
بسم الله الرحمن الرحیم

جمهوری اسلامی ایران

دستورالعمل ساخت و اجرای بتن در کارگاه

نشریه شماره ۳۲۷

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
معاونت امور فنی
دفتر امور فنی، تدوین معیارها
و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله
nezamfanni.ir

وزارت مسکن و شهرسازی
مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
http://www.bhrc.ac.ir

۱۳۸۵

فهرستبرگه



ریاست جمهوری

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

رئیس سازمان

بسمه تعالی

به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	شماره :	۱۰۰/۶۴۱۹۷
	تاریخ :	۱۳۸۵/۴/۲۰

موضوع : دستورالعمل ساخت و اجرای بتن در کارگاه

به استناد آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی، موضوع ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و در چارچوب نظام فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور مصوبه شماره ۲۴۵۲۵/ت۱۴۸۹۸هـ ، مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ هیأت محترم وزیران، به پیوست نشریه شماره ۳۲۷ دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله این سازمان، با عنوان «**دستورالعمل ساخت و اجرای بتن در کارگاه**» از نوع گروه سوم، ابلاغ می‌شود.

دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند از این نشریه به عنوان راهنما استفاده کنند و در صورتی که روش‌ها، دستورالعمل‌ها و راهنماهای بهتری در اختیار داشته باشند، رعایت مفاد این نشریه الزامی نیست.

عوامل یاد شده باید نسخه‌ای از دستورالعمل‌ها، روش‌ها و یا راهنماهای جایگزین را برای دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، ارسال دارند.

فرهاد رهبر

معاون رئیس جمهور و رئیس سازمان

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این‌رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

۱- *شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.*

۲- *ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.*

۳- *در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.*

٤- *نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.*

کارشناسان این دفتر نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه : تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علیشاه، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، امور نظام فنی ، مرکز تلفن ۳۳۲۷۱

Email:info@nezamfanni.ir **web: http://nezamfanni.ir**

بسمه تعالی

پیشگفتار

استفاده از ضوابط و معیارها در مراحل تهیه (مطالعات امکان‌سنجی)، مطالعه، طراحی و اجرای طرحهای تملک دارایی سرمایه‌ای به لحاظ توجیه فنی و اقتصادی طرحها و ارتقای کیفیت طراحی و اجرا (عمر مفید) از اهمیت ویژه برخوردار است. از این‌رو نظام فنی و اجرایی طرحهای عمرانی کشور (مصوبه شماره ۲۴۵۲۵/ت۱۴۸۹۸ هـ مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ هیأت وزیران) به‌کارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح را مورد تأکید قرار داده است.

بنابر مفاد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی موظف به تهیه و ابلاغ ضوابط، مشخصات فنی، آیین‌نامه‌ها و معیارهای مورد نیاز طرحهای عمرانی می‌باشد. با توجه به تنوع و گستردگی طرحهای عمرانی، طی سالهای اخیر سعی شده است در تهیه و تدوین این‌گونه مدارک علمی از مراکز تحقیقات دستگاه‌های اجرایی ذی‌ربط استفاده شود. در این راستا مقرر شده است مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن وزارت مسکن و شهرسازی در تدوین ضوابط و معیارهای فنی بخش ساختمان و مسکن، ضمن هماهنگی با دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، عهده‌دار این مهم باشد.

در سال ۱۳۸۳، به منظور هدایت، راهبری و برنامه‌ریزی امور مرتبط با تدوین ضوابط و معیارهای فنی بخش ساختمان و مسکن، کمیته راهبری متشکل از نمایندگان سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (دفتر امور عمران شهری و روستایی و دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله) و مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن تشکیل گردید. این کمیته با تشکیل جلسات منظم نسبت به هدایت و راهبری پروژه‌های جدید و جاری، در مراحل مختلف تعریف و تصویب پروژه‌ها، انجام، نظارت و

آماده‌سازی نهایی و ابلاغ آنها، اقدامهای لازم را انجام داده است. یکی از پروژه‌های حاصل از این فرآیند نشریه حاضر می‌باشد.

این نشریه با عنوان «دستورالعمل ساخت و اجرای بتن در کارگاه» شامل هفده است. «انبار کردن مصالح در کارگاه»، «توزین و پیمانه کردن اجزای مخلوط»، «اختلاط بتن»، «بررسی وضعیت ظاهری و اندازه‌گیری»، «انتقال بتن»، «کنترلها و آماده‌سازی قبل از بتن‌ریزی»، «عملیات بتن‌ریزی»، «متراکم کردن بتن»، «پرداخت سطح بتن»، «درز انقباض (جمع‌شدگی)»، «درز ساخت (اجرایی)»، «عمل‌آوری بتن»، «بتن‌ریزی در هوای سرد»، «بتن‌ریزی در هوای گرم»، «قالب‌بندی»، «میلگردگذاری» و «کنترل کیفی بتن تازه و سخت‌شده»، فصلهای مختلف نشریه را تشکیل می‌دهند.

در پایان از تلاش و جدیت مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن و کارشناسان مشروح زیر که در تهیه و تدوین این مجموعه همکاری داشته و زحمات فراوانی کشیده‌اند، تشکر و قدردانی می‌نماید.

دکتر طیبه پرهیزکار
مهندس بهناز پورسید
مهندس علی تبـار
دکتر محسن تدین
مهندس شاهرخ رامزی
مهندس علی‌اکبر رمضانیان‌پور
مهندس امیرمازیار رئیس‌قاسمی
مهندس میرمحمود ظفـری
دکتر هرمز فامیلی
دکتر پرویز قدوسی
مهندس محمدرضا ماجدی

امید است در آینده شاهد توفیق روزافزون این کارشناسان، در خدمت به جامعه فنی مهندسی کشور باشیم.

حبیب امین‌فر
معاون امور فنی
۱۳۸۵

فهرست تفصیلی مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول : انبارکردن مصالح در کارگاه

۱-۱ انبارکردن سیمان ۳

۱-۲ کنترل سنگدانه‌ها قبل از انبارکردن ۷

۱-۳ انبارکردن سنگدانه‌ها ۱۰

۱-۴ انبارکردن میلگردها ۱۳

فصل دوم : توزین و پیمانه کردن اجزای مخلوط

۲-۱ تجهیزات مورد نیاز برای روش حجمی ۱۷

۲-۲ اثر رطوبت سنگدانه‌ها در وزن آب مخلوط ۱۸

۲-۳ اثر رطوبت سنگدانه در حجم آن ۲۱

۲-۴ دستورالعمل برای پیمانه کردن حجمی مصالح ۲۲

فصل سوم : اختلاط بتن

۳-۱ اختلاط دستی ۳۱

۳-۲ مخلوط‌کن‌های مکانیکی ۳۲

۳-۳ کامیون مخلوط‌کن (تراک میکسر) ۳۵

۳-۴ مدت مخلوط‌کردن ۳۵

۳-۵ اصول به کارگیری مخلوط‌کن‌ها ۳۶

فصل چهارم : بررسی وضعیت ظاهری و اندازه‌گیری

۴-۱ اصول نمونه‌برداری ۴۱

۴-۲ کارایی بتن تازه ۴۲

۴-۳ آزمون اسلامپ.....۴۳
۴-۴ طبقه‌بندی روانی و میزان اسلامپ.....۴۷
فصل پنجم : انتقال بتن
۵-۱ استانبولی و زنبه.....۵۱
۵-۲ چرخ‌دستی با فرغون.....۵۱
۵-۳ دامپر (فرغون موتوری).....۵۲
۵-۴ دلو یا جام.....۵۳
۵-۵ ناوه (سطح شیبدار یا شوت).....۵۴
۵-۶ شوت سقوطی.....۵۶
۵-۷ کامیون مخلوط‌کن (تراک میکسر).....۵۶
فصل ششم : کنترل‌ها و آماده‌سازی قبل از بتن‌ریزی
کنترلها و آماده‌سازی قبل از بتن‌ریزی.....۶۱
فصل هفتم : عملیات بتن‌ریزی
۷-۱ تمهیدات کلی در بتن‌ریزی.....۶۷
۷-۲ بتن‌ریزی دالها.....۶۸
۷-۳ بتن‌ریزی ستونها و دیوارها.....۷۰
فصل هشتم : متراکم‌کردن بتن
۸-۱ تراکم دستی.....۷۶
۸-۲ تراکم مکانیکی (لرزاننده‌ها).....۷۷
۸-۳ تراکم مجدد.....۸۲
فصل نهم : پرداخت سطح بتن
۹-۱ شمشه با ترازکردن.....۸۷
۹-۲ تخته ماله‌کشی یا تخته ماله دسته بلند و کوتاه.....۸۹
۹-۳ ماله‌کشی.....۹۰

۹-۴ پرداخت نهایی ۹۱
۹-۵ توقف در عملیات پرداخت ۹۳
فصل دهم : درز انقباض (جمع‌شدگی)
درز انقباض (جمع‌شدگی) ۹۷
فصل یازدهم : درز ساخت (اجرایی)
۱۱-۱ آماده‌سازی درز ساخت ۱۰۵
۱۱-۲ موقعیت درز ساخت ۱۰۶
۱۱-۳ ظاهر درز ساخت ۱۰۶
فصل دوازدهم : عمل‌آوری بتن
۱۲-۱ عمل‌آوری با آب ۱۱۳
۱۲-۲ عمل‌آوری عایقی ۱۱۵
۱۲-۳ ترکیبات عمل‌آوری ۱۱۷
۱۲-۴ عمل‌آوردن بتن به وسیله قالبها ۱۲۰
۱۲-۵ عمل‌آوری حفاظتی (محافظت) ۱۲۱
۱۲-۶ عمل‌آوری حرارتی (پروراندن) ۱۲۲
۱۲-۷ مدت زمان مراقبت (عمل‌آوری) ۱۲۳
فصل سیزدهم : بتن‌ریزی در هوای سرد
۱۳-۱ دمای بتن در هوای سرد ۱۲۷
۱۳-۲ اجزای مخلوط بتن و شرایط آن ۱۲۸
۱۳-۳ تعیین دمای بتن ۱۲۹
۱۳-۴ ماده افزودنی حباب‌ساز ۱۳۰
۱۳-۵ ماده افزودنی زودگیرکننده ۱۳۱
۱۳-۶ مخلوط‌کردن و انتقال بتن ۱۳۲
۱۳-۷ بتن‌ریزی ۱۳۲

۱۳-۸ وسایل کار..... ۱۳۲
۱۳-۹ محافظت پس از بتن‌ریزی..... ۱۳۲
فصل چهاردهم : بتن‌ریزی در هوای گرم
۱۴-۱ عوامل موثر در تشدید خسارات ناشی از هوای گرم..... ۱۳۸
۱۴-۲ جمع‌شدگی خمیری..... ۱۳۹
۱۴-۳ مصالح مصرفی..... ۱۴۱
۱۴-۴ ساخت بتن..... ۱۴۱
۱۴-۵ تخمین دمای بتن..... ۱۴۳
۱۴-۶ حمل‌ونقل (انتقال) بتن ۱۴۵
۱۴-۷ کنترل دمای بتن پس از بتن‌ریزی..... ۱۴۵
فصل پانزدهم : قالب‌بندی
۱۵-۱ شرایط قالب‌بندی ۱۵۱
۱۵-۲ مصالح مورد استفاده در ساخت قالب ۱۵۲
۱۵-۳ قالب‌برداری..... ۱۵۳
۱۵-۴ زمان قالب‌برداری ۱۵۳
۱۵-۵ پاشنه (رامکا) ۱۵۴
فصل شانزدهم : میلگردگذاری
۱۶-۱ نوع و مشخصات میلگردهای مصرفی در بتن..... ۱۵۹
۱۶-۲ حمل و انبارکردن میلگردها ۱۵۹
۱۶-۳ بریدن و خم کردن میلگردها ۱۶۰
۱۶-۴ جاگذاری و بستن میلگردها..... ۱۶۲
۱۶-۵ وصله کردن میلگرد..... ۱۶۳
فصل هفدهم : کنترل کیفی بتن تازه و سخت شده
۱۷-۱ کنترل کیفی بتن تازه و ضوابط پذیرش آن..... ۱۶۷

۱۷-۲ کنترل کیفی بتن سخت شده و ضوابط پذیرش آن ۱۶۹
۱۷-۳ ضوابط نمونه‌برداری ۱۶۹
۱۷-۴ تعداد آزمونه‌ها ۱۷۰
۱۷-۵ تواتر نمونه‌برداری (دفعات نمونه‌برداری) ۱۷۰
۱۷-۶ ضوابط پذیرش بتن نمونه‌های آزمایشی (عمل آمده در آزمایشگاه) ۱۷۱

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

فصل اول

شکل ۱ نحوه انتقال سیمان، (سمت راست) از سیلو به بونکر، (سمت چپ) ۳

شکل ۲ شکل هندسی سیلوی سیمان ۴

شکل ۳ نحوه صحیح نگهداری پاکت‌های سیمان ۶

شکل ۴ آزمایش مقدار مواد ریزدانه زیان‌آور ۹

شکل ۵ انواع روشهای انبار کردن سنگدانه ۱۱

شکل ۶ استفاده از دیوار جدا کننده در نگهداری سنگدانه‌ها ۱۲

شکل ۷ نحوه صحیح نگهداری میلگردها ۱۳

فصل دوم

شکل ۱ ظرف مخصوص اندازه‌گیری حجمی مصالح ۱۸

شکل ۲ اثر رطوبت ماسه در حجم آن (به عنوان مثال) ۲۲

فصل سوم

شکل ۱ روش اختلاط بتن با دست ۳۳

شکل ۲ انواع مخلوط‌کن‌های کج‌شونده ۳۳

شکل ۳ یک نمونه مخلوط‌کن غیر کج شونده ۳۳

شکل ۴ مخلوط‌کن عمودی ۳۴

فصل چهارم

شکل ۱ روش نمونه‌گیری از بتن تازه ۴۲

شکل ۲ مخروط آزمایش اسلامپ ۴۴

شکل ۳ محکم نگه‌داشتن قالب اسلامپ در محل خود، ریختن و متراکم کردن در ۳ لایه برابر..... ۴۵
شکل ۴ صاف‌کردن سطح بتن و تمیز نمودن اطراف مخروط اسلامپ..... ۴۶
شکل ۵ بالاآوردن قالب اسلامپ با دست..... ۴۷
شکل ۶ انواع رفتار بتن در آزمایش اسلامپ..... ۴۷

فصل پنجم

شکل ۱ استفاده از چرخ دستی برای انتقال بتن (هموارکردن مسیر و روش انتقال)..... ۵۲
شکل ۲ انتقال بتن با استفاده از فرغون موتوری..... ۵۳
شکل ۳ انتقال بتن با جام و روش تخلیه آن (توجه شود که بتن در نزدیکترین نقطه نسبت به بتن‌ریزی قبلی باید تخلیه می‌شود.)..... ۵۴
شکل ۴ انتقال بتن با استفاده از سطح شیبدار..... ۵۶
شکل ۵ شوت قوطی، سمت راست انتقال بتن با استفاده از شوت سقوطی، سمت چپ ترکیب ناوه و شوت سقوطی..... ۵۶
شکل ۶ کامیون مخلوط‌کن..... ۵۷

فصل هفتم

شکل ۱ محل قراردادن مصالح و ریختن بتن در دالها و یا کف‌های مسلح..... ۶۸
شکل ۲ ریختن بتن در نزدیکی محل مورد نیاز ۶۹
شکل ۳ روش صحیح ریختن بتن..... ۶۹
شکل ۴ روشهای صحیح و ناصحیح بتن‌ریزی در سطح شیبدار..... ۷۰
شکل ۵ تخلیه بتن در ستون و یا دیوار با استفاده از چرخ دستی، یا جام..... ۷۲
شکل ۶ استفاده از یک دریچه در بتن‌ریزی در ارتفاع و یا در مواردی که تراکم میلگرد زیاد است.... ۷۲

فصل هشتم

شکل ۱ اثر تراکم در حذف یا کاهش منافذ ۷۵
شکل ۲ استفاده از یک وسیله میله‌ای و یا بیل مانند برای تراکم بتن..... ۷۷
شکل ۳ جزئیات لرزاننده خرطومی..... ۷۸

شکل ۴ همپوشانی، شعاع عمل ویبراتور و انجام شدن ویبره به صورت عمودی (تعیین فواصل نفوذ ویبراتور) ۷۹
شکل ۵ استفاده از ویبراتور برای متراکم نمودن بتن ۸۰
شکل ۶ نفوذ ویبراتور به لایه قبلی ۸۰
شکل ۷ نحوه صحیح جابجایی بتن با ویبراتور ۸۱
شکل ۸ نمونه‌ای از نحوه نامناسب تراکم بتن ۸۳

فصل نهم

شکل ۱ استفاده از شمشه برای ترازکردن سطح یک دال ۸۸
شکل ۲ استفاده از شمشه‌های دارای ویبره برای ترازکردن و متراکم نمودن سطح به صورت همزمان ۸۸
شکل ۳ تخته ماله‌کشی یا تخته ماله دسته بلند ۸۹
شکل ۴ مرحله ماله‌کشی ۹۱
شکل ۵ پرداخت نهایی با ابزار دستی ۹۲
شکل ۶ پرداخت نهایی با ابزار مکانیکی ۹۲

فصل دهم

شکل ۱ استفاده از دستگاه برش برای ایجاد درز ۹۷
شکل ۲ درز ایجاد شده به وسیله برش و پرکردن آن با نوارهایی از جنس پلاستیک ۹۸
شکل ۳ درز انقباض با استفاده از میلگرد ۱۰۰
شکل ۴ روش بتن‌ریزی دال و ایجاد درز انقباض ۱۰۱

فصل یازدهم

شکل ۱ ابعاد درز ساخت، روش بتن‌ریزی و شکل ظاهری درز ساخت ۱۰۷
شکل ۲ نمای دیوار ۱۰۸

فصل دوازدهم

شکل ۱ عمل‌آوری با پارچه چتایی و خیس کردن متوالی آن ۱۱۶

شکل ۲ عمل‌آوری با پلاستیک..... ۱۱۸
شکل ۳ عمل‌آوری عایقی (پوشش‌های مرکب) ۱۱۸
شکل ۴ روش عمل‌آوری با ماده شیمیایی غشایی ۱۲۰
شکل ۵ استفاده از قالب‌های چند لایه برای عمل‌آوری در هوای سرد..... ۱۲۱
شکل ۶ یک نمونه از دستگاه‌های ایجاد حرارت برای عمل‌آوری حرارتی بتن..... ۱۲۳

فصل چهاردهم

شکل ۱ نمودار تخمین مقدار تبخیر آب از سطح بتن..... ۱۴۰
شکل ۲ آب‌پاشی روی سطح زمین قبل از بتن‌ریزی در هوای گرم برای کاهش دما..... ۱۴۶

فصل شانزدهم

شکل ۱ تجهیزات خم کردن میلگرد..... ۱۶۱

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

فصل دوم

جدول ۱ تغییرات در وزن مصالح و آب با توجه به تغییرات در رطوبت سنگدانه‌ها نسبت به حالت اشباع با سطح خشک ۲۰

جدول ۲ تعیین نسبت‌های مخلوط (یک نمونه مثال حل شده)..... ۲۶

جدول ۳ تعیین نسبت‌های مخلوط ۲۷

فصل سوم

جدول ۱ مدت مخلوط‌کردن..... ۳۶

فصل چهارم

جدول ۱ طبقه‌بندی روانی بتن براساس آزمایش اسلامپ ۴۸

فصل هشتم

جدول ۱ اطلاعات مربوط به بازده و کاربرد انواع لرزاننده‌های داخلی ۸۲

فصل دهم

جدول ۱ حداکثر فاصله درزهای انقباضی ۹۹

جدول ۲ فواصل میلگردها در درزها..... ۹۹

فصل یازدهم

جدول ۱ مشخصات و فواصل میلگرد اتصال (داول) در درز ساخت ۱۰۹

فصل دوازدهم

جدول ۱ حداقل زمان عمل‌آوری بتن..... ۱۲۴

فصل سیزدهم

جدول ۱ دمای توصیه شده بتن در مراحل مختلف ساخت، بتن‌ریزی و نگهداری ۱۲۸

فصل پانزدهم

جدول ۱ راهنمای زمان قالب‌برداری..... ۱۵۴

فصل شانزدهم

جدول ۱ حداقل قطر خم برای میلگردهای مختلف ۱۶۱

فصل هفدهم

جدول ۱ الزامات مربوط به یکنواختی بتن..... ۱۶۹

جدول ۲ تبدیل مقاومت فشاری نمونه استوانه‌ای استاندارد به نمونه مکعبی ۱۵۰ میلیمتر ۱۷۳

۱

انبارکردن مصالح در کارگاه

روش انبار کردن مصالح، در بهبود کیفیت عملکرد سازه بتن آرمه تأثیری بسزا دارد. حتی اگر تمام مراحل اجرا در حد مطلوب انجام گیرد، در صورتی که مصالح در شرایط نامناسب انبار گردد مقاومت و دوام بتن مورد نظر حاصل نمی‌شود. در این بخش، نحوه صحیح انبار کردن مصالح برای ساخت بتن ارائه شده است.

۱-۱ انبار کردن سیمان

معمولاً سیمان به دو صورت فله‌ای و پاکتی از طرف کارخانه سازنده به کارگاه تحویل می‌شود.

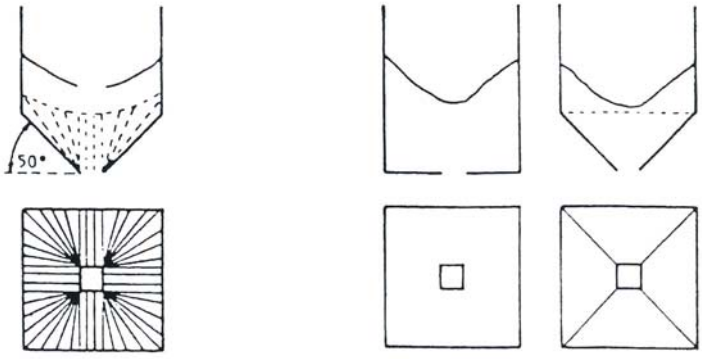
۱-۱-۱- سیمان فله‌ای: در این حالت، سیمان بدون بسته‌بندی توسط کامیون‌های مخصوص حمل سیمان که به بونکر موسوم است از کارخانه سیمان به کارگاه منتقل می‌گردد. برای تخلیه سیمان از بونکر، از یک پمپ باد که بر روی بونکر نصب شده، استفاده می‌شود. پس از توقف بونکر در نزدیک سیلو، لوله مخصوص تخلیه به لوله بارگیری سیلو متصل و سیمان با فشار از طریق لوله بالای سیلو به درون آن می‌ریزد. سیلو، مخزن فلزی است که مقطع آن دایره و قسمت پایین مخزن به شکل مخروط است. شکل ۱، نحوه انتقال سیمان فله را نشان می‌دهد.



شکل ۱ نحوه انتقال سیمان، (سمت راست) از سیلو به بونکر، (سمت چپ) تخلیه سیمان به داخل سیلو

برای انبار کردن سیمان فله‌ای موارد زیر توصیه می‌شوند:

الف – سطح داخلی سیلو باید کاملاً صاف باشد تا تخلیه ذرات سیمان به راحتی انجام گردد. شیب قسمت مخروطی سیلو باید حداقل ۵۰ درجه باشد. به مرور زمان ذرات سیمان به دیواره اطراف سیلو می‌چسبد که بهتر است هر چند وقت یکبار با فشار ملایم باد، سیلو را پاک و تمیز کرد. شکل ۲، شکل هندسی سیلو را به صورت غلط و صحیح نشان می‌دهد.



غلط

چنانچه قسمت پایین سیلو مسطح و یا چهار طرف آن صاف باشد سیمان بصورت مخلوط و یکنواخت خارج نمی‌شود.

صحیح

شیب سیلو در قسمت پایین ۵۰ درجه است تا خروج سیمان به راحتی انجام شود.

شکل ۲ شکل هندسی سیلوی سیمان

ب – سیمان فله را باید در سیلوهای فلزی استاندارد انبار کرد. لازم است از انبار کردن سیمان فله‌ای در انبارهای غیر استاندارد و ساخته شده با مصالح بنایی خودداری شود.

پ – انتهای قیف باید حدود ۱/۵ متر از زمین فاصله داشته باشد و قطر آن حدود ۲۰ سانتیمتر باشد.

ت – ارتفاع کل سیلو از سطح زمین باید به ۱۵ متر محدود شود تا بتوان با وسایل موجود آن را پر نمود و فشار وارده بر سیمان‌های زیرین افزایش نیابد.

ث – در بالای سیلو باید یک هواکش کلاهک دار تعبیه شود تا هوای سیلو در هنگام بارگیری تخلیه گردد.

ج – حداقل ضخامت ورق فولادی سیلو در پایین ۵ میلیمتر بوده و می‌توان بتدریج آن را در بالا به ۳ میلیمتر کاهش داد.

چ – برای کنترل ارتفاع سیمان و همچنین سرویس هواکش، سیلو باید دارای نردبان فلزی باشد.

ح – توصیه می‌شود، سیستم هوادهی برای ایجاد تلاطم در توده تحتانی سیمان جهت جلوگیری از کلوخه شدن زود هنگام آن به کار گرفته شود.

خ – سیمان‌های مختلف و حتی سیمان‌هایی که از یک نوع هستند و از دو کارخانه مختلف تهیه شده‌اند، نباید در یک سیلو نگهداری شوند و برای هر نوع سیمان باید سیلوی مجزا درنظر گرفته شود.

د – توصیه می‌شود از انباشتن سیمان‌های داغ در سیلو خودداری شود، زیرا باعث کاهش کیفیت آن می‌گردد.

ذ – در کارگاه‌هایی که امکان استفاده از سیلوهای فلزی وجود ندارد، در صورت رعایت کلیه موارد فنی و اجرایی می‌توان از سیلوهای دیگر استفاده نمود. در این گونه موارد، توجه به نکات زیر الزامی است:

– ارتفاع کف سیلو باید از تراز زمین‌های مجاور خود بیشتر باشد، تا آب به داخل سیلو وارد نشود.

– کلیه سطوح داخلی سیلو باید در مقابل نفوذ رطوبت عایق گردد.

– سیلو باید به گونه‌ای ساخته شود که امکان باقی ماندن سیمان در گوشه و یا زوایای آن وجود نداشته باشد.

– دریچه‌های ورودی و خروجی سیمان باید به گونه‌ای طراحی شوند، که هنگام برداشت سیمان، همیشه، ابتدا سیمان‌های قدیمی‌تر خارج گردد.

– در قسمت فوقانی سیلو باید یک دریچه برای خروج رطوبت و جلوگیری از تعریق تعبیه گردد. این دریچه، هر چند یک بار باید کنترل شود و از عملکرد صحیح آن اطمینان گردد.

۱-۱-۲- سیمان پاکتی (کیسه‌ای): سیمان پاکتی همان طور که از نامش پیداست، توسط کارخانه در پاکت با وزن معین بسته‌بندی و عرضه می‌شود. سیمان پرتلند نباید در تماس با رطوبت انبار گردد، بلکه باید به صورت خشک نگهداری شود تا از خرابی آن جلوگیری به عمل آید. سیمان پرتلند به رطوبت حساس است، اما اگر به صورت خشک نگهداری شود، کیفیت خود را برای مدت طولانی حفظ می‌کند. زمان

گیرش سیمان پرتلند که در تماس با رطوبت انبار شود، نسبت به سیمانی که خشک نگهداری شود، طولانی‌تر بوده و مقاومت کمتری رانشان می‌دهد.

هنگام استفاده از سیمان‌های پاکتی باید موارد زیر رعایت شود:

الف – در صورت امکان، پاکت‌ها باید در انبار سرپوشیده و یا زیر سایبان نگهداری شوند و در صورت خشک نبودن کف سایبان، باید پاکت‌ها را بر روی تخته چوبی قرار داد. در کارگاه‌های کوچک که ساخت انبار یا سایبان مقدور نیست، پاکتها را باید همیشه بر روی سکوهای چوبی قرار داد و با روکشهای ضد آب آنها را تا روی لبه سکوها پوشاند، تا از نفوذ باران به پاکتهای سیمان و سکو جلوگیری شود. در شکل ۳، نحوه صحیح نگهداری پاکت‌های سیمان نشان داده شده است.



شکل ۳ نحوه صحیح نگهداری پاکت‌های سیمان

ب – کف انبار باید بین ۸۰ تا ۱۲۰ سانتیمتر از سطح زمین بالاتر باشد تا از ورود آب، نشت برف انبار شده در پشت دیوارها و حرکت نم رو به بالا، تا حد امکان جلوگیری به عمل آید. در این گونه انبارها، تخلیه پاکت‌های سیمانی از تریلی حامل آن به راحتی انجام می‌گیرد.

پ – سقف و دیوارها باید تا حد امکان آب‌بندی و نم‌بندی باشد. کف انبار باید با بلوکاژ یا عایق مناسب نم‌بندی گردد.

ت – انبار باید دارای حداقل تعداد در و پنجره باشد و ارتفاع آن تا حد امکان کم و به ۲/۴۰ متر محدود شود.

ث – پاکت‌های سیمان باید با فاصله از دیوار چیده شود تا رطوبت دیوار را جذب نکنند. فاصله حدود ۲۰ سانتیمتر مناسب است.

ج – فاصله بین پاکت‌ها بستگی به رطوبت هوا دارد. اگر سیمان در نواحی خشک انبار می‌شود می‌توان بین پاکت‌ها چند سانتیمتر فاصله گذاشت تا جریان هوا بین پاکت‌ها باعث خشک شدن شود. در مناطق مرطوب، باید پاکت‌ها را بهم چسباند تا رطوبت کمتری به آنها برسد.

چ – ارتفاع و تعداد پاکت‌هایی که روی هم چیده می‌شود، عملاً تابع شرایط محیطی، نوع سیمان و مدت انبار کردن است. فشار وارده به پاکت‌های سیمان یکی از عواملی است که در کلوخه شدن سیمان موثر است. توصیه می‌شود که در مناطق خشک، حداکثر ۱۲ پاکت روی هم چیده شود و در مناطق مرطوب تعداد پاکت‌های روی هم چیده شده، حداکثر به ۸ ردیف محدود گردد.

۱-۱-۳- شرایط سیمان قبل از مصرف: سیمانی که به مدت طولانی انبار شود ممکن است به صورت کلوخه‌های فشرده درآید. این گونه کلوخه‌های سیمان را می‌توان با غلتاندن پاکتها روی کف انبار خرد کرد. به هر حال، سیمان باید در زمان مصرف به صورت پودر فاقد کلوخه باشد. در صورتی که کلوخه‌ها به سهولت خرد نشود، باید سیمان را قبل از مصرف مورد آزمایشهای استاندارد قرار داد. قابل ذکر است، خرد کردن کلوخه‌ها باعث رفع فساد سیمان نمی‌گردد و تنها موجب بهبود نسبی کیفیت بتن ساخته شده می‌شود. به هر صورت، هر گاه کیفیت سیمان مشکوک باشد باید نسبت به آزمایش مقاومت فشاری ملات ماسه سیمان استاندارد یا آزمایش افت وزنی ناشی از سرخ شدن مبادرت نمود. به طور کلی انبار کردن سیمان به مدت طولانی در کاهش مقاومت و دوام بتن نقشی بسزا دارد.

۱-۲ کنترل سنگدانه‌ها قبل از انبار کردن

به دلیل این که احتمال دارد کیفیت سنگدانه‌های خریداری شده در مدت زمان اجرای یک پروژه تغییراتی داشته باشد، باید قبل از انبار کردن سنگدانه‌ها به نکات زیر توجه شود:

- در بسیاری از معادن شن و ماسه مواد ریزدانه مشاهده می‌شود. آلودگی سنگدانه‌ها به این عناصر سبب کاهش کارایی، افزایش جمع شدگی و کاهش مقاومت بتن می‌گردد. در بعضی از موارد که مقدار رس زیاد است، امکان تخریب بتن وجود دارد، زیرا براثر تر و خشک شدن بتن، رس دچار تورم و

جمع‌شدگی می‌شود. چنانچه رس و شیل به سنگدانه‌ها چسبیده باشد، خطر بیشتری برای بتن وجود دارد، زیرا از چسبندگی سنگدانه‌ها به خمیر سیمان نیز جلوگیری می‌کند.

اگر مصالح سنگی از نوع شکسته باشد، مقداری پودر سنگ در مصالح وجود خواهد داشت که در صورت کم بودن مقدار آن، چندان مشکل ساز نخواهد بود. حداکثر وزن مجاز مواد ریزدانه طبق آیین‌نامه بتن ایران (آبا) و استاندارد ملی ایران به شماره ۳۰۲، در ماسه بتن تحت سایش، ۳ درصد و برای سایر بتن‌ها ۵ درصد است. در مورد ماسه شکسته اگر سنگدانه فقط حاوی پودر سنگ است می‌توان مقادیر مجاز را به ترتیب برای بتن تحت سایش و سایر بتن‌ها، ۵ و ۷ درصد در نظر گرفت. برای تعین مقدار مواد ریزدانه می‌توان از دو روش آزمایشگاهی و کارگاهی استفاده نمود.

۱-۲-۱ تعیین مقدار مواد ریزدانه زیان‌آور

۱-۲-۱-۱- روش آزمایشگاهی : در روش آزمایشگاهی که به ذرات زیر الک نمره ۲۰۰ (۷۵ میکرومتر) موسوم است، سنگدانه بر روی الک نمره ۲۰۰ شستشو و مقدار ذرات عبور کرده از الک اندازه‌گیری می‌شود، این ذرات که از الک عبور کرده، نشان دهنده مقدار مواد ریزدانه زیان‌آور است، بنابراین:

$$A = \frac{B - C}{B} = 100$$

که در آن:

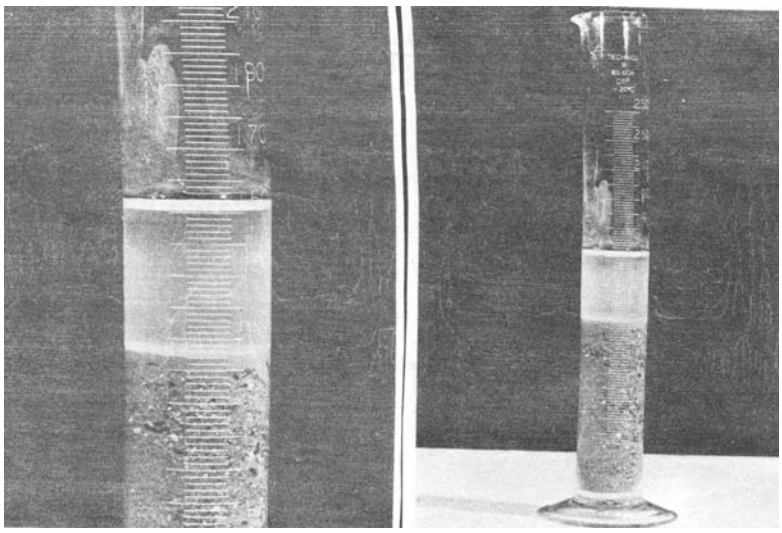
A = درصد مواد عبور کرده از الک نمره ۲۰۰

B = وزن اولیه نمونه خشک شده به گرم

C = وزن خشک نمونه، پس از شستشو به گرم

۱-۲-۱-۲- روش کارگاهی: این روش کاملاً تقریبی است، اما آن را می‌توان به آسانی درکارگاه انجام داد. برای انجام‌دادن آزمایش، ابتدا محلول آب نمک ۱ درصد (۲ قاشق چایخوری نمک در یک لیتر آب) به مقدار ۵۰ میلی لیتر در ظرف استوانه‌ای شیشه‌ای به ظرفیت ۲۵۰ میلی لیتر ریخته می‌شود. بتدریج مقداری ماسه در داخل ظرف ریخته شود تا حجم ماسه به ۱۰۰ میلی لیتر برسد. سپس مقدار

بیشتری از محلول نمک به داخل ظرف ریخته شود تا حجم کل مواد بـه ۱۵۰ میلـی لیتـر برسـد. ظـرف رابایدتکان داد تا ذرات رس چسبیده به سنگدانه‌ها جدا شوند. سپس ظرف را بر روی یـک سـطح صـاف قرار داده و به طور ملایم، بر روی سطح ضربه زده شود تا سطح تراز گردد. بعد از حدود ۳ ساعت، ارتفـاع مواد ریزدانه بر روی سطح ماسه اندازه‌گیری می‌شود و مقدار مواد ریزدانه بر حسـب درصـد ارتفـاع مـواد ریزدانه بر روی سطح ماسه به ارتفاع کل ماسه محاسبه می‌گردد. اگر مقـدار مـواد ریزدانـه کمتـر از ۱۰ درصد حجمی باشد، استفاده از آن بلامانع است، اما در غیر این صورت باید آزمایش به روش آزمایشگاهی انجام شود. باید توجه کرد که روش کارگاهی، مقدار مواد ریزدانه زیان‌آور را بر حسب حجم تعیین می‌کند و تبدیل آن به وزن مشکل است. اما به عنوان راهنمای کلی و تقریبی برای تبدیل حجم به مقدار وزنـی، باید نسبت حجمی را در مورد ماسه گردگوشه به چهار و در مورد ماسـه شکسـته، بـه دو تقسـیم نمـود. شکل ۴، آزمایش تعیین مواد ریزدانه زیان‌آور کارگاهی را نشان می‌دهد.



