرپاها، حداقل سطح مقطع آرماتورها، پوشش بتنی روی میلگرد و اتصال میلگردها به یکدیگر، مانند تیرچه‌های خرپایی است؛ با این تفاوت که میلگردهای کششی و تقسیم، در تمام سطح دال، به طور یکنواخت پخش می‌شوند. فاصله خرپا از لبه کناری دال، باید از  $5$  سانتیمتر کمتر باشد.

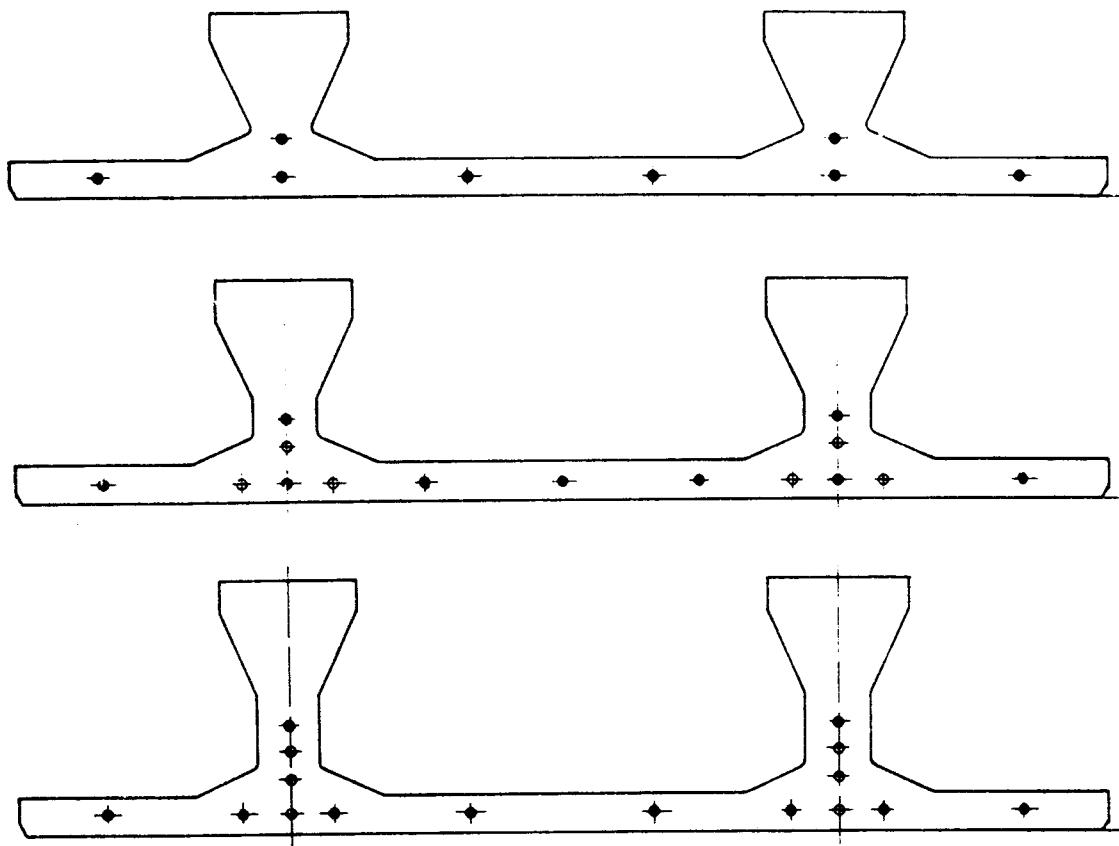


شکل ۸۴. شماي قالب‌بندی دال نیم پیش ساخته



شکل ۸۵. حمل و شمع‌بندی دالهای نیم پیش ساخته خرپایی

ب) دالهای نیم پیش ساخته، پیش تنیده: دالهای نازک بتنی هستند که پیش تنیده شده‌اند، این دالها در واقع همان تیرچه‌های پیش تنیده هستند که قسمت پاشنه آنها، به طور پهن و به هم چسبیده ساخته شده است. محدودیتهای فنی این نوع دال، مانند سقف‌های تیرچه بلوك و تیرچه‌های پیش تنیده است.



شکل ۸.۶. سه نوع دال نیم پیش ساخته پیش تنیده

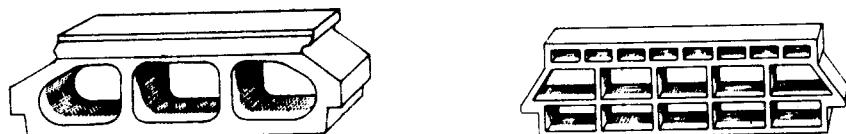
#### ۶-۲. بلوك

از بلوك، به عنوان قالب‌دایمی برای قالب‌بندی گونه‌های جان تیر T و همچنین قالب‌زیرین بتن پوششی درجا، استفاده می‌شود. قسمت زیرین بلوك، معمولاً برای تأمین سطح صافی برای انجام نازک‌کاری، و تیغه‌های داخلی بلوك، برای تقویت ایستایی مقطع بلوك، تعییه می‌شوند. مقاومت بلوكها در محاسبات ایستایی سقف، منظور نمی‌شود و همواره به عنوان قالبهای دائمی و مصالح پرکشنده محسوب می‌شوند. با این وجود، این بلوكها باید

قادر به تحمل ضربه‌های ناشی از حمل و نقل متعارف و نیروهای ناشی از عبور و مرور، در زمان بتن‌ریزی باشند.

بلوکها، از مواد مختلفی مانند بتن، سفال و یونولیت تولید می‌شوند و به طور کلی مواد تشکیل‌دهنده آنها نباید روی بتن اثر شیمیایی داشته باشد.

عرض بلوکها، معمولاً "بین ۲۰ تا ۲۵ سانتیمتر؛ تغییر می‌کند و ارتفاع و طول آنها نابع مشخصات سقف است. تیفه‌های دو طرف بلوك، برای تأمین شرایط مناسبتر برای بتن‌ریزی در سقف‌هایی، و همچنین افزایش میزان باربری بلوکها، به شکل شبدار طراحی می‌شود. بعضی از انواع بلوکها، طوری طراحی می‌شوند که بدون نیاز به بتن‌ریزی در قسمت فوقانی آنها، بستهایی قادر به تحمل بار زنده و مرده، سقف در مرحله بسیاره برداری باشند. این نوع بلوکها، در اروپا کاربرد زیادی دارند، ولی به علت عدم مقاومت کافی در برابر نیروهای افقی، در مناطق زلزله‌خیز کاربرد ندارند. در ایران نیز، به همین دلیل استفاده از این نوع بلوکها مجاز نیست.



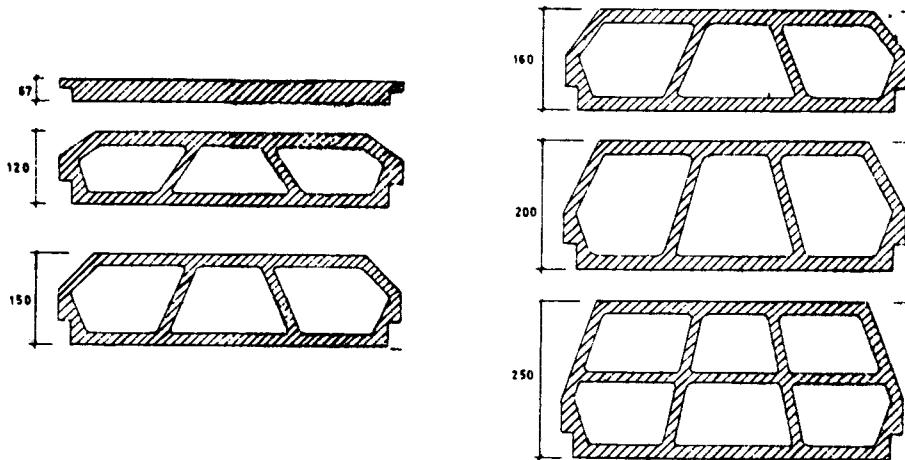
شکل ۸۷. دو نوع بلوك باربر



شکل ۸۸. مقطع‌های سقفهای اجرا شده با بلوک‌های باربر

#### ۶-۲-۱. بلوکهای بتنی

بلوکهای بتنی، به شکل‌های تپر و توخالی، در اندازه‌های مختلف در کارگاههای مجهز و کارخانه‌ها تولید می‌شوند. حداقل ضخامت تیفه‌های بلوکهای بتنی، ۱۵ میلیمتر و حداقل عرض نشینگاه بلوک ۱۷/۵ میلیمتر تعیین شده است. عرض بلوکهای بتنی، معمولاً "۲۰ سانتیمتر و وزن آنها بین ۱۱ تا ۱۲ کیلوگرم، متغیر است. حداکثر رواداری در ابعاد و ارتفاع،  $2^{+/-}$  میلیمتر و در طول و عرض،  $3^{+/-}$  میلیمتر است.



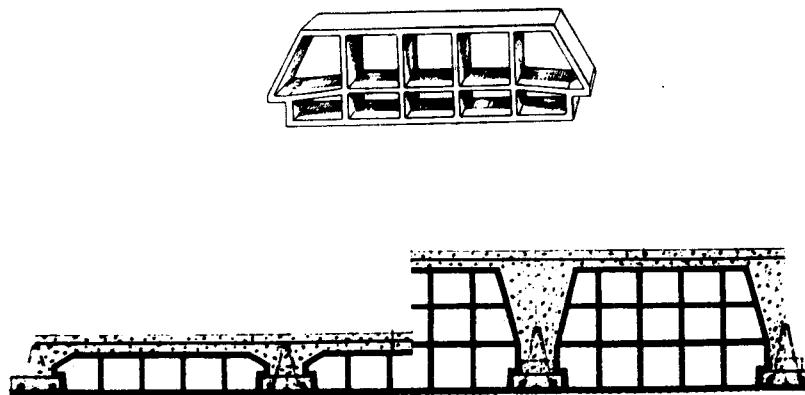
شکل ۸۹. چند نوع بلوک بتنی

#### ۶-۲-۲. بلوکهای سفالی

این بلوکها، در ابعاد مختلف تولید می‌شوند. عرض بلوکهای سفالی، معمولاً "۲۵ سانتیمتر و وزن آنها، حدود ۳ تا ۱۰ کیلوگرم متغیر است. سطح بلوکهای سفالی، معمولاً "شیاردار است تا میزان چسبندگی آنها با بتن افزایش یابد.

بلوک سفالی خوب، دارای صدای زنگداری است و صدای زنگ، نشانه تپری و تاب زیاد است. بلوکی که صدای خفه داشته باشد، خوب نیخته است یا ترک دارد. بلوک خوب، عایق حرارت و مقاوم در برابر آتش سوزی است.

بلوکها باید عاری از ترک و دانه‌های آهکی باشند و رنگ آنها کاملاً "پکتواخت بوده و به طور یکسان بخته شده باشند. سطح بلوکهای سفالی، باید صاف و عاری از انحنا و خمیدگی باشد و لبه‌های تیز و مستقیم و بافت ریز و مترآکسی داشته باشند. جذب آب بلوک، نباید از ۲۵٪ وزن آن بیشتر باشد. ضخامت تیفه‌های بلوک سفالی نباید از ۸ میلیمتر کمتر باشد. حداکثر رواداری ابعاد برای بعد کمتر از ۱۵ سانتیمتر،  $3^{+/-}$  میلیمتر و برای ابعاد بیش از ۱۵ سانتیمتر،  $4^{+/-}$  میلیمتر است.



شکل ۹۵. بلوک سفالی و مقطع سقف اجرا شده با آن

#### ۶-۳. میلگرد جمع شدگی و حرارتی و میلگرد منفی

برای مقابله با تنشهای متفرقه در بتن درجا، میلگردهای جمع شدگی و حرارتی، در دو جهت عمود برهم، در قسمت بالای سقف (حدود ۲ سانتیمتر پایین‌تر از سطح بالایی بتن)، نصب می‌شوند.

در نظریه شماره ۹۴، حداقل قطر میلگرد جمع شدگی و حرارتی برای فولاد نرم، ۵ میلیمتر و برای فولادهای نیم سخت و سخت، ۴ میلیمتر توصیه شده است. همچنین، حداقل سطح مقطع این میلگردها در امتداد تیرچه‌ها،  $1/25$  در هزار سطح مقطع دال بالایی (عموماً به ضخامت ۵ سانتیمتر)، و در جهت عمود بر امتداد تیرچه‌ها،  $1/75$  در هزار سطح مقطع دال بالایی تعیین شده است.

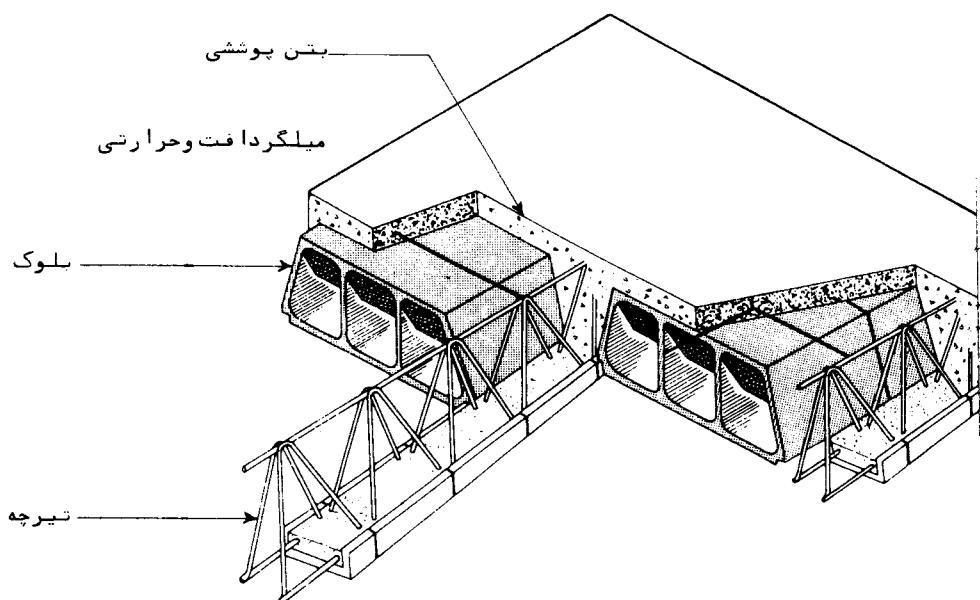
فاصله بین دو میلگرد جمع شدگی و حرارتی متوازی، باید از  $25$  سانتیمتر تجاوز کند. از میلگرد بالای تیرچه، در صورتی که داخل دال بالایی قرار گرفته باشد، می‌توان به عنوان میلگرد جمع شدگی و حرارتی استفاده کرد.

با وجود طرح تیرچه‌ها بافرض تکیه‌گاه ساده، لازم است فولادی معادل  $1/15$  ه برابر سطح مقطع فولاد کشی وسط دهانه، روی تکیه‌گاه اضافه کردد. این میلگردها، حداقل تا فاصله  $\frac{1}{5}$  دهانه از، از تکیه‌گاه به طرف داخل دهانه ادامه می‌یابند.

#### ۶-۴. بتن پوششی

بتن پوششی به عنوان یکی از عناصر مشکله سقف، پس از جاکداری تیرچه و بلوک، ریخته می‌شود و پس از به دست آوردن مقاومت کافی، با قطعات بالا، مقطع مزک  $\text{I}$  شکلی را مطابق شکل ۷۳ تشکیل می‌دهد.

