اجرای بتن

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل فراگیر باید بتواند :

۱ــ پیمانه‌کردن مصالح مورد نیاز بتن را شرح دهد ؛

۲ــ روش‌های ساخت بتن را بیان کند ؛

۳ــ انواع دستگاه‌های مخلوط‌کن را نام ببرد و کارآیی هریک را شرح دهد ؛

۴ــ نحوه‌ی نظافت دستگاه‌های بتن‌ساز و نگهداری از آن‌ها را بیان کند ؛

۵ــ روش‌های انتقال بتن تا محل نهایی بتن‌ریزی را شرح دهد ؛

۶ــ نکات عمومی در ریختن و تراکم بتن را نام ببرد ؛

۷ــ تراکم را تعریف کند و دلیل انجام آن را توضیح دهد ؛

۸ــ وسایل تراکم را نام ببرد ؛

۹ــ شیوه‌های بتن‌ریزی در سازه‌های مختلف بتنی را بیان کند ؛

۱۰ــ نحوه‌ی بتن‌ریزی در ارتفاع را بیان کند ؛

۱۱ــ بتن‌ریزی در ستون‌ها و فونداسیون‌ها را توضیح دهد ؛

۱۲ــ بتن‌ریزی‌های حجیم را توضیح دهد ؛

۱۳ــ نحوه‌ی بتن‌ریزی دال‌ها را بیان کند ؛

۱۴ــ نحوه‌ی بتن‌ریزی در اطراف بازشوها و کانال‌ها را توضیح دهد ؛

۱۵ــ بتن‌ریزی در سطوح شیب‌دار را بیان کند ؛

۱۶ــ نحوه‌ی نمونه‌گیری از بتن را در حین اجرا شرح دهد ؛

۱۷ــ مراحل پرداخت سطح بتن را توضیح دهد ؛

۱۸ــ عمل‌آوری بتن را تعریف و روش‌های آن را بیان کند ؛

۱۹ــ شرایط، ویژگی‌ها و مشکلات بتن‌ریزی در هوای سرد و گرم را شرح دهد ؛

۲۰ــ ضوابط آیین‌نامه‌ی بتن ایران را در مورد بتن‌ریزی در هوای سرد و گرم بیان کند ؛

۲۱ــ لکه‌گیری و ترمیم را تعریف کند و روش‌های آن را بیان کند ؛بهسازی و مقاوم‌سازی لرزه‌ای ساختمان‌های بتنی موجود را توصیف کرده و دلایل نیاز به انجام آن‌را بیان کند ؛

۲۳ــ قالب‌بندی را تعریف کند و هدف آن را شرح دهد ؛

۲۴ــ عملکردهای قالب را ذکر کند ؛

۲۵ــ بارهای وارد به قالب‌ها را نام ببرد ؛

۲۶ــ توصیه‌های آیین‌نامه‌ی بتن ایران را در مورد قالب‌بندی بیان کند.

پرکردن شناژ قائم با آجر و عدم اجرای صحیح فاصله‌ی خاموت‌ها موجب خرابی سازه شده است. اجرای صحیح بتن، پس از طراحی مناسب آن می‌تواند تضمین‌کننده‌ی ایمنی یک سازه باشد. آیا ساکنان این ساختمان گناهی مرتکب شده‌اند که به ما اعتماد کرده‌اند؟! نبود اخلاق حرفه‌ای موجب بروز چنین خسارت‌هایی که بعضاً غیرقابل جبران نیز هستند، می‌شود. پس بیاییم نحوه‌ی صحیح اجرای یک سازه‌ی بتنی را به‌خوبی فراگیریم تا مدیون ساکنان آن نشویم.

۶ــ۱ــ مقدمه

طی فصول گذشته، مطالبی را درباره‌ی مصالح تشکیل‌دهنده‌ی بتن و خواص هریک از آن‌ها و ویژگی‌ها و آزمایش‌های بتن تازه و سخت شده بیان کردیم. اینک در این فصل، به بررسی جنبه‌های عملی و اجرایی در ساخت بتن تازه و ریختن آن در قالب‌ها تا تشکیل بتن سخت شده‌ی ساختمانی می‌پردازیم. معمولاً وقتی از بتن صحبت می‌شود، منظور بتن سخت شده است. باید دانست که بتن سخت شده در طی عملیات مختلفی که به‌دنبال یکدیگر صورت می‌گیرد بدین ترتیب حاصل می‌شود : ابتدا مقادیر مشخص سیمان، سنگ‌دانه‌ها، آب و احتمالاً مواد افزودنی را پیمانه کرده و در مخلوط‌کن‌ها مخلوط می‌کنند تا بتن تازه آماده شود. سپس این بتن تازه از محل ساخت به محل مصرف حمل و در قالب‌های از پیش آماده شده ریخته و متراکم می‌شود تا بتن با وزن مخصوص بالا و تخلخل کم به‌دست آمده و سخت گردد. مراحل نهایی اجرای بتن پرداخت و عمل‌آوری آن می‌باشد.

ذکر این نکته ضروری است که تهیه، کاربرد و کنترل کارهای بتنی باید به افراد صاحب صلاحیتی واگذار شود که از تجربه و دانش کافی برخوردار باشند.

ساختمان بتنی در حال ساخت که پس از وقوع زمین‌لرزه کاملاً سالم مانده است. طراحی مطلوب و اجرای درست موجب شده است تا این سازه دچار آسیب نشود.

۶ــ۲ــ پیمانه کردن مصالح

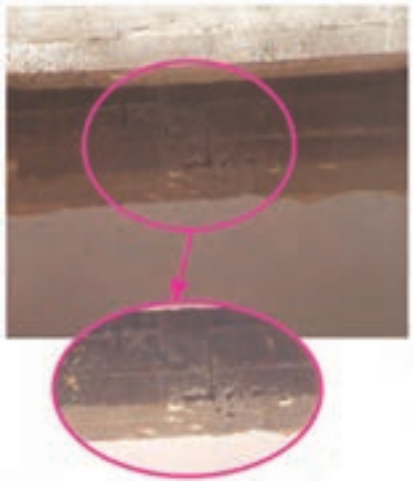
مصالح سنگی را غالباً از طریق وزنی پیمانه می‌کنند. در بتن‌های سبک، اندازه‌گیری حجمی برای مصالح سنگی کاربرد دارد. برای بتن‌ریزی‌های کم حجم نیز اندازه‌گیری حجمی متداول است. باید توجه داشت که اندازه‌گیری وزنی همواره بهتر از اندازه‌گیری حجمی است. اگر ماسه از طریق حجمی اندازه‌گیری شود، باید اضافه حجم آن را در اثر جذب رطوبت محیط یا آب‌پاشی بر روی مصالح در اندازه‌گیری به حساب آورد. مواد افزودنی جامد نیز باید از طریق وزنی اندازه‌گیری شود، امّا مواد افزودنی مایع را می‌توان از هر دو طریق وزنی و حجمی اندازه‌گیری کرد.

اندازه‌گیری سیمان نیز به روش وزنی انجام می‌گیرد، در غیر این صورت، باید از کیسه‌های کامل ۵۰ کیلوگرمی استفاده شود. در بتن‌سازهای اتوماتیک، سیمان به‌وسیله‌ی باسکول مخصوص توزین و اندازه‌گیری می‌شود و سپس در مخلوط بتنی به کار می‌رود. به‌طور کلی براساس ضوابط آیین‌نامه‌ی بتن ایران، پیمانه کردن مصالح تشکیل‌دهنده‌ی بتن، باید تا حد امکان به طریق وزنی انجام گیرد که در این کار دقت توزین هریک از مصالح ۳± درصد توصیه شده است. استفاده از روش‌های دیگر برای پیمانه کردن مصالح در صورتی مجاز خواهد بود که دقت مقدار مصالح به‌دست آمده از آن روش‌ها قابل مقایسه با روش وزنی باشد.

۶ــ۳ــ ساخت بتن

اساساً اجزای تشکیل‌دهنده‌ی بتن باید طوری مخلوط شوند که بتن حاصله به‌صورت ماده‌ای همگن درآید.

۶ــ۳ــ۱ــ اختلاط دستی: برای بتن‌ریزی‌های غیر سازه‌ای با رده‌ی پایین‌تر از C16 و با حجم کم و در کارهای غیرحساس با دستور دستگاه نظارت هنگامی که ماشین بتن‌ساز در دسترس نیست، از روش اختلاط دستی برای ساخت بتن استفاده می‌شود.



درز سرد موقعی ایجاد می‌شود که بین دو مرحله‌ی بتن‌ریزی وقفه ایجاد شود. در این حالت باید سطح لایه‌ی قبلی بتن با وسیله‌ای مناسب زبر شود و شرایط رطوبتی لایه‌ی بتن قبلی نیز به حالت اشباع با سطح خشک نزدیک گردد. در این مورد، نکات زیر قابل ملاحظه است :

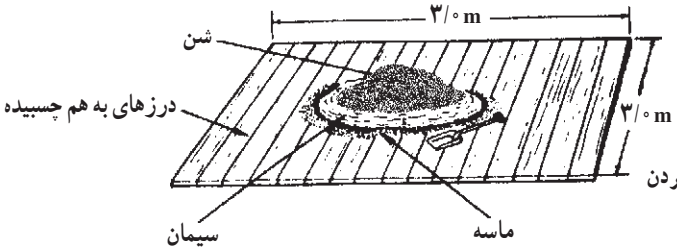
۱ــ محل درز اجرایی در وسط دهانه انتخاب شده که بیش‌ترین تنش‌های خمشی وجود دارد.

۲ــ سطح بتن قدیم به روش صحیح آماده نشده و لذا بتن جدید دارای پیوستگی مناسبی با بتن قدیم نیست.

۳ــ ضخامت پوشش روی میل‌گردها کافی نبوده و خاموت‌ها در بعضی قسمت‌ها در سطح بتن نمایان هستند.

