

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰى مُحَمَّدٍ وَّ اٰلِ مُحَمَّدٍ وَّ عَجِّلْ فَرَجَهُمْ



ساختمان سازی بتنی

رشته ساختمان

گروه معماری و ساختمان

شاخه فنی و حرفه‌ای

پایه یازدهم دوره دوم متوسطه





وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی



- نام کتاب: ساختمان‌سازی بتنی - ۲۱۱۴۰۰
پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: پرستو آریانزاد، مهدی هاشملو، حسین حجاریان، محمد نوری‌زاده، علیرضا فاروقی، موسی محمودی صاحبی، عبدالله روشن و احسان قنبرزاده (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
مدیریت آماده‌سازی هنری: ابوالفضل فراهانی، محمدرضا اسکندری، محسن جوادی، مهدی نبیری، مریم نبیری، امیرحسین محرّر و مسعود حبیبی (اعضای گروه تألیف)
شناسه افزوده آماده‌سازی: اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
نشر: احمدرضا امینی (مدیر امور فنی و چاپ) - جواد صفری (مدیر هنری) - مریم کیوان (طراح جلد) - شهرزاد قنبری (صفحه‌آرا) - مرتضی حسینی (عکاس) - قاسم آریانی، الهام عبداللّهی، حسین حجاریان و مریم‌دهقان‌زاده (رسم) - فاطمه باقری‌مهر، فریده حسینی، مهدی‌علی‌پور، مرضیه اخلاقی و حمید ثابت کلاچاهی (امور آماده‌سازی)
نشانی سازمان: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)
تلفن: ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وبسایت: www.irttextbook.ir، www.chap.sch.ir
ناشر: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (دارو پخش) تلفن: ۵ - ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰
صندوق پستی: ۳۷۵۱۵ - ۱۳۹
چاپخانه: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ اول ۱۴۰۵

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس‌برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکریر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.



ملت شریف ما اگر در این انقلاب بخواهد پیروز شود باید دست از آستین
برآرد و به کار بپردازد. از متن دانشگاه‌ها تا بازارها و کارخانه‌ها و مزارع و
باغستان‌ها تا آنجا که خودکفا شود و روی پای خود بایستد.

امام خمینی «قُدَسَ سِرُّهُ»

۱	پودمان اول : اجرای آرماتوربندی
۲	واحد یادگیری ۱: اجرای آرماتوربندی فونداسیون و ستون
۳۲	واحد یادگیری ۲: اجرای آرماتوربندی تیر و سقف بتنی
۵۳	پودمان دوم : اجرای قالب بندی
۵۴	واحد یادگیری ۱: اجرای قالب بندی فونداسیون و ستون
۹۴	واحد یادگیری ۲: اجرای قالب بندی تیر و سقف بتنی
۱۲۵	پودمان سوم : اجرای سقف بتنی
۱۲۶	واحد یادگیری ۱: اجرای سقف تیرچه و بلوک
۱۴۵	واحد یادگیری ۲: اجرای سقف های مدرن بتنی
۱۶۱	پودمان چهارم: اجرای عملیات ساخت بتن
۱۶۲	واحد یادگیری ۱: ساخت بتن
۱۸۸	واحد یادگیری ۲: تعیین مقاومت بتن
۲۱۱	پودمان پنجم : ترمیم و تقویت سازه های بتنی
۲۱۲	واحد یادگیری ۱: اجرای عملیات ترمیم سازه های بتنی
۲۲۲	واحد یادگیری ۲: اجرای عملیات کاشت میلگرد در بتن
۲۳۸	منابع

این کتاب در سال های ۱۴۰۲ و ۱۴۰۳ از منظر چهار گروه از دنیای کار (کارفرمایان بزرگ، خبرگان حرفه ای، فروشندگان خدمات و کالا و انجمن های حرفه ای) و چهار گروه از دنیای آموزش (هنرآموزان خبره، مربیان آموزش فنی و حرفه ای، هنرجویان پایه دوازدهم و فارغ التحصیلان شاغل) مورد ارزشیابی کشوری قرار گرفت و نتایج آن در محتوا اعمال گردید.

شرایط در حال تغییر دنیای کار در مشاغل گوناگون، توسعه فناوری‌ها و تحقق توسعه پایدار، ما را بر آن داشت تا برنامه‌های درسی و محتوای کتاب‌های درسی را در ادامه تغییرات پایه‌های قبلی براساس نیاز کشور و مطابق با رویکرد سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران در نظام جدید آموزشی بازطراحی و تألیف کنیم. مهم‌ترین تغییر در کتاب‌ها، آموزش و ارزشیابی مبتنی بر شایستگی است. شایستگی، توانایی انجام کار واقعی به‌طور استاندارد و درست تعریف شده است. توانایی شامل دانش، مهارت و نگرش می‌شود. در رشته تحصیلی - حرفه‌ای شما، چهار دسته شایستگی در نظر گرفته شده است:

۱ شایستگی‌های فنی برای جذب در بازار کار مانند توانایی آرماتوربندی

۲ شایستگی‌های غیرفنی برای پیشرفت و موفقیت در آینده مانند نوآوری و مصرف بهینه

۳ شایستگی‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات مانند کار با نرم‌افزارها

۴ شایستگی‌های مربوط به یادگیری مادام‌العمر مانند کسب اطلاعات از منابع دیگر

بر این اساس دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش مبتنی بر اسناد بالادستی و با مشارکت متخصصان برنامه‌ریزی درسی فنی و حرفه‌ای و خبرگان دنیای کار مجموعه اسناد برنامه درسی رشته‌های شاخه فنی و حرفه‌ای را تدوین نموده‌اند که مرجع اصلی و راهنمای تألیف کتاب‌های درسی هر رشته است.

این کتاب یکی از شش کتاب کارگاهی است که ویژه رشته «ساختمان» تألیف شده است و شما در طول دو سال تحصیلی پیشرو چهار کتاب کارگاهی و با شایستگی‌های متفاوت را آموزش خواهید دید. کسب شایستگی‌های این کتاب برای موفقیت در شغل و حرفه برای آینده بسیار ضروری است. هنرجویان عزیز سعی نمایید؛ تمام شایستگی‌های آموزش داده شده در این کتاب را کسب و در فرایند ارزشیابی به اثبات رسانید.

کتاب درسی «ساختمان سازی بتنی» شامل پنج پودمان است و هر پودمان دارای دو یادگیری است و هر واحد یادگیری از چند مرحله‌کاری تشکیل شده است. شما هنرجویان عزیز پس از یادگیری هر پودمان می‌توانید شایستگی‌های مربوط به آن را کسب نمایید. شرط لازم برای کسب شایستگی در هر پودمان، کسب شایستگی در هر دو واحد یادگیری آن پودمان است. در صورت احراز نشدن شایستگی در یک یا هر دو واحد یادگیری پس از ارزشیابی اول، فرصت جبران و ارزشیابی تا پایان سال تحصیلی وجود دارد. ارزشیابی هر واحد یادگیری نیز از دو بخش نمره مستمر و نمره شایستگی فنی تشکیل شده است و شرط لازم برای محاسبه این دو بخش، کسب شایستگی در بخش شایستگی‌های غیرفنی است.

همچنین علاوه بر کتاب درسی امکان استفاده از سایر اجزای بسته آموزشی که برای شما طراحی و تألیف شده است، وجود دارد. یکی از این اجزای بسته آموزشی کتاب همراه هنرجو می‌باشد که برای انجام فعالیت‌های موجود در کتاب درسی باید استفاده نمایید. کتاب همراه خود را می‌توانید هنگام آزمون و فرایند ارزشیابی نیز همراه داشته باشید. فعالیت‌های یادگیری در ارتباط با شایستگی‌های غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای، حفاظت از محیط‌زیست و شایستگی‌های یادگیری مادام‌العمر و فناوری اطلاعات و ارتباطات همراه با شایستگی‌های فنی طراحی و در کتاب درسی و بسته آموزشی ارائه شده است. شما هنرجویان عزیز کوشش نمایید این شایستگی‌ها را در کنار شایستگی‌های فنی آموزش ببینید، تجربه کنید و آنها را در انجام فعالیت‌های یادگیری به کار گیرید.

رعایت نکات ایمنی، بهداشتی و حفاظتی از اصول انجام کار است لذا توصیه‌های هنرآموز محترمتان در خصوص رعایت مواردی که در کتاب آمده است، در انجام کارها جدی بگیرید.

امیدواریم با تلاش و کوشش شما هنرجویان عزیز و هدایت هنرآموزان گرامی، گام‌های مؤثری در جهت سربلندی و استقلال کشور و پیشرفت اجتماعی و اقتصادی و تربیت مؤثر و شایسته جوانان برومند میهن اسلامی برداشته شود.

دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

سخنی با هنرآموزان گرامی

در راستای تحقق اهداف سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران و نیازهای متغیر دنیای کار و مشاغل، برنامه‌درسی رشته ساختمان طراحی و بر اساس آن محتوای آموزشی نیز تألیف گردید. کتاب حاضر از مجموعه کتاب‌های کارگاهی می‌باشد که برای سال دهم تدوین و تألیف گردیده است این کتاب دارای ۵ پودمان است که هر پودمان از دو واحد یادگیری تشکیل شده است. همچنین ارزشیابی مبتنی بر شایستگی از ویژگی‌های این کتاب می‌باشد که در پایان هر پودمان شیوه ارزشیابی آورده شده است. و شرط لازم برای کسب شایستگی در هر پودمان، کسب شایستگی در هر دو واحد یادگیری آن پودمان است. ارزشیابی هر واحد یادگیری نیز از دو بخش نمره مستمر و نمره شایستگی فنی تشکیل شده است و شرط لازم برای محاسبه این دو بخش، کسب شایستگی در بخش شایستگی‌های غیرفنی است. در صورت احراز نشدن شایستگی در هر یک از واحدهای یادگیری پس از ارزشیابی اول، فرصت جبران و ارزشیابی دوباره تا پایان سال تحصیلی وجود دارد. از ویژگی‌های دیگر این کتاب طراحی فعالیت‌های یادگیری ساختاریافته در ارتباط با شایستگی‌های فنی و غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای و مباحث زیست‌محیطی است. این کتاب جزئی از بسته آموزشی تدارک دیده شده برای هنرجویان است که لازم است از سایر اجزای بسته آموزشی مانند کتاب همراه هنرجو، نرم‌افزار و فیلم آموزشی در فرایند یادگیری استفاده شود. کتاب همراه هنرجو در هنگام یادگیری، ارزشیابی و انجام کار واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. شما می‌توانید برای آشنایی بیشتر با اجزای بسته یادگیری، روش‌های تدریس کتاب، شیوه ارزشیابی مبتنی بر شایستگی، مشکلات رایج در یادگیری محتوای کتاب، بودجه‌بندی زمانی، نکات آموزشی شایستگی‌های غیرفنی، آموزش ایمنی و بهداشت و دریافت راهنما و پاسخ فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها به کتاب راهنمای هنرآموز این درس مراجعه کنید. لازم به یادآوری است، کارنامه صادر شده بر اساس نمره ۵ پودمان خواهد بود و در هنگام آموزش و سنجش و ارزشیابی پودمان‌ها و شایستگی‌ها، می‌بایست به استاندارد ارزشیابی پیشرفت تحصیلی منتشر شده توسط سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی مراجعه گردد. رعایت ایمنی و بهداشت، شایستگی‌های غیرفنی و مراحل کلیدی بر اساس استاندارد از ملزومات کسب شایستگی می‌باشند. همچنین برای هنرجویان تبیین شود که این درس با ضریب ۸ در معدل کل محاسبه می‌شود و دارای تأثیر زیادی است.

کتاب حاضر شامل پودمان‌های ذیل است:

پودمان اول: با عنوان «اجرای آرماتوربندی» است هدف از این پودمان اجرای آرماتوربندی اعضای سازه‌های بتنی نظیر فونداسیون، ستون، تیر و پله است.

پودمان دوم: «اجرای قالب‌بندی» می‌باشد. در این پودمان با قالب‌بندی فلزی و چوبی اعضای سازه‌های بتنی آشنا خواهید شد.

پودمان سوم: «اجرای سقف بتنی» است. در این پودمان اجرای سقف‌های تیرچه و بلوک، سقف‌های مجوف و سقف‌های مشبک را آموزش خواهید دید.

پودمان چهارم: موضوع این پودمان «ساخت بتن» می‌باشد. در این پودمان با مراحل ساخت و آزمایش‌های بتن آشنا می‌شوید.

پودمان پنجم: به موضوع «ترمیم و تقویت سازه‌های بتنی» از طریق ملات‌ها، روش‌های ترمیم و کاشت میلگرد پرداخته شده است.

امید است که با تلاش و کوشش شما همکاران گرامی اهداف پیش‌بینی شده برای این درس محقق گردد.

دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش



نظر سنجی کتاب درسی



پودمان اول

اجرای آرماتوربندی



واحد یادگیری ۱: اجرای آرماتوربندی فونداسیون و ستون

مقدمه

ساختمان‌های بتن مسلح (بتن آرمه) یکی از مهم‌ترین و رایج‌ترین نوع سازه‌ها در ساختمان‌های امروزی هستند. در این نوع ساختمان‌ها در اعضای سازه‌ای مثل فونداسیون، ستون، تیر، سقف، راه پله و ... از ترکیب بتن با میلگرد (به عنوان مسلح کننده) استفاده می‌شود. ترکیبی که باعث می‌شود سازه هم در برابر فشار و هم در برابر کشش و خمش مقاوم باشد. استفاده از میلگرد در بتن به عنوان مسلح کننده به این دلیل است که علی‌رغم اینکه بتن به تنهایی مقاومت فشاری بالایی دارد اما مقاومت کششی بتن نسبت به مقاومت فشاری آن بسیار کم (حدود ده درصد مقاوم فشاری) است. این نقطه ضعف بتن با افزودن آرماتور اصلاح می‌شود.

استاندارد عملکرد

در پایان این واحد یادگیری هنرجویان باید بتوانند اعضای سازه‌های بتن مسلح را بشناسند. با انواع میلگرد، خم میلگردها، انواع وصله، آشنا شده آرماتوربندی فونداسیون و ستون‌ها را انجام دهند. در پایان هنرجویان مطابق ضوابط ارزشیابی شایستگی محور مورد ارزشیابی قرار خواهند گرفت.

استانداردهای مرتبط با موضوع آرماتوربندی

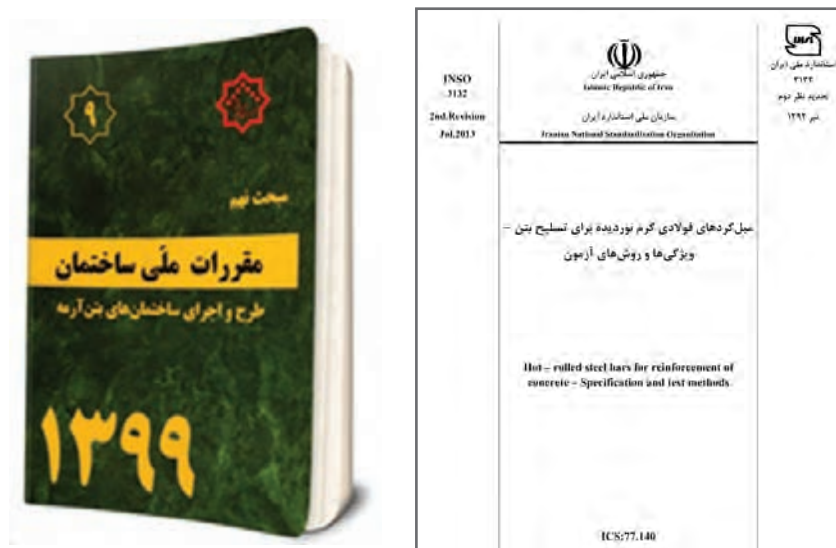
در اجرای عملیات آرماتوربندی (میلگرد گذاری) می‌بایستی نکات مطرح شده در آیین نامه‌ها و استانداردهای موجود مد نظر قرار داده شود. این استانداردها و آیین نامه‌ها توسط مراجع معتبر از قبیل سازمان برنامه و بودجه کشور (نظام فنی و اجرایی)، دفتر مقررات ملی ساختمان وزارت راه و شهرسازی، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی و همچنین سازمان ملی استاندارد ایران منتشر می‌گردند. برای دستیابی به استانداردهای مرتبط با موضوع اجرای ساختمان‌های بتنی می‌توانید به منابع ذیل مراجعه نمایید: (شکل ۱)

۱ مقررات ملی ساختمان، مبحث نهم، طراحی و اجرای ساختمان‌های بتن آرمه، ویرایش پنجم ۱۳۹۹

۲ آیین‌نامه بتن ایران (آبا)، تجدید نظر دوم ۱۴۰۲

۳ استاندارد ملی ایران، شماره ۳۱۳۲

۴ مشخصات فنی و عمومی کارهای ساختمانی (نشریه ۵۵) - جلد پنجم، ویرایش سوم ۱۴۰۳



شکل ۱

اعضای سازه‌های بتن مسلح

اعضای سازه‌های بتن مسلح شامل فونداسیون (شالوده)، ستون، تیر (پوتر)، سقف و در برخی سازه‌ها کنسول بتنی و دیوار برشی می‌باشد. (شکل ۲)

سازه‌های بتنی دارای مزایایی نظیر مقاومت در برابر آتش‌سوزی، دوام مناسب در برابر رطوبت و صرفه اقتصادی در اغلب موارد نسبت به سازه‌های فولادی می‌باشند. همچنین به دلیل خاصیت روانی بتن تازه و به کمک قالب می‌توان مقاطع بتنی نظیر تیر و ستون‌ها را به اشکال مختلف اجرا نمود.



شکل ۲

از معایب سازه‌های بتنی نسبت به سازه‌های فولادی، بزرگی ابعاد مقاطع تیر و ستون است که می‌تواند منجر به محدودیت‌های معماری نظیر تأمین پارکینگ شود. ایجاد ترک و خزش در بتن می‌تواند در بلند مدت منجر به افت کیفیت بهره‌برداری از سازه‌های بتنی شود. بر خلاف سازه‌های فولادی که بیشتر اعضای آن در کارخانه ساخته شده و سپس به محل کارگاه حمل و نصب می‌شود سازه‌های بتنی در محل کارگاه قالب‌بندی، آرماتوربندی و بتن‌ریزی می‌شود. این مسئله در کنار نیاز بتن به نگهداری و عمل‌آوری باعث کاهش سرعت اجرای سازه‌های بتنی می‌شود. البته با گسترش روش‌های صنعتی سازی ساختمان در سال‌های اخیر و با استفاده از مقاطع بتنی پیش‌ساخته این نقیصه سازه‌های بتنی را می‌توان تا حدود زیادی برطرف نمود. مطابق با گام‌های اجرای یک سازه بتنی در بازار کار، ابتدا در این واحد یادگیری مشخصات و روش‌های برش و خم‌زدن و ساخت اشکال مختلف آرماتور را فرا گرفته و در واحدهای یادگیری بعدی با روش‌های آرماتوربندی و قالب‌بندی مقاطع مختلف و سقف سازه‌های بتنی آشنا خواهید شد. در پودمان چهارم روش ساخت و عمل‌آوری بتن به صورت عملی آموزش داده خواهد شد.

■ میلگرد

میلگرد یک مقطع فولادی توپر دایره‌ای است که برای مسلح کردن بتن و افزایش مقاومت کششی آن در سازه‌های بتنی استفاده می‌شود.

دلایل استفاده از میلگرد در عضو بتنی:

- جبران ضعف کششی بتن
- افزایش استحکام و تحمل بار
- جلوگیری از ترک خوردگی و گسترش ترک
- شکل‌پذیری و ایمنی بیشتر
- سازگاری مناسب فولاد و بتن

نکته



بتن مثل سنگ است (محکم و ترد)، فولاد مثل فنر قوی است (مقاوم و شکل‌پذیر)، وقتی این دو با هم ترکیب شوند، یک عضو سازه‌ای مقاوم و مطمئن ساخته می‌شود.

■ انواع میلگرد از نظر شکل رویه

- میلگرد ساده (بدون آج)

- میلگرد آج‌دار



شکل ۳

میلگرد ساده را با علامت فی Φ و میلگرد آج‌دار را با علامت فی تور Φ یا در برخی نقشه‌ها با علامت # نشان می‌دهند.

آج برجستگی‌ها و شیارهای روی سطح میلگرد است که باعث درگیری و چسبندگی بهتر میلگرد با بتن و جلوگیری از لغزش آن در داخل بتن می‌شود. (شکل ۳)

جدول ۱ - انواع میلگرد از نظر مشخصات مکانیکی

نوع میلگرد	مشخصات فنی	شکل
میلگرد S240	همان میلگرد ساده (بدون آج) است که در استاندارد روسی با نام میلگرد A1 شناخته می‌شود. از این آرماتور اغلب در اعضای غیرسازه‌ای استفاده می‌شود. در صورت استفاده به عنوان آرماتور سازه‌ای فقط جهت استفاده در دور پیچ‌های اعضای فشاری مثل ستون‌ها مجاز است.	
میلگرد S340 , S350	در استاندارد قدیم با عنوان میلگرد A2 شناخته می‌شود. به دلیل نرمی و راحتی خم‌زدن بیشتر در آرماتورهای عرضی و سنجاقی‌ها استفاده می‌شود.	
میلگرد S400 , S420	در استاندارد قدیمی با عنوان میلگرد A3 شناخته می‌شود. در میلگردهای طولی (سراسری و تقویتی) اعضای سازه‌ای به کار می‌رود.	
میلگرد S500 , S520	در استاندارد قدیمی با عنوان میلگرد A4 شناخته می‌شود. جهت استفاده در میلگردهای طولی (سراسری و تقویتی) اعضای سازه‌ای مجاز می‌باشند.	

عدد بعد از S بیانگر مقاومت تسلیم یا مقاومت جاری شدن (f_y) فولاد برحسب مگاپاسکال است که برای تبدیل آن به کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع باید در عدد ۱۰ ضرب شود. (جدول ۲).

نکته



به عنوان مثال مقاومت تسلیم میلگرد A3 برابر ۴۰۰ مگاپاسکال یا ۴۰۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع می‌باشد.

جدول ۲

رده	علامت مشخصه	طبقه‌بندی از نظر شکل رویه	طبقه‌بندی از نظر شکل پذیری	مقاومت کششی حداقل، مگاپاسکال	مقاومت تسلیم f_y ، مگاپاسکال	
					حداقل	حداکثر
S240	س ۲۴۰	ساده	نرم	۳۶۰	۲۴۰	-
S340	آج ۳۴۰	آجدار مارپیچ	نیم سخت	۵۰۰	۳۴۰	-
S350	آج ۳۵۰	آجدار مارپیچ	نیم سخت	۵۰۰	۳۵۰	۴۵۵
S400	آج ۴۰۰	آجدار جناغی	نیم سخت	۶۰۰	۴۰۰	-
S420	آج ۴۲۰	آجدار جناغی	نیم سخت	۶۰۰	۴۲۰	۵۴۵
S500	آج ۵۰۰	آجدار مرکب	سخت	۶۵۰	۵۰۰	-
S500C	آج ۵۰۰ سرد	آجدار	سخت	۵۵۰	۵۰۰	-
S520	آج ۵۲۰	آجدار مرکب	سخت	۶۹۰	۵۲۰	۶۷۵

■ نمونه برداری و آزمایش میلگرد

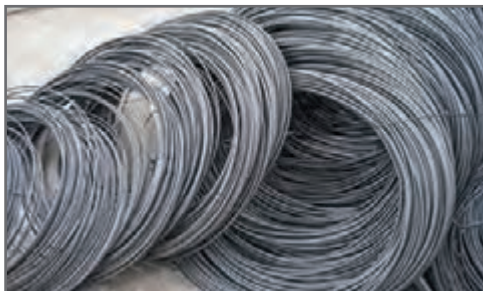
در پروژه‌های ساختمانی قبل از استفاده می‌بایستی میلگرد را آزمایش کرد و ضوابط پذیرش آن را مورد ارزیابی قرار داد و در صورت برآورده شدن شرایط پذیرش میلگرد، آن را مورد استفاده قرار داد. تعداد و تواتر نمونه‌ها باید به گونه‌ای باشد که نتایج آزمایشات انجام شده بر روی آنها معرف کیفیت کل آرماتورها باشد.

هر سری نمونه آزمایشی تعداد پنج نمونه را در بر می‌گیرد. تواتر نمونه‌برداری حداقل برابر مقادیری است که در بندهای الف تا ج زیر آورده شده‌اند.

الف) به ازای هر ۵۰ تن میلگرد و کمتر از آن

ب) از هر قطر یک سری

ج) از هر نوع فولاد یک سری



میلگرد کلاف



میلگرد شاخه ۱۲ متری

شکل ۴

■ طول و قطر میلگردها

میلگردها از قطر ۶ تا ۶۰ میلی‌متر تولید می‌شوند ولی معمولاً تا قطر ۳۲ در بازار یافت می‌شود. برای قطر بیشتر از ۳۲ باید به کارخانه سازنده سفارش داده شود.

میلگردهای موجود در بازار عموماً تا قطر ۱۰ به علت استفاده جهت آرماتور عرضی از نوع A2 هستند. در صورتی که جهت میلگرد طولی اجزای سازه‌ای مثل سقف‌ها میلگرد A3 مورد نیاز باشد لازم است دقت شود میلگرد A2 به اشتباه خریداری و مصرف نگردد.

میلگردهای با نمره ۸ و کوچک‌تر هم به صورت کلافی و هم به صورت شاخه‌ای تولید می‌شوند. ولی میلگردهای با نمره بیش از ۸ میلی‌متر به صورت شاخه‌های ۱۲ متری تولید می‌شود. (شکل ۴)



شکل ۵ - پروفیل‌های ساختمان فولادی

مشخصات میلگردها در کتاب پروفیل‌های ساختمان فولادی که به جدول اشتال معروف است آورده شده است (شکل ۵).

در جدول ۳ سطح مقطع، جرم واحد طول و جرم یک شاخه از میلگردهای موجود در بازار نمایش داده شده است.

جدول ۳

جرم شاخه ۱۲ متری میلگرد W (kg)	جرم واحد طول میلگرد G (kg/m)	مساحت یا سطح مقطع میلگرد A (cm ^۲)	قطر میلگرد D (mm)
۲/۶۶*	۰/۲۲۲	۰/۲۸۳	۶
۴/۷۴*	۰/۳۹۵	۰/۵۰۳	۸
۷/۴۰	۰/۶۱۷	۰/۷۸۵	۱۰
۱۰/۶۶	۰/۸۸۸	۱/۱۳	۱۲
۱۴/۵۲	۱/۱۲	۱/۵۴	۱۴
۱۸/۹۶	۱/۵۸	۲/۰۱	۱۶
۲۴	۲	۲/۵۵	۱۸
۲۹/۶۴	۲/۴۷	۳/۱۴	۲۰
۳۵/۷۶	۲/۹۸	۳/۸۰	۲۲
۴۲/۲۰	۳/۸۵	۴/۹۱	۲۵
۵۸	۴/۸۳	۶/۱۶	۲۸
۶۶/۶	۵/۵۵	۷/۰۷	۳۰
۷۵/۷۲	۶/۳۱	۸/۰۴	۳۲

به عنوان یک فرمول کارگاهی جرم یک متر طول از هر میلگرد بر حسب کیلو گرم برابر است با :

$$۱۶۲ / (\text{قطر} \times \text{قطر}) = \text{جرم یک متر طول میلگرد}$$

قطر میلگرد بر حسب میلی متر همان نمره میلگرد است.

– مثال: جرم یک شاخه ۱۲ متری از میلگرد ۱۶ را به دست آورید.

– پاسخ:

$$\begin{aligned} \text{جرم یک متر طول} &= ۱۶۲ / ۱۶ \times ۱۶ = ۱/۵۸ \text{ کیلوگرم} \\ \text{جرم یک شاخه ۱۲ متری} &= ۱۲ \times ۱/۵۸ = ۱۸/۹۶ \text{ کیلوگرم} \end{aligned}$$

■ برش میلگرد

برش میلگرد باید با استفاده از قیچی های دستی یا برقی انجام شود. استفاده از مشعل جهت برش میلگرد ممنوع است (شکل ۶).

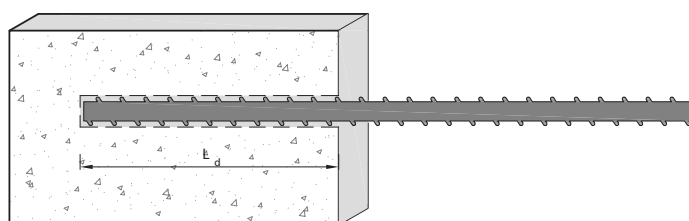


برش ماشینی

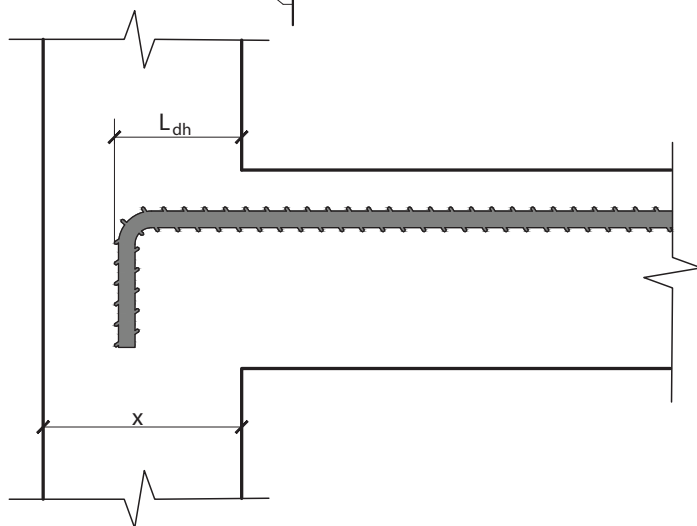
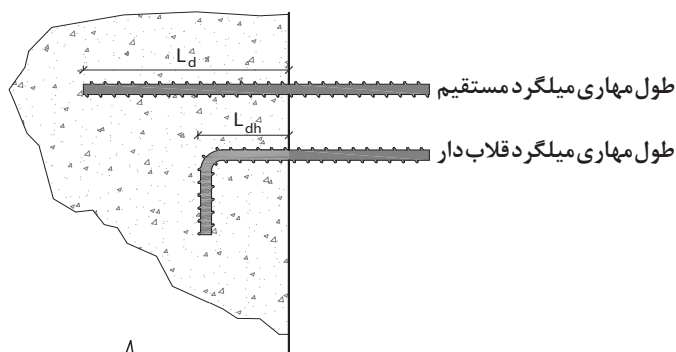


برش دستی

شکل ۶



شکل ۷



شکل ۸

■ طول مهاری (طول گیرایی) میلگرد مستقیم در کشش

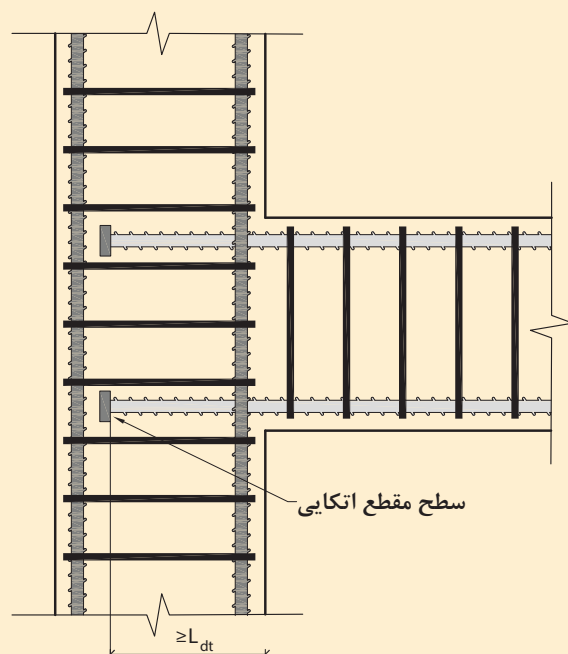
حداقل طولی از میلگرد که باید داخل بتن قرار گیرد که بتواند نیروی کششی را بدون لغزش و سُرخوردن به بتن منتقل کند طول مهاری (مهاری مستقیم) نامیده شده و با L_d نمایش داده می‌شود. در صورت عدم رعایت طول مهاری میلگرد ممکن است آرماتور در اثر نیروهای کششی از داخل بتن سُرخورده و بیرون کشیده شود (شکل ۷).

■ طول مهاری میلگرد قلاب دار در کشش

با توجه به محدودیت ابعاد ستون‌ها، در بسیاری از مواقع امکان رعایت طول مهاری مستقیم برای میلگردهای تیر که به ستون‌های کناری یا گوشه ختم می‌شوند وجود ندارد. در این حالت با خم کردن انتهای میلگرد، می‌توان طول مهاری مورد نیاز را کاهش داد. طول مهاری میلگرد خم شده (قلاب دار) را L_{dh} می‌نامند (شکل ۸).



به جای خم انتهایی می توان از مهره در انتهای میلگرد استفاده نمود. در این حالت L_{dt} ، L_{dh} نامیده می شود (شکل ۹).



شکل ۹

ضوابط خم کردن میلگردها

- ۱ کلیه میلگردها باید به صورت سرد خم شوند و استفاده از حرارت برای خم کردن آنها ممنوع است مگر اینکه دستگاه نظارت روش دیگری را مجاز بداند.
- ۲ خم کردن میلگردها باید تا حد امکان با دستگاه مجهز به فلکه خم کن به صورت مکانیکی و با یک بار عبور در سرعت ثابت انجام شود. به طوری که قسمت خم شده دارای انحنای ثابتی باشد. فلکه مورد استفاده باید متناسب با قطر میلگرد موردنظر باشد.
- ۳ زمانی که دمای هوا کمتر از ۵ درجه سانتی گراد باشد باید از خم کردن میلگردها خودداری نمود.
- ۴ خم کردن میلگردهایی که یک سر آنها در بتن قرار دارد ممنوع است زیرا این کار باعث ایجاد ترک در بتن می شود.
- ۵ برای خم کردن میلگردهای با قطر بیشتر از ۳۶ و با زاویه خم بیشتر از ۹۰ درجه به روش های خاصی نیاز است.
- ۶ به طور کلی باز کردن و صاف کردن خم برای استفاده و خم مجدد ممنوع است.
- ۷ استفاده از ضربه پتک و ... برای خم کردن میلگرد مجاز نیست.
- ۸ هنگام خم کردن میلگردها باید دقت شود قطر خم مورد نیاز مطابق جداول ۴ و ۵ رعایت گردد.



در شکل ۱۰ قطر خم رعایت نشده است و گوشه میلگرد تیز شده است.

شکل ۱۰

جدول ۴- قلاب استاندارد برای مهار آرماتورهای طولی در کشش

شکل	طول مستقیم پس از خم l_{ext}	حداقل طول خم داخلی (mm)	قطر آرماتور (mm)	نوع قلاب
	$12d_b$	$6d_b$	۱۰ تا ۲۵	قلاب ۹۰ درجه
		$8d_b$	۲۸ تا ۳۴	
		$10d_b$	۳۶ تا ۵۵	
	$4d_b$ و ۶۵ میلی متر، هر کدام بزرگ تر است	$6d_b$	۱۰ تا ۲۵	قلاب ۱۸۰ درجه
		$8d_b$	۲۸ تا ۳۴	
		$10d_b$	۳۶ تا ۵۵	

مطابق جدول ۴ حداقل طول داخلی و طول مستقیم بعد از خم را برای میلگردهای نمره ۱۶، ۲۵ و ۳۲ محاسبه نمایید.



نحوه خم کردن میلگردها

با توجه به شکل‌های رایج و کاربردی میلگردهای مصرفی در بتن لازم است میلگرد را برابر اندازه موردنیاز بریده و آن را خم نمود. وسایل مورد استفاده در بریدن و خم کردن میلگردها به شرح زیر است:

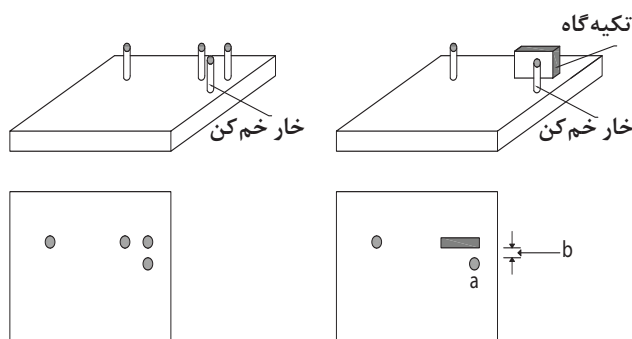
۱) میز کار برای خم کردن میلگرد در کارگاه‌های کوچک: خم کردن میلگرد فشار نسبتاً زیادی بر روی دست‌ها و کمر و در مواقعی بر روی کلیه اعضای بدن وارد می‌کند. برای کاهش این فشارها بهتر است از میز کار استفاده شود. ارتفاع این میز با توجه به قد افراد متفاوت است ولی به‌طور معمول میز با ارتفاع ۸۰ سانتی‌متر



شکل ۱۱

انتخاب می‌شود. عرض میز کار معمولاً یک متر است و طول آن با توجه به طول میلگردها و امکانات کارگاه بین ۲ تا ۴ متر است. این میز باید استحکام کافی در برابر نیروهای ناشی از خم کردن میلگرد را داشته باشد و از جای خود حرکت نکند. در صورت کم بودن وزن میز کار می‌توان پایه‌های آن را به زمین محکم و ثابت نمود (شکل ۱۱).

۲) صفحه خم کن میلگرد: صفحه‌ای فولادی به شکل مربع یا مستطیل است که چند زائده (خار) فولادی روی آن تعبیه شده است و این زائده‌ها از حرکت میلگرد در بعضی از جهات هنگام خم زدن میلگرد جلوگیری می‌کنند. این صفحه را می‌توان با پیچ و یا جوش به میز کار متصل کرده و ثابت نمود. برای ایجاد قلاب و خم استاندارد، فاصله بین زائده‌ها باید متناسب با قطر میلگرد باشد که با نصب بوشن (لوله نازک توخالی فولادی) بر روی این زائده‌ها این نیاز بر طرف می‌شود (شکل ۱۲).



- ۱) فاصله b باید متناسب با قطر میلگرد مورد خم باشد.
- ۲) قطر a باید متناسب با قطر میلگرد مورد خم باشد یا از غلتک استفاده شود.



شکل ۱۲



شکل ۱۳

۳ پتک و سندان: مطابق آیین‌نامه بتن ایران صاف کردن میلگردهای خم شده مجاز نمی‌باشد ولی در کارگاه‌های هنرستان به دلیل محدودیت مالی و استفاده مجدد از میلگردها برای تمرین و کارهای عملی در آینده، برای صاف کردن میلگردها از پتک و سندان استفاده می‌شود. در این صورت باید وزن پتک انتخابی با قطر میلگرد مورد استفاده متناسب باشد و ضربات وارده به میلگرد باید به آرامی و به تدریج باشد تا مقطع آن تغییر شکل ندهد (شکل ۱۳).



شکل ۱۴

۴ آچار خم‌کن میلگرد (آچار F): ساده‌ترین وسیله دستی برای خم کردن میلگردهای نازک و وسیله‌ای به شکل حرف انگلیسی F است که اصطلاحاً به آن آچار F گفته می‌شود. سر این آچار را معمولاً از فولاد سخت می‌سازند تا در اثر وارد شدن نیروهای ناشی از خم کردن میلگرد به آن، تغییر شکل ندهد و خم نشود. فاصله طول دسته آچار خم‌کن باید متناسب با قطر میلگرد باشد تا امکان خم کردن میلگرد به شکل و فرم دلخواه با کمترین نیرو فراهم شود (شکل ۱۴).



۵ دستگاه میلگرد خم‌کن برقی: این دستگاه می‌تواند میلگردهای با قطر کم یا زیاد را با سرعت و دقت بالا و به آسانی به شکل مورد نظر خم کند. این ماشین به کمک نیروی موتور برقی خود، صفحه گردان دستگاه را در جهات مختلف می‌چرخاند و حرکت و کنترل آن به وسیله پدال پایی انجام می‌شود. در روی صفحه گردان و صفحه اصلی آن تعدادی سوراخ ایجاد شده که با قرار دادن غلتک‌های فلکه مناسب در سوراخ و عبور میلگرد از بین غلتک‌ها هر نوع خمی را که بخواهند در میلگرد ایجاد می‌کنند (شکل ۱۵).



شکل ۱۵

■ بستن میلگردها به یکدیگر: (گره زدن)

میلگردهای فولادی باید قبل از بتن‌ریزی، به کمک سیم آرماتوربندی به یکدیگر بسته و یکپارچه شوند تا از جابه‌جایی آنها طی عملیات بتن‌ریزی تا زمان گیرش بتن جلوگیری شود. گاهی تمام یا قسمتی از میلگردها خارج از قالب بسته می‌شود و یک شبکه تشکیل شده و داخل قالب گذاشته می‌شود (مثل میلگردهای شبکه کف پی منفرد یا میلگردهای شمع‌های درجا ریز) و گاهی هم میلگردها روی قالب به یکدیگر بسته می‌شوند (مانند میلگردهای سقف بتنی). برای بستن میلگردها به یکدیگر بیشتر از مفتول‌های نرم با قطر $1/5$ تا ۲ میلی‌متر استفاده می‌کنند که به آن سیم آرماتوربندی گفته می‌شود و عمل بستن میلگردها را اصطلاحاً گره زدن می‌گویند. عمل گره‌زدن هم با انبردستی و هم با دستگاه گره‌زن اتوماتیک قابل انجام است. هنگام اجرای گره میلگردها به یکدیگر باید دقت شود سر گره به سمت داخل خم شود تا باعث کاهش پوشش بتن (cover) روی میلگرد نشود.

نکته



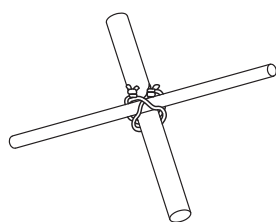
جوش دادن آرماتورهای عرضی به آرماتورهای طولی که نقش تحمل بار دارند ممنوع است. در شکل زیر دستگاه اتوماتیک گره زن نشان داده شده که در صورت استفاده از آن هم سرعت و دقت کار بیشتر می‌شود و هم از نظر اقتصادی به صرفه‌تر است. (شکل ۱۶).



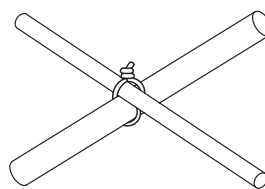
شکل ۱۶

■ انواع گره‌های متداول برای بستن دو میلگرد

۱ گره ساده (لغزان): گره ساده متداول‌ترین گره برای اتصال سریع میلگردهای اصلی و فرعی در شبکه‌های افقی مانند سقف و فونداسیون می‌باشد (شکل ۱۷).

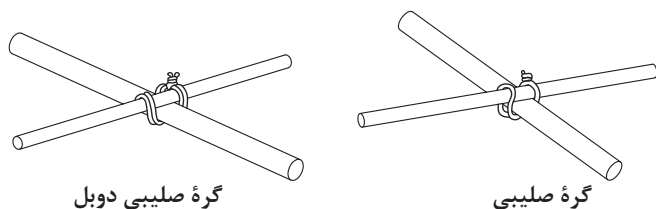


گره ساده (لغزان) دابل



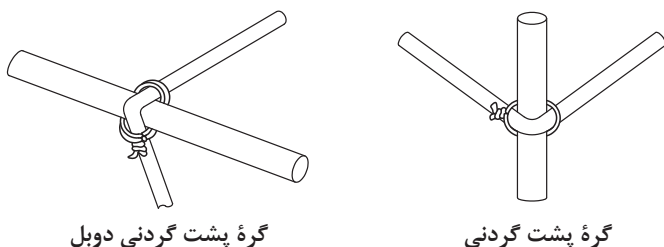
گره ساده (لغزان)

شکل ۱۷



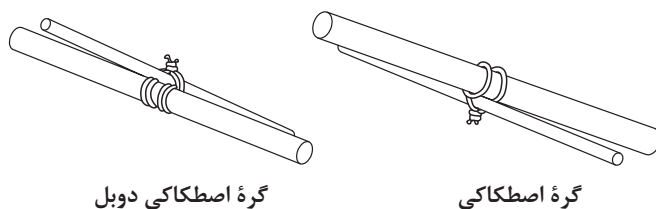
شکل ۱۸

۲ گره صلیبی: اگر به دلیل استفاده از میلگردهای قطور تعداد نقاط اتصال کم باشد برای افزایش استحکام اتصال میلگردها به یکدیگر از این گره استفاده می شود (شکل ۱۸).



شکل ۱۹

۳ گره پشت گردنی: در ستون ها و تیرها برای اتصال میلگرد اصلی به آرماتور عرضی در گوشه ها اغلب از این نوع گره استفاده می شود (شکل ۱۹).

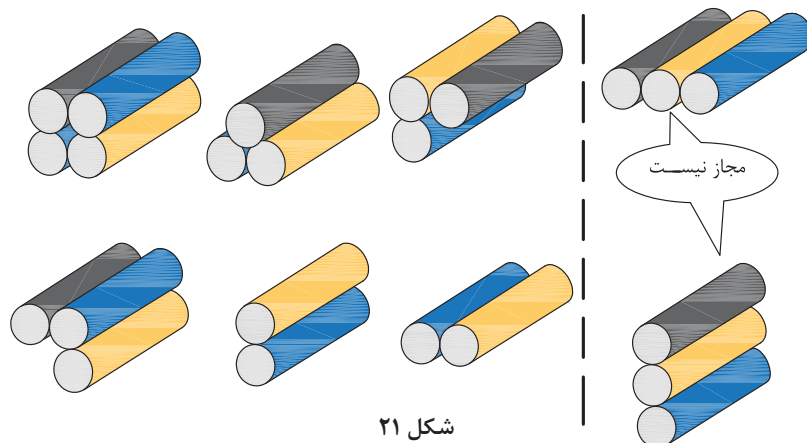


شکل ۲۰

۴ گره اصطکاکی: برای جلوگیری از لغزش میلگردهای افقی در محل اتصال میلگردهای افقی به میلگردهای قائم از این نوع گره استفاده می شود (شکل ۲۰).

■ گروه میلگرد

در صورتی که تراکم میلگردها در یک عضو زیاد باشد به طوری که در صورت اجرای تکی میلگردها فاصله آنها از حداقل مورد قبول آیین نامه کمتر باشد می توان میلگردها را به صورت گروه میلگرد اجرا نمود. تعداد میلگرد هر گروه به ۴ عدد محدود می شود. گروه میلگرد باید توسط آرماتورهای عرضی محاط شوند (شکل ۲۱).

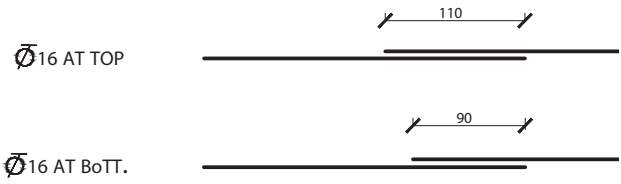


شکل ۲۱

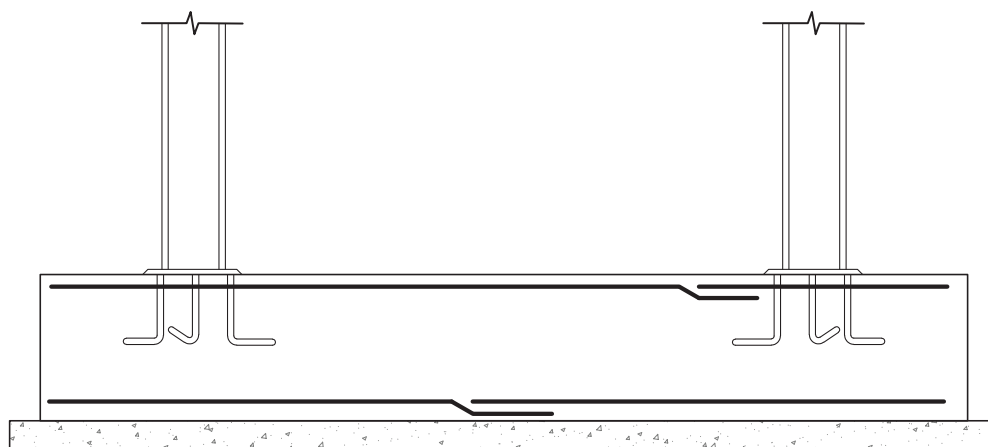
وصله میلگرد

میلگردهای موجود در بازار در شاخه‌های ۱۲ متری عرضه می‌شوند. در صورتی که به دلیل طول زیاد سازه یا استفاده از میلگردهای برش خورده موجود در کارگاه نیاز به اتصال میلگردها به یکدیگر باشد، باید از روش وصله میلگردها به هم استفاده شود.

جدول ۵- روش‌های مختلف وصله آرماتورها

	این نوع وصله یکی از رایج‌ترین وصله‌های مورد استفاده در ساختمان‌های متعارف است. در این روش میلگردها با طولی که از محاسبات دقیق یا تقریبی از جداول آیین‌نامه‌ای به دست می‌آید روی هم قرار گرفته و به کمک سیم آرماتوربندی به هم بسته می‌شوند. طول همپوشانی به طور تقریبی بین ۵۰ تا ۶۵ برابر قطر میلگرد می‌باشد.	وصله پوششی (over lap)
	در روش فورجینگ به جای همپوشانی میلگردها، دو سرمیلگردهایی که باید به هم وصله شوند به وسیله حرارت به صورت خمیری در آمده و به هم متصل می‌شوند. معمولاً از نظر اقتصادی این روش برای میلگردهای با قطر بزرگ‌تر از ۲۰ میلی‌متر توصیه می‌شود. از این روش در جایی که تراکم آرماتور زیاد بوده و وصله پوششی باعث شلوعی و تراکم بیش از حد می‌شود استفاده می‌شود.	وصله جوشی (فورجینگ)
	در این روش انتهای میلگرد اول و ابتدای میلگرد دوم که قرار است به هم وصله شوند رزوه شده و به وسیله وصله‌های مکانیکی که داخل آنها از قبل در کارخانه رزوه شده به یکدیگر وصله می‌شوند.	وصله مکانیکی (کوپلر)

هنگام اجرای میلگردهای طولی بهتر است محل وصله همه میلگردهای بالا و پایین در یک مقطع نبوده و به صورت یکی در میان وصله شوند. همچنین پیشنهاد می شود همپوشانی میلگردهای بالای فونداسیون در $\frac{1}{3}$ ابتدایی یا انتهایی دهانه و آرماتورهای پایین در وسط دهانه مطابق شکل ۲۲ اجرا شود.

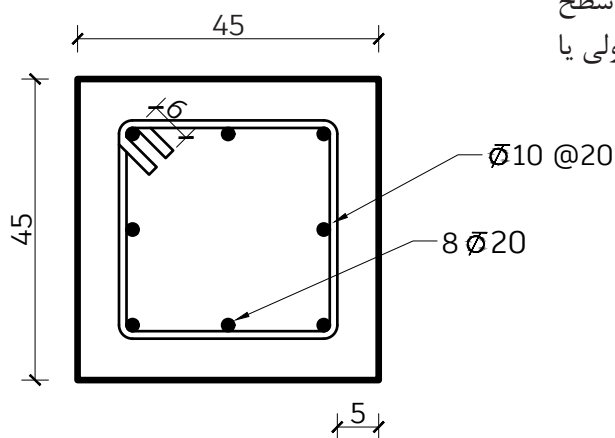


محل تقریبی وصله آرماتورهای سراسری فونداسیون در بالا و پایین

شکل ۲۲

■ ضخامت پوشش بتن روی میلگرد (cover)

پوشش بتنی روی میلگردها را پوشش یا کاور بتن می نامند که به عنوان حداقل فاصله سطح بتن تا نزدیک ترین رویه میلگرد اعم از طولی یا عرضی تعریف می شود (شکل ۲۳).



شکل ۲۳

پوشش بتن را به دلایل مختلفی در نظر می گیرند که مهم ترین آنها نقش محافظتی میلگردها در برابر عوامل محیطی و عوامل شیمیایی مخرب موجود در خاک مانند کلراید یا سولفات یا رطوبت هوا می باشد. رعایت پوشش بتن استاندارد یکی از عوامل مؤثر در افزایش دوام و ایمنی سازه های بتن آرمه است و اجرای آن از اهمیت زیادی برخوردار است.

جدول ۶- حداقل پوشش بتن روی میلگردها (cover) در شرایط معمولی

شرایط محیطی سازه بتنی	نوع عضو	میلگردها	پوشش روی میلگردها، میلی متر
بتن در تماس دائم با خاک است.	کلیه اعضا	کلیه میلگردها	۷۵
بتن در تماس با هوا و یا تماس غیردائم با خاک است.	کلیه اعضا	میلگردهای به قطر ۱۸ تا ۵۸ میلی متر	۵۰
		میلگردها و سیم‌های به قطر ۱۶ میلی متر و کمتر	۴۰
بتن در تماس با هوا و یا خاک نیست.	دال‌ها، تیرچه‌ها و دیوارها	میلگردهای بزرگ‌تر از قطر ۳۶ میلی متر	۴۰
		میلگردهای قطر ۳۴ میلی متر و نازک‌تر	۲۰
	تیرها، ستون‌ها، ستون پایه‌ها و اعضای کششی	آرماتورهای طولی، خاموت‌ها، بست‌ها، دورپیچ‌ها و تنگ‌ها	۴۰

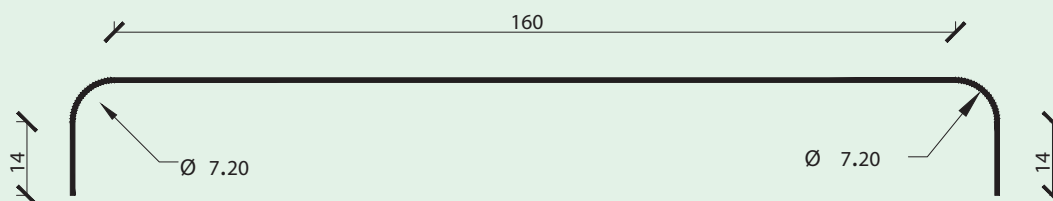
در اعضای سازه‌های بتنی میلگردها با اشکال مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند. مراحل برش و خم‌زدن انواع میلگرد را مطابق مراحل گفته شده اجرا نمایید. میلگردهای تولید شده در کارخانه تا زمانی که برش و خم نخورده‌اند با نام میلگرد و پس از برش کاری و خم کاری با نام آرماتور نامیده می‌شوند.

■ آرماتور راستا (سیتکا یا آرماتور طولی)

آرماتورهایی که در راستای طولی عضو بتنی قرار می‌گیرند و نیروهای کششی و خمشی را تحمل نموده و نقش اصلی در مقاومت عضو را برعهده دارند.

از یک شاخه میلگرد نمره ۱۲ به کمک قیچی به طول ۲۰۰ سانتی متر جدا نموده و مطابق اندازه‌های شکل ۲۴ و رعایت قطر خم و طول مستقیم بعد از خم استاندارد یک آرماتور راستا بسازید.

فعالیت عملی



شکل ۲۴

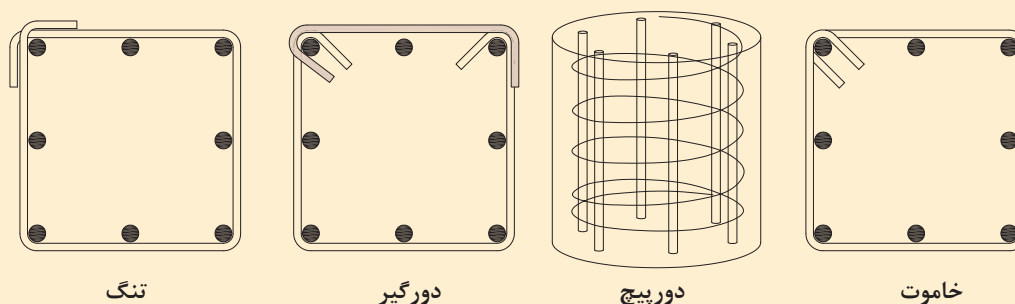
■ آرماتور عرضی

آرماتوری که به صورت عمود یا مورب نسبت به آرماتورهای طولی در اجزای بتنی مانند تیر و ستون قرار می گیرد و نقش تقویت سازه در برابر نیروهای برشی و پیچشی و همچنین مهار آرماتورهای طولی برای جلوگیری از کمانش به ویژه هنگام زلزله را دارد. این میلگردها نقش اصلی در افزایش شکل پذیری و پایداری سازه ایفا می کنند.

تحقیق کنید



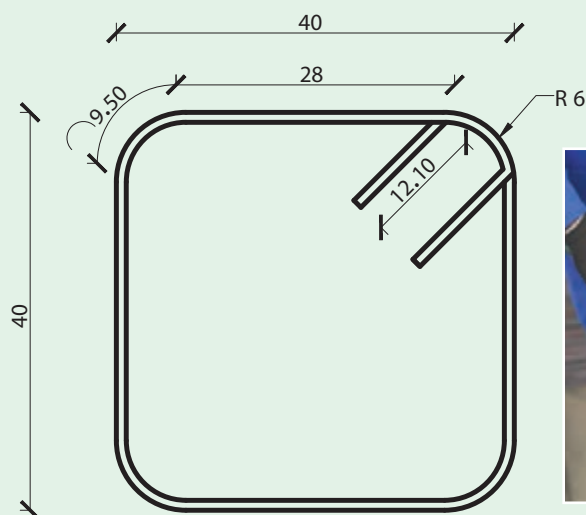
آرماتورهای عرضی در اشکال خاموت، تنگ، دور پیچ و دور گیر در اعضای سازه ای مختلف مورد استفاده قرار می گیرد تحقیق کنید چه تفاوتی بین آنها وجود دارد و آیا شکل ۲۵ صحیح است یا خیر؟



شکل ۲۵

از یک شاخه میلگرد نمره ۱۲ به کمک قیچی به طول ۱۷۵ سانتی متر جدا نموده و مطابق اندازه های شکل ۲۶ و رعایت قطر خم و طول مستقیم بعد از خم استاندارد یک آرماتور عرضی بسازید.

فعالیت عملی

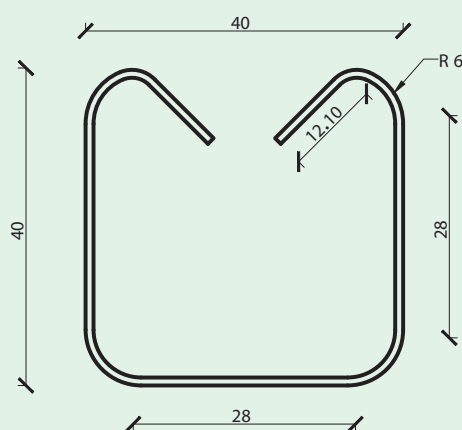


شکل ۲۶

رکابی

میلگرد رکابی نوعی میلگرد با خم U شکل و قلاب‌های ۱۳۵ درجه در دو سر است که به عنوان تثبیت کننده فاصله آرماتورها در زمان بتن‌ریزی در سازه‌های بتنی عمل می‌کند. همچنین با ترکیب رکابی با سنجاقی می‌توان آرماتور عرضی ساخت. توجه کنید که رکابی به دلیل یکپارچه نبودن با سنجاقی، آرماتور عرضی بسته حساب نشده و به عنوان آرماتور لرزه‌ای به حساب نمی‌آید.

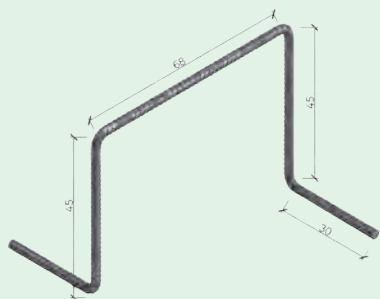
از یک شاخه میلگرد نمره ۱۰ به کمک قیچی به طول ۱۴۷ سانتی‌متر جدا نموده و مطابق اندازه‌های شکل ۲۷ و رعایت قطر خم و طول مستقیم بعد از خم استاندارد یک آرماتور رکابی بسازید.



شکل ۲۷

خَرک

آرماتورهای شبکه بالای فونداسیون قبل از بتن‌ریزی باید اجرا و در محل خود تثبیت شوند. برای این کار از خرک جهت ایجاد فاصله بین دو شبکه میلگرد و قرار دادن میلگرد شبکه بالای آن استفاده می‌شود. نمره آرماتورهای خرک و فاصله آنها از هم به ابعاد فونداسیون و تعداد میلگردهای طولی بستگی دارد. ولی معمولاً هم نمره آرماتورهای اصلی به فاصله هر ۱/۵ تا ۲ متر اجرا می‌شود.



شکل ۲۸

از یک شاخه میلگرد نمره ۱۲ به کمک قیچی به طول ۲۴۰ سانتی‌متر جدا نموده و مطابق اندازه‌های شکل ۲۸ و رعایت قطر خم و طول مستقیم بعد از خم استاندارد یک آرماتور راستا بسازید.

فعالیت عملی



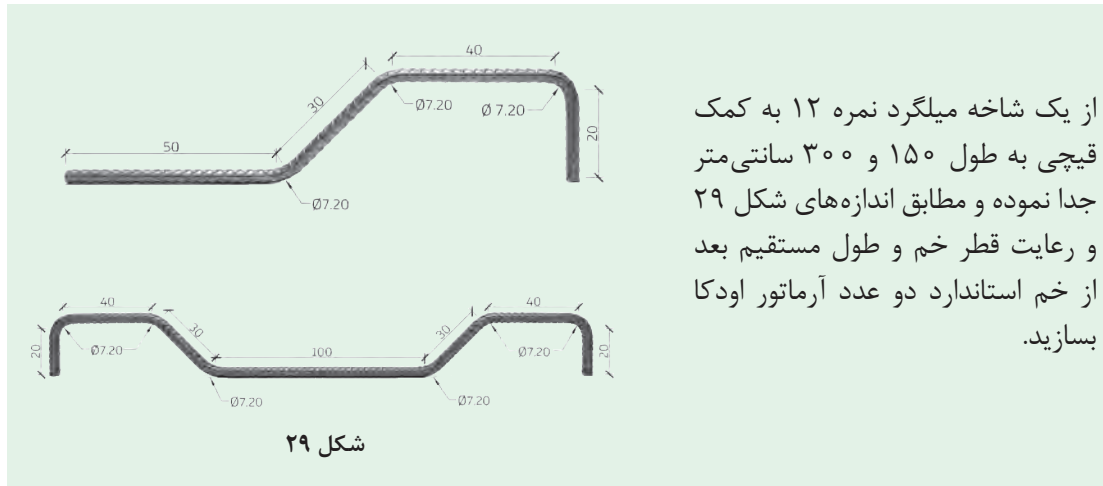
فعالیت عملی



■ اودکا (اوتکا)

از آرماتور اودکا برای افزایش مقاومت برشی ابتدا و انتهای تیرچه‌ها استفاده می‌شود.

فعالیت عملی



از یک شاخه میلگرد نمره ۱۲ به کمک قیچی به طول ۱۵۰ و ۳۰۰ سانتی‌متر جدا نموده و مطابق اندازه‌های شکل ۲۹ و رعایت قطر خم و طول مستقیم بعد از خم استاندارد دو عدد آرماتور اودکا بسازید.

فونداسیون

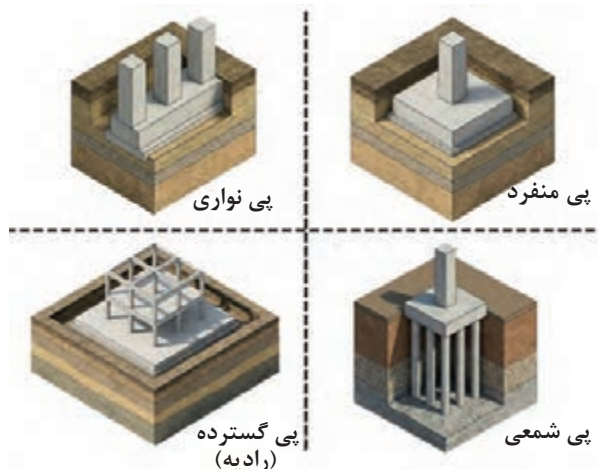
فونداسیون یا پی در پایین‌ترین قسمت ساختمان قرار دارد و بار ساختمان را از ستون‌ها و دیوارها گرفته و به زمین منتقل می‌کند تا ساختمان به‌طور ایمن و بدون نشست خطرناک روی زمین استوار باشد. به همین دلیل اجرای صحیح آن از اهمیت زیادی برخوردار است.

■ وظایف فونداسیون

- انتقال وزن ساختمان به زمین
- جلوگیری از نشست نامتقارن
- پخش کردن بار روی سطح بزرگ‌تر خاک
- افزایش پایداری در برابر زلزله و نیروهای جانبی

■ انواع فونداسیون

فونداسیون سازه‌های بتنی در اشکال مختلف نظیر پی منفرد، پی نواری، پی گسترده (ژنرال یا رادیه) و پی عمیق (شمعی) اجرا می‌شود. (شکل ۳۰)



شکل ۳۰

■ فونداسیون منفرد

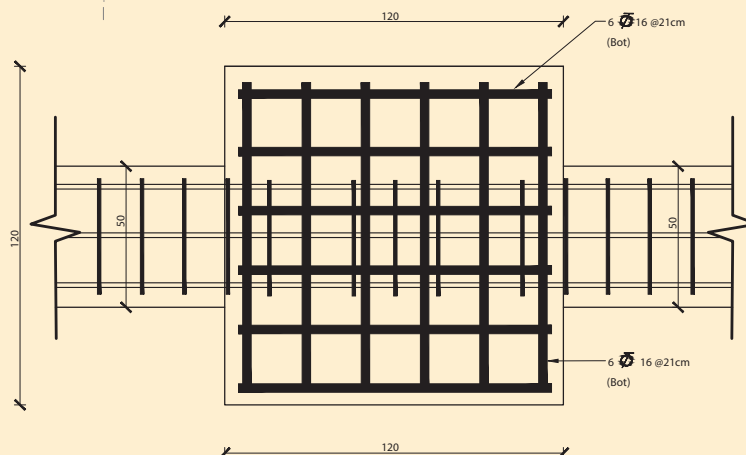
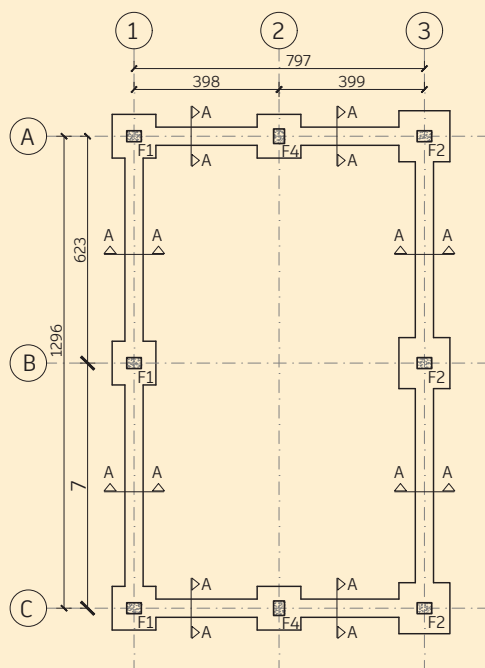
پی‌های منفرد ساده‌ترین نوع فونداسیون هستند و معمولاً زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند که تعداد طبقات ساختمان کم باشد و ستون‌ها دارای بار قائم و در مرکز پی (بدون خروج از مرکزیت) باشند.

پی‌های منفرد به وسیله شناژ در دو امتداد طولی و عرضی به یکدیگر متصل می‌شوند. وظیفه شناژ به هم کلاف کردن پی‌ها و جلوگیری از حرکت افقی آنها نسبت به یکدیگر می‌باشد. استفاده از پی‌های منفرد در ساختمان‌های صنعتی مانند سوله‌ها نیز بسیار رایج است که باعث اقتصادی شدن فونداسیون می‌شود. مطابق شکل ۳۱ فونداسیون منفرد شامل پی تکی و شناژهایی هست که پی‌های تکی را به هم متصل می‌کند. میلگردهای پی منفرد شامل یک شبکه میلگرد نمره ۱۶ به تعداد ۶ عدد در دو جهت عمود بر هم در پایین پی می‌باشد. میلگردهای شناژ مطابق sec A-A شامل سه میلگرد نمره ۱۶ در بالا و پایین است که توسط آرماتورهای عرضی با نمره ۱۲ به فاصله ۲۵ سانتی‌متر مهار شده‌اند.

نکته



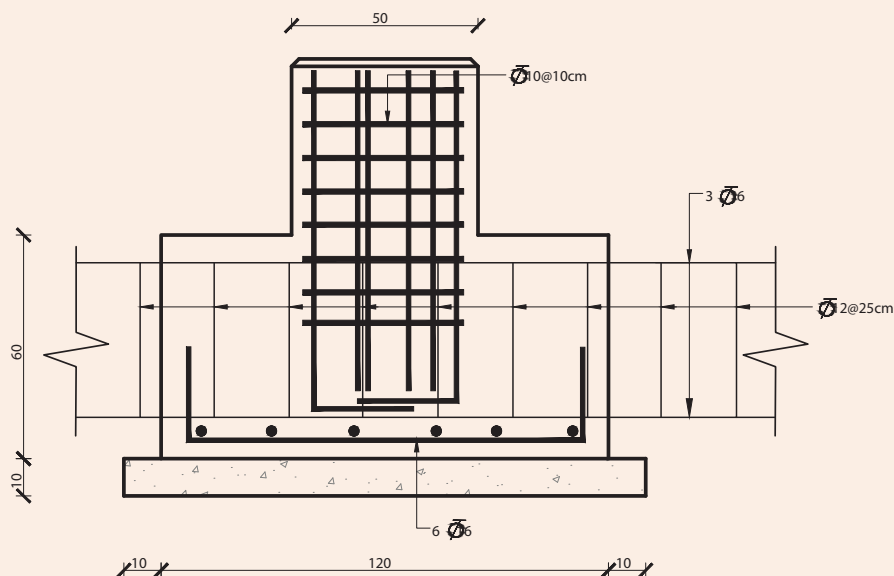
میلگردهای شناژ از داخل فونداسیون‌های منفرد عبور می‌کنند و میلگردهای طولی شناژ در انتهای فونداسیون خم زده می‌شوند.



شکل ۳۱



با توجه به شکل ۳۲ میلگردهای شبکه پایین فونداسیون منفرد را به ابعاد ۱۲۰ در ۱۲۰ و با رعایت کاور ۷/۵ سانتی‌متر و طول خم استاندارد اجرا کنید.



شکل ۳۲

فونداسیون نواری

فونداسیون‌های نواری رایج‌ترین نوع فونداسیون در ساختمان‌های بتنی است. در این نوع فونداسیون برخلاف فونداسیون منفرد عرض و عمق فونداسیون در زیر ستون‌ها و شناژها با هم برابر است. هر چند ممکن است عرض نوارهای طولی و عرضی با هم متفاوت باشد. با توجه به نقشه‌های اجرایی، بعد از خاک‌برداری و اجرای بتن مگر، قالب‌بندی و آرماتوربندی فونداسیون انجام می‌شود (شکل ۳۳).



شکل ۳۳

فونداسیون نواری مطابق شکل ۳۴ دارای دو ردیف میلگرد طولی در بالا و پایین می باشد. ابتدا میلگردهای عرضی فونداسیون با توجه به نقشه و در نظر گرفتن پوشش بتن و طول خم، بریده و خم زده می شوند و سپس با توجه به فاصله موجود در نقشه در بالا و پایین میلگردهای طولی اجرا می شوند.

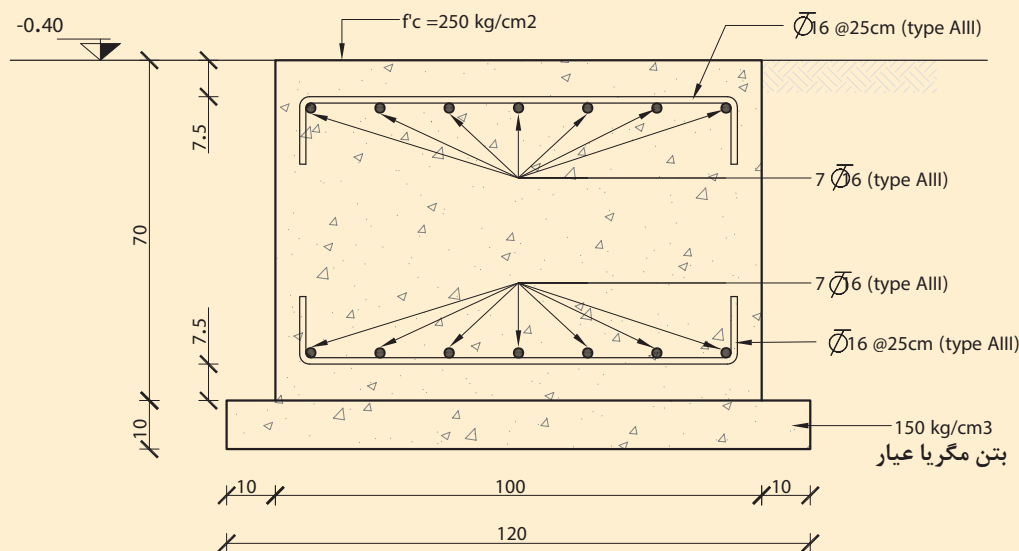
میلگردهای عرضی در محل تقاطع نوارهای طولی و عرضی اجرا نمی شود. زیرا میلگرد طولی جهت دیگر نقش میلگرد عرضی جهت موردنظر را دارد.

نکته



پوشش بتن (COVER) برای فونداسیون 7.5cm می باشد.

نمونه ۲۸ روزه استوانه ای



جزئیات فونداسیون با عرض نوار ۱۰۰ سانتی متر

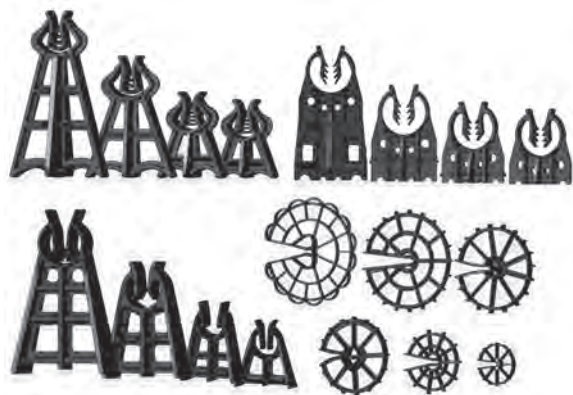
شکل ۳۴

کد ارتفاعی روی فونداسیون ۴۰- می باشد یعنی روی بتن فونداسیون ۴۰ سانتی متر پایین تر از سطح زمین است. آیا می دانید علت چیست؟

پرسش



با توجه به شکل ۳۴ نمره میلگردهای عرضی ۱۶ و فاصله آنها ۲۵ سانتی متر است. تعداد میلگردهای طولی سراسری فونداسیون ۷ عدد و نمره آنها ۱۶ است. میلگردهای طولی و عرضی از نوع A3 می باشند. پوشش بتن فونداسیون در همه جهت ها ۷/۵ سانتی متر می باشد. برای تأمین پوشش بتن (میلگردهای پایین و کناره ها به قالب نچسبد) از فاصله نگهدار (Spacer) پلاستیکی یا بتنی استفاده می شود. استفاده از آجر یا تکه سنگ یا تکه موزاییک به عنوان فاصله نگهدار توصیه نمی شود (شکل ۳۵).

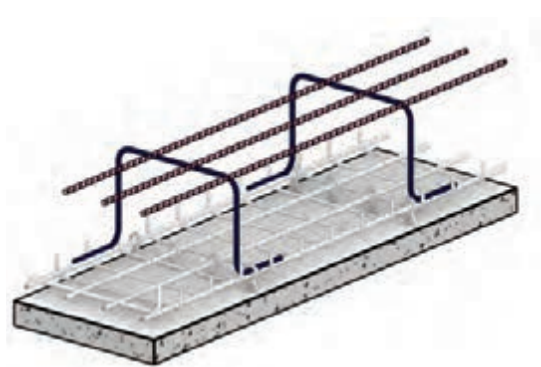


شکل ۳۵

با توجه به این که آرماتوربندی فونداسیون و سایر اعضای سازه‌های بتنی قبل از بتن‌ریزی انجام می‌شود برای اینکه بتوان میلگردهای شبکه بالای فونداسیون را اجرا نمود، پس از اجرای میلگردهای شبکه پایین فونداسیون میلگردهای خرک مطابق نقشه جهت اجرای میلگردهای شبکه بالا اجرا می‌شود (شکل ۳۶).

توصیه می‌شود میلگرد خرک روی میلگردهای طولی شبکه پایین اجرا شده و روی بتن مگر قرار داده نشود.

نکته

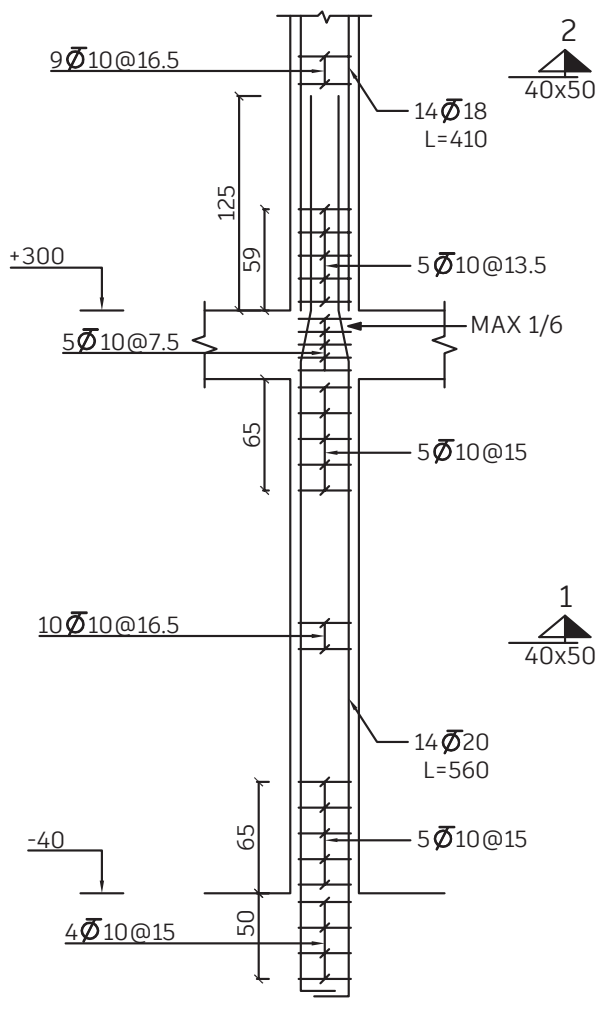


شکل ۳۶

قبل از بتن ریزی فونداسیون لازم است میلگردهای انتظار ستون‌ها در فونداسیون کار گذاشته شود. هنگام اجرای این میلگردها دقت شود لبه ستون پس از اجرا باید از مرز مشترک با زمین مجاور فاصله داشته باشد تا درز انقطاع رعایت شود. مقدار درز انقطاع هم در پلان معماری و هم در پلان فونداسیون و پلان ستون گذاری (نقشه‌های سازه) مشخص می‌شود.