تاب فشاری بتن پوششی، مطابق روش درج شده در فصل چهارم نشریه «شماره ۹۴، محاسبه و تعیین می‌شود. مشخصات اجزای تشکیل دهنده و خواص بتن تازه و بتن سخت شده، به طور خلاصه در فصل چهارم این نشریه مورد بررسی قرار گرفته است.

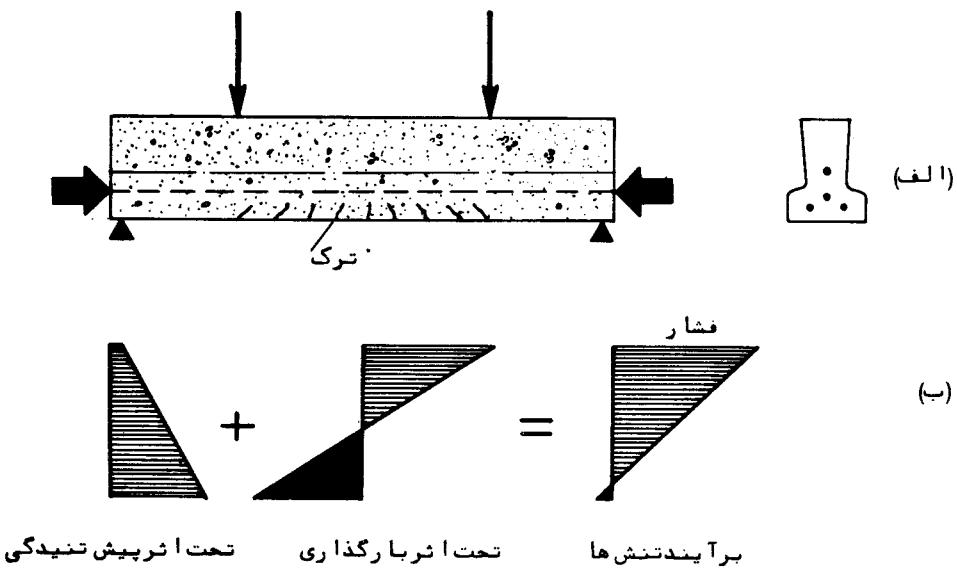


شکل ۹۱. مقطع نوار T شکل در سقف تیرچه و بلوک



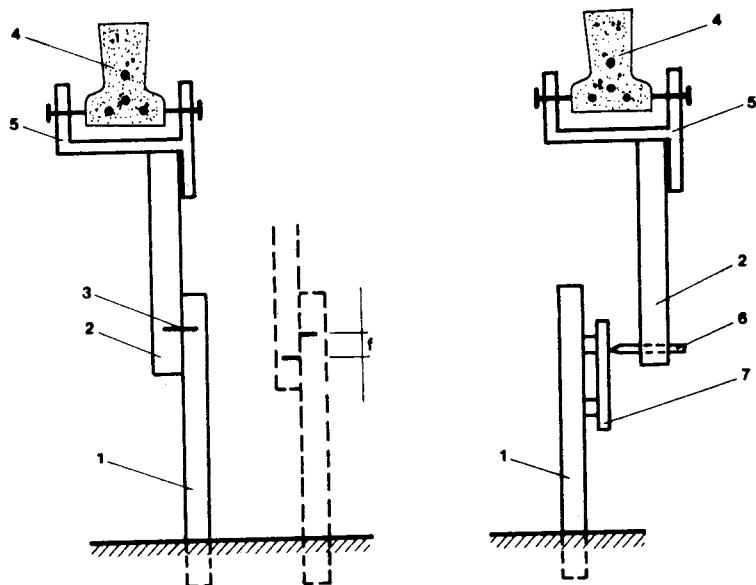
**پیوست ۱. آزمایش بارگذاری تیرچه‌های پیش تنیده**

نحوه انجام آزمایش، به این ترتیب است که ابتدا با در نظر گرفتن میزان پیش تنیدگی تیرچه کمتر مشخصات فنی مربوط، قید شده، مقدار نیروی متعرکزی که برای از بین بردن پیش تنیدگی و ایجاد ترک در تار زبرین تیرچه لازم است، محاسبه می‌شود. سپس، تیرچه روی تکیه‌گاههای قابل تنظیم طوری قرار داده می‌شود که طریق‌های طرفین، از ۱۵ سانتیمتر کمتر و از حدود ۱ متر بیشتر نباشد (شکل ۹۲). همچنین، فاصله بارهای متعرکز طوری تنظیم می‌گردد، که فاصله نیروهای متعرکز از تکیه‌گاهها، برابر  $\frac{1}{4}$  (یا  $\frac{1}{3}$ ) طول دهانه تیر باشد.



شکل ۹۲. بارگذاری تیرچه پیش تنیده، بوای تعیین میزان تنش پیش تنیدگی (الف)، نمودار تنشها (ب).

در مرحلهٔ اول، ۵۵٪ نیروی محاسبه شده، با سرعت ۵۰ کیلوگرم در هر ثانیه، به تیرچه پیش تییده وارد شده و در پایان این مرحله، بارگذاری، مقدار افتادگی تیر در وسط دهانه، اندازه‌گیری می‌شود. سپس، در مرحلهٔ بعدی بازای هر ۱۰٪ افزایش نیرو، مجدداً ۳۰٪ مقدار افتادگی تیرچه اندازه‌گیری شده و در جداول مربوط ثبت می‌گردد. مدت توقف برای افزایش هر مرحله بارگذاری، پنج دقیقه و مدت توقف بار در مرحلهٔ اعمال صد درصد نیرو (برای ایجاد ترک)، پانزده دقیقه در نظر گرفته می‌شود. برای اندازه‌گیری افتادگی، می‌توان از وسائل ساده‌ای مانند شکل ۹۳ استفاده کرد.



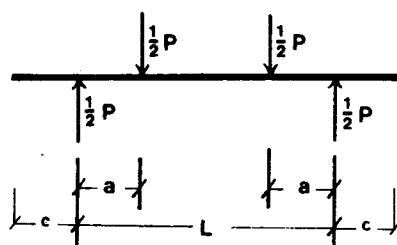
شکل ۹۳. شمای دو نوع وسیله اندازه‌گیری تغییرات افتادگی پایه ثابت (۱)، بازوی متحرک (۲)، علامت قبل از اجرای آزمایش (۳)، تیرچه (۴)، گیره (۵)، مدار (۶)، صفحه چوبی و کاغذ (۷).

آزمایش هر تیرچه، وقتی رضایت‌بخش نلقی می‌شود، که نا مرحله، اعمال ۱۰۰٪ نیروی محاسبه شده، هیچ گونه ترک در تار زیرین، ظاهر نشود و تغییرات خیز، به ازای افزایش هر ۱۰٪ نیرو، مناسب و پکنواخت باشد. غیریکنواخت شدن تغییرات خیز، دلیل ترک خوردن تار زیرین است، که این ترکها با ملاحظه دقیق قسمت زیرین تیرچه، در حد فاصل دوبار متغیرک، قابل دیدن خواهند بود. اندازه‌گیری افتادگی تیرچه نیز، در هر بارگذاری، به همین منظور و برای اطلاع از وضعیت و چیزی ترک است.

مقدار نیروی متغیر که برای از بین بردن تنش فشاری نار زیرین تیرچه لازم است، و همچنین تغییر خیز ایجاد شده در آن بارگذاری، با فرمولهای زیر محاسبه می‌شود:

$$P = \frac{2}{a} \left[ W(\sigma_c + \sigma_{ct}) - \frac{g_1(L^2 - 4c^2)}{8} \right]$$

$$F_0 = \frac{P \cdot a (3L^2 - 4a^2)}{48 EI}$$



که در آن:

$P$  = نیروی متغیر که بر تیرچه، بر حسب کیلوگرم.

$L$  = طول دهانه تیرچه، بر حسب سانتیمتر.

$a$  = فاصله نیروی متغیر از تکیه‌گاه، بر حسب سانتیمتر.

$W$  = اساس مقطع تیرچه، بر حسب سانتیمتر مکعب.

$g_1$  = وزن واحد طول تیرچه، بر حسب کیلوگرم بر سانتیمتر.

$\sigma$  = تنش فشاری نار زیرین تیرچه، بر حسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع.

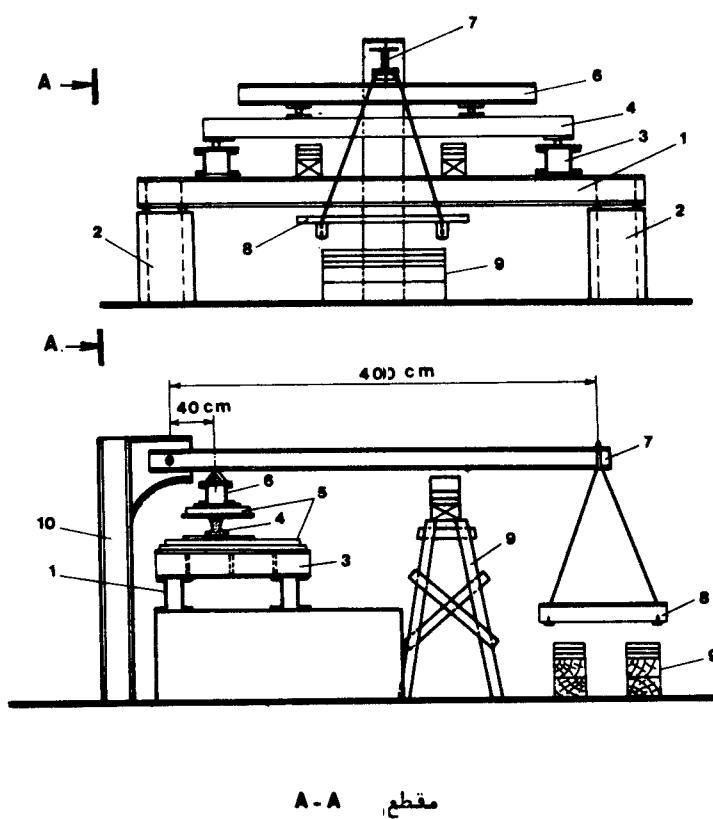
$c$  = طول هر یک از طره‌ها، بر حسب سانتیمتر.

$\sigma_{ct}$  = مقاومت کششی بتن، بر حسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع (این مقدار برابر ۱۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع فرض می‌شود).

$E$  = اساس ارتجاعی بتن، بر حسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع (مقدار حداقل آن، برابر ۱۵۰،۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع درنظر گرفته می‌شود).

$I$  = میان اپرسی، بر حسب  $\text{cm}^4$

در شکل‌های ۹۴ و ۹۵، دو نوع دستگاه آزمایش مقاومت خمشی (چهار نقطه‌ای)، مورد استفاده برای آزمایش تیرچه‌های پیش‌تنیده، نشان داده شده است.



شکل ۹۴. شمای یک نوع دستگاه آزمایش خمش چهار نقطه‌ای کارگاهی، مورد استفاده برای آزمایش تیرچه‌های پیش‌تنیده، به روش بارگذاری اهرمی تیر بستر آزمایش (۱)، پایه بتنی (۲)، تیر تکیه‌گاه (۳)، تیرچه (۴)، تکیه‌گامفصلی (۵)، شاهین (۶)، اهرم (۷)، سینی بارگذاری (۸)، تکیه‌گاههای ایمنی (۹)، ستون فلزی (۱۰).



شکل ۹۵. یک نوع دستگاه آزمایش چهار نقطه‌ای هیدرولیکی، مورد استفاده برای آزمایش  
تیرهای پیش تنیده



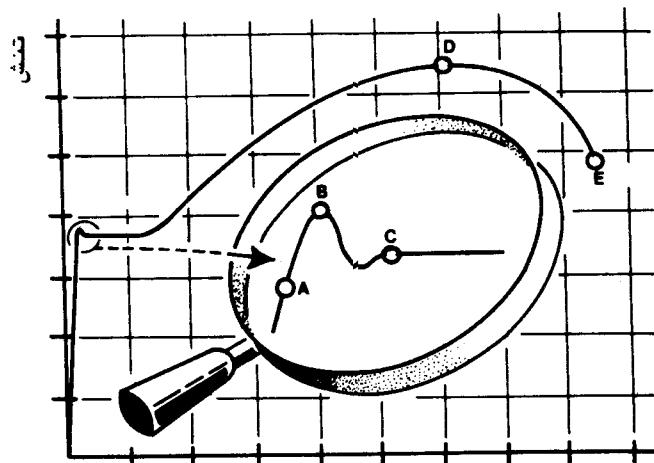
## پیوست ۲. نمودارهای تنش - تنخش فولاد نرم و فولاد سخت

تعیین خواص مکانیکی فولاد، معمولاً "با آزمایش کششی آن میسر می‌شود. به این ترتیب که میله منشوری از فولاد مورد آزمایش را تحت اثر نیروی محوری کششی قرار می‌دهند. اگر نمونه مورد آزمایش، فولاد نرم باشد، ابتدا با افزایش تدریجی نیروی محوری کششی، اضافه طول میله، با مقدار نیروی وارد، نسبت مستقیم خواهد داشت و این تناسب، تا حدی از بار ادامه می‌یابد و ناگهان تغییر طول زیادی در میله ایجاد خواهد شد. از آن به بعد، رابطه بین نیرو و تغییر طول، خطی نخواهد بود. برای آنکه نتایج به دست آمده از آزمایش میله‌ها، که با سطوح مقطع و طولهای مختلف، مورد آزمایش قرار می‌گیرند، قابل تطبیق باشد، در ترسیم نمودار نتایج آزمایش، تغییرات تنخش (نسبت تغییر طول به طول معینی از نمونه مورد آزمایش) بر حسب تنفس (نیروی وارد بر واحد سطح) ملاک عمل قرار می‌گیرد.

نتیجهٔ هر آزمایش، به صورت یک نمودار برای هر نمونه ارائه می‌شود. اگر فولاد مورد آزمایش از نوع فولاد نرم باشد، منحنی حاصل، مطابق شکل ۹۶ خواهد بود، که در آن، تنش مانند نقطه A را حد تناسب، تنش مانند نقطه B را حد کشسانی و تنش مانند نقطه C را حد جاری شدن یا تنش تسلیم می‌نامند. در نقطه C (نقطهٔ تسلیم)، از دیاد نیروی کششی با یک تغییر طول نسبتاً "زیاد در نمونه، همراه خواهد بود، بدون آنکه تنش کششی افزایشی پیدا کند. در عمل، می‌توان برای ساده‌تر کردن نمودار، نقاط A، B و C را منطبق برهم فرض نمود.

نمونه در اثر ادامهٔ کشش، تا نقطه D، در مقابل نیروی کششی مقاومت می‌کند. تنش مانند نقطه D را "مقاومت نهایی" یا "تاب کششی" یا "تنش گسیختگی" می‌نامند. از آن نقطه به بعد، میله از دیاد طول پیدا می‌کند، نیروی کششی به تدریج کم می‌شود و سطح مقطع کاهش می‌یابد تا اینکه در نقطه E گسیخته می‌شود.