شکل ۴ آزمایش مقدار مواد ریزدانه زیان‌آور

• آلودگی سنگدانه‌ها به کلرید سبب خوردگی میلگرد، و آلودگی به سولفات سـبب تـرک خـوردگی و انبساط بتن می‌گردد. بنابراین باید قبل از مصرف سنگدانه‌ها، آزمایشهای مربوط بر روی آنها انجام شود و با مقادیر مجاز ذکر شده در آیین نامه بتن ایران (آبا) مقایسه گردند.

• بعضی از انواع سنگدانه‌ها با قلیایی موجود در سیمان واکنش شیمیایی انجام می‌دهند و درنتیجه بتن، منبسط شده و تخریب می‌گردد. تشخیص فعال بودن سنگدانه‌ها فقط با تعیین نوع سنگدانه و یا با مشاهده ظاهری سنگدانه امکان پذیر نیست، بلکه باید آزمایش‌هایی بر روی سنگدانه‌ها انجام گردد. در صورت عدم دسترسی به وسایل آزمایش، بهترین روش، استفاده از سنگدانه‌هایی است که قبلاً مورد استفاده ویا آزمایش قرار گرفته‌اند. نتایج به دست آمده از این روش نشان می‌دهد که سنگدانه‌های معدن مذکور واکنش زا نیست، اما به هر حال باید از سیمان با قلیایی کم استفاده نمود.

۱-۳ انبارکردن سنگدانه‌ها

از آنجاکه سه چهارم حجم بتن را مصالح سنگی تشکیل می‌دهد، روش انبار کردن و نگهداری مصالح سنگی اهمیت زیادی دارد، یکی از مشکلاتی که هنگام انباشتن سنگدانه‌ها در کارگاه مشاهده می‌شود، جدا شدن ذرات دانه های سنگی است. مصالح سنگی دانه‌بندی شده ممکن است در هنگام عملیات انباشتن دچار عارضه جداشدگی دانه‌ها شود. برای کنترل جداشدگی ذرات مصالح سنگی و به طور کلی در هنگام انبار کردن صحیح سنگدانه‌ها موارد زیر باید رعایت گردد، همچنین شکل ۵، روشهای صحیح و نادرست انبار کردن را نشان می‌دهد.

الف – برای اجتناب از جدا شدن ذرات نباید انباشته سنگدانه‌ها دارای ارتفاع زیاد باشد، زیرا دانه‌های بزرگتر جدا شده و به پایین انتقال می‌یابند. بهترین روش برای انباشتن سنگدانه استفاده از کامیون است، به نحوی که تخلیه مصالح در کنار یکدیگر انجام پذیرد، تا بدین وسیله، انباشته‌های کوچک در مجاورت هم قرار گیرد. روش دیگر انباشتن سنگدانه، استفاده از کلامشل (چنگک) است که سنگدانه‌ها را در طبقات با لایه‌های مختلف انبار می‌کند.



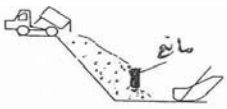
غلط
استفاده از کلا مشل با ظرفیت زیاد و انبارکردن مصالح به صورت یک واحد، منجر به جداشدن دانه‌ها می‌گردد.



صحیح
با استفاده از کلا مشل، مصالح در واحدهای کوچک انبار می‌شوند و در نتیجه سنگدانه‌ها بر روی شیب و لبه‌های انبار سقوط نمی‌کنند.



غلط
روشی که اجازه می‌دهد، سنگدانه‌ها بر روی سراشیبی انبار حرکت کنند.



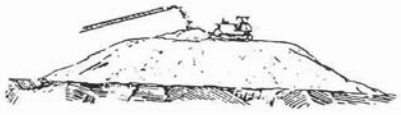
صحیح
استفاده از مانع برای جلوگیری از حرکت سنگدانه‌های درشت



غلط
سقوط آزاد مصالح باعث جداشدگی سنگدانه‌ها می‌گردد.



صحیح
استفاده از تسمه نقاله و لوله شوت، تسمه نقاله باید تا حدامکان در ارتفاع کم قرار گیرد تا از جابجائی ذرات ریز به وسیله باد جلوگیری شود.



غلط
انبار کردن به وسیله تسمه نقاله و تنظیم لایه‌های افقی به وسیله لودر



غلط
کامیون بر روی مصالح عبور می‌کند و سبب شکسته و آلوده شدن آنها می‌گردد، سنگدانه‌ها نیز به پائین شیب سقوط می‌کند، که سبب جداشدگی دانه‌ها می‌شود.



غلط
انبار شیبدار با استفاده از لودر یا بلدوزر

شکل ۵ انواع روشهای انبار کردن سنگدانه

ب – عبور کامیون از بالای انباشته و تخلیه سنگدانه‌ها در انتهای آن مجاز نیست، زیرا سبب جدا شدن دانه‌ها می‌گردد. بهتر است لودر از کنار انباشته سنگدانه‌ها و از قسمت بالا به پایین، سنگدانه‌ها را بردارد به گونه‌ای که تمام لایه‌های افقی به طور همزمان مورد استفاده قرار گیرند. به طور کلی کامیونها و لودرها نباید بر روی انباشته رفت و آمد نمایند، زیرا نه تنها باعث شکستن سنگدانه‌ها می‌شوند، بلکه مواد مضر و آلوده را نیز به آن منتقل می‌کنند.

پ – سنگدانه‌ها باید روی سطح زمین سخت و خشک انبار شود. اگر چنین مکانی در کارگاه وجود ندارد، بهتر است که سنگدانه‌ها بر روی سکوی بتنی به ضخامت ۱۰ سانتیمتر انباشته شود.

ت – بهترین روش برای اجتناب از تغییرات دانه‌بندی و جدا شدن دانه‌ها، انبار کردن سنگدانه‌ها در اندازه‌های مختلف به طور جداگانه می‌باشد. برای آنکه از مخلوط شدن اندازه‌های متفاوت سنگدانه‌ها جلوگیری شود، بهتر است در بین آنها دیوار جدا کننده قرار داد. شکل ۶ نحوه صحیح نگهداری سنگدانه‌ها با دانه‌بندی مختلف را نشان می‌دهد.



شکل ۶ استفاده از دیوار جدا کننده در نگهداری سنگدانه‌ها

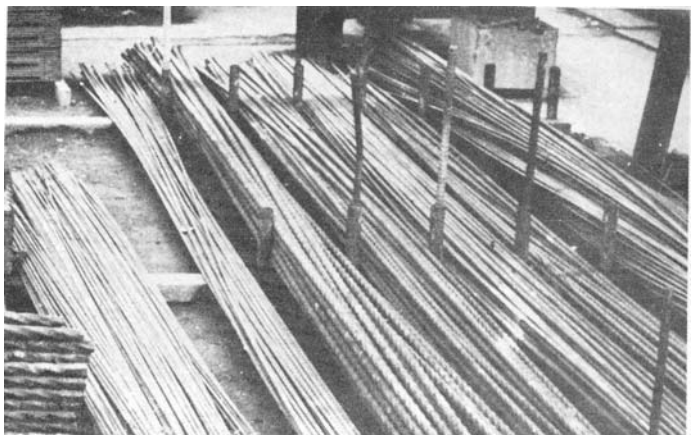
ث – در کارگاه‌ها باید پس از انباشتن سنگدانه‌ها به طور مستمر از آنها نمونه‌برداری شود و آزمایش دانه‌بندی انجام پذیرد تا از انطباق آنها با دانه‌بندی مورد نظر اطمینان حاصل گردد. در صورتی که دانه‌بندی سنگدانه‌ها با دانه‌بندی مورد نظر منطبق نباشد باید نسبت به اصلاح آن اقدام شود.

ج – تغییر در مقدار رطوبت سنگدانه‌ها سبب تغییر مقدار کارایی در پیمانه‌های مختلف بتن می‌گردد. مقدار رطوبت سنگدانه‌ها باید به طور مستمر مورد آزمایش و اندازه‌گیری قرار گیرد و در صورت لزوم نسبت به تغییر مقدار آب مخلوط و همچنین طرح اختلاط اقدام گردد.

۱-۴ انبارکردن میلگردها

در هنگام انبار کردن میلگردها باید موارد زیر رعایت گردد:

الف – میلگردها را باید بر حسب نوع و قطر آنها تفکیک و در کارگاه انبار کرد. در صورت وجود میلگردهای هم قطر، اما با مقاومت و مشخصات متفاوت باید آنها را در محل‌های جداگانه انبار و سطح مقطع آنها را با رنگهای مختلف علامتگذاری کرد (شکل ۷).



شکل ۷ نحوه صحیح نگهداری میلگردها

ب – در صورت تردید در نوع ومقاومت میلگردها باید آزمایش کششی بر روی آنها انجام گردد. محل انبار میلگردها باید تمیز باشد و میلگردها نباید با خاک یا سایر مصالح در تماس باشند، زیرا وجود رطوبت در خاک سبب زنگ زدگی میلگردها شده و از پیوستگی میلگردهای آلوده به خاک با بتن کاسته می‌شود.

پ – از میلگردهایی که شدیداً خوردگی دارند و یا خوردگی آنها از نوع حفره‌ای است نباید استفاده گردد. خوردگی یکنواخت به مقدار بسیار کم بدون مانع است، زیرا مقدار کم زنگ سبب افزایش چسبندگی شده و امکان تبدیل لایه نازک به لایه محافظ یا انفعالی وجود دارد. برای توضیحات بیشتر به فصل کنترل و آماده سازی قبل از بتن‌ریزی (فصل ششم) مراجعه شود.

۲

توزین و پیمانه‌کردن اجزای مخلوط

به طور کلی برای ساخت بتن در کارگاه‌ها باید از روش وزنی استفاده شود. به عبارت دیگر برای پیمانه کردن اجزای مخلوط باید توسط ترازوی مناسب و یا توسط مخلوط‌کن‌های مجهز به دستگاه توزین، مقادیر اجزای بتن وزن شوند.

اما تحت شرایط خاص می‌توان از روش حجمی برای اندازه‌گیری اجزای بتن نیز استفاده نمود. منظور از شرایط خاص، عدم دسترس به تجهیزات مورد نیاز برای توزین مصالح، حجم کم بتن مورد نیاز و اهمیت کم سازه است. استفاده از روش حجمی وقتی مجاز است که نکات زیر رعایت گردد:

- برای بتن‌هایی که مقاومت مشخصه آنها مساوی و یا کمتر از MPa ۲۵ (C25) است.
- کنترل کیفیت بتن تازه، بر اساس اندازه‌گیری اسلامپ انجام شود.
- کنترل کیفیت بتن سخت شده بر اساس اندازه‌گیری مقاومت فشاری نمونه‌های استاندارد اعمال می‌گردد.
- تمام دستورالعمل‌های ارائه شده در این فصل رعایت شود.

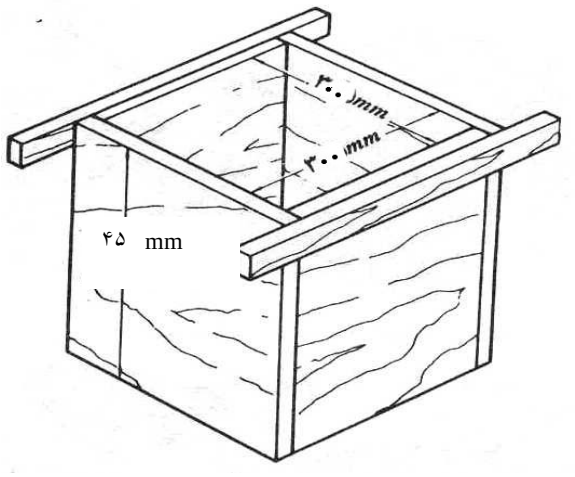
قبل از ارائه دستورالعمل برای پیمانه کردن حجمی مصالح، ابتدا توضیح چند مورد به شرح زیر ضروری است.

۲-۱ تجهیزات مورد نیاز برای روش حجمی

برای تبدیل نسبت‌های وزنی به حجمی باید از یک پیمانه با اندازه مشخص استفاده شود. در انتخاب پیمانه و استفاده از آن باید نکات زیر رعایت گردد :

الف – انتخاب ابعاد این پیمانه اختیاری است، ولی با توجه به حجم یک پاکت سیمان ۵۰ کیلوگرمی که حدوداً ۳۸ تا ۴۲ لیتر است توصیه می‌شود از یک ظرف با ابعاد ۳۰×۳۰ سانتیمتر و ۴۵سانتیمتر ارتفاع استفاده گردد (شکل ۱). ظرف پیمانه می‌تواند دارای کف و یا بدون کف باشد.

ب – جنس ظرف پیمانه باید از موادی باشد که اولاً آب زیادی جذب نکند و به مرور زمان دچار زنگ زدگی یا پوسیدگی نشود، ثانیاً ابعاد آن بر اثر استفاده تغییر نکند. به هر حال، استفاده از ظرف پیمانه چوبی با رعایت نکات فوق بلامانع است.



شکل ۱ ظرف مخصوص اندازه‌گیری حجمی مصالح

پ – نحوه پرکردن مصالح داخل ظرف پیمانه در هر نوبت یکسان باشد. به طور مثال می‌توان همه پیمانه‌های مصالح را با استفاده از بیل داخل ظرف ریخت، به گونه‌ای که بدون اعمال هیچگونه ضربه یا لرزش (تراکم)، مصالح در داخل ظرف پر گردد و سطح آن نیز صاف و با لبه‌های ظرف تراز شود.

۲-۲ اثر رطوبت سنگدانه‌ها در وزن آب مخلوط

معمولاً در هنگام طرح مخلوط بتن، شرایط رطوبت سنگدانه‌ها به صورت اشباع با سطح خشک[1](SSD) در نظر گرفته می‌شود و آب به صورت آب موثر یا آب آزاد در محاسبات منظور می‌گردد. بنابراین در کارگاه، ابتدا باید وضعیت سنگدانه‌ها از نظر مقدار رطوبت مشخص گردد. به طور کلی شرایط رطوبت سنگدانه‌ها به دو حالت زیر است:

الف) مقدار رطوبت موجود سنگدانه کمتر از مقدار SSD است. در این صورت باید به مقدار تفاوت رطوبت SSD سنگدانه از رطوبت موجود آن، به مقدار آب آزاد مخلوط اضافه شود و همین مقدار از وزن

1. Saturated Surface Dry

سنگدانه کسر گردد. باید توجه نمود که مقدار رطوبت مورد نیاز برای رسیدن به SSD (جذب آب سنگدانه) قبلاً توسط آزمایشگاه باید اعلام شده باشد.

ب) مقدار رطوبت موجود سنگدانه بیشتر از مقدار SSD است. در این حالت باید به مقدار تفاوت رطوبت SSD سنگدانه از رطوبت موجود آن، از مقدار آب آزاد مخلوط کسر و همین مقدار به وزن سنگدانه اضافه گردد.

با در نظر گرفتن مطالب فوق می‌توان برای تعیین مقدار اصلاح آب آزاد مخلوط بتن و سنگدانه، از روابط زیر استفاده نمود:

(وزن سنگدانه‌ها در حالت موجود – وزن سنگدانه‌ها در حالت SSD) + آب آزاد = آب مصرفی

(درصد تغییرات رطوبت + ۱) × وزن سنگدانه در حالت SSD = وزن سنگدانه در حالت موجود

در رابطه فوق باید دقت نمود در صورتی که سنگدانه‌های موجود دارای رطوبت کمتری نسبت به حالت SSD باشد، درصد تغییرات رطوبت عددی منفی و در غیر این صورت مثبت است.

در موارد عدم دسترس به تجهیزات لازم، و یا امکان کنترل رطوبت واقعی در کارگاه می توان با استفاده از جدول ۱، به عنوان یک راهنمای تقریبی نسبت به اصلاح مقدار آب و سنگدانه استفاده نمود.

جدول ۱ تغییرات در وزن مصالح و آب با توجه به تغییرات در رطوبت سنگدانه‌ها نسبت به حالت اشباع با سطح خشک

نوع مصالح	تغییرات رطوبتی مصالح نسبت به وضعیت SSD	تغییرات آب (درصد)	تغییرات وزن سنگدانه (درصد)
ماسه	خیس (سطح سنگدانه‌ها کاملاً خیس بوده و بین ذرات نیز آب وجود دارد)	−(۱۰−۲۰)	+(۲−۴)
	مرطوب (سطح نمونه‌ها مرطوب است، اما از سطح آنها آب چکه نمی‌کند)	− (۰−۱۱)	+ (۰−۲/۵)
	اشباع با سطح خشک (مغز دانه‌ها از آب اشباع است ولی سطح آنها خشک است)	۰	۰
	خشک شده در محیط (داخل دانه‌ها کمی آب وجود دارد، ولی در هوا خشک شده‌اند)	+(۰−۱۳)	− (۰−۲/۵)
	خشک آونی (دانه‌ها کاملاً خشک بوده و هیچگونه رطوبتی ندارند)	+(۱۳−۲۰)	− (۲−۵)
شن	خیس (سطح سنگدانه‌ها کاملاً خیس بوده و بین ذرات نیز آب وجود دارد)	− (۵−۱۰)	+ (۲−۵)
	مرطوب (سطح نمونه‌ها مرطوب است، اما از سطح آنها آب چکه نمی‌کند)	− (۰−۶)	+ (۰−۲/۵)
	اشباع با سطح خشک (مغز دانه‌ها از آب اشباع است، ولی سطح آنها خشک است)	۰	۰
	خشک شده در محیط (داخل دانه‌ها کمی آب وجود دارد ولی در هوا خشک شده‌اند)	+ (۰−۶)	− (۰−۲)
	خشک آونی (دانه‌ها کاملاً خشک بوده و هیچگونه رطوبتی ندارند)	+ (۵−۱۰)	− (۲−۳)

علامت – به معنی کاهش وزن آب یا سنگدانه است.

علامت + به معنی افزایش وزن آب یا سنگدانه است.

* در انتخاب حد بالایی و یا پایینی محدوده‌های پیشنهادی، میزان درصد جذب آب سنگدانه‌ها موثر می‌باشد به گونه‌ای که هر چه جذب آب کمتر باشد، از اعداد کوچکتر ارائه شده در هر محدوده استفاده می‌شود و بالعکس.

در کارگاه، برای آنکه مشخص شود که آیا رطوبت سنگدانه کمتر یا بیشتر از SSD است می‌توان با آزمایش ساده زیر وضعیت رطوبتی سنگدانه را تخمین زد.

مقداری از ماسه را برداشته و در مشت فشرده کنید. حال اگر ماسه از هم جدا شود و به دست نچسبد و به شکل گلوله نیز درنیاید، نشان می‌دهد که رطوبت موجود کمتر از ظرفیت جذب آب بوده و احتمالاً رطوبت نسبی کم، و حدوداً ۲-۱ درصد است. در صورتی که ماسه پس از فشردن در مشت از هم جدا نشود و خیلی کم به دست بچسبد رطوبت آن در حدود ظرفیت جذب آب بوده و بین ۴-۲ درصد تخمین زده می‌شود. اگر ماسه حالت برق زدن و درخشش داشته و دست را خیس کند رطوبت آن زیاد بوده و می‌تواند بیش از ۴ درصد باشد.

۲-۳ اثر رطوبت سنگدانه در حجم آن

معمولاً با تغییر رطوبت سنگدانه، حجم آن نیز تغییر می‌کند. هر چه اندازه سنگدانه ریزتر باشد این پدیده شدیدتر است. به عبارت دیگر، تغییر رطوبت ماسه اثر قابل توجهی روی حجم آن خواهد گذاشت. برای مثال، مقدار رطوبت ۲ تا ۵ درصد می‌تواند حجم ماسه را بین ۱۰ تا ۲۰ درصد افزایش دهد. چنانچه ماسه ریزتر باشد، افزایش حجم تا ۳۰ درصد نیز ممکن است مشاهده گردد.

برای مشخص نمودن میزان افزایش حجم یک ماسه می‌توان از آزمایش ساده ای در محل استفاده نمود.

در این آزمایش، یک لوله آزمایش مدرج شیشه‌ای به ظرفیت حدود ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌لیتر انتخاب می‌شود. سپس ماسه خشک آونی به داخل آن ریخته شده و سطح نهایی ماسه تعیین و ارتفاع ماسه از کف لوله اندازه‌گیری می‌شود (a) که بهتر است از دو سوم ارتفاع نهایی درجه‌بندی شده تجاوز نکند. سپس ماسه خشک را تخلیه نموده و یک درصد وزنی رطوبت به آن افزوده و خوب مخلوط می‌کنیم، این ماسه را مجدداً در لوله مدرج گفته شده ریخته و ارتفاع مربوط را ثبت می‌نماییم (bi). این عمل را برای درصد رطوبت‌های مختلف انجام می‌دهیم و می‌توانیم رابطه رطوبت و افزایش حجم را برای ماسه‌های مورد نظر به دست آوریم.

$$\text{درصد افزایش حجم} = \frac{b_i - a}{a} \times 100$$

a: ارتفاع اولیه

b_i: ارتفاع در رطوبت i

چنانچه وضعیت رطوبت ماسه در کارگاه در طول اجرای پروژه تغییر می‌کند، باید با استفاده از آزمایش فوق، رابطه بین تغییرات رطوبت ماسه و افزایش حجم آن رسم گردد. برای مثال، به شکل شماره ۲ توجه گردد.



شکل ۲ اثر رطوبت ماسه در حجم آن (به عنوان مثال)

۲-۴ دستورالعمل برای پیمانه کردن حجمی مصالح

برای پیمانه کردن مصالح بر حسب حجم باید مراحل زیر اجرا گردد:

الف) به منظور اصلاح مقدار سنگدانه‌ها و همچنین آب مصرفی بر اساس تغییرات رطوبت سنگدانه‌ها نسبت به فرضیات طراحی (حالت SSD و یا حالت خشک)، باید مقدار رطوبت آنها حداقل یک بار در روز و قبل از شروع به ساخت بتن و یا در صورت تغییرات قابل توجه طی مدت ساخت بتن (مانند ریزش باران، برف و ...)، تعیین شود. چنانچه امکان آزمایش تعیین مقدار رطوبت در کارگاه موجود نباشد، می‌توان از توضیحات ارائه شده در بند " اثر رطوبت سنگدانه‌ها در وزن آب مخلوط " استفاده نمود.

ب) ابتدا باید وزن مخصوص انبوهی (وزن حجمی) اجزا محاسبه گردد. بنابراین بـا اسـتفاده از رابطـه زیر، وزن مخصوص انبوهی محاسبه می‌شود:

$$D = \frac{B - A}{V}$$

که در آن:

D = وزن حجمی انبوهی

A= وزن ظرف پیمانه

B = وزن مصالح و پیمانه

V = حجم پیمانه

منظور از پیمانه همان ظرفی است که در بند " تجهیزات مورد نیاز" شرح داده شده است. از آنجا که وزن حجمی مصالح با تغییر در ابعاد و شکل پیمانه تغییر می کند، باید در تمام طول اجرای پروژه (ساخت بتن)، از یک پیمانه معین استفاده نمود.

باید وزن حجمی هر یک از مصالح، حداقل ۲ بار برای هر پروژه اندازه‌گیری گردد. چنانچـه تغییـرات محسوسی در رطوبت سنگدانه‌ها مشاهده شود و یا در نوع مصالح حاصل گردد، اندازه‌گیری وزن حجمـی باید انجام گیرد و اصلاحات لازم اعمال گردد.

پ) در این مرحله باید حجم مصالح برای ساخت یک متر مکعب بتن به دست آید. بـرای ایـن منظـور بـا استفاده از رابطه زیر، حجم هر یک از مصالح (شن، ماسه و سیمان) محاسبه می‌گردد:

$$V = \frac{W}{D}$$

که در آن:

V = حجم هر یک از مصالح در حالت موجود

W = وزن اصلاح شده مصالح (طبق بند ۱)

D = وزن حجمی مصالح (طبق بند ۲)

در صورتی که تعیین وزن حجمی مصالح در کارگاه امکان نداشته باشد، باید اثر رطوبت ماسه در حجم آن طبق بند " اثر رطوبت سنگدانه در حجم آن" تعیین گردد.

با استفاده از منحنی رابطه تغییرات رطوبت در برابر حجم می‌توان مقدار حجم ماسه را در رطوبت‌های مختلف تخمین زد. در مورد دیگر مصالح (شن و سیمان)، حجم آنها بدون تغییر فرض می‌شود.

ت) پس از تعیین حجم هر یک از مصالح طبق بند ۳، بر اساس حجم مفید مخلوط‌کن، باید حجم مخلوط بتن و سپس تعداد پیمانه مورد نیاز، برای هر یک از مصالح تعیین گردد.

مثال:

مطلوب است با فرض داشتن طرح اختلاط (بر اساس وزن مصالح در حالت SSD)، محاسبه حجم مصالح در یک متر مکعب بتن با مشخصات زیر:

مشخصات طرح اختلاط (برای یک متر مکعب)

سیمان (kg/m^3)	شن در حالت SSD (kg/m^3)	ماسه در حالت SSD (kg/m^3)	آب (kg/m^3)
۳۵۰	۹۲۴	۹۰۰	۱۷۵

مشخصات مصالح

مشخصات	شن در حالت SSD (kg/m^3)	ماسه در حالت SSD (kg/m^3)	آب (kg/m^3)
ظرفیت جذب آب (٪)	۲/۵	۴/۲	–
رطوبت موجود در کارگاه (٪)	۱/۵	۲/۷	–
وزن مخصوص انبوهی مصالح در حالت SSD (Lit/m^3)	۱/۶۲	۱/۶۷	۱/۲۲

راه حل:

ابتدا با توجه به اینکه رطوبت مصالح سنگی در کارگاه کمتر از ظرفیت جذب آب حالت SSD می‌باشد (بر اساس داده‌های مسئله) وزن مصالح بر اساس حالت موجود اصلاح می‌گردد:

وزن ماسه در حالت موجود = $900\times (1+\frac{2.7-4.2}{100}) = 886.5\ kg/m^3$

وزن شن در حالت موجود = $924\times (1+\frac{1.5-2.5}{100}) = 914.8\ kg/m^3$

آب مصرفی = $175+(900-886.5)+(924-914.8) = 197.7\ kg/m3$

به منظور تبدیل وزن مصالح به حجم، در ساخت یک متر مکعب بتن، باید وزن مخصوص انبوهی شن و ماسه در وضعیت رطوبت موجود مجدداً محاسبه شود و یا با توجه به روابط به دست آمده اصلاح گردد.

جهت سهولت و با در نظر گرفتن تغییرات بسیار جزئی در وزن مخصوص انبوهی شن (بر اساس تغییرات رطوبت)، تنها وزن مخصوص انبوهی ماسه مجدداً محاسبه می‌گردد. با فرض وزن مخصوص انبوهی ماسه در رطوبت موجود در کارگاه برابر با ۱/۷۱، ادامه مسئله به شکل زیر قابل حل است:

حجم سیمان = $\frac{350}{1.22} = 286.9 \approx 287$ لیتر
حجم شن = $\frac{915}{1.62} = 564.8 \approx 565$ لیتر
حجم ماسه = $\frac{887}{1.71} = 518.7 \approx 519$ لیتر
حجم آب = $\frac{198}{1} = 198$ لیتر

مراحل فوق به صورت خلاصه و گام به گام در جدول ۲ ارائه شده است.
همچنین یک نمونه جدول خام تعیین نسبت‌های مخلوط نیز در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۲ تعیین نسبت‌های مخلوط (یک نمونه مثال حل شده)

مشخصات کلی پروژه	
نام پروژه: مثال	روش ساخت بتن: روش حجمی / روش وزنی
مقاومت مشخصه بتن:	اسلامپ بتن مورد نیاز:
حجم اسمی مخلوط‌کن:	حجم مفید مخلوط‌کن:

داده‌های اجزای بتن

گام	ویژگی	شن درشت	شن ریز	ماسه	سیمان	آب	مواد افزودنی
–	ظرفیت جذب آب (٪)	۲/۵	–	۴/۲			
۱	رطوبت موجود کارگاهی (٪)	۱/۵	–	۲/۷			
۲	وزن مخصوص انبوهی SSD (Lit/m3)	۱/۶۲	–	۱/۶۷			–
۲	وزن مخصوص انبوهی خشک (Lit/m3)	–	–	–	۱/۲۲	۱	
–	دما (^{o}C)						

مقادیر وزنی اجزای بتن برای یک متر مکعب

گام	مقادیر وزنی	شن درشت	شن ریز	ماسه	سیمان	آب	مواد افزودنی
–	وزن در حالت SSD (Kg/m3)	۹۲۴	–	۹۰۰	۳۵۰	آزاد: ۱۷۵	–
–	وزن در حالت خشک (Kg/m3)	–	–	–		کل: –	
۳	وزن در حالت موجود در کارگاه (Kg/m3)	۹۱۵	–	۸۸۷		مصرفی: ۱۹۸	

مقادیر حجمی اجزای بتن برای یک متر مکعب

گام	مقادیر حجمی	شن درشت	شن ریز	ماسه	سیمان	آب	مواد افزودنی
۴	حجم در حالت SSD (Lit)				۲۸۷	آزاد:	–
۴	حجم در حالت خشک (Lit)					کل:	
۵	حجم در حالت موجود در کارگاه (Lit)	۵۶۵	–	۵۱۹		مصرفی: ۱۹۸	

تعداد پیمانه اجزای بتن برای حجم مورد نیاز (حجم مفید مخلوط‌کن)

گام	تعداد پیمانه	شن درشت	شن ریز	ماسه	سیمان	آب	مواد افزودنی
۶	تعداد پیمانه در حالت موجود در کارگاه						

مشخصات بتن تازه (ساخته شده)

مقدار اسلامپ (پس از.....دقیقه) :	مشاهدات ظاهری: (جداشدگی / آب انداختگی / بافت دانه بندی بتن)	
نوع اسلامپ : (ریزشی/برشی/معمولی)	وزن مخصوص بتن :	دما :

جدول ۳ تعیین نسبت‌های مخلوط

مشخصات کلی پروژه	
نام پروژه :	روش ساخت بتن : روش حجمی / روش وزنی
مقاومت مشخصه بتن:	اسلامپ بتن مورد نیاز:
حجم اسمی مخلوط کن:	حجم مفید مخلوط کن:

داده‌های اجزای بتن

گام	ویژگی	شن درشت	شن ریز	ماسه	سیمان	آب	مواد افزودنی
-	ظرفیت جذب آب (٪)						
۱	رطوبت موجود کارگاهی (٪)						
۲	وزن مخصوص انبوهی SSD (Lit/m3)						
۲	وزن مخصوص انبوهی خشک (Lit/m3)						
-	دما (^{o}C)						

مقادیر وزنی اجزای بتن برای یک متر مکعب

گام	مقادیر وزنی	شن درشت	شن ریز	ماسه	سیمان	آب	مواد افزودنی
-	وزن در حالت SSD (Kg/m3)					آزاد:	
-	وزن در حالت خشک (Kg/m3)					کل:	
۳	وزن در حالت موجود در کارگاه (Kg/m3)					مصرفی:	

مقادیر حجمی اجزای بتن برای یک متر مکعب

گام	مقادیر حجمی	شن درشت	شن ریز	ماسه	سیمان	آب	مواد افزودنی
۴	حجم در حالت SSD (Lit)					آزاد:	
۴	حجم در حالت خشک (Lit)					کل:	
۵	حجم در حالت موجود در کارگاه (Lit)					مصرفی:	

تعداد پیمانه اجزای بتن برای حجم مورد نیاز (حجم مفید مخلوط‌کن)

گام	تعداد پیمانه	شن درشت	شن ریز	ماسه	سیمان	آب	مواد افزودنی
۶	تعداد پیمانه در حالت موجود در کارگاه						

مشخصات بتن تازه (ساخته شده)

مقدار اسلامپ (پس از.....دقیقه):	مشاهدات ظاهری: (جداشدگی / آب انداختگی / بافت دانه بندی بتن)	
نوع اسلامپ : (ریزشی/برشی/معمولی)	وزن مخصوص بتن:	دما :

۳

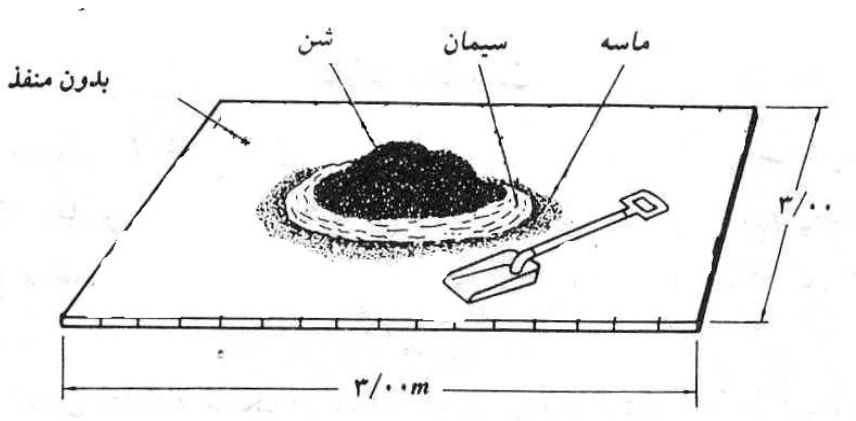
اختلاط بتن

بتن باید به نحوی مخلوط شود، تا ظاهری یکنواخت داشته باشد و کلیه مـواد تشـکیل‌دهنـده آن بـه صورت همگن در مخلوط‌کن پخش شود. پس از مخلوط کردن بتن، تمام قسمت‌های مخلوط بایـد دارای وزن مخصوص، درصد هوا، اسلامپ، سنگدانه و خمیر سیمان یکسـان بـوده و مخلـوط بـه دسـت آمـده همگن و یکنواخت باشد. مخلوط کردن بتن، معمولاً با وسایل مکانیکی انجام می‌شود، اما بعضی از مواقع امکان دارد در کارهای کم اهمیت و کوچک، مخلوط کردن بتن به صورت دستی انجام گردد.

۳-۱ اختلاط دستی

هدف از مخلوط نمودن، پوشاندن سطح کلیه ذرات سنگدانه‌هـا بـا خمیـر سـیمان همگـن اسـت. در مخلوط کردن، ترکیب کلیه مواد متشکل باید به نحوی باشـد کـه مخلـوط حاصـل یکنواخـت گـردد. در مواردی که امکان ساخت بتن با دستگاه مخلوط‌کن فراهم نیست و بتن باید با دسـت مخلـوط شـود، بـه منظور اطمینان از تولید بتن یکنواخت باید دقت بیشتری گردد. حداکثر حجم بتن برای هر بار سـاخت بـا دست، ۳۰۰ لیتر است. برای مخلـوط کـردن دسـتی بایـد مـوارد زیـر رعایـت گـردد و بـه شـکل ۱ نیـز مراجعه شود.

- عملیات مخلوط کردن باید بر روی سطح صاف و تمیز که آب را جذب نمی‌کند، انجام شود. توصیه می‌شود از یک ورق گالوانیزه استفاده شود.
- برای ساخت بتن با دست، باید سنگدانه‌ها را به صورت لایه یکنواختی بـر روی سـطح پهـن کـرد. سپس سیمان را روی سنگدانه‌ها پخش کرد و مواد خشک از یک طرف سطح به طرف دیگر آن زیر و رو گردد تا اینکه مخلوط یکنواخت حاصل شود. این عمل باید حداقل سه مرتبـه تکـرار شـود. آنگـاه آب بـا استفاده از یک آبفشان تدریجاً اضافه گردد به طوری که آب یا دوغاب سیمان به طرف خارج مخلوط جریان نیابد. مخلوط باید سه بار دیگر زیرورو گردد و نوک بیل به صورت مکرر داخل مخلوط شود تا از لحاظ رنـگ و روانی یکنواخت گردد. در حین مخلوط کردن نباید اجازه داد خاک و یا دیگر مواد خارجی در بتن مخلوط گردد.



شکل ۱ روش اختلاط بتن با دست

• از آبخوره کردن مصالح اکیداً خودداری شود. توصیه می‌شود برای جبران برخی از کاستی‌ها در اختلاط دستی، حدود ۵ تا ۱۰ درصد به مقدار سیمان افزوده گردد.

۳-۲ مخلوط کن‌های مکانیکی

امروزه، مخلوط‌کن‌های متنوعی وجود دارد، اما به طور کلی می‌توان آنها را به دو گروه تقسیم کرد:

- مخلوط‌کن های استوانه‌ای
- مخلوط‌کن‌های عمودی یا تغاری

۳-۲-۱- مخلوط‌کن استوانه‌ای: مخلوط‌کن‌های با دیگ استوانه‌ای در ظرفیت‌های از ۱۴۰ تا ۲۸۰۰ لیتر ساخته می‌شود و تولید آنها بین ۴ تا ۹۰ متر مکعب در ساعت است. سرعت دوران دیگ حدود ۱۰ تا ۳۵ دور در دقیقه است. ترتیب ریختن مصالح به داخل این نوع مخلوط‌کن‌ها بستگی به نوع مخلوط دارد، ولی معمولاً ترتیب ریختن عبارت است از : شن، سیمان، ماسه و آب که بهتر است ابتدا قسمتی از آب مخلوط به مخلوط‌کن ریخته شود و سپس در حین اختلاط مصالح، بقیه آب بتدریج به مخلوط افزوده شود. مخلوط‌کن‌های دارای دیگ استوانه‌ای به دو نوع دیگ کج شونده و دیگ غیر کج شونده تقسیم می‌شود.

