جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه

راهنمای اجرای سقفهای تیرچه‌وبلوک

مشخصات فنی عمومی و جزئیات اجرایی ـ کنترل کیفیت

نشریه شماره ۸۲

معاونت فنّی
دفتر تحقیقات و معیارهای فنّی

چاپ دوم
۱۳۷۱

انتشارات سازمان برنامه و بودجه ۷۴/۰۰/۷۱

www.technobetar.ir

فهرستبرگه

سازمان برنامه و بودجه. دفتر تحقیقات و معیارهای فنی
راهنمای اجرای سقفهای تیرچه و بلوک: مشخصات فنی عمومی وجزئیات اجرائی ـ کنترل کیفیت / معاونت فنی، دفتر تحقیقات و معیارهای فنی. ـ ویرایش ۳. تهران: سازمان برنامه و بودجه، مرکز مدارک اقتصادی ـ اجتماعی و انتشارات، ۱۳۷۱، ۱۳۷۰.
۱۸۱ص.: مصور. ـ (سازمان برنامه و بودجه. دفتر تحقیقات و معیارهای فنی؛ نشریه شماره ۸۲) (انتشارات سازمان برنامه و بودجه؛ ۷۱/۰۰/۷۴)
"چاپ دوم"
کتابنامه: ص. ۱۷۷–۱۸۱

۱. سقفها ـ نقشه‌های تفصیلی. ۲. سقفهای بتونی. ۳. بتون ـ مشخصات. ۴. ساختمان‌سازی ـ استانداردها. الف. سازمان برنامه و بودجه. مرکز مدارک اقتصادی ـ اجتماعی و انتشارات. ب. عنوان. ج. سلسله انتشارات.

۱۳۷۰ ش۸۲۰ ۲س/TA ۳۶۸

راهنمای اجرای سقفهای تیرچه و بلوک
تهیه کننده: دفتر تحقیقات و معیارهای فنی
ناشر: سازمان برنامه و بودجه، مرکز مدارک اقتصادی ـ اجتماعی و انتشارات
ویرایش سوم، چاپ اول: ۱۳۷۰
ویرایش سوم، چاپ دوم، ۲۰۰۰ نسخه، ۱۳۷۱
قیمت: ۳۰۰۰ ریال
لیتوگرافی: قاسملو
چاپ و صحافی: مؤسسه [illegible] چاپ
همه حقوق برای ناشر محفوظ است.

www.technobetar.ir

جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه

بـــــه : تمامی دستگاههای اجرایی و مهندسان مشاور	دستورالعمل شماره ۲۰۶۱ـ۵۶/۱۸۰۸۰ـ۱ مورخ ۱۳۷۱/۱۱/۱۲
موضوع : راهنمای اجرای سقفهای تیرچه و بلوک	کـــد
تذکر :	

باستناد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه کشور و آئین نامه استانداردهای اجرائی طرحهای عمرانی ایـــــن دستورالعمل از نوع [۲] مذکور در ماده هفت آئین نامه در [یـــک] صفحه صادر میگردد .
تاریخ مندرج در ماده ۸ آئین نامه در مورد این دستور العمل [۱۳۷۲/۱/۱] میباشد .

به پیوست نشریه شماره ۸۲ دفتر تحقیقات ومعیارهای فنی این سازمان تحت عنوان " راهنمای اجرای سقفهای تیرچه و بلوک ـ مشخصات فنی عمومی و جزئیات اجرائی کنترل کیفیت " (ویرایش سـوم) ابلاغ میگردد .

دستگاههای اجرایی و مهندسان مشاور میتوانند مفاد نشریه مذکور و ضوابط و معیارهـــــای مندرج در آن را ضمن تطبیق با شرایط کار خود در طرحهای عمرانی مورد استفاده قرار دهند .

مسعود روغنی زنجانی
معاون رییس جمهور و رییس سازمان برنامه و بودجه

www.technobetar.ir

" آیین نامه استانداردهای اجرایی طرحهای عمرانی "

" مصوبه ۱۳۵۲/۴/۳۰ هیات وزیران "

فصل سوم - انواع دستورالعمل ونحوه ابلاغ

ماده ۷- دستورالعملهای موضوع این آیین نامه به سه گروه به شرح زیرتقسیم میشود :

بند ۱- گروه اول دستورالعملهایی که رعایت کامل مفاد آن ازطرف دستگاههای اجرایی ومهندسان مشاوروپیمانکاران وعوامل دیگرضروری است (نظیر فرم ضمانت نامه‌ها ، فرم پیمانها ، استانداردهای فنی ، تجزیه واحدبهاوغیره) .

بند ۲- گروه دوم دستورالعملهایی که بطورکلی وبرای موارد عادی تهیه میگردد وبرحسب مورددستگاههای اجرایی ومهندسان مشاوروپیمانکاران و عوامل دیگرمی‌توانند به تشخیص خود مفاددستورالعمل‌وياضوابط ومعیارهای آنراباتوجه به کارمورد نظر ودرحدود قابل قبولی که دردستورالعمل تعیین شده تغییرداده وآنراباشرایط خاص کارمورد نظرتطبیق دهند (نظیر حق‌الزحمه مهندسان مشاوروشرایط عمومی پیمان ومشخصات عمومی وغیره) .

بند ۳- گروه سوم دستورالعملهایی است که بعنوان راهنمایی وارشاد دستگاههای اجرایی وموسسات مشاوروپیمانکاران وسایرعوامل تهیه می‌شود ورعایت مفاد آن درصورتیکه دستگاههای اجرایی وموسسات مشاور روشهای بهتری داشته باشند اجباری نیست .

ماده ۸- سازمان موظف است گروه هردستورالعمل رابطور مشخص درمتن آن قید نموده وبعلاوه درمورد دستورالعملهای گروه ۱ وگروه ۲ تاتاریخی کـه‌از آن تاریخ لازم است بموردداجرا گذاشته‌شود تعیین نماید . مدت زمان بین تاریخ صدوراین دستورالعملها وتاریخی که به مورد اجراگذاشته می‌شود نباید از ۳ ماه کمترباشد . درصورتی که یک دستورالعمل ناقص ویاجایگزین تمام ویاقسمتی ازدستورالعملهای قبلی باشد لازم است مراتب صراحتا " وبا ذکرمشخصات دستورالعملهای قبلی درمتن دستورالعمل قید گردد .

www.technobetar.ir

بسم الله الرحمن الرحیم

پیشگفتار

فن سقف‌سازی با استفاده از تیرچه و بلوک، ترکیبی است از دو روش بتن پیش ساخته و بتن درجا، که درآن مزایای پیش ساختگی مانند سرعت ساخت، هزینه کم‌قالب‌بندی 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 برمزایای بالا، مصرف کمتر فولاد در این نوع سقف در مقایسه با سقف طاق ضربی ـ تیر آهن، از دلایل عمدهٔ توسعهٔ چشمگیر کاربرد آن درسالهای اخیر در ایران است. با توجه به اینکه فولاد ساختمانی‌یکی از اقلام مهم واردات کشور را تشکیل می‌دهد و این واقعیت که سقف تیرچه و بلوک با وجود مصرف کمتر فولاد، از لحاظ یکپارچگی و مقاومت در مقابل نیروهای ناشی از زلزله برتری قابل ملاحظه‌ای نسبت به سقف طاق ضربی ـ تیرآهن دارد، ترویج این فن و تهیه مدارک علمی لازم به منظور تسهیل کار طراحان و نیز ارائه روشها و جزئیات صحیح ساخت، ازهمان ابتدا مورد توجه دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان برنامه‌وبودجه قرار گرفت و نخستین بار نشریهٔ شماره ۸۲ با عنوان "راهنمای اجرای سقفهای تیرچه و بلوک" در سال ۱۳۶۲ با کوشش آقایان مسعود عسگری، عزیرالله سلجوقی و ایرج نیامیر کارشناسان این دفتر، تهیه و منتشر گردید. این نشریه، با وجود اینکه با تدارکی محدود و در فرصتی کم تدوین شده بود تا در شرایط خلأ موجود آن روز، هرچه سریعتر به دست علاقه‌مندان برسد، در عمل گام مهمی بود که در این زمینه برای اولین بار برداشته‌اند.

همچنان، به منظور ارائه مجموعه‌ای هماهنگ از روشها و ضوابط طراحی و جزییات اجرایی مورد نیاز طراحان، و نیز جداول محاسباتی تیرچه‌های خریایی، نشریه شماره ۹۴ این دفتر با عنوان "تیرچه‌های پیش‌ساخته 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 آوردند، و نیز با توجه‌به گسترش شتابندهٔ سقف‌سازی با استفاده‌از تیرچه و بلوک‌در اقصی نقاط کشور، صلاح دیده شد، در فرصت زمانی که به دست آمده، تجدید نظر کلی در نشریهٔ شماره ۸۲ به عمل آید و نشریه‌ای کاملتر در زمینهٔ اجرا، در اختیار مهندسان و علاقه‌مندان قرار داده شود.

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

www.technobetar.ir

از آقای مهندس سید اکبر هاشمی و خانم مهندس منیر وزیرنیا از دفتر تحقیقات و معیارهای فنی که امر هماهنگی و تطبیق مطالب این نشریه را با خواسته‌های دفتر به عهده داشته‌اند ، و همچنین از آقای دکتراورنگ فرزانه به‌خاطر همکاری با تدوین‌کننده‌ٔ نشریه ، و نیز از آقای دکتر مهدی قالیبافیان ، آقای دکتر مهدی‌فومنی ، جامعه‌ٔ مشاوران‌ایران و سندیکای‌شرکتهای‌ساختمانی به‌خاطر اظهارنظرهای‌سودمندشان ،و از آقای‌حسین‌یونسیان کهترسیم طرحهای گرافیکی را به عهده داشته‌اند ، سپاسگزاری می‌شود .

دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

www.technobetar.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱. خلاصه‌ای درباره‌ٔ بتن آرمه، بتن پیش تنیده و انواع سقفهای بتنی	۹
۲. روش اجرای سقفهای تیرچه و بلوک	۱۷
۲–۱. روش حمل و انبار کردن مصالح تشکیل دهنده سقف	۱۸
۲–۱–۱. حمل‌و انبار کردن بلوکها	۱۸
۲–۱–۲. حمل و انبار کردن تیرچه‌ها	۱۹
۲–۱–۳. حمل و انبار کردن میلگردها	۲۲
۲–۱–۴. حمل و انبار کردن مصالح سنگی	۲۲
۲–۱–۵. حمل و انبار کردن سیمان	۲۳
۲–۲. نصب تیرچه‌ها	۲۳
۲–۳. نصب تکیه‌گاههای موقت	۲۶
۲–۴. نصب بلوکها	۳۰
۲–۵. آرماتوربندی سقف	۳۲
۲–۵–۱. کلافهای میانی	۳۳
۲–۵–۲. کلاف روی دیوارهای باربر و لبه تیرآهن	۳۴
۲–۵–۳. میلگرد منفی روی تکیه‌گاه	۳۵
۲–۵–۴. میلگرد محل بازشو	۳۶
۲–۵–۵. آویزهای سقف کاذب	۳۸
۲–۵–۶. آرماتوربندی سقف طره‌ای	۳۸
۲–۵–۷. تقویت فولاد کششی تیرچه‌های خرپایی	۴۰
۲–۵–۸. تقویت فولاد عرضی تیرچه	۴۰
۲–۵–۹. میلگردهای جمع شدگی و حرارتی	۴۱
۲–۶. تکمیل قالب‌بندی	۴۱
۲–۷. کنترل و آماده‌سازی سقف برای بتن ریزی	۴۲
۲–۸. ساخت بتن	۴۲
۲–۸–۱. ساخت بتن در کارگاه	۴۲
۲–۸–۱–۱. توزین و پیمانه‌کردن مصالح	۴۳
۲–۸–۱–۲. مخلوط‌کردن بتن	۴۴
۲–۸–۲. بتن آماده	۴۹
۲–۹. انتقال بتن	۴۹
۲–۹–۱. انتقال بتن با پمپ	۵۲

www.technobetar.ir

عنوان	صفحه
۲ـ۹ـ۲ . انتقال بتن با جام و جرثقیل	۵۴
۲ـ۱۰ . بتن ریزی و متراکم کردن بتن	۵۵
۲ـ۱۰ـ۱ . بتن ریزی	۵۵
۲ـ۱۰ـ۲ . متراکم کردن بتن	۵۷
۲ـ۱۱ . پرداخت سطح بتن	۶۰
۲ـ۱۲ . عمل آوردن بتن	۶۲
۲ـ۱۳ . بازکردن قالبها و جمع‌آوری تکیه‌گاههای موقت	۶۶
۲ـ۱۴ . بتن ریزی و عمل آوردن بتن در شرایط نامساعد	۶۷
۲ـ۱۴ـ۱ . بتن‌ریزی در هوای سرد	۶۷
۲ـ۱۴ـ۲ . بتن ریزی در هوای گرم	۶۹
۲ـ۱۴ـ۳ . بتن‌ریزی در هوای بارانی	۷۰
۲ـ۱۴ـ۴ . بتن‌ریزی در باد	۷۱
۲ـ۱۴ـ۵ . بتن‌ریزی در شب	۷۱
۳ . کنترل کیفیت تیرچه و بلوک	۷۳
۳ـ۱ . تیرچه خرپایی	۷۴
۳ـ۱ـ۱ . کنترل ابعاد و سلامت ظاهری تیرچه‌ها	۷۴
۳ـ۱ـ۲ . کنترل مکانیکی فولاد و اتصالات تیرچه‌ها	۷۴
۳ـ۱ـ۳ . نمونه‌برداری	۷۵
۳ـ۱ـ۴ . نحوه اجرای آزمایشهای مکانیکی و تفسیر نتایج آنها	۷۷
۳ـ۱ـ۴ـ۱ . آزمایش کشش میلگرد	۷۷
۳ـ۱ـ۴ـ۲ . آزمایش خم و باز کردن میلگرد	۷۷
۳ـ۱ـ۴ـ۳ . آزمایش و کنترل مقاومت جوش	۷۸
۳ـ۲ . روش آزمایش تیرچه‌های پیش تنیده	۸۰
۳ـ۲ـ۱ . نمونه‌برداری	۸۰
۳ـ۲ـ۲ . کنترل ابعاد و سلامت ظاهری تیرچه‌ها	۸۱
۳ـ۲ـ۳ . آزمایش مکانیکی تیرچه‌های پیش تنیده (روش بارگذاری و تفسیر نتایج آنها)	۸۱
۳ـ۳ . روش آزمایش بلوک	۸۳
۴ . مختصری درباره‌ٔ خواص بتن و عوامل مؤثر در کیفیت آن	۸۵
۴ـ۱ . ویژگیهای اجزای تشکیل دهندهٔ بتن	۸۵
۴ـ۲ . عوامل مؤثر بر خواص بتن تازه و بتن سخت شده	۸۹
۴ـ۲ـ۱ . بتن تازه	۸۹
۴ـ۲ـ۲ . بتن سخت شده	۸۹

www.technobetar.ir

عنوان	صفحه
۵. مختصری درباره‌ٔ تولید بلوک بتنی و جوشکاری خرپا در کارگاه	۹۳
۵–۱. تولید بلوکهای بتنی در کارگاه	۹۳
۵–۲. جوشکاری اعضای خرپای تیرچه	۹۶
۶. محدودیتها و مشخصات فنی سقف تیرچه بلوک و اجزای تشکیل‌دهندهٔ آن	۱۰۳
۶–۱. تیرچه	۱۰۳
۶–۱–۱. تیرچه پیش ساختهٔ خرپایی	۱۰۴
۶–۱–۱–۱. فولاد کششی	۱۰۵
۶–۱–۱–۲. فولاد عرضی	۱۰۶
۶–۱–۱–۳. عضو بالایی تیرچه	۱۰۶
۶–۱–۱–۴. بتن پاشنه	۱۰۸
۶–۱–۲. تیرچه پیش تنیده	۱۰۹
۶–۱–۳. دالهای نیم پیش ساختهٔ خرپایی و پیش تنیده	۱۱۲
۶–۲. بلوک	۱۱۵
۶–۲–۱. بلوکهای بتنی	۱۱۷
۶–۲–۲. بلوکهای سفالی	۱۱۷
۶–۳. میلگرد جمع شدگی وحرارتی و میلگرد منفی	۱۱۸
۶–۴. بتن پوششی	۱۱۸
پیوست ۱. آزمایش بارگذاری تیرچه‌های پیش تنیده	۱۲۱
پیوست ۲. نمودارهای تنش ـ تنجش فولاد نرم و فولاد سخت	۱۲۷
پیوست ۳. طرح بتن در کارگاههای کوچک	۱۲۹
پیوست ۴. مخلوط‌کردن بتن با دست	۱۳۳
پیوست ۵. تعیین رطوبت نسبی ماسه و مقدار آب بتن تازه در واحد حجم	۱۳۵
پیوست ۶. بررسی کیفیت و دانه‌بندی مصالح سنگی بتن آماده در کارگاه	۱۳۷
پیوست ۷. آزمایش بتن با استفاده از ماله فلزی در کارگاه	۱۳۹
پیوست ۸. جزئیات اجرایی	۱۴۱
منابع	۱۷۷

www.technobetar.ir

۱. خلاصه‌ای در بارهٔ بتن آرمه، بتن پیش تنیده و انواع سقفهای بتنی

ضعف عمدهٔ بتن، پایین بودن مقاومت کششی آن است که در حدود $\frac{۱}{۱۰}$ تا $\frac{۱}{۲۰}$ مقاومت فشاری آن‌است. به‌علت این ضعف، جز در موارد خاصی مانند شالوده‌های حجیم ودیواره‌های حایل وزنی، بتن به تنهایی قابل‌استفاده نیست.

در قطعات خمشی، صفحات پایین‌تر از صفحه خنثی، کشیده شده و صفحات بالاتر فشرده می‌شوند. اگر در ساخت این قطعات، تنها از بتن استفاده شود، توان باربری بسیار کمی خواهند داشت، زیرا توان‌باربری 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 تنیدگی در بتن برای جبران تنشهای کششی که در مراحل اجرا و بهره‌برداری درآن‌ایجاد خواهد شد.

در هردو روش، از فولاد که چسبندگی خوبی با بتن دارد و ضریب انبساط حرارتی آن با ضریب انبساط حرارتی بتن تقریبا" برابر است، استفاده می‌شود. از این لحاظ، فرق اساسی بتن آرمه و بتن پیش تنیده، درآن است که در بتن آرمه، فولاد و بتن هنگام ساختمان، به‌طور ساده کنار هم قرار می‌گیرند و تنش هردو در منطقه کششی مقطع، از نوع کششی است؛ در حالی که در بتن پیش تنیده 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 پیوستگی‌کافی 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.

در بتن آرمه، به علت افزایش طول فولاد در مرحله بهره‌برداری، ایجاد ترک در منطقهٔ کششی بتن اجتناب‌ناپذیر است و با افزایش تنش کششی در فولاد، عرض ترکها نیز زیادتر خواهد شد. اگر عرض‌ترکها محدود نشود، روی پایایی سازه، اثر زیان‌بخشی خواهد داشت. برای این کار، باید مقدار تغییر طول نسبی فولاد محدودشود و چون اساس کشسانی فولاد (نسبت تنش به تنجش)برای انواع مختلف آن دارای‌مقدارثابتی است، لذا با محدود کردن تنش فولاد، عرض ترکها به مقادیر پیش بینی شده‌ای محدود خواهد شد. به همین

www.technobetar.ir

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

برای ایجاد پیش تنیدگی در بتن ، از فولادهای مورد استفاده در بتن مسلح نمی‌توان استفاده کرد ، زیرا حدود ۱۸۰۰ تا ۲۵۰۰ کیلوگرم برسانتیمتر مربع از تنش کششی اولیه فولاد ، در اثر خزش و کوتاه شدن کشسانی بتن 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 بتن معمولی که تنش مجاز آن حدود ۲۸۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است ،تقریبا " کل نیروی کششی اولیهٔ فولاد در اثر افتهای یادشده ، تلف خواهد شد .به‌این دلیل ، در بتن پیش تنیده برای ایجاد پیش تنیدگی ، از فولاد با مقاومت بسیار بالا استفاده می‌شود ، تا پس‌از تلف شدن مقدار اولیه تنش ، مقدار زیادی از آن باقی بماند . معمولا " برای تولید تیرچه پیش تنیده ، از فولاد با مقاومت بسیار بالا به قطر ۵ میلیمتر و دارای مقاومت ۱۷۵۰۰ تا ۱۹۰۰۰ کیلوگرم برسانتیمتر مربع استفاده می‌شود .

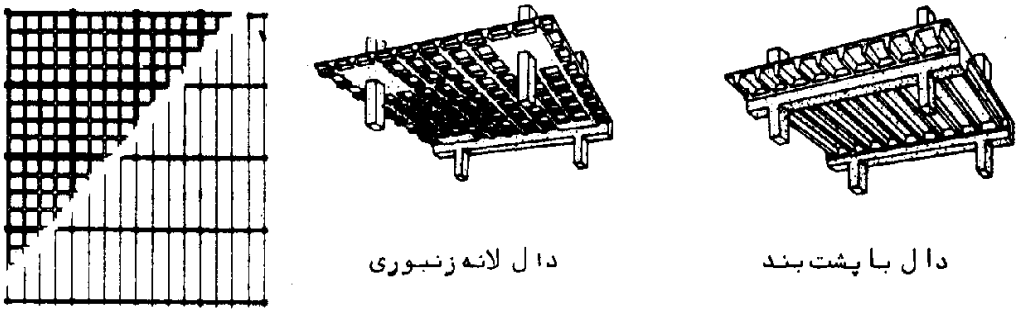
انواع سقفهای بتنی

یکی از اجزای اصلی تشکیل‌دهندهٔ انواع ساختمانها ، سقفهای بتنی هستند که نقش اساسی آنها انتقال نیروهای قائم وافقی ناشی از وزن مردهٔ سقف ، سربارها و نیروهای با دو زلزله به تیرها و ستونها و دیوارهای باربراست . در ضمن ، اتصال کلیه اجزای باربر قائم (ستونها و دیوارها) به یکدیگر ، موجب تقویت آنها شده و به‌این‌ترتیب ، کل ساختمان در مقابل نیروهای وارده ، به‌طور واحد واکنش نشان می‌دهد .

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

برای صرفه‌جویی در مصرف بتن و سبکتر کردن وزن سقف ، قسمتی از مقطع سقف که در منطقهٔ کششی قرار می‌گیرد ، حذف و فقط آن مقدار از سطح مقطع بتن که برای جاگذاری آرماتورهای عرضی و کششی لازم است ، باقی گذاشته می‌شود . این کار به ویژه برای کاهش وزن مردهٔ سقف و ساختمان ، دارای اهمیت خاصی است. فاصله محلهای باقی مانده به حدکافی نزدیک به هم انتخاب می‌شوند ، تا مناطق فشاری و کششی مقطع بتنی سقف به‌طور یکپارچه عمل کنند و سقف حالت اولیهٔ خود را از دست ندهد . این روش منجر به طرح دالهای مجوف ،با پشت‌بند ،لانه زنبوری (شکل ۱)و مانند آنها گردیده است . مصرف بتن در این نوع سقفها ، به‌حدود $\frac{1}{3}$ مقدار اولیه ، و وزن سقف نیز تقریبا " به همین میزان کاهش می‌یابد . از طرف دیگر ، به علت سبکتر شدن‌وزن سقفها ، در مصرف میلگرد و هزینهٔ اجرای بقیهٔ قسمتهای باربر ساختمان ، صرفه‌جویی قابل‌ملاحظه‌ای می‌شود .

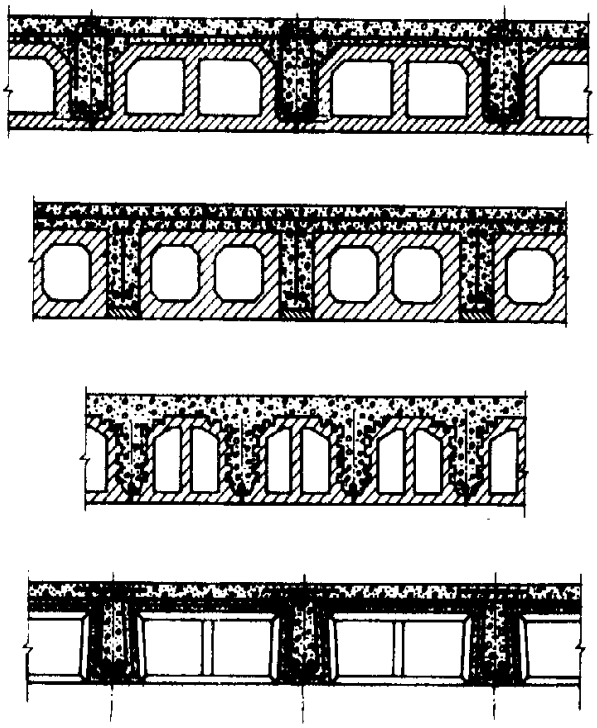
www.technobetar.ir



شکل ۱. دال با پشت بند و دال لانه زنبوری

قالب‌بندی برای ایجاد فضاهای مجوف در دال، معمولا" به روشهای زیرانجام می‌شود:

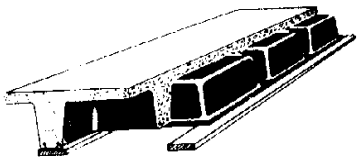
در روش نخست، برای اجتناب از قالب‌بندی محلهای خالی و پرکردن آن محلها، از بلوکهای مجوف و سبک وزن استفاده می‌شود. به این منظور، مصالح پرکننده را به فواصل معین روی قالب کف قرار داده ومیلگردها را نصب می‌کنند و سپس بتن‌ریزی انجام می‌شود.



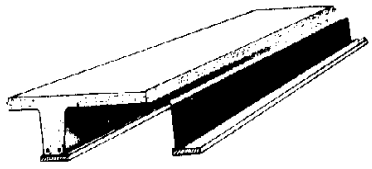
شکل ۲. استفاده از بلوکهای مجوف برای قالب‌بندی دالهای با پشت بند

www.technobetar.ir

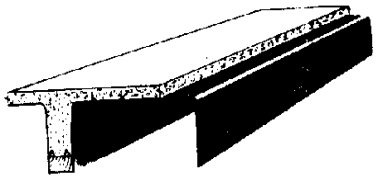
در روش دیگر، از قالبهای فلزی و یا پشم شیشه که به راحتی قابل نصب و جمع‌آوری‌هستند ،استفاده می‌گردد . نمونه‌هایی از این قالبها در شکل زیر نشان داده شده‌اند .



الف



ب



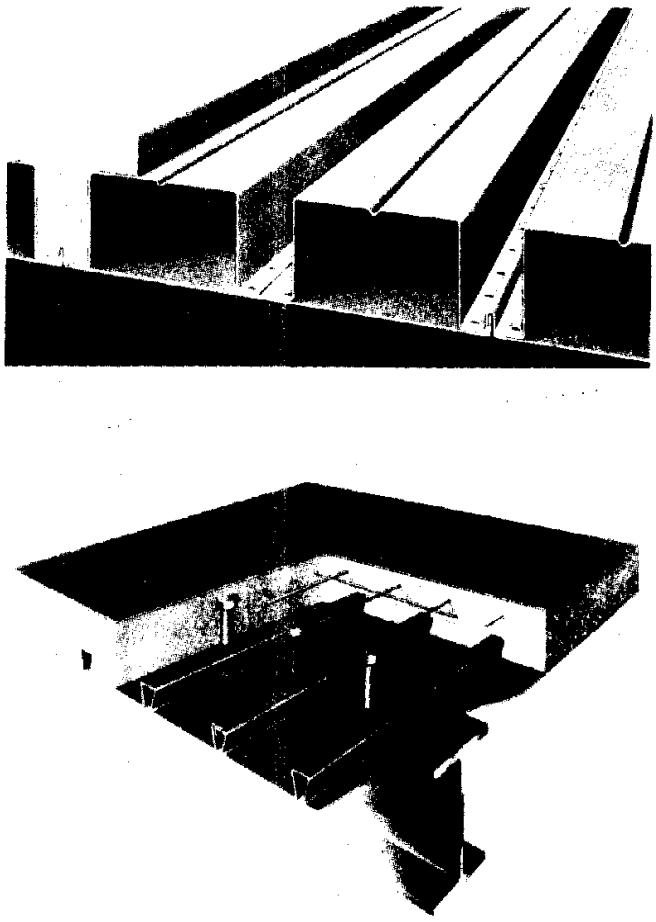
ج

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 دراشکال گوناگون و با سطوح برجسته ، طرح و ساخته می‌شوند . با خمکاری مناسب ، این ورقه‌های فولادی ، هم ایستایی کافی برای ایفای نقش قالب کف را دارا می‌شوند و هم پس از سخت شدن بتن در نقش آرماتور ، نیروهای‌کششی سقف را تحمل می‌کنند (شکل ۴) .

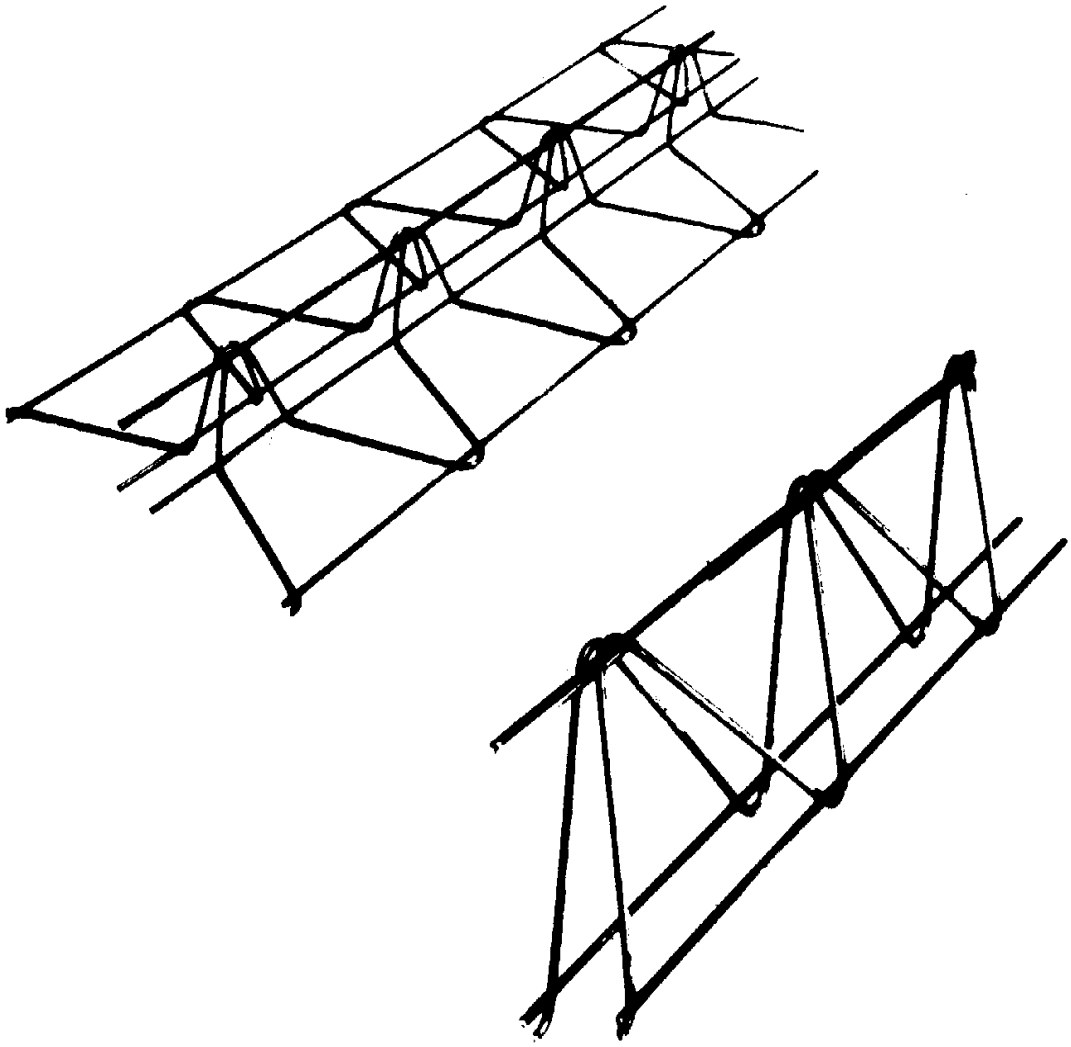
با توجه به هزینهٔ قابل ملاحظهٔ اجرای قالب کف ، به منظور حذف تمام یا قسمتی از این قالب ، طراحان با استفاده از فن پیش ساختگی ،از اینرسی عناصر تشکیل دهندهٔ خود دال کمک گرفته‌اند ؛ به این ترتیب که آرماتورهای موردنیاز دال را قبلا " به‌شکل شبکه‌های خرپایی با ایستایی کافی ، جهت تحمل وزن بلوکهای‌مجوف ساخته و این خرپاها (تیرچه‌ها) را در کنار هم چنان قرار می‌دهند که فاصله دو خرپا با یک ردیف‌بلوک‌پر شود . با بتن‌ریزی مختصری که درقسمت‌تحتانی شبکه خرپا انجام می‌شود (بتن پاشنه) ،تمام قالب کف حذف می‌گردد . در این روش ، همچنین می‌توان به جای شبکه خرپای فولادی ، از تیرچه‌های بتنی پیش تنیده که دارای ایستایی کافی باشند استفاده کرد .این قطعات ،پس از بتن‌ریزی کامل سقف در منطقهٔ کششی دال قرارمی‌گیرند (شکلهای ۵ و ۶) .

www.technobetar.ir



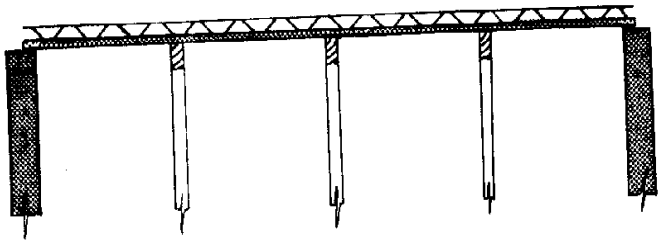
شکل ۴. آرماتورهای ورقه‌ای شکل، برای حذف قالب‌بندی کف

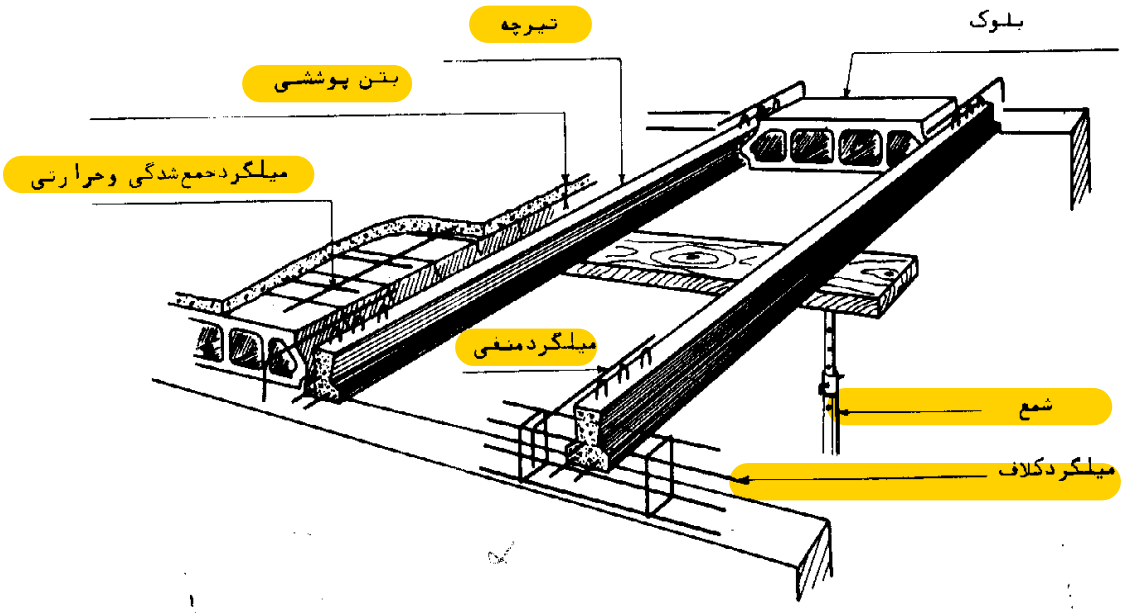
www.technobetar.ir



شکل ۵. دو نوع شبکه آرماتور برای تیرچه خرپایی

www.technobetar.ir



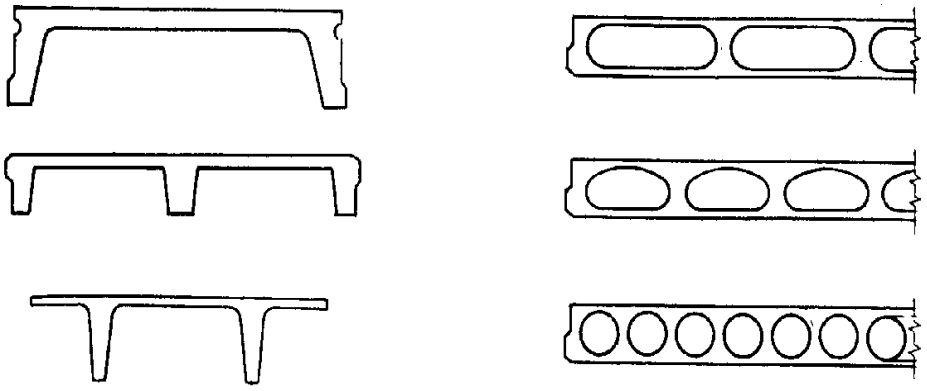


شکل ۶. نحوه قالب‌بندی سقف با استفاده از شبکه‌های خرپایی و تیرچه‌های پیش تنیده

www.technobetar.ir

حذف قالب و بهبود کیفیت اجرای سقف ، به بهترین وجه با استفاده از روش پیش ساختگی میسر می‌شود که در این روش، برای فراهم آوردن امکانات بهتر و اقتصادیتر برای ساختن سقف ، کل یا قسمتهایی ازسقف در تراز زمین و درکارخانه‌های مجهز ،به‌طور پیش ساخته تولیدمی‌شوند و سپس به محل اصلی ،حمل‌ونصب می‌گردند. در این روش،قطعات درشرایط راحت‌تر و با تجهیزات مناسبتر ساخته شده و درنتیجه هزینه ساخت کاهش یافته و نظارت فنی برساخت ، 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 درکارخانه تولید شده باشد ،آن را سقف پیش ساخته می‌نامند ،و در صورتی‌که‌قسمتهایی از سقف در کارخانه ساخته شده باشد و بعد از نصب در محل با آرماتوربندی 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 .



دالهای مجوف　　دالهای با پشت بند (نواری)

شکل ۷. انواعی از دالهای پیش ساخته

www.technobetar.ir

۲۰ روش اجـرای سقفهای تیرچـه و بلـوک

سقف تیرچه و بلوک از انواع سقفهای با پشت‌بند (نواری) است که با استفاده توأم 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 ساختهٔ آرماتور و یا تیرچه‌های پیش تنیده، تأمین می‌شود. شکل پاشنه بتنی تیرچه طوری است که تکیه گاه کافی و مناسبـی 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 شمع‌بندی 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 $\frac{1}{12}$ فاصلهٔ 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 انبار کردن مصالح تشکیل دهندهٔ سقف.
۲) نصب تیرچه‌ها.
۳) نصب تکیه‌گاههای موقت (شمع‌بندی).
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) عمل‌آوردن بتن.
۱۳) بازکردن قالبها و جمع‌آوری تکیه‌گاههای موقت.

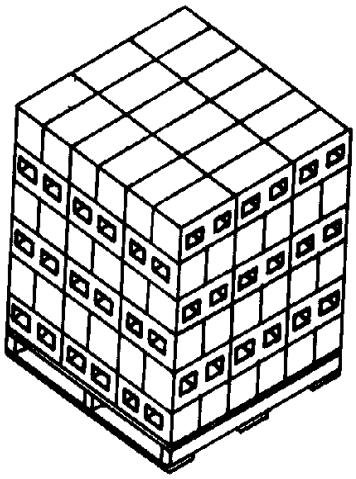
www.technobetar.ir

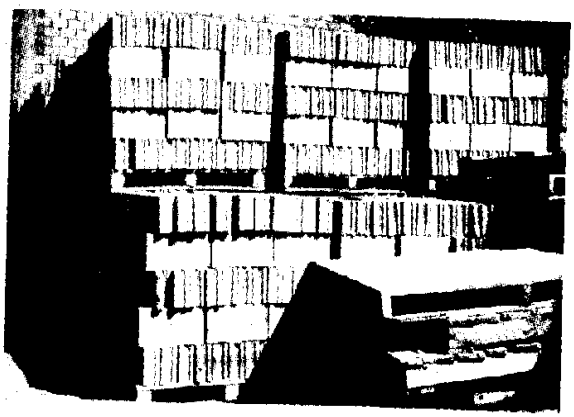
۲ـ۱ . روش حمل و انبار کردن مصالح تشکیل‌دهندهٔ سقف

۲ـ۱ـ۱ . *حمل و انبار کردن بلوکها*

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

در صورتی که تجهیزات کافی برای حمل بلوکهای بتنی در دسترس باشد ، ابتدا بلوکها به وسیلهٔ ماشینهای مخصوص روی پالتهای چوبی و یا فلزی به ابعاد ۱/۲۰ x ۱/۲۰ مترمربع چیده می‌شوند . درهرپالت، بسته به ابعاد بلوکها می‌توان ۵ یا ۶ ردیف ۱۲ تا ۱۸ تایی بلوک چید تا سطح پالت کاملا" پر از بلوک شده و در عین حال ارتفاع بلوکهای چیده شده از حدود ۱/۲۰ متر بیشتر نشود ؛ سپس پالتهای پر از بلوک ، بوسیلهٔ بالابر از محل تولید به محل انبار کارخانه حمل می‌گردند و از آنجا توسط کامیون کفی به محل مصرف ارسال می‌شوند . در صورتی که بالابرهای 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 انبار کردن پالتهای محتوی بلوک

www.technobetar.ir

در کارگاه ،بلوکهای سفالی و بتنی معمولا " به وسیلهٔ زنبه‌های 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 گرفته و به‌طور مرتب کنار هم انبار شوند . پس از اتمام هرردیف ، بلوکهای ردیف بالاتر در جهت عمود بـرردیف قبل چیده می‌شود تا قفل و بست مناسب بین ردیفهای متوالی ایجاد گردد . تعداد ردیفها طوری باید باشد که بلوکهـای زیرین در اثر فشار وزن بلوکهای بالاتر از خود ، خرد نشوند و همچنین چیدن و برداشتن بلوکها به‌سادگی‌میسر باشد .

۲ـ۱ـ۲. *حمل و انبار کردن تیرچه‌ها*

به دلیل تأثیر نیروهای دینامیکی به هنگام حمل‌ونقل و اجرا ، ضریب اطمینان محاسبات برای کنترل میزان باربری قطعات پیش ساخته دراین مرحله ،برابر ۳ ،فرض می‌شود . همچنین به‌منظور کاهش هرچه بیشترهزینه‌های حمل‌ونقل و احتراز از اثر نیروهای دینامیکی برقطعات پیش ساخته ، حمل‌ونقل آنها به حداقل ممکن‌تقلیل‌داده می‌شود و از حمل و نقل توأم با تکانهای شدید ، ضربه و سقوط جلوگیری می‌گردد .

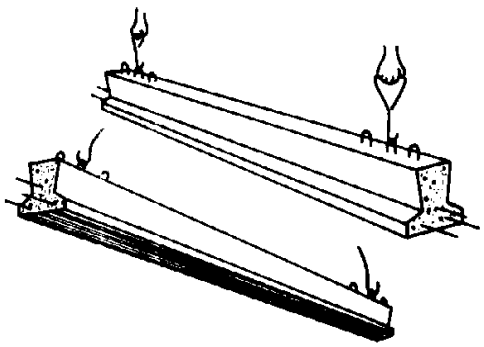
در مورد قطعات پیش ساختهٔ خرپایی ، عدم دقت و مراقبت به هنگام حمل و نقل ، باعث شکستن‌جوشها و خم شدن اعضای خرپا و شکستن پاشنه بتنی می‌شود .

در مورد قطعات پیش تنیده ، حمل‌ونقل ناصحیح ممکن است به شکستن کل قطعه بیانجامد . توضیح‌اینکه ، قطعات پیش تنیده نباید هنگام حمل‌ونقل به پهلو و یا در جهت عکس برگردانده شوند ، در غیر این صـورت ،

www.technobetar.ir

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

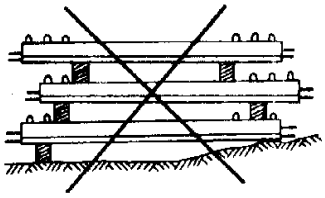
حمل‌ونقل تیرچه‌های خرپایی و پیش تنیده ، توسط دو نفر و در حالی که هرکدام از ۲۰ تا ۵۰ سانتیمتری دو انتهای تیرچه را گرفته‌اند ، انجام می‌شود . در مورد تیرچه‌های بلندتر و سنگین‌تر ، تعداد نفرات به نسبت افزایش می‌یابد . نفرات بعدی ، تیرچه را طوری می‌گیرند که فاصلهٔ نفرات از یکدیگر تقریبا" مساوی باشد . تیرچه‌های خرپایی کوتاهتر از ۳ متر را یک کارگر ،در حالی که از وسط تیرچه گرفته است ، بسادگی می‌تواند حمل کند . اگر در بالا برد ، قطعات از جرثقیل و یا سایر دستگاههای بالابر استفاده می‌شود ، قلابهای جرثقیل باید در فاصلهٔ ۲۰ تا ۵۰ سانتیمتری دو انتهای قطعهٔ پیش ساخته وصل شود و تیرچه‌ها و دالها با کمال مراقبت به طبقهٔ مورد نظر حمل شوند (شکل ۱۰) .



شکل ۱۰ . حمل تیرچه‌های پیش تنیده با دست و جرثقیل

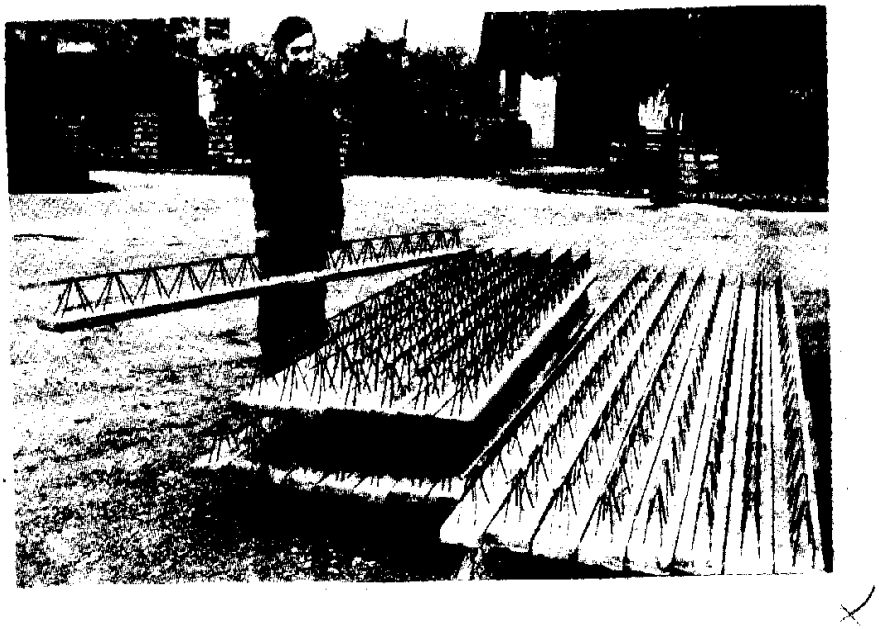
برای انبار کردن تیرچه‌ها و دالها ، ابتدا تخته‌هایی به ضخامت حداقل ۲/۵ سانتیمتر و به عرض حدود ۱۰ سانتیمتر روی زمین مسطح مقابل هم گذاشته می‌شوند ، سپس یک یا چند ردیف از قطعات پیش ساخته کنار هم و روی تخته‌ها چنان قرار داده می‌شوند که فاصله انتهای قطعات از محل اتکای آنها روی تخته ، در حدود ۲۰ تا ۵۰ سانتیمترباشد .بعد از پر شدن هرردیف ،دو عدد تخته درامتداد تخته‌های قبل و در امتداد شاغولی آنها گذاشته شده و مجددا" عمل تکرار می‌شود . تعداد ردیفهای روی هم چیده شده ، به حدی باید باشدکه قطعات زیرین صدمه نبینند و جابه‌جا کردن آنها نیز مشکل نباشد .

www.technobetar.ir



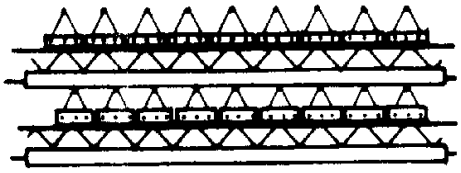
روش غلط

روش صحیح



شکل ۱۱ . روش انبار کردن تیرچه‌ها

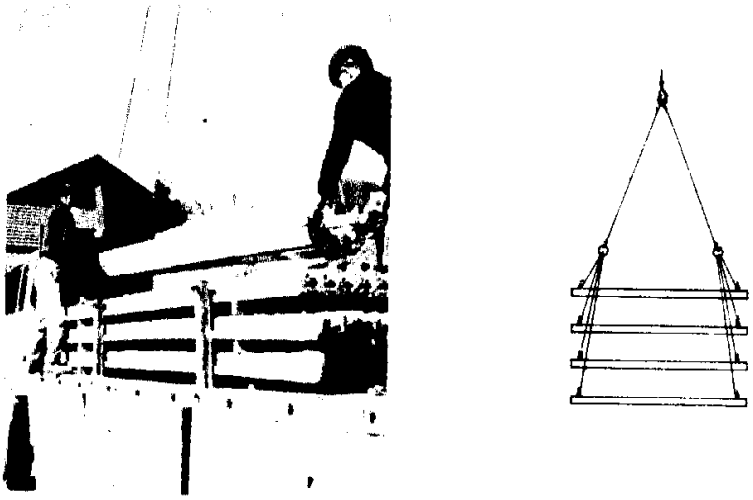
تیرچه‌های خرپایی به طولهای مساوی را می‌توان مطابق شکل ۱۲ روی یک‌سطح صاف ، طوری روی هم قرار داد که تیرچه‌های هرردیف عمود برردیف قبل از خود باشند و به‌این ترتیب نیازی به تخته‌های جداکننده نخواهد بود .



شکل ۱۲ . نحوه چیدن متقاطع تیرچه‌های خرپایی

www.technobetar.ir

عمل چیدن تیرچه و دالهای‌خرپایی و پیش تنیده در کامیونهای کفی نیز به‌روشهای یادشده دربالا انجام می‌شود . توصیه می‌شود برای حمل‌ونقل سریع و صحیح این قطعات ، از کامیونهای کفی مجهز به جرثقیل استفاده شود .



شکل ۱۳ . نحوهٔ حمل تیرچه‌ها با جرثقیل و چیدن آنها در کامیون

۲ـ۱ـ۳ . *حمل و انبار کردن میلگرد*

این عمل باید به نحوی باشد که فولاد به گل و روغن و رنگ و کثافات ، یا هرماده‌ای که تأثیر سوء در پیوستگی فولاد و بتن دارد ، آلوده نشود و تا حدامکان از گرد و خاک و برف و باران مصون باشد .

از حمل و نقل فولاد توأم با تکانهای شدید ، ضربه ، خسارت مکانیکی و سقوط باید جلوگیری شود . انبار کردن فولاد در محوطه‌های باز به مدت زیاد ، موجب زنگ‌زدگی شدید آن می‌شود . میلگردهای فولادی را باید برحسب 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 به‌گونه‌ای پیش بینی شود ،که از زنگ‌زدگی محسوس فولاد و کثیف شدن سطح آنها جلوگیری گردد ، زیرا گرچه زنگ فولاد تا وقتی پوسته نشود اثر زیان بخش در پیوستگی فولاد و بتن ندارد ، ولی زنگ وقتی پوسته پوسته می‌شود ، پیوستگی بتن و فولاد را بکلی مختل می‌سازد .

