

۳-۹ مصالح و اجزای بتن

۱-۳-۹ کلیات

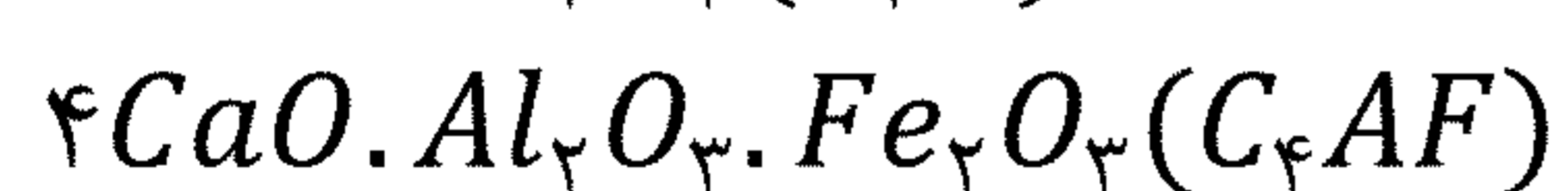
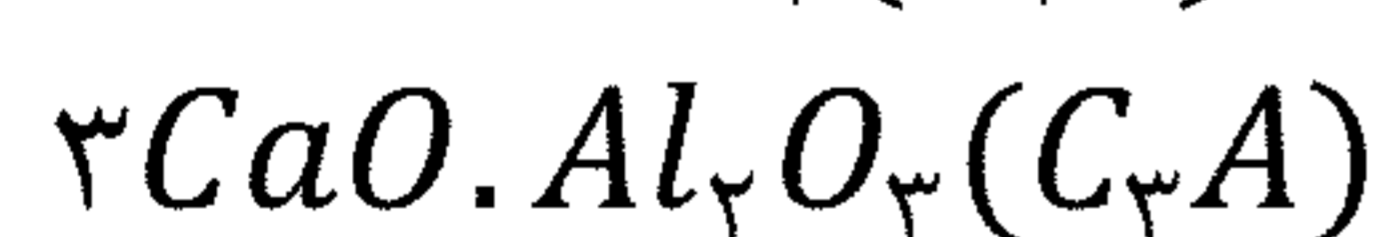
مصالح مصرفی اصلی بتن عبارتند از سیمان، سنگدانه درشت یا مصالح سنگی درشت دانه (شن)، سنگدانه ریز یا مصالح سنگی ریزدانه (ماسه) و آب. علاوه بر این مصالح، مواد اصلاح کننده خواص بتن، یعنی مواد افزودنی، پوزولانها و مواد شبه سیمانی، نیز می توانند در بتن استفاده شوند.

۲-۳-۹ سیمان

سیمانهای مصرفی در بتن عبارتند از سیمانهای پرتلند پنج گانه و سیمانهای ویژه.

۱-۲-۳-۹ سیمانهای پرتلند

سیمان پرتلند، نوعی سیمان هیدرولیکی است که به طور عمده شامل CaO ، SiO_2 ، Al_2O_3 و Fe_2O_3 است. این اکسیدها عمدتاً به صورت پیوند یافته در بتن وجود دارند و شامل ترکیبات زیر می شوند:



به منظور تنظیم و افزایش زمان گیرش سیمان پرتلند، کلینکر آن را به همراه مقدار مناسبی سنگ گچ یا سولفات کلسیم متبلور خام آسیاب می‌کنند.

انواع سیمان‌های پرتلند عبارتند از:

- ۱) سیمان پرتلند نوع یک (I)، یا سیمان پرتلند معمولی، که با نماد «پ-۱» نشان داده می‌شود. سیمان پرتلند نوع یک، خود به سه نوع «۱-۳۲۵»، «۱-۴۲۵» و «۱-۵۲۵» تقسیم می‌شود.
- ۲) سیمان پرتلند نوع دو (II)، یا سیمان پرتلند اصلاح شده، که با نماد «پ-۲» نشان داده می‌شود.
- ۳) سیمان پرتلند نوع سه (III)، یا سیمان زود سخت شونده، که با نماد «پ-۳» نشان داده می‌شود.
- ۴) سیمان پرتلند نوع چهار (IV)، یا سیمان با حرارت زایی کم، که با نماد «پ-۴» نشان داده می‌شود.
- ۵) سیمان پرتلند نوع پنج (V)، یا سیمان مقاوم در برابر سولفات، که با نماد «پ-۵» نشان داده می‌شود. سیمان‌های پرتلند را به صورت کیسه‌ای بسته‌بندی و مصرف کرده و یا به صورت فله‌ای مصرف می‌کنند.

۱-۱-۲-۳-۹ سیمان‌های ویژه

۲-۱-۲-۳-۹ سیمان پرتلند سفید

این سیمان، از آسیاب کردن کلینکر سیمان سفید با مقدار مناسبی سنگ گچ به دست می‌آید. میزان اکسید آهن و اکسید منیزیم در این نوع سیمان ناچیز است.

۳-۱-۲-۳-۹ سیمان پرتلند رنگی

سیمان پرتلند رنگی، از افزودن مواد رنگی معدنی بی اثر شیمیایی به سیمان پرتلند معمولی یا سفید به دست می‌آید. از سیمان پرتلند معمولی برای ساخت سیمان‌های پرتلند رنگی قرمز، قهوه‌ای و سیاه، برای ساخت سیمان‌های به رنگ‌های دیگر، از سیمان سفید استفاده می‌شود. استفاده از این نوع سیمان به عنوان بتن سازه‌ای مجاز است.

۲-۱-۲-۳-۹ سیمان‌های پرتلند آمیخته

۱-۲-۱-۲-۳-۹ سیمان پرتلند پوزولانی

سیمان پرتلند پوزولانی، چسباننده‌ای هیدرولیکی است که مخلوط کامل، یکنواخت و همگنی از سیمان پرتلند و پوزولان می‌باشد.