در مخلوط‌کن‌های کج شونده (شکل ۲)، بتن بعد از اتمام اختلاط با کج شدن دیگ تخلیه می‌شود. تخلیه بتن در مخلوط‌کن کج شونده بسیار سریع بوده و در نتیجه امکان جدا شدن دانه‌ها وجود ندارد، این نوع مخلوط‌کن برای بتن با کارایی کم و یا برای بتن با مصالح سنگی درشت، مناسب است.



شکل ۲ انواع مخلوط‌کن‌های کج شونده

در مخلوط‌کن‌های غیر کج شونده (شکل ۳)، محور دیگ همیشه به صورت افقی است و تخلیه با معکوس کردن حرکت دیگ انجام می‌پذیرد. به دلیل آنکه تخلیه با سرعت کم انجام می‌گیرد، امکان جدا شدن سنگدانه‌ها وجود دارد. بنابراین اگر مخلوط بتن مستعد جداشدگی ذرات می‌باشد، نباید از این نوع مخلوط‌کن استفاده شود.



شکل ۳ یک نمونه مخلوط‌کن غیر کج شونده

۳-۲-۲- مخلوط‌کن عمودی: این نوع مخلوط‌کن از یک ظرف استوانه‌ای تشکیل شده، که درمحـور آن، تیغه‌ها نصب شده است. در بعضی از انواع آن، تیغه‌ها و ظرف در جهت عکس یکدیگر مـی‌چرخنـد و در بعضی دیگر، فقط تیغه‌ها چرخش دارند. چرخش تیغه‌ها سبب می‌گردد تا اختلاط به نحو مطلوب انجام گیرد و از چسبیدن ملات بر روی دیواره ظرف جلوگیری شود. در هنگام اخـتلاط، کیفیـت مخلـوط قابـل مشاهده بوده و چنانچه نیاز به تنظیم مخلوط باشد، امکان آن وجود خواهد داشت.

این نوع مخلوط‌کن‌ها، به خصوص برای بتن‌هایی با چسبندگی زیاد و کارایی کم و همچنـین سـاخت مقدار کم بتن مناسب است، به همین دلیل معمولاً در آزمایشگاه نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۴).



شکل ۴ مخلوط‌کن عمودی

۳-۳ کامیون مخلوط کن (تراک میکسر)

در برخی از کارخانه‌های تولید بتن، از تراک میکسر هم برای اختلاط بتن و هم برای حمل آن استفاده می‌شود. در این مورد، در فصل پنجم (انتقال بتن) توضیحات بیشتر ارائه شده است.

۳-۴ مدت مخلوط‌کردن

مدت بهینه مخلوط کردن بستگی به عوامل زیر دارد:

- نوع مخلوط کن
- شرایط و وضعیت مخلوط‌کن(از نظر وضعیت فنی و ظاهری)
- سرعت دوران مخلوط‌کن
- مقدار یا حجم بتن
- نوع مخلوط بتن
- ترتیب و نحوه ریختن مصالح در داخل دیگ مخلوط کن

با در نظر گرفتن تعداد عوامل موثر، بهترین روش برای تعیین مدت مطلوب مخلوط‌کردن، انجام دادن آزمایش با مخلوط‌کن و بتن مورد نظر است. معمولاً مخلوط‌های خشک (اسلامپ کم) نیاز به مدت اختلاط طولانی‌تری دارند. درمواردی که بتن حاوی سنگدانه‌های شکسته است نیاز به مدت بیشتری نسبت به سنگدانه‌های طبیعی (گرد) برای مخلوط کردن دارد. تحقیقات نشان می‌دهد که تعداد چرخش مخلوط‌کن با سرعت ارائه شده توسط سازنده، مهمتر از زمان مخلوط کردن است و به طور کلی بیش از ۲۰ چرخش برای مخلوط شدن مطلوب بتن، لازم نمی‌باشد. برای انواع مخلوط‌کن تا $1\ m^3$ ظرفیت، که با سرعت صحیح کار کنند، زمان مورد نیاز برای مخلوط کردن کمی بیش از ۱ دقیقه است. معمولاً زمان مناسب مخلوط کردن بین ۱ تا ۱/۵ دقیقه است. برای مخلوط‌کن‌هایی که با سرعت زیاد کار می‌کنند، زمان ۳۰ ثانیه کفایت می‌کند. به طور کلی می‌توان از جدول ۱، به عنوان راهنمای زمان مخلوط کردن

استفاده نمود. زمانهای ارائه شده در جدول ۱ ، پس از آنکه مصالح به غیر از آب در مخلوط‌کن قرار داده شد، شروع می‌گردد.

جدول ۱ مدت مخلوط کردن

ظرفیت مخلوط کن (m^3)	زمان مخلوط کردن (دقیقه)
۲ یا کمتر	۱/۵
۲/۵	۲
۳/۰	۲/۵
۵/۰	۳

به عنوان راهنمایی می‌توان به خاطر سپرد که برای هرمتر مکعب اضافی، به مدت مخلوط کردن یک چهارم دقیقه افزوده می‌شود. برای بتن با مقاومت زیاد توصیه می‌شودکه مدت مخلوط کردن افزایش یابد. هر چند افزایش مدت، سبب کاهش کارایی مخلوط و گاه ظرفیت تولید بتن می‌گردد.

۳-۵ اصول به کارگیری مخلوط‌کن‌ها

برای آنکه اختلاط بتن تازه به نحو مناسب انجام شود، رعایت نکات زیر ضروری است:

الف – در مخلوط کن‌های عمودی، بهتر است که تمام مصالح همزمان در مخلوط‌کن ریخته شود (قبل از آنکه مخلوط‌کن شروع به چرخش کند) و از ریختن مصالح پشت سر هم در حین چرخش مخلوط‌کن اجتناب گردد. ریختن مصالح به طور همزمان موجب می‌شود که مخلوط بتن یکنواخت باشد.

ب – عمل مخلوط کردن باید تا رسیدن به رنگ، ظاهر و روانی یکنواخت مخلوط بتن، ادامه یابد.

پ – نباید مخلوط‌کن را بیش از ظرفیت بارگیری کرد. مقدار مصالح بیش از حد، سبب می‌شود تا مخلوط بتن نامناسب گردد و امکان آسیب رساندن به مخلوط‌کن نیز وجود دارد.

ت – احتمال دارد سنگدانه‌های درشت که در بتن مخلوط شده، به طور یکنواخت پخش نگردد. بنابراین به جای آنکه مخلوط بتن به صورت بخش‌های کوچک از مخلوط‌کن تخلیه شود، بهتر است تمام مخلوط بتن یکجا در داخل یک ظرف تخلیه گردد.

ث – سرعت مخلوط‌کن باید بر اساس توصیه کارخانه سازنده تنظیم شود.

ج – ممکن است در اولین پیمانه مخلوط بتن، مقداری ملات سیمان در مخلوط‌کن باقی بماند. بنابراین بهتر است حدود ۵ درصد سیمان، آب و ماسه در اولین پیمانه، بیشتر از پیمانه‌های بعدی مورد استفاده قرار گیرد.

چ – در صورت فرسوده شدن و خراب شدن تیغه‌های مخلوط‌کن، باید تیغه‌ها تعمیر یا جایگزین شوند.

ح – پس از اتمام عملیات مخلوط کردن، دیگ مخلوط‌کن باید کاملاً شسته و تمیز شود.

۴

بررسی وضعیت ظاهری و اندازه‌گیری روانی

در این فصل، روش نمونه‌برداری برای تعیین کارایی بتن و همچنین نمونه‌گیری از بتن تازه ارائه شده است.

۴-۱ اصول نمونه‌برداری

منظور از بتن تازه، بتنی است که عمل اختلاط اجزای آن انجام شده ولی گیرش اولیه آن آغاز نشده است. درنمونه‌برداری از بتن تازه باید به موارد زیر توجه نمود :

للف) جهت نمونه‌برداری از مخلوط‌کن‌ها، باید ظرف نمونه‌برداری یا فرغون را به گونه‌ای جلو قسمت خروجی مخلوط کن قرار داد که بتن به راحتی وارد ظرف شده و قسمتی از بتن یا دانه‌های آن به خارج ریخته نشود.

ب) نمونه‌برداری از ماشین‌های حمل (تراک میکسر) باید طی ۴ مرحله متناوب انجام پذیرد، به گونه‌ای که طی هر مرحله، تقریباً به میزان مساوی نمونه برداشته شود (شکل ۱) .

پ) در نمونه‌برداری از کامیون‌های کمپرسی و به طور کلی ماشین‌ها و وسایلی که قمست بالای آنها باز است باید بر حسب یکی از روشهای ذکر شده دربندهای فوق عمل گردد.

ت) حجم نمونه بتنی تهیه شده باید حداقل پنج برابر حجم مورد نیاز برای آزمونه‌ها باشد، اما در هر صورت نباید از ۲۵ لیتر (حدوداً نصف یک فرغون) کمتر باشد.

ث) در صورتی که هدف از نمونه‌برداری تنها آزمون اسلامپ، تعیین درصد هوای بتن و یا تعیین وزن مخصوص بتن می‌باشد می‌توان نمونه‌برداری را در یک مرحله و به میزان کمتر از ۲۵ لیتر انجام داد.

ج) نمونه تهیه شده قبل از انجام شدن هر آزمونی باید روی سطحی که آب جذب نمی‌کند مجدداً مخلوط شده و سپس مورد آزمون قرار گیرد.

چ) مدت زمان نمونه‌برداری تا زمان قالب‌گیری نباید بیش از ۱۵ دقیقه باشد، و در تمام این مدت باید بتن در مقابل از دست دادن آب، یا اضافه شدن آب، جداشدگی، وزش باد و یا تابش مستقیم آفتاب و همچنین گرما و سرما محافظت شود.



۲-۴ کارایی بتن تازه

به طور کلی، کارایی مخلوط بتن را می‌توان میزان سهولت در مخلوط کردن ، جابجایی، ریختن و تراکم بتن در محل نهایی خود، بدون جداشدگی و ایجاد غیر یکنواختی بتن دانست. کارایی بتن به عوامل متعددی ارتباط دارد. اما از مهمترین پارامترهای تأثیرگذار در کارایی بتن را می‌توان میزان سیمان، دانه‌بندی و مقدار ماسه و همچنین مقدار آب مخلوط دانست. به طورمعمول افزایش مقدار سیمان، ماسه و

آب باعث افزایش کارایی می‌گردد. در حالی که ممکن است در بعضی از موارد، بتن سفت‌تر شود. باید توجه داشت که افزایش مصالح مورد اشاره باعث غیر اقتصادی شدن و در برخی موارد، کاهش دوام و عمر مفید بتن می‌شود. لذا در یک طرح مناسب باید ضمن حصول کارایی مناسب، پارامترهای مقاومت فشاری، دوام و اقتصاد را نیز تأمین نمود.

جهت اندازه‌گیری و تعیین همه ابعاد کارایی بتن، تاکنون هیچ روش آزمون مشخصی ابداع نشده است. اما ازآنجا که مهمترین شاخص‌های کارایی بتن، روانی(شلی و سفتی)، تراکم پذیری و خوشکاری بتن است می‌توان با آزمونهای اسلامپ و ماله‌کشی به وسیله ماله فلزی روی سطح بتن، کارایی انواع بتن‌ها را ارزیابی نمود.

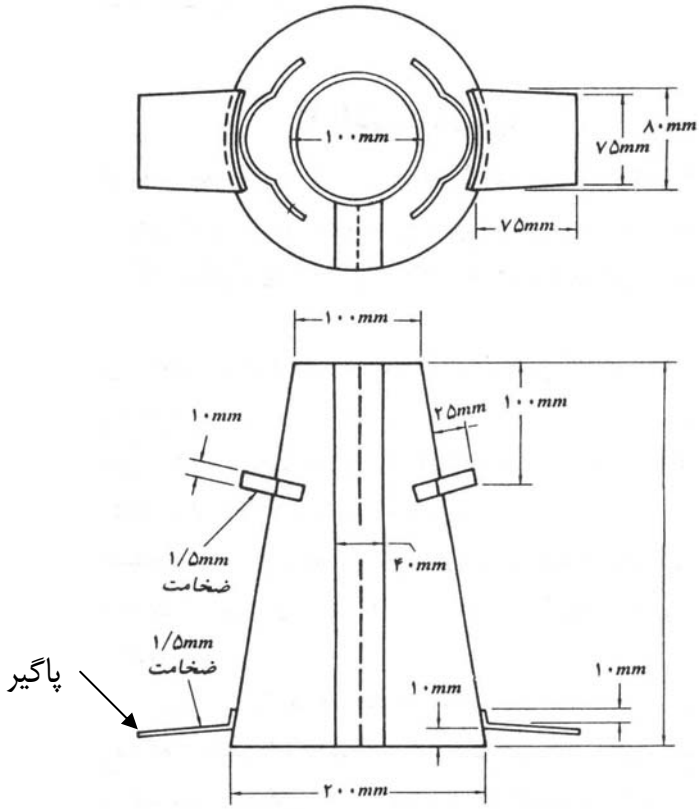
۴-۳ آزمون اسلامپ

این روش آزمون علی رغم محدودیت‌ها و خطاهای ذاتی که دارد، به علت سهولت در اجرا، کم هزینه بودن، سرعت در انجام دادن آزمون، دربسیاری از کارگاه‌های ساختمانی دنیا مورداستفاده قرار می‌گیرد. نتایج این آزمون نشان دهنده میزان روانی و تغییرات یکنواختی در مخلوط‌های بتنی است که با یک نسبت مشخص از مصالح تهیه می‌شود.

در این آزمون، از یک مخروط ناقص از جنس فلز ضد زنگ به ارتفاع ۳۰۰ میلیمتر و با قطر پایین ۲۰۰ و قطر بالای ۱۰۰ میلیمتر، یک میله فولادی به قطر ۱۶ میلیمتر و ارتفاع ۶۰۰ میلیمتر که انتهای یک سر آن گرد شده و همچنین یک صفحه فلزی به ابعاد تقریبی ۵۰۰×۵۰۰ میلیمتر استفاده می‌شود (شکل ۲).

مراحل آزمایش اسلامپ به شرح زیر است:

الف – قالب اسلامپ (مخروط ناقص) باید کاملاً تمیز و مرطوب شده باشد، اما نباید خیس باشد.



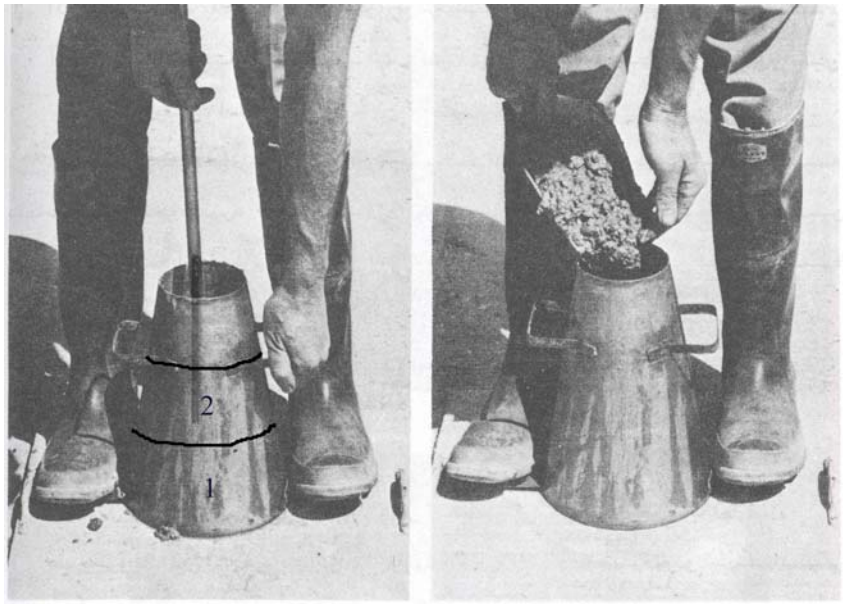
شکل ۲ مخروط آزمایش اسامپ

ب – قالب اسلامپ باید بر روی یک سطح صاف، افقی، غیر جاذب آب قرار داده شود، اگر چنین سطحی موجود نیست باید قالب را روی یک ورق فولادی قرار داد.

پ – با گذاشتن دو پا بر روی دو گیره قالب اسلامپ، باید قالب محکم در محل خود نگه داشته شود (شکل ۳).

در فاصله زمانی مورد نظر، بعد از پایان اختلاط باید بتن در سه لایه داخل مخروط ریخته شود به گونه‌ای که ارتفاع هر لایه پس از تراکم تقریباً مساوی یک سوم ارتفاع مخروط باشد. هر لایه با استفاده

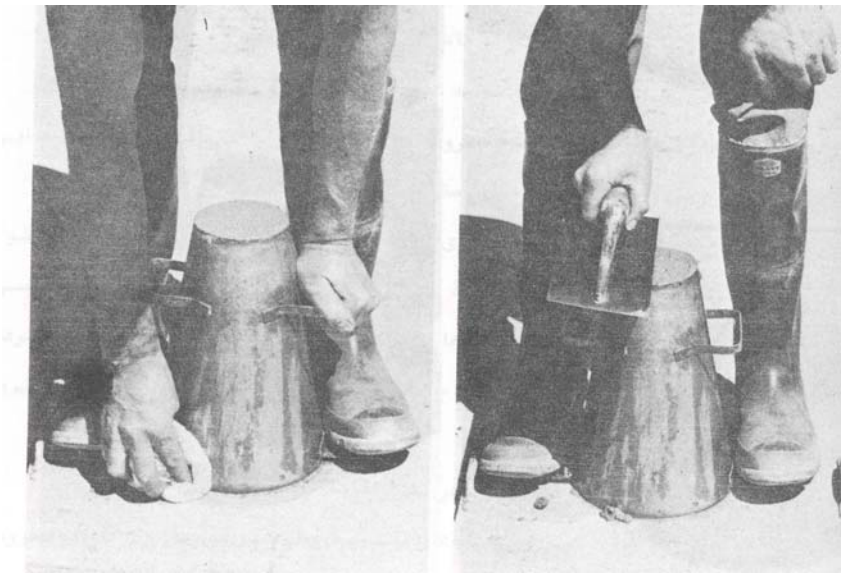
از ۲۵ ضربه میله تراکم، متراکم می‌شود. در لایه‌های بعدی باید میله تراکم، اندکی در لایه قبلی نفوذ نماید.



شکل ۳ محکم نگه داشتن قالب اسلامپ در محل خود ، ریختن و متراکم کردن در ۳ لایه برابر

چنانچه پس از متراکم ساختن لایه فوقانی، بتن پایین‌تر از لبه مخروط بود، مجدداً باید مقداری بتن روی آن ریخته و سطح آن را با حرکت اره‌ای و یا غلتکی میله تراکم و یا ماله صاف نمود (شکل ۴).

ت – سپس در حالی که مخروط با استفاده از دستگیره‌های موجود، کاملاً با دست نگه داشته شده است، (پس از برداشتن پاها از پاگیره‌ها) و پس از تمیز نمودن اطراف مخروط از اضافه بتن ریخته شده روی سطح، مخروط را به آرامی و بدون هیچ حرکت جانبی، چرخشی و یا ضربه‌ای، به طور عمودی به سمت بالا بکشید. این عمل باید طی مدت ۵ تا ۱۰ ثانیه انجام شود (شکل ۵).



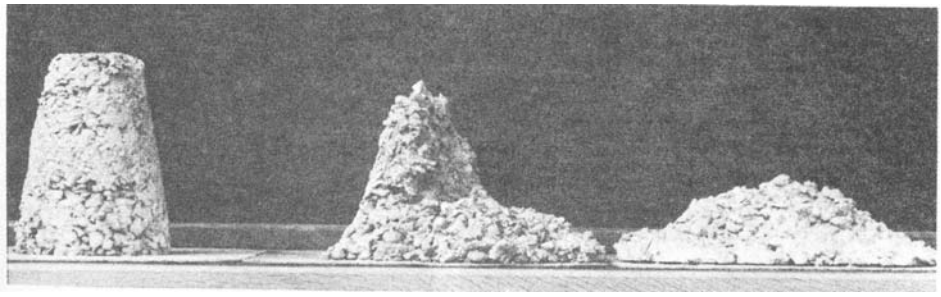
شکل ۴ صاف کردن سطح بتن و تمیز نمودن اطراف مخروط اسلامپ

ث – پس از بیرون کشیدن قالب می‌توان آن را به صورت بر عکس بر روی سطح صاف و کنار مخلوط بتن قرار داد (شکل ۵). سپس باید میله تراکم بر روی قالب قرار داده شود و ارتفاع بین زیر میله و بالاترین نقطه مخروط بتن اندازه‌گیری شود.

ج – چنانچه بلافاصله پس از برداشتن مخروط، بتن در هم فرو ریخته شود (نوع ریزشی) و یا از یک طرف بریزد (نوع برشی) (شکل ۶) باید آزمون را یکبار دیکر تکرار نمود، و در صورتی که دوباره همان نتیجه حاصل شود می‌توان نتیجه گرفت که بتن دارای حالت خمیری نبوده و یا دارای چسبندگی لازم نیست و باید یا از روش دیگری برای اندازه گیری کارایی استفاده نمود و یا در طرح اختلاط و یا در ساخت بتن تجدید نظر نمود.



شکل ۵ بالا آوردن قالب اسلامپ با دست



شکل ۶ انواع رفتار بتن در آزمایش اسلامپ

۴-۴ طبقه‌بندی روانی و میزان اسلامپ

طبقه‌بندی روانی بتن بر اساس آزمون اسلامپ (بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۳۵۱۹)، مطابق جدول ۱ می‌باشد.

جدول ۱ طبقه‌بندی روانی بتن بر اساس آزمایش اسالمپ

طبقه‌بندی روانی	میزان اسلامپ (mm)
S_1	۱۰ تا ۴۰
S_2	۵۰ تا ۹۰
S_3	۱۰۰ تا ۱۵۰
S_4	بیشتر از ۱۶۰

پس از اتمام آزمایش اسلامپ باید اطلاعات زیر ثبت گردد:

- زمان آزمایش در طول روز
- فاصله زمانی اختلاط بتن تا آزمایش
- مقدار اسلامپ به میلیمتر
- نوع اسلامپ (معمولی یا واقعی – برشی – ریزشی)
- محل بتن ریزی و موقعیت قطعه

۵

انتقال بتن

انتقال بتن، مرحله مهمی در روند اجرای کارهای بتنی محسوب می‌گردد. انتقال بتن از مخلـوط کـن تا محل نهایی بتن‌ریزی، باید به نحوی انجام شود که از جدا شدن اجزای بتن جلوگیری گـردد. از طـرف دیگر، سرعت انتقال باید تا حدی باشد که بتن‌ریزی به صورت متوالی انجام شود و از گـرفتن بـتن لایـه قبلی اجتناب شود، حتی لایه زیرین نباید به مرز گیرش اولیه نزدیک شده باشد. عـدم آلـودگی بـه مـواد مضر در طول حمل و عدم تبادل شدید حرارتی در این مدت، از اصول مهم مرحله انتقال بتن است.

انتخاب روش یا وسیله انتقال بتن تابع شرایط کارگاه و زمین، حجم کار، ارتفاع به کارگیری و تخلیه و فاصله انتقال می‌باشد. در این فصل، چند وسیله ساده انتقال بتن شرح داده شده است.

۵-۱ استانبولی و زنبه

برای انتقال بتن، در حجم‌ها و مسافت‌های خیلی کم و یا مکان‌هایی که امکان استفاده از فرغـون وجـود ندارد می‌توان از استانبولی و یا زنبه استفاده کرد.

از استانبولی برای انتقال حدود ۲۵ کیلوگرم (۱۰ لیتر) بتن استفاده می‌شود، مسافت بهینـه ۱۰ متـر و حداکثر مسافت قابل حمل، ۲۵ متر توصیه می‌شود.

حداکثر ظرفیت توصیه شده برای حمل بتن با زنبه ۶۰ کیلوگرم (۲۵ لیتر)، طول حمل نیـز ۲۵ تـا ۳۰ متر است.

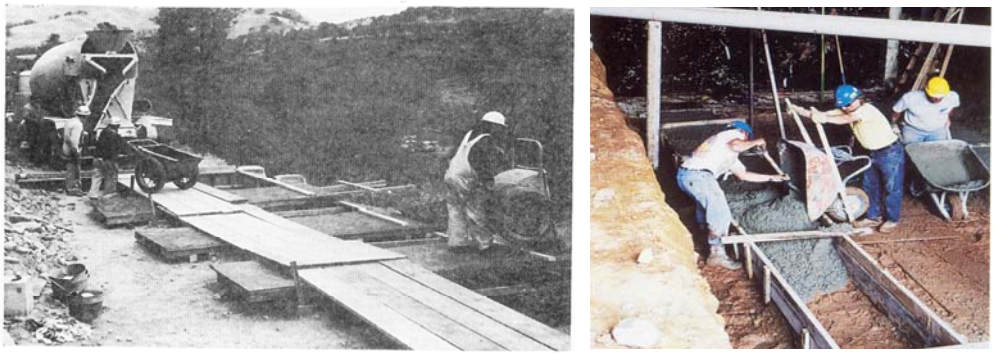
۵-۲ چرخ دستی یا فرغون

توصیه می‌شود، در کارگاه‌های کوچک که حجم ساخت بتن از ۴۵۰ لیتر در هر نوبت تجاوز نمـی‌کنـد، از فرغون استفاده شود. در هنگام استفاده از فرغون باید موارد زیر را رعایت کرد:

الف) حجم جابجایی با فرغون حدود ۵۰ تـا ۶۰ لیتـر بـتن اسـت کـه حـدود ۱۲۵ تـا ۱۵۰ کیلـوگرم وزن دارد.

ب) حداکثر مسافت مجاز برای انتقال بتن به وسیله فرغون ۱۰۰ متـر اسـت. ولـی توصـیه مـی‌شـود مسافت حمل به ۵۰ تا ۶۰ متر محدود گردد.

پ) معمولاً در هنگام حرکت فرغون، اجزای مخلوط بتن تمایل به جدا شدن دارند، بنابراین سطح عبور فرغون باید کاملاً مسطح و هموار باشد (شکل ۱). به کارگیری از تخته‌الوار و یا بویژه نیمرخ‌های ناودانی فولادی برای این منظور توصیه می‌شود، که می‌تواند به افزایش سرعت نیز منجر گردد.



شکل ۱ استفاده از چرخ دستی برای انتقال بتن (هموار کردن مسیر و روش انتقال)

ت) در پیمانه اول، بخشی از سیمان، آب و ماسه بر کف و دیواره‌های فرغون می‌چسبد، بنابراین در پیمانه اول، باید حدود ۵ درصد به سیمان، آب و ماسه اضافه گردد.

ث) نباید از مخلوط‌کن ، به طور مستقیم بخشی از مخلوط به فرغون منتقل شود ، زیرا این عمل باعث جداشدگی در مخلوط بتن می‌شود. بنابراین ابتدا باید تمام مخلوط از مخلوط‌کن خارج گردد و در یک ظرف و یا بر روی سکوی تمیز تخلیه گردد. سپس از آن ظرف ، مقدار مورد نیاز از مخلوط را با فرغون حمل کرد.

ج) قبل از استفاده از فرغون باید آن را کاملاً تمیز نمود. همچنین در پایان کار روزانه تمیز کردن فرغون ضروری است.

۵-۳ دامپر (فرغون موتوری)

در کارگاه‌هایی با وسعت نسبتاً وسیع و دارای سطح هموار می‌توان از دامپر استفاده نمود (شکل ۲). حداکثر طول حمل با این وسیله ۳۰۰ متر و طول حمل بهینه ۱۰۰ متر است. با استفاده از دامپر می‌توان

در حدود ۲۵۰ تا ۷۵۰ کیلوگرم (حدود ۱۰۰ تا ۳۰۰ لیتر) بتن را حمل کرد. باید توجه نمود، مسیر حمل باید کاملاً هموار بوده و در هنگام انتقال باید با حداقل سرعت حرکت نمود، در غیر این صورت امکان جداشدگی وجود دارد.

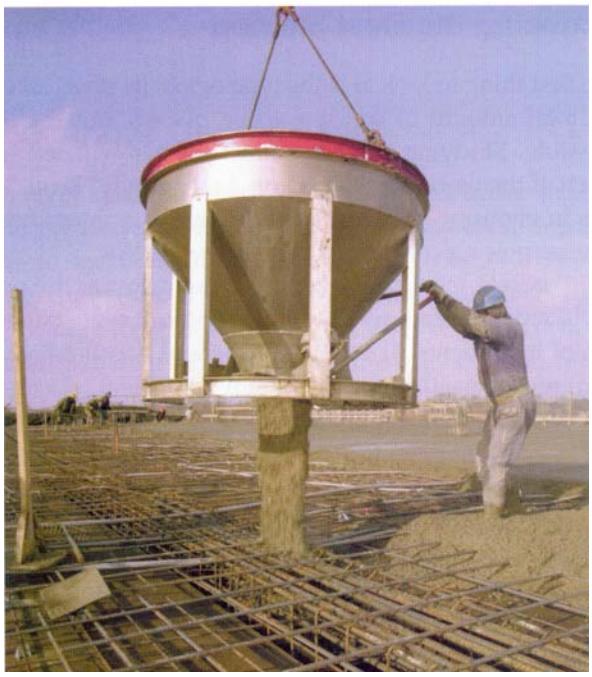
۵-۴ دلو یا جام

برای انتقال بتن به وسیله دلو یا جام نیاز به بالا برنده و یا جرثقیل است. معمولاً دلوها دارای ظرفیت بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ لیتر است، اما حجم جام‌ها بیشتر است که برای پروژه‌های بزرگ استفاده می‌شود. در هنگام استفاده از دلو یا جام تمهیدات زیر باید رعایت گردد:



شکل ۲ انتقال بتن با استفاده از فرغون موتوری

الف – دریچه بازشو دلو و جام باید به نحوی طراحی شده باشد که به راحتی اجازه خروج مخلوط بتن را بدهد. همچنین باید شیب ظرف در حد زیاد باشد تا امکان باقی ماندن بتن در ظرف وجود نداشته باشد (شکل ۳). دریچه بازشو باید دارای ضامن باشد تا در طول انتقال بر اثر برخورد با موانع، ناگهان باز نشود.



شکل ۳ انتقال بتن با جام و روش تخلیه آن
(توجه شود که بتن، در نزدیکترین نقطه نسبت به بتن ریزی قبلی باید تخلیه می‌شود.)

ب – در پیمانه اول، بخشی از سیمان، آب و ماسه بر سطح دلو یا جام می‌چسبد. بنابراین در پیمانه اول، باید حدود ۵ درصد به سیمان، آب و ماسه اضافه گردد.

پ – بعد از اتمام کار، جام و دلو ، باید کاملاً شسته و تمیز شود.

۵-۵ ناوه (سطح شیبدار یا شوت)

ناوه یا ناودانی وسیله‌ای ساده، ارزان و سریع برای انتقال بتن به نقاط پایین‌تر و در ارتفاع کمتر می‌باشد (شکل ۴). توجه به موارد زیر در هنگام استفاده از ناوه ضروری است:

الف – ناوه طولانی باعث جداشدگی اجزا و خشک‌شدن مخلوط بتن می‌گردد ، بنـابراین بایـد از نـاوه کوتاه استفاده کرد. به عنوان راهنمایی، در صورت استفاده از یک ناوه، چنانچه بتن دچار جداشدگی گردید باید در نوع وسیله و یا طول آن تجدید نظر نمود.

ب – شکل مقطع ناوه ترجیحاً دایره‌ای و یا نیم دایره باشـد و از بـه کـار بـردن مقـاطع مسـتطیل بـا گوشه‌های تیز (به علت باقی ماندن بتن و افزایش اصطکاک – اثر جدار–) خودداری گردد.

پ – قطر ناوه باید حداقل ۸ برابر حداکثر اندازه سنگدانه باشد.

ت – شیب ناوه باید حداکثر به، ۲ به ۳ و یا حداقل ۳ به ۲ محدود شود.

ث – برای آنکه مخلوط درون ناوه مجدداً مخلوط گردد ، بهتر است که در انتهای ناوه، یک ناودانی و یا قیف هادی به کار برده شود. این عمل همچنین باعث می‌شود که از جداشدگی اجزای بـتن جلـوگیری شود، بویژه اگر سرعت بتن روی ناوه زیاد باشد.

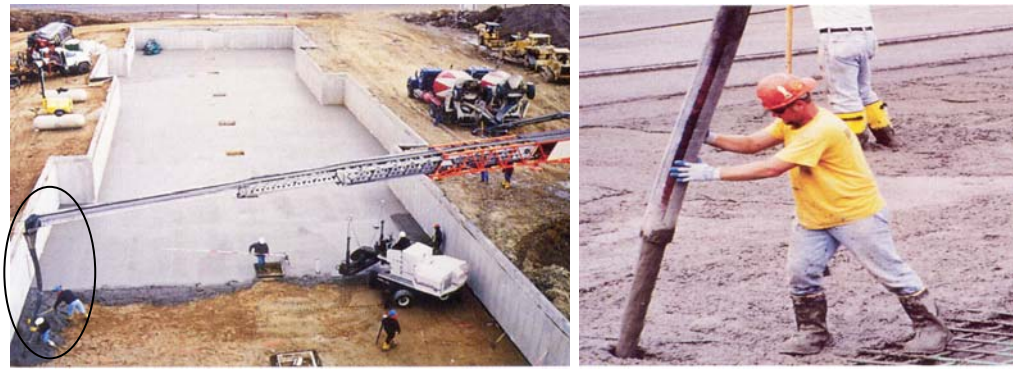
ج – مخلوط بتن باید دارای کارایی کافی و چسبنده باشد تا بـه راحتـی درون نـاوه حرکـت کنـد. بـه عنوان راهنمایی باید از بتن‌هایی با اسلامپ ۵ تا ۱۰ سانتیمتر استفاده نمود، به هرحال سایر عوامل، مانند عیار سیمان، دانه‌بندی، شکل و بافت سنگدانه‌ها و نسبت آب به سیمان در این مسئله موثرند.



شکل ۴ انتقال بتن با استفاده از سطح شیبدار

۵-۶ شوت سقوطی

شوت سقوطی دارای سطح مقطع دایره‌ای است و قطر آن در بالا حداقل ۸ برابر حداکثر اندازه سنگدانه و در پایین حداقل ۶ برابر حداکثر اندازه سنگدانه است (شکل ۵). شوت سقوطی می تواند از نوع صلب یا انعطاف‌پذیر باشد. بهتر است از لوله‌های پارچه‌ای یا پلاستیکی باز شونده استفاده گردد.

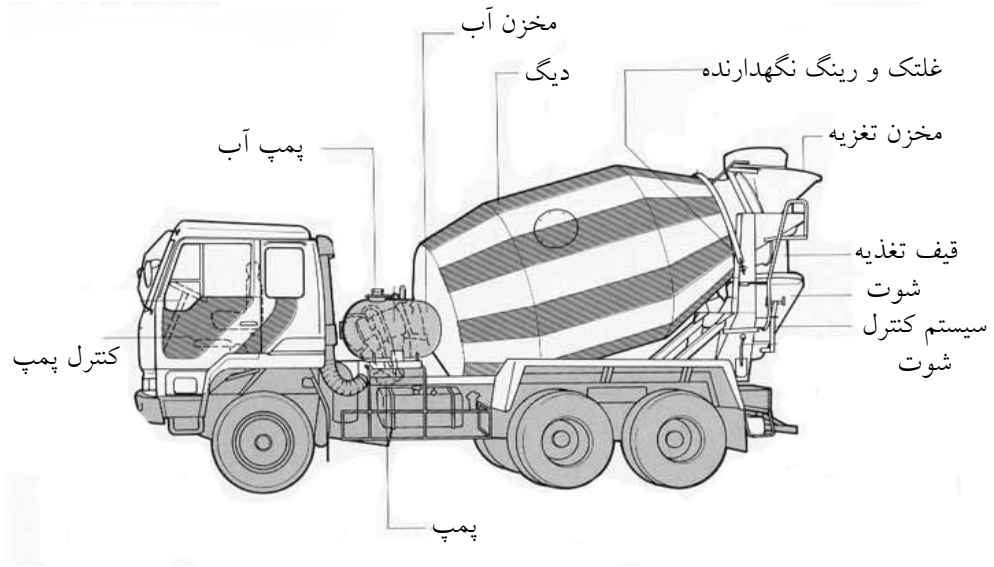


شکل ۵ – شوت قوطی، سمت راست انتقال بتن با استفاده از شوت سقوطی، سمت چپ ترکیب ناوه و شوت سقوطی

۵-۷ کامیون مخلوط‌کن (تراک میکسر)

تراک میکسر وسیله‌ای برای حمل بتن آماده است. کارخانه‌های بتن آماده معمولاً به دو گروه تقسیم می‌شوند. برخی کارخانه‌ها فقط عملیات پیمانه کردن را انجام می‌دهند، و برخی دیگر از کارخانه‌ها غیر از عملیات پیمانه کردن، عمل مخلوط کردن را نیز انجام می‌دهند. به عبارت دیگر، در کارخانه، مصالح پیمانه شده و مقادیر معین مصالح بتن به درون کامیون مخلوط‌کن ریخته می‌شود، اما عمل اختلاط در حین حمل، قبل از تخلیه بتن در دیگ کامیون مخلوط‌کن صورت می‌گیرد و آب مخلوط در حین حمل و یا در محل کارگاه به مخلوط خشک اضافه می‌گردد. بر همین اساس به این روش، پیمانه خشک نیز گفته می‌شود. اما در گروه دوم کارخانه‌ها، بتن آماده شده، به درون دیگ کامیون مخلوط‌کن ریخته می‌شود. شکل ۶، جزئیات کامیون مخلوط‌کن را نشان می‌دهد.