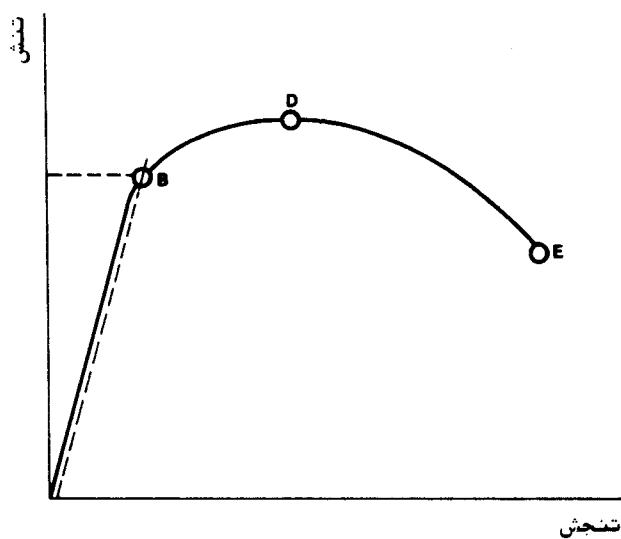
در مورد فولادهای نیم سخت و سخت، نمودار تنفس - تنخش شکل دیگری دارد، به طوری که فولاد نیم سخت دارای پله تسلیم خیلی محدود، و فولاد سخت فاقد پله تسلیم است و گسیختگی آنها مانند حالت گسیختگی یک جسم شکننده است. از این رو، برای آنها مدول ارتجاعی، قراردادی تعریف می‌شود، و آن عبارت از تنفس است که به ازای آن، تغییر طول دائمی ماندگار (پس از برداشتن نیروی محوری) برابر ۲ در هزار طول قطعهٔ مورد آزمایش، به وجود آید. برای پیدا کردن آن نقطه، کافی است از نقطه‌ای به طول ۲ در هزار در روی محور طولهای خطی، به موازات قسمت مستقیم، نمودار رسم نماییم تا منحنی را در نقطه B قطع نماید. تنفس



شکل ۹۶. نمودار تنش - تنخش (تغییر طول نسبی) یک نوع فولاد نرم.

مانند این نقطه، مدول ارتجاعی قراردادی قطعه مورد نظر خواهد بود. نمودار ۱۱، تنش - تنخش فولاد سخت را نشان می‌دهد.

لازم به یادآوری است که تنش محاسباتی (تنش مجاز)، به مقدار قابل ملاحظه‌ای، کمتر از حد ارتجاعی یا تنش تسلیم در نظر گرفته می‌شود.



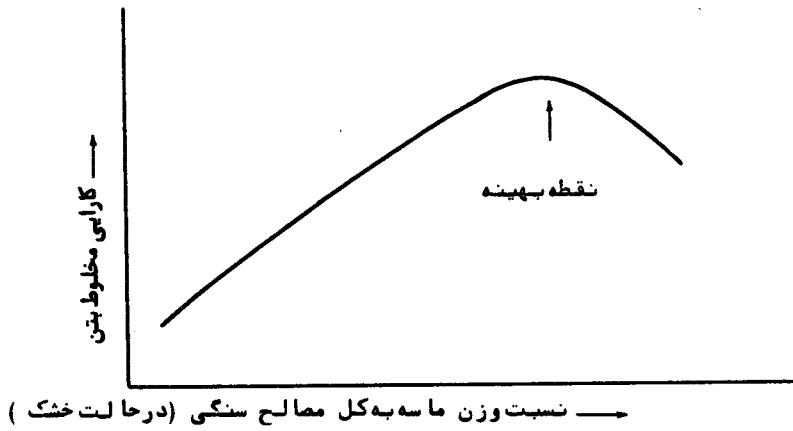
نمودار ۱۱. تنش - تنخش (تغییر طول نسبی) یک نوع فولاد سخت.

### پیوست ۳. طرح بتن در کارگاههای کوچک

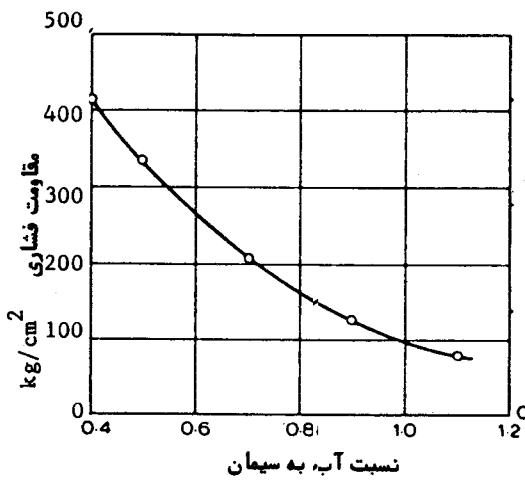
منظور از طرح بتن، یافتن ترکیب مناسبی از سیمان، مواد سنگی و آب است؛ به طوری که بتن حاصل، از نظر پایایی و مقاومت، جوابگوی نیاز سازه مورد نظر بوده و دارای کارایی کافی باشد، تا به آسانی و با حداقل کار، مخلوط، حمل و در قالب جادا شود و در هیچ یک از این مراحل، یکواختی آن به هم نخورد.

به طور کلی در طرح بتن، نسبت اجزای تشکیل دهنده آن، طوری انتخاب می‌شود که کیفیت خوب و کارایی لازم، با رعایت بالاترین حد صرفه‌جویی در مصرف سیمان، با مصالح قابل دسترس و موجود، به دست آید.

همان طور که در نمودارهای ۱۲، ۱۳ و ۱۴ ملاحظه می‌شود، با تغییر نسبتها و وزنی سیمان به مصالح سنگی، ماسه به مصالح سنگی و آب به سیمان، کیفیت بتن و کارایی آن به مقدار زیادی تغییر می‌کند و بهترین ترکیب، زمانی به دست می‌آید که بیشترین مقدار مقاومت، کارایی و پایایی با کمترین مقدار سیمان، تأمین شده باشد. علاوه بر این، نوع سیمان مصرفی، نوع و دانه‌بندی مصالح سنگی و نیز نوع و مقدار مواد افزودنی، مشخصات بتن را به طور قابل ملاحظه‌ای تغییر می‌دهند.



نمودار ۱۲. شماتیک تغییرات کارایی مخلوط بتن، بر حسب تغییر نسبت وزن ماسه به وزن کل مصالح سنگی



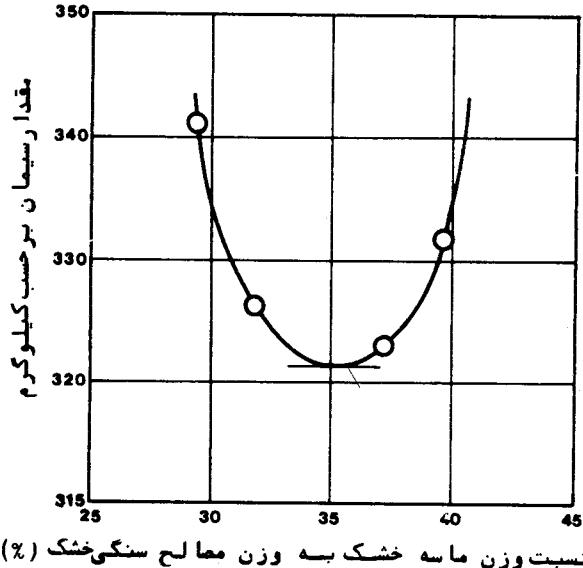
نمودار ۱۳. رابطه بین مقاومت ۷ روزه و نسبت آب به سیمان، برای بتن ساخته شده با سیمان پرتلند زود سخت شونده

طرح بتن، در آزمایشگاه و توسط مهندسان با تجربه انجام می‌گیرد، ولی در کارگاههایی که طرح اختلاط اولیه‌ای برای ساخت بتن در دسترس نیست، می‌توان در صورت تأیید ڈستگاه نظارت، از روش ساده زیر استفاده کرد.

ابتدا با استفاده از اطلاعات موجود، نسبت آب به سیمان باتوجه به میزان مقاومت بتن، از نمودار ۱۳ تعیین می‌شود. سپس، دست کم چهار نوع بتن با تغییر در نسبتهاي ماسه به مصالح سنگي، ساخته می‌شود و در حالی که نسبت آب به سیمان، دقیقاً "ثابت نگهداشت" شده، بتدربیح آب و سیمان به مخلوط مصالح سنگي اضافه می‌گردد تا کارایی مناسب برای بتن ریزی ایجاد شود. لازم به پادآوری است، که باید رطوبت نسبی شن و ماسه، در تعیین نسبت آب به سیمان و وزن مصالح سنگي منظور شود. به محفوظ کسب کارایی مناسب، مقدار سیمان مصروف شده و نسبت ماسه به مصالح سنگي (شن و ماسه) انتخاب شده، یادداشت می‌شود. برای پی بردن به میزان کارایی بتن، می‌توان اسلامپ بتن را اندازه‌گیری کرد.

پس از ساخت دست کم ۴ نمونه و یادداشت نسبتهاي بالا، نتایج به دست آمده در نموداري که محصور طولها، نقاط مربوط به نسبت وزن ماسه به وزن کل مصالح سنگي، و محور عرضها، مقدار سیمان در هر مترمکعب بتن را بر حسب کیلوگرم نشان می‌دهد، منعکس می‌شوند.

با استفاده از نقاط منعکس شده، منحنی تغییرات که به شکل ۲ می‌باشد، ترسیم می‌شود. اقتصادیترین و مناسبترین نسبت اختلاط، مربوط به پایین‌ترین نقطه منحنی خواهد بود.



نمودار ۱۴. تغییرات مقدار سیمان لازم برای حصول مقدار معین کارایی، برحسب تغییر نسبت وزن ماسه، خشک به وزن کل مصالح سنگی خشک. (نسبت آب به سیمان بتن، ثابت است)

لازم به پادآوری است، برای آنکه فولاد در داخل بتن زنگ نزند، حداقل مقدار سیمان به ۲۵۰ کیلوگرم در مترمکعب بتن محدود می‌شود و نباید تحت هیچ شرایطی، مقدار سیمان کمتر از این باشد. در کارگاههای کوچک مناطق دورافتاده که امکان کنترل کیفی مداوم بتن وجود ندارد، می‌توان با اضافه کردن مقداری سیمان به مخلوط بتن، (به عبارت دیگر، کاهش نسبت آب به سیمان)، عدم انجام مداوم کنترل‌های کیفی و نمونه‌برداری و آزمایش مقاومت فشاری را، تا حدودی جبران کرد. در طراحی، مقاومت بتن بدون کنترل مداوم را مقدار بیشتری در نظر می‌گیرند. جدول زیر، مقادیر توصیه شده را نشان می‌دهد.

مقاومت فشاری بتن (kg/cm <sup>2</sup> )	
متراژ کنترل غیرمداوم	متراژ قابل حصول
۱۵۰	۲۳۰
۱۸۰	۲۷۰
۲۰۰	۳۰۰
۲۵۰	۳۵۰

برای تعیین وزن مصالح سنگی (شن و ماسه)، وزن مخصوص بتن تازه برابر  $2350 \pm 50$  کیلوگرم بر مترمکعب فرض می‌شود.



#### پیوست ۴. مخلوط کردن بتن با دست

برای کار کوچک، که حجم بتن ریزی محدود است و دستگاه بتن ساز و بتن آماده در دسترس نیست، می‌توان بتن را با دست ساخت.

برای این منظور، سطح تمیز، صاف و غیرقابل نفوذی مانند بسترهاي بتنی، ورق فلزی یا صفحات چوبی، انتخاب می‌شود و پس از خیس کردن بستر، ابتدا ماسه و سیمان به روش حجمی یا وزنی اندازه‌گیری شده و بدون اضافه کردن آب، دست کم ۳ بار با هم بخوبی مخلوط می‌شود. پس از آنکه ماسه و سیمان بخوبی مخلوط شدند، در حالی که مخلوط مجدد "برگردانده" می‌شود، بتدریج شن به میزان مورد لزوم، به مخلوط اضافه می‌گردد. وقتی که کل مخلوط شن، ماسه و سیمان یک رنگ و یکنواخت شد، آب بتدریج روی مخلوط پاشیده شده و مخلوط شن و ماسه و سیمان برگردانده می‌شود، تا به حالت خمیری درآید.

هنگام ساختن بتن با دست، باید کارگران با تجربه، به تعداد کافی برای حمل، پیمانه کردن و مخلوط کردن بتن، به کار گماشته شوند تا بتن ریزی در مدت پیش بینی شده انجام شود. در مقایسه با روش ساخت بتن با دستگاه بتن ساز، در مواردی که بتن با دست ساخته می‌شود، باید ۱۵٪ به مقدار سیمان اضافه شود.

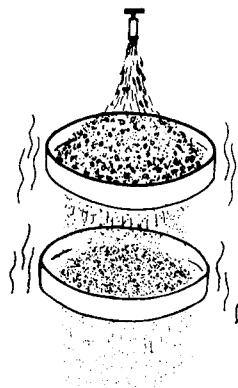


پیوست ۵، تعیین رطوبت نسبی ماسه و مقدار آب بتن تازه در واحد حجم در کارگاه، با روش ساده‌ای می‌توان مقدار رطوبت نسبی ماسه‌زا با دقت کافی اندازه‌گیری کرد. برای این منظور، ۵ الی ۸ کیلوگرم ماسه‌روی سینی فلزی وزن می‌کنند، به طوری که حداقل خطاً اندازه‌گیری، ۵/۵٪ باشد. سپس سینی را روی اجاق گازی یا نفتی قرار می‌دهند تا ماسه خشک شود. برای تسربی در عمل خشک شدن، ۲۵۰ گرم الكل صنعتی روی ماسه ریخته و آتش می‌زنند و با میلهٔ فلزی، ماسه را به هم می‌زنند تا وقتی که آتش روی سینی، کاملاً "خاموش شود. مجدداً ۲۵۰ گرم الكل روی ماسه ریخته و عمل بالا را تکرار می‌کنند، تا ماسه کاملاً "خشک شود. با توزین ماسه، خشک شده و با داشتن وزن ماسه مرتبط، مقدار رطوبت نسبی تعیین می‌شود. با یک تناسب ساده مقدار آب در هر کیلوگرم ماسه به دست می‌آید.

در مورد شن نیز همین روش قابل اجراست. در صورت لزوم می‌توان میزان آب بتن تازه را نیز با این روش اندازه‌گیری کرد.



پیوست ۶. بررسی کیفیت و دانه‌بندی مصالح سنگی بتن آمده در کارگاه برای بررسی وضعیت دانه‌بندی و نوع مصالح سنگی، حدود ۵ الی ۸ کیلوگرم از بتن تازه را با دقت ۵٪ توزین کرده، سپس روی دو الک شماره ۴ و ۱۰۵ می‌شویند، تا مواد رسیزتر از ۱۵٪ میلیمتر، شامل سیمان ولای از بتن تازه جدا شده و مصالح سنگی روی الکها باقی بماند. پس از خشک کردن مصالح سنگی شستشو شده، با ملاحظه دقیق، اندازه اجزا، یوکی، جنس سنگ، شکل و اندازه و بافت سطحی سنگدانه‌ها و چگونگی دانه‌بندی، "عمولاً" قابل تشخیص است. با الک کردن نمونه به دست آمده، می‌توان وضعیت دانه‌بندی و نسبت وزنی ماسه به کل مصالح سنگی را دقیقاً "تعیین کرد.