کار مخلوط کردن را باید بر روی سطح تمیزی انجام داد. برای این کار می‌توان با اتصال تخته‌ها به یکدیگر، سطح صاف و غیرقابل نفوذی را ایجاد نمود. این سطح صاف را قبل از بتن‌ریزی روی زمین، ثابت کرده و پس از خیس کردن آن، بتن‌سازی را شروع می‌کنیم. ترتیب کار بدین قرار است :

ابتدا شن را به صورت یکنواخت بر روی سطح آماده شده می‌ریزیم، سپس ماسه را به طور یکنواخت بر روی آن پخش می‌کنیم. در هر حالت ضخامت دو قشر نباید از ۳۰ سانتی‌متر تجاوز نماید. آن‌گاه سیمان خشک را به صورت یکنواخت روی مصالح سنگی پخش کرده و با وسایل مناسب حداقل سه مرتبه به طور کامل زیر و رو می‌کنیم. پس از اختلاط کامل مصالح، آب به تدریج به مخلوط اضافه و به صورت یکنواخت مخلوط بتن را حداقل سه مرتبه زیرورو کرده تا بتن همگن به دست آید. لازم به ذکر است حداکثر حجم بتن برای هر بار ساخت با دست ۳۰۰ لیتر بوده که باید حداکثر تا ۳۰ دقیقه پس از ساخت مصرف گردد. باز آمیختن بتن با آب پس از اتمام اختلاط، در حین حمل و نقل و یا در محل بتن‌ریزی مجاز نمی‌باشد، مگر در موارد استثنایی که مجوز از دستگاه نظارت کسب شده باشد (شکل ۶ــ۱).



شکل ۶ــ۱ــ نحوه‌ی مخلوط کردن بتن با دست

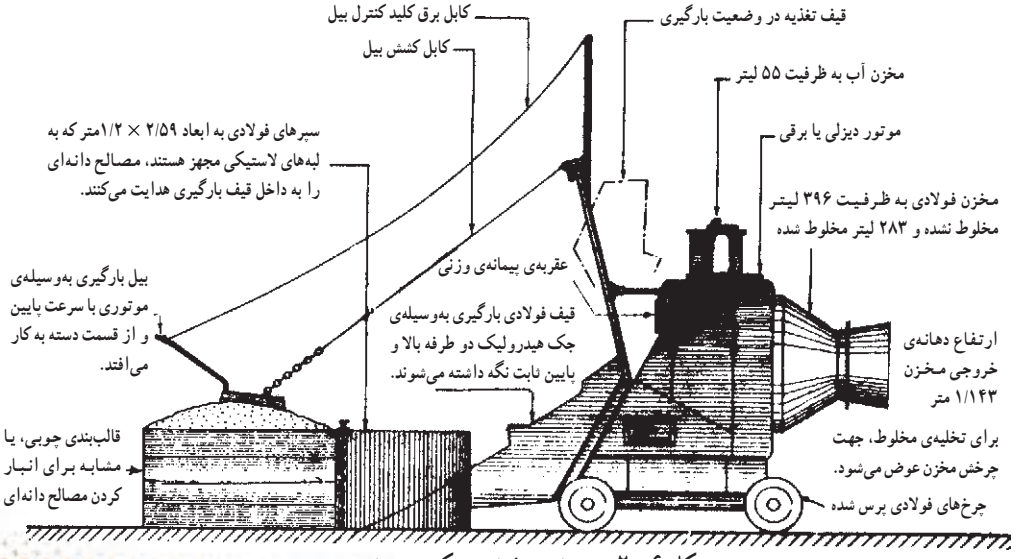
در این شکل اتصال نامطلوب ستون به تیرهای بتنی و خرابی در محل اتصال، وجود درز سرد در ستون و عدم پیوستگی در محل درز نشان داده شده است.

۶ــ۳ــ۲ــ اختلاط با دستگاه: دستگاه‌های مخلوط‌کن بتن دو نوع هستند : ثابت و متحرک

الف) دستگاه‌های مخلوط‌کن ثابت

۱ــ بتونیر: بتونیر معمولاً با ظرفیت ۵۰ تا ۷۵۰ لیتر ساخته می‌شود و دارای موتور الکتریکی یا گازوییلی است. بتونیر از یک دیگ مخلوط‌کن، تیغه و پره‌های فلزی مخلوط‌کن (حلزونی شکل)، اهرم تخلیه و جابه‌جایی، پمپ آب، جام پرکننده و قیف تخلیه تشکیل شده است. بتونیر را در موقع کار کردن می‌توان با جک زدن به‌صورت ثابت نگه داشت (شکل ۶ــ۲).

کیفیت نامطلوب بتن، درز سرد در محل اتصال ستون به تیر، تسلیح نامناسب و عدم استفاده از خاموت در ناحیه‌ی اتصال، باعث خرابی ستون در محل اتصال به تیر در این ساختمان در حال احداث شده است.



شکل ۶ــ۲ــ بتونیر مخزنی معکوس‌شونده

۲ــ بتن‌ساز مرکزی: این دستگاه، ماشین بتن‌ساز ثابتی است که در مرکز تهیه‌ی بتن نصب می‌شود و به نحوی استقرار می‌یابد که بتواند از مخازن مختلف، شن و ماسه‌ی دانه‌بندی شده را انتخاب کند و آن را برای اختلاط، به‌وسیله‌ی تسمه نقاله‌های افقی و بالابرهای کاسه‌ای عمودی، به دیگ مخلوط‌کن هدایت نماید. بتن‌ساز مرکزی تشکیل شده است از : دیگ‌های مخلوط کن، بارکن، که شن و ماسه را به داخل دستگاه می‌آورد، ترازوها، سیستم مخصوص تغذیه‌ی آب و سیمان و کنترل مرکزی (دستگاه کنترل، امکان تهیه‌ی بتن‌های استاندارد و دانه‌بندی شده را از طریق سیستم کامپیوتری و برنامه‌های داده شده فراهم می‌سازد) (شکل ۶ــ۳).

۴۵ تن در ساعت ۶۰ تن در ساعت ۱۲۰ تن در ساعت

شکل ۶ــ۳ــ سه نمونه‌ی مختلف ایستگاه مرکزی بتن با ظرفیت‌های مختلف

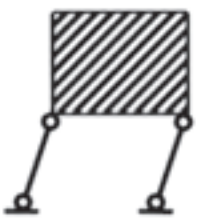
ب) دستگاه‌های مخلوط‌کن متحرک (تراک میکسرها)

تراک میکسرها مخازنی هستند که روی کامیون‌ها، یدک‌کش‌ها و تریلرها نصب می‌شوند و جابه‌جایی و اختلاط مخلوط بتنی را به طور همزمان امکان‌پذیر می‌سازند. برای انتقال بتن در مسافت‌های طولانی، معمولاً مصالح خشک را داخل تراک میکسرها می‌ریزند که در حین حمل به‌وسیله‌ی یک منبع و یک پمپ هیدرولیک، آب لازم به داخل میکسر ریخته پس از اختلاط مصالح، بتن آماده می‌شود ؛ بدین‌ترتیب، هرگاه ماشین به پای کار می‌رسد عمل اختلاط پایان یافته است (شکل ۶ــ۴).

شکل ۶ــ۴ــ تراک میکسر (شامل مخزن مخلوط‌کننده ،پمپ آب و قیف تخلیه)

در این سازه، به دلیل وجود درز سرد در ستون و کیفیت نامطلوب بتن، محل اتصال ستون به تیر راه‌پله خراب شده و بتن‌ریزی نامطلوب تیر راه پله و تسلیح نامناسب آن موجب خرابی و جدایی آن از ستون شده است. همچنین علاوه بر استفاده از دیوارهای پرکننده (میان‌قاب‌ها) با مصالح سنگین و سخت (آجر فشاری) اتصال مناسبی بین آن‌ها و سازه‌ی اصلی تعبیه نشده است.

در این ساختمان، به‌دلیل بتن‌ریزی نامناسب و وجود درز سرد در محل اتصال ستون به تیر و نیز کمبود میل‌گرد برشی (خاموت) و نرم بودن طبقه‌ی همکف نسبت به طبقه‌ی فوقانی، ستون‌ها در محل اتصال به تیرها کاملاً تخریب شده‌اند.



تشکیل طبقه‌ی نرم

اگر بخواهند بتن را به فاصله‌ای نزدیک منتقل کنند، به جای مصالح خشک، داخل تراک میکسرها را با بتن پر می‌کنند و تراک میکسر را که تیغه‌هایی در داخل آن نصب شده به حرکت درمی‌آورند تا بتن را به‌طور مرتب مخلوط کند و مانع از گیرش زود هنگام آن شود.

۶ــ۳ــ۳ــ زمان لازم برای اختلاط: همان‌گونه که ذکر شد، برای به‌دست آوردن بتن با کیفیت یکنواخت و رضایت‌بخش باید مواد تشکیل‌دهنده‌ی آن را به طور کامل با هم مخلوط کرد، به‌گونه‌ای که ظاهر بتن یکنواخت شود و همه‌ی مصالح آن به‌صورت همگن پخش شوند. نمونه‌های گرفته شده از قسمت‌های مختلف یک پیمانه‌ی بتن باید دارای وزن مخصوص، مقدار هوا، اسلامپ و مقدار درشت دانه‌ی تقریباً یکسان باشند. زمان لازم برای اختلاط، به عوامل متعددی، از قبیل نوع، شرایط و وضعیت فنی و ظاهری، سرعت دوران، مقدار یا حجم مخلوط کن و ترتیب و نحوه‌ی ریختن مصالح در دیگ مخلوط‌کن، بستگی دارد. از اختلاط بسیار طولانی باید خودداری کرد، زیرا ممکن است سنگ‌دانه‌ها ساییده شوند. طبق ضوابط آیین‌نامه‌ی بتن ایران، عمل اختلاط باید حداقل تا ۱/۵ دقیقه پس از ریختن تمامی مواد تشکیل‌دهنده به داخل مخلوط‌کن ادامه یابد. ضمناً مخلوط‌کن باید با سرعتِ توصیه شده توسط کارخانه‌ی سازنده چرخانده شود.

۶ــ۳ــ۴ــ نظافت و نگهداری از دستگاه‌های بتن‌ساز: دستگاه بتن‌ساز را باید در پایان کار، کاملاً شست و تمیز کرد، به‌طوری که چیزی از مخلوط یا تکه‌ای از بتن در داخل دیگ باقی نماند (تمام پره‌ها و تیغه‌ها و سطوح داخل دیگ باید به دقت شسته و جرم‌گیری شوند). اگر به سطوح خارجی دستگاه بتن‌ساز روغن زده شود، آسان‌تر تمیز می‌گردد. هیچ‌گاه نباید قطعات بتن در روی قسمت‌های مختلف دیگ باقی بماند و سخت شود (برای توقف‌های بیش از ۱/۵ ساعت نیز حتماً باید دیگ شسته شود). روش صحیح برای تمیز کردن بدین صورت است که ابتدا به اندازه‌ی نصف حجم مخزن، شن درشت به داخل مخزن می‌ریزند و ۵ دقیقه آن را مخلوط می‌کنند تا شن درشت در اثر سایش، تکه‌های بتن را از سطح دیگ جدا کند ؛ سپس شن را خالی کرده، داخل دیگ را با فشار آب می‌شویند. باید توجه داشت که ضربه وارد کردن برای کندن بتن‌های سخت شده‌ی داخل دیگ، باعث فرورفتگی بدنه‌ی دیگ شده و در بتن‌سازی‌های بعدی، در آن فرورفتگی‌ها قدری بتن، جمع می‌شود. لذا در این‌گونه موارد، باید با استفاده از مواد شیمیایی و اسیدها، بتن را تخریب کرد و از دیگ خارج نمود.