دیگ کامیون مخلوط‌کن دارای دو سرعت دوران کند و تند می‌باشد. دور کند یا سرعت به هـم زدن۲ تا ۵ دور در دقیقه و دور تند یا سرعت اختلاط ۷ تا ۱۳ دور در دقیقه است. در هنگام اسـتفاده از کـامیون مخلوط‌کن، موارد زیر باید رعایت گردد:



الف – از زمانی که آب به مخلوط خشک بتن افزوده می‌شود، تعداد دوران ۷۰ تا ۱۰۰ دور بـا سـرعت تند برای اختلاط اولیه کافی است. اگر بتن آماده در داخل دیگ حمل شود و بخـواهیم در هنگـام تخلیـه همگنی را مجدداً به دست آوریم، کافی است ۳۰ تا ۴۰ دور با سرعت کند بتن را به هـم بـزنیم. حـداکثر تعداد دوران دیگ به ۳۰۰ دور (شامل دور کند و تند)، محدود می‌گردد، بـه ایـن ترتیـب، مـدت حمـل در شرایط عادی (به غیر از بتن ریزی در هوای گرم و سرد) از زمان بارگیری تا تخلیه ، به ۱ تـا ۱/۵ سـاعت محدود می‌شود. اما از ۳۰۰ دور چرخش دیگ فقط حداکثر ۱۰۰ دور باید سرعت مخلوط کردن و بقیه باید با سرعت به هم‌زدن باشد، زیرا زمان طولانی حمل و یا تعداد چرخش زیاد دیگ باعث کـاهش اسـلامپ، سایش سنگدانه‌ها و بدنه دیگ و همچنین کاهش مقاومت و دوام بتن می‌گردد.

ب – درمواردی که مدت انتقال بتن طولانی است و یا احتمال وجود ترافیک سنگین وجود دارد، بهتر است از روش مخلوط خشک استفاده شود و آب مخلوط در کارگاه به سایر مصالح اضافه گردد. هر چند در

این حالت، کنترل دقیق مقدار آب با اشکال رو به رو می‌گردد و نیاز به نظارت دقیق است تـا آب مخلـوط به مقدار تعیین شده افزوده شود.

پ – استفاده از کامیون مخلوط کن برای بتن‌های زیر توصیه نمی‌شود:

بتن با اسلامپ کمتر از ۴۰ میلیمتر

بتن با حداکثر اندازه سنگدانه بیش از ۵۰ میلیمتر

بـتن بـا نسـبت آب بـه سـیمان کمتـر از ۰/۴ (بـدون اسـتفاده از مـواد افزودنـی روان کننـده و یـا فوق‌روان‌کننده)

در روش پیمانه خشک نبایـد از میکروسـیلیس بـه صـورت پـودر اسـتفاده گـردد، زیـرا توزیـع ذرات میکروسیلیس در مخلوط به صورت یکنواخت انجام نمی‌شود.

ت – اگر از کامیون مخلوط کن برای اختلاط اولیه (پیمانه خشک) استفاده شود، حجم بـتن سـاخته شده در آن باید به دو سوم ظرفیت اسمی دیگ محدود گردد. به عنوان مثال، با کامیون مخلـوط کـن بـا ظرفیت اسمی ۶ متر مکعب می‌توان ۴ متر مکعب بتن به روش پیمانه خشک را، مخلوط کرد.

۶

کنترل‌ها و آماده‌سازی قبل از بتن‌ریزی

قبل از آنکه عملیات بتن‌ریزی انجام شود، باید محل بتن‌ریزی کنترل گردد. مواردی که در زیر شرح داده شده، ضوابط کنترل و آماده سازی است که قبل از عملیات بتن‌ریزی باید مورد توجه مهندس ناظر قرار بگیرد. به عبارت دیگر، چنانچه مهندس ناظر اشکالی در هر یک از موارد زیر مشاهده کند، باید از ریختن بتن جلوگیری نماید تا نسبت به رفع مشکل مربوط اقدام گردد:

الف – اگر بتن‌ریزی بر روی زمین انجام می‌شود، سطح زمین باید عاری از هر گونه مواد زاید، تمیز و متراکم باشد. باید بسته به شرایط رطوبت محیط و زمین، از ساعتها قبل بر روی زمین آب پاشی شود تا رطوبت زمین در حالت اشباع با سطح خشک بوده، ولی عاری از آب اضافی باشد.

ب – ابعاد قالب‌ها باید مطابق با نقشه‌های اجرایی باشد و اندازه داخلی قالب‌ها در حد رواداریهای مجاز باشد.

پ – قالب‌ها باید در محل خود کاملاً محکم نصب شده باشند. بنابراین با اعمال ضربه و نیرو به قالب‌ها هیچگونه لغزشی نباید در قالب‌ها مشاهده گردد. به عبارت دیگر، از مهاربودن قالب‌ها اطمینان حاصل شود.

ت – داخل قالب‌ها باید کاملاً تمیز و عاری از هر گونه مواد زاید باشد. وجود مواد زاید، مانند خرده چوب، آب، برف، یخ، گل و لای و شاخه و برگ درختان سبب کیفیت نامطلوب بتن می‌گردد. بنابراین قبل از بتن ریزی در صورت وجود هر نوع ذرات و مواد زیان آور در قالب، باید به روش دستی و یا با استفاده از هوای فشرده، درون قالبها تمیز گردد. لازم است قالب ستون، دیوار و حتی تیرها دارای دریچه نظافت (تخلیه) باشد تا عمل تمیز کردن قالب به راحتی انجام گردد.

ث – برای آنکه از چسبندگی بتن به قالب جلوگیری گردد و همچنین آب بتن توسط قالب چوبی جذب نگردد، باید سطوح قالب روغنکاری شود. روغن مصرفی باید از نوع مناسب باشد. مقدار روغنکاری باید در حدی باشد که از چکه کردن آن جلوگیری شود و نه آنقدر مقدار روغن کم باشد که تمام سطوح قالب به طور یکنواخت آغشته نشود.

ج – قبل از بتن ریزی، وضعیت میلگرد از نظر خوردگی باید بررسی شود. اگر بر سطح میلگرد زنگ کم مشاهده گردد (زنگ با ناخن و یا گونی زبر از بین برود) و آج آن صدمه ندیده باشد، استفاده از آن

میلگرد بدون مانع است. حتی این مقدار زنگ باعث افزایش مقاومت پیوستگی می‌شود. اما اگر مقدار زنگ روی میلگردها زیاد است، باید با ابزار مناسب نسبت بـه زدودن زنـگ اقـدام شـود. روش مناسـب زدودن زنگ، ماسه پاشی است، اما فرچه یا سنباده و یا برس مناسب نیست، زیرا فقط سبب صیقلی شـدن زنـگ می‌گردد. مقدار زیاد زنگ نه تنها فرآیند خوردگی را تشدید می‌کند، بلکه سبب کاهش مقاومت پیوسـتگی بین میلگرد و بتن می‌گردد. در صورتی که خوردگی سبب آسیب دیدگی آج میلگرد و یا سبب ایجاد حفـره در میلگرد شده باشد، باید از به کار بردن آن میلگرد اجتناب گردد.

چ – ممکن است روی سطح میلگرد، قشری از ملات حاصل از بتن ریزی قبلی مشاهده شود. چنانچه فاصله زمانی بتن‌ریزی قبلی و بعدی فقط چند ساعت باشد، نیاز به پاک کردن ملات از سـطح میلگردهـا نیست، در غیر این صورت باید آن قشر ملات پاک شود.

ح – میلگردها باید توسط فاصله‌دهنده‌های پلاستیکی (لقمه) در موقعیت خود تثبیت شده باشـند تـا هنگام بتن‌ریزی، میلگردها حرکت نکنند. در صورتی که امکان دسترس به فاصله‌دهنده‌هـای پلاسـتیکی وجود ندارد می‌توان از قطعات پیش ساخته ملات یا بتن با ضخامت مورد نظر، استفاده گردد. موقعیـت و فواصل میلگردها باید مطابق با نقشه‌های اجرایی و در حد رواداریهای مجـاز باشـد. همچنـین، ضـخامت پوشش بتنی بر روی میلگردها باید کنترل گردد، زیرا رعایت نکردن ضخامت مورد نظـر و یـا کـم بـودن ضخامت پوشش، سبب کاهش دوام سازه می‌شود.

خ – لقمه‌های ساخته شده از ملات و یا بتن باید دارای ضوابط زیر باشد:

نسبت آب به سیمان آن مساوی و یا کمتر از بتن اصلی باشد.

حداکثر اندازه سنگدانه کوچکتر یا مساوی یک سوم ضخامت لقمه (پوشش بتنی روی میلگرد) باشد.

بتن یا ملات مورد نظر باید همچون بتن‌های معمول به خوبی مخلوط ، ریختـه، متـراکم و عمـل آوری شود، زیرا باید عملکردی مشابه بتن اصلی (بویژه از نظر دوام) داشته باشد.

در صورتی که در لقمه‌ها از مفتول‌های فولادی میلگردگذاری استفاده می‌شـود بایـد ضـوابط حـداقل پوشش بتنی روی میلگردها رعایت گردد.

د – در صورتی که فاصله زمانی بین بتن‌ریزی جدید و لایه قبلی طولانی باشد، برای اجتناب از بروز درز سرد باید به چند مورد توجه شود. درز سرد به معنی این است که پیوستگی مطلوب بین لایه قبلی بتن و لایه جدید بتن وجود نداشته باشد.

به منظور جلوگیری از بروز درز سرد باید از ضخامت لایه‌های بتن ریزی کاسته شود، از سیمان‌های کندگیر و یا مواد دیرگیر کننده استفاده شود. همچنین می‌توان با خنک کردن بتن، زمان گیرش را افزایش داد تا احتمال ایجاد درز سرد کم شود. یکی از راه‌های ایجاد درز سرد بویژه در شالوده‌ها یا دیوارها، کاهش فاصله درزهای اجرایی (ساخت) است. این کاهش باید با تأیید طراح و دستگاه نظارت انجام گیرد که مستلزم رعایت ضوابط مربوط است.

در صورت بروز درز سرد باید سطح لایه قبلی بتن، با ابزار مناسبی زبر گردد. اگر آخرین لایه بتن‌ریزی با توجه و آگاهی توقف بتن‌ریزی در روز انجام می‌شود، عملیات زبر کردن سطح بسیار آسان خواهد بود، زیرا به راحتی می‌توان روی سطح بتن تازه، ایجاد شیار کرد. اما اگر بتن سخت شده باشد، باید زبر کردن سطح بتن توسط ابزاری، مانند تیشه انجام شود. از طرف دیگر باید شرایط رطوبت لایه قبلی در حالت اشباع با سطح خشک باشد. برای رساندن شرایط رطوبت به این حالت، باید بسته به شرایط رطوبت محیط و شرایط رطوبت بتن قدیم، از چند ساعت قبل از بتن‌ریزی، نسبت به آب پاشی بتن قبلی اقدام کرد. اما در زمان بتن‌ریزی لایه جدید، سطح بتن قدیم باید عاری از آب اضافی باشد. همچنین روی سطح بتن قدیم باید کاملاً تمیز و پاک باشد. چنانچه سنگدانه‌هایی سست بر روی سطح بتن قدیم مشاهده می‌شود باید از بتن قدیم جدا شود.

همچنین توصیه می‌شود، به منظور ایجاد پیوستگی بیشتر بین بتن قدیم و جدید، اولین پیمانه بتن جدید که روی بتن قدیم قرار می گیرد، حتی‌الامکان ریزدانه‌تر، دارای عیار سیمان و اسلامپ بیشتری باشد ولی نباید تغییر زیادی در مشخصات بتن از نظر مقاومت و دوام ایجاد شود.

ذ – در هوای سرد، سطح زمین ویا سطح بتن قدیم و یا قالبی که قرار است روی آن بتن‌ریزی شود، نباید یخ زده باشد. در صورت مشاهده یخ، باید ابتدا نسبت به برطرف کردن یخ زدگی با وسایل مناسب اقدام گردد.

ر – تمام وسایل و ابزار بتن‌ریزی، مانند فرغون و ویبره (لرزاننده) به صورت تمیز و آماده به کار در محل مستقر شده باشد.

۷

عملیات بتن‌ریزی

در این فصل، مراحل بتن‌ریزی به ترتیب ارائه شده است. باید توجه داشت که این مراحل نقش مهمی در کسب مقاومت بتن دارد. در صورتی که مصالح مناسب و استاندارد انتخاب شود، و مراحل اجرایی به طور مطلوب انجام نگردد، خواص و دوام مورد نظر حاصل نمی‌گردد.

۷-۱ تمهیدات کلی در بتن‌ریزی

عمل بتن‌ریزی و تراکم بتن، معمولاً توأم و وابسته بوده و اغلب همزمان انجام می‌شود. اجرای صحیح این عملیات برای حصول اطمینان از مقاومت و دوام سازه بسیار حایز اهمیت است. در هنگام بتن‌ریزی، رعایت موارد کلی زیر ضروری است:

الف – بتن باید تا حد امکان نزدیک به محل نهایی مورد نظر ریخته شود و نباید به مقدار زیاد در یک نقطه انباشته گردد و سپس به نقاط دیگر منتقل شود. در غیر اینصورت امکان جداشدگی در اجزای بتن قابل پیش‌بینی است و کیفیت مطلوب حاصل نمی‌گردد. رعایت اصول و نکات کلی انتقال بتن نیز الزامی است.

ب – بتن باید در لایه‌های افقی با ضخامت‌های مساوی ریخته شود و هر لایه باید به طور مطلوب متراکم گردد و سپس لایه بعدی ریخته شود. تا آنجا که عملی باشد، هرلایه باید به صورت کامل و بدون وقفه اجرا گردد. ضخامت لایه‌ها تابع اندازه و شکل قالب، روانی بتن، فاصله میلگردها و روش تراکم می‌باشد. هر چند، حداکثر ضخامت لایه بتن به ۰/۶ متر و حداقل آن به ۰/۱۵ متر و یا سه برابر حداکثر اندازه سنگدانه (هر کدام بزرگتر باشد) محدود می‌گردد، معمولاً دراعضای بتن مسلح، ضخامت ۰/۲ تا ۰/۴ متر پیشنهاد می‌گردد.

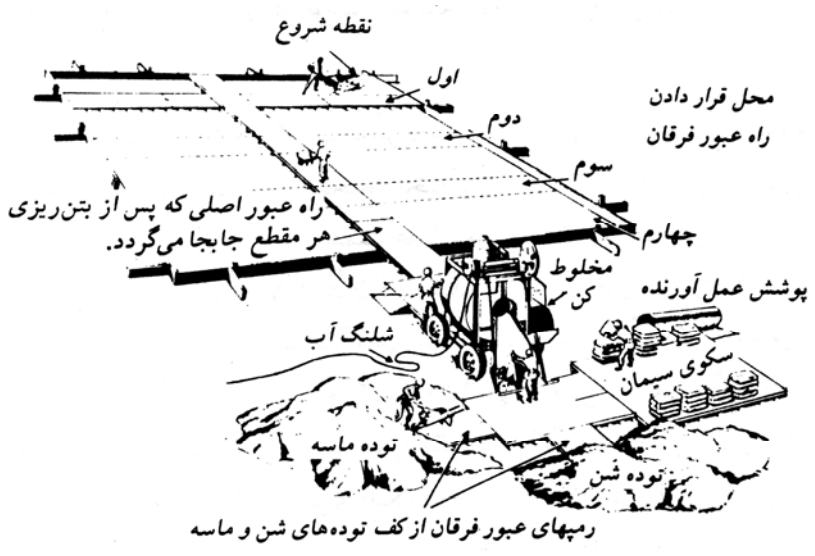
پ – بتن‌ریزی باید به طور مستمر انجام شود و لایه جدید قبل از سخت شدن لایه قبلی ریخته شود تا پیوستگی بین لایه‌ها تأمین شود و از بروز صفحات ضعیف که درز سرد نامیده می‌شود، اجتناب گردد (برای اطلاعات بیشتر به فصل ششم مراجعه شود).

ت – بتن باید تمام زوایای قالب و اطراف میلگردها را کاملاً پر کند.

۷-۲ بتن‌ریزی دالها

بتن‌ریزی دالها نیاز به تمهیدات خاص به شرح زیر دارد:

الف – درصورتی که سطح دال وسیع باشد، ابتدا باید راه‌های هموار برای عبور فرغون یا وسایل حمل بتن و افراد را ایجاد نمود. بدین منظور می‌توان با استفاده از تخته‌های محکم مسیر عبور را برقرار کرد. شکل ۱، روش انتقال بتن با استفاده از راه‌های قابل دسترس را نشان می‌دهد.



شکل ۱
محل قرار دادن مصالح و ریختن بتن در دالها و یا کف‌های مسلح

ب – بتن باید در نزدیکترین محل نهایی خود ریخته شود، زیرا جابجایی بتن در قالب باعث جداشدگی ذرات می‌شود (شکل ۲). در صورت نیاز به جابجایی، باید توده بتن به صورت یکجا حرکت داده شود. برای این کار می‌توان از یک وسیله پارویی شکل استفاده نمود و بتن را به صورت توده‌ای حرکت داد. از پرتاب کردن بتن با وسایلی مانند بیل از نقطه‌ای به نقطه دیگر اکیداً خودداری گردد.



شکل ۲ ریختن بتن در نزدیکی محل مورد نیاز

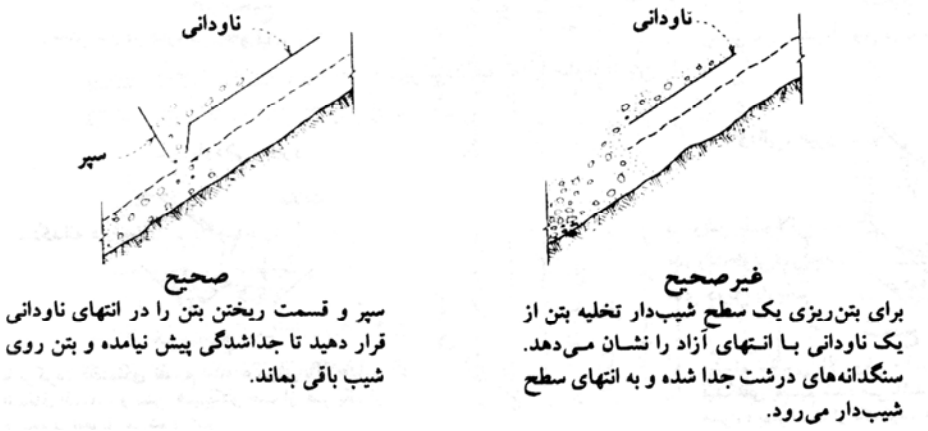
همچنین باید سعی شود در ریختن بتن با جام، تا حد امکان آن را بـه قالـب و یـا سـطح بـتن‌ریـزی نزدیک کرد تا موجب جداشدگی نشود، و از اعمال ضربه به قالب و میلگردها جلوگیری گردد (شکل ۳ در فصل پنجم).

پ – بتن‌ریزی باید در جلو لایه قبلی بتن انجام شود و نباید در انتهای لایه قبلی بـتن‌ریـزی شـود. روش صحیح عملیات درشکل ۳ نشان داده شده است. در روش صحیح، بتن درون فرغون در جلو بتن قبلی ریخته می‌شود، اما در روش ناصحیح با گذاشتن یک سکو بر روی بتن قبلی، بتن جدید ریخته مـی‌شـود. ایـن عمـل باعث جداشدگی اجزای بتن می‌گردد.



شکل ۳ روش صحیح ریختن بتن

ت – بتن‌ریزی روی سطوح شیبدار، از پایین شیب شروع می‌شود و به تدریج بـه سـمت بـالا رفتـه و خاتمه می‌یابد. لازم است برای این نوع بتن‌ریزی، از بتنی با روانی یا اسـلامپ کـم (حـدود ۵۰ میلیمتـر) استفاده گردد. همچنین کاهش سرعت بتن‌ریزی نیز می‌تواند در این خصوص موثر باشد. در شکل ۴، این عملیات به صورت صحیح و ناصحیح نشان داده شده است.



شکل ۴ روشهای صحیح و ناصحیح بتن‌ریزی در سطح شیبدار

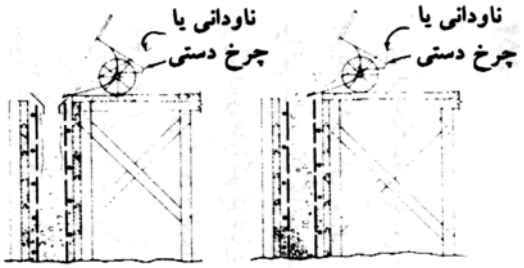
۳-۷ بتن‌ریزی ستونها و دیوارها

تجربه نشان می‌دهد که در هنگام بتن‌ریزی از ارتفاع بـیش از ۲ متـر، چنانچـه تمهیـدات خـاص اعمـال نگردد، کیفیت بتن نامطلوب خواهد بود. هر چند، آیین نامه‌های معتبـر محـدودیت خاصـی را بـرای ایـن منظور ارائه ننموده‌اند. بتن‌ریزی در ارتفاع زیاد سبب می‌شود که بتن با قالب و میلگردهـا برخـورد کنـد و دچار ضربه ناگهانی شود و در نتیجه جداشـدگی اجـزا در بـتن رخ مـی‌دهـد. معمـولاً در کشـور مـا آثـار جداشدگی در قسمت پایین ستونها و دیوارها (حدود ۰/۵ تا ۱ متری) مشاهده مـی‌گـردد کـه تصـور اکثـر دست اندرکاران آن است که، به علت عدم تراکم کافی بتن کرمو و فاقد ریزدانه و مـلات بـوده اسـت، در حالی که عمدتاً جداشدگی و تراکم بیش از حد موجب بروز این عارضه (پدیده) می‌شود. بنـابراین اجـرای موارد زیر در بتن‌ریزی از ارتفاع ضروری است:

الف – درمواردی که تراکم میلگرد در ستون و یا دیوار درحد کم باشد و سطح مقطع قالب فضای کافی را ایجاد کند می‌توان از لوله‌های آویز، ناودان و یا قیف هادی برای بتن‌ریزی استفاده کرد. ناودان شامل یک لوله ویک قیف در بالای آن است. لوله ناودان درداخل قالب گذاشته می‌شود و بتن‌ریزی به صورت تدریجی اما پیوسته انجام می‌گردد. با ریختن بتن، بتدریج لوله ناودان به طرف بالا هدایت می‌شود. این عمل باعث می‌شود که از عارضه جداشدگی ذرات بتن جلوگیری گردد.

ب – قطر لوله باید حداقل ۸ برابر اندازه بزرگترین سنگدانه باشد، اما در قسمت پایین (بعد از ۲ یا ۳ متر ارتفاع) قطر لوله را می‌توان کاهش داد و ۶ برابر اندازه بزرگترین سنگدانه در نظر گرفت. لوله‌ها می‌توانند به صورت پلاستیکی و یا پارچه‌ای باشند که در صورت وجود بتن، قطر مورد نظر را می‌توان به دست آورد. این لوله‌ها نسبت به لوله‌های صلب (انعطاف ناپذیر) ارجحیت دارند. عملیات صحیح و ناصحیح بتن‌ریزی در ارتفاع، در شکل ۵ نشان داده شده است.

پ – در مواردی که ستون یا دیوار دارای میلگرد در حد زیاد و متراکم است، امکان دارد که استفاده از لوله‌های ناودان برای ریختن بتن عملی نباشد. بنابراین می‌توان با تعبیه دریچه یا باز شو در قالب، بتن‌ریزی را انجام داد. می‌توان فواصل دریچه‌ها را حدود ۱/۵ متر تا ۲ متر در نظر گرفت. از طرف دیگر، به کارگیری دریچه، امکان رؤیت بتن در قالب را فراهم می‌کند و کنترل لرزاننده دستی نیز بهتر انجام می‌شود. در شکل ۶، روش ایجاد دریچه را نشان می‌دهد. در این روش، بتن‌ریزی تا تراز پایین دریچه تحتانی، متراکم می‌شود، سپس این دریچه بسته و از دریچه تراز بالایی بتن ریزی ادامه می‌یابد.



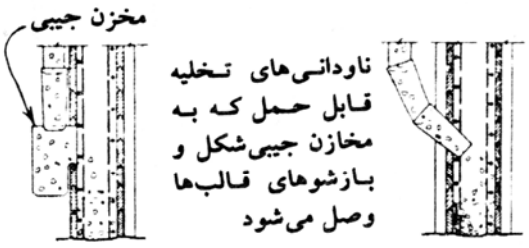
غیر صحیح

با اجازه دادن اینکه بتن در تخلیه از ناودانی یا چرخ دستی با برخورد با دیواره قالب‌ها و نیز میلگردها جدایی در بتن پیش آورده و بتنی کرمو و متخلخل در پایین ایجاد کند.

صحیح

ریختن بتن به داخل قیق‌های سبک و از آنجا تغذیه ناودانی‌های تخلیه سبک و با انعطاف باعث می‌شود که در بتن جدایی پیش نیاید. قالب‌ها و میلگردها تا قبل از اینکه بتن آنها را فراگیرد، تمیز باقی می‌مانند.

شکل ۵ تخلیه بتن در ستون ویا دیوار، با استفاده از چرخ دستی، یا جام



غیرصحیح

برای ریختن سریع بتن به‌داخل قالب‌ها از سیستم زاویه‌دار نسبت به‌قائم استفاده شده است. این حالت منجر به‌جداشدگی می‌شود.

صحیح

ریختن بتن به‌طور قائم در مخازن جیب مانند بیرونی قالب‌ها در نقاط مختلف باعث می‌شود بتن به‌آرامی به‌داخل قالب بدون جداشدگی داخل شود.

شکل ۶ استفاده از یک دریچه در بتن‌ریزی در ارتفاع و یا درمواردی که تراکم میلگرد زیاد است.

۸

متراکم کردن بتن

پس از جاگذاری بتن، باید حبابهای هوای ناخواسته با عمل تراکم حذف و یا کم گردد تا حداکثر چگالی در بتن حاصل شود. مقدار هوای محبوس بستگی به کارایی بتن دارد. بتن با کارایی کم، هوای حبس شده بیشتری دارد، به همین دلیل برای بتن با اسلامپ کم، نیاز به تراکم بیشتری احساس می‌شود. وجود حبابهای هوا باعث کاهش مقاومت بتن، افزایش نفوذپذیری بتن وکاهش مقاومت پیوستگی بین میلگرد و بتن می‌شود (شکل۱).



شکل ۱ اثر تراکم در حذف یا کاهش منافذ

برای تراکم بتن می‌توان از دو روش زیر استفاده نمود:

- تراکم دستی
- تراکم مکانیکی

موثرترین روش تراکم بتن با کارایی متوسط (اسلامپ رده‌های S3 , S2) استفاده از لرزاننده یا ویبراتور است، زیرا بتن‌های خیلی سفت به فشار و بتن‌های شل به لرزش حساس هستند. عمل لرزاننده باعث کاهش اصطکاک داخلی بین سنگدانه‌ها می‌شود تا آنها به یکدیگر نزدیک شده و حبابهای هوا به سطح برسند. در ابتدای عمل تراکم، سنگدانه‌های درشت از لرزاننده دور می‌شوند، زیرا جرم سنگدانه‌های

درشت بیشتر از سنگدانه‌های ریز است. پس از برخورد سنگدانه‌های درشت، ملات شروع به جاری شدن بین سنگدانه‌ها می‌کند.

۸-۱ تراکم دستی

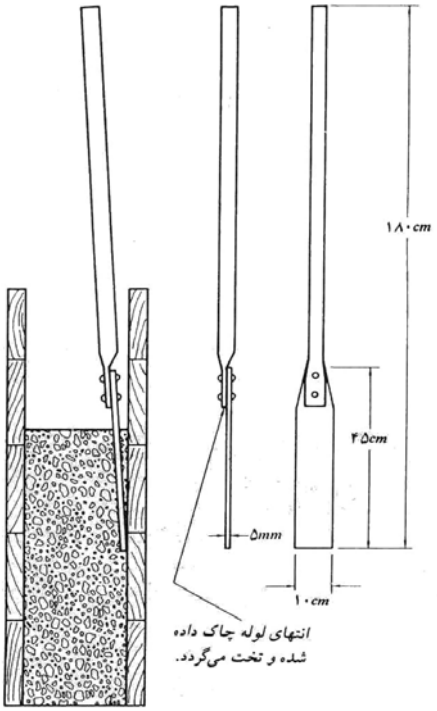
در کارهای کوچک و محدود که امکان استفاده از لرزاننده‌ها و وسایل مکانیکی وجود ندارد می‌توان برای تراکم بتن از وسائل دستی به شرح زیر استفاده کرد:

الف – در مخلوط‌های خمیری و روان (با اسلامپ بیش از ۵۰ میلی‌متر ، رده S2 به بالا)، می‌توان با اجازه دستگاه نظارت از میله فولادی (تخماق، کوبه) یا وسایل مشابه برای تراکم بتن استفاده نمود. میله بایستی به اندازه کافی وارد بتن شود تا بتواند به راحتی به انتهای قالب یا انتهای لایه مربوط به همان بتن‌ریزی برسد، ضخامت میله بایستی چنان انتخاب شود که به راحتی از بین میلگردها عبور نماید.

ب – با عملیاتی شبیه بیل‌زنی می‌توان ظاهر سطوح بتنی قالب گیری شده را بهتر کرد (شکل ۲). یک وسیله بیل مانند باید مکرراً به درون بتن و در مجاورت قالب فرو برده و بیرون آورده شود. این عمل، درشت دانه‌های بزرگتر را وادار می‌سازد تا از قالب رانده شود و حبابهای هوای محبوس بتواند بالا بیاید. در این خصوص باید دقت کرد تا به وضعیت میلگردها و قالبها آسیبی نرسد. در این حالت، ضخامت بتن حدود ۰/۳ متر توصیه می‌شود.

پ – در مخلوط‌های سفت (اسلامپ کمتر از ۵۰ میلیمتر، رده S1) می‌توان از تخماق سر پهن با مقطع دایره و یا مربع استفاده نمود. در این حالت، ضخامت هر لایه به ۰/۱۵ تا ۰/۲ متر محدود می‌شود.

ت – برای تراکم بتن دالهایی با ضخامت کمتر از ۰/۱۵ متر می‌توان از ماله چوبی و اعمال ضربه به سطح بتن استفاده نمود.



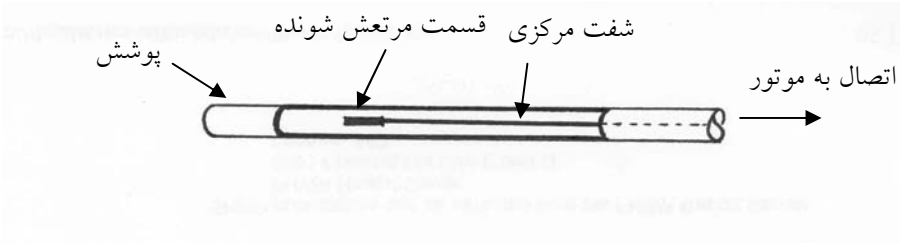
شکل ۲ استفاده ا ز یک وسیله میله‌ای و یا بیل مانند برای تراکم بتن

۸-۲ تراکم مکانیکی (لرزاننده‌ها)

متراکم کردن بتن، با وسایل مکانیکی مناسب‌ترین روش برای تراکم بتن است. معمولترین نوع وسایل مکانیکی، ویبراتور یا لرزاننده داخلی (خرطومی) است. هر چند، در مواردی که تراکم میلگرد زیاد است می‌توان از لرزاننده‌های قالب نیز استفاده نمود.

لرزاننده خرطومی از یک محرک انعطاف پذیر (در درون پوشش) که سبب چرخش میله مرکزی می‌شود، تشکیل شده است (شکل ۳). بر اثر چرخش میله مرکزی، یک قطعه فلزی که به میله متصل است به پوشش فلزی ضربه می‌زند که سبب لرزاندن آن می‌گردد. لرزاننده‌ها بر اساس قطر آن،

طبقه‌بندی می‌شوند، لرزاننده‌هایی با قطر ۱۵ سانتیمتر موجود است، اما معمولاً در کارگاه‌های ساختمانی، قطر ۲/۵ تا ۷/۵ سانتیمتر به کار گرفته می‌شود.



شکل ۳ جزئیات لرزاننده خرطومی

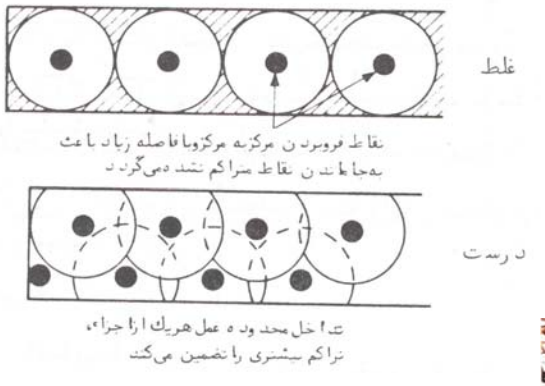
در هنگام استفاده از لرزاننده خرطومی باید موارد زیر رعایت گردد:

الف – برای اجتناب از حبس هوا، لایه بتن باید دارای ضخامت کم و نازک باشد، ولی در هر صورت لایه نباید کمتر از ۱۵۰ میلیمتر یا سه برابر حداکثر اندازه سنگدانه بتن باشد. معمولاً حداکثر ضخامت لایه ۵۰۰ تا ۶۰۰ میلیمتر است.

ب – معمولاً زمان کافی برای اعمال لرزش با لرزاننده خرطومی بین ۵ تا ۱۵ ثانیه است. اما مدت زمان دقیق باید بر اساس ظاهر شدن شیره بتن بر سطح و تغییر صدای لرزاننده تعیین شود. اگر زمان لرزاندن کم باشد، سنگدانه‌ها حرکت می‌کنند، اما ملات فرصت کافی برای جاری شدن ندارد و بتن متخلخل می‌شود. اگر زمان لرزاندن زیاد باشد، مقدار زیادی شیره بتن به سطح آمده که باعث جداشدگی در بتن و ایجاد ترک و کاهش مقاومت سطح بتن و کرمو شدن قسمت‌های زیرین بتن می‌شود.

پ – برای حذف مؤثر هوا، ویبراتور باید سریعاً به داخل بتن وارد گردد و با حرکت ملایم بالا–پایین، ویبراتور 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 جاری شدن ملات به صورت یکنواخت می‌شود. ضمناً در بتن‌های سفت جای میله ویبراتور به این ترتیب پر می‌شود.

ت – لرزاننده باید به صورت عمودی و در فواصل یکنواخت به داخل بتن فرو برده شود و از خواباندن لرزاننده به صورت کاملاً مایل یا افقی پرهیز گردد، مگر برای دال‌ها با ضخامت بیش از ۰/۱ متـر و قطـر خرطومی مناسب. فواصل مورد نظر بر اساس شعاع عمل لرزاننده تعیین می‌شود. از طرف دیگر، شعاع‌های عمل باید تا چند سانتیمتر یکدیگر را پوشش دهند. معمولاً ایـن فاصـله ۱/۵ برابـر شـعاع عمـل لرزاننـده توصیه می‌شود. این فاصله برای لرزاننده‌های تا قطر ۷۵ میلیمتر بین ۱۵۰ تا ۵۰۰ میلیمتر است و به قطـر لرزاننده و نوع بتن مورد استفاده بستگی دارد (شکل ۴ و ۵). محدوده شعاع عمـل لرزاننـده در جـدول ۱ مشاهده می‌شود.

