



سازمان نوسازی، توسعه و تجهیز مدارس کشور

معاونت فنی و نظارت

دفتر نظارت و هماهنگی اجرای طرحها

شیوه نامه

«ارزیابی کیفیت، مقاومت و پدیرش بتن»

بهار ۱۴۰۵

هیات تدوین کنندگان شیوه نامه :

۱- مهندس پورگلین

((مدیرکل دفتر نظارت و هماهنگی اجرای طرحهای سازمان))

۲- مهندس امیرحسین شهیدی فرد

((کارشناس ارشد مکانیک خاک دفتر نظارت و هماهنگی اجرای طرحهای سازمان))

۳- مهندس شهریار قرایی

((کارشناس ارشد ساختمان دفتر نظارت و هماهنگی اجرای طرحهای سازمان))

فهرست مطالب

موضوع	شماره صفحه
پیشگفتار.....	الف
فصل اول - مصالح بتن	
۱-۱- کلیات	۱
۱-۲- سیمان	۱
۱-۳- سنگدانه ها	۳
۱-۴- آب	۵
۱-۵- مواد افزودنی	۵
۱-۶- الیاف مصرفی بتن	۷
۱-۷- آرماتورهای مصرفی در بتن مسلح	۷
فصل دوم- کیفیت تولید و اجرای بتن	
۱-۲- کلیات	۱۱
۲-۲- مخلوط بتن	۱۱
۳-۲- دوام و پایداری بتن	۱۳
۴-۲- نظارت و بازرسی	۱۴
۵-۲- نیروی انسانی و تجهیزات	۱۶
۶-۲- آماده سازی محل بتن ریزی	۱۷
۷-۲- ساخت و تولید بتن	۱۷
۸-۲- انتقال بتن	۱۹
۹-۲- بتن ریزی	۲۱
۱۰-۲- تراکم بتن	۲۶
۱۱-۲- پرداخت سطح بتن	۲۷
۱۲-۲- عمل آوری بتن	۲۸
۱-۱۲-۲- عمل آوری اولیه یا محافظت	۲۹
۲-۱۲-۲- عمل آوری نهایی	۳۰
۳-۱۲-۲- مدت عمل آوری	۳۱
۴-۱۲-۲- پروراندن بتن	۳۲
۵-۱۲-۲- کنترل کفایت عمل آوری	۳۲
۶-۱۲-۲- نمونه های آگاهی	۳۳
۷-۱۲-۲- بتن ریزی در هوای سرد	۳۳
۸-۱۲-۲- بتن ریزی در هوای گرم	۳۵
۱۳-۲- قالب بندی	۳۷
۱۴-۲- درزهای سازه بتنی	۴۰
۱-۱۴-۲- درز ساخت یا درز اجرایی	۴۰
۲-۱۴-۲- درز انقباض یا درز جمع شدگی	۴۲

۳-۱۴-۲- درز جداکننده یا درز انبساط	۴۲
۴-۱۴-۲- درز انقطاع	۴۳
۱۵-۲- بتن های ویژه	۴۳
۱-۱۵-۲- بتن پرمقاومت	۴۳
۲-۱۵-۲- بتن الیافی	۴۴
۳-۱۵-۲- بتن خودتراکم	۴۴
۴-۱۵-۲- بتن سبکدانه سازه ای	۴۵
۵-۱۵-۲- بتن های پاششی (شاتکریت)	۴۶
۱۶-۲- بتن ترمیمی	۵۱
۱-۱۶-۲- لزوم ترمیم بتن	۵۱
۲-۱۶-۲- چگونگی بازسازی و ترمیم بتن	۵۱
۳-۱۶-۲- اجرای ترمیم بتن	۵۳
۴-۱۶-۲- مشخصات و ویژگی های بتن ترمیمی	۵۳
۵-۱۶-۲- ترمیم های اعمال شده با ماله	۵۶

فصل سوم- ارزیابی مقاومت و پذیرش بتن

۱-۳- علائم اختصاری	۵۷
۲-۳- کلیات	۵۸
۳-۳- ضوابط پذیرش بتن	۵۸
۱-۳-۳- آزمون و نمونه برداری بتن	۵۸
۲-۳-۳- محل و تواتر و نمونه برداری بتن	۶۰
۳-۳-۳- پذیرش بتن تازه	۶۲
۴-۳-۳- بررسی بتن در سنین کمتر از ۲۸ روزه	۶۴
۴-۳- بررسی بتن های کم مقاومت	۶۵
۱-۴-۳- روشهای تحلیلی	۶۵
۲-۴-۳- روش مغزه گیری	۶۹
۳-۴-۳- آزمایش بارگذاری ساده	۷۲
۴-۴-۳- مقاوم سازی	۷۴
۵-۴-۳- تخریب بتن کم مقاومت و غیرقابل قبول	۷۵
۵-۳- موارد مربوط به عدم کیفیت اجرا، تجهیزات و مصالح بتن ریزی	۷۶
۶-۳- وظایف دستگاه نظارت، آزمایشگاه و پیمانکار	۷۷
منابع و مراجع	۸۱
پیوست ۱ (فرم گزارش نتایج آزمایش مقاومت فشاری بتن)	۸۲
پیوست ۲ (فرم درخواست نمونه گیری از بتن)	۸۳
پیوست ۳ (فرم مجوز بتن ریزی فونداسیون)	۸۴
پیوست ۴ (فرم مجوز بتن ریزی سقف)	۸۵
پیوست ۵ (فرم اعمال جراثیم بتن)	۸۶
پیوست ۶ (فرم اعمال جراثیم میلگرد)	۸۷

پیشگفتار

همه ساله در کشور بخش عمده ای از فعالیت اقتصادی و سرمایه های ملی به ساختمان تخصیص می یابد و ساختمان های ساخته شده از محل درآمدهای ملی و با سرمایه شهروندان جزء سرمایه های کلان و پایدار کشور به حساب می آیند. منافع ملی ناشی از حفظ و افزایش بهره وری ساختمان ها و نیز حفظ جان و مال بهره برداران، وجود اصول و قواعدی برای برقراری نظم در این بخش را اجتناب ناپذیر می کند. توسعه مداوم طرحهای عمرانی و حجم بزرگ سرمایه های دولتی و خصوصی که هر ساله در کشور صرف انجام عملیات ساختمانی می شود اهمیت بروز رسانی شیوه نامه ها و دستورالعمل های موجود را آشکار می سازد.

وجود استانداردها و آیین نامه های ملی در هر کشور نشانه رشد و توسعه آن کشور است. در حال حاضر مدارک فنی متعددی نظیر مقررات ملی ساختمان، آیین نامه ها، استانداردها و مشخصات فنی در کشور منتشر می شود. هدف از تهیه هر آیین نامه ارائه مجموعه ای از ضوابط و مقررات است که با کمک آنها بتوان به تحلیل مسائل مربوط پرداخت. برای تهیه و تدوین شیوه نامه حاضر از آیین نامه های استاندارد رایج در کشور نظیر مقررات ملی ساختمان (بعنوان فراگیرترین ضوابط موجود در عرصه ساختمان) و همچنین آیین نامه بتن ایران (آبا) استفاده شده است. اگرچه رعایت حداقل ها الزاماً کیفیت بهینه را در پی ندارد، بی تردید مسیر ارتقای کیفیت ساختمان از تامین همین حداقل ها می گذرد. هدف از تدوین ویرایش جدید شیوه نامه، بروز رسانی شیوه نامه قبلی براساس آخرین ویرایش آیین نامه ها و مقررات ملی ساختمان و اعمال نظر ادارات کل نوسازی مدارس استان ها مبنی بر تغییرات در برخی جزئیات از جمله ضریب جریمه بتن کم مقاومت می باشد. در شیوه نامه «ارزیابی کیفیت، مقاومت و پذیرش بتن» نیز حداقل ضوابط و مقرراتی ارائه شده است که با رعایت آنها میزان مناسبی از ایمنی، قابلیت بهره برداری و پایداری سازه ها تامین می شود. همچنین ارتقاء کیفی مصالح مصرفی در بتن، تجهیزات و اجرای بتن ریزی ها، پیشگیری از بتن ریزی های با کیفیت پایین و کم مقاومت (غیرقابل قبول) و نهایتاً ارتقاء کیفیت ساخت و سازه ها مدنظر بوده است. توضیح اینکه در بررسی بتن های کم مقاومت، با توجه به عدم دستیابی به منابع آیین نامه ای و استاندارد در این خصوص، نحوه برخورد با بتن های غیرقابل قبول و اعمال ضرایب جریمه بر اساس سیاستهای درون سازمانی و مطابق الگوی ارائه شده خواهد بود.

شیوه نامه مذکور مشتمل بر دو بخش بوده که بخش اول آن، کلیات و نحوه چگونگی ساخت و اجرای بتن می باشد و در بخش دوم آن، موضوع کنترل کیفی و چگونگی پذیرش بتن مطرح گردیده است.

بخش اول :

- فصل اول شامل کلیاتی در مورد بتن و مصالح مصرفی در بتن می باشد.
- فصل دوم شامل چگونگی ساخت و اختلاط بتن، انتقال بتن، بتن ریزی و عمل آوری بتن می باشد.

بخش دوم :

- فصل سوم شامل کنترل کیفی بتن، ضوابط نمونه برداری و پذیرش بتن، بررسی بتن های کم مقاومت، نحوه برخورد با بتن های غیرقابل قبول و بطور کلی ارزیابی کیفیت بتن می باشد.