۲ـ۱ـ۴ . *حمل و انبار کردن مصالح سنگی*

این کار باید به صورتی باشد که جدایی دانه‌های ریز و درشت آن در حداقل ممکن باشد و از آلوده شدن مواد سنگی‌به مواد مضر جلوگیری شود . مصالح سنگی نباید در دپوهای بلند انبار شوند و یا روی شیب تخلیه گردند. برداشت مصالح سنگی از دپوهای بلندتر از ۲ متر ، باید به‌طور لایه لایه از بالا به پایین انجام شود ، در غیر این صورت ، دانه‌ها روی شیب دپو ریزش کرده و موجب تفکیک دانه‌های درشت از دانه‌های ریز ، می‌گردد .

www.technobetar.ir

۲ـ۱ـ۵. *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 پیش بینی 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 سرپوشیده و خنک نگهداری کرد . در این صورت باید کف انبار سیمان به ارتفاع حدود ۱۰ 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 پیش بینی شود تا همیشه همهٔ آنها در دسترس باشند ومورداستفاده قرار گیرند و به ترتیب رسیدن محموله‌های مختلف سیمان به کارگاه ، مصرف شوند . اگر سیمان برای‌مدت کوتاهی درمحیط باز انبار می‌شود ،لازم است سکویی از چوب یا مصالح مناسب تهیه شده و پس ازچیدن کیسه‌های سیمان روی این سکو ، سطح کیسه‌ها نیز با ورق پلاستیک پوشانده گردد ، به‌طوری 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 ۱۰ تا ۲۰٪ می‌شود . اگر سیمان به مدت ۶ ماه انبارشود ، ۲۰ تا ۳۰٪ ازمقاومت 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 .اگربعدازغلطاندن کیسه ، سیمان به آسانی از کیسه خارج شود و عاری از کلوخه و تکه‌های سخت شده باشد ، مصرف آن مانعی ندارد ، ولی در صورتی که سیمان دارای کلوخه‌هایی باشد که شکستن آنها مشکل است ، باید قبل از مصرف مورد آزمایش قرار گیرد .

۲ـ۲. نصب تیرچه‌ها

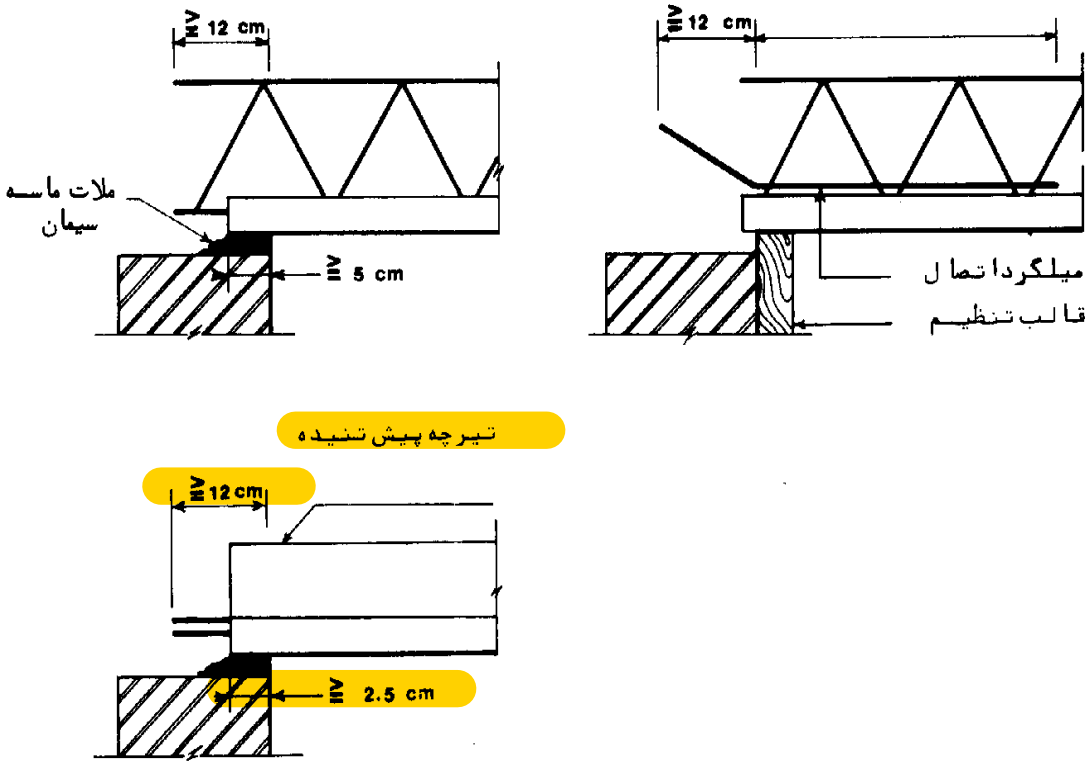
قبل از نصب تیرچه‌ها ، لازم است اختلاف سطح سقفهای ساختمان و همچنین محل طره‌ها و تیغه‌بندی روی سقف و بازشوها و نیز محل عبور لوله‌های بخاری وغیره ، براساس نقشه‌های اجرایی ،به‌دقت موردبازرسی و کنترل قرار گیرند . تا ضمن تصحیح اشتباهات احتمالی مربوط‌به تراز تکیه‌گاهها و غیره ، اقدامات اجرایی در حین‌نصب

www.technobetar.ir

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 .

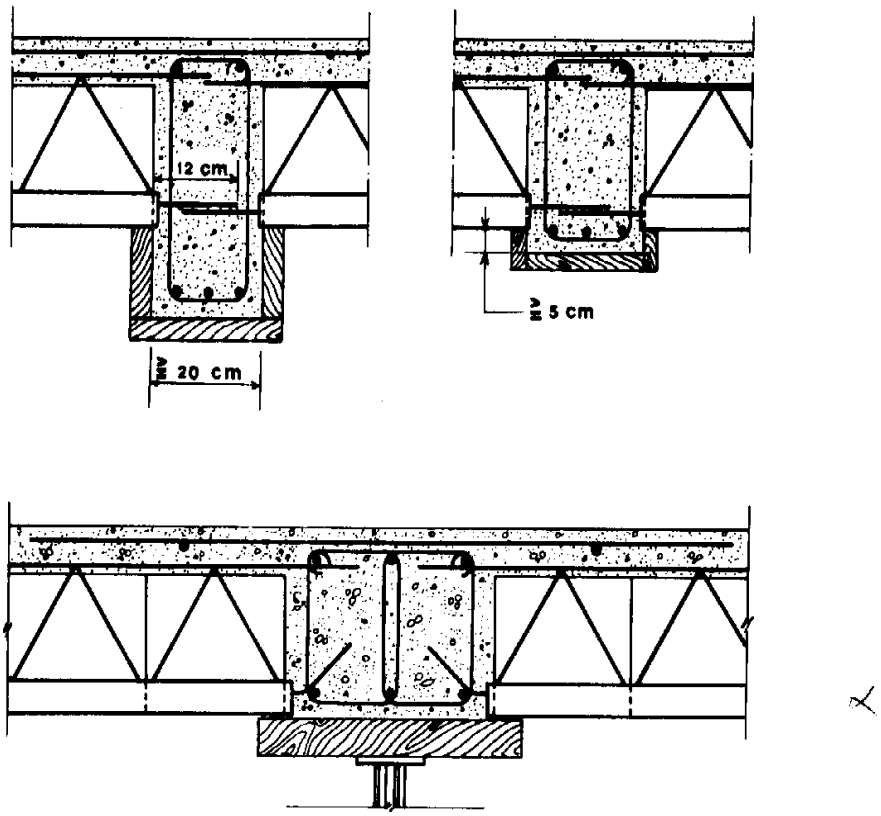
در صورتی که طول تیرچه‌ها بزرگتر از اندازهٔ لازم باشد ، برش پاشنه بتنی تیرچه باید به وسیلهٔ قلم تیز و یا با دستگاه فرز انجام شود و از ایراد ضربه با چکش برای شکستن بتن پاشنه ،باید خودداری گردد . طول اضافی میلگردها نیز با قیچی، دستگاه برش آهن و یا دستگاه جوشکاری بریده می‌شود .

تیرچه‌های خرپایی و پیش تنیده باید به دقت در فواصل مساوی و در امتداد تعیین شده روی دیوار باربر یا تیرآهن یا قالب تیر بتنی ،قرار داده شوند .حداقل طول اتکای پاشنهٔ بتنی تیرچه‌های‌خرپایی روی‌دیوارهای باربر ۵ سانتیمتر و درمورد تیرچه‌های پیش تنیده ۲/۵ سانتیمتر است .اگر حداقل طول اتکا برای نصب تیرچه‌ها تأمین نشده باشد ، باید با اجرای شمع‌بندی و قالب‌بندی مناسب (مطابق شکل ۱۴) ،تکیه‌گاه لازم رابرای نصب تیرچه‌ها فراهم نمود . البته فولاد کششی تیرچه‌ها باید دست‌کم به اندازهٔ ۱۲ سانتیمتر به داخل تکیه‌گاه ادامه داشته باشد ،درغیر این صورت مطابق شکل ۱۴ ، میلگرد اتصال با سطح مقطع معادل میلگردهای کششی وبا طول پوشش کافی در انتهای تیرچه نصب می‌شود .



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

www.technobetar.ir



شکل ۱۵ . نحوه استقرار تیرچه روی قالب تیر بتنی

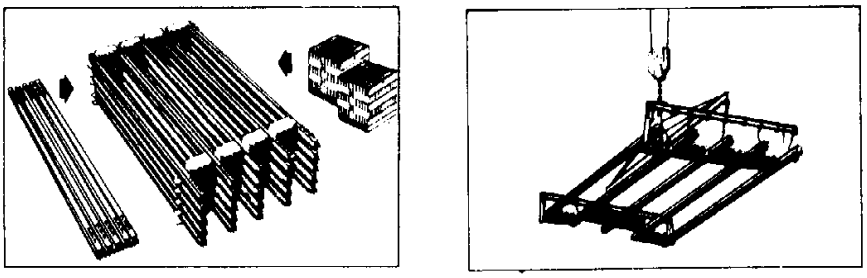
در مورد تیرچه‌های فلزی، فولاد تیرچه تا جان تیرآهن ادامه می‌یابد و با اجرای قالب‌بندی‌مناسب، تکیه‌گاه لازم برای نصب تیرچه‌ها و بتن‌ریزی کلاف لبه تیرآهن، فراهم می‌شود. از جوشکاری فولادتیرچه به تیرآهن، باید اکیدا" خودداری شود، زیرا در این صورت، ناحیه کششی تیرآهن در اثر جوش آسیب دیده و ضعیف خواهد شد. روش تعیین سطح مقطع بتن و میلگرد کلاف لبه تیرآهن، در بند ۵-۲ این فصل درج شده است.

تنظیم فواصل تیرچه‌ها از یکدیگر، با نصب ۲ بلوک انتهایی در دو سر تیرچه انجام می‌شود و باید دقت شود تا بلوکهای انتهایی روی تکیه‌گاه قرار نگیرند. توصیه می‌شود برای بلوکهای مجاور تیرها و کلافهای بتنی از بلوکهای ته بسته که به همین منظور تولید می‌شوند، استفاده شود تا هنگام بتن‌ریزی از پر شدن قسمتهای خالی بلوک که موجب مصرف بیهوده بتن و سنگین شدن وزن سقف می‌شود، جلوگیری گردد.

www.technobetar.ir

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

در صورت وجود تجهیزات مناسب درکارگاه، 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 مجموعـه با جرثقیل و گیره‌های مخصوص

در بعضی موارد، می‌توان حتی کل بلوکهای را در تراز زمین نصب کرد و سپس مجموعه تیرچه و بلوکها را به وسیله‌جرثقیل و گیره‌های مخصوص در محل اصلی خود نصب کرد.

۲ـ۳. نصب‌تکیه‌گاههای موقت

برای قالب‌بندی سقف تیرچه و بلوک، از یک روش یکنواخت و مشخص استفاده می‌شود که براساس آن در وقـت و هزینه قالب‌بندی به مقدار زیادی صرفه‌جویی شده، مشکلات اجرایی کاهش یافته و کار با سرعـت بیشتری اجرا می‌شود.

www.technobetar.ir

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

به‌طوری که در قسمتهای گذشته دیدیم ، در مورد سقف تیرچه و بلوک ، قسمت اعظم سازهٔ قالب را خود تیرچه‌ها و بلوکها تشکیل می‌دهند ؛ به عبارت دیگر ، تیرچه‌ها نقش پشت بندهای چوبی قالب کف ، و بلوکهای نقش تخته‌های قالب‌بندی کف را ایفا می‌کنند . قالب‌بندی سقف فقط به نصب چهار تراشهایی به ابعادمقطع ، دست‌کم ۵×۱۰ سانتیمتر و شمع‌هایی (تکیه‌گاههای موقت) به‌قطر دست‌کم ۱۰ سانتیمتر خلاصه می‌شود .

به‌طورکلی ،چهار تراشها و شمعهاباید طوری‌نصب شوند که بتوانند درمقابل نیروهای وارده مقاومت‌نمایند . آنها را باید طبق اصول و قواعد مربوط به خود ، به یکدیگر متصل کرد . در عمل ، شمعها باید به‌طورمحکم‌وثابت نصب شده و توسط‌گوه در جای خود محکم شوند و بادبندهای مناسب برای جذب نیروهای افقی پیش بینی‌واجرا گردند (شکل ۱۸) .

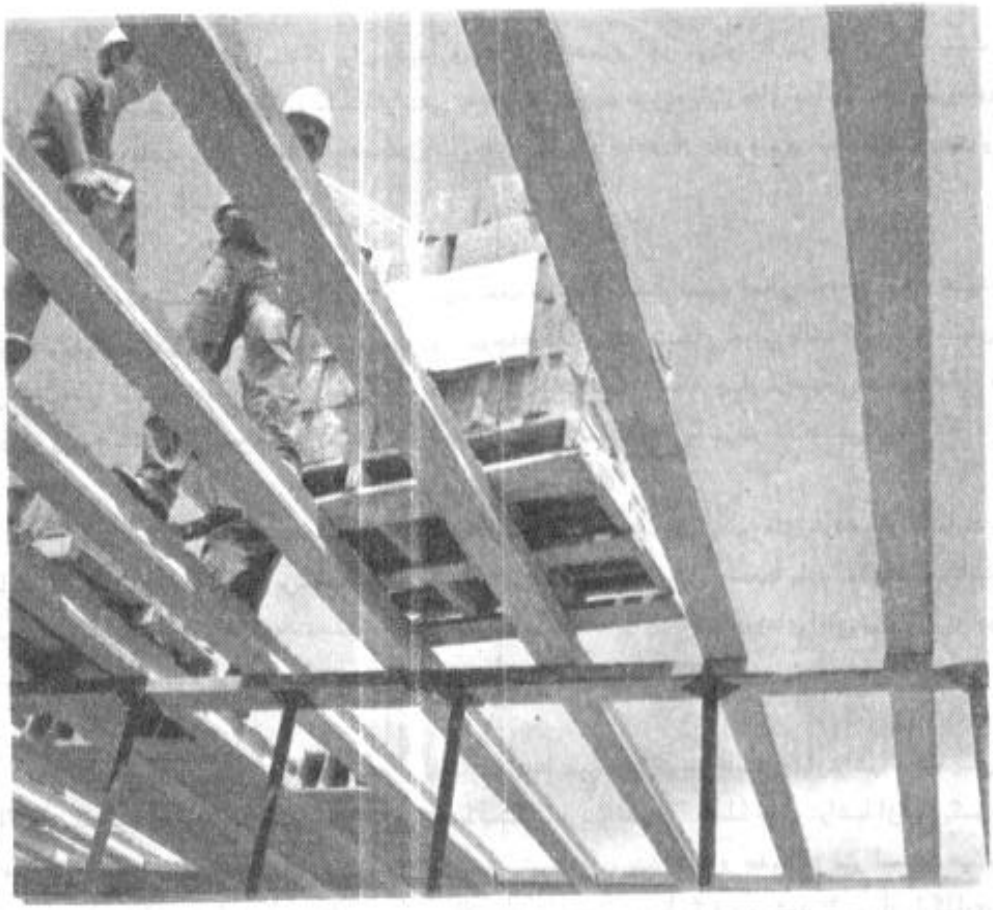
نصب تکیه‌گاههای موقت ، بلافاصله بعد از نصب تیرچه‌ها صورت می‌گیرد . فاصله چهارتراشها و شمعهای متوالی از یکدیگر ، به استقامت تیرچه‌ها و چهارتراشها بستگی دارد و معمولا " فاصلهٔ چهار تراشها از همدیگر ، در مورد تیرچه‌های خرپایی حدود ۱/۲۰ متر و در مورد تیرچه‌های پیش‌تنیده حدود ۳ متر است .هنگام شمع‌بندی ، خیز مناسبی برابر $\frac{1}{200}$ 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 داشته‌باشند ،باید مطمئن بود که زمین زیر شمع ، به علت دستی‌بودن خاک ، با جذب رطوبت بعدی نشست نکند . به‌طور کلی ، در صورت سست بودن زمین ، باید با افزایش سطح 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 سربار سقف زیرین درنظر گرفته شده و با توجه به‌عمر بتن سقف زیرین ،تقویت لازم برای آن پیش بینی گردد .در غیر این صورت ، احتمالا " سقف زیرین تحمل سربار وارده را نمی‌کند و این امر باعث آسیب‌دیدن آن خواهد شد .

www.technobetar.ir

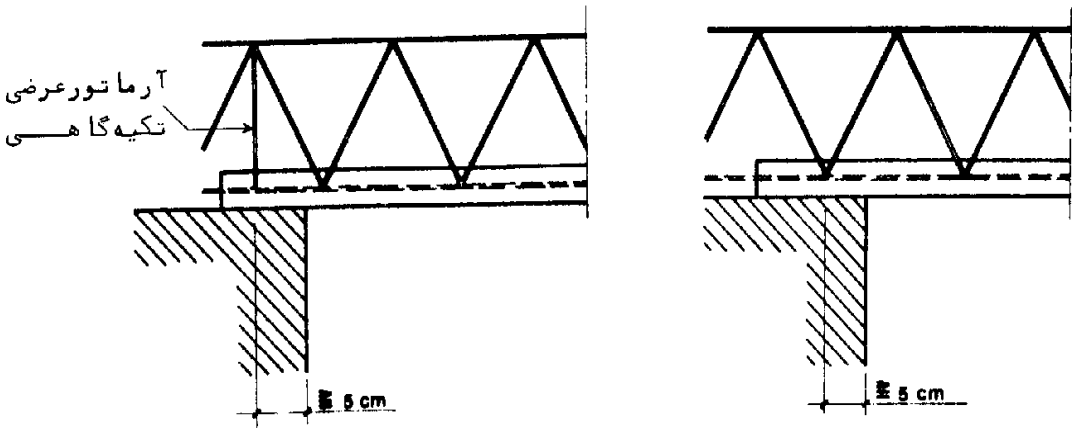


الف

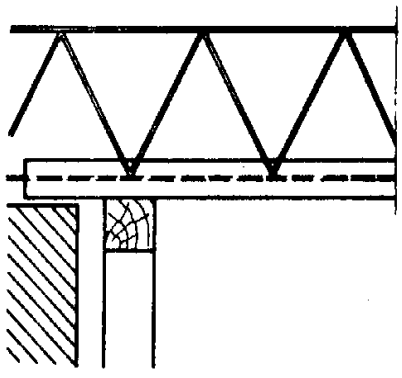
ب

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

www.technobetar.ir



شکل ۱۹

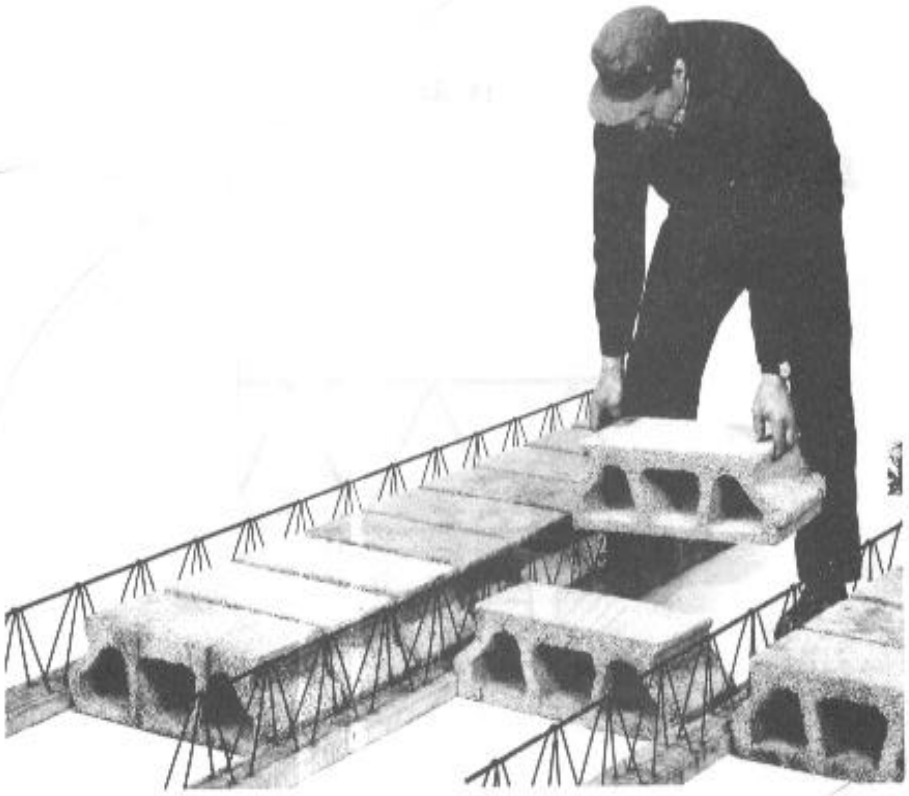


شکل ۲۰

www.technobetar.ir

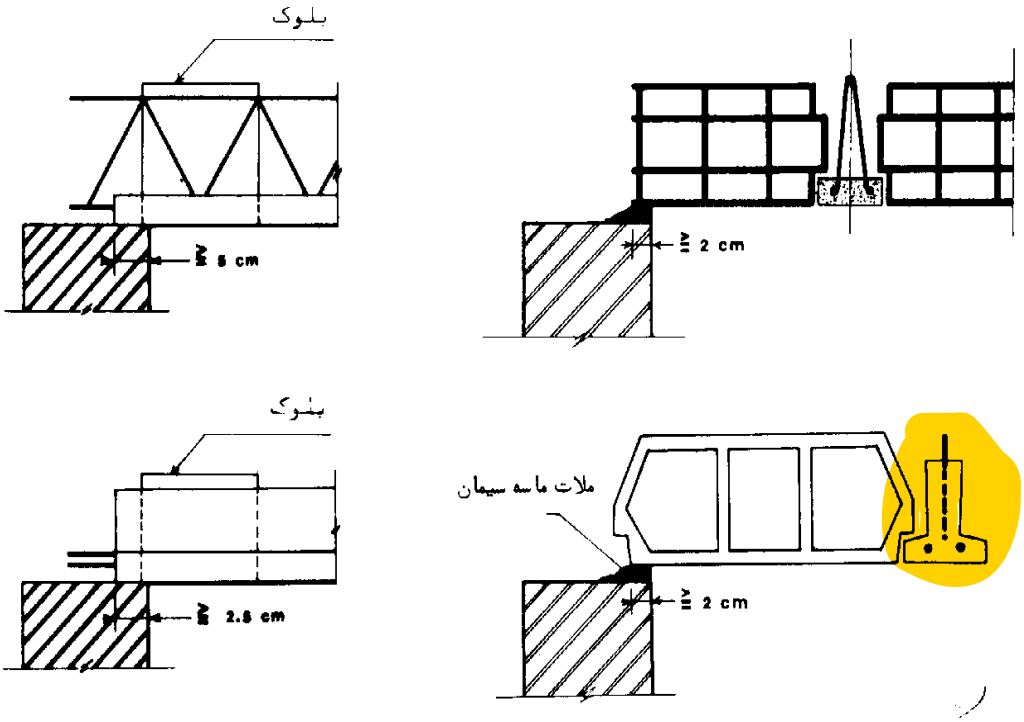
۲-۴. نصب بلوکها

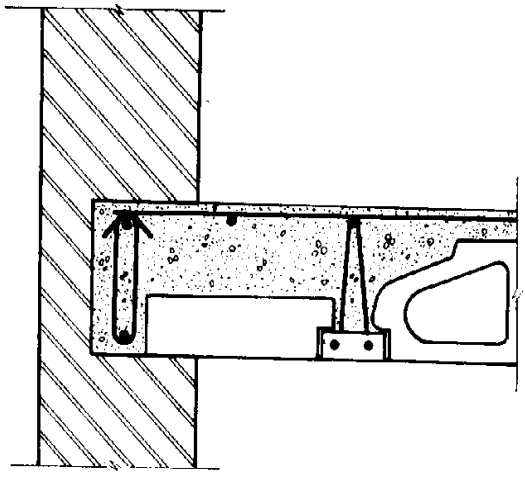
بعد از اجرای شمع‌بندی زیر تیرچه‌ها و قالب‌بندی کلافها و بازشوها ، نصب بلوکها آغاز می‌شود . هنگام نصب باید کمال مراقبت به عمل آید تا بلوکهای انتهایی در روی تکیه‌گاهها قرار نگیرند و فاصلهٔ آنها از قسمتهای انتهایی و کناری ، براساس جزییات نشان داده شده در شکل ۲۲ باشد .از به کار بردن بلوکهای شکسته و نامنظم در سقف باید خودداری شود .



شکل ۲۱. نصب بلوک

www.technobetar.ir





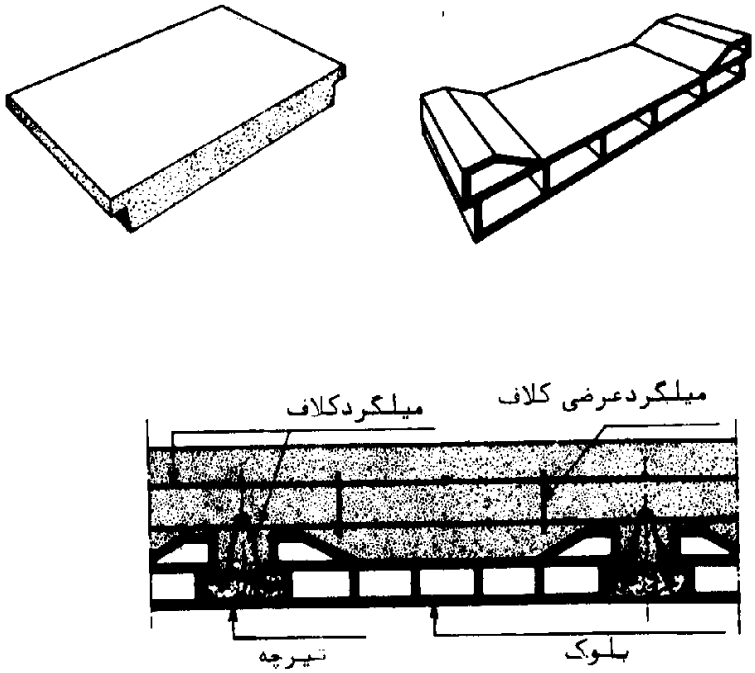
شکل ۲۲. نصب بلوک در قسمتهای انتهایی تکیه‌گاه

www.technobetar.ir

توصیه می‌شود ، در محلهایی که حفره‌های بلوک در مجاورت بتن در جای تیرها و کلافها قرار می‌گیرد ،از بلوکهای 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 بتن‌درجا به داخل بلوک ، می‌توان از قطعات بتنی پیش ساخته‌ٔ به ضخامت دو سانتیمتر و به ابعاد مقطع بلوک استفاده کرد و آنها را همزمان با نصب بلوکها در محلهای مربوط نصب نمود .

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



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

۲–۵ . آرماتوربندی سقف

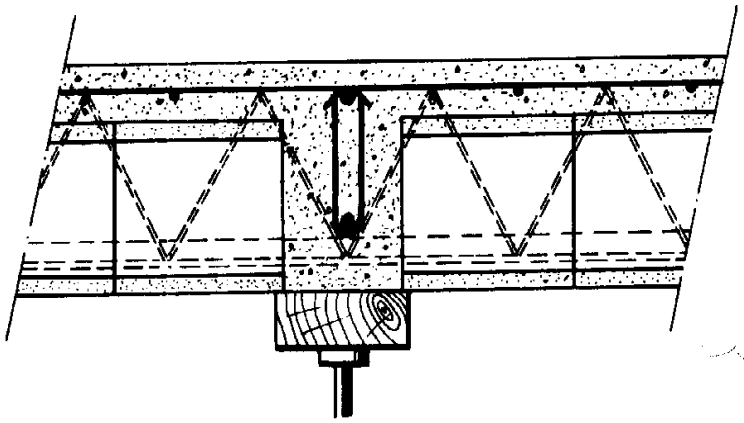
آرماتوربندی سقف تیرچه و بلوک ، بعد از نصب بلوک انجام می‌شود .بدیهی است که آرماتوربندی تیرهای بتنی و کلافهای روی دیوارهای باربر ، قبل از نصب تیرچه‌ها باید اجرا شده باشد .

www.technobetar.ir

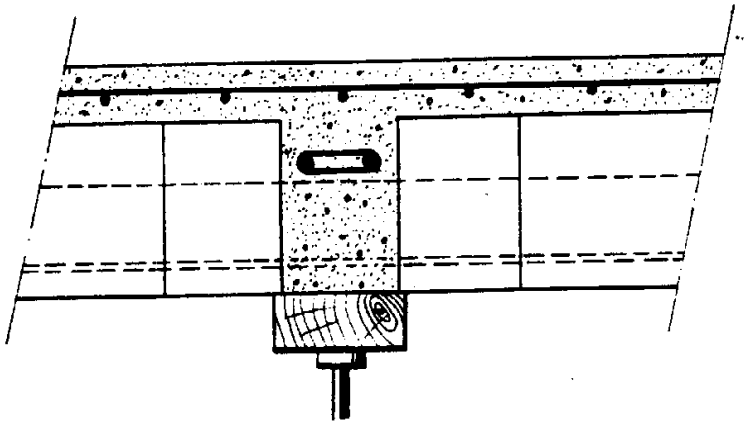
آرماتوربندی سقف تیرچه و بلوک ، شامل کلافهای میانی و تکیه‌گاهی ، میلگرد منفی ، میلگرد افت‌وحرارت، آرماتور محل بازشوها و طره‌ها و میلگردهای آویز سقف کاذب است . نحوهٔ محاسبه و تعیین طول و سطح مقطع میلگردها ، در نشریهٔ شماره ۹۴ درج شده است .

۲–۵–۱ . *کلاف میانی*

برای تقویت دیافراگم افقی ساختمان در امتداد عمود برامتداد 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 تیرچه‌هاست ،درسقف 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 ــ الف) تیرچه‌های خرپایی ، ب) تیرچه‌های پیش تنیده

www.technobetar.ir

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 تعبیه می‌شود . حداقل سطح مقطع آهنهای طولی آن باید برابرنصف‌مقادیر میلگرد کششی تیوچه‌هاباشد .برای دهانه کمتر از۴ متر و بار زنده سقف کمتر از ۳۵۰ کیلوگرم برمترمربع ،به‌کلاف میانی نیازی نیست .

در مورد بار زنده بیشتر از ۳۵۰ کیلوگرم برمترمربع و دهانه ۴ تا ۷ متر ، دوکلاف میانی ، و برای دهانه بیشتر از۷ متر ،سه‌کلاف میانی‌اجرا می‌شوند .حداقل سطح‌مقطع میلگردهای طولی آن برابر سطح‌مقطع میلگردهای کششی تیرچه خواهد بود .

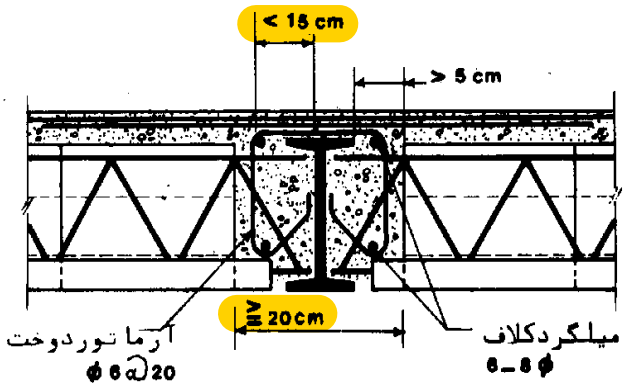
میلگردهای کلاف میانی ، در دو طرف کلاف تعبیه می‌شوند و حداقل قطر میلگرد ، در مورد میلگرد آجدار ۶ میلیمتر و در مورد میلگرد ساده ۸ میلیمتر است . در صورتی که بار منفرد سبک روی سقف موجود باشد ، باید توسط کلافهای میانی مناسب ، بار منفرد وارده را روی سقف پخش کرد .

۲–۵–۲. کلاف روی دیوارهای باربر و لبه تیرآهن

برای ایجاد اتصال کافی بین سقف تیرچه و بلوک و تکیه‌گاه باربر ، کلافهایی در محل تکیه‌گاه باربر اجرامی‌شود.

در مورد دیوارهای باربر ، آرماتوربندی کلاف قبل از نصب تیرچه‌ها انجام می‌شود . عرض کلاف بتنی در مورد تکیه‌گاه کناری به حداقل ۱۵ سانتیمتر ، و در مورد تکیه‌گاه میانی به حداقل ۲۰ سانتیمتر محدود می‌شود . میلگرد این کلافها براساس محاسبات یا ضوابط‌آیین نامه‌ای تعیین می‌شوند . در پیوست ۸ ، جزئیات کلافهای روی دیوارهای باربر نشان داده شده است .

در مورد تیرهای 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 می‌شود . در صورتی که تیرآهن در یک طرف کلاف واقع شود ، عرض حداقل کلاف به ۱۵ سانتیمتر محدودمی‌شود . در پیوست ۸ جزئیات بیشتر نشان داده شده است .

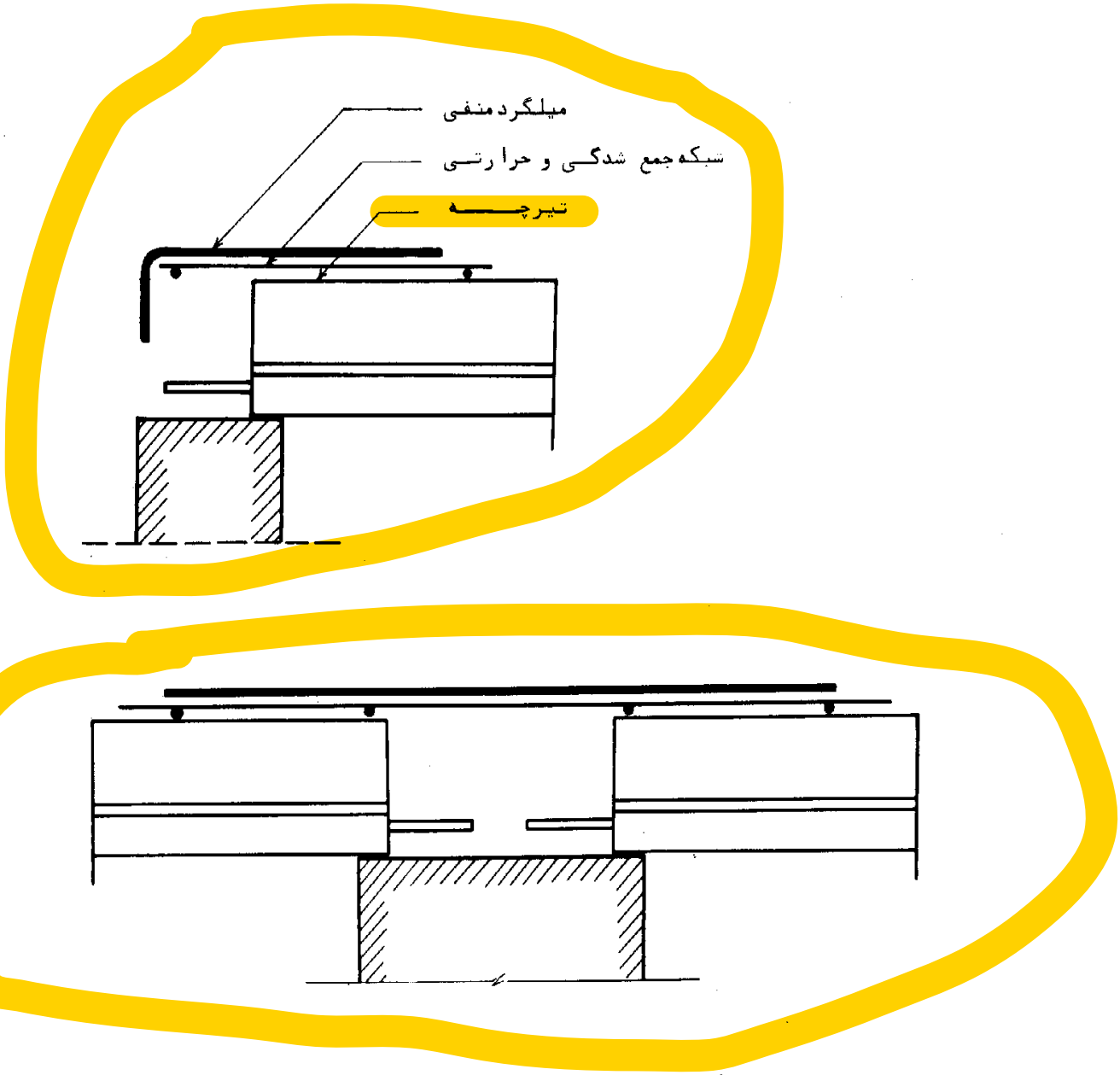


شکل ۲۵ . جزئیات اجرای کلاف لبه تیرآهن در محل اتصال تیرچه خرپایی و پیش تنیده به تیرآهن

www.technobetar.ir

۲ـ۵ـ۳. میلگرد منفی روی تکیه‌گاه

میلگردهای منفی روی تکیه‌گاهها نصب می‌شوند . با وجود آنکه طرح سقفهای تیرچه و بلوک با فرض تکیه‌گاه ساده انجام می‌شود ، ولی در عمل ، میلگردهای منفی براساس ۱۵٪ لنگر خمشی وسط دهانه محاسبه و در محل تکیه‌گاه تعبیه 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 $\frac{1}{5}$ دهانهٔ آزاد ،از تکیه‌گاه به طرف داخل دهانه ،ادامه داشته باشند (شکل ۲۶) .



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

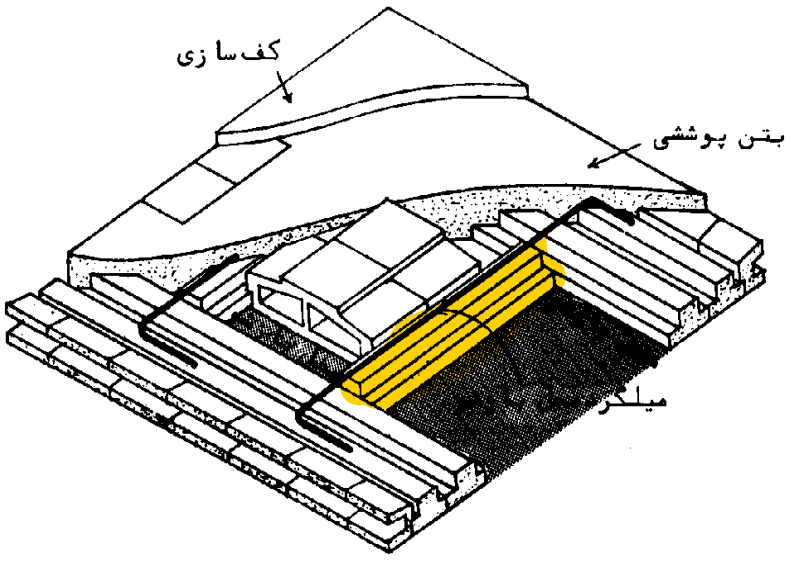
www.technobetar.ir

۲ـ۵ـ۴ . میلگرد محل بازشو

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

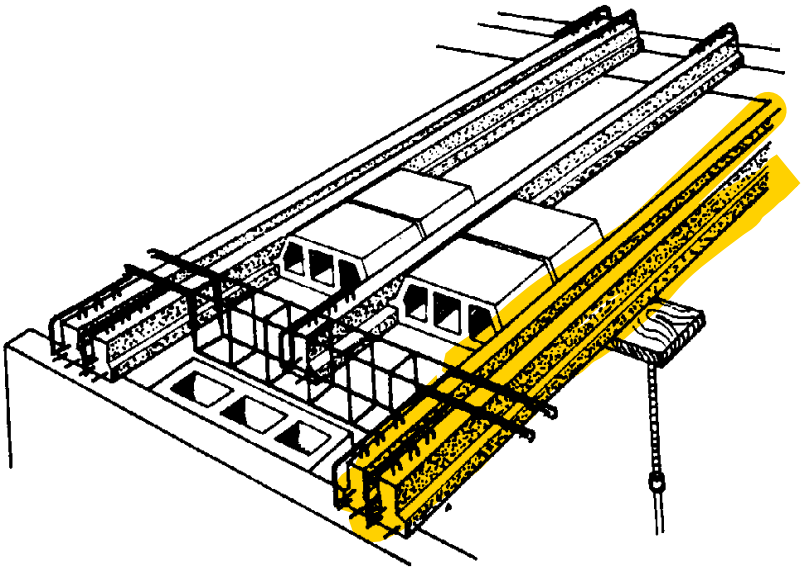
اگر عرض باز شود و امتـداد عمود برمحور تیرچه‌ها از سه برابر فاصلهٔ محوربه‌محور تیرچه‌ها بیشترنباشد، نیازی به‌اجرای تیرهای باربر کمکی در حد فاصل ۲ تیر باربر نخواهد بود . در این حالت ، آرماتوربندی و نصب تیرچه‌ها در محل بازشو ، مطابق شکلهای ۲۷ و ۲۸ انجام می‌شود . بدیهی است در این حالت باید تیرچه‌های مجاور بازشو براساس وضع موجود محاسبه‌وتقویت شوند . معمولا " برای این منظور ، استفاده از تیرچه‌های‌مضاعف در طرفین محل بازشوها (گاه سه تیرچه در هرطرف) کفایت می‌کند .

سرانجام ،درصورتی که مقطع مرکب تیرچه‌های مضاعف برای تحمل بارگذاری مربوط ضعیف باشد ،به‌وسیلهٔ تیرهای کمکی که به تیرهای اصلی تکیه داشته باشند ، محل بازشو مطابق شکل ۲۹ اجرا می‌شود . نحـوهٔ محاسبه سطح مقطع میلگردهای محل بازشوها ، در نشریه شمارهٔ ۹۴ درج شده است .

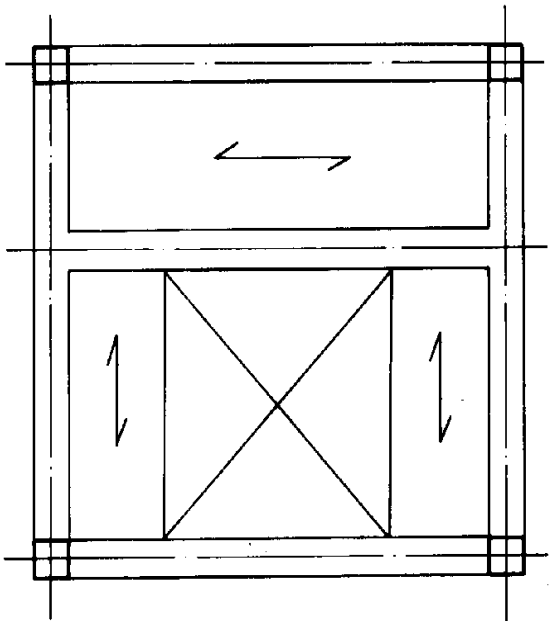


شکل ۲۷ . طرز اجرای بازشوهای کوچک

www.technobetar.ir



شکل ۲۸ . طرز اجرای بازشوهای متوسط

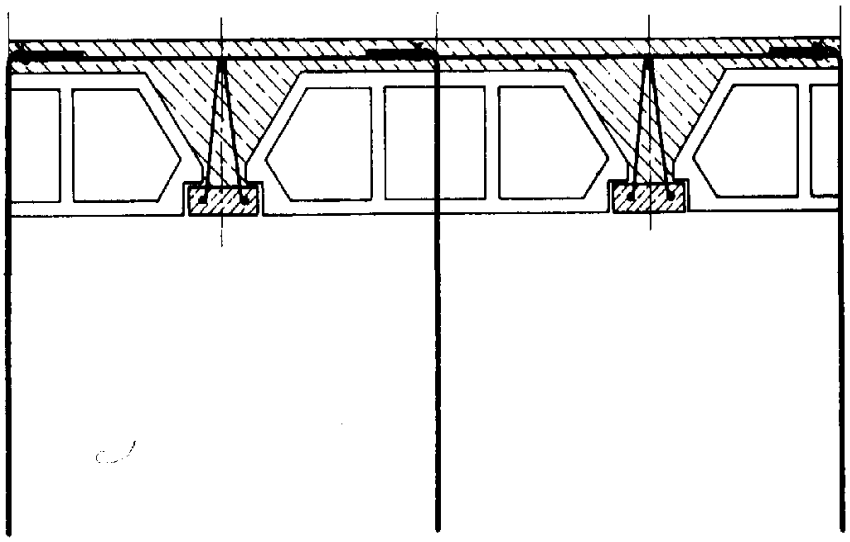


شکل ۲۹ . طرز اجرای بازشوهای بزرگ

www.technobetar.ir

۲-۵-۵. آویزهای سقف کاذب

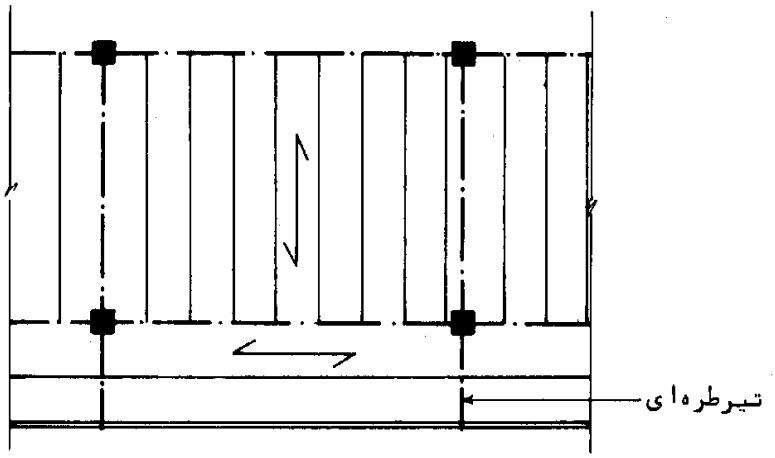
این آویزها معمولا" به‌قطر ۶ تا ۸ میلیمتر و به‌طولهای مورد لزوم ، در فواصل تعیین شده طبق نقشه‌های اجرایی (شکل ۳۰) ، مابین بلوکها نصب می‌شوند .



شکل ۳۰. میلگردهای آویز سقف کاذب

۲-۵-۶. آرماتوربندی سقف طره‌ای

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

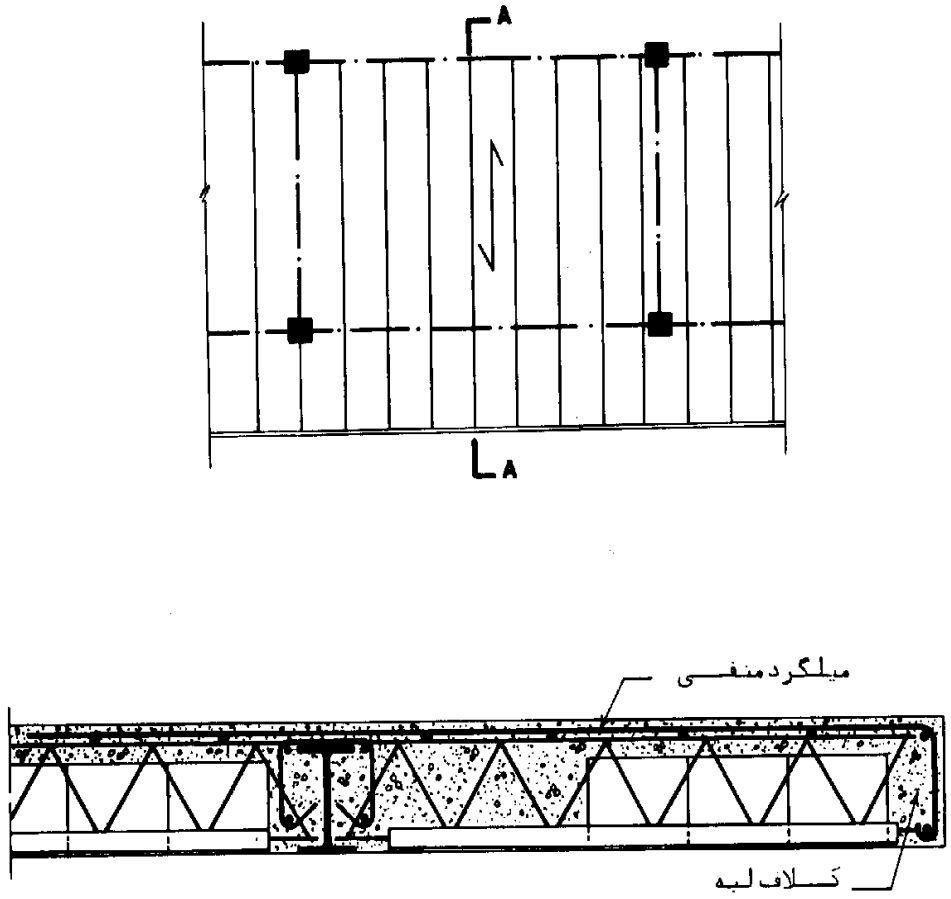


شکل ۳۱. سقف تیرچه و بلوک روی تیرطره‌ای

www.technobetar.ir

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

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

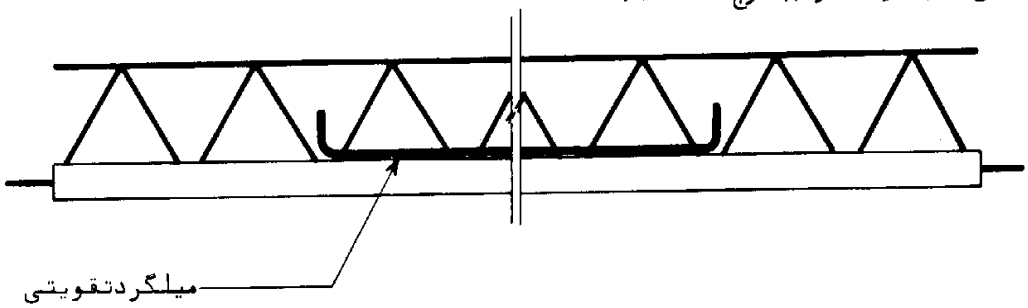


شکل ۳۲. سقف تیرچه و بلوک طره‌ای

www.technobetar.ir

۲–۵–۷. تقویت *فولاد* کششی تیرچه‌های خرپایی

درصورتی‌که به هردلیل ،قطر میلگردهای کششی برای تحمل تنشهای کششی موجود درسقف کافی نباشد ، می‌توان تیرچه‌ها رامطابق شکل ۳۳ ،بامیلگردهای کششی خارج ازپاشنه تیرچه تقویت کرد .طول و قطر میلگردهای‌تقویتی ، براساس محاسبه تعیین می‌شود و در محاسبه این نوع میلگردهای تقویتی ، باید ارتفاع موٴثر واقعی که کمتر از ارتفاع موٴثر میلگردهای کششی داخل پاشنه تیرچه است ، ملاک محاسبه قرار گیرد . نحوهٴ محاسبه فولاد کششی ، در نشریه شماره۹۴ درج شده است .

