



پودمان ۴

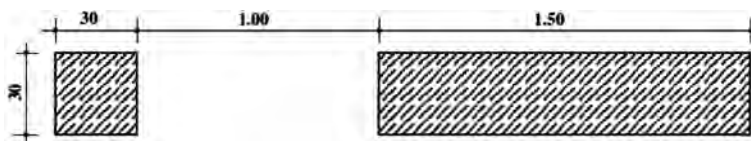
اجرای تیر بتنی

جدول برنامه پیشنهادی و بودجه بندی پودمان چهارم کتاب اسکلت سازی ساختمان

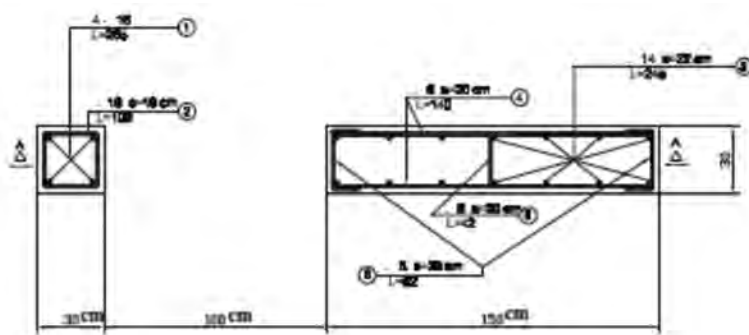
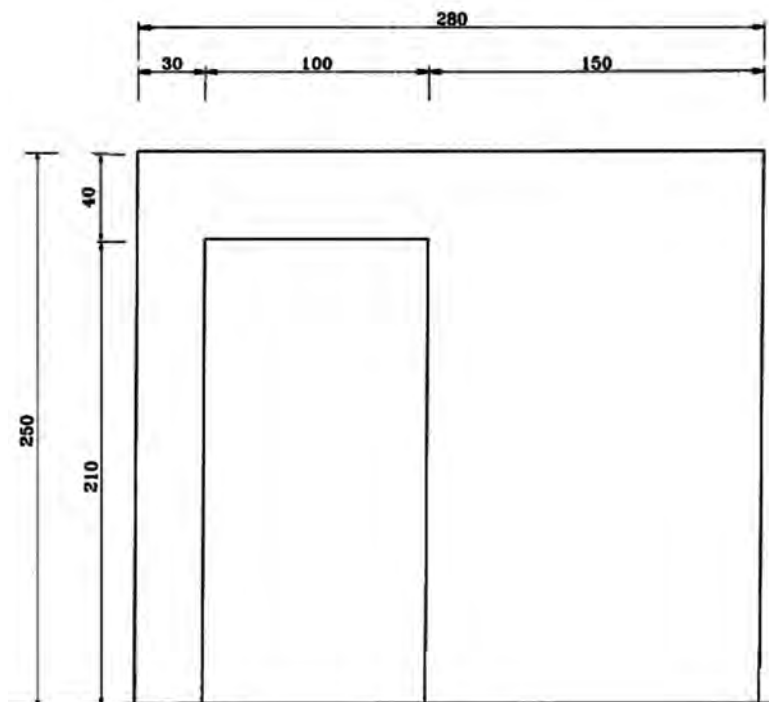
ردیف	تقویم آموزشی	عنوان و شرح کار
۱	هفته اول اسفند	آشنایی با تیر و نقش آن در سازه، قالب بندی و آرماتوربندی پوتر بتنی
۲	هفته دوم اسفند	قالب بندی و آرماتوربندی پوتر بتنی
۳	هفته سوم اسفند	قالب بندی فلزی و آرماتوربندی دیوار، پوتر و ستون بتنی
۴	هفته چهارم اسفند	ارزشیابی پایانی فصل چهارم

در این پودمان نیز همانند پودمان های قبل اهداف آموزشی به دو بخش دانش و مهارت در ارتباط با تیرهای بتنی، رفتار و نقش آنها در سازه، نقشه خوانی و تهیه جدول لیستوفر تیرها و در نهایت قالب بندی و آرماتوربندی تیرها توام با ضوابط فنی و آیین نامه ای مربوط به آنها مد نظر می باشد. لذا لازم است پس از ارائه مباحث دانشی مربوط به تیرها، جهت انجام عملیات اجرایی قالب بندی و آرماتوربندی تیر مطابق جدول پیشنهادی و بودجه بندی این پودمان، با تقسیم بندی هنرجویان به دو گروه قالب بند و آرماتور بند طی دو هفته به انجام عملیات اجرایی مورد نظر پرداخته شود. در این خصوص نیز لازم است جهت مدیریت زمان و منابع، همانند پودمان های ستون و فونداسیون، قطعات قالب و آرماتور مورد نیاز مطابق نقشه و به تعداد گروه های کلاس از قبل آماده و بسته بندی شده، به همراه نقشه مورد نظر در اختیار هر گروه قرار گیرد و هنرجویان با راهنمایی شما همانند یک پازل (جورچین) اقدام به اجرای نقشه مورد نظر نمایند و پس از ارزشیابی پایانی قطعات قالب و آرماتور هرگروه جمع آوری و بسته بندی شده جهت استفاده در سال های آتی در انبار کارگاه نگهداری شوند.

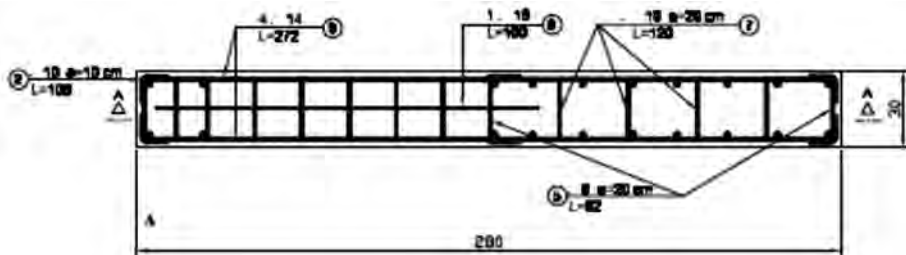
در هفته سوم از این پودمان آموزشی پیشنهاد می گردد با استفاده از قالب های فلزی موجود در کارگاه، و تقسیم هنرجویان به دو گروه قالب بند و آرماتور بند، اجرای قالب دیوار، ستون و پوتر بتنی مطابق نقشه زیر از آنها خواسته شود.