۶ــ۴ــ انتقال بتن

انتقال بتن از مخلوط کن تا محل نهایی بتن‌ریزی باید چنان صورت گیرد که از جدا شدگی یا از بین رفتن مصالح جلوگیری شود و حالت خمیری بین بتن‌ریزی‌های متوالی از دست نرود. در واقع تأکید اصلی بر روی حفظ یکنواختی بتن است. به‌ویژه جلوگیری از جدایی درشت دانه‌ها از ملات و جدایی آب از سایر مواد الزامی است.

۶ــ۴ــ۱ــ وسایل انتقال افقی بتن

۱ــ چرخ‌دستی و ارابه: مقدار محدودی از حجم بتن را می‌توان به‌وسیله‌ی چرخ‌دستی و ارابه به کمک نیروی کارگر در مسیر کاملاً مسطح و هموار جابه‌جا کرد. حداکثر وزن مصالح در

عدم وجود شناژ افقی موجب تخریب سازه شده است.

قطع شناژ افقی در محل اتصال با نعل درگاه و بتن نامرغوب موجب ایجاد خسارت به سازه و تخریب قسمتی از آن شده است.

جابه‌جایی قابل قبول حدود ۱۵۰ کیلوگرم است. رده‌ی بتنی که با این وسایل منتقل می‌شود باید کم‌تر از C16 باشد، فاصله‌ی حمل با چرخ‌دستی و ارابه حداکثر ۶۰ متر است.

۲ــ *دامپر:* دامپر وسیله‌ای است که می‌توان حجم معینی از بتن را با آن در مسیر هموار حمل کرد. با استفاده از دامپر می‌توان در حدود ۲۵۰ تا ۷۵۰ کیلوگرم (حدود ۱۰۰ تا ۳۰۰ لیتر) بتن را حمل نمود. با این دستگاه می‌توان بتن را از مقابل، از پهلو یا از هر سه طرف تخلیه نمود. رده‌ی بتنی که به وسیله‌ی دامپر حمل می‌شود نباید بیش‌تر از C16 باشد و فاصله‌ی حمل توسط آن حداکثر ۱۲۰ متر می‌تواند باشد (شکل ۶ــ۵).

شکل ۶ ــ۵ ــ دامپر معمولی و دامپر تخلیه‌ی بلند

۳ــ *تراک میکسر:* برای انتقال بتن در مسافت‌های طولانی کاربرد دارد.

۶ــ۴ــ۲ــ وسایل انتقال بتن در سطوح شیب‌دار و انتقال عمودی بتن:

۱ــ *ناوه‌ی شیب‌دار*[1]: در نقاط مرتفع که ارتفاع بتن‌ریزی از ۳ متر بیش‌تر باشد باید سطوح شیب‌داری (ناودانی‌های مختلف) ساخت تا بتن در داخل قالب از ارتفاع کم‌تری تخلیه شود و در اثر تخلیه‌ی بتن، مصالح ریز و درشت از هم جدا نشوند. در انتهای ناوه، باید قیف قائم برای تخلیه‌ی بتن به قالب پیش‌بینی شود. برای انتقال بتن در مسافت‌های نسبتاً طولانی و دارای اختلاف ارتفاع (برای مثال انتقال بتن از دامنه‌ی یک تپه و یا کوه به قسمت‌های بالاتر) از تسمه‌ی نقاله استفاده می‌کنند زیرا ناوه‌ی طولانی باعث جداشدگی اجزا و خشک‌شدن مخلوط بتن می‌گردد.

۲ــ *جرثقیل و جام حمل بتن:* در ساختمان‌های بلند برای جابه‌جایی بتن از جرثقیل و جام‌حمل بتن استفاده می‌شود ؛ به این نحو که مقدار زیادی از بتن را به داخل جام می‌ریزند و آن را به ارتفاع موردنظر حمل می‌کنند. بتن داخل جام از طریق دریچه‌ای که در زیر آن قرار دارد و به‌وسیله‌ی یک اهرم باز می‌شود، تخلیه می‌گردد (جام به صورت قیچی باز شده و بتن به طور قائم و از مرکز آن تخلیه می‌شود).

شکست ستون از محل درز اجرایی

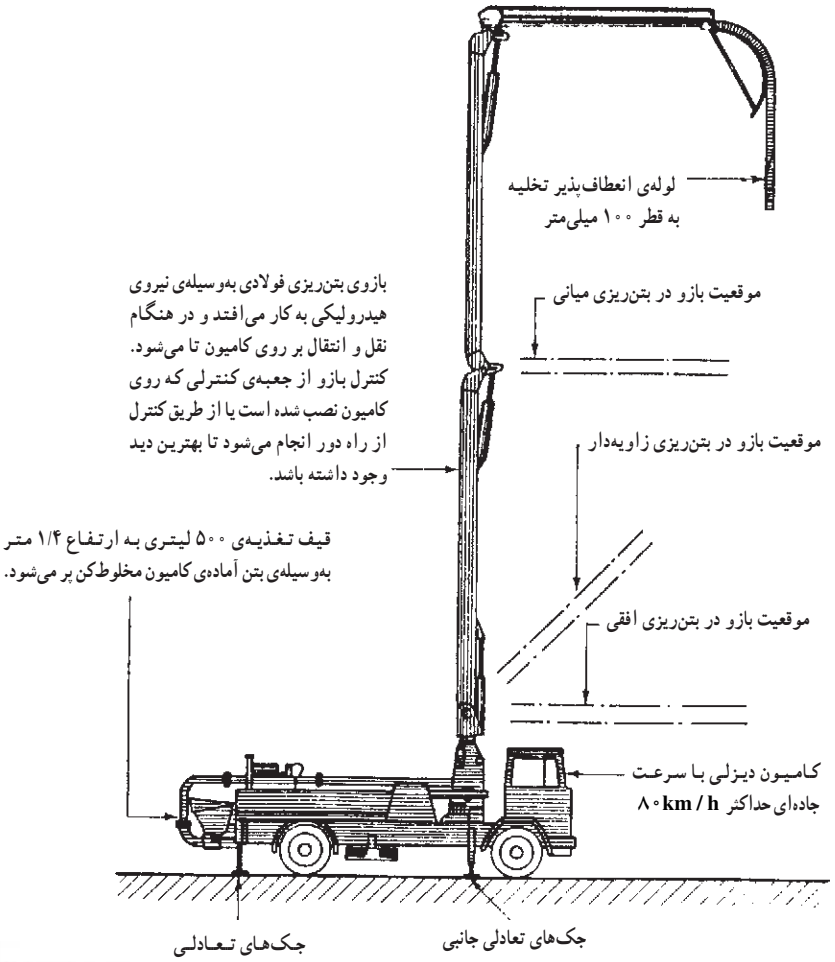
ضعف ستون و عدم اتصال صحیح به تیر بتنی موجب تخریب سازه شده است.

۱ــ Chute

اجرای بتن‌ریزی نامناسب در محل اتصال موجب شده تا آرماتور به‌حد جاری شدن نرسد.

۳ــ پمپ بتن: در مکان‌هایی که امکان حمل بتن با وسایل معمول وجود ندارد یا حمل بتن با شیوه‌های دیگر غیراقتصادی است، از پمپ بتن استفاده می‌گردد.

پمپ، پیستونی قوی دارد که می‌تواند بتن را به داخل لوله‌های تخلیه اینچی تلمبه کند. ظرفیت اسمی انتقال بتن با پمپ بستگی به سرعت تخلیه‌ی بتن و قطر لوله‌های تخلیه دارد. برای حمل بتن در فاصله‌های افقی تا ۸۰۰ متر و فاصله‌های عمودی تا ۳۰۰ متر می‌توان از پمپ استفاده کرد. در پمپ کردن بتن ابتدا باید ملات شل کم سیمانی را تلمبه کرد تا لوله‌های پمپ لیز شود. حداکثر نسبت اندازه‌ی سنگدانه‌ها به کوچک‌ترین قطر داخلی لوله‌ی انتقال نباید از مقادیر ۰/۳۳ برای سنگ‌دانه‌های تیز گوشه و ۰/۴۰ برای سنگ‌دانه‌های کاملاً گرد گوشه تجاوز کند. لوله‌های پمپ باید تا حدامکان مستقیم و شعاع زانوهای آن حداقل ۱/۵ متر باشد. در هوای داغ لازم است لوله‌های انتقال به طریقی خنک نگاه داشته شوند. در انتهای لوله، وسیله‌ی مخصوصی قرار دارد که به‌وسیله‌ی دستگاه‌های مکانیکی یا الکترونیکی قادر است عمل تخلیه را با دقّت و سرعت بیش‌تری هدایت و تنظیم کند (بلافاصله پس از خاتمه‌ی عملیات پمپ کردن، باید لوله‌ها و وسایل آن به دقّت با آب شسته شود). پمپ‌ها به صورت ثابت یا نصب شده بر روی کامیون عمل می‌کنند. تحرک پمپ‌های متحرک بسیار زیاد است و سرعت اجرای بتن‌ریزی را بالا می‌برد. در شکل‌های ۶ــ۶ و ۶ــ۷ به ترتیب یک کامیون با تجهیزات پمپ و بتن‌ریزی با پمپ، نشان داده شده است.



شکل ۶ــ۶ــ کامیون با تجهیزات پمپ و بازوی متحرک بازشو

اتصال نادرست تیر به ستون باعث جدا شدن تیر از ستون شده و ضعف مقطع ستون‌ها باعث شده که ستون‌ها اولین عضو تخریبی باشند.