سیمان‌های پرتلند آمیخته با پوزولان‌های طبیعی، به دو گروه سیمان پرتلند پوزولانی معمولی و سیمان پرتلند پوزولانی ویژه تقسیم‌بندی می‌شوند.

سیمان پرتلند پوزولانی معمولی، دارای پوزولان به میزان حداقل ۵ و حداکثر ۱۵ درصد وزنی می‌باشد. این نوع سیمان با نماد «پ.پ» نشان داده می‌شود و برای مصارف عمومی در ساخت ملات یا بتن به کار می‌رود.

سیمان پرتلند پوزولانی ویژه، دارای پوزولان به میزان بیش از ۱۵ درصد تا ۴۰ درصد وزنی است. این نوع سیمان با نماد «پ.پ.و» نشان داده می‌شود و معمولاً برای ساخت بتن‌های حجیم و نیز در مواردی که بتن تحت تهاجم شیمیایی قرار می‌گیرد به کار می‌رود. این نوع سیمان، حرارت هیدراسیون کمی دارد، در برابر املاح شیمیایی مقاوم و مقاومت فشاری آن در روزهای اولیه (تا سه روز) کم است.

۲-۲-۱-۲-۳-۹ سیمان پرتلند روباره‌ای یا سرباره‌ای

این سیمان، از آسیاب کردن ۱۵ تا ۹۵ درصد سرباره کوره آهن‌گدازی فعال و غیرکریستالی (آمورف)، با سیمان پرتلند به دست می‌آید. این نوع سیمان پایداری بیشتری در برابر سولفات‌ها دارد و بتن ساخته شده با آن، نفوذپذیری کمتر و دوام بیشتری دارد. این نوع سیمان، در مقایسه با سیمان پرتلند معمولی، دیرگیرتر و حرارت هیدراسیون آن کمتر است.

۳-۲-۱-۲-۳-۹ سیمان بنایی

استفاده از این نوع سیمان در بتن و بتن‌آرمه مجاز نیست و از آن می‌توان فقط در کارهای بنایی، در ملات و مانند آن استفاده کرد.

۲-۲-۳-۹ ضوابط الزامی بسته‌بندی، حمل و نقل، انبار کردن و مصرف سیمان‌های کیسه‌ای

(۱) سیمان پرتلند باید در کیسه‌های مناسب، مقاوم و قابل انعطاف بسته‌بندی شود، به گونه‌ای که رطوبت و مواد خارجی نتوانند به داخل آن نفوذ کنند و کیسه سیمان در هنگام حمل و نقل پاره نشود.

(۲) مشخصات پاکت کاغذی سیمان‌های کیسه‌ای می‌باید مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۴۵۴۳ باشد. استفاده از پاکت‌ها یا کیسه‌های نفوذپذیر در برابر رطوبت مجاز نیست.

(۳) بر روی کیسه‌های سیمان باید نوع سیمان پرتلند (یک تا پنج) و تاریخ تولید سیمان درج شود. در سیمان‌های نوع یک، باید مقاومت سیمان نیز قید گردد.

۷) سیمان نگهداری شده در سیلو، باید حداکثر ۹۰ روز پس از تولید مصرف شود، و اگر بنا به دلایل غیر قابل اجتناب این امر امکان پذیر نشد، باید قبل از مصرف تحت آزمایش قرار گیرد.

۸) سایر مشخصات سیلوها و ضوابط نگهداری سیمان در آنها، مطابق با استاندارد ملی ایران، به شماره ۲۷۶۱ می باشد.

۹-۳-۳ سنگدانه یا مصالح سنگی

سنگدانه‌های بزرگتر از ۴/۷۵ میلیمتر (بعد چشمه‌های الک نمره ۴) را سنگدانه درشت یا شن و سنگدانه‌های ریزتر از ۴/۷۵ میلیمتر را سنگدانه ریز یا ماسه می نامند.

طبق تعریف، «بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه» عبارت است از اندازه کوچکترین الکی که حداکثر ۱۰ درصد وزنی سنگدانه روی آن باقی بماند.

۹-۳-۳-۱ محدودیت بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه‌های درشت

بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه‌های درشت نباید از هیچ یک از مقادیر زیر بیشتر باشد:

- ۱) یک پنجم کوچکترین بعد داخلی قالب بتن
- ۲) یک سوم ضخامت دال
- ۳) سه چهارم حداقل فاصله آزاد بین میلگردها
- ۴) سه چهارم پوشش بتن روی میلگردها
- ۵) ۳۸ میلیمتر در بتن آرمه
- ۶) ۶۳ میلیمتر در بتن حجیم غیر مسلح

۹-۳-۳-۲ سنگدانه‌های سبک مصرفی در بتن

به طور کلی سنگدانه‌های سبک مصرفی در بتن، به دو صورت تهیه می شوند:

- ۱) سنگدانه‌های حاصل از شیشه‌ای شدن، انبساط، گلوله شدن مواد، و یا موادی نظیر سرباره کوره آهنگدازی، خاک رس، دیاتومه، خاکستر بادی، شیل یا سنگ لوح.

۲) سنگدانه‌های حاصل از فرآوری مواد طبیعی نظیر پومیس، اسکوریا و توف. سنگدانه‌های سبک می‌توانند هم در بتن سازه‌ای و هم در بتن غیرسازه‌ای به کار روند.