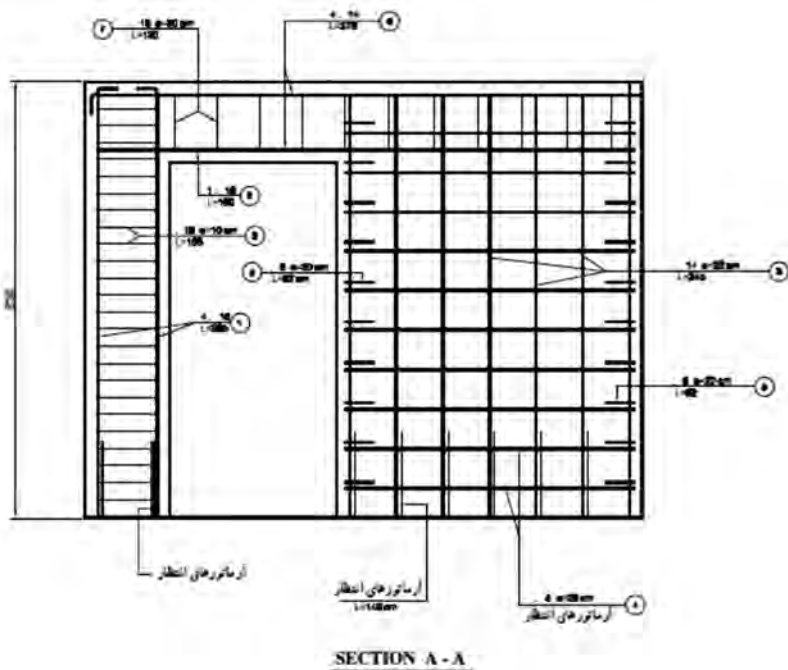
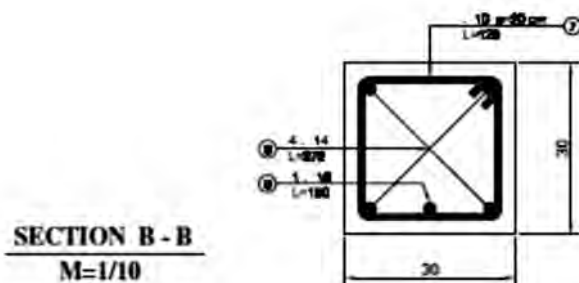
پودمان چهارم: اجرای تیربتنی



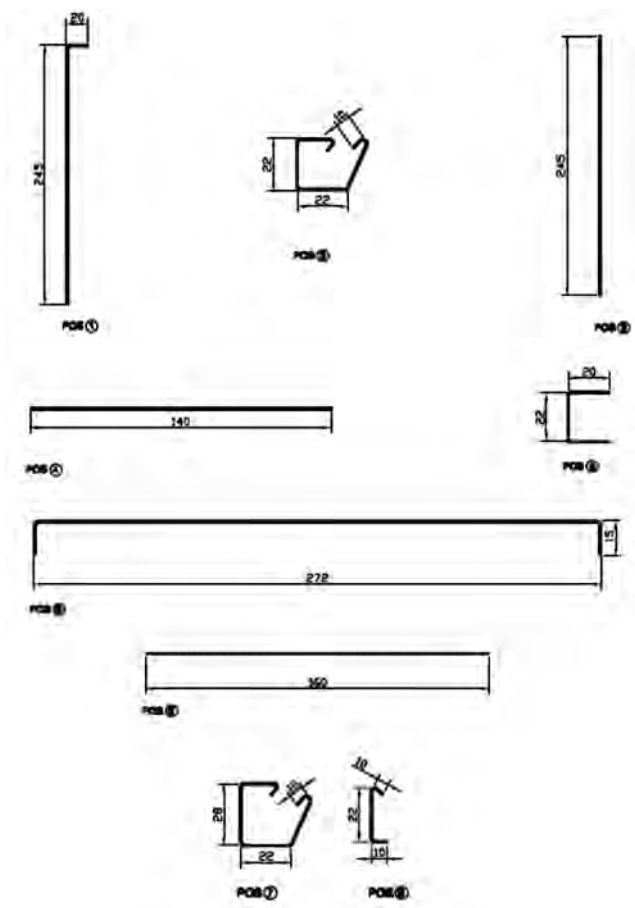
پلان ستون و دیوار



پلان پوتر- دیوار و ستون



پودمان چهارم: اجرای تیربتنی

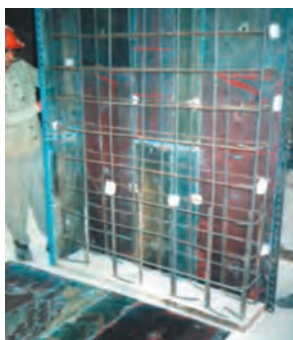
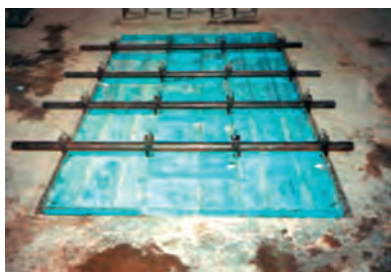
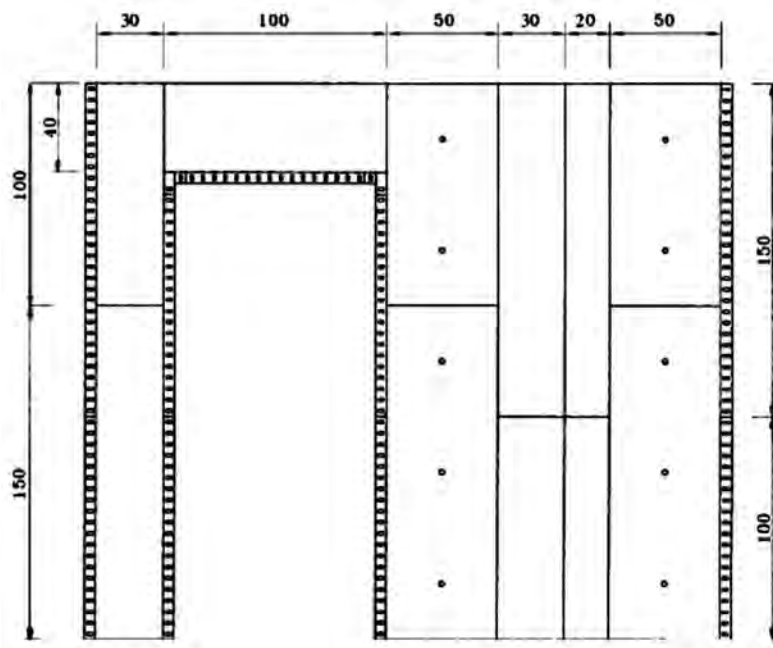