شکل ۶ــ۷ ــ بتن آماده، در حال تخلیه به‌وسیله‌ی پمپ نصب شده بر روی کامیون

در انتقال بتن به‌وسیله‌ی پمپ باید توجه داشت که لوله‌ها یا شیلنگ‌های انتقال، در برابر سایش مقاوم و به قدر کافی نیز سبک باشند ؛ همچنین موادی که در ساخت آن‌ها به‌کار رفته است نباید با بتن واکنش شیمیایی انجام دهند. برای مثال، در پمپ کردن بتن از طریق لوله‌های ساخته شده از آلومینیم یا آلیاژهای آن، ممکن است افت قابل توجهی در مقاومت بتن پدید آید، زیرا در اثر واکنش شیمیایی سطح داخل لوله‌های آلومینیمی با مواد قلیایی سیمان، گاز هیدروژن تولید می‌شود که می‌تواند مقاومت بتن را به راحتی تا ۵۰ درصد کاهش دهد. لذا وسایل ساخته شده از آلومینیم یا آلیاژهای آن نباید به‌عنوان خطوط پمپاژ به‌کار روند. البته استفاده از آلیاژهای آلومینیم در شوت‌های کوتاه نظیر آن‌چه در انتقال بتن از تراک میکسر به‌کار می‌رود، بلامانع است. در انتقال بتن از طریق پمپ باید توجه ویژه‌ای به طرح اختلاط بتن مبذول داشت. بتن پمپ شونده تفاوت چندانی با سایر بتن‌ها ندارد ؛ فقط باید حالت خمیری و چسبنده داشته باشد. مخلوط‌های خشک یا خشن را نمی‌توان به خوبی پمپ کرد.

استفاده از بتن نامرغوب و ناکافی بودن طول وصله‌ی آرماتورها در شناژ قائم موجب تخریب آن شده است.

۶ــ۵ــ ریختن و تراکم بتن

عمل ریختن و تراکم بتن، معمولاً توأم و وابسته به هم بوده و اغلب همزمان انجام می‌شود. این مرحله از عملیات جهت رسیدن به مقاومت مورد نیاز، غیرقابل نفوذ بودن و دوام بتن سخت شده در ساختمان، فوق‌العاده مهم است.

۶ــ۵ــ۱ــ نکات عمومی: برای دستیابی به اهداف ذکر شده، توجه به نکات زیر بسیار ضروری است :

الف) بتن باید تا حد امکان نزدیک به محل نهایی خود ریخته شود تا از جدایی دانه‌ها در اثر جابه‌جایی مجدد جلوگیری گردد.

ب) روند بتن‌ریزی باید به‌گونه‌ای باشد که بتن در هنگام ریختن و جا دادن، به حالت خمیری باقی بماند و بتواند به راحتی به فضاهای بین میل‌گردها راه یابد.

ج) باید از پرتاب بتن با بیل و حرکت دادن آن با فشار خودداری شود. ارتفاع سقوط آزاد بتن برای جلوگیری از جداشدن دانه‌ها باید به ۰/۹ تا ۱/۲ متر محدود شود.

د) بتن باید در لایه‌های یکنواخت ریخته شود و از انباشتن آن در لایه‌های شیب‌دار خودداری گردد. ضخامت لایه‌ها بستگی به نوع قطعه‌ی بتنی دارد.

هـ) در صورتی که اسلامپ بتن در موقع تحویل برای مصرف، کم‌تر از میزان مقرر باشد، باید از مصرف آن خودداری شود. با این وجود، افزودن اسلامپ بتن تا هنگامی که هنوز از مخلوط‌کن تخلیه نشده، فقط با اجازه‌ی دستگاه نظارت و با افزودن دوغاب سیمان به همراه و یا بدون مواد افزودنی روان‌کننده میسر می‌باشد، مشروط بر این‌که نسبت آب به سیمان از میزان درنظر گرفته شده توسط طراح تجاوز ننماید. (توجه به این نکته لازم است که باز آمیختن بتن با آب پس از اتمام اختلاط، در حین انتقال آن و یا در محل بتن‌ریزی مجاز نیست، مگر در موارد استثنایی که دستگاه نظارت صلاح بداند.)

و) بتن‌ریزی باید از آغاز تا پایان به‌صورت عملیاتی سریع و پیوسته در محدوده‌ی مرزها یا درزهای از پیش تعیین شده‌ی قطعات ادامه یابد. سرعت ریختن و تراکم بتن باید یکسان باشد.

ز) بتنی که به حالت نیمه‌سخت درآمده یا به مواد زیان‌آور بیرونی آلوده شده است، نباید در بتن‌ریزی قطعات سازه‌ای به‌کار رود.

ح) بتن باید در طول عملیات بتن‌ریزی با استفاده از وسایل مناسب، کاملاً متراکم شود، به‌طوری که میل‌گردها و اقلام مدفون را کاملاً در برگیرد و قسمت‌های داخلی و به‌خصوص گوشه‌های قالب‌ها را به‌خوبی پر کند. بتن‌های خود تراکم را می‌توان متراکم نکرد[1].

ط) قبل از ریختن لایه‌ی جدید، باید لایه‌ی قبلی کاملاً متراکم گردیده و لایه‌های بعدی پیش از سخت شدن لایه‌ی قبلی، یعنی زمانی که هنوز در حالت پلاستیک است، ریخته شوند تا ساختار یکپارچه‌ای حاصل شود.

ی) در هنگام تراکم، به‌هیچ‌وجه نباید به میل‌گردها ضربه وارد آید یا آن‌که با جسمی نظیر چکش به میل‌گردها ضربه زده شود، زیرا ممکن است باعث جابه‌جایی شبکه‌ی فولادی و میل‌گردها از محل اصلی خود شود. ضمناً در اثر این ارتعاش ممکن است مواد ریزدانه و دوغاب سیمان در اطراف میل‌گردها جمع شده و مواد درشت دانه‌ی اطراف آن پراکنده شوند. این امر موجب کاهش

ترک ایجاد شده در سقف یک سازه‌ی بتنی در راستای تیر

فاصله‌ی زیاد شناژهای قائم و فقدان پیوستگی دیوار به شناژ قائم موجب تخریب دیوار شده است.

عدم رعایت ارتفاع شناژ عمودی و فاصله‌ی آن‌ها از یکدیگر موجب شکاف شده است.

۱ــ برای آشنایی با بتن خود تراکم به ضمیمه‌ی کتاب مراجعه شود.

مقاومت بتن در جوار میل‌گردها شده و در نهایت، به ایجاد ضایعه در بتن منجر می‌شود.

۶ــ۵ــ۲ــ تراکم بتن: خارج کردن هوای بتن و نزدیک کردن ذرات جامد به یکدیگر را «تراکم» گویند. هدف از تراکم، کاهش هوای محبوس ناخواسته در بتن می‌باشد. تا آن‌جا که کل هوای مذکور بیش از ۱/۵ درصد نباشد (شکل ۶ــ۸).

شکل ۶ ــ۸ ــ اثر تراکم در حذف یا کاهش منافذ

برخی از معایب وجود هوای محبوس در بتن عبارتند از :

۱ــ حباب‌های هوا به ازای هر ۱٪ هوای محبوس شده مقاومت بتن را ۵ تا ۶ درصد کاهش می‌دهند.

۲ــ حباب‌های هوا، نفوذپذیری را افزایش داده موجب کاهش دوام بتن و کاهش قدرت دفاعی در برابر تهاجم املاح مضر می‌شوند.

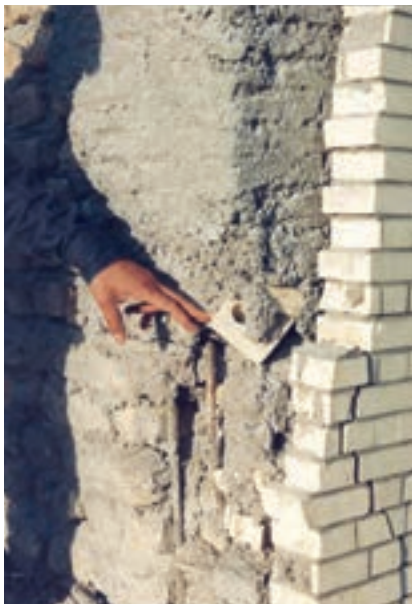
۳ــ حباب‌های هوا تماس بین بتن، میل‌گرد و سایر فلزات مدفون در بتن را کاهش می‌دهند و پیوستگی لازم میان فولاد و بتن را به خوبی برقرار نمی‌سازند و این باعث کاهش مقاومت عضو سازه‌ای می‌شود.

برای اجتناب از حبس هوا، لایه‌ی بتن باید دارای ضخامت کم و نازک باشد، ولی در هر صورت نباید کم‌تر از ۱۵۰ میلی‌متر و یا سه برابر حداکثر اندازه‌ی سنگ‌دانه‌ی بتن باشد.

الف) وسایل تراکم

۱ــ لرزاننده[1]ی درونی: این وسیله از یک سر یا خرطوم مرتعش‌شونده تشکیل شده است که از طریق یک میله‌ی انعطاف‌ناپذیر به یک موتور متحرک اتصال دارد. سر خرطومی شکل وارد بتن شده و با ایجاد لرزش یکنواخت، سبب تراکم بتن می‌شود. در خصوص لرزاننده‌های درونی بعداً بیش‌تر صحبت خواهیم کرد.

۲ــ لرزاننده‌ی خارجی: دستگاه مرتعش‌کننده بر روی یک تکیه‌گاه ارتجاعی به قالب‌ها متصل می‌شود و قالب و بتن هر دو به‌طور همزمان با هم لرزانده می‌شوند.



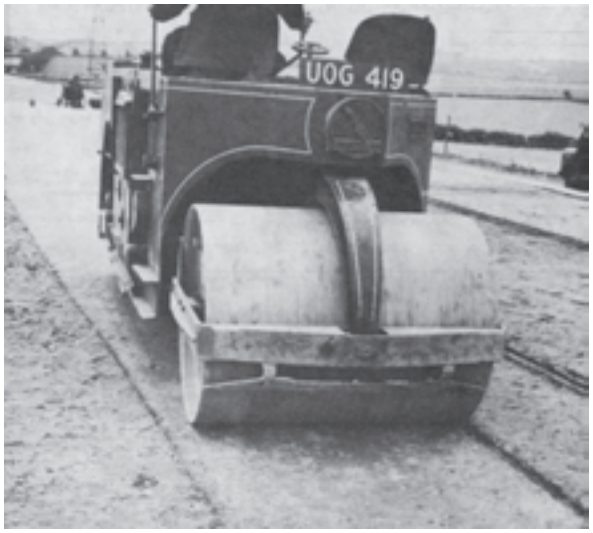
استفاده از پاره آجر در شناژ عمودی به جای بتن و بتن‌ریزی با مصالح نامرغوب

استفاده از آرماتورهای طولی ساده در شناژ افقی بالا بدون قلاب انتهایی و عدم رعایت فواصل خاموت‌ها موجب ایجاد خرابی در سازه‌ی یک طبقه کوچک شده است. در حالی که از چنین سازه‌ی سبکی انتظار می‌رود که در اثر زلزله آسیبی نبیند.