فصل اول - مصالح بتن

۱-۱- کلیات

مصالح مصرفی اصلی بتن عبارتند از سیمان، مصالح سنگی (شن و ماسه) و آب. علاوه بر این مصالح، مواد اصلاح کننده خواص بتن، یعنی مواد افزودنی نیز می توانند در بتن استفاده شوند. مصالح مصرفی در ساخت بتن باید طوری انتخاب و به کار گرفته شود که ضوابط طراحی، عملکرد سازه ای، پایداری و عمر بهره دهی مناسبی داشته و همچنین شکل ظاهری قطعات با توجه کافی به شرایط محیطی و اقتصادی تامین شوند. بطور کلی مصالح مصرفی در بتن باید مطابق ویژگی های تعیین شده در استانداردهای مربوطه موجود در آیین نامه بتن ایران و ضوابط و مشخصات مندرج در بحث نهم مقررات ملی ساختمان باشند.

انتخاب مصالح مناسب به لحاظ اطمینان از عملکرد کوتاه مدت و درازمدت آن اهمیت بسیار دارد. برای این مهم بایستی در بعضی موارد به منظور اطمینان از یکنواختی خواص مصالح، آزمایش های کنترل کیفیت را برای هریک از مصالح انجام داد.

۱-۲- سیمان

سیمان های مصرفی در بتن باید با توجه به مقاومت مورد نظر، شرایط محیطی و ابعاد سازه انتخاب شوند. با توجه به تاثیر مشخصات فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی سیمان بر خواص بتن تازه و سخت شده، به ویژه عملکرد درازمدت بتن در شرایط محیطی مهاجم، لازم است علاوه بر کنترل مشخصات سیمان با الزامات استانداردهای مربوط، در انتخاب نوع سیمان مناسب با توجه به شرایط محیطی و کاربری سازه اقدام شود. الزامات سیمان های پرتلند باید مطابق با استاندارد ملی ۳۸۹ باشد. در این استاندارد، جزئیات گروه بندی به سیمان های پرتلند و آمیخته تقسیم می شوند. سیمان های پرتلند به ۶ نوع تقسیم می شود که عبارتند از :

- ۱- سیمان پرتلند نوع ۱ : سیمان پرتلند معمولی در مواردی کاربرد دارد که مشخصات ویژه ای مورد نیاز نباشد.
- ۲- سیمان پرتلند نوع ۲ : برای کاربردهای عمومی به خصوص در مواردی که مقاومت شیمیایی متوسط در برابر سولفات ها مورد نیاز است.
- ۳- سیمان پرتلند نوع ۲ دریایی: برای کاربردهای عمومی و دریایی، به خصوص در مواردی که مقاومت شیمیایی توام در برابر یون های کلرید و سولفات مورد نیاز است.
- ۴- سیمان پرتلند نوع ۳ : سیمان زود سخت شونده برای استفاده در مواردی که مقاومت فشاری اولیه زیادی مورد نیاز است.
- ۵- سیمان پرتلند نوع ۴ : سیمان با حرارت زایی کم برای استفاده در مواردی که گرمای هیدراته شدن کمی مورد نیاز است.

۶- سیمان پرتلند نوع ۵ : سیمان مقاوم در برابر سولفات برای استفاده در مواردی که مقاومت شیمیایی زیادی در برابر سولفات ها مورد نیاز است.

انواع سیمان های آمیخته عبارتند از :

۱- سیمان نوع IS (سیمان پرتلند حاوی حداکثر ۷۰ درصد سرباره کوره آهنگدازی)

۲- سیمان نوع IP (سیمان پرتلند حاوی حداکثر ۴۰ درصد انواع پوزولان های طبیعی و مصنوعی)

۳- سیمان نوع IL (سیمان پرتلند حاوی حداکثر ۱۵ درصد سنگ آهک)

۴- سیمان نوع IT (سیمان آمیخته حاوی حداکثر ۹۵ درصد مواد جایگزین سرباره ای)

در مواردی که با توجه به ملاحظات دوام و یا کنترل گرمای هیدراته شدن و آهنگ رشد مقاومت، نیاز به استفاده از سیمانهای آمیخته و یا مواد جایگزین سیمان باشد، باید بر اساس نتایج آزمایشگاهی و یا بررسی عملکرد کوتاه مدت و درازمدت، تاثیر استفاده از سیمان آمیخته یا مواد جایگزین سیمان در بهبود رفتار و عملکرد بتن به تایید دستگاه نظارت برسد. در مواردی که از دویا چند نوع سیمان در بتن استفاده می شود، باید مطالعات آزمایشگاهی و بررسی عملکرد کوتاه مدت و درازمدت، استفاده همزمان آنها به تایید دستگاه نظارت برسد.

مشخصات شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی انواع سیمان مصرفی در بتن، بایستی با ضوابط و مشخصات مندرج در آیین نامه بتن ایران و مبحث نهم مقررات ملی ساختمان مطابقت داشته باشد. ضوابط پذیرش سیمان های پرتلند بایستی مطابق بند ۳-۳-۱ آیین نامه بتن ایران (آبا) و همچنین بند ۹-۲۲-۴-۱ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان رعایت گردد.

همچنین رعایت ضوابط بسته بندی، حمل و نقل، انبار کردن و مصرف سیمان های کیسه ای و فله ای مطابق بند ۳-۴-۳ آیین نامه بتن ایران (آبا) الزامی است. سیمان را می توان به صورت فله یا پاکتی تهیه و مطابق استاندارد ملی ۲۷۶۱ نگهداری کرد. سیلوها یا مخازن نگهداری سیمان باید به نحو مناسبی نشانه گذاری شوند. سیلوها باید به گونه ای طراحی شوند که فضای مرده در قسمت خروجی نداشته و سیمان به راحتی بتواند از آن خارج شود. در مواردی که قصد نگهداری درازمدت سیمان فله ای وجود دارد، باید آن را از تماس با جریان هوا و رطوبت دور نگه داشت. سیمان های پاکتی باید روی سکوهایی چوبی یا مشابه آن ها که با زمین فاصله حداقل ۱۰۰ میلی متر دارد چیده شوند. این فاصله باید از دیوارهای مجاور نیز حفظ شود. این تدابیر به همراه یک پوشش رطوبتی مقاوم روی پاکت ها، هم آن ها را از رطوبت دور نگه می دارد و هم گردش هوا در اطراف آن ها را امکانپذیر می سازد.

زمان نگهداری سیمان های پاکتی، باید در شرایط مرطوب به ۶ هفته و در شرایط خشک به ۱۲ هفته از زمان تولید محدود شود. حداکثر تعداد پاکت هایی که می توان روی هم قرار داد برای مدت نگهداری ۱۲ هفته در مناطق خشک، ۱۲ ردیف و برای مدت نگهداری ۶ هفته در مناطق مرطوب، ۸ ردیف می باشد. طبق استاندارد ملی ایران لازم است تاریخ تولید سیمان روی پاکت ها درج شود. دمای سیمان قبل از مصرف در بتن معمولی نباید بیشتر از ۷۵ درجه سلسیوس باشد.

۱-۳- سنگدانه ها

سنگدانه های مورد استفاده در بتن باید به گونه ای باشند که بتوان با آن ها بتنی با مقاومت، دوام کافی در شرایط محیطی مهاجم، کارائی و روانی مناسب ساخت. انتخاب سنگدانه ها باید با منظور کردن ضوابط استاندارد ملی ۳۰۲؛ دانه بندی، درصد دانه های پولکی و کشیده، مواد زیان آور، سلامت و دوام و مقاومت سایشی صورت گیرد. بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه های درشت نباید از هیچیک از مقادیر زیر بیشتر باشد:

- ۱- یک پنجم فاصله جدار قالب ها از هم
 - ۲- یک سوم ضخامت دال یا قطعاتی که صرفاً از یک طرف دارای قالب هستند.
 - ۳- سه چهارم حداقل فاصله آزاد بین میلگردهای افقی یا قائم
 - ۴- سه چهارم ضخامت پوشش بتنی روی میلگردهای افقی یا قائم
 - ۵- سایر مواردی که در مورد بتن های خاص مشخص شده است.
- عملکرد سنگدانه ها در بتن باید از نظر دوام در برابر آتش و واکنش های شیمیایی مخرب مورد بررسی قرار گیرند. رعایت دانه بندی سنگدانه ها طبق ضوابط دانه بندی سنگدانه های مصرفی در بتن، مندرج در مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و آیین نامه بتن ایران الزامی است. ضوابط پذیرش سنگدانه های مصرفی در بتن بایستی مطابق بند ۳-۳-۴ آیین نامه بتن ایران (آبا) مبحث نهم مقررات ملی ساختمان رعایت گردد. همچنین رعایت ضوابط حمل و نقل و نگهداری سنگدانه های مصرفی در بتن طبق بند ۳-۴-۳ آیین نامه بتن ایران (آبا) الزامی است. در استاندارد ملی ایران به شماره ۲۰۸۵۸ روش های حمل و نگهداری سنگدانه ها آورده شده است. نگهداری سنگدانه ها در هوای گرم باید به گونه ای باشد که دمای سنگدانه ها قبل از مصرف در بتن از ۵۰ درجه سلسیوس تجاوز ننماید. به منظور کاهش احتمال جداسدگی و همچنین کنترل بهتر کیفیت بتن در سنگدانه های ۲۰ میلی متر و کوچکتر از آن، نسبت حداکثر اندازه اسمی به حداقل اندازه اسمی سنگدانه های درشت نباید از ۴ بیشتر و در سنگدانه های بزرگتر از ۲۰ میلی متر از ۲ بیشتر شود. سنگدانه ها باید در برابر رطوبت و آلودگی های محیطی محافظت شوند. مشخصات سنگدانه های درشت می تواند بر مقاومت در برابر آتش بسیار موثر باشد. توصیه می شود از سنگدانه های گرانیته، کوارتزی و کوارتزی در این موارد استفاده نشود.

به منظور جلوگیری از جداسدگی سنگدانه ها و به خصوص سنگدانه های درشت در هنگام انبار کردن، نباید سنگدانه ها را در انباشته های مخروطی به ارتفاع و شیب زیاد نگهداری کرد. سنگدانه ها باید در سطوحی وسیع و به صورت لایه به لایه پخش و نگهداری شوند.