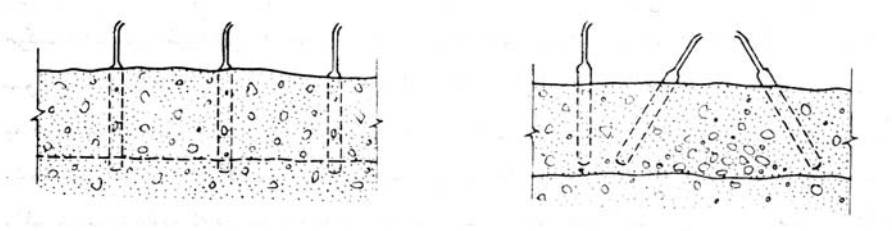


الف)



ب)

شکل ۴ همپوشانی، شعاع عمل ویبراتور و انجام شدن ویبره به صورت عمودی (تعیین فواصل نفوذ ویبراتور)

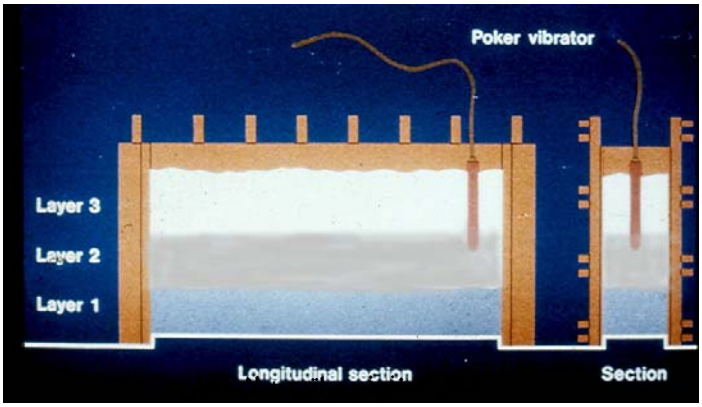


غیرصحیح
وارد کردن لرزاننده به‌داخل بتن تحت زوایای مختلف و به‌صورت تصادفی و نامنظم و در فواصل متفاوت و عدم عمق کافی برای فرو رفتن در لایه قبلی که باعث عدم یکپارچگی دو لایه می‌گردد.

صحیح
نفوذ به‌طور قائم لرزاننده در بتن و یک چند سانتی‌متری به‌داخل لایه قبلی که هنوز سخت نشده است و نیز رعایت فاصله منظم بین محل فرو بردن لرزاننده سبب تحکیم و تراکم کامل بتن می‌شود.

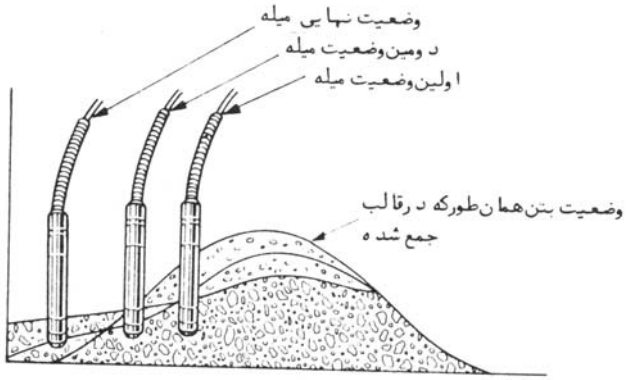
لرزاندن منظم هر لایه جدید بتن‌ریزی
شکل ۵ استفاده از ویبراتور برای متراکم نمودن بتن

ث – هنگامی که لایه قبلی بتن، حالت خمیری دارد و هنوز به مرز گیرش اولیه آن نزدیک نشده است، لرزاننده باید به مقدار ۵۰ تا ۱۰۰ میلیمتر به داخل لایه قبلی نفوذ کند (شکل ۵ و ۶).



ج – لرزاننده نباید با سطح قالب و میلگرد تماس داشته باشد، زیرا ممکن است باعث صدمه زدن به سطح قالب شود و یا سبب لرزش میلگردها در بتن قبلی که در حال گیرش می‌باشند، گردیده و موجب کاهش پیوستگی بتن و میلگرد شود. همچنین لرزش قالب در قسمتهایی که بتن آن در حال گیرش است می‌تواند به نمای قسمت سطحی آسیب برساند.

چ – لرزاننده نباید برای حرکت جانبی و هل دادن بتن استفاده گردد، زیـرا سـبب جداشـدگی اجـزای مخلوط بتن می‌شود. برای صاف و تراز کردن سطح بتن می‌توان لرزاننده را به وسط توده بتن داخل کرده تا بتن هموار گردد و از هر گونه حرکت جانبی اجتناب شود. در صورتی که ضروری باشـد تـا بـا ویبراتـور جابجایی انجام شود، در شکل ۷ نحوه صحیح نشان داده شده است.



شکل ۷ نحوه صحیح جابجایی بتن با ویبراتور

ح – به عنوان یک قانون کلی، هر چه سنگدانه‌ها بزرگتر باشند و کارایی (اسلامپ) کمتر باشد، نیاز به ویبراتوری با قطر بزرگ احساس می‌شود. معمولاً قطر ۲/۵ سانتیمتر برای مقـاطع پـر میلگـرد و کوچـک استفاده می‌شود. در چنین مواردی، دامنه نوسان ویبراتور کم بوده و قدرت تراکم نسبتاً کاهش می‌یابد. در جدول ۱، اطلاعات کلی مربوط به بازده و کاربرد انواع لرزاننده‌های داخلی داده شده است. مقادیر جـدول تقریبی است. لازم است قطر و قدرت لرزاننده با توجه به کارایی بتن، حداکثر انـدازه سـنگدانه‌هـا و ابعـاد قالب و حجم بتنی که در هر نوبت ریخته می‌شود، انتخاب گردد.

جدول ۱ اطلاعات مربوط به بازده و کاربرد انواع لرزاننده‌های داخلی

گروه	قطر لرزاننده (سانتیمتر)	بسامد (دور در دقیقه)	دامنه نوسان (سانتیمتر)	شعاع عمل (سانتیمتر)	حجم بتن‌ریزی به ازای هر لرزاننده	کاربرد
۱	۲–۴	۹۰۰۰تا ۱۵۰۰۰	۰/۴–۰/۰۸	۸–۱۵	۰/۸–۴	برای بتن‌های خمیری و روان و دراعضای نازک و اعضای پیش‌تنیده و نمونه‌های آزمایشگاهی
۲	۳–۶	۸۵۰۰تا ۱۲۵۰۰	۰/۰۵–۰/۱۰	۱۳–۲۵	۲/۳–۸	بتن خمیری برای دیوارهای نازک،تیرها،شمع‌های پیش‌ساخته، ستونها و دالهای نازک
۳	۵–۹	۸۰۰۰تا ۱۲۰۰۰	۰/۰۶–۰/۱۳	۱۸–۳۶	۴/۶–۱۵	برای بتن نسبتاً خمیری (کمتر از ۸ سانت اسلامپ)،در اعضای عمومی، مانند دیوارها،ستون،تیرهاودالهای ضخیم
۴	۸–۱۵	۷۰۰۰تا ۱۰۵۰۰	۰/۰۸–۰/۱۵	۳۰–۵۱	۱۱–۳۱	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	۱۳–۱۸	۵۵۰۰تا ۸۵۰۰	۰/۱۰–۰/۲۰	۴۰–۶۱	۱۹–۳۸	برای بتن‌ریزی حجیم، مانند سدها،دیوارهای ضخیم و ستون‌های پلها که در هر نوبت بیش از ۳ مترمکعب ریخته می‌شود

۸-۳ تراکم مجدد

معمولاً تراکم مجدد ۱ تا ۲ ساعت پس از تراکم اولیه و قبل از اینکه بتن به مرز گیرش اولیه نزدیک شود، انجام می‌گردد. این عمل برای بهبود تراکم، پیوستگی بتن و میلگرد، کاهش ترک‌خوردگی و منافذ ناشی از جمع‌شدگی و آب‌آوری بویژه در مورد بتن‌هایی با اسلامپ بیش از ۷۵ میلیمتر مفید است. بنابراین، تراکم مجدد برای تولید بتن با کیفیت بهتر، مورد استفاده قرار می‌گیرد. اما اگر با تأخیر زیاد و در حین گیرش اولیه انجام شود، سبب صدمه زدن به بتن و کاهش مقاومت می‌شود. به هر حال تأخیر در

تراکم مجدد به دمای بتن و محیط مجاور و نوع سیمان و بتن بستگی دارد. لرزش مجدد برای بتن‌هـایی با اسلامپ کمتر از ۵۰ میلیمتر (رده S1) که به خوبی متراکم شده است توصیه نمی‌شود و ممکن اسـت آثار زیانباری داشته باشد.

شکل ۸، یک نمونه از تراکم نامناسب بتن را نشان می‌دهد.



شکل ۸ نمونه‌ای از نحوه نامناسب تراکم بتن

۹

پرداخت سطح بتن

معمولاً پرداخت سطح بتن، بلافاصله پس از اتمام بتن‌ریزی و تراکم بتن انجام می‌شود. روش پرداخت اثر مهمی در مقاومت فشاری، نفوذپذیری و مقاومت سایشی لایه سطحی بتن دارد. مراحل پرداخت سطح به شرح زیر است:

- شمشه یا تراز کردن
- تخته ماله کشی با تخته ماله دستی بلند و کوتاه
- ماله کشی
- پرداخت نهایی

هدف و نحوه صحیح مراحل مختلف پرداخت در این بخش شرح داده شده است:

۹-۱ شمشه یا تراز کردن

شمشه کاری روندی برای حذف بتن اضافی و تراز کردن سطح بتن در ارتفاع یا تراز مورد نظر است. این عمل باید بلافاصله پس از بتن‌ریزی و تراکم انجام پذیرد. وسیله‌ای که برای شمشه‌گیری استفاده می‌شود، شمشه یا شابلون ساخته شده از چوب، آلومینیوم یا آلیاژ منیزیم است. در هنگام شمشه کاری، شمشه بر روی سطح بتن باید به صورت اره‌ای حرکت داده شود و درهر حرکت، مسافت کوتاهی به طرف جلو منتقل گردد. بنابراین، بتن اضافی (بالاتر از سطح تراز) در جلو شمشه جمع شده و سپس قسمت‌هایی که پایین‌تر از سطح تراز است توسط بتن جمع‌آوری شده در جلو شمشه پرشده و سطح بتن تراز می‌گردد(شکل ۱).



شکل ۱ استفاده از شمشه برای تراز کردن سطح یک دال

در هنگام حرکت شمشه به طرف جلو باید مقدار مسافت طی شده بسیارکوتاه باشد تا شمشه سبب آسیب‌دیدگی سطح بتن نگردد. در بعضی موارد، شمشه مجهز به ویبره است و عمل تراز کردن همزمان با تراکم بتن (فقط برای دالهای کف) انجام می‌شود (شکل ۲).



شکل ۲ استفاده از شمشه‌های دارای ویبره برای تراز کردن و متراکم نمودن سطح، به صورت همزمان

۹-۲ تخته ماله‌کشی با تخته ماله دسته بلند و کوتاه

تخته ماله دسته بلند قطعه‌ای مستطیلی شکل به عرض تقریبی ۲۰۰ میلیمتر و به طول ۱ تا ۱/۵ متر که دسته‌ای به طول ۱ تا ۵ متر به آن متصل است (شکل ۳). منظور از عمل تخته ماله‌کشی با تخته ماله دسته کوتاه، مانند تخته ماله دسته بلند است و فقط دسته آن کوتاهتر می‌باشد. بنابراین معمولاً فقط یکی از آنها در عملیات پرداخت به کار گرفته می‌شود. اگر سطح بتن بزرگ بوده، ولی تمام سطح بتن در دسترس نباشد، تخته ماله دسته بلند مناسب‌تر است و بالعکس تخته ماله دسته کوتاه در سطوح محدود و کوچک کاربرد بهتری دارد. باید توجه داشت که دسته بلند تخته ماله ازدقت کار می‌کاهدو فقط در سطح‌های وسیع به ناچار به کار می‌رود. معمولاً تخته ماله دسته کوتاه ۷۰ تا ۱۰۰ میلیمتر عرض و ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلیمتر طول دارد و دسته‌ای کوتاه بر روی آن نصب شده است.

معمولاً جنس تخته ماله از چوب، آلیاژ آلومینیوم و یا منیزیوم است. برای بتن معمولی نوع چوبی بهتر است زیرا چوب، ملات (خمیر سیمان و ماسه) را بر سطح حرکت داده و در نتیجه سطح بتن به صورت باز باقی مانده و آب آوری شدت نمی‌یابد. درمواردی که بتن از نوع سبک است و یا چسبنده باشد، باید از تخته ماله از نوع آلیاژ منیزیوم استفاده گردد. تخته ماله منیزیمی فقط خمیر سیمان وماسه بسیار ریز موجود در سطح را حرکت می‌دهد و انرژی کمتری صرف ماله‌کشی می‌شود و همچنین سطح بتن گسیخته نمی‌گردد. هنگامی که برای بتن با وزن مخصوص (چگالی) معمولی از تخته ماله منیزیومی استفاده می‌شود بهتر است که اولین ماله‌کشی با ماله چوبی باشد تا سطح نیمه بسته بتن باز گردد، زیرا تخته ماله منیزیومی سطح بتن را مسدود می‌کند.



شکل ۳ تخته ماله‌کشی با تخته ماله دسته بلند

عمل تخته ماله کشی باید بلافاصله پس از شمشه کردن صورت گیـرد و قبـل از آنکـه آب آوری در سطح بتن مشاهده گردد، باید به اتمام برسد. به طور کلی عمل پرداخـت کـه در هنگـام آب آوری انجـام می‌پذیرد سبب جدا شدن لایه سطحی بتن می‌گردد و این نکته بایـد بـه عنـوان یـک اصـل در عملیـات پرداخت سطح بتن مورد توجه قرار گیرد. تخته ماله‌کشی به دلایل زیر استفاده می‌شود:

- حذف لبه‌های باقی مانده از عمل شمشه کاری
- پر کردن منافذ

۹-۳ ماله‌کشی

پس از تعبیه درزها، سطح بتن باید ماله‌کشی شود، ماله‌کشی به علل زیر انجام می‌گیرد :

فرو بردن سنگدانه‌های درشت به درون بتن

حذف ناهمواری‌ها ومنافذ باقی مانده و ایجاد یک سطح کاملاً هموار

تراکم سطح بتن

ماله به صورت نوع دستی و مکانیکی موجود است. ماله دستی از جنس چوبی، آلومینیومی و منیزیومی است. ماله آلومینیومی و منیزیومی راحت‌تر در سطح بتن حرکت می‌کنند، در این صورت، از مقدار انـرژی مورد نیاز کاسته می‌شود. برای ماله‌کشی بتن حباب دار (به علت اسـتفاده از مـاده افزودنـی حبـاب سـاز) استفاده از ماله فلزی ضروری است، زیرا ماله چوبی بر سطح بتن چسبیده و سبب خرابی سطح می‌گردد.

عرض ماله دستی باید به صورت کاملاً افقی (بدون ایجاد زاویه) بر روی سطح بتن قـرار داده شـود و آن را به صورت اره‌ای و قوسی حرکت داده تا منافذ پر شده و سطح بتن کاملاً هموار گـردد. مالـه‌کشـی سبب می‌شود تا سطح بتن هموار شده (ولی صاف نمی‌شود) و مقاومت مناسبی در مقابل لیز خـوردن بـه وجود آید و معمولاً به عنوان پرداخت نهایی تلقی می‌گردد. ماله کشی با دستگاه مکانیکی نیز امکان‌پـذیر است. دستگاه ماله‌کشی شامل یک محور عمودی است که به آن چند پره به شکل مالـه متصـل اسـت و حرکت دورانی پره‌ها سبب هموار شدن سطح بتن می‌گردد (شکل ۴).



شکل ۴ مرحله ماله‌کشی

۹-۴ پرداخت نهایی

بعد از عمل ماله‌کشی می‌توان با ابزارهای دستی یا مکانیکی مخصوص پرداخت نهایی، سطح بتن را کاملاُ صاف نمود. مرحله پرداخت نهایی بلافاصله بعد از ماله‌کشی و با ابزار دستی یا ماشین انجام می‌پذیرد. ابزار دستی که برای پرداخت نهایی استفاده می‌شود(شکل ۵)، یک صفحه فولادی پهن به ابعاد ۱۰۰×۴۰۰ میلیمتر است. استفاده از صفحه فولادی با ابعاد کوچکتر برای مرتبه دوم و یا سوم پرداخت نهایی اشکالی ندارد. در بعضی موارد (مانند دالها)، پرداخت نهایی با دستگاه مکانیکی انجام می‌شود. این دستگاه مشابه ماله دستی است، تنها تفاوت آن، ابعاد کوچکتر پره‌ها و امکان تغییر و فشار بر روی آنهاست. در مرحله اول پرداخت، پره‌ها به صورت مستقیم و در مراحل بعدی، به زاویه پره‌ها افزوده می شود (شکل ۶).

باید توجه داشت با پرداخت نهایی، از مقاومت لغزش سطح بتن کاسته می‌شود، اما مقاومت سایش سطح افزایش می‌یابد. بنابراین اگر مقاومت سایشی بتن در حد نسبتاً زیاد ضروری است باید حداقل یکبار نسبت به پرداخت نهایی اقدام گردد و باافزایش تعداد عمل پرداخت نهایی، مقاومت سایش افزایش می‌یابد. اما اگر مقاومت لغزشی اهمیت بیشتری دارد، باید مرحله پرداخت نهایی حذف گردد.



شکل۵ پرداخت نهایی با ابزار دستی



شکل ۶ پرداخت نهایی با ابزار مکانیکی

۹-۵ توقف در عملیات پرداخت

هر گاه آب حاصل از آب آوری بر سطح بتن مشاهد گردید، باید عملیات پرداخت متوقف گردد تا آب از سطح بتن تبخیر شود. معمولاً آب حاصل از آب انداختن پس از ماله‌کشی با تخته ماله دسته بلند و کوتاه مشاهده می‌شود. اما به هر حال هنگامی که آب انداختن در بتن رخ دهد باید عملیات به صورت موقت متوقف شود. ادامه عملیات پرداخت که معمولاً مرحله ماله‌کشی است باید با یک آزمایش ساده انجام

گردد. این آزمایش بر این اساس است که فشار پا بر روی بتن باید حداکثر ۵ میلیمتر اثر بگذارد. این حالت نشان می‌دهد که سطح بتن آماده ماله‌کشی است.

اگر شرایط رطوبت و دمای محیط به صورتی است که امکان تبخیر آب حاصل از آب انداختن در مدت کوتاه وجود ندارد می‌توان با یک تمهید ساده نسبت به رفع آب سطح بتن اقدام نمود. با گذاشتن یک لایه گونی بر سطح بتن و ریختن گرد سیمان بر روی سطح پارچه چتایی، سریعاً آب سطح جذب و حذف می‌گردد. اما باید توجه داشت که به هیچوجه نباید گرد سیمان بر روی سطح بتن به صورت مستقیم ریخته شود، زیرا باعث تضعیف بیشتر لایه سطحی بتن می‌گردد.

بنابراین باید توجه داشت که در صورت مشاهده آب انداختن، اگر عملیات پرداخت انجام شود، یک لایه سست از خمیر سیمان بر سطح بتن تشکیل می‌شود که سبب کاهش شدید مقاومت سایشی بتن و دوام سطحی می‌گردد.

۱۰

درز انقباض (جمع‌شدگی)

معمولاً بتن، تحت جمع‌شدگی خمیری و خشک شدگی قرار می‌گیرد و چنانچه جمع‌شدگی تحت قید قرار بگیرد، بتن احتمالاً ترک می‌خورد. برای جلوگیری از بروز ترکها در سطح بتن، درزهای انقباض تعبیه می‌شود. در مواردی که میلگرد به اندازه کافی در عضو بتنی در نظر گرفته شده باشد تا تنش‌های جمع‌شدگی را تحمل کند، نیاز به درز انقباض نیست. در چنین مواردی، میلگرد از تشکیل ترکهای قابل رؤیت جلوگیری می‌کند.

منظور از ایجاد درزهای انقباض (کنترل یا جمع‌شدگی)، تعیین محلهایی از قبل پیش بینی شده برای بروز ترکهاست. به عبارت دیگر، چنانچه درزهای انقباض در عضو بتنی ایجاد نگردد و یا در فواصل نادرست اجرا شود، ترکها در محلهای نامشخص به وجود می‌آیند. با ایجاد درزهای انقباض، یک منطقه ضعیف ایجاد می‌گردد که ترکهای جمع‌شدگی در همان محلها شکل می‌گیرند.

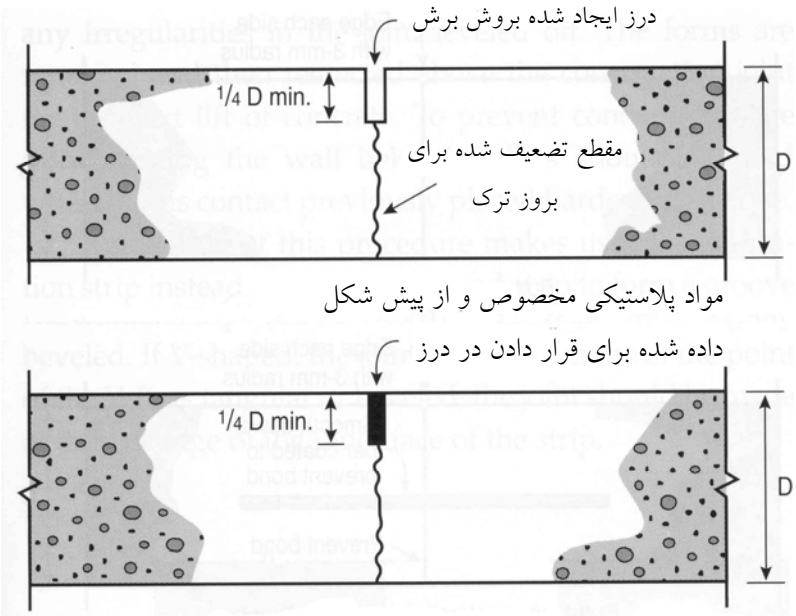
در این فصل، توصیه‌هایی برای ایجاد درزهای انقباض دردالهای کف ارائه شده است. برای ساخت درزهای انقباض موارد زیر باید رعایت شوند :

الف – برای ساخت درزهای انقباض می‌توان از وسیله دستی لبه‌زن استفاده نمود. اره ماشینی، وسیله دیگری برای ساخت درزهای انقباضی است، ولی عمل برش هنگامی باید آغاز گردد که بتن سخت شده باشد، در غیر این صورت، باعث جابجایی سنگدانه‌ها می‌گردد(شکل ۱).



شکل ۱ استفاده از دستگاه برش برای ایجاد درز

ایجاد درزهای انقباض در بتن تازه نیز با استفاده از نوارهای پلاستیکی، فلـزی و چـوبی امکـان‌پـذیر است. برای نصب نوارها، یک شیار به وسیله ماله و یا شیارزن در بتن تازه ایجاد کرده و سـپس نوارهـا در آن شیار گذاشته می‌شود. پس از اتمام عملیات ایجاد درزها، باید با استفاده از ماده درزگیر، نسـبت بـه پـر کردن درزها اقدام نمود(شکل ۲). با پر کردن درزها، از لبه‌های درز محافظت شده و عبور ترافیک (آمـد و شد) بدون اشکال انجام می‌گردد.



شکل ۲ درز ایجاد شده به وسیله برش و پر کردن آن با نوارهایی از جنس پلاستیک

ب – فاصله درزهای انقباض معمولاً بین ۲۴ تا ۳۶ برابـر ضـخامت دال اسـت. بـرای تعیـین فاصـله تقریبی درزها به جدول ۱ مراجعه شود. فاصله درزهای انقباض به اسلامپ، حداکثر اندازه سنگدانه شـکل و بافت سطحی سنگدانه‌ها، نسبت آب به سیمان، عیار و نوع سیمان بسـتگی دارد و بهتـر اسـت فواصـل درزها را به مراتب کمتر از جدول زیر در نظر گرفت.

جدول ۱ حداکثر فاصله درزهای انقباضی

ضخامت دال (mm)	اسلامپ ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلیمتر- فواصل درزها (متر)*		اسلامپ کمتر از ۱۰۰ mm فواصل درزها (متر)
	حداکثر اندازه سنگدانه ۲۰ mm	حداکثر اندازه سنگدانه بیش از ۲۰ mm	
۱۰۰	۳/۰	۲/۴	۳/۶۰
۱۲۵	۳/۹۰	۳/۰	۴/۵۰
۱۵۰	۴/۵۰	۳/۶۰	۵/۴۰
۱۷۵	۵/۴۰	۴/۲۰	۶/۳۰
۲۰۰	۶/۰۰	۴/۸۰	۷/۲۰
۲۲۵	۶/۹۰	۵/۴۰	۸/۱۰
۲۵۰	۷/۵۰	۶/۰۰	۹/۰

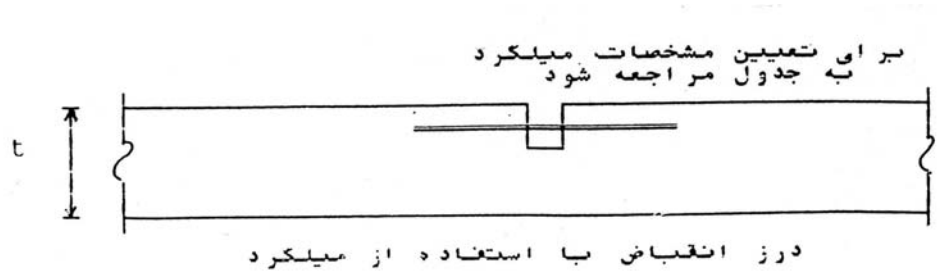
شایان ذکر است، مقادیر اسلامپ ذکر شده برای بتن بدون استفاده از مواد افزودنی روان کننده یا فوق روان کننده است و چنانچه از بتن با مواد افزودنی استفاده گردد، اسلامپ قبل از استفاده از مواد افزودنی است.

پ – برای انتقال بهتر نیرو درمحل درزهای انقباض می‌توان از میلگرد (داول) در وسط ضخامت دال استفاده نمود. مشخصات میلگرد در جدول ۲، ارائه شده است. در هنگام تعبیه باید دقت نمود تا میلگرد به بتن پیوستگی نداشته باشد.

جدول ۲ فواصل میلگردها در درزها

ضخامت دال (mm)	قطر میلگرد (mm)	طول میلگرد (mm)	فواصل میلگرد (mm)
۱۲۰–۱۵۰	۲۰	۴۰۰	۳۰۰
۱۸۰–۲۰۰	۲۵	۴۶۰	۳۰۰
۲۳۰–۲۸۰	۳۵	۴۶۰	۳۰۰

شکل ۳، درز انقباض با استفاده از میلگرد برای انتقال نیرو را نشان می‌دهد.

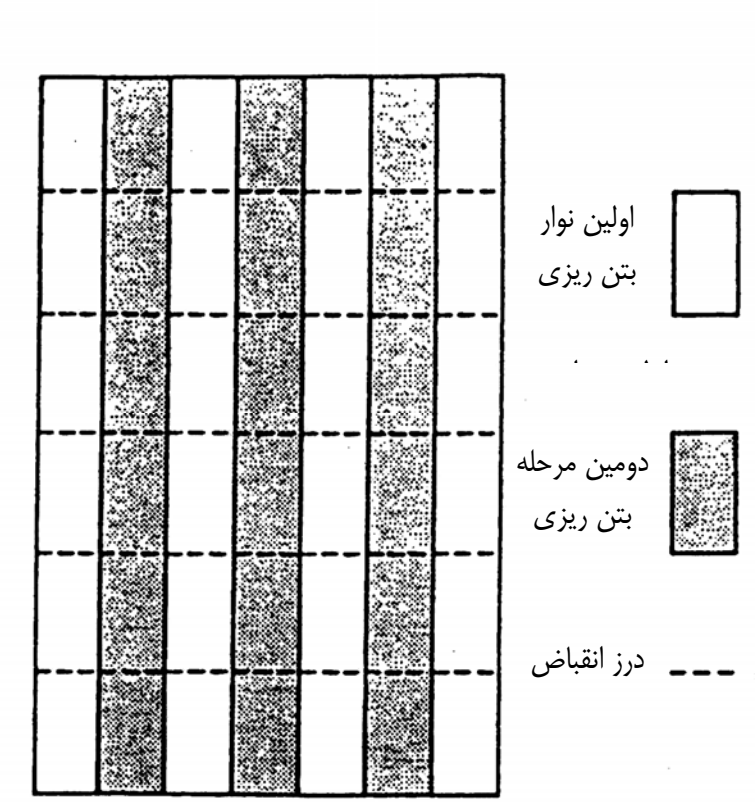


شکل ۳ درز انقباض با استفاده از میلگرد

ت – برای تراکم سطح دالهای کوچک می‌توان از دستگاه ویبره استفاده کرد، اما برای سطوح وسیع توصیه می‌شود که با استفاده از یک تیر فولادی که بر روی آن ویبره متصل است، عملیات تراکم اجرا گردد.

ث – یک روش مناسب برای ساخت دال، به روش نواری موسوم است (شکل ۴). بر اساس این روش، ابتدا عرض دال به چند نوار طولی تقسیم می‌گردد و قالبها نصب می‌گردند. سپس بتن به صورت نوارهای یک در میان ریخته می‌شود. پس از بتن‌ریزی سری اول نوارهای طولی، قالبها باز می‌شوند و خود نوارهایی که بتن‌ریزی شده‌اند به صورت قالب برای نوارهای دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند. درزهای انقباض در حد فاصل نوارها اجرا می‌گردد.

ج – توصیه می‌شود هنگامی که بتن تازه است، درز انقباض (برای جمع‌شدگی خمیری) اجرا گردد، زیرا اگر بتن سخت شود، باید از وسایلی مانند اره برقی برای ایجاد درز استفاده کرد. بر همین اساس در زمانی که بتن تازه است با گذاشتن یک نوار چوبی یا فلزی در محل مورد نظر می‌توان درز را ایجاد کرد. ایجاد درز در بتن سخت شده برای کنترل جمع‌شدگی ناشی از خشک شدن به کار می‌آید.



شکل ۴ روش بتن‌ریزی دال و ایجاد درز انقباض

چ – برای اجرای عملیات پرداخت سطح بتن دال به فصل پرداخت مراجعه شود.

ح – محل درزها باید با یک ترکیب مناسب پر شود تا به دال از نظر نفوذ مواد زیان‌آور، خسارت وارد نگردد. این ترکیب می‌تواند ملات سیمان با ماسه سیلیسی و با نسبت کم آب به سیمان باشد (در صورتی که صرفاً درز انقباضی برای جمع‌شدگی خمیری داشته باشیم این نوع ماده پرکننده می‌تواند به کار رود).

۱۱

درز ساخت (اجرایی)

در بعضی از موارد امکان بتن‌ریزی یک عضو سازه‌ای در یک نوبت وجود ندارد. همچنین طبق توصیه آیین‌نامه‌ها، گاه لازم است بین اجرای اعضای قائم و افقی فاصله زمانی رعایت گردد. در چنین مواردی از درز ساخت استفاده می‌شود. به عبارت دیگر، درز ساخت، سطح بتن سخت شده‌ای است که در تماس با بتن تازه قرار می‌گیرد.

۱۱-۱ آماده‌سازی درز ساخت

در محل درز ساخت بین بتن قدیم و بتن تازه باید پیوستگی ایجاد نمود. رعایت مواردی به شرح زیر باعث افزایش مقاومت پیوستگی بین بتن قدیم و بتن تازه می‌شود:

الف – تمام مواد زاید، گردوخاک و روغن باید از سطح بتن قدیم پاک گردد. برای پاک‌کردن سطح می‌توان از برس، هوای فشرده و یا آب با فشار زیاد استفاده کرد و در صورتی که آلوده به مواد روغنی باشد باید با استفاده از حلال مناسب پاک گردد. احتمال دارد که به دلیل آب انداختگی بتن، یک لایه ضعیف از خمیر سیمان در سطح بتن قدیم مشاهده گردد که جدا کردن این لایه با ابزار ذکر شده ضروری است.

ب – سطح بتن قدیم باید زبر و ناهموار گردد. روش موثر برای زبر کردن سطح بتن، استفاده از برس زدن است که ۲ تا ۴ ساعت پس از اتمام تراکم باید انجام شود. وقتی نوک سنگدانه‌های درشت بیرون از سطح بتن قرار می‌گیرند نشان دهنده زبری مناسب است. اگرعملیات زبر کردن به روز بعد از بتن‌ریزی موکول شود، نیاز به کار زیاد خواهد داشت، بنابراین بهتر است زبر کردن در روز بتن‌ریزی و در ساعات اولیه گیرش انجام شود.

پ – بعد از آماده سازی سطح بتن قدیم و چند ساعت قبل از بتن‌ریزی، باید سطوح درزهای اجرایی با آب کاملاً اشباع شوند، اما باید صبر کرد تا آب اضافی روی سطح خشک شود و یا با استفاده از هوای فشرده، آب اضافی را از سطح زدود.

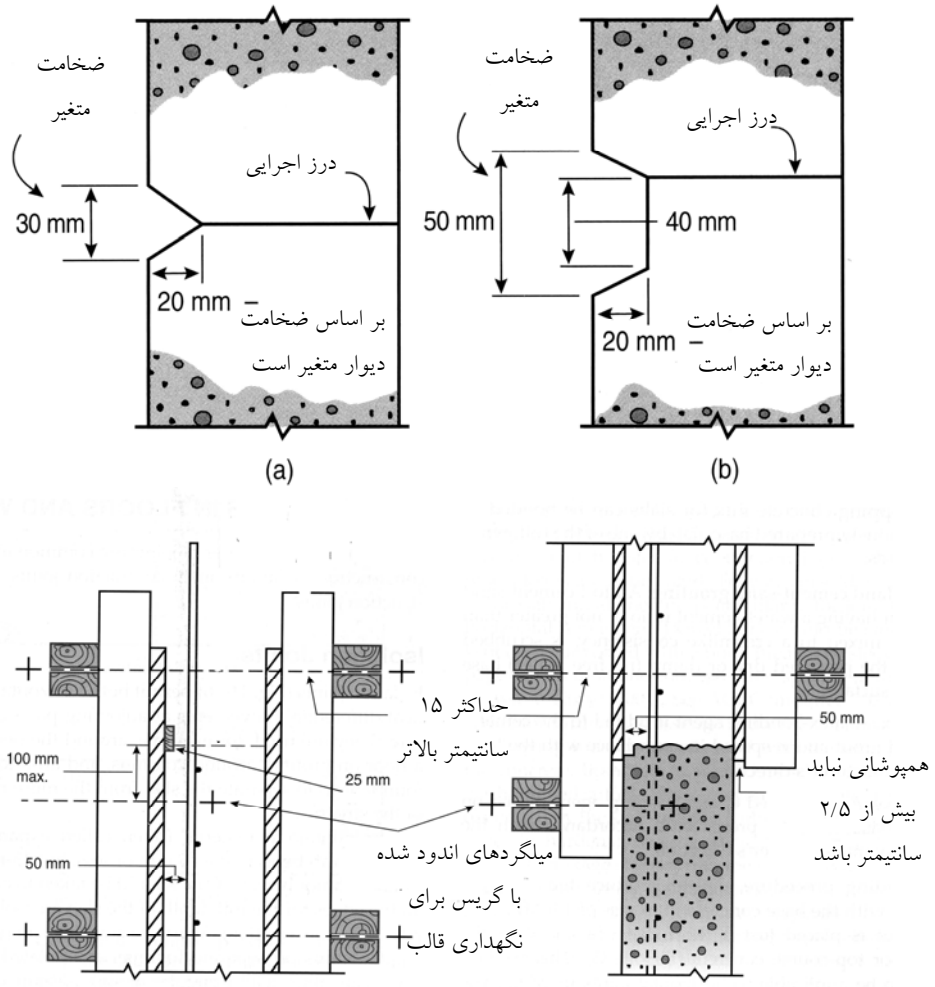
۱۱-۲ موقعیت درز ساخت

درز ساخت در تیرها بهتر است در محلی که کمترین تنشها و بویژه نیروهای برشی وجود دارد، ایجاد شود. بنابراین در تیرهای یکسره، درز باید در محل انتقال تیرها و ستون‌ها تعبیه گردد. در دال‌های سقف، درز ساخت باید در خطوط مرکزی تیرها ایجاد شود. باید نوع و محل درزهای اجرایی در نقشه‌ها ذکر گردد و یا در کارگاه به وسیله دستگاه نظارت تعیین شود. در هر صورت نباید موقعیت درز به محل یا زمانی دلخواه از قبیل پایان روز کار موکول شود.

شکل درزهای اجرایی با توجه به موقعیت آنها باید توسط مهندس محاسب و یا ناظر مشخص گردد. به طور کلی امتداد درز اجرایی باید عمود بر امتداد تنش‌های عضو باشد. برای ایجاد درز در تیرها باید از قالب موقت مخصوص استفاده نمود. در تیرهای عمیق یا شالوده‌ها می‌توان از درز به شکل پلکانی یا دارای کلید برشی (کاو و زبانه) بهره گرفت.

۱۱-۳ ظاهر درز ساخت

درز ساخت افقی در دیوارهایی که در معرض دید هستند باید ظاهر مناسب داشه باشد. به عبارت دیگر، درزهای افقی در دیوارها باید کاملاً مستقیم و افقی باشند. برای آنکه درز ساخت کاملاً افقی و مستقیم باشد می‌توان با نصب یک نوار چوبی یا فلزی بر دیواره قالب یک شکاف در محل درز ایجاد کرد. این شکاف، هم به در یک خط بودن درز کمک می‌کند و هم ظاهری مناسب به وجود می‌آورد. بتن تا حد وسط نوار جاگذاری می‌شود (شکل ۱).