۱ــ ویبراتور

فاصله‌ی زیاد شناژهای قائم و عدم پیوستگی دیوار با آن‌ها موجب فرو ریختن دیوار شده است.

۳ــ غلتک‌ها: غلتک‌ها برای تراکم بتن‌های خشک کم‌عیار با مقدار کمِ سیمان، با سطح وسیع و افقی به کار می‌روند (شکل ۶ ــ ۹). بتن خشک کم‌عیار در ساخت جاده‌ها، در زیر سطح آسفالت استفاده می‌شود.

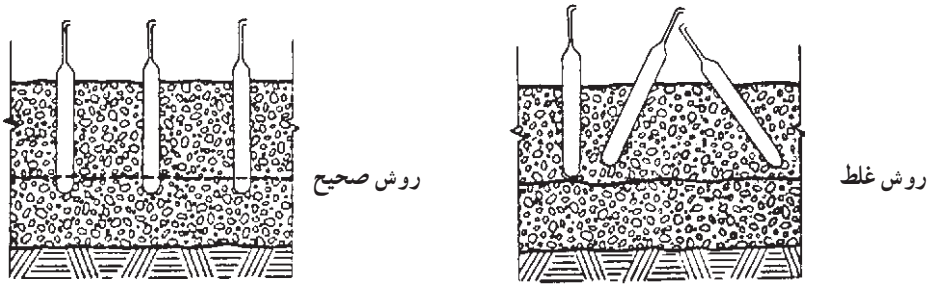


شکل ۶ــ ۹ ــ متراکم کردن بتن کم‌عیار با غلتک

ب) اندازه‌ی لرزاننده‌های درونی

برای اغلب کارهای بتن مسلح، میله‌هایی به قطر ۲۰ تا ۹۰ میلی‌متر ساخته شده است. برای کارهای حجیم مانند سدها، میله‌هایی به قطر ۱۳۰ تا ۱۸۰ میلی‌متر نیز وجود دارد که به علت سنگینی در هنگام کار به دو کارگر احتیاج است.

میزان تأثیر میله‌های لرزاننده (ویبراتور) به موقعیت کار، کارآیی بتن و مشخصات میله بستگی دارد. هر چه قطر میله بزرگ‌تر باشد، شعاع عمل آن بیش‌تر خواهد بود. هنگام اجرا می‌توان شعاع عمل را با چشم مشاهده کرد. لرزاننده باید به صورت عمودی و در فواصل یکنواخت به داخل بتن فرو برده شود و از خواباندن لرزاننده به صورت مایل یا افقی پرهیز گردد. شکل ۶ــ۱۰ نحوه‌ی قرار دادن صحیح لرزاننده در داخل بتن را نشان می‌دهد. در جدول ۶ــ۱ مشخصات و کاربرد لرزاننده‌های داخلی ارائه شده است.



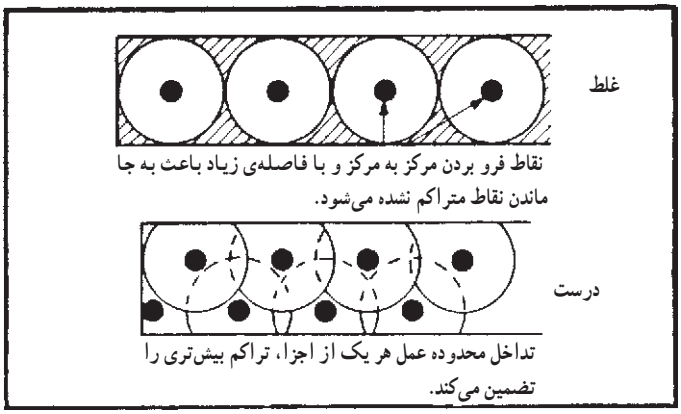
شکل ۶ــ ۱۰ــ روش قرار دادن لرزاننده‌های درونی در داخل بتن

جدول ۶ــ۱ــ مشخصات و کاربرد لرزاننده‌های داخلی

گروه	قطر لرزاننده (سانتی‌متر)	شعاع عمل (سانتی‌متر)	حجم بتن‌ریزی به ازای هر لرزاننده (متر مکعب بر ساعت)	کاربرد
۱	۲ــ۴	۸ــ۱۵	۰/۸ــ۴	برای بتن‌های خمیری و روان و در اعضای نازک و اعضای پیش تنیده و نمونه‌های آزمایشگاهی
۲	۳ــ۶	۱۳ــ۲۵	۲/۳ــ۸	بتن خمیری برای دیوارهای نازک، تیرها، شمع‌های پیش‌ساخته، ستون‌ها و دال‌های نازک
۳	۵ــ۹	۱۸ــ۳۶	۴/۶ــ۱۵	برای بتن نسبتاً خمیری (با اسلامپ کم‌تر از ۸ سانتی‌متر)، در اعضای عمومی، مانند دیوارها، ستون، تیرها و دال‌های ضخیم
۴	۸ــ۱۵	۳۰ــ۵۱	۱۱ــ۳۱	برای بتن‌ریزی حجیم و اعضای سازه‌ای با اسلامپ ۰ تا ۵ سانتی‌متر که کم‌تر از ۳ متر مکعب بتن در هر نوبت ریخته می‌شود.
۵	۱۳ــ۱۸	۴۰ــ۶۱	۱۹ــ۳۸	برای بتن‌ریزی حجیم، مانند سدها، دیوارهای ضخیم و ستون‌های پل‌ها که در هر نوبت بیش از ۳ متر مکعب ریخته می‌شود.

ایجاد ترک‌های قطری در اثر ضعیف بودن شناژ قائم

شعاع عمل، فواصل و نحوه‌ی فرو بردن میله‌ی لرزاننده در شکل‌های ۶ــ۱۱ تا ۶ــ۱۳ مشخص شده است. شعاع های عمل باید تا چند سانتی‌متر یکدیگر را پوشش دهند، معمولاً این فاصله ۱/۵ برابر شعاع عمل لرزاننده توصیه می‌شود.

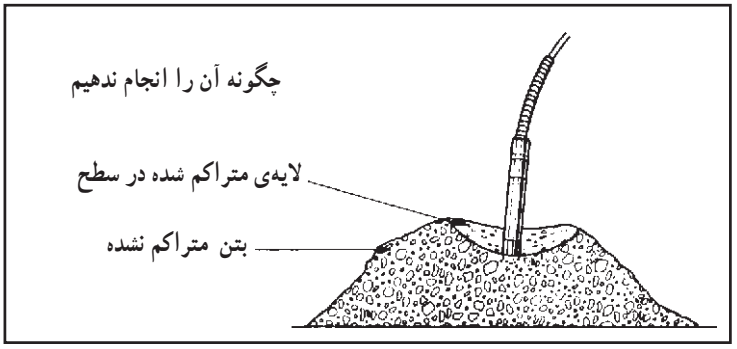


شکل ۶ــ۱۱ــ لزوم رعایت تداخل محدوده‌ی شعاع تراکم میله‌های مختلف

شکل ۶ــ۱۲ــ فرو بردن یک لرزاننده‌ی میله‌ای در داخل بتن تازه در یک قالب تیر

شکل ۶ــ۱۳ــ در نقاطی که بلافاصله نزدیک میله قرار گرفته‌اند، بتن کاملاً متراکم شده است. باید دقّت کرد که سطح بتن در این نقاط چگونه پایین رفته است.

برای حذف مؤثر هوا، ویبراتور باید سریعاً به داخل بتن وارد گردد و با حرکت ملایم بالاــ پایین، به آهستگی خارج شود. نفوذ سریع ویبراتور سبب می‌شود تا بتن به طرف بالا و خارج از قالب حرکت کرده و هوا خارج می‌گردد. در زمانی که ویبراتور به آهستگی خارج می‌شود، هوای بالای ویبراتور به طرف بالا رانده می‌شود و از طرف دیگر، باعث جاری‌شدن ملات به صورت یکنواخت می‌شود. در شکل ۶ــ۱۴ مشکل پیش آمده در صورت فرو بردن میله به طور آهسته نشان داده شده است.



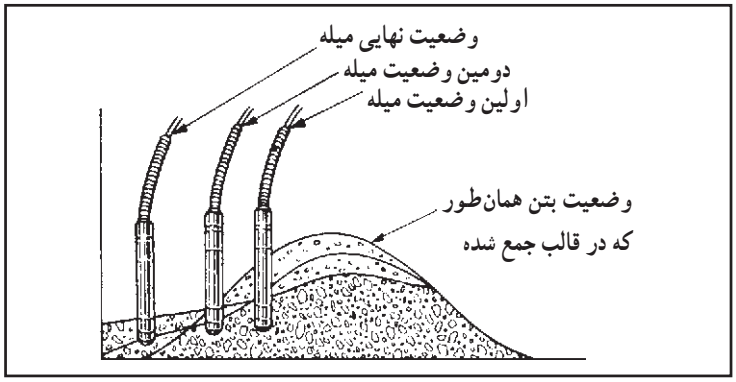
شکل ۶ــ۱۴ــ مشکل پیش آمده در صورت فروبردن میله به طور آهسته

ویبراتور باید به انتهای لایه‌ی بتن‌ریزی رسیده و حداقل ۱۵ سانتی‌متر در لایه‌ی قبلی نفوذ کند. لرزاننده نباید برای حرکت جانبی و هل‌دادن بتن استفاده گردد، زیرا سبب جداشدگی اجزای مخلوط بتن می‌شود. برای صاف و تراز کردن سطح بتن می‌توان لرزاننده را به وسط توده بتن

عدم اجرای شناژ افقی بالا و اتصال نادرست تیر

کیفیت نامرغوب بتن و فاصله‌ی زیاد شناژهای قائم موجب ایجاد خسارت در این سازه شده است.

داخل کرده تا بتن هموار گردد و از هرگونه حرکت جانبی اجتناب شود. در صورتی که ضروری باشد جابه‌جایی با ویبراتور انجام شود، نحوه‌ی صحیح آن در شکل ۶ــ۱۵ نشان داده شده است.