توصیه می شود سنگدانه های درشت در دو بخش سنگدانه ۵ تا ۱۲/۵ میلی متر (شن نخودی) و ۱۲/۵ تا ۲۵ میلی متر (شن بادامی) به صورت جداگانه نگهداری شوند.

توصیه می گردد در مواردی که بتن در معرض چرخه های متوالی یخ زدن و آب شدن قرار دارد، از سنگدانه هایی با مقاومت کم و تخلخل زیاد استفاده نشود.

لازم به ذکر است اگرچه برای استفاده از سنگدانه های ریز شکسته یا تیز گوشه در بتن منعی وجود ندارد، ولی باید توجه شود که استفاده از این سنگدانه ها می تواند نیاز به آب یا موارد روان کننده را برای دستیابی به روانی مورد نظر افزایش دهند.

- سبکدانه ها بر اساس کارایی آنها به دو گروه سازه ای و غیر سازه ای تقسیم می شوند. گروه اول در ساخت سازه های بتنی و گروه دوم در ساخت بتن، ملات ها، گروت ها و بلوک های بنایی به کار برده می شوند. سبکدانه ها شکننده تر از سنگدانه های طبیعی اند. به این علت در حمل، نگهداری و مصرف آن ها باید دقت بیشتر به کار برد تا از خردشدگی آن ها جلوگیری بعمل آید.

در کاربرد سنگدانه های سبک برای استفاده در بتن های سازه ای بایستی استاندارد ملی ۴۹۸۵، برای بتن های غیرسازه ای، ملات ها و گروت ها، استاندارد ملی ۱-۱۴۸۷۵ و برای بلوک های بنایی بتنی، استاندارد ملی ۷۶۵۷ برآورده شود.

- استفاده از سنگدانه های درهم (سنگدانه های ریز و درشت که از بستر رودخانه یا زمین برداشت می شود)، در ساخت بتن آرمه مجاز نیست. سنگدانه های درهم را می توان در ساخت بتن های غیر مسلح و کم اهمیت استفاده نمود.

- استفاده از سنگدانه های بازیافتی که حاصل خردکردن قطعات بتن می باشند، بعنوان سنگدانه درشت یا بخشی از آن در ساخت بتن آرمه مجاز نمی باشد. سنگدانه های بازیافتی بعنوان جایگزین سنگدانه های درشت در بتن غیر مسلح قابل استفاده هستند.

- سنگدانه های بازفرآوری شده که حاصل شستشوی بتن تازه از کامیون مخلوط کن هستند، در صورتی قابل مصرف در بتن سازه ای اند، که فقط همان تولیدکننده در محصولات خود از آنها بازفرآوری کرده و استفاده کند. درموردی که این نوع سنگدانه به صورت ریز و درشت دانه جدا نشده اند، جایگزینی حداکثر ۵ درصد وزنی کل سنگدانه های بتن مجاز می باشد. درموردی که ریز و درشت دانه ها جدا شده اند، این محدودیت به حداکثر ۱۵ درصد افزایش داده می شود.

نگهداری سنگدانه های درهم، بازیافتی و بازفرآوری شده همانند سنگدانه های معمولی است. محل نگهداری و انبار این سنگدانه ها باید جدا از سنگدانه های معمولی بوده و به هیچ وجه با هم در محل انبار مخلوط نشوند. به طور کلی بایستی در پذیرش سنگدانه ها ضوابط مربوطه مطابق بند ۳-۳-۴ آیین نامه بتن ایران (آبا) و همچنین بند ۹-۲۲-۴-۲ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان رعایت گردد.

۴-۱- آب

آب به سه صورت در بتن به کار می رود، آب مصرفی برای شستشوی سنگدانه ها، آب بعنوان یکی از اجزای تشکیل دهنده بتن که در هنگام ساخت آن به کار می رود و آب مصرفی برای عمل آوری بتن.

آب مصرفی برای شستشوی سنگدانه ها، ساخت و عمل آوری بتن باید تمیز و صاف باشد، بطور کلی آب آشامیدنی برای مصرف در ساخت و عمل آوری بتن رضایت بخش تلقی می شود. آب مصرفی در بتن در کارگاه ها باید به گونه ای حمل و نقل و نگهداری شود که احتمال ورود مواد مضر به داخل آن و نیز رشد خزه ها و مواد آلی در آنها وجود نداشته باشد. آبی را که قابل آشامیدن است مزه یا بوی خاصی ندارد و تمیز و صاف است، می توان بدون انجام آزمایش در بتن به کار برد. آب مصرفی در بتن و عمل آوری آن باید عاری از هرگونه مواد یا محلول هایی باشد که عملکرد مطلوب بتن را در کوتاه مدت و درازمدت، دچار اختلال نمایند. ضوابط مربوط به محدودیت های آب مصرفی و آزمایش های مربوط به آنها در استاندارد ملی شماره ۱۴۷۴۸ ارائه گردیده است.

برای نگهداری آب مصرفی بتن بایستی از مخزن مناسب استفاده کرد که به صورت مدفون در زمین یا دارای عایق حرارتی باشد.

الزامات ارائه شده برای آب، شامل آب به کار رفته در ساخت بتن، یخ مورد استفاده برای سرد کردن بتن یا اجزای آن، آب آزاد موجود در سنگدانه ها، آب مورد مصرف در کامیون حمل بتن و آب به کاررفته در ساخت موارد افزودنی شیمیایی یا دوغاب سازی موارد افزودنی معدنی می باشند. میزان PH آب در همه موارد باید بین ۵ تا ۸/۵ باشد. رعایت ضوابط پذیرش آب مصرفی در بتن مطابق بند ۳-۳-۷ و ۳-۴-۶ آیین نامه بتن ایران (آبا) و همچنین طبق بند ۹-۲۲-۴-۳ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان الزامی است.

۵-۱- مواد افزودنی

مواد افزودنی بتن، موادی هستند که غیر از مواد اصلی (سیمان، آب و مصالح سنگی) در حین اختلاط به بتن افزوده می شوند. مواد افزودنی معمولاً بصورت گرد یا مایع هستند و هدف از کاربرد آنها اصلاح برخی از ویژگی های بتن می باشد. استفاده از مواد افزودنی در بتن تنها با تصویب قبلی دستگاه نظارت و آزمایشگاه مجاز می باشد. عملکرد یا موثر بودن مواد افزودنی باید قبل از مصرف و به کمک نمونه های مخلوط بتن آزمایشی مورد تایید قرار گیرد. همچنین ماده افزودنی باید با سیمان مصرفی سازگار باشد.

مواد افزودنی که برای تعدیل مشخصات بتن در موارد خاص به کار برده می شوند، باید عملکرد مطلوبشان با انجام آزمون های خاص تایید شود. مشخصات افزودنی ها در استاندارد ملی به شماره ۱-۱۹۳۰ . ۲-۲۹۳۰ آورده شده و باید رعایت گردند.

مشخصات و کاربری مهم ترین افزودنی های شیمیایی مختصراً به شرح زیر هستند :

- _ افزودنی روان کننده
- _ افزودنی فوق روان کننده
- _ افزودنی حباب ساز
- _ افزودنی زودگیر کننده
- _ افزودنی دیرگیر کننده
- _ افزودنی اصلاح کننده لزجت
- _ افزودنی بازدارنده خوردگی

عملکرد و تاثیر افزودنی های شیمیایی بر خواص بتن تازه و سخت شده باید قبل از مصرف و با توجه به نتایج آزمایشگاهی به تایید دستگاه نظارت برسد. همچنین با توجه به تغییر شرایط محیطی در کارگاه، بویژه تغییر دمای محیط، لازم است عملکرد این مواد مورد توجه قرار گیرد.

حداکثر میزان مصرف مواد افزودنی، ۵ درصد وزنی سیمن است. در هر حال مواد افزودنی نباید بیشتر از مقداری که تولیدکننده مشخص کرده است، مصرف شوند و بایستی طبق دستور مصرف و طرح اختلاط مشخص شده توسط کارخانه تولید کننده و تحت نظارت آزمایشگاه و دستگاه نظارت، استفاده شوند.

مواد افزودنی را می باید با کمی از آب اختلاط بتن مخلوط کرده و همراه با سایر اجزای بتن به داخل مخلوط کن ریخت و یا اینکه آن را بصورت تدریجی به مخلوط کن در حال کار وارد کرد.

سازگاری مواد افزودنی شیمیایی یا سایر مصالح مصرفی در بتن، بویژه سیمن باید به تایید دستگاه نظارت برسد. افزودنی های شیمیایی معمولاً به صورت مایع اند و به این علت باید در مقابل یخ زدگی و کاهش شدید دما محافظت شوند. ظروف نگهداری مواد افزودنی باید دارای برچسب مشخصات باشند، بگونه ای که محتویات آن به وضوح مشخص باشد.

مواد افزودنی پودری حساسیت بیشتری به رطوبت دارند و باید در کیسه ها یا ظروف ضد رطوبت بسته بندی و نگهداری شوند.

مدت زمان نگهداری ماده افزودنی باید با توجه به دستورالعمل های تولید کننده تعیین شود.

مواد افزودنی حساس به نور خورشید باید به دور از تابش مستقیم نور خورشید انبار شوند. دمای زیاد نیز می تواند به تسریع در فساد مواد افزودنی به ویژه مواد مایع منجر شود. احتیاط در این مورد ضروری است.

مواد افزودنی در بتن را هنگامی می توان قابل قبول تلقی کرد که ضوابط الزامی مربوطه را برآورده سازند. در این خصوص رعایت ضوابط پذیرش مواد افزودنی مصرفی در بتن طبق بند ۳-۳-۸ و ۳-۴-۷ آیین نامه بتن ایران (آبا) و همچنین بند ۹-۲۲-۴-۴ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان الزامی است.