جدول ۴-۱- فهرست میلگردهای مصرفی

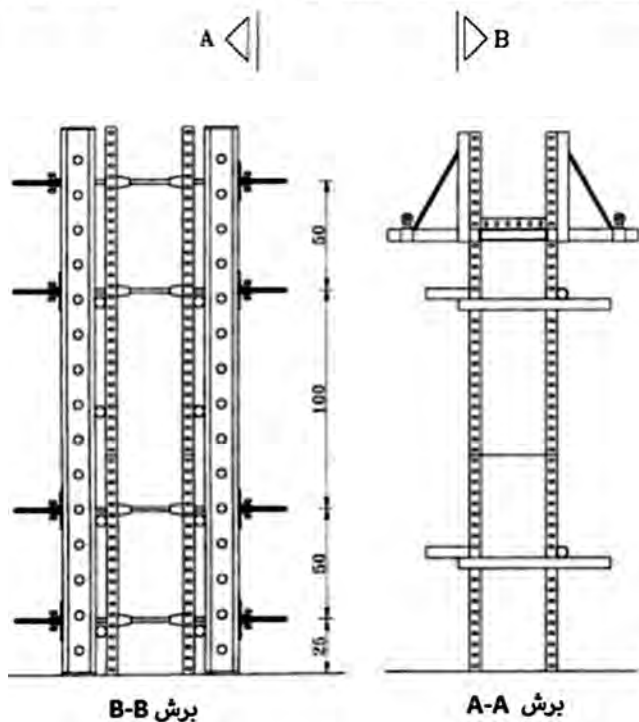
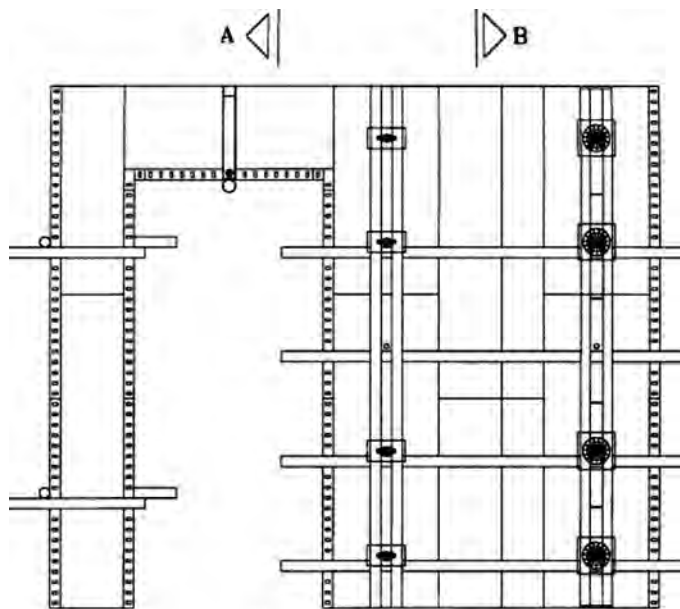
شماره پزیسیون	۶ (میلی متر)	طول (متر)	تعداد	طول کلی هر پزیسیون							
				۶۸	۶۱۰	۶۱۴	۶۱۶				
نقل از صفحه شماره:											
۱	۱۶	۲/۶۵	۴				۱۰/۶				
۲	۱۰	۱/۰۸	۲۵		۲۷						
۳	۱۴	۲/۴۵	۱۴			۳۴/۳					
۴	۸	۱/۴۰	۲۶	۴/۳۶							
۵	۸	۰/۶۲	۲۶	۱۶/۱۳							
۶	۱۴	۲/۷۲	۴			۱۰/۸۸					
۷	۱۰	۱/۲۰	۱۲		۱۴/۴						
۸	۱۶	۱/۶	۱				۱/۶				
۹	۸	۰/۴۲	۳	۱/۲۶							
نقل به صفحه بعد											
طول کل هر سایز (متر)					۵۳/۷۸	۴۱/۴	۴۵/۱۸	۱۲/۲			
وزن واحد طول (کیلوگرم بر متر)					۰/۳۹۵	۰/۶۱۷	۱/۲۱	۱/۵۸			
وزن کل هر سایز (کیلوگرم)					۲۱/۲۴	۲۵/۵۴	۵۴/۶۷	۱۹/۲۸			
								۱۲۰/۷۳kg	وزن میلگرد مصرفی		

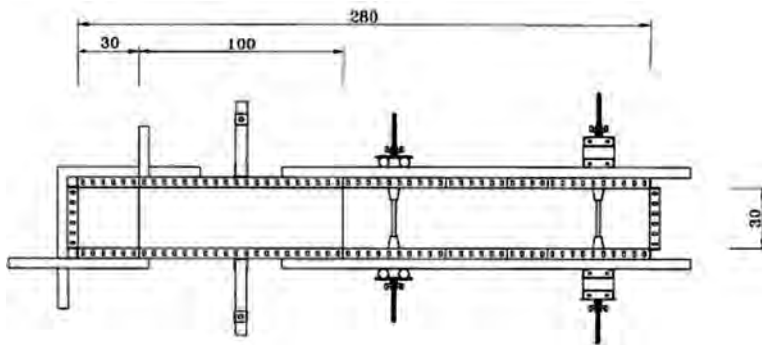
پودمان چهارم: اجرای تیربتنی





پودمان چهارم: اجرای تیربنتنی





شکل پلان قالب‌بندی آموزشی



ضوابط آیین‌نامه‌ای اجرای بتن (ساخت، حمل و نقل، ریختن و عمل‌آوری بتن)

نیروی انسانی

تهیه، کاربرد، اجرا و کنترل کارهای بتنی باید به افراد صاحب صلاحیتی واگذار شود که از تجربه و دانش کافی برخوردار بوده و دارای پروانهٔ مهارت فنی و یا گواهی لازم از مراجع ذی‌صلاح باشند.