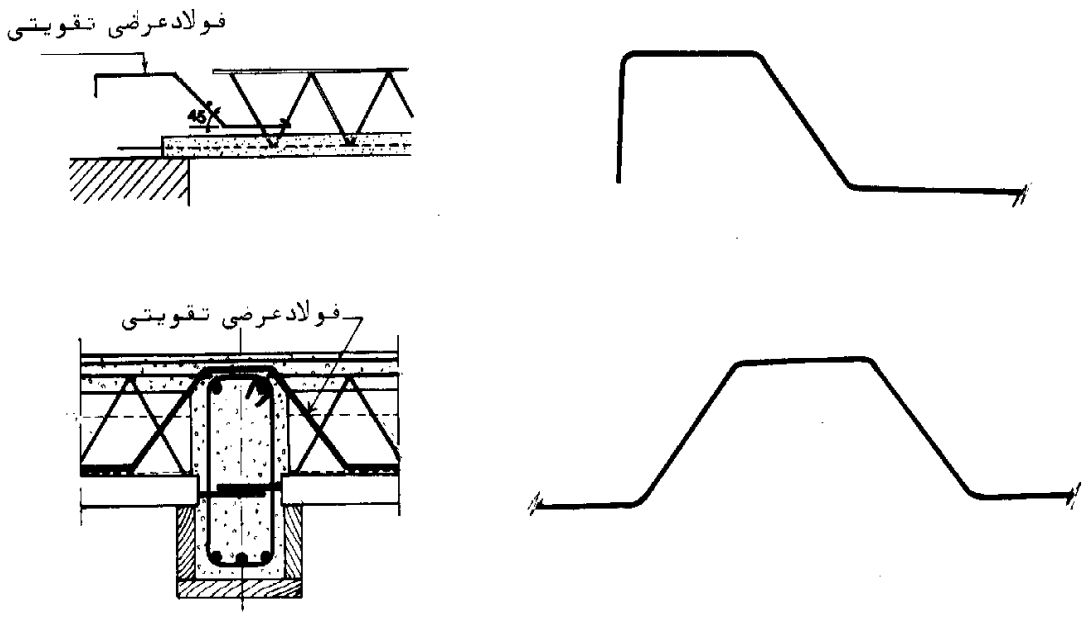


شکل ۳۳. میلگرد تقویتی فولاد کششی تیرچه ساخته شده

در صورتی که میلگرد کششی تیرچه به‌مقدار کافی درتکیه‌گاه ادامه نیافته باشد ،لازم است از میلگرداتصال، به شرح بند ۲ این قسمت استفاده شود .

۲–۵–۸. تقویت *فولاد* عرضی تیرچه

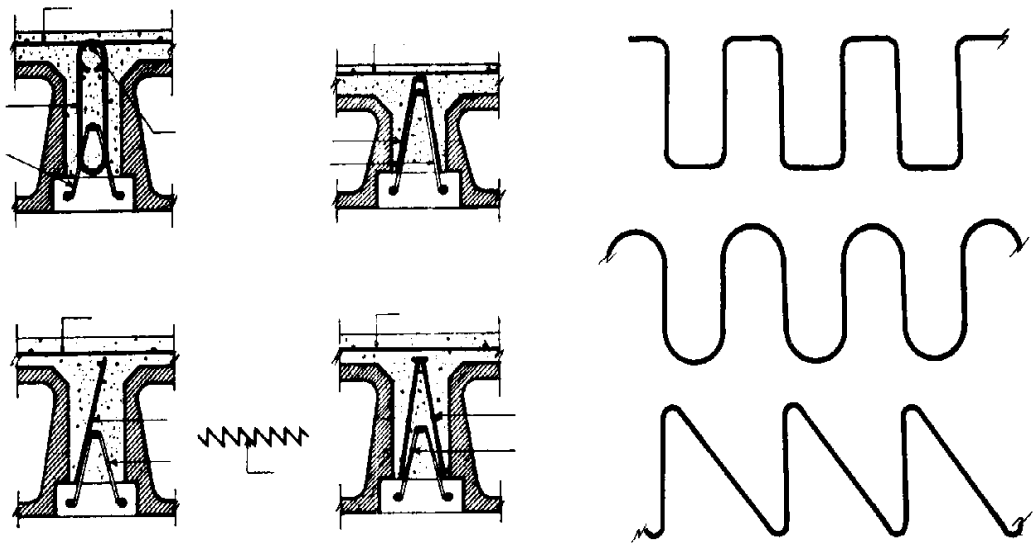
در صورتی که میلگرد عرضی تیرچه خریداری شده ، به مقدار کافی در تکیه‌گاه ادامه نیافته باشد ، لازم است‌طبق شکل ۳۴ از میلگرد عرضی برای تقویت تیرچه استفاده شود .



شکل ۳۴. تقویت فولاد عرضی تیرچه در تکیه‌گاه

www.technobetar.ir

در صورتی که‌میلگرد عرضی تیرچهٔ خریداری شده ، از مقدار لازم برای تحمل نیروی برشی محاسباتی 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 نمونه از میلگردهای عرضی تقویتی متداول

۲–۵–۹. *میلگردهای جمع‌شدگی و حرارتی*

بعد ازنصب آرماتور کلافهای‌میانی در محل بازشوها و کارگذاشتن میلگردهای منفی و طره میلگردهای جمع‌شدگی و حرارتی نصب می‌شوند .نقش این میلگردها ،مقابله با تنشهای ناشی از جمع‌شدگی و تغییر دما در بتن پوششی است . میلگردهای جمع‌شدگی و حرارتی، در دو جهت عمود برهم ، در قسمت بالای سقف اجرا می‌شوند . محدودیتهای فنی مربوط به قطر و فاصله این میلگردها ، در بند ۳ قسمت ششم این نشریه ، به‌تفصیل آورده‌شده است .

۲–۶. تکمیل قالب‌بندی

بعد ازتکمیل کارهای مربوط به‌نصب بلوکها و اجرای آرماتوربندی ،محلهای باقی مانده سقف قالب‌بندی‌می‌شوند، که شامل قالب‌بندی قائم دورسقفها و دورباز‌شوها و حدفاصل تکیه‌گاهها از سقف مورد اجراست .برای‌قالب‌بندی 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 مرحلهٔ بتن‌ریزی تغییر شکل ندهند . وجود درز در قالب ، موجب خروج دوغاب سیمان ازوسط درزهاوکرمو شدن بتن و در نتیجه کاهش مقاومت‌آن می‌شود .

www.technobetar.ir

قبل از قالب‌بندی، سطوح قالب که در تماس با بتن قرار خواهند گرفت، باید به‌طور مناسبی روغن مالی شوند تا قالب‌برداری به‌طور ساده و بدون ایجاد ضربه میسر باشد. روغنهای نفتی، برای اندود کردن قالبهای فلزی و چوبی مناسب‌هستند و به‌خوبی در چوب نفوذ می‌کنند و مانع جذب آب می‌شوند. نفت سیاه مادهٔ خوبی برای پوشش قالبهاست. درمواقع اضطراری و در صورتی که روغن مناسب در کارگاه موجودنباشد، 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 آغشته به روغن می‌شوند و چسبندگی بین فولاد و بتن از میان می‌رود.

۲–۷. کنترل و آماده‌سازی سقف برای بتن‌ریزی

باید قبل از اجرای بتن‌ریزی، ابتدا کلیهٔ مواد و مصالح زاید از لابلای تیرچه‌ها، بلوکها، سطوح میلگردوداخل 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 معماری مطابقت داده شوند. کنترل آرماتوربندی از نظرابعاد، قطر، طول و چگونگی اتصالات و پوشش آرماتورها و فاصلهٔ 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 بتن ریزی، سطح کار به‌وسیلهٔ آب کاملا"شستشو می‌شود تا گردوخاک احتمالی روی آن پاک گردد و بلوکها از آب سیراب شوند.

درمحلهایی که بتن جدید به‌بتن 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 کاملا" نمایان شوند. سپس، سطح محل اتصال به‌خوبی با آب شستشو می‌شود. سطح محل اتصال باید قبل‌از ریختن بتن جدید، تا مرحلهٔ اشباع 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.

۲–۸. ساختن بتن

۲–۸–۱. 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 کافی و ماشین‌آلات و تجهیزات مناسب‌تهیه‌شده 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، پیش بینی نفرات کافی و کارآزموده و سرعت

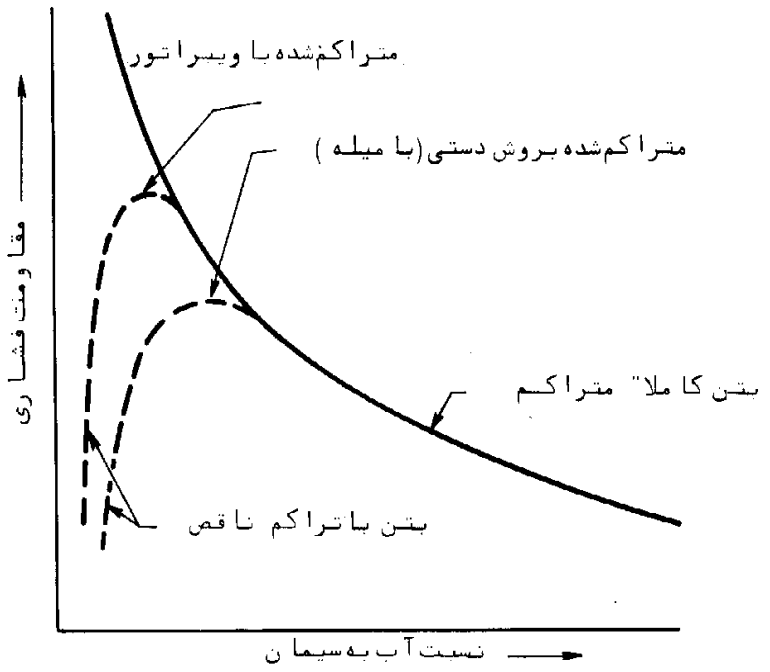
www.technobetar.ir

عمل ، لازمهٔ انجام کاری مطلوب است .

۲-۸-۱-۱ . توزین و پیمانه کردن مصالح

توزین و پیمانه کردن مصالح تشکیل‌دهندهٔ 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 حمل‌ورطوبت مصالح ریزدانـه متغیر است ، و حجم سیمان نیز به‌طور قابل ملاحظه‌ای در اثر وجود هوای بین ذرات تغییر می‌کند ؛ از این رو ، اندازه‌گیری وزنی مناسبترین روش اندازه‌گیری اجزای تشکیل‌دهنده بتن است .

در روش وزنی ، درصد رطوبت نسبی ماسه باید به‌طور دقیق اندازه‌گیری شده و برپایه‌آن تصحیح لازم در نسبتهای اختلاط به عمل آید . رطوبت ماسه ، به وسیلهٔ دستگاههای الکترونیکی و یا به روش خشک کردن نمونه درکارگاه ، براحتی قابل اندازه‌گیری است . ماسه خیس، مقدار زیادی آب به همراه دارد و منظور نکردن آن در توزین ، موجب افزایش قابل ملاحظهٔ آب و کاهش مقدار ماسهٔ 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 نسبتهای اختلاط بتن تغییر می‌کند که نهایتا " 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 برحسب تغییرات نسبت آب به سیمان آن

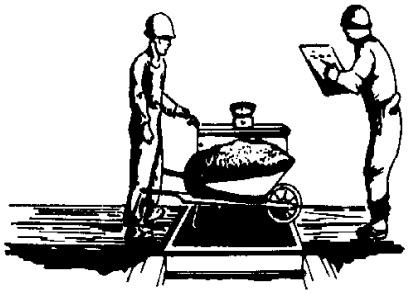
www.technobetar.ir

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 فواصل زمانی معین ، کنترل و تنظیم شوند تا از دقت کارکرد آنها اطمینان حاصل شود .

در کارگاههای کوچک معمولا" مصالح سنگی و آب به روش حجمی اندازه‌گیری می‌شوند ، که در این صورت باید در هرتغییر قابل ملاحظهٔ رطوبت و یا تغییر نوع ماسه و تراکم آن که موجب تغییر وزن‌فضایی می‌گردد ،وزن پیمانه‌های شن و ماسه مجددا" اندازه‌گیری و با مقدار فرض شده کنترل شود .

در صورتی که ازسیمان کیسه‌ای برای ساختن بتن استفاده شود ،برای راحتی عمل ، تعداد پیمانه‌های‌مصالح سنگی مخلوط بتن را برای یک کیسه سیمان محاسبه و تعیین می‌کنند . پیمانه‌ها معمولا" به حجم ۴۰ لیتر ساخته می‌شوند و ارتفاع پیمانه در ۴ قسمت مساوی علامت‌گذاری می‌گردد . می‌توان حجم پیمانه‌ها را طوری انتخاب‌کرد که برای هرکیسه سیمان از تعداد صحیحی پیمانه‌های شن و ماسه استفاده شود . در این صورت ، ابعاد پیمانه‌های شن و ماسه متفاوت خواهند بود . از فرغون نیز برای پیمانه کردن شن و ماسه می‌توان استفاده کرد ، که در این صورت آن را برای حجمهای مختلف ، مدرج‌و علامت‌گذاری می‌کنند .

در صورتی که از سیمان فله برای ساختن بتن در کارگاه استفاده شود ، با قرار دادن یک باسکول کوچک (مثلا" ۳۰۰ کیلویی) 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

۲–۸–۱–۲. مخلوط کردن بتن

بتن باید طوری مخلوط شود که اجزای‌متشکله آن به‌طور یکنواخت در کل مخلوط توزیع شده و روی دانه‌های‌سنگی با یک لایهٔ نازک خمیر سیمان پوشیده شود .

www.technobetar.ir

مدت مخلوط‌کردن بتن بستگی به نوع دستگاه بتن‌ساز (شکل دیگ، سرعت گردش و شکل پره‌های داخل آن) دارد. از طرف دیگر، زمان لازم برای اختلاط، تابعی است از مقدار سیمان، نسبت آب به سیمان و جنس، شکل و دانه‌بندی مصالح سنگی. شروع زمان اختلاط عبارت است از لحظهٔ ورود آب به مخلوط شن و ماسه و سیمان. در مورد بتن سازهای کوچک، زمان اختلاط به‌طور متوسط ۱/۵ دقیقه است و در مورد دستگاههای بزرگتر به‌علت سرعت گردش زیاد و شکل پره‌های داخل آن، زمان لازم به مراتب کمتر و در حدود ۳۰ ثانیه است. زمان اختلاط بتن برای هردستگاه بتن‌ساز، در دفترچهٔ مشخصات فنی آن دستگاه قید می‌شود.

اختلاط ناقص بتن موجب کاهش مقاومت نهایی آن می‌شود. از طرف دیگر، در صورتی که بتن بیش از حد مخلوط شود، هوای داخل مخلوط به‌طور کامل از آن خارج می‌شود و در نتیجه روانی بتن کاهش می‌یابد. در این صورت، اگر برای جبران کاهش روانی، فقط آب به مخلوط اضافه شود، موجبات کاهش مقاومت بتن فراهم‌خواهد شد. در صورتی که مصالح سنگی حاوی دانه‌های سست باشند، اختلاط بیش از حد، سبب خرد شدن مصالح و تغییر دانه‌بندی می‌شود.

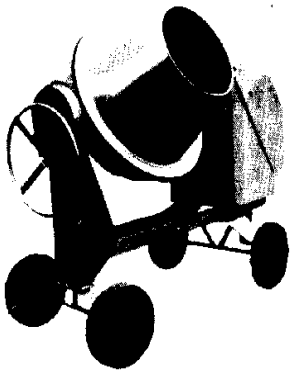
ه ساخت بتن به وسیلهٔ دستگاههای بتن‌ساز

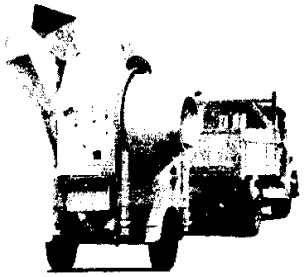
دستگاههای بتن‌ساز دارای اشکال گوناگون و ظرفیتهای مختلف هستند. در مواردی که حجم بتن‌ریزی زیادباشد و تولید بتن به‌طور مداوم انجام گیرد ــ مانند کارگاههای بزرگ و کارخانه‌های تولید بتن ــ، از دستگاههای بتن‌ساز ثابت که در یک محل نصب و راه‌اندازی می‌شوند، استفاده می‌کنند. این نوع دستگاهها از سیستمهای پیش رفته‌ای برای اندازه‌گیری مصالح و مخلوط کردن بتن برخوردار هستند و به صورت خودکار یا نیمه خودکار کنترل و اداره می‌شوند.

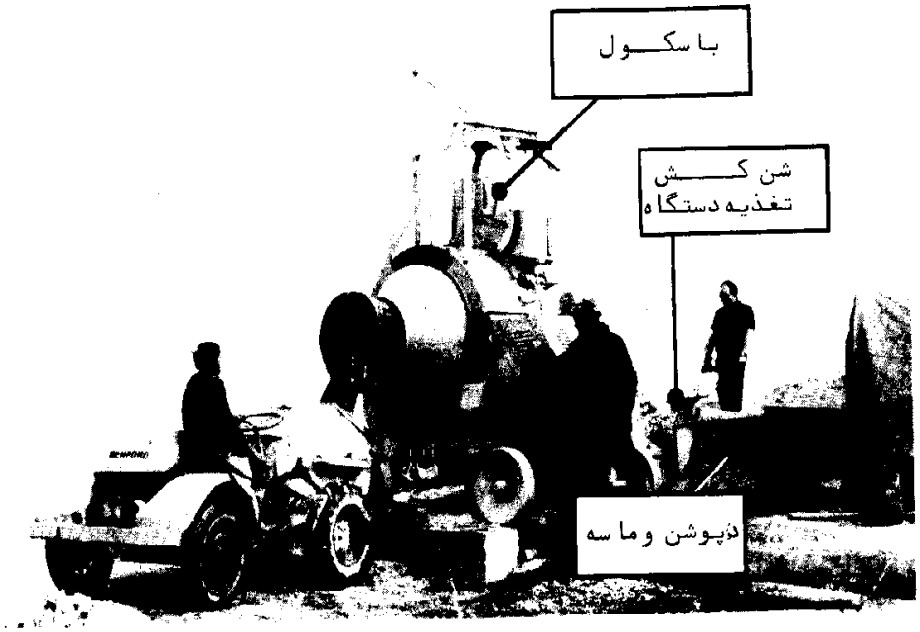
اگر حجم بتن‌ریزی محدود باشد از بتن سازهایی که روی یدک‌کش قرار دارند، استفاده می‌شود. ظرفیت این نوع دستگاهها حدود ۱۵۰ تا ۱۵۰۰ لیتر است و پس از اتمام کار به راحتی قابل جابه‌جا شدن هستند. شکل دیگ، شکل و زاویهٔ تیغه‌های داخل دیگ بتن‌ساز، امتداد محور و سرعت چرخش دیگ، از عوامل مهمی هستند که در چگونگی اختلاط و زمان لازم برای مخلوط‌کردن بتن بسیار موءثراند، بنابراین، باید در انتخاب دستگاه بتن‌ساز مورد توجه قرار گیرند.

دستگاههای بتن‌ساز، توسط افراد با تجربه و طبق دستورالعمل کارخانه سازنده آن مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. معمولاً" برای ساختن بتن در دستگاه بتن ساز، ابتدا شن، بعد از آن سیمان و سپس ماسه در داخل دیگ ریخته می‌شود و آب لازم از داخل مخزن بالای دستگاه وارد آن می‌گردد. پس از پایان بتن‌ریزی، دستگاه کاملاً" شستشو می‌شود تا در اثر سفت شدن بتن در اطراف تیغه‌ها، اشکالی در کارکرد مخلوطکن به وجودنیاید.

www.technobetar.ir



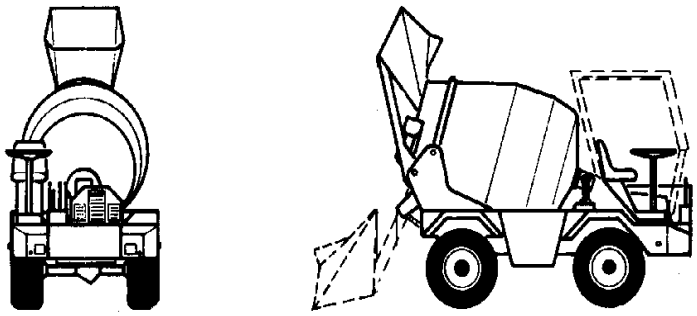




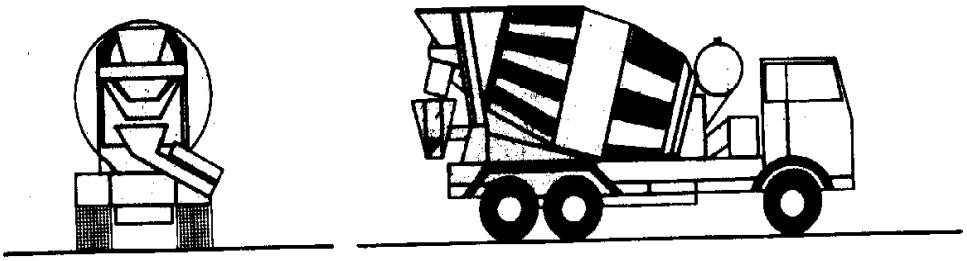
شکل ۳۷. سه نوع دستگاه بتن ساز کارگاهی با ظرفیتهای مختلف

www.technobetar.ir

در مواردی که حجم بتن ریزی کم و مدت اجرا کوتاه ، ولی فاصله انتقال بتن بیش از ۲۰۰ متر باشد ، از دستگاههای بتن‌ساز که روی وسایل نقلیه و کامیون نصب شده‌اند ، استفاده می‌شود . این دستگاههای بتن‌ساز دو نوع هستند : نوع اول به منظور ساخت بتن و جابه‌جا کردن آن در محوطه کارگاه طراحی شده است ، سرعت حمل آن حدود ۲۰ کیلومتر در ساعت ، ظرفیت دیگ آن حداکثر ۳ مترمکعب و اغلب دارای تجهیزات کافی و مناسب برای بارگیری و توزین اجزای تشکیل دهنده بتن است و اتومیکسر نام دارد (شکل ۳۸) . نوع دوم ، تراک‌میکسرها 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 دیگ و وضعیت و شکل تیغه‌های داخل آن طوری طراحی شده که حمل بتن را به نقاط دوردست و درمدت طولانی مقدور می‌سازند . از تراک میکسر ، به ندرت برای ساخت و اختلاط کامل بتن استفاده می‌شود ، ولی می‌توان برای تکمیل عمل اختلاط بتن که در کارخانه به طور جزیی انجام می‌شود ، از آن استفاده کرد .

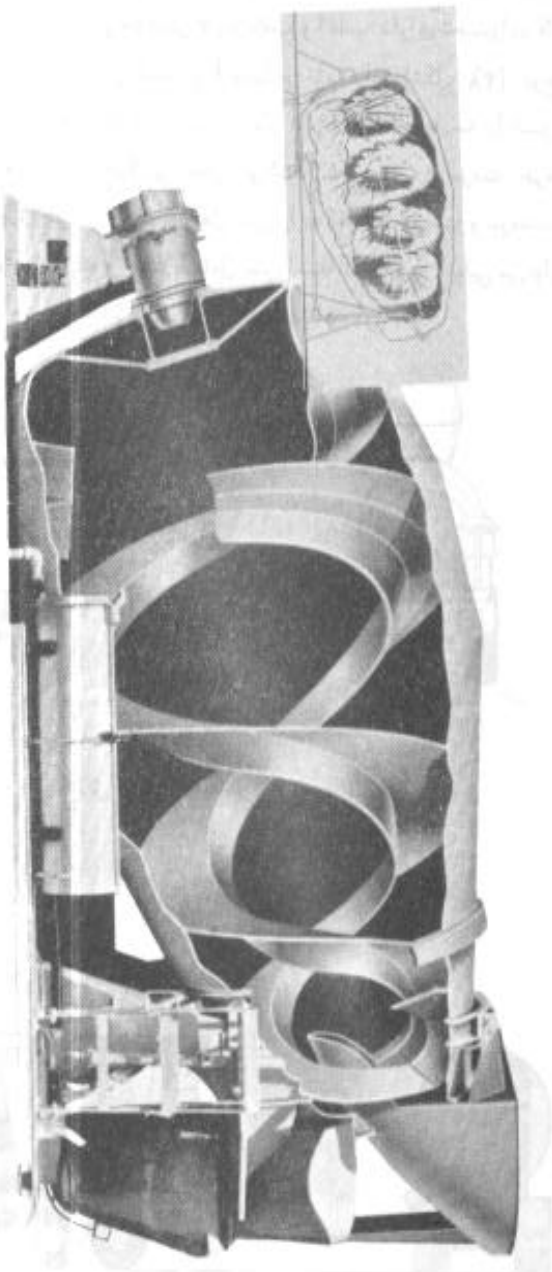


شکل ۳۸. اتومیکسر



شکل ۳۹. تراک میکسر

www.technobetar.ir



شکل ۴۰، تیغه‌های داخل دیگ تراک میکسر

www.technobetar.ir

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 قابل‌ملاحظه‌ای از بتن مصرفی را تشکیل می‌دهد. در کارگاههای بزرگی که به علت کمبود جا، امکان تولید بتن درمحل کارگاه موجود نباشد، و همچنین در کارگاههای کوچک که نصب دستگاه بتن‌ساز مقرون به صرفه نیست، از بتن‌آماده استفاده می‌شود. بزرگتر امتیازبتن آماده، کیفیت خوب وتضمین شدهٔ آن است، به شرط‌آنکه کنترلهای دقیق‌و مستمر توسط مسئولان کارخانهٔ 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 امکانپذیر است. در بعضی‌ازکشورها سیستمهای خاصی برای کنترل ساخت به کار گرفته می‌شود. مثلاً مقدار شن، ماسه، سیمان، آب و رطوبت نسبی مصالح سنگی به طور جداگانه در هربار اختلاط، به صورت خودکار در نواری چاپ و نگهداری می‌شود و مرتباً توسط بازرسان با صلاحیت و مسئولان کارخانه کنترل می‌گردد.

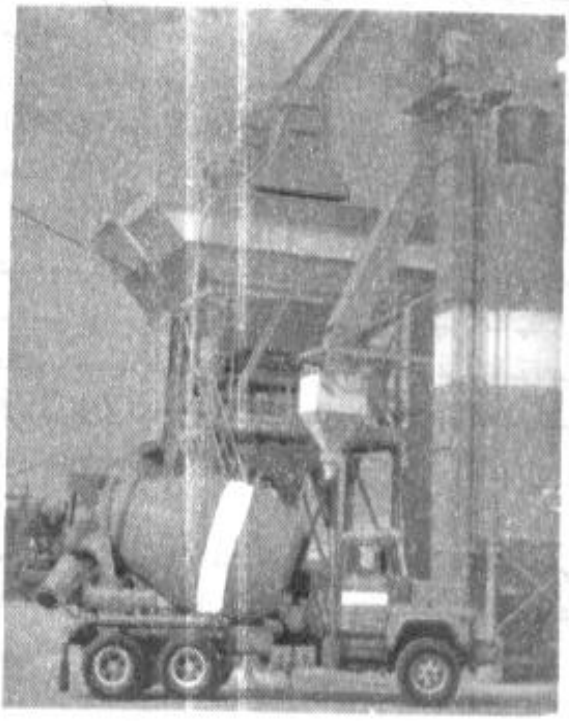
در کشور ما، به رغم استفادهٔ گسترده از بتن آماده، متأسفانه استاندارد مشخصی برای آن تنظیم نشده‌و در شرایط کمبود بتن آماده و تقاضای بیش از حد برای خرید، در کارخانه‌ها هم کنترل کیفی به طور شایسته انجام نمی‌شود.

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 تسریع 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 ۲–۱۲، برای مقابله با این مشکل فوق‌العاده مؤثر است.

۲–۹. انتقال بتن

انتقال بتن، شامل حمل افقی و عمودی آن است و از محل ساخت بتن شروع می‌شود و تا ریختن آن در داخل قالب ادامه می‌یابد. در این مرحله، باید برای جلوگیری از به هم خوردن یکنواختی بتن و خشک شدن آن پیش بینیهای لازم به عمل آید. بتنهای 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 فاصلهٔ محل‌ساخت تا محل اجرا، روش مناسب انتخاب می‌شود.

www.technobetar.ir



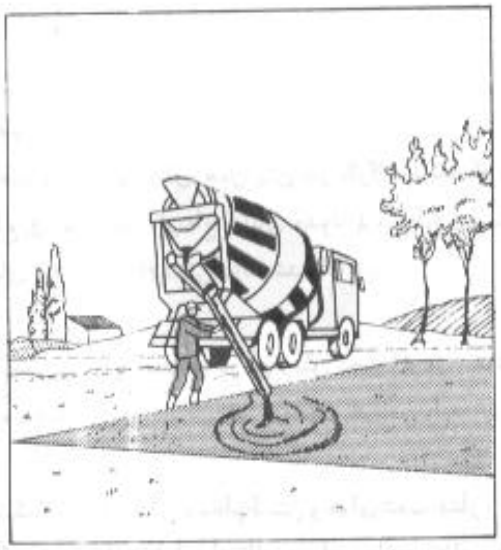
شکل ۴۱. دستگاه مرکزی بتن ساز

بتن را معمولا" تا فاصلهٔ ۳ متر با بیل، از ۳ متر تا ۵۰ متر به وسیلهٔ زنبه و فرغون و از ۵۰ تا ۲۰۰ متر با دامپر منتقل می‌کنند و برای انتقال بتن از ۲۰۰ متر به بالا، در محوطه کارگاه از اتومیکسر و برای فواصل بیشتر، از تراک‌میکسر استفاده می‌شود.

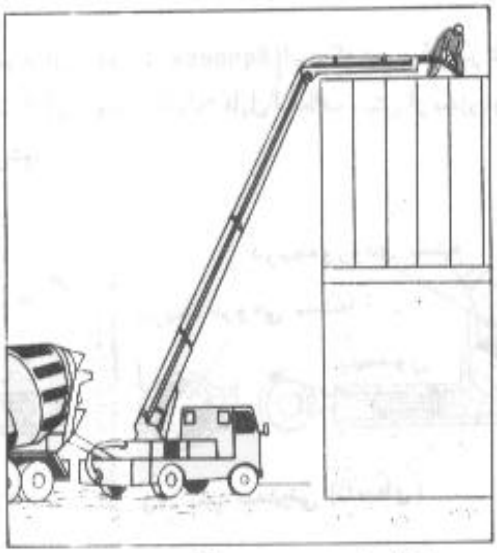
در دمای ۱۵ درجه سانتیگراد، بتن تا حدود ۲ ساعت به وسیلهٔ تراک‌میکسر قابل حمل است. به‌طورکلی، مدت انتقال بتن با حداکثر تعداد مجاز گردش دیگ در زمان انتقال محدود می‌شود، که مشخصات مربوط در دستورالعملهای کارخانه سازنده دستگاه تراک میکسر قید می‌گردد. با توجه به اینکه سرعت گردش دیگ باید در هوای گرم بیشتر و در هوای سرد کمتر باشد، لذا با محدودیت حداکثر تعداد گردش، زمان حمل درتابستان کمتر از زمان حمل در زمستان خواهد بود.

لازم به یادآوری است که در صورت انتقال بتن بادامپر، اگر فاصلهٔ حمل نسبتا" زیاد بوده و مخلوط بتن شل باشد، باید خطر جدا شدن دانه‌های سنگی و از بین رفتن یکنواختی مخلوط در اثر لرزش ناشی ازحمل، مورد توجه قرار گیرد. در این صورت، باید قبل از ریختن بتن در قالب، آن را مجددا" مخلوط کرد. برای انتقال بتن در ارتفاع، از جام و جرثقیل و پمپ بتن استفاده می‌شود (شکلهای ۴۳ و ۴۴).

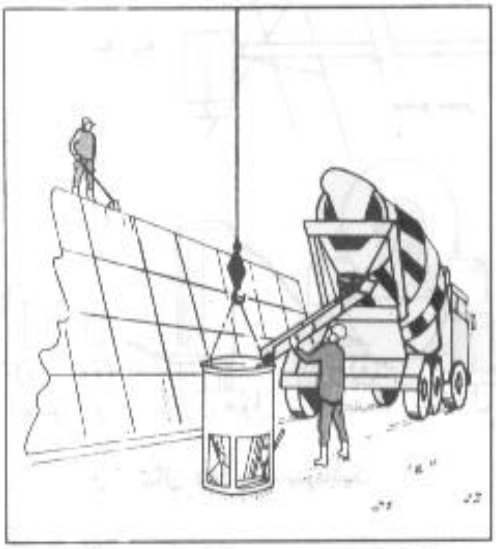
www.technobetar.ir



شکل ۴۲. بتن ریزی به کمک شوت



شکل ۴۳. بتن ریزی به کمک پمپ بتن



شکل ۴۴. بتن ریزی به کمک جام و جرثقیل

www.technobetar.ir

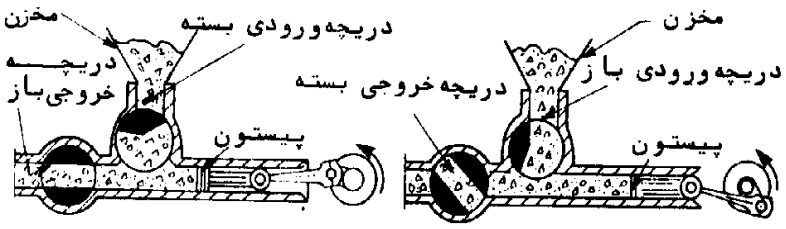
۲ـ۹ـ۱. *انتقال بتن با پمپ*

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

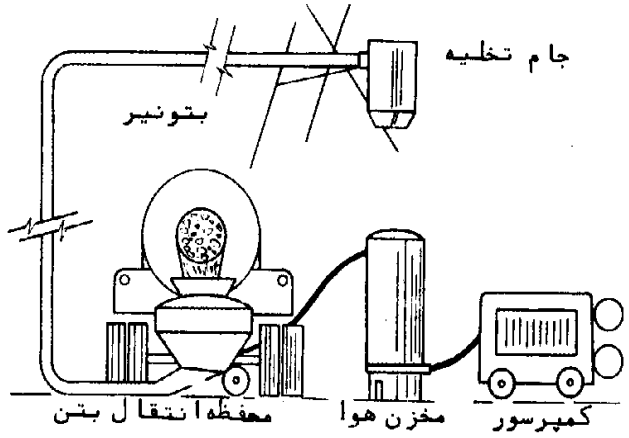
رایجترین پمپ بتن ، پمپ پیستونی است که در آن ، بتن تحت اثر وزن خود و نیز مکش ناشی از حرکت رفت‌وبرگشت یک پیستون ، به محفظه‌ای بین دو دریچهٔ ورودی و خروجی وارد شده و از آنجا تلمبه می‌گردد .

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

نوع سوم پمپ بتن ،پمپ‌فشاری (Squeeze type)است که تصویر آن در شکل ۴۷ نشان داده شده‌است. 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 .

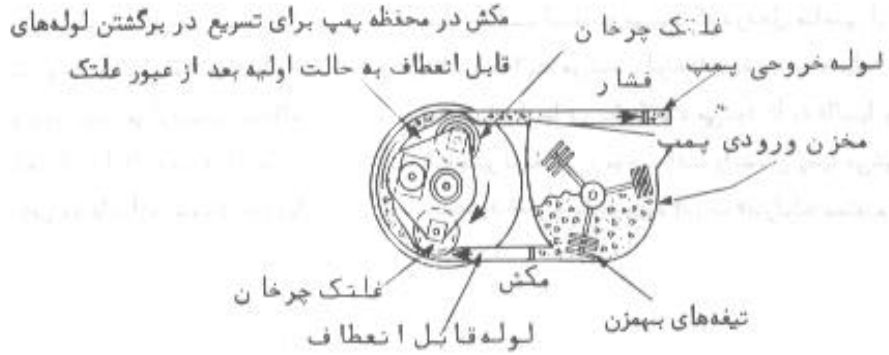


شکل ۴۵. پمپ پیستونی (تلمبه‌ای)



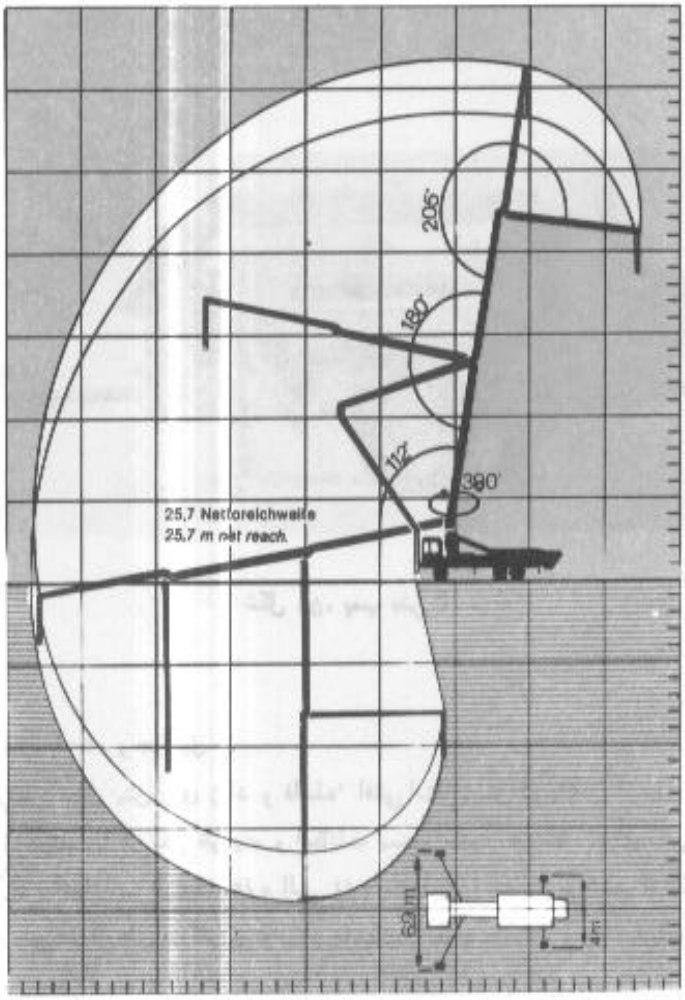
شکل ۴۶. پمپ پنوماتیک

www.technobetar.ir



شکل ۴۷. پمپ فشاری

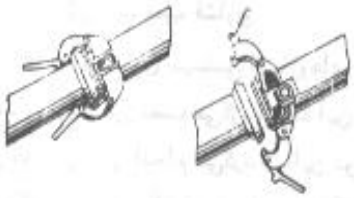
دربعضی ازانواع پمپها ،لوله‌های انتقال بتن ،روی سیستمی از بازوهای هیدرولیکی متحرک متصل می‌شوند و مجموعهٔ آنها به انضمام دستگاه پمپ ، روی کامیون نصب می‌گردد . به این ترتیب ، پمپ و لوله‌های انتقال بتن به سرعت حمل شده و بتن‌ریزی در کمترین زمان انجام می‌گردد . این نوع پمپها را ، پمپ بوم‌دار یا پمپ دکل‌دار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



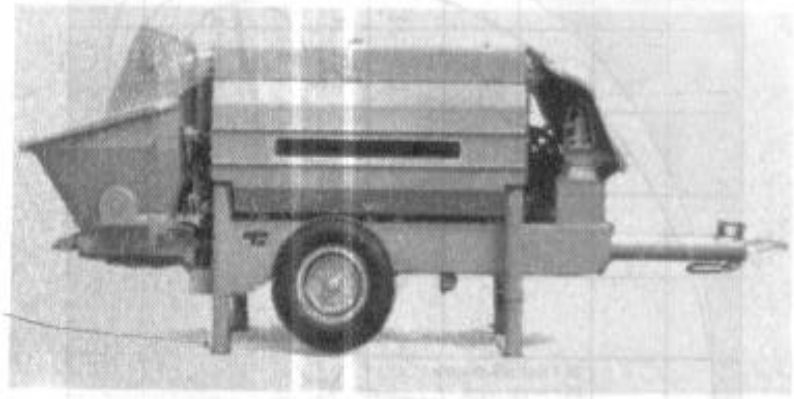
شکل ۴۸. محدودهٔ دسترسی یکی از انواع پمپهای دکل‌دار

www.technobetar.ir

برای انتقال بتن به فواصل بیشتر، از پمپهای ثابت استفاده می‌شود که درمحل مناسبی از کارگاه مستقر شده و با نصب لوله‌های انتقال، بتن به محل قالب هدایت می‌شود. لوله‌های پمپ، به وسیلهٔ اتصالات ساده به هم متصل می‌گردند و تکیه‌گاههای موقت‌ویژه‌ای برای آنها در نظر گرفته می‌شود تا به قالبها و دیگر اجزای ساختمان، اتکا نداشته باشند. نصب زانویی در مسیر لوله‌کشی، موجب افت راندمان پمپ می‌شود. یک زانوی ۹۰درجه‌به‌اندازه‌حدود ۱۲متر، یک‌زانوی۴۵درجه‌حدود ۶متر و یک‌زانوی ۳۰درجه ۴مترلولهٔ مستقیم افت دارد.



شکل ۴۹. یکی از انواع اتصال لوله‌های پمپ بتن



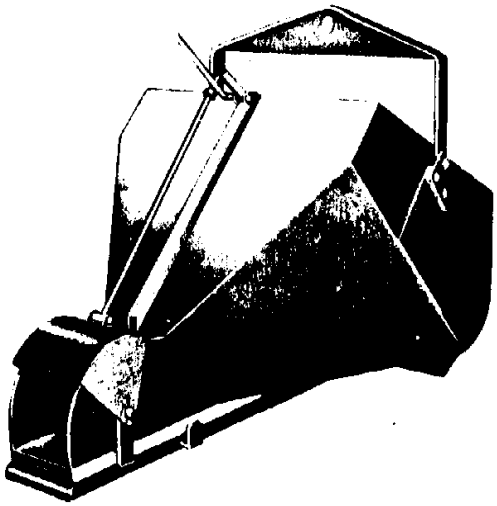
شکل ۵۰. پمپ بتن ثابت

۲-۹-۲. *انتقال بتن با جام و جرثقیل*

در مواردی که ارتفاع محل بتن‌ریزی زیاد و فاصلهٔ 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 بلوک، معمولا" از جامهای با ظرفیت ۰/۳ الی ۰/۸ مترمکعب استفاده می‌کنند که با جرثقیلهای‌معمولی جابه‌جا می‌شوند. ولی در کارهای بزرگتر می‌توان از جامهای با ظرفیت بیشتر و جرثقیلهای برجی استفاده‌کرد.

www.technobetar.ir

جامها باید از هرنظر ایمنی کافی داشته باشند . دریچهٔ تخلیه جامها باید به خوبی قابل کنترل باشد تا باز و بسته کردن آنها به سادگی انجام گیرد و بتن با اسلامپ حدود ۵ سانتیمتر به راحتی از آنها تخلیه شود . بعد از هرمرحلهٔ بتن‌ریزی ، در صورتی که فاصلهٔ زمانی مرحله بعدی بتن‌ریزی 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

۲–۱۰ . بتن‌ریزی و متراکم کردن بتن

کیفیت یک سازهٔ بتنی ، بستگی کامل به نحوهٔ اجرای صحیح بتن‌ریزی و مراقبت از بتن دارد که بدون رعایت آنها حتی اگر از مصالح بسیار خوب و بتن با کیفیت عالی نیز استفاده شده باشد ، نتیجهٔ کار غیرقابل‌اطمینان خواهد بود و به یک تعبیر موجب هدر رفتن سرمایه و مصالح مورد مصرف خواهد شد .

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

۲–۱۰–۱ . بتن ریزی

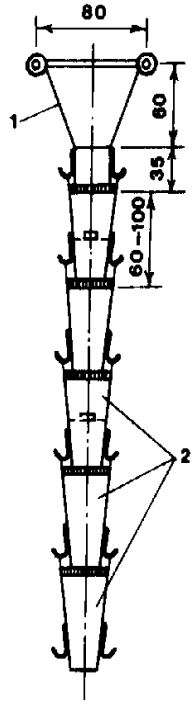
در صورتی که قالب‌بندی دیوار یا ستون بتنی با تیرها و سقف به‌طور یکپارچه انجام گرفته‌باشد ، بتن‌ریزی سقفها و تیرهای بتنی باید یک الی دو ساعت بعد از بتن‌ریزی دیوارها و ستونها انجام شود ، به طوری که قبل از بتن‌ریزی سقف ، انقباض اولیه بتن دیوارها و ستونها صورت گرفته باشد . تیرهای بتنی (وقتی که درجا ساخته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

www.technobetar.ir

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

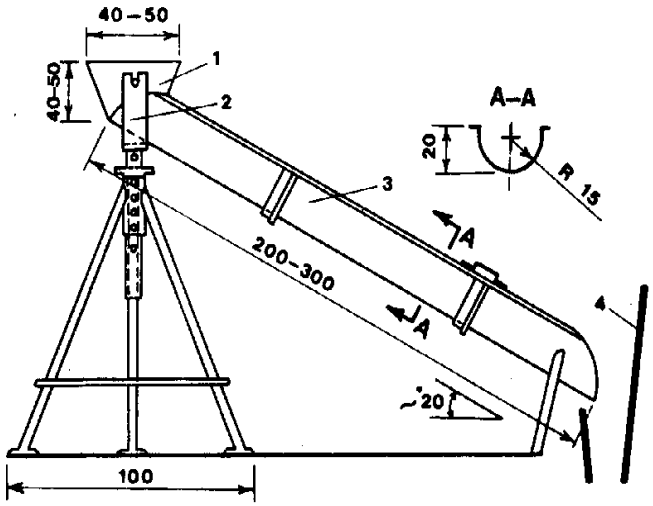
ارتفاع سقوط بتن از جام یا لوله پمپ و غیره ، نباید بیش از ۱/۵ متر باشد و از توده شدن بتن در یک محل باید جلوگیری شود . ریختن بتن به‌طور مورب ، موجب به هم خوردن یکنواختی مخلوط بتن می‌شود . ولی بتن‌ریزی به‌طور قائم علاوه بوجلوگیری از بهم خوردن یکنواختی بتن ، موجب اختلاط مجدد آن نیز می‌شود . سرعت تخلیه دربتن‌ریزی بسیار مهم است ، به‌طوری‌که تخلیه سریع ، نتایج نامطلوبی را به همراه خواهدداشت. (مانند تولید ضربه روی قالب ، توده شدن بتن در یک جا و به هم خوردن یکنواختی مخلوط) .

اگر ارتفاع سقوط بتن بین ۱/۵ تا ۱۰ متر باشد ، از مخروطها یا منشورهای متصل به هم می‌توان استفاده کرد (شکل ۵۲) . برای فواصل نزدیکتر ، از ناو که بتن را با زاویه حدود ۲۰ درجه به محل بتن‌ریزی‌هدایت می‌کند ، استفاده می‌شود . در این صورت ، باید در انتهای شوت ، مانعی تعبیه گردد تا از جدا شدن سنگدانه‌های ریز و درشت بتن جلوگیری کند (شکل ۵۳) . در سقفهای شیبدار ، بتن‌ریزی ازپایین‌ترین نقطه‌سطح به طرف بالا انجام می‌شود .



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

www.technobetar.ir



شکل ۵۳. ناو بتن‌ریزی. قیف تغذیه (۱)، سه پایه با ارتفاع قابل تنظیم (۲)، ناو یا شوت (۳)، صفحه مانع (۴)

۲–۱۰–۲. *متراکم کردن بتن*

در بتن متراکم نشده، 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 جابه‌جا 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 به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد.

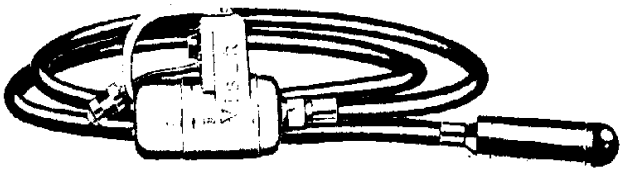
بتن روان، با لرزاندن متراکم می‌شود. فرکانس لازم برای متراکم کردن بتن بستگی به درشتی دانه‌های سنگی و میزان روانی بتن دارد. دانه‌های درشت بافرکانس کم و دانه‌های ریزتر با فرکانس زیاد مرتعش‌می‌شوند. ویبراتورهای مورداستفاده معمولا" اندازه‌های متوسط دانه‌های‌سنگی را مرتعش می‌کنند. نیروی محرکه‌ویبراتورها ممکن است از انرژی برق، احتراق بنزین یا گازوییل و یا به وسیله فشار هوا تأمین شود. قطر لولهٔ ویبراتور با توجه به ابعاد محل بتن‌ریزی انتخاب می‌گردد.

مدت لرزاندن بتن بستگی به سفتی و شلی بتن دارد و معمولا" از ۵ ثانیه کمتر و از ۲۰ ثانیه‌بیشترنیست. ظاهر شدن دوغاب سیمان در سطح کار و اطراف لوله ویبراتور، نشانه متراکم شدن بتن است. بتنهای باروانی کمتر، به زمان بیشتری برای متراکم شدن نیاز دارند.

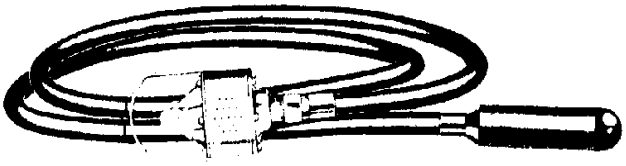
لوله ویبراتور، به‌طور قائم در بتن فرو برده می‌شود و بعد از لرزاندن، به آرامی خارج می‌گردد، به‌طوری که جای آن کاملا" پر شود. فاصلهٔ دو محلی که ویبراتور داخل بتن می‌شود نباید از ۱/۵ برابر شعاع عمل

www.technobetar.ir

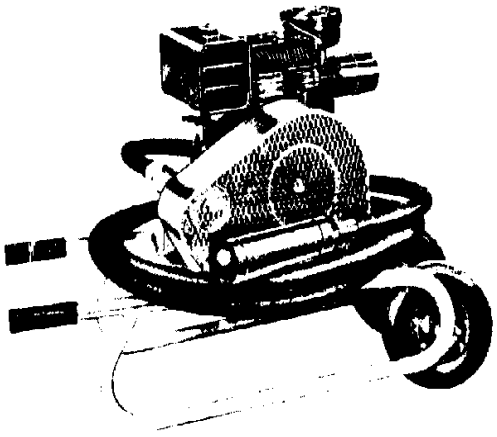
ویبراتور در داخل بتن بیشتر باشد . این فاصله بین ۲۵ تا ۵۰ سانتیمتر متغیر است . در صورتی که بتن بیش از حد لازم لرزانده‌شود ، سنگدانه‌های ریز و درشت از هم جدا شده ، دانه‌های درشت‌تر ته‌نشین می‌شوندو بتن یکنواختی خود را از دست خواهد داد .



شکل ۵۵. ویبراتور بادی



شکل ۵۴. ویبراتور برقی



شکل ۵۶. ویبراتور بنزینی یا گازوییلی

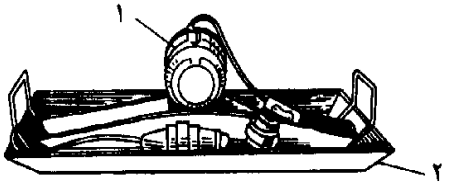
در محلهایی که گروه میلگردها به فواصل کم از یکدیگر قرار داشته باشند و همچنین درگوشه‌هاوکنار قالبها ، عمل لرزاندن باید با دقت و مراقبت خاصی صورت گیرد . در کنارهٔ قالبها ، لولهٔ ویبراتور در فاصلهٔ ۵ تا ۱۰ سانتیمتری جدار قالب وارد بتن می‌شود . در جریان عمل لرزاندن ، شیلنگ ویبراتور نباید به‌مدت زیاد با آرماتورها در تماس باشد ، در غیر این صورت ، دانه‌های سنگی از میلگردها فاصله گرفته ، جای آنها را دوغاب سیمان و ریز دانه پر می‌کند و در نتیجه پیوستگی میلگرد با بتن ضعیف می‌شود . اگر در محل گروه میلگردها ، متراکم کردن بتن با ویبراتور میسر نباشد ، بتن آن محل به روش میل زدن متراکم می‌شود .

www.technobetar.ir

برای جلوگیری از جدا شدن و ته‌نشینی دانه‌های سنگی درشت ، بتن شل را نباید با ویبراتور متراکم کرد. در این حالت ، معمولا" عمل تراکم به‌وسیلهٔ لوله‌هایی به قطر ۳ تا ۵ سانتیمتر انجام می‌گیرد . در شکل ۵۷، نمونه‌ای ازلوله مورد استفاده برای متراکم کردن بتن شل نشان داده شده است که در آن ،عرض‌تیغه ۱۰سانتیمتر، ارتفاع آن ۴۵ سانتیمتر و کل ارتفاع تیغه و دسته حدود ۱/۸۰ متر است . می‌توان 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 بلوک) ، با کوبیدن توأم با ارتعاش شدید متراکم می‌شود . برای متراکم کردن بتن سقف تیرچه و بلوک ،استفاده از ویبراتورهای سطحی توصیه می‌شود .این نوع ویبراتورها لایه‌های بتن باضخامت ۲۵ سانتیمتر را به خوبی متراکم می‌کنند . مدت ارتعاش در هرنقطه و فاصلهٔ نقاط، توسط کارخانه‌های سازنده تعیین می‌شود .