آیا می‌دانید درز انقطاع برای چیست؟

پرسش



هنگام اجرای میلگرد انتظار ستون‌ها در فونداسیون می‌بایستی به این نکته توجه کرد که طول خم میلگرد رعایت شده باشد همچنین جهت خم میلگردها به سمت هسته ستون باشد. همچنین تعدادی دورگیر نیز دورتادور میلگردهای طولی ستون در داخل فونداسیون را در بر می‌گیرند که تعداد و فاصله آنها مطابق شکل در نقشه داده می‌شود (شکل ۳۷).

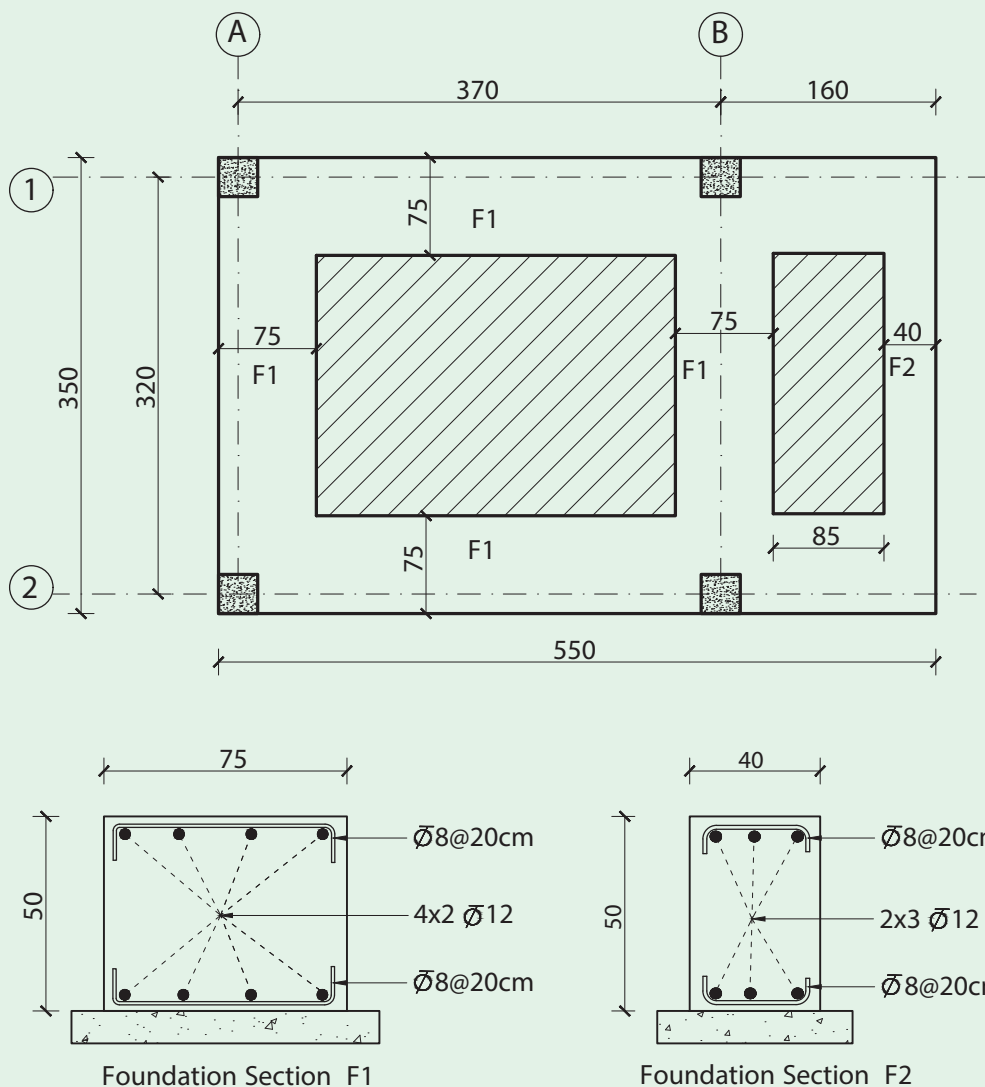


C-1

شکل ۳۷



□ آرماتوربندی فونداسیون پروژه اجرایی مستمر
با توجه به پلان و برش فونداسیون ارائه شده در شکل ۳۸، آرماتوربندی فونداسیون را انجام دهید.



شکل ۳۸

نکته : حداقل سطح مقطع میلگرد فونداسیون ۱۸×۰/۰= سطح مقطع فونداسیون است.

سانتی متر مربع $۷۵ \times ۱۸ \times ۰/۰ = ۸/۱$

سانتی متر مربع $۴۰ \times ۱۸ \times ۰/۰ = ۴/۳۲$

سطح مقطع یک عدد میلگرد نمره ۱۲ برابر با ۱/۱۳ سانتی متر مربع است.

$$N = \frac{8/1}{1/13} = 7 \text{ سانتی متر عدد } 75 \text{ فونداسیون به عرض}$$

$$N = \frac{4/32}{1/13} = 4 \text{ سانتی متر عدد } 40 \text{ فونداسیون به عرض}$$

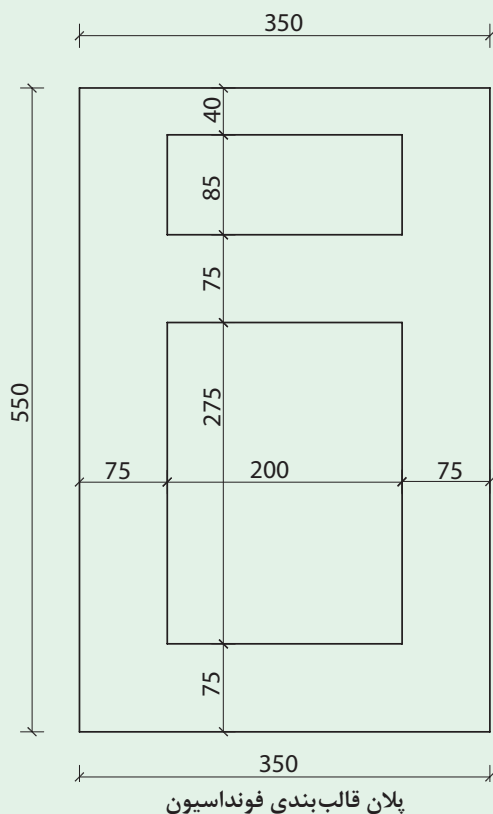
برای رعایت حداقل میلگرد در فونداسیون مطابق آیین نامه، حداقل ۷ عدد میلگرد اصلی در بالا و پایین نوارهای ۷۵ سانتی و حداقل ۴ عدد میلگرد نمره ۱۲ در نوارهای ۴۰ سانتی متری مورد نیاز است. به دلیل آموزشی بودن فعالیت در محیط هنرستان و صرفه جویی در مصرف میلگرد، در فونداسیون های ۷۵ سانتی ۴ عدد و در نوارهای ۴۰ سانتی ۳ عدد میلگرد در بالا و پایین اجرا می شود.

۱) ابتدا با راهنمایی هنرآموز مربوطه، لیستوفر (جدول میلگرد مصرفی) مورد نیاز جهت اجرای فونداسیون را تهیه کنید.

جدول ۷- لیستوفر آرماتور مصرفی فونداسیون

وزن کل (کیلوگرم)	وزن واحد (KG/m)	طول کل (متر)	طول برش (متر)	تعداد	نمره میلگرد	شکل میلگرد	موقعیت
							آرماتورهای بالا و پایین نوارهای طولی عرض ۷۵
							آرماتورهای بالا و پایین نوارهای عرضی عرض ۷۵
							آرماتورهای بالا و پایین نوار عرضی عرض ۴۰
							آرماتور عرضی های بالا و پایین نوارهای طولی عرض ۷۵
							آرماتور عرضی های بالا و پایین نوارهای عرضی عرض ۷۵
							آرماتور عرضی های بالا و پایین نوارهای عرضی عرض ۴۰
							خرک های نوارهای ۷۵ سانتی
							خرک نوار ۴۰ سانتی

۲) پیاده نمودن فونداسیون: در پروژه های اجرایی پیاده سازی فونداسیون بر روی زمین به وسیله دوربین نقشه برداری و در پروژه های کوچک به کمک ریسمان و متر انجام می شود. نکته بسیار مهم کنترل گونیا بودن کتج ها و همچنین وارد نشدن فونداسیون در ملک همسایه یا معابر مجاور است. برای کنترل گونیا بودن نوارها از مثلث فیثاغورث یا روش ۳-۴-۵ استفاده می شود.



با توجه به پلان و به کمک گچ تحریر، ریسمان رنگی یا رنگ محل اجرای قالب‌های فونداسیون را بر روی زمین پیاده نمایید. در صورت اجرای فونداسیون بر روی خاک، ابتدا باید بتن مگر اجرا شود. در صورتی که فعالیت کارگاهی بر روی آسفالت محوطه یا کف بتنی یا موزاییکی کارگاه اجرا می‌شود نیازی به اجرای بتن مگر نیست و صرفاً پلان بتن مگر با گچ یا رنگ بر روی زمین ترسیم می‌شود. دقت نمایید جهت تأمین نشیمن قالب‌های فونداسیون عرض نوارهای بتن مگر از هر طرف به اندازه ۱۰ سانتی‌متر بیشتر از نوارهای فونداسیون اجرا می‌شود. بدیهی است در نوارهای کناری فونداسیون که مجاور ملک همسایه است این بیرون‌زدگی اجرا نخواهد شد. پس از اجرا یا ترسیم بتن مگر بر روی زمین از هر طرف نوارها به اندازه ۱۰ سانتی‌متر به سمت داخل رفته و محل قالب فونداسیون‌ها به وسیله ریسمان رنگی یا رنگ علامت‌گذاری می‌شود (شکل ۳۹).



شکل ۳۹



شکل ۴۰

۳ میلگردهای عرضی شبکه پایین دو امتداد را مطابق جدول لیستوفر برش داده و خم نمایید. اولین آرماتور را به فاصله ۵ سانتی‌متر از شروع نوار بر روی زمین قرارداده و بقیه آرماتورها را به فاصله ۲۰ سانتی‌متری از یکدیگر داخل نوارها و بر روی کف قرار دهید. دقت نمایید در محل تقاطع نوارهای فونداسیون میلگرد عرضی اجرا نمی‌شود و میلگردهای عرضی هر نوار به وسیله میلگردهای طولی نوار متقاطع تأمین می‌شود (شکل ۴۰).



شکل ۴۱

۴ میلگردهای اصلی شبکه پایین را مطابق جدول لیستوفر مربوطه برش و خم نموده و در امتداد نوارها و عمود بر میلگردهای عرضی بر روی فاصله نگهدارهای (اسپیسرهای) پلاستیکی یا بتنی قرار دهید. سپس آرماتور عرضی‌های خوابیده شده را چرخانده و به صورت ایستاده با سیم آرماتوربندی به میلگردهای اصلی ببندید. دقت کنید برخلاف آرماتور عرضی‌ها میلگردهای طولی از محل تقاطع نوارها عبور می‌کند. میلگردهای طولی در نوارهای عرض ۷۵ به تعداد ۴ عدد و نوار عرض ۴۰ به تعداد ۳ عدد می‌باشد (شکل ۴۱).



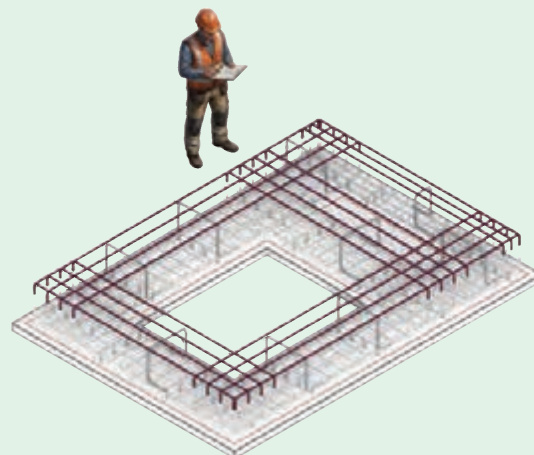
شکل ۴۲

۵ خرک‌های فونداسیون را مطابق جدول لیستوفر مربوطه برش و خم نموده و در امتداد نوارها و عمود بر میلگردهای عرضی قرارداده و با سیم آرماتوربندی ببندید. ۸ عدد خرک در نوارهای عرض ۷۵ و یک عدد در نوار عرض ۴۰ سانت قرار دهید (شکل ۴۲).

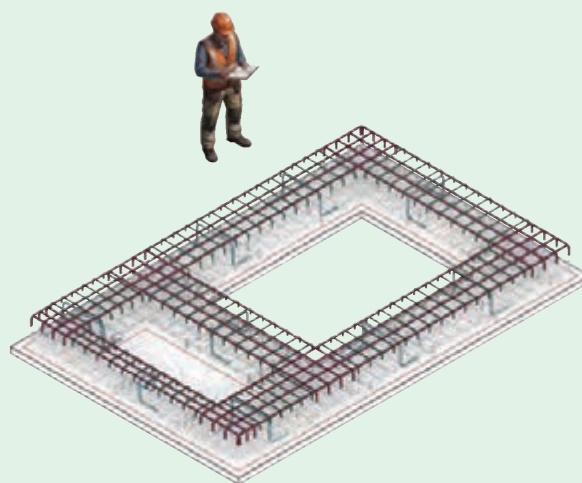
۶ میلگردهای اصلی شبکه بالا را مشابه با میلگردهای شبکه پایین در امتداد نوارها و عمود بر خرک‌ها قرارداده و با سیم آرماتوربندی ببندید (شکل ۴۳).



شکل ۴۳



۷ میلگردهای عرضی شبکه بالا را مشابه با شبکه پایین در امتداد نوارها و عمود بر میلگردهای اصلی قرار داده و با سیم آرماتوربندی ببندید (شکل ۴۴).



شکل ۴۴

ارزشیابی شایستگی اجرای آرماتوربندی فونداسیون و ستون

نام و نام خانوادگی :		شماره ملی:		تاریخ ارزشیابی:	
کد حرفه	۷۱۱۱۱۲	حرفه :	ساختمان سازان (اسکلت کاران بتنی و فولادی)	کدپیمانه / پودمان	۷۱۱۱۲۳۰۱۱
کد وظیفه شغل	۷۱۱۱۲۳۰۱	وظیفه شغل:	ساختمان سازی بتنی	سطح صلاحیت	۱.۳
کد کار	۷۱۱۱۲۳۰۱۱۱	کار	اجرای آرماتوربندی فونداسیون و ستون	سطح شایستگی	مهارت

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص‌ها/دآوری/نمره دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	آماده‌سازی محیط کارگاه، تهیه ابزار کار از انبار هنرستان، تشخیص انواع آرماتور ساده، آجدار و آجدار پیچیده	متر فلزی، گونیا، ریسمان، چکش میخ کش، پین و گوه ، انواع قالب‌های فلزی پائل و کنج‌ها و نبش پانچ شده مطابق نقشه‌های اجرایی	رؤیت چشمی (مشاهده رفتاری)، چک‌لیست نگرشی، فرم امتیازدهی	آماده‌سازی کامل و مرتب ابزار، تشخیص انواع میلگرد ساده، آجدار، پیچیده، توانایی تشخیص چشمی نمره و نوع میلگرد	۳	
				آماده‌سازی کامل و مرتب ابزار، تشخیص انواع میلگرد ساده، آجدار، پیچیده	۲	
				عدم تحویل کامل ابزار، عدم توانایی تشخیص قطر و نوع میلگردها	۱	
۲	اجرای انواع گره ساده (لغزان)، صلیبی، پشت گردنی و اصطکاکی	میلگرد در نمره‌های مختلف، انبر، سیم آرماتوربندی	رؤیت چشمی (مشاهده رفتاری)، چک‌لیست نگرشی، فرم امتیازدهی	توانایی اجرای صحیح گره‌های ساده و دویل، اجرای گره‌های ترکیبی	۳	
				توانایی اجرای صحیح گره‌های ساده و دویل	۲	
				عدم اجرای صحیح انواع گره‌ها	۱	
۳	برش کاری، خم‌زدن و ساخت انواع راستا، خاموت، سنجاقی، اودکا، خرک	میلگرد در نمره‌های مختلف، انبر، سیم آرماتوربندی، میز خم آرماتور، قیچی، آچار F، مترفلزی، گونیای فلزی، گیره رومیزی	رؤیت چشمی (مشاهده رفتاری)، چک‌لیست نگرشی، فرم امتیازدهی متر، گونیا فلزی، ماشین حساب	محاسبه دقیق طول برش لازم و اجرای صحیح خم‌های ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ درجه اجرای دقیق طول پس از خم و رعایت قطر خم	۳	
				برش کاری و اجرای صحیح خم‌های ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ درجه برای ساخت انواع آرماتور	۲	
				عدم محاسبه صحیح طول خم، عدم اجرای دقیق خم‌های ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ درجه	۱	
۴	تهیه لیست آرماتور مصرفی اجرای فونداسیون	کاغذ، قلم و ماشین حساب	رؤیت چشمی (مشاهده رفتاری)، چک‌لیست نگرشی، فرم امتیازدهی ماشین حساب	ترسیم صحیح جدول متناسب با تعداد موقعیت‌ها (Position)، توانایی محاسبه و جرم کل	۳	
				ترسیم صحیح جدول متناسب با تعداد موقعیت‌ها (Position)	۲	
				عدم ترسیم دقیق جدول مناسب با تعداد موقعیت‌ها	۱	
۵	برش کاری، خم‌زدن و ساخت و اجرای میل‌گردهای طولی و عرضی فونداسیون مطابق نقشه	میلگرد در نمره‌های مختلف، انبر، سیم آرماتوربندی، میز خم آرماتور، قیچی، آچار F، مترفلزی، گونیای فلزی، گیره رومیزی	رؤیت چشمی (مشاهده رفتاری)، چک‌لیست نگرشی، فرم امتیازدهی فلزی، گونیای فلزی	توانایی اجرای دقیق اندازه پشت تا پشت راستا، خاموت و ... محاسبه و اجرای دقیق طول پس از خم و رعایت قطر خم	۳	
				توانایی اجرای دقیق اندازه پشت تا پشت راستا، خاموت و ...	۲	
				عدم محاسبه صحیح طول خم	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: کارگاه اسکلت‌سازی (آرماتوربندی) مجهز به تجهیزات ایمنی و ابزارهای حفاظتی لازم		(مشاهده رفتاری)، چک‌لیست نگرشی، فرم امتیازدهی	رعایت انضباط کارگاهی، استفاده ایمن از ابزارها، رعایت اصول ایمنی و ارگونومی، استفاده بهینه از مواد مصرفی و جلوگیری از اتلاف سایر ملزومات، مسئولیت‌پذیری، دقت و توجه به کیفیت انجام کار	۲	
				عدم رعایت انضباط کارگاهی، استفاده غیراصولی از ابزارها، بی‌توجهی به اصول ایمنی و بهداشتی، مصرف نامناسب مواد و تجهیزات، بی‌دقتی در انجام کار و نیاز به تذکر برای اصلاح عملکرد	۱	

ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)					
بله ☐					
خیر ☐					

توضیحات:

۱) معیار شایستگی انجام کار:

- کسب حداقل نمره ۲ از مراحل ۵ و ۶ (مراحل بحرانی)

- کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش

- کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

۲) تعریف سطوح شایستگی: صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها

تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

واحد یادگیری ۲: اجرای آرماتوربندی تیر و سقف بتنی

مقدمه

ستون‌ها یکی از اعضای سازه‌ای ساختمان هستند که بارهای وارده بر سقف و تیرها را به فونداسیون انتقال می‌دهند.

بر خلاف قاب‌های فولادی که اتصال ستون به فونداسیون توسط صفحه ستون و بولت انجام می‌شود در ستون‌های بتنی صفحه ستون وجود ندارد و پس از آرماتوربندی و قبل از بتن‌ریزی فونداسیون به تعداد آرماتورهای ستون، آرماتورهای انتظار (ریشه ستون) در داخل فونداسیون قرار داده می‌شوند.

پس از بتن‌ریزی فونداسیون، آرماتورهای ستون با یکی از روش‌های وصله به این ریشه‌ها متصل می‌شود. تیرها وظیفه انتقال بارهای مرده و زنده سقف و نیروهای جانبی وارده بر سازه را به ستون‌ها بر عهده دارند. راه پله‌ها به عنوان وسیله دسترسی به طبقات، اهمیت بسیار بالایی در ساختمان دارند. حفظ پایداری و سهولت استفاده از راه پله‌ها به خصوص در زمان وقوع حوادثی نظیر زلزله و آتش‌سوزی بسیار مهم است.

استاندارد عملکرد

در پایان این واحد یادگیری هنرجویان باید بتوانند آرماتوربندی ستون‌ها، تیرها و راه پله‌های بتنی را انجام دهند. در پایان هنرجویان مطابق ضوابط ارزشیابی شایستگی محور مورد ارزشیابی قرار خواهند گرفت.

استانداردهای مرتبط با موضوع آرماتوربندی

برای دستیابی به استانداردهای مرتبط با موضوع اجرای ساختمان‌های بتنی می‌توانید به منابع ذیل مراجعه نمایید: (شکل ۴۵)

۱ مقررات ملی ساختمان، مبحث نهم، طراحی و اجرای ساختمان‌های بتن آرمه، ویرایش پنجم ۱۳۹۹

۲ آیین‌نامه بتن ایران (آبا)، تجدید نظر دوم ۱۴۰۲

۳ استاندارد ملی ایران، شماره ۳۱۳۲

۴ مشخصات فنی و عمومی کارهای ساختمانی (نشریه ۵۵) - جلد پنجم، ویرایش سوم ۱۴۰۳

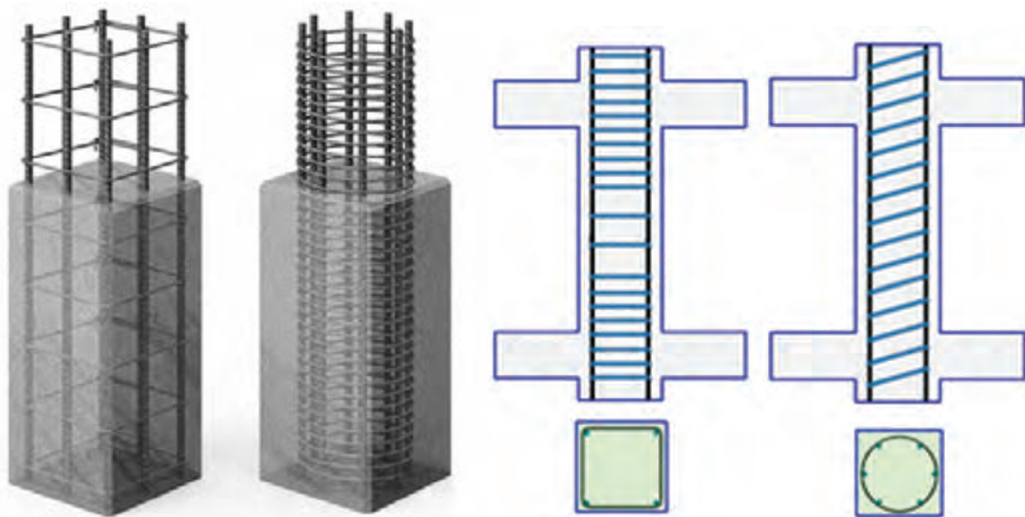


شکل ۴۵

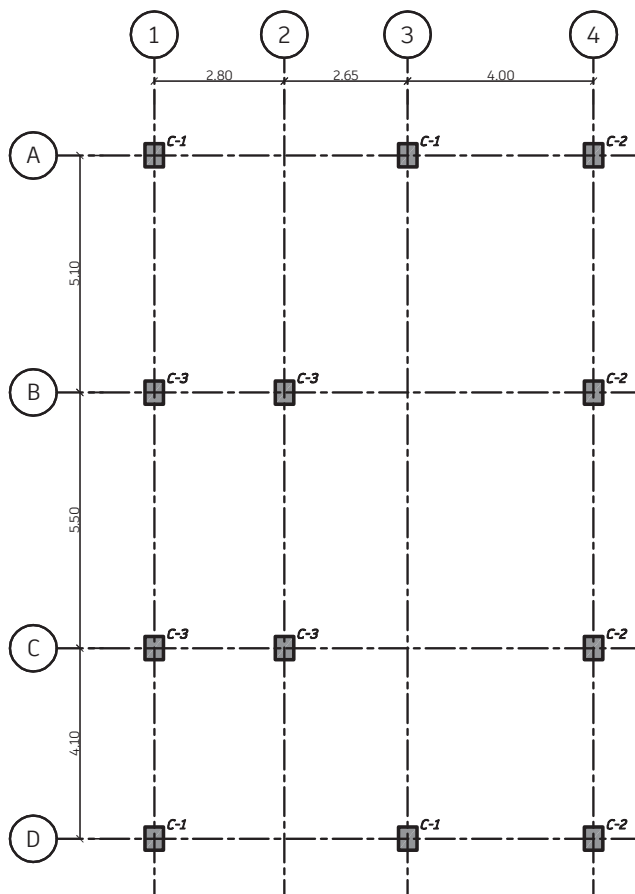
اجرای ستون بتنی

آرماتورهای اصلی ستون در هر طبقه باید روی سقف طبقات ادامه یابد. این طول در صورتی که اتصال آرماتورهای ستون‌های طبقه بالا به پایین از نوع وصله پوششی باشد باید حداقل به اندازه طول موردنیاز برای وصله پوششی باشد.

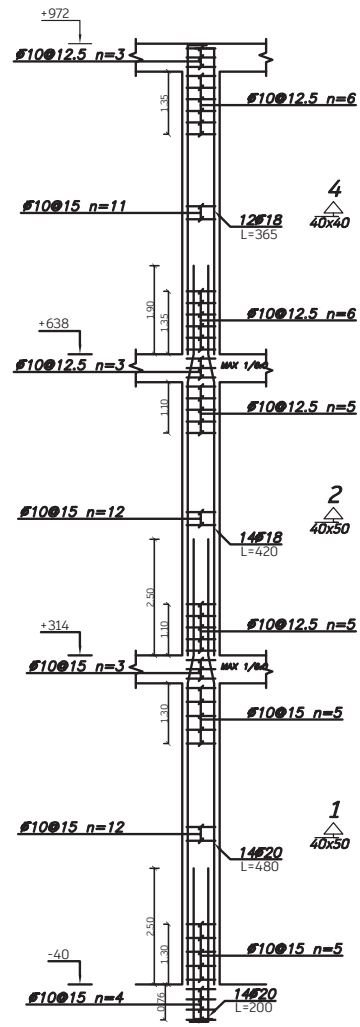
ستون‌ها در سازه‌های بتنی دارای مقاطع مربعی، مستطیلی و بعضاً دایره‌ای هستند که از نظر سهولت اجرا و اتصال تیر به آنها ستون‌های مربعی و مستطیلی کاربرد بیشتری نسبت به ستون‌های دایره‌ای دارند. حداقل تعداد آرماتور طولی در ستون‌های مربعی و مستطیلی ۴ و در ستون‌های دایره‌ای ۶ عدد می‌باشد (شکل ۴۶).



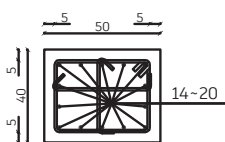
شکل ۴۶



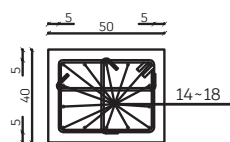
Column Types Plan



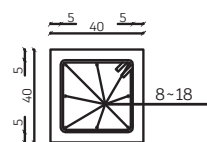
C-1
NO. 4
Scale 1:50



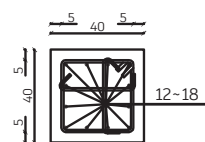
SEC 1-1
Scale 1:20



SEC 2-2
Scale 1:20



SEC 3-3
Scale 1:20



SEC 4-4
Scale 1:20

شکل ۴۷- پلان آکس بندی، نما و برش ستون های بتنی

■ آرماتورهای عرضی ستون‌ها (خاموت یا تَنگ)

در ستون‌های بتنی برای مقابله با نیروهای برشی و همچنین مهارجانبی آرماتورهای طولی در مقابل کمانش از آرماتورهای عرضی استفاده می‌شود. وظایف آرماتورهای عرضی شامل تحمل برش و پیچش و جلوگیری از باز شدن ترک‌های برشی در عضو، نگهداری و مهار آرماتورهای طولی عضو و محصور نمودن هسته بتنی ستون می‌باشد.

شکل آرماتورهای عرضی تابع شکل مقطع ستون است. در ستون‌های مربعی و مستطیلی آرماتورهای عرضی به صورت مربع یا مستطیل و در ستون‌های چند ضلعی متناسب با شکل مقطع و به صورت چند ضلعی است. در این ستون‌ها اجرای آرماتور عرضی در طول ستون از ابتدا تا انتها و با فواصل معین و منظم انجام می‌شود. در ستون‌های دایره‌ای آرماتورهای عرضی معمولاً به صورت دورپیچ و ممتد اجرا می‌شود. در دو انتهای ستون‌ها ناحیه‌ای به طول L_0 ناحیه بحرانی تلقی شده و در آنها باید آرماتورهای عرضی با فاصله کمتری اجرا شوند. طول ناحیه بحرانی که از بر اتصال به تیرها اندازه‌گیری می‌شود نباید کمتر از مقادیر زیر باشد:

۱ یک ششم طول آزاد ستون (طول آزاد ستون از روی تیر طبقه پایین تا زیر تیر طبقه بالا می‌باشد)

۲ بزرگ‌ترین بُعد ستون مقطع مستطیلی یا مربعی یا قطر دایره

۳ ۴۵ سانتی‌متر

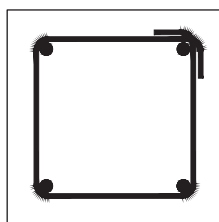
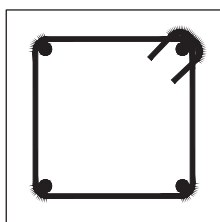
نکته



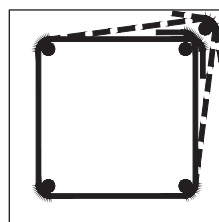
آرماتورهای عرضی ستون در ناحیه بحرانی و غیر بحرانی حداقل نمره ۱۰ می‌باشد.

آرماتور عرضی ستون‌ها در انتها باید دارای قلاب لرزه‌ای باشد. قلاب لرزه‌ای، قلاب با خم ۱۳۵ درجه است که طول مستقیم بعد از خم حداقل ۶ برابر قطر آرماتور است که نباید از ۷/۵ سانتیمتر کمتر باشد. قلاب لرزه‌ای باید آرماتورهای طولی را دربر بگیرد و طول مستقیم آن به سمت داخل باشد (مطابق جدول ۸). بنابراین برای ستون‌ها دو خم ۹۰ درجه و یا یک خم ۹۰ و یک خم ۱۳۵ درجه مورد قبول نمی‌باشد و باید هر دو خم ۱۳۵ درجه باشد.

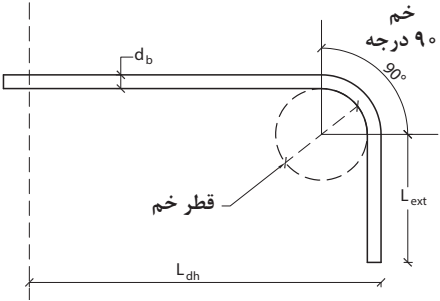
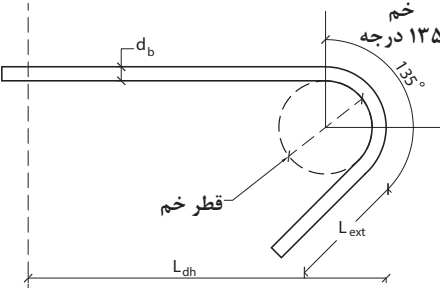
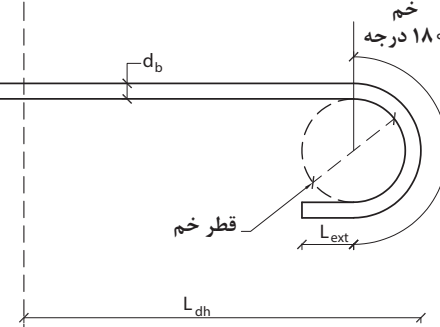
خم ۹۰ درجه هنگام زلزله باز می‌شود و پوشش بتن روی آرماتور را از بین برده و محصورشدگی ایجاد نمی‌کند ولی خم ۱۳۵ درجه به راحتی باز نمی‌شود (شکل ۴۸).



شکل ۴۸



جدول ۸- قلاب استاندارد برای مهار آرماتورهای عرضی در کشش

شکل	طول مستقیم پس از خم l_{ext}	حداقل طول خم داخلی (mm)	قطر آرماتور (mm)	نوع قلاب
	$6d_b$ و ۷۵ میلی متر، هر کدام بزرگ تر است	$4d_b$	۱۰ تا ۱۶	قلاب ۹۰ درجه
	$12d_b$	$6d_b$	۱۸ تا ۲۵	
	$6d_b$ و ۷۵ میلی متر، هر کدام بزرگ تر است	$4d_b$	۱۰ تا ۱۶	قلاب ۱۳۵ درجه
		$6d_b$	۱۸ تا ۲۵	
	$4d_b$ و ۶۵ میلی متر، هر کدام بزرگ تر است	$4d_b$	۱۰ تا ۱۶	قلاب ۱۸۰ درجه
		$6d_b$	۱۸ تا ۲۵	

■ سنجاقی

آرماتورهای طولی واقع شده در کنج ستون ها توسط آرماتورهای عرضی مهار می شوند. در صورتی که فاصله آزاد (فاصله داخل به داخل) آرماتورهای طولی ستون بیشتر از ۱۵ سانتی متر باشد، سایر آرماتورهای طولی ستون ها باید به صورت یک درمیان توسط خم با زاویه کمتر یا مساوی ۱۳۵ درجه مهار شوند. این کار توسط آرماتورهای عرضی مضاعف یا به صورت مرسوم توسط سنجاقی ها انجام شود (شکل ۴۹).

■ نکات اجرایی سنجاقی ها

- ۱ قلاب سنجاق باید دربرگیرنده آرماتور طولی پیرامون مقطع باشد.
- ۲ یک سر سنجاقی باید دارای قلاب لرزه ای (۱۳۵ درجه) و سر دیگر آن باید دارای خم حداقل ۹۰ درجه باشد.



۳ انتهای با خم ۹۰ درجه دو سنجاقی متوالی که آرماتور طولی را دربر می‌گیرند باید در ارتفاع ستون به‌طور یک در میان در جوجه مقابل مقطع قرار گیرند.

پیشتر



در ستون‌ها نسبت سطح مقطع آرماتورها به کل سطح مقطع ستون در قاب خمشی متوسط نباید کمتر از یک درصد و بیشتر از ۸ درصد و در قاب خمشی ویژه نباید کمتر از ۱ درصد و بیشتر از ۶ درصد باشد. این محدودیت در محل وصله‌ها هم باید رعایت شود.

نکته

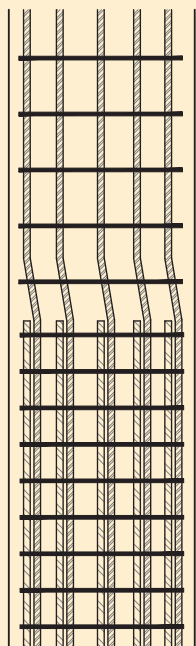




فرض کنید در ستون شکل ۵۰ ابعاد ستون ۵۰×۵۰ سانتی متر و آرماتور اصلی ۲۰ عدد آرماتور نمره ۲۵ می باشد. در صورت استفاده از وصله پوششی یک بار با فرض قاب متوسط و یک بار با فرض قاب ویژه، آیا نیازی به افزایش ابعاد ستون خواهید داشت؟



برای وصله پوششی آرماتورها در ستون ها و برای جلوگیری از تغییر ابعاد آرماتور عرضی و در بر گرفتن آرماتورهای طولی گوشه توسط آرماتورهای عرضی، می بایستی با خم یک به شش محور آرماتورهای ستون طبقه بالا با آرماتورهای طولی ستون طبقه پایین در یک راستا قرار گیرد (شکل ۵۱).



شکل ۵۱

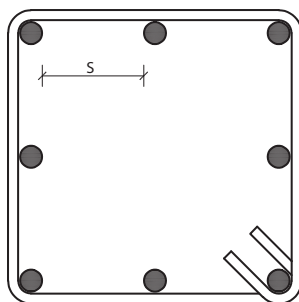
برای اینکه هنگام بتن ریزی، بتن بتواند به راحتی از بین آرماتورهای ستون عبور کند آیین نامه حداقل فاصله بین آرماتورهای طولی ستون را به صورت زیر محدود کرده است (شکل ۵۲).

حداقل فاصله آزاد آرماتورهای طولی ستون:

الف) ۴ سانتی متر

ب) $1/5$ برابر قطر بزرگ ترین آرماتور

ج) $1/33$ برابر قطر اسمی بزرگ ترین سنگ دانه های بتن



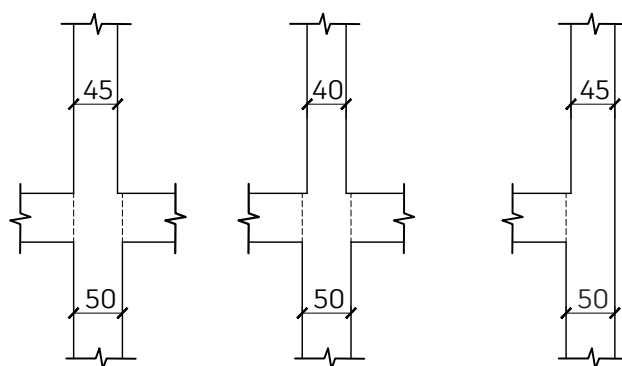
شکل ۵۲

تغییر مقطع ستون

ممکن است طراح سازه، با افزایش طبقات ابعاد ستون‌ها را نسبت به طبقه پایین کاهش دهد. در این شرایط ستون‌های پیرامونی همچنان در بر کار قرار گرفته و کاهش مقطع از سمت داخل اعمال خواهد شد. در مورد ستون‌های میانی، کاهش مقطع می‌تواند به صورت متقارن از ۴ وجه باشد. کاهش مقطع مستلزم تغییر مسیر آرماتورهای طولی ستون است. یکی دیگر از موارد کاربرد خم یک به ۶ مربوط به تغییر مقطع ستون در دو طبقه متوالی است.

مطابق شکل ۵۱ هنگام تغییر مقطع ستون می‌بایستی به خم یک به شش توجه کرد بدین معنی که هر ۶ سانتی‌متر در جهت قائم یک سانتی‌متر در جهت افقی می‌توان پیشروی نمود. لازم است این خم، قبل از جایگذاری آرماتورهای طولی ستون، در ارتفاع لازم اعمال گردد زیرا پس از بتن‌ریزی، خم کردن آرماتور مجاز نبوده (نیازمند اجازه دستگاه نظارت) و موجب خرد شدن بتن اطراف آن می‌گردد.

به عنوان مثال برای ستون‌های میانی می‌تواند تغییر بُعد از هر طرف به میزان ۵ سانتی‌متر و روی هم ۱۰ سانتی‌متر یا از یک طرف به میزان ۵ سانتی‌متر اجرا شود. برای ستون‌های کناری چون از سمت بیرون (نما) امتداد لبه همه ستون‌های طبقات ثابت است، فقط از سمت داخل امکان کوچک‌تر کردن بعد ستون به اندازه ۵ سانتی‌متر امکان‌پذیر می‌باشد (شکل ۵۳).

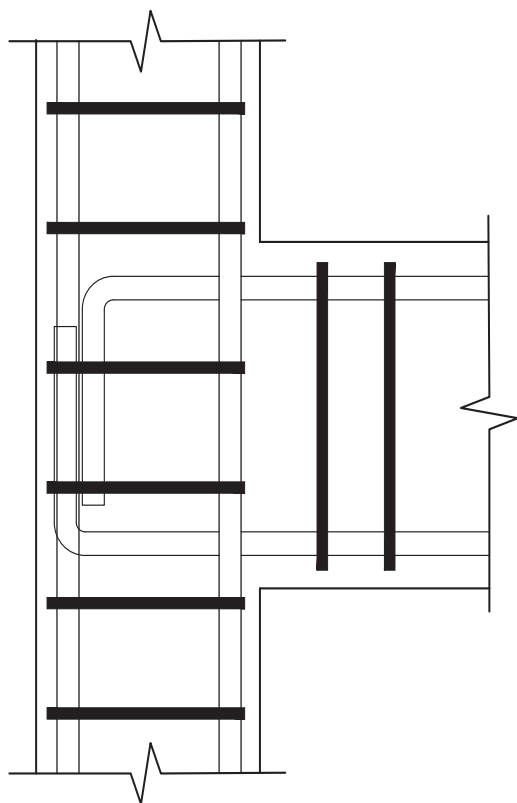


شکل ۵۳



شکل ۵۴

آرماتورهای ستون‌های آخرین طبقه می‌بایستی به سمت هسته ستون خم شوند و یا در انتها به مهره ختم شوند (شکل ۵۴).



شکل ۵۵

■ چشمه اتصال

به محل اتصال تیر به ستون چشمه اتصال گفته می‌شود. یکی از موارد مهمی که در زلزله‌های گذشته باعث آسیب و تخریب سازه‌های بتنی گردیده است عدم اجرای صحیح آرماتورهای عرضی چشمه اتصال است. به دلیل اینکه جای‌گذاری آرماتورهای عرضی در این محل دشوار است، در عمل یا به درستی اجرا نمی‌شود یا ممکن است در زمان اجرا حذف شود. آرماتورهای عرضی چشمه اتصال دربرگیرنده آرماتورهای اصلی ستون بوده و پس از بتن‌ریزی ستون‌ها و هم‌زمان با آرماتوربندی تیرها انجام می‌شود (شکل ۵۵).



آرماتورهای عرضی چشمه اتصال باید طوری اجرا شوند که خم آرماتور تیرها را در بر بگیرند و مانع از باز شدن آنها شوند. اگر مطابق شکل ۵۶ خم آرماتور طولی تیر بعد از آرماتور عرضی انجام شود هم کاور ستون کم می‌شود و هم آرماتور تیر محصور نمی‌شود.

انجام وصله آرماتورهای طولی تیر و ستون در محل چشمه اتصال به هیچ عنوان مجاز نمی‌باشد.

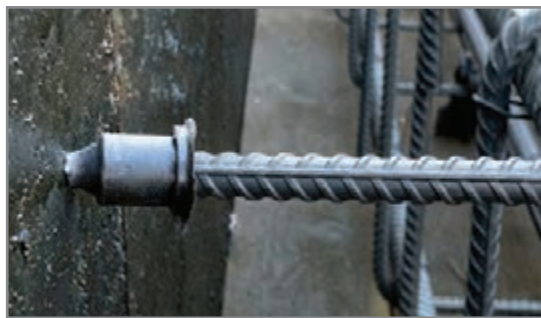
نکته



شکل ۵۶ - خطای اجرایی : عبور خم انتهایی آرماتور تیرها از آرماتورهای عرضی ستون

■ رامکا

یکی از راه‌های رعایت پوشش بتن یکسان در همه وجوه ستون استفاده از آرماتوری به نام رامکا می‌باشد. همچنین تنظیم همبندی ستون‌ها در طبقات با کمک ریسمان کشی انتهای این آرماتورها کنترل می‌گردد. توجه به این نکته ضروری است که آرماتور رامکا نباید به آرماتورهای طولی ستون جوش شود. همچنین باید انتهای آرماتور رامکا رنگ شود یا از پوشش پلاستیکی در انتهای آن استفاده شود. همچنین گره آرماتور رامکا به سمت داخل ستون انجام شود که کاور ستون کم نشود (شکل ۵۷).



شکل ۵۷

روش دیگر اجرای رامکا استفاده از رامکای بتنی (پاشنه بتنی) است. در این روش پس از قالب‌بندی به کمک ریسمان در پای ستون یک لایه بتن به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر و دارای مقاومتی معادل با بتن ستون اجرا می‌شود. رامکای بتنی بر خلاف رامکای فولادی مشکل زنگ‌زدگی ندارد. اما به دلیل امکان ایجاد درز سرد میان بتن رامکا و بتن ستون که بعداً اجرا می‌شود و همچنین سختی اجرا نسبت به رامکای فولادی کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۵۸).

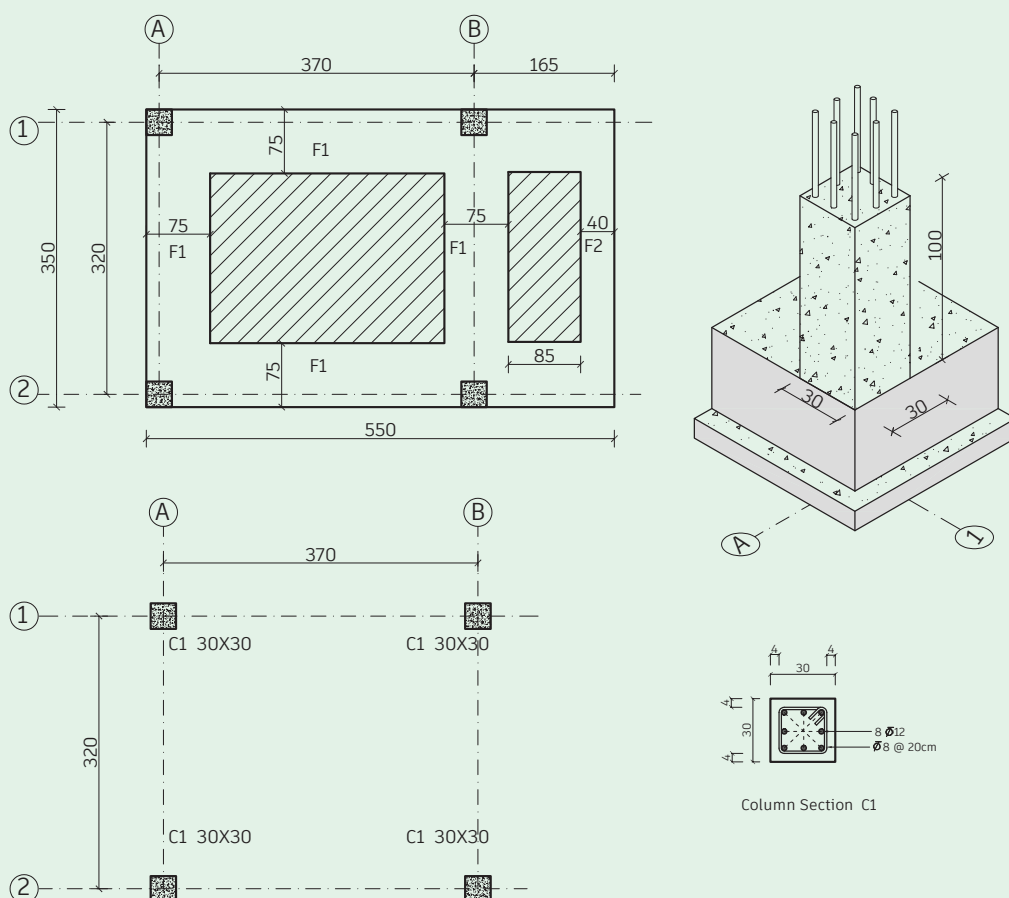


شکل ۵۸



□ آرماتوربندی ستون‌های پروژه اجرایی مستمر

پس از تکمیل آرماتوربندی فونداسیون در واحد یادگیری اول با توجه به مقطع ستون‌های ارائه شده در شکل ۵۹، آرماتوربندی ستون‌ها را انجام دهید.



پلان آکس‌بندی ستون‌گذاری

شکل ۵۹

نکته: حداقل تعداد آرماتور طولی در یک ستون مربعی ۴ عدد و حداقل سطح مقطع آرماتور ستون یک درصد است.

$$۰/۰۱ \times ۳۰ \times ۳۰ = ۹ \text{ سانتی‌متر مربع}$$

سطح مقطع یک عدد آرماتور نمره ۱۲ برابر با ۱/۱۳ سانتی‌متر مربع است.

$$N = \frac{۹}{۱/۱۳} = ۸ \text{ عدد}$$

برای رعایت حداقل آرماتور یک درصد در این ستون مطابق آیین‌نامه، حداقل ۸ عدد آرماتور اصلی مورد نیاز است.

نکته: در پروژه‌های ساختمانی استفاده آرماتورهای نمره پایین نظیر ۱۲ و ۱۴ به عنوان آرماتورهای طولی به دلیل نیاز به تعداد بالا منطقی و مرسوم نیست و اغلب از آرماتورهای نمره ۱۶ به بالا استفاده می‌شود. به دلیل آموزشی بودن فعالیت در محیط هنرستان و صرفه جویی، هر ستون با ۸ عدد آرماتور نمره ۱۲ اجرا می‌گردد.

۱] ابتدا با راهنمایی هنرآموز مربوطه، لیستوفر (جدول آرماتور مصرفی) موردنیاز جهت اجرای ستون‌ها را تهیه کنید.

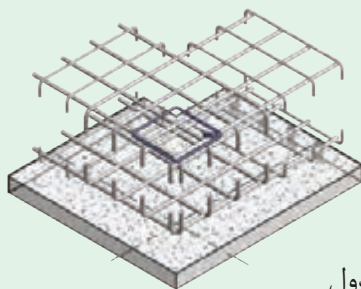
جدول ۹- لیستوفر آرماتور ستون‌ها

وزن کل (کیلوگرم)	وزن واحد (KG/m)	طول کل (متر)	طول برش (متر)	تعداد	نمره آرماتور	شکل آرماتور	موقعیت
							آرماتورهای طولی ستون‌ها
							آرماتورهای عرضی ستون‌ها
							آرماتورهای عرضی ستون داخل فونداسیون

۲] آرماتورهای عرضی ستون‌ها را مطابق جدول لیستوفر مربوطه برش داده و خم بزنید. با لحاظ نمودن پوشش بتن ستون، یک عدد آرماتور عرضی ستون را به عنوان شابلون مطابق پلان بر روی آرماتور طولی شبکه بالای فونداسیون جانمایی نموده و با سیم آرماتوربندی ببندید (شکل ۶۰).



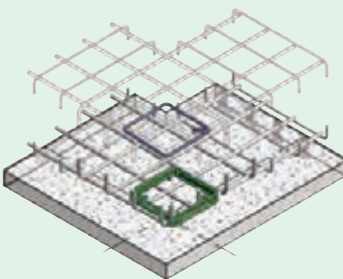
شکل ۶۰



۳] آرماتورهای طولی را مطابق جدول لیستوفر مربوطه برش داده و خم بزنید. چهار عدد آرماتور عرضی داخل فونداسیون را در زیر محل ستون بر روی شبکه پایین فونداسیون قرار دهید (شکل ۶۱).



شکل ۶۱

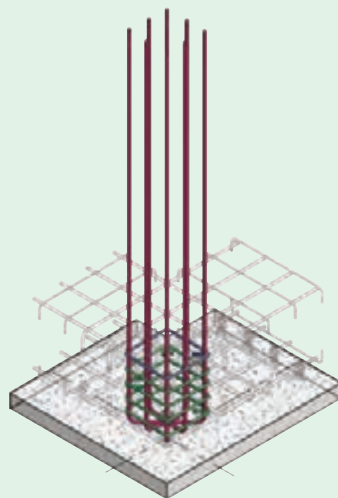


۴ آرماتورهای طولی ستون‌ها را از داخل شابلون و چهار آرماتور عرضی عبور داده و با سیم آرماتوربندی به آرماتورهای عرضی ببندید (شکل ۶۲).

۵ اولین آرماتور عرضی داخل ستون را به فاصله ۵ سانتی‌متر از شابلون اجرا نموده و بقیه آرماتورهای عرضی را به فاصله ۱۵ سانتی‌متر تا ارتفاع ۷۵ سانتی‌متر از روی فونداسیون اجرا نمایید (شکل ۶۳).

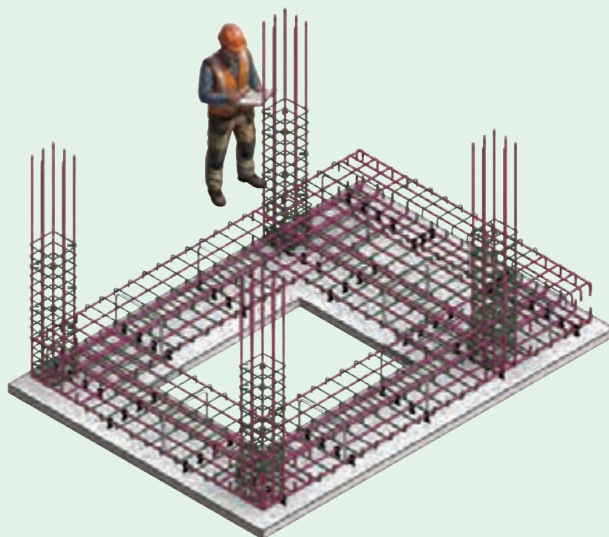


شکل ۶۳



شکل ۶۲

۶ مابقی ستون‌ها را به همین روش اجرا نمایید (شکل ۶۴).

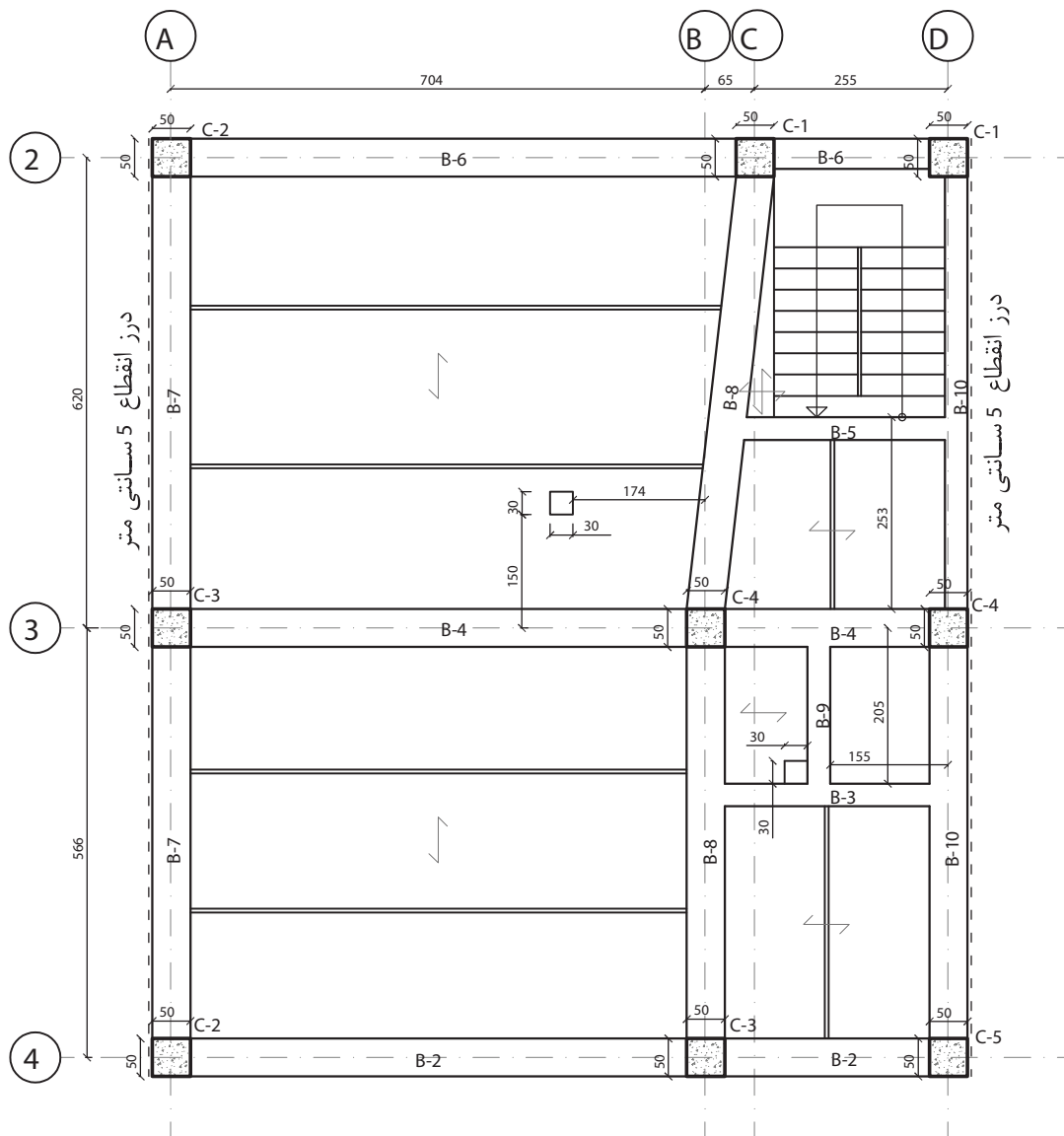


شکل ۶۴

اجرای تیرهای بتنی

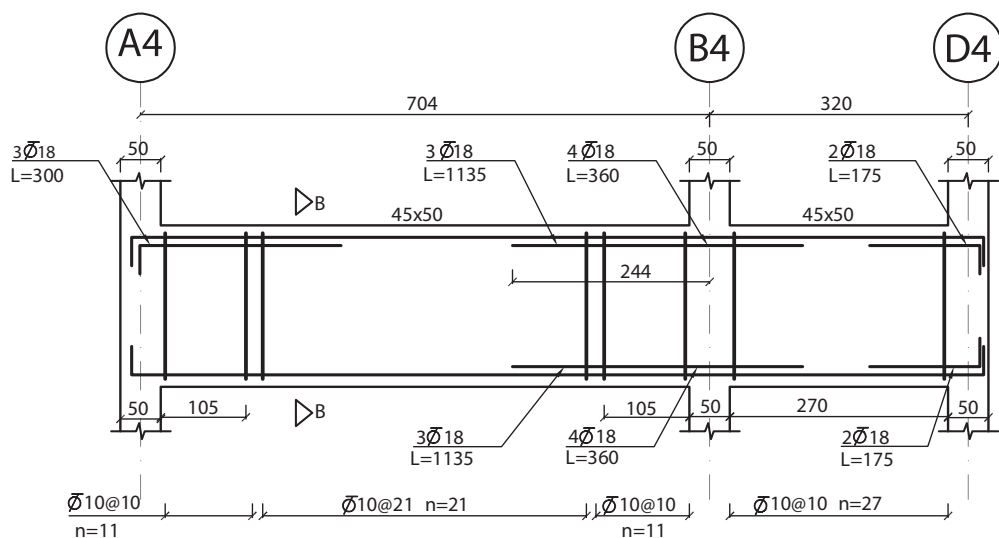
تیرها اعضای سازه‌ای افقی هستند که بار را از سقف گرفته و به ستون‌ها منتقل می‌نمایند. با اتصال تیرها به ستون قاب تشکیل می‌شود. اتصال تیرها به ستون‌ها در قالب‌های بتنی که به صورت یکپارچه بتن‌ریزی می‌شود از نوع اتصال گیردار می‌باشد.

در شکل ۶۵ پلان تیپ‌بندی تیرهای یکی از طبقات به همراه نمای جانبی و برش تیرها نشان داده شده است. بر خلاف ستون‌ها که ابتدا آرماتور بندی و پس از آن قالب بندی صورت می‌پذیرد در اجرای تیرهای بتنی ابتدا شمع‌ها (جک‌ها) و سپس قالب‌های زیر تیر اجرا شده و پس از آن آرماتوربندی تیر انجام می‌شود. آرماتوربندی تیر شامل آرماتورهای طولی سراسری و تقویتی و همچنین آرماتور عرضی می‌باشد.



شکل ۶۵

در شکل ۶۶ تیر بتنی دارای ۳ عدد آرماتور نمره ۱۸ به صورت سراسری در بالا و پایین است.

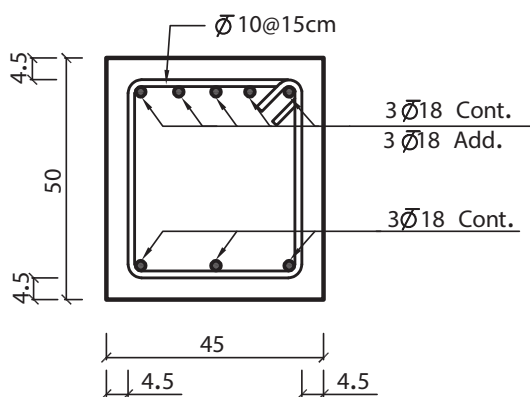


Beam Type B-2

Elev: 300

H Scale 1:50

V Scale 1:20



شکل ۶۶

Sec. B-B

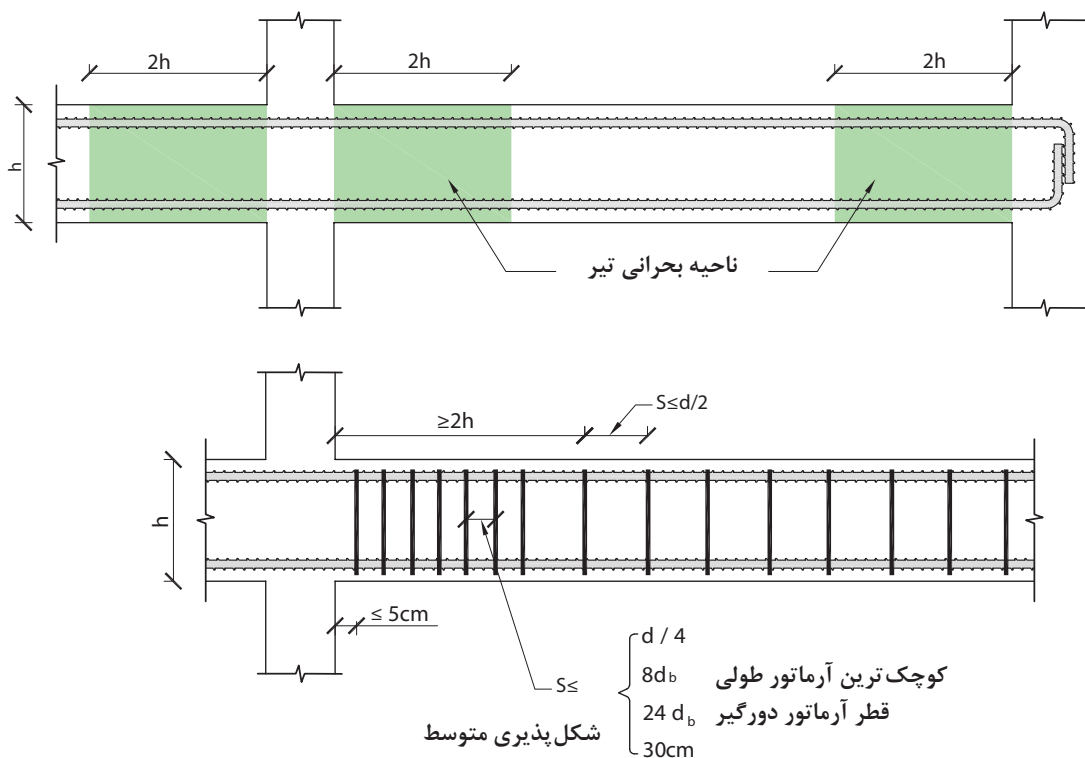
Scale 1:20

در تقاطع A4 دارای ۳ عدد آرماتور تقویتی نمره ۱۸ در بالای تیر و در تقاطع B4 دارای ۴ عدد آرماتور تقویتی نمره ۱۸ در بالا و ۳ عدد آرماتور تقویتی نمره ۱۸ در پایین می باشد. مقطع تیر ۴۵×۵۰ می باشد. عدد ۴۵ عرض تیر و عدد ۵۰ ارتفاع تیر می باشد. در هر تیر باید حداقل دو آرماتور طولی در بالا و دو آرماتور طولی در پایین وجود داشته باشد.

■ نکات اجرایی آرماتورهای عرضی تیرها

۱ فاصله اولین آرماتور عرضی تیر از بر ستون حداکثر ۵ سانتی متر می باشد.

- ۲ تیرها نیز مانند ستون‌ها دارای ناحیه بحرانی در ابتدا و انتهای تیر و ناحیه غیر بحرانی میانه تیر می‌باشند.
- ۳ ناحیه بحرانی تیر از بر ستون به اندازه ۲ برابر ارتفاع تیر می‌باشد (شکل ۶۷).
- ۴ کاور تیرها بین ۴ تا ۵ سانتی‌متر است. در شکل ۶۶ پوشش بتن تیر ۴/۵ سانتی‌متر است.
- ۵ در تیرها در ناحیه بحرانی باید از دورگیر استفاده شود. دورگیر آرماتور عرضی است که دو انتهای آن دارای قلاب لرزه‌ای (قلاب دارای خم ۱۳۵ درجه) می‌باشد.



شکل ۶۷



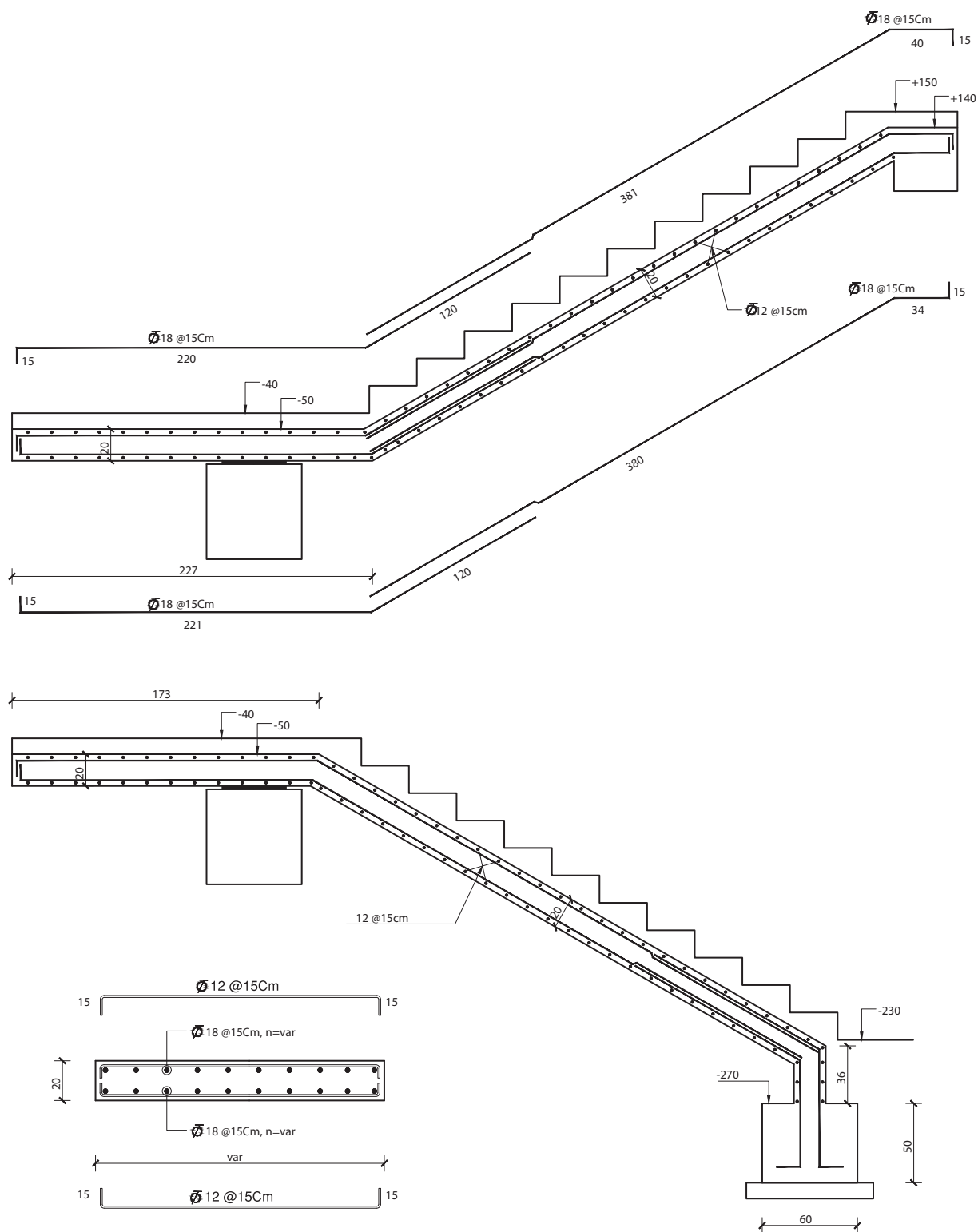
شکل ۶۸

برای سهولت عبور سنگ‌دانه‌های بتن از بین آرماتورها و جلوگیری از کرم شدن تیرها، لازم است در تیرها حداقل فاصله بین آرماتورها (S) مطابق با مقادیر زیر رعایت شود (شکل ۶۸).

الف) ۲/۵ سانتی‌متر

ب) قطر بزرگ‌ترین آرماتور

ج) ۱/۳۳ برابر قطر اسمی بزرگ‌ترین سنگ‌دانه



شکل ۷۰



با توجه به اندازه‌های داده شده در شکل و با فرض عرض ۱۱۰ سانتی‌متر راه پله لیستوفر آرماتور مصرفی پله را برای دو بازوی رفت و برگشت طبقه همکف به اول محاسبه نمایید.

جدول ۱۰- لیستوفر آرماتور پله

وزن کل (کیلوگرم)	وزن واحد (KG/m)	طول کل (متر)	طول برش (متر)	تعداد	نمره آرماتور	شکل آرماتور	موقعیت
جمع کل آرماتور مصرفی (کیلوگرم)							

در پودمان دوم در قالب فعالیت عملی با اصول قالب‌بندی و آرماتوربندی پله‌ها آشنا خواهید شد.

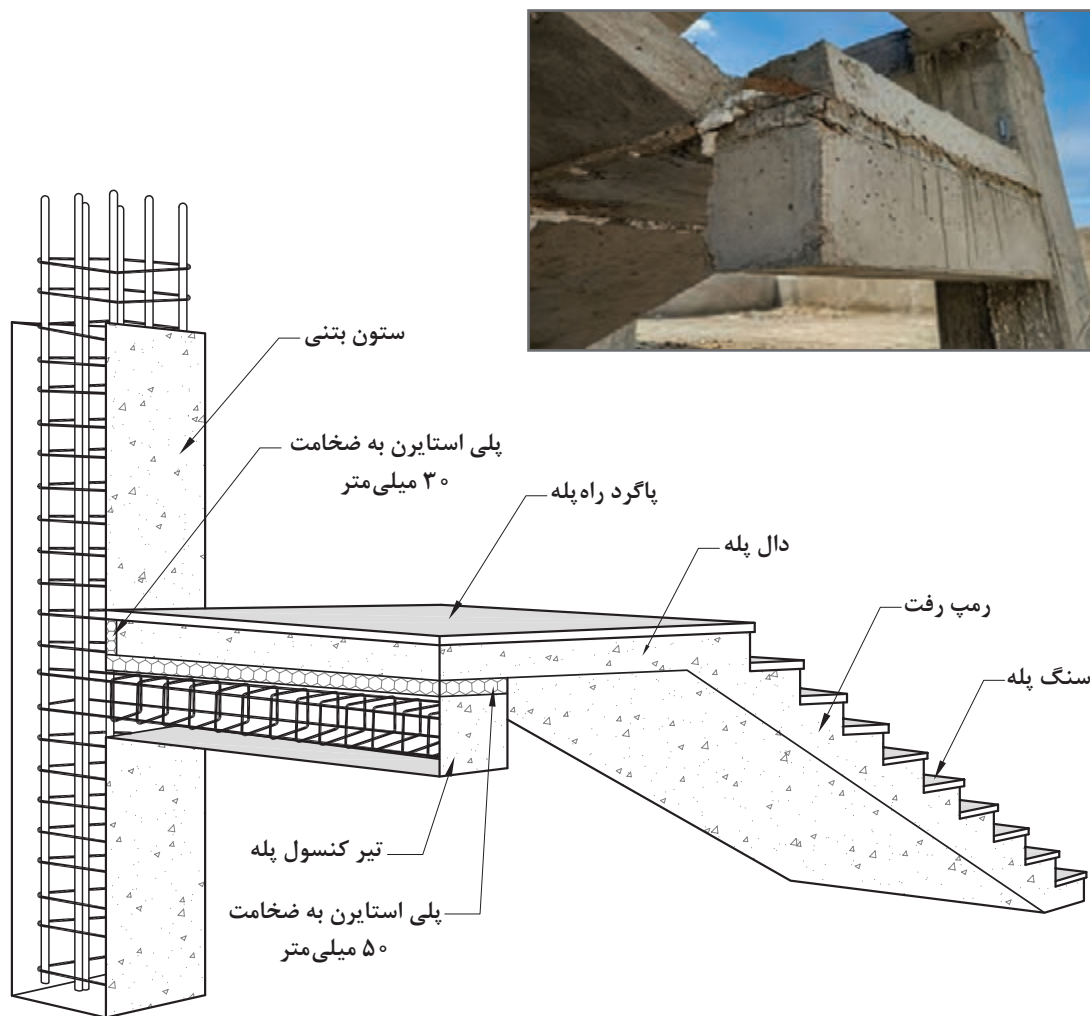
پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰، نگاه ویژه‌ای به راه پله‌ها به عنوان یک عضو باربر بتنی دارد. الزامات کلیدی این استاندارد در مبحث راه پله عبارتند از:

۱ عدم مشارکت در باربری جانبی: اجزای راه پله (تیر شیب‌دار و دال) نباید به عنوان اعضای اصلی مقاوم در برابر زلزله در محاسبات سازه در نظر گرفته شوند. این بدان معناست که قاب‌های اطراف پله باید به تنهایی قادر به تحمل نیروی زلزله باشند.

■ جداسازی از سازه اصلی

برای جلوگیری از آسیب دیدن پله در اثر حرکات سازه در زمان زلزله (که می‌تواند منجر به مسدود شدن راه فرار شود)، می‌بایست با جدا کردن شمشیری و پاگرد پله در تراز طبقه و تراز روی تیرهای میان طبقه از اتصال پله و باربری جانبی این عضو جلوگیری شود.

در شکل ۷۱ جزئیات اجرای تراز پاگرد پله به صورت مستقل روی یک صفحه انعطاف‌پذیر مانند پلی استایرن تراکم‌پذیر به جهت جداسازی از سازه اصلی ارائه شده است.



شکل ۷۱- جزئیات اجرایی جداسازی نشیمن پاگرد راه پله در تراز نیم طبقه

۲ اثر میانقابی مخرب: اگر راه پله بدون جداسازی از سازه و به صورت صلب به ستون‌های دو طرف متصل شود، در هنگام زلزله مانند یک مهاربند قطری عمل کرده و می‌تواند باعث ایجاد پدیده «ستون کوتاه» شود. این پدیده نیروی برشی بسیار زیادی در ستون‌ها ایجاد کرده و منجر به شکست ناگهانی و ترد آنها می‌شود که بسیار خطرناک است.

۳ مقاومت اجزای خود پله: با وجود جداسازی، خود اجزای راه پله (تیرهای شیب‌دار و پاگردها) باید به گونه‌ای طراحی و اجرا شوند که بتوانند وزن خود و بارهای دینامیکی ناشی از زلزله را بدون فروریختن تحمل کنند.

به طور خلاصه، دیدگاه پیوست ششم آیین‌نامه ۲۸۰۰ این است که راه پله باید به عنوان یک عنصر غیرسازه‌ای در نظر گرفته شود که ضمن حفظ یکپارچگی و مقاومت خود، با ایجاد درز انقطاع، از ایجاد اثرات مخرب بر سازه اصلی جلوگیری شود و به عنوان یک راه فرار ایمن در دسترس باقی بماند.

ارزشیابی شایستگی اجرای آرماتوربندی تیر و سقف بتنی

نام و نام خانوادگی :		شماره ملی:	تاریخ ارزشیابی:
کد حرفه	۷۱۱۱۱۲	حرفه :	ساختمان سازان (اسکلت کاران بتنی و فولادی)
کد وظیفه شغل	۷۱۱۱۲۳۰۱	وظیفه شغل:	ساختن سازای بتنی
کد کار	۷۱۱۱۲۳۰۱۱۲	کار	اجرای آرماتوربندی تیر و سقف بتنی
		سطح شایستگی	مهارت
		سطح صلاحیت	۳L
		کد پیمان / پودمان	۷۱۱۱۲۳۰۱۱
		استاندارد عملکرد: اجرای آرماتوربندی ستون، تیر و راه پله بتنی در کارگاه هنرستان	

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص/ها/داوری/نمره دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	محاسبه درصد میلگرد حداقل و حداکثر در ستون ها	کاغذ، قلم و ماشین حساب	رؤیت چشمی (مشاهده رفتاری)، چک لیست نگرشی، فرم امتیازدهی ماشین حساب	محاسبه صحیح حداقل و حداکثر درصد میلگرد ستون ها در دو حالت قاب متوسط و ویژه، توانایی محاسبه تعداد میلگرد بر اساس ترکیبی از میلگردها	۳	
۲	تهیه لیست آرماتور مصرفی اجرای ستون ها	کاغذ، قلم و ماشین حساب	رؤیت چشمی (مشاهده رفتاری)، چک لیست نگرشی، فرم امتیازدهی ماشین حساب	ترسیم صحیح جدول متناسب با تعداد موقعیت ها (Position)، توانایی محاسبه و جرم کل ترسیم صحیح جدول متناسب با تعداد موقعیت ها (Position) عدم ترسیم دقیق جدول متناسب با تعداد موقعیت ها	۳ ۲ ۱	
۳	برش کاری، خم زدن و ساخت و اجرای آرماتورهای طولی و عرضی و رامکای ستون ها مطابق نقشه	میلگرد در نمره های مختلف، انبر، سیم آرماتوربندی، میز خم آرماتور، قیچی، آچار F، متر فلزی، گونیای فلزی، گیره رومیزی	رؤیت چشمی (مشاهده رفتاری)، چک لیست نگرشی، فرم امتیازدهی متر فلزی، گونیای فلزی	محاسبه دقیق و اجرای خم های ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ درجه، توانایی اجرای دقیق اندازه پشت تا پشت میلگردها، محاسبه دقیق طول پس از خم و قطر خم محاسبه دقیق و اجرای خم های ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ درجه، توانایی اجرای دقیق اندازه پشت تا پشت میلگردها عدم محاسبه صحیح طول خم، عدم اجرای دقیق خم های ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ درجه	۳ ۲ ۱	
۴	نقشه خوانی جزئیات اجرایی تیرها و راه پله های بتنی	نقشه اجرایی، خط کش یا اشل - نوشت افزار	رؤیت چشمی (مشاهده رفتاری)، چک لیست نگرشی، فرم امتیازدهی نقشه اجرایی، خط کش یا اشل، نوشت افزار	نقشه خوانی دقیق میلگردهای طولی و عرضی تیرها، نمره و فاصله دو شبکه بالا و پایین طولی و عرضی میلگردهای پاگرد و شمشیری پله، رعایت بر عکس شدن جهت شبکه های بالا و پایین در محل اتصال پاگردها به شمشیری نقشه خوانی دقیق میلگردهای طولی و عرضی تیرها، نمره و فاصله دو شبکه بالا و پایین طولی و عرضی میلگردهای پاگرد و شمشیری پله عدم نقشه خوانی دقیق میلگردهای طولی و عرضی تیرها، نمره و فاصله دو شبکه بالا و پایین طولی و عرضی میلگردهای پاگرد و شمشیری پله	۳ ۲ ۱	
شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:		کارگاه اسکلت سازی (آرماتوربندی) مجهز به تجهیزات ایمنی و ابزارهای حفاظتی لازم				
		رعایت انضباط کارگاهی، استفاده ایمن از ابزارها، رعایت اصول ایمنی و ارگونومی، استفاده بهینه از مواد مصرفی و جلوگیری از اتلاف سایر ملزومات، مسئولیت پذیری، دقت و توجه به کیفیت انجام کار				
		عدم رعایت انضباط کارگاهی، استفاده غیر اصولی از ابزارها، بی توجهی به اصول ایمنی و بهداشتی، مصرف نامناسب مواد و تجهیزات، بی دقتی در انجام کار و نیاز به تذکر برای اصلاح عملکرد				

بله	ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)
خیر	

توضیحات:

۱) معیار شایستگی انجام کار:

- کسب حداقل نمره ۲ از مراحل ۳ و ۴ (مراحل بحرانی)

- کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش

- کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

۲) تعریف سطوح شایستگی: صرف نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه ای انجام می شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه ریزی و تحلیل، پاسخ گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت ها تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.