۳-۳-۳-۹ ضوابط حمل و نقل، تحویل و نگهداری سنگدانه‌های مصرفی در بتن

ضوابط بارگیری، حمل و نقل، تخلیه و انبار کردن سنگدانه‌های مصرفی در بتن به قرار زیر است:

- ۱) شرایط باید به گونه‌ای باشد که مواد خارجی و زیان آور در سنگدانه‌ها نفوذ نکنند.
- ۲) شرایط باید به گونه‌ای باشد که دانه‌های ریز و درشت در یک دیو از یکدیگر جدا نشوند.
- ۳) شرایط باید به گونه‌ای باشد که سنگدانه‌ها شکسته نشوند.
- ۴) محل نگهداری سنگدانه‌ها باید دور از پوشش گیاهی و مواد آلوده کننده باشد.
- ۵) شن‌های با حداکثر اندازه بیش از ۳۸ میلیمتر، باید در دو گروه کمتر و بیشتر از ۲۵ میلیمتر نگهداری شوند. شن‌های با حداکثر اندازه ۳۸ میلیمتر یا کمتر باید در دو گروه کمتر و بیشتر از ۱۹ میلیمتر نگهداری شوند. این کار امکان جدا شدن دانه‌ها از یکدیگر را کاهش می‌دهد.
- ۶) دیواره‌های تقسیم دپوی مصالح سنگی باید به گونه‌ای مقاوم و پایدار باشد که در صورت خالی بودن یک قسمت و پر بودن قسمت مجاور، دیواره بر اثر رانش سنگدانه‌ها تخریب یا جابجا نشود.
- ۷) در هنگام بارش و یا یخبندان، باید سنگدانه‌های واقع در فضای آزاد با برزنت یا ورقه‌های پلاستیکی پوشانیده شود.
- ۸) در هنگام گرمای شدید، باید بر روی سنگدانه‌های واقع در فضای آزاد، سایبان درست شود.
- ۹) شیب مخروط‌های دپوی شن و ماسه نباید زیاد باشد زیرا شیب زیاد دپوها موجب جدا شدن دانه‌های ریز و درشت از هم می‌شود.
- ۱۰) سنگدانه‌ها تا حد امکان باید به صورت لایه‌هایی با ضخامت یکسان بر روی یکدیگر ریخته شده و انبار شوند. سنگدانه‌ها باید با لودر یا وسایل مناسب دیگر به گونه‌ای برداشته شوند که هر بار قسمت‌هایی از همه لایه‌های افقی برداشته شوند.
- ۱۱) در صورت تخلیه سنگدانه‌ها هنگام باد، باید تدابیری اتخاذ گردد که از جدا شدن ذرات ریز جلوگیری شود.

۱۲) محل دپوی شن و ماسه باید به گونه‌ای باشد که همواره امکان تخلیه آب مازاد آنها وجود داشته باشد.

۱۳) سنگدانه‌های انبار شده در دپو باید حداقل ۱۲ ساعت در محل باقی مانده و سپس مصرف شود. این امر موجب می‌شود که رطوبت سنگدانه‌ها به حد یکنواخت و پایدار برسد.

۱۴) سیلوی ذخیره سنگدانه‌ها حتی المقدور باید با مقطع مربع یا دایره و شیب مخروط یا هرم تحتانی آن کمتر از ۵۰ درجه باشد. مصالح سنگی باید به صورت قائم در داخل سیلو ریخته شود تا از برخورد مواد سنگی با کناره‌های سیلو جلوگیری شده و دانه‌ها از هم جدا نشوند.

در صورتی که سیلوی ذخیره سنگدانه‌ها پر باشد امکان شکسته شدن سنگدانه‌ها و تغییر دانه‌بندی آن کاهش می‌یابد. برای خالی کردن سنگدانه‌ها به داخل سیلو، باید از نردبان ویژه مصالح سنگی استفاده شود.

۱۵) در صورتی که شرایط به گونه‌ای باشد که امکان شکسته شدن سنگدانه‌ها در حین جابجا کردن یا انبار کردن وجود داشته باشد، باید قبل از ساخت بتن با این سنگدانه‌ها، بار دیگر آنها را دانه‌بندی کرد.

۱۶) ضوابط مربوط به جلوگیری از جدا شدن سنگدانه‌ها باید در مورد سنگدانه‌های گرد گوشه، که بیشتر مستعد این امر هستند، جدی‌تر رعایت شود.

۱۷) در هنگام بارش برف و یخبندان، سنگدانه‌ها باید به گونه‌ای انبار شوند که امکان یخ‌زدگی و نیز جمع شدن برف و یخ بین دانه‌ها وجود نداشته باشد.

۱۸) هنگام تحویل هر محموله از سنگدانه‌های وارده به کارگاه، باید مشخصات مذکور در اسناد تحویل سنگدانه‌ها با مشخصات سفارش داده شده و نیز سنگدانه‌های وارده بررسی، مقایسه و انطباق آن کنترل شود.

۱۹) در هنگام تحویل هر محموله از سنگدانه‌های وارده به کارگاه، باید وضعیت ظاهری آنها از نظر اندازه، شکل دانه‌ها و ناخالصی‌های آن با چشم کنترل شود.

۳-۹-۴ آب

آب به سه صورت در بتن به کار می‌رود: آب مصرفی برای شستشوی سنگدانه‌ها، آب به عنوان یکی از اجزای تشکیل‌دهنده بتن که در هنگام ساخت آن به کار می‌رود و آب مصرفی برای عمل‌آوری بتن.

۳-۹-۴-۱ ضوابط حمل و نقل، نگهداری و ذخیره کردن آب مصرفی در بتن

آب مصرفی بتن در کارگاه‌ها باید به گونه‌ای حمل و نقل و نگهداری شود که احتمال ورود مواد مضر به داخل آن و نیز رشد خزه‌ها و مواد آلی در آنها وجود نداشته باشد.

۳-۹-۵ مواد افزودنی

مواد افزودنی یا چاشنی‌های بتن موادی هستند که غیر از مواد اصلی (سیمان، آب و مصالح سنگی)، در حین اختلاط به بتن یا ملات افزوده می‌شوند. مقدار افزودنی‌ها کم است و در تعیین نسبت‌های اختلاط به حساب نمی‌آیند.