تجهیزات و وسایل

الف) تمام وسایلی که برای مخلوط کردن و انتقال بتن به کار می‌روند باید تمیز باشند.
ب) پیمانان کردن مصالح تشکیل‌دهندهٔ بتن باید تا حد امکان به طریق وزنی انجام گیرد. این امر در بتن‌های سازه‌ای الزامی است.

پ) رواداری توزین هریک از اجزای تشکیل‌دهنده بتن $\pm 3\%$ است.

ت) دقت و حساسیت ترازوها و سایر قسمت‌های توزین باید $\pm 4\%$ کل ظرفیت دستگاه باشد.

آماده‌سازی محل بتن‌ریزی

الف) تمامی مواد زاید از جمله یخ و زواید قالب‌بندی باید از محل‌های مورد بتن‌ریزی زدوده و برداشته شوند.

ب) قالب‌ها باید به نحوی مناسب تمیز شده و با روغن قالب اندود شوند.

پ) مصالح بنایی که در تماس با بتن خواهند بود باید به خوبی خیس شوند.

ت) تمامی میلگردها باید قبل از بتن‌ریزی کاملاً تمیز شده و عاری از پوشش‌های آلاینده باشند.

ث) قبل از ریختن بتن، باید آب اضافه از محل بتن‌ریزی خارج شود. مگر آنکه استفاده از قیف و لوله مخصوص بتن‌ریزی در آب (ترمی) مورد نظر باشد.

ج) قبل از ریختن بتن جدید بر روی بتن سخت شده قبلی باید لایه ضعیف احتمالی سطح بتن قبلی و هر نوع ماده زاید دیگر آن زدوده شود.

اختلاط بتن

بتن باید به گونه‌ای در داخل مخلوط‌کن ریخته شده و مخلوط شود که تمامی مواد تشکیل‌دهنده آن به صورت همگن در مخلوط‌کن پخش شوند. قبل از پرکردن مجدد، باید مخلوط‌کن را به طور کامل تخلیه کرد. برای توزیع یکنواخت افزودنی‌های شیمیایی در حجم بتن باید ضمن استفاده از تجهیزات مناسب، دقت لازم به کار گرفته شده و دستورالعمل کارخانه سازنده نیز رعایت شود. مخلوط کردن مواد افزودنی با بخشی از آب اختلاط، پیش از افزودن به مخلوط‌کن الزامی است.

بتن آماده

بتن آماده باید مطابق استانداردهای (مشخصات بتن آماده) یا (مشخصات بتن تهیه شده از طریق پیمانانه کردن حجمی و اختلاط پیوسته) مخلوط و تحویل شود.

بتن مخلوط شده در کارگاه باید مطابق ضوابط زیر تهیه شود.

۱) اختلاط بتن با مخلوط‌کن مورد تأیید دستگاه نظارت انجام گیرد.

۲) مخلوط‌کن باید با سرعت توصیه شده از طرف کارخانه سازنده چرخانده شود. این سرعت می‌باید بین ۶ تا ۸ دور در دقیقه باشد. سرعت دوران دیگ کامیون‌های مخلوط‌کن در حالت همزن، به منظور جلوگیری از جداشدگی اجزای بتن، می‌باید بین ۲ تا ۶ دور در دقیقه باشد.

۳) ترتیب ورود مواد متشکله بتن به داخل مخلوط‌کن باید متناسب با نوع مخلوط‌کن و نوع بتن باشد. رعایت دستورالعمل کارخانه سازنده مخلوط‌کن در این زمینه الزامی است.

۴) عمل اختلاط باید حداقل تا ۱/۵ دقیقه، پس از ریختن تمامی مواد تشکیل‌دهنده به داخل مخلوط‌کن ادامه یابد.

۵ اختلاط با کامیون‌های مخلوط‌کن باید بر اساس ضوابط مندرج در استانداردهای ملی ایران صورت گیرد.

۶ نقل و انتقال، پیمان‌کردن و اختلاط مصالح بتن باید با ضوابط استاندارد (مشخصات بتن آماده) یا (مشخصات بتن تهیه شده از طریق پیمان‌کردن حجمی و اختلاط پیوسته) مطابقت داشته باشد.

۷ سابقه کار روزانه باید برای تمامی مخلوط‌های ساخته شده در کارگاه به‌طور تفصیلی و مشتمل بر مشخصات بتن از جمله موارد زیر، نگهداری شود:

(الف) نسبت‌های به کار رفته برای اختلاط مصالح

(ب) نتایج آزمایش‌های بتن تازه

(پ) دمای بتن و دمای محیط در هنگام بتن‌ریزی

(ت) محل نهایی و حجم تقریبی بتن‌های ریخته شده در ساختمان

(ث) زمان و تاریخ اختلاط و بتن‌ریزی

بتن آماده ممکن است به یکی از چهار طریق زیر تهیه شود:

۱ تمامی عملیات ساخت در بتن‌ساز مرکزی، انجام و بتن ساخته شده با تراک میکسر و با سرعت همزن دستگاه به محل کار حمل شود.

۲ عمل اختلاط، قسمتی در مخلوط‌کن ثابت و قسمتی در تراک میکسر انجام می‌شود.

۳ عمل اختلاط، کلاً در تراک میکسر انجام می‌شود.

۴ اختلاط حجمی مصالح به‌صورت خشک در میکسر متحرک، انجام و آب به‌صورت پیوسته به جام مخلوط‌کن اضافه می‌شود.

کامیون با جام دوار: مقدار دوران و چگونگی اختلاط، هم‌زدن و تخلیه، باید بر اساس توصیه‌های کارخانه سازنده و زیر نظر دستگاه نظارت تعیین شود. حداکثر زمان برای حمل پس از اضافه شدن سیمان به جام مخلوط‌کن با احتساب زمان تخلیه بتن، نباید از ۹۰ دقیقه تجاوز نماید. چنانچه به علت گرمای محیط، امکان گیرش سریع‌تر بتن وجود داشته باشد، با نظر دستگاه نظارت زمان مذکور تقلیل خواهد یافت.