۱-۶- الیاف مصرفی بتن

الیاف مورد استفاده در بتن عمدتاً بمنظور بهبود رفتار کششی و کاهش ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی و بارگذاری و عوامل محیطی بکار برده می شود. این الیاف از انواع فولادی، شیشه ای، پلیمری، کربنی و سرباره ای تولید می شوند. از این بین، الیاف فولادی بیشترین کاربرد را در بتن دارند.

الیاف فولادی در بتن برای تامین مقاومت کششی آن، در جهت مقابله با ترک خوردگی های ناشی از بارها و عوامل محیطی به کار برده می شوند. این الیاف باید آجدار باشند و ضوابط استاندارد ملی شماره ۱۷۶۹۷ را برآورده نمایند. نسبت طول به قطر الیاف فولادی باید بین ۵۰ تا ۱۰۰ باشد. لازم به ذکر است که الیاف فولادی در دواگروه الیاف صاف و شکل دار طبقه بندی می شوند و اکثراً دارای مقطع دایره ای به قطر ۰/۴ تا ۱/۳ میلی متر و طول ۲۵ تا ۶۳ میلی متر هستند. مقاومت کششی الیاف فولادی معمولاً ۲ الی ۳ برابر شبکه فولادی بوده و به دلیل سطح جانبی بیشتر نسبت به شبکه (بافرض ثابت ماندن وزن فولاد) چسبندگی بهتری با خمیرسیمان ایجاد می کنند.

الیاف فولادی قابل استفاده در بتن آرمه باید آجدار بوده و نسبت طول به قطر آنها بین ۵۰ تا ۱۰۰ باشد.

بسته های حاوی الیاف باید دور از رطوبت نگهداری شوند.

الیاف پلیمری باید دور از تابش مستقیم آفتاب نگهداری شوند.

الیاف فولادی در اثر رطوبت دچار زنگزدگی می شوند. سایر الیاف نیز ممکن است در اثر رطوبت گلوله شده و به خوبی با سایر اجزای بتن مخلوط نگردند.

مواد پلیمری به پرتوهای فرابنفش حساس هستند و ممکن است دچار تغییراتی در خواص فیزیکی و شیمیایی شوند.

در این خصوص رعایت ضوابط پذیرش الیاف فولادی طبق بند ۹-۲۲-۴-۵ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و همچنین بند ۳-۳-۱۰ و ۳-۴-۱۱ آیین نامه بتن ایران (آبا) الزامی است.

۱-۷- آرماتورهای مصرفی در بتن مسلح

آرماتورهای فولادی، طبق استانداردهای ملی ۳۱۳۲ و ۱۱۵۵۸، با عناوین «میلگردها» و «سیم ها» نام گذاری می شوند. میلگردها به آرماتورهای «گرم نوردیده» و سیمها به آرماتورهای «سرد نوردیده یا سرد اصلاح شده» اطلاق می شود.

این آرماتورها در انواع ساده و آجدار تولید می شوند.

مشخصات مکانیکی آرماتورها شامل موارد زیر است :

الف- رده بندی آرماتورها؛

ب- طبقه بندی آرماتورها از نظر روش ساخت و شکل پذیری؛

پ- مشخصات مکانیکی آرماتورها، شامل: مقاومت تسلیم، مقاومت کششی، کرنش گسیختگی، مدول الاستیسیته، ضریب انبساط حرارتی و محدودیت های کاربردی؛

ت- دوام آرماتورها در شرایط محیطی معمولی و خورنده

مشخصات شیمیایی فولاد در میلگردها باید مطابق ضوابط استاندارد ملی ۳۱۳۲ و در سیمها مطابق استاندارد ملی ۱۱۵۵۸ باشد.

الزامات قطر اسمی، db ، انواع میلگردهای ساده و آجدار شامل: قطر زمینه میلگردهای آجدار، بدون در نظر گرفتن آج آنها، di ، و قطر خارجی میلگردهای آجدار با احتساب کامل آنها، بر اساس استاندارد ملی ۳۱۳۲ می باشد. قطر سیمها برابر با ۴ تا ۱۰ میلیمتر، با گام یک میلیمتری، و ۱۲، ۱۴ و ۱۶ می باشد. الزامات مربوط به آج ها در سیم ها در استاندارد ملی ۱۱۵۵۸ ارائه شده است.

مهم ترین الزامات فنی و اجرایی آرماتورها شامل موارد زیر است :

- رویه آرماتورها باید بدون زنگ در حال پوسته شدن و یا پوسته شدگی، و در فرآیند بتن ریزی، عاری از یخ، روغن و یا مواد زیان آور دیگر باشد.
- آرماتورها، به ویژه در محیط هایی که احتمال زنگ زدگی و خوردگی وجود دارد، باید بر روی سکوهای بتنی و یا سکوهای مناسب قرار داده شوند و از تماس مستقیم آنها با خاک هایی که احتمال داشتن املاح کلریدی و سولفاتی دارند، ممانعت بعمل آورده شود.
- در مواردی که رویه آرماتورها دارای زنگ زدگی یکنواخت می باشند، باید با استفاده از روش برس زنی و فرچه کشی و یا ماسه پاشی زنگ زدایی شوند. زنگ زدگی نازک و یکنواخت به حالتی گفته می شود که آسیبی به آج ها یا تغییر قطر در آرماتورها تشخیص داده نشود.
- در مواردی که رویه آرماتورها دارای زنگ زدگی یکنواخت ولی با ضخامت زیاد و پوسته شدن باشند، باید با استفاده از روش ماسه پاشی یا آب با فشار زیاد، زنگ زدایی شوند.
- در مواردی که رویه آرماتورها دارای خوردگی از نوع حفره ای است، باید از بکاربردن آنها اجتناب شود.
- آرماتورهای دارای زنگ زدگی، پوسته شدگی یا ترکیب این دو را در صورتی می توان به کار برد که مشخصات نمونه آزمایش شده بعد از زدودن زنگ، با ضوابط استاندارد در مورد حداقل قطر، اندازه آجها و وزن واحد طول، منطبق باشند.
- آرماتورها باید با وسایل مکانیکی بریده شوند. استفاده از روش های برشکاری حرارتی نیاز به تأیید دستگاه نظارت دارد. در مواردی که برشکاری حرارتی مجاز می باشد، باید محل برش بطور کامل تمیز شود. همچنین آرماتورها برای برشکاری حرارتی باید از وضعیت کلاف درآید و چسبیده، یا روی یکدیگر نباشند.
- آرماتورها باید قبل از جاگذاری در محل، در حالت سرد خم شوند، مگر آنکه روش دیگری توسط مهندس مشاور و یا دستگاه نظارت توصیه شده باشد.
- خم کردن آرماتورها باید به صورت مکانیکی با فلکه خم کن با قطر مناسب برای هر نوع و هر قطر آرماتور و با سرعت عبور ثابت انجام شود و بخش خم شده دارای شعاع انحنای ثابتی باشد. در خم کاری دستی آرماتورها، ممکن است سرعت یکنواخت و بویژه شعاع انحنای ثابت حاصل نشود. در آرماتورهای با قطر زیاد، این مشکلات و ترک خوردگی بیشتر می شود.
- در شرایطی که دمای آرماتورها از ۵+ درجه سلسیوس کمتر باشد باید از خم کردن آنها خودداری شود.

- خم کردن آرماتورهایی که بخشی از آنها در بتن ریخته شده قرار دارند، مجاز نیست مگر آنکه در مدارک طرح پیش بینی شده و یا مورد تایید دستگاه نظارت باشد.
- محل وصله آرماتورها باید طبق مدارک طرح و یا تایید دستگاه نظارت در نظر گرفته شود.
- در میلگردهای طولی ستون ها که وصله اتکایی دارند، انتهای بریده شده، باید کاملاً قائم و بصورت هم محور بر روی هم قرار داده شوند. انتهای میلگردها باید در سطحی صاف و حداکثر با ۱/۵ درجه نسبت به سطح عمود بر آن بریده شده و با اختلاف حداکثر ۳ درجه بین امتدادهای دو میلگرد از یکدیگر بر هم تکیه کنند.
- لقمه ها یا فاصله نگهدارها باید برای ایجاد و حفظ پوشش بتنی آرماتورها استفاده شود. این لقمه ها باید از مقاومت و پایداری کافی برخوردار باشند. به طور کلی استفاده از لقمه های بتنی ارجحیت دارد. در مناطق خورنده، نیاز به لقمه های بتنی با کیفیت مشابه بتن اصلی احساس می شود. در این مناطق بکارگیری لقمه های پلیمری (پالستیکی) توصیه نمی شود. به هر حال نباید از لقمه های آجری یا کلوخ مانند در سازه های بتنی استفاده شود.
- انتهای برجسته مفتول آرماتوربندی، اتصال دهنده ها یا گیره های فولادی یا فلزی نباید بویژه در مناطق خورنده، در ضخامت پوشش بتنی روی آرماتورها قرار گیرد.
- جوش پذیری میلگردها، بنا به ضوابط استاندارد ملی ۳۱۳۲، با شرط پیش گرم کردن آنها امکان پذیر است. دمای پیش گرم کردن بستگی به کربن معادل ترکیبات شیمیایی فولاد و قطر میلگردها دارد.
- عملیات جوشکاری نباید در دمای کمتر از (۱۸-) درجه سلسیوس انجام شود.
- بعد از پایان جوشکاری، باید اجازه داده شود تا میلگردها بطور طبیعی یا آرامتر از حالت طبیعی سرد شوند. شتاب دادن به فرآیند سرد شدن مجاز نمی باشد.
- در مواردی که در میلگردها از وصله جوشی استفاده می شود، میلگردها باید تحت آزمایش کشش و خمش قرار گیرند.
- اتصال جوشی میلگردها فقط در مورد آرماتورهایی که حد جاری شدن آنها بیشتر از ۵۰۰ مگاپاسکال نباشد، قابل انجام می باشد. اتصال جوشی نباید در محل خم میلگردها واقع شود. نمونه های جوش شده نباید دارای تغییر شکل نسبی نظیر گسیختگی کمتر از ۸ درصد محل جوش باشند. جوشکاری نباید موجب هیچگونه تغییر در مشخصات مکانیکی فولاد شود.
- برای دوام و حفاظت آرماتورهای بکار برده شده در قطعات بتن آرمه، بتن مصرفی باید در رویارویی با شرایط محیطی سازه دوام کافی را در طول مدت عمر سازه داشته باشد.
- پوشش بتنی روی میلگردها برابر با حداقل فاصله بین سطح بتن تا نزدیکترین رویه میلگرد، اعم از طولی، عرضی یا سیم آرماتوربندی است. ضخامت پوشش بتنی میلگردها با توجه به شرایط محیطی و نوع عضو مورد نظر نباید از مقادیر داده شده در بند ۴-۲-۶ آیین نامه بتن ایران (آبا) کمتر باشد.
- میلگردها و تمام قطعات و صفحه های فولادی پیش بینی شده برای توسعه آتی ساختمان باید به نحو مناسبی در مقابل خوردگی محافظت شوند.