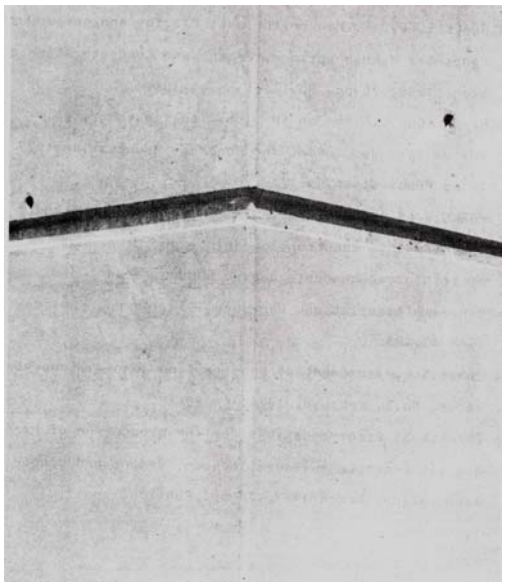
شکل ۱ درز ساخت

پس از آنکه بتن سخت شد، قالب و نوار چوبی را می‌توان برداشت و برای ادامه بتن‌ریزی، قالب را در ارتفاع بالاتر نصب کرد و بتن‌ریزی را انجام داد. در صورت ایجاد چنین شکافهایی باید توجه داشت که ضخامت پوشش بتنی بر روی میلگرد در حد مورد نظر باید رعایت گردد. شکل ۲، نمای دیوار را پس از اجرای درز ساخت با استفاده از نوار فلزی نشان می‌دهد. به جای قالب موقت می‌توان از توری با

چشمه‌های ریز یا از رابیتس استفاده کرد که باید به وسیله یک شبکه میلگرد در محل مورد نظر نگهداری شود. در این صورت باید از ریختن بتن شل در پشت قالب موقت و لرزاندن طولانی بتن مجاور آن خودداری گردد. رابیتس در توده بتن باقی می‌ماند یا در صورت لزوم به موقع کنده می‌شود، ولی توری باید در ساعات اولیه پس از گرفتن بتن کنده شود تا سطح حاصل بتواند پیوستگی خوبی با بتن بعدی داشته باشد. در صورتی که از رابیتس باقی مانده در توده بتن به عنوان قالب موقت استفاده شود، باید بلافاصله پس از گرفتن بتن، دوغابی را که از سوراخهای رابیتس گذشته و در پای آن جمع شده است کند و آثار آن را کاملاً تمیز نمود.

در هنگام ایجاد درز ساخت، رعایت موارد زیر ضروری است:

الف – شرایط رطوبت بتن قدیم در مقاومت پیوستگی اثر مهمی دارد. شرایط رطوبت بتن قدیم باید در حالت اشباع با سطح خشک باشد. به عبارت دیگر، درون بتن باید مرطوب، اما سطح آن خشک باشد. برای رساندن بتن قدیم به این حالت، بسته به شرایط دما و رطوبت محیط، باید از چند ساعت تا دو روز قبل از بتن‌ریزی جدید، بر روی سطح بتن قدیم آب‌پاشی گردد. اما در هنگام بتن‌ریزی جدید، باید سطح بتن قدیم عاری از آب اضافی باشد.



شکل ۲ نمای دیوار

ب – در صورتی که نیاز به پیوستگی بیشتر بین سطوح محل درز باشد می‌توان از میلگرد آجدار (داول) استفاده کرد. معمولاً این روش برای دال‌های کف مناسب است به خصوص در مواردی که دال بار زیادی را تحمل می‌کند، مانند کف سالن‌های صنعتی و یا محوطه‌ای که محل آمدوشد ترافیک است. در جدول ۱، مشخصات میلگرد آجدار را برای تعبیه در درز ساخت نشان می‌دهد.

جدول ۱ مشخصات و فواصل میلگرد اتصال (داول) در درز ساخت

ضخامت دال(mm)	قطر میلگرد آجدار (mm)	طول میلگرد (mm)	فاصله میلگرد (mm)
۱۲۰–۲۰۰	۱۲	۷۵۰	۷۵۰
۲۳۰–۳۲۰	۱۶	۷۵۰	۷۵۰

پ – برای نصب میلگردها، ابتدا باید در قالب حفره‌هایی با فواصل مورد نظر ایجاد کرد و سپس میلگردها در داخل حفره‌ها جاسازی شود به صورتی که نصف طول میلگردها درطرفین قالب قرار بگیرد. سپس بتن‌ریزی انجام می‌گردد. به این صورت، در زمان قالب برداری، نصف طول میلگردها خارج از بتن ساخته شده قرار می گیرند.

۱۲

عمل‌آوری بتن

عمل‌آوری روندی است که جهت حفظ رطوبت و حرارت بتن در مدت زمان معین بلافاصله پس از جاگذاری و پرداخت بتن انجام می‌گردد. عمل‌آوردن در خصوصیات بتن سخت شده، مانند: مقاومت فشاری، دوام، مقاومت سایشی و مقاومت در مقابل یخبندان تأثیر قابل ملاحظه‌ای دارد. عمل‌آوری به سه شکل: محافظت، مراقبت (عمل‌آوری) و پروراندن (عمل‌آوری حرارتی) برای بتن ریخته شده در قالب ضروری است.

هنگامی که سیمان پرتلند با آب مخلوط می‌شود، فعل و انفعال شیمیایی که به آن هیدراتاسیون می‌گویند، آغاز می‌گردد. پیشرفت و وسعت این واکنش شیمیایی در دوام، مقاومت و وزن مخصوص بتن اثر می‌گذارد. معمولاً مقدار آب موجود در مخلوطهای بتن، بیش از آب مورد نیاز برای تکمیل هیدراتاسیون است، اما به هر حال کاهش آب به علت تبخیر، باعث تأخیر و یا توقف فرآیند هیدراتاسیون می‌گردد.

در چند روز اول، پس از جاگذاری بتن، در درجه حرارت مناسب، هیدراتاسیون نسبتاً سریع است. بنابراین حفظ آب بتن، درطول این زمان بسیار با اهمیت است. هنگامی که عمل‌آوردن متوقف شود، کسب مقاومت بتن برای مدت کوتاهی ادامه می‌یابد، ولی پس از آنکه درجه اشباع حفره‌های مویینه داخل بتن به ۸۰ درصد می‌رسد، کسب مقاومت بتن متوقف می‌گردد.

روشهای مختلف عمل‌آوری رطوبتی (مراقبت) به شرح زیر است :

- عمل‌آوری با آب
- عمل‌آوری عایقی

در این بخش روشهای عمل‌آوری شرح داده شده است.

۱۲-۱ عمل‌آوری با آب

روشی است که سبب افزایش رطوبت بتن می‌گردد و همچنین از افت رطوبت بتن جلوگیری می‌کند. آب مصرفی باید دارای مواد زاید و مضر در حد مجاز استاندارد و آیین‌نامه‌های موجود باشد تا در کیفیت بتن

اثر نامطلوب باقی نگذارد. همچنین استفاده از آب بسیار سرد و یا گرم ، که سبب شوک حرارتی در بتن شده و سطح بتن ترک می‌خورد باید اجتناب نمود. روشهای مختلف عمل‌آوری با آب به شرح زیر است :

۱۲-۱-۱ ایجاد حوضچه و غوطه‌ورسازی: ایجاد حوضچه برای سطوح افقی، مانند دالها مناسب است. در پیرامون دال، لبه‌هایی ساخته می‌شود و در درون این حوضچه آب قرار می‌گیرد. آب درون حوضچه نباید بیش از $۱۲^{o}C$ سردتر از بتن باشد. همچنین می توان (قطعات پیش ساخته) را درون آب غوطه‌ور کرد، که در این حالت، ضوابط دمای آب باید رعایت شود.

۱۲-۱-۲ افشاندن آب: در دمای بیش از ^{o}C ۵+ روش افشاندن آب برای عمل آوردن بتن بسیار مناسب است. روند افشاندن آب باید پیوسته باشد، در صورتی که افشاندن با وقفه انجام پذیرد، باعث تروخشک شدن می‌گردد و در نتیجه عارضه پوسته شدن در سطح بتن بروز می‌کند. آب افشانی معمول در برخی از کارگاه‌های کشور ما، علاوه بر ایجاد تر و خشک شدن، باعث شوک حرارتی نیز می‌گردد، زیرا با خشک‌شدن سطح در زیر آفتاب، دمای سطح بتن بالارفته و با پاشیدن آب خنک، مشکل ترک‌خوردگی وجود خواهد داشت.

۱۲-۱-۳ پوشش‌های خیس: در صورتی که نتوان به طور مداوم با افشاندن آب، سطح بتن را مرطوب نگه داشت، استفاده از پوشش‌های جاذب آب از قبیل چتایی، گونی، گلیم و حصیر برای عمل آوردن بتن توصیه می‌شود. چتایی نو باید قبل از مصرف کاملاً شسته شود تا مواد قابل حل آن پاک شده و قابلیت جذب آن بیشتر گردد. همچنین در صورت استفاده از گونی، که قبلاً حاوی مواد شیمیایی یا شکر و غیره بوده ، لازم است قبل از مصرف، گونی کاملاً شسته شود، زیرا برخی از مواد شیمیایی می‌توانند همراه آب عمل‌آوری، در بتن جوان نفوذ نموده و ضمن اختلال در گیرش بتن ، مقاومت و دوام آن را کاهش دهند. با افزایش وزن چتایی یا سایر پوششهای جاذب، امکان نگهداری آب توسط آن بیشتر می‌شود و نیاز به مرطوب کردن متوالی آن کمتر می‌گردد. در غیر این صورت، بهتر است از دو لایه چتایی استفاده شود. چنانچه ورق پلاستیک بر روی چتایی قرار داده شود، از تبخیر آب چتایی جلوگیری می‌گردد که مشابه عمل آوری عایقی خواهد بود. این نوع پوشش‌ها باید به نحوی روی سطح بتن قرار گیرند که لبه آنها حدود ۱۰۰ میلیمتر روی هم قرار داده شوند، و بلافاصله پس از آنکه بتن به اندازه کافی سخت

شد، بر روی سطح قرار داده شوند. اگر زمانی که بتن در حالت خمیری است، پوشش روی آن قرار داده شود، سطح بتن آسیب می‌بیند. پوشش باید تمام سطح بتن را بپوشاند و به طور مداوم خیس نگاه داشته شود.

برای مقاطع کوچک بتن، عمل آوردن بتن با استفاده از خاک، ماسه، خاک اره، کاه و پوشال خیس مناسب است. ضخامت این نوع پوشش‌ها باید حداقل ۵۰ میلیمتر باشد و تمام سطح بتن پوشانده شود و به طور مداوم خیس نگاه داشته شود. ضخامت لایه کاه، ۱۰۰ میلیمتر و پوشال باید حداقل ۱۵۰ میلیمتر باشد و در صورت وزش باد با شبکه سیمی و یا چتایی روی آنها پوشانده شود تا وزش باد سبب پراکنده شدن کاه و یا پوشال نگردد. به طور کلی این نوع پوشش‌ها ممکن است باعث تغییر رنگ سطح بتن شوند و در همه موارد، مانند سطوح قائم امکان به کار گیری از آنها وجود ندارد. شکل ۱، روش عمل‌آوری با پارچه چتایی را نشان می‌دهد.

توصیه می‌شود، پس از اتمام مدت عمل‌آوری رطوبتی، اجازه دهیم پوشش موجود خشک و سپس از روی سطح بتن برداشته شود تا مشکل ایجاد نگردد. این عمل برای مناطقی که باد خیز هستند ضرورت دارد.

۱۲-۲ عمل‌آوری عایقی

جلوگیری از تبخیر آب، روش دیگری جهت عمل‌آوردن بتن است و به این دلیل مزیت دارد که نیاز به خیس کردن مداوم پوشش ندارد. این روش برای مناطقی که امکان فراهم کردن آب مناسب جهت عمل‌آوری با مشکلاتی همراه است قابل به کارگیری خواهد بود. مصالح و روشهای مختلف جلوگیری از تبخیر آب از سطح بتن به شرح زیر است:





شکل ۱ عمل‌آوری با پارچه چتایی و خیس کردن متوالی آن

ورق پلاستیک یا نایلون: ورق پلاستیک وزن بسیار سبکی دارد و در رنگهای مختلف، مانند سفید و سیاه موجود است. رنگ سفید برای هوای گرم مناسب است، زیرا نور را منعکس می‌کند و رنگ سیاه برای هوای سرد مطلوب است، زیرا نور را جذب می‌کند. ورق پلاستیک معمولاً از نوع پلی اتیلن است. ورق پلاستیک باید کاملاً سطح بتن را بپوشاند و لبه بالای آن حدود ۱۰۰ میلیمتر روی هم قرار گیرد و قطعات چوب بر روی آن قرار داده شود تا ورق کاملاً در تماس با سطح بتن باشد، و وزش باد سبب بلند کردن و حرکت آن نگردد. احتمال دارد که ورق پلاستیک باعث تغییر رنگ و ظاهر سطح بتن گردد به خصوص اگر ورق چروکیده باشد. در این صورت اگر یکنواختی رنگ و ظاهر سطح بتن اهمیت دارد، باید از روشهای دیگری استفاده کرد. تعریق و چکه کردن آب ناشی از تبخیر سطح بتن می‌تواند به ظاهر بتن آسیب رساند.

بنابراین توصیه می‌شود، در چنین شرایطی نایلون و یا پوشش دقیقاً بر سطح بتن قرار داده شود و یا از روشهای دیگری استفاده شود. مشکل استفاده از ورق نایلون پاره و یا سوراخ شدن آن در کارگاه این است که امکان تعمیر آن وجود ندارد و در صورت عدم توجه به وجود سوراخ یا پارگی مشکلاتی برای عمل‌آوری، به وجود می‌آورد. برای محکم کردن ورق‌ها در اطراف تیرها و ستونها، باید از طناب یا نوار استفاده گردد. شکل ۲، استفاده از ورق پلاستیک و شکل ۳، عمل‌آوری با استفاده از پوشش‌های مرکب (مواد عایق، ترکیبی از پلاستیک و چتایی) را نشان می‌دهند.

۱۲-۳ ترکیبات عمل‌آوری

ترکیبات عمل‌آوری به صورت مایع است که بر روی سطح بتن پاشیده یا مالیده می‌شود و با ایجاد یک غشاء از تبخیر آب بتن جلوگیری می‌کند. این محلولها از اختلاط رزینهای مصنوعی و طبیعی با حلال تشکیل شده است. پس از اعمال ترکیبات عمل‌آوری بر سطح بتن، حلال تبخیر شده و رزین بر سطح باقی می‌ماند. غشای رزین برای مدت حدود یک تا چهار هفته باقی مانده و بر اثر هوازدگی و نور آفتاب، ترد و شکننده می‌گردد و از سطح بتن جدا می‌شود.



شکل ۲ عمل‌آوری با پلاستیک



شکل ۳ عمل آوری عایقی (پوشش‌های مرکب)

معمولاً در این نوع ترکیبات از رنگدانه‌های مختلف، مانند ذرات آلومینیوم بهره گرفته می‌شود. استفاده از رنگدانه‌ها در ترکیبات به دو دلیل انجام می‌پذیرد. رنگدانه‌های خاص سبب انعکاس نور شده و در نتیجه دمای بتن شدیداً افزایش نمی‌یابد و همچنین سبب رؤیت ترکیب بر روی سطح بتن می‌شود و بنابراین امکان ارزیابی کفایت و یکنواختی ترکیب در سطح بتن فراهم می‌گردد. برای حصول اطمینان از پیوستگی غشای عمل‌آوری، بهتر است آن را در دو لایه عمود بر یکدیگر اعمال نمود. اگرفقط یک لایه اعمال شود، باید از یکنواختی و پوشش غشاء اطمینان حاصل گردد.

ترکیبات عمل‌آوری باید بر روی سطح بتن مرطوب اعمال و از پاشیدن یا اعمال آن بر سطح خشک بتن اجتناب گردد. ترکیبات عمل‌آوری از تبخیر آب بتن جلوگیری کرده و در نتیجه سطح بتن خنک نمی‌شود. بنابراین توصیه می‌شود، در مناطقی که تابش شدید آفتاب وجود دارد، بر روی سطح بتن، سایبان ایجاد گردد. در صورتی که از ترکیبات عمل‌آوری غیر محلول در آب استفاده می‌شود، لازم است این ترکیبات پس از تبخیر آب رو زده، به کار روند.

اگر قرار است که بر روی سطح بتن، یک لایه دیگر بتن ریخته شود، یا کاشی و موزائیک بر روی سطح بتن نصب گردد، بهتر است که از ترکیبات عمل‌آورنده استفاده نشود، زیرا این ترکیبات پیوستگی را کاهش می‌دهند. هر چند بعضی از انواع ترکیبات، پیوستگی را کاهش نمی‌دهند و یا امکان پاک کردن غشاء وجود دارد. همچنین در برخی از منابع و مخازن نگهداری مواد بهداشتی، غذایی و آب باید قبل از بهره برداری این مواد کاملاً تمیز گردند.

در مواردی که دوام بتن در برابر عوامل مضر و یا خوردگی میلگردها حایز اهمیت است و یا هنگامی که نسبت آب به سیمان پایین است، بهتر است از روشهای عمل‌آوری با آب (ایجاد حوضچه، غوطه‌وری، افشاندن آب و پوشش‌های خیس) استفاده کرد، و در صورت اضطرار از عمل‌آوری عایقی بهره بگیریم. شکل ۴، روش عمل‌آوری با ماده شیمیایی عمل‌آوری را نشان می‌دهد.



شکل ۴ روش عمل‌آوری با ماده شیمیایی غشایی

۱۲-۴ عمل‌آوردن بتن به وسیله قالبها

قالبها خود محافظ مناسبی هستند و از خروج آب از بتن جلوگیری می کنند. البته در چنین مواردی، سطح افقی بتن باید مرطوب نگاه داشته شود. قالب‌های چوبی باید با آب افشانی مرطوب شوند، به خصوص در هوای گرم و خشک این عمل حایز اهمیت است. اگرمرطوب نگاه داشتن قالب‌های چوبی امکان پذیر نیست، باید بلافاصله قالب‌برداری شده و روش دیگری جهت عمل آوردن بتن به کار گرفته شود. در صورتی که امکان برداشتن سریع قالبها بویژه در سطوح و یا دیوار و یا تیرها وجود ندارد، توصیه می‌شود با شل کردن قالبها، امکان عمل آوری با ریختن آب در درزهای موجود فراهم شود. شکل ۵، یک نمونه از قالب‌های مخصوص را که از مواد مختلف تشکیل شده است نشان می‌دهد.



شکل ۵ استفاده از قالب‌های چند لایه برای عمل آوری در هوای سرد

۱۲-۵ عمل‌آوری حفاظتی (محافظت)

لازم است در طول عمل‌آوری بتن جوان و پس از ریختن بتن، از بتن به خوبی محافظت شود تا آسیب نبیند. بارش باران و تگرگ، لرزش‌های شدید ماشین آلات ثابت و متحرک موجود، یخبندان، اعمال ضربه به قالب می‌تواند به بتن جوان و نارس آسیب برساند و به ظاهر بتن و مقاومت و دوام آن لطمه بزند.

۱۲-۶ عمل‌آوری حرارتی (پروراندن)

برای افزایش مقاومت بتن در روزهای اول و محافظت آن، در هوای سرد و جلوگیری از یخ زدن آن می‌توان دمای بتن داخل قطعه را بالا برد. بهترین روش برای این کار، به کارگیری بخار آب است. دمای محیط و بتن بهتر است از حدود ^{o}C ۶۵ بیشتر نشود و عمل بخاردهی پس از گیرش بتن آغاز گردد. روشهای حرارت رسانی خشک با سوزاندن مواد سوختی، نیروی برق و غیره، امکان پذیر است (شکل ۶). ولی به طور کلی باید نکات زیر در آن رعایت شود تا مقاومت و دوام مورد نظر حاصل گردد:

الف – قبل از گیرش بتن گرمادهی انجام نشود.

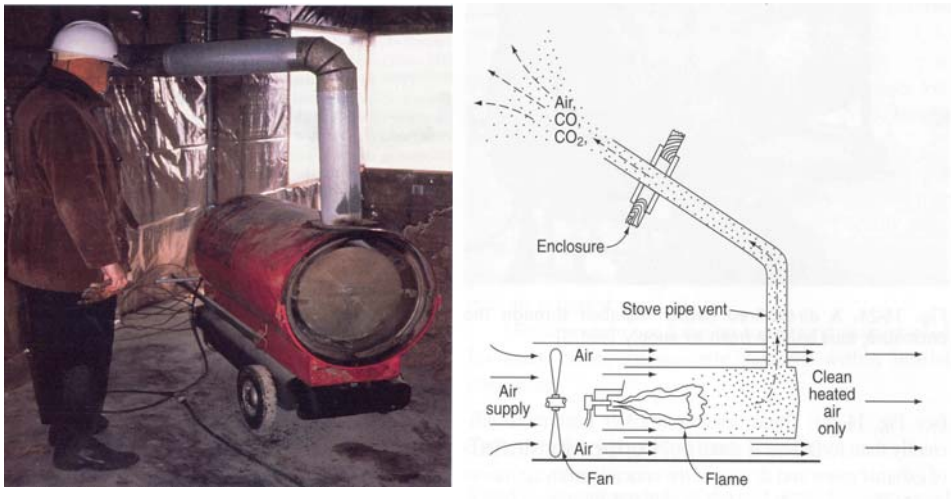
ب – گازهای ناشی از سوختن در مجاورت بتن تازه و یا جوان قرار نگیرد.

پ – خشک‌شدگی در قطعه بتنی به وجود نیاید و گرمارسانی به صورت یکنواخت و غیر متمرکز انجام گردد.

ت – افزایش دمای بتن، در هر ساعت به ^{o}C ۲۰ و کاهش آن نیز در هر ساعت به ^{o}C ۲۰ محدود شود و از بروز شوک حرارتی به بتن جلوگیری گردد. در قطعات حجیم کاهش دمای بتن در هر ساعت به ^{o}C ۱۰ محدود می‌شود.

ج – حداکثر دمای بتن به ^{o}C ۶۵ محدود شود.

چ – با ایجاد عایق حرارتی در سطح بتن می‌توان از افت دمای آن جلوگیری نمود و حتی دمای آن را افزایش داد. قالب چوبی، پشم شیشه، و عایق‌های پلی یورتان و یونولیت، کاه و پوشال و غیره به ضخامت کافی می‌تواند عمل عایق‌بندی را به انجام برساند. باید از به کار بردن مواد عایق یا گرمازا در سطح بتن که دارای مواد مضر باشد، جلوگیری نمود.



شکل ۶ یک نمونه از دستگاه‌های ایجاد حرارت برای عمل‌آوری حرارتی بتن

۱۲-۷ مدت زمان مراقبت (عمل آوری)

مدت مراقبت به عواملی نظیر نوع سیمان، مقاومت مورد نظر، نسبت سطوح نمایان به حجم، شرایط آب و هوایی در هنگام ساختن با نسبت آب به سیمان و ریختن بتن بستگی دارد.

مدت زمان عمل آوری مطابق با شرایط خصوصی پیمان و نظر مشاور و دستگاه است. در صورتی که زمان خاصی برای عمل‌آوری پیش بینی نشده باشد، حداقل زمان عمل آوردن بتن از مندرجات جدول ۱، محاسبه می‌شود. با توجه به شرایطی که ممکن است در کارگاه‌های کوچک حاکم باشد و عمل‌آوری مطابق روشهای ارائه شده، کاملاً صحیح انجام نگردد و یادر مناطقی که مسایل دوام و خوردگی میلگردها حایز اهمیت است توصیه می‌شود، زمان عمل آوری بیش از حداقل ارقام موجود در جدول اختیار گردد.

جدول ۱ حداقل زمان عمل‌آوری بتن

زمان عمل‌آوری		روند افزایش مقاومت بتن**					
		سریع		متوسط		کند	
دمای متوسط سطح بتن (هوای مجاور) ^0C		۵–۱۰	بالاتر از۱۰	۵ –۱۰	بالاتراز ۱۰	۵ –۱۰	بالاتراز ۱۰
شرایط محیطی	ضعیف	۴	۳	۸	۶	۱۰	۸
	متوسط	۴	۳	۶	۴	۸	۵
	خوب	۴	۲	۳	۳	۳	۳

شرایط محیطی مندرج در این ستون به شرح زیر تعریف می‌شود:

خوب: محیط مرطوب و محافظت شده (رطوبت نسبی بیشتر از ۸۰ درصد و محافظت شده در برابر تشعشع خورشید و باد).

ضعیف: محیط خشک و محافظت نشده (رطوبت نسبی کمتر از ۵۰ درصد و محافظت نشده در برابر تشعشع خورشید و باد).

متوسط: شرایطی بین دو حد خوب و ضعیف.

** مفاهیم روند افزایش مقاومت بتن؛ سریع: بتن دارای سیمانهای زودگیر (مانند پرتلند نوع ۳) افزودنی‌های زودگیر کننده، نسبت آب به سیمان، بسیار کم و عیار سیمان زیاد است، متوسط: نوع ۱، ۲ و پرتلند پوزولانی، کند: نوع ۵ و پوزولانی ویژه

۱۳

بتن‌ریزی در هوای سرد

با کاهش دمای بتن، از میزان سخت شدن و کسب مقاومت آن کاسته می‌شود و در دمای زیر نقطه انجماد، روند شیمیایی سخت شدن بتن متوقف می‌گردد. وقتی که دمای محیط به کمتر از $5\ ^{o}C$ می‌رسد، نباید بتن ریزی بدون اعمال تمهیدات ذکر شده در این فصل، انجام پذیرد.

به طور کلی، در دمای کم، آهنگ کسب مقاومت بتن کاهش می‌یابد و در نتیجه بتن تازه باید در مقابل آثار مخرب یخبندان محافظت گردد. در مواردی که بتن در چند ساعت اول، بعد از بتن‌ریزی و یا قبل از آنکه مقاومت نمونه استوانه‌ای بتن به ۳/۵ MPa برسد، در معرض یخبندان قرار گیرد، مقاومت نهایی بتن ممکن است تا ۵۰ درصد کاهش یابد و بتن دچار آسیب دیدگی جدی گردد. اگر بتن در دمایی کمتر از $+5\ ^{o}C$ قرار گیرد، فرآیند هیدراتاسیون بسیار کند شده و روند کسب مقاومت بتن عملاً متوقف می‌گردد.

آب خالص در صفر درجه یخ می‌زند، اما آب در داخل بتن به علت وجود املاح مختلف، دارای نقطه انجماد کمتری است و زمانی که آب در بتن یخ می‌زند، حجم آن حدود ۹ درصد بیشتر می‌گردد. از آنجا که انجماد بتن فرآیند تدریجی است، مقداری آب در منافذ مویین باقی می‌ماند که به علت افزایش حجم یخ، تحت فشار هیدرولیک قرار می‌گیرد. این فشار اگر آزاد نگردد، سبب تنش کشش داخلی شده و در نتیجه سبب ترک خوردگی و خرابی بتن می‌شود. با افزایش تعداد چرخه‌های یخ زدن و آب شدن، بر شدت خرابی بتن نیز اضافه می‌گردد.

در صورتی که شرایط هوای سرد طبق تعریف آیین نامه " آبا " در کارگاه حاکم گردد، عملیات ساخت و ریختن بتن، باید متوقف گردد مگر اینکه تمهیدات لازم انجام گردد. مهمترین نکته برای بتن‌ریزی در هوای سرد، ریختن و عمل‌آوری بتن در دمای بیش از $5\ ^{o}C$ (معمولاً بیش از $10\ ^{o}C$) به صورت کافی و عدم ایجاد شوک‌های حرارتی است.

۱۳-۱ دمای بتن در هوای سرد

بتن دراوایل سن خود، نه تنها باید درمقابل یخبندان محافظت گردد، بلکه باید قادر باشد تا در طول عمر مفید خود در مقابل چرخه‌های یخ زدن و آب شدگی، مقاومت نماید. برای آنکه از یخ زدگی بتن تازه

جلوگیری شود، دمای بتن در هنگام ریختن آن باید در حد مناسب، و توصیه شده باشد. جدول ۱، حداقل دمای بتن در هنگام ریختن، عمل‌آوری و نگهداری آن را نشان می‌دهد. همان طور که در جدول مشاهده می‌شود، دمای مناسب بتن با افزایش ضخامت ، کاهش می‌یابد. زیرا با افزایش سطح مقطع بتن، افت حرارت حاصل از هیدراتاسیون کمتر خواهد بود.

۱۳-۲ اجزای مخلوط بتن و شرایط آن

شرایط اجزای مخلوط بتن، نقش مهمی در دمای آن دارد که این شرایط در این بخش شرح داده شده است:

۱۳-۲-۱ سیمان: مقدار و نوع سیمان در سرعت کسب مقاومت بتن اثر دارد. بنابراین، افزایش مقدار سیمان و یا استفاده از سیمان پرتلند نوع ۳ (با مقاومت اولیه زیاد) ، مناسب است، اما الزامی نمی‌باشد، و درصورت امکان لازم است از سرد شدن سیمان در حد مقدور جلوگیری شود. به هر حال حرارت دادن به سیمان توصیه نمی‌شود.

جدول ۱ دمای توصیه شده * بتن در مراحل مختلف ساخت، بتن‌ریزی و نگهداری

دمای هوا °C	حداقل ابعاد مقطع			
	کمتر از ۳۰۰ mm	۳۰۰-۹۰۰ mm	۹۰۰-۱۸۰۰mm	بالای ۱۸۰۰ mm
کمتر از ۵	**حداقل دمای بتن درهنگام ریختن و نگهداری °C (۱)**			
	۱۳	۱۰	۷	۵
	حداقل دمای بتن در هنگام اختلاط (۲و۳)			
بالای ۱-	۱۶	۱۳	۱۰	۷
۱- تا ۱۸-	۱۸	۱۶	۱۳	۱۰
کمتر از ۱۸-	۲۱	۱۸	۱۶	۱۳

*) حداقل دمای مجاز بتن در هنگام ریختن و عمل آوری نباید از ۵+ °C کمتر باشد.

۱) حداکثر دمای بتن در هنگام ریختن نباید بیش از ۱۱ °C بالاتر از اعداد مندرج در جدول باشد.

۲) حداکثر دمای بتن پس از اختلاط نباید بیش از ۸ °C بالاتر از اعداد مندرج در جدول باشد.

۳) اعداد ارائه شده در این قسمت با فرض حمل بتن به مدت یکساعت در تراک میکسر چرخان بوده و برای مدت زمان حمل کمتر یا بیشتر می‌توان اعداد فوق را به تناسب تغییر داد، اما توصیه می‌شود، دمای اختلاط از مقادیر حداقل دمای بتن در هنگام ریختن کمتر نباشد.

۱۳-۴-۲ سنگدانه‌ها: وقتی که دمای هوا بیشتر از صفر درجه است و درسنگدانه‌ها، یخزدگی مشاهده نمی‌گردد می‌توان با حرارت دادن آب مخلوط، دمای مورد نظر بتن را به دست آورد. برای دمای هوای کمتر از صفر درجه وقتی که د رسنگدانه‌ها، یخزدگی مشاهده می‌شود، ممکن است حرارت دادن به سنگدانه‌ها لازم باشد.

انتخاب روش مناسب برای حرارت دادن مصالح سنگی، بستگی به امکانات و شرایط اقتصادی دارد. معمولاً از هوای گرم، آب گرم و بخار استفاده می‌شود. به هر حال، توصیه می‌گردد که در شرایط هوای سرد به خصوص در طول شب، سنگدانه‌ها با پوشش مناسب پوشانده شوند، تا ضمن عدم جذب رطوبت، یخ نزنند.

۱۳-۲-۳ آب مخلوط: به طور کلی، آسانترین و ارزانترین روش افزایش دمای مخلوط بتن، افزایش دمای آب است. دمای آب باید کمتر از $60\ ^{o}C$ باشد، زیرا سبب گیرش ناگهانی و کلوخه شدن سیمان می‌گردد و کارایی، مقاومت و دوام بتن را کاهش می‌دهد. اگر لازم گردد می‌توان از آب با دمای بیشتر از $60\ ^{o}C$ استفاده کرد. توصیه می‌شود که ابتدا آب با مصالح سنگی مخلوط گردد و سپس سیمان به مخلوط افزوده شود.

گرم کردن آب مخلوط به گرم کردن سنگدانه ترجیح داده می‌شود، گرم کردن آب آسانتر از مصالح دیگر است و از طرف دیگر، آب دارای گرمای ویژه حدود ۴/۵ ، تا پنج برابر گرمای ویژه سیمان و سنگدانه است. زیرا گرمای ویژه آب ۱ Kcal/kg است، در حالی که میانگین دمای ویژه سیمان و سنگدانه ۰/۲۲ Kcal/kg است. در دمای زیر یخزدگی، ضروری است که غیر از گرم کردن آب، سنگدانه به خصوص ماسه گرم گردد. اما در دمای بالای یخ زدگی، فقط گرم کردن آب کفایت می‌کند.

۱۳-۳ تعیین دمای بتن

برای تعیین دمای مخلوط بتن می‌توان مستقیماً از حرارت سنج جیوه‌ای یا هر وسیله مناسب دیگر استفاده کرد. همچنین می‌توان با استفاده از رابطه زیر مقدار دمای بتن را (بدون یخ) محاسبه نمود. از فرمول ذکر شده می‌توان به طریق دیگری استفاده کرد. به این صورت که می‌توان مقادیر مختلف دمای اجزای

مخلوط به خصوص آب را در فرمول تقریبی زیر جایگزین نمود تا مقدار مورد نظر بتن به دست آید. بر اساس نتیجه به دست آمده، مشخص می‌گردد که دمای هر کدام از اجزای مخلوط چه مقدار باشد.

که در آن Tc, tc, ta و tw به ترتیب، دمای بتن، سیمان، سنگدانه‌ها و آب است. A ، نسبت سنگدانه به سیمان و W نسبت آب به سیمان است. برای مثال، مخلوط بتن با سیمان به سنگدانه ۱ به ۶ (وزنی) و نسبت آب به سیمان ۰/۶ و دمای سیمان سنگدانه‌ها به مقدار ۲ °C و دمای آب ۵۰ °C، دمای بتن برابر است با:

$$T_C = \frac{t_c + At_a + 5Wt_W}{1 + A + 5W}$$

$$\frac{2 + 6\times 2 + 5\times 0.6\times 50}{1 + 6 + 5\times 0.6} = 16^{\circ}C$$

همان طور که ذکر شد، آب قادر است پنج برابر سیمان و سنگدانه‌ها، گرما را نگهداری کند و بنابراین آسانترین روش برای افزایش دمای بتن، گرم کردن آب است. همان طور که در مثال مشاهده می‌شود، آب با دمای ۵۰ °C، دمای بتن را به ۱۶ °C می‌رساند، حتی اگر دمای اولیه سیمان و سنگدانه‌ها ۲ °C باشد.

۱۳-۴ ماده افزودنی حباب‌ساز

یکی دیگر از روشهای جلوگیری از صدمه خوردن بتن، ناشی از یخزدن و آب شدگی، استفاده از ماده افزودنی حباب ساز است. این ماده محافظت از بتن را در سن اولیه و همچنین در دوران بهره‌برداری انجام می‌دهد. حباب هوا که بر اثر استفاده از ماده افزودنی در بتن ایجاد می‌گردد با حباب هوای ناخواسته که در نتیجه تراکم نامطلوب بتن به وجود می‌آید، تفاوت دارد. خصوصیت حبابهای حاصل از ماده افزودنی از دو جنبه با خصوصیات حبابهای ناخواسته، متفاوت است:

– حبابهای حاصل از ماده افزودنی بین ۱۰ تا ۱۰۰۰ میکرومتر و قطر حبابهای ناخواسته بیش از ۱۰۰۰ میکرومتر است.

– حبابهای ماده افزودنی با یکدیگر ارتباط ندارند، در صورتی که حبابهای ناخواسته ممکن است با یکدیگر مربوط باشند.

– وجود حبابهای هوا در بتن سبب می‌گردد تا فضای کافی برای انبساط یخ در بتن ایجاد گردد و درنتیجه از ترک خوردگی وخرابی بتن جلوگیری می‌شود. ماده افزودنی حباب ساز باعث افزایش کارایی بتن نیز می‌شود. در نتیجه می‌توان با ثابت نگه داشتن اسلامپ، مقدار آب مخلوط را کاهش داد.