شکل ۹۷. شستشوی بتن تازه روی الک



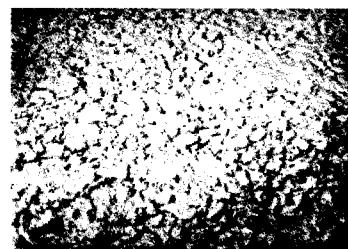
پیوست ۷. آزمایش بتن با استفاده از ماله فلزی در کارگاه چنانچه در کارگاههای کوچک، انجام آزمایش اندازه‌گیری اسلامی بتن ضروری تشخیص داده نشود، می‌توان از روش کارگاهی ساده ولی استاندارد نشده زیر، برای ارزیابی تقریبی کارایی بتن استفاده کرد:

سطح بتن تازه ریخته شده را به وسیله ماله فلزی پرداخت می‌کنند.

(الف) اگر بعد از کشیدن ماله فلزی، دانه‌های شن در سطح بتن قابل رویت باشند و فاصله بتن‌سنگدانه‌های درشت خالی باشد، دلیل بر کمبود ملات در جسم بتن است و بعد از بتن ریزی، سطح بتن کروم داخل آن پوک خواهد شد.

(ب) در صورتی که بعد از کشیدن ماله فلزی، خمیر سیمان در سطح بتن باقی بماند، به طوری که با گذاشتن و برداشتن ماله فلزی در محل ماله‌کشی شده، خمیر سیمان به صورت ناهموار در سطح آن تشکیل شود، دلیل بر زیاده از حد بین ملات در جسم بتن است و این نوع بتن با وجود شکل پذیری خوب، دارای مقاومت کمی خواهد بود.

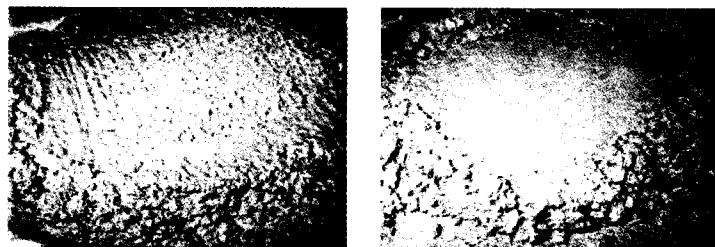
(ج) اگر بعد از کشیدن ماله فلزی، سطح کاملاً پکتواخت روی بتن تشکیل شود و با گذاشتن و برداشتن ماله فلزی روی آن سطح، تغییر محسوسی ایجاد نشود، نشانه متعادل بودن ملات در جسم بتن است و بتن دارای کارایی خوب و مقاومت و پایایی بیشتری خواهد بود.



(الف)

(ب)

(ج)



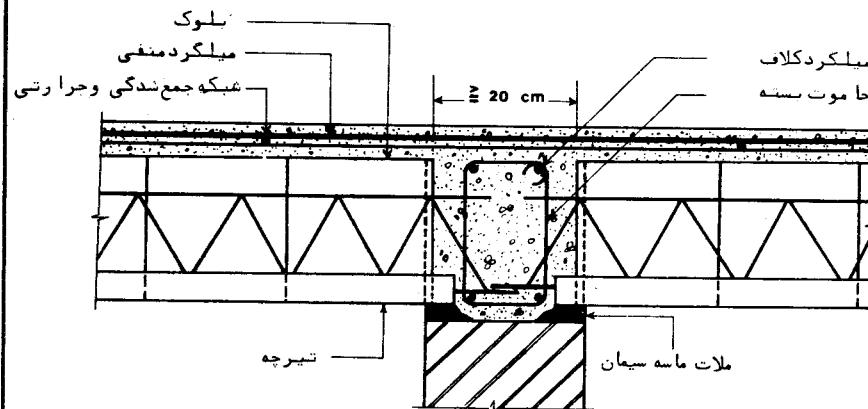
شکل ۹۸. سطح بتن ماله‌کشی شده

ملات ناکافی (الف)، ملات اضافی (ب)، ملات متعادل (ج).

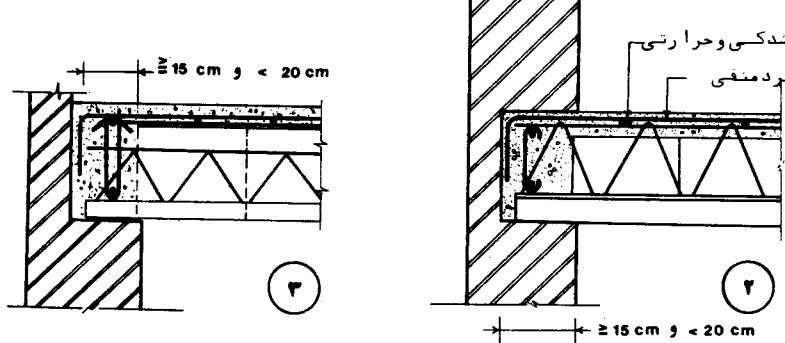


## پیوست ۸. جزئیات اجرایی





۱



۲

۳

## توضیح:

۱. استقرار سقف از دو طرف، روی دیوار باربر.
۲. استقرار سقف، به کمک کلاف کم عرض شامل قلاب دوخت.
۳. استقرار سقف، به کمک کلاف کم عرض شامل حلقه دوخت.

## سازمان سرنامه و بودجه

معاونت فنی

دفترتحقیقات و معایه رهای فنی

 <b>عنوان:</b> استقرار سقف روی دیوار باربر بنایی.	
 <b>میلگرد منفی</b>	 <b>شبکه مجمع شده و حرا رتنی</b>
 <b>۵</b>	 <b>۶</b>
 <b>۷</b>	

## توضیح:

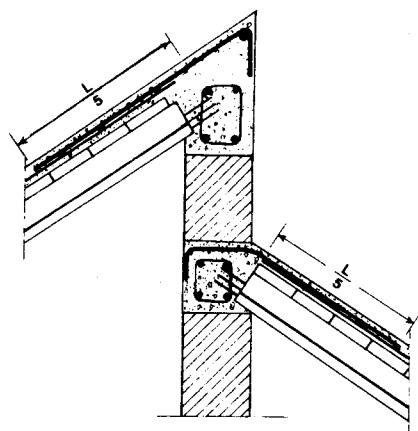
۴. طول پاشنه تیرجه برای استقرار روی دیوار، کافی نیست.
۵. طول پاشنه تیرجه کافی است.
۶. تراز دیوار اجرا شده، کمتر از اندازه پیش بینی شده برای احرای سقف است. تیرجه به کمک شمع، در تراز مورد نظر قرار می گیرد.
۷. تراز دیوار اجرا شده، کمتر از اندازه پیش بینی شده بوده، ولی طول پاشنه تیرجه برای استقرار روی دیوار، کافی است.

عنوان: استقرار سقف شیبدار، روی دیوار باربر

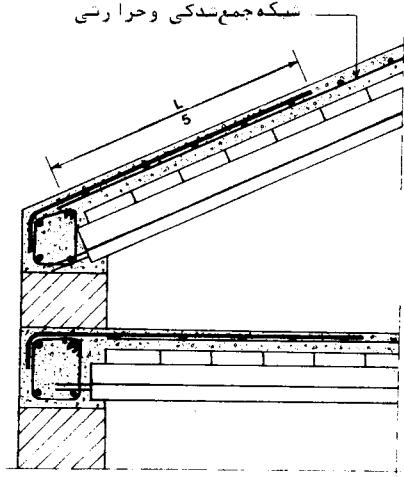
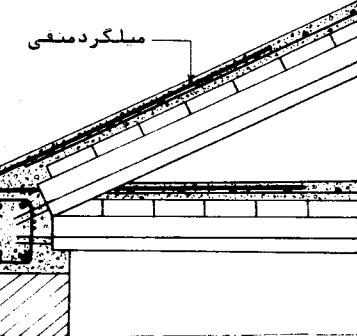
سازمان سرتاسری و پویا

معاونت فنی

دفتر تحقیقات و معیارهای فنی



شکه جمع سدکی و حرا رستی



توضیح:

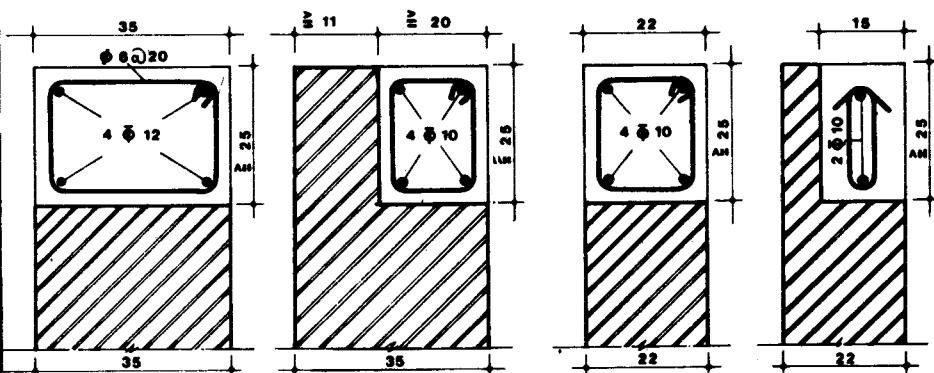
۸، ۹ و ۱۰. استقرار سقف شیبدار روی دیوار باربر، در حالتی که امتداد تیرچه‌ها در امتداد شبکه نباشد.

عنوان: برش عرضی کلاف، روی دیوار باربر بنایی

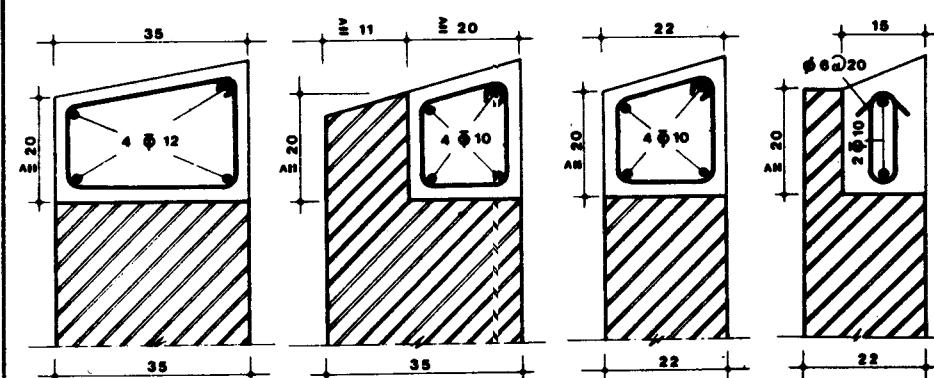
سازمان هواشناسی و بودجه

معاونت فنی

دفتر تحقیقات و مهندسی راهی فنی



۱۱



۱۲

توضیح:

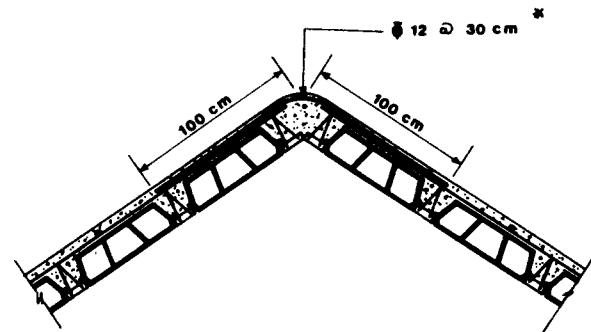
۱۱. کلاف استقرار سقف بدون شبب، روی دیوار باربر.
۱۲. کلاف استقرار سقف شبیده، روی دیوار باربر.

عنوان: سقف شیبدار، با تیرچه‌های عمود بر امتداد شیب.

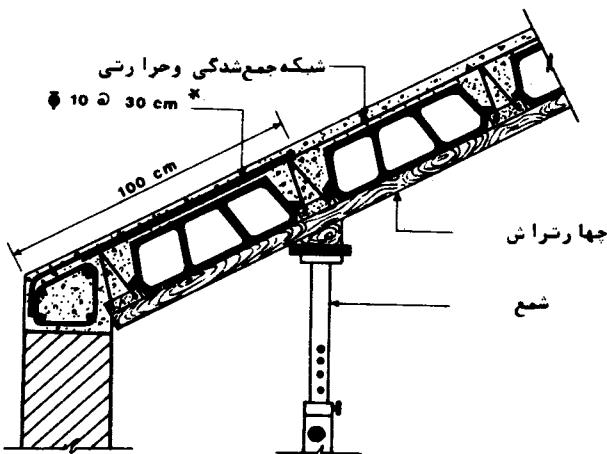
سازمان برتراند و بودجه

معاونت فنی

دفتر تحقیقات و معیارهای فنی



۱۲



۱۳

توضیح:

۱۳. پیوستگی در محل تغییر شیب.

۱۴. قالب‌بندی و کلاف روی دیوار باربر.

\* مقادیر فولاد توصیه شده، براساس تجربه.

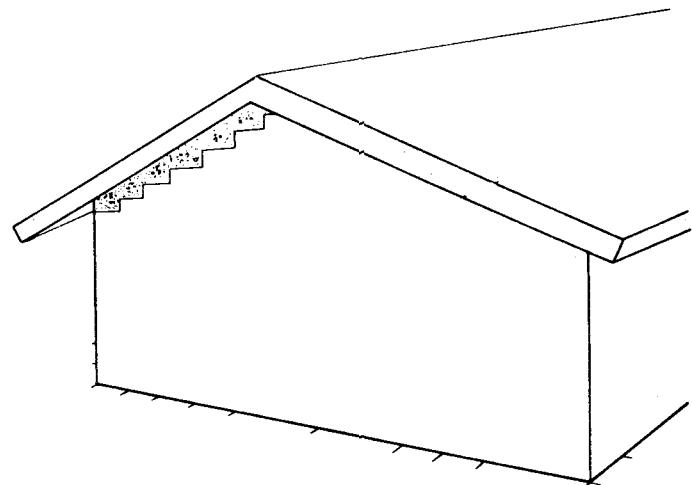
عنوان: کلاف روی دیوار باربر، برای اتصال سقف شیدار

سازمان برنامه و بودجه

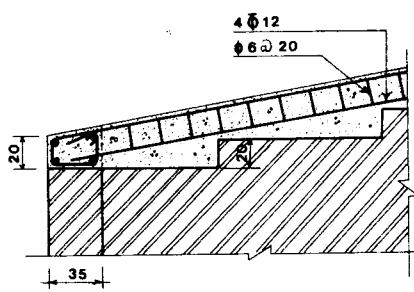
معاونت فنی

دفتر تحقیقات و مصاریع راهی فنی

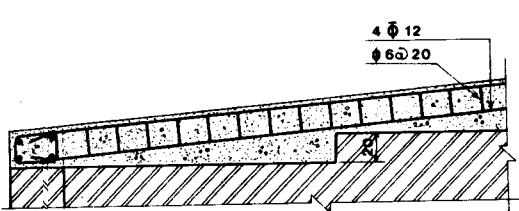
۶



15



17



16

توضیح:

۱۵. شای کلی کلاف سقف شیدار روی دیوار باربر، در حالتی که تیرحدهای در امتداد عمود بر شیب قرار دارند.

۱۶. جزئیات کلاف، در حالت شیب کم.

۱۷. جزئیات کلاف، در حالت شیب زیاد.