شکل ۶ــ۱۵ــ نحوه‌ی استفاده از میله برای صاف‌کردن انباشته‌ی بتن. بتن را وادار کنید که به صورت زبانه به طرف زوایا و نقاط انتهایی جاری شود، دقت کنید که از جدایی اجزای بتن اجتناب گردد. بتن را نزدیک به اتصالات نریزید و مرتعش نکنید.

ج) مدّت زمان تراکم کامل

مدّت زمان تراکم کامل، به‌طوری که بتن در تمام قالب جا بگیرد و یا با بتنی که قبلاً ریخته شده به صورت یکپارچه عمل کند،بین ۵ تا ۱۵ ثانیه است. در عمل، به محض مشاهده‌ی حباب‌های هوا و به‌وجود آمدن غشایی درخشان از ملات بر روی سطح بتن، و تغییر صدای لرزاننده عمل تراکم را باید متوقف کرد.

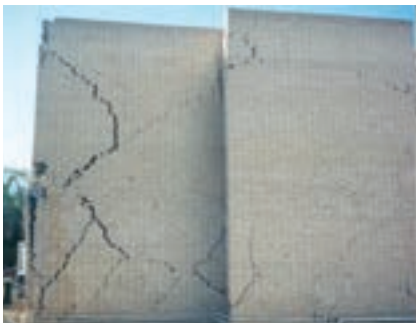
اگر زمان لرزاندن کم باشد، سنگدانه‌ها حرکت می‌کنند، ولی ملات فرصت کافی برای جاری‌شدن ندارد و بتن متخلخل می‌شود. اگر زمان لرزاندن زیاد باشد، مقدار زیادی شیری بتن به سطح آمده که باعث جداشدگی در بتن و ایجاد ترک و کاهش مقاومت سطح بتن و کرمو شدن قسمت‌های زیرین بتن می‌شود.

۶ــ۵ــ۳ــ نکات خاص بتن‌ریزی:

الف) بتن‌ریزی فونداسیون‌ها و ستون‌ها: قبل از بتن‌ریزی باید سطح قالب با آب مرطوب شود یا به مواد رهاساز آغشته گردد تا آب بتن را به خود جذب نکند. در هنگام بتن‌ریزی فونداسیون‌ها باید دقّت شود که بتن با ضربه به بدنه‌ی قالب برخورد نکند و حداکثر در لایه‌های ۳۰ سانتی‌متری ریخته شده و پس از ویبره شدن هر لایه، لایه‌ی بعدی ریخته شود. تا آن‌جا که ممکن است باید بتن را با سرعت ریخت و در هنگام ریختن هر لایه از متراکم شدن لایه‌ی قبلی اطمینان کافی حاصل شود.

در زیر فونداسیون به منظور پرهیز از آلوده‌شدن بتن اصلی فونداسیون با خاک بستر، اجرای یک لایه بتن پاکیزگی (بتن مگر) از بتن لاغر با رده‌ی C10 و با عیار سیمان ۱۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب و ضخامت حداقل ۵ سانتی‌متر ضروری است که معمولاً از هر طرف ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر بزرگ‌تر از خود فونداسیون می‌باشد.

در ستون‌های کوچک، قبل از این که اوّلین لایه‌ی بتن ریخته شود، میله‌ی ویبره را در انتهای قالب قرار می‌دهیم (به علت عمق کم هر لایه، با قرار دادن میله‌ی ویبره می‌توان اطمینان حاصل کرد



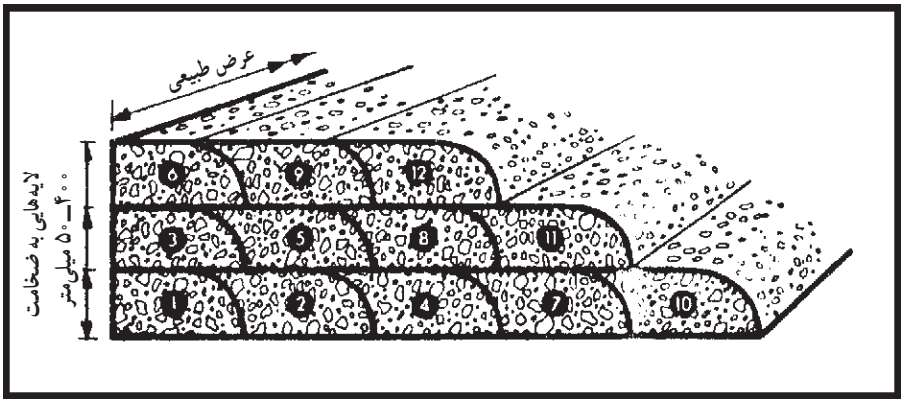
آسیب دیدگی شناژ قائم و ایجاد ترک در ساختمان اورژانس

که تمامی لایه بتن به خوبی متراکم خواهد شد). این لایه باید بتواند با قسمت‌های سخت، اتصال و یکپارچگی کاملی پیدا کند. لایه‌های بتن به نحوی در قالب ریخته می‌شود که میله‌ی ویبره بتواند آن‌ها را ویبره کند. در انتها، میله‌ی ویبره را باید به‌طور پیوسته و به آهستگی از بتن خارج کرد. حداکثر عمق لایه‌های بتن در هر نوبت بتن‌ریزی این نوع ستون‌ها نیز ۳۰ سانتی‌متر است.

در ستون‌های بلند، معمولاً در ارتفاع‌های ۱ متر به ۱ متر، دریچه‌هایی در قالب ایجاد می‌کنند و یا این‌که یک بدنه‌ی قالب را متحرک طراحی کرده آن را مرحله به مرحله بالا می‌برند. پس از رسیدن بتن به این دریچه‌ها، به‌منظور امکان بتن‌ریزی، دریچه‌ها مسدود شده و بتن از دریچه‌ی بالایی ریخته می‌شود و به‌همین ترتیب کار تا پایان ادامه می‌یابد.

ب) بتن‌ریزی‌های حجیم: در بتن‌ریزی‌های حجیم که به صورت لایه لایه انجام می‌شود، هدف اصلی، محدود کردن سطح آزاد بتن و اطمینان یافتن از تداوم بتن‌ریزی و قرار نگرفتن بتن تازه بر روی بتن‌های سخت شده‌ی قبلی است.

وقتی از تسمه‌ی نقاله برای بتن‌ریزی استفاده شود، بتن از ارتفاع ۱ تا ۲ متری به سطح کار می‌رسد. باید دقّت کرد که از توده شدن و انباشته شدن بتن جلوگیری شده و با مصرف مواد افزودنی و یا طراحی خاص، پس از ریخته شدن بتن در محل اجرا، در اثر نیروی حاصل از وزن خود افت کرده به اطراف پخش شود. شکل ۶ــ۱۶ بتن‌ریزی پله‌ای را به‌منظور اجتناب از ایجاد درزهای سرد نشان می‌دهد.



شکل ۶ــ۱۶ــ بتن‌ریزی پله‌ای برای جلوگیری از ایجاد درزهای سرد در بتن‌ریزی‌های حجیم

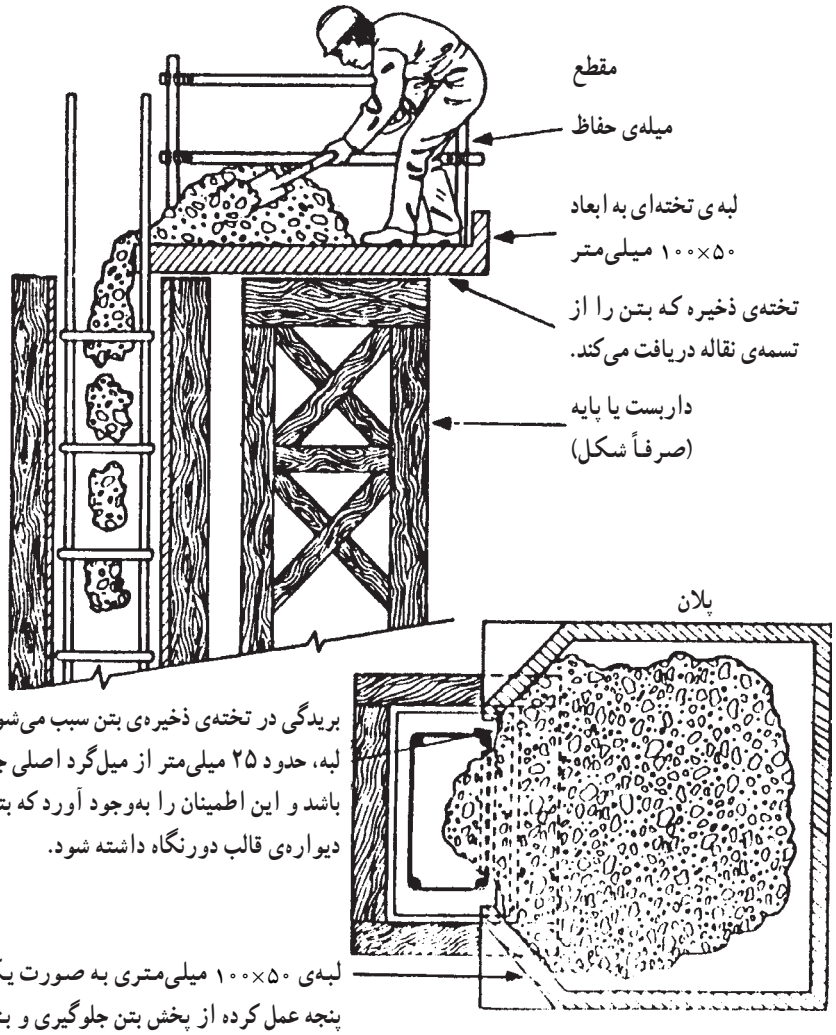
ج) بتن‌ریزی دیوارها: قبل از بتن‌ریزی باید مطمئن شد که میل‌گردها برای بتن‌ریزی و ارتعاش مزاحمتی ایجاد نخواهند کرد و در مواقع ضروری، راه‌حلی برای ریختن بتن به قالب در نظر گرفته شود. در مرحله‌ی بعد می‌توانیم چگونگی انجام کار را برای بتن‌ریزی آموزش دهیم. نصب یک سپر چوبی در بالای قالب سبب جاری شدن بتن در داخل قالب می‌شود و عمل بتن‌ریزی به نحوی انجام می‌گیرد که کارگر بتن‌ریز بتواند داخل قالب را ببیند. برای دیوارهای بلند شیلنگ ویبراتور باید به اندازه‌ی کافی بلند باشد تا ویبره بتواند در عمق دیوار حرکت کند. در هنگام اجرای کار باید ریختن بتن به‌طور یکنواخت و هم سطح انجام گیرد. در ریختن و متراکم کردن اولین لایه‌ی بتن و پیوستگی این لایه به قسمت‌های افقی ساختمان باید دقت زیادی نمود.