پودمان دوم

اجرای قالب بندی



واحد یادگیری ۱ : اجرای قالب بندی فونداسیون و ستون

مقدمه

قالب، سازه‌ای موقت برای نگهداری بتن تازه می‌باشد و وظیفه تحمل بارهای وارده را تا حصول اطمینان از گیرش بتن و کسب مقاومت کافی برعهده دارد. مراحل انجام طراحی، تهیه، ساخت و اجرای قالب را قالب بندی می‌نامند.

پس از گیرش بتن، بارهای وارد بر قالب حذف می‌شوند. اما تا قبل از گیرش بتن، این وظیفه سیستم قالب بندی است که کلیه بارهای وارده از طرف بتن تازه را تحمل نماید. پس از اطمینان از کسب مقاومت مورد نظر بتن، قالب برداری انجام می‌شود. زمان مناسب برای برداشت انواع قالب‌ها در آیین نامه‌های معتبر داخلی و بین المللی ارائه شده است.

قالب بندی بتن از مهم ترین مراحل اجرای اسکلت سازه‌های بتنی است که با هدف تحمل بارهای ناشی از بتن، جلوگیری از نشست شیره بتن، حفاظت بتن در برابر صدمات و نگهداشت آرماتورها انجام می‌شود. در صورت عدم محاسبه دقیق بارهای وارد بر قالب و یا قالب بندی ضعیف، خسارات و صدمات قابل توجه و گاهی جبران ناپذیری به سازه در حال بتن ریزی وارد می‌شود و می‌تواند باعث باز شدن قالب‌ها و یا حتی فرو ریختن سازه، ستون و سقف گردد. در شکل ۱ تعدادی از این فرو ریزش‌ها که در اثر سهل انگاری در قالب بندی اصولی به وجود آمده نمایش داده شده است.

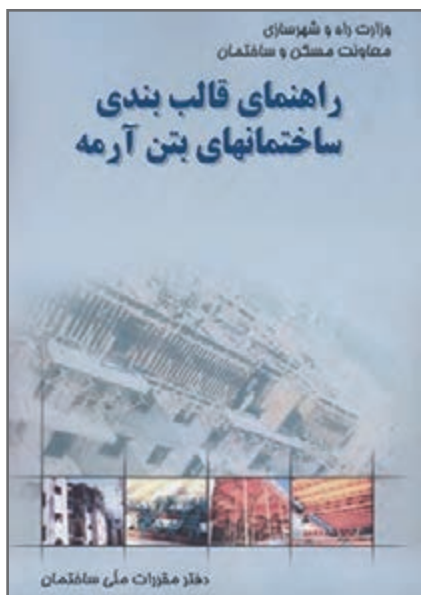


شکل ۱

استاندارد عملکرد

در پایان این واحد یادگیری هنرجویان باید بتوانند مراحل اجرای قالب بندی فونداسیون و ستون را مطابق استانداردهای مرتبط و ضوابط ایمنی اجرا نمایند. در نهایت با لحاظ نمودن ضوابط ایمنی و زیست محیطی عملیات جمع آوری و تمیزکاری محل اجرای قالب بندی را اجراء نمایند. در پایان هنرجویان مطابق ضوابط ارزشیابی شایستگی محور، مورد ارزشیابی قرار خواهند گرفت.

استانداردهای مرتبط با موضوع قالب بندی



شکل ۲- راهنمای قالب بندی ساختمان های بتن آرمه

- ۱ راهنمای قالب بندی ساختمان های بتن آرمه - دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان - چاپ ۱۳۹۸
- ۲ نشریه ۵۵ (مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی) - جلد سوم - ویرایش ۱۴۰۳
- ۳ نشریه ۹۴ (تیرچه های پیش ساخته خرابایی) سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور (معاونت امور فنی)
- ۴ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان (طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه) - وزارت راه و شهرسازی

نکات فنی در طراحی و اجرای قالب بندی

- ۱ قالب و سیستم قالب بندی باید در برابر بارهای وارده نظیر فشار جانبی بتن تازه در حین ریختن در داخل قالب، فشارهای ناشی از تجهیزات بتن ریزی و رفت و آمد کارگران، وزن آرماتورها و لرزش بتن در زمان تراکم (ویبره زدن) دارای استحکام و مقاومت کافی بوده و تغییر شکل ندهد (یا تغییر شکل ناچیز و در حد مجاز باشد).
- ۲ اتصال قسمت های مختلف قالب به یکدیگر باید به طور کامل و صحیح اجرا شود تا قالب ها همواره مستحکم و قابل اطمینان بوده و در برابر بارهای وارده باز نشوند، اعوجاج و تابیدگی در آنها صورت نپذیرد و از خروج شیره بتن در زمان بتن ریزی جلوگیری گردد. در اصطلاح فنی، ایستایی و پایایی قالب می بایست حفظ شود.
- ۳ تجهیزات قالب بندی می بایست به گونه ای طراحی و اجرا شوند که پس از گیرش بتن و اطمینان از کسب مقاومت مورد نیاز به راحتی قابل بازگشایی و برچیدن باشند. این قالب ها می بایست قبل از آرماتوربندی و بتن ریزی به مواد رهاساز مانند روغن آغشته شوند.
- ۴ از جمله دلایل قالب بندی، نگه داشتن آرماتورها در محل خود و سایر اجزایی که در بتن قرار می گیرند است که به کمک فاصله نگهدارها (SPACER) انجام می شود.

نکات کلی ایمنی در کارگاه قالب بندی

بیشتر وسایل و ماشین آلات کارگاه قالب بندی برای بریدن و شکل دادن به چوب، دارای تیغه های تیز و برنده هستند. از این رو لازم است برای استفاده بدون خطر از آنها نکات ایمنی کاملاً رعایت گردد.

■ ایمنی فردی

۱ لباس کار نباید آستین یا فرم گشاد داشته باشد که در تیغه‌های چرخان گیر کند (اگر از مچ بسته شود بهتر است). همچنین لازم است در زمان برش سر و چشمان خود را با کلاه ایمنی و عینک بپوشانید زیرا تراشه‌های ریز چوب که بسیار تیز هستند به سمت چشم شما پرتاب می‌شوند. لباس کار باید با نوع کار تناسب داشته باشد و در صورتی که از روپوش استفاده شود نباید آن قدر بلند باشد که به جایی گیر کند. جنس آنها نخی باشد که در تابستان خنک و در زمستان گرم باشد.

۲ با توجه به اینکه پاهای افرادی که در کارگاه‌های ساختمانی مشغول به کار هستند در معرض خطر اجسام بُرنده یا سقوط اجسام قرار دارند، لازم است که از کفش ایمنی استاندارد متناسب با کار استفاده شود. همچنین کف کفش‌های ایمنی باید آج‌دار باشد تا مانع سُر خوردن افراد گردد (شکل ۳).



شکل ۳

۳ در هنگام کار، به‌ویژه کار با دستگاه‌های برقی، تمام حواس خود را به کار متمرکز کنید. دقت کردن عادت همیشگی شما باشد و هیچ‌گاه احتیاط را از دست ندهید.

۴ دستکش کار و کلاه ایمنی از جمله تجهیزات انفرادی ایمنی است که باید در حین آرماتوربندی و قالب‌بندی و کار با مصالح تیز استفاده شود. دستکش‌ها عموماً با پارچه‌هایی با الیاف طبیعی و یا پارچه و چرم دوخته می‌شود. همچنین برای حفاظت فردی در برابر سقوط اجسام که در کارگاه‌های ساختمانی به فراوانی اتفاق می‌افتد می‌بایست از کلاه ایمنی استاندارد استفاده نمود. (شکل ۴)



شکل ۴

۵ در اجرای پروژه‌هایی که در ارتفاع قرار دارند استفاده از تمام تجهیزات فردی همراه با کمربند ایمنی یا طناب مهار الزامی است. بیشترین علت حوادث ساختمانی منجر به آسیب و فوت در صنعت ساختمان، سقوط از ارتفاع و عدم استفاده از تجهیزات و لوازم ایمنی فردی می‌باشد.

۶ میز و محیط کار خود، به‌خصوص اطراف ماشین‌ها را در وضعیتی مرتب و پاکیزه نگه دارید. هرگز چوب‌های میخ‌دار را در کف کارگاه رها نکنید، زیرا موقع راه رفتن ممکن است در پای شما فرو برود.



استفاده از لباس کار استاندارد، دستکش کار و کلاه ایمنی و کفش کار مناسب همواره در محیط کارگاهی هنرستان الزامی است.

■ ایمنی وسایل کار

- ۱ قطعهای را که بر روی آن کار می کنید، در حین عملیات، محکم نگه دارید (مثلاً آن را با گیره به میز کار محکم کنید) و یا از گیره دستی جهت ثابت نمودن قطعه کار چوبی استفاده نمایید.
- ۲ پس از آن که با طرز استفاده از وسایل به خوبی آشنا شدید، از آنها تنها برای منظوری که طراحی شده اند، استفاده کنید.
- ۳ در کار با بعضی وسایل دستی خاص، مانند قلم ها و مغارها، احتیاطی مداوم به عمل آورید و هیچ گاه به خطا از آنها استفاده نکنید.
- ۴ همیشه وسایل را در محل صحیح خود قرار داده و تیغه های تیز را در برابر برخورد با قطعات سخت یا تماس با بدن محافظت کنید.

■ ایمنی دستگاه های برقی

- ۱ قبل از آشنایی با طریقه صحیح به کارگیری دستگاه های برقی، به کار کردن با آنها مبادرت نورزید. قبل از روشن کردن ماشین، همه تنظیم های لازم را به صورتی صحیح و کامل انجام دهید.
- ۲ هرگز در هیچ وضعیتی ماشین ها را در غیاب استادکار و بدون اجازه او به کار نیندازید.
- ۳ محل کلید قطع و وصل دستگاه های برقی را کاملاً به ذهن بسپارید تا در موقع بروز خطر بتوانید سریعاً دستگاه را خاموش کنید. از تمام محافظ هایی که برای دستگاه در نظر گرفته اند استفاده کنید.
- ۴ برای جلوگیری از خطر برق گرفتگی حتی الامکان از کفش تخت لاستیکی استفاده شود. هر قدر کابل برق کوتاه تر باشد خطر برق گرفتگی کمتر می شود. اتصال کابل ها به صورت صحیح و توسط افراد وارد انجام شود. در صورت امکان از پریز ارت دار استفاده شود.
- ۵ در هنگام کار با ماشین هایی که حرکت دورانی دارند، داشتن شال گردن، گردنبند آویزان، لباس گشاد و غیره بسیار خطرناک است و می بایست استفاده از آنها اجتناب شود.
- ۶ هر روز قبل از شروع به کار با ماشین آلات سلامت آن را چک کنید. هیچ گاه در موقع روشن بودن دستگاه یا در موقع کار کردن آن را تنظیم، پاک یا روغن کاری نکنید.

انواع قالب در سازه های بتنی

- ۱ قالب بندی با مصالح بنایی (آجری، بلوک سیمانی و...): ساده ترین شکل قالب بندی است که برای بتن ریزی فونداسیون مورد استفاده قرار می گیرد. برای اجرای قالب بدنه فونداسیون از آجرچینی یا انواع بلوک ها با ملات کم سیمان استفاده می شود. امروزه به دلیل زمان بر بودن اجرا و هزینه بالای این نوع قالب بندی که به صورت بنایی است و همچنین رایج شدن قالب های فلزی و مقرون به صرفه بودن این نوع قالب ها، استفاده از قالب های بنایی و آجری به شدت کاسته شده است.

برای اجرای این نوع قالب‌بندی ضخامت دیوار باید حداقل ۲۰ سانتی‌متر باشد. برای جلوگیری از جذب شیره بتن توسط آجر و بلوک استفاده از پوشش نایلون یا اجرای یک لایه ملات ماسه سیمان روی سطوح داخلی قالب و آب‌پاشی روی آجرها، الزامی است. (شکل ۵)



شکل ۵



شکل ۶

۲ قالب‌بندی چوبی: در گذشته چوب از مصالح بسیار پرکاربرد در قالب‌بندی بوده اما امروزه به دلیل قیمت بالای چوب، نیاز به مهارت مورد نیاز در ساخت قالب‌های چوبی و نیز پرت و دورریز بالای آن در بازار کار به صورت محدود برای قالب‌بندی تیرها و یا در قسمت‌هایی که فرم مقطع بتنی، شکل هندسی خاصی دارد استفاده می‌گردد. با این نوع قالب‌بندی در واحد یادگیری دوم همین پودمان آشنا خواهید شد. (شکل ۶)



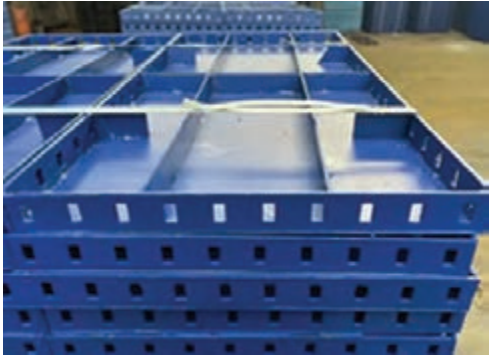
شکل ۷

۳ قالب‌های یونولیتی (ICF): قالب‌های یونولیتی به صورت پانل‌های توخالی ساخته شده از پلی‌استایرن انبساطی فشرده (یونولیت فشرده) غیر قابل اشتعال هستند که به عنوان قالب سازه‌های بتن مسلح به کار می‌روند. این قالب‌ها پس از بتن‌ریزی به عنوان قالب ماندگار روی سازه بتنی باقیمانده و به عنوان عایق صوتی، حرارتی و رطوبتی عمل خواهند نمود (شکل ۷).

۴ قالب‌بندی فلزی (فولادی): امروزه در اکثر پروژه‌های ساختمانی قالب‌های فلزی به دلیل دوام بالا در برابر آسیب‌های ناشی از ضربه و تغییر شکل در زمان جابه‌جایی و بستن و جمع‌آوری قالب‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. ورق‌های فولادی و نیم‌رخ‌های سبک سرد تاشده از متداول‌ترین مصالح برای ساخت قالب‌های فلزی می‌باشد. ورق‌های فولادی مورد استفاده از نوع فولاد نرمه با تنش تسلیم $F_y = 2400 \text{ Kg/cm}^2$ می‌باشند که در بازار به ورق‌های روغنی مشهور می‌باشند. ضخامت ورق‌های مورد استفاده برای ساخت قالب‌ها از ۲ تا ۵ میلی‌متر متغیر می‌باشد.

به‌طور متوسط هزینه‌های قالب‌بندی حدود ۳۰ تا ۶۰ درصد کل هزینه اجرای بتن را شامل می‌شود. بنابراین از آنجایی که استفاده از قالب‌های تیپ فلزی (مدولار) در پروژه‌های متوالی می‌تواند منجر به کاهش این هزینه‌های اجرایی شود مورد استقبال فعالان صنعت ساخت و ساز قرار گرفته‌اند.

جدول ۱- روش‌های مرسوم قالب‌بندی فلزی

تصویر	انواع قالب فلزی
	قالب‌های ثابت: قالب پُر کاربرد و مرسوم در سازه‌های ساختمانی
	قالب‌های لغزنده یا لغزان (بالا رونده): (سازه‌های قائم جدارنازکی هستند که بدنه آنها نیاز به قالب لغزان با دو سطح قالب‌بندی در طرفین جداره بتنی دارند. مزیت اصلی استفاده از قالب لغزان، حذف داربست‌بندی سنگین اطراف و داخل جداره سازه‌های بلند و باریک بتنی است.) پس از آنکه نصب قالب لغزان در تراز پایه انجام گرفت قالب‌ها به‌آهستگی با بتن پر می‌شود. زمانی که بتن در پای قالب به مقاومت و سختی اولیه کافی رسید حرکت قالب به سمت بالا شروع می‌شود و تداوم پیدا می‌کند. عملیات بتن‌ریزی با توزیع یکنواخت و به‌طور شبانه‌روزی ادامه می‌یابد و حرکت قالب‌ها دائماً به‌وسیله دوربین نقشه‌برداری کنترل می‌گردد. قالب‌بندی‌های فلزی بالا رونده و لغزنده برای سازه‌های خاص مانند ستون‌های مرتفع، دیوارهای برشی سازه‌های بتنی بلندمرتبه، سیلوها، برج‌های مخابراتی، مخازن سیالات، شفت قائم تونل‌ها و معادن و شفت قائم سکوی پرتاب موشک، دودکش‌های مرتفع و در کل سازه‌هایی با ارتفاع بلند استفاده می‌شوند.
	قالب‌های یکپارچه (نظیر قالب تونلی): این قالب‌ها که به‌صورت یکپارچه و در ابعاد بزرگ طراحی می‌شوند در قالب‌بندی ساختمان‌ها با مترژهای بالاتر و تکرار قالب در موارد مشابه کاربرد داشته و اهمیت خاص دارند. یکی از معایب این قالب‌ها ثابت بودن قالب و عدم انعطاف‌پذیری است. چون دهانه‌ها، محدودیت هندسی دارند و دیوارها الزاماً می‌بایست بین ستون‌ها جانمایی شوند، به‌همین دلیل، در قابلیت جانمایی و تعداد پارک خودرو در طبقه پیلوت، محدودیت‌هایی وجود دارد.

■ مزایای قالب‌های فلزی

- عمر طولانی و استحکام بالا نسبت به سایر قالب‌ها در برابر نیروهای وارده از سوی بتن تازه یا در موقع جابه‌جایی
- سطحی صاف و صیقلی برای بتن ریخته شده (صیقلی بودن سطح بتن باعث ایجاد بتن نمایان^۱ و زیبایی سطح کار و همچنین جداسدن راحت تر قالب از بدنه بتن خواهد شد).
- سرعت عمل در قالب‌بندی و بازکردن آنها نسبت به انواع دیگر قالب‌ها
- پیش ساخته و مدولار بودن قالب‌ها، که استاندارد بودن و کاهش حجم عملیات ساخت قالب را به دنبال دارد.
- محوطه کارگاه به دلیل پیش ساخته بودن و جمع و جور بودن قطعات قالب فلزی تمیزتر است و دور ریز کمتری در این نوع قالب‌ها نسبت به قالب‌های چوبی و بنایی وجود دارد.

■ اجزای قالب‌های فلزی

- ۱ **بدنه‌های مدولار^۲ قالب:** بدنه‌های مدولار قالب (پانل) معمولاً به دو مدل مرسوم قالب لبه خم (شکل ۸) و قالب تسمه‌ای (جوشی) (شکل ۹) در بازار موجود می‌باشد.
- رویه قالب‌های تسمه‌ای معمولاً از ۲ تا ۵ میلی‌متر هستند. اما قالب‌های لبه خم، به صورت یکپارچه از ورق ۳ میلی‌متر تولید شده و لبه‌ها با استفاده از دستگاه، خم می‌شوند.



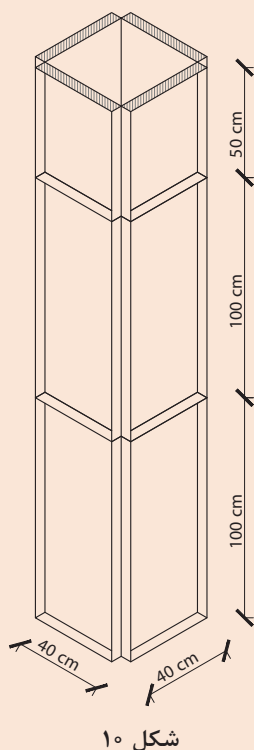
شکل ۸- قالب لبه خم



شکل ۹- قالب جوشی

مهم‌ترین مزیت استفاده از قالب‌های تسمه‌ای به نسبت قالب لبه خم درز کمی است که بعد از اجرا دارند.

ابعاد قالب‌های فلزی معمولاً مضربی از ۵ می‌باشد. معمولاً از قالب‌های با طول ۱۰۰ سانتی‌متر و عرض‌های ۱۰ سانتی‌متر تا ۵۰ سانتی‌متر با توجه به اندازه مقطع بتنی استفاده می‌شود. یکی از راهکارهای اجرایی تشخیص طول و عرض قالب‌های فلزی (غیر از متر زدن قالب) شمردن سوراخ‌های کناره بدنه قالب‌ها می‌باشد. هر سوراخ لبه قالب که محل قرارگیری اتصالات پین و گوه می‌باشد معادل ۵ سانتی‌متر است.



به‌عنوان مثال برای قالب‌بندی یک ستون بتنی با ابعاد سطح مقطع ۴۰ در ۴۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۲/۵ متر می‌توان از دو قالب ۱۰۰×۴۰ cm و یک قالب ۵۰×۴۰ cm در هر وجه ستون و مجموعاً در ۴ وجه ستون از ۸ عدد قالب ۱۰۰×۴۰ cm و ۴ عدد قالب ۵۰×۴۰ cm استفاده نمود. (شکل ۱۰)



به کمک هنرآموز خود محاسبه نمایید برای قالب‌بندی یک فونداسیون نواری به طول ۳/۲۰ متر و عرض ۸۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر که از دو طرف بسته است، چه نوع قالب فلزی (از نظر ابعاد و تعداد) مورد نیاز است؟

(راهنمایی: در جدول ذیل، قالب‌های موجود در کارگاه ارائه شده است. مشخص نمایید از کدام نوع قالب‌ها و با چه تعدادی برای مونتاژ این مقطع مورد نیاز است؟ مراحل و چگونگی استفاده از این نوع قالب‌ها را نیز بیان نمایید.)

نوع قالب فلزی	تعداد مورد نیاز	نوع قالب فلزی	تعداد مورد نیاز جهت اجرای تمرین
قالب فلزی ۱۰۰×۵۰ سانتی‌متر		نیش پانچ شده با ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر	
قالب فلزی ۱۰۰×۴۰ سانتی‌متر		قالب فلزی ۵۰×۵۰ سانتی‌متر	
قالب فلزی ۱۰۰×۳۰ سانتی‌متر		قالب فلزی ۴۰×۵۰ سانتی‌متر	
قالب فلزی ۱۰۰×۲۰ سانتی‌متر		قالب فلزی ۳۰×۵۰ سانتی‌متر	
قالب فلزی ۱۵۰×۵۰ سانتی‌متر		قالب فلزی ۲۰×۵۰ سانتی‌متر	

۲ پین و گوه یا کلمپس (اتصالات قورباغه‌ای): برای

اتصال قالب‌های فلزی به یکدیگر از پین و گوه استفاده می‌شود. در راستای موازی یکدیگر با استفاده از پین و گوه و در راستاهای عمودی و سایر زوایا از نبشی پانچ شده و انواع کنج‌ها استفاده می‌شود.

همچنین در اتصال دو قالب فلزی به یکدیگر استفاده از کلمپس‌ها (بست‌های قورباغه‌ای) نیز مجاز می‌باشد. در شکل ۱۱ نمونه‌های پین و گوه و کلمپس‌ها را مشاهده می‌نمایید.

کلمپس‌ها (بست‌های قورباغه‌ای) به واسطه خاصیت چکش‌خواری و شکل مخصوص خود باعث جذب دو لبه پانچ شده، پایداری قالب را افزایش داده و اتصال را محکم‌تر می‌کند. در هر اتصال پانل قالب به‌طور متوسط از ۲ عدد بست قورباغه‌ای استفاده می‌شود.

(شکل ۱۱)



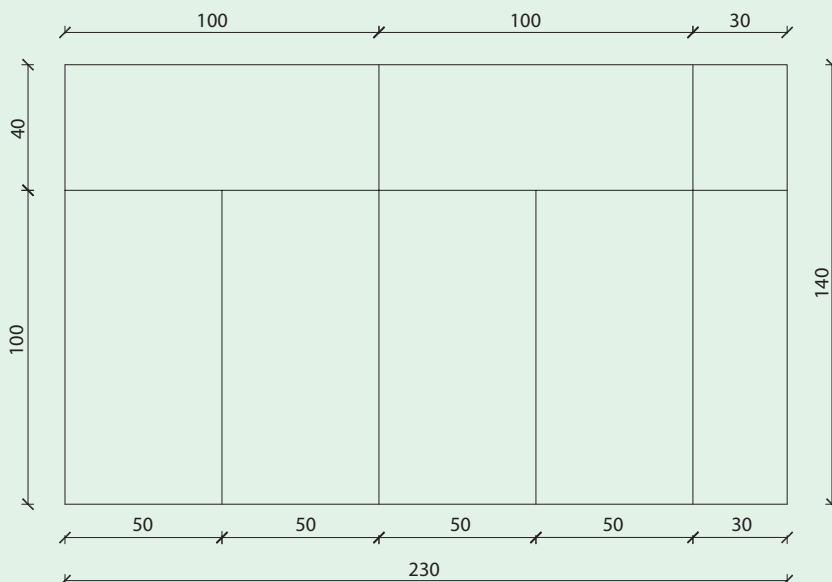
بست قورباغه‌ای جهت اتصال پانل‌ها

پین و گوه



شکل ۱۱

با کمک هنرآموز خود در کارگاه مطلوب است مونتاژ (ساخت) یک بدنه قالب به طول ۲۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۴۰ سانتی‌متر استفاده از قالب‌های ۱۰۰×۵۰ و ۱۰۰×۳۰ و ۱۰۰×۴۰ و ۴۰×۳۰ سانتی‌متر و پین و گوه یا کلمپس جهت اتصالات موازی قالب‌ها به یکدیگر الزامی است (شکل ۱۲).



شکل ۱۲

فعالیت کارگاهی



۳ پشت بندهای افقی و قائم در قالب بندی

پشت بندهای افقی

پشت بندهای افقی وظیفه یکپارچه ماندن صفحات قالب های فلزی، مقاومت قالب ها در راستای افقی و انتقال بار از پانل های فلزی به پشت بندهای قائم را بر عهده دارند.



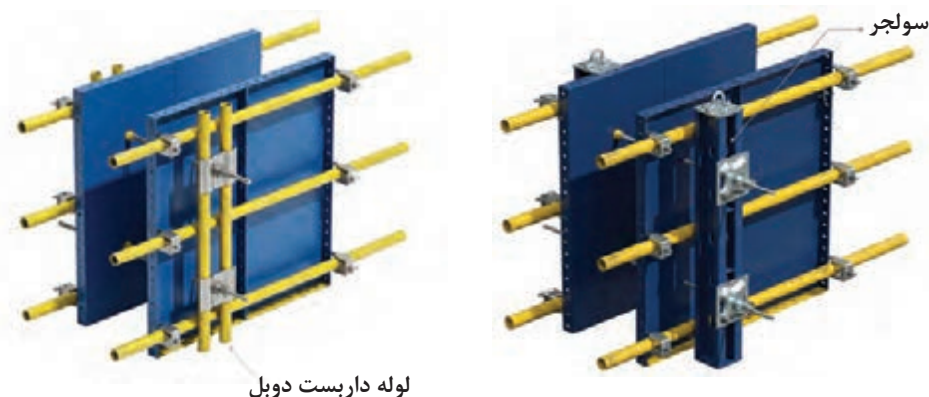
شکل ۱۳

این نوع پشت بند از لوله داربستی به قطر ۵ سانتی متر یا لوله ناودانی و پروفیل ساخته می شود. پشت بندهای افقی توسط گیره به پشت قالب نصب می شوند. فاصله بین پشت بندهای افقی با توجه به بارهای وارد بر قالب فلزی و ابعاد مقطع بتن ریزی متفاوت است و می بایست محاسبه شود (شکل ۱۳).

پشت بندهای عمودی

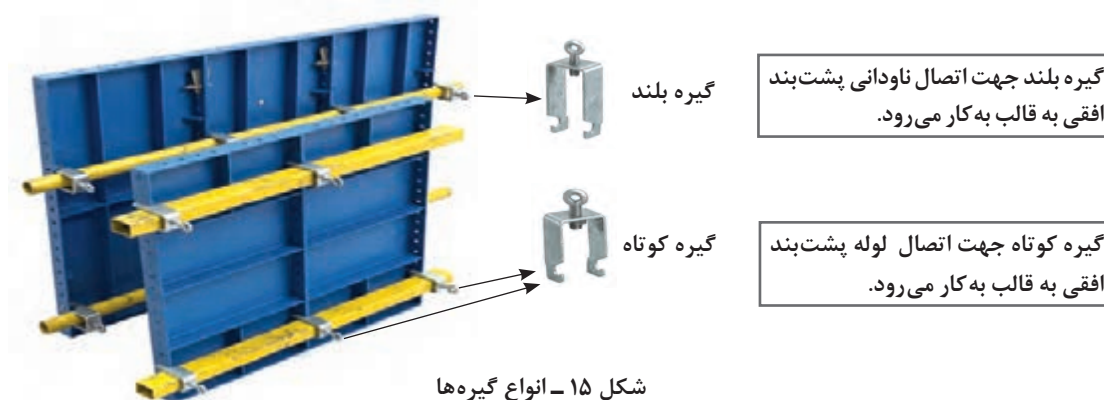
ناودانی (سولجر) به صورت تک یا لوله داربست دابل، به عنوان پشت بندهای قائم وظیفه تأمین پایداری و مقاومت قالب ها در راستای عمودی و انتقال بار به تکیه گاه های سازه و زمین را بر عهده دارند. سولجرها عضو عمودی باربر می باشد که مقطع آن در برابر کمانش، پیچش و خمش مقاوم است. سولجرها با ضخامت ۴ میلی متر در طول های ۵۰ تا ۳۰۰ سانتی متری تولید شده و دارای سطح مقطع ۱۵×۱۵ سانتی متر هستند.

انتخاب لوله داربست دابل یا سولجر (ناودانی) به عنوان پشت بند قائم به میزان بارهای وارد شده به پانل های فلزی، حجم بتن ریزی، سرعت و نوع مقطع بتنی بستگی دارد (شکل ۱۴). برای اجرای قالب بندی ابتدا پشت بندهای افقی و سپس پشت بندهای عمودی بسته می شود. ناپایداری قالب می تواند به بروز مشکلاتی همچون ترک خوردگی بتن و کاهش استحکام سازه منجر شود. بنابراین، انتخاب صحیح فواصل و نوع پشت بندهای قالب از اهمیت بالایی برخوردار است.



شکل ۱۴

۴ گیره (کلیپس) کوتاه و بلند: برای اتصال پشت بند افقی (که معمولاً لوله تک می باشد) به پشت قالب فلزی از گیره یا کلیپس استفاده می شود. یک ردیف قالب فلزی که با یکدیگر با پین و گوه بسته شده است را می توان با لوله به عنوان پشت بند افقی مهار و در پشت لوله ها از گیره استفاده نمود. این کار باعث پایداری قالب ها در برابر پیچیدگی ناشی از بتن ریزی می شود. همچنین باعث همبند شدن قالب ها می شود. اگر میزان بار در زمان بتن ریزی زیاد باشد می توان از قوطی یا ناودانی به جای لوله داربست استفاده نمود. چنانچه به جای استفاده از لوله در پشت بند افقی از قوطی یا ناودانی استفاده شود می بایست جهت اتصال پروفیل به پشت قالب از گیره بلند استفاده نمود. در شکل ۱۵ انواع گیره های اتصال که در بازار کار به کلیپس نیز مشهور می باشند ارائه شده است.



۵ واشر، مهره خروسکی و بولت های دو سر رزوه (دوسر دنده): برای مهار دو طرف قالب و جلوگیری از واژگونی و اعوجاج قالب از بولت استفاده می شود. برای مهار این بولت ها که از ضخامت قالب عبور داده می شوند، در دو طرف بولت های رزوه شده از واشر و مهره خروسکی استفاده می شود. (شکل ۱۶)



شکل ۱۶

در بعضی مواقع از مهره و واشر به صورت متصل به هم استفاده می شود. واشرهایی که روی سولجر قرار می گیرند واشر تخت نامیده می شوند. برای مهار بولت در پشت سولجر از واشر بولت تخت استفاده می شود. بدین صورت که بولت ها پس از عبور از قالب، از میان سولجرهای دوبله شده عبور کرده و به وسیله واشر و مهره بسته می شوند. در صورت به کارگیری دو لوله موازی یکدیگر به جای سولجر در پشت بند قائم از واشر بولت دولوله استفاده می شود. در شکل ۱۷ نیز انواع بولت ها و موارد کاربرد و استفاده آنها ارائه شده است.

پودمان دوم: اجرای قالب بندی



شکل ۱۷

انواع بولت

- بولت دو سر دنده (دوسر رزوه): جهت دفع فشار جانبی بتن تازه از این قطعه استفاده می شود. (شکل ۱۸)
- میان بولت آب بند: جهت دفع فشار جانبی بتن بر روی قالب ها و دیوارهای آب بند می باشد.
- بولت بیرونی: وسیله ای جهت اتصال بولت آب بند به قالب بتن می باشد.



شکل ۱۸

– بولت عصایی: در محل هایی که باید از سولجر به عنوان پشت بند قائم استفاده شود و به دلیل عدم دسترسی به پشت مقطع بتنی (مانند دیوارهای بتنی یک طرفه سمت همسایه مجاور ملک)، امکان استفاده از بولت های دوسر رزوه نمی باشد، سولجرهای قائم را توسط بولت عصایی به پشت قالب متصل می کنند. در این روش قوس سر عصا بر روی لوله پشت بند افقی قرار می گیرد، سپس پشت بند قائم روی آن قرار گرفته و به وسیله واشر کاس (تخت) و مهره خروسکی مطابق شکل نصب می شود. (شکل ۱۹)



شکل ۱۹- کاربرد بولت عصایی و نحوه اتصال آن در مقطع بتنی

مطلوب است مونتاژ یک بدنه قالب فلزی با ابعاد 100×200 سانتی متر (عرض 100 و ارتفاع 200 سانتی متر) و نصب 2 عدد پشت بند افقی با مقطع لوله و گیره و نصب 2 عدد سولجر به عنوان پشت بند قائم با واشر و مهره خروسکی و بولت یک سر رزوه آموزشی (شکل ۲۰).

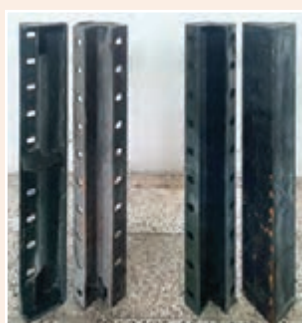


شکل ۲۰

۶ انواع کنج ها: برای اتصال قالب های پانل مسطح در زوایای کنج، مانند 90° درجه از نبشی پانچ شده و انواع کنج های بیرونی و داخلی استفاده می شود. نبشی پانچ شده به عنوان یک نبشی مستقل پشت قالب های پانل فلزی در کنج استفاده شده و هیچ قسمت از نبشی پانچ در مجاورت سطح بتن قرار نمی گیرد. اگر نبشی پانچ شده دارای ابعاد $100 \times 6 \times 6$ cm باشد، به ترتیب از سمت چپ، عدد اول بیانگر طول نبشی و اعداد دوم و سوم ابعاد لبه های نبشی (سطح مقطع) هستند.

کنج‌ها نیز مانند پانل‌های مسطح در اندازه و ابعاد متفاوت وجود دارند. کنج‌ها به دو نوع داخلی و بیرونی تقسیم می‌شوند و می‌توانند تیز گوشه یا پخ دار در عرض‌های متفاوت ۲/۵ سانتی‌متر الی ۲۰ سانتی‌متر اجرا شوند. هر دو نوع این کنج‌ها جهت اتصال دو قالب فلزی عمود بر هم استفاده می‌شود. در کنج بیرونی زاویه ۹۰ درجه داخل مقطع بوده و صاف و صیقلی می‌باشد و در مجاورت بتن تازه قرار می‌گیرد. زاویه پشت قالب، محل اتصال پین و گوه به قالب فلزی مجاورش بوده و در مجاورت فضای آزاد قرار می‌گیرد. کنج‌های داخلی، برعکس کنج‌های بیرونی عمل می‌کنند و تفاوت ظاهری آنها در شکل‌های ۲۱ و ۲۲ ارائه شده است.

تمرین

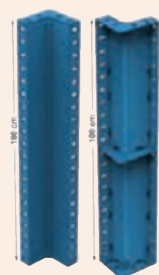


شکل ۲۱- نبشی پانچ شده و کنج‌های بیرونی و داخلی

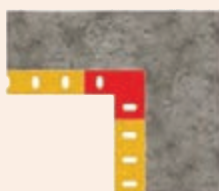
با راهنمایی هنرآموز خود تفاوت ظاهری و کاربردی این دو نوع کنج را در کارگاه بررسی نمایید.

ابعاد سطح مقطع کنج‌های بیرونی معمولاً ۲/۵ در ۲/۵ یا ۵ در ۵ و یا ۱۰ در ۱۰ سانتی‌متر می‌باشد. کنج‌های ۵ در ۱۰ سانتی‌متر نیز بسیار مرسوم هستند و کاربرد فراوانی دارند (در سمت ۵ سانتی کنج یک سوراخ و در سمت ۱۰ سانتی کنج ۲ سوراخ تعبیه شده است). در برخی مواقع در قسمت داخلی صاف این کنج‌ها پخی ۴۵ درجه ایجاد می‌شود تا گوشه‌های بتن تیز گوشه نشود که به کنج پخ‌دار مشهور است.

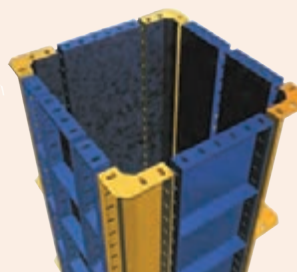
کاربرد کنج‌های بیرونی معمولاً در گوشه قالب‌های ستون بتنی و کاربرد کنج‌های داخلی در گوشه‌های داخلی دیوارهای بتنی و محل اتصال قالب آویز تیر به دال بتنی می‌باشد (شکل ۲۱ و ۲۲).



کنج بیرونی (خارجی) ۹۰ درجه



کنج داخلی گونیا ۹۰ درجه



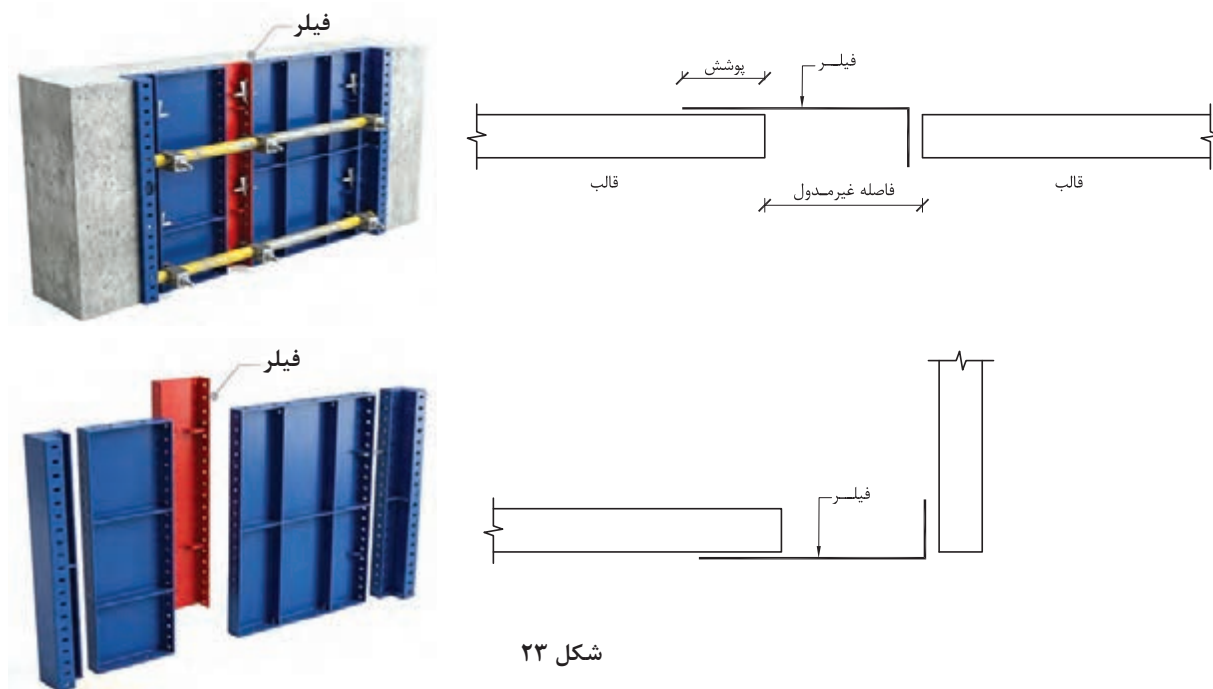
قالب کنج بیرونی مورد استفاده در ستون



قالب کنج داخلی

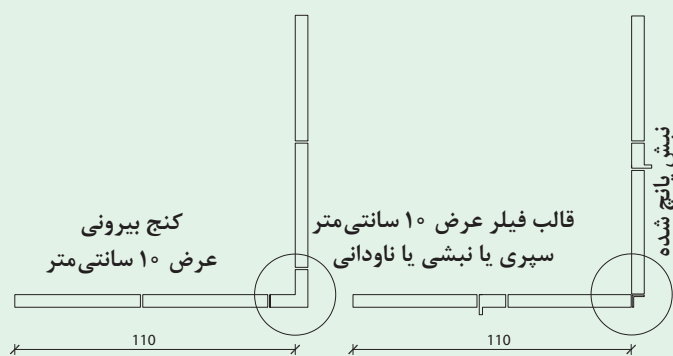
شکل ۲۲- در تصاویر فوق کاربرد هریک از کنج‌ها به صورت واضح ارائه شده است

۷ فیلر (قالب پُرگن): در برخی مواقع که هیچ ترکیبی از قالب‌های مدولار نتواند قالب‌های نقشه را تأمین کند (طول کار جواب ندهد) از فیلر استفاده می‌نمایند. از فیلر برای پرکردن سطوح قالب با عرض کمتر یا مساوی ۱۰ سانتی‌متر نیز می‌توان استفاده نمود. فیلرها می‌تواند به صورت نبشی **L** شکل یا **T** شکل یا **U** شکل ساخته و استفاده شوند. (شکل ۲۳)



شکل ۲۳

مطلوب است ساخت و مونتاژ دو بدنه قالب فلزی در اتصال کنج ۹۰ درجه با ابعاد ذیل:
طول هر بدنه قالب فلزی برابر با ۱۱۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۰۰ سانتی‌متر
یک بار با استفاده از اتصال نبشی پانچ شده، اتصال را اجرا نموده و مجدداً همین تمرین را با کنج بیرونی با ابعاد سطح مقطع ۱۰×۱۰ cm در کنج اتصال ۹۰ درجه مونتاژ نمایید.



شکل ۲۴

راهنمایی: در صورت استفاده از نبشی بیرونی گونیا ۱۰×۱۰ cm، می‌بایست از دو پانل با عرض ۵۰ سانتی‌متر و یک نبشی بیرونی با عرض ۱۰ سانتی‌متر استفاده نمود. در صورت استفاده از نبشی پانچ شده، طول کار ۱۱۰ سانتی‌متر می‌بایست از دوتا قالب عرض ۵۰ سانتی‌متر و یک قالب فیلر ۱۰ سانتی‌متری استفاده نمود (شکل ۲۴).

فعالیت کارگاهی



۸ جک ها و داربست های مدولار فلزی (معرفی انواع جک ها و کاربرد آنها در شمع بندی و پایه های اطمینان)

انواع جک ها و سر جک های مورد استفاده در قالب بندی

جک ها، سر جک ها و داربست های مدولار فلزی در قسمت های مختلف قالب بندی کاربرد دارند (جدول ۲). جک ها به لحاظ شکل ظاهری و کاربرد، به انواع ذیل تقسیم می شوند:

۱ جک سقفی

۲ جک مهاري

۳ جک دوبازویی (حمایتی یا شاقول کننده)

از جک سقفی برای اجرای سقف ها و تیرهای بتنی استفاده می شود. صفحات بالایی و پایینی جک سقفی ثابت است. جک های سقفی از دو لوله داخلی و بیرونی تشکیل شده اند که قطر لوله داخلی ۵ سانتی متر و قطر لوله خارجی ۶ سانتی متر است. روی لوله داخلی سوراخ هایی در فواصل ۱۰ سانتی متری جهت تنظیم ارتفاع وجود دارد.

جک مهاري، نیز مانند جک سقفی است با این تفاوت که صفحات بالایی و پایینی آن قابلیت چرخش روی محور افقی را دارد. این جک به شکل مورب برای مهار قالب سطوح قائم مانند ستون ها و دیوارهای بتنی به کار می رود.

نوع دیگر جک ها، جک شاقول کننده دو بازویی می باشد که از ترکیب دوجک کوتاه و بلند تشکیل شده است. جک کوتاه به طور افقی به قسمت پایین قالب قائم (ستون یا دیوار) و جک بلند به صورت مورب به قسمت بالای قالب می چسبد. با استفاده از این جک می توان بدنه های قالب را کاملاً در وضعیت قائم و شاقولی نگه داشت. به همین دلیل به این نوع جک های دوبازویی، حمایتی یا شاقول کننده نیز گفته می شود. این پایه های حمایتی و شاقول کننده، قالب های فلزی را در جای خود تثبیت نموده و به صورت مورب از پشت قالب روی سطح زیرین قرار می گیرند.

در صورت عدم اجرای صحیح و یا ضعف مقاومتی این نوع پایه ها، قالب های طولی در حین بتن ریزی در جای خود لغزیده و موجب ناشاقولی یا سُرخوردن (اعوجاج و وا دادن قالب) می گردد.

هرچقدر طول مقطع بتنی بلندتر باشد و یا بار وارده از سوی بتن تازه به مجموعه قالب بندی بیشتر باشد، الزام استفاده از پایه های حمایتی پشت قالب و ضرورت این نوع پایه ها جهت اطمینان از شاقولی محور عمودی قالب بالاتر است.

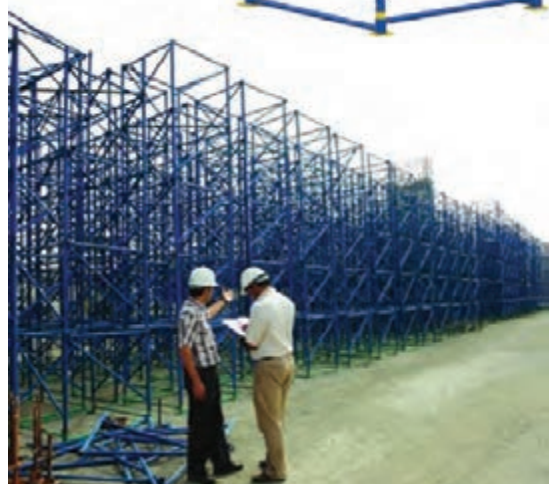
به عنوان مثال برای قالب بندی زیر تیرهای بتنی از اتصال سر جک صلیبی T شکل بر روی جک های سقفی استفاده می شود.

جدول ۲

تصویر	شرح
 جک U (عراقی) جک T (صلیبی) جک سر تخت	انواع جک های سقفی همراه با سر جک های صلیبی و تخت و U شکل
 شمع حمایتی پیچ تنظیم سولجر پیچ تنظیم	جک (شمع) مهارى قابل تنظیم
	مقایسه جک های سقفی با جک مهارى (سر جک مهارى قابلیت چرخش دارد)
	جک های دوبازوى شاقول کننده (حمایتی)
 جک شاقول کننده دو بازوى جک شاقول کننده	جک شاقول کننده



شکل ۲۵



شکل ۲۶

شمع بندی

شمع بندی شامل استفاده از جک های فلزی یا چوبی در زیر سقف ها و تیرهای بتنی می باشد. به تعبیر دیگر، برای مهار سقف های دال بتنی و تیرچه بلوک از جک های زیر سقفی به عنوان پایه های موقت استفاده می شود. تعداد و فواصل این جک ها بستگی به بارهای وارده و طول دهانه تیرهای بتنی دارد. (شکل ۲۵) در صورتی که ارتفاع شمع بندی بالای ۳/۵ متر شود حتماً می بایست این پایه ها به صورت افقی نیز به یکدیگر مهار شوند و اصطلاحاً نیاز به کمرکش افقی دارند. به همین دلیل در اجرای سقف های بلند با ارتفاع بالای ۳/۵ متر معمولاً از داربست های مدولار به جای جک های معمولی استفاده می کنند، تا امکان ایجاد کمرکش افقی فراهم شود. بنابراین برای اجرای سقف های با ارتفاع بلند، استفاده از داربست های مدولار نسبت به جک سقفی ارجحیت دارد. معمولاً روی تراز لوله داربست های افقی زیر سقف از سر جک های U شکل استفاده شده و روی لوله های افقی داربست، داخل سر جک U شکل قرار می گیرد. (شکل ۲۶)

■ پایه‌های اطمینان



شکل ۲۷

پس از بازگشایی قالب‌های فلزی، مطابق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و آیین‌نامه بتن ایران، لازم است تعدادی از جک‌های زیر سقفی همچنان تا چند روز برحسب شرایط دمایی و آب و هوایی منطقه و رسیدن بتن به مقاومت مورد نظر زیر سقف باقی بمانند تا از ایستایی تیرها، سقف‌ها و کنترل خیز آنها اطمینان حاصل نمود. این جک‌ها را پایه اطمینان می‌نامند. این پایه‌ها باید حداقل تا دو طبقه متوالی و حتی‌الامکان در امتداد شاقولی یکدیگر تا زمان لازم باقی بمانند. (شکل ۲۷)

توجه داشته باشید که پیش‌بینی پایه‌های اطمینان همواره در تمام سقف‌ها طبق محاسبات و میزان بارهای وارده بر آن مورد تأکید می‌باشد، ولی برای موارد زیر از اهمیت بالاتری برخوردار است:

- تیرهای با دهانه بزرگ‌تر از ۵ متر
- تیرهای کنسول به طول بیش از ۲/۵ متر
- دال‌های با دهانه بزرگ‌تر از ۳ متر
- دال‌های کنسول به طول بیشتر از یک‌ونیم متر

■ زمان قالب‌برداری

پایه‌ها و قالب‌های باربر نباید قبل از آن‌که اعضای بتنی مقاومت کافی برای تحمل وزن خود و بارهای وارده را کسب کنند، برداشته شوند. در صورتی که زمان قالب‌برداری در نقشه‌های اجرایی مشخص نشده باشد باید مطابق زمان‌های ارائه شده در مبحث نهم مقررات ملی ساختمان به‌عنوان حداقل زمان لازم برای برچیدن قالب‌ها و پایه‌ها ملاک قرار گیرد (جدول ۳).

نکته



در صورتی که آزمایش آزمون‌های آگاهی نگهداری شده در کارگاه رسیدن مقاومت بتن به حداقل ۷۰ درصد مقاومت مشخصه را نشان دهند، می‌توان قالب‌های سطح زیرین را برداشت. اما برچیدن پایه‌های اطمینان فقط در صورتی مجاز است که علاوه بر رعایت تمامی محدودیت‌ها، بتن به مقاومت ۲۸ روزه مشخصه خود برسد.

جدول ۳- حداقل زمان لازم برای قالب‌برداری

دمای مجاور سطح بتن (درجه سلسیوس)				شرح	
۰	۸	۱۶	۲۴ و بیشتر	نوع قالب‌بندی	
۳۰	۱۸	۱۲	۹	قالب‌های قائم، ساعت	
۱۰	۶	۴	۳	دال‌ها	قالب زیرین، شبانه‌روز
۲۵	۱۵	۱۰	۷	تیرها	پایه‌های اطمینان، شبانه‌روز
۲۵	۱۵	۱۰	۷		قالب زیرین، شبانه‌روز
۳۶	۲۱	۱۴	۱۰		پایه‌های اطمینان، شبانه‌روز

■ نکات اجرایی مهم پایه‌های اطمینان

- برای تیرهای با دهانه تا ۷ متر برداشتن کل قالب‌ها و داربست و زدن پایه‌های اطمینان مجاز است.
- برای دهانه‌های بزرگ‌تر از ۷ متر تنظیم قالب و داربست باید به گونه‌ای باشد که برداشتن قالب بدون جابه‌جایی پایه‌های اطمینان امکان‌پذیر باشد.
- اگر قطعه بتنی مورد نظر جزئی از یک سیستم پیوسته باشد هنگامی می‌توان پایه‌های اطمینان را برداشت که تمامی قطعات مجاور آن هم، بتن‌ریزی شده باشند و بتن مقاومت کافی خود را کسب کرده باشد.
- در صورتی که تیر یا دال یکسره طراحی شده باشد نیز نمی‌توان پایه‌های اطمینان دهانه‌ای را برچید مگر اینکه دهانه‌های اطراف آن بتن‌ریزی شده باشند و بتن آن نیز به مقاومت کافی رسیده باشد.
- در صورتی که مجموعه قالب‌بندی طبقه فوقانی بر طبقه تحتانی تکیه کرده باشد هنگامی می‌توان پایه‌های اطمینان طبقه زیرین را برچید که بتن طبقه فوقانی مقاومت لازم را به دست آورده باشد.

نکاتی که حین کار قالب‌بندی بتن با قالب فلزی می‌بایست رعایت شود:

- پیش از نصب قالب‌ها باید مواد رها ساز (روغن) را روی قالب‌ها آغشته نمود. استفاده از گازوئیل و روغن سوخته به دلیل ترکیب شیمیایی با بتن، به عنوان مواد رها ساز توصیه نمی‌شود.
- مواد رها ساز قالب باید به گونه‌ای به کار برده شوند که آرماتورها را آلوده نکرده و یک لایه یکنواخت و نازک روی سطح قالب به وجود آورند.
- قطعات رویه قالب‌ها باید به نحوی در کنار هم قرار بگیرند که شیره بتن هدر نرود. استفاده از قالب‌های درزدار، تابیده و تغییر شکل یافته^۱ ممنوع است.
- پشت‌بندها جهت جلوگیری از کج شدن و ناشاقولی احتمالی قالب‌ها و همچنین انتقال بارهای وارده، نصب و مهار می‌شوند. کنترل شاقول بودن قالب‌های عمودی و ریسمان کشی قالب‌های افقی در هر مرحله قبل و بعد از بتن‌ریزی ضروری است.
- عملیات قالب‌برداری و برچیدن پایه‌ها باید به گونه‌ای باشد که نیرو و ضربه ناشی از بازکردن قالب‌ها، اعضا و قطعات بتنی را تحت اثر بارهای ناگهانی قرار ندهد، بتن صدمه نبیند و ایمنی و قابلیت بهره‌برداری قطعات حفظ شود.
- برداشتن پایه‌های اطمینان باید بدون اعمال فشار و ضربه، به گونه‌ای باشد که بار به تدریج از روی آنها حذف شود.
- برچیدن پایه‌های اطمینان در دهانه‌های بزرگ از وسط دهانه به سمت تکیه‌گاه‌ها و در کنسول‌ها از لبه به طرف تکیه‌گاه انجام می‌شود.

■ قالب‌های پلاستیکی (پلیمری)

یکی از انواع قالب‌های جدید بتنی، قالب‌های پلاستیکی یا پلیمری هستند که در برابر شرایط محیطی مقاومت خوبی از خود نشان می‌دهند. استفاده از این نوع قالب‌ها به دلیل سبکی، مقاومت و سایر ویژگی‌های آنها در حال افزایش است. در شرایط آب‌وهوایی بسیار گرم یا بسیار سرد که نوسانات دمایی زیادی وجود دارد استفاده از این قالب‌ها به دلیل امکان تغییر شکل، توصیه نمی‌شود (شکل ۲۸).



شکل ۲۸

■ مزایای قالب‌های پلاستیکی

- ۱ سطح بتنی که داخل قالب‌های پلاستیکی فرم گرفته، صاف و صیقلی است و معمولاً نیاز به پرداخت مجدد و گچ کاری ندارد و می‌تواند به صورت بتن اکسپوز (نمایان) و بدون نیاز به نازک کاری مجدد مورد استفاده قرار گیرد. علاوه بر این، بتن به سطح قالب پلاستیکی نمی‌چسبد و به آسانی جدا می‌شود.
- ۲ به دلیل وزن کم قالب، به راحتی جابه‌جا می‌شوند و به ویژه در کارهای آموزشی نیز به دلیل سبکی وزن، سرعت اجرای کار و جابه‌جایی را بالا می‌برد.

■ معایب قالب‌های پلاستیکی

- ۱ قالب‌های پلاستیکی در مقایسه با قالب‌های مشابه فلزی، طول عمر کمتری دارند.
- ۲ در برابر حریق یا جوشکاری‌های احتمالی حین اجرای پروژه، احتمال ریزش جرقه‌های داغ روی قالب و سوختگی سطح قالب و نهایتاً آسیب به کیفیت آن وجود دارد.
- ۳ در صورت نگهداری طولانی مدت در فضای باز و تابش مستقیم نور خورشید، پلاستیک ممکن است شکننده شود یا رنگ و کیفیت خود را از دست بدهد.
- ۴ ترک، شکستگی یا سوراخ شدن این قالب‌ها نیازمند تعویض یا اصلاح جزئی است که می‌تواند منجر به افزایش هزینه‌های پروژه شود. بنابراین قالب‌های پلاستیکی به دلیل استحکام پایین و حساسیت به شرایط محیطی، ممکن است در پروژه‌های بزرگ کارایی لازم را نداشته باشد.

■ بارهای وارد بر سیستم قالب‌بندی

دو نوع بار ثقلی و جانبی به قالب‌های افقی و عمودی وارد می‌شود. آشنایی کلی با انواع این بارها می‌تواند به طراحی و اجرای درست قالب‌بندی منجر شود. در بسیاری از مواقع، به دلیل عدم شناخت کافی از بارهای وارد بر قالب، خسارات سنگین و قابل توجهی در حین بتن‌ریزی رخ می‌دهد که مخاطرات جانی و مالی را در پی خواهد داشت. لازم است قبل از طراحی و اجرای قالب‌بندی، تخمین مناسبی از انواع و مقدار این بارها توسط طراح به عمل آید.

■ بارهای ثقلی وارد بر کف قالب و پایه های اطمینان

در تمام قالب های افقی، مثل قالب سقف و تیرهای بتنی، جرم بتن تازه و مجموعه آرماتورها و اقلام کار گذاشته داخل بتن، جرم خود قالب و متعلقات آن و همچنین اثرات دینامیکی نظیر اثر تخلیه بتن از جام بتن، ضربه پمپ بتن، بارهای ناشی از لرزاندن و متراکم کردن بتن (ویبراتور)، جرم افراد از بارهای اساسی ثقلی در طراحی است (شکل ۲۹).



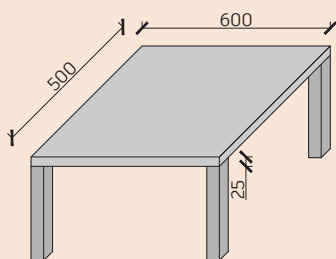
شکل ۲۹

جرم مخصوص بتن مسلح، با توجه به عیار سیمان و سایر مشخصات فنی معمولاً بین ۲۳۰۰ تا ۲۵۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب می باشد.

جرم یک مترمربع سقف بتنی که ۲۰ سانتی متر ضخامت دارد با فرض جرم مخصوص بتن برابر ۲۵۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\rho = \frac{W}{V} = \frac{W}{1 \times 1 \times 0.2} = 2500 \rightarrow W = 1 \times 1 \times 0.2 \times 2500 = 500 \text{ kg}$$

برای محاسبه مقدار بار وارد بر قالب ها، جرم خود قالب، بتن تازه داخل قالب به همراه پشت بندهای افقی و عمودی محاسبه و نکات اجرایی مربوط به آن در نظر گرفته شود.



شکل ۳۰

در شکل ۳۰ جرم کل بتن و جرم قالب های افقی و قالب های پیرامونی بدنه سقف بر حسب کیلوگرم در صورتی که ضخامت سقف را ۲۵ سانتی متر و جرم مخصوص بتن را ۲۴۰۰ کیلوگرم و جرم هر مترمربع قالب فلزی کف و بدنه های پیرامونی سقف را به طور میانگین مجموعاً ۵۰ کیلوگرم در هر مترمربع سقف در نظر گرفته شود، مقدار جرم کل سقف برابر است با:

$$\text{کیلوگرم} \quad \text{جرم کل بتن سقف} = 5 \times 6 \times 0.25 \times 2400 = 18000$$

$$\text{کیلوگرم} \quad \text{جرم قالب فلزی کف و بدنه های پیرامونی سقف} = 5 \times 6 \times 50 = 1500$$

$$\text{کیلوگرم} \quad \text{جرم کل سقف (بتن و قالب فلزی کف و قالب فلزی بدنه ها)} = 18000 + 1500 = 19500$$

مثال





بار وارده فوق می‌بایست جرم اکیپ و عوامل اجرایی و نظارتی ساختمان و همچنین تجهیزات بتن‌ریزی و بارهای متغیر مانند نیروی ارتعاش تراکم بتن (ویبراتور) و ... بر روی قالب و پایه‌های اطمینان، اعمال گردد. حداقل این بارها طبق توصیه آیین‌نامه بتن ایران معادل ۲۵۰ کیلوگرم بر مترمربع می‌باشد. در صورت استفاده از تجهیزات موتوری سنگین‌تر، این جرم تا ۳۵۰ کیلوگرم بر مترمربع قابل افزایش است.

■ تذکر آیین‌نامه‌ای

مجموع کل بارهای وارده به کف قالب و پایه‌های اطمینان نباید کمتر از ۵۰۰ کیلوگرم بر مترمربع در نظر گرفته شود.

بنابراین با لحاظ نمودن ۲۵۰ کیلوگرم بر مترمربع بارهای تردد و استقرار اکیپ و تجهیزات بتن‌ریزی و ... داریم:

کیلوگرم $۷۵۰۰ = ۲۵۰ \times ۶ \times ۵$ = جرم بارهای تردد، استقرار اکیپ و تجهیزات

کیلوگرم $۲۷۰۰۰ = ۷۵۰۰ + ۱۹۵۰۰$ = مجموع جرم بتن، قالب‌ها و تردد، استقرار و تجهیزات

نتیجه: مقدار ۲۷۰۰۰ کیلوگرم بار ثقلی از سوی مجموعه بتن و قالب‌های فلزی کف و بدنه و اکیپ اجرایی و تردد آنها و تجهیزات بتن‌ریزی مربوطه در حین ریختن بتن به پایه‌های اطمینان زیر قالب‌بندی و خاک بستر وارد می‌شود که تعداد و فواصل پایه‌های اطمینان و مقاومت زمین می‌بایست پاسخگوی این بار وارده باشد.



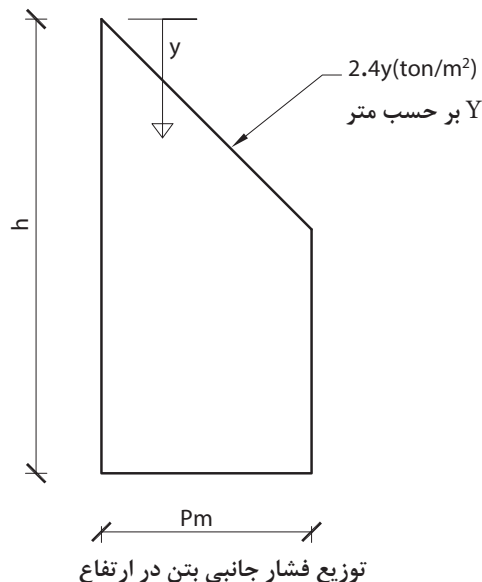
با راهنمایی هنرآموز خود تخمین بزنید که در مسئله فوق، چنانچه هر پایه اطمینان زیر سقف بتواند حداکثر ۳۰۰۰ کیلوگرم بار را تحمل نموده و به صفحه فولادی و زمین بستر زیر خود منتقل نماید، به چند عدد پایه و با چه چیدمانی زیر سقف نیاز خواهد بود؟



در مثال فوق، چنانچه ابعاد سقف بتنی ۴ در ۷ متر و ضخامت سقف ۱۵ سانتی‌متر باشد، در صورتی که مجموع وزن قالب فلزی سقف و بدنه در هر مترمربع ۴۰ کیلوگرم تخمین زده شود، مطلوب است محاسبه مجموع بار وارده قالب‌بندی و تعداد پایه مورد نیاز؟
(جرم مخصوص یک متر مکعب بتن مسلح را ۲۴۰۰ کیلوگرم و همچنین وزن سایر بارها را ۲۵۰ کیلوگرم در مترمربع در نظر بگیرید)

■ بارهای جانبی وارد بر کف قالب و پایه‌های اطمینان

یکی دیگر از بارهای حائز اهمیت در قالب‌بندی که عمدتاً به بدنه عمودی قالب‌ها (قالب‌گونه) وارد می‌شود فشار جانبی بتن تازه می‌باشد. در طراحی تمامی قالب‌های قائم مانند قالب دیوار، ستون، فونداسیون، قالب‌های بدنه تیرها و ... فشار جانبی بتن تازه بار اصلی در هنگام طراحی و اجرای قالب‌های عمودی می‌باشد. هرچه ارتفاع قالب بیشتر شود نیروی بتن تازه نیز به بدنه‌های مجاور فشار بیشتری وارد می‌کند و می‌تواند موجب دررفتگی قالب و یا خروج شیره بتن شود.



شکل ۳۱

بتن تازه و خمیری همانند مایعی با جرم مخصوص ۲۳۰۰ تا ۲۵۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب رفتار می نماید. در نتیجه فشار جانبی آن در عمق h از تراز آزاد بتن، حدوداً معادل $\frac{2}{4}h$ تن بر متر مربع می باشد. عمق h بر حسب متر می باشد و از تراز فوقانی بتن به سمت پایین اندازه گیری می شود. درخصوص توزیع مثلی فشار جانبی بتن تازه در شکل ۳۱ ارائه شده است.

با راهنمایی هنرآموز خود و با توجه به شکل ۳۱ و با فرض اینکه ارتفاع ستون بتن آرمه ۳ متر باشد، حداکثر مقدار فشار جانبی از سوی بتن تازه به قالب بدنه در پایین ترین تراز ارتفاعی ستون را بر حسب کیلوگرم محاسبه نمایید.

تمرین کلاسی



عوامل مؤثر بر فشار جانبی بتن تازه به بدنه قالب

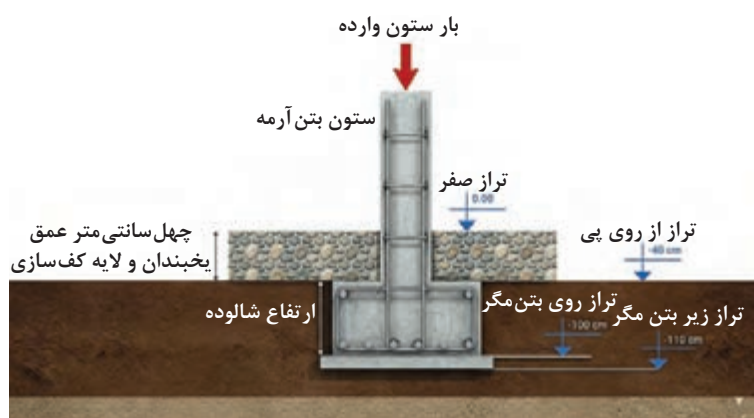
- ۱ هرچه سرعت بتن ریزی (بر حسب عمق بر ساعت): بیشتر باشد، عمقی از بتن که به صورت نگرفته و خمیری است بزرگ تر شده و فشار جانبی وارد بر قالب افزایش می یابد.
- ۲ درجه حرارت بتن تأثیر عکس داشته و هرچه درجه حرارت بتن بیشتر باشد یا بتن ریزی در هوای گرم تر اجرا شود، بتن زودتر به حالت گیرش اولیه و جامد درآمده و فشار جانبی آن بر بدنه قالب نیز کاهش می یابد.
- ۳ نوع ارتعاش بتن (نحوه و سرعت و بیره زنی و تراکم داخل قالب)
- ۴ هرچه قدر ارتفاع ریختن بتن بیشتر باشد، ضربه ناشی از ریزش بالاتر بوده و در نتیجه فشار جانبی بر بدنه قالب نیز افزایش می یابد.
- ۵ هرچه بتن تازه، روانی بیشتری داشته باشد فشار جانبی بر بدنه قالب افزوده می شود.

پی کنی و گودبرداری

برداشت خاک بستر تا رسیدن به سطح خاک مناسب و مستحکم را پی کنی یا گودبرداری می نامند. هدف از پی کنی و گودبرداری در ساختمان موارد ذیل می باشد:

- ۱ رسیدن به خاک مناسب که دارای مقاومت کافی و مطلوب برای تحمل بارهای ثقلی و جانبی باشد از دلایل اصلی پی کنی و گودبرداری است. این خاک می بایست قابلیت تحمل بار وارده از سازه را داشته باشد و دچار نشست و ریزش نشود.
- ۲ تأمین عمیق یخبندان بتن فونداسیون که می بایست در مناطق مختلف باتوجه به برودت هوا و دمای متفاوت هر محل، ارتفاع شالوده داخل زمین قرارگیرد تا بتن شالوده در طول زمان، دچار پدیده یخ زدگی و هوازگی نشود.

برای تأمین کد ارتفاعی مصوب نقشه‌های معماری در طبقه همکف (پیلوت) یا طبقات منفی (پروژه‌های دارای زیرزمین)، لازم است پی کنی یا گودبرداری صورت پذیرد. ضمناً توجه به عبور لوله‌های تأسیساتی و شیب آنها و لایه‌های کف‌سازی در محاسبه ارتفاع پی کنی یا گودبرداری ضروری است، مثلاً در ساختمانی که ارتفاع فونداسیون آن طبق نقشه‌های سازه ۶۰ سانتی‌متر و ارتفاع بتن مگر ۱۰ سانتی‌متر و ضخامت کف‌سازی ۴۰ سانتی‌متر زیر کف تمام شده می‌باشد، لازم است ارتفاع پی کنی مجموعاً ۱۱۰ سانتی‌متر پایین‌تر از تراز و کد ارتفاعی (صفر - صفر) معبر ورودی ساختمان اجرا شود. پی کنی ۱۱۰ سانتی‌متری در این ساختمان موجب می‌شود شالوده و مگر زیر آن کاملاً در خاک مدفون شده و از یخ‌زدگی محافظت شود. ضمناً در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری زیر صفر - صفر نیز علاوه بر تأمین عمق یخبندان سازه، می‌توان لوله‌های تأسیساتی و لایه کف‌سازی طبقه همکف را نیز اجرا نمود. در شکل ۳۲ این ارتفاع و ملاحظات فنی آن ارائه شده است.



شکل ۳۲

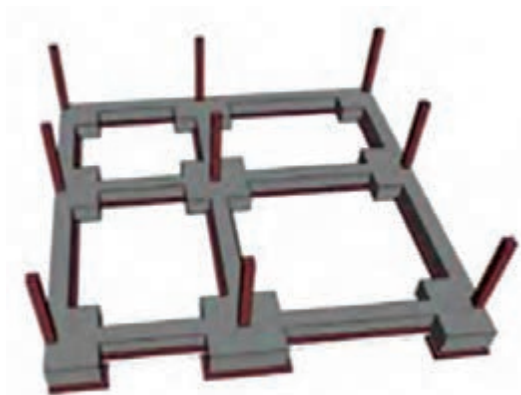
قالب‌بندی فونداسیون

فونداسیون‌ها (شالوده) اعضای سازه‌ای هستند که نقش تحمل بارهای وارد بر اسکلت و انتقال این بارها به خاک بستر زیر خود را برعهده دارند. فونداسیون می‌بایست روی خاکی که دارای مقاومت فشاری کافی می‌باشد قرار گیرد.

در صورتی که خاک طبیعی محل احداث فونداسیون دارای مقاومت کافی در مقابل نیروهای وارده از فونداسیون نباشد باید با روش‌های مختلفی نظیر خاک‌برداری تا رسیدن به لایه مقاوم و یا روش‌های اصلاح خاک با مصالحی نظیر آهک، سیمان و ... خاک ضعیف را تا رسیدن به مقاومت مورد نیاز تقویت و تثبیت نمود. با توجه به هزینه بالای روش‌های فوق و محدودیت‌های اجرایی می‌توان از شالوده‌های عمیق جهت رسیدن به بستر مناسب جهت انتقال نیروهای فونداسیون به زمین استفاده نمود. فونداسیون‌ها به دو دسته کلی فونداسیون‌های سطحی و فونداسیون‌های عمیق تقسیم‌بندی می‌شوند (شکل ۳۳).

انواع فونداسیون‌های سطحی شامل:

- ۱ فونداسیون‌های منفرد و شناژ رابط بین آن دو
- ۲ فونداسیون‌های نواری
- ۳ فونداسیون‌های گسترده (رادیه) می‌باشند



فونداسیون‌های منفرد و شناژهای رابط بین آنها



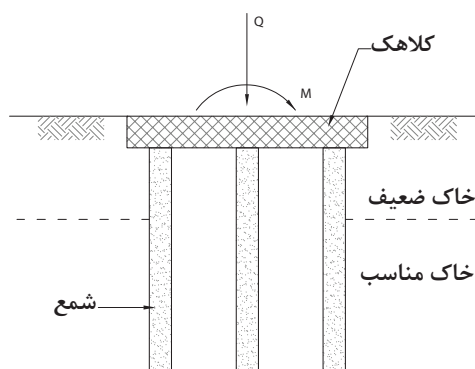
فونداسیون گسترده (رادپه)



فونداسیون نواری

شکل ۳۳

نکته اجرایی: فونداسیون‌های عمیق شمع‌های بتنی هستند که به صورت مقاطع استوانه‌ای شکل از زیر فونداسیون تا رسیدن به لایه خاک مناسب اجرا می‌شوند (شکل ۳۴).



شکل ۳۴

■ نکات اجرایی قالب بندی فونداسیون

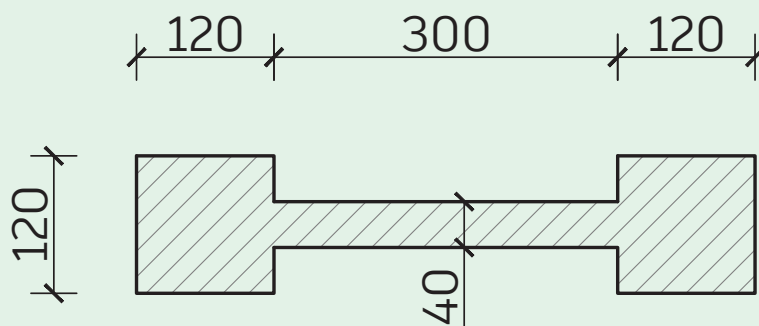
- ۱ قبل از اجرای قالب بندی فونداسیون، به وسیله ماشین آلات ساختمانی و یا به صورت دستی (بسته به مترائ و شرایط پروژه) خاک برداری و یا خاک ریزی تا رسیدن به کد ارتفاعی مصوب اجرا می شود.
- ۲ سطح زمین باید کاملاً تراز و دارای یک کد ارتفاعی باشد. پس از خاک برداری و قبل از اجرای قالب بندی، اجرای بتن مگر با عیار سیمان ۱۵۰ کیلوگرم در متر مکعب در زیر نوارهای فونداسیون الزامی است. بتن مگر علاوه بر مسطح نمودن زیر فونداسیون از جذب آب بتن توسط خاک جلوگیری می کند. بتن مگر را از هر طرف ۱۰ سانتی متر پهن تر می ریزند تا محل نشست قالب های فونداسیون باشد.
- ۳ پس از اجرای بتن مگر، محدوده آکس ستون ها و امتداد قالب ها باید توسط مهندس نقشه بردار ابتدا میخ کوبی و سپس ریسمان کشی شود.
- ۴ پس از اجرای قالب بدنه فونداسیون ها، می بایست پشت قالب ها را با دستک های مناسب و سایر پشت بند های استاندارد مهار نمود. برای این منظور باید دو طرف بدنه خارجی قالب ها را به یکدیگر به نحو مقتضی، مهار نمود.
- ۵ بدنه داخلی قالب ها می بایست با مواد رهاساز آغشته شوند تا پس از بتن ریزی به سادگی از بتن جدا شوند.

فعالیت کارگاهی



در شکل ۳۵ قالب بندی دو فونداسیون منفرد با شناژ رابط نمایش داده شده است. مطلوب است اجرای قالب بندی دو فونداسیون منفرد همراه با شناژ رابط با قالب های فلزی ارتفاع قالب شناژ ۴۰ سانتی متر و فونداسیون های منفرد ۶۰ سانتی متر می باشد. برای مهار قالب های فلزی از پشت بندهای افقی و قائم و دستک های مهاری مطابق راهنمایی هنرآموز خود استفاده نمایید. برای انجام متره مصالح مورد نیاز مطابق جدول ۳ تعداد قالب های فلزی، تعداد پین و گوه ها و سایر اتصالات نظیر پشت بندهای افقی، قائم، بولت ها و ... را محاسبه نمایید.

نکته اجرایی: برای آنکه بتن از قالب بیرون نریزد معمولاً قالب را بلندتر از فونداسیون در نظر می گیرند اما در متره بتن و قالب ها باید فقط سطح بتن فونداسیون در نظر گرفته می شود.

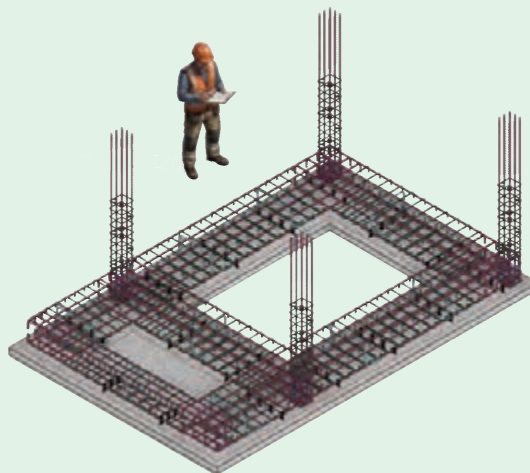


شکل ۳۵

جدول ۴

ردیف	شرح	تعداد	طول (متر)	ارتفاع (متر)	مساحت (مترمربع)
۱	قالب های پیرامونی فونداسیون های تکی	۸	۱/۲۰	۰/۶۰	۵/۷۶
۲	کسر می شود محل تقاطع فونداسیون ها با شناژ	۲	۰/۴۰	۰/۴۰	- ۰/۳۲
۳	قالب های کناری شناژها	۲	۳/۰۰	۰/۴۰	۲/۴۰
۴	جمع کل قالب بندی (مترمربع)				۷/۸۴

در گام اول پروژه اجرایی و در پودمان اول، آرماتوربندی نوارهای فونداسیون و ستون ها اجرا گردید (شکل ۳۶).