عنوان: استقرار سقف شیدار روی دیوار باربر، تیر بتنه  
درجا و تیر بتنه پیش ساخته

سازمان برتران مهندسی و بودجه
معاونت فنی
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

۱۸

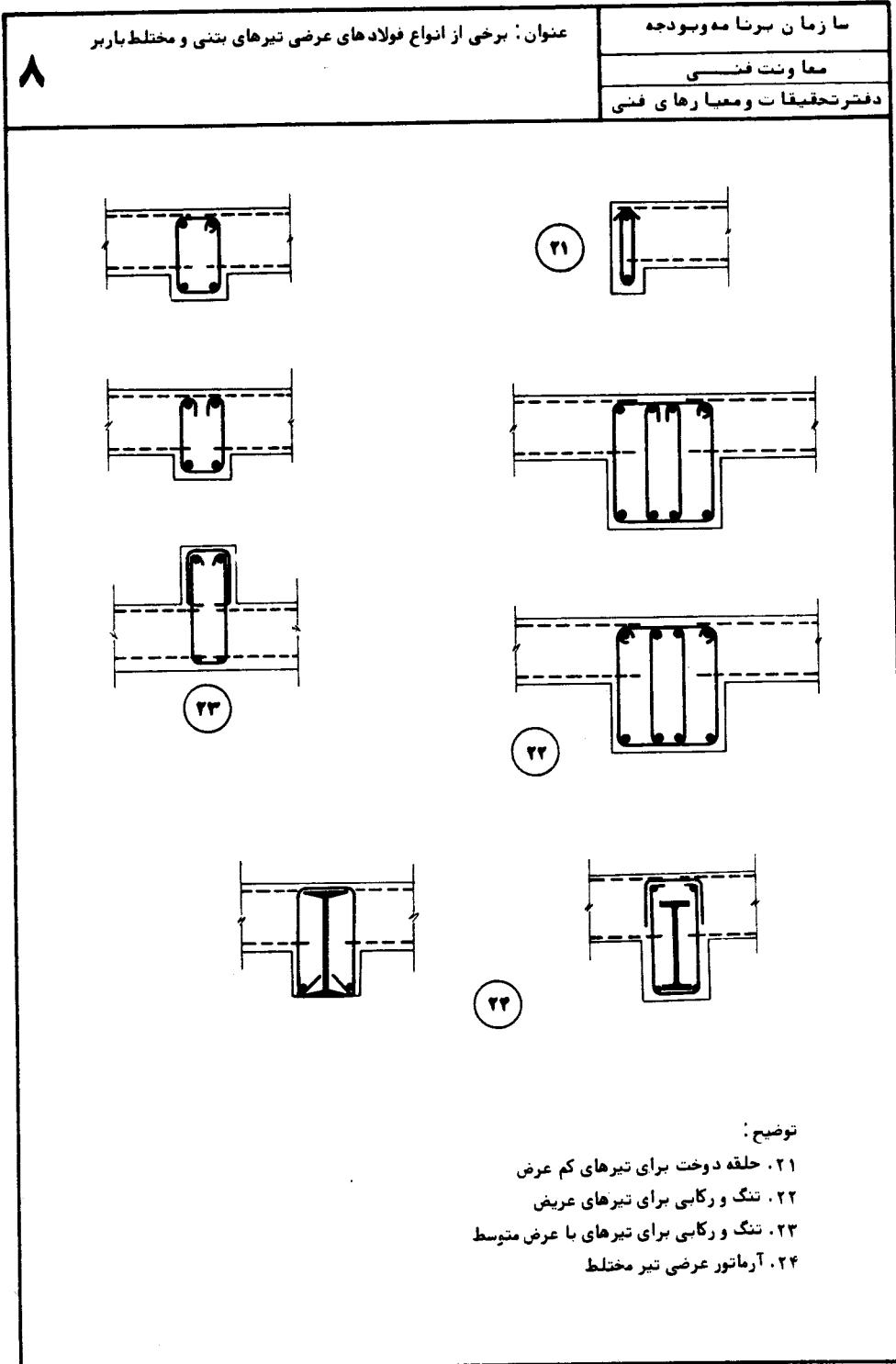
آرما توردو خست میگردمندی

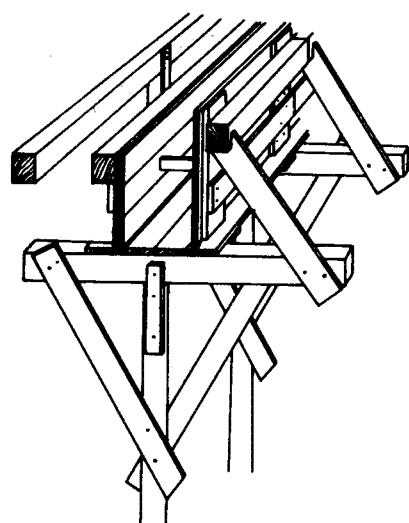
۱۹

۲۰

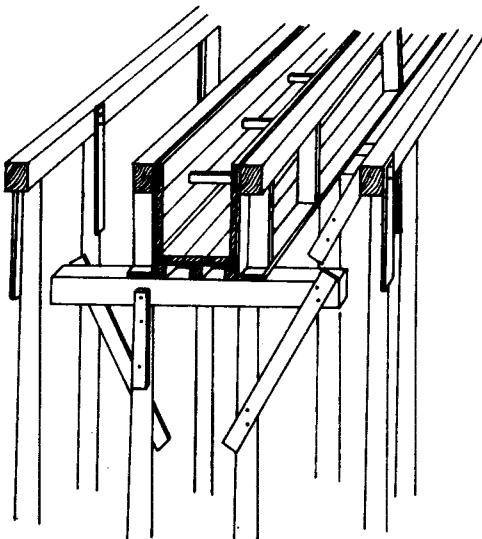
توضیح:

۱۸. استقرار سقف شیدار روی دیوار باربر
۱۹. استقرار سقف شیدار روی تیر بتنه درجا
۲۰. استقرار سقف شیدار روی تیر بتنه پیش ساخته





۲۶



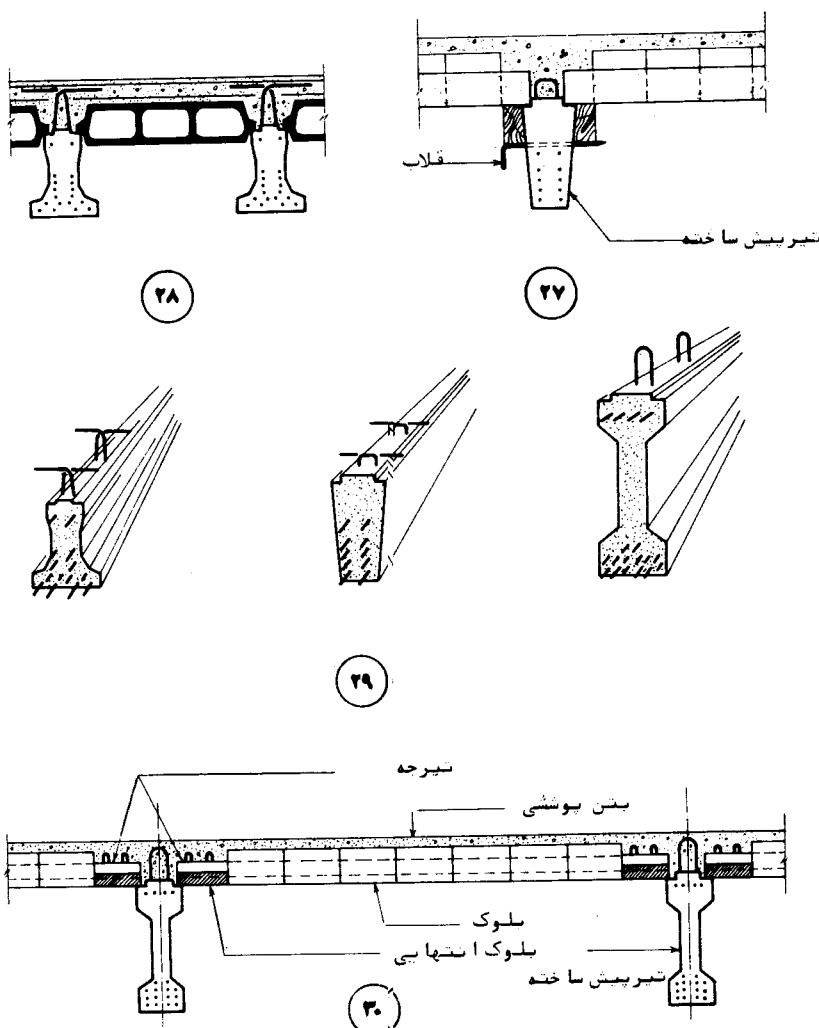
۲۵

## توضیح:

۲۵. نحوه قالب‌بندی تیرهای بتنی، در تکیه‌گاه میانی.  
۲۶. نحوه قالب‌بندی تیرهای بتنی، در تکیه‌گاه کناری.

۱۰

عنوان: استقرار سقف، روی تیرهای پیش ساخته بتُنی



توضیح:

۳۰ و ۲۷. نحوه قالب‌سندی و استقرار تیرچه‌ها، روی تیر پیش ساخته بتُنی.

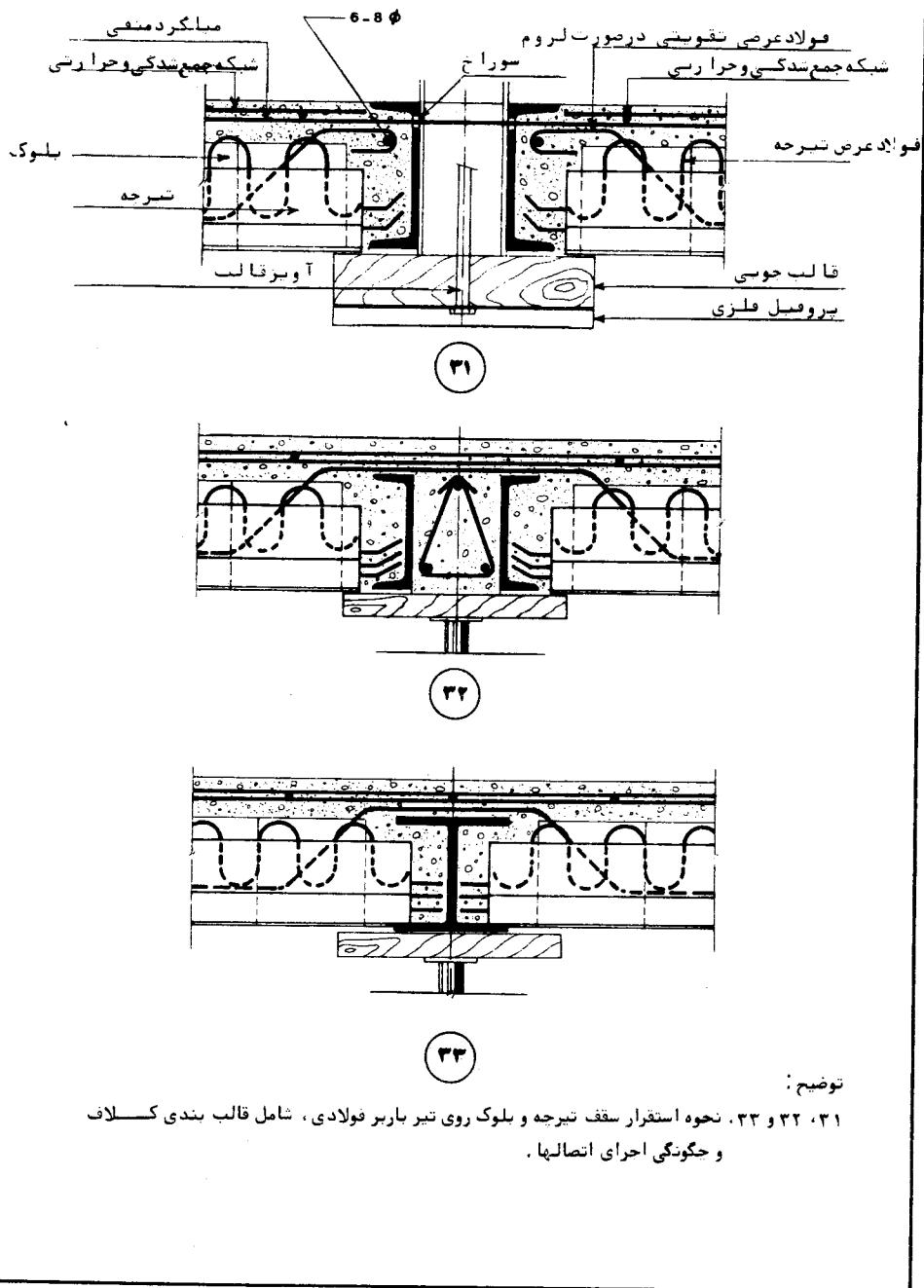
۲۸. حالت خاص سقف تیرچه و بلوک، برای دهانه‌های بزرگ و سربار سنگین.

۲۹. سه مقطع نمونه از تیرهای پیش ساخته بتُنی ..

۱۱

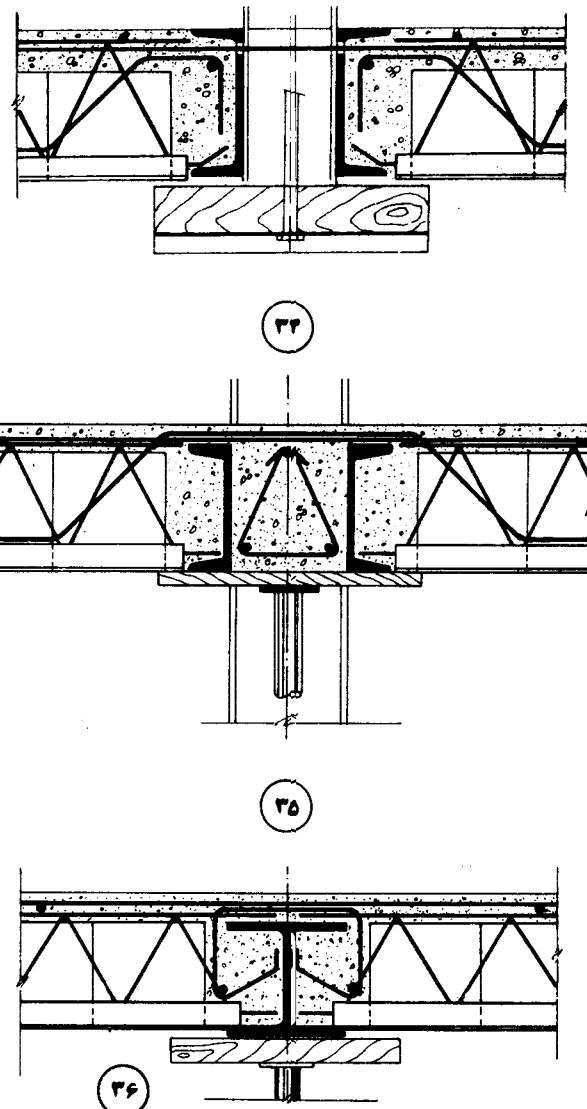
عنوان: استقرار سقف روی تیرآهن، با ارتفاع مساوی و با ارتفاع کمتر از ضخامت  
سقف و نحوه قالب‌بندی کلاف (تیرهای بیش نشیده)

سازمان برنا مهندسی
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی
معاونت فنی



۱۲

عنوان: استقرار سقف روی تیرآهن، با ارتفاع مساوی و یا با ارتفاع کمتر  
از ضخامت سقف و نحوه قالب‌بندی کلاف (تیرچه‌های خربایی)



توضیح:

۳۶ و ۳۵، ۳۴. نحوه استقرار سقف تیرچه و بلوك روی تیر باربر فولادی، شامل قالب‌بندی کلاف و چگونگی اجرای اتصالها.