عدم رعایت طول مهاری مناسب در شناژ قائم و اجرا نکردن کلاف افقی زیر سقف

عمق لایه‌ی اول هیچ گاه نباید از ۳۰ سانتی‌متر بیش‌تر شود. در دیوارهای نازک وجود یک سکوی ممتد در بالای دیوار برای بتن‌ریزی، یا انباشتن بتن، سپس ریختن آن به داخل قالب یک راه‌حل اساسی است. در نقاط انتهایی و اتصالات عمودی ساختمان باید عمل تراکم و ارتعاش به دقت انجام شود (شکل‌های ۶ ــ۱۷ تا ۶ــ۲۰).

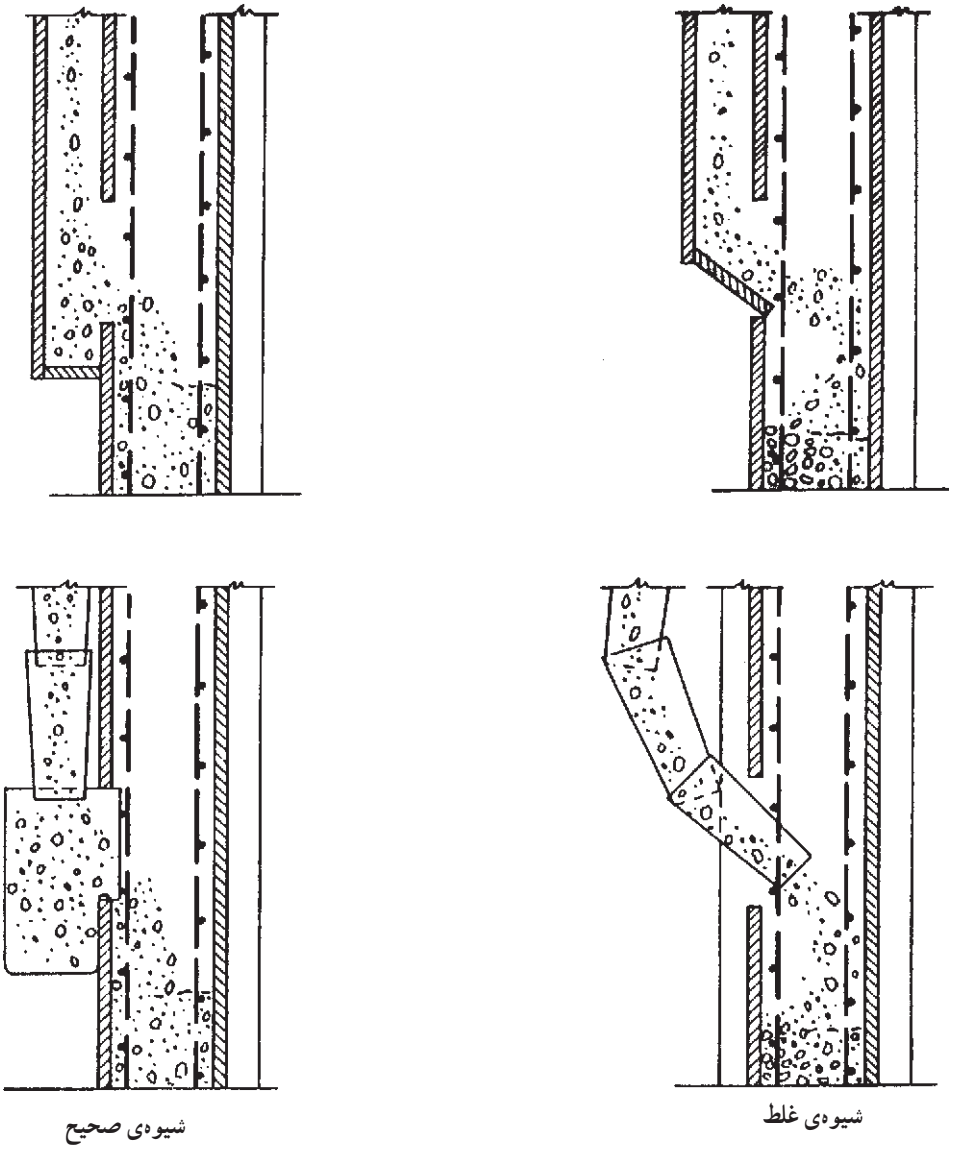
بتن‌ریزی دیوارها را باید از کنار قالب به طرف وسط آن انجام داد. هر لایه را از یک طرف شروع می‌کنند و وقتی بتن‌ریزی به وسط می‌رسد، همان لایه را از طرف دیگر تا وسط می‌ریزند. در مورد دیوارهایی که طی چند لایه بتن ریزی می‌شوند، باید دقت نمود که در لایه‌های زیرین به‌خصوص در گوشه‌ها، شیره‌ی بتن جمع نشده و ارتفاع لبه‌ی داخلی دیوار برابر ارتفاع مورد نظر باشد.

بتن‌ریزی نادرست شناژ قائم

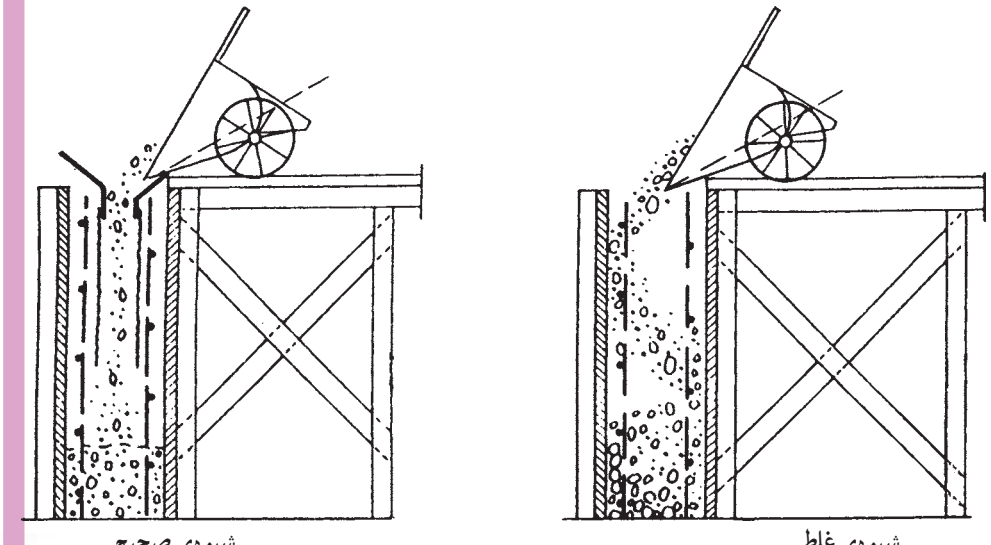


شکل ۶ ــ۱۷ ــ استفاده از یک تخته‌ی ذخیره در بالای یک ستون. از این روش برای دیوارهای باریک نیز می‌توان استفاده کرد، با این تفاوت که باید تخته‌ی ذخیره‌ی طویل‌تری را به‌کار برد.

ریزش نمای ساختمان دراثر ناپیوستگی با دیوار و بتن‌ریزی نامناسب

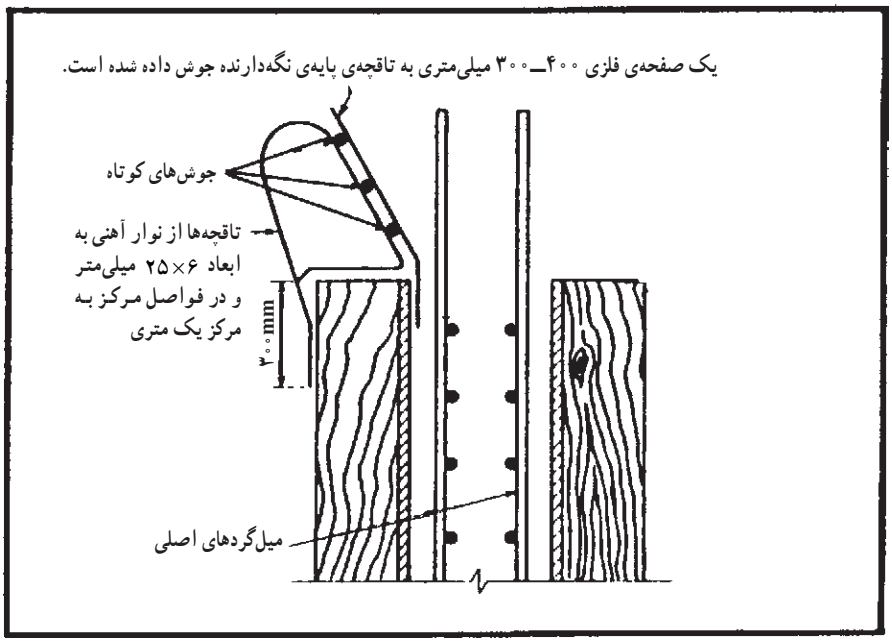


شکل ۶ــ ۱۸ــ شیوه‌های بتن‌ریزی در دیوارهای بلند



شکل ۶ــ ۱۹ــ بتن‌ریزی در بالای دیوار

جدا شدن شناژهای قائم خریشته از سازه به دلیل ناکافی بودن طول وصله



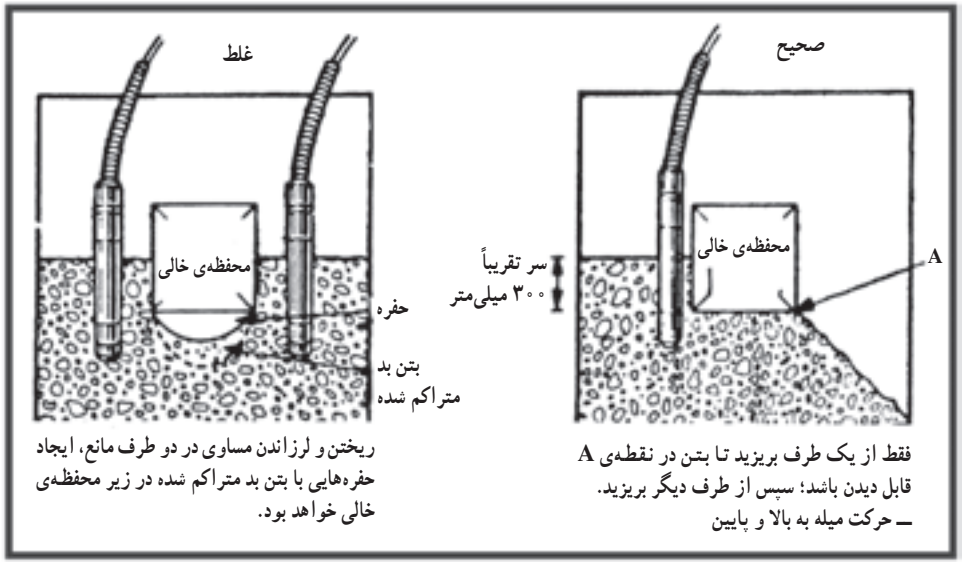
شکل ۶ــ۲۰ــ در قالب دیوارها، نصب صفحات فلزی هادی برای انتقال بتن کمک مؤثری است.