شکل ۳۶

در این واحد یادگیری قالب بندی فونداسیون و ستون ها را مطابق نقشه شکل ۳۷ اجرا نمایید. در ابتدا با توجه به ابعاد پلان و متناسب با قالب های موجود در انبار هنرستان باید الگوی قالب بندی را در حالت های مختلف بررسی نموده و تعداد قالب های مصرفی را مطابق جدول شماره ۴ محاسبه نمایید. به عنوان مثال برای قالب بندی فونداسیون با ارتفاع ۶۰ سانتی متر می توان از ترکیب دو قالب ۳۰ سانتی متری یا ترکیب دو قالب ۲۰ و ۴۰ یا ۱۰ و ۵۰ سانتی متری استفاده نمود.

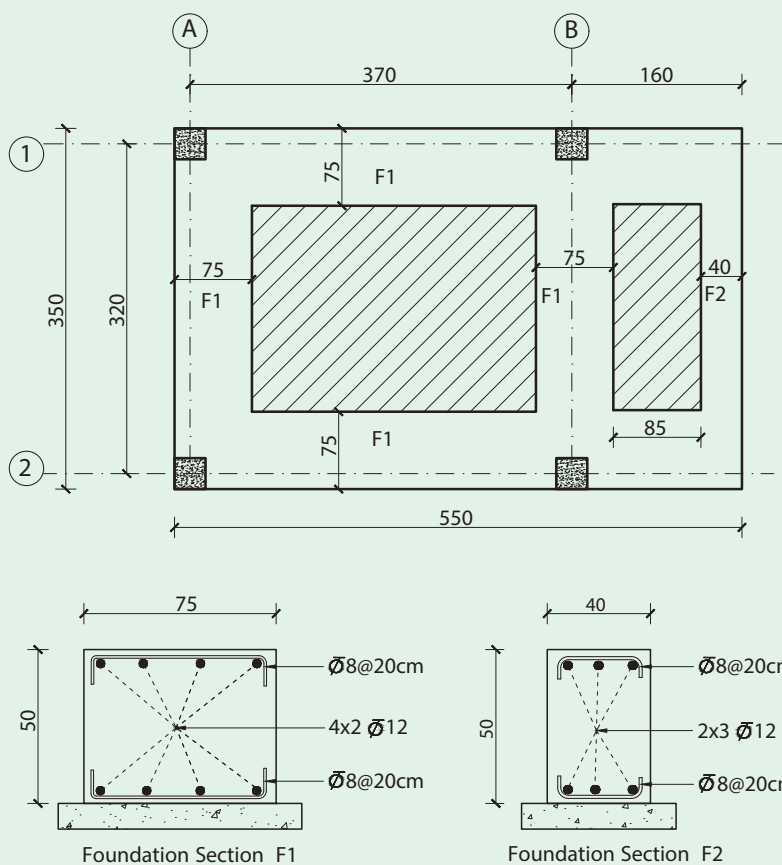
جدول ۵

ردیف	شرح	تعداد	جمع کل (عدد)
۱	قالب های بیرونی ۱۰۰×۳۰ نوارهای طولی	۱۶	
...	قالب های بیرونی ۱۰۰×۳۰ نوارهای عرضی	۱۲	
	...		

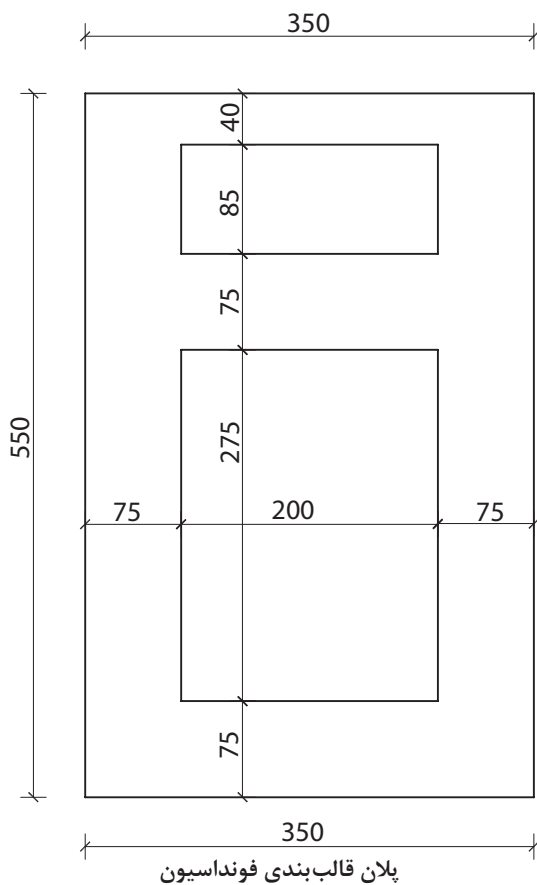
نکته : با راهنمایی هنرآموز محترم می‌توانید اندازه‌های طولی و ارتفاعی داده شده در تمرین را متناسب با قالب‌های موجود در انبار هنرستان خود تغییر دهید.
در ادامه جدول متره قالب‌بندی فونداسیون جدول ۶ را تکمیل نمایید.

جدول ۶

ردیف	شرح	تعداد	طول (متر)	ارتفاع (متر)	مساحت (مترمربع)
۱	قالب‌های بیرونی نوارهای طولی	۲	۵/۵	۰/۵	۵/۵
...	قالب‌های بیرونی نوارهای عرضی				
	...				
	جمع کل قالب‌بندی (مترمربع)				



شکل ۳۷



شکل ۳۸

مراحل اجرایی قالب‌بندی فونداسیون

۱ ابتدا درستی اندازه‌ها و گونیا بودن خط قالب‌ها را که در واحد یادگیری آرماتوربندی ترسیم نموده‌اید مجدداً کنترل و در صورت لزوم ترسیم نمایید (شکل ۳۸).

۲ مطابق الگوی مورد نظرتان جهت انتخاب ابعاد قالب‌ها که در جدول شماره ۵ محاسبه شده، قالب‌های جداره حفره‌های داخلی را روی زمین چیده و با پین و گوه به هم متصل نمایید. در این مرحله در دو سر قالب‌ها به کنج داخلی ۱۰ سانتی نیاز خواهید داشت. پشت‌بند قالب‌ها از نوع لوله داربستی را به کمک گیره به قالب متصل نمایید (شکل ۳۹).



شکل ۳۹



شکل ۴۰

۳ با احتیاط و با کمک هم گروهی‌های خود قالب‌ها را بلند نموده و در محل خود قرار دهید. دقت کنید که لبه داخلی قالب‌ها دقیقاً بر روی خط لبه فونداسیون که با ریسمان گچی ترسیم شده قرار بگیرد (شکل ۴۰).



شکل ۴۱

۴ قالب‌بندی لبه‌های دیگر حفره‌های داخلی را به همین ترتیب تکمیل نمایید (شکل ۴۱).



شکل ۴۲

۵ قالب‌بندی اولین جداره‌های بیرونی را اجرا نمایید. با توجه به طول بلند قالب‌بندی این جداره‌ها، به کمک لوله داربستی و گیره مطابق توضیحات ارائه شده در ابتدای این واحد یادگیری پشت‌بند قالب‌ها را اجرا نمایید (شکل ۴۲).



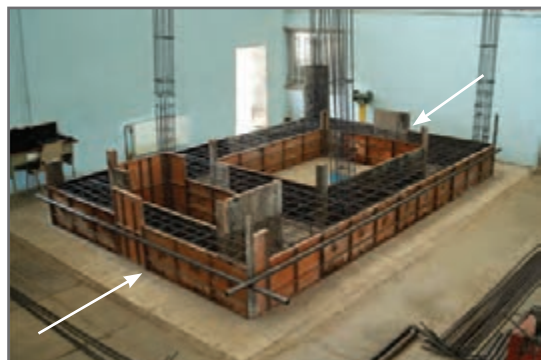
شکل ۴۳

۶ برای اجرای اتصال قالب جداره‌های بیرونی دو وجه عمود بر هم در کنج‌ها، می‌توانید از نبشی پانچ شده ۵ سانتی یا اتصالات کنج بیرونی استفاده نمایید (شکل ۴۳).



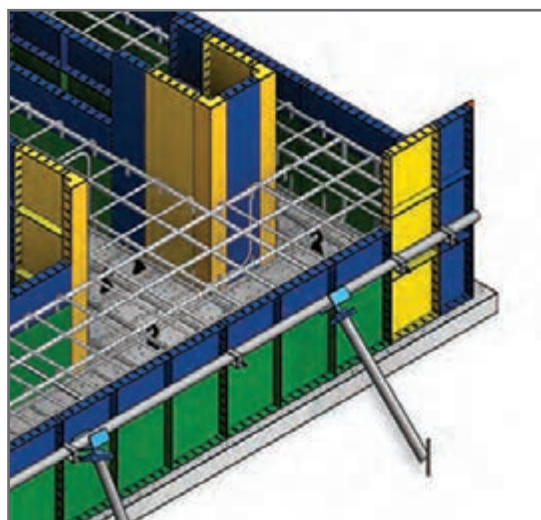
شکل ۴۴

۷ قالب‌بندی مابقی جداره‌های بیرونی فونداسیون را تکمیل نمایید (شکل ۴۴).



شکل ۴۵

۸ در زمان قالب‌بندی فونداسیون دقت نمایید در صورت نیاز به استفاده از قالب‌های ایستاده، این قالب‌ها از کنج فونداسیون به وسط منتقل شود تا با قالب‌بندی ستون‌ها تداخل نداشته باشد (شکل ۴۵).



شکل ۴۶

۹ برای اجرای مهار پشت‌بندهای افقی مطابق شکل ۴۶ سرچک‌ها را روی لوله‌ها قرار دهید و آنها را به کمک گیره به پشت‌بند متصل نمایید. به کمک کوبیدن میخ یا آرماتور و یا استفاده از آجر و گچ انتهای جک‌ها را بر روی زمین مهار کنید

۱۰ در انتهای کار باید همراستا بودن و شاقول بودن قالب‌ها را کنترل نمایید. (شکل ۴۷)



شکل ۴۷

ابتدا بررسی کنید که پایین قالب‌ها دقیقاً روی خط فونداسیون که ترسیم کرده‌اید قرار داشته باشد. اگرچنین نیست با ضربات آرام یا هل دادن پایین قالب‌ها را دقیقاً روی خط قرار دهید.

حالا نوبت به تراز کردن قالب‌ها می‌رسد. یک تکه چوب صاف و محکم انتخاب کنید. طول این چوب باید به اندازه‌ای باشد که شاقول از پشت‌بندهای قالب فاصله بگیرد و به آنها گیر نکند.

نخ شاقول را به گونه‌ای به چوب ببندید که از محل بستن تا انتهای دیگر چوب دقیقاً ۲۰ سانتی‌متر فاصله داشته باشد. چوب را به صورت کاملاً افقی به قالب بچسبانید و شاقول را آزاد بگذارید تا آویزان شود. متر را در نزدیکی پایین شاقول به پشت قالب بچسبانید و فاصله نخ شاقول تا پشت قالب را بخوانید. اگر این عدد دقیقاً ۲۰ سانتی‌متر باشد قالب شاقولی است. اگر این عدد بیشتر از ۲۰ سانتی‌متر باشد یعنی بالای قالب به سمت بیرون است. در این حالت سرچک‌ها را آن قدر سفت کنید تا بالای قالب رو به داخل حرکت کرده و قالب شاقول شود.

اگر عدد متر کمتر از ۲۰ سانتی‌متر باشد یعنی بالای قالب رو به داخل است و با قرار دادن اسپیسر و شل کردن سرچک‌ها می‌توانید قالب را شاقول نمایید.

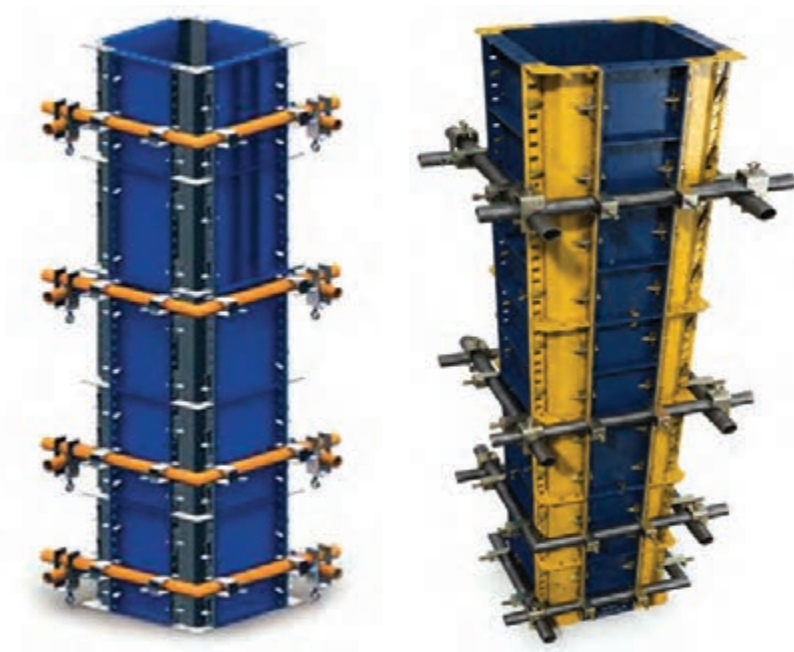
قالب‌بندی ستون‌های بتنی

اجرای قالب‌بندی ستون به وسیله ترکیبی از قالب‌های (پانل‌های مسطح) و انواع کنج‌های بیرونی انجام می‌شود.

برای جلوگیری از پیچیدگی بدنه قالب ستون‌ها و کنترل اعوجاج از محور طولی آن از قیدها (پشت‌بندهای افقی به عنوان کمرکش) استفاده می‌شود.

پشت‌بندهای افقی را با مقطع لوله اجرا نموده و توسط کلیپس (گیره) لوله‌های پشت‌بند افقی به بدنه قالب متصل می‌شود.

همچنین دربارهای وارده بالاتر گاهی از مقطع ناودانی نیز برای جلوگیری از پیچیدگی بدنه ستون‌ها به جای لوله می‌توان استفاده نمود. پشت‌بندهای افقی با گیره کوتاه و پشت‌بندهای ناودانی با گیره بلند به قالب متصل می‌شوند. (شکل ۴۸)



شکل ۴۸

برای کنترل شاقولی ستون نسبت به امتداد محور طولی (قائم) لازم است از جک‌های شاقول‌کننده در دو راستای متعامد استفاده نمود (شکل ۴۹).



شکل ۴۹

مسئله شاقولی ستون‌ها بسیار حائز اهمیت است و طبق آیین‌نامه ناشاقولی مقطع ستون می‌بایست در حدود رواداری مجاز قرار گیرد. قالب ستون‌های میانی با جک (اهرم فشاری) و درستون‌های کناری و کنج‌ها با جک و سیم (اهرم کششی) مهار و شاقول می‌شوند. برای اینکه ستون در امتداد عمودی خود در حالت شاقول قرار گیرد، باید به وسیله جک مهاری تا قبل از گیرش اولیه کنترل شود. چنانچه سر ستون‌های لبه‌ای ساختمان به



شکل ۵۰

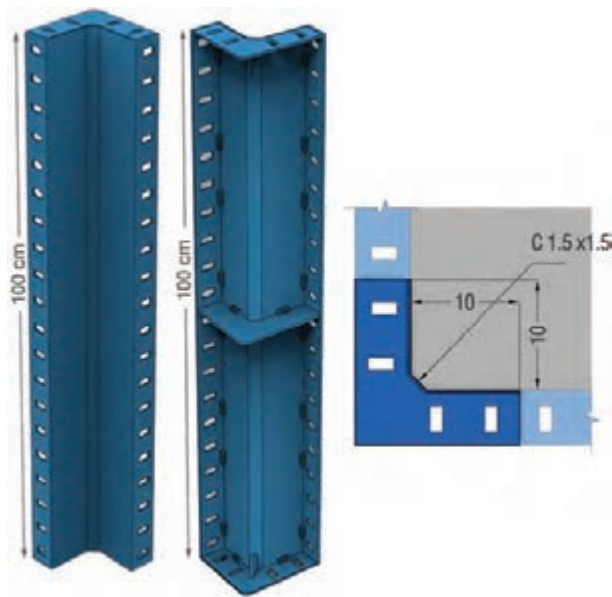
سمت نمای ساختمان، از شاقول خارج شده باشد لازم است با تعبیه سیم‌های مفتول قالب‌بندی، سر ستون را به سمت داخل کشیده و قالب را تثبیت نمود.

ستون‌ها را یک‌بار قبل از بتن‌ریزی و یک‌بار نیز پس از بتن‌ریزی تا قبل از گیرش اولیه بتن شاقول می‌نمایند. در صورتی که در موقع بتن‌ریزی مقطع ستون از شاقولی خارج شده باشد نهایتاً بین ۱۵ تا ۳۰ دقیقه بعد از بتن‌ریزی فرصت خواهید داشت تا با جک‌های شاقول‌کننده یا سیم‌نجاری (سیم قالب‌بندی نمره دو و نیم میلی‌متر) و ابزارهایی نظیر شاقول بنایی یا دوربین نقشه‌برداری مجدداً شاقول شود.

طبق جدول ۶-۳-۳ نشریه ۵۵ (جدول رواداری سازه‌های بتنی متعارف) میزان انحراف از امتداد قائم در ستون‌ها به میزان ۶ میلی‌متر در هر ۳ متر طول (مقدار یک پانصدم ارتفاع) مجاز است.

جدول ۷- رواداری مجاز ناشاقولی ستون

شرح		انحراف از امتداد قائم	
رواداری تا ۲۰ طبقه ساختمان			
۶ میلی‌متر در هر ۳ متر طول	در لبه و سطح ستون‌ها، پایه‌ها، دیوارها، نبش‌ها و کنج‌ها		الف
حداکثر ۲۵ میلی‌متر در کل ارتفاع ساختمان به سمت نما حداکثر ۵۰ میلی‌متر در کل ارتفاع ساختمان به سمت داخل			
۶ میلی‌متر در هر ۶ متر طول	برای گوشه نمایان ستون‌ها، درزهای کنترل، شیارها و دیگر خطوط برجسته، نمایان و مهم	ب	
حداکثر ۱۲ میلی‌متر در کل ارتفاع ساختمان			



شکل ۵۱

برای استقرار آرماتورهای طولی ستون‌ها در راستای شاقولی خود و اطمینان از رعایت پوشش مناسب آرماتورها در فواصل مناسب بر روی میلگرد عرضی‌ها از نگهدارنده^۱ استفاده می‌شود تا پس از بستن قالب‌ها، آرماتورها بدون اینکه به بدنه قالب بچسبند در جای خود قرار گیرند و ضخامت مناسب لایه پوششی ایجاد شود.

برای جلوگیری از چسبیدن بتن به بدنه داخلی قالب، علاوه بر آغشته کردن سطوح داخلی قالب با مواد رهاساز می‌توان در گوشه‌های ستون از کنج خارجی پخ‌دار با اندازه تقریبی مقطع ۱۵ در ۱۵ میلی‌متر استفاده نمود تا گوشه‌های ستون تیزگوشه و لب پر نشود (شکل ۵۱).

موضوع حائز اهمیت دیگر در قالب‌بندی ستون‌ها، آب بند نمودن قالب در پای ستون به منظور جلوگیری از خروج شیره بتن است. بدین منظور لازم است قالب‌ها را کاملاً به یکدیگر چفت و بند کرد و در صورت نیاز از مصالح درزبندی در پای قالب ستون استفاده نمود. همچنین پیشنهاد می‌شود حین بتن‌ریزی ستون و هنگام ویریه کردن، با استفاده از چکش لاستیکی به بدنه قالب ضرباتی وارد کرد تا بتن لایه‌های زیرین نیز متراکم شود.

در قالب‌بندی ستون‌های با مقطع مربع یا مستطیل از ترکیب مختلف قالب‌های مسطحه، کنج‌های بیرونی و یا نبشی‌های پانچ شده استفاده می‌شود. در بتن‌ریزی داخل قالب‌های فلزی می‌بایست بتن‌ریزی به صورت لایه به لایه اجرا شود و در هر لایه از دستگاه ویراتور برای متراکم نمودن و خارج شدن هوای اضافه داخل بتن استفاده نمود.

قالب ستون‌های مدور با توجه به قطر ستون و ارتفاع آن طراحی و ساخته شده و برای ستون‌های با قطرهای دیگر قابل استفاده نمی‌باشند. این قالب‌ها در صورتی مقرون به صرفه اقتصادی هستند که از آنها چندین بار استفاده شود. قالب فلزی ستون‌های گرد دارای سطحی صاف و کمترین درز و شیار می‌باشند. این قالب‌ها دارای مرزهای اتصال افقی و عمودی می‌باشند که بازکردن قالب پس از هر مرحله بتن‌ریزی را امکان‌پذیر می‌سازد.

اتصال عمودی دو قالب نیم دایره توسط گوه صورت می‌گیرد و اتصال افقی دو قالب گرد که بر روی یکدیگر قرار می‌گیرند توسط پیچ و مهره انجام می‌شود. معمولاً قالب ستون‌های دایره‌ای با قطرهای ۳۰ الی ۱۵۰ سانتی‌متر و طول‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ سانتی‌متر ساخته می‌شوند (شکل ۵۲).

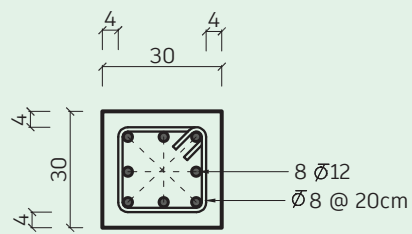
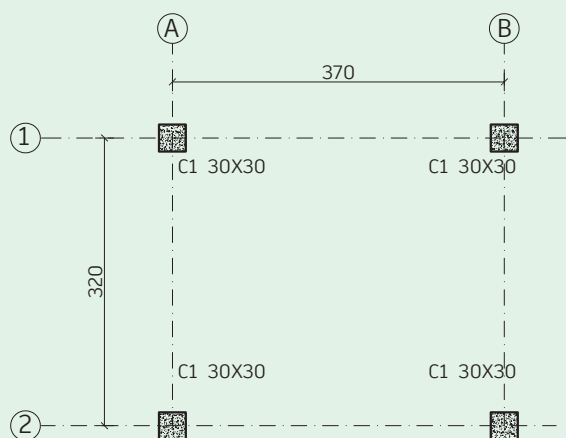
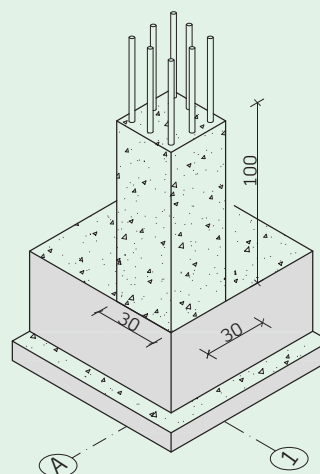
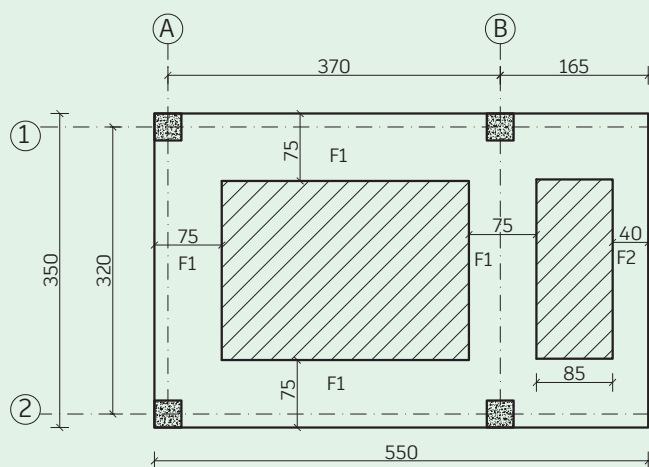
۱- Spacer



شکل ۵۲

مطابق شکل ۵۳ قالب بندی فلزی ستون هایی را که آرماتور بندی آنها در پودمان اول اجرا شده انجام دهید.

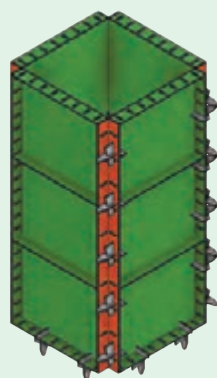
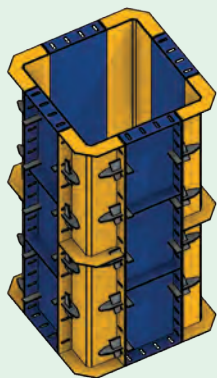
فعالیت کارگاهی



پلان آکس بندی ستون گذاری

شکل ۵۳

به دلیل رعایت ایمنی ارتفاع ستون‌ها صرفاً به میزان ۱۰۰ سانتی‌متر روی فونداسیون نواری تا تراز زیر تیر بتنی اجرا می‌شود. با توجه به ابعاد ستون‌ها و متناسب با قالب‌های موجود در انبار هنرستان باید الگوی قالب‌بندی را در حالت‌های مختلف بررسی نموده و تعداد قالب‌های مصرفی را مطابق جدول شماره ۸ محاسبه نمایید. به عنوان مثال برای قالب‌بندی ستون به ابعاد ۳۰×۳۰ سانتی‌متر می‌توان از ترکیب قالب ۳۰ سانتی‌متری به همراه نبشی ۵ سانتی پانچ‌دار و یا ترکیب قالب ۱۰ سانتی و دو عدد کنج ستون ۱۰ سانتی‌متری استفاده نمود (شکل ۵۴).



جدول ۸

ردیف	شرح	تعداد
حالت اول	قالب ۱۰۰×۳۰	۴
	نبشی کنج ۵ سانتی به طول ۱۰۰	۴
حالت دوم	قالب ۱۰۰×۱۰	۴
	کنج ۱۰×۱۰ به طول ۱۰۰	۴

شکل ۵۴

جدول ۹ (متره قالب‌بندی ستون‌ها)

ردیف	شرح	تعداد	طول (متر)	ارتفاع (متر)	مساحت (مترمربع)
۱	قالب‌بندی ستون‌ها	۴×۴	۰/۳	۱/۰۰	۴/۸۰

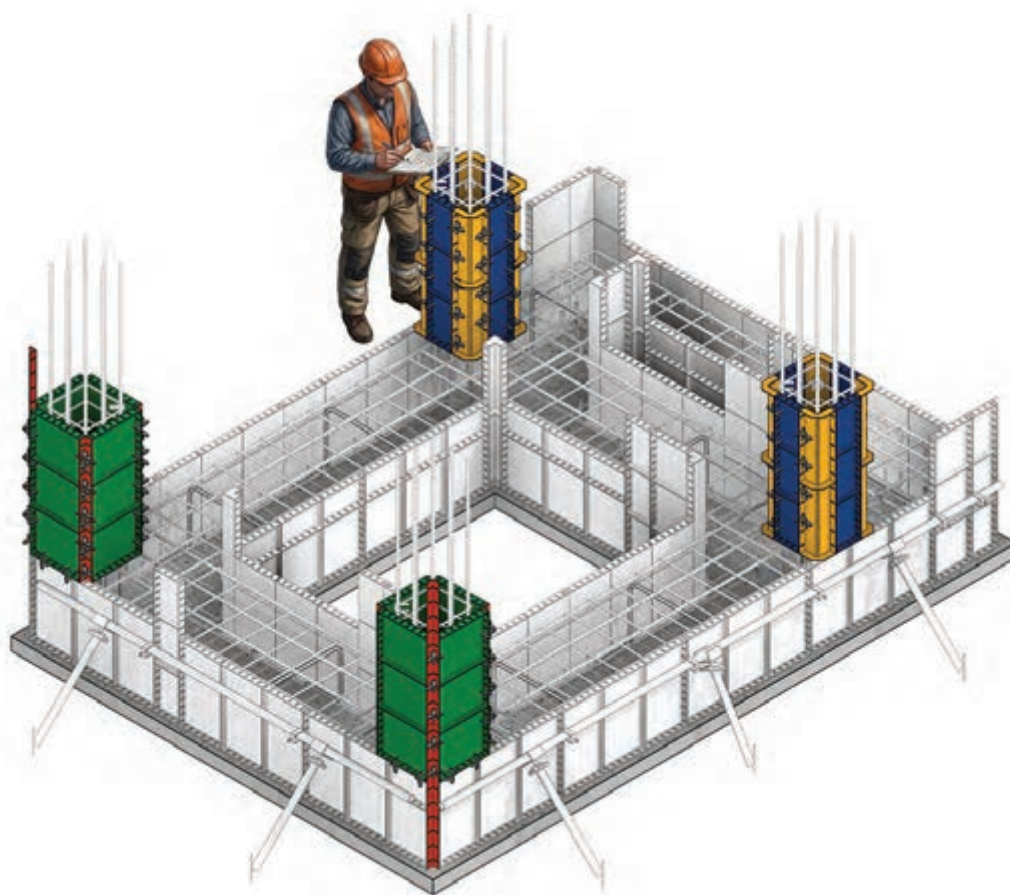


شکل ۵۵

■ اجرای قالب‌بندی ستون‌ها

۱ از نبشی‌های ایستاده کنج فونداسیون برای اتصال و مهار بهتر قالب ستون به فونداسیون می‌توان استفاده نمود (شکل ۵۵).

۲ قالب‌ستون‌ها را با یکی از دو روش قالب ۳۰° با نبشی پانچ یا قالب ۱۰° با دو کنج بیرونی اجرا نمایید (شکل ۵۶).



شکل ۵۶

ارزشیابی شایستگی اجرای قالب‌بندی فونداسیون و ستون

نام و نام خانوادگی:			شماره ملی:		تاریخ ارزشیابی:
کد حرفه	۷۱۱۱۱۲	حرفه:	ساختمان سازان (اسکلت کاران بتنی و فولادی)	کدپیمان/پودمان	۷۱۱۱۲۳۰۱۲
کد وظیفه شغل	۷۱۱۱۲۳۰۱	وظیفه شغل:	ساختمان‌سازی بتنی	سطح صلاحیت	۱.۳
کد کار	۷۱۱۱۲۳۰۱۲۱	کار	اجرای قالب‌بندی فونداسیون و ستون	سطح شایستگی	مهارت

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص‌ها/داوری/نمره دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	آماده‌سازی محیط کارگاه، تهیه ابزار کار از انبار هنرستان	متر فلزی، گونیا، ریسمان، چکش میخ‌کش، بین و گوه، انواع قالب‌های فلزی پائل و کنج‌ها و نبش پانچ شده مطابق نقشه‌های اجرایی	رؤیت چشمی (مشاهده رفتاری)، چک‌لیست نگرشی، فرم امتیازدهی	آماده‌سازی کامل و مرتب ابزار	۳	
				آماده‌سازی تنسی	۲	
				عدم تحویل کامل و آماده‌سازی ابزار	۱	
۲	محاسبه بارهای وارد بر قالب‌بندی	ماشین حساب، نوشت افزار، کاغذ A۴	چک‌لیست نگرشی، فرم امتیازدهی ماشین حساب، نوشت‌افزار، کاغذ A۴	محاسبه مساحت بارگیر قالب و نیروهای وارد بر سطح قالب، توانایی محاسبه نیروهای وارد بر با بتن‌های با جرم مخصوص‌های مختلف	۳	
				محاسبه مساحت بارگیر قالب، محاسبه نیروهای وارد بر سطح قالب	۲	
				عدم محاسبه صحیح مساحت بارگیر قالب و نیروی‌های وارد بر سطح قالب	۱	
۳	متره قالب‌بندی فونداسیون و ستون	ماشین حساب، نوشت‌افزار، کاغذ A۴	چک‌لیست نگرشی، فرم امتیازدهی ماشین حساب، نوشت‌افزار، کاغذ A۴	محاسبه صحیح مساحت قالب‌بندی فونداسیون و ستون، توانایی محاسبه قالب‌بندی با ابعاد مختلف	۳	
				محاسبه صحیح مساحت قالب‌بندی فونداسیون و ستون	۲	
				محاسبه غلط مساحت قالب‌بندی فونداسیون و ستون	۱	
۴	اجرای قالب‌بندی فلزی فونداسیون پروژه کارگاهی	متر فلزی و میز کار و گیره رومی‌زی فلزی و شاقول، قالب‌های فلزی شامل انواع پائل‌ها، بین و گوه، کنج‌های داخلی و خارجی، نبش پانچ شده، گیره اتصال، لوله داربست، سیم قالب‌بندی، واشر و مهره خروسکی و بولت دوسر رزوه	متر فلزی، گونیا فلزی مخصوص قالب‌بندی، شلنگ تراز یا دوربین ریسمان کار، شاقول	قالب‌بندی کامل بدون درز و شاقول در دو امتداد متعامد و گونیایی کنج‌های فونداسیون‌ها	۳	
				قالب‌بندی مطابق نقشه‌های اجرایی در برخی نقاط بدون درزبندی مناسب یا اعوجاج در صفحه قالب‌ها و عدم گونیایی کنج‌ها درحد روداری	۲	
				عدم تکمیل قالب‌بندی و اجرای نامطلوب زوایا و اعوجاج بیش از حد رو اداری‌های آیین‌نامه	۱	
۵	اجرای قالب‌بندی فلزی ستون‌های پروژه کارگاهی	متر فلزی و میز کار و گیره رومی‌زی فلزی و شاقول، قالب‌های فلزی شامل انواع پائل‌ها، بین و گوه، کنج‌های داخلی و خارجی، نبش پانچ شده، گیره اتصال، لوله داربست، سیم قالب‌بندی، واشر و مهره خروسکی و بولت دوسر رزوه	متر فلزی، گونیا فلزی مخصوص قالب‌بندی، شلنگ تراز یا دوربین ترازیاب، ریسمان کار، شاقول	قالب‌بندی کامل بدون درز و شاقول در دو امتداد متعامد و گونیایی کنج‌های ستون‌ها	۳	
				قالب‌بندی مطابق نقشه‌های اجرایی در برخی نقاط بدون درزبندی مناسب یا اعوجاج در صفحه قالب‌ها و عدم گونیایی کنج‌ها در حد روداری	۲	
				عدم تکمیل قالب‌بندی و اجرای نامطلوب زوایا و اعوجاج بیش از حد روداری‌های آیین‌نامه	۱	
		شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: کارگاه اسکلت‌سازی (آرما‌توربندی) مجهز به تجهیزات ایمنی و ابزارهای حفاظتی لازم	رؤیت چشمی مشاهده رفتاری، چک‌لیست نگرشی، فرم امتیازدهی	رعایت انضباط کارگاهی، استفاده ایمن از ابزارها، رعایت اصول ایمنی و ارگونومی، استفاده بهینه از مواد مصرفی و جلوگیری از اتلاف سایر ملزومات، مسئولیت‌پذیری، دقت و توجه به کیفیت انجام کار	۲	
				عدم رعایت انضباط کارگاهی، استفاده غیراصولی از ابزارها، بی‌توجهی به اصول ایمنی و بهداشتی، مصرف نامناسب مواد و تجهیزات، بی‌دقتی در انجام کار و نیاز به تذکر برای اصلاح عملکرد	۱	

ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)					
☐ بله ☐ خیر					

توضیحات:

۱] معیار شایستگی انجام کار:

- کسب حداقل نمره ۲ از مراحل ۴ و ۵ (مراحل بحرانی)

- کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش

- کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

۲] تعریف سطوح شایستگی: صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها

تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

واحد یادگیری ۲: اجرای قالب‌بندی تیر و سقف بتنی

مقدمه

قالب‌بندی تیرهای بتن‌آرمه به کمک قالب‌های چوبی و فلزی انجام می‌شود. بسته به تجهیزات اکیپ اجرایی و سایر ملاحظات فنی و ایمنی یکی از دو روش یا ترکیبی از هر دو مصالح برای قالب‌بندی تیرها به کار می‌رود. برای قالب‌بندی پاگرد و شمشیری راه پله‌های بتنی نیز از هر دو شیوه قالب‌بندی فلزی و چوبی برای کف و جداره پله‌ها استفاده می‌شود.

در این واحد یادگیری روش اجرای قالب‌بندی چوبی ارائه شده است. هنرآموزان و استادکاران هنرستان‌ها می‌توانند با توجه به امکانات و تجهیزات موجود در کارگاه‌ها از شیوه دوم (قالب فلزی) نیز برای اجرای قالب‌بندی تیر و پله استفاده نمایند.

استاندارد عملکرد

در پایان این واحد یادگیری هنرجویان باید بتوانند مراحل اجرای قالب‌بندی تیر و راه پله‌های بتنی را مطابق استانداردهای مرتبط و ضوابط ایمنی اجرا نمایند. درنهایت با لحاظ نمودن ضوابط ایمنی و زیست‌محیطی عملیات جمع‌آوری و تمیزکاری محل اجرای قالب‌بندی را اجرا نمایند. در پایان هنرجویان مطابق ضوابط ارزشیابی شایستگی محور مورد ارزشیابی قرار خواهند گرفت.

استانداردهای مرتبط با موضوع اجرای قالب‌بندی

- ۱ راهنمای قالب‌بندی ساختمان‌های بتن‌آرمه - دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان
- ۲ نشریه ۵۵ (مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی)
- ۳ مبحث ۹ مقررات ملی ساختمانی ایران (طرح و اجرای ساختمان‌های بتن‌آرمه) - وزارت راه و شهرسازی

قالب بندی چوبی

چوب یکی از مصالح مورد استفاده در قالب بندی سازه های بتنی است. قالب چوبی باید، صاف و بدون پیچ و تاب، سالم و بدون درز و شکاف باشد. از مزایای این نوع قالب، سبکی نسبی آن در حمل و نقل، سادگی اتصالات و طولی کردن تخته ها با استفاده از میخ و پشت بندها است.



شکل ۵۷

قالب های چوبی به دلیل داشتن ضریب هدایت حرارتی کمتر نسبت به قالب های فلزی، کمتر تحت تأثیر گرما و سرمای محیط قرار می گیرند و دارای مقاومت کششی، فشاری و برشی مناسب برای تحمل بارهای وارده می باشد (شکل ۵۷)

برای قالب های کف و بدنه ها از تخته های چوبی به عرض ۱۵۰ تا ۲۵۰ و ضخامت ۲۰ تا ۳۰ میلی متر و برای پشت بندهای افقی و قائم و دستک های مهارت پشت قالب، از چوب چهار تراش با حداقل مقطع ۵۰×۵۰ میلی متر استفاده می شود.

در حال حاضر استفاده از قالب بندی چوبی به دلیل قیمت و دورریز بالای چوب، تعداد دفعات محدود استفاده به دلیل شکنندگی و تاب برداشتن و همچنین زمان بر بودن اجرا نسبت به قالب های فلزی، به قالب بندی کف تیرها، و پله های بتنی محدود شده است. برای قالب بندی فونداسیون ها، ستون ها، دیوارهای برشی بیشتر از قالب فلزی استفاده می شود.

تخته های قالب چوبی مرسوم را با ضخامت ۲۰ تا ۳۰ میلی متر از درخت های سوزنی برگ نظیر کاج و سرو تهیه می کنند که در ایران با نام چوب روسی شناخته می شود. تخته های چند لایه (تخته فبری) نیز در قالب بندی مورد استفاده قرار می گیرد. (شکل ۵۸)



شکل ۵۸



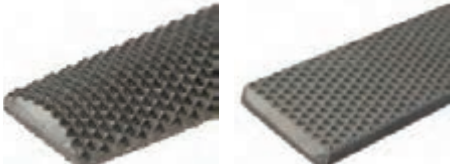
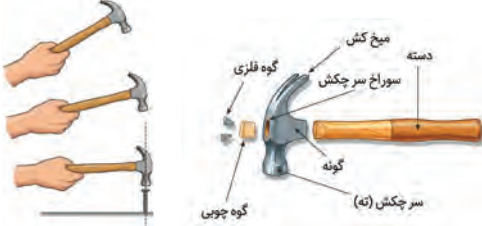
از قالب‌های پلی‌وود^۱ که از چند لایه چوب و یک رویه پلاستیکی ساخته شده‌اند نیز برای قالب‌بندی می‌توان استفاده نمود (شکل ۵۹).

برای جلوگیری از تغییر شکل زیاد قالب، تخته‌های قالب‌بندی باید حتی‌المقدور جذب رطوبت کمی داشته باشند که برای تأمین این هدف، بدنه داخلی را با مواد رهاساز آغشته می‌کنند. این مواد برای جلوگیری از مکش شیره بتن توسط قالب و سهولت در جداسازی قالب از بتن به بدنه داخلی قالب‌ها زده می‌شود.

شکل ۵۹

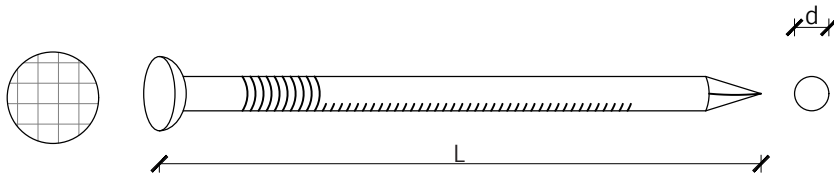
جدول ۱۰- ابزار مورد استفاده در قالب‌بندی چوبی

نام ابزار	کاربرد	تصویر
متر نواری فلزی	اندازه‌گیری	
گونیا	برای اجرا و کنترل کنج‌های قائم در قالب‌بندی	
مداد قرمز	برای خط‌کشی و علامت زدن بر روی تخته‌ها	
اره دستی	برای بریدن و اندازه کردن تخته قالب‌ها و چهارتراش‌ها	

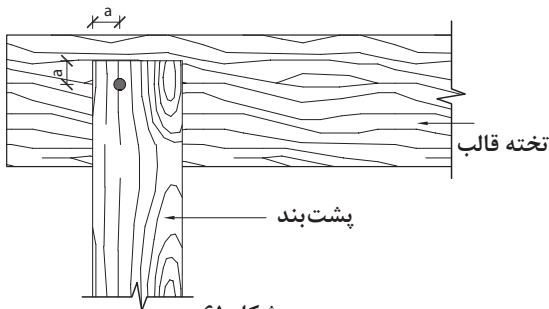
	برای برداشت لایه های باریک اضافی (پوشال ها) از سطح تخته	رنده های دستی چوبی و فلزی
	برای برداشت لایه های اضافه کوچک چوب که امکان برداشت آنها با اره و رنده وجود ندارد و همچنین در برخی موارد برای به وجود آوردن انحناهایی در قالب استفاده می شود.	چوب سا
	ابزاری فولادی است با لبه تیز و سخت که دارای دسته محکم است و برای کنده کاری، ایجاد فاق و شکاف و سوراخ در چوب و شکل دادن در قسمت هایی که اره کارایی لازم را ندارد استفاده می شود، مثلاً برای ایجاد اتصال فاق و زبانه لبه های اتصالات قالب های چوبی کاربرد دارد.	مُغَار
	برای نگهداری تخته به میز کار و برای برش یا اتصال موقت چند تخته به هم از گیره رومیزی استفاده می کنند.	گیره های رومیزی
	این نوع گیره ها دارای دسته رزوه شده ای هستند که با پیچاندن آنها می توان تخته ها را به صورت موقت به یکدیگر متصل نمود یا آنها را به میز کار محکم کرد.	گیره دستی کوچک و بزرگ (پیچ دستی یا تنگ)
 نمونه ضربه زدن چکش به میخ	وسیله کوبیدن میخ به تخته است توسط چکش های میخ کش صاف یا منحنی می توان به راحتی میخ ها را بیرون کشید و مجدد مورد استفاده قرار داد. اندازه چکش با جرم سر آن معرفی می شود. در کارهای قالب بندی چوبی معمولاً از چکش ۵۰۰ گرمی استفاده می شود.	چکش نجاری (میخ کش)

■ میخ کوبی قالب‌های چوبی

۱ اندازه مرسوم میخ‌هایی که در قالب‌بندی استفاده می‌شوند $28/65$ است، قطر میخ (d) برابر با $2/8$ میلی‌متر و طول (L) آن برابر با 65 میلی‌متر می‌باشد. میخ‌های $25/50$ نیز برای تخته‌های نازک‌تر قابل استفاده هستند. (شکل ۶۰)

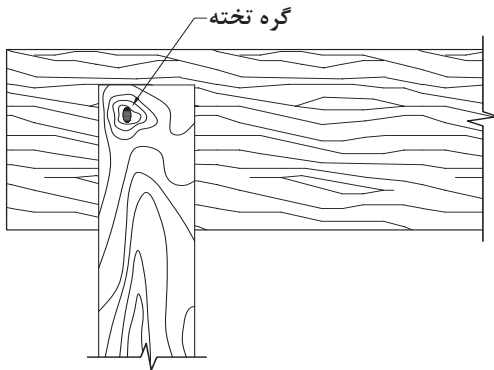


شکل ۶۰



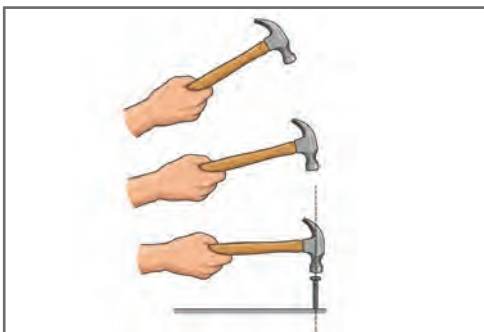
شکل ۶۱

۲ حداقل فاصله میخ تا لبه تخته (A) باید برابر با ضخامت تخته بوده و در هر صورت نباید کمتر از 2 سانتی‌متر باشد. (شکل ۶۱)



شکل ۶۲

۳ بهتر است در نقاط کرمو و گره‌دار تخته، میخ کوبی انجام نشود. گره شاخه‌های مرده درخت است که در بافت چوب باقی می‌ماند و بافتی سخت‌تر اما شکننده دارد و ممکن است از چوب کاملاً جدا شود. (شکل ۶۲)

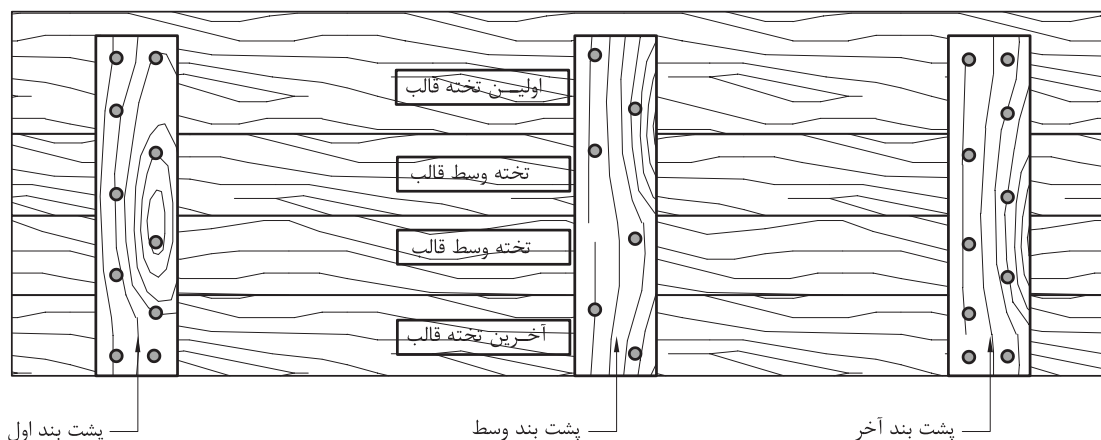


شکل ۶۳

۴ برای تأثیر بیشتر ضربه چکش بر روی میخ، انتهای دسته چکش را در دست گرفته و ضربه در جهت محور میخ وارد شود. (شکل ۶۳)

۵ میخ‌ها باید به تناوب در جهات مختلف به صورت مورّب کوبیده شوند تا در قطعات قالب، اتصال بهتری انجام شود. برای جلوگیری از ترک احتمالی تخته، بهتر است میخکوبی مانند شکل ۶۴ به صورت ضربدری (زیگزاگ) انجام شود.

۶ پشت‌بند‌های اول و آخر قطعه کار با سه عدد میخ به اولین و آخرین تخته قالب و با دو عدد میخ به تخته‌های وسط قالب متصل می‌شوند. پشت‌بند‌های وسط نیز به وسیله دو عدد میخ به اولین و آخرین تخته قالب و فقط با یک میخ به تخته‌های وسط قالب متصل می‌شوند. (شکل ۶۴)



شکل ۶۴

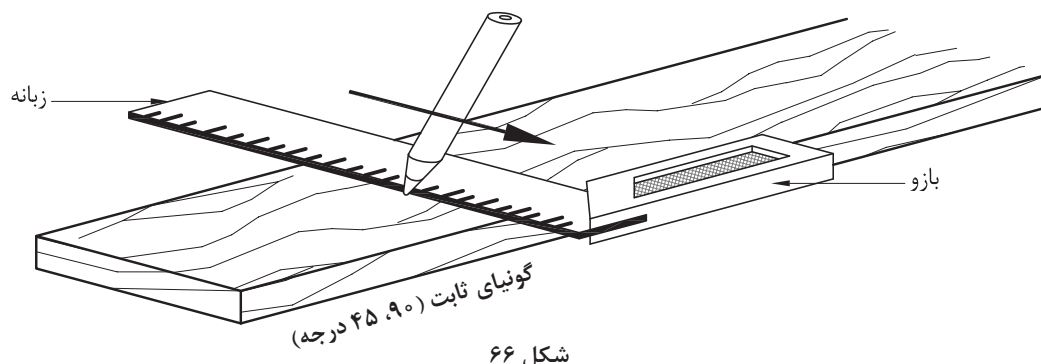


شکل ۶۵

انواع اتصالات کنج در قالب‌های چوبی

۱ اتصال فاق و زبانه: این اتصال با استفاده از ابزارهایی نظیر مُغار، ارّه و چوب‌سا قابل اجرا است و لبه‌های دو قالب عمود برهم به صورت کام و انگشتانه در یکدیگر قفل می‌شوند. اتصال فاق و زبانه یک اتصال پرکاربرد و قوی در صنعت قالب‌بندی چوبی است. با توجه به ساختار محکم این نوع اتصال، به خوبی در برابر فشارهای عمودی، افقی و جانبی و پیچش مقاومت می‌کند. ضعف اتصال فاق و زبانه تنها در مقاومت کششی است که می‌توان با استفاده از میخ یا پیچ پر مقاومت آن را برطرف نمود. (شکل ۶۵) برای ایجاد این اتصال، طرح مورد نظر و

محل دقیق اتصال را با مداد رنگی و گونیای فلزی خط کشی نموده و با استفاده از ارّه دستی و مغار و چکش، با کمک هنرآموز و استادکار کارگاه ایجاد نمایید. جهت دقت ساخت در اتصالات فاق و زبانه حتماً می‌بایست از گونیاهای فلزی استفاده شود تا لبه‌های اتصال به صورت عمود اجرا شده و از ایجاد درز پرهیز گردد (شکل ۶۶). پس از خط کشی محل‌های فاق و زبانه در لبه قالب چوبی می‌توان در قسمت‌هایی که اره‌دستی کار می‌کند،



شکل ۶۶



شکل ۶۷

ابتدا دو طرف فاق‌ها را برش داده و سپس با استفاده از مغار، لبه داخلی فاق را که نمی‌توان با اره دستی برش زد، برداشته و فاق (شیار) را تکمیل نمایید. استفاده از مغار که ابزار فولادی و سخت با لبه تیز می‌باشد در کنده‌کاری و فاق‌زنی و شکل دادن لبه داخلی فاق بسیار مؤثر است. لبه مغارها به دو صورت صاف یا محدب است که نوع محدب آن برای کنده‌کاری منحنی شکل مناسب است. به دلیل گونیا بودن لبه داخلی بهتر است از مغارهای صاف استفاده شود. توصیه می‌شود در کارهای اجرایی کارگاه هنرستان با توجه به عرض تخته قالب‌ها در لبه اتصال حداکثر از گام‌های ۵ سانتی‌متری جهت اتصال فاق و زبانه استفاده شود تا اتصال قوی در برابر بارهای وارده ایجاد گردد. (شکل ۶۷)

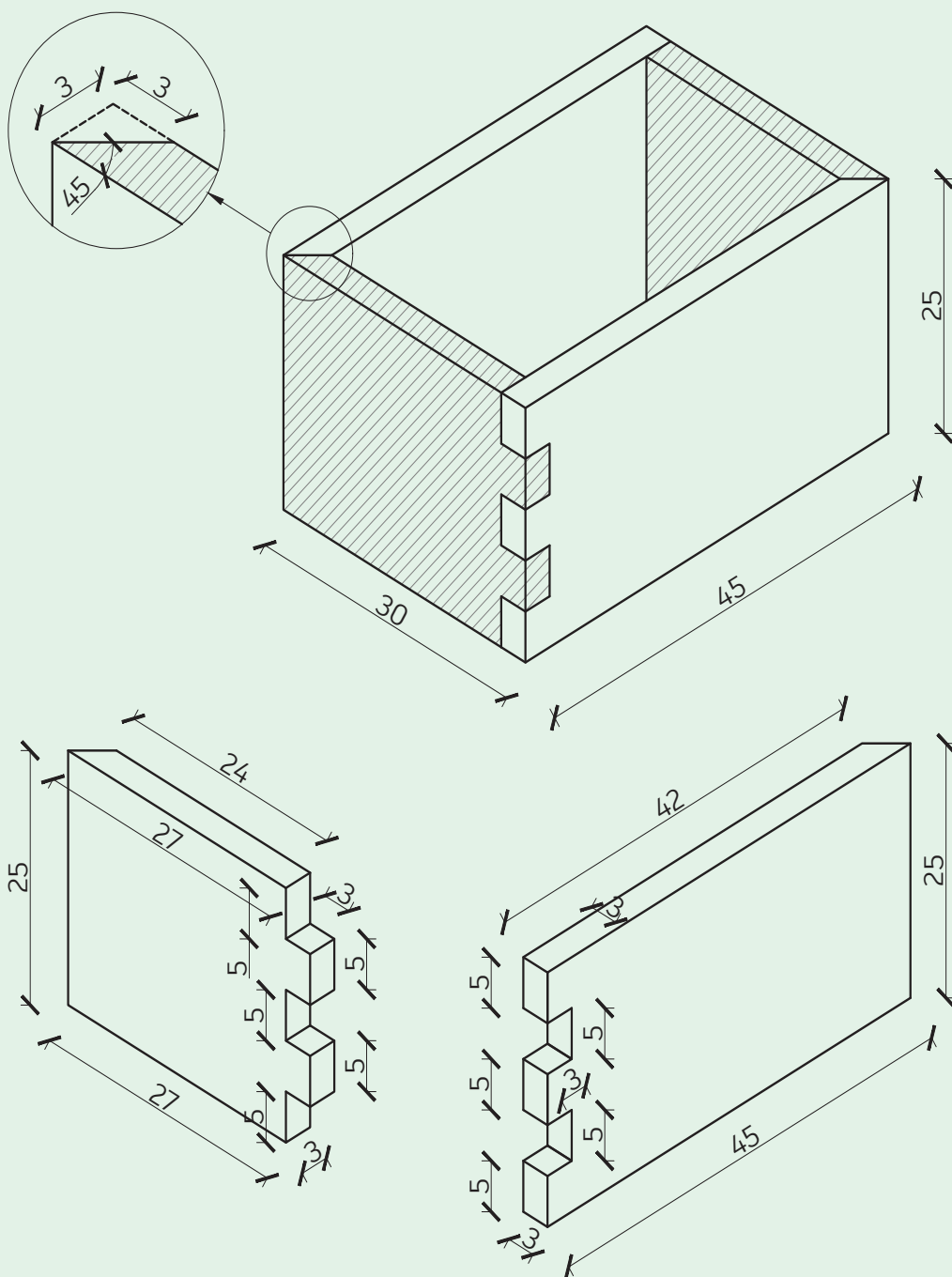


شکل ۶۸

۲ اتصال فارسی بُر: با استفاده از ابزار ارّه و چوب‌سا و رنده دستی قابل اجرا است و با زاویه ۴۵ درجه در کنج محقق می‌شود. (شکل ۶۸)

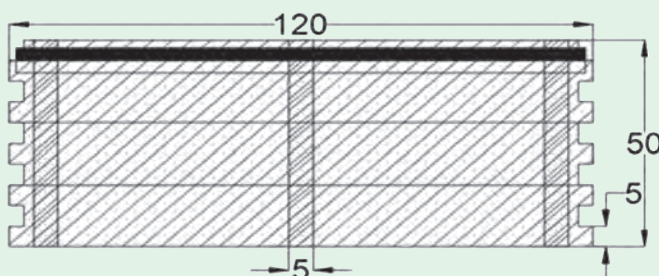


برای تسلط بر اجرای انواع اتصالات چوبی و آشنایی با ابزار کارگاهی با راهنمایی هنرآموز خود نسبت به ساخت یک جعبه چوبی با ابعاد $25 \times 30 \times 45$ سانتی متر اقدام نمایید. دو کنج اتصالات از نوع فارسی بُر و دو کنج دیگر با اتصال فاق و زبانه انجام شود. (شکل ۶۹)



شکل ۶۹

با راهنمایی هنرآموز خود نسبت به ساخت دو عدد بدنه قالب چوبی در اتصال کنج عمودی با پشت‌بندهای قائم و پشت‌بند افقی (کمرکش) و دستک‌های مهاري ۴۵ درجه ذیل اقدام نموده و با رعایت کلیه نکات ایمنی و ملاحظات فنی میخ‌کوبی مطابق شکل ۶۴ قالب شکل ۶۹ را بسازید. دو عدد قالب چوبی ذیل در بدنه فونداسیون منفرد کاربرد داشته و به‌صورت اتصال ۹۰ درجه اتصال فاق و زبانه به یکدیگر متصل می‌شوند. (نماهای جانبی و روبه‌رو در شکل‌های ۷۰ و ۷۱ ارائه شده است).



شکل ۷۰- قالب بدنه چوبی همراه با پشت‌بندهای افقی و عمودی (۲ عدد) با اتصالات فاق و زبانه (نمای روبه‌رو)

۱ ارتفاع بدنه قالب ۵۰ سانتی‌متر و طول بدنه قالب

۱۲۰ سانتی‌متر می‌باشد. (مطابق شکل ۷۰)

۲ برای اتصال و یکپارچه کردن تخته‌های قالب روی هم از قطعات چوبی پشت‌بند استفاده نمایید.

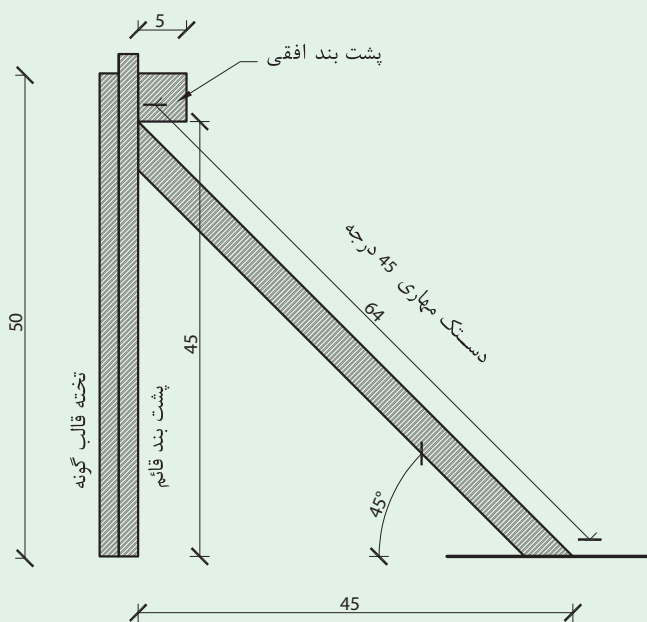
۳ عرض مناسب پشت‌بندها ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر و فاصله پشت‌بندها از هم حداکثر ۶۰ سانتی‌متر می‌باشد. (مطابق شکل ۷۱)

۴ برای اتصال ۹۰ درجه در کنج دو قالب از اتصال فاق و زبانه با گام‌های ۵ سانتی‌متری استفاده نمایید. اتصالات فاق و زبانه را با مغار، چکش و اره دستی ایجاد نمایید و سپس با چوب‌سا داخل اتصالات را قبل از نصب، صاف و صیقلی نمایید.

۵ فاصله اولین پشت‌بند قائم از لبه تخته ۵ سانتی‌متر می‌باشد. آرایش میخ‌کوبی مطابق الگوی شکل ۶۴ رعایت شود.

۶ پس از اتمام کار تخته‌ها را از هم جدا کرده و در جای مناسب انبار کنید. کارگاه را نظافت کنید.

نکته : به‌دلیل آموزشی بودن کار و برای راحتی کشیدن میخ‌ها در انتهای کار، توصیه می‌شود از ابتدای مونتاژ، میخ‌ها تا انتها کوبیده نشوند تا به‌سادگی با چکش میخ‌کش بیرون آورده شوند.



نحوه اتصال دستک مهاري، پشت‌بندهای افقی و قائم به بدنه قالب چوبی (نمای جانبی)

شکل ۷۱

اجرای قالب‌بندی پوتر (تیر) بتن آرمه

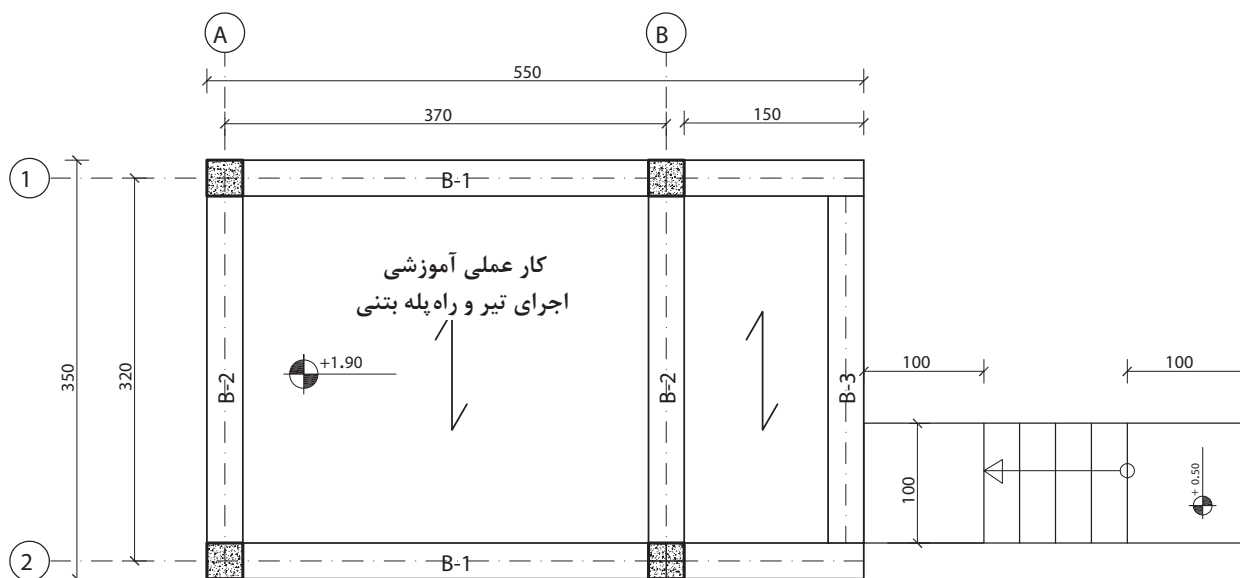
پس از اجرای قالب‌بندی فونداسیون و ستون‌ها در واحد یادگیری اول، قالب‌بندی و آرماتوربندی تیرها در این مرحله انجام می‌شود. (شکل ۷۲)

همان‌گونه که در مقدمه این واحد یادگیری اشاره شد، قالب‌بندی تیرهای بتن آرمه به دو روش زیر قابل انجام است. روش اول: کلیه قطعات قالب‌بندی کفی و گونه تیرها و همه متعلقات و پشت‌بندها و پایه‌های اطمینان زیر تیر صرفاً چوبی است.

روش دوم: که در اکثر پروژه‌های ساختمانی مناطق کشور مرسوم است قالب‌بندی آویزها، قالب‌های جداره خارجی تیر، شمع‌ها و سایر متعلقات، فلزی است. برای کف تیرها از ورق‌های پانچ یا از قالب فلزی یا قالب چوبی و پشت‌بندهای افقی زیر قالب کفی تیر از چوب چهارتراش با مقطع $10 \times 5 \text{ cm}$ در فواصل ۵۰ تا ۷۰ سانتی‌متری استفاده می‌شود.

انتخاب روش اول یا دوم متناسب با امکانات هنرستان و عرف اجرایی محلی بر عهده هنرآموز محترم می‌باشد.

نکته



شکل ۷۲- پلان تیر ریزی

روش اول: قالب‌بندی چوبی تیر بتن آرمه

ساخت قطعات چوبی تیر بتنی مطابق مشخصات فنی، نقشه و تصاویر زیر با راهنمایی هنرآموز مربوطه اجرا می‌شود:

قبل از ورود به معرفی پروژه اجرایی، ابتدا مشخصات فنی و توضیحات اجزای قالب‌های چوبی مورد استفاده در قالب‌بندی تیر بتن آرمه ارائه می‌شود:

- ابعاد ستون‌های پروژه: $30 \times 30 \text{ cm}$ یا $40 \times 40 \text{ cm}$

- ابعاد تیرهای بین دو ستون: (۳۰×۴۰ cm یا ۴۰×۴۰ cm) عرض تیر ۳۰ یا ۴۰ و ارتفاع ۴۰ سانتی متر)
- ضخامت سقف سازه‌ای: ۳۰ cm
- ارتفاع آویز تیرها: ۱۰ cm یا ۱۵
- از تخته قالب‌بندی به عرض ۱۰ یا ۱۵ سانتی متر (به عنوان آویز تیر) به ضخامت ۲ تا ۲/۵ سانتی متر استفاده می‌شود.

■ نکته اجرایی اول پشت‌بندها

در صورت استفاده از قالب چوبی، برای پشت‌بند قائم از تخته قالب‌بندی به عرض ۵ تا ۷/۵ سانتی متر و ضخامت حداقل ۲ سانتی متر و یا مقطع چهارتراش با اندازه ۵×۵ سانتی متر استفاده می‌شود.

■ نکته اجرایی دوم پشت‌بندها

پس از نصب پشت‌بندهای قائم از کمرکش (یا پشت بند افقی) با مقطع چهار تراش ۵×۵ سانتی متر استفاده شده و با استفاده از دستک مهاری ۴۵ درجه، ایستایی قالب بدنه تأمین و از واژگونی آن جلوگیری می‌گردد.

- پس از ساخت قالب‌ها، مجموعه قالب بدنه (گونه) چوبی روی قالب کفی تیر قرار می‌گیرد. مونتاژ قالب کفی تیر نیز پس از برش و تأمین و آماده‌سازی عرض تخته کفی، مطابق زیر اجرا می‌شود.

- مشابه قالب‌های بدنه، قالب کفی تیر نیز از تخته قالب‌بندی به ضخامت ۲ تا ۲/۵ سانتی متر و پشت‌بندهای قائم به فواصل حداکثر ۶۰ سانتی متر با مقطع تخته قالب‌بندی به عرض ۵ تا ۷/۵ سانتی متر و ضخامت حداقل ۲ سانتی متر و یا از چهارتراش با ابعاد مقطع ۵×۵ سانتی متر ساخته شود.

اولین و آخرین پشت بند قائم از لبه کناری قالب گونه بیشتر از ۵ سانتی متر فاصله نداشته باشد.

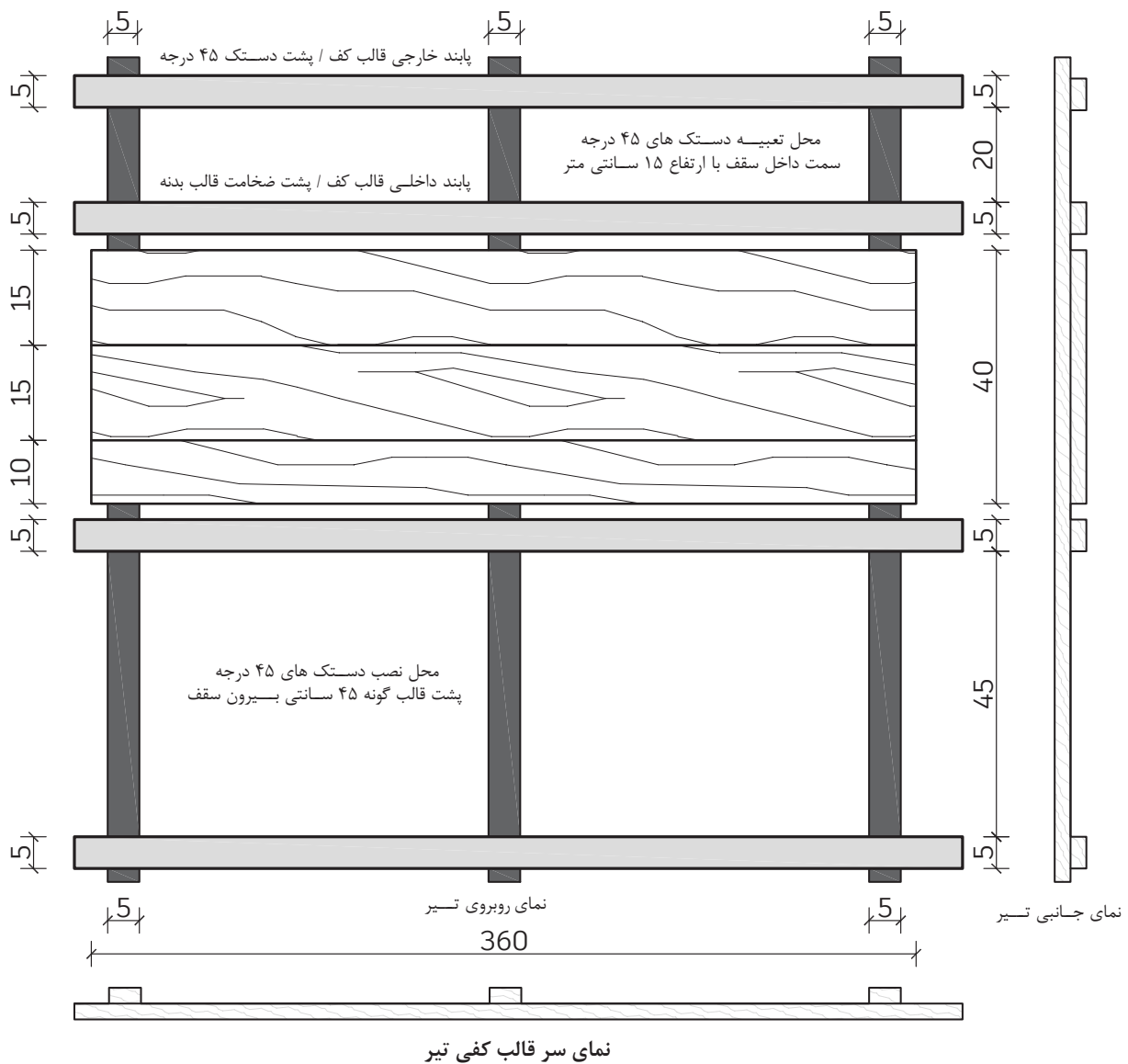
نکته



■ مراحل اجرایی ساخت قالب کفی و گونه‌های چوبی تیر بتن آرمه

■ ساخت قالب‌های کفی تیر

- ۱ مطابق شکل ۷۳ می‌توان از تیر به عرض ۴۰ و یا تیر به عرض ۳۰ سانتی متر با سه عدد تخته ۱۰ سانتی متری یا دو عدد تخته ۱۵ سانتی متری به ضخامت ۲ تا ۲/۵ سانتی متر استفاده نمود.
- ۲ پس از ساخت کف قالب، از هر طرف ۲ تا ۲/۵ سانتی متر (به اندازه ضخامت قالب‌های گونه) فاصله داده و تخته یا چهارتراش به عرض ۵ سانتی متر به عنوان پابند داخلی نصب می‌شود.
- ۳ از یک سمت به میزان ۲۰ سانتی متر و از سمت دیگر ۴۵ سانتی متر از پابندهای داخلی فاصله داده و پابندهای خارجی قالب به عنوان نگهدارنده پایه دستک مهاری ۴۵ درجه نصب می‌شود.



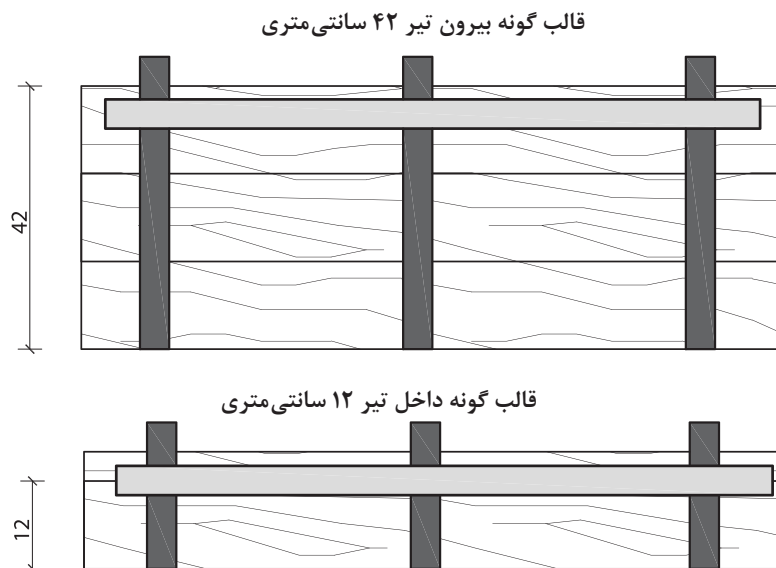
شکل ۷۳

ساخت قالب های گونه

یکی به ارتفاع ۱۲ سانتی متر (۱۰ سانتی متر ارتفاع آویز داخلی + ۲ سانتی متر ضخامت قالب کف) جهت آویز داخلی قالب به عنوان تکیه گاه تیرچه های سقف و دیگری به میزان ۴۲ سانتی متر (۴۰ سانتی متر ارتفاع قالب گونه که همان بعد خارجی ارتفاع تیر می باشد + ۲ سانتی متر ضخامت قالب کف) به عنوان قالب گونه بعد خارجی قالب چوبی مطابق شکل ۷۴.

تذکره: ارتفاع قالب گونه برابر است با ارتفاع تیر بتنی به اضافه ضخامت تخته قالب کف و طول قالب گونه برابر است با طول تیر به اضافه ۱۰ تا ۲۰ سانتی متر نشیمن بر روی قالب ستون ها.

- تذکره ۲: طول قالب گونه‌ها را پس از کسر عرض ۱۰۰ سانتی‌متری ورودی پله‌ها از طرفین سقف با راهنمایی هنرآموز خود محاسبه نمایید.



شکل ۷۴

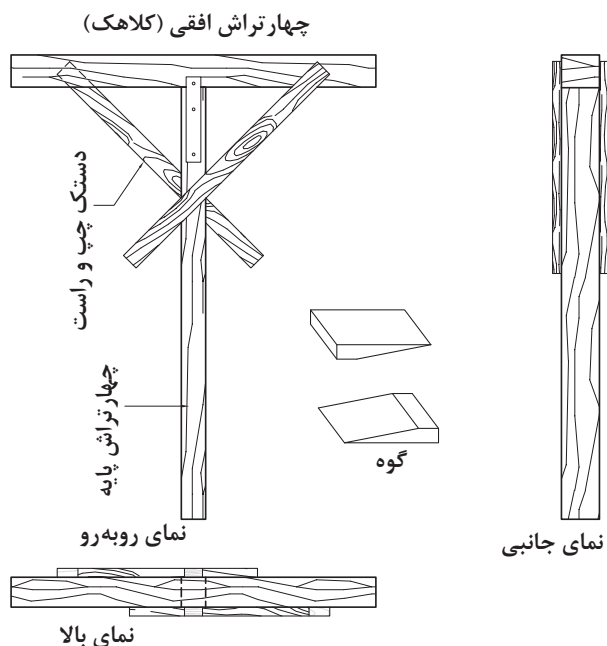
■ نکته اجرایی مهم

در قسمت ورودی پله آموزشی به تراز سقف لازم است ارتفاع قالب‌های گونه داخلی و خارجی تیر بتنی با راهنمایی هنرآموز و استادکار کارگاه محاسبه و برحسب ضخامت پاگرد فوقانی اجرا شود (ضخامت دال پله ۲۰ سانتی‌متر می‌باشد).

■ اجرای شمع‌ها

برای هر دهانه تیر دو سربسته به تعداد ۳ عدد شمع T شکل و برای تیر طره ۲ عدد پایه، مطابق شکل ۷۵ ساخته شود. با توجه به اینکه برخلاف پروژه‌های اجرایی واقعی و به دلیل آموزشی بودن فعالیت کارگاهی، بتن‌ریزی فونداسیون انجام نمی‌شود برای نشیمن زیر شمع‌ها مطابق شکل روبه‌رو از تخته‌هایی به ضخامت پنج سانتی‌متری یا قالب‌های فلزی بر روی لبه قالب فلزی فونداسیون‌های نواری در فواصل زیر شمع‌ها، استفاده می‌شود.

می‌توان از گوه چوبی جهت تنظیم ارتفاع در زیر شمع‌های چوبی بر روی قالب‌های فلزی موقت استفاده نمود.



شکل ۷۵

■ روش دوم: قالب‌بندی رایج تیر بتن آرمه مرسوم در بازار کار (قالب تماماً فلزی)

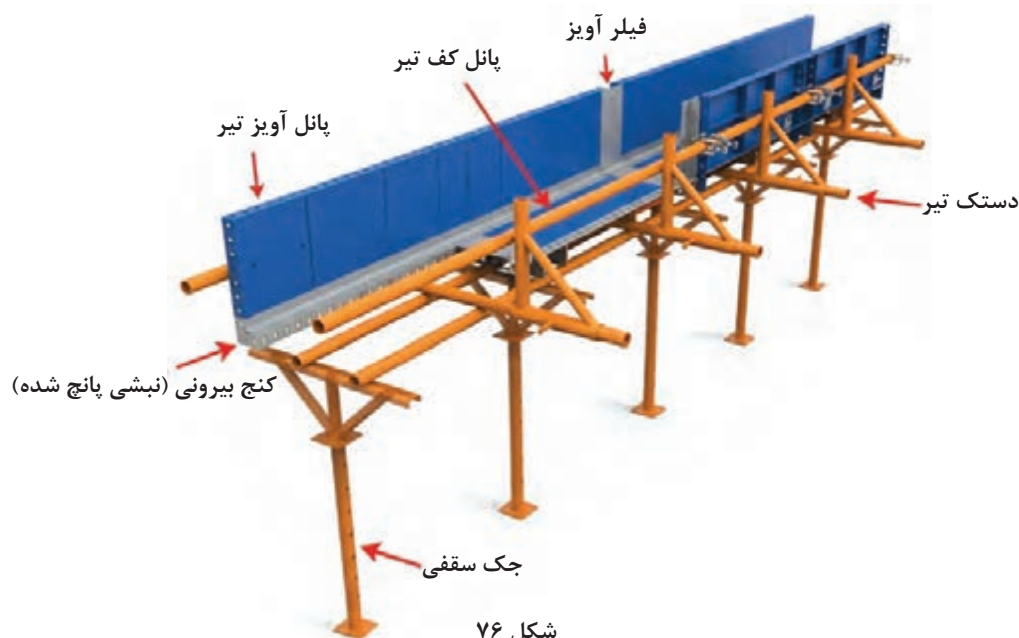
در پروژه‌های ساختمانی مرسوم در بازار کار، جنس مصالح قالب‌بندی قالب کف تیر، قالب‌های گونه، پشت‌بندها و شمع‌های زیرین و سایر اجزا تماماً فلزی می‌باشد و صرفاً برای نشیمن زیر قالب کف تیر از چهارتراش‌های چوبی با ابعاد 10×5 cm استفاده می‌نمایند.