۱۳

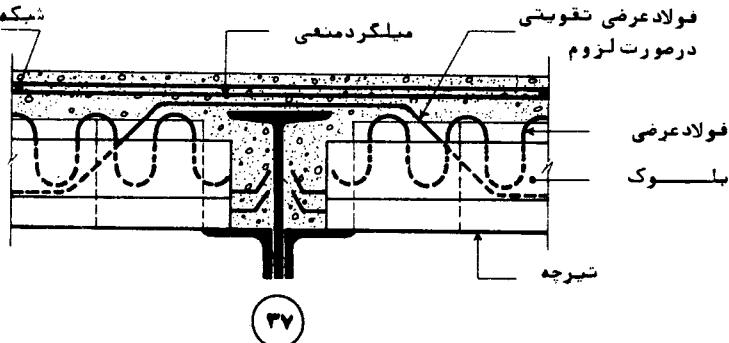
عنوان: استقرار سقف روی تیرآهن، با ارتفاع مساوی و با با ارتفاع بیشتر  
از ضخامت سقف تیرچه، پیش نماید.

سازمان برناهه و بودجه

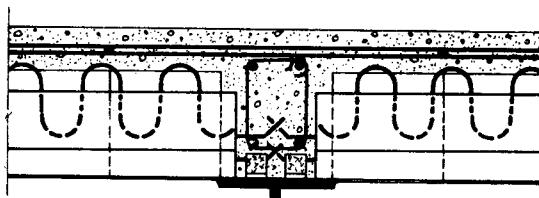
معاونت فنی

دفترتحقیقات و معیارهای فنی

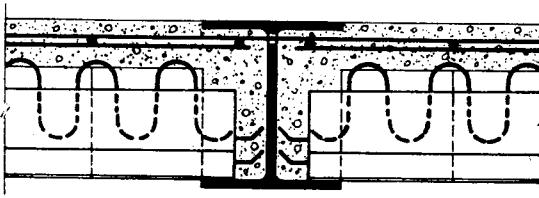
نمکه جمع شدگی و حرارتی



۳۷



۳۸



۳۹

توضیح:

۳۸، ۳۹ و ۴۰. نحوه استقرار سقف تیرچه و بلوک روی تیربار بر فولادی.

عنوان : استقرار سقف روی نیرآهن ، با ارتفاع مساوی و یا با ارتفاع بیشتر از صخامت سقف تیرجه، خربایی .	سارمان برنا مهندسی معاونت فنی دفترتحقیقات و معاشرهای فنی
---	--

**۱۲**

مکارهای متفاوت  
شبکه جمع شده و حرارتی

آرماتور دو خفت

بلوک

تیرجه

۶ - ۸ φ

۴۰

۴۱

۴۲

توضیح :  
۴۰ و ۴۱، ۴۲. نحوه استقرار تیرجه و بلوک روزی تیرباربر فولادی.

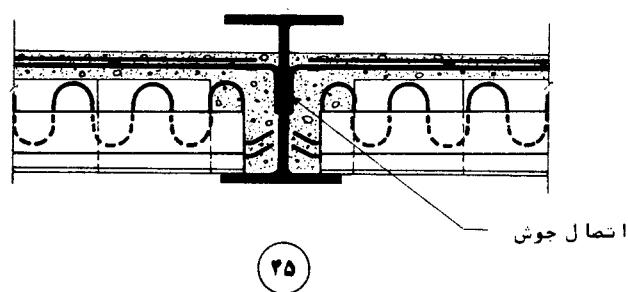
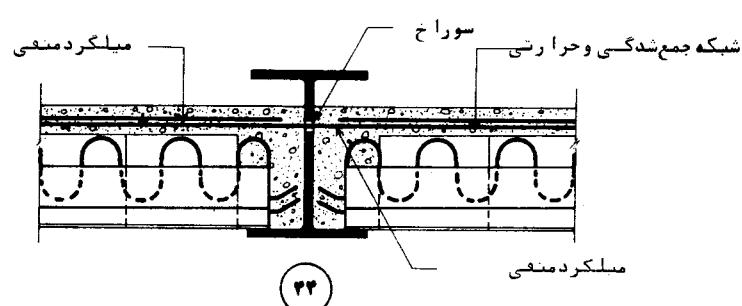
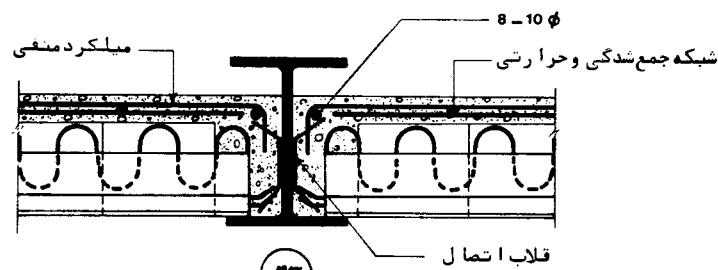
۱۵

عنوان: استقرار سقف روی تیرآهن، با ارتفاع بیشتر از ضخامت سقف  
(ترجمه پیش تنسیده).

سازمان برنامه و بودجه

معاونت فنی

دفتر تحقیقات و معماری‌های فنی



توضیح:  
نحوه استقرار سقف تیرچه و بلوك روی تیربار برفولادی.

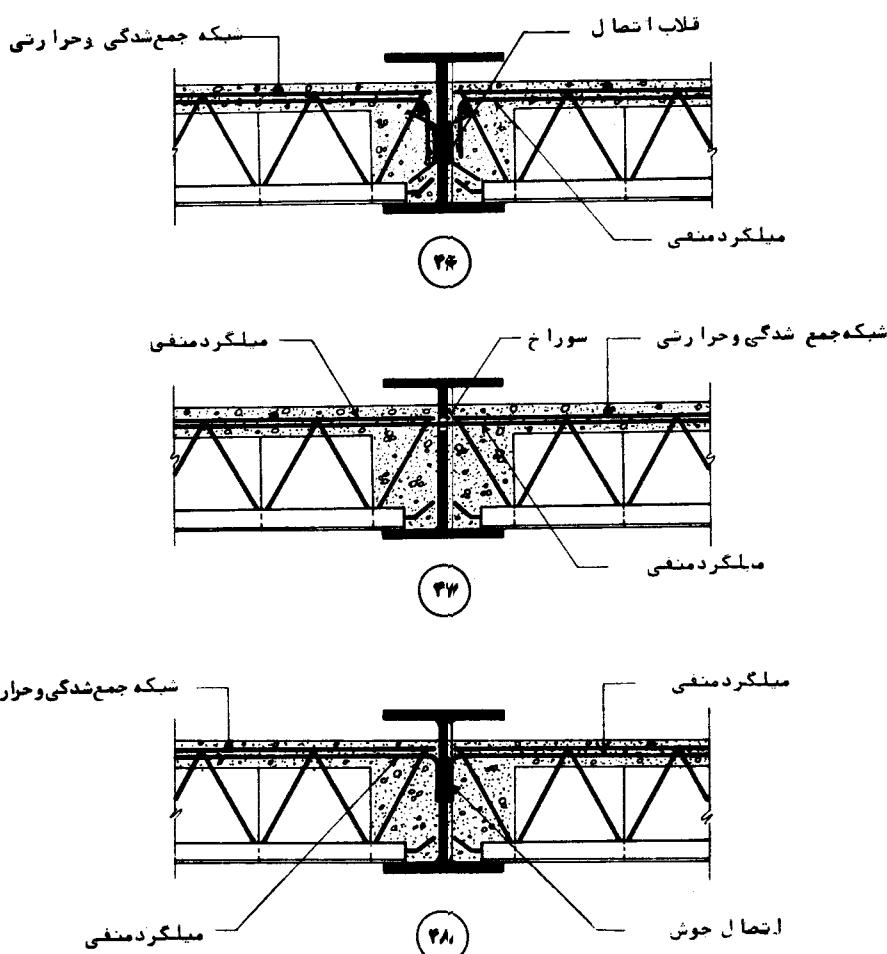
۱۶

عنوان: استقرار سقف روی تیرآهن، با ارتفاع بیشتر از ضخامت سقف  
 (تیرچه خربایی).

سازمان برنا و سودجه

معاونت فنی

دفتر تحقیقات و معاشرهای فنی



توضیح:

۴۶، ۴۷ و ۴۸. نحوه استقرار سقف تیرچه و ملوٹ روی تیربار بروفلادی.

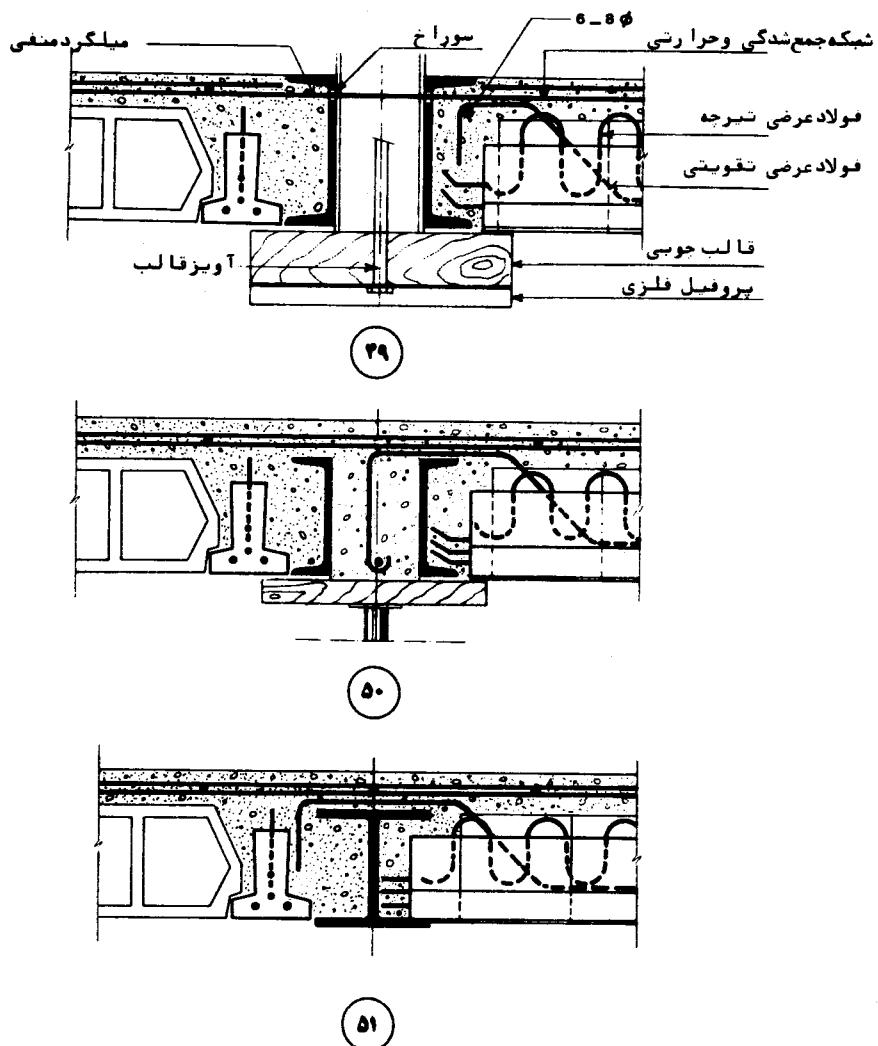
۱۷

سازمان برنامه و بودجه

معاونت فنی

دفتر تحقیقات و مهندسی راه‌آهن

عنوان: استقرار سقف روی تیرآهن، با تیرچه‌های موازی و عمود بر آن  
 (تیرچه پیش تنیده).



توضیح:

۴۹، ۵۰ و ۵۱. نحوه قالب‌بندی و استقرار سقف تیرچه و بلوك روی تیرباربر فولادی، در حالتی که امتداد تیرچه‌ها، در یک طرف موازی با تیرباربر و در طرف دیگر عمود بر آن باشد.

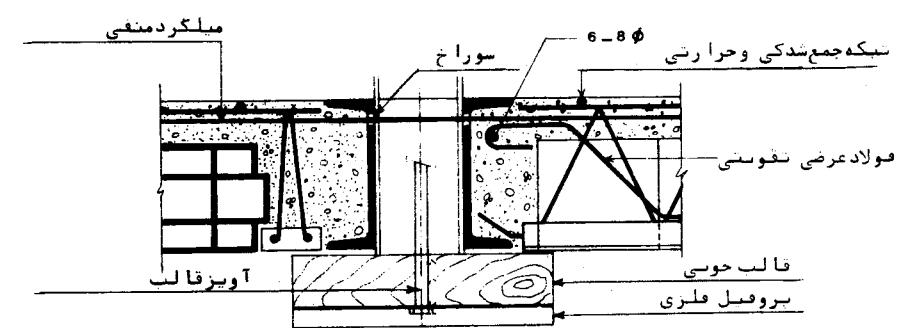
## سازمان برنامه و بودجه

## معاونت فنی

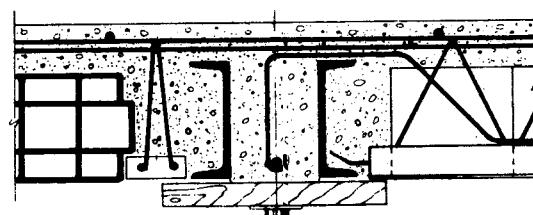
## دفتر تحقیقات و مصاریح فنی

۱۸

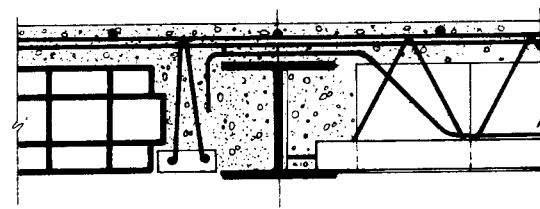
عنوان: استقرار سقف روی تیرآهن، باتیرچه‌های موازی و عمود بر آن  
 (تیرچه غربی)



۵۱



۵۳



۵۴

توضیح:

۵۲، ۵۳ و ۵۴. نحوه قالب‌بندی و استقرار سقف تیرچه و بلوك روی تیرباربر فولادی، درحالی که اسداد تیرچه‌ها، در یک طرف موازی با تیرباربر و در طرف دیگر عمود بر آن باشد.

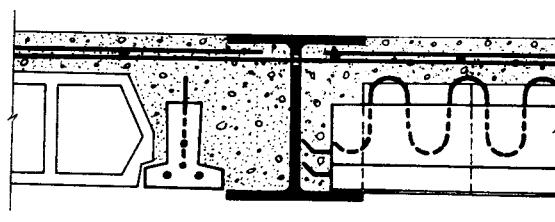
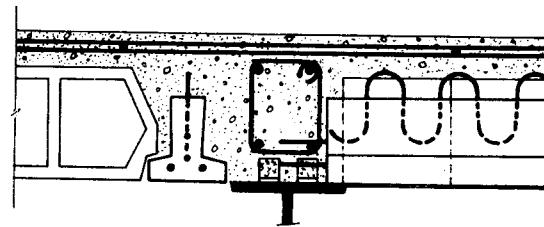
۱۹

عنوان: استقرار سقف روی تیرآهن، با تیرچه‌های موازی و عمود بر آن  
 (تیرچه پیش نمیده) .