مواد افزودنی معمولاً به صورت گرد یا مایع هستند و یک یا چند ویژگی بتن تازه یا سخت شده را تغییر می‌دهند و هدف از کاربرد آنها اصلاح برخی از این ویژگی‌ها است، اگرچه در عین حال ممکن است موجب اختلال و بروز عیب در پاره‌ای از ویژگی‌های مطلوب بتن شوند، که این امر نباید خارج از محدوده مجاز استاندارد باشد.

مواد افزودنی اگر فقط بر روی یکی از خواص بتن (تازه یا سخت شده) تأثیر بگذارند مواد افزودنی تک منظوره و در غیر این صورت مواد افزودنی چند منظوره نامیده می‌شوند.

مواد افزودنی چند منظوره دارای یک عملکرد اصلی و یک یا چند عملکرد جنبی هستند که بسته به مورد مصرف ممکن است عملکرد اصلی آنها تغییر کند.

مواد افزودنی مورد نظر در این بند، مواد افزودنی شیمیایی هستند که به صورت صنعتی و شیمیایی تولید می‌شوند.

مواد افزودنی را یا می‌باید با کمی از آب اختلاط بتن مخلوط کرده و همراه با سایر اجزای بتن به داخل مخلوط‌کن ریخت، و یا اینکه آن را به صورت تدریجی به مخلوط کن در حال کار وارد کرد. سازگاری افزودنی‌ها با یکدیگر و نیز با سیمان می‌باید بررسی گردد.

۹-۳-۵-۱ میزان مصرف

حداکثر میزان مصرف مواد افزودنی ۵ درصد وزنی سیمان است. استفاده از کلرید کلسیم فقط در بتن بدون فولاد مجاز است و حداکثر مقدار مصرف آن ۲ درصد وزنی سیمان است. در هر حال مواد افزودنی نباید بیشتر از مقداری که تولیدکننده مشخص کرده است، مصرف شوند.

۹-۳-۵-۲ انواع مواد افزودنی تک منظوره

- (۱) ماده افزودنی کندگیرکننده
- (۲) ماده افزودنی تندگیرکننده
- (۳) ماده افزودنی زود سخت کننده یا تسریع کننده زمان سخت شدگی
- (۴) ماده افزودنی حباب هواساز
- (۵) ماده افزودنی نگهدارنده آب
- (۶) ماده افزودنی کاهنده جذب آب

۹-۳-۵-۳ انواع مواد افزودنی چند منظوره

- (۱) ماده افزودنی کاهنده آب/ روان کننده
- (۲) ماده افزودنی کاهنده آب قوی/ روان کننده قوی، یا فوق کاهنده آب/ فوق روان کننده
- (۳) ماده کندگیرکننده/ کاهنده آب/ روان کننده
- (۴) ماده افزودنی تندگیرکننده/ کاهنده آب/ روان کننده
- (۵) ماده افزودنی کندگیرکننده/ کاهنده آب قوی/ روان کننده قوی، یا کندگیرکننده/ فوق کاهنده آب/ فوق روان کننده

۹-۳-۶ مواد جایگزین سیمان یا مکمل سیمان

این مواد به منظور تأمین یک یا چند خاصیت زیر، بسته به مورد، به کار می‌روند:

- ۱- کاهش مصرف سیمان
- ۲- کاهش سرعت و میزان حرارت هیدراسیون

۳- افزایش مقاومت بتن

۴- افزایش پایایی بتن از طریق کاهش نفوذپذیری آن

۳-۹-۶-۱ پوزولان‌ها

پوزولان‌ها عبارتند از مواد سیلیسی یا آلومینی که خود به تنهایی فاقد ارزش چسبانندگی اند یا ارزش چسبانندگی آنها کم است، اما به صورت ذرات بسیار ریز، در دمای متعارف و در مجاورت رطوبت با هیدروکسید کلسیم واکنش می‌دهند و ترکیباتی را تولید می‌کنند که ساختار آنها تا حدودی مشابه ترکیباتی است که بر اثر هیدراسیون سیمان پرتلند تولید می‌شود. پوزولان‌ها بر دو نوعند: پوزولان‌های طبیعی و پوزولان‌های مصنوعی یا صنعتی.

پوزولان‌های طبیعی در انواع خام یا تکلیس شده وجود دارند و به طور عمده شامل خاکسترهای آتشفشانی غیر بلورین می‌باشند.

پوزولان‌های مصنوعی یا صنعتی به طور عمده شامل دوده سیلیس، خاکستر بادی، و خاکستر پوسته برنج می‌باشند.

دوده سیلیس یا میکرو سیلیس محصول فرعی کوره‌های قوس الکتریکی صنایع فرو آلیاژ و فرو سیلیس بوده و ماده‌ای است با فعالیت پوزولانی بسیار شدید که بیش از ۸۵ درصد سیلیس بلوری نشده دارد.

خاکستر بادی محصول فرعی سوخت زغال سنگ است که شامل سیلیس، آلومین و اکسیدهای آهن و کلسیم است.

خاکستر بادی در رده‌های F (با اکسید کلسیم حداکثر ده درصد) و C (با اکسید کلسیم بیش از ده درصد) وجود دارد. خاکستر بادی رده C، در محیط بتن خاصیت سیمانی شدن نیز دارد، و آن را می‌توان جزو مواد شبه سیمانی به حساب آورد. خاکستر پوسته برنج از سوختن پوسته برنج به دست می‌آید و دارای میزان زیادی سیلیس غیر کریستالی یا آمورف است.

۹-۳-۶-۲ مواد شبه‌سیمانی

مواد شبه‌سیمانی دارای خاصیت پنهان هیدرولیکی هستند و در صورتی که به گونه‌ای مناسب فعال شوند خواص سیمانی پیدا می‌کنند. این مواد فقط در محیط قلیایی با آب واکنشی مشابه سیمان پرتلند نشان می‌دهند. متداول‌ترین مواد شبه‌سیمانی، روباره یا سرباره کوره آهن‌گدازی و خاکستر بادی رده C هستند.