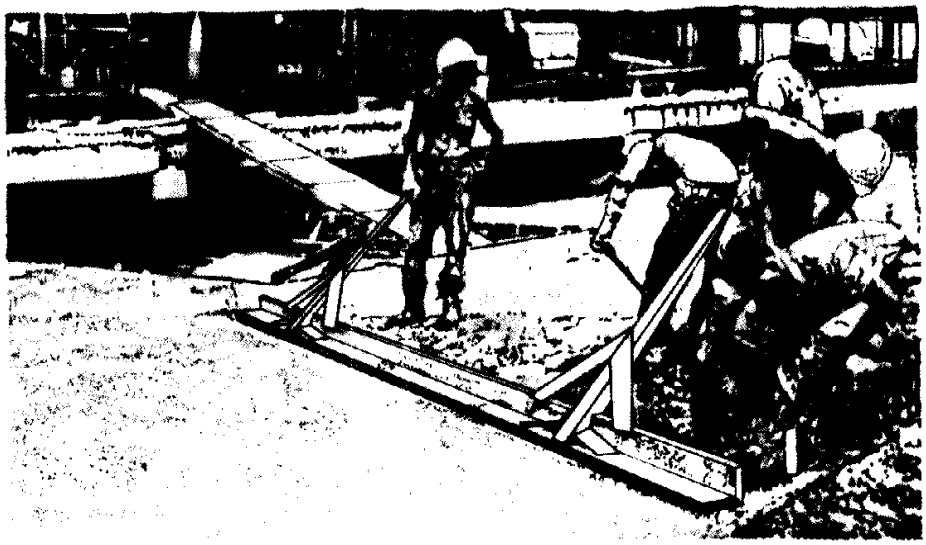
شکل ۵۸. ویبراتور سطحی. موتور برقی (۱) ، سینی لرزش (۲)

www.technobetar.ir

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

۲–۱۱ . پرداخت سطح بتن

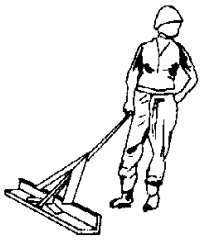
هدف از اجرای این‌مرحله ، یکنواخت و متراکم کردن سطح بتن است . عمل صافکاری با وسایل وابزاربسیار ساده انجام می‌شود . هنگام بتن‌ریزی ، ابتدا سطح بتن به وسیله شمشه در حد امکان صاف می‌شود ، پس از تبخیرآب اضافی سطح بتن و به محض آغاز گرفتن و سفت شدن آن ، به وسیله تخته ماله پرداخت می‌شود ،دانه‌های‌درشتر به داخل 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 . از کشیدن تخته ماله بی‌رویه ، بیش از اندازه لازم و بی‌موقع ، جدا" باید خودداری شود . اگر بعد از صافکاری سطح بتن ، عبور از روی آن ضروری باشد ، می‌توان از کفشهای چوبی مطابق شکل ۶۲ استفاده کرد . در شکلهای ۵۹ ، ۶۰ ، ۶۱ ابزار لازم برای پرداخت‌سطح‌بتن نشان داده شده است .



شکل ۵۹. شمشه کشی سطح بتن

www.technobetar.ir

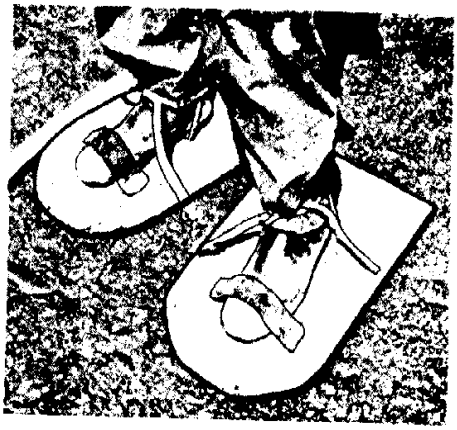
الف



شکل ۶۰. ابزار و روشهای پرداخت سطح بتن ، شمشه کوچک

ب

شکل ۶۱. ابزار و روشهای پرداخت سطح بتن ، روش پرداخت با تخته ماله



شکل ۶۲. کفش چوبی برای عبور اضطراری از روی بتن تازه پرداخت شده

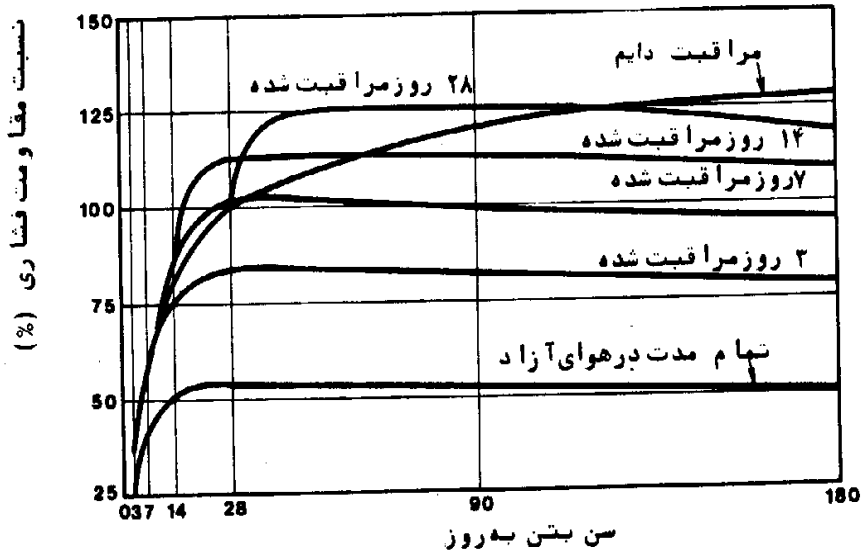
www.technobetar.ir

۲-۱۲. عمل آوردن بتن

ایـن عمل عبارت از تأمین شرایطی است که در آن شرایط، و اکنش شیمیایی آب وسیمان (عمل آبگیری) به‌خوبی انجام گیرد و مقاومت و پایایی بتن افزایش یابد. این مرحله از کار بسیار کم خرج است، ولی بی‌توجهی به آن موجب خسارت غیرقابل جبران می‌شود.

عمل آبگیری در روزهای اول بعد از بتن‌ریزی، بسیار سریع انجام می‌شود، ولی به‌تدریج به‌طور لگاریتمـی از سرعت آن کاسته می‌شود. به‌طور مثال، بتن ساخته شده با سیمان پرتلند نوع یک، با نسبت آب به سیمان معادل ۰/۴۹ که در شرایط آزمایشگاهی (دمای ۲۱ درجه و رطوبت نسبی ۹۰%) به عمل آمده، بعد از ۳ روز در حدود ۵۰% و بعد از ۷ روز حدود ۶۰ تا ۷۰%، مقاومت فشاری ۲۸ روزهٔ خود را کسب می‌کند، و بعد از ۳ ماه، فقط حدود ۲۵% به مقاومت فشاری ۲۸ روزهٔ آن افزوده می‌شود. درصد افزایش مقاومت بتنهای ساخته‌شده‌با یک نوع مصالح سنگی و یک‌نوع آب، که درشرایط یکسان به عمل آمده، به نوع سیمان پرتلند و به نسبت آب‌به‌سیمان مخلوط بستگی دارد.

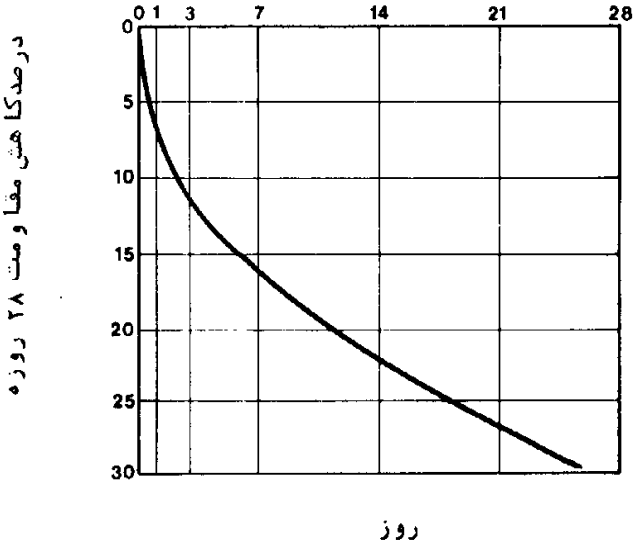
در شرایط کارگاهی، عمل آبگیری تقریبا" همیشه قبل از کامل شدن آن متوقف می‌شود. نمودار ۲، تأثیـر مراقبت در میزان افزایش مقاومت فشاری بتن را نشان می‌دهد. در این شکل، نسبت مقاومت فشاری نمونه‌های آزمایش شده به مقاومت فشاری نمونه‌هایی که در طول ۲۸ روز تحت مراقبت قرار داشته‌اند، روی محـور عرضها نشان داده شده است. هریک از منحنیها، حدود تغییرات مقاومت فشاری نمونه‌هایی از بتن را که به‌تعداد روزهای معینی پس از ساخت تحت مراقبت قرار گرفته، نشان می‌دهد.



نمودار ۲. تأثیر طول مدت مراقبت روی مقاومت فشاری بتن

www.technobetar.ir

نمودار ۳، تأثیر تأخیر در شروع مراقبت را نشان می‌دهد. درصد کاهش مقاومت نمونه‌ها نسبت‌به مقاومت نمونه‌ای که از ابتدای ساخت به‌طور دایم 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 به‌طور دایم 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

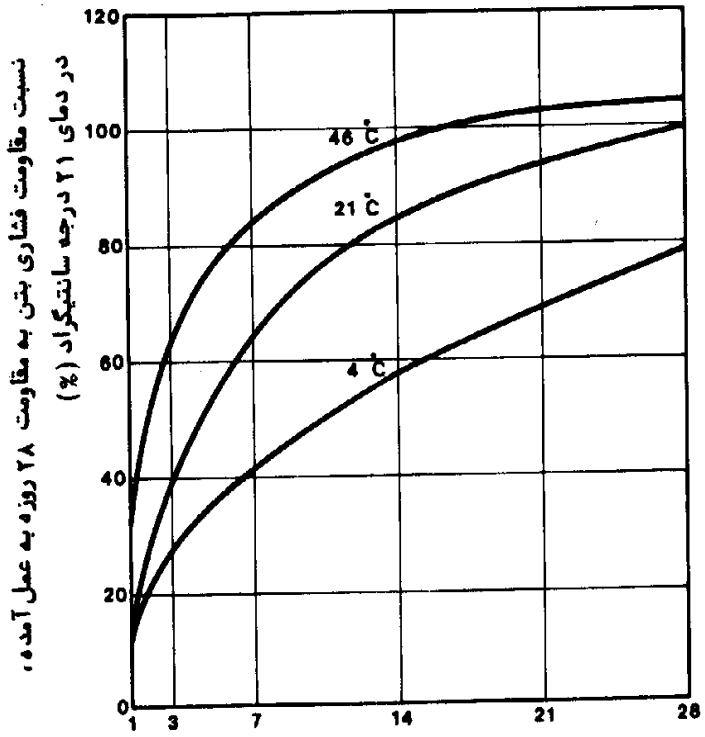
آب از عوامل اصلی انجام عمل آبگیری است و باید مراقبت شود تا بتن خشک نشود و آب همیشه درجسم بتن موجود باشد. لذا در وهله اول، مراقبت می‌شود تا آب بتن تبخیر نگردد و از هوای گرم، بادوسایرعواملی که در تبخیر آب بتن مؤثر هستند، محافظت شود. به این منظور، سطح بتن با پوششهایی مانند نایلون، گونی، حصیر، کرباس، و کاه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

لازم به یادآوری است که با کاهش رطوبت هوای محیط بتن‌ریزی و یا افزایش دمای بتن تازه، دمای محیط بتن‌ریزی، 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.

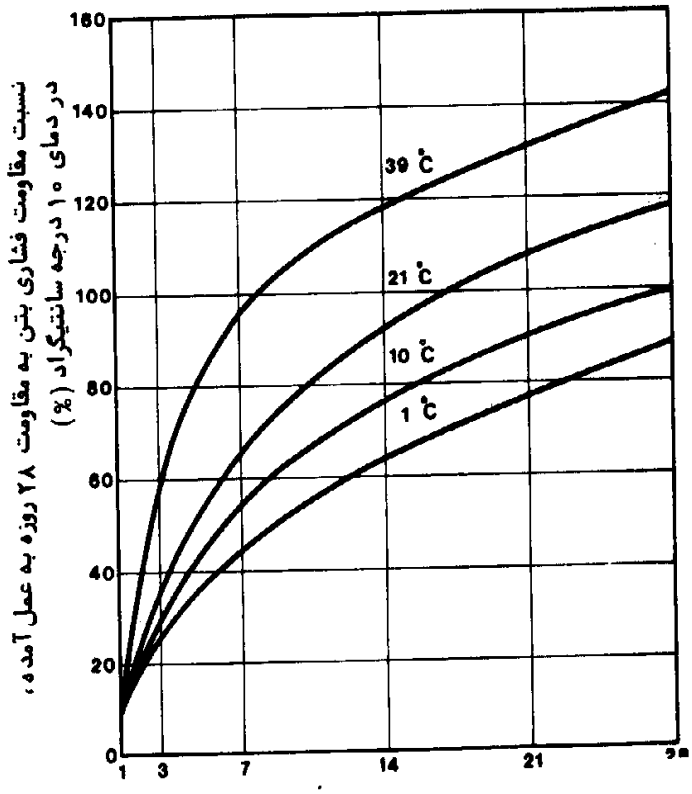
علاوه برتأمین آب، باید شرایط لازم دیگری برای تسهیل و تسریع واکنش شیمیایی تأمین شود. یکی از عوامل بسیار مهم و مؤثر، دمای جسم بتن است. عمل ترکیب شیمیایی آب با سیمان، در دمای ۱۰- درجهٔ سانتیگراد کاملا" متوقف می‌شود و در دمای ۵+ درجه کند، در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد خوب و در درجات بالاتر شدت می‌یابد.

www.technobetar.ir

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



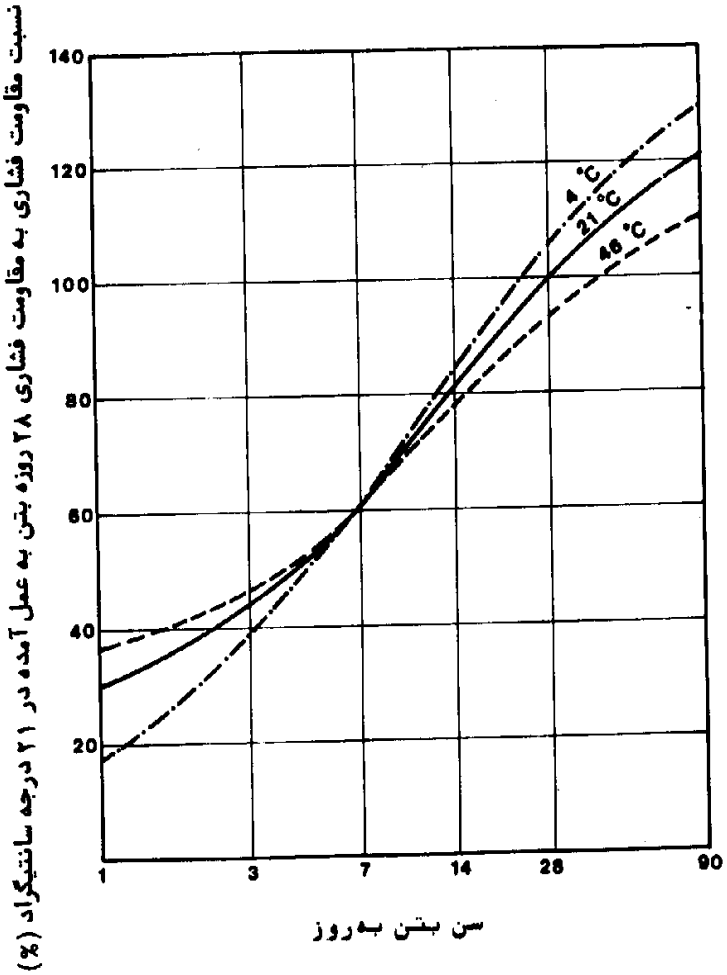
نمودار ۴. تغییرات مقاومت فشاری بتن ساخته شده و به عمل آمده در دماهای مختلف



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

www.technobetar.ir

دمای بتن تازه ، در مقاومت نهایی آن موءثر است . نمودار ۶، اثر دمای جسم بتن تازه 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 دمای نشان داده شده و سپس در دمای ۲۱ درجه سانتیگراد ، به عمل آمده است .

در سقف تیرچه و بلوک ، بتن پوششی را باید دست کم تا کسب حدود ۶۵٪ از مقاومت ۲۸روزهٔ خود ،تحت مراقبت و محافظت دقیق قرار داد . در این شرایط، مقاومت بتن بدون نیاز به مراقبت بیشتر ، به‌طور عادی تا ۲۸ روز اضافه خواهد شد . این افزایش به علت حضور آب حبس شدهٔ کافی در داخل بتن ،صورت می‌گیرد . بتن ساخته شده با سیمان پرتلند نوع یک ، در دمای متوسط روزانه ۲۰ درجه ، دست‌کم به‌مدت ۷ روز تحت مراقبت و محافظت قرار می‌گیرد . در درجات پایین‌تر مدت مراقبت افزایش می‌یابد .

www.technobetar.ir

توصیه می‌شود در دمای متوسط روزانه ۲۰ درجه سانتیگراد ، آب‌پاشی 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 آب‌پاشی شود . در دمای بالاتر و هوای خشک ، فواصل آب‌پاشی به نسبت کوتاهتر می‌شود . علاوه بررساندن مداوم آب به‌جسم 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 به‌طور مداوم آب‌پاشی 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 برسانتیمتر مربع) ، خودداری گردد . در اثر باد ، گوشه‌ها ، لبه‌ها 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 بتن‌ریزی ، موجب به وجود آمدن ترکهای عمیقی در بتن 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 تأیید دستگاه نظارت ، از ترکیبات عمل آورنده استفاده کرد و با پاشیدن این مواد بر سطح بتن ، لایهٔ غیرقابل نفوذی ایجاد کرده و از تبخیر آب بتن جلوگیری نمود. روش استفاده از این مواد ،در دستورالعملهای کارخانهٔ سازنده شرح داده می‌شود . این مواد ، با کمی رنگ آغشته‌می‌شوند تا قابل‌تشخیص بوده و به‌طور منظم پاشیده شوند . اگر قبل از خشک شدن کامل این مواد (حدود سه ساعت‌پس از پاشیدن) ، باران شدید ببارد ، احتمال شسته شدن آنها وجود خواهد داشت و دوباره باید عمل تکرار شود . سطوحی از بتن که‌به‌بتن‌مرحلهٔ‌بعدی متصل خواهند شد ، از آغشته شدن به مواد عمل آورنده مصون بمانند .

۲ ـ ۱۳ . بازکردن قالبها و جمع‌آوری تکیه‌گاههای موقت

جمع‌آوری تکیه‌گاههای موقت ،نباید قبل از حصول مقاومت کافی سقف ، برای تحمل وزن خود و سربارهای واردهٔ احتمالی ، صورت گیرد . این مرحله از کار ، نباید قبل از کسب اجازه کتبی دستگاه نظارت انجام شود . صدور اجازه برچیدن حایلهای موقت‌توسط دستگاه نظارت ، از مسئولیتهای رئیس کارگاه در این مورد ، نمی‌کاهد .مدت زمان لازم برای کسب مقاومت بتن و امکان 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 (شمع بندیها) ، یک یا چند ردیف پایه اطمینان برای مدتی بیشتر زیرسقف نصب‌می‌شود تا افتادگی‌ناشی از خزش بتن ،به حداقل ممکن‌تقلیل یابد . حداکثر فاصله پایه‌های اطمینان از یکدیگر و از تکیه‌گاههای باربر ، حدود ۳ متر است .

معمولا " قالب‌برداری سطوح جانبی (گونه‌ها) ، بعد از کسب حدود ۳۰٪ ، قالب و شمع‌بندی اعضای بتنی

www.technobetar.ir

که فقط وزن خود را بعد از قالب‌برداری تحمل می‌کنند (مانند شمع بندی زیرسقف‌وکلافها) ،بعد از کسب حدود ۶۵% و قالب تیرهای اصلی و طره‌ها و همچنین پایه‌های اطمینان بعد از حصول حدود ۸۵% الی ۱۰۰% مقاومت ۲۸ روزهٔ بتن ، صورت می‌گیرد .

برداشتن شمع بندی زیرطره‌ها باید از قسمت بیرون به طرف تکیه‌گاه انجام گیرد . برداشتن شمع بندیهای زیرسقف نباید زودتر از موقع انجام شود و جمع‌آوری و قراردادن مجدد مجاز نیست . در شرایط خاصی که به علت شرایط متغیر جوی و غیره ، پیش بینی زمان حصول مقاومتهای مجاز ذکر شده امکانپذیر نیست ، هنگام بتن‌ریزی ،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 آموزش دیده صورت گیرد .

در سقفهایی که زمان قالب‌برداری آنها فرا نرسیده ، باید از توده کردن مصالح و نصب بلوکها و بتن‌ریزی سقف بالاتر ، خودداری‌شود و بعد از این‌مرحله نیز قبل‌از توده‌کردن 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 کرمو باشد) ، باید قبل از لکه‌گیری این نقاط، توسط دستگاه نظارت دقیقا " مورد بازرسی و مطالعه قرار گیرد و پس از دستور کار دستگاه نظارت ، نسبت به لکه‌گیری آن نقاط، اقدام شود .

۲ ــ ۱۴ . بتن ریزی و عمل آوردن بتن در شرایط نامساعد

۲ ــ ۱۴ــ ۱ . بتن ریزی در هوای سرد

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

در زیر توصیه‌های عملی برای بتن‌ریزی در هوای سرد ارائه می‌شود :

ــ در حد ممکن بتن‌ریزی در ساعت ۱۰ صبح شروع شده و در ساعت ۲ بعد از ظهر خاتمه یابد .

ــ از مصالح‌سنگی گرم شده استفاده‌شود . با گرم کردن‌این مصالح ، لایهٔ نازک یخ دور سنگدانه‌ها که از چسبیدن خمیر سیمان به دور آنها جلوگیری می‌کند ، از بین رفته و علاوه بر آن دمای بتن ساخته شده نیز افزایش خواهد یافت . دمای مصالح سنگی نباید بیش از ۳۰ درجه سانتیگراد باشد . مصالح سنگی را معمولا " با بخار آب گرم می‌کنند .

www.technobetar.ir

ـ 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 می‌شود .

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

ـ از مواد افزودنی برای زودگیر کردن بتن استفاده شود و با بهره‌گیری از مواد افزودنی مناسب نسبت به افزایش کارآیی ، اقدام گردد . استفاده از مواد افزودنی برای ایجاد حبابهای ریز هوا ، بسیار مفید خواهد بود . یادآوری می‌شود که استفاده از کلرور کلسیم برای زودگیر کردن بتن ، مجاز نیست .

ـ بستگاههای ساخت بتن و لوله‌های پمپ ، باید با عایق مناسب پوشانده شوند و جامها و ناوه‌ها گرم شوند ، ولی دمای آنها نباید از ۳۵ تا ۴۰ درجه سانتیگراد بیشتر باشد .

ـ روانی بتن در کمترین حد ممکن باشد .

ـ 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 .

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

ـ 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 .

ـ از بخاری ، بخار داغ و یا هوای گرم ، برای گرم کردن هوای اطراف بتن استفاده شود . معمولا" نگهداری بتن به مدت ۷ تا ۸ روز دمای حدود ۱۰+ درجه سانتیگراد ، کافی است .

ـ حرارت خود بتن با پوششهای عایق مناسب حفظ شود .

ـ از تغییرات شدید دمای بتن جلوگیری شود .

ـ با آب‌پاشی مداوم ، از خشک شدن بتن پیشگیری گردد .

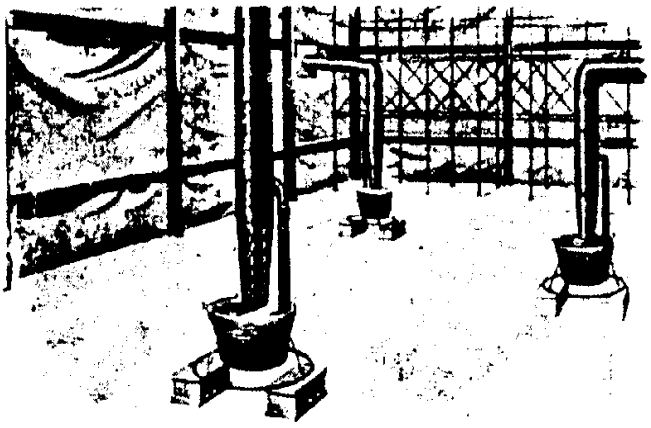
در دمای زیر صفر ، اگر آب بتن تازه قبل از سفت شدن آن (تبدیل از حالت خمیری به حالت جامد) یخ بزند ، بسیار خسارت‌بار خواهد بود . در این حالت ، مولکولهای یخ در اثر افزایش حجم ، دانه‌های سنگ را از هم جدا خواهند نمود و بعد از رفع یخبندان ، تودهٔ بتن از هم خواهد پاشید . بهترین راه‌حل برای کاهش خسارت بتن یخ‌زده در این حالت ، ریختن آب گرم به مقدار زیاد در سطح بتن یخ زده و تأمین دمای بالاتر از ۱۰+ درجه سانتیگراد در محیط بتن ، به مدت ۷ روز است . با انجام این کار ، در اکثر مواقع کیفیت بتن به

www.technobetar.ir

حالت قابل قبولی درمی‌آید ، ولی نباید فراموش کرد که بتن کیفیت اولیهٔ خود را هرگز به دست نخواهدآورد. پس از گرم شدن بتن ، آب داخل بتن نباید دوباره یخ بزند ؛ علاوه برآن ، به علت کاهش رطوبت‌نسبی‌هوا 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 ۷۰ درصد مقاومت ۲۸ روزهٔ خود یخ بزند ، این امر تأثیری در مقاومت نهایی آن ایجاد نخواهد کرد .

اگر بتن بعد از سفت شدن و قبل از کسب ۷۰٪ مقاومت ۲۸ روزهٔ خود یخ بزند ، بسته به میزان آب‌داخل بتن و مقاومت آن در لحظهٔ یخبندان ، میزان خسارت وارده به بتن متغیر خواهد بود . با توجه به اینکه میزان خسارت ناشی‌از یخبندان ، با مقدار آب‌موجود در جسم بتن متناسب‌است ، در دمای کمتراز ۵+ درجه‌سانتیگراد که خطر یخبندان احتمال دارد ، تحت هیچ شرایطی بتن آب پاشی نمی‌شود .

برای گرم کردن محیط بتن تازه ریخته شده ، از وسایل گرم کننده مانند بخاری، بخار داغ و هـــوای‌گرم استفاده می‌شود . 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 تهویهٔ مناسب ، افزایـــش دی اکسید کربن در هوا نیز موجب ترک خوردن سطح بتن می‌شود .



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

۲ ـ ۱۴ ـ ۲. بتن‌ریزی در *هوای گرم*

در هوای گرمتر از ۳۰+ درجهٔ سانتیگراد ،مراقبتهای ویژه‌ای باید معمول‌شود و از تبخیر سریع آب کاملا" جلوگیری گردد .بدترین شرایط بتن‌ریزی 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 برمی‌دارد . در زیر خلاصه‌ای‌از توصیه‌های مورد لزوم برای بتن ریزی در هوای گرم ارائه می‌شود :

www.technobetar.ir

ـ بتن‌ریزی در گرمترین ساعت روز باید متوقف شود و در صورت امکان در شب انجام گیرد .
ـ برای ساختن بتن ، از سیمای پرتلند نوع ۴ که کندگیرتر از سیمان پرتلند نوع ۱ است ، استفاده شود .
ـ در ساختن بتن ، از آب سرد استفاده شود . برای پایین آوردن دمای آب می‌توان از یخ استفاده کرد ، ولی هرگز نباید یخ را به طورمستقیم در دستگاه بتن ساز ریخت .

ـ مصالح سنگی از تابش مستقیم آفتاب محافظت شوند تا دمای آنها بیش از حد نباشد .با آب‌پاشی کردن می‌توان دمای مصالح سنگی را به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش داد .

ـ از مواد افزودنی برای حصول روانی بیشتر استفاده شود .
ـ دمای بتن به هنگام بتن ریزی ، نباید از ۳۰ درجه سلسیوس تجاوز کند . لازم به یادآوری است که دمای بتن هنگام بتن‌ریزی ، هرچه پایینتر باشد (تا ۴ درجهٔ سلسیوس) ، مقاومت نهایی آن بیشتر خواهد بود .

ـ 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 فاصلهٔ کارخانه تولید سیمان تا محل کارگاه ، سیمان تحویل شده به کارگاه ، به‌حد کافی سرد نشده باشد .

ـ روانی بتن در بالاترین حد خود باشد .
ـ دستگاههای تولید بتن و لوله‌های پمپ و جامهای بتن ، از تابش آفتاب محفوظ بمانند و با رنگ سفید ، رنگ شوند . آب‌پاشی قسمتهایی که درمجاورت قرار دارند مفید خواهد بود .تراک‌میکسرها به رنگ سفید رنگ‌شوند .

ـ سطح قالبها و بلوکها قبل از بتن ریزی به حد وفور آب‌پاشی شوند .
ـ حمل و بتن‌ریزی در کوتاهترین زمان ممکن انجام شود .
ـ از پوششهایی مانند نایلون ،حصیر ، گونی ،کاه و یا برگ خیس برای جلوگیری از تابش مستقیم آفتاب استفاده شود .

ـ از تغییر دمای شدید و تبخیر سریع آب بتن جلوگیری گردد ، در غیر این صورت ، ترکهایی در سطح بتن ایجاد خواهد شد .

۲ ـ ۱۴ ـ ۳. بتن ریزی درهوای بارانی

در صورتی که بارندگی شدید باشد ،صلاح در این است که اصولا" عملیات بتن‌ریزی شروع نگردد ،ولی در صورتی که بارندگی پس از شروع بتن‌ریزی آغاز شده باشد و قطع بتن ریزی میسر نباشد ، لازم است که تدابیر زیر برای محافظت بتن تازه ریخته‌شده (از شسته‌شدن دوغاب سیمان و یا افزایش نسبت آب به‌سیمان آن) ، اتخاذ گردد :

ـ ساخت بتن با اسلامپ کمتر انجام شود .
ـ سطح بتن تازه ریخته شده به وسیله ورقه‌های نایلونی یا سایر پوششهای مناسب پوشانده شود .
ـ شیب بندی مختصری برای تخلیه آب باران اجرا گردد .
ـ از جمع شدن آب روی سقف جلوگیری شود .

www.technobetar.ir

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

ـ در صورتی که باران به صورت رگبار به مدت کوتاهی ببارد ، در آن مدت باید بتن‌ریزی را متوقف کرده‌وسطح کار با ورقه‌های نایلونی و غیره پوشیده شود و پس از خاتمهٔ رگبار ، بتن ریزی مجدداً " از سرگرفته شود .

۲ ـ ۱۴ ـ ۴. بتن ریزی در باد

هنگام بتن‌ریزی در باد ، باید قبلاً " پیش بینیهای کافی در مورد تعبیه حفاظهای لازم برای جلوگیری از سقوط افراد از ارتفاع به عمل آمده باشد . همچنین برای جلوگیری از خشک شدن سریع آب بتن تازه ، سقف بتن‌ریزی شده به وسیله ورقه‌های نایلونی پوشانده شود .

۲ ـ ۱۴ ـ ۵. بتن ریزی در شب

اگر بتن‌ریزی در شب انجام می‌شود ، باید قبلاً " سیستم روشنایی مناسب برای اجرای عملیات فراهم شده‌باشد.

www.technobetar.ir

۳. کنترل کیفیت تیرچه و بلوک

هدف از کنترل کیفیت قطعات پیش ساخته و بتن آماده ، حصول اطمینان از تطبیق مشخصات فنی این محصولات با مشخصات طرح و استانداردهای مربوط است .کنترل کیفیت این محصولات ،در سه مرحلهٔ 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 اصلاح‌شده و نیز در مواردی‌که مصالح خریداری شده ،فاقد تأییدیه‌های معتبر فنی باشند ، ضروری است .

ب) کنترل‌حین تولید ، شامل‌کنترل صحت کارکرد ماشین‌آلات و کنترل کیفیت محصول در مراحل‌مختلف تولید است . این کنترل ، باید با توجه به توصیه‌های درج شده در مدارک فنی ماشین آلات مورد استفاده و نیز اصول فنی صحیح مربوط به روند تولید ، انتخاب شده و انجام گیرد .

ج) کنترل‌کیفیت قطعهٔ ساخته‌شده ، شامل بررسی ظاهری قطعه و کنترل صحت ابعاد و اندازه‌ها وآزمایش 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 کارخانهٔ سازنده قطعات انجام گیرند و کیفیت محصولات ، به تأیید مراجع فنی صلاحیت‌دار 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 پیش‌ساخته‌بتن و بتن آماده ، 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 پیش تنیده و بلوک سقفی به شرح زیر است .

www.technobetar.ir

۳ ـ ۱. تیرچهٔ خرپایی

تیرچه‌های خرپایی، در واقع نوعی شبکه‌های فولادی 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 ـ ۱ ـ 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 خردشدگی بتن پاشنه و خرپای تیرچه، انحنای غیرعادی تیرچه، کیفیت ظاهری جوش، سلامت میلگرد در محل اتصالات جوشی، یکنواخت بودن ابعاد شبکه خرپا و بتن پاشنه، موردملاحظهٔ دقیق قرار می‌گیرند. همچنین، با استفاده از وسایل اندازه‌گیری کارگاهی مانند متروکولیس، قطر میلگردها، ابعاد هندسی خرپا و طول میلگردهای کششی تقویتی و نیز پوشش بتنی روی میلگردها، اندازه‌گیری‌شده 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 یا 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، و شرایط تولید محموله‌های مختلف است. طول تیرچه، عامل تنوع به حساب نمی‌آید.

تعداد حداقل نمونه‌های لازم برای کنترل ابعاد و سلامت ظاهری تیرچه‌ها، در بند ۱ـ۳ این فصل یاد شده است. مقادیر حداکثر رواداری ابعاد و انحنای قائم و افقی تیرچه‌های خرپایی به شرح زیر است:

ـ پوشش بتنی:	
جانبی	$\pm$ ۵ میلیمتر
زیرین	$\pm$ ۵ میلیمتر
ـ ارتفاع خرپا	$\pm$ ۵ درصد ارتفاع محاسباتی
ـ فاصلهٔ پای میلگردهای عرضی	$\pm$ ۱۵ میلیمتر
ـ طول خرپا	$\pm$ ۵۰ میلیمتر
ـ عرض و ارتفاع پاشنه بتنی	$\pm$ ۵ میلیمتر
ـ انحراف قائم	$\pm \frac{1}{500}$ طول تیرچه
ـ انحراف طولی	$\frac{1}{500}$ طول تیرچه و حداکثر ۱۰ میلیمتر

۳ ـ ۱ ـ ۲. *کنترل مکانیکی فولاد و اتصالات تیرچه‌ها*

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

www.technobetar.ir

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

هنگامی‌که 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 فولادهای‌سرداصلاح شده ، کنترل کیفیت ضرورت دارد .

با توجه به محدودیتهای‌فعلی امکانات آزمایشگاهی ،این کنترلها فقط به‌کنترل مکانیکی میلگردهای کششی محدود می‌شود ،مگراینکه به‌علت وجود نیروهای برش قابل توجه (دهانه و سربار زیاد) ، دستگاه نظارت ،کنترل مکانیکی‌میلگردهای‌عرضی را نیز لازم تشخیص دهد .کنترل مکانیکی‌فولاد و اتصالات تیرچه‌ها ،شامل‌آزمایشهای

آزمایشگاهی زیر است :

الف) آزمایش کشش روی نمونه میلگردها ، برای تعیین مقاومت کششی و حد ارتجاعی و تغییر طول نسبی نمونهٔ مورد آزمایش.

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

ج) آزمایش تعیین مقاومت برشی جوش (در محل اتصال میلگرد عرضی به میلگرد کششی) . این‌آزمایش، فقط در صورتی که‌آزمایشهای مکانیکی روی میلگرد 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 به‌توضیح درج شده در بند ۳–۱–۲ ، منظور از انواع ، تنوع تیرچه‌ها از نظر شکل‌وابعاد خرپا ، قطر و نوع میلگرد 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 سربار زیاد) ، دستگاه‌نظارت ، کنترل مکانیکی فولادهای عرضی رانیز ضروری‌تشخیص دهد ،قطر و نوع میلگردهای 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 که‌تیرچه‌های خرپایی به‌طور آماده خریداری شوند ، توصیه می‌شود قبل از انجام سفارش، کنترل‌اولیه روی تیرچه‌های تولیدی‌در محل کارخانه سازنده ، صورت گیرد . به این منظور ، می‌توان با مراجعه اتفاقی‌به‌محل کارخانه و نمونه‌برداری از تولیدات (در حد امکان از تولید همان روز) ، کیفیت تیرچه‌های تولید شده را مورد آزمایش قرار داد .

www.technobetar.ir

انتخاب نمونه‌ها باید به این صورت‌باشد که از هرگروه خرپا با میلگرد کششی به قطر معین و از یک نوع فولاد ، سه نمونه به طور تصادفی انتخاب شود و از هر کدام نمونه‌ای به طول ۱/۵ متر بریده و برای انجام آزمایشهای یاد شده در بالا ، به آزمایشگاه ارسال کنند .

۳ – ۱ – ۳ – ۲ . نمونه‌برداری از تیرچه‌های خرپایی تحویل‌شده به کارگاه ، در صورتی که کنترل‌اولیه موضوع‌بند ۳–۱–۳–۱ ، در مورد آنها انجام گرفته باشد

در این صورت ، علاوه بر کنترل اولیه ، لازم است که محموله‌های تیرچهٔ تحویل شده به کارگاه ، طبق روشی که در زیر توصیه می‌شود ، مورد کنترل قرارگیرند .

در صورتی که خرپاهای تحویل شده بدون استفاده از ماشینهای اتوماتیک تولید خرپا و به روش جوشکاری دستی تولید شده باشند ، به ترتیب تحویل محموله‌های تیرچه‌های خرپایی به کارگاه ، به ازای هر سه هزار متر تیرچه ، سه نمونه به طور تصادفی از تیرچه‌هایی که میلگرد کششی آنها از یک نوع فولاد و با قطر یکسان باشند ، انتخاب شده و پس از انجام کنترلهای ظاهری ، از هر کدام قطعه‌ای به طول ۱/۵ متر بریده شده و برای آزمایش به آزمایشگاه ارسال شود . در صورتی‌که قطر و نوع فولاد میلگردهای‌کششی 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 صورتی‌که تیرچه‌های مورد سفارش،در کارخانه‌و با استفاده از ماشینهای اتوماتیک تولید خرپای 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 ۳–۱–۳–۱ ، در مورد آنها انجام گرفته باشد

در صورتی که‌ساخت خرپای تیرچه‌ها در کارخانه ولی بدون استفاده از ماشینهای اتوماتیک تولید خرپا و به‌روش جوشکاری دستی‌انجام شده باشد ،به ترتیب تحویل محموله‌های تیرچه خرپایی به کارگاه ، به ازای هر ۱۵۰۰متر 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 ۱۵۰۰ 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 خرپا ساخته شده باشند ، نمونه‌برداری مطابق روش بالا و به ازای هر ۳۰۰۰ 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 برگ

www.technobetar.ir

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

۳ ـ ۱ ـ ۳ ـ 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 ۲۰۰۰ متر تولید متوالی هر کدام از جوشکارها که با یک دستگاه جوشکاری معین کار می‌کنند ، سه نمونه یکسان با نظر دستگاه نظارت انتخاب شده و پس از کنترلهای ظاهری ،از هر کدام نمونه‌ای‌به طول ۱/۵ متر بریده و برای آزمایشهای مکانیکی ، به آزمایشگاه ارسال می‌شود .

۳ ـ ۱ ـ ۴. *نحوه اجرای آزمایشهای مکانیکی وتفسیر نتایج آنها*
در آزمایشگاه ، از میلگردهای کششی هر دسته سه تایی نمونه‌های خرپای ارسال شده ، یک نمونه دارای حداقل‌یک 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 ـ ۱ ـ ۴ ـ ۱ . آزمایش کشش میلگرد
این آزمایش ،در آزمایشگاههای مجاز انجام می‌گیرد و تفسیر نتایج آن به عهده دستگاه نظارت است . در صورتی که‌نسبت مقاومت به‌دست آمده از آزمایش کششی نمونه‌های دارای گره جوشکاری به مقاومت کششی فولاد مصرف‌ـ شده (بدون اثر جوشکاری) ، بین ۰/۸ 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 ۰/۸ باشد ، تیرچه‌های مورد نمونه‌گیری مردود شناخته می‌شوند .

۳ ـ ۱ ـ ۴ ـ ۲ . آزمایش خم و باز کردن میلگرد
این آزمایش ،برای ارزیابی میزان شکل‌پذیری میلگردهای کششی ،در محل جوشکاری‌شده و نیز در طولهای بدون اثر جوش انجام می‌گیرد . روش انجام این آزمایش در دو حالت بدون اثرجوش و فولاد دارای یک گره جـــوش، به شرح زیر است . این آزمایش در محل کارگـاه‌نیز قابل اجراست .

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

www.technobetar.ir

در مورد دو نمونه از هر سه نمونه‌ای که مورد آزمایش قرار می‌گیرند ، رضایتبخش باشد ، نتیجهٔ کنترل مجموعه تیرچه‌های مورد نمونه‌گیری ، مثبت خواهد بود . وجود نقاط یا گره‌های جوش روی نمونه ، به شرط آنکه 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 انحنا و به طرف بیرون فلکه قرار داده شود .انتخاب قطر فلکه چرخان ،مانند آزمایش خم و بازکردن فولاد بدون اثر جوش است .نتیجهٔ آزمایش وقتی رضایتبخش تلقی می‌شود که در اثر خم کردن میلگرد به اندازهٔ ۹۰ درجه ، هیچ گونه آثار ترک و بریدگی و معایب دیگر در محل جوش مشاهده نشود . اگر نتیجهٔ آزمایش در مورد حداقل دو نمونه از هر سه نمونه‌ای که تحت آزمایش قرار می‌گیرد رضایتبخش باشد ، نتیجه کنترل مجموعه تیرچه‌های مورد نمونه‌گیری مثبت تلقی خواهد شد .

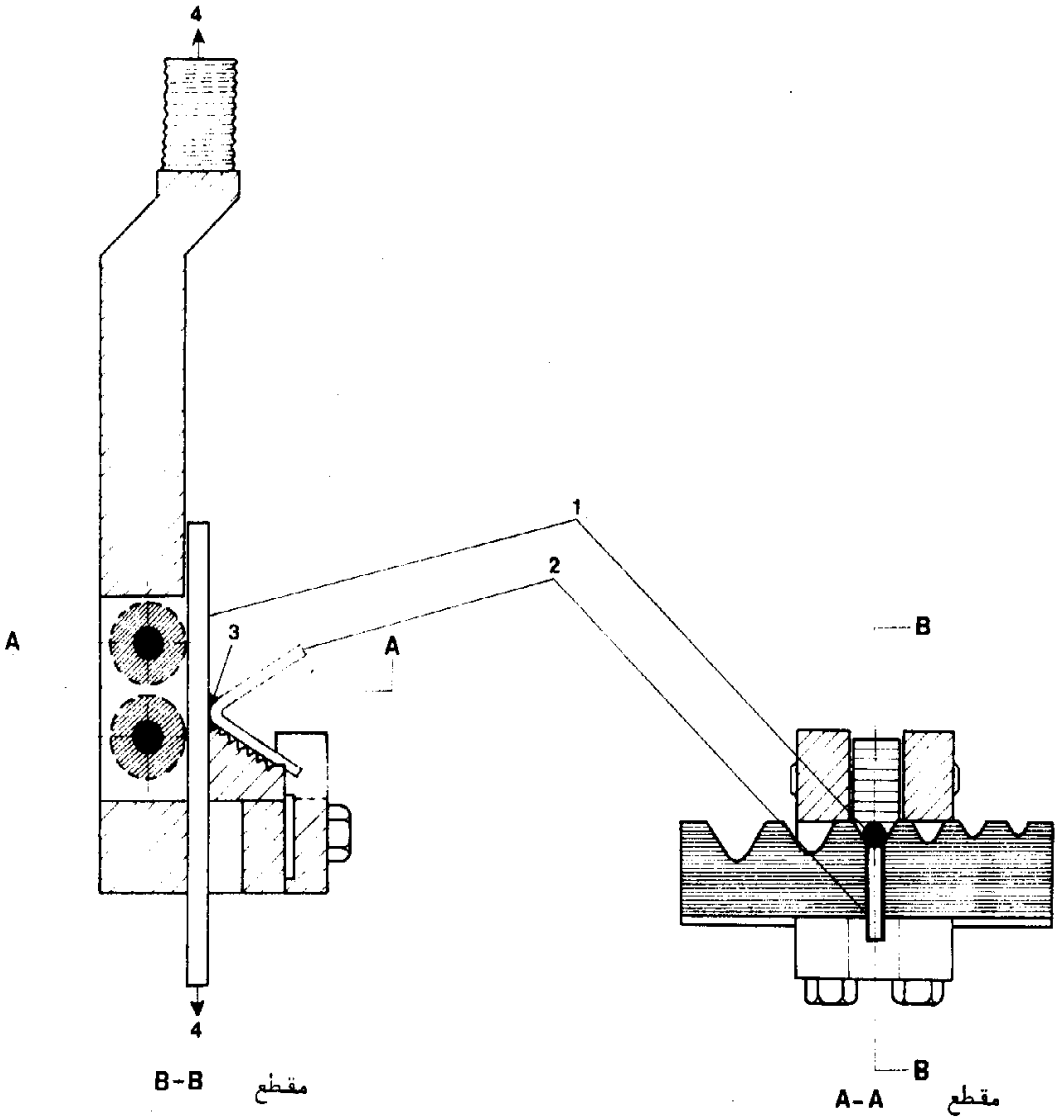
لازم به یادآوری است که دمای میلگردهای مورد آزمایش نباید کمتر از ۵ـ درجه سانتیگراد باشد و در این صورت ، پس از گرم کردن نمونه‌ها (مثلا " گذاشتن آنها در آب گرم) ، می‌توان آزمایش خم و بازکردن میلگردها را در مورد آنها اجرا نمود .

۳ – ۱ – ۴ – ۳ . آزمایش و کنترل مقاومت جوش

این آزمایش فقط در مواردی که تلاش برشی سقف قابل ملاحظه باشد (دهانهٔ بزرگ و سربار سنگین) ، بنابه تشخیص دستگاه نظارت انجام می‌شود و هدف از آن ، تعیین مقاومت جوش و مقایسه آن با ضوابط طرح است. آزمایش با اضافه‌کردن تجهیزات مناسب در دستگاه‌کشش فولاد قابل اجراست و این تجهیزات باید آزادی حرکت میلگرد اصلی را تأمین کند .

نحوه آزمایش به این ترتیب است که با عبور دادن و کشیدن میلگرد کششی 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 کششی ، عدم اصطکاک بین میلگرد کششی و جدارهٔ سوراخ ، هم امتداد بودن نیروی کششی با امتداد میلگرد ، جلوگیری از حرکت جانبی نمونه در مرحلهٔ آزمایش و ثابت بودن محل تکیه‌گاه جوش، از نکاتی هستند که باید مورد ملاحظهٔ دقیق قرار گیرند . تصاویر شماتیک یک نوع دستگاه آزمایش مقاومت برشی جوش در شکل ۶۴ نشان داده شده است .

www.technobetar.ir

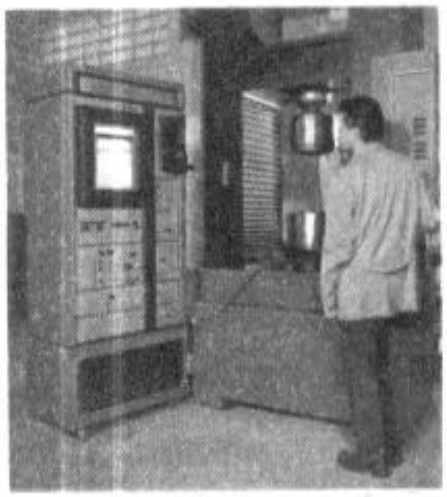


شکل ۶۴. تصویر شماتیک دستگاه آزمایش مقاومت برشی جوش.

میلگرد کششی (۱)، میلگرد عرضی (۲)، جوش (۳)، نیروی کششی (۴).

www.technobetar.ir

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



۳ – ۲. روش آزمایش تیرچه‌های پیش تنیده

به طور کلی هدف از آزمایش تیرچه‌های پیش تنیده، کنترل ابعاد و نیز تعیین میزان تنش 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 کلیهٔ انواع تیرچه‌های همنوع را دربرگیرد، منظور از انواع، تنوع آنها از نظر ابعاد مقطع، نوع بتن و فولاد مصرف‌شده 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 ۲۰۰۰ متر کمتر باشد، با نظر دستگاه نظارت، 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 پیش تنیده ارسالی به کارگاه (محموله هر کامیون)، دو نمونه از یک نوع، به طور تصادفی انتخاب‌شده و پس از کنترل ابعاد و سلامت ظاهری، آنها را برای آزمایش بارگذاری به آزمایشگاه ارسال

www.technobetar.ir

می‌کنند . در صورتی که محموله تحویل شده به کارگاه ، دارای انواع مختلف تیرچه باشد ، با نظر دستگاه‌نظارت، ترجیحا " نمونه‌ها را از بین‌تیرچه‌های همنوعی‌که بیشترین مقدار را در آن‌محموله دارا هستند ،انتخاب می‌کنند.

۳ ــ ۲ ــ ۲ . *کنترل ابعاد و سلامت ظاهری تیرچه‌ها*

نخست ، قطعات به منظور بررسی سلامت ظاهری ،از نظر شکستگی وخردشدگی بتن ، انحنای غیر عادی طولی‌و عرضی و یکنواخت‌بودن ابعاد مقطع ، موردملاحظهٔ دقیق قرار می‌گیرند و سپس با استفاده‌از وسایل اندازه‌گیری کارگاهی مانند متروکولیس ،طول‌و ابعاد مقطع ،فاصلهٔ سیمها از یکدیگر ، محل آنها ، پوشش بتنی‌روی سیمها ، محل استقرار آنها ، همچنین خیز و انحنای افقی تیرچه ، اندازه‌گیری می‌شود . مقادیر حداکثر رواداری ابعادو انحنای افقی تیرچه‌های پیش تنیده به شرح زیر هستند :

ــ ابعاد مقاطع عرضی بتن	$\pm$۵ میلیمتر ، برای عرض پاشنه و جان تیرچه
	$\pm$۵ درصد ارتفاع محاسباتی ، برای ارتفاع مقطع
ــ طول تیرچه	$\pm$۲۰ میلیمتر
ــ محل استقرار سیمها در مقطع عرضی	$\pm$۳ میلیمتر
ــ انحنای افقی در طول تیرچه	$\frac{1}{500}$ طول تیرچه و حداکثر ۱۰میلیمتر

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

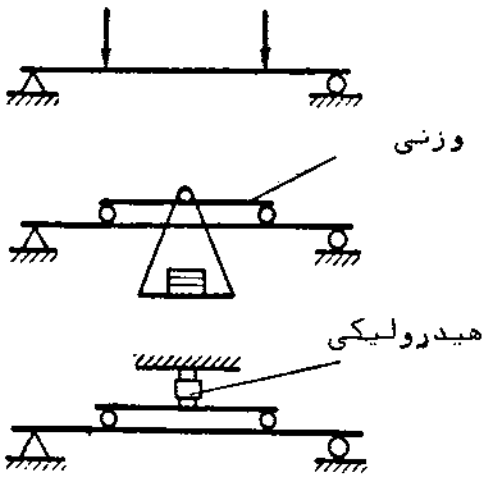
۳ ــ ۲ ــ ۳ . *آزمایش مکانیکی تیرچه‌های پیش تنیده*

در مرحلهٔ آزمایش مکانیکی ، میزان تنش فشاری موجود در تیرچه پیش تنیده ، مورد آزمایش قرار می‌گیرد وبرای تعیین آن ، به علت ثابت بودن سطح مقطع عرضی تیرچه‌های پیش تنیده ، تیرچه‌ها مانند یک تیر پیش ساخته بتنی مورد آزمایش خمشی 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 پیش تنیده را بریده و با دستگاه آزمایش مقاومت خمشی (چهار نقطه) ، مورد آزمایش قرار داد . در این آزمایش ،دو نیروی‌متمرکز را با فواصل‌مساوی از دو تکیه‌گاه طرفین ،به تیرچه وارد کرده و مقدار نیرو و تغییرات خیز وسط تیرچه را که‌توسط نیروسنج و تغییر شکل سنجها اندازه‌گیری می‌شوند ،یادداشت می‌کنند .از سیستمهای بارگذاری مستقیم ، اهرمی و هیدرولیکی نیز ، برای بارگذاری تیرچه پیش تنیده می‌توان استفاده کرد .