سازمان برتنا مهندسی و بودجه

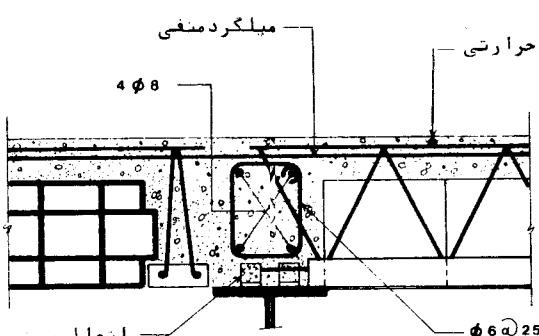
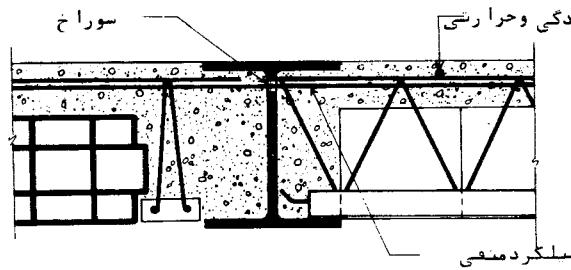
معاونت فنی

دفتر تحقیقات و معیارهای فنی



۵۶

توضیح:  
 ۵۵ و ۵۶. نحوه استقرار سقف تیرچه و بلوك روی تیربار بر فولادی، در حالتی که امتداد تیرچه‌ها، در یک طرف موازی با تیر و در طرف دیگر عمود بر آن باشد.

<p><b>۵۰</b></p> <p>عنوان: استقرار سقف روی تراهن، نا تیرجه های موازی و عمود بر آن (شرحه خربابی).</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">سازمان برخاسته و بودجه</td></tr> <tr> <td style="padding: 5px;">معاونت فنی</td></tr> <tr> <td style="padding: 5px;">دفترتحقیقات و معاشرهای فنی</td></tr> </table>	سازمان برخاسته و بودجه	معاونت فنی	دفترتحقیقات و معاشرهای فنی
سازمان برخاسته و بودجه				
معاونت فنی				
دفترتحقیقات و معاشرهای فنی				
 <p>۵۷</p>	 <p>۵۸</p>			

توضیح:

۵۷ و ۵۸. نحوه استقرار سقف تیرجه و بلوك روی تیرباربر فولادی، در حالتی که امتداد تیرجهها، در یک طرف موازی امتداد تیرباربر و در طرف دیگر عمود بر آن باشد.

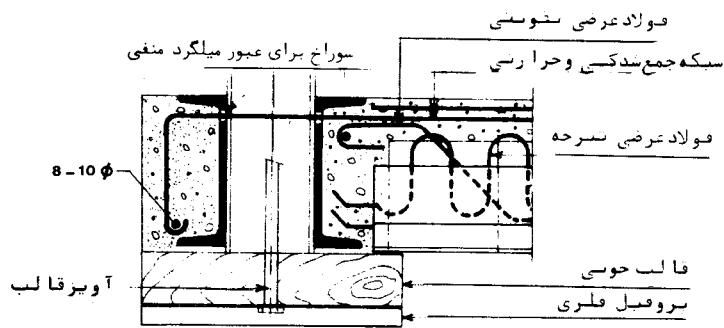
سازمان برنامه و سودجه

معاونت فنی

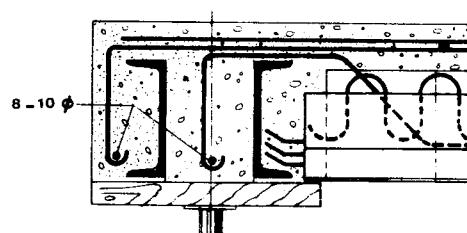
دفتر حفاظت و معاشرهای فنی

۲۱

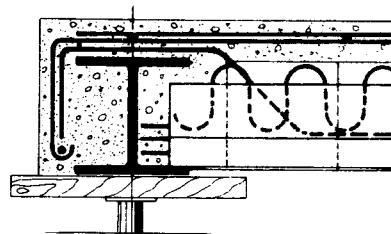
عنوان: استقرار سقف روی نیرآهن، با ارتفاع مساوی و با با ارتفاع  
کمتر از ضخامت سقف و سحوه؛ قالب‌سندی کلاف (تیرچه  
پیش تنیده).



۵۹



۶۰



۶۱

توضیح:

۵۹، ۶۰ و ۶۱. سحوه استقرار سقف نیرچه و بلوك روی تیرباربر فولادی، در تکیه‌گاه کاری شامل نحوه  
فالب‌سندی و جزئیات اتصالها.

سازمان برتران مهندسی

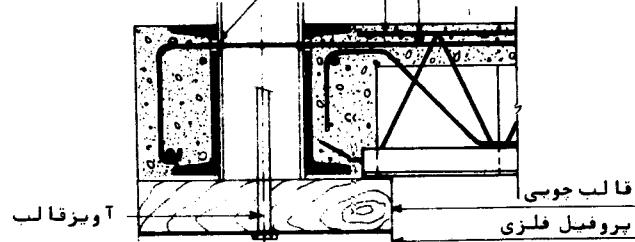
معاونت فنی

دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

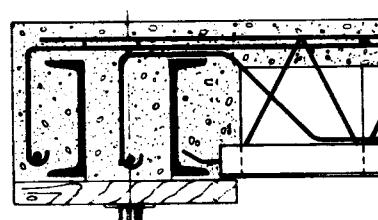
۶۲

عنوان: استقرار سقف روی تیرآهن، با ارتفاع مساوی یا با ارتفاع  
کمتر از ضخامت سقف و نحوه قالب‌بندی کلaf  
(تیرچه پیش تنیده).

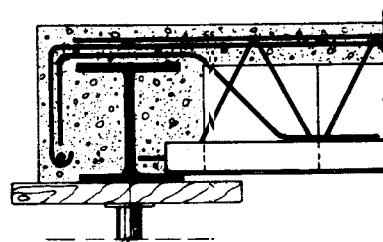
ملکردمتی  
شبکه جمع شدگی و حراستی



۶۲



۶۳



۶۴

توضیح:

۶۲، ۶۳ و ۶۴، نحوه استقرار سقف تیرچه و بلوك روی تیرباربر فولادی، در تکیه‌گاه کناری شامل نحوه  
قالب‌بندی و جزئیات اتصالها.

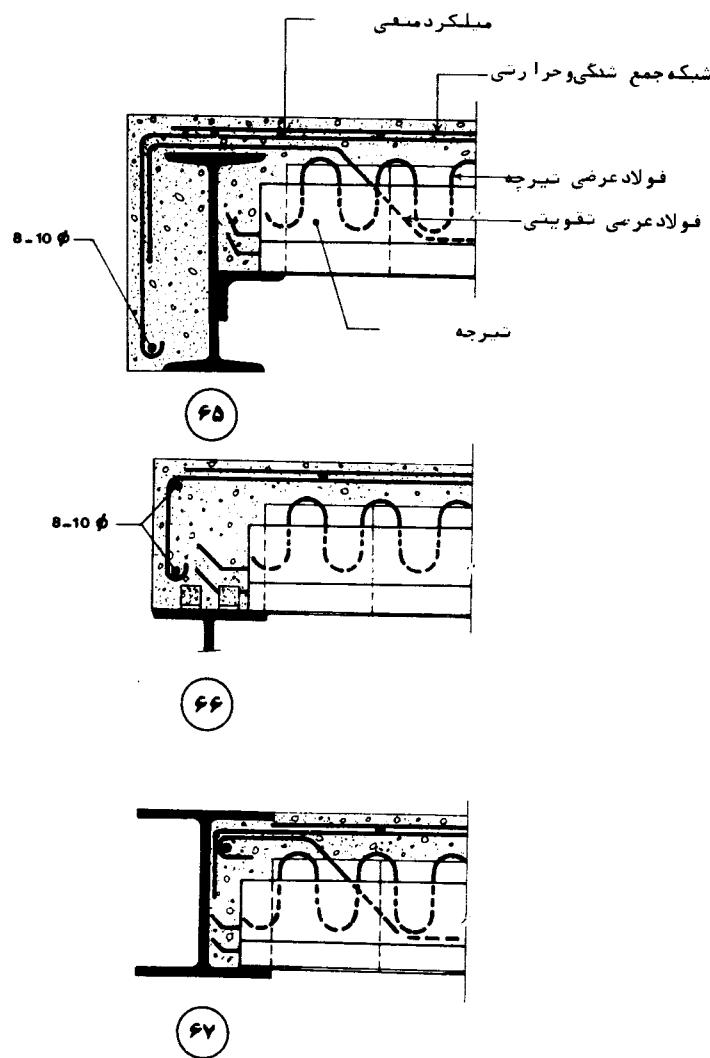
۲۳

عنوان: استقرار سقف تیرجه و بلوك روی تیرآهن، با ارتفاع مساوی  
و با بزرگتر از ضخامت سقف (تیرجه پیش تنیده).

سازمان برنامه و بودجه

معاونت فنی

دفترتحقیقات و معیارهای فنی



توضیح:

۶۵، ۶۶ و ۶۷، نحوه استقرار سقف تیرجه و بلوك روی تیرباربر فولادی، در تکیهگاه کناری.

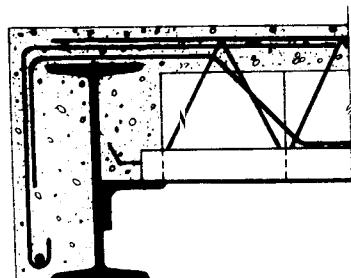
سازمان برتراند و بودجه

معاونت فنی

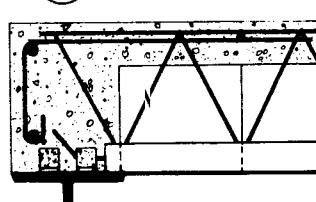
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

۲۴

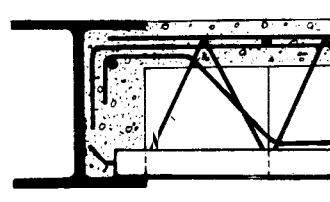
عنوان: استقرار سقف تیرچه و بلوك روی تیرآهن، با ارتفاع مساوی  
بزرگتر از ضخامت سقف (تیرچه، خرپایی).



۶۸



۶۹



۷۰

توضیح:

۶۸، ۶۹ و ۷۰. نحوه استقرار سقف تیرچه و بلوك روی تیرباربر فولادی، در تکیدگاه کاری.

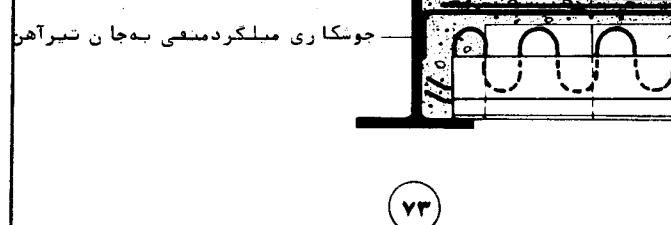
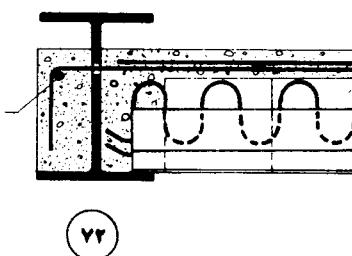
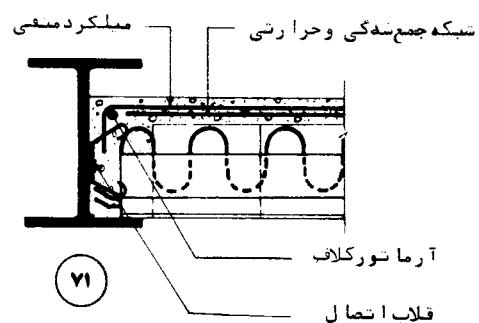
۲۵

عنوان: استقرار سقف تیرجه و بلوك روی تیرآهن، با ارتفاع بیشتر  
از ضخامت سقف (تیرجه بیش تنبیده).

سازمان برتراند و بودجه

معاونت فنی

دفترتحقیقات و معاشرهای فنی



توضیح:

۷۱، ۷۲ و ۷۳، نحوه استقرار سقف تیرجه و بلوك روی تیرباربر فولادی، در تکیهگاه کناری.

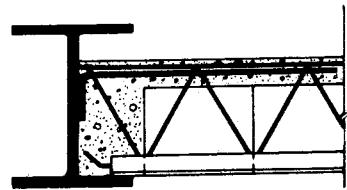
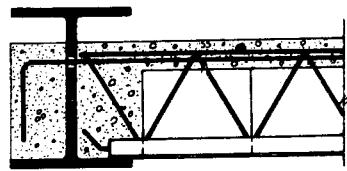
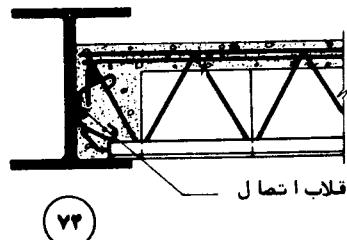
سازمان اسناد و میراث

معاونت فنی

دفترتحقیقات و معیارهای فنی

۲۶

عنوان: استقرار سقف تیرچه و بلوک روی تیرآهن، با ارتفاع بیشتر  
از ضخامت سقف (تیرچه، خربایی).



توضیح:

۷۶، ۷۵، ۷۴. نحوه استقرار سقف تیرچه و بلوک روی تیرباربر فولادی، در تکیه‌گاه کناری.

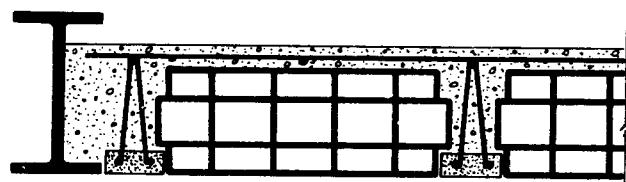
۲۷

عنوان: حالت‌های مختلف اتصال سقف به تیرآهن غیرباربر، ارتفاع  
تیرآهن بیشتر از ضخامت سقف.