۷-۹ اجرای بتن

۱-۷-۹ نیروی انسانی، تجهیزات و آماده‌سازی محل بتن‌ریزی

۱-۱-۷-۹ نیروی انسانی

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

۲-۱-۷-۹ تجهیزات و وسایل

الف) تمام وسایلی که برای مخلوط کردن و انتقال بتن به کار می‌روند باید تمیز باشند.
ب) پیمانانه کردن مصالح تشکیل دهنده بتن باید تا حد امکان به طریق وزنی انجام گیرد. این امر در بتن‌های سازه‌ای الزامی است.
پ) رواداری توزین هر یک از اجزای تشکیل دهنده بتن $\pm 3\%$ است.
ت) دقت و حساسیت ترازوها و سایر قسمت‌های توزین باید $\pm 0.4\%$ کل ظرفیت دستگاه باشد.

۳-۱-۷-۹ آماده‌سازی محل بتن‌ریزی

الف) تمامی مواد زاید از جمله یخ و زواید قالب‌بندی باید از محل‌های مورد بتن‌ریزی زدوده و برداشته شوند.
ب) قالب‌ها باید به نحوی مناسب تمیز شده و با روغن قالب اندود شوند.
پ) مصالح بنایی که در تماس با بتن خواهند بود باید بخوبی خیس شوند.

ت) تمامی میلگردها باید قبل از بتن‌ریزی کاملاً تمیز شده و عاری از پوشش‌های آلاینده باشند.
ث) قبل از ریختن بتن، باید آب اضافه از محل بتن‌ریزی خارج شود. مگر آنکه استفاده از قیف و لوله مخصوص بتن‌ریزی در آب (ترمی) مورد نظر باشد.
ج) قبل از ریختن بتن جدید بر روی بتن سخت شده قبلی باید لایه ضعیف احتمالی سطح بتن قبلی و هر نوع ماده زاید دیگر آن زدوده شود.

۹-۷-۲ اختلاط بتن

۹-۷-۲-۱ بتن باید به گونه‌ای در داخل مخلوط کن ریخته شده و مخلوط شود که تمامی مواد تشکیل دهنده آن به صورت همگن در مخلوط کن پخش شوند. قبل از پرکردن مجدد، باید مخلوط کن را به طور کامل تخلیه کرد. برای توزیع یکنواخت افزودنی‌های شیمیایی در حجم بتن باید ضمن استفاده از تجهیزات مناسب، دقت لازم به کار گرفته شده و دستورالعمل کارخانه سازنده نیز رعایت شود. مخلوط کردن مواد افزودنی با بخشی از آب اختلاط، پیش از افزودن به مخلوط کن الزامی است. بتن‌ساز باید کنترل شده و نتایج آن در محاسبه میزان آب اختلاط منظور شود.

۹-۷-۲-۲ بتن آماده باید مطابق استانداردهای (مشخصات بتن آماده) یا (مشخصات بتن تهیه شده از طریق پیمانان) و اختلاط پیوسته) مخلوط و تحویل شود.

۹-۷-۲-۳ بتن مخلوط شده در کارگاه باید مطابق ضوابط زیر تهیه شود.

۱) اختلاط بتن با مخلوط کن مورد تایید دستگاه نظارت انجام گیرد.

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

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

ث) چنانچه از پیمان‌های حجمی استفاده می‌شود، باید وزن مصالح سنگی خشک، قبلاً به دقت اندازه‌گیری شود و پیمان‌های حجمی بر این اساس ساخته شده باشد.

۹-۷-۲-۵ باز آمیختن بتن با آب پس از اتمام اختلاط، ضمن نقل و انتقال یا در محل بتن‌ریزی مجاز نمی‌باشد، مگر در موارد استثنایی و با کسب مجوز از دستگاه نظارت و رعایت حداکثر نسبت آب به سیمان مجاز در طرح.

۹-۷-۳ انتقال بتن

۹-۷-۳-۱ انتقال بتن از مخلوط‌کن تا محل نهایی بتن‌ریزی باید چنان صورت گیرد که از جدا شدن یا از بین رفتن مصالح جلوگیری شود.

۹-۷-۳-۲ وسایل انتقال بتن باید امکان رساندن بتن به پای کار را طوری تامین کنند که مواد تشکیل‌دهنده جدا نشوند و حالت خمیری بتن، بین بتن‌ریزی‌های متوالی از دست نرود.

۹-۷-۳-۱-۲ چرخ‌های دستی و دامپر

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

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

ب) بتن، سازه‌ای نباشد.

پ) فاصله حمل در چرخ‌های دستی حداکثر ۶۰ متر و در دامپر حداکثر ۱۲۰ متر باشد.

ت) وسایل مزبور دارای چرخ‌های لاستیکی و مسیر حمل کاملاً صاف و افقی باشد.

۹-۷-۳-۲-۲ ناوۀ شیب‌دار یا شوت شیب‌دار

ناوۀ شیب‌دار باید فلزی یا دارای روکش فلزی یا پلاستیکی بوده، کاملاً آب‌بند باشد و شیب آن ثابت و به گونه‌ای اختیار شود که هنگام حمل، عمل جدایی در اجزای بتن حادث نشود. در انتهای ناوه باید یک مانع قائم برای جلوگیری از جداشدگی اجزای بتن، و یا قیف قائم برای تخلیه بتن به داخل قالب پیش‌بینی شود.

۴) عمل اختلاط باید حداقل تا ۱/۵ دقیقه، پس از ریختن تمامی مواد تشکیل دهنده به داخل مخلوط کن ادامه یابد.

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

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

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

الف) نسبت‌های به کار رفته برای اختلاط مصالح

ب) نتایج آزمایش‌های بتن تازه

پ) دمای بتن و دمای محیط در هنگام بتن‌ریزی

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

ث) زمان و تاریخ اختلاط و بتن‌ریزی

۹-۷-۲-۴ ساخت و اختلاط بتن‌های سازه‌ای با دست به هیچ وجه مجاز نیست، بجز ساخت و

اختلاط بتن‌های غیرسازه‌ای با دست، مشروط بر رعایت نکات مجاز است:

الف) حداکثر حجم بتن برای هر بار ساخت با دست ۳۰۰ لیتر است.