۱۳-۵ ماده افزودنی زودگیرکننده

مواد افزودنی زود گیر کننده که به غلط در بازار به مواد ضد یخ بتن یا سیمان نامیده می‌شود، می‌تواند سرعت هیدراتاسیون در بتن را افزایش داده و در طول مدت کمتر، مقاومت بیشتری را کسب نماید، به شرط آنکه دمای مناسب (بالاتر از $5\ ^{o}C$+) فراهم شده باشد. با مصرف این مواد به میزان توصیه شده عملاً تغییر چشمگیری در نقطه انجماد آب حاصل نمی‌گردد و بتن مصون از یخ زدن نمی‌باشد. بنابراین نباید تصور کرد که مصرف این مواد جایگزین روش توصیه شده برای ساخت بتن و ریختن و عمل آوری آن می‌گردد. همچنین باید متذکر شد که مصرف مواد افزودنی زودگیر کننده، مانند مصرف سیمان پرتلند نوع ۳ و مصرف سیمان بیشتر ($50\ kg/m^3$) کاملاً اختیاری است و بدین ترتیب، زمان عمل آوری برای جلوگیری از خسارت ناشی از یخبندان زود هنگام و دستیابی به مقاومت بیشتر در مدت کوتاه‌تر کاملاً مفید است. مسلماً باید از موادی استفاده نمود که منطبق با استانداردهای معتبر بوده، و در مقاومت‌های دراز مدت و دوام بتن، اثر نامطلوب بیش از حد مجاز باقی نگذارد. بنابراین قبل از مصرف هر نوع ماده افزودنی باید از عملکرد مناسب آن (با آزمایش) اطمینان حاصل نمود.

۱۳-۶ مخلوط‌کردن وانتقال بتن

پس از مخلوط کردن بتن، نباید دمای آن کمتر از اعداد جدول ۱ باشد. مسلماً در هنگام اختلاط بتن با توجه به نوع وسیله حمل، مدت حمل و میزان محموله، اتلاف دما خواهیم داشت. بنابراین در جدول ۱، توصیه شده است که دمای پس از اختلاط تا حدودی بیش از حداقل دمای بتن‌ریزی باشد. بدیهی است که باید سعی شود حمل و ریختن بتن تا حد امکان به سرعت انجام گیرد. همچنین در طول حمل بتن با تراک میکسر از چرخشهای بی‌مورد و زیاد از حد خودداری گردد.

۱۳-۷ بتن‌ریزی

مخلوط بتن باید در مدت کوتاه جایدهی گردد، در غیر این صورت، افت دما زیاد خواهد بود. دمای مورد نیاز بتن پس از جایدهی بستگی به حجم آن دارد. توصیه می‌گردد که در صورت امکان و هنگام بتن‌ریزی در هوای سرد از لایه‌های ضخیم‌تر استفاده شود.

۱۳-۸ وسایل کار

تمام وسایل کار، مانند جامها و فرغونها باید در هنگام عملیات بتن‌ریزی، در مقابل یخ‌زدگی محافظت شوند.

۱۳-۹ محافظت پس از بتن‌ریزی

خطر جدی در زمانی رخ می‌دهد که آب بتن تازه جایدهی شده یخ بزند. در چنین حالتی ممکن است بتن یخ زده با بتنی که گیرش معمولی دارد، اشتباه شده و عمل قالب برداری انجام گردد و در هنگام فرآیند آب شدن، امکان فروپاشی وجود دارد. برای اجتناب از آن، در هیچ مورد نباید دمای بتن در قالب کمتر از $5\ ^{o}C$ باشد و تا زمانی که بتن سخت گردد، این دما باید حفظ شود. تحقیقات نشان می‌دهد که وقتی مقاومت نمونه استوانه‌ای به $5\ MPa$ می‌رسد، مقاومت لازم در مقابل آسیب دیدگی ناشی از یخ زدن را

کسب کرده است. به طور کلی اگر برای ۴۸ ساعت دمای بتن بیشتر از $5\ ^{o}C$ حفظ شود، مقاومت مـذکور را کسب می‌کند. روشهای مختلف محافظت بتن، پس از جایدهی شامل پوشش مناسب یـا حـرارت دادن در فضای مسدود است. اعضای نازک بتن، نیاز به محافظت طولانی مدت تری دارند، اما بتن‌های حجـیم به خصوص در سن اولیه نیاز به محافظت ندارند (به شرطی که دمای هیدراتاسیون جبران کننـده دمـای بتن باشد). درهنگام هوای سرد باید از عمل‌آوری با آب اجتناب و به روش عایقی (استفاده از پوشش برای جلوگیری از تبخیر آب) اکتفا کرد. درعمل‌آوری حرارتی (پروراندن) نباید خشـک‌شـدگی موضـعی حاصـل شود و گازهای حاصل از سوزاندن مواد مختلف در تماس با بتن جوان و نارس قرار گیرد. استفاده از بخـار آب در عمل‌آوری حرارتی امکان رطوبت رسانی را فراهم می‌آورد.

۱۴

بتن‌ریزی در هوای گرم

!

هوای گرم سبب مشکلات در تولید، جایدهی و عمل‌آوری بتن شده و اثر نامطلوب در خواص و بهره‌برداری بتن دارد. هوای گرم عبارت است از ترکیبی از هر چهار عامل: دمای زیاد هوا، رطوبت نسبی کم، سرعت باد و دمای بتن، در کیفیت بتن تازه یا سخت شده اثر می‌گذارد و سبب بروز خواص نامطلوب در بتن می‌شود.

به طور کلی اگر دمای بتن بیشتر از $32\ ^{o}C$ باشد، هوای گرم محسوب می‌گردد و باید از تمهیدات ارائه شده در این فصل استفاده شود. در شرایط هوای گرم، لازم است از بتن‌ریزی خودداری گردد. در چنین مواردی بهتر است به جای ساخت بتن و بتن‌ریزی در اواسط روز، در اوایل صبح و یا شب هنگام، بتن‌ریزی انجام گردد.

هوای گرم آثار نامطلوب در بتن تازه و سخت شده دارد و چنانچه تمهیدات خاص اعمال نگردد، کیفیت مورد نظر بتن حاصل نمی‌شود. آثار نامطلوب هوای گرم در بتن تازه (خمیری) به شرح زیر است:

الف – افزایش سرعت افت اسلامپ که متعاقب آن، تمایل به افزودن آب به مخلوط در کارگاه نیز افزایش می‌یابد.

ب – افزایش سرعت گیرش بتن و درنتیجه، مشکلاتی مثل انتقال، پرداخت و عمل‌آوری بتن پیش می‌آید و امکان به وجود آمدن درز سرد افزایش می‌یابد.

پ – احتمال ترک خوردگی پلاستیک افزایش می‌یابد.

ت – کنترل حباب هوای ایجاد شده (توسط مواد حباب زا) در بتن تازه مشکل می‌گردد.

آثار نامطلوب هوای گرم در بتن درحالت سخت شده، شامل موارد زیر است:

الف – افزایش مقدار آب مخلوط بتن سبب کاهش مقاومت بتن می‌گردد.

ب – افزایش دمای بتن باعث کاهش مقاومت درازمدت بتن می‌شود. به طور کلی هوای گرم سبب افزایش مقاومت فشاری زود هنگام بتن می‌گردد، اما مقاومت نهایی کمتر از مقاومت بتن در شرایط معمولی خواهد بود.

پ – احتمال ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی (از نوع خشک شدگی) افزایش می‌یابد.

ت – بـه دلیـل افـزایش نسـبت آب بـه سـیمان (بـه دلیـل تمایـل افـزودن آب مخلـوط) دوام بـتن کاهش می‌یابد.

ث – نفوذپذیری بتن به دلیل رشد سریع بلورهای حاصل افزایش می‌یابد.

ج – کاهش پیوستگی بین بتن و میلگرد به وجود می‌آید.

چ – احتمال خـوردگی میلگردهـای بـتن در شـرایط خورنـده (بـه ویـژه در سـواحل جنـوب کشـور) افزایش می‌یابد.

ح – نمای بتن دچار تغییـر رنـگ شـده و ظـاهر آن بـه دلایـل مختلـف از جملـه ایجـاد درز سـرد، نامطلوب می‌گردد.

۱۴-۱ عوامل مؤثر در تشدید خسارات ناشی از هوای گرم:

الف – استفاده از سیمان‌های زودگیر یا با سرعت هیدراسیون زیاد

ب – استفاده از مواد افزودنی شیمیایی زودگیرکننده و یا مواد افزودنی معدنی که در افـزایش سـرعت هیدراسیون موثر است (نظیر دوده سیلیسی)

پ – به کارگیری نسبت‌های آب به سیمان کم و بتن‌های پر مقاومت با عیار سیمان زیاد

ت – ساخت قطعات بتن مسلح نازک و پر میلگرد

ث – استفاده از سیمان‌ها و یا مواد افزودنی انبساط زا

بنابراین مشاهد ه می‌شود که کار اجرایی با بتن‌های با دوام که در آنها نسبت آب به سـیمان تـا حـد ۰/۴ پایین می‌آید، و طبیعتاً عیار سیمان افزایش پیدا می‌کند و در مناطق جنوب کشـور تبعـاتی را بـه بـار می‌آورد که نیاز به رعایت شرایط بتن‌ریزی در هوای گرم را دو چندان می‌کند. برای کاهش عیار سـیمان در این شرایط نیاز به استفاده از مواد روان کننده به خوبی احساس می‌شود.

۲-۱۴ جمع‌شدگی خمیری

یکی از مهمترین آثار نامطلوب هوای گرم، احتمال ترک‌خوردگی ناشی از جمع شدگی خمیری است. این نوع ترکها به علت تبخیر سریع آب بتن رخ می‌دهد. به عبارت دیگر، چنانچه مقدار تبخیر بیشتر از مقدار آب‌آوری باشد، سبب ترک خوردگی می‌شود. چهار عامل: دمای هوا، رطوبت محیط، سرعت باد و دمای بتن، در مقدار تبخیر آب از سطح بتن اثر دارند. چنانچه مقدار تبخیر آب از سطح بتن بیشتر از $1\ kg/m^2$ در ساعت باشد، احتمال ترک خوردگی بسیار زیاد، لازم است تمهیدات این فصل دقیقاً اجرا گردد. اما به هر حال، وقتی مقدار تبخیر از حد $0/5\ kg/m^2$ درساعت بیشتر می‌شود، توصیه می‌شود تمهیدات ارائه شده در این فصل به کار گرفته شود.

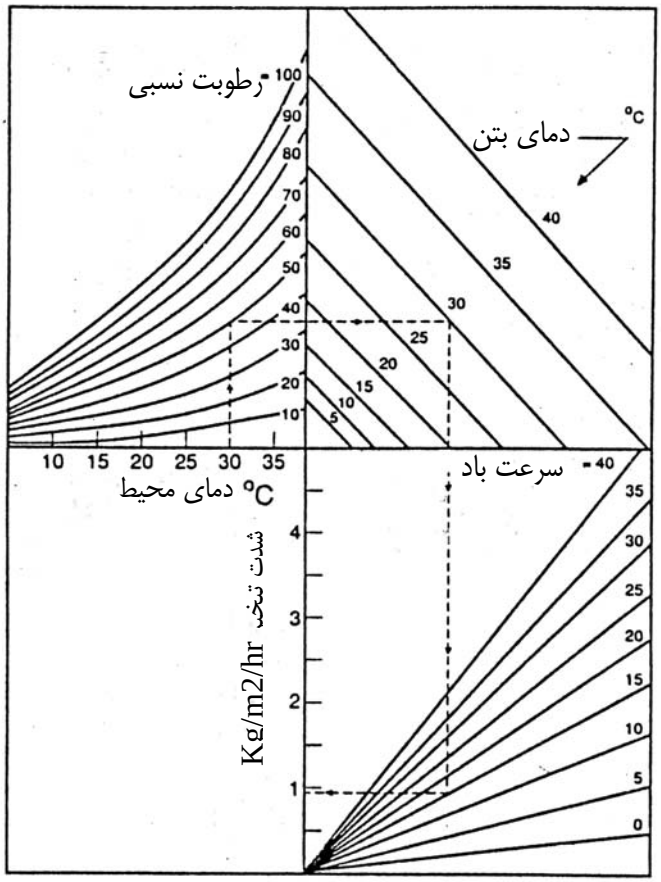
برای تخمین مقدار تبخیر می‌توان از نمودار شکل ۱، استفاده کرد. همان طور که در شکل مشاهده می‌شود نیاز به دانستن رطوبت نسبی محیط، دمای هوا، سرعت باد و دمای بتن است. با استفاده از رطوبت سنج ساده و دماسنج می‌توان رطوبت و دمای محیط و هم چنین دمای بتن را اندازه‌گیری کرد. برای تعیین سرعت وزش باد می‌توان از بروز پدیده‌های ساده‌ای همچون حرکت برگها، شاخه‌ها و درختان و سایر پدیده‌هایی که دراطراف مشاهده می‌شود کمک گرفت و سرعت باد را تخمین زد. برای تقسیم‌بندی بر اساس مشاهدات ظاهری محیط می‌توان موارد زیر را ذکر کرد:

- سرعت باد تا $10\ km/h$ (کیلومتر در ساعت) باعث حرکت برگها می‌شود.
- سرعت باد تا $20\ km/h$ (کیلومتر در ساعت) درختان کوچک را حرکت می‌دهد.
- سرعت باد تا $30\ km/h$ (کیلومتر در ساعت) سبب حرکت شاخه‌های بزرگ می‌شود.

برای چگونگی استفاده از نمودار شکل ۱، به مثال زیر مراجعه شود:

فرض می‌گردد که دمای محیط $30\ ^oC$ باشد، یک خط عمودی ترسیم می‌گردد تا رطوبت نسبی محیط را که ۵۰ درصد است ، قطع کند. سپس یک خط افقی ترسیم می‌شود تا دمای بتن را که در این مثال، $30\ ^oC$ است قطع کند. فرض می‌گردد که سرعت باد $15\ km/h$ باشد، بنابراین یک خط عمودی کشیده می‌شود تا این مقدار سرعت باد را قطع کند. در آخرین مرحله از نقطه نهایی یک خط افقی کشیده می‌شود تا مقدار شدت تبخیر در محور عمودی مشخص گردد. در این مثال، مقدار شدت تبخیر نزدیک به

۱ $kg/m^2/h$، است، بنابراین باید حتماً از تمهیدات این فصل برای کاهش مقدار تبخیر استفاده گـردد. در غیر این صورت، احتمال ترک خوردگی سطح بتن، زیاد خواهد بود.



شکل ۱ نمودار تخمین مقدار تبخیر آب از سطح بتن

همان گونه که مشاهده شد، تبخیر از سطح بتن و دمای بتن در بتن ریزی حایز اهمیـت اسـت. لـذا کاهش دمای بتن در هنگام بتن‌ریزی تا مرحله گیرش و کاهش شدت تبخیر می‌تواند از ایجـاد خسـارات مختلف که در فوق ذکر شد، جلوگیری نماید.

۱۴-۳ مصالح مصرفی

تمهیداتی به شرح زیر در هوای گرم در مورد مصالح مصرفی باید به کار گرفته شود:

الف – باید از گرم شدن سنگدانه‌ها جلوگیری گردد. بنابراین با انباشتن سنگدانه‌ها در زیر سایبان یا پوشاندن آنها با برزنت در برابر تابش مستقیم آفتاب، از گرم شدن سنگدانه جلوگیری شود. به هر حال در صورتی که سطح توده سنگدانه گرم شده باشد، می‌توان با کنار زدن لایه سطحی سنگدانه‌ها از قسمت‌های زیرین استفاده نمود.

ب – آب اختلاط باید در مخزن‌هایی واقع در زیرزمین نگهداری شود، اگر امکانات اجازه استفاده از منابع زیرزمینی را نمی‌دهد، باید منابع با رنگ سفید در مقابل نور خورشید محافظت شوند که برای کاهش دمای آب در منابع زمینی و یا هوایی، توصیه می‌شود از عایق‌بندی استفاده گردد.

پ – نباید از سیمان داغ استفاده شود، زیرا سیمان داغ درهنگام ساخت مخلوط سبب گیرش سریع و کلوخه شدن می‌گردد. توصیه می‌شود دمای سیمان به ۶۰ درجه محدود گردد. به کارگیری رنگ روشن و منعکس کننده نور خورشید برای سیلوها توصیه می‌شود. استفاده از سیلوهای فلزی دو جدار و یا عایق‌بندی سیلوها راه حل مناسبی برای پیشگیری از داغ شدن سیمانها می باشد. نگهداری پاکتهای سیمان در انبارهای سرپوشیده نیز توصیه می‌شود.

ت – چنانچه از فوق روان کننده استفاده می‌شود، توصیه می‌گردد این ماده خاصیت زودگیرکننده نداشته باشد.

ث – توصیه می‌شود از مصرف سیمان با خاصیت زودگیری خودداری شود. برای مثال، سیمان‌های بسیار ریز (با سطح ویژه زیاد) خاصیت زودگیری دارند.

۱۴-۴ ساخت بتن

در ساخت بتن باید تمهیدات خاص به کار گرفته شود، تا دمای بتن کاهش یابد. موارد زیر به ساخت بتن با دمای کم کمک می‌کنند:

الف – در هوای گرم و خشک و یا نیمه مرطوب، آب پاشی متناوب بر روی توده سنگدانه‌ها مؤثر است، زیرا تبخیر آب از سطح ذرات به خنک شدن سنگدانه‌ها کمک می‌کند. به طور مسلم استفاده از آب خنک اثر بیشتری دارد. اما در هنگام استفاده از این سنگدانه‌ها باید دقت لازم را اعمال نمود چون تغییرات رطوبت سنگدانه‌ها درمقدار آب مخلوط اثر مهمی دارد و باید رطوبت سنگدانه‌ها در طرح مخلوط در نظر گرفته شود. مسلماً در شرایطی که هوا مرطوب باشد، آب پاشی بر روی سنگدانه منجر به تبخیر زود هنگام و کاهش دمای سنگدانه نمی‌گردد و کنترل نسبت آب به سیمان، بتن را دچار مشکلات جدی می‌کند. همچنین دستیابی به دمای مورد نظر، بتن را با استفاده از آب خنک و یا یخ به دلیل کم شدن آب مصرفی دشوارتر می‌سازد. قرار دادن سنگدانه‌های مرطوب در مسیر وزش باد برای افزایش تبخیر وکاهش دمای آن بویژه بر روی تسمه نقاله در مناطق خشک یا نیمه خشک کاملاً مؤثر است. ریختن آب خنک یا دمیدن هوای خنک بر سطح سنگدانه‌ها بویژه بر روی تسمه نقاله می‌تواند در کاهش دمای سنگدانه موثر باشد.

ب – آسانترین روش کاهش دمای بتن، استفاده از آب سرد در ساخت بتن است. از طرف دیگر، دمای ویژه آب ۴/۵ تا ۵ برابر سیمان و سنگدانه است. برای مثال، در هنگام ساخت مخلوط بتن با ۳۳۶ کیلو سیمان، ۱۸۵۰ کیلو مصالح سنگی و ۱۷۰ کیلو آب در متر مکعب، با تغییر دادن ۲ درجه سیلسیوس در دمای آب، سبب تغییر دمای بتن به مقدار ۰/۵ درجه سیلسیوس می‌شود.

به طور کلی برای کاهش دمای بتن، به مقدار ۱ ^{o}C باید از دمای مصالح سنگی در حدود ۲ ^{o}C و آب در حدود ۴ ^{o}C کاسته شود.

پ – استفاده از یخ به عنوان جایگزین قسمتی از آب اختلاط (یا تمام آب اختلاط) درکاهش دمای بتن بسیار موثر است، زیرا وقتی یخ صفر درجه تبدیل به آب می‌شود، نیاز آن به انرژی حرارتی ۸۰ برابر حرارت مورد نیاز برای تغییر دمای آب به میزان ۱ ^{o}C می‌باشد. به عبارت دیگر، در هنگام ذوب شدن یخ، مقدار دمایی که جذب یخ می‌شود بسیار قابل توجه است. برای مثال، اگرنصف آب مخلوط با یخ صفر درجه جایگزین گردد، دمای بتن در هنگام ذوب شدن یخ به مقدار ۱۱ ^{o}C کاهش می‌یابد و از طرف دیگر، به کمک آب صفر درجه از دمای بتن در حدود ۴ ^{o}C کاسته می‌شود. بنابراین مجموع کاهش

دمای بتن به طور تقریبی ۱۵ ^{o}C می‌باشد. گاه در زمانی که تقاضای مصرف سیمان بیش از تولید آن می‌باشد سیمان‌های داغ به خریدار تحویل می‌گردد به نحوی که پس از حمل سیمان در هنگام تخلیه درسیلو، بدنه بونکر آنقدر داغ است که دست را می‌سوزاند. تقارن این ایام با فصول گرم سبب می‌شود که ساخت بتن با دمای مطلوب با مشکل بیشتری همراه گردد. لازم است از مصرف سیمان داغ تحویلی خودداری شود و با نگهداری سیمان در سیلو و افت دمای آن، ساخت بتن تداوم یابد.

۱۴-۵ تخمین دمای بتن

برای تخمین دمای بتن می‌توان از رابطه ارائه شده در فصل "بتن ریزی در هوای سرد" استفاده نمود. همچنین رابطه ارائه شده در زیر برای هر دو منظور، یعنی "بتن‌ریزی در هوای گرم " و " بتن‌ریزی در هوای سرد" کاربرد دارد.

$$t_m = \frac{0.22(Ct_c + Gt_G + St_S) + W_m T_w + W_G.T_G + W_S.T_S}{0.22(C + G + S) + W_t}$$

در این رابطه W_t, W_s, W_g, W_m, S, G, C به ترتیب، وزن سیمان، شن خشک، ماسه خشک، آب مصرفی، آب موجود در شن، آب موجود درماسه، و آب کل بتن بر حسب کیلوگرم است. همچنین t_w, t_s, t_g, t_c, t_m به تریتب، دمای بتن مخلوط شده، دمای سیمان، دمای شن، دمای ماسه و دمای آب مصرفی است. عدد ۰/۲۲ مقدار ظرفیت گرمایی سیمان و سنگدانه‌ها بر حسب Kcal/kg است و ظرفیت گرمایی آب معادل ۱ Kcal/kg منظور شده است.

آب کل بتن برابر مجموع آب مصرفی و آب موجود در شن وماسه مصرفی است.

$$Wt = Wm + Wg + Ws$$

در صورت استفاده از یخ در مخلوط، به جای عبارت $W_m.t_w$ مجموع عبارت $t_w (W_m-W_i)+ W_i(0/5\ t_i-80)$ جایگزین می‌گردد، که در آن W_I وزن یخ بر حسب kg و t_i دمای یخ می‌باشد.

دراین بخش، چند مثال ارائه شده است که روشهای به کار بردن رابطه‌ها را نشان می‌دهند:

مثال ۱- برای ساخت یک متر مکعب بتن، ۴۰۰ کیلو سیمان، ۸۰۰ کیلو شن خشک، ۱۰۰۰ کیلو ماسه خشک و ۲۲۰ کیلو آب کل کار می‌رود. دمای سیمان C ° ۳۵ ، دمای شن C ° ۴۰، دمای ماسه C ° ۳۰ و دمای آب C ° ۲۵ می‌باشد. درصد رطوبت کارگاهی شن ۰/۶ درصد و برای ماسه ۴/۵ درصد به دست آمده است. مطلوب است دمای تعادل بتن مخلوط شده؟

W_G = آب موجود در شن $= 800 \times \frac{0.6}{100} \approx 5$ kg

W_S = آب موجود در ماسه $= 1000 \times \frac{4.5}{100} \approx 45$ kg

آب مصرف = W_m = ۲۲۰−۵۰ = ۱۷۰ kg

آب موجود در سنگدانه‌ها = ۵۰ kg

$$t_m = \frac{0.22(400\times35+800\times40+1000\times30)+170\times25+5\times40+45\times30}{0.22(400+800+1000)+220} = 32\,^{\circ}\mathrm{C}$$

مثال ۲ - اگر بخواهیم دمای تعادل بتن مخلوط شده به ^{o}C ۲۸ برسد، آب باید تا چه حد خنک گردد.؟

قابل ذکر است که رساندن آب ^{o}C ۲۵ به ^{o}C ۸/۵ با مقدار زیادی یخ انجام می‌شود.

$$28 = \frac{0.22(400\times35+800\times40+1000\times30)+170\times tw+5\times40+45\times30}{0.22(400+800+1000)+220}$$

Tw = ۸/۵ ^{o}C

مثال ۳- اگر بخواهیم با آب ^{o}C ۲۵ و یخ ^{o}C ۴- به دمای مخلوط ^{o}C ۲۸ دست یابیم، چند کیلو یخ لازم است ؟

$$28 = \frac{0.22(400\times35+800\times40+1000\times30)+(170-Wi)\times25+wi[0.5(-4)-80]+5\times40+45\times30}{0.22(400+800+1000)+220}$$

Wi= ۲۶/۵ kg

مصرف مقدار کمی از یخ، $4\ ^{o}C$ دمای بتن را کاهش داده است

مثال ۴ – اگر بخواهیم بدون خنک کردن آب یا مصرف یخ به دمای $28\ ^{o}C$ برسیم، دمای شن باید به چند درجه سانتیگراد کاهش یابد.؟

$$28 = \frac{0.22(400\times35+800t_c+1000\times30)+170\times25+5\times40+45\times30}{0.22(400+800+1000)+220}$$

$$tc = 24.5\ ^{o}C$$

۱۴-۶ حمل و نقل (انتقال) بتن

در هنگام حمل و نقل بتن باید موارد زیر رعایت شود:

الف – در هوای گرم، حمل و انتقال بتن باید سریعاً انجام پذیرد، زیرا تأخیر باعث کاهش اسلامپ و افزایش دمای بتن می‌گردد.

ب – در هوای معمولی حداکثر زمان تخلیه برای کامیون حمل مخلوط (تراک میکسر) ۱/۵ ساعت یا حداکثر تعداد چرخش دیگ آن ۳۰۰ دور می‌باشد. اما در هنگام حمل بتن در هوای گرم این زمان باید کاهش یابد و حداکثر ۴۵ دقیقه تا ۱ ساعت باشد. به هر حال، چرخش زیاد تراک میکسر موجب تبادل زیاد حرارتی با محیط خواهد شد و به هیچ وجه توصیه نمی‌شود.

پ – تمام ابزار و وسایل حمل بتن، مانند فرغون، قالبها و حتی میلگردها باید خنک شوند.

۱۴-۷ کنترل دمای بتن پس از بتن‌ریزی

کنترل دمای بتن پس از بتن‌ریزی از دو جنبه حایز اهمیت است. همان طور که در بخش جمع‌شدگی خمیری ذکر گردید، کاهش دمای بتن در کاهش مقدار تبخیر و جلوگیری از ترک‌خوردگی، بسیار نقش مهمی دارد. از طرف دیگر، کنترل دمای بتن در کسب مقاومت مورد نظر اثر قابل توجهی دارد. در

مواردی که بتن با نسبت کم آب به سیمان (کمتر از ۰/۴۵) مصرف می‌شود و یا ازمیکروسیلیس در مخلوط استفاده می‌شود، به کار بردن تمهیدات زیر اهمیت بیشتری دارد، زیرا این نوع مخلوطها مستعد ترک خوردگی بیشتری است. بنابراین تمهیدات زیر باید اعمال شود:

الف – روی سطح میلگرد، قالبها و سطح زمین باید آب پاشی شود(شکل ۲) تا دمای سطوح کاهش یابد، اما نباید بر روی سطوح مذکور، آب اضافی باقی بماند. مسلماً در هوای مرطوب به جهت کاهش تبخیر این عمل اثر مثبت چندانی نخواهد داشت مگر برای آب‌پاشی از آب خنک استفاده نماییم.



شکل ۲ آب‌پاشی روی سطح زمین، قبل از بتن ریزی در هوای گرم، برای کاهش دما

ب – در حدود نیم ساعت پس از پرداخت سطح بتن، باید سطح بتن با پوشش نایلون پوشش داده شود. قرار دادن پوشش تا مدت ۴ تا ۵ ساعت ضروری است، اما باید اطمینان حاصل گردد که جریان هوا در زیر پوشش وجود دارد، در غیر این صورت، دمای بتن افزایش می‌یابد.

پ – استفاده از سایبان در بالای سطح بتن در کاهش دمای بتن بسیار مؤثر است. زیرا از تابش مستقیم آفتاب بر سطح بتن جلوگیری می‌کند.

ت – با ایجاد بادشکن به کمک چتایی یا حصیر می‌توان سرعت باد را کاهش داد. در هوای گرم و خشک چنانچه این بادشکن مرطوب گردد، دمای محیط را کاهش و رطوبت نسبی را افزایش می‌دهد، بنابراین پارامترهای مهم تبخیر شامل دمای هوا، رطوبت نسبی و سرعت باد همزمان موجب کاهش تبخیر شده، ضمن آنکه دمای بتن موجودافزایش نمی‌یابد.

ث – بلافاصله پس از سخت شدن باید عمل‌آوری آغاز گردد. در صورت امکان نباید از روشهای عمل‌آوری عایقی استفاده شود (بویژه در مناطق خشک)، بلکه باید با استفاده از آب، عمل‌آوری را انجام داد. استفاده از گونی خیس نیز روشی مناسب برای عمل‌آوری محسوب می‌شود، اما گونی به طور مداوم باید خیس شود.

ج – قالب‌ها (بویژه قالب چوبی) به صورت عایق عمل می‌کنند و باعث عمل‌آوری بتن می‌شوند. در هوای گرم توصیه می‌شود، قالب‌ها سریع باز شوند و عمل‌آوری با آب انجام گیرد. در صورتی که امکان باز کردن کامل قالب‌ها وجود نداشته باشد، می‌توان آن را شل کرد و آب را به سطح بتن رساند. همچنین در صورت استفاده از قالب چوبی، می‌توان با آب‌پاشی بر روی قالب‌ها از تبخیر آب بتن جلوگیری نمود.

چ – در صورتی که، بر سطح بتن پس از عملیات پرداخت، ترک ناشی از جمع‌شدگی خمیری بروز کند، می‌توان با تراکم مجدد سطح بتن، ترک‌ها را حذف کرد. اجرای عملیات تراکم پس از مشاهده ترکها نه تنها باعث حذف ترکها می‌شود، بلکه سبب افزایش مقاومت سایشی لایه سطحی بتن می‌گردد. عملیات تراکم باید قبل از گیرش بتن انجام شود. در غیر این صورت، ساختار بتن تغییر می‌کند و کیفیت آن کاهش می‌یابد.

۱۵

قالب‌بندی

برای احداث یک سازه بتن مسلح، باید بتن تازه در قالبهایی ریخته شود، تا پس از پر کردن تمام حجم قالبها و سفت‌شدن، به شکل لازم درآید. از مهمترین گامها در احداث سازه‌های بتنی، نحوه قالب‌بندی است. به همین دلیل باید مجری و پیمانکار سازه‌های بتنی کاملاً در جریان امور مربوط به قالب‌بندی، از وسایل گرفته، تا مشخصات و رواداریهای ابعاد و روشهای اجرا قرار داشته باشند.

پس از استقرار قالبها در محل مربوط، باید آنها را مورد بازرسی قرار داد و درزهایی که احتمالاً باعث بیرون زدن شیره بتن خواهند شد، پر شوند.

پایداری از مهمترین خصوصیاتی است که باید درقالب‌بندی رعایت شود. کافی نبودن مهاربندی پایه‌های اطمینان و یا مهاربندی افقی سکوها، عدم تنظیم تراز بتن‌ریزی که منجر به پر شدن یک قسمت از قالب و خالی ماندن قسمت دیگر می‌شود، تکیه‌گاه نامناسب زیر پایه‌های اطمینان، عدم به کارگیری کارگران ماهر، خوب نبستن قطعات قالب به یکدیگر، درنظر نگرفتن بارهای زنده و مرده وارد به قالبها و لغزش لایه خاک مجاور قالب می‌تواند باعث خرابی قالبها گردد.

۱۵-۱ شرایط قالب‌بندی

الف – قالبها بایدبه نحوی ساخته و نصب شوند تا شکل، اندازه، وضعیت و نمای بتن مورد نظر حاصل گردد.

ب – قالبها باید به اندازه کافی محکم باشند تا فشار یا وزن بتن تازه و دیگر بارها را تحمل کنند، بدون آنکه دچار تابیدگی، نشت شیره، گسیختگی یا به مخاطره انداختن کارگران شوند.

پ – قالبها باید طوری طراحی و ساخته شوند که به آسانی و با سرعت، قابل نصب و باز کردن باشند، تا از اتلاف وقت و پول جلوگیری شود.

ت – قالبها باید حتی‌الامکان با وسایل و امکانات موجود قابل حمل و جابجایی باشند.

ث – قالبها باید درزبندی شده باشند، تا از نشت شیره بتن جلوگیری شود.

۱۵-۲ مصالح مورد استفاده در ساخت قالب

قالب اجزای بتنی را می‌توان از مصالح مختلفی تهیه نمود. ویژگیهای تعدادی از آنها به شرح زیر است:

۱۵-۲-۱ قالب آجری: این نوع قالب برای شالوده ها ودیوارهای حایل مجاور خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای اجرا بسته به ارتفاع بتن در قالب و نیز نیروهای وارده، یک دیوار به ضخامت ۱۰ یا ۲۰ سانتیمتری احداث می‌شود. برای جلوگیری از کرمو شدن بتن و مکیده شدن آب آن توسط آجر، قبل از بتن‌ریزی باید یک لایه ورق نایلونی روی سطح دیوار نصب کرد. در صورتی که امکان انجام دادن این کار نباشد، باید سطح آجرها را کاملاً آب پاشی نمود. همچنین باید دقت نمود تا آب در قالب‌ها جمع نشود.

۱۵-۲-۲ قالب چوبی: چوب و تخته چند لا برای تمام کارهای قالب‌بندی از درست کردن قاب قالب تا دیواره آن وپایه‌های اطمینان مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای درست کردن قالب از چهار تراش قطعات الوار، تخته و تخته چند لا استفاده می‌شود.

قالبها باید به اندازه‌ای ساخته شوند که حمل آنها با وسایل موجود در کارگاه و نیروی انسانی امکان‌پذیر باشد. در هنگام ساخت، نصب و بتن‌ریزی نیاز به دقت زیادی وجود دارد تا به سطوح نرم و لبه‌ها آسیب نرسد. به خصوص دقت بیشتری برای قالب برداری و انبار کردن قالبها لازم است.

۱۵-۲-۳ قالب فولادی: در مواردی که حجم کار زیاد و تنوع سطوح و ابعاد کم باشد، استفاده از قالبهای فولادی کاملاً به صرفه خواهد بود. بهای اولیه این قالبها نسبتاً زیاد است ولی عمر زیاد آنها این مسئله را توجیه می‌نماید. قالبهای فولادی به دلیل مقاوم بودن و امکان استفاده از اتصالات خاص می‌توانند به سهولت و با سرعت زیاد باز و بسته شوند. در هوای سرد و گرم، این قالبها حتی‌المقدور باید عایق‌بندی شده و از تغییرات حرارتی در آنها جلوگیری شود.

۱۵-۳ قالب‌برداری

الف – قالب باید موقعی برداشته شود که بتن بتواند نیروی وارده را تحمل کند و تغییر شکلهای آن از تغییر شکلهای پیش بینی شده تجاوز نکند.

ب – پایه‌ها و قالبهای باربر نباید قبل از آنکه اعضا و قطعات بتنی مقاومت کافی را برای تحمل وزن خود و بارهای وارده کسب کند، برچیده شوند.

پ – عملیات قالب‌برداری و برچیدن پایه‌ها باید گام به گام و بدون اعمال نیرو و ضربه، به گونه‌ای باشد که اعضا و قطعات بتنی تحت اثر بارهای ناگهانی قرار نگیرند، بتن صدمه نبیند و ایمنی و قابلیت بهره‌برداری مخدوش نشود.

ت – در صورتی که قالب‌برداری قبل از پایان دوره مراقبت انجام پذیرد، باید تدابیری برای مراقبت بتن پس از قالب‌برداری به کار برده شود.

ث – پایه‌های اطمینان را نباید قبل از آنکه اعضا و قطعات بتنی توان کافی برای تحمل وزن خود و بارهای وارد را کسب کنند، جمع کرد. شمع برداری باید به ترتیبی باشد که از ایجاد ضربه برون محوری و برون مرکزی‌های پیش بینی نشده در قطعات جلوگیری شود.

۱۵-۴ زمان قالب‌برداری

در صورتی که زمان قالب‌برداری در طرح، تعیین و تصریح نشده باشد زمانهای ارائه شده در جدول ۱ را می‌توان به عنوان حداقل زمان لازم برای برچیدن قالبها و پایه‌ها ملاک قرار داد.

در صورتی که قطعه و یا سازه از اهمیت خاصی برخوردار باشد، می‌توان با تهیه نمونه‌های آگاهی و شکستن آنها در زمان مورد نظر، مقاومت فشاری بتن داخل قالب را به صورت تقریبی به دست آورد. اگر ۷۰ درصد مقاومت مشخصه ۲۸ روزه حاصل شده باشد، می‌توان قالبهای زیرین را باز نمود، اما باز کردن پایه‌های اطمینان مستلزم دستیابی به مقاومت مشخصه ۲۸ روزه است.