- در تمام موارد، ضخامت پوشش، نباید از ضوابط مربوط به محافظت در برابر حریق، موضوع مبحث سوم مقررات ملی ساختمان، کمتر انتخاب شود.
- در هنگام بتن ریزی، رویه آرماتورها باید عاری از یخ، گل، روغن یا دیگر مواد زیان آور از نظر کاهش چسبندگی با بتن باشد.
- آرماتورها شامل گروه میلگردها باید در محدوده رواداری تعیین شده قرار گرفته و برای جلوگیری از جابه جا شدن هنگام بتن ریزی بسته شوند.
- جوش کلیه میلگردها باید منطبق بر مشخصات مبحث دهم مقررات ملی ساختمان باشد.
- برای بستن میلگردها نباید از خال جوش میلگردهای متقاطع استفاده شود.

برای ارزیابی و پذیرش آرماتورها بایستی موارد زیر رعایت گردد :

- تعداد و تواتر نمونه برداری باید بگونه ای باشد که نتایج آزمایش های مقاومت کششی انجام شده بر روی آنها، معرف کیفیت کل آرماتورها باشد. هر سری نمونه آزمایشی، تعداد پنج نمونه از هرکارخانه تولیدی را شامل می شود. نمونه ها باید حداقل طولی برابر ۶۰۰ میلیمتر یا ۲۰ برابر قطر اسمی (هر کدام که بزرگتر باشد) را دارا باشند. تواتر نمونه برداری حداقل برابر میزانی است که در بندهای «الف» تا «ت» زیر آورده شده است:

الف- هر پانصدکیلوگرم و کمتر، یک سری؛

ب- هر قطر آرماتور یک سری؛

پ- هر رده آرماتور یک سری؛

ت- نمونه های برداشته شده باید از یک ذوب یا از یک بهر انتخاب شوند.

- میلگردهایی که دچار خم و اعوجاج شدید شده اند، تنها زمانی قابل قبول می باشند که تحت آزمایش خمش قرار گرفته و ضوابط مربوط را برآورده نمایند.

- در انبار کردن و نگهداری آرماتورها باید ضوابط استاندارد ملی ۲۰۸۵۸ رعایت شود.

در این خصوص رعایت ضوابط پذیرش آرماتورها، انبار کردن و نگهداری و الزامات اجرایی آنها طبق بند ۹-۲۲-۶ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و همچنین بندهای ۴-۳-۳، ۴-۳-۱، ۴-۳-۲، ۴-۳-۴، ۴-۶-۱، ۴-۶-۵ و ۴-۷-۱ آیین نامه بتن ایران (آبا) الزامی است.

فصل دوم - کیفیت تولید و اجرای بتن

۱-۲- کلیات

از مهمترین خصوصیات بتن، مقاومت آن است. برای دستیابی به بتنی با مقاومت زیاد، باید در انتخاب مصالح از نظر کمیت و کیفیت، ساخت بتن، حمل و ریختن و نهایتاً عمل آوردن و نگهداری دقت کافی به عمل آید. هدف این مقال حداقل ضوابط و مقرراتی است که با رعایت آنها شرایط ایمنی، قابلیت بهره برداری و پایایی ساختمان فراهم شود. پایایی ساختمان ها با توجه به شرایط رویارویی آنها با محیط، از طریق انتخاب شکل قطعات متناسب با این شرایط، مراعات مشخصات فنی اجرایی از قبیل کیفیت و حداقل مقدار سیمان، کیفیت آب، نسبت آب به سیمان، نوع و کیفیت سنگدانه ها، حداکثر مواد زیان آور در مواد تشکیل دهنده بتن، نسبت های اختلاط، شرایط ریختن و جادادن بتن، عمل آوردن و مراقبت بتن، ضخامت پوشش بتن و درزهای ساختمانی، تامین می شود.

۲-۲- مخلوط بتن

جهت اطلاعات طراحی، برای هر مخلوط بتن الزامات زیر با توجه به شرایط محیطی و ضوابط طراحی باید منظور شوند:

- حداقل مقاومت فشاری مشخصه بتن (f_c)
- سن آزمایش مقاومت بتن
- حداکثر نسبت آب به سیمان لازم
- محدودیت اندازه اسمی بزرگترین سنگدانه
- الزامات مربوط به دوام بتن که باید در طرح رعایت شوند.
- چگالی متعادل در بتن سبکدانه
- الزامات مربوط به بتن با الیاف فولادی
- الزامات مربوط به مقاومت آتشپادی سازه
- مقاومت فشاری مورد نیاز بتن در مراحل تعیین شده در فرآیند ساخت، برای هر بخش از سازه مطابق آنچه مهندس طراح منظور نموده است. مقاومت فشاری مشخصه بتن، مقاومتی است که در تحلیل و طراحی سازه از آن استفاده می شود. این مقاومت از نظر آماری مقاومتی است که حدود ۱۰ درصد مقاومت های اندازه گیری شده بتن، روی نمونه های عمل آوری شده در شرایط استاندارد از آن کمتر می باشد.
- مقاومت فشاری بتن، در سن ۲۸ روز، با آزمایش آزمون های استوانه ای به قطر اسمی ۱۵۰ یا ۱۰۰ میلی متر و با ارتفاع به ترتیب ۳۰۰ یا ۲۰۰ میلی متر منطبق بر استاندارد ملی ۱-۱۶۰۸ که طبق استانداردهای زیر تهیه و نگهداری شده، تعیین می شود :
- الف- نمونه برداری. طبق استاندارد ملی ۱-۳۲۰۱؛
- ب- ساخت و عمل آوری آزمون ها در کارگاه، طبق استاندارد ملی ۲-۱۶۰۸ (آزمون استوانه ای و مکعبی) یا ۳۲۰۵ (صرفاً آزمون استوانه ای)؛
- پ- تعیین مقاومت فشاری آزمون ها، طبق استاندارد ملی ۳-۱۶۰۸ (آزمون استوانه ای و مکعبی) یا ۶۰۴۸ (صرفاً آزمون استوانه ای)؛

در صورتی که آزمون‌های مکعبی ۱۵۰ یا ۲۰۰ میلی متری برای تعیین مقاومت فشاری به کار رود، باید به آزمون‌های استوانه ای نظیر خود تبدیل شود.

مقاومت فشاری مشخصه بتن باید با توجه به الزامات زیر در نظر گرفته شود:

- الف- حداقل مقاومت فشاری که مبنای تحلیل و طراحی سازه قرار گرفته و توسط مهندس مشاور تعیین شده است.
- ب- حداقل مقاومت فشاری لازم برای تامین دوام بتن طبق ضوابط مربوطه

دستگاه نظارت باید تا خاتمه دوره تضمین و حداقل تا یکسال پس از پایان کار، سابقه کامل نتایج آزمایشهای انجام شده روی بتن مصرفی در کارگاه و طرح های مخلوط اجزای بتن را نگهداری نماید و همراه با یک نسخه دیجیتالی آن به کارفرما یا بهره بردار تحویل دهد.

طرح مخلوط بتن باید چنان تعیین شود که بتن حاصل شرایط زیر را برآورده نماید :

- جای دهی بدون جداسدگی در داخل قالب و زوایای آن و اطراف میلگردها
- انطباق بر رده مورد نظر، به کمک آزمایش مقاومت فشاری نمونه های عمل آوری شده استاندارد

طرح مخلوط بتن باید مطابق روش طرح مخلوط ملی یا روش دیگری که توسط آزمایشگاه دارای صلاحیت ارائه شده باشد، انجام گردد. استفاده از هر روش در صورت برآورده نمودن خواسته های مندرج در مشخصات فنی پروژه، قابل قبول می باشد. از نتایج آزمایش مقاومت که برای مستند سازی طرح مخلوط به کار می روند، نباید بیش از دو سال گذشته باشد. مصالح بتن که برای طرح مخلوط به کار برده می شوند، باید از همان موادی باشند که در پروژه مورد نظر به کار برده خواهند شد.

در مواردی که در بخش های مختلف سازه، از انواع و رده های مختلف بتن استفاده می شود، برای هریک از آنها باید طرح مخلوط جداگانه تهیه گردد.

رده بندی بتن بر اساس مقاومت مشخصه ۲۸ روزه بتن تعریف می شود. این رده بندی به ترتیب زیر می باشد:

C10, C12, C16, C20, C25, C30, C35, C40, C45, C50, C55, C60, C65, C70

بتن های مورد استفاده در بتن آرمه معمولاً رده های C20 و بالاتر، و در بتن پیش تنیده C35 و بالاتر می باشد. برای بتن های رده C25 و بالاتر، تعیین مقادیر و نسبت های مخلوط بتن باید با مطالعات آزمایشگاهی و ساخت مخلوط های آزمایشی همراه باشد. طرح مخلوط بتن باید قبل از شروع عملیات اجرایی به همراه مستندات و نتایج آزمایشگاهی مصالح مصرفی و بتن ساخته شده به تایید دستگاه نظارت برسد.