د) بتن‌ریزی با تسمه‌ی نقاله و پمپ بتن: ریختن بتن با تسمه‌ی نقاله وقتی انجام می‌شود که فرد مسئول بتواند باز و بسته شدن دریچه‌ی تسمه‌ی نقاله را کنترل کند. اگر این امر امکان‌پذیر نباشد بهتر است که بتن را روی تخته‌ای بریزیم و آن را با بیل به داخل قالب ستون هدایت کنیم. قبل از بتن‌ریزی هر لایه باید از تراکم لایه‌ی قبلی اطمینان حاصل شود.

در بتن‌ریزی با پمپ، باید قسمت انتقال شیلنگ تا حد امکان پایین باشد تا از ریختن بتن از ارتفاع زیاد جلوگیری شود. به‌طور همزمان می‌توان میله‌ی ویبره را پایین فرستاد و همراه با بالا آمدن شیلنگ پمپ بتن، آن را به آرامی بالا کشید. در بتن‌ریزی ستون‌ها، خروجی پمپ باید با قدرت ارتعاش میله‌ی ویبراتور هماهنگ شود. در ستون‌های بزرگ به علت وسعت سطح بتن، برای بتن‌ریزی از چند کارگر استفاده می‌شود که باید هماهنگی کاملی بین بتن‌ریزان و متراکم‌کننده‌ها ایجاد گردد. همچنین باید تا حد امکان از تکیه دادن میله‌ی ویبراتور به شبکه‌ی میل‌گردها جلوگیری شود.

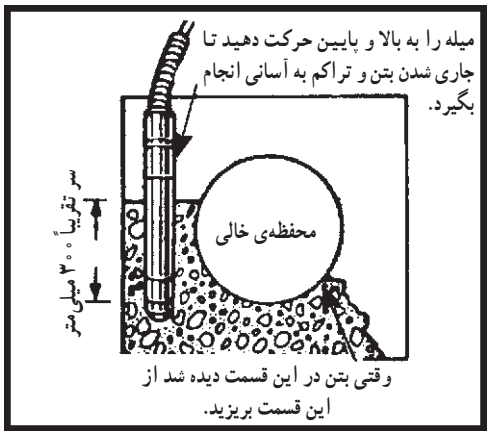
هـ) بتن‌ریزی دال‌ها و نحوه‌ی ارتعاش آن: بهترین روش ریختن و پخش بتن در دال‌ها استفاده از پمپ بتن است. در این روش نیازی به پخش بتن نیست و می‌توان با حرکت خرطوم (لوله‌ی تخلیه)، بتن را به محل‌های مورد نظر هدایت کرد. از انباشتن بتن در روی سقف یا دال باید پرهیز نمود، زیرا پخش آن با بیل منجر به جدا شدن دانه‌ها می‌شود. استفاده از ویبراتور میله‌ای در دال‌های با ضخامت کم مجاز نیست. تراکم بتن ممکن است از طریق خارجی نیز انجام شود.

و) بتن‌ریزی در اطراف بازشوها، کانال‌ها و نقاط توخالی: در شکل‌های ۶ــ۲۱ تا ۶ــ۲۳ نحوه‌ی بتن‌ریزی و تراکم صحیح در حالت‌های مختلف (بتن‌ریزی در کنار محفظه‌های خالی و حفره‌ها) نشان داده شده است.



شکل ۶ــ۲۱ــ ریختن و متراکم کردن بتن در اطراف یک مانع چهارگوش، مانند یک بازشو است. اگر مانع، از یک متر عریض‌تر باشد، ممکن است که ایجاد «روزنه» در قالب، درست زیر و وسط مانع برای فرو بردن میله ارزش داشته باشد.

شکل ۶ــ۲۲ــ ریختن و متراکم کردن بتن در اطراف یک تیرآهن

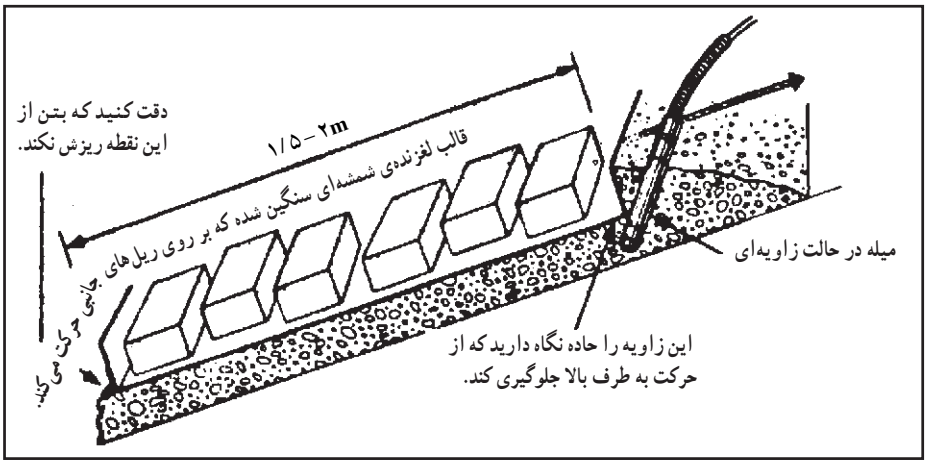


شکل ۶ــ۲۳ــ ریختن و متراکم کردن بتن در اطراف قالب سوراخ یا مجرا. قالب‌ها را باید خوب در جای خود ثابت کرد تا فشار بتن، آن‌ها را به یک طرف حرکت نداده یا موجب بالا آمدن آن‌ها به سطح نشود.

عدم رعایت طول مهاری مناسب در آرماتورهای فوقانی، باعث شکست اتصال گردیده است.

عدم رعایت پوشش بتنی مناسب بر روی میل گردها

ز) بتن‌ریزی در سطوح شیب‌دار: در این حالت باید بتن‌ریزی از پایین به بالا انجام شود. به این ترتیب، وزن بتن بالا سبب تراکم و جااندازی بتن زیرین می‌شود. اگر شیب سطح بیش‌تر از ۵ الی ۱۰ درجه نباشد، می‌توان از روش متداول برای بتن‌ریزی دال‌ها استفاده کرد. اگر بتن پس از تراکم کمی افت کند، باید صبرکرد تا خود را بگیرد و سپس لایه‌ی بعدی ریخته شود. برای شیب‌های بیش از ۱۰ درجه لازم است که از یک قالب لغزنده‌ی شمشه‌ای مطابق شکل ۶ــ۲۴ استفاده گردد. قالب نباید لرزانده شود، زیرا این موضوع باعث می‌شود که بتن از لبه‌های پایینی بیرون بیاید و متورم شود.



شکل ۶ــ۲۴ــ ریختن بتن بر روی یک سطح شیب‌دار با استفاده از قالب لغزنده‌ی شمشه‌ای که بر روی ریل‌های جانبی نگه داشته شده و به منظور جلوگیری از بلند شدن قسمت جلویی بر روی آن، وزنه گذاشته شده است. قالب باید به سمت بالای سطح شیب‌دار با سرعتی معادل ۲ متر در ساعت حرکت داده شود که بستگی به سفتی بتن نیز دارد.

۶ــ۵ــ۴ــ نمونه‌گیری از بتن در هنگام اجرا: معمول‌ترین شیوه برای آزمایش بتن‌های سخت شده، برداشت نمونه از بتن تازه و ساختن نمونه‌های مکعبی یا استوانه‌ای است، به نحوی که پس از گیرش و سخت شدن، بتوان مقاومت‌های فشاری نمونه‌ها را در آزمایشگاه اندازه‌گیری کرد.

نتایج حاصل برای مقایسه با بتن طراحی شده و بررسی رضایت‌بخش بودن کیفیت بتنِ اجرا شده، به‌کار گرفته می‌شود. بنابراین، باید ساخت نمونه‌های بتنی با دقت و به گونه‌ی صحیح انجام شود.

نمونه‌ها باید از داخل دستگاه یا زمان تخلیه‌ی بتن از دستگاه بتن‌ساز، در چند نوبت برداشته شود. بتن‌ریزی در داخل قالب در چند لایه ریخته شده و هر لایه با میله‌ی مخصوص، ۲۵ مرتبه کوبیده می‌شود تا تراکم لازم به‌دست آید. همیشه مقداری بیش‌تر از حجم مکعب، بتن‌ریزی می‌شود، سپس با یک ماله، سطح بالای مکعب، صاف شده و بتن‌های اضافی برداشته خواهد شد. لازم است که مشخصات نمونه، ساعت و زمان نمونه‌گیری، محل برداشت نمونه، درجه‌ی حرارت محیط و وضعیت هوا و اقلیم در دفتر کارگاه ثبت گردد و بر روی یک کاغذ نیز نوشته شده و به سطح بالای نمونه‌ی بتنی چسبانده شود (در ضمن باید نمونه‌ها را شماره‌گذاری کرد). قبل از بتن‌ریزی باید قالب مکعبی یا استوانه‌ای به دقت بررسی شده و سطوح داخلی آن روغن‌کاری و تمیز شود.

پس از برداشت نمونه‌ها، باید آن‌ها را در مکانی دور از دسترس و برخورد وسایل و افراد قرار داد و سطح آن را با گونی خیس پوشاند. در صورت افزایش تعداد نمونه‌ها می‌توان به جای میله