تراک میکسر: ممکن است تمامی مراحل ساخت بتن در تراک میکسر انجام شود. در این حالت پس از وارد شدن همه عوامل متشکله بتن به جام مخلوط‌کن، چرخش جام باید براساس توصیه کارخانه سازنده با توجه به مشخصات آن صورت گیرد. در این حالت در شرایط معمولی، جام بایستی با سرعت اختلاط حدود ۷۰ تا ۱۰۰ دور دوران نماید. چنانچه زمان حمل و تخلیه بیش از زمان لازم برای دوران فوق باشد، در بقیه مدت زمان حمل باید جام با سرعت هم‌زن یا بدون هم‌زدن حمل شود و قبل از تخلیه بتن درون قالب، ۱۰ تا ۱۵ دور با سرعت اختلاط بچرخد. در این روش ساخت، حداکثر بتن ساخته شده در هر مرحله، نباید از (۶۳٪) حجم اسمی تراک میکسر تجاوز نماید. **اختلاط دو مرحله‌ای:** در این روش عمل اختلاط به مدت ۱۵ تا ۳۰ ثانیه در بتن‌ساز ثابت و بقیه تا تکمیل اختلاط در تراک میکسر انجام می‌شود.

اختلاط خشک: در این روش مصالح خشک به صورت جداگانه در جام ریخته و آب در مخزنی مجزا و خارج از جام اصلی توسط تراکمیکسر تا محل مصرف حمل می شود. در محل مصرف آب با فشار از ابتدا و انتهای مخزن وارد جام شده و جام با سرعت اختلاط ۷۰ الی ۱۰۰ دور می چرخد. این روش برای مواقعی مورد استفاده است که نقاط مصرف اجباراً نسبت به منبع اصلی مصالح دور بوده و کار به صورت پراکنده انجام می شود. باید توجه داشت که مصالح سنگی وارد شده به جام کاملاً خشک باشد، تا عمل آب گیری سیمان شروع نشود. حجم بتن ساخته شده در هر ساخت، نباید از (۶۳٪) ظرفیت اسمی تراکمیکسر تجاوز نماید.

اختلاط با دست: ساخت و اختلاط بتن های سازه ای با دست به هیچ وجه مجاز نیست، ساخت و اختلاط بتن های غیر سازه ای با دست، مشروط بر رعایت نکات زیر مجاز است:

- حداکثر حجم بتن برای هر بار ساخت با دست، ۳۰۰ لیتر است.
- برای تهیه بتن، ابتدا روی یک سطح صاف، تمیز و غیر قابل نفوذ شن به صورت یکنواخت ریخته، سپس روی آن ماسه یکنواخت پخش می شود. در هر حالت ضخامت دو قشر، نبایستی از ۳۰ سانتی متر تجاوز نماید.
- سیمان خشک به صورت یکنواخت روی مصالح سنگی، پخش و سپس با وسایل مناسب به طور کامل مخلوط می شود.
- پس از اختلاط کامل مصالح، آب به تدریج به مخلوط، اضافه و به طور یکنواخت مخلوط می شود تا بتن همگن به دست آید.
- چنانچه از پیمانهای حجمی استفاده شود، باید وزن مصالح سنگی خشک قبلاً با روش اشتو T۱۹ به دقت، اندازه گیری و پیمانهای حجمی بر این اساس ساخته شده باشد.
- بتن ساخته شده با دست، باید حداکثر ۳۰ دقیقه پس از ساخت مصرف شود.

حمل بتن

انتقال بتن از مخلوط کن تا محل نهایی بتن ریزی باید چنان صورت گیرد که از جداشدن یا از بین رفتن مصالح جلوگیری شود.

روش های مختلفی برای حمل بتن از محل ساخت تا مصرف، معمول و متداول است. هر یک از روش های حمل دارای محاسن و معایبی می باشد و انتخاب هر یک از آنها بستگی به شرایط پروژه، مشخصات مصالح متشکله، میزان و حجم بتن، زمان حمل و بالاخره شرایط آب و هوایی محل ساخت خواهد داشت.

انتخاب روش حمل باید چنان صورت گیرد که در فاصله زمانی حمل، نسبت آب به سیمان، اسلامپ، میزان هوا و نهایتاً یکنواختی بتن، دست خوش تغییرات قابل ملاحظه ای نگردد. در انتخاب روش حمل باید به جدا شدن مواد از یکدیگر،

آب انداختن و یا داخل شدن مواد خارجی به داخل بتن توجه خاص مبذول گردد. حتی الامکان باید محل ساخت بتن و محل اجرا به هم نزدیک باشد تا نقل و انتقال بتن به حداقل ممکن کاهش یابد. بدین لحاظ پیمانکار باید محل ساخت بتن، روش حمل و نقل و نوع و مشخصات ماشین آلات حمل را قبلاً به تأیید دستگاه نظارت برساند. در پاره‌ای موارد ساخت بتن در دستگاه حمل کننده بتن صورت می‌گیرد که بعداً بدان اشاره خواهد شد.

وسایل حمل و نقل بتن باید دارای اندازه و مشخصاتی باشند که با توجه به برنامه اجرایی کارها همواره بتوان با ضریب اطمینانی قابل قبول، جریان یکنواخت و ممتد بتن را به محل اجرا تضمین نمود. پیمانکار موظف است در انتهای هر مرحله بتن‌ریزی (در پایان هر قسمت از کار یا پایان هر روز کاری) وسایل حمل و نقل را، تمیز و پاکیزه نموده و آنها را برای مرحله بعدی آماده نماید.

وسایل انتقال بتن

وسایل انتقال بتن باید امکان رساندن بتن به پای کار را طوری تأمین کنند که مواد تشکیل دهنده جدا نشوند و حالت خمیری بتن، بین بتن‌ریزی‌های متوالی از دست نرود. وسایل و روش‌های مختلف حمل، عبارت‌اند از:

تراک میکسر: می‌توان بتن ساخته شده در بتن‌ساز مرکزی را با تراک میکسر حمل نمود. تراک میکسر باید بعد از بارگیری با سرعت هم‌زن یا ثابت بسته به فاصله حمل حرکت نماید. کل زمان حمل، نباید از مدت زمان مجاز تجاوز نماید و حجم بتن حمل شده، نباید از (۸۰٪) ظرفیت اسمی تراک میکسر بیشتر باشد.