برای بتن های رده C20 و پایین تر می توان مقادیر نسبت های مخلوط بتن را به کمک یکی از روش های رایج یا روش تجربی، بدون ساخت مخلوط آزمایشگاهی، تعیین نمود، مشروط بر اینکه مصالح مصرفی منطبق بر استاندارد و الزامات فنی-اجرایی پروژه بوده و محدودیت های خاصی مانند نسبت آب به مواد سیمانی، کارائی و روانی، حداکثر اندازه و شکل سنگدانه ها برای بتن تعیین نشده باشد.

طرح مخلوط بتن باید به نحوی تعیین شود که با توجه به شرایط حاکم بر ساخت و نظارت بتن در کارگاه، اعم از دقت وسایل توزین و پیمانه کردن، تغییرات و نوسانات کیفی احتمالی اجزای بتن، تغییرات رطوبتی سنگدانه و انجام اصلاحات رطوبتی با توجه به امکانات آزمایشگاهی و تخصص نفرات موجود و خطاهای اتفاقی ناشی از انجام آزمایش مقاومت، انطباق بر رده مورد نظر برای بتن مصرفی در کارگاه حاصل شود.

کیفیت اجزای بتن باید در طرح مخلوط بتن در نظر گرفته شود. همچنین این مواد باید از حداقل کیفیت مطلوب یا استاندارد برخوردار باشند.

در طرح مخلوط نهایی که به کارگاه ارایه می شود، علاوه بر اطلاعات عمومی پروژه شامل: نام پروژه، متقاضی طرح مخلوط، دست اندرکاران اجرا (کارفرما، مشاور، نظارت و پیمانکار) و محل اجرای پروژه باید اطلاعات به شرح زیر ارایه شود:

- اطلاعات مربوط به بتن
- اطلاعات مصالح مصرفی در طرح مخلوط
- اطلاعات طرح مخلوط و نتایج مخلوط آزمایشی

لازم به ذکر است با توجه به شرایط پروژه، ارائه طرح اختلاط (تهیه شده توسط مشاور آزمایشگاه ذیصلاح) و همچنین اخذ مجوز بتن ریزی (براساس طرح اختلاط) توسط پیمانکار الزامی است.

مسئولیت تهیه طرح اختلاط بتن به طور کامل بر عهده پیمانکار می باشد. پیمانکار موظف است پیش از آغاز عملیات بتن ریزی، طرح اختلاط مربوطه را مطابق با الزامات فنی، آیین نامه ای و مشخصات فنی خصوصی پروژه تهیه نماید. در صورت نیاز و یا تشخیص عوامل فنی پروژه، پیمانکار مکلف است نسبت به تهیه طرح اختلاط بتن از طریق یکی از آزمایشگاه های مورد تأیید اداره کل نوسازی، توسعه و تجهیز مدارس استان اقدام نموده و کلیه هزینه های مربوط به انجام آزمایش ها و تهیه طرح اختلاط را شخصاً پرداخت نماید. استفاده از هرگونه بتن فاقد طرح اختلاط تهیه شده بر اساس ضوابط فوق الذکر، تخلف محسوب شده و تمامی مسئولیت های فنی، اجرایی و مالی ناشی از آن بر عهده پیمانکار خواهد بود.

۲-۳- دوام و پایایی بتن

دوام بتن به توانایی آن برای مقابله با عوامل جوی، حملات شیمیایی، سایش، فرسایش و هرگونه فرآیندی که منجر به زوال و خرابی و کاهش طول عمر مفید و بهره دهی آن خواهد شد، اطلاق می شود. بتن پایا در شرایط محیطی مورد نظر، ابعاد، شکل، حداقل کیفیت قابل قبول اولیه و قابلیت بهره برداری مورد نظر از سازه های بتنی را حفظ می کند.

نفوذپذیری بتن، عامل اصلی موثر بر کاهش دوام و پایایی آن است. در ساخت بتن باید، با توجه به شرایط محیطی مکان طرح، تدابیری بکار برده که نفوذپذیری بتن کاهش یابد. از جمله این تدابیر می توان عوامل زیر را نام برد:

- الف- بکار گیری مواد متشکله مناسب در بتن شامل: سیمان، مصالح سنگی، آب و مواد افزودنی؛
- ب- انتخاب طرح مخلوط مناسب بتن بویژه مقدار موادسیمانی و نسبت آب به موادسیمانی؛
- پ- دقت در اجرای ساخت بتن، شامل: تهیه، ریختن، متراکم کردن و عمل آوری آن

- برای افزایش پایداری بتن می توان نفوذپذیری آن را با رعایت موارد زیر تقلیل داد :
- الف- استفاده از سیمان مناسب؛
 - ب- استفاده از آب و سنگدانه های مناسب؛
 - پ- بهینه سازی عیار سیمان؛
 - ت- استفاده از نسبت جایگزینی مناسب مواد پوزولانی یا شبه سیمانی؛
 - ث- انتخاب صحیح و مناسب نسبتهای مخلوط بتن؛
 - ج- استفاده از افزودنی های شیمیایی مانند روان کننده ها، مواد حباب هواساز و آب بندکننده ها، نم بندکننده ها و آبگریزها؛
 - چ- کاهش و محدود نمودن نسبت آب به موادسیمانی (سیمان و پوزولان و مواد شبه سیمانی)؛
 - ح- رعایت محدودیت حداکثر دمای بتن در هنگام بتن ریزی؛
 - خ- دقت در حمل و ریختن و پرهیز از جداسدگی؛
 - د- تأمین حداکثر تراکم با وسایل و روشهای مناسب
 - ذ- عمل آوری دقیق و کافی با روش های مناسب؛
 - ر- ایجاد پوشش مناسب بر سطح بتن

الزامات دوام بتن در برابر سایش به شرح زیر است :

- الف- بتن هایی که در معرض عوامل سایشی قرار می گیرند باید با انجام تمهیدات لازم، مقاومت مورد نیاز را برای دوام در برابر آن، دارا باشند.
- ب- برای افزایش مقاومت سایشی بتن کف ها، می توان از حداکثر اندازه سنگدانه کوچکتر و با مقاومت سایشی بیشتر، دوده سیلیس، پلیمر شیره لاستیک استایرن بوتادین (SBR) یا ترکیبی از آنها استفاده نمود. همچنین پرداخت صحیح و اصولی سطح، عمل آوری مناسب و طولانی تر (افزایش رده عمل آوری) و پاشش مواد ریز سخت کننده سطحی بر روی بتن و پرداخت آن نیز می تواند به کاربرده شود.
- ج- برای تعیین مقاومت سایشی سنگدانه های مصرفی در بتن کف، باید از آزمایش مقاومت سایشی به روش لس آنجلس، استاندارد ملی ۸۴۴۷، استفاده نمود.
- د- حداکثر سایش کف های بتنی با استفاده از آزمایش استانداردهای ملی ۲۰۱۸۵-۲-۷۵۵ و ۱۷۳۰۸ باید توسط طراح پروژه مشخص شود.
- ه- رعایت حداقل و حداکثر اندازه سنگدانه ها و سیمان مصرفی و اسلامپ بتن برای کف های بتنی طبق جداول مربوطه در بند ۹-پ ۱-۸ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان الزامی است.
- و- سازه های بتن آرمه برای حفظ دوام کافی یا میزان تحمل آتش در هنگام حریق، باید الزامات ویژه ای را دارا باشند. این الزامات در مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ارایه شده است.

۲-۴- نظارت و بازرسی

اجرای ساختمان های بتنی باید تحت نظر مهندسین صاحب صلاحیت انجام گیرد. عملیات ساخت سازه های بتنی باید بر طبق الزامات مبحث دوم مقررات ملی ساختمان مورد نظارت قرار گیرند. نظارت در هر مرحله از کار باید تحت نظر مهندس ناظر براساس مبحث دوم مقررات ملی ساختمان انجام شود. مهندس ناظر باید آرماتورگذاری، قالب بندی و بتن ریزی کلیه اجزاء سازه ای را کنترل و تایید نماید.

گزارش های نظارت باید کلیه موارد نظارت شده در هر مرحله از ساخت را در برگیرند. گزارش های نظارت باید شامل موارد زیر باشد :

الف- پیشرفت کلی کار

ب- هر نوع بار قابل ملاحظه حین ساخت که بر اجزاء سازه ای وارد می شود.

ج- زمان و تاریخ مخلوط بتن، مقادیر و نسبت های مواد استفاده شده در مخلوط، موقعیت تقریبی بتن ریزی در سازه و نتایج آزمایش های خواص بتن تازه و سخت شده، برای انواع مخلوط بتن هایی که به کار رفته اند.

د- دمای بتن و محافظت در نظر گرفته شده برای بتن در هنگام جای دادن و عمل آوردن آن در مواقعی که دمای محیط کمتر از ۵ درجه و یا بیشتر از ۳۵ درجه سلسیوس می باشد.

عملیات اجرایی که نیازمند نظارت مداوم می باشد، بشرح زیر است :

- بتن ریزی و جادادن بتن
- کاشتن مهارهای چسبی برای مقابله با کشش دائم
- آرماتورگذاری در قاب های خمشی شکل پذیر و اجزای لبه و تیرهای همبند دیوارهای برشی شکل پذیر

عملیات اجرایی که نیازمند نظارت متناوب و مستمر می باشد، بشرح زیر است :

- آرماتورگذاری و نصب قطعات جاگذاری شده در بتن
 - روش عمل آوردن بتن و مدت آن برای هریک از اعضاء
 - برپاکردن و برداشتن قالب ها و پایه های موقت بعدی آن ها
 - توالی نصب قطعات پیش ساخته و اتصال آنها به یکدیگر
 - نصب مهارهای درون بتن درجا
 - نصب مهارهای چسبی
- در این خصوص رعایت ضوابط و الزامات اجرایی طبق بند ۹-۲۲-۱۳ مبحث نهم مقررات ملی ساختمان الزامی است.