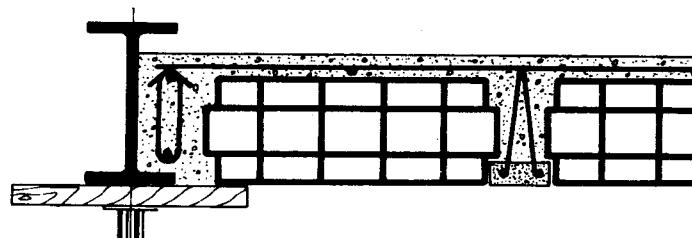
سازمان برنامه و بودجه

سماوندت فنی

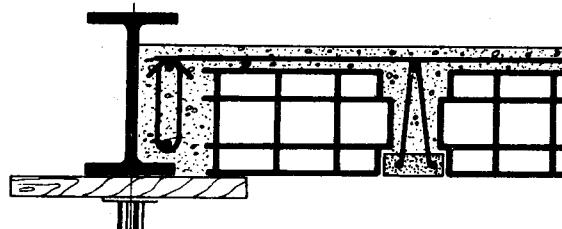
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی



۷۷



۷۸



۷۹

## توضیح:

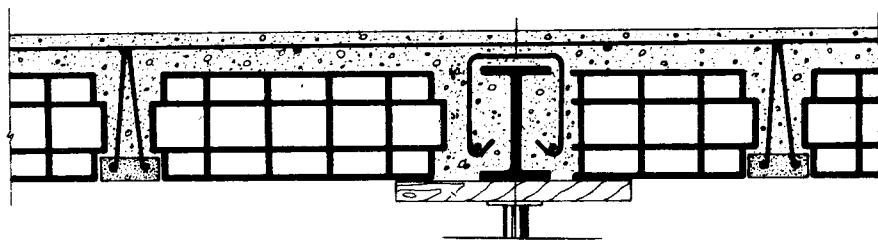
۷۷. شروع نصب تیرچه‌ها از کنار تیر غیرباربر

۷۸. شروع نصب تیرچه‌ها پس از نصب اولین ردیف بلوکها در مجاورت تیرآهن

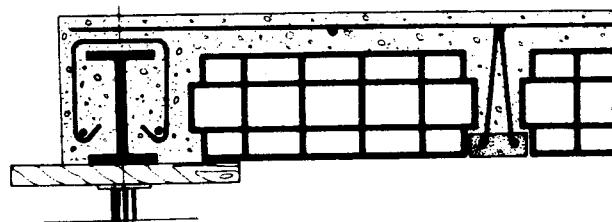
۷۹. نصب آخرین ردیف بلوکها در مجاورت تیرآهن، در صورت لزوم پس از شکستن آنها

۲۸

عنوان: اتصال سقف به تیرآهن غیریاریب، ارتفاع تیرآهن کمتر از  
ضخامت سقف.



۸۰



۸۱

- توضیح:
۸۰. نمونه‌ای از اتصال، در تکیه‌گاه میانی.
  ۸۱. نمونه‌ای از اتصال، در تکیه‌گاه کناری.

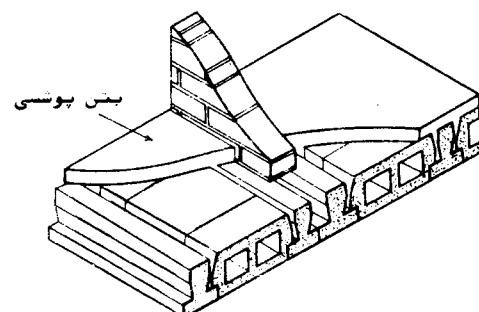
۲۹

عنوان: محل تیغه روی سقف تیرچه و بلوک.

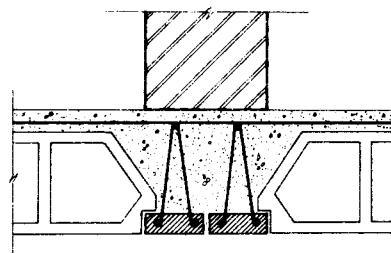
سازمان برنا مهندسی

تعاونیت فنی

دفتر تحقیقات و معاشرهای فنی



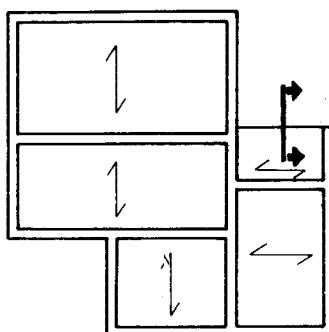
۸۲



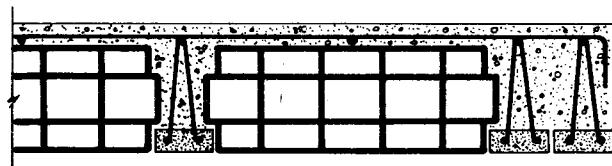
۸۳

توضیح: ۸۲و۸۳. اجرای تیرچه‌های مضاعف، در محل استقرار تیغه، غیریاربر.

۳۰	عنوان: وضع تیرچه‌ها در لبه غیرمتکی پوشش.	سازمان برنامه و بودجه
		سازمان فنی
		دفتر تحقیقات و معیارهای فنی



پلان راهنمای



۸۴

توضیح: ۸۴. مقطع عرضی سقف تیرچه و بلوك، در لبه غیرمتکی.

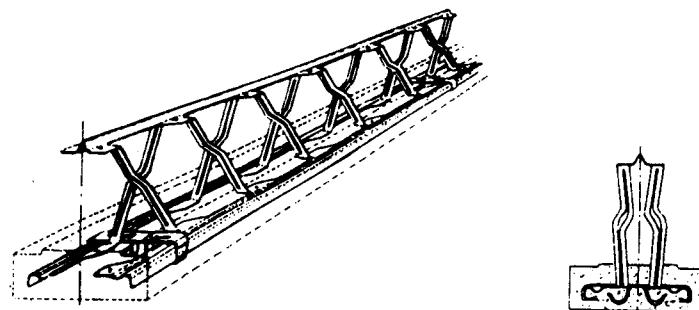
۳۱

عنوان: تیرجه خربایی ساخته شده از ورق فلزی.

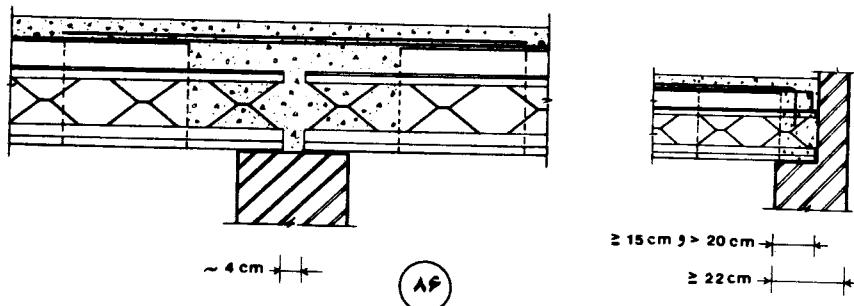
سازمان بررسی مهندسی و بودجه

دفتر تحقیقات و مصیارهای فنی

معاونت فنی



۸۵



۸۶

توضیح:

۸۵. شمای تیرجه خربایی ساخته شده از ورق فلزی.

۸۶. نحوه استقرار سقف روی دیوار بنایی باربر.

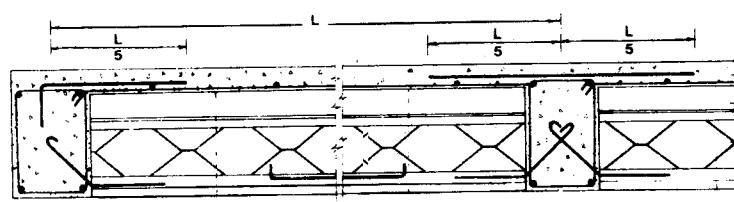
سازمان سرنامه و بودجه

معاونت فنی

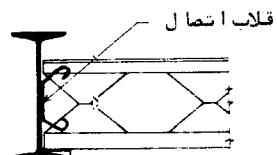
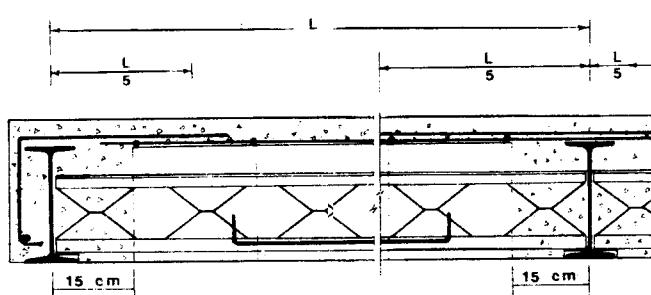
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

۳۲

عنوان: تیرخانه حربی ساخته شده از ورق فلزی.



A7



A8

توضیح:

۸۷. نحوه استقرار سقف روی تیر بتنه.

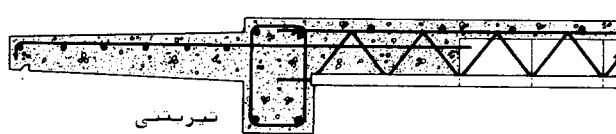
۸۸. نحوه استقرار سقف روی تیر آهن.

عنوان: اتصال سقف تیرچه و بلوك، با دال طرهای بتنی.

۳۳۳

سازمان برترنا مهندسی و بودجه

معاونت فنی
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی



۸۹

توضیح:

۸۹، نحوه اتصال سقف تیرچه و بلوك، با دال طرهای بتنی.



## منابع

**الف) به زبان فارسی**

۱. آبین نامه برای طرح و محاسبه و احرای ساختمانهای بتن آرمه. بخش پنجم - شرایط لازم برای طرح و محاسبه ساختمانهای بتن آرمه (شماره ۵ - ۱۹۰۰). مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. اردیبهشت ۱۳۶۳.
۲. آبین نامه حداقل بار وارده بر ساختمانها و ابنيه فني (شماره ۵۱۹). مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. اردیبهشت ۱۳۶۱.
۳. طرح و محاسبه و احرای قطعات بتن فولادی - آبین نامه کشور آلمان (BETON-KALENDER) (ترجمه، مهندس معراجی و مهندس بخشوده. سال ۱۳۶۴).
۴. مشخصات فني عمومي گارهای ساختماني. نشریه شماره ۵۵ دفتر تحقیقات و معیارهای فني سازمان برنامه و بودجه، ۷ ذر ۱۳۵۴.
۵. آبین نامه بتن ایران، نشریه شماره ۱۲۰. دفتر تحقیقات و معیارهای فني سازمان برنامه و بودجه.
۶. انواع سیمان و خواص آنها. مرکز تحقیقات ساختمان. ترجمه دکتر هرمز فامیلی و مهندس جمشید صدر کریمی. سال ۱۳۶۱.

**ب) به زبانهای خارجی**

7. Agrément des Matériaux Nouveaux et des Procédés non Traditionnels de Construction. Avis sur le Plancher "D.F.C.". Cahiers du C.S.T.B. Paris, France. 1969.
8. Agrément des Matériaux Nouveaux et des Procédés non Traditionnels de Construction. Avis sur le Plancher "FLIGRANE", Cahiers du C.S.T.B. Paris, France. 1966.

9. Agrément des Matériaux Nouveaux et des Procédés non Traditionnels de Construction. Avis sur le Plancher "KAISER KT 600". Cahiers du C.S.T. B. Paris, France. 1969.
10. Agrément des Matériaux Nouveaux et des Procédés non Traditionnels de Construction. Avis sur le Plancher "LEMIEUX". Cahiers du C.S.T.B. Paris, France. 1965.
11. Agrément des Matériaux Nouveaux et des Procédés non Traditionnels de Construction. Avis sur le Plancher "LUG". Cahiers du C.S.T.B. Paris, France. 1967.
12. Agrément des Matériaux Nouveaux et des Procédés non Traditionnels de Construction. Avis sur le Plancher "OMNIA". Cahiers du C.S.T.B. Paris, France. 1969.
13. Agrément des Matériaux Nouveaux et des Procédés non Traditionnels de Construction. Avis sur le Plancher "P.L. TITAN". Cahiers du C.S.T.B. Paris, France. 1965.
14. Agrément des Matériaux Nouveaux et des Procédés non Traditionnels de Construction. Avis sur le Plancher "PREBLIN". Cahiers du C.S.T.B. Paris, France. 1967.
15. Agrément des Matériaux Nouveaux et des Procédés non Traditionnels de Construction. Avis sur le Plancher "P.S.". Cahiers du C.S.T.B. Paris, France. 1967.
16. Agrément des Matériaux Nouveaux et des Procédés non Traditionnels de Construction. Avis sur le Plancher "ROP". Cahiers du C.S.T.B. Paris, France. 1964.
17. American Concrete Institute. Building code Requirements for Reinforced Concrete and Commentary. ACI Standard 318-79.

18. A.M. Neville ; Properties of concrete. Pitman Books Limited.
19. A. Tretyakov; Concrete & Concreting. Mir Publishers-Moscow
20. British Standards Institution. Cp-110: The Structural Use of Concrete. 1972 (as amended 1980).
21. Code of Practice for Construction of Floor and Roof with Joist and Filler Blocks. Indian Standards Institution. Is-6061-1971
22. Comite Europeen du Beton- Federation Internationale de la Precontrainte. International Recomendations for the Design and Construction of Concrete Structurs, English Edition. London, Cement and Concrete Association, 1970. Principles and Recommendations.
23. Commission Chargée de Formuler des Avis Techniques. Avis sur le "Plancher" FERT". Cahiers du C.S.T.B. Paris-France. 1979.
24. DIN 177 Stahldraht, Kaltgezogen; Masse, Zulässige Abweichungen, Gewichte(Ausg 3.1971).
25. Din 1605 Blatt 4; Mechanische Prüfung der Metalle; Faltversuch (Neuausgabe in Vorbereitony).
26. Din 50145 Prüfung Metallischer Werkstoffe; Zugversuch, Begriffe, Zeichen (Ausg 6.1952).
27. F.K. Kong-R.H. Evans-E.Cohen - F.Roll . Handbook of Structural Concrete. Pitman Books Limited, 1983.
28. F.R. McMillan- L.H.Tuthill; Concrete Primer. ACI Third Edition.
29. F.S. Merit. Building Design and Construction Handbook. McGraw-Hill Book Company, 1982.

30. F.S. Merit. Standard Handbook for Civil Engineers. McGraw-Hill Book Company, 1976.
31. H.J. Cowan Design of Reinforced Concrete Structures. Prentice Hall, Inc. 1982.
32. J.J. Waddell. Concrete Construction Handbook. McGraw-Hill, 1974.
33. N.Jakson. Civil Engineering Materials, 1985.
34. Önorm B 3360 Baulasttragende Bewehrungen(Gitterträger). (Ausg 8. 1978).
35. Önorm B 4200 Teil 5 Stahlbetonfertigteile(Neuausgabe in Vorbereitung).
36. Önorm B 4200 Teil 7. Massivbau; Stahleinlagen(Ausg 7.1968).
37. Önorm M 3101 Stahl Allgemeine Technische Lieferbedingungen, Erzeugnisse und Erläuterungen(Ausg 5. 1961)..
38. Önorm M 3216 Bandstahl, Warmgewalzt, aus Unlegierten Stählen.  
Abmessungen Massen, Zulässige Abweichungen(Ausg 7. 1974).
39. Önorm M. 3276 Walzdraht; Warmgewalzter Rundwalzdraht aus Unlegierten Stählen(Ausg 4.1972).
40. Salmon, Charles G.; Chu-Kia Wang. "Reinforced Concrete Design". Harper & Row, Publishers. New York, 1979).
41. Stahl im Hochbau. Handbuch für Entwurf, Berechnung und Ausführang von Stahlbauten. Herausgegeben vom Verein Deutscher Eisenhüttenleute. Düsseldorf. 1969.

42. T.Y.Lin. Design of Prestressed Concrete Structures. John Wiley & Sons Inc, 1982.
43. V.Murashev-E.Sigalov. Baikov. Design of Reinforced Concrete Structures. MIR Publishers-Moscow.