گام‌های اجرایی این روش تا حدود زیادی مشابه روش اجرای قالب چوبی است ولی تفاوت‌هایی به شرح زیر بین این دو روش وجود دارد.

۱ مرحله ساخت قالب‌های چوبی گونه حذف شده و به جای قالب‌های چوبی گونه تیرها از قالب فلزی استفاده می‌شود.

۲ دو عدد لوله داربست به صورت افقی طرفین ستون‌ها و تیر بتنی اجرا می‌شود. این دو عدد لوله داربست با سیم مفتول قالب‌بندی به قطر $2/5$ میلی‌متر (مشهور به سیم نجاری) به لبه‌های قالب ستون متصل می‌شود. دقت شود که این سیم مفتول‌ها تنها نقش ایجاد پایداری جانبی را داشته و در نهایت جک یا شمع زیر لوله‌ها، بار ثقیلی را تحمل می‌نمایند (شکل ۷۶).

۳ چهارتراش‌های چوبی با ابعاد 10×5 cm عمود بر دو لوله داربست افقی در فواصل 50 تا 70 سانتی‌متر با



شکل ۷۶

مفتول بسته شده و سپس مونتاژ و استقرار قالب فلزی کفی تیر با اتصال پین و گوه به عرض 40 سانتی‌متر روی چهارتراش‌ها انجام می‌شود.

در این مرحله، ابتدا چهارتراش‌های چوبی به طول 60 تا 80 سانتی‌متر و با ابعاد و فواصل گفته شده، روی لوله داربست‌های افقی قرار می‌گیرند. چهارتراش‌های چوبی نسبت به عرض تیر از هر طرف 20 سانتی‌متر بلندتر در نظر گرفته می‌شوند. سپس قالب فلزی کف تیر به اندازه دهانه بین دو ستون و به کمک جک‌ها با سر جک صلیبی که در طرفین ستون (داخل دهانه کار) قرار داده شده بر روی پایه‌ها قرار گرفته و جک وسط دهانه نصب می‌شود. در صورت نیاز می‌توان از گوه یا تخته مناسب برای تراز نمودن قالب کف، در ارتفاع



شکل ۷۷



شکل ۷۸

مناسب استفاده نمود. برای جلوگیری از حرکت شمع‌ها آن‌را با سیم آرماتوربندی به قالب کف و سوراخ‌های کناری کف قالب متصل می‌نمایند (شکل ۷۷).

۴ ایجاد خط تراز روی بدنه ستون‌های طرفین دهانه و یا جک‌های زیرکار، توسط شلنگ تراز یا دوربین ترازباب و سپس متر زدن از محل خط تراز ایجاد شده تا زیر قالب کفی تیر برای ایجاد خیز منفی موردنیاز صورت پذیرد.

نکته اجرایی

به دلیل نامطمئن بودن تراز ارتفاعی جک‌ها، بهتر است خط ترازها روی دو ستون طرفین دهانه ایجاد شود و سپس بین دو نشانه ایجاد شده روی بدنه ستون‌ها، ریسمان کشی شده و خط تراز بین دو نشانه ایجاد گردیده و از وسط خط تراز تا زیر قالب کفی تیر، متر زده شود و خیز منفی اعمال گردد (شکل ۷۸).

۵ قالب‌های فلزی گونه‌های بیرونی و آویزهای داخلی به عنوان تکیه‌گاه موقت تیرچه‌های سقف بر روی صفحه قالب کف مستقر شده و به قالب ستون متصل می‌شود. در این مرحله گونیا کردن قالب باید همراه با ثابت نمودن قالب بالای گونه همراه باشد (شکل ۷۹).



جک‌های سقفی
زیر تیر

نمونه قالب‌بندی
مدولار تیر بتنی

قالب کنجی مدولار

شکل ۷۹

۶ جهت اتصال قالب کفی تیر به قالب های فلزی گونه ها از نبش پانچ شده یا کنج بیرونی گونیا استفاده می شود (استفاده از کنج بیرونی پخ دار در تیرهای بتنی مرسوم نمی باشد و صرفاً در ستون ها کاربرد دارد).

۱ مراحل اجرایی قالب بندی و آرماتوربندی تیرهای سازه اجرا شده در واحد یادگیری قبل

۱ ابتدا جدول آرماتور مصرفی تیرها را مطابق نقشه شکل ۷۲ و جدول ۱۱ تهیه نمایید.

جدول ۱۱

موقعیت	شکل آرماتور	نمره آرماتور	تعداد	طول برش (متر)	طول کل (متر)	وزن واحد (KG/m)	وزن کل (کیلوگرم)
آرماتورهای بالا و پایین تیرهای طولی							
آرماتورهای بالا و پایین تیرهای عرضی							
آرماتورهای عرضی تیرهای طولی							
آرماتورهای عرضی تیرهای عرضی							
آرماتورهای عرضی چشمه اتصال							
جمع کل (کیلوگرم)							

۲ لوله های داربستی را با سیم آرماتوربندی به قالب ستون ها محکم کنید. طول لوله ها از هر طرف باید کمی بزرگ تر از اندازه مورد نیاز باشد. در ادامه لوله های عرضی را چسبیده به ستون ها بر روی لوله های طولی قرار داده و با سیم قالب بندی محکم کنید (شکل ۸۰).

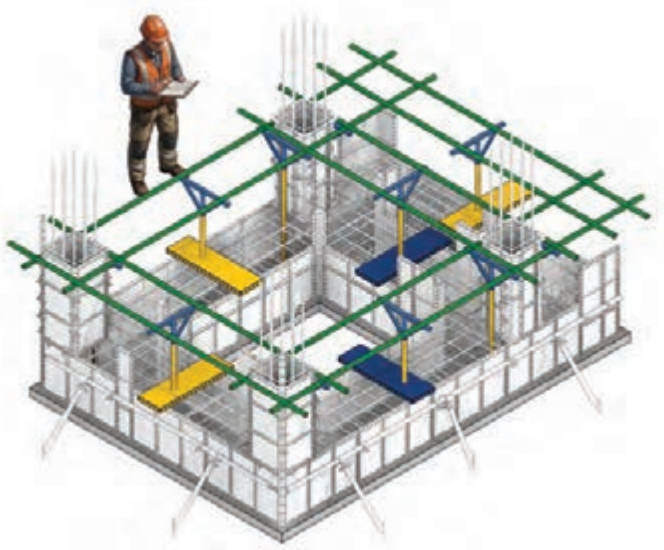


شکل ۸۰



شکل ۸۱

۳ در کنار ستون‌ها و در جهت بلندتر تیرها (شاه‌تیرها)، جک‌های T شکل را بر روی کف فونداسیون (زمین یا بتن مگر) قرار داده و به کمک سیم قالب‌بندی به قالب ستون‌ها محکم ببندید. سعی کنید تا جایی که شبکه آرماتور اجازه می‌دهد جک‌ها در آکس ستون باشد. دقت کنید در کار واقعی جک‌ها بر روی بتن سخت شده فونداسیون قرار می‌گیرد. بالای جک T شکل باید به اندازه ضخامت لوله داربستی به علاوه ضخامت قالب کف (چوبی یا فلزی) پایین‌تر از لبه بالایی قالب ستون باشد. به کمک شلنگ تراز یا تراز لیزری چک کنید که بالای تمام جک‌ها در یک ارتفاع باشد تا تیرها تراز اجرا شوند (شکل ۸۱).
۴ برای اجرای شمع یا جک وسط تیرها می‌توانید از شمع یا جک بلند مشابه پایه‌های کناری استفاده نمایید یا در وسط نوارهای فونداسیون یک قالب فلزی به عنوان نشیمن قرار داده و شمع یا جک را روی آنها قرار دهید (شکل ۸۲).



شکل ۸۲

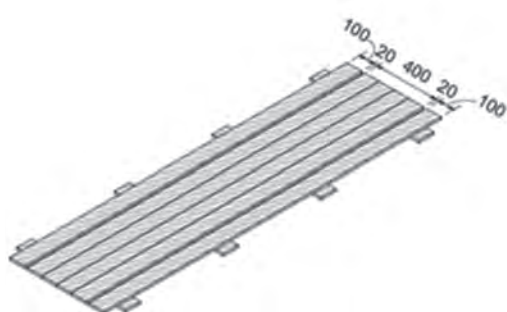
برای پایه‌های کناری یا وسط می‌توانید از جک‌های فولادی T شکل آماده استفاده کنید یا از پایه‌های چوبی ساخته شده مطابق شکل ۷۵ در کارگاه استفاده نمایید. اگر برای تراز نمودن صفحه قالب لازم باشد کف قالب بالا برده شود دو سطح شیب‌دار گوه به هم نزدیک می‌شوند و بیشتر روی یکدیگر قرار می‌گیرند. برای پایین آوردن کف قالب دو گوه را از هم دور می‌کنند. پس از تراز شدن سطح کف قالب، گوه‌ها را با یک میخ به هم متصل می‌کنند تا از حرکت آنها جلوگیری شود.

نکته





توجه شود که برای بازکردن راحت‌تر قالب، سر میخ کمی بیرون از گوه‌ها باشد (میخ تا انتها در داخل گوه کوبیده نشود).



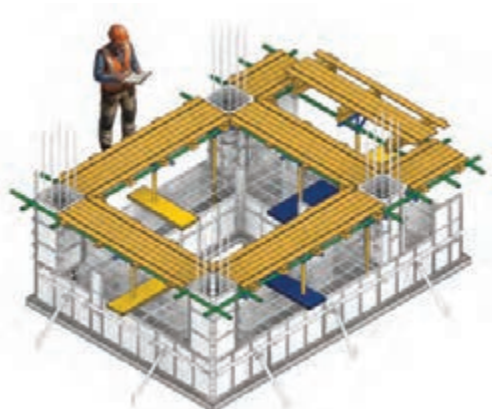
شکل ۸۳

۵ برای قالب‌های کف تیر می‌توانید از کفی چوبی ساخته شده از چهارتراش مطابق شکل ۷۳ یا ۸۳ یا تخته سه لایی استفاده نمایید.

۶ برای نصب قالب‌های کف تیر کف‌های چوبی ساخته شده از چهارتراش را بر روی لوله‌ها قرار داده و با سیم آرماتوربندی ببندید. ضخامت چهارتراش‌ها باید به اندازه‌ای باشد که روی کف تیر با روی قالب ستون همسطح باشد همچنین می‌توانید از قالب‌های فلزی یا ورق‌های پانچ شده برای قالب کف تیر (مطابق با امکانات هنرستان) استفاده نمایید (شکل ۸۴).



شکل ۸۴



■ آرماتوربندی تیرها

■ نکته اجرایی اول

در کارهای کوچک مثل فعالیت‌های آموزشی امکان بافت مجموعه آرماتورها در روی زمین و سپس قراردادن مجموعه بافته شده در قالب وجود دارد. لیکن در پروژه‌های واقعی ساختمانی که امکان جابه‌جایی آرماتورهای بافته شده به دلیل وزن زیاد وجود ندارد آنها را بر روی قالب در محل اجرا به هم می‌بافند.

■ نکته اجرایی دوم

آرماتورهای تیرها در تراز حدود نیم تا یک متر بالاتر از سطح قالب انجام می‌شود. در این حالت آرماتوربند تسلط بیشتری به کار دارد و مجبور نیست ساعت‌ها به صورت خم شده کار آرماتوربندی تیرها را انجام دهد. پس از مونتاژ آرماتورهای طولی و عرضی، آرماتورهای کمکی نگهدارنده باز شده و مجموعه آرماتورهای بافته شده روی قالب کفی قرار می‌گیرند (شکل ۸۵).



شکل ۸۵



شکل ۸۶

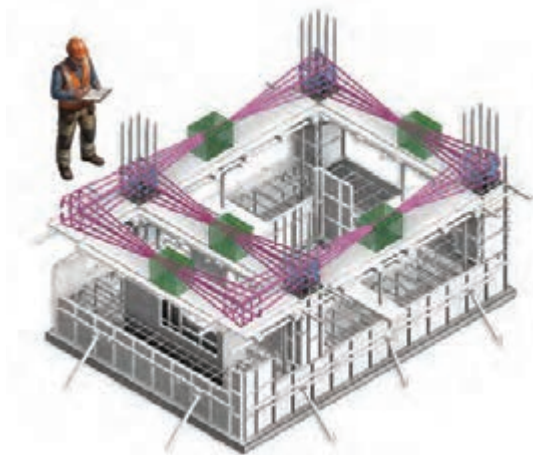
۷ پس از اجرای قالب کف تیر و قبل از اجرای قالب‌های آویز و پیرامونی تیرها باید آرماتوربندی تیرها انجام شود ابتدا ۳ عدد آرماتور نمره ۱۲ طولی شبکه پایین تیرها را که مطابق نقشه اجرایی و لیستوفر برش و خم زده شده اجرا نمایید. (شکل ۸۶)



شکل ۸۷

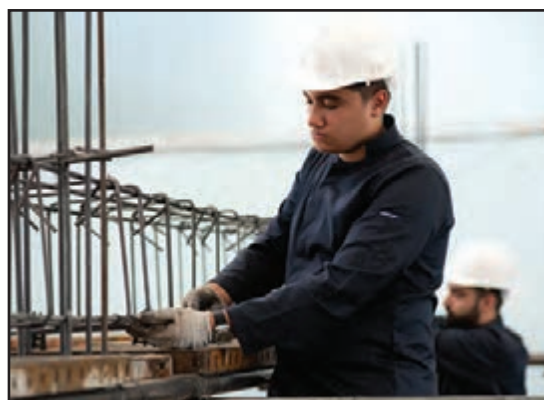
۸ سه عدد آرماتورهای عرضی چشمه اتصال را در محل اتصال تیر به ستون را جایگذاری نمایید سپس آرماتورهای اصلی شبکه بالا را مطابق شبکه پایین اجرا نمایید. (شکل ۸۷)

۹ آرماتورهای اصلی شبکه بالا و پایین را از وسط دهانه به سمت داخل جمع نمایید. آرماتورهای عرضی تیر را از محل خم اندکی باز نموده و از بین آرماتورهای اصلی رد کنید (شکل ۸۸).



شکل ۸۸

۱۰ از لبه ستون‌های دو طرف تیر به فاصله ۵ سانتی‌متر اولین آرماتور عرضی را بسته و مابقی را تا طول ۸۰ سانتی‌متر از هر طرف و به فاصله هر ۱۰ سانتی‌متر با سیم آرماتوربندی به آرماتورهای اصلی ببندید. در طول باقی‌مانده در وسط تیر آرماتور عرضی‌ها را به فاصله هر ۱۵ سانتی‌متر ببندید. آرماتورهای عرضی کنسول‌ها را از انتهای کنسول وارد نموده و به فاصله هر ۱۵ سانتی‌متر اجرا نمایید. در نهایت شبکه آرماتورها را با آزادسازی نگهدارنده پایین آورده و بروی فاصل نگهدارها (Spacer) قرار دهید (شکل ۸۹).



شکل ۸۹

۱۱ تیرهای دو سر کنسول را با یک تیر فرعی به عرض ۲۵ سانتی متر و هم ارتفاع تیرهای اصلی با ۲ آرماتور اصلی نمره ۱۲ در شبکه بالا و پایین و آرماتورهای عرضی نمره ۸ به فاصله هر ۱۵ سانتی متر اجرا نمایید (شکل ۹۰).

استفاده از دابل تیرچه به جای کلاف بتنی که در پروژه‌های ساختمانی مرسوم است نادرست است.

نکته



شکل ۹۰

۱۲ پس از اتمام آرماتور بندی، قالب‌های گونه داخلی و خارجی را در محل خود نصب نموده و شاقول بودن آنها را با تراز، شاقول و گونیا انجام دهید (شکل ۹۱).



شکل ۹۱

۱۳ برای قالب‌بندی جداره بیرونی تیرها می‌توان از قالب چوبی مطابق شکل ۷۴ یا از قالب‌های فلزی استفاده نمود. در صورت استفاده از قالب چوبی می‌توان آنها را در شیارهای داخل قالب کف چوبی نصب نمود (شکل ۹۲).



شکل ۹۲

■ خیز منفی تیرها

مطابق نشریه‌های شماره ۵۴۳ و ۹۴ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی باید در وسط دهانه تیرها و تیرچه‌های دوسر بسته، خیز مناسبی به طرف بالا (خیز منفی) به تیرها و تیرچه‌های بتنی اعمال شود تا پس از بتن ریزی و یکپارچه شدن سقف و وارد شدن بارهای وارده، این خیز منفی حذف شود. این تغییر شکل وسط دهانه را قبل از بتن‌ریزی و در حین قالب‌بندی با خیز منفی رو به بالا توسط پایه‌ها و به مقدار خیز مجاز آیین‌نامه به وسط دهانه تیر اعمال می‌نمایند. در تیرهای طره نیز می‌بایست خیز منفی در نوک تیر طره به سمت بالا اعمال گردد. برای تیرهایی که از دو طرف تیرچه روی آنها می‌آید حدود ۶ تا ۷ میلی‌متر و برای تیرهای بتنی که فقط از یک طرف بار تیرچه را تحمل می‌کنند حدود ۴ تا ۵ میلی‌متر و برای تیرهایی که بار تیرچه تحمل نمی‌کنند و صرفاً بار دیوار روی آنهاست و همچنین برای تیرچه‌ها ۲ تا ۳ میلی‌متر به ازای هر متر طول در نظر گرفته می‌شود و به لحاظ محاسباتی برای تیرهای کنسول (طره) به ازای هر متر طول حدود ۱۰ تا ۱۲ میلی‌متر اعمال می‌گردد.



عدم رعایت خیز منفی در تیرها و تیرچه‌ها، منجر به افتادگی تیر در اثر اعمال بار شده که باعث ایجاد حس ناامنی نسبت به سازه و آسیب به نازک‌کاری ساختمان خواهد شد.

شکل ۹۳

برای اعمال خیز منفی ابتدا لازم است یک خط تراز در زیر تیر داشته باشید. برای این کار به وسیله شیلنگ تراز یا دوربین تراز یاب روی قالب همه ستون‌ها علامت بزنید. سپس به کمک یک ریسمان دو ستون را به هم وصل نمایید به شکلی که ابتدا و انتهای ریسمان روی علامت باشد. در این حالت جک‌های تنظیم کننده زیر قالب کفی تیر براساس خط تراز ایجاد شده در یک ارتفاع قرار می‌گیرند. سپس میزان خیز منفی قالب کف تیر اعمال می‌شود.

تیرهای بتنی بعد از بارگذاری و در طول زمان تحت تأثیر بارهای وارده تغییر شکل داده و وسط دهانه تیر اندکی رو به پایین می‌آید و خیز حذف می‌شود.

تمرین کلاسی



با راهنمایی هنرآموز خود برای تیرهای با دهانه ۳/۶۰ متری (بدون تحمل بار تیرچه) و دهانه ۴ متری (با فرض تحمل بار تیرچه از یک طرف) و توضیحات فوق‌الذکر، مقدار خیز منفی وسط این تیرها را محاسبه نمایید.



در این مرحله می‌بایست خیز منفی وسط دهانه تیرهای دوسر بسته و خیز منفی نوک تیر طره را به سمت بالا طبق توضیحات و مقادیر گفته شده اعمال نمود. جهت تأمین خیز منفی پایه‌های وسط را به اندازه ۳ تا ۴ سانتی‌متر به کمک گوه بالاتر ببرید (شکل ۹۴).

شکل ۹۴

محاسبه مقدار مصالح مصرفی و کار انجام شده (متره)

جدول ۱۲- مساحت قالب‌بندی تیرها

ردیف	شرح	تعداد	طول (متر)	عرض (متر)	ارتفاع (متر)	مساحت (مترمربع)
۱	قالب جداره‌های بیرونی طولی	۲	۴/۵	---	۰/۴۰	۳/۶۰
جمع کل مساحت قالب‌بندی (مترمربع)						

■ قالب‌بندی و آرماتوربندی راه‌پله

برای تکمیل پروژه کارگاهی مستمر، پس از اتمام قالب‌بندی تیرهای سقف، قالب‌بندی و آرماتوربندی پله مطابق شکل ۹۵ انجام می‌شود. پاگرد بالایی پله از لبه داخلی تیر محاسبه خواهد شد. درواقع تیر بتنی بخشی از پاگرد بالایی خواهد بود. برای تأمین نشیمن پاگرد پایینی می‌توانید یک فونداسیون نواری به ارتفاع فونداسیون سازه اصلی، طول و عرض حداقل به اندازه پاگرد پایینی اجرا نمایید. همچنین می‌توان به جای فونداسیون نواری یک نشیمن آجری به ابعاد پاگرد اجرا نمود.

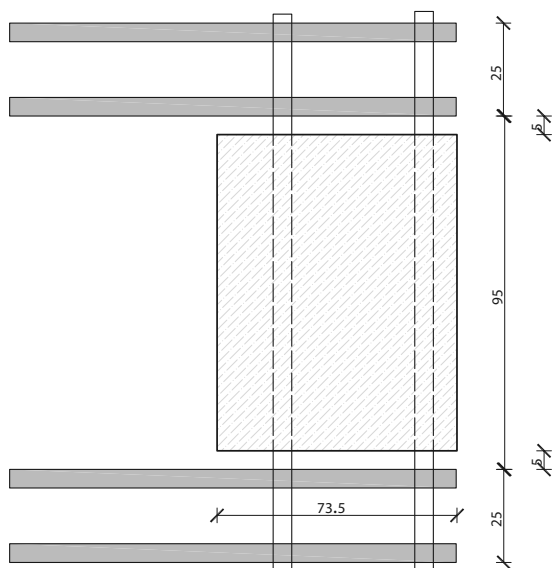
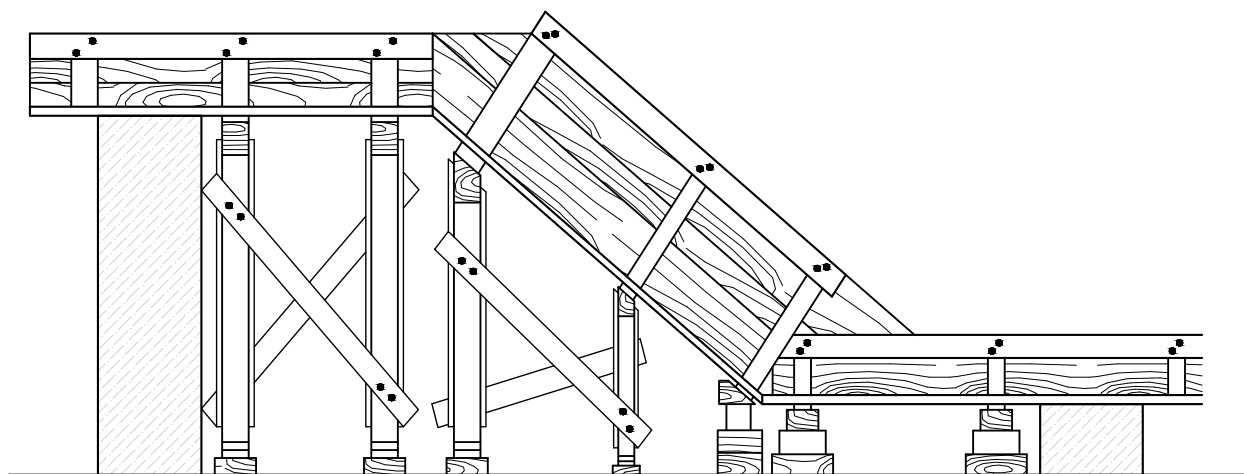


شکل ۹۵

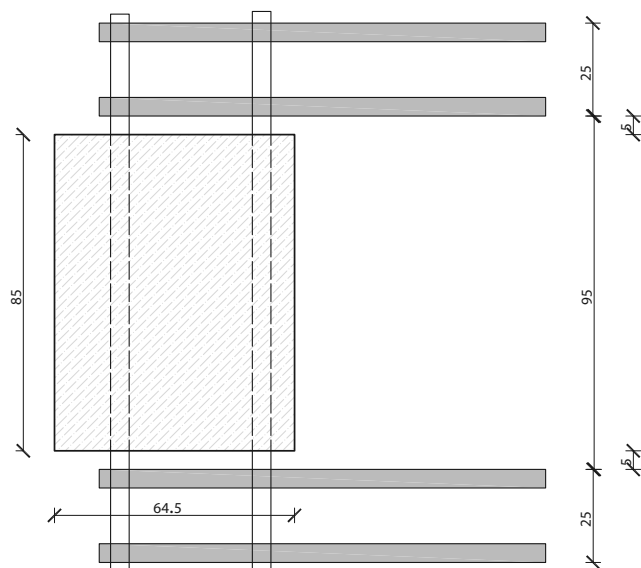
در این واحد یادگیری قالب‌بندی این بازوی یک‌طرفه با قالب فلزی انجام می‌شود. انتخاب قالب چوبی یا فلزی و یا به صورت ترکیبی از هر دو با توجه به تجهیزات و امکانات موجود در کارگاه هنرستان انجام می‌شود.

■ مراحل اجرایی قالب‌بندی چوبی راه‌پله

۱ ابتدا با توجه به نکات آموزشی قالب‌بندی چوبی که در این واحد یادگیری آموزش دیده‌اید و با توجه به ابعاد پله و مطابق نقشه‌های ارائه شده در شکل‌های ۹۶ و ۹۷ قالب‌های چوبی راه‌پله را بسازید.

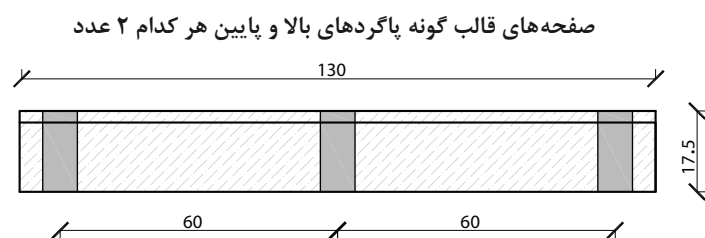
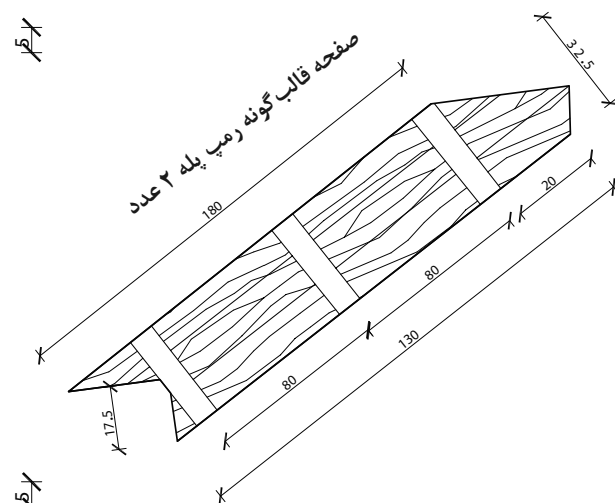
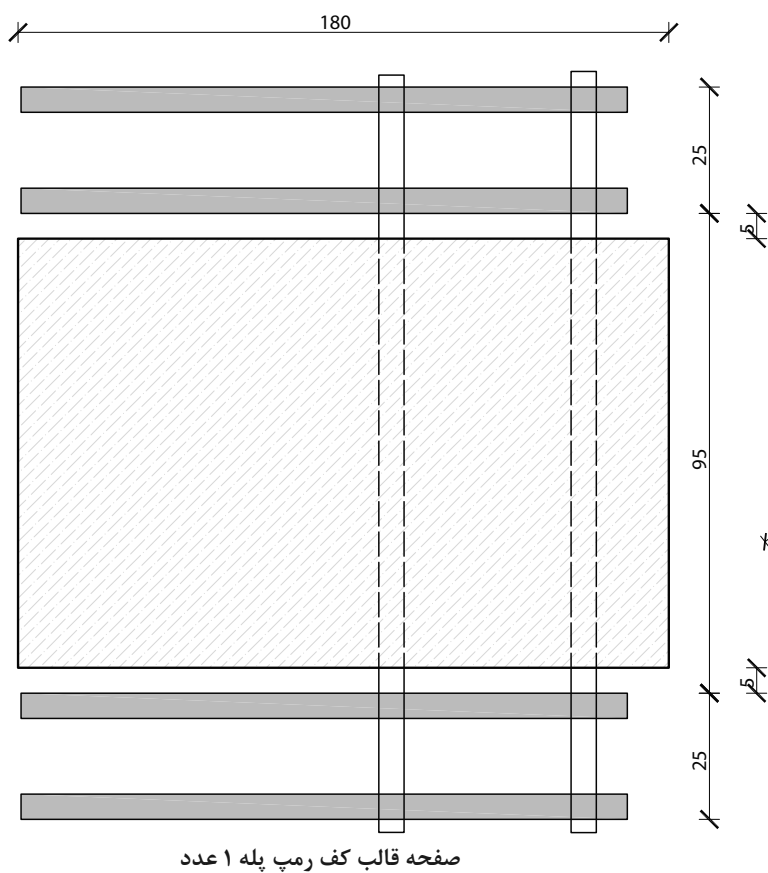


صفحه قالب کف پاگرد پایین ۱ عدد



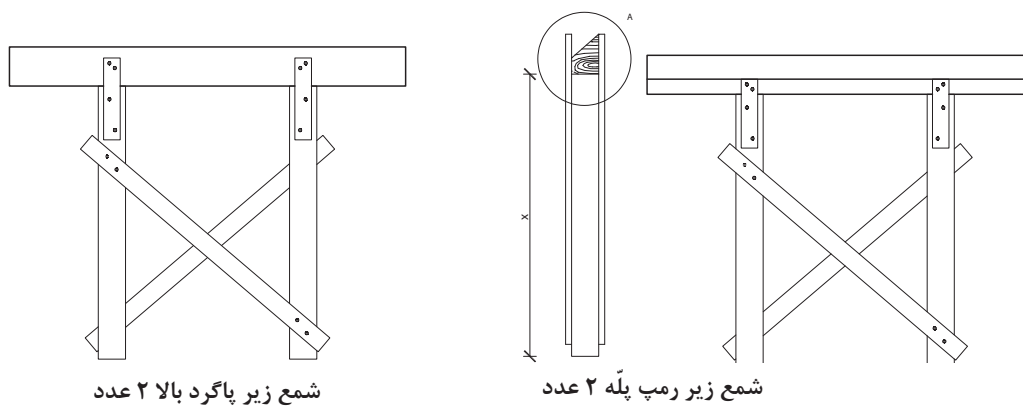
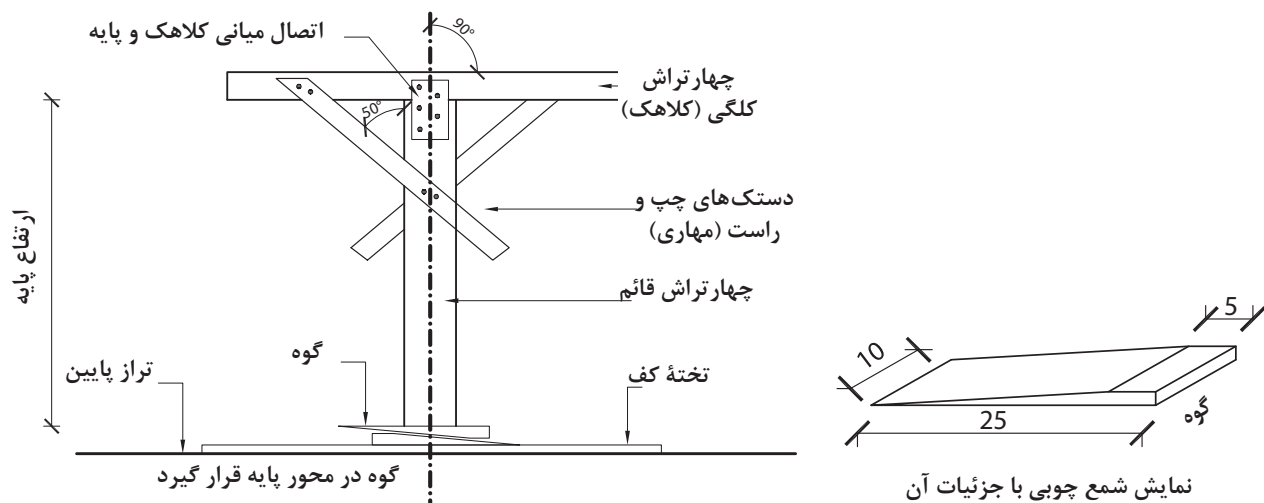
صفحه قالب کف پاگرد بالا ۱ عدد

شکل ۹۶



شکل ۹۷

۲ شمع‌های ساخته شده را به عنوان پایه‌ها تنظیم نموده و در قسمت زیر شمشیری پله و زیر پاگرد بالا اجرا نمایید (شکل ۹۸).



شکل ۹۸

۳ ابتدا نشیمن آجری یا فلزی به ابعاد $۱۰۰ \times ۱۰۰ \times ۵۰$ سانتی متر را به فاصله داخل به داخل ۱۷۰ سانتی متر از کناره فونداسیون سازه اصلی مطابق شکل ۹۹ اجرا نمایید.



شکل ۹۹

۴ صفحه قالب کف پاگرد بالا و پایین و شمشیری ساخته شده را مطابق شکل ۱۰۰ نصب نمایید. سپس با شمع‌های مربوطه به وسیله گوه تراز نموده و گوه‌ها را میخ کنید. شمع‌ها را پس از شاقول نمودن از طریق چپ و راست در دو جهت کاملاً تثبیت کنید (شکل ۱۰۰).



شکل ۱۰۰

■ آرماتوربندی راه پله

۱ ابتدا مطابق جدول ۱۳ آرماتور موردنیاز راه پله را براساس نقشه محاسبه نمایید.

جدول ۱۳- لیستوفر آرماتور مصرفی راه پله ها

ردیف	شرح	نمره آرماتور	تعداد	طول برش (متر)	طول کل (متر)	وزن واحد (Kg/m)	وزن کل (کیلوگرم)	توضیحات
جمع کل آرماتور مصرفی								کیلوگرم



شکل ۱۰۱

۲ ابتدا آرماتورهای عرضی شبکه پایین نمره ۸ را به فاصله هر ۱۵ سانتی متر بر روی قالب اجرا نمایید (شکل ۱۰۱).



شکل ۱۰۲

۳ آرماتورهای طولی شبکه پایین نمره ۱۲ را به فاصله هر ۱۵ سانتی متر بر روی قالب اجرا نمایید (شکل ۱۰۲).



شکل ۱۰۳

۴ آرماتورهای طولی و عرضی شبکه بالا را به همین ترتیب اجرا نمایید (شکل ۱۰۳).



شکل ۱۰۴

۵ صفحات قالب گونه پاگردهای پایین و بالا را در محل خود مستقر کرده و با استفاده از گونیای فلزی آنها را گونیا کنید و برای جلوگیری از حرکت آنها بین کمرکش گونه ها و پایین خارجی صفحه کف قالب، می توانید دستک های مناسب قرار دهید (شکل ۱۰۴).

■ محاسبه مقدار مصالح مصرفی و کار انجام شده (متره)

جدول ۱۴- مساحت قالب بندی پله ها

ردیف	شرح	تعداد	طول (متر)	عرض (متر)	ارتفاع (متر)	مساحت (مترمربع)	توضیحات
	جمع کل مساحت قالب بندی						مترمربع

ارزشیابی شایستگی اجرای قالب‌بندی تیر و سقف بتنی

نام و نام خانوادگی :		شماره ملی:		تاریخ ارزشیابی:	
کد حرفه	۷۱۱۱۱۲	حرفه :	ساختمان‌سازان (اسکلت کاران بتنی و فولادی)	کدپیمانه / پودمان	۷۱۱۱۲۳۰۱۲
کد وظیفه شغل	۷۱۱۱۲۳۰۱	وظیفه شغل:	ساختمان‌سازی بتنی	سطح صلاحیت	۱۳
کد کار	۷۱۱۱۲۳۰۱۲۲	کار	اجرای قالب‌بندی تیر و سقف بتنی	سطح شایستگی	مهارت

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص‌ها/داوری/نمره دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	آماده‌سازی محیط کارگاه، تهیه ابزار کار از انبار هنرستان	دستکش کار و لوازم ایمنی، قالب‌های چوبی و میخ و چکش، اره، چوسا، جک‌های چوبی و گوه قالب‌های فلزی شامل انواع پانل‌ها، پین و گوه، کنج‌های داخلی و خارجی، نبش پانچ شده، جک فلزی و سرچک صلیبی، گیره اتصال، لوله داربست، سیم قالب‌بندی	مشاهده رفتاری، چک‌لیست نگرشی، فرم امتیازدهی متر فلزی، گونیای فلزی مخصوص قالب‌بندی، شیلنگ تراز یا دوربین ترازباب، ریسمان کار	آماده‌سازی مرتب و کامل ابزار	۳	
					۲	
					۱	
۲	تهیه لیستوفر آرماتور مصرفی تیرها و راه پله	برگه A4، نوشت‌افزار، ماشین‌حساب مهندسی	چک‌لیست نگرشی، فرم امتیازدهی برگه A4، نوشت‌افزار، ماشین‌حساب مهندسی	ترسیم صحیح جدول متناسب با تعداد موقعیت‌ها (Position)، توانایی محاسبه و جرم کل	۳	
					۲	
					۱	
۳	برش کاری، خم‌زدن و ساخت آرماتورهای طولی و عرضی تیرها و راه پله مطابق نقشه	آرماتور، گاز انبر، میز و صفحه خم، قیچی میلگرد بُری	رویت چشمی (مشاهده رفتاری)/ چک‌لیست نگرشی/ فرم امتیازدهی متر فلزی - گونیا	محاسبه دقیق و اجرای خم‌های ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ درجه، توانایی اجرای دقیق اندازه پشت تا پشت میلگردها، محاسبه دقیق طول پس از خم و قطر خم	۳	
					۲	
					۱	
۴	اجرای آرماتوربندی و قالب‌بندی چوبی و فولادی تیرهای پروژه کارگاهی	قالب‌های چوبی و میخ و چکش، اره، چوسا، جک‌های چوبی و گوه و متر فلزی و میز کار و گیره رومیزی فلزی قالب‌های فلزی شامل انواع پانل‌ها، پین و گوه، کنج‌های داخلی و خارجی، نبش پانچ شده، جک فلزی و سرچک صلیبی، گیره اتصال، لوله داربست، سیم قالب‌بندی	رویت چشمی (مشاهده رفتاری)، چک‌لیست نگرشی، فرم امتیازدهی متر فلزی، گونیای فلزی مخصوص قالب‌بندی، شیلنگ تراز یا دوربین ترازباب، ریسمان کار	قالب‌بندی استاندارد بدون درز و بدون اعوجاج طولی تیرها، رعایت دقیق پوشش بتن، هم‌راستا بودن میلگردهای طولی و رعایت نظم در آرماتوربندی	۳	
					۲	
					۱	
۵	اجرای آرماتوربندی و قالب‌بندی چوبی و فولادی راه پله پروژه کارگاهی	قالب‌های چوبی، میخ و چکش، اره، چوسا، جک‌های چوبی و گوه و متر فلزی و میز کار و گیره رومیزی فلزی قالب‌های فلزی شامل انواع پانل‌ها، پین و گوه، کنج‌های داخلی و خارجی، نبش پانچ شده، جک فلزی و سرچک صلیبی، گیره اتصال، لوله داربست، سیم قالب‌بندی	رویت چشمی (مشاهده رفتاری)/ چک‌لیست نگرشی/ فرم امتیازدهی متر فلزی، گونیای فلزی مخصوص قالب‌بندی، شیلنگ تراز یا دوربین تراز باب، ریسمان کار،	قالب‌بندی استاندارد بدون درز و بدون اعوجاج طولی قالب‌ها جای‌گذاری میلگردها و همچنین اجرای شیب پله به‌صورت استاندارد	۳	
					۲	
					۱	
نمایشگری‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش:		چک‌لیست نگرشی، فرم امتیازدهی	رعایت انضباط کارگاهی، استفاده ایمن از ابزارها، رعایت اصول ایمنی و ارگونومی، استفاده بهینه از مواد مصرفی و جلوگیری از اتلاف سایر ملزومات، مسئولیت‌پذیری، دقت و توجه به کیفیت انجام کار			
عدم رعایت انضباط کارگاهی، استفاده غیراصولی از ابزارها، بی‌توجهی به اصول ایمنی و بهداشتی، مصرف نامناسب مواد و تجهیزات، بی‌دقتی در انجام کار و نیاز به تذکر برای اصلاح عملکرد						

بله ☐

خیر ☐

ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)

توضیحات:

۱) معیار شایستگی انجام کار:

- کسب حداقل نمره ۲ از مراحل ۴ و ۵ (مراحل بحرانی)

- کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش

- کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

۲) تعریف سطوح شایستگی: صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف‌کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.



پودمان سوم

اجرای سقف بتنی



واحد یادگیری ۱: اجرای سقف تیرچه و بلوک

مقدمه

یکی از اجزای اصلی تشکیل دهندهٔ ساختمان‌ها، سقف‌ها هستند که وظیفه انتقال نیروهای ناشی از بارهای ثقلی نظیر وزن افراد و اجسام و همچنین بارهای جانبی نظیر باد و زلزله را به سایر اعضای باربر سازه‌ای بر عهده دارند. انواع سقف‌های بتنی شامل دال‌های توپر و دال‌های توخالی (مجوف و مشبک) نظیر تیرچه و بلوک می‌باشد. در این واحد یادگیری به ویژگی‌ها و روش‌های اجرایی یکی از رایج‌ترین انواع سقف در سازه‌های بتنی ایران، سقف‌های تیرچه و بلوک پرداخته می‌شود.

استاندارد عملکرد

در پایان این واحد یادگیری هنرجویان باید بتوانند مراحل اجرای سقف‌های تیرچه و بلوک را مطابق استانداردهای مرتبط و ضوابط ایمنی اجرا نمایند. در نهایت با لحاظ نمودن ضوابط ایمنی و زیست‌محیطی عملیات جمع‌آوری و تمیزکاری محل اجرای سقف را اجرا نموده و مطابق ضوابط ارزشیابی شایستگی محور در پایان پودمان مورد ارزشیابی قرار خواهند گرفت.

استانداردهای مرتبط با موضوع اجرای سقف تیرچه و بلوک

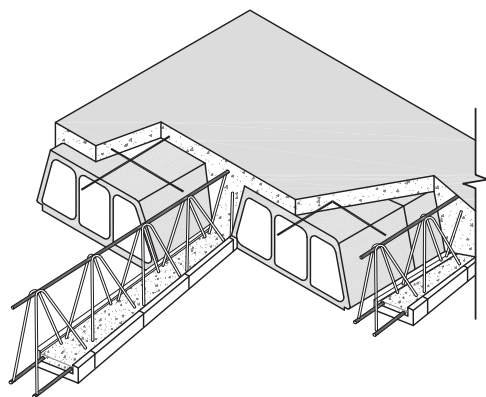
- ۱ نشریه ۵۴۳ دستورالعمل طراحی و اجرای سقف‌های تیرچه و بلوک، تیرچه‌های پیش ساخته خربایی و تیرچه‌های فولادی با جان باز - سازمان برنامه و بودجه، دفتر نظام فنی اجرایی - ویرایش ۱۳۹۰
- ۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۱۰۸ - پلی‌استایرن منبسط شده - بلوک‌های مورد مصرف در سقف‌های تیرچه بلوک و صفحات مورد مصرف در کارهای عمرانی - ویژگی‌ها - ویرایش ۱۴۰۱
- ۳ استاندارد ملی ۲۹۰۹-۱: سقف‌های تیرچه بلوک - قسمت ۱: خرپای تیرچه و تیرچه خربایی - ویژگی‌ها و روش آزمون



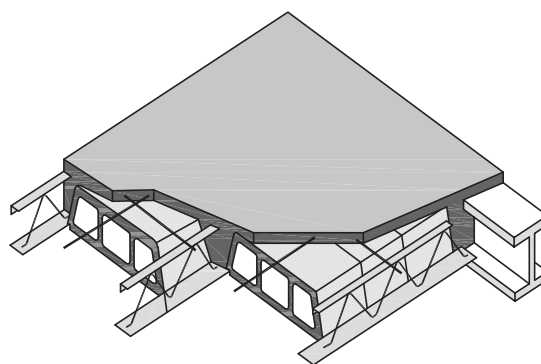
شکل ۱

سقف‌های تیرچه و بلوک

سقف‌های تیرچه و بلوک به دو دسته کلی سقف‌های با تیرچه‌های پیش ساخته بتنی و سقف‌های با تیرچه‌های فولادی با جان باز^۱ تقسیم‌بندی می‌شوند. این نوع سقف‌ها دارای تفاوت‌هایی از نظر جزئیات ساخت تیرچه و اجرا می‌باشند. از سقف‌های تیرچه و بلوک بتنی در سازه‌های بتنی و از سقف‌های با تیرچه با جان باز در سازه‌های فولادی استفاده می‌شود. در این واحد یادگیری به سقف‌های با تیرچه‌های پیش ساخته بتنی (تیرچه و بلوک) پرداخته می‌شود (شکل ۲).



ب) سقف تیرچه و بلوک با تیرچه بتنی

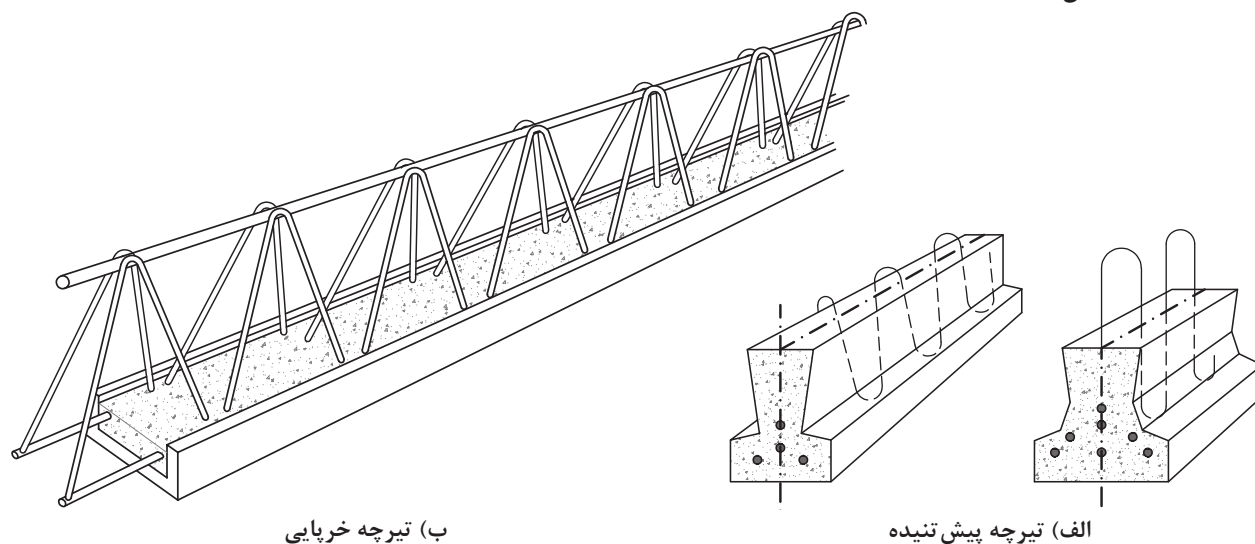


الف) سقف تیرچه و بلوک با تیرچه فولادی با جان باز

شکل ۲

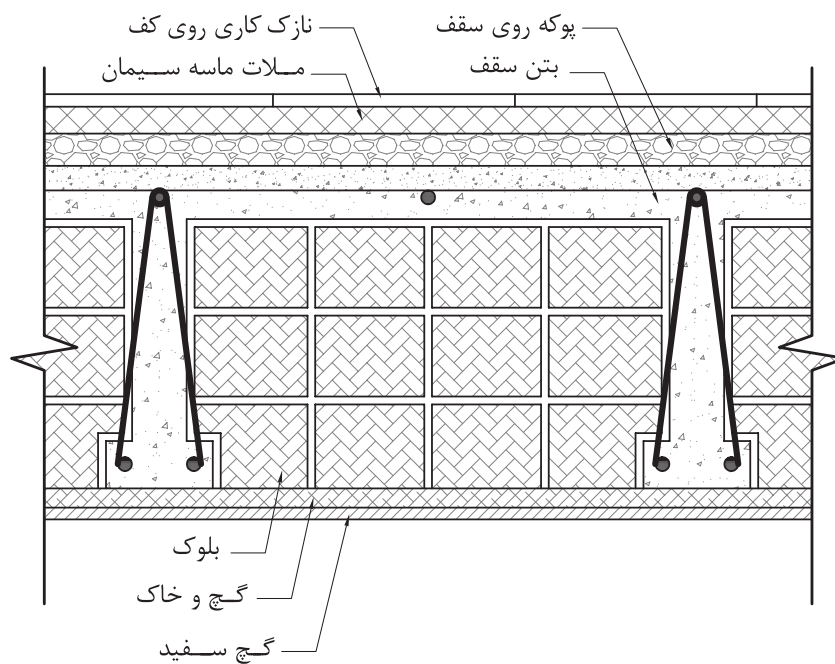
۱- این نوع سقف‌ها در بازار با نام تجاری تیرچه کرومیت شناخته می‌شوند.

تیرچه‌های پیش ساخته بتنی در دو نوع تیرچه خرپایی و تیرچه پیش تنیده تولید و به کار برده می‌شوند (شکل ۳).



شکل ۳

سقف تیرچه و بلوک از سه بخش تیرچه فولادی پیش ساخته، بلوک و بتن تشکیل شده است. پس از جای گذاری تیرچه‌ها در سقف و شمع بندی زیر تیرچه‌ها، بلوک گذاری، میلگرد گذاری و در نهایت بتن ریزی سقف انجام خواهد شد (شکل ۴).



شکل ۴

■ بارگذاری تیرچه‌ها

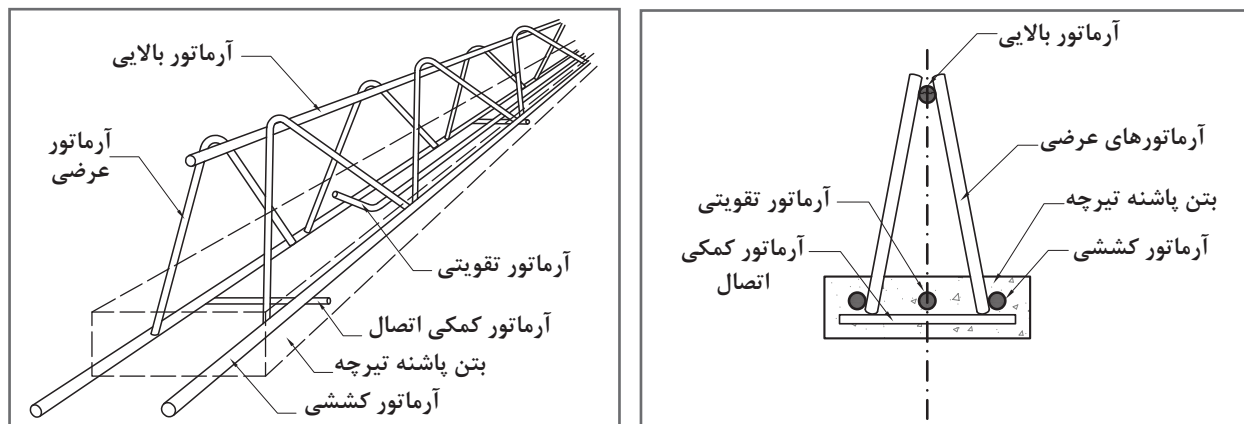
تیرچه‌ها در سه مرحله تحت بارگذاری قرار می‌گیرند:

- الف) مرحله اول:** تیرچه در مرحله حمل و نقل، بار ناشی از وزن خود را تحمل می‌کند.
- ب) مرحله دوم:** تیرچه در زمان اجرای سقف بار مرده ناشی از اجزای سقف (وزن خود تیرچه، بلوک و بتن سقف) و همچنین بارهای زنده حین اجرا (وزن کارگران و تجهیزات و...) را تحمل کرده و به تکیه‌گاه‌های موقت (شمع‌بندی‌ها) منتقل می‌کند. این مرحله تا قبل از رسیدن مقاومت بتن ریخته‌شده به مقاومت لازم ادامه دارد.
- ج) مرحله سوم:** پس از رسیدن مقاومت بتن ریخته‌شده به مقاومت لازم، تکیه‌گاه‌های موقت برداشته شده و تیرچه‌های بتن مسلح، بار ناشی از بارهای مرده و زنده در هنگام بهره‌برداری را تحمل می‌کند.

■ مراحل اجرای سقف تیرچه بلوک

۱ ساخت تیرچه (خرپای) فولادی پیش‌ساخته

تیرچه‌ها (خرپای فولادی) پیش‌ساخته مطابق مشخصات ارائه شده در شکل ۵ در کارخانه ساخته می‌شوند.



شکل ۵- اجزای تیرچه پیش‌ساخته خرپایی

تیرچه‌ها حتماً باید در کارخانه و به صورت استاندارد تولید شود و ساخت خرپای تیرچه‌ها به صورت دستی در محل کارگاه ممنوع است.

نکته

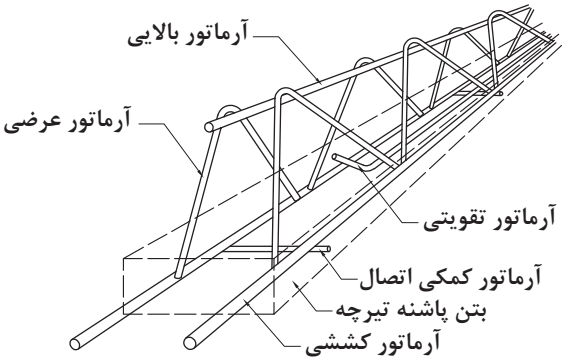
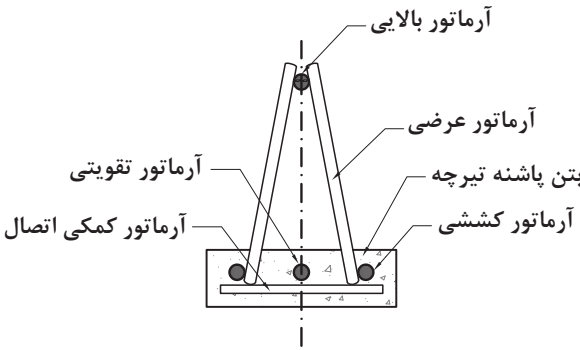
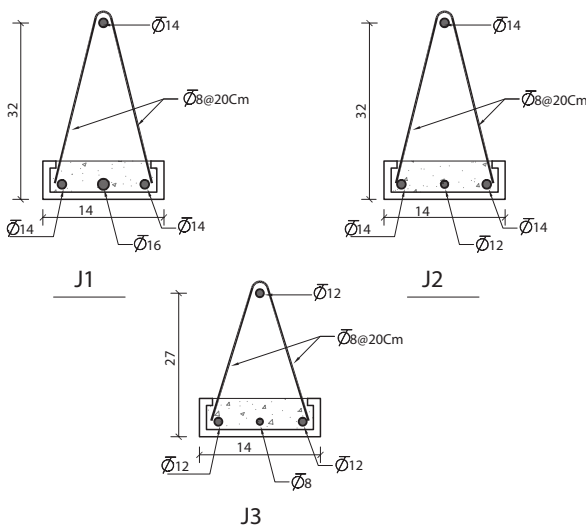


چه تفاوتی بین تیرچه‌های صنعتی ساخته شده در کارخانه و تیرچه تولید شده به صورت دستی در کارگاه ساختمانی وجود دارد. (آیا اصلاً این شیوه ساخت مجاز است؟ یا حتماً باید در کارگاه دارای استاندارد ساخته شود).

تحقیق کنید



جدول ۱- بخش‌های مختلف خرپای پیش‌ساخته

	در مرحله اول بارگذاری، به عنوان عضو کششی خرپا باید قادر به تحمل نیروهای کششی حاصل از وزن تیرچه در زمان حمل و نقل باشد. در مرحله دوم بارگذاری تیرچه نیز این عضو باید نیروهای کششی ناشی از وزن مرده سقف را تحمل کند. در مرحله سوم بارگذاری تیرچه (مرحله بهره‌برداری)، میلگرد زیرین خرپا به عنوان عضو کششی تیر T شکل عمل می‌کند.	میلگردهای زیرین
	در مرحله اول بارگذاری، مانند عضو مورب خرپا عمل کرده و به کمک اعضای دیگر، ایستایی خود تیرچه را در زمان حمل و نقل و در مرحله دوم بارگذاری ایستایی لازم را جهت تحمل وزن مرده سقف بین تکیه‌گاه‌های موقت (در زمان اجرا) تأمین می‌نمایند. در مرحله سوم بارگذاری پیوستگی لازم را بین میلگرد کششی خرپا و بتن سقف ایجاد می‌کنند. علاوه بر آن، قسمتی از نیروی برشی تیر T شکل نیز توسط میلگردهای عرضی تحمل می‌شود.	میلگردهای عرضی (زیگزاک)
	در مرحله اول و دوم بارگذاری، به عنوان عضو بالایی خرپا عمل می‌کند. به کمک دیگر اعضای خرپا، وزن تیرچه را در زمان حمل و نقل و همچنین وزن مرده سقف را در فاصله بین دو تکیه‌گاه موقت به هنگام قالب‌بندی و بتن‌ریزی و قبل از رسیدن مقاومت بتن به مقاومت لازم تحمل می‌نماید. در مرحله سوم می‌تواند به عنوان میلگرد افت و حرارت عمل نماید.	میلگرد بالایی
	در صورتی که دو میلگرد کششی پایین برای تحمل لنگر حداکثر در وسط دهانه کافی نباشد، می‌توان میلگردهایی به میلگردهای اصلی پایین خرپا و قبل از بتن‌ریزی پاشنه اضافه نمود. این میلگردهای اضافی را میلگردهای تقویتی می‌نامند.	میلگردهای تقویتی
	این میلگرد به منظور مهار کردن میلگردهای کششی و امکان استقرار بیش از دو میلگرد کششی در پاشنه تیرچه به کار برده می‌شود.	میلگرد کمکی اتصال

انتخاب ارتفاع خرپای تیرچه‌ها بستگی به دهانه (طول) تیرچه‌ها دارد. طول تیرچه‌ها در دهانه‌های مختلف و متناسب با جهت تیرچه ریزی برابر با فاصله مرکز به مرکز (آکس تا آکس) تیرهای دو سر تیرچه می‌باشد.



تیرچه‌ها در ارتفاع‌های مختلفی قابل ساخت هستند اما رایج‌ترین ارتفاع برای تیرچه، ۲۷/۵ سانتی‌متر است.

■ بتن پاشنه تیرچه

پس از ساخت خرپای تیرچه، آن را در مقاطع U شکل مانند ناودانی قرار داده و بتن‌ریزی می‌نمایند. به گونه‌ای که آرماتور زیرین (به جز ریشه‌های دو انتهای تیرچه) کاملاً در بتن قرار گیرد. بتن پاشنه به عنوان تکیه‌گاه بلوک‌ها عمل کرده و در هنگام بتن‌ریزی سقف، به عنوان قالب زیرین جان تیرچه به کار می‌رود با توجه به اینکه حداقل عرض جان تیرچه بایستی ۱۰ سانتی‌متر باشد و همچنین حداقل تکیه‌گاه بلوک در هر طرف برای بلوک پلی‌استایرن ۳ سانتی‌متر و برای بلوک سفالی و بتنی ۲ سانتی‌متر است پس عرض پاشنه برای بلوک‌های پلی‌استایرن ۱۶ سانتی‌متر و برای بلوک‌های سفالی و بتنی ۱۴ سانتی‌متر به دست می‌آید. توصیه می‌شود از ورق‌های فولادی یا پروفیل‌های ناودانی نمره ۱۶ یا ۱۸ به عنوان قالب بتن پاشنه استفاده شود (شکل ۶).



شکل ۶



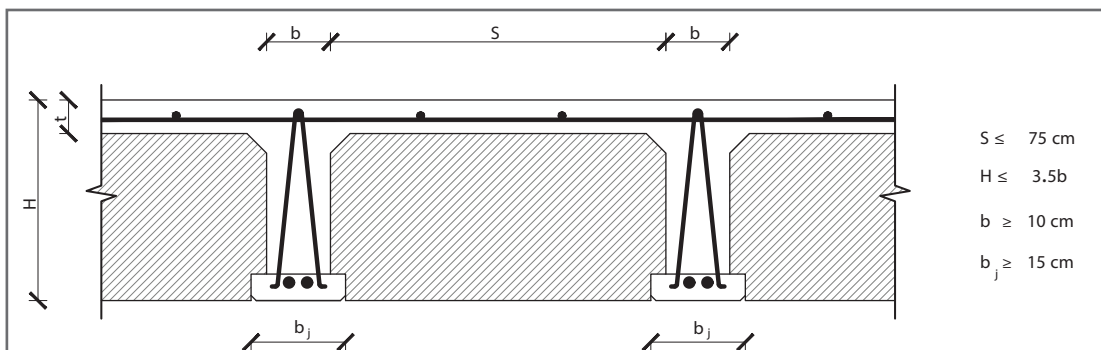
استفاده از قالب سفالی (فندوله) به عنوان قالب بتن پاشنه ممنوع می‌باشد (شکل ۷).



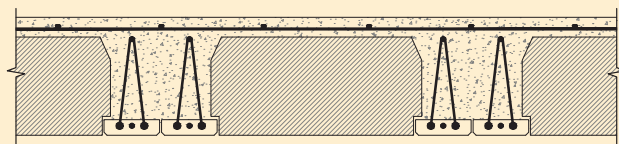
شکل ۷

۲ تیرچه‌ریزی سقف

تیرچه‌های پیش ساخته در کارخانه پس از حمل به کارگاه، به وسیله کارگران یا اغلب به کمک جرثقیل به روی سقف منتقل شده و مطابق جهت مشخص شده در نقشه در فواصل معین (معمولاً ۶۵ سانتی متری) چیده می‌شوند. در زمان قرار دادن تیرچه‌ها دقت گردد که در صورت تداخل ریشه‌های تیرچه با خاموت‌های تیر، فاصله خاموت‌های تیر بیش از اندازه مندرج در نقشه نشود. حداقل عرض بتن خور جان تیرچه (B) برابر ۱۰ سانتی متر و حداکثر اندازه داخل به داخل بلوک‌ها (S) برابر ۷۵ سانتی متر است (شکل ۸).



شکل ۸



■ در محل‌هایی که بارگذاری نامتعارف مثل بار تجهیزات تأسیساتی سنگین در بام مثل چیلرها و... و یا بار زنده سنگین نظیر بار خودروها در پارکینگ وجود دارد، ممکن است مطابق نظر طراح سازه از تیرچه‌های مضاعف (تیرچه دابل) جهت افزایش ظرفیت باربری سقف استفاده شود (شکل ۹).

■ استفاده از تیرچه دابل به جای کلاف در انتهای بالکن ممنوع است.

نکته

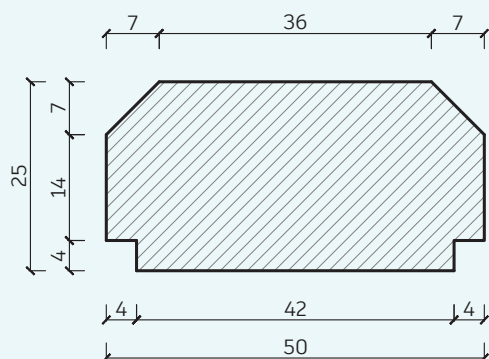


۳. بلوک گذاری سقف

مرحله بعد از تیرچه ریزی، بلوک گذاری سقف است. برای پر کردن فاصله بین تیرچه ها، از بلوک های سقفی سفالی، بتنی (سیمانی) یا بلوک های پلی استایرن (یونولیتی) استفاده می شود. بلوک ها باربر نیستند و تحت نیرو قرار نمی گیرند. با توجه به ضخامت سقف و فاصله بین تیرچه ها، ابعاد آنها متغیر می باشد. اما به طور کلی ارتفاع بلوک ها معمولاً ۲ تا ۳ سانتی متر کمتر از ارتفاع تیرچه ها می باشد. بلوک ها پس از اجرا در سقف باقی می مانند و به عنوان قالب جانبی جان تیرچه و همچنین قالب زیرین بتن سقف مورد استفاده قرار می گیرند. مقاومت بلوک ها در محاسبات مقاومت سقف منظور نمی شود با این وجود، بلوک ها باید مقاومت و چگالی لازم برای تحمل ضربه های وارده در زمان حمل و نقل و بتن ریزی و همچنین بارهای ناشی از عبور و مرور کارگران در زمان اجرای سقف را دارا باشند. در نحوه قرار دادن بلوک ها دقت شود که چسباندن بلوک ها به میلگرد تیرهای اصلی یا تیرچه ها موجب کاهش مقطع آنها شده و ممنوع می باشد. ضخامت بلوک ها بسته به ارتفاع تیرچه ها متفاوت است. متداول ترین بلوک ها دارای ضخامت ۲۵ سانتی متر می باشند که متناسب به تیرچه های با ارتفاع ۲۷/۵ سانتی متر است. عرض بلوک ها نیز در تیرچه های بتنی معمولاً ۵۰ سانتی متر در نظر گرفته می شود.

جدول ۲- انواع بلوک سقف های تیرچه بلوک

	ساخته شده از خاک رس در ابعاد $۲۵ \times ۲۵ \times ۴۰$ سانتی متر یا $۲۰ \times ۲۰ \times ۴۰$ سانتی متر	بلوک سفالی سقفی
	ساخته شده از ماسه و سیمان در ابعاد $۲۵ \times ۲۵ \times ۵۰$ سانتی متر	بلوک سیمانی سقفی
	ابعاد $۲۵ \times ۵۰ \times ۲۰۰$ سانتی متر تنها استفاده از انواع کندسوز شده (خود خاموش شو) پلی استایرن منبسط شده با چگالی بیش از ۱۲/۵ کیلوگرم بر مترمکعب مجاز است. برای جلوگیری از برخورد مستقیم هرگونه حریق احتمالی با بلوک لازم است تا زیرسقف به وسیله پوشش مناسب مانند اندود گچ به ضخامت حداقل ۱/۵ سانتی متر محافظت شود.	بلوک پلی استایرن (یونولیتی)

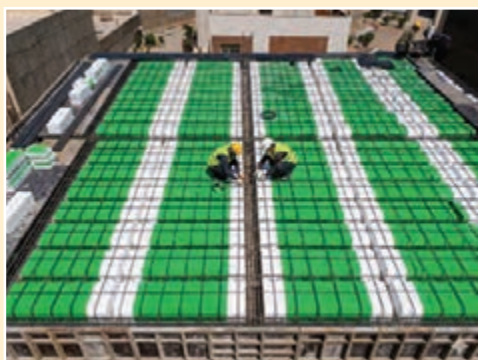


شکل ۹

در یک پروژه مقطع بلوک‌ها به صورت شکل ۹ می‌باشند. اگر چگالی بلوک برابر $12/5$ کیلوگرم بر متر مکعب باشد، جرم یک بلوک چند کیلوگرم است؟ طول بلوک برابر با ۲ متر است.



به جای استفاده از بلوک‌های پلی استایرن، سیمانی یا سفالی که پس از بتن‌ریزی در سقف باقی می‌مانند می‌توان از قالب‌های پلاستیکی به عنوان جایگزین بلوک‌ها استفاده نمود و پس از بتن‌ریزی و رسیدن بتن سقف به مقاومت لازم آنها را از زیر سقف خارج نمود. این نوع سقف‌ها در بازار با نام سقف‌های فوم لِس (بدون فوم) شناخته می‌شوند (شکل ۱۰).



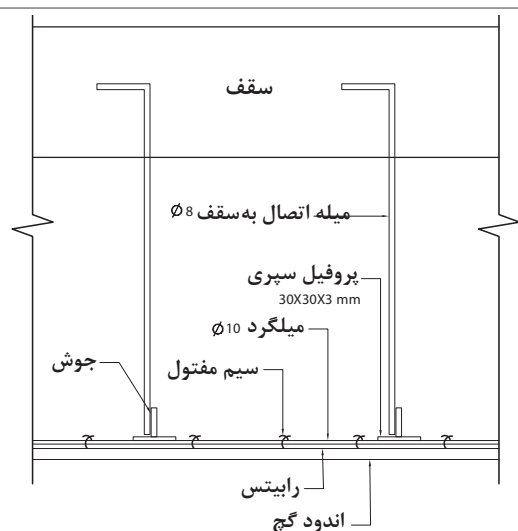
شکل ۱۰

۴ آرماتوربندی سقف

پس از انجام بلوک گذاری، آرماتوربندی سقف انجام می‌شود.

جدول ۳- آرماتوربندی سقف

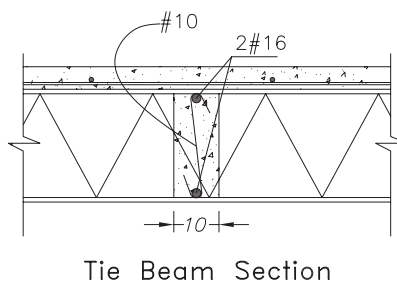
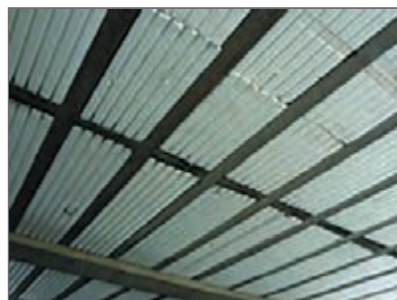
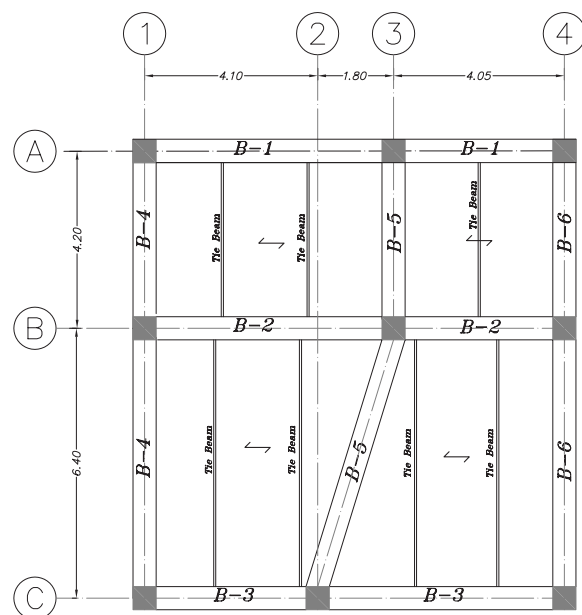
	به منظور تأمین یکپارچگی سازه‌ای، حداقل یک میلگرد در پایین هر تیرچه باید پیوسته بوده و مهار کافی داشته باشد.	میلگردهای پیوستگی (ممتد پایین تیرچه)
	محل اتصال تیرچه به تیر از نظر برشی مقاومت بالایی ندارد. جهت تقویت مقاومت برشی و اتصال مناسب تیرچه به تیر از میلگرد اودکا استفاده می‌شود. برای اجرای اودکا از میلگردهای نمره ۱۰ یا ۱۲ استفاده می‌شود.	میلگرد برشی (اودکا)
	نوعی میلگرد تقویتی است که در سقف‌های تیرچه بلوک برای افزایش مقاومت کششی ایجاد شده در انتهای تیرچه‌ها و در کنار میلگرد بالایی تیرچه قرار می‌گیرد. مقدار این میلگرد حداقل ۱۵ درصد میلگرد کششی تیرچه‌ها و معمولاً از نمره ۱۰ یا ۱۲ است. این میلگرد با نام میلگرد عصبی هم شناخته می‌شود.	میلگرد منفی
	برای تحمل بارهای متمرکز وارد بر سقف و همچنین جذب تنش‌های ناشی از افت (جمع‌شدگی) و تغییر حرارت، میلگردهایی در دو جهت عمود برهم و در قسمت میانی بتن سقف و روی بلوک‌ها تعبیه می‌شوند که میلگرد حرارتی (افت و حرارت) نامیده می‌شود. در صورتی که ارتفاع تیرچه خرابایی به حدی باشد که میلگرد بالایی تیرچه در محل تعبیه میلگردهای افت و حرارت قرار گیرد، می‌توان از میلگرد بالایی به عنوان میلگرد افت و حرارت در جهت طولی تیرچه استفاده کرد. این میلگردها باید از نوع آجدار بوده و استفاده از میلگردهای صاف و کلاف شده برای این منظور ممنوع است.	میلگرد افت و حرارت



میلگردهایی به صورت یک سرخم و انتظار و قبل از بتن ریزی سقف در داخل سقف تعبیه شود تا بعداً جهت اتصال سقف کاذب مورد استفاده قرار گیرد و نیازی به جوش دادن میلگردهای سقف کاذب به میلگردهای زیرین تیرچه‌ها نباشد.

میلگردهای انتظار
سقف کاذب

در امتداد عمود بر تیرچه‌ها و برای توزیع یکسان بار روی سقف تیرچه و بلوک از کلاف میانی استفاده می‌شود. در محل‌هایی که بار منفرد وجود دارد و همچنین به منظور کسب اطمینان از عملکرد یکپارچه دال سقف در بارهای افقی، کلاف میانی بتنی در سقف تعبیه می‌شود. در کارگاه‌های ساختمانی به این نوع کلاف‌ها ژوئن یا تای بیم هم گفته می‌شود. این کلاف‌ها به عرض حداقل ۱۰ سانتی‌متر و به ارتفاع تیرچه‌ها و شامل دو میلگرد اصلی نمره ۱۴ یا ۱۶ به صورت طولی یکی در بالا و یکی در پایین اجرا می‌شود. این میلگردها به وسیله میلگردهای برشی S مانند از نمره‌های ۸ یا ۱۰ به هم متصل می‌شوند. قسمت زیرین کلاف‌ها قالب‌بندی شده و کلاف‌ها هم‌زمان با سقف بتن‌ریزی می‌شود.



Tie Beam Section

کلاف میانی



شکل ۱۱

۵ شمع گذاری و قالب بندی

وزن سقف و بتن تازه قبل از رسیدن بتن به مقاومت لازم، توسط شمع ها به زمین یا سقف طبقات زیرین منتقل می شود. پس از رسیدن مقاومت بتن ریخته شده به مقاومت لازم، تیرچه ها بارهای حاصل از بارهای مرده و زنده سقف را تحمل کرده و به تیرهای اصلی یا تکیه گاه ها منتقل می نمایند (شکل ۱۱).

نکات اجرایی قالب بندی

- ۱ زیر پایه های شمع از مصالح خرد شونده و نا ایمن نظیر آجر استفاده نشود.
- ۲ قالب بندی به خصوص در قسمت های زیر تاي بیم ها به خوبی کنترل گردد. در صورت وجود درز و خروج شیره بتن، مقاومت آن ناحیه کمتر از حد مورد انتظار خواهد شد و احتمال بروز ترک و خیز افزایش خواهد یافت.
- ۳ زمان برداشتن شمع ها و پایه های زیر سقف باید مطابق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان باشد. برای جلوگیری از تغییر شکل های ناخواسته در زیر سقف و تیرها قبل از رسیدن بتن سقف به مقاومت لازم، تعدادی از پایه ها که پایه های اطمینان نامیده می شوند برای مدت بیشتری زیر سقف باقی خواهد ماند (شکل ۱۲).

با توجه به دمای هوا و سرعت انجام کار ممکن است نیاز باشد تا دو سقف متوالی پایه های اطمینان حفظ شود (شکل ۱۲).

نکته



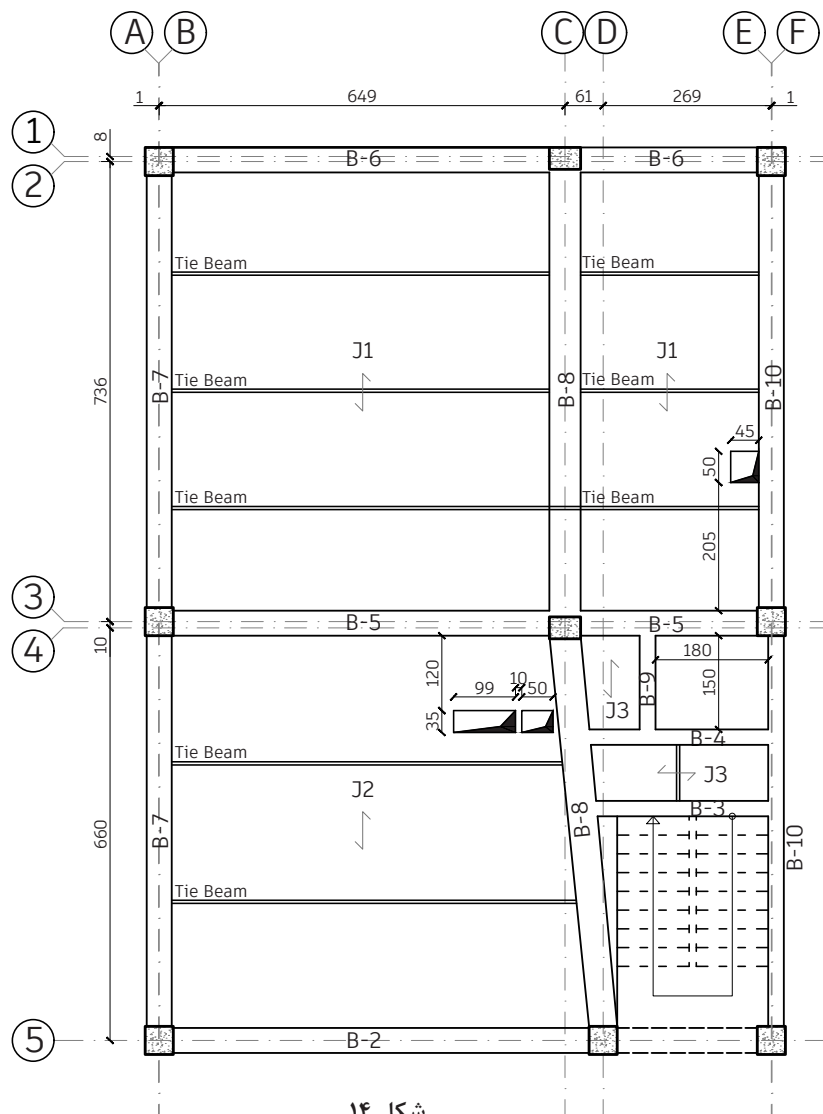
شکل ۱۲

۶ بتن ریزی سقف



شکل ۱۳

پس از تکمیل میلگردگذاری، شمع بندی و قالببندی سقف، بتن ریزی انجام می شود. ضخامت بتن روی بلوکها مطابق نقشه ها و حداقل ۵ سانتی متر می باشد (شکل ۱۳). در بتن ریزی سقف چنانچه به هر علت الزام به قطع بتن ریزی می باشد، بهتر است این قطع در دو انتهای تیرها و تیرچه ها و یا وسط آنها نباشد. در تیرهای باربر تیرچه از دو سمت، بتن ریزی تا حد امکان متقارن باشد (مانند تیر B-5 در شکل ۱۴).