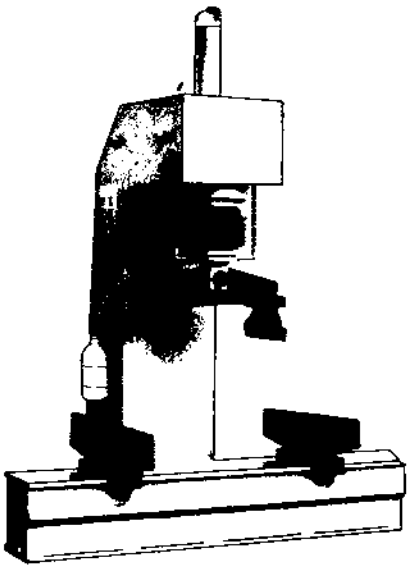
بارگذاری دو قطعه ، ایجاد لنگر خمشی می‌کند و تنش فشاری تارهای تحتانی ، به تدریج حذف و به تنش تارهای فوقانی اضافه‌می‌شود . این‌عمل تا آنجا ادامه می‌یابد که‌تنش حاصل از پیش تنیدگی در تارهای‌تحتانی ، به کلی حذف و به تنش کششی تبدیل شود . در نتیجهٔ افزایش تنش کششی در تار تحتانی ، قطعه مورد آزمایش ترک می‌خورد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

www.technobetar.ir

در صورتی که نسبت نیروی پیش تنیدگی اندازه‌گیری شده به نیروی پیش تنیدگی اسمی تیرچه‌ها ، کمتر از ۰/۷۰ باشد ، محموله مورد آزمایش مردود شناخته می‌شود . چنانچه این نسبت ، بین ۰/۷۰ تا ۱ 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 خمشی چهار نقطه‌ای . شمای آزمایش چهار نقطه‌ای (الف) . یک نوع دستگاه آزمایش خمش چهار نقطه‌ای از آزمایشگاهی (ب) .

www.technobetar.ir

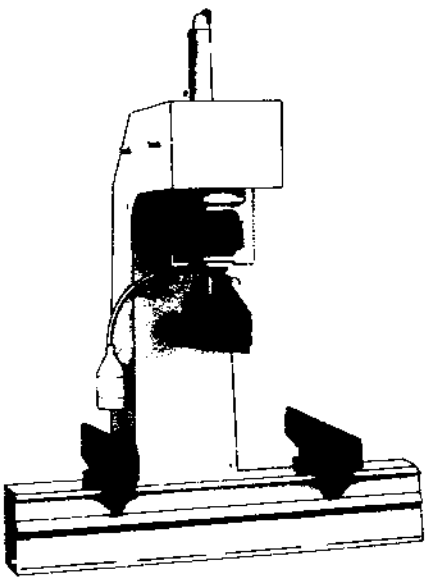
۳ – ۳. روش آزمایش بلوک

هدف از آزمایش بلوک، کنترل میزان باربری وحصول اطمینان از مقاومت کافی بلوک در برابر نیروهای وارده‌در 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 ۵۰۰ کیلوگرم، اعمال کند. دستگاه، دارای دو تکیه‌گاه قابل تنظیم برای جاگذاری بلوک و یک‌تیغهٔ منفرد در بالا، برای اعمال‌فشار است. عرض نشیمنگاه بلوک و محل اثر نیرو، حدود ۲سانتیمتر و طول آن‌حداقل برابر طول بلوک مورد آزمایش است که برای جلوگیری از تماس مستقیم تیغه‌ها با بلوک، توسط چند لایه موکت یا لاستیک به ضخامت نیم سانتیمتر، پوشیده می‌شود. پس از جاگذاری بلوک، بار با سرعت یکنواخت حدود ۱۰ کیلوگرم در ثانیه، بر بلوک وارد می‌شود و بلوک مورد آزمایش، باید قادر به تحمل‌نیرویی معادل ۳۰۰ کیلوگرم باشد.

نتیجه کنترل مجموعه بلوکهای مورد نمونه‌گیری، وقتی رضایتبخش تلقی می‌شود که حداقل $\frac{۳}{۴}$ نمونه‌های مورد آزمایش، در اثر بارگذاری نشکنند.



شکل ۶۶. دستگاه بارگذاری بلوک

www.technobetar.ir

۴. مختصری درباره‌ٔ خواص بتن و عوامل مؤثر در کیفیت آن

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

۴ ـ 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 ۶۰ 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 ۲۳۵۰ ± ۵۰ 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 بالأخره 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 بتن‌ریزی 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، تقریبا" یکسان است.

کیفیت سیمان را معمولا" براساس مقاومت ۲۸ روزه ملات استاندارد، مشخص می‌کنند. مقاومت فشاری ملات استاندارد، براساس آزمایشهای مندرج در استاندارد شماره‌ٔ ۳۹۳ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، زیرعنوان "سیمان پرتلند ـ 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.

www.technobetar.ir

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 خزش) 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 به‌کار روند. همچنین، از به کار بردن سنگهایی که اثر سوء و مخربی در ترکیب شیمیایی آب و سیمان داشته باشند، 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.

زبر بودن و زاویه مصالح سنگی در حد متعارف، موجب افزایش میزان چسبندگی با خمیر سیمان می‌شود، ولی اگر سطح دانه‌های سنگی بیش از اندازه زبر باشد و دانه‌ها تیز گوشه باشند و یا درصد 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 تمام 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 موءثر است، میزان پاکیزگی سطح دانه‌های سنگی است. وجود مواد مضر و زاید مانند لای، خاک رس، ملاح و مواد آلی روی دانه‌ها، باعث جلوگیری از اندود 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، معمولاً با شستشوی خوب برطرف می‌گردد.

دانه‌بندی مصالح سنگی، باید طوری باشد که بعد از متراکم کردن بتن، دانه‌های ریز دور دانه‌های درشت‌تر از خود را به خوبی احاطه نمایند و فضای خالی بین دانه‌های درشت، با دانه‌های 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 اغلب به دو گروه شن و ماسه تقسیم 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 وبلوک،

www.technobetar.ir

اندازهٔ درشت‌ترین شن به ۲۵ میلیمتر محدود می‌شود و توصیه می‌گردد شن درشت‌تر از ۲۰ میلیمتر، در بتن پوششی مصرف نشود.

در مصالح سنگی، علاوه بر شن و ماسه، دانه‌های ریزتر از ۷۵ میکرون نیز وجود دارند که ذرات به قطر ۲ تا ۷۵ میکرون را لای (سیلت) و کوچکتر از ۲ میکرون را رس می‌نامند. دانه‌بندی مصالح ریز دانه بتن، باید با استاندارد شماره ۳۰۰ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مطابقت داشته باشد.

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

آب: آب در مخلوط بتن، علاوه بر ترکیب با سیمان (عمل آبگیری)، کارایی لازم را برای بتن تازه تأمین می‌کند. مقدار آبی که در واکنش شیمیایی با سیمان شرکت می‌کند، از حدود ۲۵ درصد وزن سیمان تجاوز نمی‌کند؛ در حالی‌که در عمل، برای تأمین کارایی، نسبتهای بالاتری مورد نیاز است. به عبارت دیگر، با وجود تأثیر سوء افزایش نسبت آب به سیمان از مقدار حداقل یاد شده در بالا، این نسبت برای بتنهای سفت، حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد و برای بتنهای روان حدود ۵۰ تا ۷۰ درصد انتخاب می‌شود.

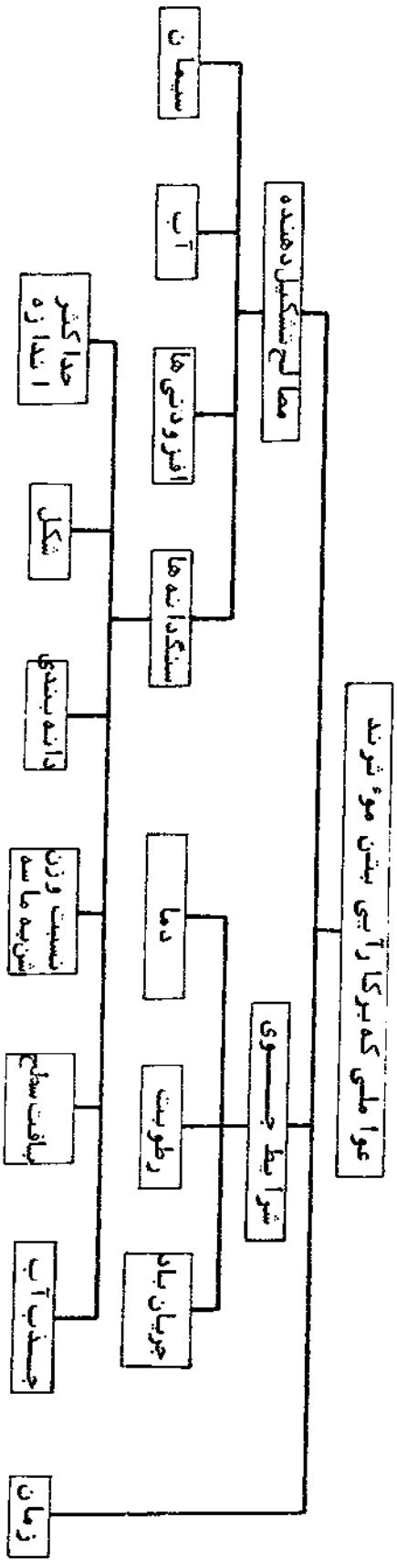
آب مورد استفاده در بتن، باید صاف و عاری از مواد مضر روغنی، اسیدی، قلیایی، نمکی، قندی، مواد آلی و یا هر ماده‌ای که برای بتن و فولاد زیانبخش است، باشد. معمولاً هر نوع آب که قابل آشامیدن باشد، برای ساختن بتن نیز مناسب است. ولی در مناطقی که آب آشامیدنی حاوی مقادیر زیادی سولفات باشد، نباید برای ساخت بتن به کار رود. ناخالصی آب ممکن است به طور قابل ملاحظه‌ای از مقاومت بتن بکاهد و آن را زودگیر یا کندگیر نماید و یا موجب تغییر حجم زیاد بتن شود. ترکیبات آب ناخالص (مانند آب دریا)، در مواردی موجب خورده شدن و زنگ زدن فولاد داخل بتن می‌شود.

مواد افزودنی: موادافزودنی موادی هستند که برای بهبود برخی از خواص بتن مانند کارایی، مقاومت فشاری و سرعت بخشیدن یا به تأخیر انداختن زمان گیرش بتن، به سیمان یا مخلوط بتن اضافه می‌شوند و باید به طور یکنواخت و طبق دستورالعمل کارخانه‌سازنده، مصرف شوند. کیفیت موادافزودنی، 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 انداختن فعل و انفعال شیمیایی سیمان و آب به کار می‌رود. از این مواد، معمولاً برای بتن ریزی در هوای گرم استفاده می‌شود.

ب) مواد تسریع‌کننده: این مواد، برای تسریع در گیرش بتن، و یا تسریع در کسب مقاومت بتن در سنین اولیه، و یا به‌هر دو منظور به کار می‌روند. کلرور کلسیم از این نوع مواد افزودنی است، ولی به علت زیان‌آور بودن آن برای فولاد، استفاده از آن در بتن مسلح و بتن پیش تنیده ممنوع است.

www.technobetar.ir



نمودار ۷ . عوامل موثر بر کارایی بتن

www.technobetar.ir

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

د) مواد حباب‌ساز : با افزودن این مواد به بتن ، حبابهای بسیار ریز در آن به وجود می‌آید . وجود این حبابها در بتن ،موجب افزایش پایایی بتن‌شده و تا حدودی از به‌هم خوردن یکنواختی بتن هنگام حمل‌ونقل ، جلوگیری می‌کند . علاوه بر آن ، مواد حباب ساز کارایی بتن را نیز بهبود بخشیده و از مصرف آب و ماسه می‌کاهد . استفاده از این ماده افزودنی ، در مواردی که دانه‌بندی مصالح سنگی ضعیف باشد ، بسیار مفید است. مقاومت فشاری بتن ، به علت وجود حبابهای ریز ، کمی کاهش می‌یابد ؛ ولی این کاهش، به علت مصرف کمتر ماسه و آب در مخلوط بتن ، بسیار اندک‌است و با اندک‌افزایش در مقدار سیمان مورد مصرف ،قابل‌اصلاح است . متأسفانه ، در حال حاضر به علت ناشناخته بودن این ماده افزودنی در ایران ، استفاده از آن به ندرت انجام می‌گیرد .

لازم به یادآوری است که در اغلب موارد ، با تغییر نسبتهای اختلاط و انتخاب مصالح بهتر و تغییر روشهای ساخت بتن ، می‌توان بدون استفاده از مواد افزودنی ، خواص بتن را بهبود بخشید . از این رو ، قبل‌از مصرف مواد افزودنی ، بهتر است روشهای مختلف مورد بررسی قرار گیرند تا اقتصادیترین روش ممکن انتخاب و اجرا شود .

۴ ـ ۲ . عوامل موٴثر بر خواص بتن تازه و بتن سخت شده

۴ ـ ۲ ـ ۱ . بتن تازه

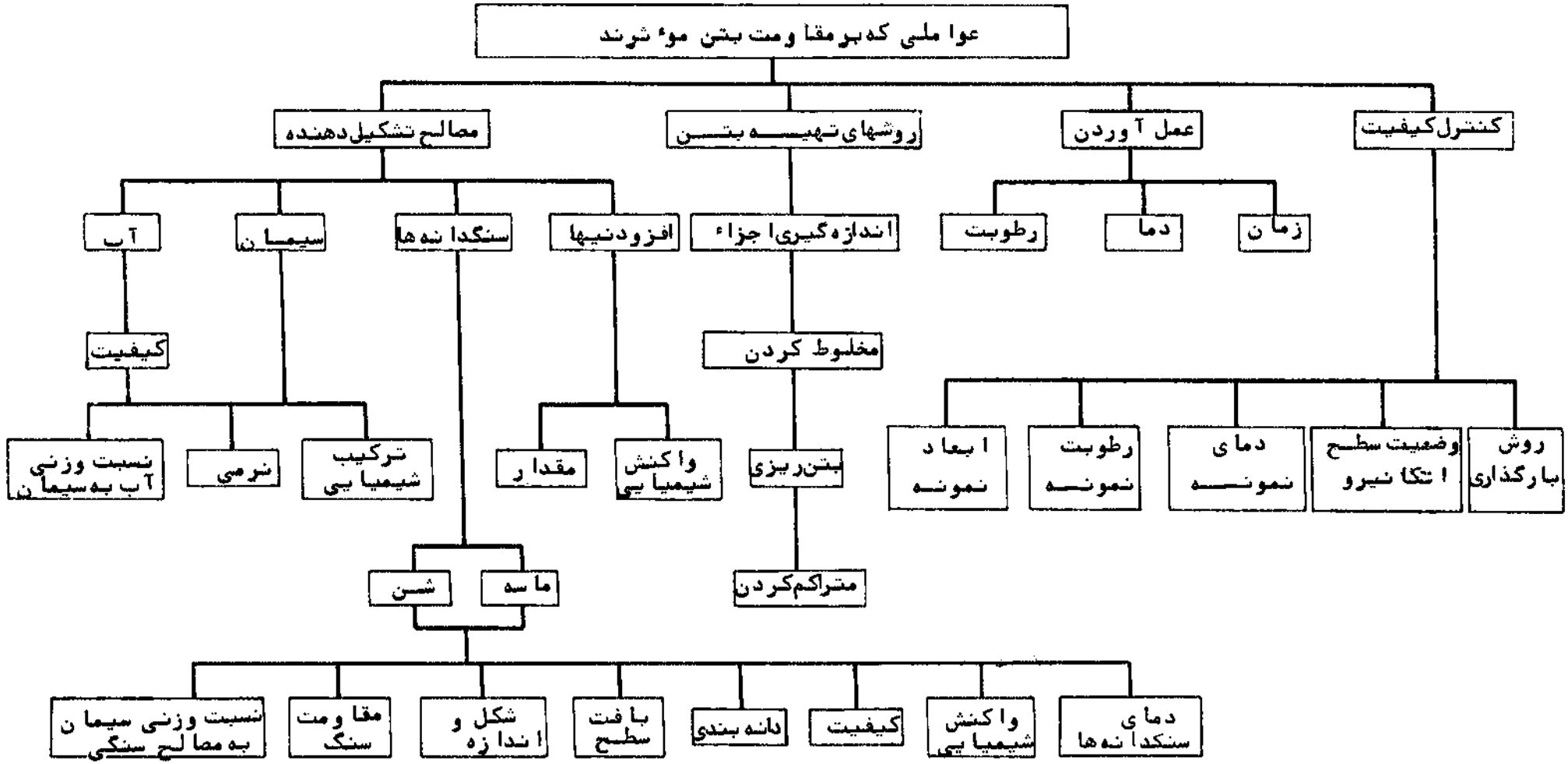
برای اینکه‌عمل اختلاط بتن به‌آسانی و با حداقل کار صورت‌گیرد و یکنواختی مخلوط، در مراحل حمل ،بتن‌ریزی و متراکم کردن ، به هم نخورد ، لازم است که بتن تازه ، دارای خواص پیش بینی شده‌ای باشد که مجموعهٔ این خواص را کارایی بتن می‌نامند . عواملی که بر کارایی بتن تازه موٴثرند در نمودار ۷ نشان داده شده است .

تاکنون ،آزمایشی که نشان‌دهندهٔ دقیق کارایی بتن تازه باشد ، شناخته نشده است و تنها با اندازه‌گیری بعضی از خواص فیزیکی‌آن ، به میزان کارایی بتن تازه پی می‌برند . رایجترین آزمایشی که به این منظور انجام می‌شود آزمایش اسلامپ است که نحوه دقیق انجام این آزمایش، در استاندارد شمارهٔ ۴۹۲ موٴسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ، درج شده است . باید توجه داشت که ممکن است دو نوع بتن تازه اسلامپ یکسان ، دارای کارایی‌های متفاوتی باشند .

۴ ـ ۲ ـ ۲ . بتن سخت شده

بتنی که در ساختمانهای بتن آرمه و بتن پیش تنیده به کار می‌رود ، باید دارای خواص فیزیکی و مکانیکی پیش بینی شده باشد . مهمترین خواص بتن سخت شده ، عبارتند از مقاومت فشاری ، پایایی و جمع شدگی‌که در زیر به منظور یادآوری شرح مختصری در مورد آنها وعوامل موٴثر بر هرکدام ، ارائه می‌شود :

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



نمودار ۸. عوامل مؤثر بر مقاومت فشاری بتن

www.technobetar.ir

www.technobetar.ir

معمولا " بتن با اندازه‌گیری آن مورد قضاوت قرار می‌گیرد . مقاومت فشاری بتن ،عبارت است از حداکثر تنش فشاری که نمونهٔ معینی از بتن ، قبل از رسیدن به حد گسیختگی آن را تحمل می‌کند . مقاومت فشاری بتن ، به عوامل متعددی بستگی دارد و معمولا " عواملی که مقاومت فشاری را افزایش می‌دهند سایر خواص بتن را نیز بهبود می‌بخشند . عوامل موٴثر بر مقاومت فشاری بتن ، در نمودار ۸ نشان داده شده است . ابعاد نمونه‌های آزمایشی ، روش نمونه‌برداری از بتن تازه و روش ساختن و عمل آوردن نمونه‌های بتنی ، به ترتیب در استانداردهای شماره ۱۶۰۸ ، ۴۸۹ و ۵۸۱ موٴسسه استاندارد وتحقیقات 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 موٴثرند و همچنین عواملی‌که موجب افزایش پایایی‌می‌شوند ، به طور خلاصه در نمودار۹ نشان داده شده‌است .

ج) جمع شدگی بتن : هنگامی که بتن در هوای آزاد سخت می‌شود ، از حجم آن کاسته می‌گردد و زمانی که در مجاورت‌آب سخت‌شود به‌حجم‌آن اضافه می‌گردد .این‌دو پدیده را به‌ترتیب جمع شدگی و تورم بتن‌می‌نامند . جمع شدگی بتن به عوامل متعددی بستگی دارد که با توجه به اهمیت این پدیده در ایجاد ترک در سقفهای تیرچه و بلوک ، به اختصار عوامل عمدهٔ موٴثر در جمع شدگی بتن به شرح زیر نام برده می‌شوند :

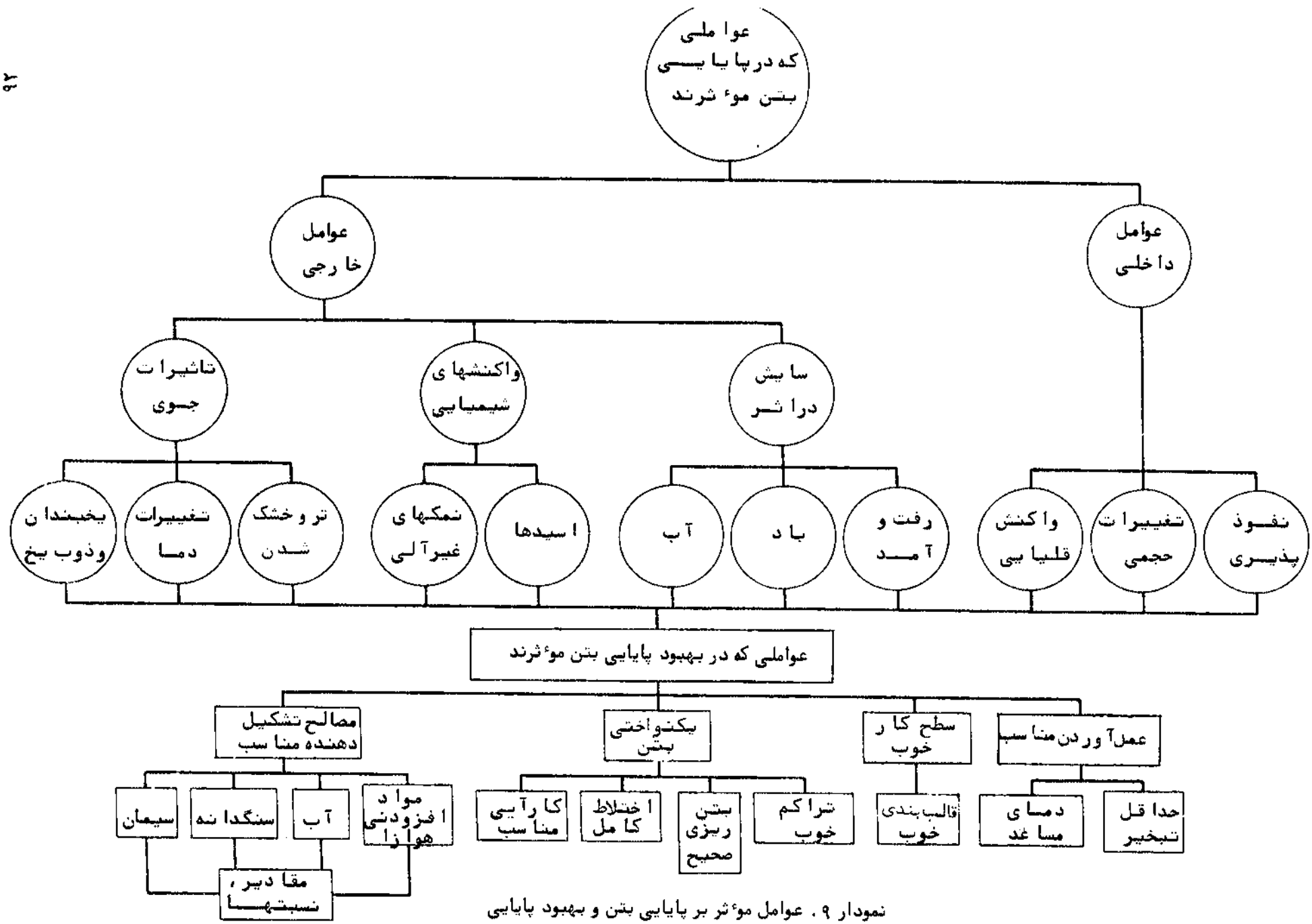
اول . نوع و مقدار سیمان : افزایش مقدار سیمان‌در واحد حجم بتن ،موجب‌افزایش جمع شدگی بتن‌می‌شود ، علاوه بر این ، سیمانهای نرمتر جمع شدگی بتن را افزایش می‌دهند .

دوم . مقدار آب : افزایش نسبت وزنی آب به سیمان ، موجب افزایش جمع شدگی‌بتن 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 . بتنهایی که از مصالح سنگی با دانه‌بندی پیوسته ساخته شوند ، دارای خلل و فرج کمتری بوده و جمع شدگی کمتری‌رانشان می‌دهند .

چهارم . مواد افزودنی : مواد افزودنی تسریع کننده ، معمولا " موجب افزایش جمع شدگی بتن‌می‌شوند .

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 ، تنش کششی درآن نواحی ایجاد می‌شود و منجر به ایجاد ترک می‌گردد . برای جلوگیری از این پدیده ، باید با آب‌پاشی بموقع سطح بتن ، از تبخیر آب آن جلوگیری شود .



نمودار ۹ . عوامل موءثر بر پایایی بتن و بهبود پایایی

www.technobetar.ir

www.technobetar.ir

۵. مختصری دربارهٔ تولید بلوک بتنی وجوشکاری خرپا در کارگاه

۵ – ۱. تولید بلوکهای بتنی درکارگاه

بلوکهای بتنی، معمولا" در کارخانه‌های مجهز تولید می‌شوند؛ ولی در صورت وجود ماشین آلات مناسب، در کارگاههای کوچک نیز قابل تولید هستند. به طور کلی، تولید بلوک شامل ۶ مرحلهٔ اساسی به شرح زیر است:

الف) انتخاب مصالح اولیه مناسب از نظر نوع، کیفیت و دانه‌بندی.
ب) توزین 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.
هـ) 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، معمولا" 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.

ماسهٔ مورد استفاده برای ساختن بلوک، علاوه بر تمیز بودن، باید دارای مقاومت و پایایی کافی بوده، دانه‌بندی پیوسته و مناسبی داشته باشد، کلا" از الک شمارهٔ چهار (۴/۷۵ میلیمتر) بگذرد، حدود ۱۵ تا ۲۵٪ آن از الک‌شمارهٔ ۵۰ (۰/۳ میلیمتر) و ۵٪ آن از الک‌شمارهٔ ۱۰۰ (۰/۱۵ میلیمتر) رد شود. ضریب‌نرمی ماسه بایدبین ۲/۶ تا ۳ باشد. حداکثر سیلت (دانه‌های ۰/۰۰۲ تا ۰/۰۷۵ میلیمتر) قابل قبول در ماسه‌بلوک ۵٪ است.

در مورد سنگ‌دانه‌های درشت، توصیه می‌شود از سنگدانه‌هایی با دانه‌بندی به این شرح استفاده شود: سنگدانه‌ها کلا" ازالک $\frac{۳}{۸}$ اینچ (۹/۵ میلیمتر) رد شوند و روی الک شمارهٔ ۸ (۲/۳۸ میلیمتر) باقی بمانند، عبور ۵٪ شن از الک‌شمارهٔ ۸ (۲/۳۸ میلیمتر)، قابل چشم‌پوشی است. در این حالت، حدود ۲۵٪ تا ۴٪ سنگ‌دانه‌ها، باید از الک شمارهٔ ۴ (۴/۷۵ میلیمتر) رد شوند.

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

www.technobetar.ir

از انواع موادافزودنی کاهنده آب ، تسریع‌کننده و غیره که دارای‌کیفیت خوب و قابل قبول دستگاه‌نظارت باشد ، می‌توان برای بهبود خواص بتن بلوک استفاده کرد .

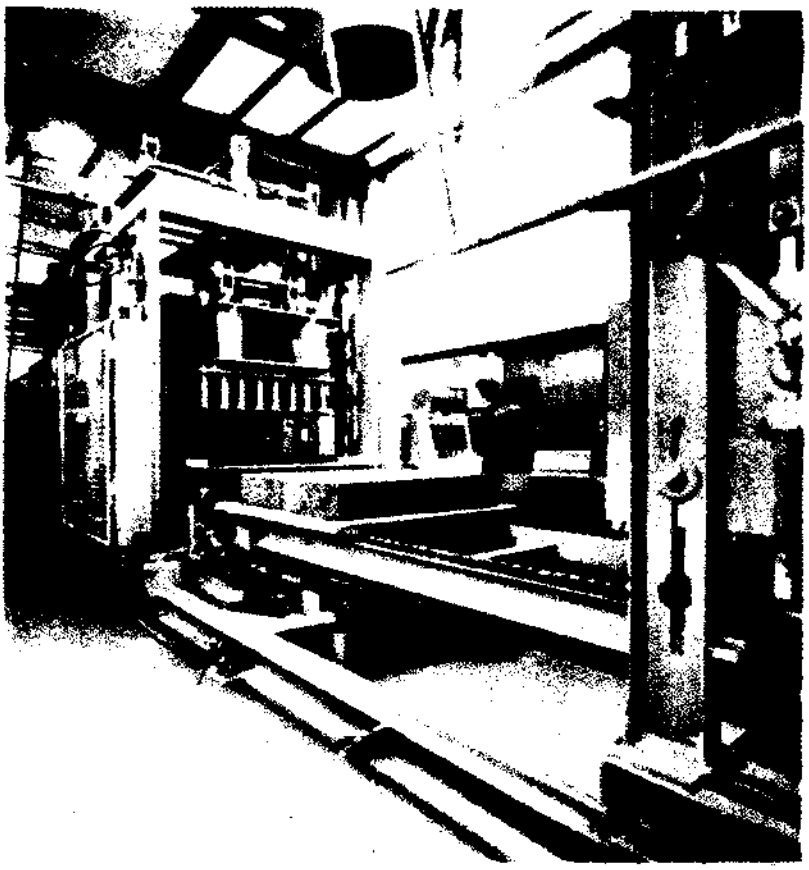
بتن مورد استفاده برای تولید بلوک ، باید از نوع سفت (اسلامپ کمتر از ۲ سانتیمتر) باشد . مصالح‌سنگی بتن بلوک (مخلوط شن و ماسه) ، باید کلا" از الک $\frac{۳}{۸}$ اینچ (۹/۵ میلیمتر) رد شوند و دانه‌های مواد سنگی طوری باشد که مقدار ماسه بیشتر یا کمتر از حد لازم نباشد . نسبت شن و ماسه طوری انتخاب می‌شود که ضریب نرمی مخلوط شن و ماسه بین ۳/۵ تا ۴/۵ باشد . معمولا" مخلوط بتن از ۵۵ تا ۷۰٪ ماسه و ۴۵ تا ۳۰٪ شن گرد گوشه تشکیل می‌شود . در مورد مصالح سنگی شکسته ، این نسبت ممکن است به ۴۰ تا ۷۵٪ ماسه و ۲۵ تا ۶۰٪ شن تغییر یابد .با وجود آنکه دانه‌بندی با ضریب نرمی کمتر ،برای مقادیر یکسان سیمان‌مقاومت بیشتری ایجاد می‌کند ، ولی نرمی ،همیشه لازمه‌کارایی مناسب یک بتن خوب است و موجب‌سطح یکنواخت و صاف بلوک می‌شود . میزان شکستگی بلوکها نیز ، با مصالح سنگی با ضریب نرمی بیشتر ، کاهش می‌یابد .

مطمئن‌ترین و بهترین روش برای تعیین مقادیر مناسب شن ، ماسه ، سیمان و آب ، ساختن نمونه‌های آزمایشی و مقایسه نتایج آنهاست که با تغییر نسبت ماسه به کل مصالح سنگی و مقادیر مختلف سیمان ، انجام می‌شود . روش ساخت نمونه‌های آزمایشی ، در پیوست ۳ شرح داده شده است . برای مقایسه میزان کارایی بتن ، جذب آب ، ترک‌خوردن ، بافت سطحی ، مقاومت و وزن مخصوص بلوک ، موردنظر قرار می‌گیرد . رفتار خوب‌بتن تر در ماشین بلوک‌زن و قالب‌گیری راحت و خوب ، و راحتی حمل و نقل بلوکهای خیس ، نشان دهندهٔ کیفیت خوب بلوک نهایی است . کوشش اولیه برای تعیین بهترین میزان اختلاط ، موجب بهبود کیفیت و راحتی کار در تمام دورهٔ تولید خواهد شد .

تولید بلوک‌در کارخانه‌ها و کارگاهها ، معمولا" توسط دستگاههای مجهز تمام اتوماتیک یا نیمه اتوماتیک انجام می‌شود و پس از ساختن‌بتن در دستگاههای بتن‌ساز ، بلوکها توسط بلوک زن‌های ثابت و سیار ،قالب‌گیری می‌شوند . دستگاههای بلوک‌زن ثابت ، در محل ثابتی نصب‌می‌شوند و بلوکها روی پالتهای چوبی یا فلزی قالب‌گیری می‌شوند .پالتهای حاوی‌بلوکهای تازه‌تولید شده ، روی‌ریلهایی به طرف‌جلو رانده شده و در قفسه‌های چند ردیفی چیده‌می‌شوند . سپس توسط لیفتراکهای‌مخصوص ، به محوطه‌مراقبت حمل‌می‌گردند . روش‌عمل‌آوردن بلوک در کارخانه‌ها ، خود بحثی طولانی است و در حوصلهٔ این نشریه نمی‌گنجد .

در کارگاهها ، تولید بلوک توسط دستگاههای بلوک‌زن سیار ، انجام می‌شود. در این روش تولید ، بلوکها روی زمین و در بسترهای صاف بتنی قالب‌گیری می‌شوند و دستگاه بلوک‌زن بعد از هر دورهٔ قالب‌گیری به طرف جلو حرکت می‌کند تا بلوکهای بعدی را تولید نماید . به علت گسترده بودن سطح بستر تولید و ضخامت نازک جداره بلوکها ،آب بتن بسرعت تبخیر می‌شود و با کمترین غفلت در مراقبت از آن ، کل محصول از بین‌می‌رود. تابش‌آفتاب ، باد ، باران و جریان هوای گرم و سرد ، از عوامل مهمی هستند که موجب صدمه دیدن بلوکهای تازه می‌گردند و بلوکها باید در برابر آنها محافظت شوند . برای کاهش میزان آسیب‌پذیری ، معمولا" بلوکهادر محلهای سرپوشیده و محفوظ از جریان هوا تولید می‌شوند تا از تابش‌آفتاب و باد و باران و سرما محفوظ باشند

www.technobetar.ir



شکل ۶۷ . یک نوع دستگاه بلوکزن ثابت

شکل ۶۸ . یک نوع دستگاه بلوکزن سیار

www.technobetar.ir

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

بلوکهای تولید شده . بلافاصله بعد از گیرش اولیه بتن و قبل از آنکه سطح آنها کاملا" خشک شود ،توسط آب پاشهای مخصوص که آب را به صورت پودر روی بلوکها به طور یکنواخت می‌پاشند ، مرطوب می‌شوند . این کار در دمای حدود ۱۵ درجهٔ سانتیگراد به مدت ۳ شبانه روز ، به طور مداوم ادامه می‌یابد ؛ 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 درهوای خنکتر ، بیشتر می‌شود و زمان مراقبت در هوای گرم کاهش یافته و در هوای‌سرد افزوده می‌شود . بعد از این‌مرحله ، بلوکها جمع‌آوری و به انبار بلوک برده می‌شوند ، ولی آب‌پاشی آنها تا ۷ روز بعد از تولید ادامه می‌یابد ؛ به طوری که حداقل ۳ بار در روز آب‌پاشی انجام می‌شود .

بلوکهای بتنی ، نباید در دمای کمتر از ۵ درجه سانتیگراد تولید شوند . در صورتی که بلوکهایی قبلا" تولید شده‌باشند ولی زمان مراقبت از آنها تمام نشده باشد ، آب‌پاشی در دمای کمتر از ۵ درجه سانتیگراد باید متوقف شود .

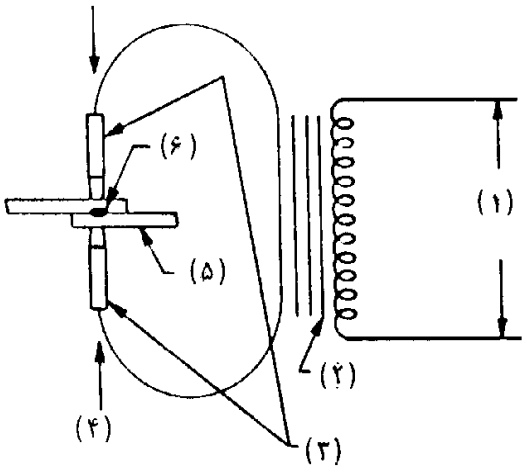
۵ ـ ۲ . جوشکاری اعضای خرپای تیرچه

اتصال اعضای خرپای 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 اعضای تیرچه خرپایی 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 اعضای مورد جوشکاری وارد می‌آید ، این اعضا به همدیگر جوش می‌شوند . در این روش،مادهٔ اضافی برای‌عمل جوشکاری ، به کار برده نمی‌شود و ایجاد فشار ، توسط فکهای الکترود ، برای حصول یک اتصال خوب کافی‌است . با توجه به اینکه هر اتصال فقط چند دهم ثانیه طول می‌کشد ، جوشکاری فولادهای اصلاح شده ، با این روش امکانپذیر است . جوشکاری به روش مقاومتی ، به کمک دستگاههای مخصوصی انجام می‌شود که معمولا" می‌توانند جوشکاریهای همزمان چند اتصال را ، در یک مرحله انجام دهند . ماشینهای جوشکاری ، از نظر تکنیک ، جوشکاریهای همزمان ، سیستم ایجاد فشار در محل اتصال و غیره ، به طور گسترده‌ای با یکدیگر فرق‌دارند . با ادغام ماشینهای جوشکاری با تجهیزات و تأسیسات دیگر ، تولید شبکه و خرپا ، به طور اتوماتیک انجام می‌شود. شکل ۷۰ ، یکی از انواع ماشینهای جوشکاری مخصوص‌خرپا را نشان می‌دهد .

از روش جوش مقاومتی ، برای اتصال آرماتورهای گرم نورد شده به شرط جوش پذیر بودن آنها ، می‌توان استفاده کرد ، بدون آنکه محدودیتی از نظر قطر مطرح باشد . ولی در مورد میلگردهای اصلاح شده ، علاوه بر شرایط بالا ، دست کم یکی از دو میلگرد مورد اتصال ، باید دارای قطری کمتر از ۱۰ میلیمتر باشد . در غیر این صورت ، خطر از بین رفتن افزایش مقاومت حاصل از اصلاح سرد فولاد وجود خواهد داشت . تسمه‌ها و ورقه‌های خم شده برای ساخت خرپا ، فقط با این روش جوشکاری به هم متصل می‌شوند .

www.technobetar.ir

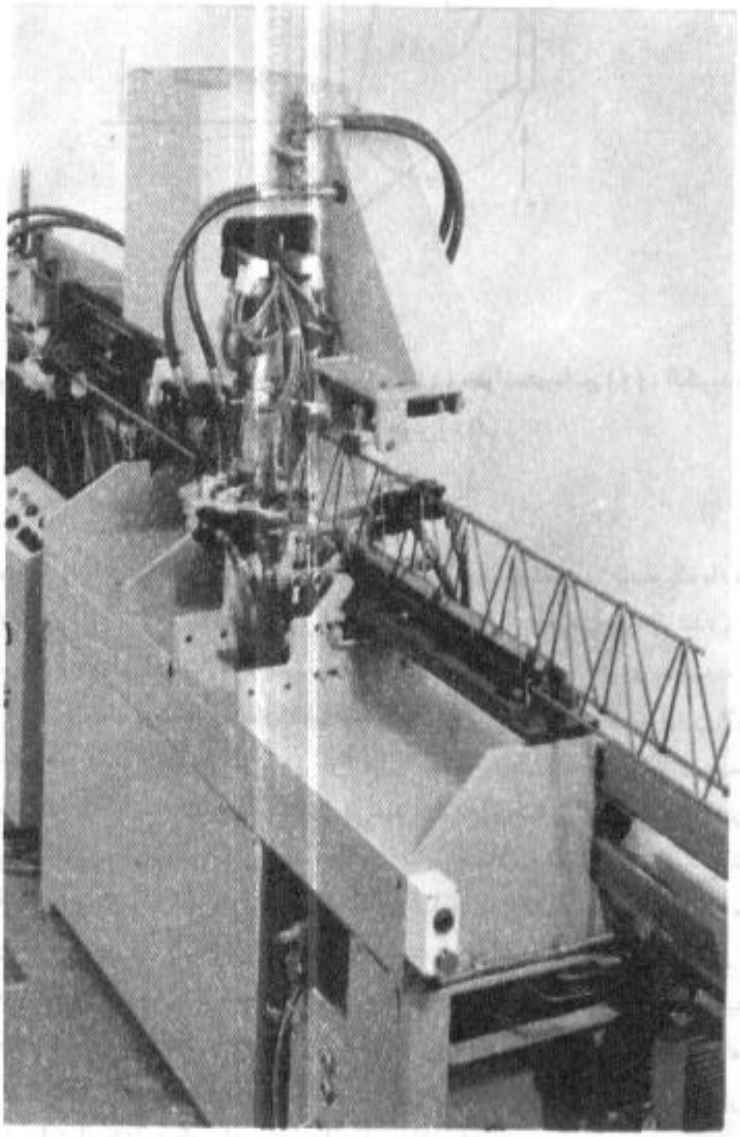


شکل ۶۹. تصویر شماتیک فرایند جوش مقاومتی. منبع برق (۱)، ترانسفورماتور (۲)، الکترودهای فکی (۳)، نیروی فشاری (۴)، قطعه جوش شونده (۵)، جوش (۶).

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 قطعهٔ 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 شده‌را در لابلای آن پر می‌کند، به طوری که الکترود مذاب کاملا" محل اتصال را بپوشاند و حدود ۱ تا ۲ میلیمتر در میلگردها نفوذ کند. فاصلهٔ نوک الکترود از محل جوشکاری، باید حداقل ممکن باشد تا مادهٔ مذاب به راحتی از الکترود به طرف قطعه، جریان یابد. لازم به یادآوری 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 نیتراته (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.

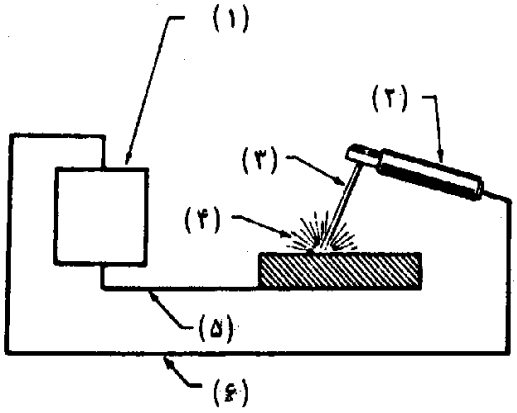
میله الکترودی که در جوشکاری از آن استفاده می‌شود، یک میلهٔ فلزی است که سطح آن از مادهٔ مخصوصی پوشیده شده است. این ماده پوششی، در اثر حرارت ناشی از قوس الکتریکی، گاز بی‌اثری تولید می‌کند تا فلز ذوب‌شده را از اکسیده و نیتراته‌شدن حفاظت کند. قطر میله الکترود، بسته به شرایط‌کار، مهارت جوشکار و وضع درز اتصال،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

www.technobetar.ir



شکل ۷۰. دستگاه اتوماتیک تولید خرپای تیرچه

www.technobetar.ir



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 جوش‌پذیری 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 ومهارت 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، براحتی می توان استفاده کرد. در جوشکاری خرپای تیرچه با روش جوش الکتریکی، قطر میلگردهای کششی خرپا نباید از ۸ میلیمتر، و قطر میلگردهای عرضی و بالایی نباید از ۶ میلیمتر، کمتر باشد.

باید از جوشکاری در درجه حرارت پایین‌تر از ۵- درجه سانتیگراد، خودداری شود و در صورتی‌که 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٪ نیز نباید الکترودها بیش از ۴ ساعت در معرض هوا قرار 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 جوش‌پذیری 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 تاشدگی قرار داد، و بعد از حصول اطمینان از نتایج عمل، جوشکاری را شروع کرد.

www.technobetar.ir

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

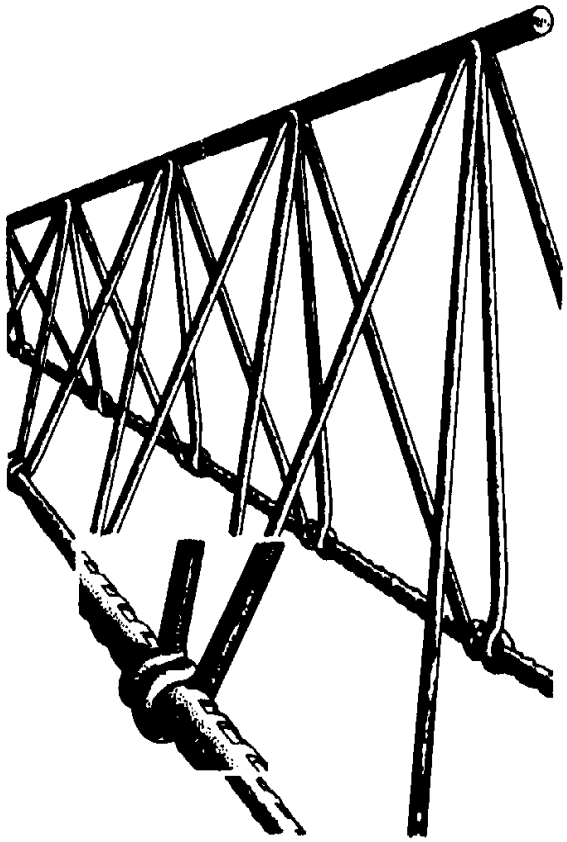
۱. جوشکاری در ساختمانهای فولادی	نشریه شماره ۲۰
۲. تجهیز و سازمان دادن کارگاه جوشکاری	نشریه شماره ۲۱
۳. جوش‌پذیری فولادهای ساختمانی	نشریه شماره ۲۲
۴. بازرسی و کنترل کیفیت جوش	نشریه شماره ۲۳
۵. ایمنی در جوشکاری	نشریه شماره ۲۴
۶. جوشکاری در درجات حرارت پایین	نشریه شماره ۲۶

تولید خرپا با ماشینهای اتوماتیک، هزینهٔ 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 ازنظر فنی قابل قبول خواهد بود.

برای جوشکاری با دست، باید قبلا" امکانات و تجهیزات مناسب تهیه شده باشد و پس از حصول اطمینان از جوش‌پذیر بودن آرماتورها و سازگار 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 تأثیر جوشکاری در مقاومت فولاد اطمینان حاصل شود.

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

www.technobetar.ir



شکل ۷۲. اتصال مکانیکی فولاد کششی به فولاد عرضی

www.technobetar.ir

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 ۷۰ سانتیمتر بیشتر باشد .

ب) بتن پوششی قسمت بالای سقف (روی بلوکها) ، نباید از ۵ سانتیمتر و همچنین از $\frac{۱}{۱۲}$ فاصلهٔ محور به محور تیرچه‌های مجاور ، کمتر باشد .

ج) عرض تیرچه‌ها نباید از ۱۰ سانتیمتر کوچکتر و همچنین از $\frac{۱}{۳/۵}$ برابر ضخامت کل سقف کمتر باشد .

د) حداقل فاصلهٔ دو بلوک دو طرف یک تیرچه ، پس از نصب ، نباید از ۶/۵ سانتیمتر کمتر باشد .

هـ) ضخامت سقف برای تیرهای با تکیه‌گاه ساده ، نباید از $\frac{۱}{۲۰}$ دهانه کمتر باشد . در مورد تیرهای یکسره (تکیه‌گاههای گیردار) ، نسبت ضخامت به دهانه ، به $\frac{۱}{۲۶}$ دهانه کاهش می‌یابد . در سقفهایی که مسئله خیز مطرح نباشد ، این مقدار می‌تواند تا $\frac{۱}{۳۵}$ دهانه نیز کاهش یابد .

و) حداکثر دهانهٔ مورد پوشش (در جهت طول تیرچه‌های پیش ساخته) با تیرچه‌های منفرد ، نباید از ۸ متر بیشتر شود . توصیه می‌شود برای اطمینان بیشتر ، دهانهٔ 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 درجا

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 خرپایی تولید می‌شود . تیرچه‌ها در دو مرحله تحت اثر نیرو قرار می‌گیرند .

www.technobetar.ir

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

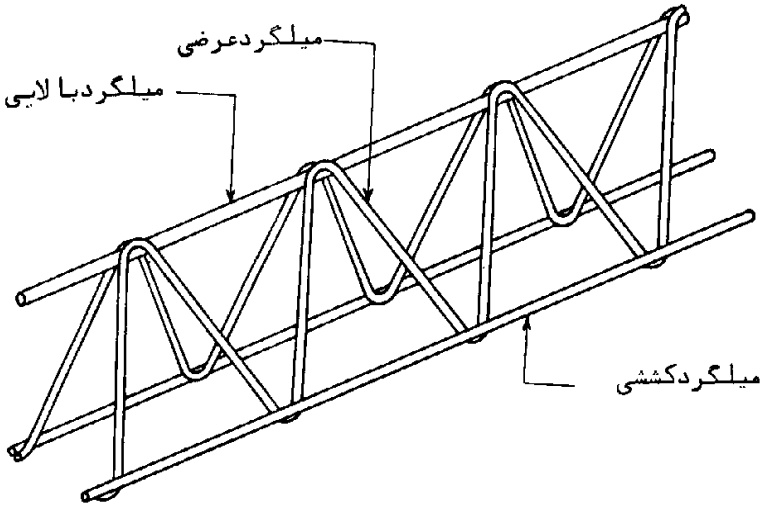
در مرحلهٔ دوم باربری که پس از حصول مقاومت بتن‌پوششی و جمع‌آوری تکیه‌گاههای موقت فرا می‌رسد ، تیرچه به عنوان عضو خمشی سقف ، نیرو را تحمل می‌کند .

۶ – ۱ – ۱. تیرچه پیش ساخته خرپایی

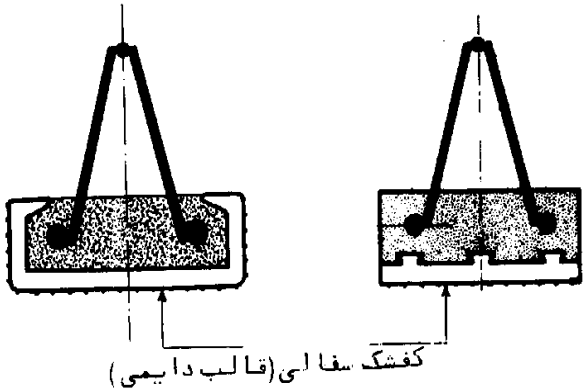
تیرچه پیش ساخته خرپایی ، از خرپای فولادی و پاشنه بتنی تشکیل می‌شود و در صورتی که از قالب دایمی‌برای بتن‌ریزی پاشنه استفاده شود ، آن را تیرچه خرپایی کفشکدار می‌نامند .

خرپای تیرچه ، شبکهٔ پیش ساخته‌ای از آرماتورهای کششی و عرضی و میلگرد اتصال‌بالایی است که به‌شکل خرپا به همدیگر جوش شده و ایستایی لازم را برای حمل و اجرا تأمین می‌کند .

(الف)



(ب)



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

www.technobetar.ir

فولاد مورد استفاده برای ساخت خرپا ، علاوه بر دارا بودن مدول ارتجاعی کافی ، باید جوشپذیر بوده و حداقل مجاز تنجش (تغییر طول نسبی) در مرحلهٔ گسیختگی را دارا باشد .این مقدار تنجش در مورد فولادهای نرم (A-I) ، به ۲۰٪ ، برای فولادهای نیم‌سخت و سخت‌گرم نورد شده ، به ۱۸٪ و در مورد فولادهای اصلاح شده ، به ۸٪ محدود می‌شود .

اتصال اعضای خرپای تیرچه ، معمولا" توسط عمل جوشکاری تأمین می‌گردد و برای این منظور ، از دو روش جوش مقاومتی وجوش با قوس الکتریکی استفاده می‌شود . توضیحات بیشتر در مورد جوشکاری اعضای خرپای تیرچه ، در فصل پنجم درج شده است .