تراک با جام ثابت: در این روش جام بتن با هم‌زن یا بدون هم‌زن با بازشو از بالا یا از کف بر روی تراک حمل می‌شود. سیستم دارای دریچه تخلیه و ویبراتور در محل تخلیه برای تأمین جریان منظم بتن می‌باشد. این روش، خاص جاده‌های هموار است و زمان حمل، نباید از ۴۵ دقیقه تجاوز نماید.

جام انتقال با ریل: هنگامی که محل مصرف به کارگاه ساخت بتن نزدیک باشد، معمول‌ترین روش برای انتقال بتن‌های حجیم، استفاده از جام، ریل و کابل است. باید هنگام حمل و تخلیه با جام دقت شود که جداشدگی در اجزای متشکله بتن رخ ندهد. زمان حمل با روش‌های فوق نباید از ۴۵ دقیقه تجاوز نماید.

چرخ‌های دستی و دامپر: حمل بتن با انواع چرخ‌های دستی و دامپر فقط تحت شرایط الف تا ت مجاز است:

الف) حجم ساخت بتن از ۳۰۰ لیتر در هر نوبت تجاوز نکند.

ب) بتن، سازه‌ای نباشد.

پ) فاصله حمل در چرخ‌های دستی حداکثر ۶۰ متر و در دامپر حداکثر ۱۲۰ متر باشد. (ت) وسایل مزبور دارای چرخ‌های لاستیکی و مسیر حمل کاملاً صاف و افقی باشد. **ناوه شیب‌دار:** ناهه شیب‌دار، باید فلزی یا دارای روکش فلزی بوده، کاملاً آب بند باشد و شیب آن، ثابت و به گونه‌ای اختیار شود که هنگام حمل، عمل جدایی در اجزای بتن حادث نشود. در انتهای ناهه، باید قیف قائم برای تخلیه بتن به قالب پیش‌بینی شود. با توجه به شرایط آب و هوایی محل کار، کنترل اسلالمپ و سایر مشخصه‌های اصلی بتن توسط دستگاه نظارت صورت می‌گیرد.

تلمبه کردن بتن: در انتقال بتن به وسیله پمپ، حداکثر نسبت اندازه سنگدانه‌ها به کوچک‌ترین قطر داخلی لوله انتقال بتن نباید از مقادیر زیر تجاوز کند:

الف) ۰/۳۳ برای سنگدانه‌های تیز گوشه

ب) ۰/۴ برای سنگدانه‌های گرد گوشه

باکت یا جام: در ریخته تخلیه باکت باید در کف آن تعبیه شده باشد و بایستی دارای تعداد بازشو کافی باشد. ابعاد دهانه بازشو نباید از طول قائم باکت و ۵ برابر قطر بزرگ‌ترین سنگدانه کمتر باشد. زاویه شیب جدار باکت در محل تخلیه آن نباید از ۶۰ درجه کمتر باشد. تخلیه بتن به داخل باکت باید به طور قائم و در مرکز آن باشد. چنانچه بتن داخل باکت، مستقیماً و یا از طریق ناهه شیب‌دار به داخل قالب تخلیه می‌شود، باید در انتهای نقطه تخلیه و توسط محفظه هدایت که ارتفاع آن حداقل ۶۰۰ میلی‌متر می‌باشد، به محل نهایی ریخته شود.

بتن‌ریزی

■ بتن باید تا حد امکان نزدیک به محل نهایی خود ریخته شود تا از جدایی دانه‌ها بر اثر جابه‌جایی مجدد جلوگیری شود.

■ روند بتن‌ریزی باید طوری باشد که بتن در هنگام ریختن و جای دادن به حالت خمیری باقی بماند و بتواند به راحتی به فضاها بین میلگردها راه یابد.

■ در صورتی که اسلالمپ بتن در موقع تحویل برای مصرف کمتر از میزان مقرر باشد، باید از مصرف آن خودداری شود. با این وجود افزودن اسلالمپ بتن تا هنگامی که هنوز از مخلوط کن تخلیه نشده، فقط با اجازه دستگاه نظارت و با افزودن دوغاب سیمان یا بدون مواد افزودنی روان‌کننده میسر می‌باشد مشروط بر اینکه نسبت آب به سیمان از حداکثر مقدار مجاز طرح فراتر نرود.

■ بتنی که به حالت نیمه سخت در آمده و گیرش آن شروع شده و یا به مواد زیان‌آور بیرونی آلوده شده است، نباید در بتن‌ریزی قطعات سازه‌ای به کار رود.

■ بتن‌ریزی باید از آغاز تا پایان، به صورت عملیاتی سریع و پیوسته در محدوده مرزها یا درزهای از پیش تعیین شده قطعات ادامه یابد. درزهای اجرایی مورد نیاز باید با ضوابط مندرج در این مقررات مطابقت داشته باشد.

■ سطح بتن ریخته شده به صورت لایه‌های افقی، باید تراز باشد.
■ استفاده از مواد حباب‌زا و ساخت بتن با حباب هوا برای بتن‌هایی که در معرض یخ زدن و آب شدن‌های متوالی قرار می‌گیرند، الزامی است.
بتن‌ریزی شالوده: در صورت سست بودن محل شالوده، باید عملیات پی‌کنی تا تراز زمین سخت (با مقاومت مورد نظر) ادامه یافته و حفاری اضافی با مصالح مورد تأیید دستگاه نظارت تا تراز زیر شالوده پر شده و تحکیم یابد. بستر شالوده باید با حداقل ۱۰۰ میلی‌متر بتن مگر آماده و رگلاژ شود. در صورتی که به علت شرایط زمین شالوده، با نظر دستگاه نظارت، بستن قالب ضرورت نداشته باشد، پیمانکار باید با تعبیه پوشش‌های پلاستیکی و دیگر روش‌های مشابه، از جذب آب بتن تازه توسط زمین اطراف شالوده جلوگیری نماید.