شکل ۱۴

ویژگی‌های سقف تیرچه و بلوک

- ۱ با توجه به اینکه که نیروهای وارد بر سقف تیرچه بلوک به وسیله تیرچه‌ها به تیرهای سازه‌ای دو سر تیرچه منتقل می‌شود لذا از نظر عملکرد سقف تیرچه بلوک نوعی دال یک طرفه می‌باشد.
- ۲ عبور لوله‌های تأسیسات از قسمت بلوک‌ها (بدون آسیب به تیرچه‌ها) بلامانع می‌باشد.
- ۳ سقف تیرچه و بلوک برای دهانه‌های تا حدود ۶ متر و در سازه‌های متداول نظیر مسکونی بسیار کاربردی است. برای دهانه‌های بلندتر لازم است تدابیر و ملاحظات در نظر گرفته شود یا از انواع دیگر سیستم‌های سقف استفاده گردد.
- ۴ به دلیل استفاده از بلوک‌های توخالی و حذف بتن منطقه کششی، نسبت به سقف‌های با دال بتنی توپر صرفه‌جویی قابل توجهی در مصرف بتن و میلگرد انجام می‌شود. به عنوان مثال برای سقف دال بتنی توپر با ضخامت ۲۰ سانتی‌متر، ۰/۲ مترمکعب بتن در هر مترمربع مورد نیاز است ولی در هر مترمربع سقف تیرچه و بلوک این مقدار به حدود متوسط ۰/۱۲ مترمکعب کاهش می‌یابد.
- ۵ با توجه به وزن کم و پیش ساخته بودن تیرچه‌ها، اجرای سقف توسط کارگران سریع و آسان می‌باشد. امروزه در بیشتر ساختمان‌ها برای انتقال تیرچه‌ها به طبقات از جرثقیل استفاده می‌شود که سرعت اجرای سقف را به شکل قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد.
- ۶ قالب‌بندی زیر سقف، تنها به شمع‌بندی زیر تیرهای اصلی و قالب‌بندی زیر کلاف‌های میانی محدود می‌شود و نیازی به قالب‌بندی کل زیر سقف نیست.

خطاهای رایج در اجرای سقف‌های تیرچه و بلوک

- ۱ عدم درگیر شدن ریشه‌های تیرچه با بتن سازه‌ای: از آنجایی که بتن پاشنه تیرچه به اندازه بتن تیرها مقاومت ندارد و مهار میلگردهای تیرچه بدون تماس مستقیم با بتن به درستی انجام نمی‌شود، پاشنه بتنی تیرچه نباید ریشه‌های دو انتهای تیرچه را پوشانده و وارد تیر بتنی شود. باید قبل از نصب تیرچه‌ها کنترل شود که ریشه‌های دو انتهای تیرچه به اندازه کافی از پاشنه بتنی بیرون زده باشند. در صورت نیاز قسمتی از بتن پاشنه باید شکسته شود. این کار قبل از انتقال تیرچه به سقف انجام می‌شود همچنین تعدادی از آرماتورهای عرضی ابتدا و انتهای تیرچه بریده شود تا تیرچه به آسانی وارد تیر شود (شکل ۱۵).



۲ شکستن بتن پاشنه‌ها و جوش دادن میلگردهای سقف کاذب به میلگردهای تیرچه‌ها: برخی از مجری‌های سقف کاذب به عنوان یک راهکار اشتباه، بتن پاشنه تیرچه‌ها را شکسته و انتظارهای لازم را به میلگردهای پایین تیرچه جوش می‌دهند.

برای جلوگیری از این خطا باید میلگردهایی به صورت یک سرخم و انتظار، قبل از بتن‌ریزی در داخل سقف تعبیه شود. قسمت خم خورده از بالا به تیرچه‌ها مهار شود و از پایین به اندازه لازم از سقف بیرون بزند. نظم و رعایت فاصله قرار دادن این میلگردهای انتظار بسیار حائز اهمیت است (شکل ۱۶).



روش غلط



روش صحیح

شکل ۱۶



شکل ۱۷

۳ چسباندن بیش از حد بلوک‌های پلی استایرن

به جان تیرچه‌ها: در این حالت عرض جان تیرچه که بایستی مطابق استاندارد حداقل ۱۰ سانتی‌متر باشد، به شدت کاهش پیدا می‌کند. علت این اقدام غلط یکی کم و غیراستاندارد بودن چگالی بلوک‌ها است که خطر شکستن آنها را زیاد می‌کند پس به منظور جبران این نقص، آنها را به تیرچه‌ها می‌چسبانند تا مبادا بشکند و دیگری کم بودن عرض پاشنه تیرچه‌ها در زمان ساخت است.

با توجه به نشیمن حداقل ۳ سانتی‌متری بلوک‌ها بر روی پاشنه بتنی از هر طرف، در عمل باید عرض پاشنه در زمان ساخت بیش از ۱۶ سانتی‌متر باشد (شکل ۱۷).



شکل ۱۸

۴ استفاده از بلوک‌های پلی استایرن (یونولیت) با چگالی پایین:

چگالی پایین: چگالی پایین موجب نشست بلوک‌ها تحت اثر وزن بتن و ترک خوردگی سقف می‌شود. راه حل استفاده از بلوک‌های پلی استایرن (یونولیت) با چگالی حداقل ۱۲/۵ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد.

۵ سوزاندن بخشی از عرض بلوک‌ها با مشعل جهت نچسبیدن به تیرچه‌ها؛ علاوه بر خطرات آتش‌سوزی و ایمنی ممکن است موجب سوراخ شدن بخشی از بلوک‌ها و خروج بتن از زیر سقف در زمان بتن‌ریزی شود.

۶ بریدن لبه بلوک‌های پلی‌استایرن با اَرّه جهت نچسبیدن به تیرچه‌ها؛ این کار باعث پرشدن قالب تیرها از ذرات پلی‌استایرن می‌شود. در این حالت تمیز نمودن قالب‌های تیرها و تیرچه‌ها که قبل از بتن‌ریزی الزامی می‌باشد دشوار، پرهزینه و زمان‌بر خواهد شد.

فعالیت کارگاهی



- تیرچه‌ریزی و بلوک‌گذاری سقف اسکلت بتنی فعالیت عملی اجرا شده در پودمان‌های اول و دوم
- ۱ ابتدا مقدار میلگرد مصرفی را در جدول ۴ و بر اساس نقشه‌های اجرایی محاسبه کنید.

جدول ۴

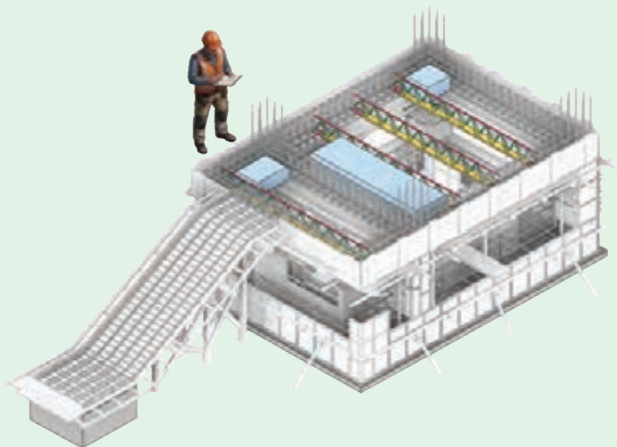
موقعیت	شکل میلگرد	نمره میلگرد	تعداد	طول برش (متر)	طول کل (متر)	وزن واحد (KG/m)	وزن کل (کیلوگرم)
میلگرد پایین تیرچه‌ها							
میلگرد بالای تیرچه‌ها							
میلگرد عرضی تیرچه (زیگزاگ)							
میلگردهای حرارتی سقف							

۲ اولین تیرچه را به فاصله ۴۷ سانتی از مرکز تیرچه تا لبه قالب آکس A و بر روی قالب آویز قرار دهید. طول تیرچه‌ها باید برابر مرکز به مرکز تیرهای بتنی باشد. برای تنظیم محل قرارگیری اولین تیرچه می‌توانید از بلوک‌های یونولیتی استفاده نمایید (شکل ۱۹).



شکل ۱۹

۳ دومین و سومین تیرچه را با فاصله مرکز به مرکز ۶۵ سانتی‌متر و به موازات تیرچه اول بر روی آویز تیرها قرار دهید. تیرچه بخش کنسول را کنار کلاف بتنی انتهایی قرار دهید. برای تنظیم فاصله تیرچه‌ها می‌توانید از بلوک‌های یونولیتی استفاده نمایید (شکل ۲۰).



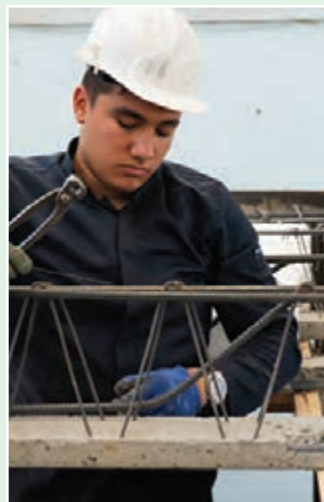
شکل ۲۰



شکل ۲۱

۴ پس از جایگذاری تیرچه‌ها در زیر وسط هر یک از تیرچه‌ها یک عدد جک فلزی یا پایه چوبی قرار دهید. ارتفاع پایه چوبی یا جک برابر ارتفاع کف تیرچه از روی زمین (یا بتن مگر) به اضافه ۳ سانتی‌متر جهت لحاظ نمودن خیز منفی تیرچه‌هاست. تنظیم ارتفاع پایه‌ها و رعایت ۳ سانتی‌متر خیز منفی تیرچه را به کمک گوه‌های چوبی زیر پایه‌ها انجام دهید (شکل ۲۱).

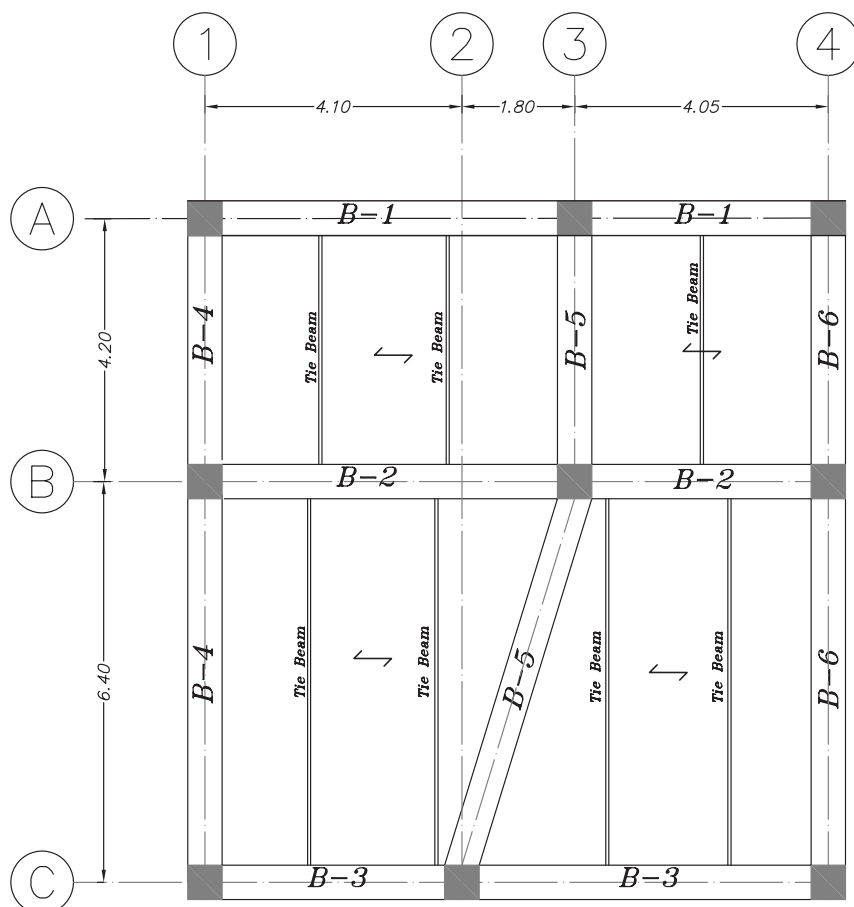
۵ بلوک‌گذاری بین تیرچه‌ها را کامل کنید و در انتها آرماتورهای اودکا و منفی را به دو سر تیرچه‌ها اضافه نمایید (شکل ۲۲).



شکل ۲۲

محاسبه مقدار مصالح مصرفی و کار انجام شده (متره)

در جداول ۵ و ۶ مقادیر کار انجام شده (متره) و مقدار مصالح مصرفی در یک دهانه از شکل ۲۳ محاسبه شده است. مساحت تیرچه ریزی سقف، مقدار میلگرد مصرفی تیرچه‌ها و مقدار بلوک پلی‌استایرن مصرفی پروژه اجرایی خودتان را با فرض کامل شدن تیرچه‌گذاری سقف محاسبه نمایید.



شکل ۲۳

جدول ۵

شرح	تعداد	طول (متر)	عرض (متر)	مساحت (مترمربع)
مساحت سقف تیرچه و بلوک (داخل به داخل تیرهای بتنی)	۱	۳/۷۰	۳/۵۵	۱۳/۱۴

جدول ۶

شرح	تعداد	طول (متر)	عرض (متر)	ضخامت (متر)	حجم بلوک مصرفی (مترمکعب)
تعداد بلوک مصرفی (با فرض اجرای کامل سقف)	۶	۳/۷۰	۰/۵	۰/۲۵	۲/۷۸

ارزشیابی شایستگی اجرای سقف تیرچه و بلوک

نام و نام خانوادگی :			شماره ملی:		تاریخ ارزشیابی:
کد حرفه	۷۱۱۱۱۲	حرفه :	ساختمان سازان (اسکلت کاران بتنی و فولادی)	کد پیمانانه / پودمان	استاندارد عملکرد: اجرای سقف تیرچه و بلوک در کارگاه هنرستان
کد وظیفه شغل	۷۱۱۱۲۳۰۱	وظیفه شغل:	ساختمان سازی بتنی	سطح صلاحیت	۳
کد کار	۷۱۱۱۲۳۰۱۳۱	کار	اجرای سقف تیرچه و بلوک	سطح شایستگی	مهارت

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص ها/دآوری/نمره دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	آماده سازی محیط کارگاه، تهیه ابزار کار از انبار هنرستان	متر فلزی، گونیا، ریسمان، چکش میخ کش، انبر، سیم آرماتوربندی	رویت چشمی	آماده سازی کامل و مرتب ابزار	۳	
				تحويل کامل ابزار	۲	
				عدم تحويل کامل	۱	
۲	تهیه لیستوفر آرماتور مصرفی تیرچه ها و تعداد پلی استایرن مصرفی اجرای سقف	کاغذ، قلم و ماشین حساب	ماشین حساب	ترسیم صحیح جدول متناسب با تعداد موقعیت ها (Position)، توانایی محاسبه و جرم کل	۳	
				ترسیم صحیح جدول متناسب با تعداد موقعیت ها (Position)	۲	
				عدم ترسیم دقیق جدول متناسب با تعداد موقعیت ها	۱	
۳	تیرچه ریزی سقف به همراه بلوک گذاری با بلوک های پلی استایرن	متر فلزی، گونیا، ریسمان، چکش میخ کش، انبر، سیم آرماتوربندی	متر فلزی، رویت چشمی	ساخت شابلون برای رعایت فاصله دقیق تیرچه ها، نصب گونیایی و ریسمانی تیرچه ها، محکم نمودن تیرچه ها در جای خود، نصب صحیح بلوک های پلی استایرن	۳	
				نصب گونیایی و ریسمانی تیرچه ها، نصب بلوک های پلی استایرن	۲	
				عدم تشخیص صحیح جهت تیرچه ها، عدم نصب گونیایی و ریسمانی تیرچه ها	۱	
۴	نصب و شاقول نمودن پایه های تیرچه ها	شیلنگ تراز یا تراز لیزری، جک فلزی، چهار تراش یا قوطی فلزی، متر فلزی، ریسمان، چکش میخ کش، انبر، شاقول، سیم آرماتوربندی	متر فلزی، رویت چشمی	نصب و تنظیم ارتفاع پایه زیر تیرچه ها، تنظیم ارتفاع جک ها و شاقول نمودن آنها، مهار نمودن و بستن پایه ها به تیرچه ها، ریسمان کشی زیر سقف و کنترل تراز سقف	۳	
				نصب و تنظیم ارتفاع پایه زیر تیرچه ها، تنظیم ارتفاع جک ها و شاقول نمودن آنها، مهار نمودن و بستن پایه ها به تیرچه ها	۲	
				عدم نصب و تنظیم ارتفاع پایه زیر تیرچه ها، عدم تنظیم ارتفاع جک ها و شاقول نمودن آنها	۱	
۵	اجرای خیز منفی تیرها و تیرچه ها	شیلنگ تراز یا تراز لیزری، متر فلزی، ریسمان، چکش میخ کش، انبر	متر فلزی، رویت چشمی	مشخص کردن یک تراز مبنا روی ستون ها، کنترل تراز زیر تیرچه ها و تیرها، تشخیص و محاسبه میزان خیز مورد نیاز	۳	
				مشخص کردن یک تراز مبنا روی ستون ها، ریسمان کشی بین ترازهای مشخص شده یا استفاده از تراز لیزری	۲	
				عدم مشخص کردن یک تراز مبنا روی ستون ها و تراز زیر تیرچه ها و تیرها	۱	
شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:	کارگاه اسکلت سازی (آرماتوربندی) مجهز به تجهیزات ایمنی و ابزارهای حفاظتی لازم		رویت چشمی (مشاهده رفتاری)، چک لیست نگرشی، فرم امتیازدهی	رعایت انضباط کارگاهی، استفاده ایمن از ابزارها، رعایت اصول ایمنی و ارگونومی، استفاده بهینه از مواد مصرفی و جلوگیری از اتلاف سایر ملزومات، مسئولیت پذیری، دقت و توجه به کیفیت انجام کار	۲	
				رعایت انضباط کارگاهی، استفاده غیراصولی از ابزارها، بی توجهی به اصول ایمنی و بهداشتی، مصرف نامناسب مواد و تجهیزات، بی دقتی در انجام کار و نیاز به تذکر برای اصلاح عملکرد	۱	

ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)					
☐ بلی					
☐ خیر					

توضیحات:

۱) معیار شایستگی انجام کار:

- کسب حداقل نمره ۲ از مراحل ۳ و ۴ (مراحل بحرانی)

- کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش

- کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

۲) تعریف سطوح شایستگی: صرف نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه ای انجام می شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه ریزی و تحلیل، پاسخ گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت ها

تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

واحد یادگیری ۲: اجرای سقف‌های مدرن بتنی

مقدمه

یکی از روش‌های رایج در طراحی و اجرای سقف در دهانه‌های بزرگ استفاده از دال‌های بتنی است. دال بتنی یک صفحه افقی بتنی است که برای ایجاد سقف استفاده می‌شود و بارها را به تیرها یا ستون‌ها منتقل می‌نماید. دال‌ها به دو نوع یک‌طرفه و دوطرفه تقسیم می‌شوند. در دال‌های یک‌طرفه، بارهای وارده به دو طرف سقف منتقل می‌شود ولی در دال‌های دوطرفه، بار به چهار طرف سقف منتقل می‌شود. به دلیل سنگینی دال‌های بتنی توپر می‌توان از دال‌هایی که بتن قسمت میانی آنها به دلیل نداشتن عملکرد باربری حذف شده است استفاده نمود. این نوع سقف‌ها با نام سقف‌های مشبک و مجوف شناخته می‌شوند. به دلیل کاهش وزن سقف توام با حفظ مقاومت و استحکام سازه، امکان استفاده از این نوع سقف‌ها را در دهانه‌های بلندتر فراهم می‌نماید.

در سقف‌های مشبک نظیر سقف‌های قابلمه‌ای یا وافل^۱، پس از رسیدن بتن سقف به مقاومت لازم قالب‌ها از زیر سقف خارج می‌شوند.

در سقف‌های مجوّف نظیر سقف‌های با نام‌های تجاری کوبیاکس، یوبوت، بابل دِک و... که با قراردادن قالب‌های پلاستیکی توخالی در سقف اجرا می‌شوند پس از پایان بتن‌ریزی قالب‌ها در داخل سقف باقی می‌ماند. در واحد یادگیری اول به روش‌های اجرای سقف‌های متعارف تیرچه بلوک پرداخته شد. در صورت افزایش طول دهانه‌ها و وجود محدودیت‌های معماری و حذف ستون‌های میانی استفاده از دال‌های بتنی با تیرچه‌های یک طرفه یا تیرچه‌های دو طرفه (متعامد) انتخاب مناسبی خواهد بود. در این واحد یادگیری قسمت‌های مختلف و مراحل اجرایی سقف‌های وافل و کوبیاکس معرفی می‌گردد.

استاندارد عملکرد

در پایان این واحد یادگیری هنرجویان باید بتوانند مراحل اجرای سقف‌های وافل را مطابق استانداردهای مرتبط و ضوابط ایمنی اجرا نمایند. در نهایت با لحاظ نمودن ضوابط ایمنی و زیست‌محیطی عملیات جمع‌آوری و تمیزکاری محل اجرای سقف را انجام داده و مطابق ضوابط ارزشیابی شایستگی محور در پایان پودمان مورد ارزشیابی قرار خواهند گرفت.

استانداردهای مرتبط با سقف‌های مشبک و مجوف

۱. مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، ویرایش سال ۱۳۹۹
۲. آیین‌نامه بتن ایران (آبا)
۳. دستورالعمل سیستم سقف مجوف بتن مسلح با گوی‌های توخالی کروی و تخت، منتشر شده در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ایران

بر خلاف سقف‌های تیرچه بلوک که پس از بتن‌ریزی بلوک‌های اجرا شده بین تیرچه‌ها در سقف باقی می‌ماند، در سقف‌های وافل از قالب‌های مخصوصی استفاده می‌شود که پس از بتن‌ریزی و سخت شدن بتن و رسیدن آن به مقاومت لازم از زیر سقف خارج شده و یک سری فضاهای خالی در زیر سقف نمایان می‌شود. این نوع سقف‌های مشبک به سقف‌های وافل شهرت دارند.

سقف‌های وافل به دو دسته سقف‌های با تیرچه‌های یک طرفه و سقف‌های با تیرچه‌های دو طرفه یا متعامد تقسیم‌بندی می‌شوند. این دو نوع سقف به لحاظ جزئیات طراحی و اجرا تفاوت‌هایی با یکدیگر دارند. سقف وافل یک دال سبک و مشبک است که بیشتر مناسب دهانه‌های بلند است. با استفاده از سقف‌های وافل یک طرفه می‌توان تا دهانه‌های حدود ۸ متر و با استفاده از سقف‌های وافل دو طرفه دهانه‌های بیش از ۸ متر تا حدود ۱۲ متر را اجرا نمود بدین ترتیب تعداد ستون‌های مورد نیاز کاهش خواهد یافت و شرایط مناسب‌تری برای تأمین پارکینگ یا طراحی و اجرای فضاهای عمومی و تجاری بزرگ بدون نیاز به ستون‌های میانی ایجاد می‌شود.

■ سقف وافل یک طرفه

سقف‌های وافل یک طرفه، مستطیلی شکل هستند و در دهانه‌های کوتاه کاربرد دارند. این نوع سقف‌ها از نظر طراحی و اجرا شباهت زیادی با سقف تیرچه بلوک دارند. میزان مصرف میلگرد در این نوع سقف اندکی کمتر از سقف‌های تیرچه بلوک هست و نیازی به بلوک ندارند ولی هزینه قالب‌بندی و دستمزد اجرای بیشتری دارند (شکل ۲۴).



شکل ۲۴- سقف وافل با تیرچه‌های یک طرفه

■ سقف وافل دوطرفه

سقف‌های وافل دو طرفه، شکل مربعی یا قابلمه‌ای دارند و به صورت دال‌های عمود بر هم (دال‌های دو طرفه) به کار گرفته می‌شوند. فاصله تیرچه‌ها نسبت به سقف وافل یک طرفه کمتر و تعداد تیرچه‌ها بیشتر است. به همین دلیل ظرفیت باربری بالاتری نسبت به حالت یک طرفه دارند ولی در عین حال مصرف میلگرد، بتن و هزینه اجرا افزایش می‌یابد. از این نوع سقف در دهانه‌های بلند استفاده می‌شود (شکل ۲۵).



شکل ۲۵- سقف وافل با تیرچه‌های متعامد

■ مزایا و ویژگی‌های سقف وافل

غیر ماندگار بودن قالب‌ها یکی از مهم‌ترین مزایای اجرای سقف وافل است. پس از بتن‌ریزی سقف، قالب از زیر سقف خارج شده و در سایر طبقات همین ساختمان یا پروژه‌های دیگر می‌توان مجدد از این قالب‌ها استفاده نمود.

همچنین پس از به پایان رسیدن عمر مفید قالب‌ها می‌توان آنها را بازیافت نمود. از آنجایی که قالب‌ها استحکام بالایی دارند، عوامل اجرایی می‌توانند با ایمنی مناسب روی سقف تردد داشته باشند. با توجه به اینکه آرماتوربندی و بتن‌ریزی سقف وافل به صورت درجا و در محل صورت می‌گیرد، برخلاف سقف تیرچه بلوک نیازی به استفاده از تیرچه‌های پیش ساخته نیست و می‌توان روی مراحل اجرای سقف و مطابقت با نقشه‌ها نظارت بهتری داشت که سبب افزایش کیفیت سقف خواهد شد. مراحل اجرای سقف وافل شامل زیرسازی، قالب‌چینی، آرماتورگذاری، بتن‌ریزی و قالب‌برداری می‌شود.

۱ زیرسازی سقف وافل

پس از قالب‌بندی و آرماتوربندی تیرهای بتنی زیرسازی سقف وافل انجام می‌شود این مرحله شامل نصب المان‌های افقی و عمودی می‌شود (شکل ۲۶).



شکل ۲۶

المان‌های عمودی وظیفه تحمل وزن عوامل اجرایی، قالب‌ها، المان‌های افقی و بارهای ناشی از بتن‌ریزی را به عهده دارند. همچنین تنظیم ارتفاع و تراز سقف و ایجاد خیز منفی توسط این المان‌ها انجام می‌شود. با توجه به ارتفاع و حجم پروژه از المان‌های عمودی مختلف شامل جک و یا اسکافلد مثلی و چکشی استفاده می‌شود. در ساختمان‌های مسکونی به‌طور معمول از جک‌های سقفی استفاده می‌شود.

جک‌ها را با فاصله حداکثر ۱۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر قرار می‌دهند (توصیه می‌شود فاصله جک‌ها بین ۸۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شود تا در صورتی که در حین بتن‌ریزی یکی از جک‌ها دچار آسیب شود جک‌های دیگر قادر به تحمل بار سقف باشند)

روی صلیبی جک‌ها لوله داربست یا قوطی ۸۰×۴۰ جهت نشیمن سایر المان‌های افقی قرار داده می‌شود. در مرحله بعدی المان‌های افقی نظیر قوطی ۸۰×۴۰ نشیمن قالب وافل، عمود بر المان‌های افقی قبلی قرار می‌گیرند. این مرحله یکی از مهمترین مراحل اجرای سقف وافل است، در این مرحله با توجه به ابعاد قالب‌های نقشه‌های اجرایی قوطی‌ها جاگذاری می‌شوند. به‌طور مثال برای قالب وافل ۸۰×۸۰ قوطی‌ها به فاصله آکس تا آکس ۸۰ سانتی‌متر قرار می‌گیرند.

۲ قالب‌بندی یا چیدمان قالب‌ها

در این مرحله قالب‌های وافل بر اساس نقشه‌های اجرایی و فاصله تیرها روی قوطی‌های نصب شده در مرحله قبل، چیده می‌شوند (شکل ۲۷)، قالب‌ها باید طوری روی قوطی‌ها قرار گیرند که درز بین قالب‌ها در جهت

موازی با آنها روی آکس قوطی قرار گیرد. بعد از چیدمان قالب‌ها بر اساس نوع قالب با استفاده از بست‌های مخصوص، قالب‌ها را به یکدیگر متصل کرده و یک سطح یکپارچه و ایمن جهت عملیات آرماتوربندی و بتن‌ریزی ایجاد می‌گردد (شکل ۲۸).



شکل ۲۷



قالب دوطرفه

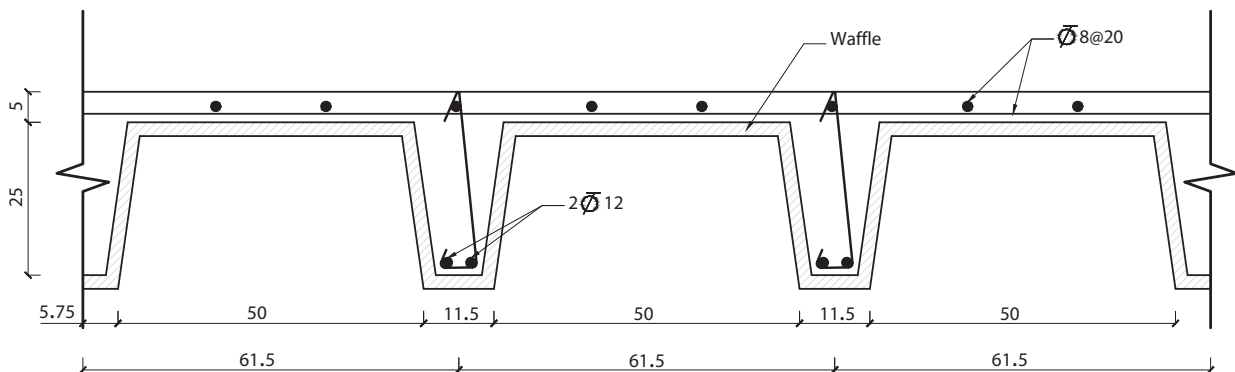


قالب یک طرفه

شکل ۲۸

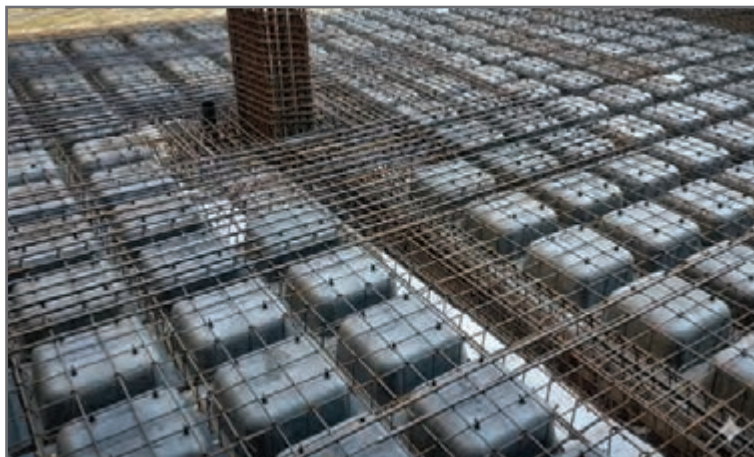
۳ آرماتوربندی و بتن‌ریزی سقف

پس از اتمام عملیات قالب‌بندی، با توجه به نقشه‌های اجرایی آرماتورهای سقف شامل تیرچه‌ها و آرماتورهای حرارتی و تقویتی اجرا می‌شود (شکل ۲۹). آرماتورهای تیرچه‌ها شامل آرماتورهای پایین، آرماتورهای بالایی و آرماتورهای سنجاقی می‌شود. با توجه به طول دهانه و مقدار بار وارده ممکن است از یک یا دو آرماتور در پایین تیرچه استفاده شود.



شکل ۲۹

برای اتصال آرماتورهای بالا و پایین تیرچه و همچنین تحمل بارهای برشی از آرماتورهای سنجاقی استفاده می‌شود، فواصل آرماتورهای سنجاقی در نزدیک تکیه‌گاه کمتر است. پس از اتمام آرماتوربندی تیرچه‌ها در صورتی که براساس نتایج محاسباتی نیاز به آرماتورهای تقویتی باشد با توجه به نقشه‌های اجرایی آرماتورهای تقویتی تیرچه‌ها نصب می‌شود. این آرماتورها در صورت نیاز برای کمک به تحمل لنگرهای منفی در تکیه‌گاه در قسمت فوقانی تیرچه‌ها اجرا می‌شود. همچنین برای کمک به تحمل لنگرهای مثبت در وسط دهانه در قسمت پایین دهانه قرار داده می‌شوند. در گام بعدی آرماتورهای افت و حرارت بر روی فاصله نگهدارهای پلاستیکی روی قالب‌ها با توجه به مقدار پوشش بتن لازم نصب می‌شود (شکل ۳۰).



پس از اتمام عملیات آرماتوربندی و کنترل آن توسط مهندسین اجرایی و ناظر پروژه و کنترل تراز و خیز سقف‌ها، عملیات بتن‌ریزی سقف انجام می‌شود. نکات مربوط به بتن‌ریزی و محل‌های قطع بتن‌ریزی مشابه با سقف‌های تیرچه بلوک می‌باشد.

شکل ۳۰

۴ قالب‌برداری

پس از اتمام عملیات بتن‌ریزی سقف و سخت شدن بتن تازه، بر اساس دمای محیط و طول دهانه‌ها و زمان‌های تعیین شده در آیین‌نامه بتن ایران، با رعایت مسائل ایمنی عملیات باز کردن جک‌ها، المان‌های افقی و قالب‌برداری انجام می‌شود (شکل ۳۱).



شکل ۳۱

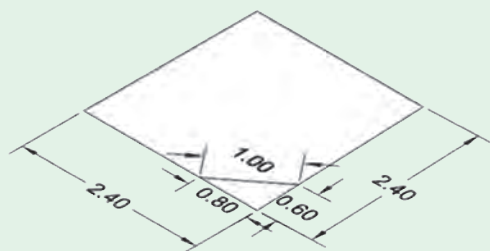
□ اجرای سقف وافل دو طرفه به کمک قالب‌های 80×80 بر روی زمین (با توجه به آموزشی بودن فعالیت در کارگاه هنرستان)
ابتدا مطابق جدول لیستوفر زیر مقدار میلگرد مورد نیاز را محاسبه نمایید.

فعالیت کارگاهی



جدول ۷

موقعیت	شکل میلگرد	نمره میلگرد	تعداد	طول برش (متر)	طول کل (متر)	وزن واحد (KG/m)	وزن کل (کیلوگرم)
میلگرد پایین تیرچه‌ها							
میلگرد بالای تیرچه‌ها							
میلگرد عرضی تیرچه (سجاقی)							



شکل ۳۲

۱ به کمک ریسمان رنگی یا رنگ یا گچ تحریر یک مربع به ابعاد $۲/۴۰ \times ۲/۴۰$ متر بر روی زمین ترسیم نموده و گونیا بودن کنج‌ها را کنترل نمایید (شکل ۳۲).



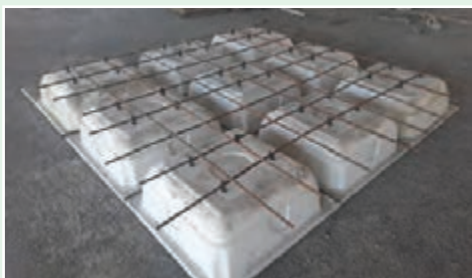
شکل ۳۳

۲ ۹ عدد قالب را مطابق شکل ۳۳ در کنار هم داخل کادر ترسیم شده بچینید.



شکل ۳۴

۳ در دو جهت و بین قالب‌های مجاور هم یک عدد میلگرد شماره ۱۲ به عنوان میلگرد اصلی (سراسری) پایین قرار دهید (شکل ۳۴).



شکل ۳۵

۴ پس از قرار دادن فاصله نگهدارها بر روی قالب‌ها، میلگردهای شماره ۸ شبکه بالا را به موازات میلگردهای پایین اجرا کنید (شکل ۳۵).



شکل ۳۶

۵ میلگردهای اصلی بالا و پایین را به میلگردهای S شکل (سنجاقی) به فاصله هر ۲۰ سانتی متر به کمک سیم آرماتوربندی متصل نمایید (شکل ۳۶).

سقف‌های با گوی‌های توخالی (مجوف)



گوی‌های کروی (Eco-Line)
برای سقف‌های به ضخامت ۳۵۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر



گوی‌های تخت یا لپیده (Slim-Line)
برای سقف‌های به ضخامت ۳۵۰ میلی‌متر

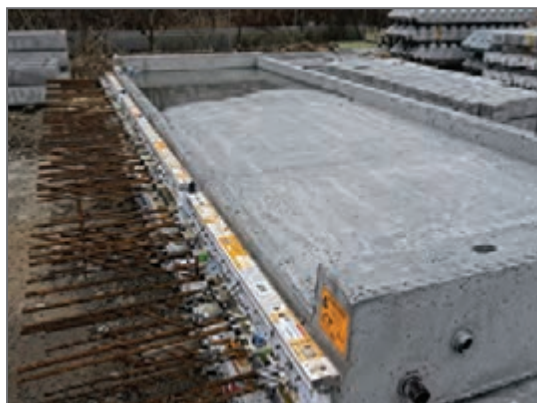
شکل ۳۷

سقف‌های مجوف با قراردادن قالب‌های پلاستیکی توخالی در سقف اجرا می‌شوند و بر خلاف سقف‌های مشبک نظیر وافل قالب‌ها از سقف جدا نشده و پس از پایان بتن‌ریزی قالب‌ها در داخل سقف باقی می‌ماند. مبانی طراحی و عملکرد سازه‌ای سقف‌های مجوف مرسوم در بازار تا حدود زیادی شبیه به یکدیگر است ولی تفاوت اصلی این نوع سقف‌ها با یکدیگر اغلب در شکل و فرم و روش‌های اجرا و جای‌گذاری قالب‌ها می‌باشد. در ادامه به عنوان نمونه سقف مجوف با گوی‌های توخالی با نام تجاری کوبیاکس^۱ معرفی می‌شود. سقف‌های با گوی‌های توخالی شامل گوی، بتن، میلگرد یا شبکه فولادی، قالب، نگهدارنده، میلگرد سنجاقی و فاصله نگهدار پلاستیکی است. گوی‌های استفاده شده در سقف‌های با گوی توخالی به دو شکل مختلف در بازار عرضه می‌شوند (شکل ۳۷).

براساس استانداردهای مرتبط برای هر ضخامت سقف سازه‌ای، گوی ویژه‌ای تعریف شده است که میزان کاهش بار مشخصی در هر مترمربع دارد. در این نوع سقف وزن یک مترمربع سقف می‌تواند تا حدود ۳۰ درصد نسبت به دال توپر کاهش یابد. جنس این گوی‌ها از پلی اتیلن بازیافتی یا پلی پروپیلن (PP) بوده و در حد فاصل شبکه‌های میلگردهای بالا و پایین قرار می‌گیرند. با توجه به نیازهای طرح، سیستم سقف به صورت درجا مانند شکل ۳۸ یا نیمه پیش‌ساخته مانند شکل ۳۹ قابل اجرا است.



شکل ۳۸



شکل ۳۹



شکل ۴۰



شکل ۴۱

■ میلگرد یا شبکه فولادی

میلگردها به صورت شبکه در بالا و پایین سقف قرار می گیرند و مقاومت کششی و فشاری سقف را افزایش می دهند (شکل ۴۰).

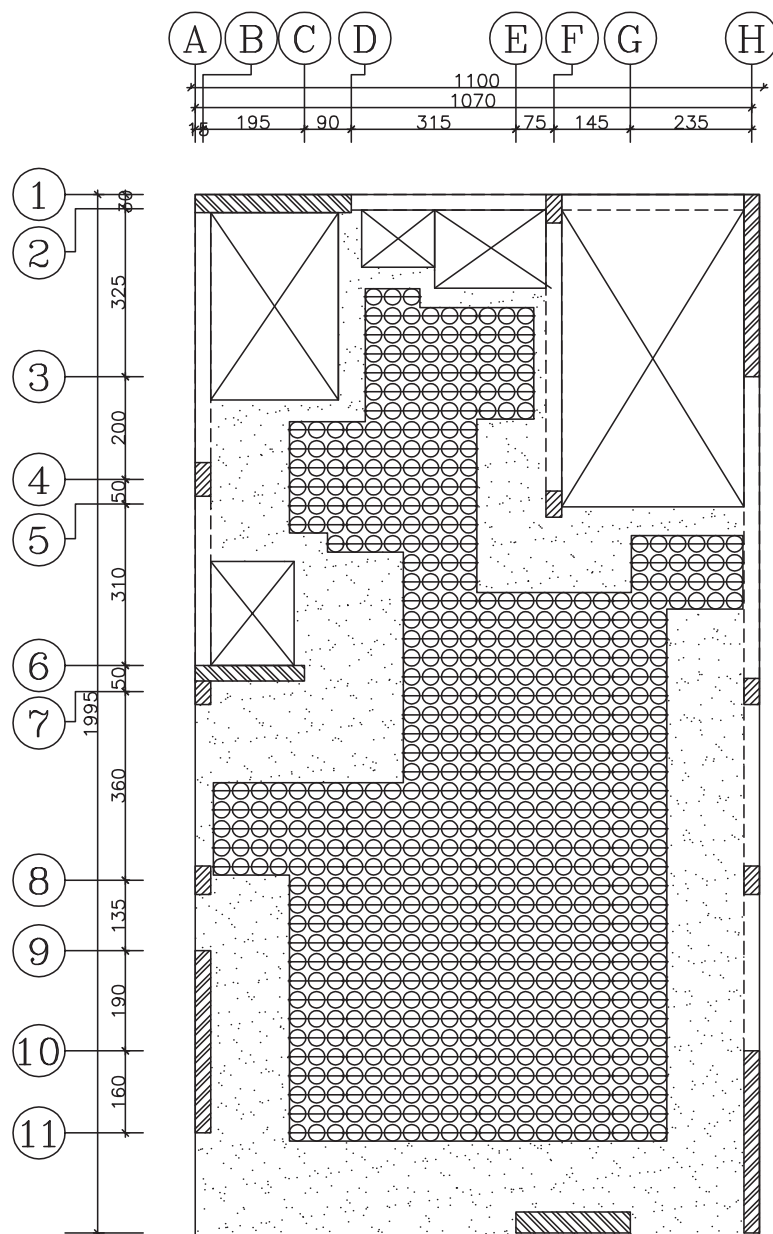
رعایت فواصل میلگردهای شبکه های بالا و پایین و نحوه و محل چینش تقویتی ها مطابق نقشه های اجرایی خواهد بود.

■ نگهدارنده گوی ها^۱ (کیج ماژور)

نگهدارنده ها، قفسه های فولادی هستند که قالب ها را در کنار هم نگه داشته و به میلگردها متصل می شوند. قفسه میلگردی به ساختار فلزی میلگردی گفته می شود که گوی ها داخل آن قرار می گیرد. در داخل هر قفسه بسته به اندازه گوی بین ۵ تا ۷ عدد گوی کرومی یا لهیده قرار می گیرند.

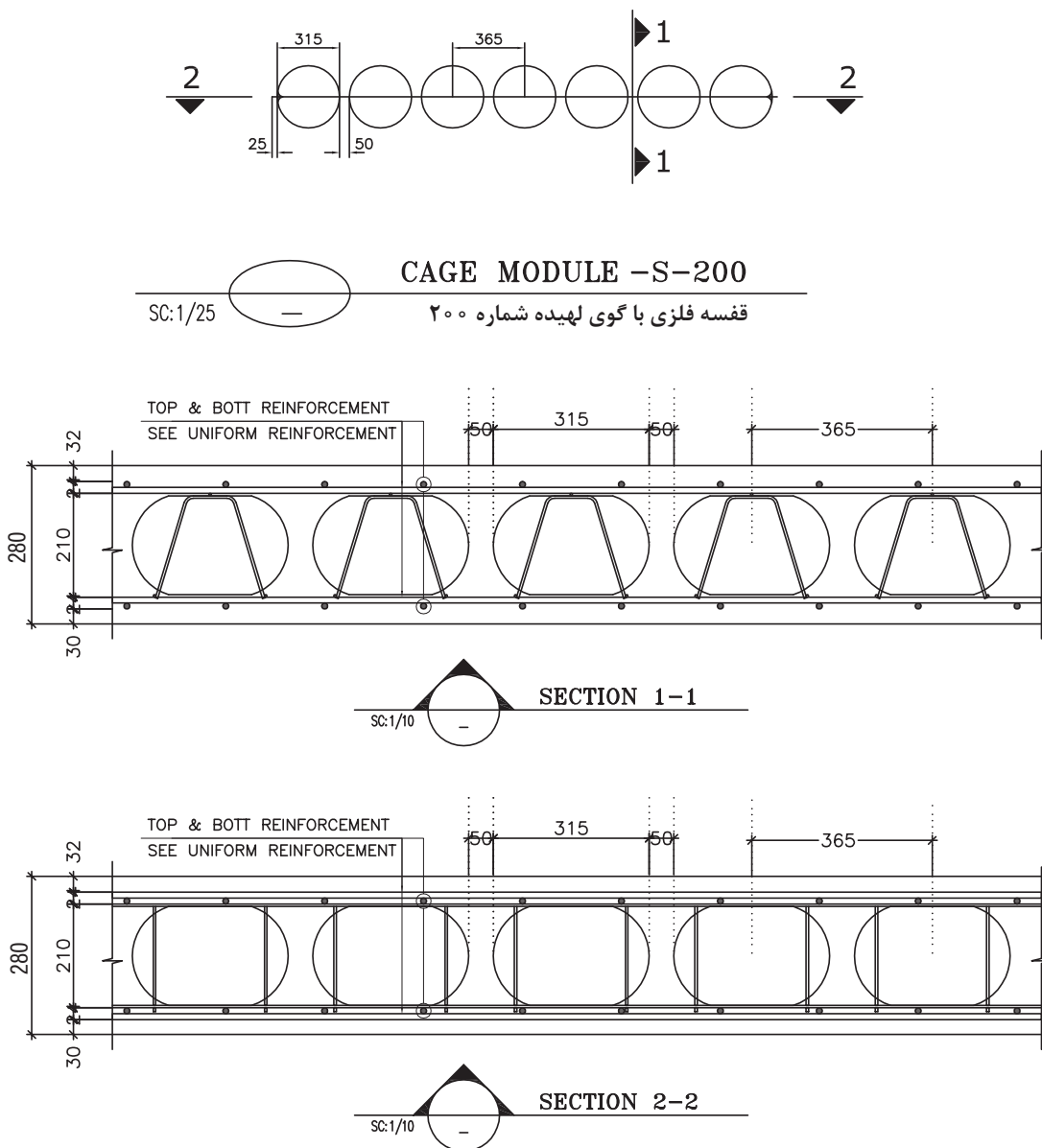
برای تنظیم فاصله و اطمینان از نظم و هم راستا بودن قفسه ها از شابلون هایی از جنس چوب یا پلاستیک استفاده می شود (شکل ۴۱).

در شکل ۴۲ پلان چیدمان گوی‌ها در سقف و در شکل ۴۳ برش سقف نمایش داده شده است.



SC:1/100  FLOOR VOID FORMER LAYOUT (S-200)
AT ELEV; +1.10

شکل ۴۲



شکل ۴۳

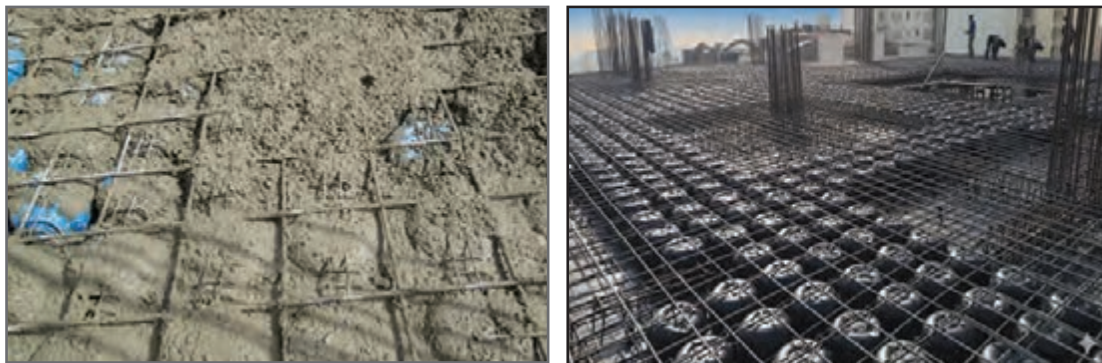
■ فاصله نگهدار (اسپیسر)

قطعه‌ای است اغلب پلاستیکی که برای تنظیم فاصله بین قالب‌ها و شبکه و رعایت پوشش بتن زیر میلگردها استفاده شود.

■ بتن‌ریزی

برخلاف بتن‌ریزی یک مرحله‌ای سقف‌های دال توپر، تیرچه و بلوک و سقف‌های مشبک نظیر وافل، بتن‌ریزی سقف‌های مجوّف باید در سه مرحله انجام شود. در صورتی که بتن‌ریزی سقف در یک مرحله انجام شود احتمالاً جابه‌جایی و به هم خوردن چیدمان قفسه‌ها و گوی‌ها در اثر فشار و ضربه ناشی از بتن تازه وجود دارد.

در مرحله اول بتن‌ریزی را از یک گوشه سقف شروع شده و تمامی سقف به اندازه نیمی از ضخامت سقف بتن‌ریزی می‌شود (شکل ۴۴).



شکل ۴۴

در مرحله دوم بتن‌ریزی در مناطق توپر (بدون گوی و قفسه) سقف که معمولاً در کنار ستون‌ها می‌باشد انجام می‌شود (شکل ۴۵).



شکل ۴۵

در مرحله سوم بتن‌ریزی در داخل قفسه‌ها تا مدفون شدن کامل آنها انجام می‌شود (شکل ۴۶).



شکل ۴۶



شکل ۴۷

در اجرای این مراحل، لازم است که بتن‌ریزی به صورت پیوسته انجام شود و ارتعاش بتن (ویبره زدن) در هر سه مرحله صورت گیرد (شکل ۴۷).

■ قالب‌برداری



پس از گذشت زمان مجاز (مطابق ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان) از بتن‌ریزی سقف، قالب‌بندی یا کفراژ^۱ زیر سقف برداشته می‌شود. پایه‌های اطمینان^۲ نباید تا دو سقف زیرین برداشته شود. همچنین لازم است برای جلوگیری از خروج شیره بتن تازه که باعث کاهش مقاومت بتن سقف می‌شود، تمامی درزهای احتمالی بین قالب‌ها با ابزار مناسب پوشانده شود (شکل ۴۸).



شکل ۴۸



- ۱- تکیه‌گاه‌هایی که قبل از بتن‌ریزی در زیر قالب‌بندی سقف نصب می‌شوند تا وزن قالب و بتن تازه را تا زمان سخت‌شدن کامل تحمل کنند.
- ۲- به منظور جلوگیری از بروز تغییر شکل در قطعات بتن آرمه تازه قالب‌برداری شده، پس از برداشتن قالب سطوح زیرین قطعات مزبور، تعدادی از پایه‌ها باقی می‌ماند که پایه‌های اطمینان نام دارند.

مزایای اجرای سقف دال مجوّف با گوی‌های کروی

- ۱ به دلیل فراهم آمدن اجرای دهانه‌های بلند و کاهش تعداد ستون‌ها استفاده از این سقف در سازه‌هایی مانند سالن‌های ورزشی و نمایشگاه‌ها، سالن‌های همایش و آمفی تئاترها و پارکینگ‌ها مناسب خواهد بود.
- ۲ امکان حذف تیرهای میانی سقف
- ۳ کاهش وزن سازه

برخی از الزامات اجرایی سقف دال مجوّف با گوی‌های کروی

- ۱ استفاده از سیستم سقف دال تخت بدون تیر زمانی مجاز است که مقاومت در برابر نیروهای جانبی توسط دیوارهای برشی بتن مسلح تأمین شود.
- ۲ ضخامت دال بتنی برای سقف به صورت تجربی نباید کمتر از $\frac{1}{30}$ طول دهانه آزاد باشد.
- ۳ مقاومت فشاری بتن مورد استفاده در دال سقف حداقل باید ۳۰ مگاپاسکال باشد. ضخامت بتن در اطراف گوی‌ها شامل بالا، پایین و بین دو گوی متوالی بر اساس محاسبات سازه تعیین می‌شود و در هر حال نباید کمتر از ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شود.
- ۴ گوی‌ها باید در دو امتداد مستقیم عمود برهم قرار داده شوند.
- ۵ لازم است تمهیدات لازم در مراحل ساخت، حمل، ریختن و تراکم بتن در سقف به عمل آید، به گونه‌ای که تمامی فضاهای اطراف گوی‌ها و به ویژه زیر آنها به طور کامل با بتن پر شوند.
- ۶ از ایجاد بازشو در نواحی اطراف ستون اجتناب شود. در محل‌هایی که اجرای بازشوها الزامی است لازم است به وسیله کلاف بتنی تقویت شود (شکل ۴۹).



شکل ۴۹

- ۷ به منظور اطمینان از بتن‌ریزی کامل و صحیح سقف و خالی نماندن فضای زیر و کنار گوی‌ها، حتماً باید از بتن با روانی مناسب استفاده شود. استفاده از مواد افزودنی مانند روان‌کننده‌ها در بتن توصیه می‌شود. (روان کردن بتن به هیچ عنوان نباید با افزودن آب اضافی به بتن تازه قبل از ریختن داخل سقف انجام شود).

ارزشیابی شایستگی اجرای سقف های مدرن بتنی

نام و نام خانوادگی :			شماره ملی:		تاریخ ارزشیابی:
کد حرفه	۷۱۱۱۱۲	حرفه :	ساختمان سازان (اسکلت کاران بتنی و فولادی)	کدپیمانه / پودمان	استاندارد عملکرد: اجرای سقف مدرن بتنی در کارگاه هنرستان
کد وظیفه شغل	۷۱۱۱۲۳۰۱	وظیفه شغل:	ساختمان سازی بتنی	سطح صلاحیت	۷۱۱۱۲۳۰۱۳
کد کار	۷۱۱۱۲۳۰۱۳۲	کار	اجرای سقف های مدرن بتنی	سطح شایستگی	۳L مهارت

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص ها/دآوری /نمره دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	آماده سازی محیط کارگاه، تهیه ابزار کار از انبار هنرستان	متر فلزی، انبر آرماتوربندی، ریسمان، گیره قالب، قالب وافل چکش فلزی، اسپیسر بتنی یا پلاستیکی، سیم آرماتوربندی	رویت چشمی (مشاهده رفتاری)، چک لیست نگرشی، فرم امتیازدهی	آماده سازی کامل و مرتب ابزار	۳	
				آماده سازی ابزار	۲	
				عدم تحویل کامل ابزار	۱	
۲	تهیه لیستوفر آرماتور مصرفی سقف وافل	کاغذ، قلم و ماشین حساب	چک لیست نگرشی، فرم امتیازدهی کاغذ، قلم و ماشین حساب	ترسیم صحیح جدول متناسب با تعداد موقعیت ها (Position)، توانایی محاسبه و جرم کل	۳	
				ترسیم صحیح جدول متناسب با تعداد موقعیت ها (Position)	۲	
				عدم ترسیم دقیق جدول متناسب با تعداد موقعیت ها	۱	
۳	اجرای قالب گذاری و آرماتوربندی سقف وافل بر روی زمین	نقشه اجرایی، نوشت افزار، ماشین حساب ، متر فلزی، انبر آرماتوربندی، ریسمان، گیره قالب، قالب وافل چکش فلزی، آچار F، لقمه (اسپیسر) بتنی یا پلاستیکی، سیم آرماتوربندی و میز خم	رویت چشمی (مشاهده رفتاری)، چک لیست نگرشی، فرم امتیازدهی متر فلزی	چیدمان صحیح قالب ها، آرماتوربندی تیرچه در تمامی تقاطع های میلگردهای طولی و عرضی، رعایت دقیق پوشش بتن، هم راستا بودن میلگردهای طولی و رعایت نظم در آرماتوربندی	۳	
				چیدمان صحیح قالب ها، آرماتوربندی تیرچه در تمامی تقاطع های میلگردهای طولی و عرضی	۲	
				عدم چیدمان صحیح قالب ها، آرماتوربندی تیرچه در تمامی تقاطع های میلگردهای طولی و عرضی	۱	
۴	تهیه لیستوفر آرماتور مصرفی سقف با گوی های توخالی	کاغذ، قلم و ماشین حساب	چک لیست نگرشی، فرم امتیازدهی کاغذ، قلم و ماشین حساب	ترسیم صحیح جدول متناسب با تعداد موقعیت ها (Position)، توانایی محاسبه و جرم کل	۳	
				ترسیم صحیح جدول متناسب با تعداد موقعیت ها (Position)	۲	
				عدم ترسیم دقیق جدول متناسب با تعداد موقعیت ها	۱	
	شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: کارگاه اسکلت سازی (آرماتوربندی) مجهز به تجهیزات ایمنی و ابزارهای حفاظتی لازم		مشاهده رفتاری/ چک لیست نگرشی/ فرم امتیازدهی	رعایت انضباط کارگاهی، استفاده ایمن از ابزارها، رعایت اصول ایمنی و ارگونومی، استفاده بهینه از مواد مصرفی و جلوگیری از اتلاف سایر ملزومات، مسئولیت پذیری، دقت و توجه به کیفیت انجام کار	۲	
				عدم رعایت انضباط کارگاهی، استفاده غیر اصولی از ابزارها، بی توجهی به اصول ایمنی و بهداشتی، مصرف نامناسب مواد و تجهیزات، بی دقتی در انجام کار و نیاز به تذکر برای اصلاح عملکرد	۱	

☐ بلی	ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)
☐ خیر	

توضیحات:

۱) معیار شایستگی انجام کار:

- کسب حداقل نمره ۲ از مراحل ۳ و ۴ و (مراحل بحرانی)

- کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش

- کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

۲) تعریف سطوح شایستگی: صرف نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه ای انجام می شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه ریزی و تحلیل، پاسخ گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت ها

تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.



پودمان چهارم

اجرای عملیات ساخت بتن



واحد یادگیری ۱: ساخت بتن

مقدمه

بتن یکی از مهم‌ترین مصالح ساختمانی جهان است. در آمارهایی که در سال‌های اخیر توسط مراجع معتبر ارائه گردیده بتن به‌عنوان یکی از پرمصرف‌ترین مصالح ساختمانی در جهان شناخته شده است که از دلایل آن می‌توان به در دسترس و ارزان بودن قیمت مواد اولیه، مقاومت فشاری خوب، دوام بالا، قابلیت شکل‌دهی در هر قالب و سرعت بالای ورود مواد افزودنی بتن جدید به بازار را نام برد. بتن را می‌توان به زبان ساده، سنگی مصنوعی و همگن که مخلوطی از سنگ‌دانه (شن و ماسه)، سیمان و آب دانست که در شرایط مناسب، به یک توده سخت و مقاوم تبدیل می‌شود.

استاندارد عملکرد

در پایان این واحد یادگیری هنرجویان باید بتوانند مصالح بتن را شناخته و مراحل ساخت، ریختن و نگهداری بتن را مطابق با استانداردهای مرتبط و ضوابط ایمنی اجرا نمایند. در نهایت با لحاظ نمودن ضوابط ایمنی و زیست‌محیطی عملیات جمع‌آوری و تمیزکاری محل ساخت بتن را اجرا نموده و مطابق ضوابط ارزشیابی شایستگی محور در پایان پودمان مورد ارزشیابی قرار خواهند گرفت.

استانداردهای مرتبط با موضوع ساخت بتن

- ۱ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، طرح و اجرای ساختمان‌های بتن آرمه، ویرایش ۱۳۹۹
- ۲ آیین‌نامه بتن ایران (آبا)، جلد دوم: مصالح و اجرا، ویرایش ۱۴۰۱
- ۳ مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی - تجدید نظر سوم - جلد سوم ضابطه شماره ۳-۵۵ بتن و اجرای آن، ویرایش ۱۴۰۳



شکل ۱

اجزای بتن

بتن از دو بخش کلی خمیره و سنگ‌دانه تشکیل شده است. خمیره ترکیبی است مناسب از: سیمان، آب و مواد افزودنی دانه‌بندی ترکیبی است مناسب از: درشت دانه (شن)، ریزدانه (ماسه) سیمان^۱ به عنوان چسباننده تمامی ذرات تشکیل دهنده بتن از لغت لاتین Cementitious گرفته شده که به معنی چسب می‌باشد. سیمان پرتلند از ترکیب سنگ آهک و سیلیس و آلومینیوم ساخته می‌شود. مراحل ساخت سیمان به طور خلاصه شامل استخراج مصالح از معادن، حمل مواد به کارخانه، خردایش مواد، اختلاط مواد مطابق نسبت‌های مشخص، پخت در کوره‌ها تا دمای حدود ۱۵۰۰ درجه سانتی‌گراد (تولید کلینکر)، خنک کردن کلینکر به منظور تشکیل بلور، آسیاب کردن، اضافه کردن اندکی گچ و بسته‌بندی و حمل سیمان می‌باشد.

انواع سیمان

انتخاب نوع سیمان، یکی از مهم‌ترین تصمیم‌ها در ساخت بتن است؛ چون سیمان همان ماده‌ای است که پس از ترکیب با آب، شروع به واکنش می‌کند و باعث سفت شدن بتن می‌شود. به بیان ساده، اگر سیمان مناسب انتخاب نشود، ممکن است بتن دیر یا سریع‌تر از انتظار گیرش کند، مقاومت نهایی آن کمتر شود یا

۱- Cement



شکل ۲

دوامش در برابر شرایط محیطی کاهش پیدا کند. بنابراین آشنایی با انواع سیمان و ویژگی‌های هر کدام به سازندگان بتن کمک می‌کند تا بتن را دقیق‌تر و مطمئن‌تر بسازند. سیمان پرتلند را به عنوان رایج‌ترین سیمان می‌توان به دسته‌بندی‌های متفاوتی تقسیم‌بندی نمود که هر کدام از دسته‌بندی‌ها را با عنوان نوع (یا تیپ) معرفی می‌نمایند. این تقسیم‌بندی براساس مواد اولیه تشکیل‌دهنده و نسبت‌های اختلاط در زمان تولید تعیین می‌گردند (شکل ۲).

در جدول شکل ۳ مشخصات و کاربرد انواع (تیپ‌های) مختلف سیمان معرفی شده است.

نوع سیمان	نام رایج	ویژگی‌های اصلی	موارد استفاده	محدودیت‌ها/نکات
تیپ ۱	سیمان پرتلند معمولی (بنایی)	مناسب ملات بنایی	ساخت و سازه‌های بتنی معمولی که در معرض حملات سولفاتی نیستند.	برای محیط‌های دارای سولفات زیاد مناسب نیست.
تیپ ۲	سیمان اصلاح شده	کنترل نرخ افزایش حرارت هیدراتاسیون (واکنش شیمیایی آب و سیمان)، مقاومت اولیه کمتر، مقاومت قابل قبول در برابر حملات سولفاتی	سازه‌هایی که افزایش حرارت باید به آرامی و کنترل شده انجام شود.	مقاومت اولیه نسبت به برخی تیپ‌ها کمتر است.
تیپ ۳	سیمان زودگیر	تولید حرارت هیدراتاسیون بالا، سرعت گیرش زیاد، کسب مقاومت اولیه سریع	مواردی که نیاز به باز کردن سریع قالب‌ها وجود دارد.	برای بتن‌ریزی در هوای گرم و مقاطع حجیم توصیه نمی‌شود.
تیپ ۴	سیمان با حرارت‌زایی کم	تولید حرارت کم در فرایند هیدراتاسیون	بتن‌ریزی‌های حجیم و همچنین بتن‌ریزی‌ها در هوای بسیار گرم	زمان گیرش و افزایش مقاومت کندتر است.
تیپ ۵	سیمان ضد سولفات	مقاومت بیشتر در برابر سولفات‌های مهاجم خارجی	ساخت بنادر، سازه‌های ساحلی، جزایر و مناطق با آب شور	برای شرایطی طراحی شده که خطر حمله سولفاتی وجود دارد.

شکل ۳

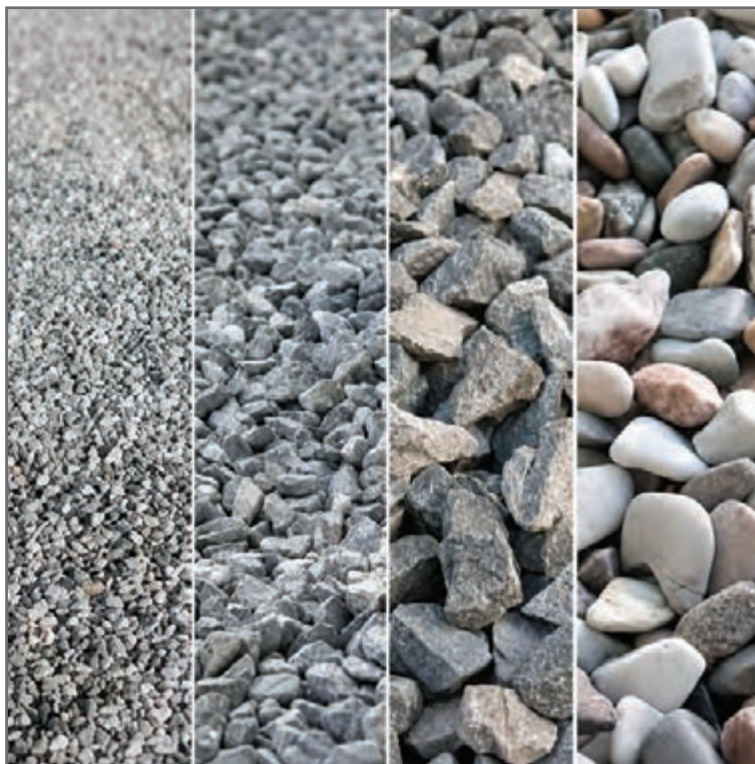
در نهایت، شناخت نوع سیمان یعنی انتخاب درست براساس شرایط پروژه، آب‌وهوای منطقه، نوع سازه، زمان موردنیاز برای گیرش و نیز شرایط محیطی مانند سولفات و رطوبت.

■ هیدراتاسیون

خمیر سیمان ماده‌ایست حاصل از مخلوط آب و سیمان و نتیجه واکنشی است که آن را هیدراتاسیون می‌نامند. هیدراتاسیون واکنشی حرارت‌زا است که در ادامه باعث تبدیل خمیر به چسب و نهایتاً جسم سخت می‌شود.

■ سنگ دانه

از آنجایی که حدود ۷۵ درصد حجم بتن را سنگ دانه تشکیل داده است می توان نتیجه گرفت که نقش بسزایی در مقاومت و رفتار بتن ایفا می کند. یکی از دلایل استفاده از سنگ دانه در بتن اقتصادی نمودن محصول نهایی می باشد. با توجه به اینکه سیمان به دلیل تولید گازهای گلخانه ای در زمان تولید جزء محصولات پرخطر برای محیط زیست محسوب می شود استفاده هرچه کمتر از این محصول می تواند محیط زیست را کمتر دچار آسیب و زیان نماید (شکل ۴).



شکل ۴

از نگاه دیگر از آنجایی که در بتن خطر جمع شدگی مربوط به خمیره سیمان می باشد کاهش میزان عیار سیمان در بتن و جایگزینی با سنگ دانه ها این مخاطرات را کاهش خواهد داد. سنگ دانه ها باید سخت و بدون ناخالصی ها و از نظر شیمیایی پایدار باشند. سنگ های ضعیف و متخلخل می توانند تأثیر مخرب بر مقاومت مکانیکی و سایشی بتن داشته باشد.

مشخصاتی از سنگ دانه که می تواند به صورت مستقیم روی مشخصات بتن تأثیر بگذارد به قرار زیر است:

- ۱ دانه بندی سنگ دانه
- ۲ بزرگ ترین بُعد سنگ دانه
- ۳ جنس سنگ دانه
- ۴ بافت سطحی سنگ دانه
- ۵ گرد گوشه یا تیز گوشه بودن سنگ دانه

– **دانه‌بندی سنگ‌دانه:** مؤثرترین پارامتر تأثیرگذار سنگ‌دانه در مشخصات و ویژگی‌های بتن تازه و بتن سخت شده، دانه‌بندی سنگ‌دانه می‌باشد. دانه‌بندی سنگ‌دانه بدان معنی است که از کل سنگ‌دانه موجود در ساخت بتن چند درصد از هر اندازه ابعادی سنگ‌دانه‌ها موجود می‌باشد. به‌طور کلی می‌توان گفت بهترین دانه‌بندی سنگ‌دانه مربوط به حالتی است که علاوه بر استفاده از تمامی رده‌های اندازه دانه‌بندی، فاصله بین دانه‌بندی‌ها کمترین خلل و فرجی را ایجاد نماید.

سنگ‌دانه‌های درشت دانه وظیفه کنترل پایداری و افزایش مقاومت در بتن را دارا می‌باشند و سنگ‌دانه‌های ریز، نقش پرکنندگی خلل و فرج و ایجاد کارایی در بتن را داراست.

– **بزرگ‌ترین بعد سنگ‌دانه:** بزرگ‌ترین بعد سنگ‌دانه مصرفی در ساخت بتن اندازه‌ای است که ۹۰ درصد کل سنگ‌دانه‌ها از آن کوچک‌تر باشند. اندازه حداکثر بعد اسمی سنگ‌دانه براساس شرایط کار و محل استفاده از بتن تعیین می‌گردد. اگر اندازه سنگ‌دانه خیلی بزرگ باشد ممکن است باعث شود که سنگ‌دانه‌ها روی هم یا بین شبکه آرماتورها گیر کنند و اجازه عبور بتن را نداده و زیر سنگ‌دانه‌ها حفرات خالی و پر نشده‌ای به‌جا بماند. طبق توصیه مبحث نهم مقررات ملی ساختمان حداکثر بعد اسمی سنگ‌دانه‌ها نباید از یکی از موارد زیر بیشتر باشد.

۱ یک پنجم کوچک‌ترین بعد داخلی قالب

۲ یک سوم ضخامت دال

۳ سه چهارم پوشش روی آرماتورها

۴ سه چهارم کوچک‌ترین فاصله آزاد بین آرماتورها

۵ ۳۸ میلی‌متر در بتن مسلح و ۶۳ میلی‌متر در بتن غیرمسلح

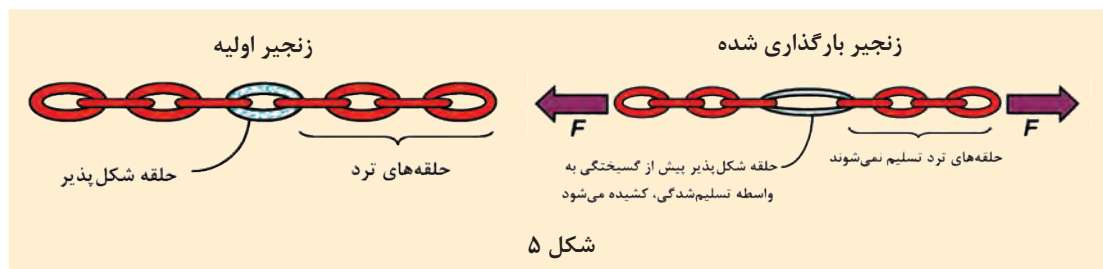
در خصوص بزرگ‌ترین بعد سنگ‌دانه هر چه اندازه بعد کوچک‌تر باشد علاوه بر احتمال کاهش مقاومت، میزان سیمان مصرفی و خطر احتمال بروز ترک‌های جمع‌شدگی بیشتر می‌شود. همچنین کاهش اندازه بزرگ‌ترین بعد سنگ‌دانه به روانی بتن و پمپ‌پذیری بتن کمک می‌کند. برای درک بهتر تأثیر بزرگ‌ترین بعد سنگ‌دانه بر روی روانی می‌توان تصور کرد دو سطلی که یکی پُر از قند بوده و سطل دیگری که پر از شکر باشد را به یک‌باره برعکس کنیم، پس از بلند کردن هر دو ظرف مشاهده می‌گردد که ظرفی که دارای ریزدانه بیشتری بوده (شکر) راحت‌تر روی زمین پخش می‌شود تا ظرفی که دانه‌بندی بزرگ‌تری دارد.

– **جنس سنگ‌دانه:** جنس سنگ‌دانه ارتباط مستقیمی با مقاومت‌های فشاری و سایشی بتن دارد هرچه سنگ‌دانه مرغوب‌تر و تخلخل کمتری داشته باشد مقاومت‌های مکانیکی، ذوب و یخ‌بندان بتن بیشتر خواهد داشت.

نکته



براساس یک اصل که زنجیر پاولی نام دارد. مقاومت زنجیری که از حلقه‌های پیوسته تشکیل می‌شود توسط ضعیف‌ترین حلقه زنجیره مشخص می‌شود. بدین معنی که اگر تمام حلقه‌های زنجیر نشان داده شده شکل ۵ از مرغوب‌ترین فولاد باشد و تنها یکی از حلقه‌های فولاد از جنسی ضعیف‌تر از فولاد باشد مقاومت زنجیر در زمانی که از دو سمت شروع به کشیدن شود برابر با مقاومت ضعیف‌ترین حلقه زنجیره می‌باشد. همین اصل در بتن هم وجود دارد. اگر در بتن که تشکیل شده است از دو قسمت خمیره سیمان و سنگ‌دانه یک حلقه ضعیف‌تر از حلقه دیگر باشد، مقاومت نهایی بتن براساس قسمت ضعیف‌تر مشخص می‌گردد (شکل ۵).



– **بافت سنگ دانه:** بافت سطحی سنگ دانه می تواند صیقلی و یا زبر و خُلَل و فُرَج دار باشد، هر دوی این سطوح می تواند تأثیر مستقیم بر ناحیه چسبنده و مرز مشترک بین خمیر سیمان و سنگ دانه داشته باشد. هرچه سطح سنگ دانه زبرتر باشد خمیر سیمان در این مرز بهتر با سنگ دانه درگیر می شود و نهایتاً مقاومت بهتری به بتن می دهد.

– **گرد گوشه یا تیز گوشه بودن سنگ دانه:** این خاصیت ظاهری سنگ دانه می تواند هم در خواص مکانیکی بتن سخت شده و هم در خواص بتن تازه تأثیرگذار باشد. استفاده از سنگ دانه های تیز گوشه (شکسته) باعث افزایش مقاومت بتن خواهد شد و استفاده از سنگ دانه های گرد گوشه موجب کاهش مقاومت بتن می گردد. در سنگ دانه های گرد گوشه به علت تخلخل بیشتر بین دانه ها و همچنین درگیری کمتر سنگ دانه با خمیر سیمان احتمال ایجاد ترک های حاصل از جمع شدگی به مراتب بیشتر از سنگ دانه های تیز گوشه خواهد بود. سنگ دانه های گرد گوشه به دلیل لغزش راحت تر بر روی یکدیگر در بتن تازه، روانی به مراتب بهتری نسبت به سنگ دانه های شکسته دارند.



شکل ۶

برای درک بهتر این رفتار دو سطل که یکی از سنگ دانه های تیز گوشه (شکسته) و دیگری سنگ دانه های گرد گوشه تشکیل شده است را به طور همزمان برعکس نموده و بر روی زمین تخلیه نمایید. می توان مشاهده نمود سطلی که از سنگ دانه های گرد گوشه استفاده نموده است به مراتب راحت تر بر روی زمین پخش می شود (شکل ۶).

تمرین



آب در بتن

آب در بتن چهار نقش اصلی بازی می کند که دو نقش آن مربوط به بتن تازه و در هنگام ساخت بتن است و دو نقش دیگر مربوط به بتن سخت شده می باشد.

■ آب در بتن تازه

عامل تبدیل شدن سیمان به چسب، عمل هیدراتاسیون ذرات سیمان است که بدون حضور آب امکان پذیر نمی باشد.

اصلی ترین وظیفه آب در بتن تبدیل سیمان به چسب به وسیله واکنش هیدراتاسیونی می باشد که بین هر دو آنها اتفاق می افتد.

آب در زمان ساخت بتن علاوه بر نقش ایجاد هیدراتاسیون وظیفه روان کردن بتن و یا به عبارتی روغن کاری بین ذرات بتن را نیز بر عهده دارد. میزان آب مورد نیاز (نسبت آب به سیمان) برای تأمین روانی بتن و همچنین هیدراتاسیون کامل سیمان مقداری بهینه دارد که کمتر یا بیشتر از آن مخاطراتی را در بتن به وجود می آورد.

کمتر بودن میزان آب باعث می شود تمام ذرات سیمان نتوانند هیدراته شده و نقش چسب در بتن را ایفا کنند. همچنین بتن نمی تواند قالب را پر نموده و به راحتی شکل گیرد و اصطلاحاً بتن کرم می شود.

برعکس، زیاد بودن میزان آب در بتن می تواند علاوه بر کاهش میزان مقاومت بتن، منجر به جداسدگی سنگ دانه ها و همچنین آب انداختن بتن شود. آب آزاد در بتن بعد از مدتی تبدیل به بخار می شود و در حجم بتن خلل و فرج ایجاد می کند و پر واضح هست هسته بتنی که می بایست با سیمان و سنگ دانه پر شود حالا با حباب هوایی پر شده است که به مراتب مقاومت پایین تری نسبت به سایر مصالح تشکیل دهنده بتن دارد. لذا با افزایش تخلخل که حاصل از آب اضافی در بتن است مقاومت بتن کاهش می یابد و همچنین نفوذپذیری بتن را که یک عامل مهم کاهش عمر ساختمان های بتنی است را افزایش می دهد.

■ آب در بتن سخت شده

بتن هم مانند سایر مواد به واسطه جذب رطوبت و آب به منافذ داخلی، منبسط شده و همچنین به واسطه از دست دادن آب دچار انقباض و جمع شدگی می شود. این اتفاق را می توان با یک آبراسفنجی ظرف شویی شبیه سازی نمود با قرار دادن ابر در سطل آب افزایش حجم ابر به واسطه حضور ذرات آب مشاهده می شود. با خشک شدن ابر حجم آن شروع به کاهش و جمع شدگی می نماید (شکل ۷).