۶ – ۱ – ۱ – ۱ . فولاد کششی

سطح مقطع فولاد کششی خرپا ، از طریق محاسبه تعیین می‌شود و در هر صورت ، برای فولاد نرم (A-I) ، از ۰/۰۰۲۵ و برای فولاد نیم‌سخت و سخت از ۰/۰۰۱۵ برابر سطح مقطع جان تیر T ، نباید کمتر باشد .توصیه می‌شود ، سطح مقطع آرماتورهای کششی از ۲/۵٪ سطح مقطع جان تیر T 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 .

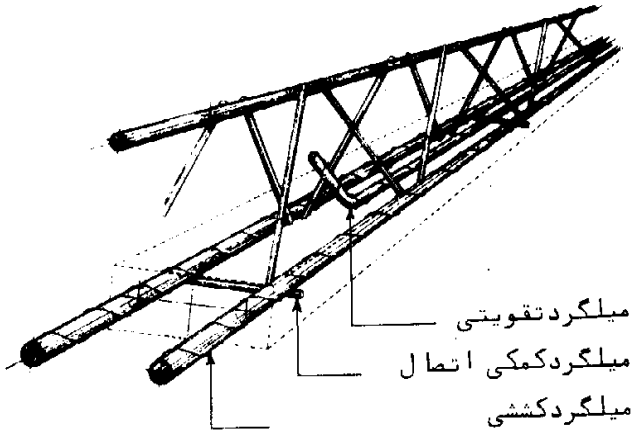
توصیه می‌شود برای به حداقل رساندن تأثیر جوش در مقاومت فولاد کششی ، فولاد کششی خرپا از میلگردهایی با سطح مقطع کوچکتر (مثلا" به قطر ۸ یا ۱۰ میلیمتر) انتخاب شود و بقیه فولادهای کششی مورد نیاز تیرچه ، به صورت میلگردهای تقویتی نصب گردند .

دست کم ، ۵۰٪ سطح مقطع میلگردهای کششی سقف باید در سراسر طول تیرچه ادامه داشته باشد ،ولی می‌توان طول میلگردهای تقویتی مازاد بر ۵۰٪ سطح مقطع کل فولاد کششی را ، با محاسبه تعیین کرد و در محلهای حساب شده قطع نمود . در عمل ، دو انتهای میلگردهای تقویتی ، برای قابل دید بودن قطر و طول آنها ، با زاویهٔ ۴۵ درجه به طرف بالا خم می‌شوند .

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

فاصلهٔ آزاد بین میلگردهای کششی خرپا و میلگردهای تقویتی ، نباید از قطر بزرگترین دانهٔ شن بتن پاشنه باضافه ۵ میلیمتر ،و فاصلهٔ آن از لبهٔ جانبی بتن پاشنه ، نباید از ۱۰ میلیمتر کمتر باشد . فاصلهٔ میلگرد کششی از لبهٔ زیرین بتن پاشنه ، نباید از ۱۵ میلیمتر کمتر باشد . در صورتی که از کفشک (قالب سفالی یا بتنی) در ساخت خرپا استفاده شود ، فاصلهٔ آزاد میلگردکششی از سطوح افقی و قائم داخل قالب ، نباید از ۱۰میلیمتر کمتر باشد .

www.technobetar.ir



شکل ۷۴. نحوه استقرار میلگرد تقویتی تیرچه خرپایی

۶ – ۱ – ۱ – ۲. فولاد عرضی

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

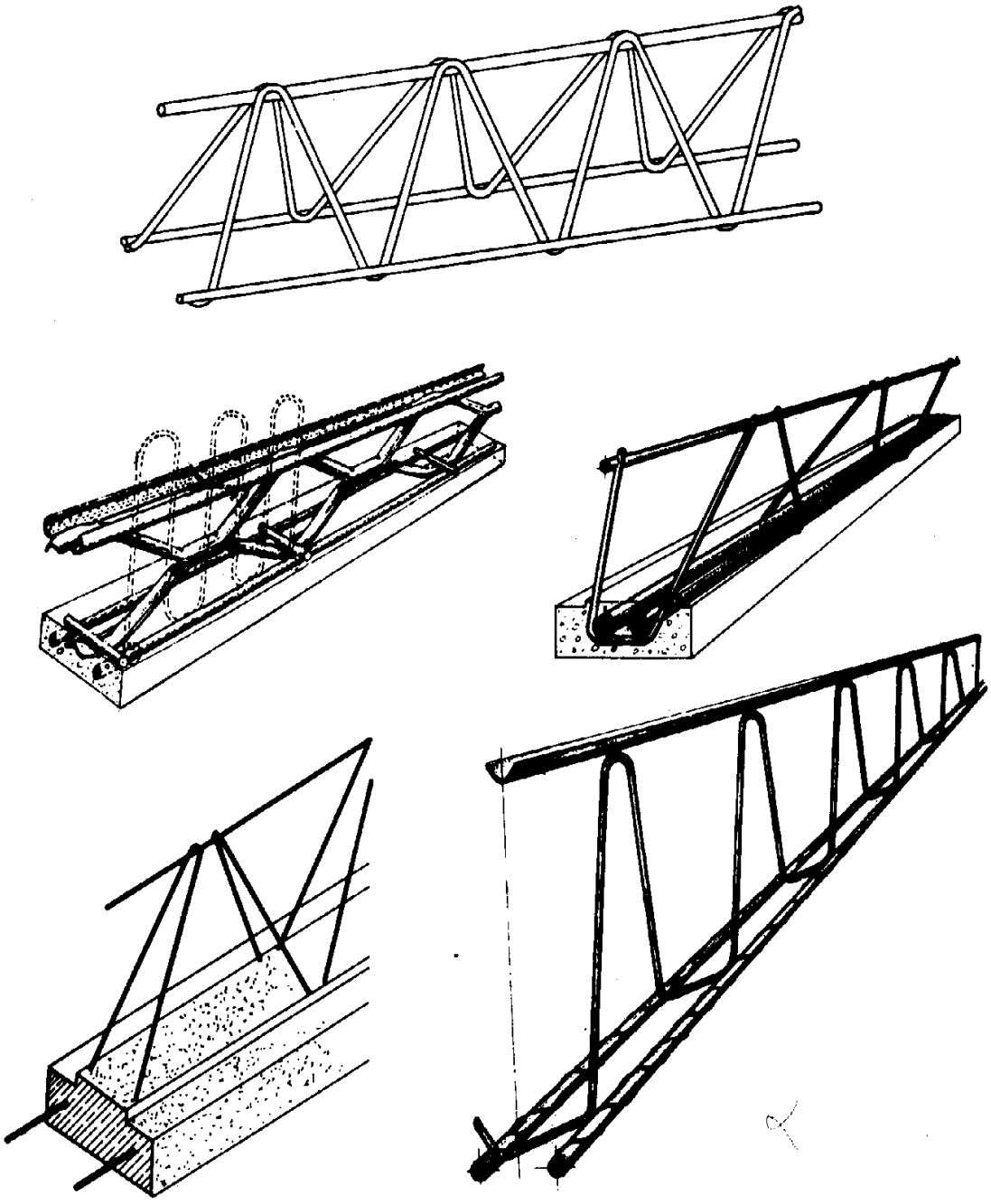
سطح مقطع میلگردهای عرضی خرپا ، نباید از $0/0015\ b_w . t$ کمتر باشد ، که b_w عرض پاشنهٔ تیرچه و t فاصله دو آرماتور عرضی متوالی است .

در مورد خرپای ماشینی با میلگردهای عرضی مضاعف ، 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 زاویهٔ میلگردهای عرضی نسبت به خط افق، ۳۰ درجه است و فاصله دو میلگرد عرضی متوالی در تیرچه‌های خرپایی ، حداکثر ۲۰ سانتیمتر است .

۶ – ۱ – ۱ – ۳. عضو بالایی تیرچه

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

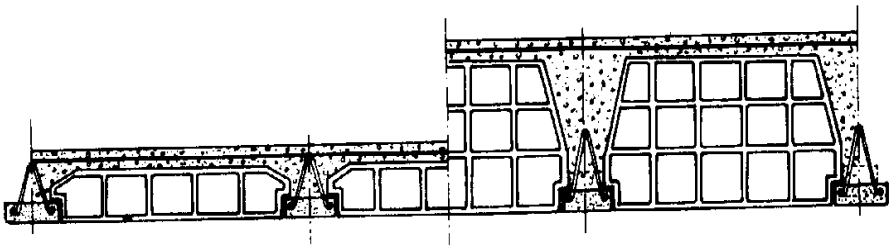
www.technobetar.ir



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

www.technobetar.ir

حرارتی نمی‌توان استفاده کرد ، ثانیا" ، 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 خرپا تغییر می‌کند . در صورتی که این فولاد در داخل بتن پوششی قرار گیرد ، کنترل محدودیتهای مربوط به فولاد جمع شدگی و حرارتی ، در مورد آن ضروری است . این محدودیتها در بند ۶ـ۳ این فصل درج شده است .

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

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

۶ – ۱ – ۱ – ۴. بتن پاشنه

برای تأمین تکیه‌گاه برای بلوکها (قالبهای دایمی) و نیز برای پرهیز از قالب‌بندی قسمت زیرین سقف ، پاشنه تیرچه خرپایی ، قبل از نصب بتن‌ریزی می‌شود .

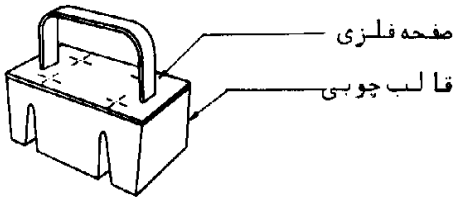
پوشش بتنی روی میلگردها که در بند ۶ـ۴ شرح داده شده ، مربوط به تیرچه‌های مورد استفاده در فضای داخلی ساختمانهاست و مقاومت کافی در برابر آتش سوزی را برای حدود یک ساعت ، تأمین می‌کند . درصورتی که‌مقاومت بیشتری‌در برابر آتش سوزی موردنظر باشد ، یا تیرچه‌ها در محیطهای باز ، مانند بالکنها یا فضاهایی که دارای اثر زیان‌آور برای فولاد باشد قرار گیرند ، اجرای یک لایه اندود ماسه سیمان پرمایه به ضخامت‌حداقل ۱۵ میلیمتر ، در زیر سقف ضروری است .

www.technobetar.ir

حداقل‌عرض پاشنه بتنی ۱۰ سانتیمتر است و معمولا" آن را به عرض ۱۲ سانتیمتر، اجرا می‌کنند. حداقل ضخامت بتن پاشنه ۴ سانتیمتر است و نباید از قطر بزرگترین میلگرد کششی باضافه ۳۰ میلیمتر، کمتر باشد. معمولا" ضخامت بتن پاشنه، از ۴/۵ تا ۵/۵ سانتیمتر اجرا می‌شود.

بتن پاشنه، نقش بسیار مهمی در نحوهٔ اجرای سقف دارد. چنانچه سطوح افقی و عمودی پاشنه تیرچه، در امتداد طولی انحنا داشته باشند، جاگذاری بلوکها با اشکالاتی مواجه خواهد شد. همچنین، اگر نشیمنگاه بلوک صاف و یکنواخت نباشد، سطح زیرین سقف ناهموار خواهد شد.

بتن‌ریزی پاشنه تیرچه، پس از جاگذاری خرپا در قالب‌فلزی یا کفشک‌بتنی و سفالی (قالب دایمی)، انجام می‌شود و هنگام بتن‌ریزی، باید از قرار گرفتن صحیح خرپا در قالب و تأمین پوشش بتنی حداقل میلگردهای کششی در تمام‌طول 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 قالبهایی مطابق شکل ۷۷، در دو انتهای تیرچه استفاده شود.



شکل ۷۷. قالب چوبی دو انتهای پاشنهٔ بتنی تیرچه

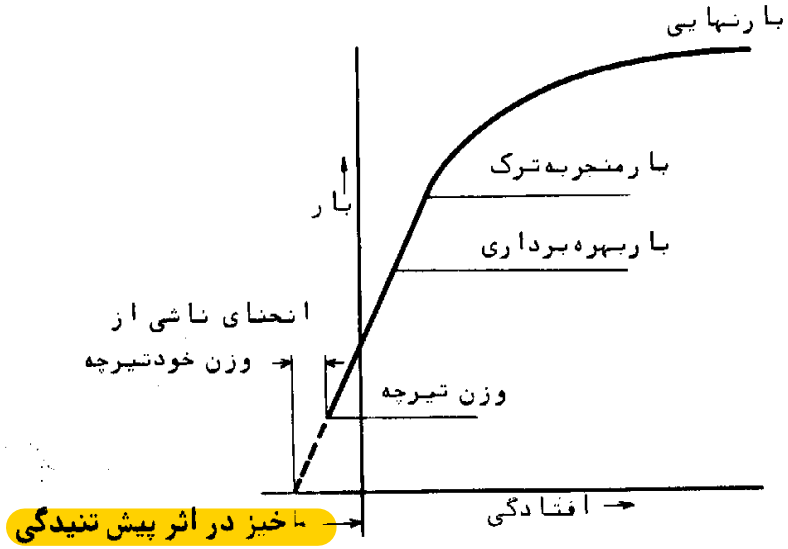
پس از بتن‌ریزی، باید مراقبتهای لازم برای مرطوب نگاهداشتن و حفاظت بتن، معمول گردد و در صورت لزوم با استفاده از بخار آب و حرارت، بتن پرورده شود. لازم به یادآوری است که مقاومت تیرچه در برابر آتش سوزی و عوامل جوی، با تاب فشاری بتن پاشنه افزایش می‌یابد.

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

۶ – ۱ – ۲. تیرچهٔ پیش تنیده

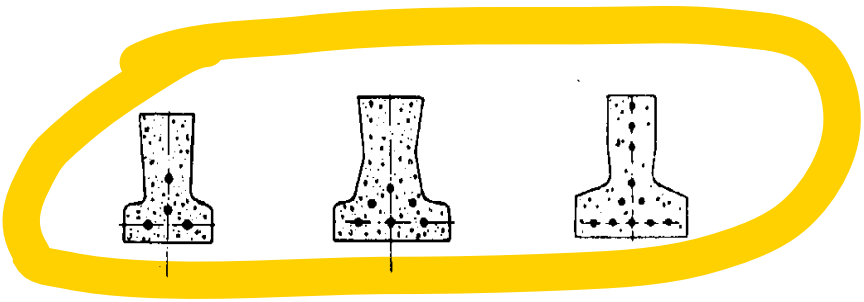
تیرچهٔ پیش تنیده، در واقع قسمتی از سطح مقطع سقف نواری است که در اثر بار بهره‌برداری، تحت تنش کششی قرار می‌گیرد و مقدار پیش تنیدگی آن، باید به حدی باشد که تیرچه هنگام حمل و نقل، نصب، بتن‌ریزی و همچنین تحت اثر بارهای بهره‌برداری، ترک نخورد.

www.technobetar.ir



نمودار ۱۰. تغییرات افتادگی تیرچه پیش تنیده، برحسب تغییرات بار وارده به آن

سطح مقطع تیرچهٔ 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 حمل‌ونصب‌تیرچه و تحمل بارهای اجرایی در مرحله قالب‌بندی، تأمین می‌کند. سطح بالایی تیرچه، برای ایجاد پیوستگی کافی، با بتن پوششی به‌طور 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

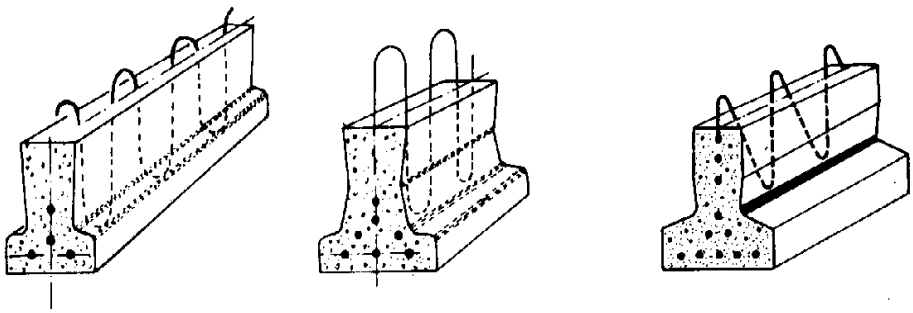
www.technobetar.ir

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 برسانتیمتر مربع، همچنین، از دو برابر تنش فشاری قسمت زیرین تیرچه‌ها، کمتر باشد.

برای ایجاد پیش تنیدگی در بتن تیرچه، معمولا" از چند رشته سیم فولادی به قطر ۵ میلیمتر، با مقاومت نهایی ۱۷۵۰۰ تا ۱۹۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع، استفاده می‌شود. سیمها 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 کلیهٔ جهات، دست کم ۲۰ میلیمتر است و فاصلهٔ دو سیم مجاور از هم‌به‌حدی است که بزرگترین دانهٔ سنگی بتن، به آسانی بتواند از لابلای آنها جابه‌جا شود. محل استقرار سیمها طوری انتخاب می‌شوند که تنش فشاری در قسمت زیرین تیرچه، بیشتر از تنش قسمت بالایی آن باشد.

تیرچه‌های پیش تنیده، معمولا" فاقد آرماتورهای عرضی هستند ولی در بعضی از انواع آن، برای تقویت مقاومت برشی دو انتهای تیر، میلگردهای 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.



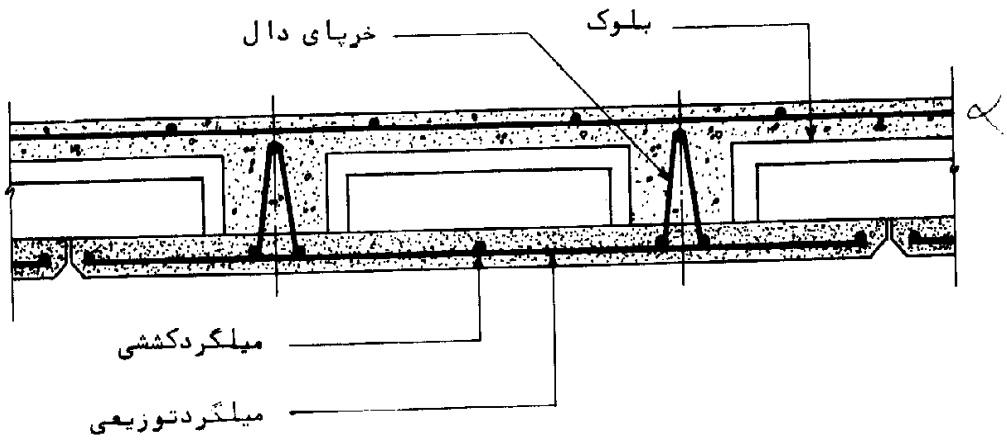
شکل ۸۰. نحوه استقرار میلگرد عرضی، در تیرچه‌های پیش تنیده

www.technobetar.ir

۶ ـ ۱ ـ 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 حداکثر نظارت بر کیفیت و کاهش زمان نصب و اجرا ، پاشنه‌های بتنی آنها به طور پهن و به هم چسبیده ساخته شده است . ضخامت دالهای نیم پیش ساخته ، مانند پاشنهٔ تیرچه‌ها ، در حدود ۴ الی ۵/۵ سانتیمتر است . عرض دالها ، با توجه به تجهیزات موجود برای نصب ، و عرض سقف مورد پوشش تعیین می‌شود . طول دالها نیز براساس محدودیتهای مربوط به تیرچه‌ها ، تعیین می‌گردد . این نوع دالها ، در عرضهای ۱/۲۰ تا ۲/۴۰ متر تولید می‌شوند .

این نوع دالها برای دهانه‌های مختلف ، به راحتی قابل اجرا هستند . در صورتی که ضخامت سقف بیش از ۱۲ سانتیمتر باشد ، با استفاده از بلوکهای توخالی U 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 تیرچه‌ها در دو نوع خرپایی و پیش تنیده تولید می‌شوند .

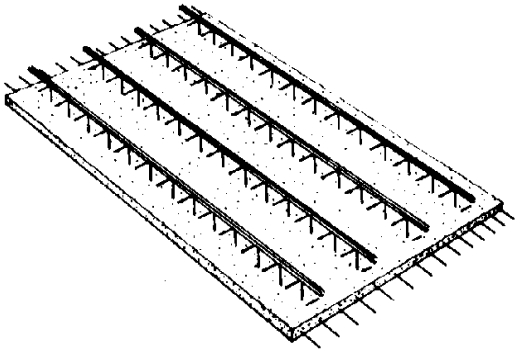


شکل ۸۱. مقطع سقف اجرا شده با دال نیم پیش ساخته

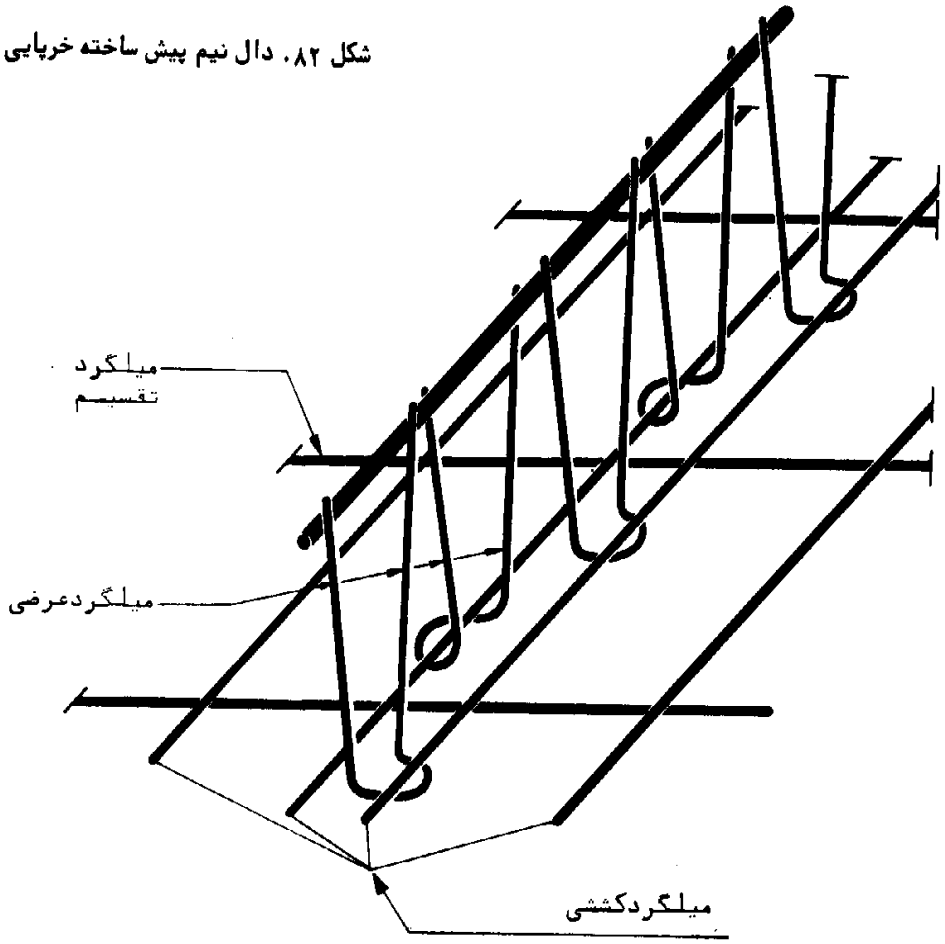
الف) دالهای نیم پیش ساخته خرپایی: دالهای نازکی هستند که شبکه آرماتورهای کششی و تقسیم سقف، در داخل بتن زیرین قرار می‌گیرد .از مزایای مهم این روش اجرا ،امکان استفاده از شبکه‌های پیش ساخته آرماتور است . خرپاهای فولادی ، در فواصل معین ، در دال نیم پیش ساخته نصب می‌شوند و عملکرد آنها به شرح زیر است :

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

www.technobetar.ir



شکل ۸۲. دال نیم پیش ساخته خرپایی



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

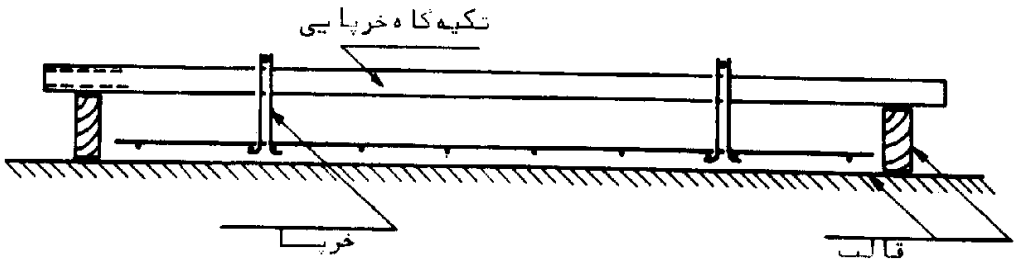
www.technobetar.ir

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

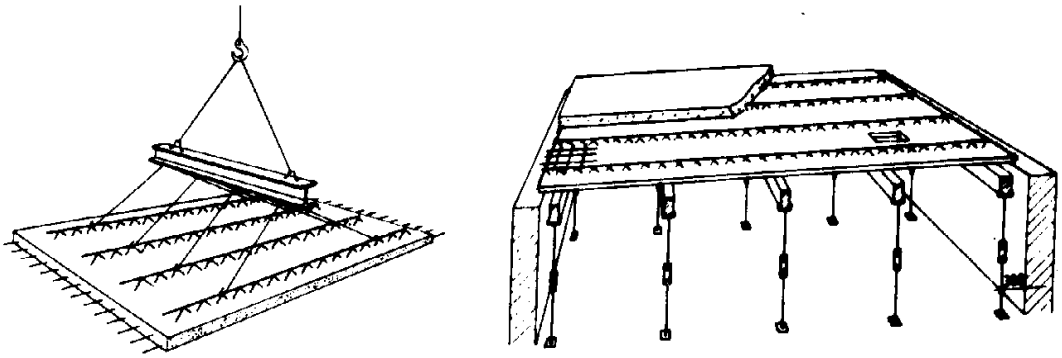
روش تعیین سطح مقطع میلگردهای کششی و عرضی خرپا ، مانند روش محاسباتی درج شده در نشریهٔ شمارهٔ ۹۴ است ؛ با این تفاوت که در دالهای نیم پیش ساخته ، میلگردهای کششی ، به طور گسترده و یکنواخت در سطح دال پخش می‌شوند . فاصله این میلگردها نباید از سه برابر ضخامت کل دال و یا ۳۵ سانتیمتر ، هر کدام کمتر است ، بیشتر باشد . سطح مقطع میلگردهای توزیعی ، معادل ۲۵٪ سطح مقطع آرماتورهای کششی انتخاب می‌شود و معمولاً در فواصل ۲۵ سانتیمتر و در امتداد عمود بر امتداد میلگردهای کششی ، نصب می‌گردد .

هنگام بتن‌ریزی ، سطح بالایی دال به‌طور ناهموار اجرا می‌شود تا پیوستگی آن با بتن پوششی ، درجا 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 . فاصلهٔ خرپا از لبه کناری دال ، نباید از ۳۰ سانتیمتر کمتر باشد .



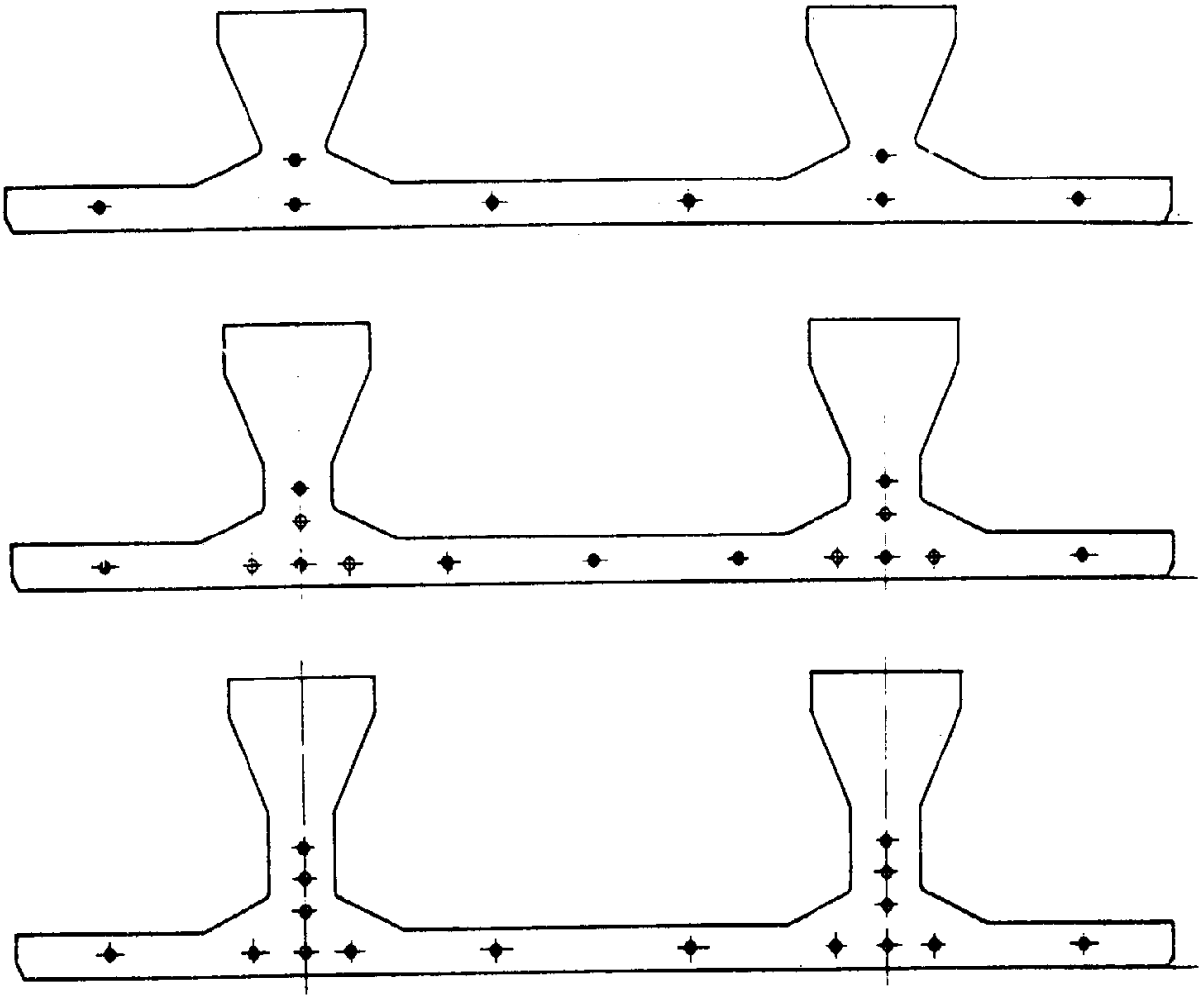
شکل ۸۴. شمای قالب‌بندی دال نیم پیش ساخته



شکل ۸۵. حمل و شمع‌بندی دالهای نیم پیش ساخته خرپایی

www.technobetar.ir

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



شکل ۸۶. سه نوع دال نیم پیش ساخته پیش تنیده

۶ ـ ۲. بلوک

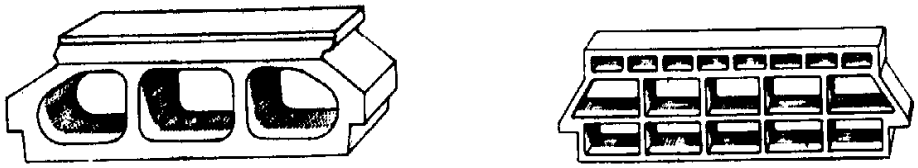
از بلوک ،به عنوان قالب‌دایمی برای قالب‌بندی گونه‌های جان تیر T و همچنین قالب‌زیرین بتن پوششی‌درجا ، استفاده‌می‌شود . قسمت زیرین بلوک ،معمولا" برای تأمین سطح صافی برای انجام نازک‌کاری ، و تیغه‌های‌داخلی بلوک ، برای تقویت ایستایی مقطع بلوک ، تعبیه می‌شوند . مقاومت بلوکها در محاسبات ایستایی سقف ، منظور نمی‌شود و همواره به عنوان قالبهای دایمی و مصالح پرکننده محسوب می‌شوند . با این وجود ، این بلوکها باید

www.technobetar.ir

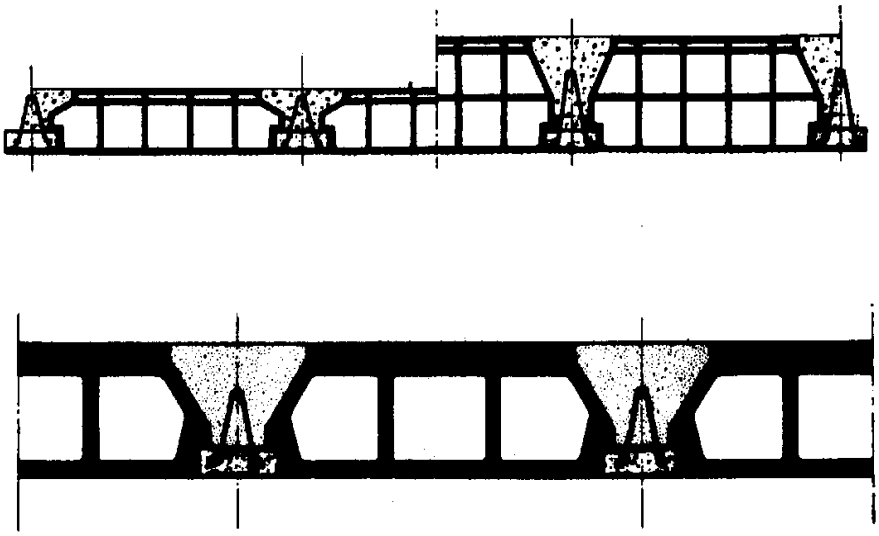
قادر به تحمل‌ضربه‌های ناشی از حمل و نقل متعارف و نیروهای‌ناشی از عبور و مرور ،در زمان بتن‌ریزی باشند .

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

عرض بلوکها ، معمولا" بین ۲۰ تا ۲۵ سانتیمتر تغییر می‌کند و ارتفاع و طول آنها تابع مشخصات سقف است . تیغه‌های دو طرف بلوک ، برای تأمین شرایط مناسبتر برای بتن‌ریزی در سقف‌نهایی ، و همچنین افزایش میزان باربری بلوکها ، به شکل شیبدار طراحی می‌شود . بعضی از انواع بلوکها ، طوری طراحی می‌شوند که بدون نیاز به بتن‌ریزی در قسمت‌فوقانی آنها ، بتنهایی قادر به تحمل بار زنده و مردهٔ سقف در مرحلهٔ بهره‌برداری 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 بلوک باربر

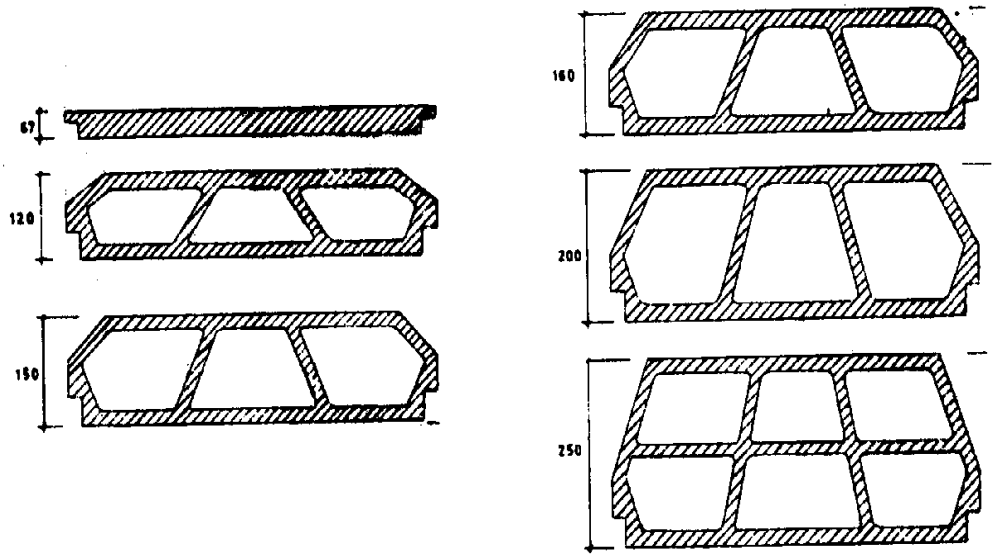


شکل ۸۸. مقطعهای سقفهای اجرا شده با بلوکهای باربر

www.technobetar.ir

۶ – ۲ – ۱. بلوکهای بتنی

بلوکهای بتنی، به شکلهای توپر و توخالی، در اندازه‌های مختلف در کارگاههای مجهز و کارخانه‌ها تولید می‌شوند. حداقل ضخامت تیغه‌های بلوکهای بتنی، ۱۵ میلیمتر و حداقل عرض نشیمنگاه بلوک ۱۷/۵ میلیمتر تعیین شده است. عرض بلوکهای بتنی، معمولا" ۲۰ سانتیمتر و وزن آنها بین ۱۱ تا ۱۷ کیلوگرم، متغیراست. حداکثر رواداری در ابعاد و ارتفاع، ۲± میلیمتر و در طول و عرض، ۳± میلیمتر است.



شکل ۸۹. چند نوع بلوک بتنی

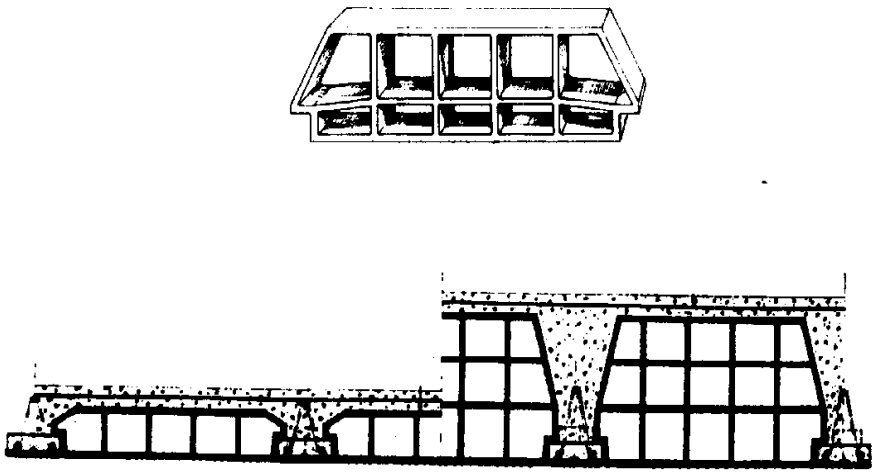
۶ – ۲ – ۲. بلوکهای سفالی

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

بلوک سفالی خوب، دارای صدای زنگداری است و صدای زنگ، نشانهٔ توپری و تاب زیاد است. بلوکی‌که صدای خفه داشته باشد، خوب نپخته است‌یا ترک دارد. بلوک خوب، عایق حرارت و مقاوم در برابرآتش‌سوزی است.

بلوکها باید عاری از ترک و دانه‌های آهکی باشند و رنگ آنها کاملا" یکنواخت بوده و به طور یکسان‌پخته شده باشند. سطح بلوکهای سفالی، باید صاف و عاری از انحنا و خمیدگی باشد و لبه‌های تیز و مستقیم و بافت ریز و متراکمی داشته باشند. جذب آب بلوک، نباید از ۲۰% وزن آن بیشتر باشد. ضخامت تیغه‌های بلوک سفالی‌نباید از ۸ میلیمتر کمتر باشد. حداکثر رواداری ابعاد برای بعد کمتر از ۱۵ سانتیمتر، ۳± میلیمتر وبرای ابعاد بیش از ۱۵ سانتیمتر، ۶± میلیمتر است.

www.technobetar.ir



شکل ۹۰. بلوک سفالی و مقطع سقف اجرا شده باآن

۶ ـ ۳. میلگرد جمع‌شدگی و حرارتی ومیلگرد 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 نشریهٔ شماره ۹۴ ، حداقل قطر میلگرد جمع شدگی و حرارتی برای فولاد نرم ، ۵ میلیمتر و برای فولادهای نیم‌سخت و سخت ، ۴ میلیمتر توصیه شده است . همچنین ، حداقل سطح مقطع این میلگردها در امتداد تیرچه‌ها ، ۱/۲۵ در هزار سطح مقطع دال بالایی (معمولا" به ضخامت ۵ سانتیمتر) ، و در جهت عمود بر امتداد تیرچه‌ها ، ۱/۷۵ در هزار سطح مقطع دال بالایی تعیین شده است .

فاصله بین دو میلگرد جمع شدگی و حرارتی متوالی ، نباید از ۲۵ سانتیمتر تجاوز کند . از میلگرد بالای تیرچه ، در صورتی که‌داخل دال بالایی‌قرار گرفته باشد ، می‌توان به عنوان میلگرد جمع شدگی و حرارتی‌استفاده کرد .

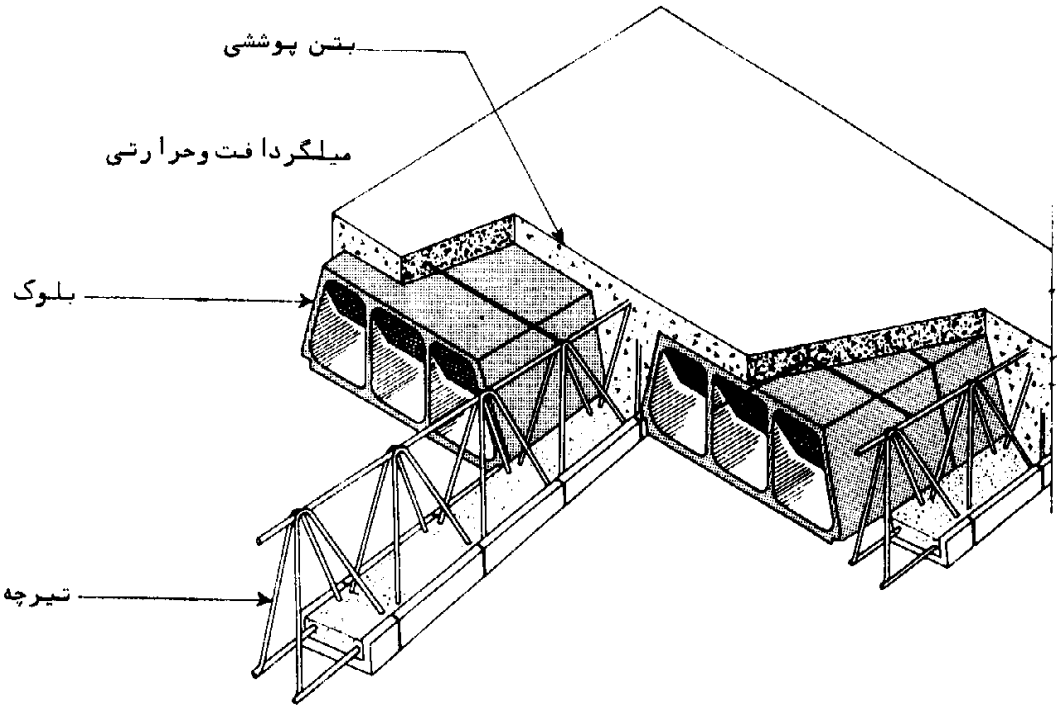
با وجود طرح تیرچه‌ها بافرض تکیه‌گاه ساده ،لازم است فولادی‌معادل ۰/۱۵ برابر سطح مقطع فولاد کششی وسط دهانه ، روی تکیه‌گاه اضافه گردد . این میلگردها ، حداقل تا فاصله $\frac{1}{5}$ دهانه آزاد ، از تکیه‌گاه به طرف داخل دهانه ادامه می‌یابند .

۶ ـ ۴. بتن پوششی

بتن پوششی به عنوان یکی از عناصر متشکله سقف ، پس از جاگذاری تیرچه و بلوک ، ریخته می‌شود و پس از به دست آوردن مقاومت کافی ، با قطعات بالا ، مقطع مرکب T شکلی را مطابق شکل ۷۳ تشکیل می‌دهد .

www.technobetar.ir

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

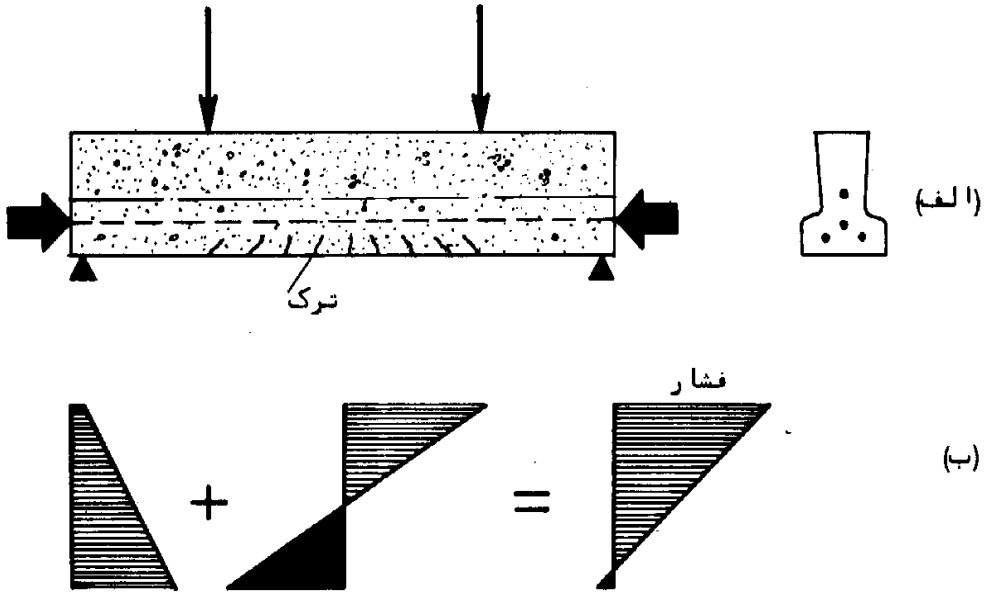


شکل ۹۱. مقطع نوار T شکل در سقف تیرچه و بلوک

www.technobetar.ir

پیوست ۱ . آزمایش بارگذاری تیرچه‌های پیش تنیده

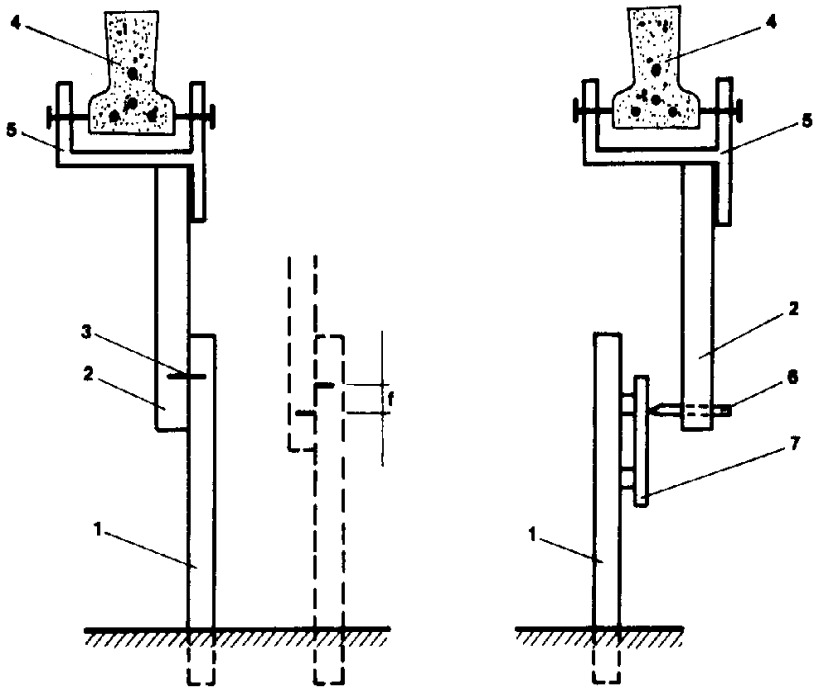
نحوهٔ انجام آزمایش، به این ترتیب است که ابتدا با در نظر گرفتن میزان پیش تنیدگی تیرچه که‌در مشخصات فنی مربوط، قید شده ، مقدار نیروی متمرکزی که برای از بین بردن پیش تنیدگی و ایجاد ترک در تار زیرین تیرچه لازم است ، محاسبه می‌شود . سپس، تیرچه روی تکیه‌گاههای قابل تنظیم طوری قرار داده می‌شود که طره‌های طرفین ، از ۱۰ سانتیمتر کمتر و از حدود ۱ متر بیشتر نباشد (شکل ۹۲) . همچنین ، فاصله بارهای متمرکز طوری تنظیم می‌گردد ، که فاصله نیروهای متمرکز از تکیه‌گاهها ، برابر $\frac{1}{4}$ (یا $\frac{1}{3}$) طول دهانهٔ تیر باشد .



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

www.technobetar.ir

در مرحلهٔ اول ، ۵۰٪ نیروی محاسبه شده ، با سرعت ۵۰ کیلوگرم در هر ثانیه ، به تیرچه پیش تنیـــده وارد شده و در پایان این مرحلهٔ بارگذاری ، مقدار افتادگی تیر در وسط دهانه ، اندازه‌گیری می‌شود . سپـــس ، در مرحلهٔ بعدی‌بازای هر ۱۰٪ افزایش نیرو ،مجددا " مقدار افتادگی‌تیرچه اندازه‌گیری شده و در جداول‌مربوط ثبت می‌گردد . مدت توقف برای افزایش هر مرحله بارگذاری ، پنج دقیقه و مدت توقف بار در مرحلـــه اعمال صد در صد نیرو (برای ایجاد ترک) ، پانزده دقیقه در نظر گرفته می‌شود . برای‌اندازه‌گیری افتادگی ، می‌توان‌از وسایل 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) .

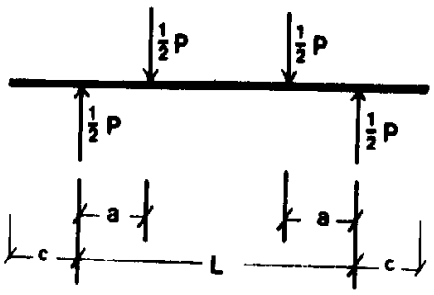
آزمایش هر تیرچه ،وقتی رضایت‌بخش تلقی می‌شود ، که تا مرحلهٔ اعمال ۱۰۰٪ نیروی محاسبه شده ،هیچ گونه ترک در تار زیرین ، ظاهر نشود و تغییرات خیز ، به ازای افزایش هر ۱۰٪ نیرو ، متناسب و یکنواخت‌باشد. غیریکنواخت شدن تغییرات خیز ، دلیل ترک خوردن تار زیرین است ، که این ترکها با ملاحظه دقیق قسمـــت زیرین تیرچه ، در حد فاصل دوبار متمرکز ، قابل دیدن خواهند بود . اندازه‌گیری افتادگی تیرچه نیز ،در هـــر بارگذاری ، به همین منظور و برای اطلاع از وضعیت و چگونگی ترک است .

www.technobetar.ir

مقدار نیروی متمرکزی که‌برای از بین بردن تنش فشاری تار زیرین تیرچه لازم است ،و همچنین تغییر خیز ایجاد شده در اثر بارگذاری، با فرمولهای زیر محاسبه می‌شود :

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

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



که در آن :

P = نیروی متمرکز وارد بر تیرچه ، برحسب کیلوگرم .

L = طول دهانهٔ تیرچه ، برحسب سانتیمتر.

a = فاصلهٔ نیروی متمرکز از تکیه‌گاه ، برحسب سانتیمتر.

W = اساس مقطع تیرچه ، برحسب سانتیمتر مکعب .

g_1 = وزن واحد طول تیرچه ، برحسب کیلوگرم بر سانتیمتر.

σ_c = تنش فشاری تار زیرین تیرچه ، برحسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع .

c = طول هر یک از طره‌ها ، برحسب سانتیمتر.