۲-۵- نیروی انسانی و تجهیزات

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.

نیروی انسانی که در بخش های مختلف تولید و اجرا، شامل کنترل تجهیزات تولید، کیفیت مصالح، بتن ریزی و عمل آوری، مسئولیت انجام کار را بعهدہ دارند، باید دارای مدرک تحصیلی مرتبط، پروانه مهارت فنی یا گواهینامه معتبر از مراجع ذیصلاح باشند. مدارک آموزش و توانمندی نیروی انسانی باید در محل تولید و اجرای بتن نگهداری شده و در دسترس کارفرما قرار داده شود. حتی هنگامی که تجهیزات تولید بتن مطابق الزامات عملکردی تامین می شود و روش های تولید مناسب استفاده می شود، اگر پرسنل تولید توانایی کنترل تجهیزات تولید، کیفیت مصالح و بتن به صورت پایدار را نداشته باشند، دستیابی به بتن باکیفیت مناسب و یکنواخت دشوار است. از آنجایی که کیفیت بتن به راحتی تحت تاثیر عوامل مختلف قرار می گیرد، برای متخصصانی که بتن را تولید می کنند، داشتن دانش کارشناسی و تجربه مرتبط باکیفیت تولید بتن اهمیت دارد.

تمام وسایلی که برای مخلوط کردن و انتقال بتن به کار می روند باید تمیز باشند. پیمانہ کردن مصالح تشکیل دهنده بتن باید تا حد امکان به طریق وزنی انجام گیرد. این امر در بتن های سازه ای الزامی است. رواداری توزین هریک از اجزای تشکیل دهنده بتن $\pm 3\%$ است.

در طراحی قالب ها باید الزامات زیر منظور گردند:

- روش بتن ریزی
- آهنگ تداوم بتن ریزی
- بارهای حین ساخت، شامل نیروهای افقی، قائم و ضربه ای
- آسیب نرساندن به اجزای ساخته شده قبلی

تجهیزات قالب بندی بتن باید استاندارد و دارای شرایط زیر باشد :

- ۱- باید بتن را در شکل مورد نظر در محدوده رواداری ها نگاه دارد، به سطح آن نمای دلخواه بدهد و بارهای وارده را تا زمان سخت شدن و کسب مقاومت کافی تحمل کند.
- ۲- در برابر نیروهای وارده، بخوبی محاسبه شده و ایمنی لازم را داشته باشد.
- ۳- بتن را در برابر صدمات مکانیکی حفظ کند.
- ۴- از کم شدن رطوبت بتن و نشت شیرۀ آن جلوگیری نماید.
- ۵- عایقی مناسب در برابر سرما و گرمای محیط باشد.
- ۶- میلگردها و سایر اجزا و قطعاتی را که داخل بتن قرار می گیرند در محل مورد نظر نگاه دارد.

۷- در برابر نیروهای ناشی از لرزاندن و مرتعش ساختن بتن مقاومت کند و بدون آسیب رساندن به بتن از آن جدا شود.

۸- ساخت و نصب قالب ها باید چنان باشد که منجر به شکل، خطوط و ابعاد اجزاء مطابق با مدارک ساخت شوند.

۹- درزهای قالب باید به قدر کافی آب بند باشند تا از بیرون آمدن شیره بتن جلوگیری شود.

۱۰- قالب ها باید طوری مهار یا بسته شوند که موقعیت و شکل خود را حفظ کنند.

استفاده از قالب ها و شمع های استاندارد (قالب فلزی استاندارد و شمع فلزی با قابلیت تنظیم در ارتفاع) در کلیه قالب بندی های اسکلت، الزامی است.

۲-۶- آماده سازی محل بتن ریزی

۱- تمامی مواد زاید از جمله یخ و زواید قالب بندی باید از محل های مورد بتن ریزی زدوده و برداشته شوند.

۲- قالب ها باید به نحوی مناسب تمیز شده و با روغن قالب اندود شوند و همچنین درزبندی شوند. برای روغن کاری قالب ها باید با استفاده از روغن مناسب و طبق دستورالعمل های تولید کنندگان روغن قالب و قالب ساز، اقدام به روغن کاری قالب ها نمود.

۳- مصالح بنایی که در تماس با بتن خواهند بود باید به خوبی خیس شوند.

۴- تمامی میلگردها باید قبل از بتن ریزی کاملاً تمیز شده و عاری از پوشش های آلاینده باشند.

۵- قبل از ریختن بتن، باید آب اضافه از محل بتن ریزی خارج شود.

۶- قبل از ریختن بتن جدید بر روی بتن سخت شده قبلی باید لایه ضعیف احتمالی سطح بتن قبلی و هرنوع ماده زاید دیگر آن زدوده شود. بعضاً مشاهده شده که در چنین مواردی از چسب بتن جهت حفظ یکپارچگی بتن قدیم و جدید استفاده شده است.

۷- همه آرماتورها باید قبل از بتن ریزی کاملاً تمیز و عاری از زنگ سست پوسته شده و مواد آلاینده مانند گل و لای، یخ، روغن، گریس و سایر عواملی که باعث کاهش چسبندگی آرماتورها به بتن می شود، باشند.

۲-۷- ساخت و تولید بتن

- بتن باید با کیفیت مورد نیاز و به صورت یکنواخت و همگن تولید شود. به منظور تولید بتن باکیفیت مورد نیاز، استفاده از تجهیزات با عملکرد مناسب، روش های تولید مناسب و داشتن متخصصانی که قادر به تضمین کیفیت پایدار بتن باشند، اهمیت دارد. تجهیزات و روش های مورد استفاده برای ذخیره سازی، پیمانه کردن و اختلاط مصالح باید با توجه به عملکرد مورد نیاز، انتخاب و تامین گردند. این تجهیزات و روش ها باید به تایید دستگاه نظارت برسد.

- اجزاء تشکیل دهنده بتن باید به گونه ای ذخیره و جابجا شوند که مشخصات آنها به مقدار قابل توجهی تغییر نکند و انطباق آنها با مشخصات آیین نامه بتن ایران (آبا) حفظ شود.
- تجهیزات مورد نیاز برای توزین هریک از مصالح باید به طور دوره ای، قبل و در طی بهره برداری مورد بازرسی قرار گیرند و به طور مناسب واسنجی شوند. مصالح باید مطابق طرح مخلوط بتن پیمانانه شود. بدین منظور لازم است اطلاعاتی مانند نوع و مقدار اجزای بتن به صورت مکتوب در محل پیمانانه کردن بتن در دسترس اپراتور قرار گیرد.
- مصالح تشکیل دهنده بتن باید به طور کامل مخلوط شوند تا بتن یکنواخت و همگنی به دست آید. برای تولید بتن سازه ای، مخلوط کردن بتن به صورت دستی مجاز نیست. بتن باید طوری مخلوط شود که تمامی مواد تشکیل دهنده آن بصورت همگن در مخلوط کن پخش شوند. قبل از پر کردن مجدد، باید مخلوط کن را بطور کامل تخلیه کرد. برای توزیع یکنواخت افزودنی های 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.
- بتن آماده باید مطابق استانداردهای « مشخصات بتن آماده » و همچنین از کارخانه های بتن دارای استاندارد تهیه و تحویل شود. در جایی که امکان استفاده از بتن آماده نباشد، با استفاده از ضوابط و تمهیدات لازم با تایید دستگاه نظارت، اختلاط بتن در کارگاه انجام می شود.
- بتن مخلوط شده در کارگاه باید مطابق ضوابط زیر تهیه شود :
 - الف- اختلاط بتن باید با مخلوط کن مورد تایید دستگاه نظارت انجام شود
 - ب- زمان لازم برای اختلاط کافی در مخلوط کن به مقدار قابل توجهی به نوع مخلوط کن، ظرفیت آن، حجم مخلوط، نسبت های مخلوط بتن، نوع افزودنی و روش تغذیه مصالح بستگی دارد. همچنین اگر بتوان تغییرات شدت جریان برق مخلوط کن را اندازه گیری کرد، چنانچه شدت جریان در حین اختلاط به صورت ثابت و پایدار درآید، مدت زمان رسیدن به این وضعیت را می توان به عنوان حداقل زمان اختلاط پیشنهادی در نظر گرفت. برای بتن با اسلامپ کم، بتن خودتراکم، بتن حاوی افزودنی معدنی خیلی ریز (مانند دوده سیلیس) یا افزودنی های شیمیایی یا بتن پرمقاومت و بتن الیافی، بهتر است که زمان اختلاط، طولانی تر شود.
 - ج- ترتیب ورود مواد متشکله بتن به مخلوط کن باید متناسب با نوع مخلوط کن و نوع بتن باشد. رعایت دستورالعمل کارخانه سازنده مخلوط کن در این زمینه الزامی است. حداقل زمان اختلاط بتن باید به گونه ای باشد که مخلوط همگن حاصل شود. زمان اختلاط پس از ورود همه اجزاء بتن به درون دیگ مخلوط کن محاسبه می شود. این زمان نباید کمتر از ۱/۵ دقیقه برای مخلوط کن های گرانشی (به جز کامیون مخلوط کن) و یک دقیقه

برای مخلوط کن ها نیرویی با ظرفیت ۰/۷۵ متر مکعب در نظر گرفته شود. برای هر ۰/۷۵ متر مکعب اضافی، ۱۵ ثانیه اضافه می شود. در مواردی از کامیون مخلوط کن برای مخلوط کردن استفاده می شود، باید ۷۰ الی ۱۰۰ دور مطابق با سرعت تعیین شده (سرعت تند) توسط کارخانه سازنده بچرخد تا الزامات یکنواختی بتن حاصل شود.