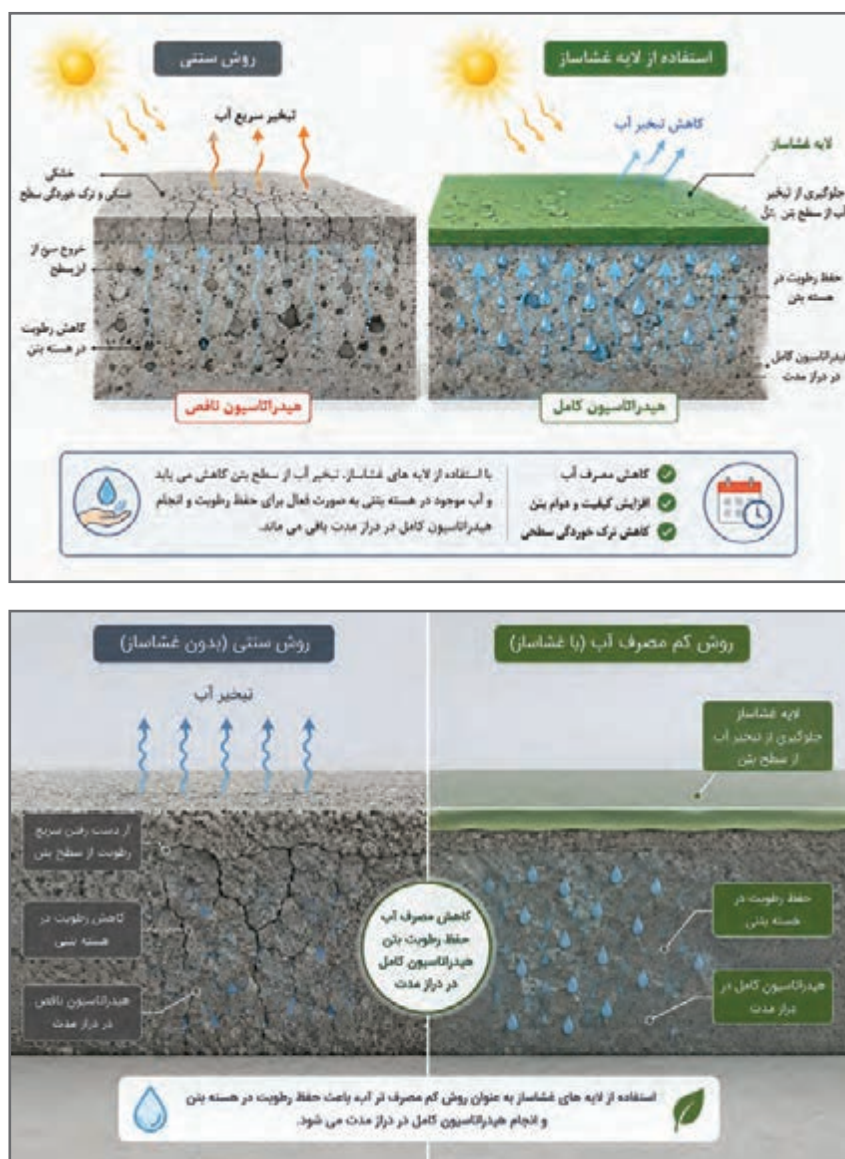


شکل ۷

جمع شدگی بتن در یک المان سازه ای زمانی بحرانی می شود که سازه از چند ظرف مقید شده باشد. بتن پس از جای دهی در قالب شروع به خشک و جمع شدن می کند و با توجه به اینکه المان در اطراف مقید شده و اجازه جمع شدن نمی دهد، تنش های داخلی در آن رخ داده و همین امر باعث ایجاد ترک در سطح بتن می شود. لذا می بایست تا زمانی که بتن بتواند این تنش های داخلی را تحمل نماید از ایجاد ترک در بتن جلوگیری نمود. همچنین توصیه می گردد از تبخیر آب بتن تا رسیدن به ۷۰ درصد مقاومت مشخصه جلوگیری شود تا جمع شدگی باعث ایجاد ترک در بتن نگردد.

وظیفه دوم آب در بتن سخت شده را می‌توان هیدراته نمودن کامل تمام ذرات سیمان عنوان نمود. در اغلب بررسی‌های پژوهشی در بتن محققان به این نتیجه رسیده‌اند که در بتن‌های با نسبت آب به سیمان پایین تمامی ذرات سیمان موجود در بتن نتوانسته‌اند با آب واکنش نشان داده و هیدراتاسیون کامل را ایجاد نمایند، لذا باید رطوبت‌دهی بتن در چند روز اول پس از ساخت برای ایجاد حداکثر هیدراتاسیون در تمام ذرات سیمان انجام شود.

- شایان ذکر است استفاده از روش‌های کم‌مصرف تر آب برای حفظ رطوبت هسته‌های بتن وجود دارد که با توجه به کمبود آب توصیه می‌شود جایگزین روش‌های سنتی شود تا به این وسیله بتوان تا حد ممکن مصرف آب را کاهش داد. یکی از این روش‌ها استفاده از لایه‌های غشاساز هست که به منظور جلوگیری تبخیر آب از سطح بتن است و آب موجود در هسته بتنی به صورت فعال برای حفظ رطوبت و انجام هیدراتاسیون کامل در هسته بتن در درازمدت می‌ماند (شکل ۸).



شکل ۸



ابعاد یک ابر اسفنجی با تخلخل زیاد را ابتدا در حالت خشک اندازه‌گیری نموده و در جدولی یادداشت نمایید، سپس ابر اسفنجی را به مدت ۳۰ دقیقه درون ظرف آب گذاشته که کاملاً آب به منافذ ابر نفوذ کند، پس از نفوذ کامل آب به خلل و فرج مجدداً ابعاد ابر را اندازه‌گیری و در ردیف جدول مربوط به خود ثبت نمایید. در حالت اول ابر را در معرض آفتاب قرار داده تا کاملاً خشک شود و سپس اندازه‌گیری ابعادی انجام می‌گردد، در این مرحله نسبت به مرحله قبل کاهش حجم خواهد داشت، این کاهش حجم همان جمع‌شدگی حاصل از دست رفتن آب در ابر است که همانند جمع‌شدگی بتن است. در حالت دوم برای اینکه سرعت تبخیر از حجم ابر کاهش یابد ابر را در محیطی مرطوب و دور از تابش آفتاب و باد قرار دهید. خواهید دید سرعت تبخیر و کاهش حجم با سرعت کمتری اتفاق می‌افتد.

افزونه‌ها و افزودنی‌ها

اگر برای دستیابی به یک خاصیت و ویژگی مشخص در بتن، ترکیب سیمان، سنگ‌دانه و آب به‌تنهایی بهینه و امکان‌پذیر نباشد می‌توان از مواد افزودنی یا افزونه استفاده نمود.



افزونه‌ها موادی هستند که در روند تولید در کارخانه سیمان در مرحله تولید اضافه شده و نهایتاً به‌عنوان بخشی از سیمان پدیدار می‌شوند. افزودنی‌ها موادی هستند که در روند تولید بتن قبل از اختلاط یا هم‌زمان با اختلاط و برای بهبود ویژگی‌ها و خواص به بتن اضافه می‌شوند و مشخصات فیزیکی، ظاهری و رفتار بتن تازه را بهبود می‌بخشند (شکل ۹).

شکل ۹- بررسی انواع افزودنی‌های بتنی

مواد افزودنی بتن به دو دسته مواد افزودنی معدنی و شیمیایی دسته‌بندی می‌شوند. مواد افزودنی معدنی می‌بایست قبل از مصرف آسیاب شده و به ذراتی کوچک‌تر از ۱۵ میکرون تبدیل شوند تا بتوانند بهتر در بتن نقش ایفا کنند. این مواد به سه دسته زیر تقسیم می‌شوند:

- ۱ مواد پوزولانی
- ۲ مواد سیمانی
- ۳ مواد غیر واکنش‌زا (کمک روان‌کننده)

■ مواد افزودنی شیمیایی

مواد افزودنی شیمیایی در بتن از لحاظ تنوع بسیار گسترده می‌باشند. در ادامه با سه نوع از پرکاربردترین مواد افزودنی شیمیایی مورد مصرف در بتن آشنا خواهید شد:

۱ **مواد حباب‌زا:** از این مواد به منظور کنترل پایداری و حفظ مقاومت بتن در مقابل شرایط یخ زدن و آب شدن‌های مکرر در آب و هوای سرد و یخ‌بندان استفاده می‌شود.

۲ **افزودنی‌های روان‌کننده:** این مواد پلیمری حلال در آب در کشور ایران یکی از پر مصرف‌ترین مواد افزودنی شیمیایی در صنعت بتن به حساب می‌آیند. روان‌کننده‌ها ذرات سیمان را دارای بار هم نام کرده و مانند آهن‌ربایی که نسبت به قطب‌های همنام دافعه دارد از هم باز شده و آب محبوس در این کلوخه آزاد شده و در بتن ایجاد روانی می‌نماید.

۳ **افزودنی‌های کنترل‌کننده گیرش:** کندگیرکننده‌ها و تندگیرکننده‌ها با تأثیر گذاشتن مستقیم بر روی سرعت هیدراتاسیون سیمان بر گیرش سیمان تأثیر می‌گذارند.



شکل ۱۰

دمای بالای هوا و همچنین دمای بالای حاصل از گیرش سیمان باعث می‌شود سرعت هیدراتاسیون و گیرش سیمان افزایش یابد. به کمک کندگیرکننده‌ها می‌توان این سرعت را کاهش داد. همچنین در زمان‌هایی که فاصله بین ساخت و ریختن بتن زیاد باشد می‌توان از کندگیرکننده‌ها به منظور کاهش خطرات مربوط به ایجاد درز سرد استفاده نمود (شکل ۱۰).

نکته



درز سرد یکی از ایرادات اجرایی مربوط به ریختن بتن در قالب است. فواصل بین لایه‌های بتن‌ریزی می‌بایست به گونه‌ای باشد که لایه جدید بتن تا قبل از گیرش و سفت شدن لایه قدیم ریخته شود تا لایه‌ها با هم یکپارچه شود و رفتار یکپارچه‌ای ارائه نمایند. اگر لایه‌های بتن‌ریزی با فواصل زمانی زیاد ریخته شود اصطلاحاً بین لایه قدیم و جدید درز سرد ایجاد شده و یک ایراد سازه‌ای محسوب می‌گردد.

تندگیرکننده‌ها به دلیل افزایش سرعت و حرارت هیدراتاسیون، گیرشی زودتر از سیمان‌های عادی ایجاد می‌نمایند و کسب مقاومت‌های اولیه را سرعت می‌بخشند. این ویژگی باعث شده که از این مواد در کاربردهایی همچون ساخت المان‌های پیش ساخته بتنی، نیاز به باز نمودن زودتر قالب‌ها، بتن پاششی (شات کریته‌ها)، ترمیم‌های اضطراری، و در مناطقی که گیرش سریع بتن مدنظر باشد (نظیر بتن‌ریزی در هوای سرد) استفاده نمود.

■ الیاف در بتن

الیاف‌ها به منظور تقویت مقاومت کششی و خمشی و همچنین جلوگیری از ایجاد ترک در بتن استفاده می‌شود.

در ایران ۴ نوع الیاف زیر از سایر انواع آن پرتعدادتر می‌باشد.

۱ الیاف فولادی

۲ الیاف کربنی

۳ الیاف شیشه

۴ الیاف پلی پروپیلن (شکل ۱۱).



الیاف فولادی



الیاف کربنی



الیاف شیشه



الیاف پلی پروپیلن

شکل ۱۱

■ مراحل اجرای بتن

طرح اختلاط بتن مطابق داده‌های پروژه، مشخصات مقاومتی و مکانیکی و خواص بتن تازه که توسط طراح پروژه اعلام شده است به‌وسیله مهندسین دارای صلاحیت در کارخانه تولید بتن محاسبه می‌شود. سپس نمونه‌هایی مطابق با محاسبات در آزمایشگاه ساخته شده و مورد آزمایش‌های استاندارد قرار می‌گیرد. در صورت کسب مقاومت خواسته شده، طرح اختلاط که شامل انواع، میزان، مشخصات فیزیکی و ظاهری و شیمیایی مصالح تشکیل‌دهنده بتن است به واحد تولید کارخانه تولید بتن تحویل می‌گردد (شکل ۱۲). پس از آن مراحل اصلی اجرای بتن که شامل:

۱ ساخت بتن

۲ انتقال بتن و بتن‌ریزی

۳ تراکم بتن

۴ پرداخت سطح بتن

۵ عمل‌آوری بتن

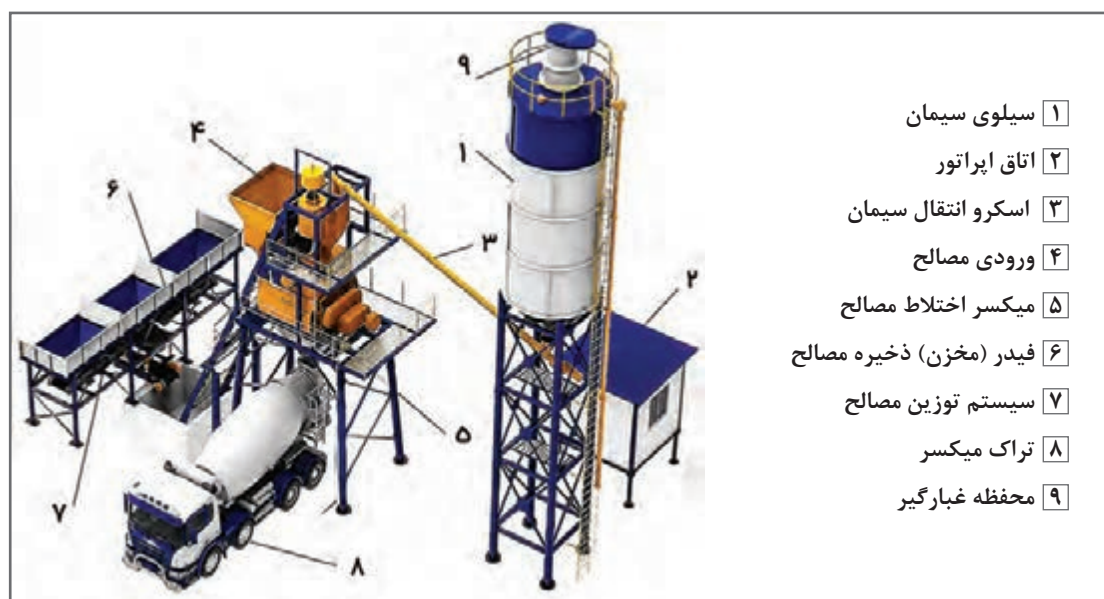
۶ ارزیابی و پذیرش بتن انجام می‌پذیرد.



شکل ۱۲

۱ ساخت بتن

تمامی مواد تشکیل دهنده بتن می‌بایست به صورت وزنی توزین شده و با هم در دیگ دستگاه بچینگ^۱ ترکیب گردد و از پیمانه کردن حجمی مواد به‌استثنای آب و مواد افزودنی باید پرهیز گردد (شکل ۱۳).



شکل ۱۳



شکل ۱۴

برای ساخت بتن با حجم کم و اطمینان از کیفیت و همگن بودن بتن ساخته شده، لازم است بتن مطابق طرح اختلاط ارائه شده توسط آزمایشگاه به وسیله دستگاه مخلوط کن (بتونیر^۱) ساخته شود. عملکرد این مخلوط کن باید به گونه‌ای باشد که بتواند مواد را به خوبی و در مدت زمان لازم با هم مخلوط نماید (شکل ۱۴).

نکته



مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۶۰۴۴، استفاده از روش مخلوط کردن دستی با بیل و کمچه و غیره برای ساخت بتن کاملاً مردود بوده و مجاز نمی‌باشد (شکل ۱۵).

ISIRI 6044 2nd Revision 2019 Modification of ASTM C94: 2017a	 جمهوری اسلامی ایران Islamic Republic of Iran سازمان ملی استاندارد ایران Iranian National Standardization Organization بتن آماده - ویژگی‌ها Ready-Mixed Concrete - Specifications JCS: 91.100.30	 استاندارد ملی ایران ۶۰۴۴ تجدید نظر دوم ۱۳۹۷
---	--	---

شکل ۱۵

۲ انتقال بتن و بتن‌ریزی

برای انتقال بتن ساخته شده از کارخانه به محل مصرف از تراک میکسر^۲ استفاده می‌شود. یک مخزن (دیگ) مخلوط‌کننده و نگهدارنده بتن در پشت خودروی مخصوص به منظور حمل و مخلوط کردن بتن نصب می‌گردد (شکل ۱۶).

۱- Concrete Mixer

۲- Truck Mixer



شکل ۱۶

حرکت چرخشی مخزن حول محور مرکزی به کمک پره‌های ثابت مارپیچی داخل مخزن، باعث یکنواختی و حفظ روانی (سیالیت) در بتن می‌شود. منظور از یکنواختی این است که بتن در تمام قسمت‌ها همگن باشد و خمیر سیمان و دانه‌های سنگ‌دانه به صورت یکنواخت در بتن پخش شده باشند. اهمیت حفظ روانی بتن به این دلیل است که بتن در صورتی که ثابت بماند و اختلاط انجام نشود به سرعت گیرش می‌کند و به راحتی نمی‌توان آن را درون قالب ریخت. لذا عمل اختلاط درون میکسر یکی از بهترین راهکارها برای حفظ روانی در بتن می‌باشد.

حداکثر ظرفیتی که می‌توان دیگ تراک میکسر را با بتن پر کرد ۸۰ درصد ظرفیت اسمی آن است که کارخانه برای آن در نظر گرفته است. دلیل این محدودیت ایجاد امکان اختلاط بهینه تراک میکسر است.

تمرین



برای درک بهتر این قضیه مقداری رنگدانه درون دو ظرف ۱/۵ لیتری قرار دهید. یکی از ظروف را کاملاً با آب پر کنید و ظرف دیگری را تنها به میزان یک لیتر با آب پر کنید. اکنون شروع به تکان دادن دو ظرف نمایید. نتیجه را در کلاس با دوستان خود به اشتراک بگذارید. کدام ظرف، اختلاط کامل‌تر، بهتر و آسان‌تری داشته است؟

پس از حمل و رساندن بتن به محل تخلیه بتن، روش‌های زیر متناسب با شرایط و محل بتن‌ریزی برای تخلیه بتن به درون قالب‌ها وجود دارد:

- | | |
|------------------|----------------------------|
| ۱ شوت تراک میکسر | ۲ پمپ زمینی |
| ۳ پمپ دکل هوایی | ۴ جام‌های (باکت‌ها) جرثقیل |
| ۵ هلی کوپتر | ۶ نوار نقاله |
| ۷ کالسکه حمل بتن | |

۱ شوت تراک میکسر: استفاده از شوت تراک میکسر اقتصادی‌ترین روش بتن‌ریزی محسوب می‌شود. در این حالت فاصله عمودی و افقی پایین‌ترین سطح محل بتن‌ریزی از محل قرارگیری تراک میکسر بتن به اندازه‌ای محدود گردد که علاوه بر ایجاد شیب ملایم طول مسافت شوت به اندازه‌ای محدود شود که جداسازی خمیر سیمان و دانه‌بندی‌های سنگ‌دانه اتفاق نیفتد (شکل ۱۷).



شکل ۱۷

۲ پمپ زمینی: از پمپ زمینی برای مواقعی استفاده می‌شود که فاصله محل توقف تراک میکسر تا محل تخلیه بتن بیشتر از حدی است که بتوان از شوت تراک میکسر استفاده نمود. این دستگاه بیشتر برای انتقال بتن در خطوط افقی و یا عمودی محدود به سمت پایین مورد استفاده قرار می‌گیرد، محدودیت متراژ افقی دستگاه به دو عامل ویژگی‌های دستگاه و طرح اختلاط بتن محدود می‌شود. امکان افزایش مسیر پمپ بتن با اضافه کردن لوله‌ها، عملکرد بسیار خوب در پروژه‌های نزدیک به سطح زمین، سرعت بالای کار و امکان جابه‌جایی راحت تجهیزات را می‌توان از ویژگی‌های پمپ‌های زمینی دانست (شکل ۱۸).



شکل ۱۸

۳ پمپ دکل هوایی: از این نوع پمپ برای بتن‌ریزی‌های متداول شهری در زمانی که محل تخلیه بتن در ارتفاعی بالاتر از سطح زمین باشد یا حجم و سطح بتن‌ریزی زیاد باشد، استفاده می‌شود. یکی دیگر از مزایای پمپ هوایی نسبت به پمپ زمینی عدم نیاز به نصب و برچیدن لوله‌ها در ابتدا و انتهای پروژه است که این خود هزینه‌ها را تا حدودی کاهش می‌دهد. از معایب این سیستم می‌توان به هزینه‌های گزاف و عدم صرفه اقتصادی برای پروژه‌های کوچک، نیاز به فضای بیشتر برای استقرار جک‌های پمپ در محل بتن‌ریزی، سرویس‌های مداوم و همچنین خطر سقوط یا ترکیدن لوله‌ها و آسیب‌های جانی و مالی در دستگاه‌های مستهلک و معیوب دانست (شکل ۱۹).



شکل ۱۹

۴ جام‌های جرثقیل: در پروژه‌های بسیار بزرگ که فاصله محل بتن‌ریزی تا محل استقرار تراک میکسرها زیاد باشد می‌توان از جرثقیل‌ها و جام (باکت)‌های موجود برای بتن‌ریزی‌های محدود استفاده نمود. هر بار، بارگیری و انتقال بتن به محل پروژه توسط جرثقیل بسته به ظرفیت جام و ظرفیت جرثقیل می‌تواند بین ۵/۰ تا ۶ مترمکعب باشد. از محدودیت‌های این روش می‌تواند حجم و سرعت پایین بتن‌ریزی و هزینه‌های مرتبط با استهلاک بالای جرثقیل اشاره نمود (شکل ۲۰).



شکل ۲۰



۵ بتن‌ریزی با هلی‌کوپتر: در شرایطی که بتن‌ریزی در محدوده‌ای باشد که امکان حمل و نقل بتن به وسیله تراک میکسرها به دلیل عدم وجود مسیر جاده‌ای مناسب امکان‌پذیر نباشد حمل بتن به وسیله هلی‌کوپتر و جام‌های متصل به آن انجام می‌گردد (شکل ۲۱).

شکل ۲۱

۶ نوار نقاله و کالسکه حمل بتن: این دو وسیله اغلب در کارخانجات تولید قطعات پیش‌ساخته بتنی استفاده می‌شود و محل تولید بتن را به محل تخلیه بتن در قالب متصل می‌نماید و از لحاظ هزینه و خطرات ناشی از خرابی دستگاه، این روش کنترل شده و مناسب‌تر است. طراحی هر دو دستگاه می‌بایست به گونه‌ای باشد که علاوه بر خروج راحت بتن و عدم جداسازی مواد، خمیر سیمان نیز به بدنه دستگاه نچسبد (شکل ۲۲).



شکل ۲۲

ترتیب و نرخ بتن‌ریزی

ترتیب و نرخ بتن‌ریزی در پروژه‌ها می‌بایست با در نظر گرفتن پلان سازه‌ای، وضعیت دسترسی‌ها، محدودیت‌ها و ظرفیت بتن‌ریزی، توقف‌های موجود و تجهیزات بتن‌ریزی پیش از شروع بتن‌ریزی تصمیم‌گیری و مشخص شود. در برخی سازه‌ها مانند سقف‌ها، تیرهای یکسره و قوس‌ها و دیوارهای دارای قالب یک‌طرفه عدم توجه به بارگذاری ناشی از بار بتن تازه می‌تواند منجر به ناپایداری سیستم نگهداری و خود قالب‌ها شود. در تمامی روش‌های گفته شده می‌بایست حفظ مشخصات بتن تازه تا آخرین مرحله یعنی جای‌دهی بتن در قالب تضمین گردد، این مشخصات شامل همگنی و پراکندگی یکنواخت در ساختار مصالح تشکیل‌دهنده بتن و همچنین حفظ روانی بتن را شامل می‌شود.

عملیات بتن‌ریزی

بتن‌ریزی در قالب‌هایی با ارتفاع زیاد باید به کمک لوله و یا ایجاد دریچه بازشوها در قالب حداکثر فاصله خروجی سُرّره بتن، لوله، جام و دیگر تجهیزات تا سطح بتن‌ریزی ۱/۵ متر توصیه می‌شود.

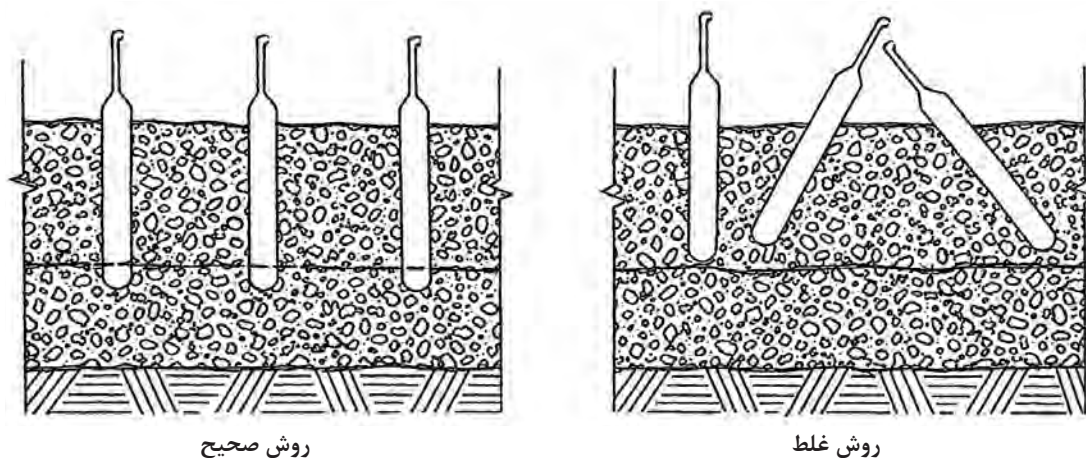
۲ تراکم نمودن بتن (ویبره زدن)^۱

برای خروج هوای ناخواسته در بتن و تراکم حداکثری بتن در قالب می‌بایست از دستگاه‌های لرزاننده داخلی یا خارجی، ضربه یا فشار استفاده نمود. محدودیت ارتفاع هر لایه بتن‌ریزی به‌منظور ایجاد تراکم ۵۰ سانتی‌متر می‌باشد.

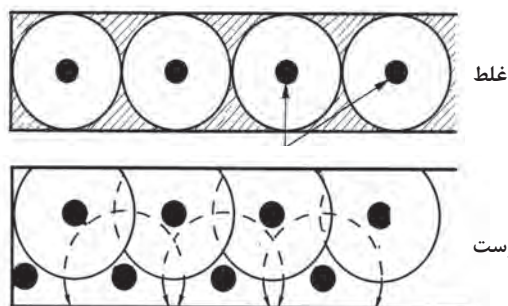
دستگاه ویبره یا لرزاننده داخلی شعاع عملی تا ۶۰ سانتی‌متر را دارا می‌باشد که بسته به فرکانس دستگاه این شعاع کم یا زیاد می‌شود.

در هنگام استفاده از ویبره داخلی می‌بایست در هر مرتبه ویبره زدن میزان ۵ الی ۱۰ سانتی‌متر میله ویبره به داخل لایه قبل نفوذ نماید. لرزاننده در هر مرتبه فرو بردن در بتن باید به‌صورت عمود به بتن وارد و به همان نحو خارج شود.

استفاده از لرزاننده به‌صورت مورب یا افقی مطابق شکل باید پرهیز نمود (شکل ۲۳).



شکل ۲۳



شکل ۲۴

کافی بودن ویبره زدن بتن زمانی مشخص می‌شود که اتمام خروج حباب هوا و به روی سطح آمدن شیره بتن توسط تکنسین مشاهده گردد.

نگه‌داشت کمتر لرزاننده در بتن باعث می‌شود که حباب هوا در حجم بتن باقی بماند و احتمال کرموشدگی سطح بتن افزایش یابد و نگهداشتن بیش از حد متراکم‌کننده باعث ایجاد جداسدگی اجزای بتن و آب انداختگی بتن می‌شود. فواصل فرو بردن لرزاننده داخلی نباید از ۱/۵ برابر شعاع تأثیر لرزاننده مطابق تصویر بیشتر باشد (شکل ۲۴).

مطابق جدول زیر و به کمک بتونیر سه نوع بتن با طرح اختلاط مختلف را ساخته و از هر کدام پنج نمونه بگیرید. این نمونه‌ها را در محل مناسب و سایه در کارگاه نگهداری نمایید. در واحد یادگیری بعدی و برای انجام آزمایش تعیین مقاومت فشاری بتن می‌توانید از این نمونه‌ها استفاده نمایید.

نکته: مقادیر داده شده در جدول برای ساخت یک مترمکعب از هر کدام از بتن‌هاست. برای ساخت بتن متناسب با حجم بتونیر موجود در هنرستان می‌بایست تمامی احجام ردیف‌های ۳ تا ۶ را در یک عدد کمتر از یک ضرب نمایید.

ردیف	مشخصات	بتن شماره ۱	بتن شماره ۲	بتن شماره ۳
۱	مقاومت فشاری هدف (MPa)	۳۵	۳۰	۲۵
۲	نسبت آب به سیمان (W/C)	۰/۴۲	۰/۵۰	۰/۵۸
۳	سیمان (kg/m^3)	۴۰۰	۳۶۰	۳۳۰
۴	آب (kg/m^3)	۱۶۸	۱۸۰	۱۹۱
۵	شن (kg/m^3)	۱۰۸۰	۱۰۳۰	۹۸۰
۶	ماسه (kg/m^3)	۶۷۰	۷۴۰	۸۲۰
۷	حداکثر اندازه سنگ‌دانه (mm)	۱۹	۱۹	۱۹
۸	اسلامپ تقریبی (cm)	۴ تا ۶	۸ تا ۱۰	۱۴ تا ۱۶
۹	روانی بتن	کم	متوسط	زیاد
۱۰	انرژی موردنیاز برای ویبره	زیاد	متوسط	کم
۱۱	میزان خروج حباب هوا	آهسته	متوسط	سریع
۱۲	تراکم‌پذیری	دشوار	مناسب	آسان

□ مقایسه سه طرح اختلاط

ویژگی	مقاومت فشاری هدف ۳۵ Mpa	مقاومت فشاری هدف ۳۰ Mpa	مقاومت فشاری هدف ۲۵ Mpa
نسبت آب به سیمان	کم	متوسط	زیاد
روانی	کم	متوسط	زیاد
مقاومت نهایی	زیاد	متوسط	کمتر
زمان لازم برای ویبره	بیشتر	متوسط	کمتر
احتمال باقی ماندن حباب هوا	بیشتر	متوسط	کمتر

برای درک بهتر عملیات تراکم، یک ظرف شیشه‌ای مانند آکواریوم یا از جنس پلاستیک شفاف با ابعاد حدودی ۵۰×۵۰×۵۰ سانتی‌متر با شیشه مقاوم با ضخامت حداقل ۶ میلی‌متر که به سه قسمت مساوی تقسیم شده تهیه نمایید. مقداری از بتن‌هایی را که در مرحله قبلی ساخته‌اید را مطابق شکل ۲۵ به آرامی در ظرف مخصوص شیشه‌ای ریخته و توسط دستگاه ویبره میله‌ای متراکم نمایید، هدف از این آزمایش در اولویت اول مشاهده و بررسی تأثیر عملیات تراکم بتن در خروج هوا و متراکم شدن بتن است و در اولویت بعدی بررسی تأثیر دانه‌بندی سنگ‌دانه بر روانی بتن و میزان انرژی مورد نیاز برای تراکم هر کدام از بتن‌ها می‌باشد.



شکل ۲۵

۴ پرداخت سطح بتن

هدف از پرداخت سطح بتن، صاف و هموار نمودن و تسطیح نهایی و بالا بردن مقاومت سایشی و دوام بتن می باشد.

مراحل چهارگانه اجرای پرداخت سطح بتن شامل شمشه گیری، تخته ماله زنی، ماله کشی، زبر کردن و ایجاد بافت خاص را شامل می شود، که از بین این چهار مرحله دو مرحله ابتدایی الزامی و دو مرحله بعدی به صورت اختیاری بسته به کاربرد بتن استفاده می شود.

الف) شمشه گیری: در این مرحله با حرکت دادن شمشه به صورت اره ای، به کمک نقاط یا نوارهای کنترل تراز سطح (کُرم بندی)، نقاط بالاتر از خطوط تراز را صاف نموده و تا حدود زیادی پستی و بلندی سطح کاهش می یابد (شکل ۲۶).



شکل ۲۶

ب) تخته ماله زنی: در این مرحله با استفاده از تخته ماله سنگ دانه های درشت روی سطح بتن که در مرحله قبل روی سطح مانده اند در بتن فرو برده شده و پنهان می شوند تا ناصافی های مربوط به شمشه گیری از بین برود (شکل ۲۷).



شکل ۲۷

ج) **ماله کشی:** در این مرحله برای ریز بافت کردن و بستن منافذ ریز و لیسه‌ای کردن بتن از ماله یا کمچه استفاده می‌شود. این مرحله زمانی انجام می‌گردد که رو زدن آب بتن کامل انجام شده و آب‌های اضافی از سطح بتن تبخیر شده باشد. در زمانی که سطح بتن مستعد ایجاد ترک‌های حاصل از جمع‌شدگی است می‌توان با انجام دادن چندباره عملیات ماله کشی تا قبل از گیرش نهایی ایجاد ترک را به اندازه قابل توجهی کاهش داد.

د) **زبر کردن سطح بتن:** در مواقعی که نیاز است سطح بتن تا اندازه‌ای زبر باشد می‌توان پس از مرحله ماله کشی به وسیله برس یا جارو در سطح بتن بافت سطحی خاص با ناهمواری‌هایی موردنظر ایجاد نمود. معمولاً عمل زبر کردن برای رمپ‌ها و یا کف‌ها با هدف ایجاد اصطکاک و عدم سرخوردگی عابرین انجام می‌شود.



شکل ۲۸

۵ عمل‌آوری^۱ بتن

به مجموعه اقدامات و مراقبت‌هایی که در چند روز اول پس از ساخت و ریختن بتن انجام می‌شود تا روند کسب مقاومت آن به درستی پیش رفته و بتواند در مقابل آسیب‌های احتمالی مقاومت کند عمل‌آوری بتن می‌گویند. به طور کلی می‌توان تکامل بتن را به یک انسان تشبیه نمود. از زمان تولد یک نوزاد تا زمانی که سیستم ایمنی او به اندازه‌ای قوی شود که بتواند خطرات و بیماری‌های احتمالی را تحمل نماید می‌بایست مراقبت و نگهداری ویژه‌ای از او انجام گیرد. در صورتی که این اقدامات در سنین کم انجام نشود نوزاد ممکن است دچار آسیب‌هایی شود که شاید تا پایان عمر ماندگار باشند. در بتن هم به محض تولید و ریخته شدن در قالب تا زمانی که مقاومت اولیه مناسبی در آن ایجاد شود نیازمند نگهداری‌های ویژه‌ای خواهد بود. در صورت عدم توجه به این نگهداری‌ها بتن برای همیشه آسیب‌های جبران‌ناپذیری می‌بیند و عملاً ترمیم و برگشت به حالت اولیه یا امکان‌پذیر نبوده یا نیازمند صرف هزینه‌های فراوان خواهد بود.

■ حفظ رطوبت داخلی بتن

یکی از مهم‌ترین اقداماتی که در عمل‌آوری بتن می‌بایست انجام شود حفظ رطوبت داخلی و مقابله با، از دست دادن رطوبت بتن می‌باشد. عمل‌آوری با آب، عایق و بخار آب می‌تواند از روش‌های مؤثر و پرترفدار در صنعت ساخت‌وسازهای بتنی باشد که هر کدام ویژگی‌ها و کاربردهای خود را دارد.

■ عمل‌آوری با آب

بتن تازه مانند سایر موادی که رطوبت در خود دارند در صورتی که در معرض هوا و آفتاب قرار گیرند از سطح شروع به خشک شدن می‌کنند و به مرور زمان آب مرکز هسته بتنی نیز تبخیر می‌شود. لذا برای جلوگیری از این اتفاق اجازه ندهید آب سطح بتن که در معرض آفتاب قرار دارد تبخیر شود، یکی از راهکارهای مرسوم مرطوب نگهداشتن دائمی سطح بتن تا زمان رسیدن مقاومت بتن تا حدود ۷۰ درصد مقاومت نهایی یا مقادیر توصیه شده در آیین‌نامه بتن ایران (آبا) است. در این روش میزان مصرف و هدر رفت آب بیشتر از سایر روش‌ها خواهد بود.

عمل‌آوری با آب می‌تواند به یکی از روش‌های غرقابی، پوشاندن با گونی خیس، ایجاد حوضچه روی سطح بتن یا ایجاد مه‌پاش‌های سطحی بتن انجام گردد. (شکل ۲۹)



شکل ۲۹

■ عمل‌آوری با عایق

مواد غشا ساز لایه‌ای، با ایجاد یک لایه عایق بر روی سطح بتن از تبخیر آب جلوگیری می‌کند و مانند یک لایه پوشش گلخانه‌ای رطوبت را داخل بتن حفظ می‌کند. در این روش دیگر نیازی به آب‌پاشی‌های مداوم برای حفظ رطوبت نمی‌باشد. این لایه یا می‌تواند به صورت یک ماده شیمیایی در سطح بتن پاشیده شود یا به کمک پلاستیک‌های گلخانه‌ای روی سطح بتن پهن گردد (شکل ۳۰).



شکل ۳۰

عمل آوری با بخار

در این روش که با نام عمل آوری تسریع یافته نیز شناخته می‌شود، علاوه بر اعمال رطوبت به واسطه دمای بالای بخار دمای بتن نیز بالا می‌رود که این امر به هیدراتاسیون کامل و تسریع یافته منجر می‌شود و سرعت گیرش بتن را به مراتب افزایش می‌دهد. در این روش که اغلب در کارخانه‌های تولید قطعات پیش ساخته بتنی مرسوم می‌باشد مدت زمان عمل آوری بتن در حالت معمولی که ۷ روز معادل ۱۶۸ ساعت می‌باشد را می‌توان به ۸ ساعت کاهش داد (شکل ۳۱).



شکل ۳۱

شرایط بتن ریزی در هوای سرد

در صورتی که بتن ریزی در دمای هوای کمتر از ۵ درجه سانتی گراد انجام گردد می‌بایست تمهیدات خاصی برای ساخت، ریختن و عمل آوری بتن انجام گردد تا بتن در معرض یخ زدن و آسیب‌های حاصل از سرما مصون بماند، این شرایط و ضوابط به تفصیل در آیین نامه بتن ایران (آبا) گفته شده است.

تأثیر هوای سرد بر بتن تازه

در هوای سرد سرعت هیدراتاسیون سیمان کاهش یافته و گیرش بتن با تأخیر انجام می‌شود. بنابراین بازکردن قالب‌ها و پایه‌های اطمینان و... همگی بایستی دیرتر انجام شود. همچنین روانی و کارایی بتن کم می‌شود که باید با افزودن روان کننده جبران شود. نکته دیگر امکان ایجاد ترک در بتن ریزی‌های حجیم به دلیل اختلاف دمای درون عضو و محیط بیرون است. مهم‌ترین خطر بتن ریزی در هوای سرد احتمال یخ زدگی بتن و از بین رفتن مقاومت آن است (شکل ۳۲).



شکل ۳۲

■ شرایط بتن‌ریزی در هوای گرم

بتن‌ریزی در هوای گرم به شرایطی اطلاق می‌شود که دمای بتن (نه دمای محیط) بیش از ۳۲ درجه سانتی‌گراد شود در این موارد می‌بایست تمهیدات خاصی برای کاهش دمای بتن در زمان ساخت، حمل، ریختن و همچنین در دوره عمل‌آوری و نگهداری بتن در نظر گرفته شود تا از ایجاد اختلال در کسب مقاومت و دوام مطلوب و همچنین افزایش احتمال ترک خوردگی‌های ناشی از جمع‌شدگی‌های خمیری، حرارتی و خشک‌شدگی بتن جلوگیری شود.

ضوابط و الزامات مربوط به بتن‌ریزی در هوای گرم در آیین‌نامه بتن ایران (آبا) ارائه شده و می‌بایست رعایت گردد.

ارزشیابی شایستگی ساخت بتن

نام و نام خانوادگی:			شماره ملی:		تاریخ ارزشیابی:
کد حرفه	۷۱۱۱۱۲	حرفه:	ساختمان سازان (اسکلت کاران بتنی و فولادی)	کدپیمان / پودمان	استاندارد عملکرد: انجام آزمایش‌های سیمان و بتن در آزمایشگاه خاک و بتن هنرستان
کد وظیفه شغل	۷۱۱۱۲۳۰۱	وظیفه شغل:	ساختمان‌سازی بتنی	سطح صلاحیت	
کد کار	۷۱۱۱۲۳۰۱۴۱	کار	ساخت بتن	سطح شایستگی	

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص‌ها/داوری/نمره دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	آماده‌سازی محیط کارگاه، تهیه ابزار کار از انبار هنرستان، شناسایی انواع سیمان	بتونیر، سیمان، شن و ماسه، سطل آب، بیل، فرغون، میله تراکم بتن	رویت چشمی (مشاهده رفتاری)، چک‌لیست نگرشی، فرم امتیازدهی	تحویل کامل ابزار و مصالح از انبار هنرستان، توانایی شناسایی تیپ‌های مختلف سیمان از روی مشخصات درج شده بر روی بسته‌بندی سیمان و بیان تفاوت بین تیپ‌های مختلف	۳	
۲	برآورد میزان مصالح مصرفی ساخت بتن	ماشین حساب، قلم و کاغذ	محاسبات عددی/ چک‌لیست نگرشی/ فرم امتیازدهی	توانایی محاسبه دقیق حجمی و وزنی میزان مصالح مصرفی برای ساخت نمونه بتن، توانایی ساخت بتن با هر دو روش وزنی و حجمی	۳	
۳	ساخت بتن به کمک دستگاه بتونیر	بتونیر، سیمان، شن و ماسه، سطل آب، بیل، فرغون	رویت چشمی (مشاهده رفتاری)، چک‌لیست نگرشی، فرم امتیازدهی	توانایی ترکیب صحیح مصالح و کار با بتونیر، رعایت ترتیب صحیح ورود مصالح به داخل بتونیر	۳	
۴	تهیه نمونه از بتن تازه در داخل قالب‌های مخصوص	قالب فلزی یا پلاستیکی نمونه‌گیری بتن، بیل، میله تراکم بتن	رویت چشمی (مشاهده رفتاری)، چک‌لیست نگرشی، فرم امتیازدهی	توانایی ترکیب صحیح مصالح و کار با بتونیر، رعایت ترتیب صحیح ورود مصالح به داخل بتونیر	۲	
۵	نگهداری از نمونه‌های بتن جهت انجام آزمایش مقاومت فشاری	قالب فلزی یا پلاستیکی نمونه‌گیری بتن، حوضچه آب	رویت چشمی (مشاهده رفتاری)، چک‌لیست نگرشی، فرم امتیازدهی	توانایی نمونه‌گیری صحیح بتن، توزیع نمونه‌گیری از دفعات ساخت بتن در بتونیر، رعایت استانداردهای ریختن و تراکم بتن با میله در داخل قالب‌ها، کنترل تمیزی و سلامت قالب‌ها قبل از نمونه‌گیری	۳	
				توانایی نمونه‌گیری صحیح بتن، توزیع نمونه‌گیری از تمامی دفعات ساخت بتن در بتونیر، رعایت استانداردهای ریختن و تراکم بتن با میله در داخل قالب‌ها	۲	
				عدم توانایی نمونه‌گیری صحیح بتن نظیر توزیع نمونه‌گیری از تمامی دفعات ساخت بتن در بتونیر	۱	
				دقت در قراردادن نمونه‌ها در سایه و عدم لرزش بیش از حد و ضربه نخوردن نمونه‌های بتن تازه، نگهداری نمونه‌ها در داخل حوضچه آب به مدت ۷ و ۲۸ روز	۳	
				نگهداری نمونه‌ها در داخل حوضچه آب به مدت ۷ و ۲۸ روز	۲	
				عدم دقت در نگهداری صحیح نمونه‌ها	۱	
				رعایت انضباط کارگاهی، استفاده ایمن از ابزارها، رعایت اصول ایمنی و ارگونومی، استفاده بهینه از مواد مصرفی و جلوگیری از اتلاف سایر ملزومات، مسئولیت‌پذیری، دقت و توجه به کیفیت انجام کار	۲	
				عدم رعایت انضباط کارگاهی، استفاده غیراصولی از ابزارها، بی‌توجهی به اصول ایمنی و بهداشتی، مصرف نامناسب مواد و تجهیزات، بی‌دقتی در انجام کار و نیاز به تذکر برای اصلاح عملکرد	۱	

ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)					
بله ☐					
خیر ☐					

توضیحات:

۱) معیار شایستگی انجام کار:

- کسب حداقل نمره ۲ از مراحل ۳ و ۴ (مراحل بحرانی)
- کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش
- کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

۲) تعریف سطوح شایستگی: صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

واحد یادگیری ۲: تعیین مقاومت بتن

مقدمه

بتن یکی از اصلی ترین مصالح مورد استفاده در ساختمان ها، پل ها، تونل ها، روسازی ها و سازه های زیربنایی است. کیفیت این ماده تنها به نوع سیمان وابسته نیست، بلکه از مقدار آب، ویژگی سنگ دانه ها، دمای مصالح، نسبت های اختلاط، زمان حمل، روش تراکم و شرایط عمل آوری تأثیر می پذیرد. به همین دلیل، کیفیت بتن با مشاهده ظاهری یا تجربه شخصی قابل تأیید نیست و باید به وسیله اندازه گیری و آزمایش کنترل شود. آزمایش های مصالح و بتن برای شناسایی وضعیت واقعی مواد، پیشگیری از خطاهای اجرایی و ثبت شواهد قابل پیگیری انجام می شوند. رطوبت سنگ دانه بر مقدار آب مؤثر مخلوط اثر می گذارد. غلظت نرمال و زمان گیرش سیمان، رفتار خمیر سیمان را در ساعات اولیه نشان می دهند. آزمایش اسلامپ، قوام بتن تازه را در محدوده کاربرد مشخص می کند. اندازه گیری چگالی و دما، اطلاعات مهمی درباره یکنواختی مخلوط و شرایط بتن ریزی فراهم می سازد. در نهایت، آزمون مقاومت فشاری نشان می دهد که آزمون استاندارد در سن تعیین شده چه میزان تنش فشاری را تحمل می نماید. در محیط هنرستان، انجام این آزمایش ها علاوه بر آموزش مهارت کار با تجهیزات، باعث شکل گیری نظم، رعایت ایمنی، دقت در اندازه گیری و توانایی تهیه گزارش می شود. هنجاری که مراحل نمونه برداری، آماده سازی، آزمایش و محاسبه را به درستی فرا می گیرد، برای فعالیت در آزمایشگاه بتن، کارخانه بتن آماده، دفتر کنترل کیفیت و کارگاه ساختمانی آماده خواهد شد. این رویکرد موجب افزایش ایمنی سازه، کاهش دوباره کاری، کاهش هزینه تعمیرات و بهبود دوام ساخت و ساز می شود.

استاندارد عملکرد

در پایان این واحد یادگیری هنجاریان باید بتوانند آزمایش های مرتبط با بتن را شناخته و مطابق با استانداردهای مرتبط و ضوابط ایمنی اجرا نمایند. در نهایت با لحاظ نمودن ضوابط ایمنی و زیست محیطی عملیات جمع آوری و تمیزکاری محل آزمایشگاه را اجرا نموده و مطابق ضوابط ارزشیابی شایستگی محور در پایان پودمان مورد ارزشیابی قرار خواهند گرفت.

استانداردهای مرتبط با موضوع تعیین مقاومت بتن

فهرست آزمایش‌هایی که در این واحد یادگیری با آنها آشنا خواهید شد مطابق جدول زیر می‌باشد. در ابتدای هر آزمایش استانداردها و مراجع مربوط به آن معرفی شده است.

ردیف	عنوان آزمایش	مرجع ملی اصلی (شماره استاندارد آزمایش)
۱	تعیین میزان رطوبت سنگ‌دانه	INSO4983
۲	تعیین غلظت نرمال سیمان	INSO11895
۳	تعیین زمان گیرش اولیه و نهایی سیمان با سوزن و یکتا	INSO392
۴	تعیین قوام بتن تازه به روش اسلامپ	INSO3203-2
۵	تعیین چگالی بتن تازه	INSO3203-6
۶	اندازه‌گیری دمای بتن تازه	INSO11268
۷	ساخت، عمل‌آوری و تعیین مقاومت فشاری آزمونه بتن	INSO1608-3

نکته



نتایج آزمایش‌ها زمانی معتبر و قابل استناد می‌باشد که تمام مراحل آزمایش اعم از تهیه و نمونه‌گیری مصالح، شرایط محیطی و دمای آزمایشگاه و نمونه‌ها، گام‌های انجام آزمایش و محاسبات نهایی دقیقاً با ضوابط و شرایط ذکر شده در استاندارد مربوطه منطبق باشد. نتیجه هر آزمایش باید با روش استاندارد، واحد صحیح و ذکر شرایط انجام کار گزارش شود. اختلاف با روش استاندارد نیز باید آشکارا ثبت گردد.

نکات ایمنی



قبل و در حین انجام آزمایش‌ها، رعایت نکات زیر جهت اطمینان از ایمنی، نظم و کنترل کیفیت عمومی کار الزامی می‌باشد:

- ۱] روپوش کار، کفش ایمنی، دستکش مناسب و عینک محافظ متناسب با آزمایش استفاده شود.
- ۲] دستگاه مخلوط‌کن، آون^۱ (گرمخانه)، جک بتن شکن و تجهیزات برقی فقط پس از کنترل کابل، اتصال زمین و حفاظ‌ها راه‌اندازی شوند.
- ۳] از تماس مستقیم پوست با سیمان و خمیر سیمان جلوگیری شود؛ سیمان مرطوب خاصیت قلیایی دارد و می‌تواند موجب سوختگی شیمیایی شود.
- ۴] قبل از توزین، واسنجی^۲ (کالیبره بودن) ترازو و تاریخ اعتبار، برچسب واسنجی مورد تأیید اداره استاندارد کنترل شود.
- ۵] نمونه‌ها با کد یکتا، تاریخ، ساعت، نوع مصالح و نام آزمایش مشخص شوند.
- ۶] پس از هر آزمایش، باید ابزارها قبل از سخت‌شدن خمیر سیمان یا بتن تمیز شوند و پسماند سیمانی وارد شبکه فاضلاب نشود.

نگارش و ثبت نتایج

واحد جرم برحسب گرم یا کیلوگرم، زمان برحسب ثانیه و دقیقه، دما برحسب درجه سانتی گراد و تنش برحسب مگا پاسکال ثبت می گردد.

آزمایش شماره یک: تعیین رطوبت سنگدانه با روش خشک کردن

این آزمایش میزان آب قابل تبخیر موجود در سنگدانه را نسبت به جرم خشک تعیین می کند.

■ مراجع: استاندارد ملی ایران شماره ۳۸۹۴ و نسخه دوم آیین نامه بتن ایران (آبا) و ASTM C 665

■ هدف و کاربرد این آزمایش

محاسبات آب موردنیاز در طرح اختلاط بتن با توجه به حالت سنگدانه اشباع با سطح خشک محاسبه و ارائه می گردد. حال اگر سنگدانه به واسطه نحوه تولید یا انبارش دستخوش تغییرات رطوبتی گردد (مثلاً بارش باران و یا شست و شوی بیش از اندازه سنگدانه در معدن شن و ماسه) می تواند میزان آب موجود در بتن را که عامل بسیار مهمی در مقاومت و دوام بتن می باشد را دچار اختلال نماید. در نتیجه محصول نهایی، مشخصات بتن تازه و سخت شده مد نظر را نخواهد داشت.

در جدول زیر مقدار حداقل سنگدانه موردنیاز برای تعیین رطوبت سنگدانه براساس بزرگ ترین اندازه اسمی سنگدانه ارائه شده است:

حداکثر اندازه اسمی سنگدانه (mm)	حداقل جرم نمونه مرطوب (Kg)
۴/۷۵	۰/۵
۹/۵	۱/۵
۱۲/۵	۲
۱۹	۳
۲۵	۴
۳۷/۵	۶
۵۰	۸
۶۳	۱۰

توصیه می شود برای انجام آزمایش درصد رطوبت از دو نوع سنگدانه ماسه به میزان ۰/۵ کیلوگرم و شن با حداکثر اندازه اسمی ۱۹ میلی متر و وزن ۳ کیلوگرم استفاده گردد.

نکته



■ تجهیزات مورد نیاز:

- ترازو با دقت ۰/۱ گرم
- آون با قابلیت نگهداری مصالح تا ۱۱۰ درجه سانتی گراد
- ظروف فلزی، دستکش حرارتی و انبر

■ مراحل انجام آزمایش

نمونه نماینده از توده سنگ‌دانه برداشت می‌شود و تا زمان توزین در ظرف دربسته نگهداری می‌گردد تا رطوبت آن کاهش نیابد.

- ۱ ظرف تمیز و خشک وزن شود و جرم آن با نماد M_1 ثبت گردد.
- ۲ نمونه مرطوب داخل ظرف ریخته شده و جرم ظرف و نمونه مرطوب با نماد M_2 ثبت گردد.
- ۳ جرم خالص نمونه مرطوب از رابطه $M = M_2 - M_1$ محاسبه می‌شود.
- ۴ نمونه به صورت لایه‌ای نسبتاً نازک در ظرف پخش شده و در آون با دمای $110 \pm 5^\circ\text{C}$ قرار داده شود.
- ۵ خشک کردن تا رسیدن به جرم ثابت ادامه یابد. برای کنترل آموزشی، پس از خشک شدن اولیه، دو توزین متوالی با فاصله حداقل ۳۰ دقیقه انجام می‌شود و اختلاف بسیار ناچیز جرم ثبت می‌گردد.
- ۶ ظرف با دستکش حرارتی از آون خارج شود و در محیط محافظت شده (بدون وزش باد گرم و سرد) تا دمای مناسب توزین خنک گردد.
- ۷ جرم ظرف و نمونه خشک با نماد M_3 ثبت شود. جرم خالص خشک از رابطه $M_d = M_3 - M_1$ به دست می‌آید.
- ۸ درصد رطوبت محاسبه و تا دقت تعیین شده در روش آزمایشگاه گزارش می‌شود.

$$\frac{M - M_d}{M_d} \times 100 \text{ : قابل تبخیر}$$



شکل ۳۳

آزمایش شماره دو: تعیین غلظت نرمال سیمان هیدرولیکی

از این آزمایش جهت تعیین درصد آب استاندارد سیمان استفاده می‌شود. این آزمایش مشخص می‌کند که برای هر نوع سیمان چه مقدار آب مورد نیاز است تا خمیر سیمان به غلظت نرمال برسد. آزمایش‌های زمان گیرش اولیه و نهایی سیمان به کمک خمیری انجام می‌شوند که دارای غلظت نرمال باشد. بنابراین این آزمایش، پیش‌نیاز آزمایش زمان گیرش سیمان می‌باشد.

مراجع: استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۸۹۵، نسخه دوم آیین نامه بتن ایران (آبا) و ASTM C ۵۰۳

■ روش آزمایش و معیار سنجش

خمیرهای سیمان با درصدهای مختلف آب ساخته می‌شوند. غلظت نرمال زمانی حاصل می‌شود که میله نفوذکننده ویکات^۱، ۳۰ ثانیه پس از آزاد شدن، در نقطه‌ای برابر 1 ± 10 میلی‌متر پایین‌تر از سطح اولیه خمیر متوقف شود.

■ مواد و تجهیزات مورد نیاز

- سیمان سالم و بدون هیچ‌گونه کلوخه به میزان ۶۵۰ گرم
- آب سالم ترجیحاً آشامیدنی که مقدار آن به صورت سعی و خطا و به صورت درصدی از جرم سیمان تعیین می‌گردد، این درصد اغلب بین ۲۸ تا ۳۸ درصد می‌تواند باشد.
- شرایط دمایی محیط و مصالح مورد استفاده می‌بایست بین ۱۹ الی ۲۷ درجه سانتی‌گراد باشد تا خطایی در روند آزمایش اتفاق نیفتد.
- دستگاه ویکات



شکل ۳۴

■ مراحل انجام آزمایش

- ۱ ۶۵۰ گرم سیمان به همراه آب مورد نیاز آماده گردد.
- ۲ سیمان را با آب مخلوط کرده و یک خمیر یک دست که تمامی نواحی سیمان با آب ترکیب شده باشد تهیه گردد.
- ۳ با دستکش یک گلوله از خمیر سیمان درست نموده و ۶ مرتبه با فاصله حدوداً ۱۵ سانتی متری گلوله از یک دست به دست دیگر پرتاب گردد.
- ۴ گلوله سیمانی را بدون وقفه از قسمت بزرگ حلقه مخروط وارد حلقه نموده و با دست بفشارید تا حلقه کاملاً پر شود، مقدار اضافه خمیر سیمان را به کمک کاردک از قسمت بزرگ مخروط جدا نمایید. حلقه حاوی خمیر سیمان را از قسمت بزرگ تر بر روی صفحه غیرجاذب قرار دهید.
- ۵ خمیر اضافی را از بالای قسمت کوچک تر به کمک کاردک یا کمچه به گونه ای جدا نموده که سطحی صاف ایجاد گردد.
- ۶ مخروط خمیر سیمان به همراه صفحه غیرجاذب را زیر میله متحرک دستگاه ویکات قرار داده به گونه ای که پیستون انتهای میله متحرک بر روی خمیر سیمان مماس گردد و نشانگر دستگاه بر روی عدد صفر تنظیم گردد. بلافاصله میله را رها نموده تا به کمک وزن خود در خمیر سیمان نفوذ کند.

نکته



مدت زمان اتمام مرحله ۶ با مرحله پرتاب از دستی به دست دیگر تا رها کردن میله آزمایش نباید بیشتر از ۳۰ ثانیه گردد.

- ۷ ۳۰ ثانیه به میله مهلت داده می شود که تحت وزن خود به مخروط سیمانی نفوذ کند و سپس عدد نشانگر قرائت و ثبت می گردد.
- ۸ حال اگر میزان نفوذ کمتر از ۱۰ میلی متر بود میزان آب باید افزایش یابد و اگر کمتر بود میزان آب باید کاهش یابد.

نکته



برای هر نوبت آزمایش، خمیر تازه ساخته می شود و از بازاختلاط خمیر قبلی خودداری می گردد.

■ محاسبه میزان درصد غلظت نرمال سیمان

$$W_w = \text{جرم آب} \quad W_c = \text{جرم سیمان} \quad \frac{W_w}{W_c} = \text{میزان غلظت نرمال سیمان}$$



آزمایش شماره سه: تعیین زمان گیرش اولیه و نهایی سیمان با ویکات

تعریف گیرش سیمان و اهمیت تعیین زمان آن

گیرش سیمان فرایندی است که طی آن خمیر سیمان پس از تماس با آب، به تدریج خاصیت خمیری و شکل پذیری خود را از دست می دهد و به ماده ای نسبتاً سخت و پایدار تبدیل می شود. این تغییر در اثر واکنش های شیمیایی میان ترکیبات سیمان و آب رخ می دهد که به آن «واکنش هیدراتاسیون» گفته می شود. در جریان هیدراتاسیون، محصولات جدیدی در خمیر سیمان تشکیل می شوند و این محصولات به مرور ذرات سیمان را به یکدیگر متصل می کنند.

گیرش سیمان با سخت شدن و کسب مقاومت نهایی تفاوت دارد. گیرش بیشتر به کاهش روانی و از دست رفتن قابلیت شکل دهی خمیر مربوط است؛ در حالی که سخت شدن، فرایندی طولانی تر است که طی آن مقاومت مکانیکی خمیر سیمان و بتن افزایش می یابد. بنابراین ممکن است سیمان گیرش یافته باشد، اما هنوز مقاومت کافی برای تحمل بار نداشته باشد.

زمان گیرش اولیه

زمان گیرش اولیه، فاصله زمانی میان لحظه تماس آب با سیمان تا زمانی است که خمیر سیمان بخش عمده ای از خاصیت خمیری خود را از دست می دهد. تا پیش از رسیدن به این زمان، عملیات حمل، ریختن، تراکم و شکل دهی بتن باید انجام شده باشد. پس از آغاز گیرش اولیه، جابه جایی، افزودن آب، اختلاط مجدد یا ایجاد تغییر در شکل بتن می تواند ساختار در حال تشکیل خمیر سیمان را تخریب کند و باعث کاهش مقاومت، افزایش ترک خوردگی و کاهش دوام بتن شود.

زمان گیرش نهایی

زمان گیرش نهایی، فاصله زمانی میان تماس اولیه آب و سیمان تا زمانی است که خمیر سیمان به حالت نسبتاً سخت رسیده و مقاومت آن در برابر نفوذ ابزار استاندارد به مقدار تعیین شده در روش آزمون رسیده باشد. در این مرحله، خمیر سیمان دیگر حالت خمیری ندارد، اما فرایند افزایش مقاومت همچنان ادامه می یابد. زمان گیرش تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار می گیرد. مهم ترین این عوامل عبارت اند از: نوع و ترکیب شیمیایی سیمان، نرمی ذرات سیمان، مقدار آب مصرفی، دمای سیمان، رطوبت نسبی محیط، نوع و مقدار مواد افزودنی، مدت و روش اختلاط و شرایط نگهداری سیمان. افزایش دما معمولاً موجب تسریع واکنش های هیدراتاسیون و کاهش زمان گیرش می شود. در مقابل، دمای پایین می تواند زمان گیرش را افزایش دهد. برخی افزودنی ها مانند زودگیرکننده ها زمان گیرش را کاهش می دهند و افزودنی های دیرگیرکننده برای افزایش زمان کارپذیری بتن به کار می روند.

اهمیت شناخت زمان گیرش برای متخصص بتن

برنامه ریزی بسیاری از فعالیت ها در مراحل ساخت و اجرای بتن ریزی به زمان گیرش سیمان بستگی دارد. در صورتی که بتن پس از شروع گیرش اولیه حمل، پمپ، متراکم یا پرداخت شود، پیوستگی داخلی آن آسیب می بیند و احتمال ایجاد درز سرد، حفره، ترک و کاهش مقاومت افزایش می یابد. همچنین زمان گیرش در انتخاب نوع افزودنی، برنامه ریزی بتن ریزی در هوای گرم یا سرد و تعیین فاصله زمانی میان لایه های متوالی بتن نقش مهمی دارد.

برای مثال، در هوای گرم، واکنش‌های سیمان سریع‌تر انجام می‌شوند و زمان در دسترس برای حمل و بتن‌ریزی کاهش می‌یابد. در چنین شرایطی ممکن است استفاده از افزودنی دیرگیرکننده، آب سرد، سایه‌اندازی روی مصالح یا کاهش زمان حمل ضروری باشد. در هوای سرد، کند شدن گیرش می‌تواند زمان قالب‌برداری و آغاز عملیات بعدی را افزایش دهد.

تعیین صحیح زمان گیرش همچنین برای کنترل کیفیت سیمان اهمیت دارد. گیرش بسیار سریع ممکن است باعث کاهش زمان کارپذیری و ایجاد مشکلات اجرایی شود. گیرش بسیار کند نیز می‌تواند موجب تأخیر در عملیات، افزایش هزینه و کاهش سرعت پیشرفت پروژه شود.

■ مرجع: استاندارد ملی ایران شماره ۳۹۲



شکل ۳۶

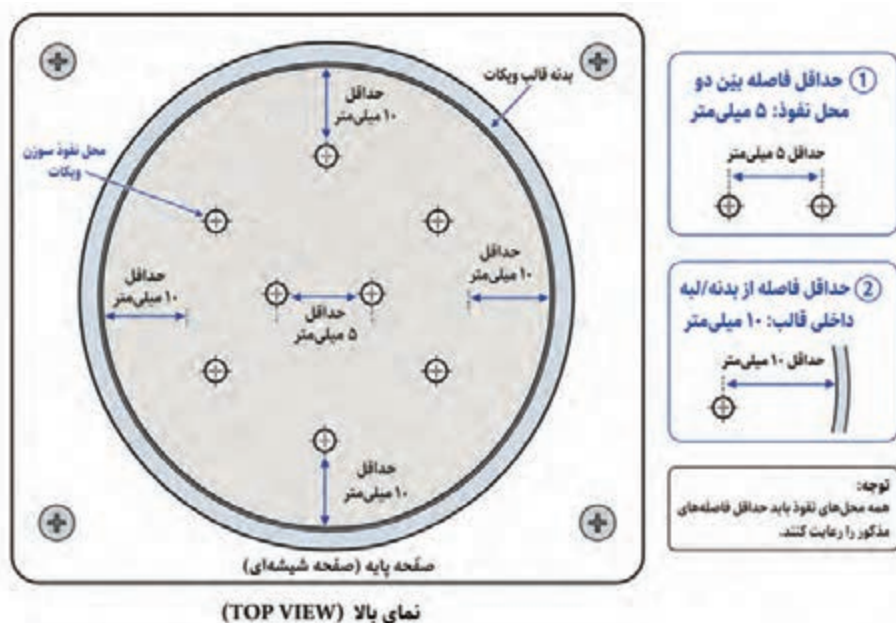
■ خلاصه روش آزمون

برای تعیین زمان گیرش اولیه، مدت زمان بین اولین تماس آب و سیمان تا میزان نفوذ ۲۵ میلی‌متری سوزن دستگاه ویکات تعیین شده است. مدت زمان گیرش نهایی مدت زمانی است بین اولین تماس آب با سیمان و زمانی که سوزن دستگاه ویکات فرو رفتگی قابل مشاهده‌ای در سطح سیمان ایجاد نکند. در این آزمایش تمامی مراحل انجام آزمایش غلظت نرمال سیمان با درصد نسبت آب به سیمان به‌دست آمده در آزمایش گذشته تا مرحله ششم که قرار دادن حلقه مخروطی سیمان زیر دستگاه ویکات است، انجام می‌گردد. در این آزمایش در قسمت نوک میله متحرک، سوزن مخصوص آزمایش ویکات نصب می‌گردد و پس از ۳۰ دقیقه اولین بار میله حاوی سوزن استاندارد ویکات رها می‌گردد. این مرحله هر ۱۰ دقیقه تکرار می‌گردد تا زمانی که میزان نفوذ سوزن ویکات ۲۵ میلی‌متر گردد و زمان متناسب با این نفوذ به‌عنوان زمان گیرش اولیه ثبت گردد.

برای تعیین زمان گیرش نهایی نیز می‌بایست نفوذ سوزن به میزانی باشد که در سطح سیمان خدشه ای قابل مشاهده نباشد این زمان به عنوان زمان گیرش نهایی ثبت می‌گردد.

در هر مرتبه نفوذ سوزن ویکات می‌بایست فاصله حداقلی ۵ میلی‌متری از حفره ایجاد شده مرحله قبل و ۱۰ میلی‌متری از بدنه حلقه مخروط رعایت گردد.

نکته



شکل ۳۷ - فواصل مجاز محل‌های نفوذ در آزمایش ویکات

در هر مرحله نفوذ سوزن در سیمان می‌بایست سوزن مخصوص کاملاً تمیز گردد و مجدد برای نوبت بعد تنظیم و آماده رها شدن گردد.

نکته



آزمایش شماره چهار: آزمایش اسلامپ بتن تازه

اسلامپ بتن شاخصی برای سنجش قوام، روانی بتن تازه است. این ویژگی نشان می‌دهد بتن تازه تحت اثر وزن خود تا چه اندازه می‌تواند تغییر شکل دهد. آزمون اسلامپ با استفاده از قالب مخروط ناقص فلزی انجام می‌شود. بتن تازه درون قالب قرار داده و متراکم می‌شود؛ سپس قالب به آرامی در راستای قائم برداشته می‌شود. اختلاف ارتفاع میان قالب اولیه و بالاترین نقطه بتن نشست کرده، به عنوان مقدار اسلامپ و بر حسب میلی‌متر گزارش می‌شود.

اسلامپ به تنهایی بیان‌کننده مقاومت فشاری یا کیفیت نهایی بتن نیست. مقدار اسلامپ فقط وضعیت روانی و قوام بتن تازه را نشان می‌دهد. دو مخلوط بتن ممکن است اسلامپ یکسان داشته باشند، اما از نظر نسبت آب به سیمان، نوع افزودنی، مقدار سیمان، دانه‌بندی سنگ‌دانه و مقاومت نهایی متفاوت باشند.

کارایی بتن به قابلیت مخلوط برای حمل، تخلیه، ریختن، تراکم و پرداخت بدون جداشدگی دانه‌ها و آب‌انداختگی گفته می‌شود. اسلامپ یکی از روش‌های ساده و سریع ارزیابی کارایی بتن در کارگاه است. اسلامپ بسیار کم می‌تواند نشان‌دهنده خشک و سفت بودن بتن باشد. چنین بتنی ممکن است به‌سختی در میان آرماتورها حرکت کرده و به تراکم بیشتری نیاز داشته باشد. در صورت تراکم نامناسب، حفره، کرموشدگی و کاهش پیوستگی بتن ایجاد خواهد شد.

اسلامپ بسیار زیاد نیز ممکن است ناشی از مصرف بیش از حد آب، مصرف نامناسب افزودنی یا تغییر طرح اختلاط بتن باشد. افزایش غیرمجاز آب می‌تواند موجب کاهش مقاومت، افزایش جمع‌شدگی، افزایش نفوذپذیری و کاهش دوام بتن شود.

اندازه‌گیری اسلامپ به متخصص بتن کمک می‌کند تا یکنواختی بتن تولیدشده در دفعات مختلف تولید کنترل شود. در صورتی که مقدار اسلامپ یک محموله با مقدار تعیین‌شده در طرح اختلاط یا مشخصات فنی پروژه تفاوت زیادی داشته باشد، احتمال تغییر در مقدار آب، رطوبت سنگ‌دانه، میزان افزودنی، زمان حمل یا شرایط دمایی وجود خواهد داشت.

کنترل اسلامپ در محل پروژه برای تصمیم‌گیری درباره پذیرش یا رد بتن اهمیت زیادی دارد. بتن باید دارای روانی کافی برای عبور از میان آرماتورها، پرکردن قالب و تراکم مناسب باشد، اما این روانی نباید با افزودن غیرمجاز آب تأمین شود.

■ مرجع: استاندارد ملی ایران شماره ۳۲۰۳-۲

ISIRI 3203-2 2nd. revision	 جمهوری اسلامی ایران Islamic Republic of Iran مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران Institute of Standards and Industrial Research of Iran	 استاندارد ملی ایران ۳۲۰۳-۲ تجدید نظر دوم
	بتن تازه - قسمت دوم: تعیین روانی به روش اسلامپ - روش آزمون Fresh concrete - Part 2: Determining the consistency by the slump - Test method	

شکل ۳۸

■ دامنه کاربرد

این روش برای بتن‌هایی با اسلامپ ۱۰ تا ۲۱۰ میلی‌متر مناسب است. برای بتن بسیار خشک، بتن خود تراکم یا مخلوطی که پس از یک دقیقه همچنان تغییر شکل می‌دهد، روش دیگری انتخاب می‌شود.

■ مراحل انجام آزمایش (مطابق شکل ۳۹)

- ۱ نمونه مرکب بتن تازه مطابق با استاندارد INSO 3201-1 تهیه و به آرامی باز اختلاط می شود تا یکنواختی آن حفظ گردد.
- ۲ سطح داخلی قالب و صفحه زیرین مرطوب شود و آب آزاد حذف گردد.
- ۳ قالب روی سطح افقی قرار گیرد و با دو پا یا گیره ها بدون حرکت نگه داشته شود.
- ۴ قالب در سه لایه پر می شود؛ ارتفاع هر لایه پس از تراکم تقریباً یک سوم ارتفاع قالب خواهد بود.
- ۵ لایه اول با ۲۵ ضربه یکنواخت میله تراکم کوبیده می شود. ضربه ها از محیط به مرکز توزیع می شوند و میله تا کف لایه نفوذ می کند.
- ۶ لایه دوم با ۲۵ ضربه متراکم می شود و میله به مقدار کمی وارد لایه زیرین می گردد.
- ۷ لایه سوم با مقدار اضافه بتن پر می شود و ۲۵ ضربه اجرا می گردد. در صورت افت سطح، بتن تازه افزوده می شود تا قالب در پایان پر باقی بماند.
- ۸ سطح بتن با حرکت غلتکی یا برشی میله هم تراز لبه قالب می شود و بتن ریخته شده اطراف پایه پاک می گردد.
- ۹ قالب در مدت ۵ ثانیه، به صورت قائم، یکنواخت و بدون حرکت جانبی بالا کشیده می شود.
- ۱۰ تمام عملیات از شروع پر کردن تا پایان برداشتن قالب حداکثر در ۱۵۰ ثانیه انجام می شود.
- ۱۱ قالب کنار نمونه قرار می گیرد، میله روی دهانه بالایی قالب گذاشته می شود و اختلاف ارتفاع قالب با بالاترین نقطه بتن با تقریب ۱۰ میلی متر به عنوان عدد اسلامپ ثبت می گردد.



شکل ۳۹

آزمایش شماره پنج: تعیین چگالی بتن تازه

چگالی بتن تازه یکی از ویژگی‌های مهم بتن در حالت خمیری است که برای کنترل کیفیت مخلوط بتن مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرد. در اصطلاح فنی دقیق، کمیتی که در آزمایشگاه برحسب کیلوگرم بر مترمکعب تعیین می‌شود، **چگالی یا جرم حجمی بتن تازه** نام دارد. با این حال، در بسیاری از کارگاه‌ها و منابع آموزشی، اصطلاح «وزن مخصوص بتن تازه» برای همین کمیت به کار برده می‌شود. چگالی بتن تازه از تقسیم جرم بتن متراکم‌شده بر حجم اشغال‌شده توسط آن به دست می‌آید:

$$\text{چگالی بتن تازه} = \frac{\text{جرم بتن تازه}}{\text{ظرف حجم}}$$

در این رابطه :

- جرم خالص بتن از تفاضل جرم ظرف پر و جرم ظرف خالی به دست می‌آید؛
- حجم ظرف باید از قبل به طور دقیق تعیین شده باشد؛
- نتیجه معمولاً برحسب کیلوگرم بر مترمکعب گزارش می‌شود.
- از نظر علمی، وزن مخصوص واقعی از تقسیم وزن ماده بر حجم آن به دست می‌آید و واحد آن نیوتن بر مترمکعب است. بنابراین، هنگامی که نتیجه با واحد کیلوگرم بر مترمکعب گزارش می‌شود، اصطلاح «چگالی بتن تازه» دقیق‌تر است.

روش کلی تعیین چگالی بتن تازه

برای انجام آزمایش، ظرفی فلزی، صلب، آب‌بند و دارای حجم مشخص مورد استفاده قرار می‌گیرد. ابتدا جرم ظرف خالی و تمیز اندازه‌گیری می‌شود، سپس ظرف در چند لایه با بتن تازه پر شده و هر لایه مطابق روش تعیین‌شده متراکم می‌گردد. تراکم ممکن است با میله، میز لرزان یا ویبراتور داخلی انجام شود. پس از پر شدن ظرف، سطح بتن هم‌تراز لبه ظرف شده و بتن چسبیده به سطح خارجی ظرف پاک می‌شود. سپس جرم ظرف حاوی بتن اندازه‌گیری می‌گردد. با کسر جرم ظرف خالی از جرم ظرف پر، جرم خالص بتن تعیین شده و با تقسیم آن بر حجم ظرف، چگالی بتن تازه محاسبه می‌شود.

■ عوامل مؤثر بر چگالی بتن تازه

چگالی بتن تازه به عوامل مختلفی وابسته است. مهم‌ترین این عوامل عبارت‌اند از: نوع و چگالی سنگ‌دانه‌ها، نسبت حجمی‌شن، ماسه، سیمان و آب، مقدار هوای موجود در بتن، نوع و مقدار افزودنی‌ها، میزان تراکم بتن در ظرف، رطوبت سنگ‌دانه‌ها، جداشدگی یا آب‌انداختگی مخلوط، دقت توزین و تعیین حجم ظرف. وجود هوای بیشتر در بتن معمولاً موجب کاهش چگالی می‌شود. همچنین استفاده از سنگ‌دانه‌های سبک، چگالی بتن را کاهش می‌دهد. در مقابل، استفاده از سنگ‌دانه‌های سنگین مانند باریت یا مگنتیت موجب افزایش چگالی بتن خواهد شد.

■ اهمیت اندازه‌گیری چگالی بتن تازه

۱ کنترل یکنواختی مخلوط بتن: مقدار چگالی باید در محموله‌ها و بچ^۱ (حجمی از بتن که در هر مرحله تولید می‌شود) مختلف بتن تقریباً یکنواخت باشد. تغییر محسوس در چگالی ممکن است نشان‌دهنده تغییر در مقدار آب، سنگ‌دانه، سیمان، افزودنی یا هوای بتن باشد.

برای مثال، کاهش غیرمنتظره چگالی می‌تواند ناشی از افزایش هوای محبوس، تراکم ناکافی، افزایش مقدار آب یا تغییر نوع سنگ‌دانه باشد. افزایش غیرعادی چگالی نیز ممکن است به کاهش هوای بتن یا تغییر نسبت مصالح مربوط باشد.

۲ کنترل مقدار بتن تولیدشده: با استفاده از چگالی بتن تازه می‌توان حجم واقعی بتن تولیدشده را محاسبه کرد. این حجم در کنترل بازده طرح اختلاط اهمیت دارد. در صورتی که حجم واقعی بتن کمتر از حجم مورد انتظار باشد، ممکن است مقدار مصالح مصرف‌شده، رطوبت سنگ‌دانه یا نحوه توزین مصالح با خطا همراه بوده باشد.

این آزمایش به متخصص بتن کمک می‌کند تا مشخص کند آیا یک بچ اسمی یک مترمکعبی، واقعاً نزدیک به یک مترمکعب بتن تولید کرده است یا خیر.

نکته



۳ بررسی مقدار هوای بتن: چگالی اندازه‌گیری شده می‌تواند با چگالی نظری مخلوط مقایسه شود. اختلاف میان این دو مقدار برای برآورد مقدار هوای بتن به روش وزنی مورد استفاده قرار می‌گیرد. افزایش بیش از حد هوا ممکن است موجب کاهش مقاومت فشاری شود؛ درحالی‌که مقدار کنترل‌شده هوای عمده می‌تواند دوام بتن در شرایط یخبندان و ذوب را افزایش دهد.

۴ کنترل بتن‌های سبک و سنگین: در بتن سبک، چگالی یکی از معیارهای اصلی پذیرش مخلوط است؛ زیرا کاهش وزن مرده سازه از اهداف اصلی استفاده از این نوع بتن محسوب می‌شود. در بتن سنگین نیز چگالی برای اطمینان از تأمین وزن مورد نیاز در سازه‌های حفاظتی، وزنه‌های تعادل و تأسیسات ویژه کنترل می‌شود.

۵ برآورد بار مرده سازه: چگالی بتن در محاسبه وزن اعضای سازه‌ای اثر مستقیم دارد. تیرها، ستون‌ها، دال‌ها و دیوارهای بتنی، بخش قابل توجهی از بار مرده ساختمان را به وجود می‌آورند. در صورتی که چگالی واقعی بتن با مقدار فرض‌شده در طراحی اختلاف زیادی داشته باشد، وزن واقعی سازه نیز تغییر خواهد کرد.

■ جمع‌بندی

تعیین چگالی بتن تازه یک آزمایش ساده، سریع و بسیار مهم در کنترل کیفیت بتن است. با انجام صحیح این آزمایش، یکنواختی مخلوط، مقدار واقعی بتن تولیدشده، میزان احتمالی هوای بتن و انطباق بتن با مشخصات پروژه بررسی می‌شود.

با این حال، چگالی بتن به تنهایی نشان‌دهنده مقاومت یا دوام نهایی بتن نیست. نتیجه این آزمایش باید همراه با نتایج اسلامپ، دمای بتن، مقدار هوا، طرح اختلاط و مقاومت فشاری بررسی شود. تحلیل هم‌زمان این اطلاعات، امکان تصمیم‌گیری دقیق‌تر درباره پذیرش یا رد بتن تازه را فراهم می‌سازد.