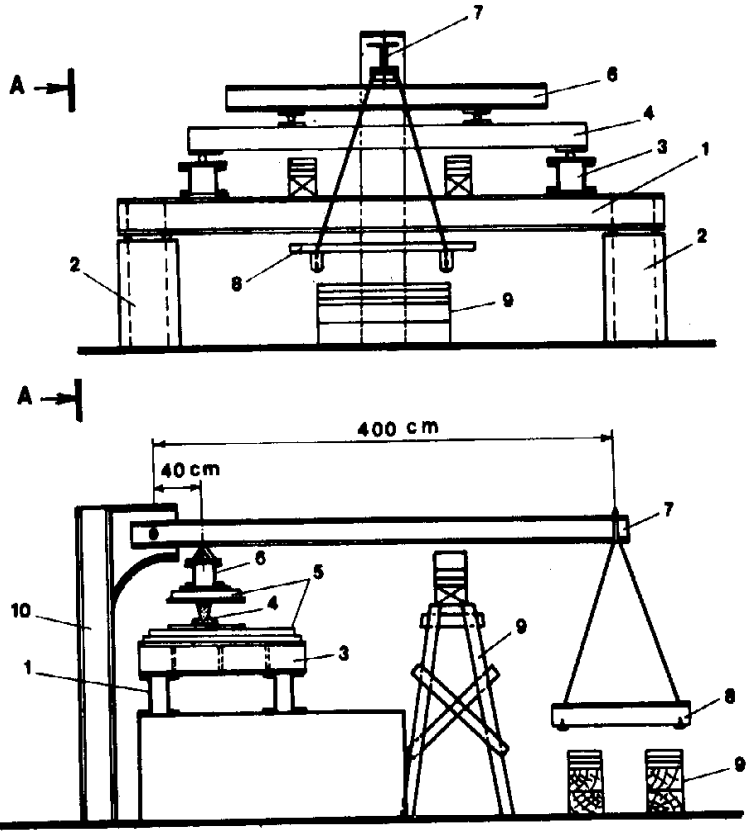
σ_{ct} = مقاومت کششی بتن ، برحسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع (این مقدار برابر ۱۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع فرض می‌شود) .

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

I = ممان اینرسی ، برحسب cm^4

www.technobetar.ir

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

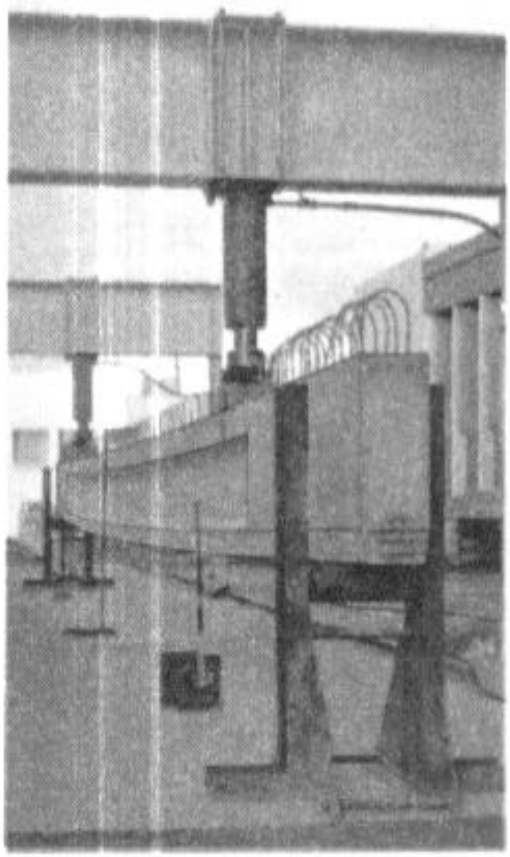


مقطع A-A

شکل ۹۴. شمای یک نوع دستگاه آزمایش خمش چهارنقطه‌ای کارگاهی، مورد استفاده برای آزمایش تیرچه‌های پیش تنیده، به روش بارگذاری اهرمی

تیر بستر آزمایش (۱)، پایه بتنی (۲)، تیر تکیه‌گاه (۳)، تیرچه (۴)، تکیه‌گاه مفصلی (۵)، شاهین (۶)، اهرم (۷)، سینی بارگذاری (۸)، تکیه‌گاههای ایمنی (۹)، ستون فلزی (۱۰).

www.technobetar.ir



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

www.technobetar.ir

پیوست ۲. نمودارهای تنش ـ تنجش فولاد نرم و فولاد سخت

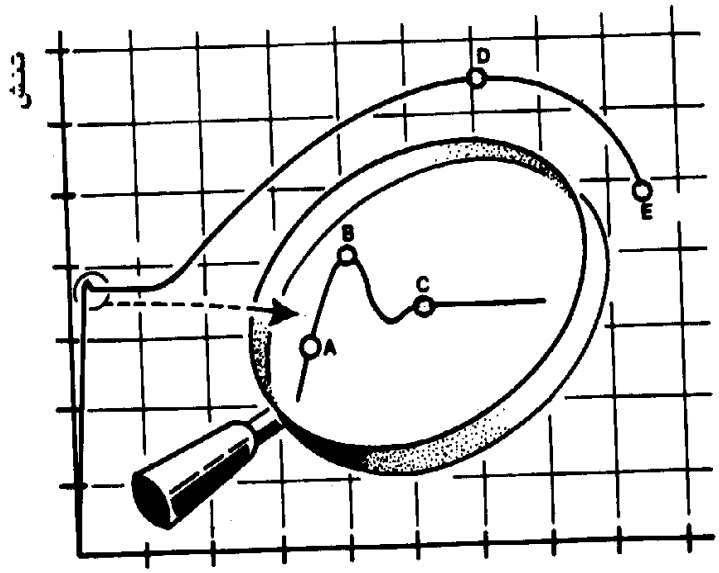
تعیین خواص مکانیکی فولاد ، معمولا" با آزمایش کششی آن میسر می‌شود . به این ترتیب که میله منشوری از فولاد مورد آزمایش را تحت اثر نیروی محوری کششی قرار می‌دهند . اگر نمونه مورد آزمایش، فولاد نرم باشد ، ابتدا با افزایش تدریجی نیروی محوری کششی ، اضافه طول میله ، با مقدار نیروی وارده ، نسبت مستقیم خواهد داشت 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 تنجش(نسبت تغییر طول به طول معینی از نمونه مورد آزمایش) برحسب‌تنش (نیروی وارده 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 حدتناسب ، تنش مانند نقطه B را حد کشسانی وتنش مانند نقطه C را حد جاری شدن یا تنش تسلیم می‌نامند .درنقطهٔ C (نقطهٔ تسلیم) ، ازدیاد نیروی کششی با یک تغییر طول نسبتا" 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 ازدیاد 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 تنش ـ تنجش 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 یک‌جسم شکننده است .از این رو ، برای آنها مدول ارتجاعی ،قراردادی تعریف می‌شود ، و آن‌عبارت از تنشی است که به ازای آن ، تغییر طول دایمی ماندگار (پس از برداشتن نیروی محوری) برابر ۲ در هزار طول قطعهٔ مورد آزمایش،به وجود آید . برای پیدا کردن آن‌نقطه ، 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 نقطهٔ B قطع نماید .تنش

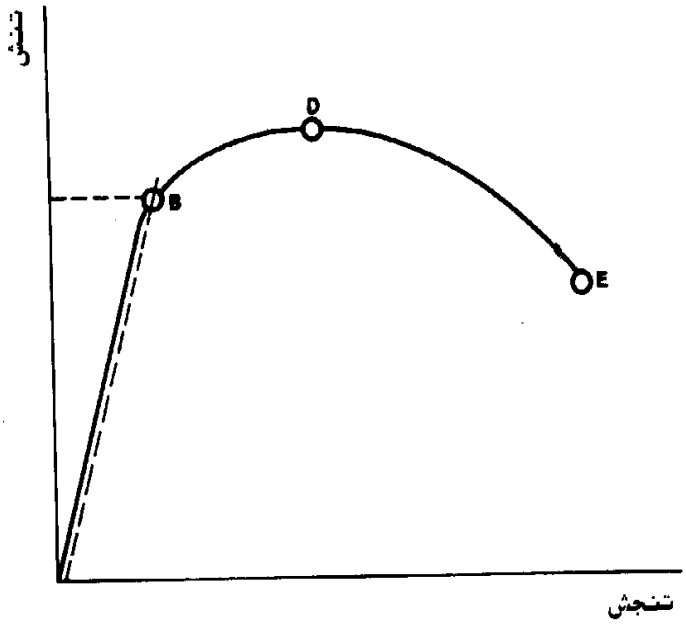
www.technobetar.ir



شکل ۹۶ . نمودار تنش ـ تنجش (تغییر طول نسبی) یک نوع فولاد نرم .

مانند این نقطه ، مدول ارتجاعی قراردادی قطعه مورد نظر خواهد بود . نمودار ۱۱ ، تنش ـ تنجش 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 ـ تنجش (تغییر طول نسبی) یک نوع فولاد سخت .

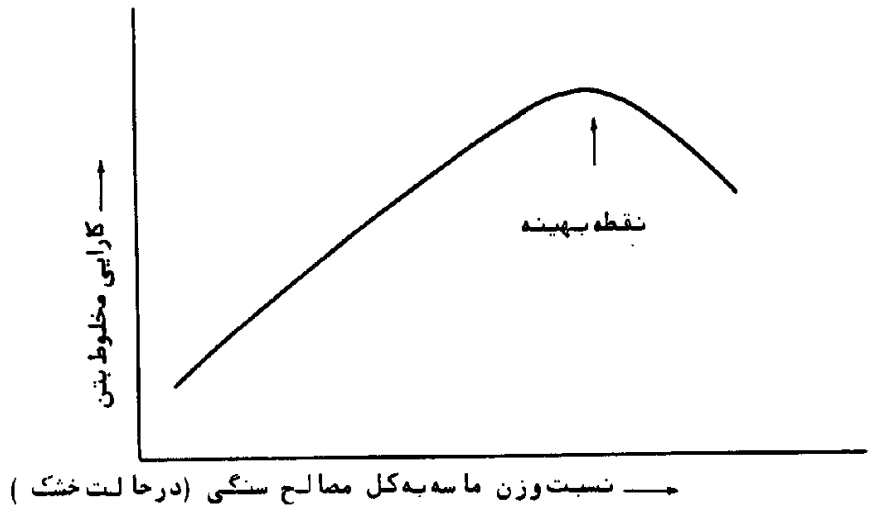
www.technobetar.ir

پیوست ۳. طرح بتن‌در 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 سازهٔ مورد نظر بوده و دارای کارایی کافی باشد ، تا به آسانی و با حداقل‌کار ، مخلوط، حمل و در قالب جاداده شود و در هیچ یک از این مراحل ، یکنواختی آن به هم نخورد .

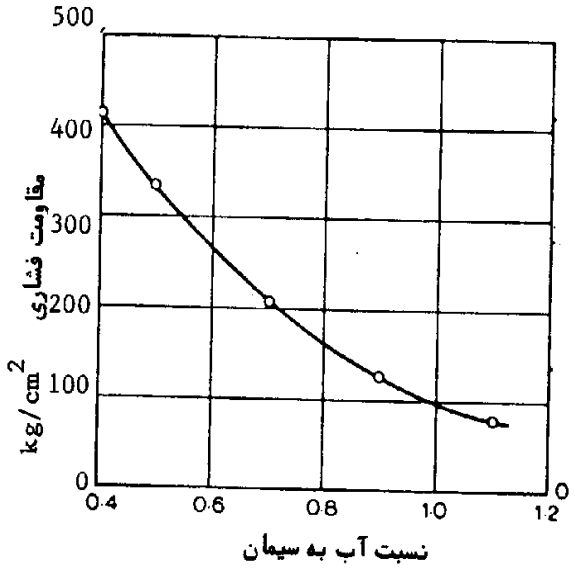
به طور کلی در طرح بتن ،نسبت اجزای تشکیل دهنده آن ، طوری انتخاب می‌شود که کیفیت‌خوب‌وکارایی لازم ، با رعایت بالاترین حد صرفه‌جویی در مصرف سیمان ، با مصالح قابل دسترس و موجود ، به‌دست آید .

همان‌طور که در نمودارهای ۱۲، ۱۳ و ۱۴ ملاحظه می‌شود ، با تغییر نسبتهای وزنی سیمان به مصالح سنگی ، ماسه به مصالح سنگی و آب به سیمان ، کیفیت بتن و کارایی آن به مقدار زیادی تغییر می‌کندو 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 ونیز نوع و مقدار مواد افزودنی ، مشخصات بتن را به طور قابل ملاحظه‌ای تغییر می‌دهند .



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

www.technobetar.ir



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

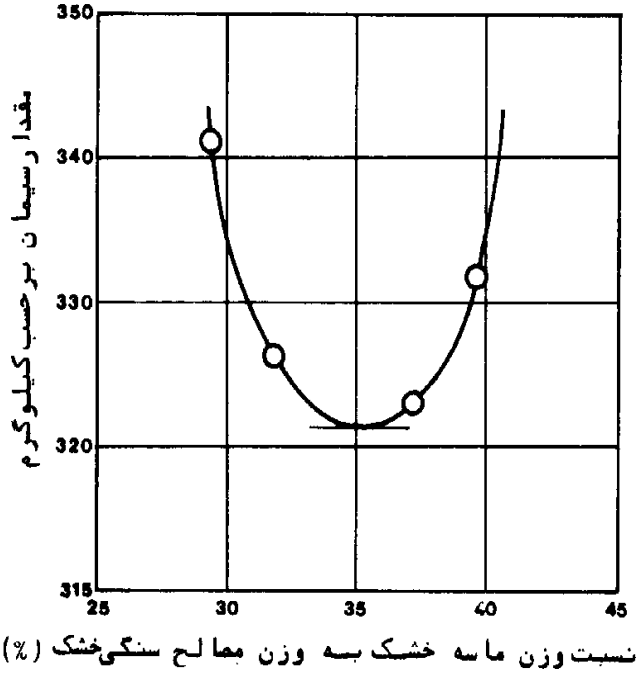
طرح بتن ، در آزمایشگاه و توسط مهندسان با تجربه انجام می‌گیرد ، ولی در کارگاههایی که طرح اختلاط اولیه‌ای برای ساخت بتن در دسترس نیست ، می‌توان در صورت تأیید دستگاه نظارت ، از روش ساده زیر استفاده کرد .

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 نسبتهای ماسه به مصالح سنگی ، ساخته می‌شود ودر حالی که نسبت آب به سیمان ،دقیقا" ثابت نگهداشته شده ، بتدریج آب و سیمان به مخلوط مصالح سنگی اضافه می‌گردد تا کارایی مناسب برای بتن‌ریزی ایجاد شود . لازم به یادآوری است ، که باید رطوبت نسبی شن‌وماسه، در تعیین نسبت آب به سیمان و وزن مصالح سنگی منظور شود . به محض کسب کارایی مناسب ، مقدار سیمان مصرف شده و نسبت ماسه به مصالح‌سنگی (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 نسبتهای بالا ، نتایج به دست آمده در نموداری که محور طولها ، نقاط مربوط به نسبت وزن ماسه به وزن کل مصالح سنگی ، و محور عرضها ، مقدار سیمان در هر مترمکعب بتن را برحسب کیلوگرم نشان می‌دهد ، منعکس می‌شوند .

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

www.technobetar.ir



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

لازم به یادآوری است ، برای آنکه فولاد در داخل بتن زنگ نزند ، حداقل مقدار سیمان به ۲۵۰کیلوگرم 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^2)	
مقاومت طراحی	مقاومت قابل حصول درشرایط کنترل غیرمداوم
۲۳۰	۱۵۰
۲۷۰	۱۸۰
۳۰۰	۲۰۰
۳۵۰	۲۵۰

برای تعیین وزن مصالح سنگی (شن و ماسه) ، وزن مخصوص بتن تازه برابر ۵۰± ۲۳۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب فرض می‌شود .

www.technobetar.ir

پیوست ۴. مخلوط کردن بتن با دست

برای کار کوچک، که حجم بتن‌ریزی 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 بسترهای 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 بیل بخوبی مخلوط می‌شود. پس از آنکه ماسه و سیمان بخوبی مخلوط شدند، در حالی که مخلوط مجددا" 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 بتن‌ریزی در مدت پیش بینی شده انجام شود. در مقایسه با روش ساخت بتن با دستگاه بتن‌ساز، در مواردی که بتن با دست ساخته می‌شود، باید ۱۰٪ به مقدار سیمان اضافه شود.

www.technobetar.ir

پیوست ۵. تعیین رطوبت نسبی ماسه و مقدار آب بتن تازه در واحد حجم

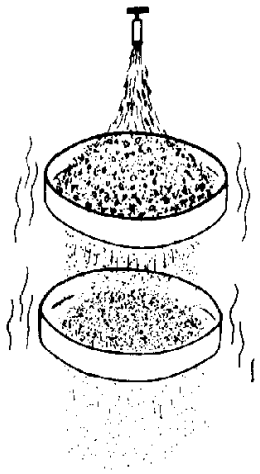
در کارگاه ، با روش ساده‌ای می‌توان مقدار رطوبت نسبی ماسه‌را با دقت کافی اندازه‌گیری کرد . برای این منظور، ۵ الی ۸ کیلوگرم ماسه‌روی سینی فلزی‌وزن می‌کنند ،به طوری که حداکثر خطای اندازه‌گیری ، ۰/۵% باشد . سپس سینی را روی اجاق گازی یا نفتی قرار می‌دهند تا ماسه خشک شود . برای تسریع در عمل خشک شدن ، ۲۵۰گرم الکل صنعتی روی ماسه ریخته و آتش می‌زنند و با میلهٔ فلزی ، ماسه را به هم می‌زنند تا وقتی که آتش روی سینی ، کاملا " خاموش شود . مجددا " ۲۵۰ گرم الکل روی ماسه ریخته و عمل بالا را تکرار می‌کنند ، تا ماسه کاملا " خشک شود .با توزین ماسهٔ خشک‌شده و با داشتن وزن ماسه مرطوب ، مقدار رطوبت نسبی تعیین‌می‌شود . با یک تناسب ساده مقدار آب در هر کیلوگرم ماسه به دست می‌آید .

در مورد شن نیز همین‌روش قابل اجراست . در صورت لزوم می‌توان میزان آب بتن تازه را نیز با این‌روش اندازه‌گیری کرد .

www.technobetar.ir

پیوست ۶. بررسی کیفیت و دانه‌بندی مصالح سنگی بتن آماده در کارگاه

برای بررسی‌وضعیت دانه‌بندی و نوع مصالح‌سنگی، حدود ۵ الی۸ کیلو گرم از بتن‌تازه را با دقت ۰/۵% توزین کرده، سپس روی دو الک شماره ۴ و ۱۰۰ می‌شویند، تا مواد ریزتر از ۰/۱۵ 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، پوکی ،جنس سنگ، شکل و اندازه و بافت سطحی سنگدانه‌ها و چگونگی دانه‌بندی ،معمولا" قابل تشخیص است. با الک کردن نمونه به دست آمده، می‌توان وضعیت دانه‌بندی و نسبت وزنی ماسه به کل مصالح سنگی را دقیقا" تعیین کرد.



شکل ۹۷. شستشوی بتن تازه روی الک

www.technobetar.ir

پیوست ۷. آزمایش بتن با استفاده از مالهٔ فلزی در کارگاه

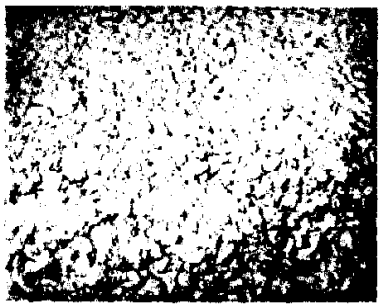
چنانچه در کارگاههای کوچک، انجام آزمایش اندازه‌گیری اسلامپ بتن ضروری تشخیص داده نشود، می‌توان از روش کارگاهی ساده ولی استاندارد نشده زیر، برای ارزیابی تقریبی کارایی بتن استفاده کرد:

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

الف) اگر بعداز کشیدن ماله‌فلزی، دانه‌های شن در سطح‌بتن قابل رویت باشند و فاصلهٔ بتن‌سنگدانه‌های درشت خالی باشد، دلیل بر کمبود ملات در جسم بتن است و بعد از بتن‌ریزی، سطح بتن کرمو و داخل‌آن‌پوک خواهد شد.

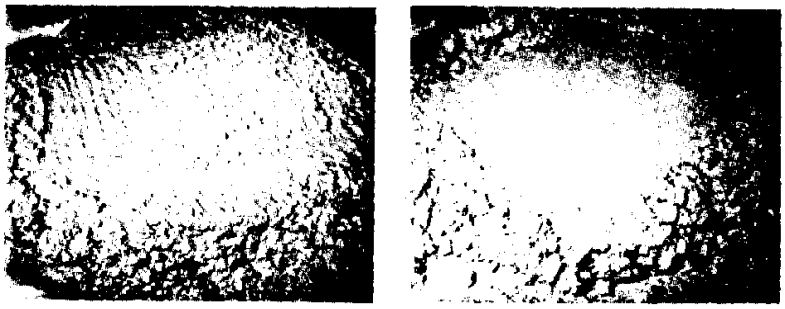
ب) در صورتی که بعد از کشیدن ماله فلزی، خمیر سیمان در سطح بتن باقی بماند، به طوری که با گذاشتن و برداشتن مالهٔ فلزی در محل ماله‌کشی شده، خمیر سیمان به‌صورت ناهموار در سطح آن تشکیل‌شود، دلیل بر زیاده از حد بودن ملات در جسم بتن است و این نوع بتن با وجود شکل‌پذیری خوب، دارای مقاومت کمی خواهد بود.

ج) اگر بعد از کشیدن ماله فلزی، سطح کاملا" یکنواخت روی بتن تشکیل شود و با گذاشتن و برداشتن ماله فلزی روی‌آن سطح، تغییر محسوسی ایجاد نشود، نشانهٔ 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).

www.technobetar.ir

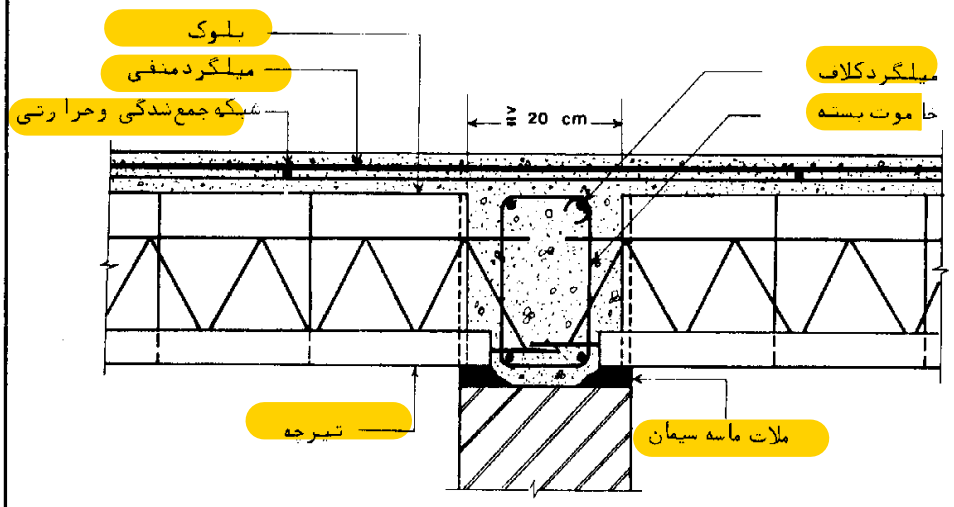
پیوست ۸. جزئیات اجرایی

www.technobetar.ir

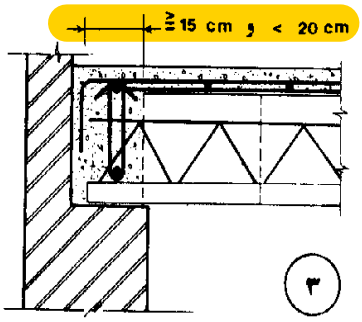
سازمان برنامه و بودجه
معاونت فنی
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

عنوان : استقرار سقف روی دیوار باربر بنایی

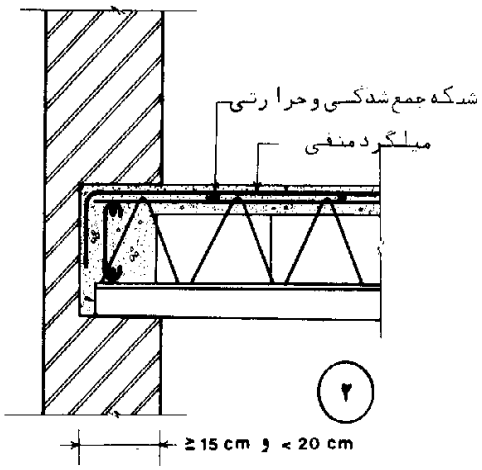
۱



۱



۳



۲

توضیح :

۱ . استقرار سقف از دو طرف ، روی دیوار باربر .

۲ . استقرار سقف ، به کمک کلاف کم عرض شامل قلاب دوخت .

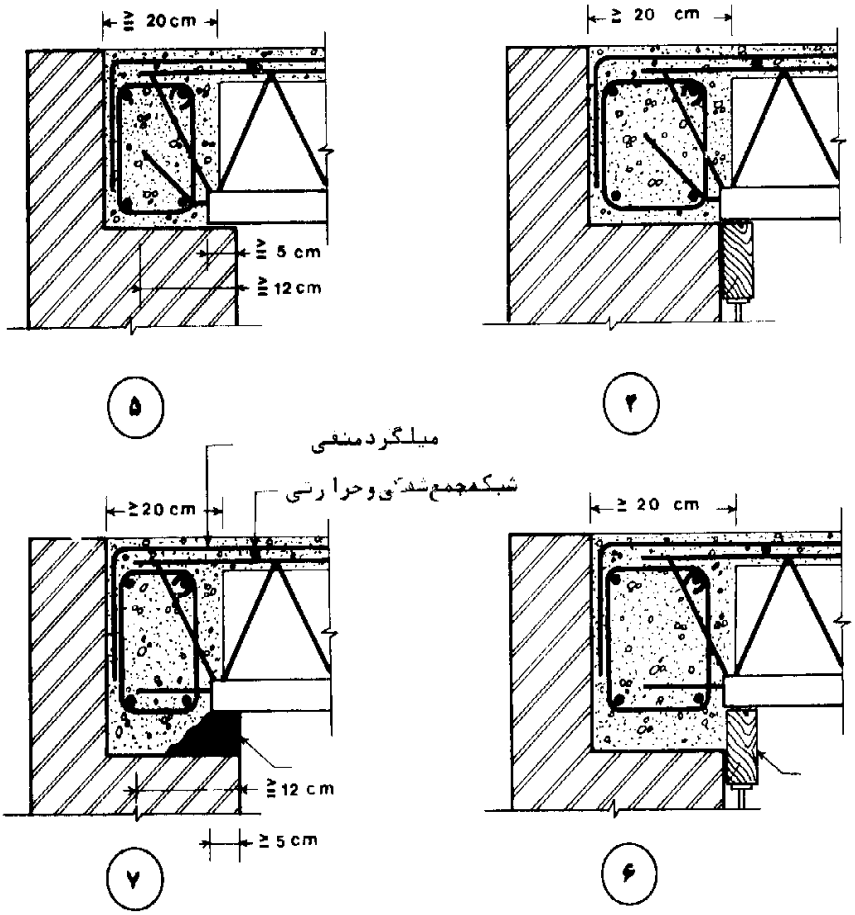
۳ . استقرار سقف ، به کمک کلاف کم عرض شامل حلقه دوخت .

www.technobetar.ir

سازمان برنامه وبودجه
معاونت فنی
دفترتحقیقات ومعیارهای فنی

عنوان : استقرار سقف روی دیوار باربر بنایی .

۲



توضیح :

۴ . طول پاشنه تیرچه برای استقرار روی دیوار ، کافی نیست .

۵ . طول پاشنه تیرچه کافی است .

۶ . تراز دیوار اجرا شده ، کمتر از اندازه پیش بینی شده برای اجرای سقف است . تیرچه به کمک شمع ، در تراز مورد نظر قرار می‌گیرد .

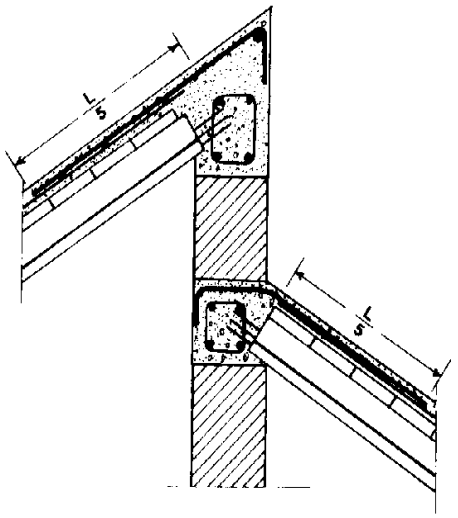
۷ . تراز دیوار اجرا شده ، کمتر از اندازه پیش بینی شده بوده ، ولی طول پاشنه تیرچه برای استقرار روی دیوار ، کافی است .

www.technobetar.ir

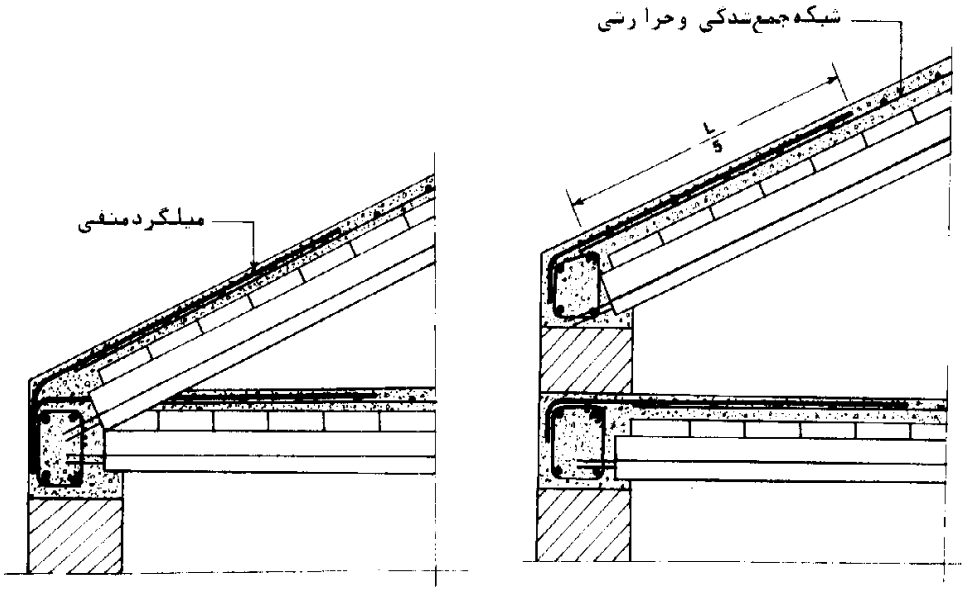
سازمان برنامه وبودجه
معاونت فنی
دفتر تحقیقات ومعیارهای فنی

۳

عنوان: استقرار سقف شیبدار، روی دیوار باربر



۸



۹ ۱۰

توضیح:

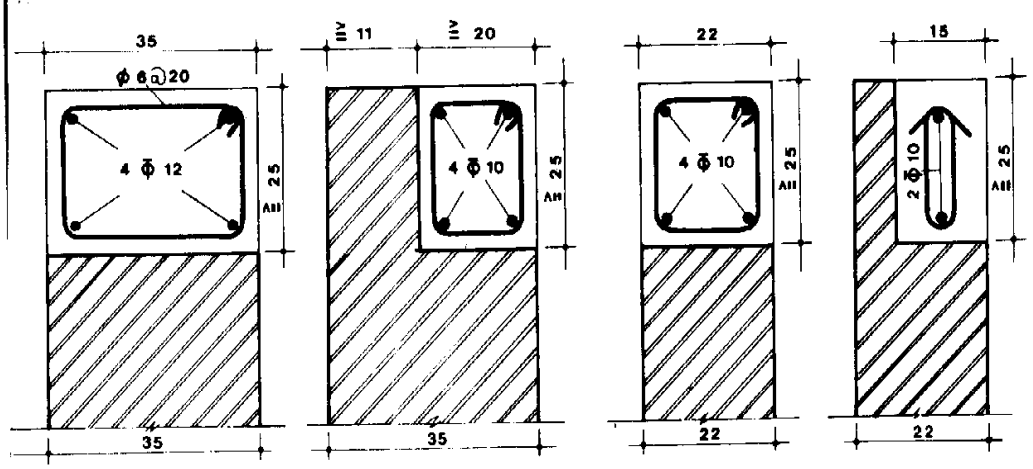
۸، ۹ و ۱۰. استقرار سقف شیبدار روی دیوار باربر، در حالتی که امتداد تیرچه‌ها در امتداد شیب باشد.

www.technobetar.ir

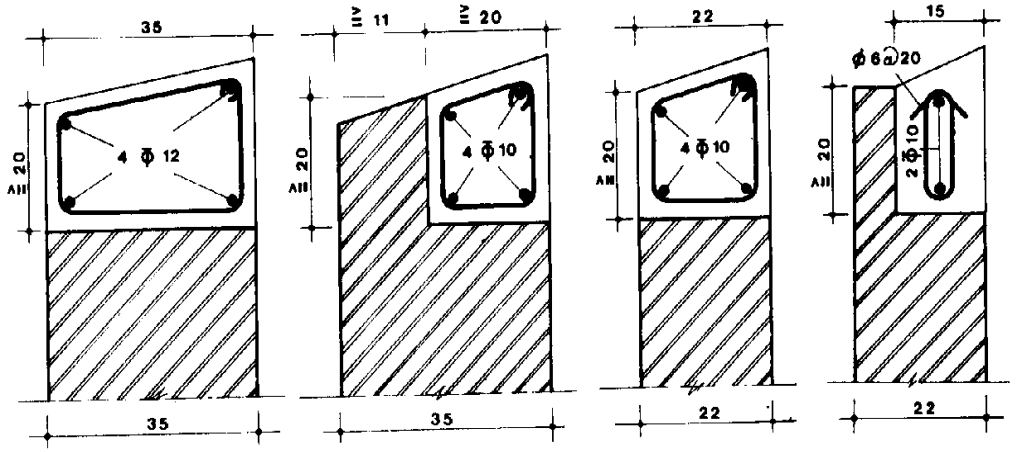
سازمان برنامه وبودجه
معاونت فنی
دفترتحقیقات ومعیارهای فنی

عنوان : برش عرضی کلاف ، روی‌دیوار باربر بنایی

۴



(۱۱)



(۱۲)

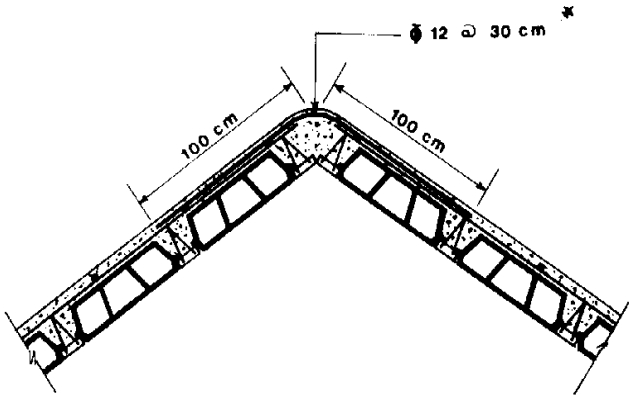
توضیح :

۱۱ . کلاف استقرار سقف بدون شیب ، روی دیوار باربر .

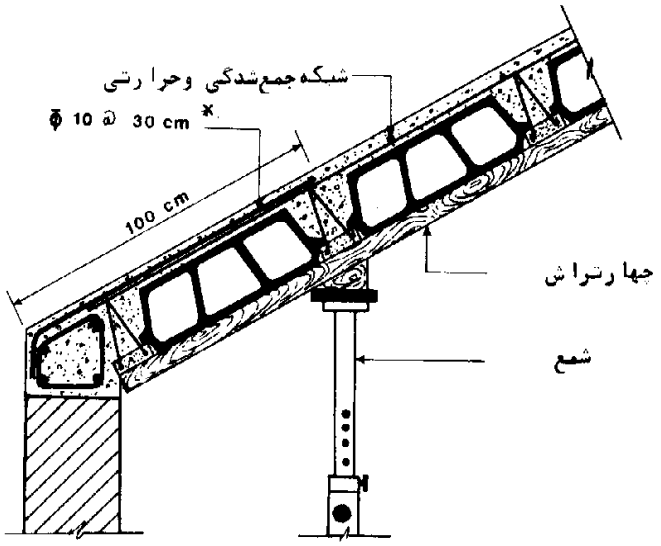
۱۲ . کلاف استقرار سقف شیبدار ، روی دیوار باربر .

www.technobetar.ir

سازمان برنامه وبودجه	عنوان: سقف شیبدار، با تیرچه‌های عمود بر امتداد شیب.
معاونت فنی	**۵**
دفترتحقیقات ومعیارهای فنی	



۱۳



۱۳

توضیح:

۱۳. پیوستگی در محل تغییر شیب.

۱۴ **قالب‌بندی** و کلاف روی دیوار باربر.

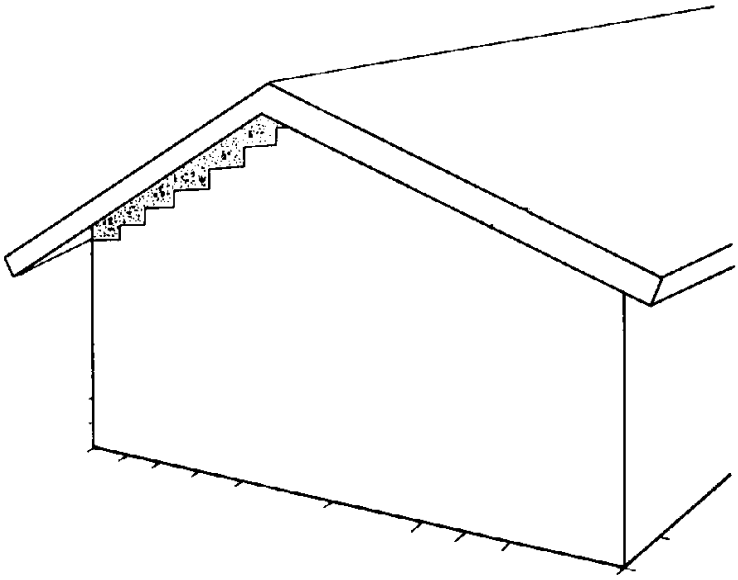
* مقادیر فولاد توصیه شده، براساس تجربه.

www.technobetar.ir

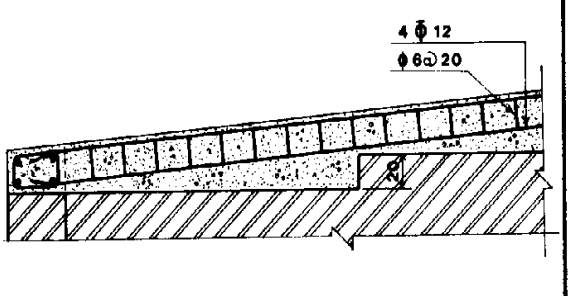
سازمان برنامه و بودجه
معاونت فنی
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

عنوان: کلاف روی دیوار باربر، برای اتصال سقف شیبدار

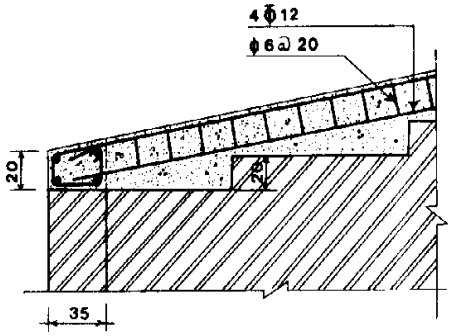
۶



۱۵



۱۶



۱۷

توضیح:

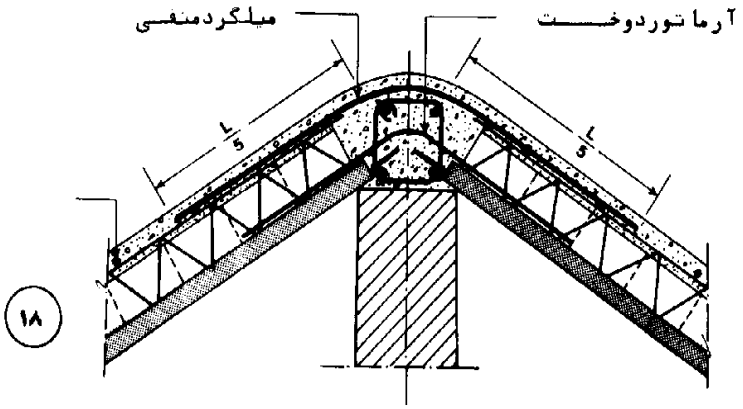
۱۵. شمای کلی کلاف سقف شیبدار روی دیوار باربر، در حالتی که تیرچه‌ها در امتداد عمود بر شیب قرار دارند.

۱۶. جزئیات کلاف، در حالت شیب کم.

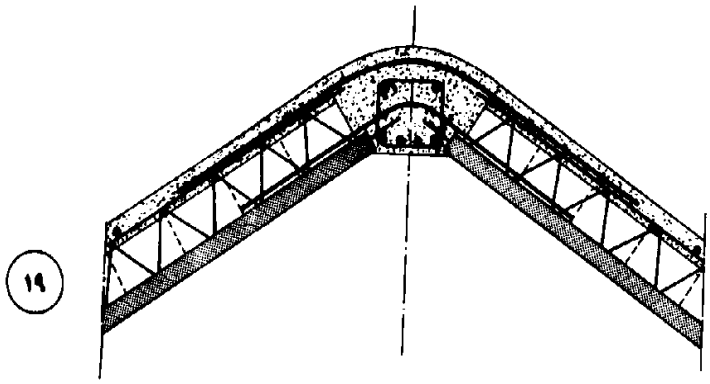
۱۷. جزئیات کلاف، در حالت شیب زیاد.

www.technobetar.ir

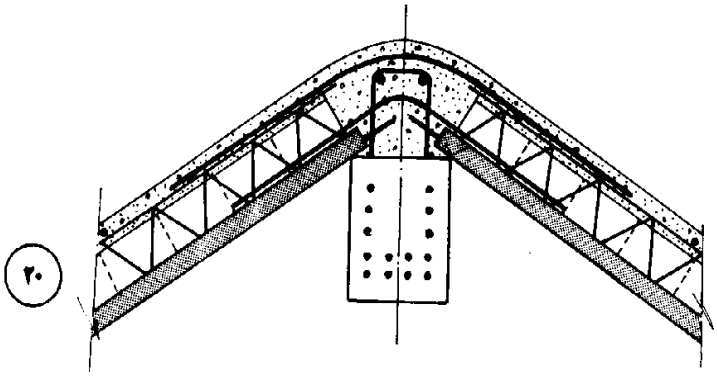
سازمان برنامه وبودجه	۷ عنوان: استقرار سقف شیبدار روی دیوار باربر، تیر بتنی درجا و تیر بتنی پیش ساخته
معاونت فنی	
دفتر تحقیقات ومعیارهای فنی	



۱۸



۱۹



۲۰

توضیح:

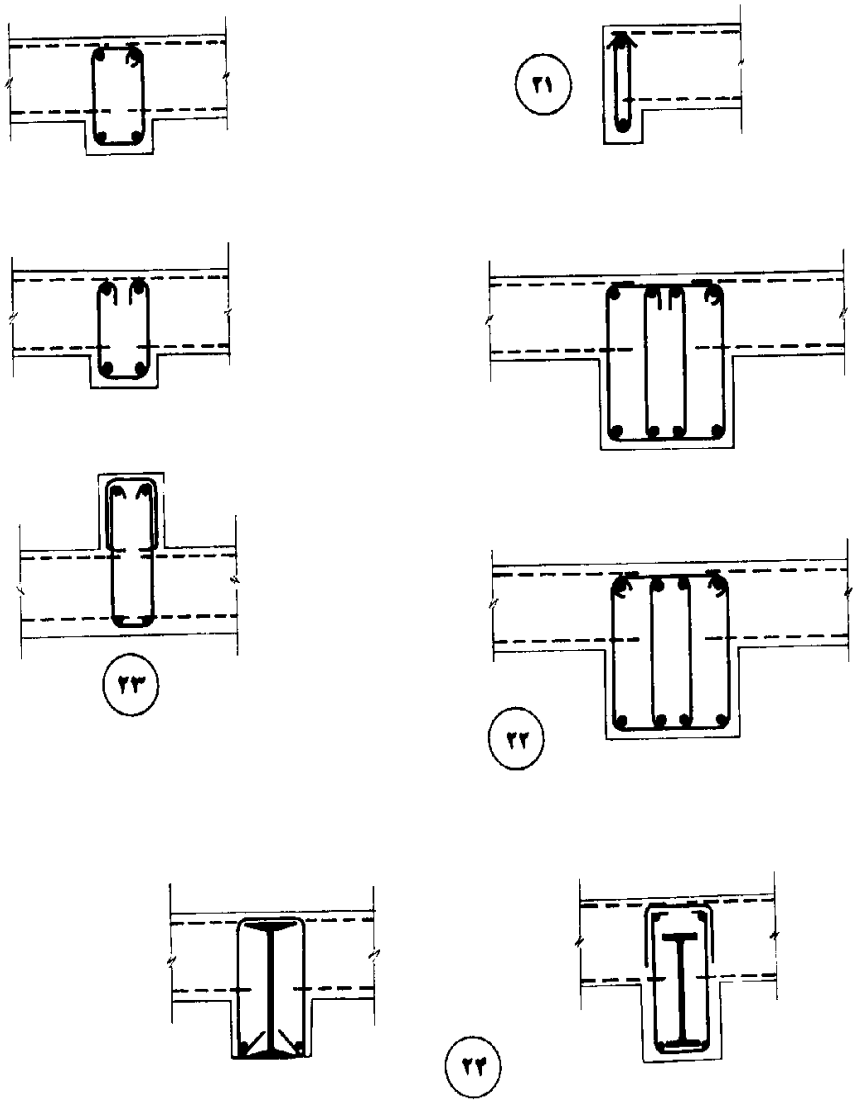
۱۸. استقرار سقف شیبدار روی دیوار باربر

۱۹. استقرار سقف شیبدار روی تیر بتنی درجا

۲۰. استقرار سقف شیبدار روی تیر بتنی پیش ساخته

www.technobetar.ir

سازمان برنامه وبودجه	عنوان: برخی از انواع فولادهای عرضی تیرهای بتنی و مختلط باربر
معاونت فنی	۸
دفترتحقیقات ومعیارهای فنی	



توضیح:

۲۱. حلقه دوخت برای تیرهای کم عرض

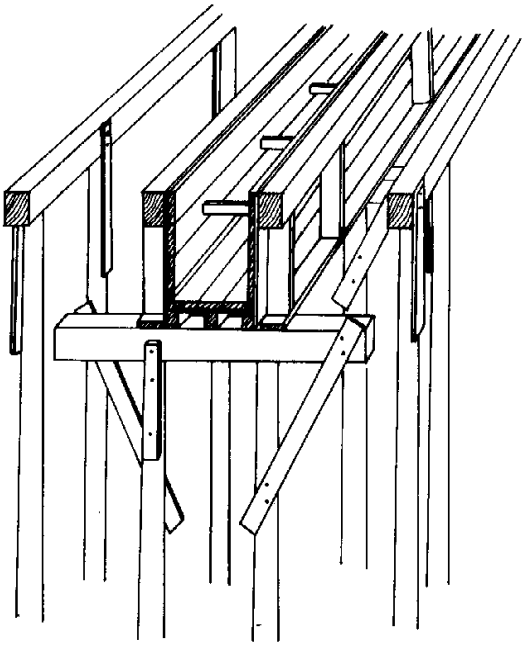
۲۲. تنگ و رکابی برای تیرهای عریض

۲۳. تنگ و رکابی برای تیرهای با عرض متوسط

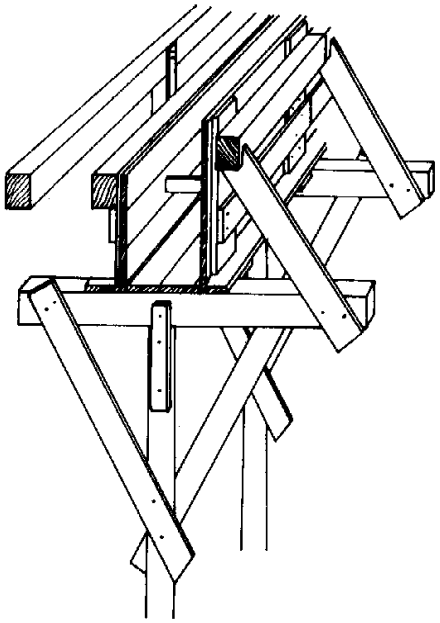
۲۴. آرماتور عرضی تیر مختلط

www.technobetar.ir

سازمان برنامه وبودجه	عنوان: نحوهٔ قالب‌بندی تیرهای بتنی	۹
معاونت فنی		
دفتر تحقیقات ومعیارهای فنی		



۲۵



۲۶

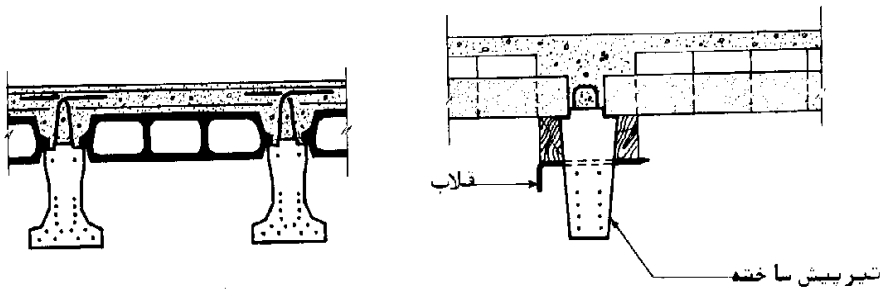
توضیح:

۲۵. نحوه قالب‌بندی تیرهای بتنی، در تکیه‌گاه میانی.

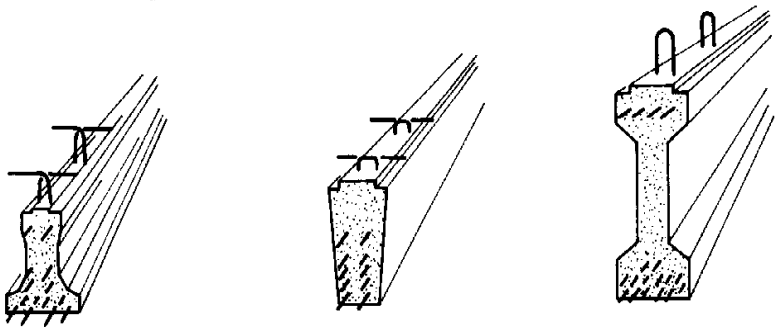
۲۶. نحوه قالب‌بندی تیرهای بتنی، در تکیه‌گاه کناری.

www.technobetar.ir

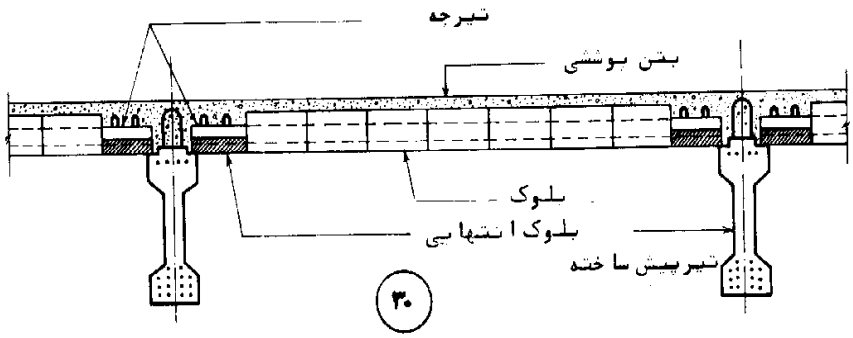
سازمان برنامه وبودجه	عنوان: استقرار سقف ، روی تیرهای پیش ساخته بتنی	۱۰
معاونت فنی		
دفتر تحقیقات ومعیارهای فنی		



۲۷ ۲۸



۲۹



۳۰

توضیح:

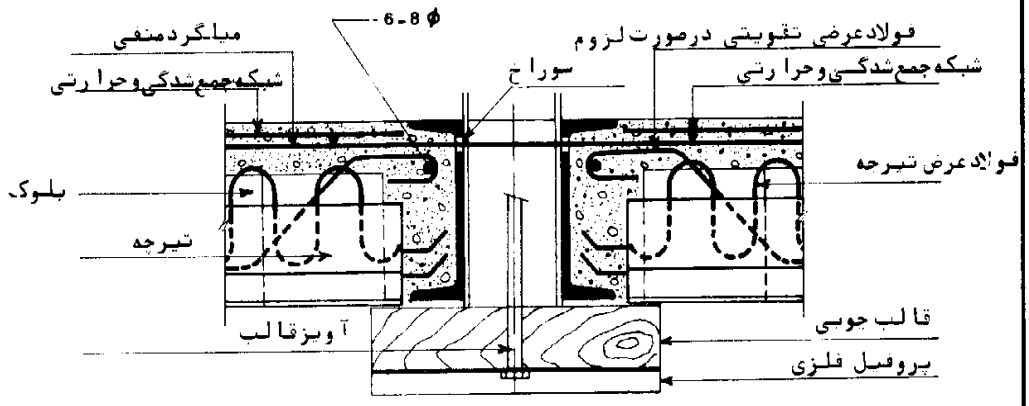
۲۷ و ۳۰. نحوه قالب‌بندی و استقرار تیرچه‌ها ، روی تیر پیش ساخته بتنی .