جدول ۱ راهنمای زمان قالب‌برداری

	نوع قالب بندی	دمای مجاور سطح بتن (درجه سیلسیوس)			
		۲۴ و بیشتر	۱۶	۸	۰
	قالب قائم (ستون) ساعت	۹	۱۲	۱۸	۳۰
دالها	قالب زیرین، شبانه‌روز، پایه‌های اطمینان، شبانه‌روز	۹	۱۲	۱۸	۳۰
تیرها	قالب زیرین، شبانه‌روز، پایه‌های اطمینان، شبانه‌روز	۷ ۱۰	۱۰ ۱۴	۱۵ ۲۱	۲۵ ۲۶

توضیحات:

– زمانهای داده شده در صورتی معتبرند که شرایط زیر برقرار باشد:

– بتن با سیمان پرتلند نوع ۱ (معمولی) تهیه شده باشد. در صورت استفاده از سیمان پرتلند نوع ۲ یا پنج و یا آمیخته، این زمانها افزایش می‌یابد. به کارگیری افزودنیهای کند گیر کننده نیز همین نقش را دارند و مسلماً در صورت استفاده از سیمان‌های زودگیر یا مصرف مواد افزودنی زود گیر کننده می‌توان این زمانها را کاهش داد.

– در صورتی که در هنگام سخت شدن بتن، دمای محیط به کمتر از صفر درجه سیلسیوس تنزل کند، زمانهای داده شده را باید به تناسب و حداقل به اندازه مدت یخبندان افزایش داد.

در کارگاه‌های کوچک می‌توان از گازوئیل و یا روغن سوخته به عنوان ماده رهاساز استفاده نمود. ولی استفاده از گازوئیل ارجحیت دارد. بویژه استفاده از مواد رهاساز با لزجت کمتر در قالبهای فلزی باعث کاهش حفره‌های موجود در سطح می‌گردد.

۱۵-۵ پاشنه (رامکا)

برای سهولت عمل قالب بندی و تنظیم پای قالب، غالباً از رامکا استفاده می‌گردد. رامکا می‌تواند بتنی و یا فولادی باشد. در مناطق خورنده جنوب کشور و یا سازه‌های رویارو با آب و یون کلرید استفاده از رامکای فولادی مجاز نیست. در استفاده از رامکای بتنی باید به نکات زیر توجه شود:

الف – رامکا یک قسمت محدود از بتن سازه است. برخورد با رامکا باید مانند سایر بتن‌ها بوده و در اختلاط یا ریختن و تراکم و عمل آوری دقت‌های لازم به کار گرفته شود.

ب – رامکای بتنی باید با بتن زیرین به صورت یکپارچه ریخته شود. وجود دو درز اجرایی در فاصله بسیار نزدیک به هم (۱۰ تا ۲۰ سانتیمتر) ابداً مجاز نیست بویژه آنکه در مناطق زلزله خیز واقع باشیم.

پ – در ساخت رامکا باید قالبها با دقت در محل مورد نظر تنظیم و تثبیت گردند بویژه اگر بخواهیم رامکای بتنی به صورت پیوسته با بتن زیرین باشد می‌توان قالبها را از ابتدا در محل مورد نظر قرار داد و یا بلافاصله پس از بتن‌ریزی قسمت زیرین اقدام به نصب قالبها نمود و بتن رامکا را اجرا نمود.

۱۶

میلگرد گذاری

۱۶-۱ نوع و مشخصات میلگردهای مصرفی در بتن

میلگردهای مصرفی باید تمیز بوده و عاری از هر گونه آلودگی نظیر چربیها، دوغاب سیمان سخت شده، گرد و خاک، زنگ، ضد زنگ، قیر و مواد کند گیر کننده و یا مواد زاید دیگر باشد. میلگردها قبل از مصرف باید کاملاً پاکیزه باشند تا اثری در پیوستگی بتن و میلگردها نداشته باشد. مقطع میلگرد مصرفی نباید به علت زنگ‌زدگی تضعیف شده باشد. استفاده از میلگردهای زنگ‌زده به شرطی مجاز است که اولاً زنگ‌زدگی قبلاً کاملاً پاک شود، ثانیاً قطر میلگرد پس از زدودن زنگ اندازه‌گیری و حداکثر کاهش را، به اندازه رواداری‌های مجاز داشته باشد.

در صورتی که زنگ‌زدگی به صورت ناچیز باشد و بتوان با ناخن یا کشیدن گونی به سطح میلگرد آن را پاک نمود، نیاز به زنگ‌زدایی نمی‌باشد. تمامی میلگردهای مصرفی در بتن (به استثنای خاموتها) باید از نوع میلگرد آجدار باشند. قطر اسمی میلگرد ساده قطری است که در برگ شناسایی آن ذکر می‌شود و معادل قطر دایره‌ای است که مساحت آن برابر مساحت مقطع عرضی میلگرد باشد. در مورد میلگرد آجدار، قطر اسمی معادل قطر اسمی میلگرد صاف هم وزن آن اختیار می‌شود.

۱۶-۲ حمل و انبار کردن میلگردها

میلگردها به صورت کلاف، شاخه، شبکه جوش شده یا بافته شده در کارخانه، تحویل می‌شود. میلگردهای مصرفی در بتن باید بدون خم‌شدگی تحویل کارگاه شود، معمولاً میلگردهای به قطر ۸ میلیمتر و کمتر می‌تواند به صورت کلاف تحویل شود. مصرف میلگردها با قطرهای بالاتر از ۱۰ میلیمتر به صورت کلاف مجاز نیست. باز کردن کلاف با وسیله مناسب و با تأیید دستگاه نظارت در کارگاه انجام می‌گیرد.

در تمام مدت حمل، تخلیه، نگهداری و کارگذاری میلگردها باید آنها را در مقابل هر گونه زنگ‌زدگی و یا دیگر آسیب‌های فیزیکی و شیمیایی محافظت نمود. میلگردها نباید در تماس با خاک یا مصالحی باشند که رطوبت را در خود نگه می‌دارد و عموماً نباید میلگردها برای مدت طولانی در معرض باران و

برف و هوای مرطوب قرار گیرند، بدین منظور توصیه می‌شود در زیر کلافها و یا بندیل‌های میلگرد، خرک‌های چوبی قرار داده شود.

گاه برای محافظت میلگردها از پوشش‌های نایلونی استفاده می‌شود که می‌تواند به زنگ‌زدگی بیشتر منجر شود، لذا توصیه می شود برای پوشش میلگردها از پوشش‌هایی نظیر برزنت استفاده شود.

در فاصله زمانی ورود میلگردها به کارگاه تا قرار گرفتن آنها در سازه، ضوابط زیر در مورد جابجایی و انبار کردن آنها باید رعایت شود:

الف – باید از هر نوع صدمه مکانیکی یا تغییر شکل‌های زیاد در میلگردها نظیر کوبیدگی، ضربه حاصل از سقوط از ارتفاع و نظایر اینها جلوگیری شود.

ب – باید از گسیختگی جوشها درشبکه‌های جوش شده جلوگیری شود.

پ – نشانه‌های مشخص کننده نوع میلگرد نباید از بین بروند.

ت – میلگردها نباید در معرض هیچ نوع آلودگی با اثر زیان‌آور در چسبندگی آنها از قبیل گل، روغن و سایر پوششهای غیر فلزی قرار گیرند.

۱۶-۳ بریدن و خم کردن میلگردها

بریدن و خم کردن میلگردها باید مطابق نقشه‌ها و مشخصات اجرایی در کارگاه انجام شود.

بریدن میلگردها باید حتی‌الامکان با وسایل مکانیکی صورت گیرد (بویژه برای فولادهای با مقاومت بیشتر و اصلاح سرد شده به روش پیچاندن). خم کردن میلگرد باید به روش سرد انجام شود. استفاده از حرارت (بیش از ^{o}C ۱۰۰) برای خم کردن میلگرد مجاز نیست. خم کردن میلگردهای داخل بتن نظیر میلگردهای انتظار یا باز کردن میلگردهای خم شده مجاز نیست مگر با اجازه دستگاه نظارت و پیش بینی در طرح. همچنین رعایت نکات زیر الزامی است:

الف – حداقل قطر فلکه خم کن متناسب با نوع فولاد است و این حداقل باید با اعداد مندرج در جدول ۱، مطابقت نماید.

جدول ۱ حداقل قطر خم برای میلگردهای مختلف

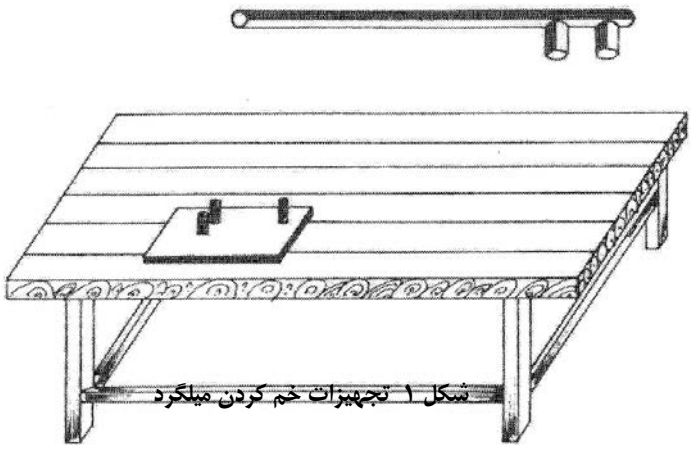
نوع میلگرد	S-220 (A-I) (۱)	S-300 (A-II) S-350	S-500(A- IV) S-400(A- III)
D قطر میلگرد (mm)			
D کوچکتر از ۲۸	۵ d	۵ D	۶ d
۲۸ <d <۳۴	۵ d	۶ d	۸ d
۳۶ <d <۵۵	۷ d	۱۰ d	۱۰ d

طبقه‌بندی A-I و نظیر آن مربوط به کشور روسیه بوده و در برخی از کارخانه‌های ایران مورد استفاده قرار می گیرد.

شکل ۱، تجهیزات خم کردن میلگرد را به صورت دستی نشان می‌دهد.

ب – سرعت خم کردن متناسب با نوع فولاد و دمای محیط انتخاب می‌شود. در هوای سرد و هنگام استفاده از میلگردهای با مقاومت بالاتر و قطر بیشتر، باید از سرعت خم کردن کاسته شود، زیرا در موارد فوق میلگردها شکل پذیری خود را تا حدودی از دست می‌دهند.

پ – دردمای کمتر از ۵– درجه سیلسیوس خم کردن میلگردها مجاز نیست.



شکل ۱ تجهیزات خم کردن میلگرد

ت – قطر داخلی خم برای خاموت (میلگردهای عرضی) با قطر بیش از ۱۶ میلیمتر بر اساس جدول ۱، بوده و برای خاموت با قطر ۱۶ میلیمتر و کمتر، حداقل قطر خم برای میلگردهای مختلف در جدول به ترتیب ۲/۵ d و ۴ d خواهد بود.

ث – در مواردی که خم کردن میلگردها به وسیله دست انجام می‌گیرد، میز مناسبی برای خم کـردن باید انتخاب نمود تا در هنگام خم کردن میلگرد را به شکل مطلوب نگاه دارد، تا میلگرد خم شده مسـطح باشد. بدیهی است که در خم کاری میلگردها با دست نمی‌توان به خوبی محدودیت قطـر خـم و سـرعت خم‌کاری را رعایت نمود. همچنین قطر خم درقسمتهای مختلف یکسان نخواهد بود، بویژه اگر در هـوای سرد خم کاری انجام می‌شود و یا از میلگردهای پر مقاومت و ترد یا قطر زیاد استفاده شود لازم اسـت از دستگاه‌های خم کن مکانیکی بهره گرفته شود.

ج – چنانچه شکل خم میلگرد پیچیده باشد، قبل از خـم کـردن، شـکل آن بـه انـدازه واقعـی رسـم می‌گردد تا برای کنترل مورد استفاده قرار گیرد.

چ – قبل از برش و خم کردن اندازه قطر میلگرد باید کنترل گردد، زیرا همیشـه نمـی‌تـوان تنهـا بـه اتکای قضاوت چشمی قطر میلگردها را تشخیص داد. به همین دلیل در آیین‌نامه بـتن ایـران، اسـتفاده از قطرهای مرجح توصیه شده است تا تشخیص آنها از یکدیگر با سهولت بیشتر انجـام شـود. انبـار کـردن میلگردها از یک قطر و یک نوع به صورت جداگانه در کارگاه لازم اسـت، حتـی گـاه توصـیه مـی‌شـود، میلگردهای کارخانه‌های مختلـف قبـل از کنتـرل کیفیـت در محلهـای متفـاوتی انبـار شـوند (قرنطینـه میلگردها).

۱۶-۴ جاگذاری و بستن میلگرد

هنگام نصب، میلگردها باید عاری از هر گونه آلودگی نظیر زنگ زدگی، گل، چربی، رنگ و ذرات خـارجی که مانع چسبندگی بین بتن و میلگردها می‌گردد، باشند. کلیه آلودگی‌ها باید قبـل از نصـب و کارگـذاری زدوده شود و تا شروع مرحله بتن‌ریزی از آلودگی‌ها محفوظ بماند. میلگردها با توجه به قطر، طول و شکل بایستی در محلهای تعیین شده به نحوی مستحکم و ثابت شوند که هنگام بتن‌ریـزی هیچگونـه تغییـرو جابجایی در آنها صورت نگیرد. به منظور کنترل و تضمین پوشش بتن، با تأیید دستگاه نظارت می‌توان از قطعات بتنی (لقمه‌ها) یا خرکهای فلزی و پلاستیکی با ابعاد موردنظر بـه تعـداد لازم اسـتفاده نمـود. در محیط‌های خورنده استفاده از خرک فولادی که در سطح بتن قرار گیرد مجاز نیست. لقمه‌های بتنـی بـه

ضخامت مورد نظر باید با بتن یا ملات و با نسبت آب به سیمان مساوی یا کمتر از بتن اصلی ساخته شود. بتن یا ملات آن باید به خوبی متراکم و عمل‌آوری شود. استفاده از چوب، آجر و مصالح کم دوام توصیه نمی‌شود.

در روش معمول برای بستن میلگردهای اصلی به تنگها و خاموتها از مفتولهای سیمی گالوانیزه به قطر ۱ تا ۱/۵ میلیمتر استفاده می‌شود. استفاده از جوشکاری برای بستن میلگردهای متقاطع، مگر برای فولادهای جوش پذیر و با تأیید دستگاه نظارت مجاز نیست.

در مهارهایی که انتهای آنها خم شده است باید خم آنها به طرف پایین یا داخل باشد، به نحوی که قلاب آنها در منطقه پوشش بتنی قرار نگیرد. در غیر این صورت، امکان زنگ زدگی و نمایان شدن آنها از سطح بتن وجود خواهد داشت. در مورد بستن میلگردها با مفتول (سیم) میلگردبندی در مناطق خورنده، سر سیم نباید در پوشش بتنی روی میلگرد واقع شود، زیرا ضخامت پوشش را کاهش می‌دهد.

۱۶-۵ وصله‌کردن میلگرد

باید سعی شود حتی الامکان در طراحی و هنگام اجرا به گونه‌ای عمل گردد تا میلگردهای مصرفی در یک عضو به صورت یکپارچه باشند. تمام جزئیات اتصال میلگردها باید در نقشه‌های اجرایی منعکس گردد و تعداد اتصالات به حداقل ممکن کاهش یابد. در صورتی که وجود وصله اجتناب‌ناپذیر باشد، این اتصالات باید در مقطعی قرار داده شوند که نیروها و تنشهای وارده بر میلگردها حداقل باشند، و از تمرکز تمامی وصله‌ها در یک مقطع نیز خودداری شود.

وصله کردن میلگردها باید به روشهای پوششی، اتکایی، مکانیکی جوشی و یا وصله‌های مرکب مطابق آیین‌نامه بتن ایران و زیر نظر دستگاه نظارت انجام شود.

طول وصله برای میلگردهای صاف دو برابر طول وصله مشابه در میلگردهای آجدار است. در صورتی که محل وصله‌ها در نقشه‌های اجرایی و دستورالعمل‌های بعدی دستگاه نظارت منعکس نباشد رعایت نکات زیر الزامی است:

الف – در قطعات تحت خمش، خمش توأم با فشار (نظیر تیرها یا تیر–ستونها) نباید بیش از نصف میلگردها در یک مقطع وصله شوند.

ب – در صورت وجود کشش یا کشش ناشی از خمش، حداکثر یک سوم میلگردها در یک مقطع را می‌توان به وسیله پوشش وصله نمود.

پ – وصله‌کردن میلگردهای تحتانی قطعات خمشی در وسط دهانه یا نزدیک به آن و یا میلگردهای بالایی قطعه خمشی روی تکیه گاه یا نزدیک آن مجاز نیست.

ت – به طور کلی هر وصله باید به اندازه ۴۰ برابر قطر میلگرد با وصله مجاور فاصله داشته و در یک مقطع قرار نگیرد.

۱۷

کنترل کیفی بتن تازه و سخت شده

بتن نیز مانند هر محصول دیگر باید مورد بررسی قرار بگیرد. قبل از تولید بتن، کنترل اجزای آن حایز اهمیت است و در حین تولید و پس از آن نیز باید این کنترل‌ها ادامه یابد. کنترلها در دو مرحله بر روی بتن خمیری (بتن تازه) و بتن سخت شده‌ای که از بتن خمیری و تازه نمونه‌گیری شده است، انجام می‌شود.

۱۷-۱ کنترل کیفی بتن تازه و ضوابط پذیرش آن

الف – بتن تازه معمولاً از نظر انطباق با طرح اختلاط (روانی، نسبت آب به سیمان، مقدار و دانه‌بندی سنگدانه، درصد حباب هوای بتن، عیار سیمان، وزن مخصوص) و یا یکنواختی پس از اختلاط و حمل مورد بررسی و کنترل قرار می‌گیرد و باید با توجه به ضوابط پذیرش، مورد قبول یا رد قرار گیرد.

ب – برای کنترل کیفی بتن تازه، علاوه بر بررسی چشمی و نظری آن در طول ساخت و کنترل نظری یکنواختی، روانی و دانه‌بندی، لازم است هر روز حداقل یک بار و یا در صورت بروز تغییراتی که به صورت نظری مشهود است به دفعات متعدد طبق دستورالعمل‌های استاندارد از بتن نمونه‌برداری کرد.

پ – یکی از مهمترین کنترل‌های بتن تازه، کنترل کارایی و روانی آن است. روانی بتن معمولاً با آزمایش اسلامپ مورد بررسی قرار می‌گیرد. این کار، در هنگام تهیه نمونه‌های بتن سخت شده و یا به دفعات می‌تواند انجام شود.

ت – روانی بتن باید با روانی مندرج درطرح مخلوط بتن مقایسه گردد. معمولاً در طرحهای مخلوط بتن، مقدار روانی قید می‌شود. لازم است در هر طرح مخلوط، متوسط اسلامپ بتن و یا حداکثر مجاز آن قید شود. مسلماً میزان اسلامپ باید به همراه فاصله زمانی از اختلاط ارائه گردد، زیرا اسلامپ بتن به شدت تابع زمان است.

ث – اگر حداکثر اسلامپ مشخص شده باشد، اسلامپ بتن ساخته شده در کارگاه و یا بتن آماده نباید در فاصله زمانی مورد نظر، بیشتر از آن باشد. ضمناً لازم است اسلامپ بتن فاصله زیادی با حداکثر اسلامپ مجاز نداشته باشد، زیرا کار کردن با بتن دشوار خواهدشد. توصیه می‌شود حداقل اسلامپ بیش از ۵۰ درصد، کمتر از حداکثر اسلامپ مجاز نباشد.

ج – اگر متوسط اسلامپ داده شده باشد، بهتر است اسلامپ بتن ساخته شده در کارگاه و یا بتن آماده در فاصله زمانی مورد نظر، بیش از یک–سوم کمتر یا بیشتر نباشد.

چ – روانی واسلامپ بتن در صورت به کارگیری مقادیر صحیح اجزای بتن (به جز آب) نمی‌تواند نشانه صحت مقدار آب مصرفی در بتن باشد و به نوعی نشانه استفاده از نسبت آب به سیمان موردنظر در طرح مخلوط خواهد بود. بنابراین، کنترل روانی و اسلامپ، کنترل کیفی زودهنگام و پیشگیرانه بتن سخت شده از نظر مقاومتی و دوام نیز هست.

ح – کنترل مستقیم نسبت آب به سیمان با تعیین مقدار آب آزاد و عیار سیمان بتن ساخته شده امکان‌پذیر است. این آزمایشها به ندرت انجام می‌گیرد و فاقد دقت لازم است.

خ – برای تنظیم مقدار روانی و اسلامپ و در نتیجه نسبت آب به سیمان لازم است رطوبت سنگدانه‌ها در کارگاه مشخص گردد و مقدار آن از آب کل طرح مخلوط کسر شود تا مقدار آب مصرفی به دست آید. بدیهی است که آب موجود درسنگدانه‌ها باید به وزن سنگدانه‌های خشک اضافه گردد.

د – برای تعیین درصد رطوبت هر یک از سنگدانه‌ها بویژه ریزدانه می‌توان از روشهای سریع رطوبت سنجی استفاده نمود و مقادیر اجزای مصرفی برای ساخت بتن را محاسبه نمود (بر اساس طرح مخلوط ارائه شده به کارگاه).

ذ – درصد حباب هوای بتن، طبق دستورالعمل‌های استاندارد تعیین می‌گردد و تغییرات مجاز آن ۱/۵ ± درصد متوسط مقدار حباب هوای طرح اختلاط خواهد بود.

ر – وزن مخصوص بتن تازه متراکم طبق دستورالعمل‌های استاندارد، و به کمک پیمانه مخصوص به دست می‌آید و تغییرات مجاز آن ۳ ± درصد وزن مخصوص بتن طرح اختلاط است.

ز – در آزمایش تعیین عیار سیمان و آب بتن تازه که با تجزیه بتن انجام می‌شود، مقدار سنگدانه و دانه‌بندی آنها قابل تعیین است که به ندرت به کار گرفته می‌شود.

ژ – یکنواختی بتن، در هنگام اختلاط یا پس از حمل می‌تواند کنترل گردد. اگر پس از کنترل‌های چشمی، شکی دراین مورد وجود داشته باشد می‌توان پس از تخلیه ۱۵ درصد از بتن، یک نمونه و پس از تخلیه ۸۵ درصد از بتن با فاصله کمتر از ۱۵ دقیقه، نمونه دیگری از بتن تازه تهیه نمود و پس از

آزمایشهای اسلامپ، وزن مخصوص، دانه‌بندی سنگدانه‌ها و درصد حباب هوای بتن و همچنین مقاومت فشاری بتن سخت شده مربوط می‌توان با توجه به ضوابط پذیرش مندرج در جدول ۱، از یکنواختی بتن اطمینان حاصل نمود.

۱۷-۲ کنترل کیفی بتن سخت شده و ضوابط پذیرش آن

معمولاً بتن سخت شده، از نظر مقاومتی مورد آزمایش قرار می‌گیرد و مقاومت فشاری نمونه‌های عمل آمده در شرایط استاندارد آزمایشگاهی با مقاومت مشخصه بتن پروژه مورد نظر مقایسه می‌شود و درباره آن اظهار نظر می‌گردد. بدیهی است که برای انجام دادن این کار، لازم است ضوابطی برای نمونه‌گیری، آزمایش و در نهایت پذیرش بتن‌ها ارئه شود. در غیر این صورت باید از استانداردهای ایران و یا دیگر استانداردهای معتبر استفاده شود.

جدول ۱ الزامات مربوط به یکنواختی بتن

نوع آزمایش	حداکثر اختلاف مجاز نتایج آزمایشهای دو نمونه بتن
وزن مخصوص بتن تازه و متراکم	۱۶ Kg/m3
درصد هوای بتن	٪۱
برای اسلامپ کمتر از ۱۰۰ mm	۲۵ mm
برای اسلامپ بیشتر از ۱۰۰ mm	۳۵ mm
درصد مانده روی الک نمره ۴	٪۶
مقاومت فشاری ۷ روزه	٪۷/۵

۱۷-۳ ضوابط نمونه‌برداری

نحوه نمونه‌برداری، دفعات (تواتر) نمونه‌برداری، تعداد آزمونه‌های هر نمونه‌برداری باید مشخص شود.

۱۷-۳-۱ نحوه نمونه‌برداری: باید سعی شود نمونه‌برداری به صورت تصادفی انجام گردد. نمونه‌برداری باید در طول مدت تولید و مصرف بتن، به نحو یکنواختی انجام گردد و معمولاً نباید این کار را به زمان معین و یا شکل و حالت خاصی از بتن محول نمود. در صورت عدم رعایت این نکات، مبانی

آماری ضوابط پذیرش مخدوش می‌شود و قضاوت میسر نیست. نمونه را باید از محل نهایی مصرف (ریختن بتن در قطعه) برداشت. بنابراین، نمونه‌برداری در هنگام تخلیه بتونیر یا دستگاه بتن‌ساز مرکزی صحیح نیست مگر اینکه فاصله زمانی ریختن بتن و اختلاط آن بسیار کم باشد. مسلماً قبل از ریختن بتن درقالب باید نمونه‌برداری را به انجام رسانید.

۱۷-۴ تعداد آزمونه‌ها

برای هر بار نمونه‌برداری و به ازای هر سن آزمایش، تهیه حداقل دو آزمونه (قالب) لازم است. اگر بخواهیم در سن دیگری بجز ۲۸ روز، مقاومت فشاری آزمونه‌ها را تعیین کنیم، لازم است تعداد آزمونه‌ها را به تناسب افزایش داد.

۱۷-۵ تواتر نمونه‌برداری (دفعات نمونه‌برداری)

الف – در هر روز و برای هر نوع بتن حداقل یک نمونه لازم است.

ب – حداقل ۶ نوبت نمونه‌برداری از یک سازه (برای یک رده بتن) الزامی است.

پ – درصورتی که حجم هر نوبت اختلاط بتن بیشتر از یک متر مکعب باشد برای دال و دیوار از هر ۳۰ متر مکعب بتن یا هر ۱۵۰ متر مربع سطح، یک نمونه ضروری است. برای تیر و کلاف (در صورت ریختن قطعات به صورت جدا از هم) به ازای هر ۱۰۰ متر طول، تهیه یک نمونه الزامی است. همچنین برای ستونها به ازای هر ۵۰ متر طول یک نوبت نمونه‌برداری لازم است.

ت – اگر حجم هراختلاط کمتر از یک متر مکعب باشد می‌توان مقادیر فوق را به همان نسبت کاهش داد. بدین ترتیب، تعداد دفعات نمونه‌برداری افزایش خواهد یافت. توصیه می‌شود، در صورتی که عدم یکنواختی در طول مدت ساخت بتن احساس می‌شود دستگاه نظارت از این اختیار استفاده نماید.

ث – اگر حجم هر نوبت اختلاط بیش از ۳ متر مکعب باشد می‌توان مقادیر فوق را سه برابر نمود و بدین ترتیب تعداد دفعات نمونه‌برداری از بتن کاهش خواهد یافت.

ج – اگر حجم بتن برای یک رده در یک کارگاه کمتر از ۳۰ متر مکعب باشد بـا تشـخیص دسـتگاه نظارت مبنی بر رضایت بخش بودن کیفیت بتن می‌توان از نمونه‌برداری و آزمایش مقاومـت بـتن صـرف نظر نمود. مسلماً دستگاه نظارت باید شواهد وقرائنی دال بر رضایت بخش بـودن بـتن در دسـت داشـته باشد. سابقه تولید کننده یا فروشنده بتن ویا سوابق ساخت بتن بـا طـرح مخلـوط ونسـبت‌هـای مشـابه و مصالح یکسان می‌تواند از جمله شواهد و قرائن باشد. در این صورت مسئولیت عدم نمونه‌برداری به عهده دستگاه نظارت خواهد بود.

چ – نتیجه مقاومت هر دفعه نمونه‌برداری از میانگین گیری نتایج دو آزمونه به دست می‌آید.

۱۷-۶ ضوابط پذیرش بتن نمونه‌های آزمایشی (عمل آمده در آزمایشگاه)

برای اینکه بتن را منطبق بر رده مورد نظر و قابل قبول تلقی نماییم لازم است یکـی از شـرایط زیـر برقرار باشد:

الف : هر سه نتیجه نمونه‌های متوالی مساوی یا بیشتر از مقاومت مشخصه باشد.

ب : میانگین نتایج مقاومت فشاری هـر سـه نمونـه متـوالی حـداقل ۱/۵ MPa بیشـتر از مقاومـت مشخصه باشد. همچنین مقاومت هـر یـک از سـه نمونـه متـوالی بیشـتر از ۴ MPa کمتـر از مقاومـت مشخصه نباشد.

بتن، وقتی غیرقابل قبول است که متوسط هر سه تتیجه متوالی مقاومتی، کمتر از مقاومـت مشخصـه باشد و مقاومت هر یک از سه نتیجه متوالی بیشتر از ۴Mpa، کمتر از مقاومـت مشخصـه باشـد. در ایـن حالت، بتن کم مقاومت تلقی می‌شود و نیازمند بررسی‌های بیشتر است. برای ایـن کنتـرل‌هـا لازم اسـت نتایج آزمایشهای مقاومتی نمونه‌ها (میانگین دو آزمونه) با توجه به زمان ساخت بتن‌ها بـه ترتیـب نوشـته شود و طبق بند فوق عمل گردد.

اگر بتن قابل قبول نباشد و همچنین قابل قبول نیز به شمار نیاید می‌توان به تشخیص طراح و بـدون بررسی بیشتر بتن را از نظر سازه‌ای نیز قابل قبول تلقی نمود.

در بررسی انطباق بتن، بر رده موردنظر نباید از نتیجه هیچکدام از آزمونه‌ها صرف نظر نمود مگر اینکه با دلایل کافی ثابت شود خطای عمده‌ای در تهیه نمونه، قالب گیری، عمل‌آوری، حمل و آزمایش روی داده باشد. بنابراین، در صورت اثبات این امر می‌توان نتیجه یک آزمونه یا نمونه را حذف کرد و نادیده گرفت.

توصیه می‌شود همواره یک یا دو آزمونه اضافی تهیه شود تا در صورت بروز اشکال در یک آزمونه و یا وجود اختلاف فاحش بین دو آزمونه، نتیجه آزمونه سوم به دست آید و نتیجه‌ای که بیش از ۵ درصد با متوسط نتیجه سه آزمونه اختلاف داشته باشد حذف گردد و مجدداً میانگین گیری انجام شود.

در صورتی که بتن کم مقاومت تلقی شود لازم است با روش محاسباتی (تحلیلی) یا مغزه‌گیری و یا بارگذاری استاتیکی خمشی سازه و یا اقدامات مقتضی دیگر، از قابل قبول بودن بتن، از نظر سازه‌ای و یا دارا بودن ظرفیت باربری سازه یا قطعه، اطمینان حاصل نمود.

برای این منظور باید به بند ۶-۶ و ۱۹-۳ آیین نامه بتن ایران مراجعه نمود.

اگر بجای تهیه آزمونه‌های استوانه‌ای استاندارد، آزمونه مکعبی به ابعاد ۱۵۰ میلیمتر تهیه گردد، و یا از استوانه‌های به قطر ۱۰۰ میلی‌متر و ارتفاع ۲۰۰ میلیمتر استفاده شود می‌توان نتیجه را به نتیجه مقاومت استوانه استاندارد تبدیل نمود.

بدین منظور کافی است مقاومت استوانه‌ای کوچک را بر ۱/۰۲ تقسیم نماییم و برای نمونه مکعبی از جدول ۲ استفاده کنیم.

جدول ۲ تبدیل مقاومت فشاری نمونه استوانه ای استاندارد به نمونه مکعبی ۱۵۰ میلیمتر

مقاومت فشاری مکعبی Mpa	کمتر از ۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵
مقاومت فشاری نمونه‌های استوانه‌ای استاندارد	تبدیل با ضریب ۰/۸	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰
ضریب تبدیل	۰/۸	۰/۸۳۳	۰/۸۵۷	۰/۸۷۵	۰/۸۸۸	۰/۹	۰/۹۱

مقاومت نمونه مکعبی ۱۵۰ میلیمتر و ۲۰۰ میلیمتر طبق آئین نامه بتن ایران یکسان منظور می‌شود.

– در صورتی که مقاومت نمونه‌ها در کارگاه مقاومت مشخصه را ارضا ننماید باید در طرح مخلوط بتن تجدید نظر نمود. همچنین اگر مکرراً مقاومت نمونه‌ها در کارگاه به مقدار قابل توجهی بیش از مقاومت مشخصه باشد می توان در طرح مخلوط تعدیل کرد.

منابع

۱- قدوسی، پ، "روشهای اجرای ساختمان"، جزوه درسی، مرکز انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ۱۳۸۰.

2-Illingworth, J.R., "Construction Methods and Planning" , second edition, E&FN Spon, 2000.

3-Mindess, S., and Young, J.F., "Concrete" Prentice-Hall, 1981.

4-Neville, A.M. and Brooks, J.J., "Concrete Technology", New York, Longman Scientific and Technical, 1987.

5-American Concrete Institute, ACI Manual of Concrete Practice, ACI, Vol., 1,2,3,4 and 5, 2000.

6-American Concrete Institute, ACI Manual of Concrete Practice, ACI, Committee 305R, " Hot Weather Concreting " Vol.,2000.

7-American Concrete Institute, ACI Manual of Concrete Practice, ACI, Committee 306R, " Cold Weather Concreting requirement" Vol.,2000.

۸ – قدوسی، پ، گنجیان، الف، پرهیزکار، ط، رمضانیانپور، ع، الف، " فن‌آوری بتن در شرایط محیطی خلیج فارس، جلد ۱، آسیب شناسی بتن و ارزیابی آن "، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، نشریه شماره ک ۲۸۳، ۱۳۷۸.

۹ – قدوسی، پ، پرهیزکار، ط، رمضانیانپور، ع، الف، مظفری، ن، " فن‌آوری بتن در شرایط محیطی خلیج فارس، جلد ۲، روشها و توصیه‌ها برای افزایش عمر مفید سازه‌های بتنی "، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، نشریه شماره ک ۳۷۰، .۱۳۸۳

۱۰- رمضانیانپور، ع.ا، قدوسی،پ، و هوشدار تهرانی، م.ح.، " بتن واجرای آن" مرکز تحقیقات ساختمان ومسکن ، ۱۳۸۲.

۱۱- آیین‌نامه بتن ایران (آبا) تجدید نظر اول، ویرایش دوم، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر امور فنی و تدوین معیارها، نشریه شماره ۱۲۰.

۱۲- طسوجی، محمد ابراهیم، "طرح و کنترل مخلوطهای بتنی" محمد ابراهیم طسوجی، تهران، ۱۳۶۶.

۱۳ - قالیبافیان، مهدی، " اجرای ساختمانهای بتن آرمه " انتشارات دهخدا، تهران، ۱۳۶۸.

۱۴ - نویل، آ.ام. ، ترجمه فامیلی، هرمز، بتن شناسی، جهاد دانشگاهی دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ۱۳۶۸.

۱۵- وادال، جوزف جی، ترجمه : رمضانیانپور، ع، ا، طاحونی، ش، پیدایش، م، " دستنامه اجرای بتن " ، علم و ادب، تهران، ۱۳۸۰.

۱۶ - ا، ام، نویل، جی، جی، بروکس، ترجمه : رمضانیانپور، ع، ا، شاه نظری، م، " تکنولوژی بتن "، دانشگاه علم و صنعت، تهران.

Abstract

Implementation guide for making concrete in small sites with limited equipments

In this project based on manuals and standards the guide will be edited for making concrete in small sites. This guide is useful even for human resources who are not well trained in making concrete.

All aspects and process of construction of concrete structures are written in simple literature which can be understood by anyone in construction field.

The text includes storing the materials, volume batching, pouring, compaction, and curing the concrete and other aspects of construction.

The book designed to take the reader step-by– step through the process of concrete making and construction.

Islamic Republic of Iran

Implementation Guide for Making of Concrete

No: 327

Management and Planning Organization
Deputy for Technical Affairs
Criteria Codification and
Earthquake Risk Reduction Affairs Bureau
Nezamfanni.ir

Ministry of Building and Urban Development
Buiiding and Housing Research Center

2006

این نشریه
با عنوان «دستورالعمل ساخت و اجرای بتن در کارگاه»،
شامل هفده فصل است.
«انبار کردن مصالح در کارگاه»، «توزین و پیمانه کردن
اجزای مخلوط»، «اختلاط بتن»، «بررسی وضعیت ظاهری و
اندازه‌گیری»، «انتقال بتن»، «کنترلها و آماده‌سازی قبل از
بتن‌ریزی»، «عملیات بتن‌ریزی»، «متراکم کردن بتن»،
«پرداخت سطح بتن»، «درز انقباض (جمع‌شدگی)»، «درز
ساخت (اجرایی)»، «عمل‌آوری بتن»، «بتن‌ریزی در هوای
سرد»، «بتن‌ریزی در هوای گرم»، «قالب‌بندی»،
«میلگردگذاری» و «کنترل کیفی بتن تازه و سخت‌شده»،
فصلهای مختلف نشریه را تشکیل می‌دهند.
دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و
عوامل دیگر می‌توانند از این نشریه به عنوان راهنما
استفاده کنند.