بتن‌ریزی دال و سقف‌ها: بتن‌ریزی در دال‌ها باید در یک جهت و به‌طور متوالی انجام شود. محموله‌های بتن نباید در نقاط مختلف سطح و به‌صورت پراکنده ریخته و سپس پخش و تسطیح شوند. همچنین بتن نباید در یک محل و در حجم زیاد تخلیه و سپس به‌طور افقی در طول قالب حرکت داده شود. با توجه به حجم بتن و روش‌های حمل و تخلیه، عملیات باید به‌صورتی انجام شود که تا حد امکان از به‌وجود آمدن درز سرد در دال‌ها پرهیز گردد. در عملیات بزرگ، باید محل ختم بتن‌ریزی از قبل تعیین و در نقشه‌های اجرایی مشخص شود و عملیات تا محل درزهای اجرایی ادامه یابد. چنانچه بر اثر بروز اشکالات، توقف بتن‌ریزی حادث شود، باید محل قطع بتن‌ریزی برای ادامه عملیات بتن‌ریزی آماده شود.

بتن‌ریزی دیوارها، ستون‌ها و تیرهای اصلی: بتن‌ریزی دیوارها باید در لایه‌های افقی با ضخامت یکنواخت صورت گیرد و هر لایه، قبل از ریختن لایه بعدی به‌طور کامل متراکم شود. میزان و سرعت بتن‌ریزی باید چنان باشد که هنگام ریختن لایه جدید، لایه قبلی در حالت خمیری باشد. عدم رعایت این نکته باعث ایجاد درز و نهایتاً عدم یکپارچگی بتن خواهد شد. پیمانانه‌های اولیه بتن باید از دو انتهای عضو ریخته شوند و سپس بتن‌ریزی به سوی قسمت مرکزی دیوار ادامه یابد. در تمام حالات باید از جمع شدن آب در انتها و گوشه‌ها جلوگیری شود. در بتن‌ریزی ستون‌ها و دیوارها تا حد امکان باید ارتفاع سقوط آزاد بتن را محدود نمود. این ارتفاع برای جلوگیری از جدا شدن اجزای بتن به $1/2$ متر محدود می‌شود.

تراکم بتن

بتن باید در طول عملیات بتن‌ریزی با استفاده از وسایل مناسب متراکم شود. به‌گونه‌ای که میلگردها و اقلام مدفون را به‌طور کامل در بر گیرد و قسمت‌های داخلی و به‌خصوص گوشه‌های قالب‌ها را به‌خوبی پر کند. در بتن‌های خودتراکم، نیازی به استفاده از وسایل متراکم‌کننده نیست. ویبراتور باید در داخل بتن به‌طور منظم و در فواصل مشخص به نحوی فرو برده

شود که دو قسمت لرزانیده شده با هم، هم پوشانی داشته باشند. قسمتی از ویبراتور باید در لایه زیرین که هنوز حالت خمیری دارد، فرو رود. ویبراتور باید تا حد امکان به صورت قائم وارد بتن گردد و به آرامی بیرون کشیده شود تا حباب هوا داخل بتن باقی نماند. فاصله بین نقاط فرو بردن ویبراتور می‌باید حداکثر ۱٫۵ برابر شعاع عملکرد مؤثر ویبراتور باشد.

در صورت استفاده از ویبراتورهای متصل به قالب برای تراکم بتن دیوارها و ستون‌ها، طول ۸۰۰ میلی‌متری بالای این اعضا را می‌باید با ویبراتور شلنگی (درونی) نیز متراکم کرد. در کارهای کوچک و محدود و مخلوط‌های خمیری و روان، می‌توان با اجازه دستگاه نظارت از میله فولادی (تخماق) یا وسایل مشابه برای تراکم بتن استفاده نمود. میله باید به اندازه کافی وارد بتن شود تا بتواند به راحتی به انتهای قالب یا انتهای لایه مربوط به همان مرحله بتن‌ریزی برسد. ضخامت میله باید چنان انتخاب شود که به راحتی از بین میل‌گردها عبور نماید. تراکم بتن ستون‌ها می‌باید الزاما توسط ویبراتورهای ماشینی صورت گیرد. تراکم بتن می‌باید پیش از شروع گیرش سیمان صورت گیرد.

پرداخت سطح بتن

هدف از عملیات پرداخت سطح بتن افزایش مقاومت سایشی و کاهش نفوذپذیری یا فقط تراز کردن سطح بتن است. کاربرد عملیات پرداخت برای دال‌های طبقات، دال‌های کف روی زمین، و دال‌های پارکینگ ساختمان و انواع شالوده‌ها است. **مراحل پرداخت سطح:** پرداخت سطح بتن باید طبق مراحل زیر انجام شود: **مرحله شمشه یا تراز کردن:** هدف از شمشه کاری، تراز شدن سطح بتن به ارتفاع مورد نظر است. با حرکت دادن شمشه به سمت جلو پستی و بلندی سطح بتن تراز می‌شود.

مرحله ماله‌کشی با ماله دسته بلند یا کوتاه (تیکشی): هدف از ماله‌کشی با ماله دسته بلند و یا کوتاه حذف لبه‌های باقی مانده از شمشه کاری و پر کردن منافذ سطح بتن است. طول دسته ابزار بر مبنای سطح بتن انتخاب می‌شود. حرکت ابزار به سمت جلو و برگشت است. ابزار ماله‌کشی با ماله دسته بلند یا کوتاه یا مرحله انجام این عمل، به تیکشی نیز موسوم است.

مرحله ماله‌کشی: هدف از ماله‌کشی فرو بردن سنگدانه‌ها به درون بتن، حذف ناهمواری‌ها و تراکم سطح بتن است. ابزار ماله‌کشی به صورت دستی و مکانیکی وجود دارند. ابزار ماله دستی برای سطوح کم و نوع مکانیکی برای سطوح زیاد است. حرکت ابزار دستی به صورت اره‌ای و قوسی است.

پرداخت نهایی: هدف از پرداخت نهایی ایجاد سطح صاف و متراکم کردن سطح

بتن است. وسیله پرداخت نهایی مشابه ابزار ماله‌کشی است و فقط جنس ابزار پرداخت نهایی باید فولادی باشد.

جنس ابزار: جنس ابزار چوبی یا فولاد آلیاژی با آلیاژ منیزیمی است. جنس چوبی، سیمان و ماسه ریز و درشت را حرکت می‌دهد، اما جنس فولادی، سیمان و ماسه ریز را حرکت می‌دهد. بنابراین برای بتن‌های چسبنده مانند بتن حاوی فوق روان‌کننده و پوزولان، نباید از جنس چوبی استفاده شود، زیرا سبب کنده شدن سطح بتن می‌شود. فقط جنس ابزار پرداخت نهایی فولاد بدون آلیاژ است.