ب) برای تهیه بتن، ابتدا بر روی یک سطح صاف، تمیز و غیر قابل نفوذ، شن به صورت یکنواخت

ریخته، سپس بر روی آن ماسه به طور یکنواخت پخش می‌شود. در هر حال، ضخامت مجموع

دو لایه فوق نباید از ۳۰۰ میلیمتر تجاوز نماید.

پ) سیمان خشک به صورت یکنواخت بر روی مصالح سنگی فوق پخش شده و سپس با وسایل

مناسب به طور کامل مخلوط می‌شود.

ت) پس از اختلاط کامل مصالح، آب به تدریج به مخلوط اضافه شده و به طور یکنواخت مخلوط

گردد تا بتن همگن به دست آید.

۷-۹-۳-۲-۳ تلمبه دستی بتن

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

الف) ۰/۳۳ برای سنگدانه‌های تیز گوشه

ب) ۰/۴۰ برای سنگدانه‌های کاملاً گرد گوشه

۷-۹-۳-۲-۴ باکت یا جام

دریچه تخلیه باکت باید در کف آن تعبیه شده باشد و بایستی دارای تعداد بازشو کافی باشد. ابعاد دهانه بازشو نباید از $\frac{1}{3}$ طول قائم باکت و ۵ برابر قطر بزرگترین سنگدانه کمتر باشد. زاویه شیب جدار باکت در محل تخلیه آن نباید از ۶۰ درجه کمتر باشد. تخلیه بتن به داخل باکت باید به طور قائم و در مرکز آن باشد. چنانچه بتن داخل باکت، مستقیماً و یا از طریق ناوه شیب‌دار به داخل قالب تخلیه می‌شود، باید در انتهای نقطه تخلیه و توسط محفظه هدایت که ارتفاع آن حداقل ۶۰۰ میلی‌متر می‌باشد، به محل نهایی ریخته شود.

۷-۹-۳-۲-۵ کامیون مخلوط کن

انتقال بتن با کامیون‌های مخلوط کن باید بر اساس استاندارد ملی ایران صورت گیرد.

۷-۹-۴ بتن‌ریزی

۷-۹-۴-۱ بتن باید تا حد امکان نزدیک به محل نهایی خود ریخته شود تا از جدایی دانه‌ها بر اثر جابجایی مجدد جلوگیری شود.

۷-۹-۴-۲ روند بتن‌ریزی باید طوری باشد که بتن در هنگام ریختن و جای دادن به حالت خمیری باقی بماند و بتواند به راحتی به فضاها بین میلگردها راه یابد.

۷-۹-۴-۳ در صورتی که اسلامپ بتن در موقع تحویل برای مصرف کمتر از میزان مقرر باشد، باید از مصرف آن خودداری شود. با این وجود افزودن اسلامپ بتن تا هنگامی که هنوز از مخلوط کن

تخلیه نشده، فقط با اجازه دستگاه نظارت و با افزودن دوغاب سیمان با یا بدون مواد افزودنی روان کننده میسر می‌باشد مشروط براینکه نسبت آب به سیمان از حداکثر مقدار مجاز طرح فراتر نرود.

۹-۷-۴-۴ بتنی که به حالت نیمه سخت در آمده و گیرش آن شروع شده و یا به مواد زیان آور بیرونی آلوده شده است، نباید در بتن‌ریزی قطعات سازه‌ای به کار رود.

۹-۷-۴-۵ بتن‌ریزی باید از آغاز تا پایان، به صورت عملیاتی سریع و پیوسته در محدوده مرزها یا درزهای از پیش تعیین شده قطعات ادامه یابد. درزهای اجرایی مورد نیاز باید با ضوابط مندرج در این مقررات مطابقت داشته باشد.

۹-۷-۴-۶ سطح بتن ریخته شده به صورت لایه‌های افقی، باید تراز باشد.

۹-۷-۴-۷ استفاده از مواد حباب‌زا و ساخت بتن با حباب هوا برای بتن‌هایی که در معرض یخ زدن و آب شدن‌های متوالی قرار می‌گیرند، الزامی است.

۹-۷-۴-۸ بتن‌ریزی شالوده

در صورت سست بودن محل شالوده، باید عملیات پی‌کنی تا تراز زمین سخت (با مقاومت مورد نظر) ادامه یافته و حفاری اضافی با مصالح مورد تایید دستگاه نظارت تا تراز زیر شالوده پر شده و تحکیم یابد. بستر شالوده باید با حداقل ۱۰۰ میلی‌متر بتن مگر آماده و رگلاژ شود. در صورتی که به علت شرایط زمین شالوده، با دستگاه نظارت، بستن قالب ضرورت نداشته باشد، پیمانکار باید با تعبیه پوشش‌های پلاستیکی و دیگر روش‌های مشابه، از جذب آب بتن تازه توسط زمین اطراف شالوده جلوگیری نماید.

۹-۷-۴-۹ بتن‌ریزی دال و سقف‌ها

بتن‌ریزی در دال‌ها باید در یک جهت و به‌طور متوالی انجام شود. محموله‌های بتن نباید در نقاط مختلف سطح و به‌صورت پراکنده ریخته و سپس پخش و تسطیح شوند. همچنین بتن نباید در یک

محل و در حجم زیاد تخلیه و سپس به‌طور افقی در طول قالب حرکت داده شود. با توجه به حجم بتن و روش‌های حمل و تخلیه، عملیات باید به صورتی انجام شود که تا حد امکان از به وجود آمدن درز سرد در دال‌ها پرهیز گردد.