■ مرجع: استاندارد ملی ایران شماره ۳۲۰۳-۶ (مطابق شکل ۴۰)

 سازمان ملی استاندارد ایران Iran National Standards Organization
استاندارد ملی ایران ۳۲۰۳-۶: سال ۱۴۰۳ نجدیدنظر دوم
INSO 3203-6:2025 2 nd Revision (BS EN 12350-6:2019, IDT)
بتن تازه - قسمت ۶: چگالی - روش آزمون
Fresh concrete - Part 6: Density - Test method
ICS: 91.100.30

شکل ۴۰

■ مراحل انجام آزمایش

- ۱ ظرف خالی، تمیز و کمی مرطوب شود و آب آزاد داخل آن باقی نماند.
- ۲ جرم ظرف خالی با نماد M_1 با تقریب ۰/۰۱ کیلوگرم ثبت شود.
- ۳ بتن تازه به اندازه لازم داخل ظرف قرار داده شود. تعداد لایه‌ها به گونه‌ای انتخاب شود که تراکم کامل حاصل گردد؛ در روش آموزشی این فصل، سه لایه تقریباً مساوی استفاده می‌شود.
- ۴ هر لایه با ۲۵ ضربه یکنواخت میله به صورت حلزونی متراکم شود. میله در لایه نخست نباید به کف ظرف ضربه شدید وارد نماید و در لایه‌های بعدی فقط اندکی به لایه قبلی وارد شود.
- ۵ پس از تراکم هر لایه، دیواره ظرف با چکش لاستیکی ضربه زده شود تا حباب‌های درشت متوقف و حفره‌های میله‌زنی بسته شوند.
- ۶ پس از تراکم لایه آخر، سطح بتن با ماله صاف و سپس با شمشه دقیقاً هم‌تراز لبه ظرف شود.
- ۷ سطح خارجی و لبه ظرف کاملاً پاک شوند.
- ۸ جرم ظرف پر با نماد M_2 با تقریب ۰/۰۱ کیلوگرم ثبت شود.
- ۹ چگالی محاسبه و با تقریب ۱۰ کیلوگرم بر هر مترمکعب گزارش می‌شود.



شکل ۴۱ - آزمایش تعیین وزن مخصوص بتن تازه

تعیین حجم ظرف

- ۱ ظرف تمیز و خشک وزن می‌شود.
 - ۲ ظرف با آب با دمای معلوم پر و سطح آب هم‌تراز می‌شود.
 - ۳ جرم خالص آب تعیین می‌شود.
 - ۴ حجم ظرف (V) از تقسیم جرم آب بر چگالی آب در دمای اندازه‌گیری محاسبه و روی ظرف ثبت می‌شود.
 - ۵ کالیبراسیون طبق برنامه آزمایشگاه و پس از هرگونه تغییر شکل ظرف تکرار می‌شود.
- محاسبه چگالی بتن تازه (λ):
- $$\lambda = \frac{M_2 - M_1}{V}$$

آزمایش شماره شش: اندازه‌گیری دمای بتن تازه

دمای بتن تازه، دمای مخلوط بتن در فاصله زمانی پس از اختلاط مصالح و پیش از سخت شدن آن است. این دما تحت تأثیر دمای سیمان، آب، سنگ‌دانه‌ها، هوای محیط، تجهیزات اختلاط، مدت حمل، تابش خورشید و واکنش‌های شیمیایی سیمان با آب قرار دارد. پس از تماس سیمان با آب، واکنش‌های شیمیایی موسوم به هیدراتاسیون سیمان آغاز می‌شوند. این واکنش‌ها گرمازا هستند. سرعت هیدراتاسیون به دما وابسته است. با افزایش دمای بتن، واکنش‌های اولیه معمولاً سریع‌تر انجام می‌شوند و با کاهش دما، سرعت این واکنش‌ها کمتر می‌شود.



دمای بتن تازه فقط یک عدد مربوط به شرایط محیطی نیست، بلکه یکی از عوامل مهم مؤثر بر رفتار بتن در مراحل حمل، تخلیه، بتن‌ریزی، تراکم، پرداخت، گیرش و عمل‌آوری محسوب می‌شود. به همین دلیل، دمای بتن باید در زمان نمونه‌برداری و پیش از انجام بعضی از آزمایش‌های بتن تازه اندازه‌گیری و ثبت شود.

دمای بتن با دمای هوای محیط یکسان نیست. ممکن است دمای هوا بالا باشد، اما به دلیل استفاده از آب سرد، سنگ‌دانه خنک یا بتن‌ریزی در سایه، دمای بتن کمتر از دمای هوا اندازه‌گیری شود. همچنین ممکن است در هوای نسبتاً معتدل، سیمان و سنگ‌دانه‌های گرم یا زمان طولانی حمل باعث افزایش دمای بتن شوند. بنابراین، دمای بتن باید مستقیماً در داخل مخلوط بتن اندازه‌گیری شود و نمی‌توان آن را فقط از روی دمای هوای محیط حدس زد.

■ اثر دمای زیاد بر بتن تازه

افزایش بیش از حد دمای بتن تازه می‌تواند موجب سرعت گرفتن واکنش‌های اولیه سیمان شود. در این شرایط، زمان کارپذیری بتن کاهش می‌یابد و افت اسلامپ با سرعت بیشتری رخ می‌دهد. در نتیجه، زمان در دسترس برای حمل، تخلیه، پمپ‌کردن، تراکم و پرداخت سطح کمتر خواهد شد.

دمای زیاد همچنین می‌تواند تبخیر آب از سطح بتن را افزایش دهد. در صورت بالا بودن دمای هوا، وزش باد و کم بودن رطوبت نسبی، تبخیر شدیدتر خواهد شد. از دست رفتن سریع آب سطحی ممکن است موجب ترک‌خوردگی خمیری، پوسته‌شدن سطح، پرداخت نامناسب و کاهش کیفیت لایه سطحی بتن شود.

افزودن آب اضافی برای جبران افت اسلامپ، روش مناسبی برای کنترل بتن گرم محسوب نمی‌شود؛ زیرا افزایش آب می‌تواند نسبت آب به سیمان را تغییر داده و موجب کاهش مقاومت، افزایش نفوذپذیری و افزایش جمع‌شدگی شود.

دمای اولیه زیاد ممکن است باعث افزایش سریع مقاومت در سنین بسیار پایین شود، اما در بعضی مخلوط‌ها رشد مقاومت در سنین بعدی را کاهش دهد. همچنین در اعضای بزرگ، اختلاف دمای بخش داخلی و سطح بتن می‌تواند تنش حرارتی ایجاد کرده و احتمال ترک‌خوردگی را افزایش دهد.

■ اثر دمای کم بر بتن تازه

در دمای پایین، واکنش هیدراتاسیون سیمان کندتر انجام می‌شود. در نتیجه، زمان گیرش افزایش می‌یابد و کسب مقاومت اولیه با تأخیر صورت می‌گیرد. این وضعیت می‌تواند زمان لازم برای پرداخت سطح، قالب‌برداری، بارگذاری و ادامه عملیات اجرایی را افزایش دهد.

در صورتی که بتن تازه پیش از کسب مقاومت کافی یخ بزند، آب موجود در منافذ آن منجمد و منبسط می‌شود. این انبساط ممکن است ساختار داخلی خمیر سیمان را تخریب کرده و موجب کاهش مقاومت و دوام بتن شود. بنابراین در هوای سرد باید از افت شدید دمای بتن جلوگیری و شرایط مناسب حفاظت و عمل‌آوری فراهم شود.

مهم‌ترین عوامل مؤثر بر دمای بتن عبارت‌اند از:

دمای آب اختلاط، دمای سیمان، دمای شن و ماسه، مقدار رطوبت سنگ‌دانه‌ها، دمای هوای محیط، تابش مستقیم خورشید، مدت اختلاط و حمل، گرمای ایجادشده در تراکم میکسر، نوع و مقدار سیمان، ابعاد عضو بتنی، زمان انتظار پیش از تخلیه، استفاده از آب سرد، یخ یا تجهیزات گرمایش مصالح.

به دلیل زیاد بودن جرم سنگ‌دانه‌ها در مخلوط بتن، دمای سنگ‌دانه‌ها معمولاً تأثیر قابل توجهی بر دمای نهایی بتن دارد. دمای آب نیز با روش‌های اجرایی مناسب قابل کنترل است و در بتن‌ریزی هوای گرم یا سرد از این ویژگی استفاده می‌شود.

در گزارش نمونه‌برداری باید زمان آزمایش، محل نمونه‌برداری، دمای بتن، دمای محیط و سایر مشخصات لازم ثبت شوند. این اطلاعات برای بررسی کیفیت بتن، تحلیل مشکلات احتمالی و پیگیری وضعیت محموله اهمیت دارند.

جمع‌بندی

دمای بتن تازه یکی از پارامترهای اساسی کنترل کیفیت بتن است. این دما بر کارپذیری، سرعت گیرش، تبخیر آب، تراکم، پرداخت، رشد مقاومت و احتمال ترک‌خوردگی اثر می‌گذارد. دمای زیاد می‌تواند افت اسلامپ و گیرش سریع را تشدید کند و دمای کم می‌تواند گیرش و مقاومت‌گیری را به تأخیر اندازد. اندازه‌گیری صحیح دمای بتن به متخصص بتن کمک می‌کند تا درباره پذیرش بتن، زمان اجرای عملیات، روش‌های خنک‌سازی یا گرم‌کردن، نوع عمل‌آوری و اقدامات حفاظتی تصمیم‌گیری کند. این آزمایش باید همراه با نتایج اسلامپ، چگالی، مقدار هوا و مقاومت فشاری مورد تحلیل قرار گیرد و نباید تنها براساس یک نتیجه، درباره کیفیت نهایی بتن قضاوت شود.

مرجع: استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۲۶۸ (شکل ۴۲)

INSO 11268 2nd Revision 2021 Identical of ASTM C1064: 2017	 جمهوری اسلامی ایران Islamic Republic of Iran سازمان ملی استاندارد ایران Iranian National Standardization Organization بتن - اندازه‌گیری دمای بتن تازه مخلوط‌شده با سیمان هیدرولیکی - روش آزمون Concrete — Measuring of temperature of freshly mixed hydraulic-cement concrete — Test method ICS: 91.100.10	 استاندارد ملی ایران ۱۱۲۶۸ تجدیدنظر دوم ۱۳۹۹
--	--	--

شکل ۴۲

■ کنترل‌های پیش از آزمایش

- اعتبار واسنجی حس گر کنترل شود.
- حس گر از نظر شکستگی، خوردگی و آلودگی بررسی شود.
- نمونه از تابش مستقیم خورشید، باد شدید و تماس با سطح داغ یا سرد محافظت شود.

■ مراحل انجام آزمایش

- ۱ اندازه‌گیری حداکثر تا ۵ دقیقه پس از تهیه نمونه آغاز شود.
- ۲ بتن به مقدار کافی داخل ظرف قرار داده شود و در صورت نیاز به آرامی مخلوط گردد تا یکنواختی حفظ شود.
- ۳ حس گر حداقل ۷۵mm داخل بتن فرو برده شود و فاصله لازم از کف و دیواره‌ها رعایت گردد.
- ۴ بتن اطراف حس گر با دستکش یا ابزار مناسب به آرامی فشرده شود تا هوای محیط به محل اندازه‌گیری راه نیابد.
- ۵ حس گر به مدت حداقل ۲ دقیقه و حداکثر ۵ دقیقه در محل باقی بماند تا قرائت پایدار شود.
- ۶ دما بدون خارج کردن حس گر از بتن خوانده شود.
- ۷ مقدار دما با تقریب $0/5^{\circ}\text{C}$ ، همراه با زمان و محل نمونه‌برداری ثبت گردد.



شکل ۴۳

آزمایش شماره هفت: نمونه برداری و تعیین مقاومت فشاری آزمون مکعبی بتن

یکی از مهم ترین ویژگی های بتن، مقاومت فشاری آن است. مقاومت مشخصه فشاری بتن باید در نقشه ها و مشخصات فنی پروژه درج شود. این عدد یکی از مبانی اصلی و بسیار مهم طراحی سازه های بتنی می باشد.

■ مرجع: استاندارد ملی ایران شماره ۶۰۴۸ (شکل ۴۴)



شکل ۴۴

■ مراحل انجام آزمایش

۱ نمونه استوانه ای یا مکعبی بتن پس از عمل آوری استاندارد از حوضچه آب خارج شده و سطح آن تمیز شود.

۲ قطر و ارتفاع نمونه استوانه ای (یا ابعاد نمونه مکعبی) با کولیس اندازه گیری و ثبت شود.

۳ سطوح بارگذاری نمونه کنترل شده و در صورت نیاز با کلاهدک یا صفحات مناسب آماده شوند.

۴ دستگاه جک فشاری روشن شده و صفحات بارگذاری تمیز و هم محور شوند.

۵ نمونه دقیقاً در مرکز صفحه پایینی دستگاه قرار گیرد.

۶ بار به صورت یکنواخت و بدون ضربه مطابق استاندارد اعمال شود.

۷ اعمال بار تا زمان گسیختگی کامل نمونه ادامه یابد.

۸ حداکثر بار گسیختگی از نمایشگر دستگاه قرائت و ثبت شود.

۹ مقاومت فشاری بتن طبق رابطه $f_c = P/A$ محاسبه شود.

۱۰ موارد زیر ثبت شود:

سن نمونه، نوع نمونه، ابعاد، سطح مقطع، بار شکست، مقاومت فشاری، نوع گسیختگی

آزمایش تعیین مقاومت فشاری بتن سخت شده

مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۳۲۰۶ (INSO 3206)



نمونه استوانه‌ای یا مکعبی بتن پس از عمل‌آوری استاندارد از حوضچه آب خارج شده و سطح آن تمیز می‌شود.



قطر و ارتفاع نمونه استوانه‌ای (یا ابعاد نمونه مکعبی) با کولیس اندازه‌گیری و ثبت می‌شود.



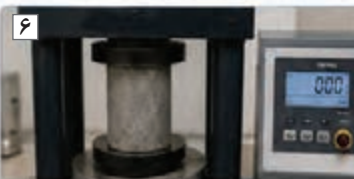
سطوح بارگذاری نمونه کنترل شده و در صورت نیاز با کلاهی یا صفحات مناسب آماده می‌شوند.



دستگاه چگ فشاری روشن شده و صفحات بارگذاری تمیز و هم‌محور می‌شوند.



نمونه دقیقاً در مرکز صفحه پایینی دستگاه قرار می‌گیرد.



بار به‌صورت یکنواخت و بدون ضربه مطابق استاندارد اعمال می‌شود.



اعمال بر تا زمان گسیختگی کامل نمونه ادامه می‌یابد.



حداکثر بار گسیختگی از نمایشگر دستگاه قرات و ثبت می‌شود.



محاسبه مقاومت فشاری

$$f_c = \frac{P}{A}$$
 مثال:
 $P = 248.5 \text{ kN} = 248500 \text{ N}$
 $A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.14 \times 150^2}{4} = 17671 \text{ mm}^2$
 $f_c = \frac{248500}{17671} = 14.06 \text{ MPa}$



موارد موجود در جدول مقابل ثبت می‌گردد و گزارش آزمایش تکمیل می‌شود.

دستگاه مورد استفاده

دستگاه چگ فشاری بتن
(Compression Testing Machine)



فرمول محاسبه مقاومت فشاری

$$f_c = \frac{P}{A}$$

f_c : مقاومت فشاری بتن (MPa)

P : حداکثر بار گسیختگی (N)

A : سطح مقطع نمونه (mm²)

نکات مهم

- نمونه باید کاملاً در مرکز دستگاه قرار گیرد.
- بارگذاری بدون ضربه و یکنواخت انجام شود.
- صفحات دستگاه تمیز باشند.
- تا پایان شکست نمونه، بارگذاری قطع نشود.
- مقاومت با دقت مناسب گزارش شود.

جدول ثبت نتایج

مقدار	مشخصات
	سن نمونه (روز)
	نوع نمونه
	قطر نمونه (mm)
	ارتفاع نمونه (mm)
	سطح مقطع (mm ²)
	حداکثر بار شکست (kN)
	مقاومت فشاری (MPa)
	نوع گسیختگی

ارزشیابی شایستگی تعیین مقاومت بتن

ام و نام خانوادگی:		شماره ملی:	تاریخ ارزشیابی:	
کد حرفه	۷۱۱۱۱۲	حرفه:	استاندارد عملکرد: انجام آزمایش های سیمان و بتن در آزمایشگاه خاک و بتن هنرستان	
کد وظیفه شغل	۷۱۱۱۲۳۰۱	وظیفه شغل:		
کد کار	۷۱۱۱۲۳۰۱۴۲	کار		
			کد پیمانها / بودمان	۷۱۱۱۲۳۰۱۴
			سطح صلاحیت	L۳
			سطح شایستگی	مهارت
			تعیین مقاومت بتن	
			ساختمان سازی بتنی	
			اسکلت کاران بتنی و فولادی	
			ساختمان سازان	

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص ها/داوری/نمره دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	انجام آزمایش های غلظت خمیر نرمال و گیرش اولیه و نهایی سیمان	سیمان، آب، دستگاه ویکات، ترازو با دقت ۰/۰۱ کیلوگرم، قلم و کاغذ، ماشین حساب	محاسبات عددی/ چک لیست نگرشی/ فرم امتیازدهی	توانایی تهیه خمیر سیمان و کار با دستگاه ویکات و تعیین درصد آب خمیر نرمال و زمان های گیرش اولیه و نهایی و مقایسه سیمان های مختلف	۳	
				توانایی تهیه خمیر سیمان و کار با دستگاه ویکات، تعیین درصد آب خمیر نرمال و زمان های گیرش اولیه و نهایی	۲	
				عدم توانایی تهیه خمیر سیمان و کار با دستگاه ویکات و تعیین درصد آب	۱	
۲	انجام آزمایش تعیین جرم مخصوص بتن تازه	سیمان، آب، شن و ماسه، بیل، چکش لاستیکی، ترازو با دقت ۰/۰۱ کیلوگرم، قالب، ظرف اختلاط مجدد و ابزار تراکم بتن، قلم و کاغذ، ماشین حساب	محاسبات عددی/ چک لیست نگرشی/ فرم امتیازدهی	توانایی کالیبره نمودن قالب ها، انجام صحیح ریختن و تراکم بتن، توانایی مقایسه جرم مخصوص بتن های مختلف	۳	
				انجام صحیح ریختن و تراکم بتن توانایی مقایسه جرم مخصوص بتن های مختلف	۲	
				عدم توانایی انجام صحیح ریختن و تراکم بتن و محاسبه جرم مخصوص	۱	
۳	انجام آزمایش تعیین دمای بتن	بتن تازه، دماسنج های پروبی یا دیجیتال ضد آب و مقاوم	محاسبات عددی/ چک لیست نگرشی/ فرم امتیازدهی	توانایی کالیبره نمودن دماسنج، توانایی اندازه گیری دقیق دمای بتن	۳	
				توانایی اندازه گیری دقیق دمای بتن	۲	
				عدم توانایی اندازه گیری دمای بتن	۱	
۴	انجام آزمایش تعیین اسلامپ بتن	قالب اسلامپ، صفحه زیر قالب، میله تراکم، خط کش فلزی، ماله و کمچه، بتونیر، سیمان، آب، شن و ماسه	محاسبات عددی/ چک لیست نگرشی/ فرم امتیازدهی	توانایی ریختن و تراکم صحیح و قرائت صحیح عدد اسلامپ، توانایی ساخت بتن مطابق با اسلامپ موردنظر	۳	
				توانایی ریختن و تراکم صحیح و قرائت صحیح عدد اسلامپ	۲	
				عدم توانایی ریختن و تراکم صحیح و قرائت صحیح عدد اسلامپ	۱	
۵	انجام آزمایش تعیین مقاومت فشاری بتن	نمونه های بتن آماده، قالب مکعبی، قالب استوانه ای، میله تراکم، خط کش فلزی، کولیس، ماله و کمچه، بتونیر، دستگاه جک فشاری هیدرولیک (جک بتن شکن)	محاسبات عددی/ چک لیست نگرشی/ فرم امتیازدهی	توانایی آماده سازی نمونه بتن جهت بارگذاری، توانایی محاسبه صحیح عدد مقاومت فشاری بتن	۳	
				توانایی محاسبه صحیح عدد مقاومت فشاری بتن	۲	
				عدم توانایی محاسبه صحیح عدد مقاومت فشاری بتن	۱	
۶	انجام آزمایش تعیین درصد هوای بتن تازه	دستگاه هواسنج نوع A، کمچه، میله کوبشی، دستگاه لرزاننده، بتن تازه، الک	محاسبات عددی/ چک لیست نگرشی/ فرم امتیازدهی	توانایی کالیبره نمودن هواسنج، توانایی اندازه گیری دقیق درصد هوای بتن	۳	
				توانایی اندازه گیری دقیق درصد هوای بتن	۲	
				عدم توانایی اندازه گیری درصد هوای بتن	۱	
۷	شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:	آزمایشگاه بتن مجهز به تجهیزات ایمنی و ابزارهای حفاظتی لازم	مشاهده رفتاری، چک لیست نگرشی، فرم امتیازدهی	رعایت نظم و انضباط کارگاهی در طول انجام فعالیت، استفاده صحیح و ایمن از ابزارها و تجهیزات رعایت اصول ایمنی، بهداشت و ارگونومی محیط کار، استفاده بهینه از مواد مصرفی و جلوگیری از آتلاف کاغذ و سایر ملزومات، مسئولیت پذیری، دقت و توجه به کیفیت انجام کار، همکاری مناسب با هنرآموز و سایر فراگیران	۲	
				رعایت ناقص نظم و انضباط کارگاهی، استفاده نادرست یا غیراصولی از برخی ابزارها و تجهیزات، بی توجهی به برخی اصول ایمنی و بهداشتی، مصرف نامناسب مواد و تجهیزات یا ایجاد شایعات غیر ضروری، بی دقتی در انجام کار و نیاز به تذکر برای اصلاح عملکرد، همکاری محدود یا نامناسب در فعالیت های کارگاهی	۱	

ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)					
بله ☐					
خیر ☐					

توضیحات:

[۱] معیار شایستگی انجام کار:

- کسب حداقل نمره ۲ از مراحل ۱ تا ۶ (مراحل بحرانی)
- کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش
- کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

[۲] تعریف سطوح شایستگی: صرف نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه ای انجام می شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه ریزی و تحلیل، پاسخ گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت ها تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.



پودمان پنجم

ترمیم و تقویت سازه‌های بتنی



واحد یادگیری ۱: اجرای عملیات ترمیم سازه‌های بتنی

مقدمه

در طول بهره‌برداری از سازه‌های بتنی ممکن است بخش‌هایی از اعضای سازه‌ای مانند ستون، تیر، دال یا دیوار بتنی دچار آسیب شوند. این آسیب‌ها می‌تواند به صورت ترک، کرموشدگی، جداشدگی بتن، پوسته شدن سطح یا نمایان شدن آرماتور ظاهر شوند. اگر این خرابی‌ها به موقع اصلاح نشوند، به مرور زمان گسترش یافته و می‌توانند باعث کاهش مقاومت، کاهش دوام و ایجاد خطرات ایمنی شوند. عملیات ترمیم سازه‌های بتنی به مجموعه اقداماتی گفته می‌شود که برای اصلاح، بازسازی و بازگرداندن عملکرد مناسب عضو بتنی انجام می‌شود. تشخیص میزان خرابی و انتخاب روش ترمیم بر عهده مهندس ناظر یا طراح است و وظیفه مجری اجرای صحیح عملیات طبق دستور می‌باشد. هدف این واحد یادگیری، آشنایی هنرجویان با اصول، مراحل اجرا، مصالح، ابزارها و نکات ایمنی مربوط به عملیات ترمیم سازه‌های بتنی می‌باشد.

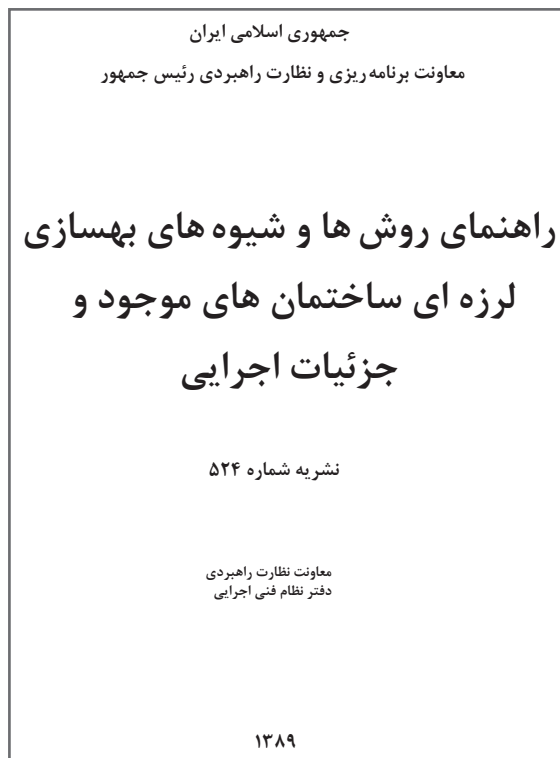
استاندارد عملکرد

انتظار می‌رود هنرجو در پایان این واحد یادگیری بتواند:

محل آسیب‌دیده سازه بتنی را تشخیص دهد، محدوده تخریب و ترمیم را مشخص کند، بتن سست و معیوب را به درستی برداشت نماید، آرماتورهای نمایان را تمیز و آماده‌سازی کند، ملات یا بتن ترمیمی را طبق دستور آماده کند، عملیات ترمیم را به صورت صحیح اجرا نماید، اصول ایمنی فردی و کارگاهی را رعایت کند، و محل کار را تمیز و منظم تحویل دهد. در پایان هنرجویان مطابق با ضوابط شایستگی محور مورد ارزیابی قرار خواهند گرفت.

استانداردهای مرتبط

- ۱ مقررات ملی ساختمان - مبحث نهم (طرح و اجرای ساختمان‌های بتن آرمه)
- ۲ مقررات ملی ساختمان - مبحث دوازدهم (ایمنی و حفاظت کار در حین اجرا)
- ۳ مقررات ملی ساختمان - مبحث پنجم (مصالح و فراورده‌های ساختمانی)
- ۴ مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی (نشریه ۵۵) تجدید نظر سوم، جلد دهم، بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود، ویرایش ۱۴۰۳
- ۵ راهنمای روش‌ها و شیوه‌های بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود و جزئیات اجرایی، نشریه شماره ۵۲۴، ویرایش ۱۳۸۹



شکل ۱

ملات های ترمیم بتن



شکل ۲

ملات ترمیم بتن ماده ای است که برای بازسازی قسمت های آسیب دیده عضو بتنی استفاده می شود و باید دارای چسبندگی مناسب به بتن قدیمی، مقاومت کافی و دوام مناسب باشد. ملات های ترمیمی معمولاً به صورت آماده و کیسه ای در بازار موجود می باشند و با مقدار مشخصی آب مخلوط می شوند. روی بسته ملات معمولاً اطلاعاتی مانند نسبت اختلاط با آب، زمان کارپذیری، زمان گیرش نحوه صحیح اجرا و شرایط نگهداری نوشته شده است. اگر ملات ترمیمی مطابق دستورالعمل کارخانه تولیدکننده ساخته نشود ممکن است پس از مدتی از سطح بتن جدا شده یا ترک بخورد (شکل ۲).

■ روش‌های ترمیم خرابی سازه‌های بتنی

۱ ترمیم سطحی: در صورت که خرابی به وجود آمده در سازه بتنی کم‌عمق و سطحی باشد از این روش استفاده می‌شود. این روش بیشتر جنبه اصلاح و محافظت از عضو آسیب دیده را بر عهده دارد. در شکل ۳ ترمیم بخشی از یک تیر بتنی در محل اتصال تیر به ستون و همچنین ترمیم سطحی سبک ستون بتنی دیده می‌شود.



شکل ۳

۲ ترمیم موضعی: اگر بتن بخشی از سازه بتنی به دلیل نداشتن کیفیت و مقاومت لازم تخریب یا بخشی از آن کنده شده باشد (مانند لب پَرشدگی ستون‌ها به دلیل باز نمودن قالب‌ها زودتر از موعد)، بتن قسمت آسیب دیده به صورت موضعی برداشته شده و پس از تمیزکاری و آماده‌سازی آرماتور ملات ترمیمی بر روی آن اجرا می‌شود (شکل ۴).



شکل ۴

۳ ترمیم اطراف آرماتورهای نمایان: در صورتی که پوشش بتن روی آرماتورها به دلایلی از قبیل خوردگی یا آسیب دیدگی از بین برود و تمام یا بخشی از آرماتورها نمایان شوند برای جلوگیری از خطر خوردگی آرماتور پس از تخریب بتن اطراف آن، پس از زنگ‌زدایی و اجرای پوشش محافظ آرماتورها، بازسازی بتن انجام می‌شود (شکل ۵).



شکل ۵



شکل ۶

۴ ترمیم با قالب بندی: این روش مناسب خرابی های عمیق در سطح یا گوشه های عضو بتنی می باشد. به دلیل نیاز به حجم بالاتر ملات ترمیمی نسبت به روش های قبلی، این روش نیازمند قالب بندی و در ادامه اجرای ملات ترمیمی می باشد. در شکل ۶ ترمیم بخشی از یک ستون قبل از باز نمودن قالب و همچنین ترمیم کامل یک ستون بعد از باز کردن قالب ها نمایش داده شده است.

■ نکات ایمنی در کارگاه در حین ترمیم بتن

- ۱ هنگام تخریب بتن ممکن است قطعات کوچک بتن جدا شده و به چشم برخورد کند، بنابراین استفاده از عینک ایمنی ضروری است.
- ۲ قبل و حین کار با دستگاه فرز یا ابزارهای برقی باید از سلامت دستگاه و سیم های مرتبط اطمینان حاصل نمود.
- ۳ از لمس ملات های شیمیایی با دست بدون دستکش خودداری شود.
- ۴ در صورت تخریب در ارتفاع، استفاده از کمربند ایمنی و رعایت نکات ایمنی سقوط الزامی است.
- ۵ پس از پایان کار، ابزارها تمیز و در محل مناسب نگهداری شوند.

■ اصول آماده سازی محل ترمیم

- ۱ محدوده آسیب دیده با گچ یا ماژیک مشخص شود.
- ۲ تمام بتن های سست و پوک برداشته شود.
- ۳ لبه های محل ترمیم تا حد امکان قائم و منظم شود.
- ۴ آرماتورهای نمایان کاملاً تمیز شوند.
- ۵ سطح بتن از گرد و غبار پاک شود.

■ مراحل اجرای ترمیم بتن با ملات آماده

- ۱ تخریب بتن معیوب: بتن سست با چکش و قلم برداشته می شود تا به بتن سالم برسیم.
- ۲ تمیزکاری آرماتورها: در صورت نمایان بودن آرماتورها، با فرچه سیمی زنگ زدگی پاک شود.
- ۳ اجرای پوشش محافظ: در صورت نیاز، پوشش ضد زنگ روی آرماتورها اجرا شود.
- ۴ آماده سازی ملات: ملات طبق دستور کارخانه با آب مخلوط شود.
- ۵ اجرای ملات: ملات با کمچه در محل قرار گرفته و فشرده شود.
- ۶ عمل آوری: سطح ترمیم شده چند روز مرطوب نگه داشته شود.

■ نکات اجرایی مهم

- ۱ ضخامت ملات بیش از حد مجاز نباشد (مطابق با دستورالعمل کارخانه سازنده)
- ۲ آب اضافی به ملات اضافه نشود
- ۳ عمل آوری فراموش نشود
- ۴ در دمای بسیار پایین یا بسیار بالا، دستور کارخانه سازنده رعایت شود.

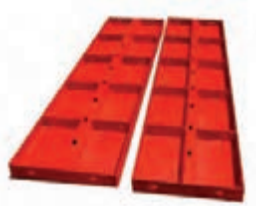
■ خطاهای رایج و پیامدهای آن

- ۱ برداشت ناقص بتن سست: جدا شدن مجدد ملات
- ۲ تمیز نکردن آرماتورها: ادامه خوردگی
- ۳ آب زیاد در ملات: کاهش مقاومت
- ۴ عدم عمل آوری: ترک خوردگی

جدول ۱- مواد و مصالح موردنیاز

ردیف	مصالح	کاربرد	تصویر
۱	ملات ترمیمی آماده	مطابق دستور کارخانه با آب تمیز مخلوط می شود	
۲	بتن ریزدانه (در صورت نیاز)	برای ترمیم های حجیم تر استفاده می شود	
۳	چسب بتن اپوکسی	برای افزایش چسبندگی بین بتن قدیم و ملات جدید	
۴	پوشش محافظ آرماتور	برای جلوگیری از ادامه خوردگی	
۵	آب تمیز	برای شست و شوی سطح و عمل آوری	
۶	گونی و پارچه	گونی مرطوب برای عمل آوری پارچه برای تمیزکاری اضافات ملات	

جدول ۲- ابزار و تجهیزات مورد نیاز

ردیف	نام ابزار	کاربرد	تصویر
۱	چکش و قلم	برداشت بتن سست، پوک و آسیب دیده	
۲	ابزار تخریب سبک (دریل چکشی یا فرز سبک)	تخریب بتن سخت تر و ایجاد برش منظم در محدوده ترمیم	
۳	برس دستی	تمیز کردن آرماتورهای نمایان از زنگ زدگی و پاک سازی سطح بتن	
۴	پمپ باد دستی یا کمپرسور هوا	خارج کردن گرد و غبار از محل تخریب و افزایش چسبندگی ملات	
۵	ظرف اختلاط ملات	مخلوط کردن ملات یا بتن ترمیمی طبق دستور کارخانه	
۶	کمچه یا ماله	اجرای ملات ترمیمی و پرداخت سطح نهایی	
۷	تراز	کنترل صاف بودن و هم راستایی سطح ترمیم شده	
۸	قالب (در صورت نیاز)	نگهداری ملات یا بتن در ترمیم های حجیم یا گوشه اعضا	
۹	وسایل حفاظت فردی (دستکش، عینک ایمنی، کفش ایمنی، ماسک)	حفظ ایمنی در هنگام کار	



□ ترمیم موضعی بتن در ستون مطابق گام های ارائه شده در شکل ۷

- ۱ محدوده آسیب را مشخص نمایید.
- ۲ بتن سست را تخریب نمایید.
- ۳ آرماتور را تمیز نمایید.
- ۴ ملات را آماده کرده و اجرا نمایید.
- ۵ پس از اتمام، سطح را مرطوب نگه دارید.



- ۱ محدوده آسیب را مشخص کنید.
- ۲ بتن سست را تخریب کنید.
- ۳ میلگرد را تمیز نمایید.
- ۴ ملات را آماده کرده و اجرا کنید.
- ۵ پس از اتمام سطح را مرطوب نگه دارید.

شکل ۷



دو قطعه بتن ترمیم شده را مقایسه کنید؛ یکی با عمل آوری مناسب و دیگری بدون عمل آوری. نتیجه را گزارش نمایید (شکل ۸).



با عمل آوری مناسب

- | | |
|---------------------|---|
| ← ظاهر سطح | → |
| ← مقاومت سطحی | → |
| ← تخلخل و جذب آب | → |
| ← احتمال ترک خوردگی | → |
| ← دوام و ماندگاری | → |



بدون عمل آوری

شکل ۸



□ ترمیم گوشه آسیب دیده ستون بتنی با قالب موقت مطابق شکل ۹

در این فعالیت، هنرجویان نحوه ترمیم یک شکستگی یا لب پریدگی در گوشه ستون بتنی آموزشی را تمرین می کنند.

- ۱ با راهنمایی هنرآموز، محل آسیب روی ستون مشخص و علامت گذاری شود.
- ۲ بتن های سست و ترک خورده اطراف گوشه با چکش و قلم برداشته شود تا به بتن سالم برسد.
- ۳ در صورت نمایان شدن آرماتور، سطح آن با فرچه سیمی تمیز گردد.
- ۴ سطح محل ترمیم از گرد و غبار پاک شود.
- ۵ قالب موقت چوبی یا فلزی در اطراف گوشه بسته شود تا ملات در محل باقی بماند.
- ۶ ملات ترمیمی طبق دستور کارخانه آماده و در داخل قالب اجرا شود.
- ۷ پس از گیرش اولیه، قالب باز شده و در صورت نیاز پرداخت سطح انجام شود.
- ۸ در پایان، محل ترمیم برای چند روز مرطوب نگه داشته شود.



۱

۲

۳

۴



۵

۶

۷

۸

شکل ۹



- مقایسه اجرای ترمیم سطحی و ترمیم موضعی بتن مطابق شکل ۱۰
- در این فعالیت، هنرجویان تفاوت دو نوع روش ترمیم را به صورت عملی مشاهده می کنند.
- ۱ یک قطعه بتنی با آسیب کم عمق به عنوان ترمیم سطحی انتخاب شود.
 - ۲ قسمت های پوسته شده برداشته شده و ملات روی سطح اجرا گردد.
 - ۳ در قطعه دوم، خرابی عمیق تر انتخاب شده و بتن سست تا رسیدن به بتن سالم تخریب شود.
 - ۴ پس از تمیزکاری، ملات ترمیمی در مقطع آسیب دیده ریخته شود.
 - ۵ دو نمونه از نظر حجم تخریب، میزان ملات مصرفی و کیفیت سطح نهایی با هم مقایسه شوند.
 - ۶ نتیجه مقایسه به صورت کوتاه گزارش شود.



۱

۲

۳



۴

۵

۶

شکل ۱۰

ارزشیابی شایستگی اجرای عملیات ترمیم سازه‌های بتنی

نام و نام خانوادگی:			شماره ملی:		تاریخ ارزشیابی:
کد حرفه	۷۱۱۱۱۲	حرفه:	ساختمان‌سازان (اسکلت کاران بتنی و فولادی)	کدپیمان / پودمان	استاندارد عملکرد: اجرای عملیات ترمیم سازه‌های بتنی در کارگاه هنرستان
کد وظیفه شغل	۷۱۱۱۲۳۰۱	وظیفه شغل:	ساختمان‌سازی بتنی	سطح صلاحیت	
کد کار	۷۱۱۱۲۳۰۱۵۱	کار	اجرای عملیات ترمیم سازه‌های بتنی	سطح شایستگی	

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص‌ها/داوری/نمره دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	تخریب بتن معیوب	قلم و چکش، دریل چکشی یا فرز سبک، برس دستی، پمپ باد دستی یا کمپرسور هوا، وسایل حفاظت فردی (دستکش، عینک ایمنی، کفش ایمنی، ماسک)	رویت چشمی (مشاهده رفتاری)، چک‌لیست نگرشی، فرم امتیازدهی	تشخیص دقیق و علامت‌گذاری نقاط آسیب دیده بتن، تخریب نقاط معیوب بتن بدون آسیب‌زدن به سایر نقاط عضو سازه‌ای	۳	
				تخریب نقاط معیوب بتن بدون آسیب‌زدن به سایر نقاط عضو سازه‌ای	۲	
				تخریب ناقص بتن همراه با آسیب‌دیدن سایر نقاط عضو سازه‌ای	۱	
۲	تمیزکاری آرماتورها	فرچه و برس سیمی، سمباده	رویت چشمی (مشاهده رفتاری)، چک‌لیست نگرشی، فرم امتیازدهی	تمیزکاری کامل آرماتورها به کمک ابزار مخصوص نظیر برس سیمی، زنگ زدایی آرماتورها در صورت نیاز، دقت در تمیزکاری با عدم برداشتن بیش از حد پوشش روی آرماتورها که منجر به کاهش نمره آرماتور نشود	۳	
				تمیزکاری آرماتورها به کمک ابزار مخصوص نظیر برس سیمی، زنگ زدایی آرماتورها در صورت نیاز	۲	
				عدم تمیزکاری کامل و درست آرماتورها و باقی ماندن قطعات بتن یا زنگ‌زدگی روی آرماتورها	۱	
۳	اجرای پوشش محافظ	فرچه رنگ آمیزی، ضد زنگ	رویت چشمی (مشاهده رفتاری)، چک‌لیست نگرشی، فرم امتیازدهی	کنترل دقیق آرماتورها و تشخیص نیاز/عدم نیاز به پوشش محافظ، اجرای ضد زنگ در صورت وجود زنگ‌زدگی یا خوردگی در سطح آرماتور، تمیزکاری سایر آرماتورها و بدنه عضو بتنی پس از اجرای ضدزنگ	۳	
				اجرای ضد زنگ در صورت وجود زنگ‌زدگی یا خوردگی در سطح آرماتور، تمیزکاری سایر آرماتورها و بدنه عضو بتنی پس از اجرای ضدزنگ	۲	
				عدم اجرای کامل ضد زنگ در محل خوردگی‌ها	۱	
۴	آماده‌سازی ملات	ظرف اختلاط ملات، کمچه یا ماله، ملات ترمیمی آماده، آب	رویت چشمی (مشاهده رفتاری)، چک‌لیست نگرشی، فرم امتیازدهی	توانایی استفاده از دستورالعمل کارخانه سازنده جهت ساخت ملات ترمیمی، اختلاط کامل و مناسب با آب و کنترل غلظت و روانی ملات، توانایی کنترل کیفیت ملات ساخته شده براساس ضوابط ارائه شده توسط کارخانه سازنده	۳	
				توانایی استفاده از دستورالعمل کارخانه سازنده جهت ساخت ملات ترمیمی، اختلاط کامل و مناسب با آب و کنترل غلظت و روانی ملات	۲	
				عدم توانایی ساخت ملات ترمیم متناسب با دستورالعمل کارخانه سازنده	۱	
۵	اجرای ملات و عمل‌آوری	ظرف اختلاط ملات، کمچه یا ماله تراز، قالب، دستکش، ملات ترمیمی آماده بتن ریزدانه، چسب بتن، اپوکسی، آب تمیز، گونی و پارچه	رویت چشمی (مشاهده رفتاری)، چک‌لیست نگرشی، فرم امتیازدهی	اجرای قالب‌بندی و مهار کامل قالب‌ها در محل اجرای ملات ترمیمی، ریختن کامل ملات در محل بدون باقی ماندن فضای خالی، بازنمودن به موقع و صحیح قالب بدون هیچ‌گونه آسیب به سطح ملات اجرا شده، عمل‌آوری کامل به کمک اجرای گونی دور محل اجرای ملات، توانایی کنترل کیفیت کار انجام شده و انجام اصلاح ترمیم در صورت نیاز	۳	
				اجرای قالب‌بندی و مهار قالب‌ها در محل اجرای ملات ترمیمی، ریختن ملات در محل، بازنمودن قالب‌ها حتی‌الامکان بدون هیچ‌گونه آسیب به سطح ملات اجرا شده، عمل‌آوری به کمک اجرای گونی دور محل اجرای ملات	۲	
				عدم قالب‌بندی صحیح و خروج ملات از زیر یا کناره‌های قالب در زمان اجرا، عدم عمل‌آوری صحیح و ایجاد ترک روی بدنه ملات ترمیمی	۱	
		شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: کارگاه اسکلت‌سازی (آرماتوربندی) مجهز به تجهیزات ایمنی و ابزارهای حفاظتی لازم	مشاهده رفتاری، چک‌لیست نگرشی، فرم امتیازدهی	رعایت نظم و انضباط کارگاهی در طول انجام فعالیت، استفاده صحیح و ایمن از ابزارها و تجهیزات رعایت اصول ایمنی، بهداشت و ارگونومی محیط کار، استفاده بهینه از مواد مصرفی و جلوگیری از اتلاف کاغذ و سایر ملزومات، مسئولیت‌پذیری، دقت و توجه به کیفیت انجام کار، همکاری مناسب با هم‌آموز و سایر فراگیران	۲	
				رعایت ناقص نظم و انضباط کارگاهی، استفاده نادرست یا غیراصولی از برخی ابزارها و تجهیزات، بی‌توجهی به برخی اصول ایمنی و بهداشتی، مصرف نامناسب مواد و تجهیزات یا ایجاد ضایعات غیرضروری، بی‌دقتی در انجام کار و نیاز به تذکر برای اصلاح عملکرد، همکاری محدود یا نامناسب در فعالیت‌های کارگاهی	۱	
ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)						☐ بلی
						☐ خیر

توضیحات:

[۱] معیار شایستگی انجام کار:

- کسب حداقل نمره ۲ از مراحل ۲ و ۵ (مراحل بحرانی)
- کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش
- کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

[۲] تعریف سطوح شایستگی: صرف‌نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه‌ای انجام می‌شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه‌ریزی و تحلیل، پاسخ‌گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت‌ها تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب‌یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

واحد یادگیری ۲: اجرای عملیات کاشت میلگرد در بتن

مقدمه

در بسیاری از کارگاه‌های ساختمانی، همه چیز مطابق نقشه‌های اولیه پیش نمی‌رود. گاهی بعد از ساخت یک عضو بتنی، مثل تیر، ستون، پله یا سقف، لازم می‌شود تغییری در نقشه‌ها داده شود. به عنوان مثال:

■ اضافه شدن یک عضو سازه‌ای جدید

■ جابه‌جایی یا بزرگ‌تر شدن بازشوها

■ تقویت یک تیر یا ستون به دلیل کمبود آرماتور

■ اصلاح اشتباهات اجرایی (کم‌بودن آرماتور اجرا شده نسبت به نقشه‌های اجرایی، کم‌بودن طول مهری و ...)

در این حالت، چون بتن قبلاً ریخته و سخت شده است، دیگر نمی‌توان آرماتورها را مثل قبل از بتن‌ریزی به‌آسانی داخل قالب قرار داد.

برخی اشکالات اجرایی دیگر نیز می‌تواند سازه‌های بتنی را نیازمند ترمیم و تقویت نمایند. یکی از این موارد پُر تکرار، به حد نصاب نرسیدن مقاومت ۲۸ روزه بتن نسبت به مقاومت در نظر گرفته شده در طراحی سازه بر اساس نتایج آزمایشگاهی است که می‌تواند به دلیل ضعف در ساخت، اجرا و یا نگهداری بتن تازه به وجود آید. مورد دیگر نشست پی ساختمان است که با نشانه‌هایی مانند، شکستن ناگهانی پنجره‌ها، کنده شدن درب‌ها از لولا، سر و صدای شبانه و از همه مهم‌تر بروز ترک‌ها آغاز می‌گردد. همچنین یخ زدگی بتن اعضای سازه‌ای که منجر به کاهش شدید مقاومت بتن می‌شود.

روش‌های مختلفی برای تقویت سازه‌های بتنی وجود دارد که در ادامه به آنها اشاره خواهد شد. از بین این روش‌ها در این واحد یادگیری با یکی از روش‌های مهم و کاربردی به نام کاشت آرماتور در بتن سخت‌شده آشنا خواهید شد. توضیحات این واحد یادگیری شامل نکات اجرایی بوده و از وارد شدن به محاسبات پیچیده و جزئیات آیین‌نامه‌ای خودداری شده است.

استاندارد عملکرد

انتظار می‌رود هنرجو در پایان این واحد یادگیری بتواند:

روش‌های مختلف ترمیم سازه‌های بتنی را بشناسد. نقشه‌ها و جزئیات ساده مربوط به کاشت آرماتور را بخواند و محل‌های کاشت را روی عضو بتنی مشخص کند، ابزار و تجهیزات لازم برای سوراخ‌کاری، تمیزکاری و تزریق چسب یا ملات را شناسایی و آماده نماید، با رعایت ایمنی کارگاه، ایمنی برق و نکات کار با دستگاه‌های برقی و مواد شیمیایی، مراحل کاشت آرماتور را به صورت صحیح اجرا کند. پس از اتمام کار، محل کارگاه را تمیز کرده و ابزارها را به صورت صحیح جمع‌آوری و تحویل داده و مطابق شاخص‌های ارزشیابی شایستگی محور در پایان پودمان، مورد سنجش قرار خواهد گرفت.

استانداردهای مرتبط



شکل ۱۱

- ۱ مقررات ملی ساختمان - مبحث نهم (طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه)
- ۲ مقررات ملی ساختمان - مبحث دوازدهم (ایمنی و حفاظت کار در حین اجرا)
- ۳ مقررات ملی ساختمان - مبحث پنجم (مصالح و فراورده های ساختمانی)
- ۴ مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی (نشریه ۵۵) تجدید نظر سوم، جلد دهم، بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود، ویرایش ۱۴۰۳
- ۵ راهنمای روش ها و شیوه های بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود و جزئیات اجرایی، نشریه شماره ۵۲۴، ویرایش ۱۳۸۹
- ۶ راهنمای طراحی و ضوابط اجرایی بهسازی ساختمان های بتنی موجود با استفاده از FRP مصالح تقویتی، نشریه شماره ۳۴۵ معاونت امور فنی دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، ویرایش ۱۳۸۵

روش های مرسوم تقویت سازه های بتنی

۱ تقویت ستون بتنی با ژاکت فولادی: در این روش گوشه های ستون از کف طبقه تا زیر سقف یا تیر به کمک نبشی های فولادی عمودی احاطه می شود. این نبشی ها با توجه به نتایج آزمایشگاهی مقاومت بتن ستون و بارهای وارد بر آن و با نظر طراح به کمک تسمه های فولادی افقی با فواصل مشخص به یکدیگر متصل می شوند. همچنین در صورت نیاز تمام سطح ستون به کمک ورق های فولادی تقویت می شود (شکل ۱۲).



شکل ۱۲

۲ تقویت سازه‌های بتنی با ژاکت بتنی: در این روش با اجرای شبکه‌هایی از آرماتورهای طولی و عرضی جدید و در نهایت قالب‌بندی و بتن‌ریزی، ابعاد مقطع بتنی قدیمی افزایش یافته و سازه تقویت می‌شود. برای ایجاد اتصال و عملکرد یکپارچه بین بتن جدید با بتن قدیم می‌توان از کاشت آرماتور نیز استفاده نمود (شکل ۱۳).



شکل ۱۳



بنا به نظر طراح و ملاحظات اجرایی و محاسباتی ممکن است از ترکیب هر دو روش ژاکت فولادی و بتنی برای تقویت اعضای سازه ای استفاده گردد (شکل ۱۴).

شکل ۱۴

۲ تقویت اعضای بتنی با سامانه تقویت الیافی (FRP): یکی از روش های مقاوم سازی برای انواع ساختمان ها استفاده از الیاف پلیمری می باشد. این ورق ها ترکیبی از لایه ها یا پارچه های پلیمری تقویت شده با الیاف شیشه، کربن یا آرامید هستند که توسط رزین به هم متصل شده اند. FRP ها دارای نسبت استحکام به وزن بالا، مقاومت در برابر خوردگی و دوام بالا می باشند (شکل ۱۵).



شکل ۱۵

۴ کاشت آرماتور: کاشت آرماتور یعنی سوراخ کاری در بتن موجود، تمیز نمودن آن و قرار دادن آرماتور جدید داخل حفره ها به کمک چسب ها یا ملات های مخصوص، به طوری که بین آرماتور و بتن، اتصال لازم و مطمئن ایجاد شود. عمق سوراخ کاری، فاصله آرماتورها و سایر جزئیات فنی توسط مهندس طراح سازه و در نقشه ها مشخص می شود.

چسب کاشت آرماتور



شکل ۱۶

چسب کاشت آرماتور ماده ای است که باعث چسبندگی بین آرماتور کاشت و بتن سخت شده می شود. چسب یا مواد کاشت باید از محصولات استاندارد و معتبر موجود در بازار و دارای مشخصات فنی، تاریخ مصرف و مطابق شرایط محیطی و نوع بارگذاری بوده و طبق دستورالعمل کارخانه سازنده مورد استفاده قرار گیرد (شکل ۱۶).

چسب های کاشت آرماتور معمولاً به صورت دو جزئی هستند:

جزء اول: رزین (ماده اصلی چسبنده)

جزء دوم: سخت کننده (که باعث سفت شدن چسب می شود)

بیشتر چسب های رایج بازار، کارتریجی^۱ هستند (مثل چسب سیلیکونی) و با تفنگ مخصوص تزریق می شوند (شکل ۱۷).

روی کارتریج یا جعبه چسب اغلب نکاتی مانند زمان کارپذیری (زمان لازم برای چسباندن چسب)، زمان گیرش اولیه و نهایی، دمای مناسب اجرا، حجم و نحوه نگهداری نوشته می شود. اگر چسب کیفیت نداشته باشد یا درست اجرا نشود ممکن است بارهای ثقیلی یا جانبی نظیر باد یا زلزله باعث لق شدن یا خارج شدن میلگرد کاشته شده شوند.

نکته



اگر حفره خوب تمیز نشود یا چسب درست تزریق نشود با کیفیت ترین چسب هم چسبندگی لازم را نخواهد داشت. پس در کاشت آرماتور، «تمیزکاری حفره» و «روش تزریق» به اندازه کیفیت چسب مهم است.



شکل ۱۷

۱- کارتریج یک استوانه پلاستیکی است که در داخل آن دو ترکیب شیمیایی جداگانه قرار دارد.

انواع چسب کاشت آرماتور

جدول ۳

نوع چسب	مشخصات فنی	تصویر
چسب اپوکسی (Epoxy)	از معروفترین و پرکاربردترین انواع چسب برای کاشت آرماتور است. چسبندگی خوبی داشته و معمولاً برای کاشت آرماتورهای حساسی که نقش سازه‌ای دارند استفاده می‌شود. اغلب قیمت بالاتر و گیرش کندتری نسبت به سایر چسب‌ها دارد.	
چسب وینیل استر (Vinyl Ester)	این نوع چسب عملکرد خوب و سرعت گیرش مناسبی دارد و در کارهای عمومی کاربرد دارد. نسبت به چسب اپوکسی، ممکن است گیرش سریع‌تری داشته باشد.	
چسب پلی استر (Polyester)	از لحاظ قیمت معمولاً اقتصادی‌تر بوده و بیشتر برای کارهای سبک‌تر یا نصب‌های کم‌بار (مانند نصب‌های تأسیساتی یا اتصالات سبک) استفاده می‌شود.	
چسب‌های هیبریدی (ترکیبی)	در تولید این چسب از ترکیب چندین ماده برای رسیدن به ویژگی‌های بهتر (مثلاً گیرش مناسب + چسبندگی مطلوب) استفاده شده است.	

مواد و مصالح موردنیاز

۱ آرماتور فولادی

- مطابق نقشه با قطر و طول مشخص
- سطح آرماتور باید تمیز، بدون چربی، رنگ و زنگ‌زدگی شدید باشد.
- در صورت نیاز، با فرچه سیمی یا سنگ فرز تمیز شود.

۲ چسب کاشت آرماتور (رزینی)

- معمولاً به صورت کارتریجی دو جزئی (رزین و سخت‌کننده) در بازار موجود است.
- درون تفنگ مخصوص تزریق قرار می‌گیرد و هنگام خروج، دو جزء با نسبت معین هم مخلوط می‌شوند.
- مدت زمان کارپذیری و گیرش چسب روی برچسب آن نوشته شده است (مثلاً ۵ تا ۱۵ دقیقه).

۳ ملات گروت سیمانی یا اپوکسی (در صورت استفاده)

- برای برخی کارها از گروت‌های آماده کیسه‌ای استفاده می‌شود
- فقط باید مطابق دستور کارخانه با آب یا رزین مشخص شده مخلوط شده و سریع مصرف شود

۴ آب تمیز

- برای شست‌وشوی سطح بتن (در روش گروت سیمانی) و تمیزکاری

۵ مواد کمکی

- پارچه یا گونی برای جمع کردن مواد اضافی
- چسب کاغذی برای علامت‌گذاری عمق روی مته برای عمق کاشت
- در صورت نیاز، فوم یا درپوش پلاستیکی برای بستن دهانه حفره‌های زیرسقفی

■ ابزار و تجهیزات مورد نیاز

جدول ۴

ردیف	نام ابزار	کاربرد	تصویر
۱	دریل برقی یا چکشی (هیلتی)	ایجاد حفره با قطر و عمق مشخص در بتن	
۲	مته الماسه یا مته الماسه چهارشیار	سوراخ کاری بتن مسلح یا غیرمسلح	
۳	پمپ باد دستی یا تلمبه مخصوص تمیزکاری حفره	خارج کردن گرد و غبار از داخل حفره	
۴	فرچه لوله‌ای (برس سیمی استوانه‌ای)	تمیز کردن دیواره داخلی حفره	

	تزریق چسب دو جزئی داخل حفره	تفنگ مخصوص کارتریج چسب	۵
	اندازه گیری و کنترل فاصله و تراز	متر، خط کش فلزی و تراز	۶
	علامت گذاری محل حفره ها روی بتن	ماژیک یا گچ رنگی	۷
	بریدن آرماتورها به طول مورد نیاز	دستگاه برش آرماتور (قیچی یا اره دیسکی)	۸
	نگهداشتن آرماتور در موقعیت صحیح تا زمان گیرش چسب	گیره یا بست کمکی	۹
	حفظ ایمنی در هنگام کار	ابزار حفاظت فردی (عینک، دستکش، ماسک و گوش گیر)	۱۰

■ نکات ایمنی در کارگاه در حین انجام کاشت آرماتور

کار با دریل برقی و چسب های شیمیایی خطراتی مانند برخورد براده ها با چشم، سر و صدا، گرد و غبار بتن، بوی نامطبوع یا سوزاننده مواد شیمیایی و احتمال برق گرفتگی دارد. به همین دلیل رعایت نکات زیر ضروری است:

- ۱ هنگام کار با دریل، حتماً از عینک ایمنی و گوش گیر استفاده شود.
- ۲ دریل باید سیم سالم و دوشاخه استاندارد داشته باشد. استفاده از سیم های زخمی، بدون روکش یا چندراهی های غیراستاندارد ممنوع است.

- ۳ هنگام سوراخ کاری، قطعه بتن یا صفحه کار باید ثابت و محکم باشد تا دریل از کنترل خارج نشود.
- ۴ از لمس نوک مته داغ یا چسب تازه با دست برهنه خودداری کنید. چسب های رزینی می توانند برای پوست و چشم مضر باشند.
- ۵ سوراخ کاری و تزریق چسب بهتر است در محیطی انجام شود که تهویه مناسب دارد.
- ۶ در صورت ریخته شدن چسب یا ملات روی زمین، بلافاصله باید سطح تمیز شود تا کسی سر نخورد.
- ۷ پس از پایان کار، دستگاه ها از برق کشیده شده و در جای خشک و امن قرار گیرند.

آماده سازی محل کاشت آرماتور

مقدار عمق سوراخ کاری، فاصله از لبه، تعداد آرماتورها و قطر حفره توسط مهندس طراح مشخص شده و باید توسط مجری به صورت دقیق، تمیز و ایمن انجام شود.

قبل از انجام سوراخ کاری در بتن لازم است چند مرحله مهم انجام شود:

- ۱ از روی نقشه های اجرایی نکاتی مانند قطر آرماتور (مثال نمره ۱۶)، عمق حفره (مثال ۱۸ سانتی متر) و فاصله آرماتورها از هم و از لبه عضو خوانده شده و محل تقریبی هر حفره روی سطح بتن با ماژیک یا گچ رنگی علامت گذاری می شود.



شکل ۱۸

- ۲ کنترل وجود آرماتورهای قبلی و تأسیسات در هنگام سوراخ کاری با دریل، ممکن است مته با آرماتورهای موجود در سازه بتنی یا لوله های تأسیسات عبوری برخورد نماید. برای جلوگیری از ایجاد مشکل می توان از دستگاه های آرماتور یاب استفاده نمود. اگر هنگام سوراخ کاری، مته به آرماتور برخورد کند، باید بلافاصله دستگاه خاموش شده و محل حفره تغییر نماید (شکل ۱۸).

۳ آماده سازی سطح بتن

سطح بتن باید سالم، بدون پوسته شدن و بدون روغن قالب باشد. اگر سطح بسیار ناصاف یا زبر است، نقاط سست با قلم و چکش برداشته شود.

در صورت وجود گرد و خاک یا چربی، باید سطح با برس و مقداری آب تمیز شود و سپس اجازه داده می شود تا رطوبت اضافی خشک شود (برای چسب های رزینی، حفره باید خشک باشد، طبق دستور کارخانه).

■ مراحل اجرای کاشت آرماتور با چسب کارتریجی دو جزئی

این روش، یکی از رایج ترین روش های کاشت آرماتور در ساختمان است. مراحل آن به شرح زیر می باشد:

مرحله اول: تنظیم عمق مته و سوراخ کاری

۱ با توجه به نقشه، عمق حفره مشخص می شود (مثلاً ۲۰ سانتی متر). عمق کاشت معمولاً بین ۴ تا ۲۰ برابر قطر آرماتور می باشد.

۲ روی مته، به وسیله چسب کاغذی یا حلقه پلاستیکی، علامت عمق زده می شود تا هنگام سوراخکاری، مته بیش از حد وارد بتن نشود.

۳ دریل در حالت چرخشی - چکشی قرار گرفته و سوراخ کاری با سرعت مناسب انجام می شود.

۴ مته باید قائم بر سطح کار نگه داشته شود (برای حفره عمودی) تا حفره کج نشود.

۵ پس از رسیدن به علامت روی مته، دریل خاموش شده و مته به آرامی از حفره خارج می شود.

نکته



قطر حفره معمولاً کمی بزرگ تر از قطر آرماتور است (مثلاً برای آرماتور ۱۶، حفره ۲۰ میلی متر)؛ این مقدار در نقشه یا دفترچه راهنمای چسب مشخص می شود.

مرحله دوم: تمیز کاری داخل حفره

تمیز بودن حفره تأثیر زیادی در چسبندگی دارد. اگر این کار درست انجام نشود، پودر بتن بین چسب و دیواره حفره باقی مانده و اتصال ضعیف می شود. مراحل تمیز کاری به طور معمول سه بار تکرار می شود:

۱ دمیدن هوا به داخل حفره با پمپ دستی یا دمنده؛

۲ بُرس کشی دیواره حفره با فرچه لوله ای تا ذرات گرد و غبار جدا شوند؛

۳ دوباره دمیدن هوا برای خارج کردن خاک باقیمانده.

مرحله سوم: آماده سازی چسب کاشت آرماتور

۱ نازل مخلوط کن (سر پلاستیکی مارپیچ) را روی کارتریج ببندید.

۲ کارتریج چسب دو جزئی را در تفنگ مخصوص قرار دهید.

۳ با فشار دادن ماشه مقدار کمی از چسب (مثلاً ۱۰ سانتی متر) روی یک مقوا یا ظرف پلاستیکی خالی کنید تا مطمئن شوید دو جزء به خوبی مخلوط شده اند.

نکته



چسبی که در ابتدای کار از نازل خارج می شود معمولاً یکنواخت نیست و مصرف نمی گردد.

مرحله چهارم: تزریق چسب در حفره

۱ سر نازل را تا انتهای حفره وارد کنید.

۲ به آرامی ماشه تفنگ را فشار دهید و هم زمان نازل را به تدریج به سمت بیرون بکشید تا حفره از انتها تا ابتدا با چسب پر شود.

۳ معمولاً حفره تا حدود دو سوم حجم با چسب پر می شود؛ نباید کاملاً تا لبه پر شود، زیرا با ورود آرماتور چسب سرریز می شود.

مرحله پنجم: قراردادن آرماتور در حفره

- ۱ طول آرماتور مطابق نقشه قبلاً بریده و سر آن تمیز شده است.
- ۲ سر آرماتور را که علامت عمق روی آن مشخص شده، به آرامی داخل حفره می چرخانیم و با حرکت دورانی به داخل فشار می دهیم تا هوای داخل حفره خارج شود.
- ۳ زمانی که علامت عمق روی آرماتور به دهانه حفره رسید، آرماتور در جای خود متوقف می شود.
- ۴ در صورت نیاز، می توان از گیره یا نگهدارنده موقت برای ثابت نگه داشتن آرماتور تا زمان گیرش چسب استفاده نمود.

مرحله ششم: زمان گیرش و عدم بارگذاری

- ۱ طبق اطلاعات روی بسته چسب، مدت زمان لازم برای سخت شدن اولیه مشخص است (مثلاً ۳۰ تا ۶۰ دقیقه بسته به دما).
- ۲ در این مدت نباید بار قابل توجهی به آرماتور وارد شود و از ضربه زدن یا تکان دادن آن جلوگیری می شود.
- ۳ بارگذاری اصلی (مثلاً بتن ریزی جدید یا بستن صفحه فلزی) باید مطابق جداول کارخانه سازنده انجام می شود.

■ مراحل اجرای کاشت آرماتور با ملات گروت سیمانی

- در بعضی پروژه ها به جای چسب رزینی از ملات گروت سیمانی استفاده می شود. این روش برای سرمای زیاد یا محیط هایی که استفاده از مواد شیمیایی محدود است، مفید می باشد. (برای اعضای سازه ای مطلوب نمی باشد)
- سوراخ کاری و تمیز کاری همانند روش قبلی انجام می شود.
- گروت آماده طبق دستور کارخانه در ظرفی تمیز با آب مخلوط می شود تا ملات روان و بدون کلوخه به دست آید.
- در صورت امکان، با استفاده از قیف، گروت از انتهای حفره تزریق می شود.
- آرماتور در حالی که هنوز گروت روان است با حرکت دورانی داخل حفره قرار گرفته و عمق آن تنظیم می شود.
- اضافات گروت از اطراف حفره جمع آوری شده و سطح کار تمیز می گردد.
- گروت تا چند روز باید نمودار نگاه داشته شود تا به مقاومت مناسب برسد.

■ نکات اجرایی مهم در کاشت آرماتور

- ۱ رعایت حداقل فاصله آرماتورها و فاصله از لبه ها طبق نقشه الزامی است. نزدیک بودن بیش از حد حفره ها ممکن است باعث ترک خوردن بتن شود.
- ۲ عمق حفره کم نباشد. اگر عمق کاشت کمتر از مقدار نقشه باشد، باید با نظر مهندس طراح اصلاح گردد. (بین ۴ تا ۲۰ برابر قطر آرماتور)
- ۳ در صورت برخورد مته با آرماتور موجود، از سرعت زیاد و فشار شدید خودداری کنید؛ احتمال گیر کردن و شکستن مته وجود دارد.
- ۴ هنگام استفاده از چسب رزینی، دمای محیط اهمیت دارد. در هوای سرد، گیرش چسب دیرتر و در هوای خیلی گرم سریع تر است.
- ۵ چسب ها تاریخ مصرف دارند؛ از چسب های قدیمی یا منقضی شده استفاده نشود.

۶ در صورت ریخته شدن چسب روی آرماتور، سطح آن قبل از سخت شدن با پارچه آغشته به حلال (طبق دستور کارخانه) تمیز شود.

۷ پس از پایان کار، تمام حفره هایی که طبق نقشه لازم نبوده اند، نباید باز بمانند. در صورت ایجاد حفره اضافی، با ملات پر می شود.

خطاهای رایج و پیامدهای آن

۱ تمیز نکردن حفره: چسب به جای تماس با بتن، روی پودر سیمان می نشیند و بعد از مدتی با کوچک ترین ضربه ای آرماتور شل می شود.

۲ کم بودن مقدار چسب: اطراف آرماتور کامل پر نمی شود و در آزمایش کشش، آرماتور به راحتی خارج می شود.

۳ تکان دادن آرماتور قبل از گیرش کامل: ترک های نامرئی در چسب ایجاد می شود و مقاومت اتصال کاهش می یابد.

۴ انتخاب قطر یا عمق نامناسب (تغییر در نقشه های اجرایی بدون نظر مهندس محاسب): ممکن است اتصال تحمل بار طراحی را نداشته باشد و در زلزله یا بارگذاری سنگین، شکست رخ دهد.

۵ عدم رعایت ایمنی در هنگام سوراخ کاری: احتمال بریدگی دست، آسیب چشم، برق گرفتگی یا سقوط از ارتفاع وجود دارد.

فعالیت کارگاهی



شکل ۱۹

کاشت آرماتور قائم در دال بتنی افقی (شکل ۱۹)

۱ با راهنمایی هنرآموز، در نقشه اجرایی محل و تعداد آرماتورهای کاشتی را بررسی نمایید.

۲ محل حفره ها را روی قطعه بتنی با گچ علامت بزنید.

۳ عمق حفره را اندازه گیری کرده و روی مته علامت بزنید.

۴ سوراخ کاری را با دریل چکشی و رعایت ایمنی انجام دهید.

۵ داخل حفره ها را مطابق روش سه مرحله ای (دمیدن هوا - برس کشی - دمیدن هوا) تمیز کنید.

۶ چسب کارتریجی را آماده کرده و پس از دور ریز ابتدایی، حفره ها را از انتها به ابتدا پر کنید.

۷ آرماتورها را با حرکت دورانی در حفره قرار دهید و عمق آنها را کنترل کنید.

۸ تا زمان گیرش چسب، از جابه جایی آرماتورها جلوگیری کنید.

۹ در پایان، کارگاه را تمیز کرده و ابزارها را مرتب کنید.



یکی از میلگردهای کاشته شده را قبل از گیرش چسب به آرامی تکان دهید و پس از گذشت مدت زمان مشخصی (حدود ۳۰ دقیقه) آن را با میلگرد کاشته شده دیگری که دست نخورده از نظر کشش و لق شدگی مقایسه کنید و نتیجه را گزارش نمایید.



در این فعالیت، هنرجویان کاشت آرماتور را در جان یک ستون بتنی آموزشی تمرین می‌کنند تا برای اجرای مهار دیوارها یا تقویت ستون آماده شوند (شکل ۲۰).

- انتخاب محل مناسب با رعایت فاصله از گوشه ستون
- سوراخ کاری افقی با حفظ تراز
- استفاده از گیره یا تکیه‌گاه موقت برای جلوگیری از افتادن آرماتور تا زمان گیرش چسب
- تمیزکاری نهایی و پر کردن حفره‌های اضافی



شکل ۲۰



□ مقایسه کاشت آرماتور با چسب رزینی و گروت سیمانی (شکل ۲۱)

گروه اول با چسب رزینی و گروه دوم با ملات گروت، آرماتور را در بلوک های بتنی نمونه می کارند و پس از گیرش، با وارد کردن نیرو به صورت دستی، سفتی و راحتی اجرای هر روش را مقایسه می کنند.

نکته: هدف از این فعالیت، آشنایی تجربی هنرجو با مزایا و محدودیت های هر روش است.



شکل ۲۱

ارزشیابی شایستگی اجرای عملیات کاشت میلگرد در بتن

نام و نام خانوادگی :				شماره ملی :		تاریخ ارزشیابی:
کد حرفه	۷۱۱۱۱۲	حرفه :	ساختمان سازان (اسکلت کاران بتنی و فولادی)	کدپیمان / پودمان	۷۱۱۱۲۳۰۱۵	استاندارد عملکرد: اجرای عملیات کاشت میلگرد در بتن
کد وظیفه شغل	۷۱۱۱۲۳۰۱	وظیفه شغل:	ساختمان سازی بتنی	سطح صلاحیت	۳	
کد کار	۷۱۱۱۲۳۰۱۵۲	کار	اجرای عملیات کاشت میلگرد در بتن	سطح شایستگی	مهارت	

ردیف	مراحل کار	شرایط انجام کار (ابزار، مواد، تجهیزات، زمان، مکان و ...)	ابزارهای ارزشیابی	استاندارد (شاخص ها/داوری /نمره دهی)	نتایج ممکن	نمره کسب شده
۱	تنظیم عمق مته و سوراخ کاری	دریل برقی یا چکشی (هیلتی)، مته الماسه، پمپ باد دستی یا تلمبه مخصوص تمیزکاری سوراخ، مازیک یا گچ رنگی، دستگاه برش آرماتور (قیچی یا اره دیسکی)، ابزار حفاظت فردی (عینک، دستکش، ماسک و گوش گیر)	رویت چشمی (مشاهده رفتاری)/ چک لیست نگرشی/ فرم امتیازدهی	انتخاب درست محل سوراخ کاری مطابق نقشه، سوراخ کاری با مته با شماره متناسب با قطر آرماتور، اندازه گذاری دقیق روی مته	۳	
				سوراخ کاری با مته با شماره متناسب با قطر آرماتور	۲	
				عدم سوراخ کاری صحیح، استفاده از شماره مته غلط	۱	
۲	تمیزکاری آرماتور	فرجه لوله ای (برس سیمی استوانه ای)	رویت چشمی (مشاهده رفتاری)/ چک لیست نگرشی/ فرم امتیازدهی	تمیزکاری کامل آرماتورها به کمک ابزار مخصوص نظیر برس سیمی، زنگ زدایی آرماتورها در صورت نیاز، دقت در تمیزکاری با عدم برداشتن بیش از حد پوشش روی آرماتورها که منجر به کاهش نمره آرماتور نشود	۳	
				تمیزکاری آرماتورها به کمک ابزار مخصوص نظیر برس سیمی، زنگ زدایی آرماتورها در صورت نیاز	۲	
				عدم تمیزکاری کامل و درست آرماتورها و باقی ماندن قطعات بتن یا زنگ زدگی روی آرماتورها	۱	
۳	تمیزکاری داخل حفره	پمپ باد دستی یا تلمبه مخصوص تمیزکاری حفره ، فرجه لوله ای (برس سیمی استوانه ای)	رویت چشمی (مشاهده رفتاری)/ چک لیست نگرشی/ فرم امتیازدهی	دمیدن هوا به داخل حفره با پمپ دستی یا دمنده، برس کشی دیواره سوراخ با فرجه لوله ای تا خروج گردوغبار به طور کامل، دمیدن مجدد هوا برای خارج کردن خاک باقی مانده	۳	
				دمیدن هوا به داخل حفره با پمپ دستی یا دمنده، برس کشی دیواره سوراخ با فرجه لوله ای تا خروج ذرات گردوغبار	۲	
				عدم تمیزکاری صحیح و باقی ماندن گردوغبار داخل سوراخ	۱	
۴	آماده سازی چسب کاشت آرماتور	تفنگ مخصوص کار تریخ چسب، متر، خط کش فلزی و خط کش تراز ،	رویت چشمی (مشاهده رفتاری)/ چک لیست نگرشی/ فرم امتیازدهی	توانایی ساخت چسب دو جزئی ترکیبی با استفاده از دستورالعمل کارخانه سازنده، اطمینان از ترکیب کامل دو جز چسب		
				توانایی ساخت چسب دو جزئی ترکیبی با استفاده از دستورالعمل کارخانه سازنده		
				عدم چسبندگی صحیح به دلیل عدم ترکیب صحیح دو جزء چسب		
۵	تزریق چسب و قراردادن آرماتور در حفره	تفنگ مخصوص کار تریخ چسب، متر، خط کش فلزی و خط کش تراز	رویت چشمی (مشاهده رفتاری)/ چک لیست نگرشی/ فرم امتیازدهی	تزریق صحیح و به اندازه چسب و جایگذاری آرماتور به اندازه طول لازم، مهار آرماتور با نگهدارنده، انجام تست کشش یا بارگذاری برای کنترل صحت انجام کار	۳	
				تزریق صحیح و به اندازه چسب و جایگذاری آرماتور به اندازه طول لازم، مهار آرماتور با نگهدارنده	۲	
				بیرون زدگی و شره نمودن چسب به دلیل تزریق مازاد بر نیاز، شل شدن و خروج میلگرد به دلیل عدم رعایت زمان لازم جهت گیرش	۱	
		شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:	مشاهده رفتاری، چک لیست نگرشی، فرم امتیازدهی	رعایت نظم و انضباط کارگاهی در طول انجام فعالیت، استفاده صحیح و ایمن از ابزارها و تجهیزات رعایت اصول ایمنی، بهداشت و ارگونومی محیط کار، استفاده بهینه از مواد مصرفی و جلوگیری از اتلاف کاغذ و سایر ملزومات، مسئولیت پذیری، دقت و توجه به کیفیت انجام کار، همکاری مناسب با هنرآموز و سایر فراگیران	۲	
				رعایت ناقص نظم و انضباط کارگاهی، استفاده نادرست یا غیراصولی از برخی ابزارها و تجهیزات، بی توجهی به برخی اصول ایمنی و بهداشتی، مصرف نامناسب مواد و تجهیزات یا ایجاد ضایعات غیر ضروری، بی دقتی در انجام کار و نیاز به تذکر برای اصلاح عملکرد، همکاری محدود یا نامناسب در فعالیت های کارگاهی	۱	

ارزشیابی کار (شایستگی انجام کار)					
بله ☐					
خیر ☐					

توضیحات:

[۱] معیار شایستگی انجام کار:

- کسب حداقل نمره ۲ از مراحل ۱ و ۵ (مراحل بحرانی)
- کسب حداقل نمره ۲ از بخش شایستگی های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش
- کسب حداقل میانگین ۲ از مراحل کار

[۲] تعریف سطوح شایستگی: صرف نظر از اینکه یک تکلیف کاری در چه سطحی از صلاحیت حرفه ای انجام می شود، در هر محیط کاری ممکن است انجام هر کار با کیفیت مشخصی مورد انتظار باشد. سطح شایستگی انجام کار، معیار اساسی ارزشیابی است.

مهارت (سطح سه): ماهر و قادر به آموزش و هدایت دیگران، توانایی برنامه ریزی و تحلیل، پاسخ گویی در برابر کارهای خود، سروکار داشتن با سطح وسیعی از کارها و فعالیت ها تسلط (سطح چهار): خبرگی در انجام کار و آموزش دیگران، ایجاد نوآوری، سازگاری، عیب یابی، هدایت و راهنمایی دیگران.

تصاویر زیر آسیب‌های وارد شده به ساختمان‌های مسکونی در جریان تجاوز نظامی وحشیانه آمریکا و رژیم صهیونیستی به ایران در خلال جنگ رمضان (جنگ ۴۰ روزه) در اسفندماه ۱۴۰۴ را نشان می‌دهد. این ساختمان‌ها دارای عمری در حدود ۲۰ سال بوده و در زمان اجرای آنها ضوابط مربوط به مهار دیوارهای غیرسازه‌ای الزامی نبوده است. به دلیل رعایت حداقلی از استانداردهای آیین‌نامه‌ای اسکلت بتنی ساختمان‌های مجاور با وجود آسیب‌های جدی ناشی از موج انفجار دچار فرو ریزش نشده است اما بخش عمده‌ای از دیوارهای پیرامونی و داخلی به دلیل عدم مهار به مهار به اسکلت تخریب شده است.



منابع

- ۱ برنامه درسی اجرای ساختمان‌های بتنی ساختمان، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ۱۴۰۳.
- ۲ علی‌اکبر نوری‌فرد، علی خاکی، حمیدرضا مشایخی، تکنولوژی و کارگاه قالب‌بندی و آرماتور، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴.
- ۳ نشریه ۵۵، مشخصات فنی و کارهای عمومی ساختمانی، معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۴۰۳.
- ۴ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، دفتر مقررات ملی ساختمان، ویرایش دوم، ۱۳۹۶.
- ۵ مبحث پنجم مقررات ملی ساختمان، دفتر مقررات ملی ساختمان، ویرایش دوم، ۱۳۹۶.
- ۶ اسکلت‌سازی ساختمان، شاخه فنی و حرفه‌ای چاپ نهم ۱۴۰۳ سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی درسی.
- ۷ مبحث دوازدهم مقررات ملی ساختمان، دفتر مقررات ملی ساختمان، ویرایش دوم، ۱۳۹۲.
- ۸ و سایت‌های اینترنتی معتبر و منابع مختلف دیگر.