زمان توقف عملیات پرداخت: هرگاه در هنگام عملیات پرداخت، آب انداختن بتن مشاهده شد، باید عملیات پرداخت متوقف شود و اجازه داده شود که آب ناشی از آب انداختن تبخیر شود. اگر شرایط دما، رطوبت و باد به نحوی است که زمانی طولانی برای تبخیر آب سطحی نیاز است، می‌توان از چتایی استفاده کرد تا آب توسط چتایی جذب شود. همچنین می‌توان از دستگاه مکش استفاده کرد، اما کلاهک دستگاه باید مجهز به فیلتری باشد که فقط آب را از خود عبور دهد و از عبور ذرات سیمان جلوگیری کند. اما استفاده از پخش کردن سیمان بر روی سطح بتن برای جذب آب به هیچ وجه مجاز نیست. چنانچه در هنگام عملیات پرداخت، آب انداختن مشاهده شود، اما عملیات ادامه یابد منجر به ایجاد یک لایه نازک سست بر سطح بتن می‌گردد که به مرور زمان آن لایه از سطح جدا می‌شود و سنگدانه‌ها در معرض کنده شدن قرار می‌گیرند که در طول زمان آن سنگدانه‌ها از بتن جدا می‌شوند و در نهایت باعث تخریب بتن می‌گردد.

عمل آوری

عمل آوری روندی است که رطوبت و دمای مطلوب بتن را حفظ یا تأمین کند تا فرآیند هیدراسیون ادامه یابد و خواص و دوام مورد نظر بتن حاصل شود.

روش‌های عمل آوری: روش‌های عمل آوری به دو گروه به شرح زیر تقسیم می‌شوند: **الف) روش آبرسانی:** این روش شامل ایجاد حوضچه بر سطح افقی بتن و پوشش‌های خیس مانند چتایی است.

ب) روش عایقی: در این روش، رطوبت بتن حفظ می‌شود و از تبخیر آب بتن جلوگیری می‌گردد. این روش شامل پوشش‌ها مانند پلاستیک، قالب‌ها و مواد شیمیایی غشایی عمل آوری است.

چنانچه از روش آبرسانی برای عمل‌آوری استفاده می‌شود، باید روند عمل‌آوری به‌طور مستمر انجام گردد و در مدت عمل‌آوری نباید سطح بتن خشک باقی بماند. به‌خصوص اگر از چتایی خیس استفاده می‌شود، باید به‌طور دائم مرطوب نگاه داشته شود. برای حفظ رطوبت چتایی به مدت طولانی می‌توان از ورق پلاستیک روی چتایی خیس را پوشش داد.

استفاده از مواد شیمیایی غشایی عمل‌آوری فقط در مواردی مجاز است که بهره‌گیری از هیچ روش دیگر عمل‌آوری امکان‌پذیر نباشد و از بازده مواد بر اساس اسناد و مدارک تولیدکننده و یا انجام آزمایش‌ها، اطمینان حاصل شود.

روش عمل‌آوری باید بر مبنای نوع بتن و نسبت آب به سیمان مخلوط بتن و شرایط محیطی، طبق جدول ۴-۲ انتخاب گردد. علت مجاز نبودن روش عایقی برای بتن‌ها با نسبت آب به سیمان کمتر از ۰/۴۳ خشک شدگی و جمع شدگی خود به خودی بتن است.

جدول ۴-۲ روش‌های مجاز عمل‌آوری

روش مجاز عمل‌آوری بر اساس شرایط محیطی			نوع بتن و نسبت آب به سیمان مخلوط بتن
شرایط محیطی هوای سرد	شرایط محیطی هوای گرم	شرایط محیطی معمولی	
روش عایقی	روش آبرسانی و روش عایقی	روش آبرسانی و روش عایقی	بتن معمولی با نسبت آب به سیمان ۰/۴۳ و بیشتر
روش عایقی برای بتن با نسبت آب به سیمان ۰/۴ تا ۰/۴۳ مجاز است. اما ساخت بتن با نسبت آب به سیمان ۰/۴ و کمتر در هوای سرد مجاز نیست.	روش آبرسانی	روش آبرسانی	بتن حاوی مواد افزودنی معدنی مانند دوده سیلیس، سرباره و متاکائولین، با نسبت آب به سیمان کمتر از ۰/۴۳

در شرایط محیطی هوای گرم به خصوص در رطوبت نسبی کمتر از ۷۰ درصد و سرعت وزش باد بیش از ۵ km/h حفاظت بتن از تبخیر آب باید بلافاصله پس از اتمام عملیات پرداخت و با استفاده از پوشش پلاستیک انجام شود. پس از سخت شدن بتن، روش مجاز عمل‌آوری باید اعمال گردد.

مدت عمل آوری

حداقل مدت عمل آوری باید طبق جدول ۳-۴ باشد.

جدول ۳-۴ حداقل مدت عمل آوری

حداقل مدت عمل آوری بر اساس شرایط محیطی، روز			نوع بتن و نسبت آب به سیمان مخلوط بتن
شرایط محیطی هوای سرد	شرایط محیطی هوای گرم	شرایط محیطی معمولی	
۱۰	۷	۶	بتن معمولی با نسبت آب به سیمان ۰/۴۳ و بیشتر
۱۴	۱۴	۱۰	بتن حاوی مواد افزودنی معدنی مانند دوده سیلیس، سرباره و متاکائولین، با نسبت آب به سیمان کمتر از ۰/۴۳

برای سطوح قائم که در معرض قالب قرار دارند، اگر زمان قالب برداری زودتر از حداقل مدت طبق جدول ۳-۴ باشد، باید مدت باقی مانده عمل آوری شوند. چنانچه بررسی آزمایشگاهی نشان دهد که برای بتن و شرایط محیطی مورد نظر مدت بیشتر از جدول ۳-۴ برای عمل آوری نیاز است، باید آن مدت اعمال شود. برای بتن‌های ویژه و چنانچه دوام بتن‌ها مورد نظر باشد، باید مدت عمل آوری طبق یکی از گزینه‌ها به شرح زیر انتخاب گردد:

(الف) مستندات تاریخی موجود باشد.

(ب) ارزیابی آزمایشگاهی انجام گردد.

(ج) مدت‌های مندرج در جدول ۳-۴ تا ۲ برابر افزایش یابد.