در عملیات بزرگ، باید محل ختم بتن‌ریزی از قبل تعیین و در نقشه‌های اجرایی مشخص شود و عملیات تا محل درزهای اجرایی ادامه یابد. چنانچه بر اثر بروز اشکالات، توقف بتن‌ریزی حادث شود، باید محل قطع بتن‌ریزی برای ادامه عملیات بتن‌ریزی آماده شود.

۷-۹-۴-۱۰ بتن‌ریزی دیوارها، ستون‌ها و تیرهای اصلی

بتن‌ریزی دیوارها باید در لایه‌های افقی با ضخامت یکنواخت صورت گیرد و هرلایه، قبل از ریختن لایه بعدی به‌طور کامل متراکم شود. میزان و سرعت بتن‌ریزی باید چنان باشد که هنگام ریختن لایه جدید، لایه قبلی در حالت خمیری باشد. عدم رعایت این نکته باعث ایجاد درز و نهایتاً عدم یکپارچگی بتن خواهد شد. پیمانانه‌های اولیه بتن باید از دو انتهای عضو ریخته شوند و سپس بتن‌ریزی به سوی قسمت مرکزی ساختمان ادامه یابد. در تمام حالات باید از جمع شدن آب در انتها و گوشه‌ها جلوگیری شود. در بتن‌ریزی ستون‌ها و دیوارها تا حد امکان باید ارتفاع سقوط آزاد بتن را محدود نمود. این ارتفاع برای جلوگیری از جدا شدن اجزای بتن به ۱/۲ متر محدود می‌شود.

۷-۹-۵ تراکم بتن

۷-۹-۵-۱ بتن باید در طول عملیات بتن‌ریزی با استفاده از وسایل مناسب متراکم شود. به گونه‌ای که میلگردها و اقلام مدفون را به‌طور کامل در بر گیرد و قسمت‌های داخلی و به خصوص گوشه‌های قالب‌ها را به خوبی پر کند. در بتن‌های خودتراکم، نیازی به استفاده از وسایل متراکم‌کننده نیست.

۷-۹-۵-۲ ویبراتور باید در داخل بتن به‌طور منظم و در فواصل مشخص به نحوی فرو برده شود که دو قسمت لرزانیده شده با هم، همپوشانی داشته باشند. قسمتی از ویبراتور باید در لایه زیرین که هنوز حالت خمیری دارد، فرو رود.

۳-۵-۷-۹ ویبراتور باید تا حد امکان به صورت قائم وارد بتن گردد و به آرامی بیرون کشیده شود تا حباب هوا داخل بتن باقی نماند.

۴-۵-۷-۹ فاصله بین نقاط فرو بردن ویبراتور می‌باید حداکثر ۱/۵ برابر شعاع عملکرد موثر ویبراتور باشد.

۵-۵-۷-۹ در صورت استفاده از ویبراتورهای متصل به قالب برای تراکم بتن دیوارها و ستون‌ها، طول ۸۰۰ میلیمتری بالای این اعضا را می‌باید با ویبراتور شلنگی (درونی) نیز متراکم کرد.

۶-۵-۷-۹ در کارهای کوچک و محدود و مخلوط‌های خمیری و روان، می‌توان با اجازه دستگاه نظارت از میله فولادی (تخماق) یا وسایل مشابه برای تراکم بتن استفاده نمود. میله باید به اندازه کافی وارد بتن شود تا بتواند به راحتی به انتهای قالب یا انتهای لایه مربوط به همان مرحله بتن‌ریزی برسد. ضخامت میله باید چنان انتخاب شود که به راحتی از بین میلگردها عبور نماید.

۷-۵-۷-۹ تراکم بتن ستون‌ها می‌باید الزاماً توسط ویبراتورهای ماشینی صورت گیرد.

۸-۵-۷-۹ تراکم بتن می‌باید پیش از شروع گیرش سیمان صورت گیرد.

۶-۷-۹ پرداخت سطح بتن

۱-۶-۷-۹ دامنه کاربرد و هدف

هدف از عملیات پرداخت سطح بتن افزایش مقاومت سایش و کاهش نفوذپذیری یا فقط تراز کردن سطح بتن است. کاربرد عملیات پرداخت برای دال‌های طبقات، دال‌های کف روی زمین، و دال‌های پارکینگ ساختمان و انواع شالوده‌ها است. بنابراین مراحل پرداخت تابع نوع دال است که باید بر اساس بند ۵-۶-۷-۹ تصمیم‌گیری شود.

۷-۹-۶-۲ مراحل پرداخت سطح

پرداخت سطح بتن باید طبق مراحل زیر انجام شود:

۷-۹-۶-۱ مرحله شمشه یا تراز کردن: هدف از شمشه کاری، تراز شدن سطح بتن به ارتفاع

مورد نظر است. با حرکت دادن شمشه به سمت جلو پستی و بلندی سطح بتن تراز می‌شود.

۷-۹-۶-۲ مرحله ماله‌کشی با ماله دسته‌بلند یا کوتاه (تی‌کشی): هدف از ماله‌کشی با ماله

دسته‌بلند و یا کوتاه حذف لبه‌های باقی مانده از شمشه‌کاری و پر کردن منافذ سطح بتن است.

طول دسته ابزار بر مبنای سطح بتن انتخاب می‌شود. حرکت ابزار به سمت جلو و برگشت است.

ابزار ماله‌کشی با ماله دسته بلند یا کوتاه یا مرحله انجام این عمل، به تی‌کشی نیز موسوم است.

۷-۹-۶-۳ مرحله ماله‌کشی: هدف از ماله‌کشی فرو بردن سنگدانه‌ها به درون بتن، حذف

ناهمواری‌ها و تراکم سطح بتن است. ابزار ماله‌کشی به صورت دستی و مکانیکی وجود دارند. ابزار

ماله دستی برای سطوح کم و نوع مکانیکی برای سطوح زیاد است. حرکت ابزار دستی به صورت

اره‌ای و قوسی است.