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

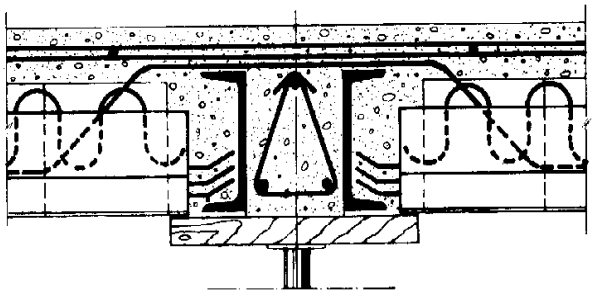
۲۹. سه مقطع نمونه از تیرهای پیش ساخته بتنی .

www.technobetar.ir

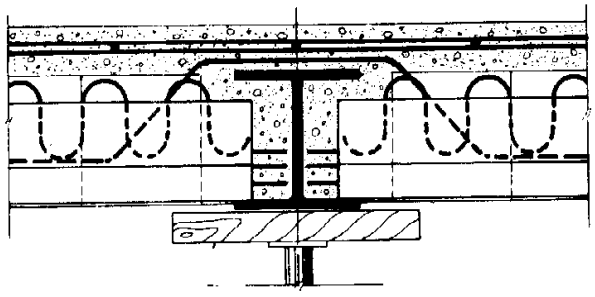
سازمان برنامه وبودجه	عنوان : استقرار سقف روی تیرآهن ، با ارتفاع مساوی و یا با ارتفاع کمتر از ضخامت سقف و نحوهٔ قالب‌بندی کلاف (تیرهای پیش تنیده)
معاونت فنی	۱۱
دفترتحقیقات ومعیارهای فنی	



(۳۱)



(۳۲)



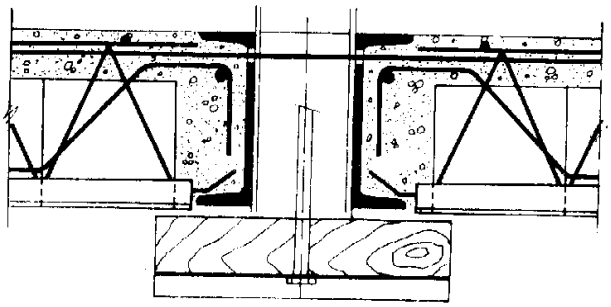
(۳۳)

توضیح :

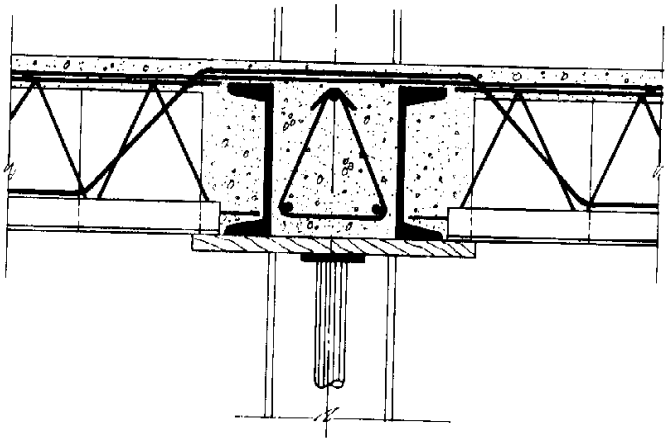
۳۱، ۳۲ و ۳۳. نحوه استقرار سقف تیرچه و بلوک روی تیر باربر فولادی ، شامل قالب بندی کلاف و چگونگی اجرای اتصالها .

www.technobetar.ir

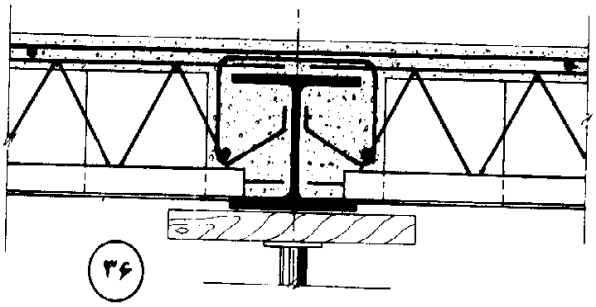
۱۲ عنوان: استقرار سقف روی تیرآهن، با ارتفاع مساوی و یا با ارتفاع کمتر از ضخامت سقف ونحوه قالب‌بندی کلاف (تیرچه‌های خرپایی)



۳۴



۳۵



۳۶

توضیح:

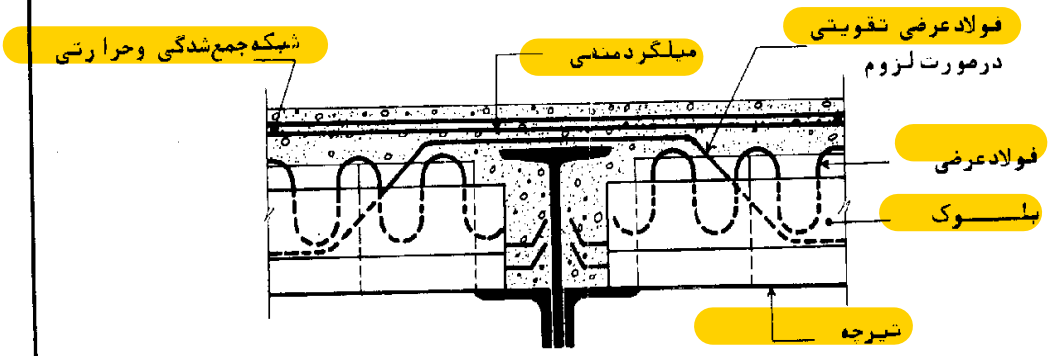
۳۴، ۳۵ و ۳۶. نحوه استقرار سقف تیرچه و بلوک روی تیر باربر فولادی، شامل قالب‌بندی کلاف و چگونگی اجرای اتصالها.

www.technobetar.ir

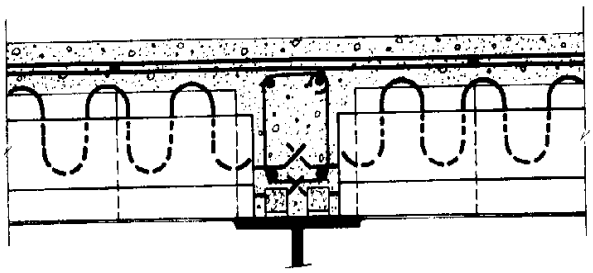
سازمان برنامه وبودجه
معاونت فنی
دفترتحقیقات ومعیارهای فنی

۱۳

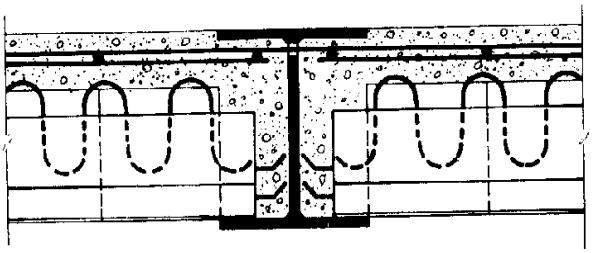
عنوان: استقرار سقف روی تیرآهن، با ارتفاع مساوی و یا با ارتفاع بیشتر از ضخامت سقف تیرچه، پیش تنیده.



۳۷



۳۸



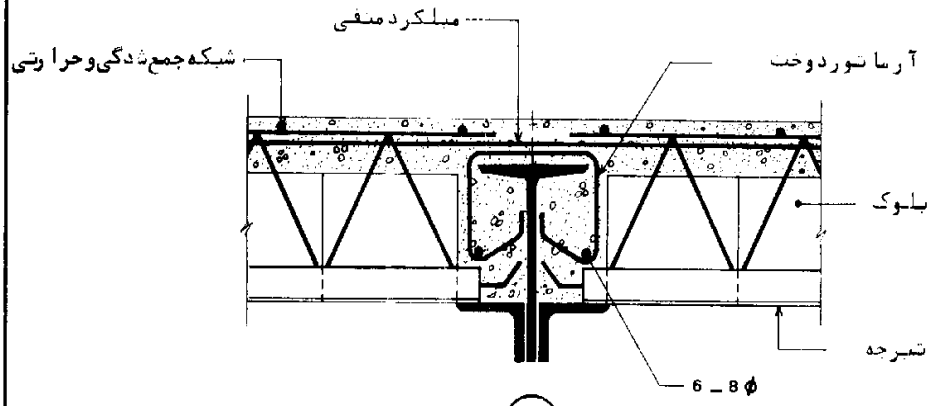
۳۹

توضیح:

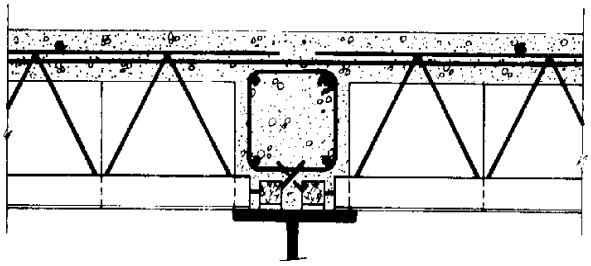
۳۷، ۳۸ و ۳۹. نحوهٔ استقرار سقف تیرچه و بلوک روی تیرباربر فولادی.

www.technobetar.ir

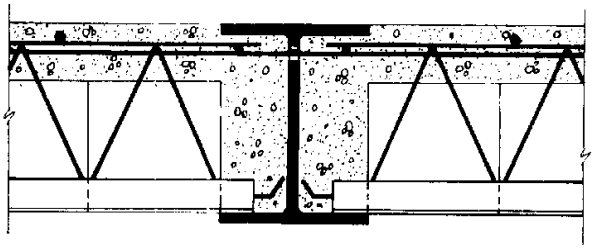
سازمان برنامه و بودجه	عنوان : استقرار سقف روی تیرآهن ، با ارتفاع مساوی و یا با ارتفاع بیشتر از ضخامت سقف تیرچهٔ خرپایی .
معاونت فنی	۱۴
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی	



۴۰



۴۱



۴۲

توضیح :

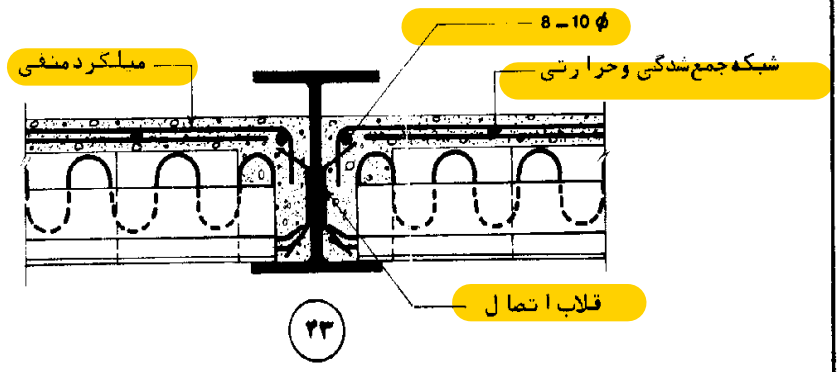
۴۰ ، ۴۱ و ۴۲ . نحوه استقرار تیرچه و بلوک روی تیرباربر فولادی .

www.technobetar.ir

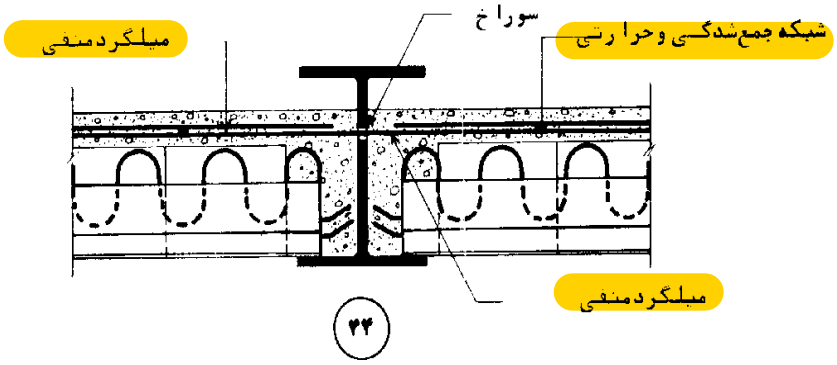
سازمان برنامه و بودجه
معاونت فنی
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

۱۵

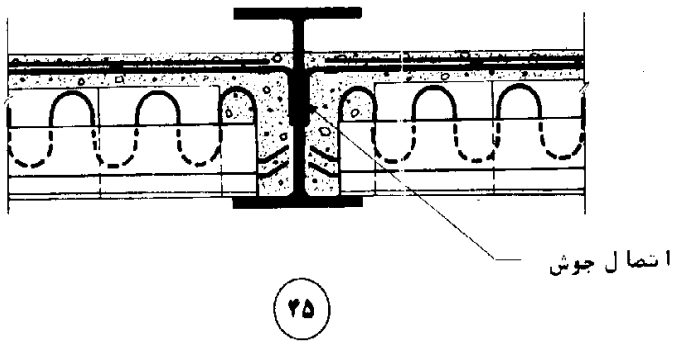
عنوان : استقرار سقف روی تیرآهن ، با ارتفاع بیشتر از ضخامت سقف (تیرچه پیش تنیده) .



۴۳



۴۴



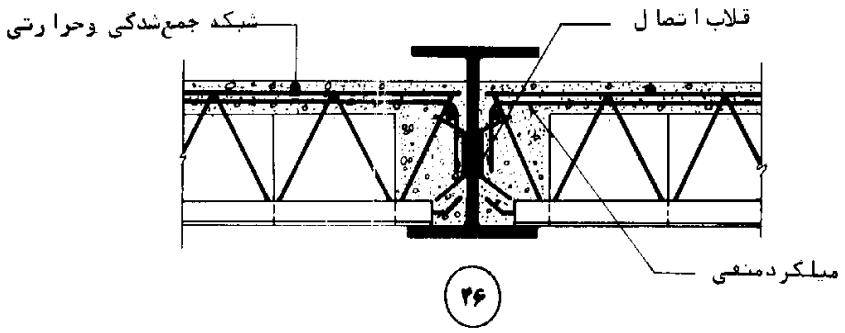
۴۵

توضیح :

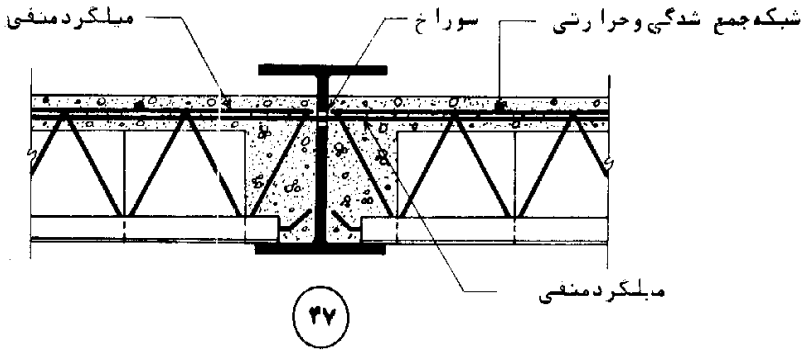
۴۳ ، ۴۴ و ۴۵ ، نحوه استقرار سقف تیرچه و بلوک روی تیرباربرفولادی .

www.technobetar.ir

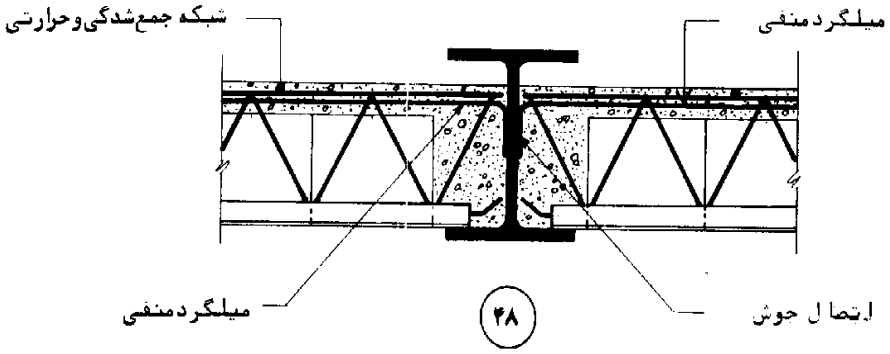
سازمان برنامه وبودجه	عنوان: استقرار سقف روی تیرآهن، با ارتفاع بیشتر از ضخامت سقف (تیرچه خرپایی).
معاونت فنی	۱۶
دفتر تحقیقات ومعیارهای فنی	



۴۶



۴۷



۴۸

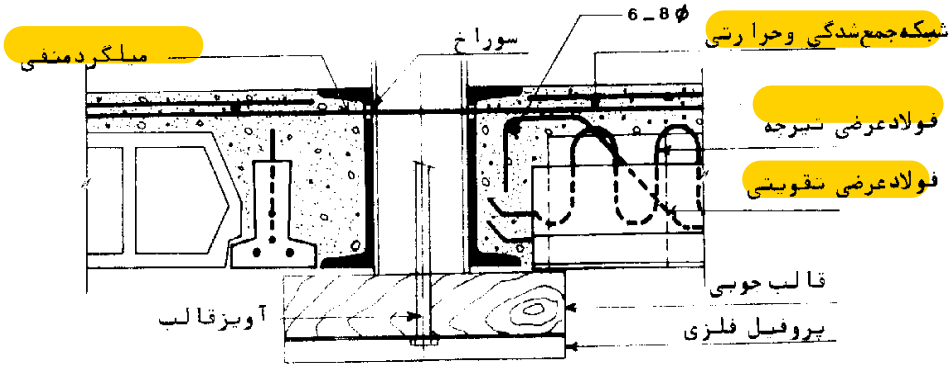
توضیح:

۴۶، ۴۷ و ۴۸. نحوه استقرار سقف تیرچه و بلوک روی تیرباربرفولادی.

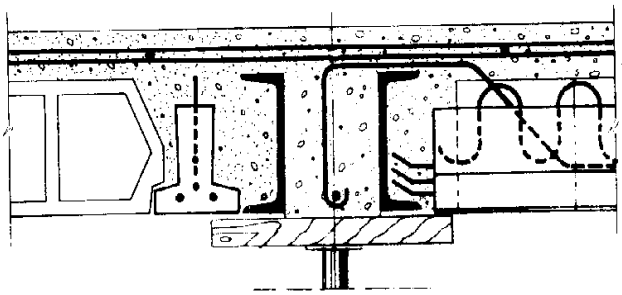
www.technobetar.ir

سازمان برنامه وبودجه
معاونت فنی
دفتر تحقیقات ومعیارهای فنی

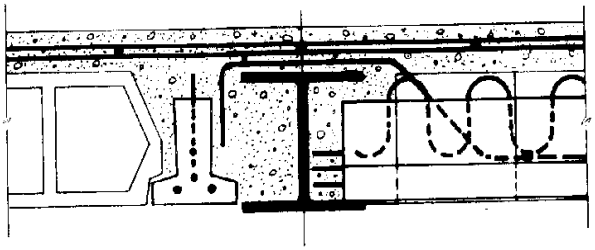
۱۷ عنوان: استقرار سقف روی تیرآهن، با تیرچه‌های موازی و عمود برآن (تیرچه پیش تنیده).



۴۹



۵۰



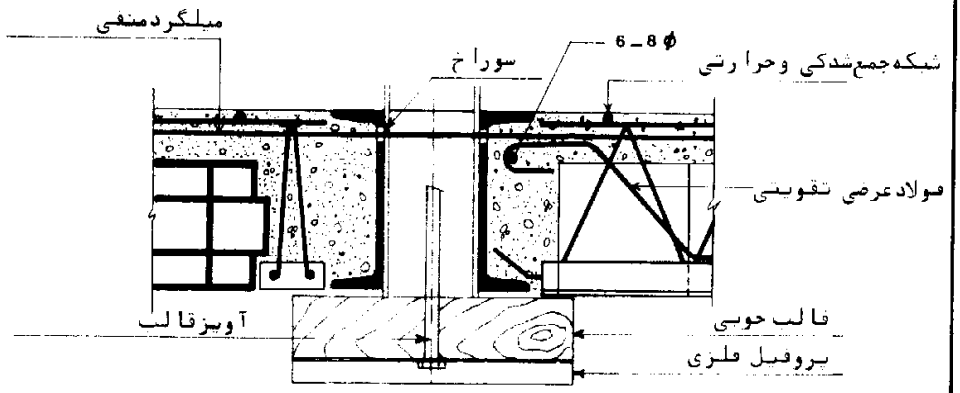
۵۱

توضیح:

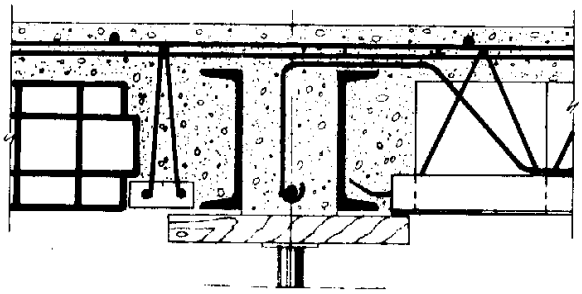
۴۹، ۵۰ و ۵۱. نحوه قالب‌بندی و استقرار سقف تیرچه و بلوک روی تیرباربرفولادی، در حالتی که امتداد تیرچه‌ها، در یک طرف موازی با تیرباربر و در طرف دیگر عمود بر آن باشد.

www.technobetar.ir

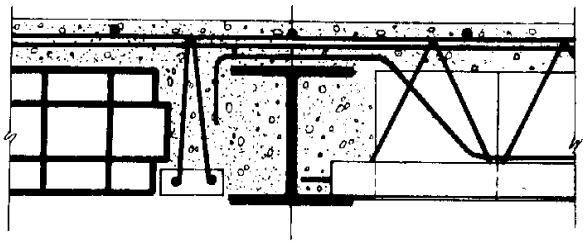
سازمان برنامه وبودجه	عنوان: استقرار سقف روی تیرآهن، بانیرجه‌های موازی و عمود برآن (تیرجه خرپایی)	۱۸
معاونت فنی		
دفتر تحقیقات ومعیارهای فنی		



۵۲



۵۳



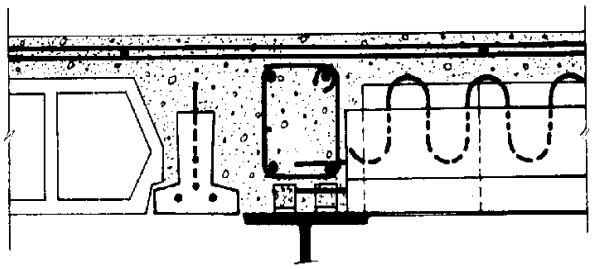
۵۴

توضیح:

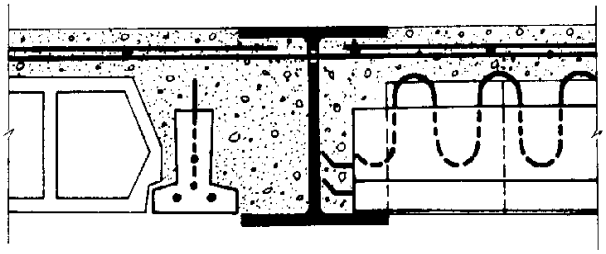
۵۲، ۵۳ و ۵۴. نحوه قالب‌بندی و استقرار سقف تیرجه و بلوک روی تیربارپر فولادی، درحالتی که امتداد تیرجه‌ها، در یک طرف موازی با تیربارپر و در طرف دیگر عمود برآن باشد.

www.technobetar.ir

سازمان برنامه وبودجه	عنوان: استقرار سقف روی تیرآهن، با تیرچه‌های موازی و عمود برآن (تیرچه پیش تنیده).	۱۹
معاونت فنی		
دفترتحقیقات ومعیارهای فنی		



۵۵



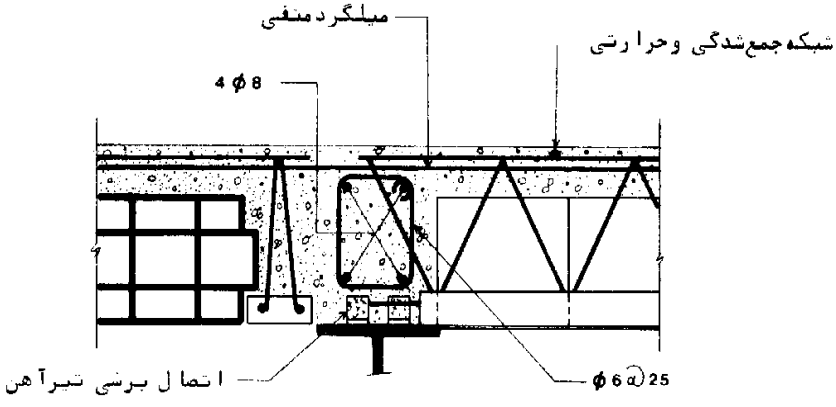
۵۶

توضیح:

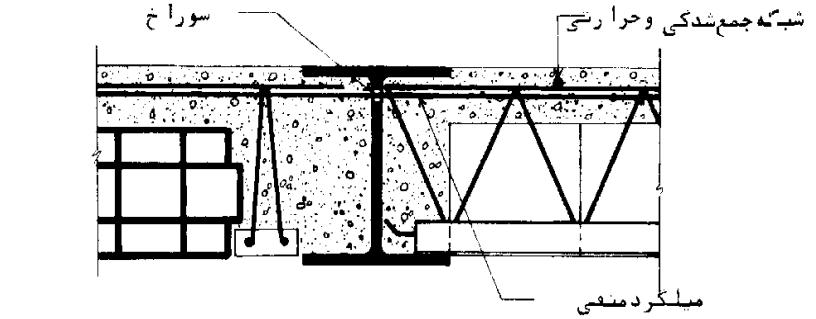
۵۵ و ۵۶. نحوه استقرار سقف تیرچه وبلوک روی تیربار بر فولادی، درحالتی که امتداد تیرچه‌ها، در یک طرف موازی با تیر و در طرف دیگر عمود بر آن باشد.

www.technobetar.ir

سازمان برنامه و بودجه	عنوان : استقرار سقف روی تیرآهن ، با تیرچه‌های موازی و عمود برآن (تیرچه خرپایی) .	۲۰
معاونت فنی		
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی		



۵۷



۵۸

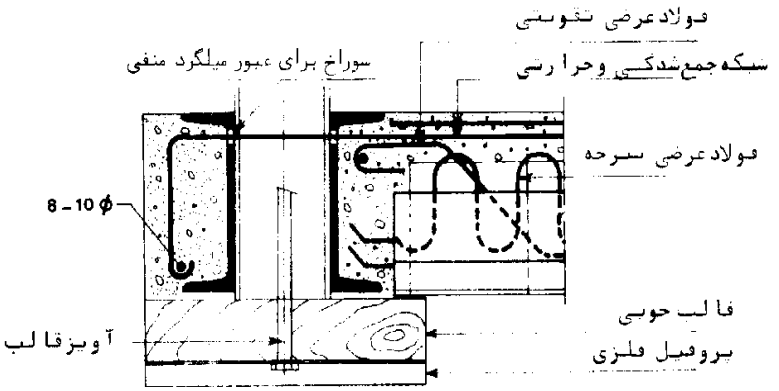
توضیح :

۵۷ و ۵۸ ، نحوه استقرار سقف تیرچه و بلوک روی تیرباربر فولادی ، در حالتی که امتداد تیرچه‌ها ، در یک طرف موازی امتداد تیرباربر و در طرف دیگر عمود بر آن باشد .

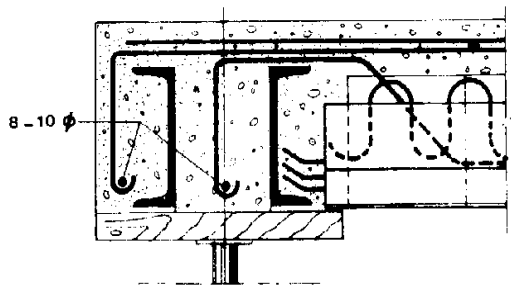
www.technobetar.ir

سازمان برنامه و بودجه
معاونت فنی
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

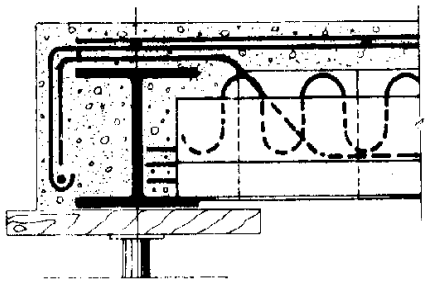
۲۱ عنوان: استقرار سقف روی تیرآهن، با ارتفاع مساوی و یا با ارتفاع کمتر از ضخامت سقف و نحوه قالب‌بندی کلاف (تیرچه پیش تنیده).



۵۹



۶۰



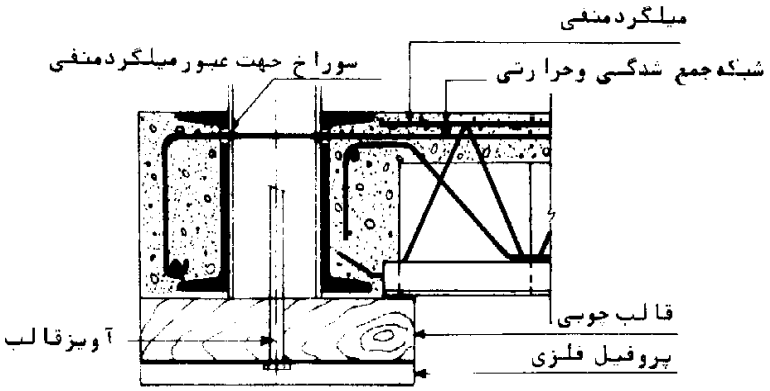
۶۱

توضیح:

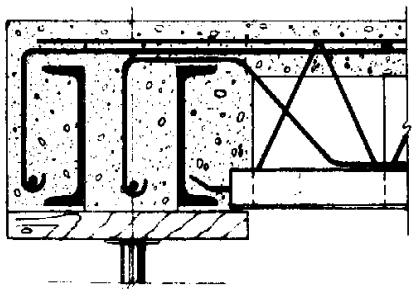
۵۹، ۶۰ و ۶۱. نحوه استقرار سقف تیرچه و بلوک روی تیرباربر فولادی، در تکیه‌گاه کناری شامل نحوه قالب‌بندی و جزئیات اتصالها.

www.technobetar.ir

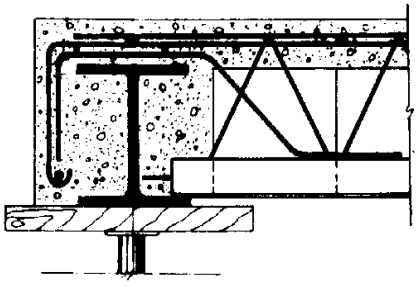
سازمان برنامه‌بودجه معاونت فنی دفتر تحقیقات و معیارهای فنی	عنوان: استقرار سقف‌روی تیرآهن ،با ارتفاع مساوی یا با ارتفاع کمتر از ضخامت سقف و نحوه قالب‌بندی کلاف (تیرچه پیش تنیده) . ۲۲



۶۲



۶۳



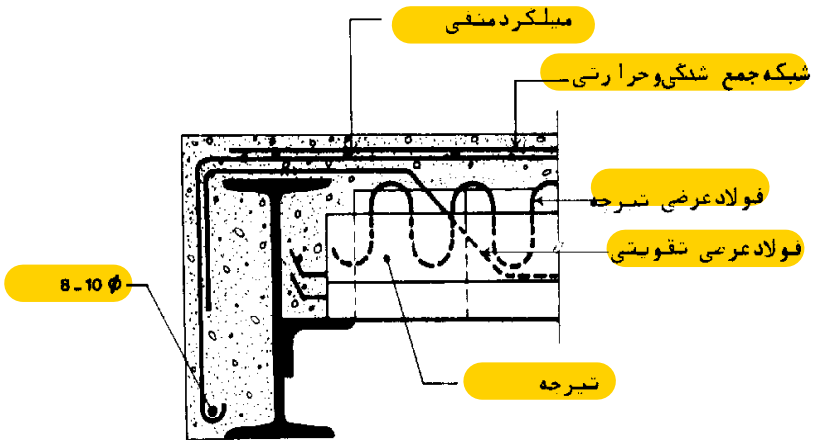
۶۴

توضیح:

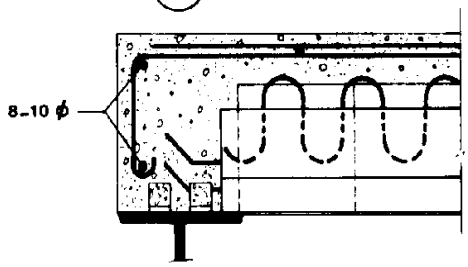
۶۲، ۶۳ و ۶۴. نحوه استقرار سقف‌تیرچه و بلوک روی تیرباربر فولادی ، در تکیه‌گاه کناری شامل نحوه قالب‌بندی و جزئیات اتصالها .

www.technobetar.ir

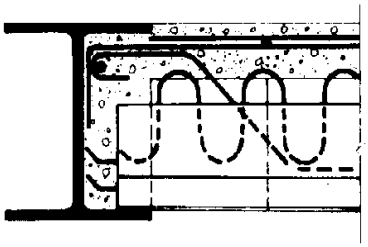
سازمان برنامه و بودجه	عنوان: استقرار سقف تیرچه و بلوک روی تیرآهن، با ارتفاع مساوی و یا بزرگتر از ضخامت سقف (تیرچهٔ پیش تنیده). ۲۳
معاونت فنی	
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی	



۶۵



۶۶



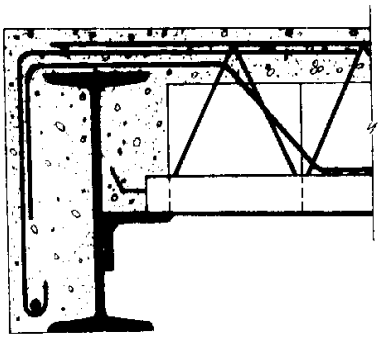
۶۷

توضیح:

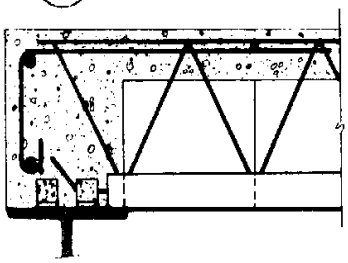
۶۵، ۶۶ و ۶۷. نحوه استقرار سقف تیرچه و بلوک روی تیرباربر فولادی، در تکیه‌گاه کناری.

www.technobetar.ir

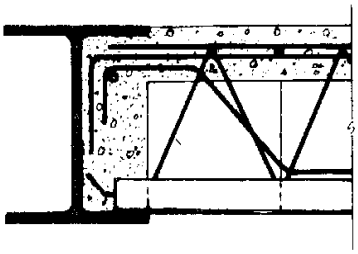
سازمان برنامه وبودجه	عنوان: استقرار سقف تیرچه و بلوک روی تیرآهن، با ارتفاع مساوی بزرگتر از ضخامت سقف (تیرچهٔ خرپایی).	۲۴
معاونت فنی		
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی		



۶۸



۶۹



۷۰

توضیح:

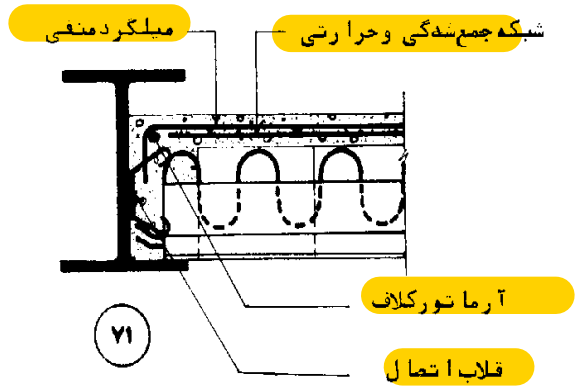
۶۸، ۶۹ و ۷۰. نحوه استقرار سقف تیرچه و بلوک روی تیربارپر فولادی، در تکیه‌گاه کناری.

www.technobetar.ir

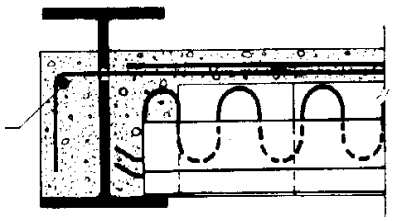
سازمان برنامه‌وبودجه
معاونت فنی
دفترتحقیقات ومعیارهای فنی

۲۵

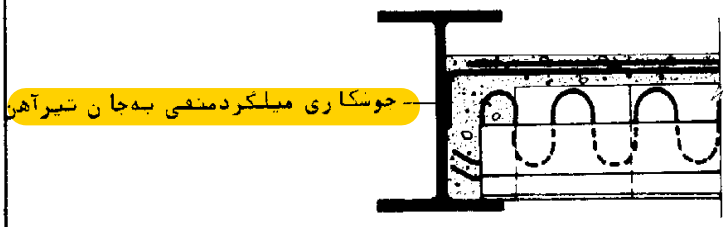
عنوان: استقرار سقف تیرچه و بلوک روی تیرآهن، با ارتفاع بیشتر از ضخامت سقف (تیرچه پیش تنیده).



۷۱



۷۲



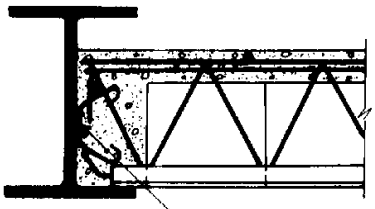
۷۳

توضیح:

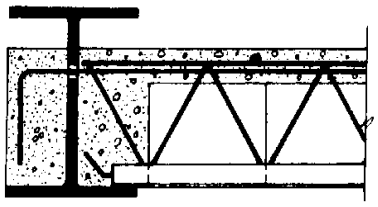
۷۱، ۷۲ و ۷۳. نحوه استقرار سقف تیرچه و بلوک روی تیرباربر فولادی، در تکیه‌گاه کناری.

www.technobetar.ir

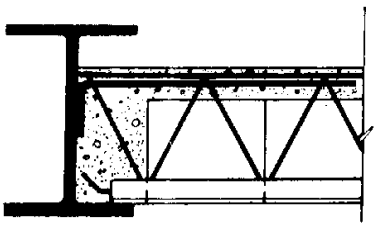
سازمان برنامه وبودجه	عنوان: استقرار سقف تیرچه و بلوک روی تیرآهن، با ارتفاع بیشتر از ضخامت سقف (تیرچهٔ خرپایی)
معاونت فنی	۲۶
دفترتحقیقات ومعیارهای فنی	



۷۴



۷۵



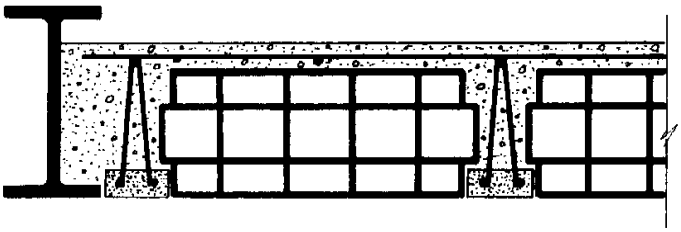
۷۶

توضیح:

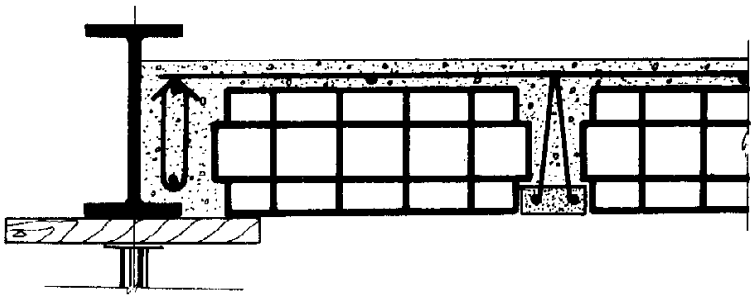
۷۴، ۷۵ و ۷۶. نحوه استقرار سقف تیرچه و بلوک روی تیرباربر فولادی، درتکیه‌گاه کناری.

www.technobetar.ir

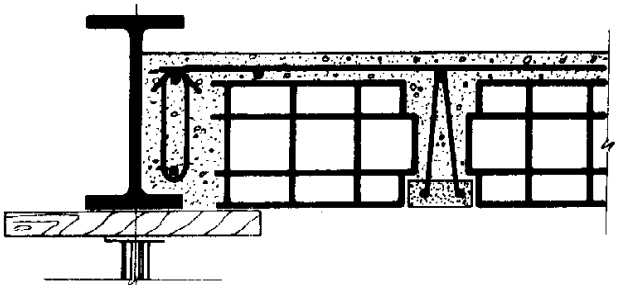
سازمان برنامه وبودجه	عنوان : حالتهای مختلف اتصال سقف به تیرآهن غیرباربر ، ارتفاع تیرآهن بیشتر ازضخامت سقف . ۲۷
معاونت فنی	
دفترتحقیقات ومعیارهای فنی	



۷۷



۷۸



۷۹

توضیح :

۷۷. شروع نصب تیرچه‌ها از کنار تیر غیرباربر

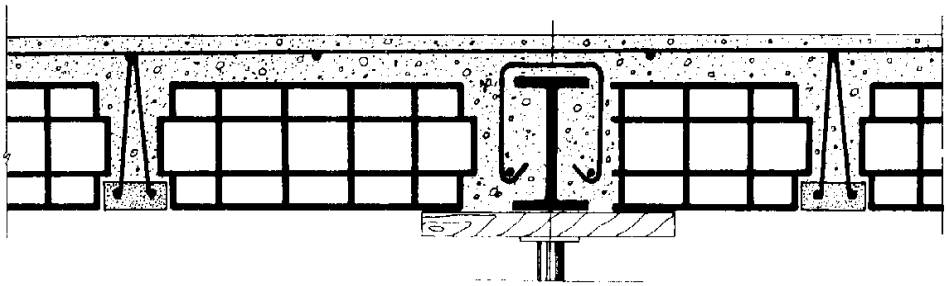
۷۸. شروع نصب تیرچه‌ها پس از نصب اولین ردیف بلوکها در مجاورت تیرآهن

۷۹. نصب‌آخرین ردیف بلوکها در مجاورت تیرآهن ، درصورت لزوم پس از شکستن آنها

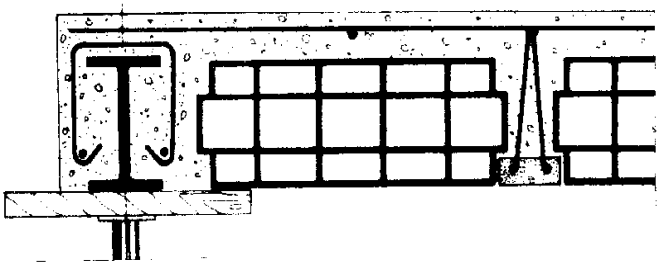
www.technobetar.ir

سازمان برنامه وبودجه
معاونت فنی
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

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



(۸۰)



(۸۱)

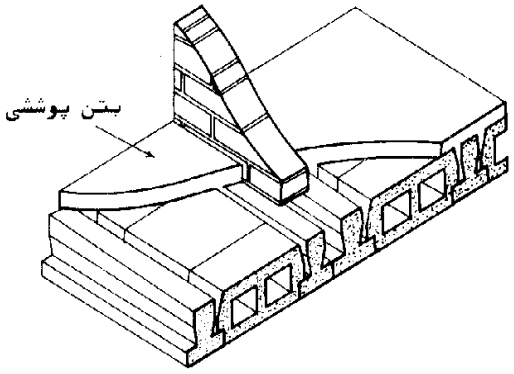
توضیح :

۸۰. نمونه‌ای از اتصال ، در تکیه‌گاه میانی .

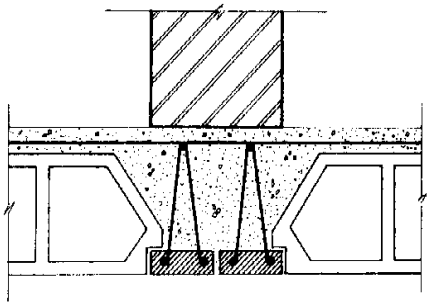
۸۱. نمونه‌ای از اتصال ، در تکیه‌گاه کناری .

www.technobetar.ir

سازمان برنامه وبودجه	عنوان : محل تیغه روی سقف تیرچه و بلوک .
معاونت فنی	۲۹
دفترتحقیقات ومعیارهای فنی	



(۸۲)



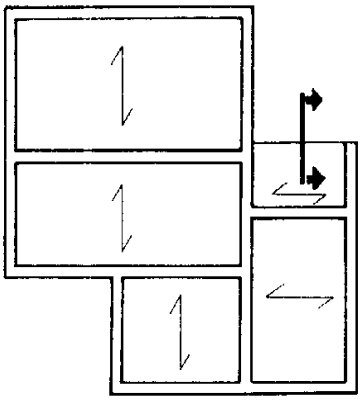
(۸۳)

توضیح :

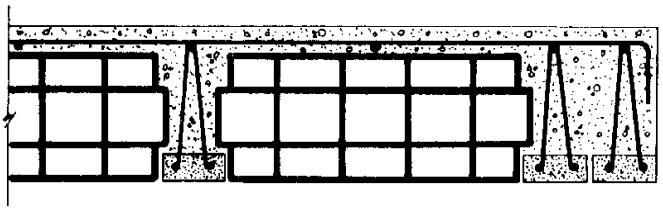
۸۲و۸۳ . اجرای تیرچه‌های مضاعف ، در محل استقرار تیغه غیربارپر .

www.technobetar.ir

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



پلان راهنما



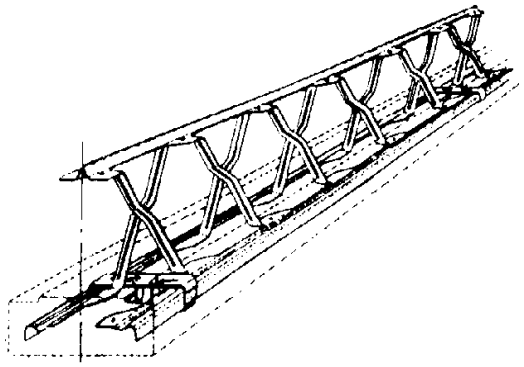
(۸۴)

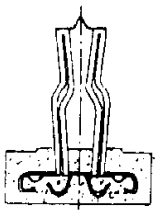
توضیح :

۸۴. مقطع عرضی سقف تیرچه و بلوک، در لبه غیرمتکی.

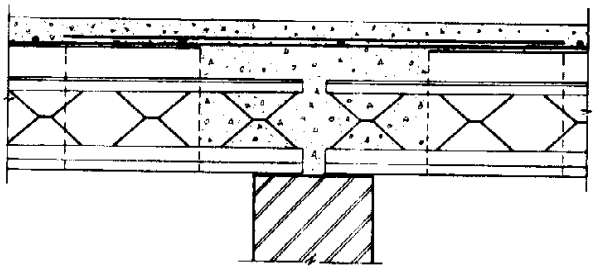
www.technobetar.ir

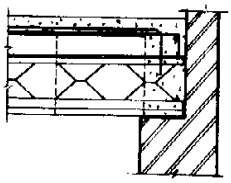
سازمان برنامه وبودجه	عنوان: تیرچه خرپایی ساخته شده از ورق فلزی.	۳۱
معاونت فنی		
دفتر تحقیقات ومعیارهای فنی		





۸۵





۸۶

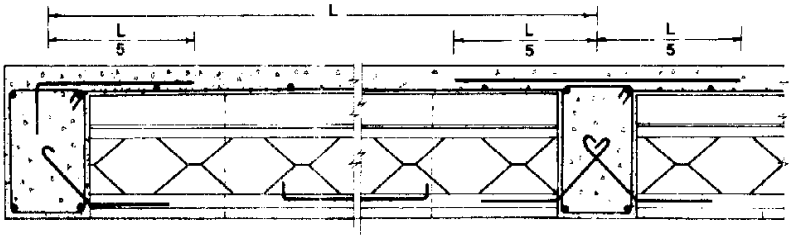
توضیح:

۸۵. شمای تیرچه خرپایی ساخته شده از ورق فلزی.

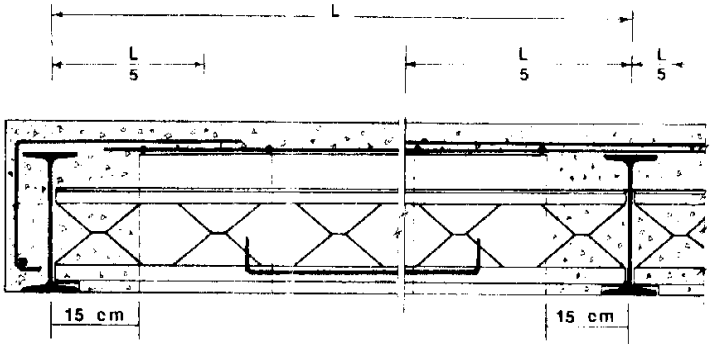
۸۶. نحوه استقرار سقف روی دیوار بنایی باربر.

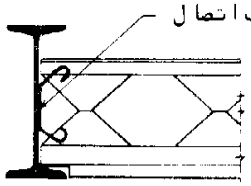
www.technobetar.ir

سازمان برنامه وبودجه	عنوان : تیرچه خرپایی ساخته شده از ورق فلزی.
معاونت فنی	۳۲
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی	



(۸۷)





(۸۸)

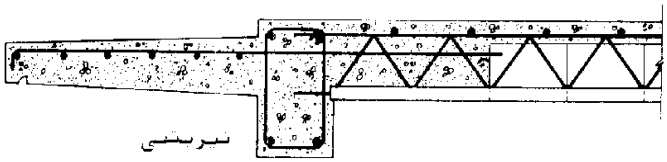
توضیح :

۸۷. نحوه استقرار سقف روی تیر بتنی.

۸۸. نحوه استقرار سقف روی تیرآهن.

www.technobetar.ir

سازمان برنامه وبودجه	عنوان: اتصال سقف تیرچه و بلوک، با دال طره‌ای بتنی.	۳۳
معاونت فنی		
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی		



(۸۹)

توضیح:

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

www.technobetar.ir

منـــابـــع

الف) به زبان فارسی

۱. *آیین نامه برای طرح و محاسبه و اجرای ساختمانهای بتن آرمه*. بخش پنجم ــ *شرایط لازم برای طرح و محاسبه ساختمانهای بتن آرمه (شماره ۵ ــ ۱۹۰۰)*. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. اردیبهشت ۱۳۶۳.

۲. *آیین نامه حداقل بار وارده برساختمانها و ابنیه فنی (شماره ۵۱۹)*. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. اردیبهشت ۱۳۶۱.

۳. *طرح و محاسبه و اجرای قطعات بتن فولادی* ــ *آیین نامه کشور آلمان* (BETON-KALENDER) ترجمه مهندس معراجی و مهندس بخشوده. سال ۱۳۶۴.

۴. *مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی*. نشریه شماره ۵۵ دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان برنامه و بودجه، آذر ۱۳۵۴.

۵. *آیین نامه بتن ایران*، نشریه شماره ۱۲۰. دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان برنامه و بودجه.

۶. *انواع سیمان و خواص آنها*. مرکز تحقیقات ساختمان. ترجمه دکتر هرمز فامیلی و مهندس جمشید صدرکریمی. 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.

www.technobetar.ir

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 Requirments for Reinforced Concrete and Commintary. ACI Standard 318-79.

www.technobetar.ir

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 Blooks. 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.

www.technobetar.ir

30. F.S. Merit. Standard Handbook for Civil Engineers. McGraw-Hill Book Company, 1976.

31. H.J. Cowan Design of Reinforced Concrete Structures. Prentics Hall, Inc. 1982.

32. J.J. Waddel. 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 Erlaüterungen(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 Ausfuhrang von Stahlbauten. Herausgegeben vom Verein Deutscher Eisenhüttenleute. Düsseldorf. 1969.

www.technobetar.ir

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.