۷-۹-۶-۴ پرداخت نهایی: هدف از پرداخت نهایی ایجاد سطح صاف و متراکم کردن سطح بتن

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

فولادی باشد.

۷-۹-۶-۳ جنس ابزار

جنس ابزار چوبی یا فولاد آلیاژی با آلیاژ منیزیمی است. جنس چوبی، سیمان و ماسه ریز و درشت

را حرکت می‌دهد، اما جنس فولادی، سیمان و ماسه ریز را حرکت می‌دهد. بنابراین برای بتن‌های

چسبنده مانند بتن حاوی فوق روان‌کننده و پوزولان، نباید از جنس چوبی استفاده شود، زیرا سبب

کنده شدن سطح بتن می‌شود. فقط جنس ابزار پرداخت نهایی فولاد بدون آلیاژ است.

۹-۷-۶-۴ زمان توقف عملیات پرداخت

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

۹-۷-۶-۵ تصمیم‌گیری در خصوص مراحل پرداخت

اگر پرداخت نهایی به دفعات تکرار شود، مقاومت سایش بتن افزایش می‌یابد و مقاومت سطح بتن در مقابل لیز خوردن کمتر می‌شود. بنابراین اجرای پرداخت نهایی و تعداد انجام آن طبق بند ۹-۷-۶-۲-۴ باید بر اساس مقاومت سایش مورد نیاز تصمیم‌گیری شود. اگر مقاومت‌های سایشی و در مقابل لیز خوردن هر دو نیاز باشد، می‌توان پس از تکرار پرداخت نهایی با ابزار جارو زنی در زمانی که هنوز بتن سخت نشده است، مقاومت در مقابل لیز خوردن را افزایش داد. بنابراین انتخاب مراحل پرداخت باید بر اساس نوع دال تصمیم‌گیری شود. برای دال پارکینگ‌ها باید مراحل پرداخت نهایی به دفعات انجام گردد و سپس از ابزار جارو زنی استفاده شود.

چنانچه فقط هدف از پرداخت، تراز کردن یا ماله کشی با ماله دسته بلند یا کوتاه باشد می‌توان عملیات را تا همین مرحله به اتمام رساند.

۷-۷-۹ عمل آوری

۱-۷-۷-۹ کلیات

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

۲-۷-۷-۹ روش‌های عمل آوری

۱-۲-۷-۷-۹ روش‌های عمل آوری به دو گروه به شرح زیر تقسیم می‌شوند:

الف- روش آبرسانی: این روش شامل ایجاد حوضچه بر سطح افقی بتن و پوشش‌های خیس مانند چتایی است.

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

۲-۲-۷-۷-۹ چنانچه از روش آبرسانی برای عمل آوری استفاده می‌شود، باید روند عمل آوری به طور مستمر انجام گردد و در مدت عمل آوری نباید سطح بتن خشک باقی بماند. به خصوص اگر از چتایی خیس استفاده می‌شود، باید به طور دائم مرطوب نگاه داشته شود. برای حفظ رطوبت چتایی به مدت طولانی می‌توان از ورق پلاستیک روی چتایی خیس را پوشش داد.

۳-۲-۷-۷-۹ استفاده از مواد شیمیایی غشایی عمل آوری فقط در مواردی مجاز است که بهره‌گیری از هیچ روش دیگر عمل آوری امکان‌پذیر نباشد و از بازده مواد بر اساس اسناد و مدارک تولیدکننده و یا انجام آزمایش‌ها، اطمینان حاصل شود.

۴-۲-۷-۷-۹ روش عمل آوری باید بر مبنای نوع بتن و نسبت آب به سیمان مخلوط بتن و شرایط محیطی، طبق جدول ۱-۷-۹ انتخاب گردد. شرایط محیطی هوای گرم و سرد در بندهای ۲-۸-۹ و ۴-۸-۹ تشریح شده‌اند. علت مجاز نبودن روش عایقی برای بتن‌ها با نسبت آب به سیمان کمتر از ۰/۴۳، خشک‌شدگی و جمع‌شدگی خود به خودی بتن است.

جدول ۹-۷-۱ روش‌های مجاز عمل‌آوری

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

۹-۷-۷-۲-۵ در شرایط محیطی هوای گرم به خصوص در رطوبت نسبی کمتر از ۷۰ درصد و سرعت وزش باد بیش از ۵ km/h، حفاظت بتن از تبخیر آب باید بلافاصله پس از اتمام عملیات پرداخت و با استفاده از پوشش پلاستیک انجام شود. پس از سخت شدن بتن، روش مجاز عمل‌آوری طبق جدول ۹-۷-۱ باید اعمال گردد.

۹-۷-۷-۳ مدت عمل‌آوری

۹-۷-۷-۳-۱ حداقل مدت عمل‌آوری باید طبق جدول ۹-۷-۲ باشد.

جدول ۲-۷-۹ حداقل مدت عمل آوری

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

۲-۳-۷-۷-۹ برای سطوح قائم که در معرض قالب قرار دارند، اگر زمان قالب برداری زودتر از

حداقل مدت طبق بند ۱-۳-۷-۷-۹ باشد، باید بقیه مدت باقی مانده عمل آوری شوند.

۳-۳-۷-۷-۹ چنانچه بررسی آزمایشگاهی نشان دهد که برای بتن و شرایط محیطی مورد نظر،

مدت بیشتر از بند ۱-۳-۷-۷-۹ برای عمل آوری نیاز است، باید آن مدت اعمال شود.

۴-۳-۷-۷-۹ برای بتن‌های ویژه و چنانچه دوام بتن‌ها مورد نظر باشد، باید مدت عمل آوری طبق

یکی از گزینه‌ها به شرح زیر انتخاب گردد:

الف- مستندات تاریخی موجود باشد.

ب- ارزیابی آزمایشگاهی انجام گردد.

ج- مدت‌های مندرج در بند ۱-۳-۷-۷-۹ تا ۲ برابر افزایش یابد.