د- سطح داخلی مخلوط کن باید قبل از آغاز به کار فرآیند اختلاط و در اولین پیمانه، آغشته به ملات شود و یا ۵ درصد به وزن آب و موادسیمانی و ماسه اضافه شود.

ه- اختلاط با کامیون های مخلوط کن باید بر اساس ضوابط مندرج در استانداردهای ملی ایران صورت گیرد.

و- ترتیب و آرایش ورود اجزای بتن به داخل مخلوط کن باید به نحوی باشد که موجب دشواری در دستیابی به بتن همگن نشود.

ی- نقل و انتقال، پیمانه کردن و اختلاط مصالح بتن باید با ضوابط استاندارد « مشخصات بتن آماده » یا « مشخصات بتن تهیه شده از طریق پیمانه کردن حجمی و اختلاط پیوسته » مطابقت داشته باشد.

ز- سابقه کار روزانه باید برای تمامی مخلوط های تهیه شده بطور تفصیلی و مشتمل بر مشخصات بتن از جمله موارد زیر نگهداری شود:

ز-۱- مقادیر به کار رفته برای اختلاط مصالح و نوع اجزای بتن

ز-۲- نتایج آزمایش های بتن تازه

ز-۳- دمای بتن و دمای محیط در هنگام بتن ریزی

ز-۴- محل نهایی و حجم تقریبی بتن های ریخته شده در سازه

ز-۵- زمان و تاریخ اختلاط و بتن ریزی

ر- بازرسی و کنترل تجهیزات باید بصورت دوره ای طبق استاندارد ملی ۹۶۰۱ انجام شود و طی آن باید اطمینان ایجاد نماید که تجهیزات ذخیره سازی، توزین و اندازه گیری، مخلوط کن و ابزارکنترلی، مانند اندازه گیری مقدار رطوبت موجود در سنگدانه ها، در شرایط کارکرد خوبی قرار دارند.

۲-۸- انتقال بتن

- برای حصول بتن با کیفیت مورد نظر، باید جزئیات برنامه انتقال بتن و بتن ریزی قبل از شروع کار مشخص شده و به تایید دستگاه نظارت رسیده باشد.
- حداکثر زمان مجاز، برای عملیات بتن ریزی، شامل انتقال، بتن ریزی و تراکم، در دمای محیطی کمتر از ۲۲ درجه سلسیوس، ۲ ساعت پس از ساخت بتن می باشد. در دمای بالاتر از ۲۲ درجه، این زمان باید به ۱/۵ ساعت محدود شود. در صورت استفاده از وسایل حمل بتن، بدون دیگ چرخان، از محل تولید تا محل بتن ریزی، زمان های فوق، نیم ساعت کاهش می یابد.

- در صورت به کارگیری مواد دیرگیرکننده، می توان زمان های فوق را افزایش داد.
- انتقال بتن از مخلوط کن تا محل نهایی بتن ریزی باید چنان صورت گیرد که از جداشدگی یا هدر رفتن بتن جلوگیری شود. همچنین انتقال بتن باید به نحوی باشد که حالت خمیری بتن، بین بتن ریزی های متوالی، حفظ شود.
- وسایل انتقال بتن باید امکان رساندن بتن به پای کار را طوری تامین کنند که مواد تشکیل دهنده جدا نشوند و حالت خمیری بتن بین بتن ریزی های متوالی از دست نرود.
- در مواردی که در بتن ریزی از بتن آماده استفاده می شود، ضوابط استاندارد ملی ۶۰۴۴ باید رعایت شود.
- در مواردی که بتن در مخلوط کن مرکزی مخلوط می شود، حجم بتن نباید از ۸۰ درصد ظرفیت اسمی دیگ (جام) کامیون مخلوط کن تجاوز کند. بعد از افزوده شدن آب اختلاط، هیچ آبی نباید به بتن اضافه شود. چنانچه نیاز به افزایش روانی بتن در محل مصرف باشد، با تایید دستگاه نظارت می توان از مواد روان کننده و یا دوغاب سیمان با نسبت آب به سیمان مساوی یا کمتر از بتن اصلی استفاده نمود.
- در مواردی که اسلایپ بتن، بیشتر از حد مجاز باشد، نسبت آب به سیمان و اسلایپ مورد نظر را می توان با افزودن سیمان و در صورت لزوم ماسه، با تایید دستگاه نظارت تامین نمود. در این موارد پس از افزودن مصالح جدید، دیگ کامیون مخلوط کن باید ۷۰ دور با سرعت تند بچرخد تا همگنی بتن تامین شود. همچنین باید دقت داشت که محدودیت حداکثر مجاز سیمان مصرفی و دیگر محدودیت های ذکر شده نیز رعایت شود.
- در تمام موارد، باید اطمینان حاصل نمود که روش انتقال بتن امکان تخلیه آسان، جلوگیری از جداشدگی در هنگام انتقال، حداقل تغییر در اسلایپ و درصد حباب هوا را مقدور سازد.
- در انتقال بتن با پمپ جهت بتن ریزی درون قالب، بایستی موارد زیر مورد توجه قرار گیرند:
 - الف) قبل از بتن ریزی با پمپ باید جزئیات آن مانند نوع پمپ، قطر لوله ها، مسیر لوله ها و نرخ تخلیه بتن مشخص شود. همچنین پمپ پذیری بتن باید به گونه ای باشد که امکان حمل و ریختن بتن با سهولت انجام شود.
 - ب) قطر لوله باید براساس نوع و کیفیت بتن، حداکثر اندازه سنگدانه، وضعیت پمپ کردن، ایمنی و نرخ آن انتخاب شود. موقعیت پمپ باید در محلی باشد که حداقل طول و خم در لوله های پمپ به کار برده شود.
 - ج) تعداد و نوع پمپ باید براساس سرعت تخلیه بتن، سرعت بتن ریزی در قطعه، ارتفاع و طول حمل بتن و شرایط آب و هوایی انتخاب شود.

د) تجهیزات پمپ باید طوری طراحی و تهیه گردند که امکان بتن ریزی پیوسته به وجود آید. در مواردی که احتمال قطع بتن به مدت نسبتاً طولانی، در حین بتن ریزی، وجود دارد، باید روشهایی برای جلوگیری از افت کیفیت بتن پیش بینی شود.

ه) پمپ بتن باید بتواند فشار لازم برای انتقال بتن را با توجه به طول لوله های افقی و عمودی و نوع بتن تامین نماید.

و) قبل از شروع بتن ریزی اصلی با پمپ، لازم است ازدوغاب یا ملات به منظور لغزان کردن سطوح داخلی لوله و با هدف جلوگیری از گرفتگی لوله ها استفاده نمود. این دوغاب یا ملات نباید داخل قالب ریخته شود.

* در بتن ریزی با جام باید به این نکته توجه داشت که جام باید به شکلی ساخته شده باشد که جداسازی در هنگام بارگیری و تخلیه بتن به حداقل برسد. همچنین باید شیره از خروج بتن در هنگام بسته بودن دریچه خروجی جام جلوگیری شود.

- به عنوان یک قاعده کلی، استفاده از لوله نسبت به سرسره بتن (تاوه) ارجح است. وقتی سرسره بتن به کار گرفته می شود، شیب سرسره باید به حدی باشد که از جداسازی جلوگیری شود و نباید از نسبت ۲ عمودی به ۳ افقی کمتر باشد. همچنین نباید از ۳ عمودی به ۲ افقی بیشتر باشد. سازه سرسره و روش به کار گرفته شده نباید منجر به جداسازی بتن شود. بدین منظور در انتهای سرسره از یک مانع و قیف قائم باید استفاده کرد. همچنین قبل و بعد از استفاده از سرسره بتن، سطح سرسره باید با آب شسته شود.

- استفاده از هر وسیله حمل، چنانچه منجر به جداسازی در بارگیری و تخلیه نشود، مجاز است.

- بطور کلی حمل و انتقال بتن باید بر اساس استاندارد ملی ایران و ضوابط مندرج در مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و آیین نامه بتن ایران (آبا) صورت گیرد.

۲-۹- بتن ریزی

- نکاتی که قبل از شروع بتن ریزی باید در نظر گرفته شود، شامل موارد زیر است :

الف) برنامه زمانبندی بتن ریزی

برنامه زمانبندی بتن ریزی باید با در نظر گرفتن عوامل مختلفی تهیه شود، از جمله: نوع و شکل سازه، ارتباط بتن ریزی با سایر عملیات اجرایی پروژه و برنامه زمانبندی کلی پروژه، حجم کل بتن ریزی، روش تامین، فاصله حمل و حجم بتن که در هر مقطع زمانی باید تامین شود و صعوبت اجرایی هر بخش.

ب) تجهیزات و نیروی انسانی

نوع، ظرفیت و تعداد ماشین آلات لازم برای انتقال بتن، بتن ریزی و تراکم و همچنین نیروی انسانی باید با در نظر گرفتن مواردی مانند وضعیت کارگاه، نوع و شکل سازه، فاصله حمل بتن، ابعاد مقطعی که باید بتن ریزی شود، حجم بتن ریزی مقطع، دستورالعمل های بتن ریزی، آهنگ بتن ریزی، حجم بتن قابل تامین، ظرفیت و تعداد لرزاننده ها، نوع مصالح و نسبت های مخلوط بتن تعیین شود.

ج) مسیرهای انتقال بتن

مسیرهای انتقال بتن باید به نحوی تعیین و انتخاب شود که امکان انتقال ساده تر و سریع تر بتن به وجود آید و زمان و فاصله حمل به حداقل ممکن برسد.

د) مقطع بتن ریزی، محل درزهای اجرائی و روش آماده سازی درزها

مقطع بتن ریزی باید براساس حجم بتن ریزی در هر نوبت تعیین شود. این حجم بر اساس حجم بتن قابل تامین، برنامه زمانبندی اجرا، شکل مقطع، ظرفیت بتن ریزی، زمان مجاز توقف ها حین بتن ریزی و موقعیت درزهای اجرائی تعیین می شود. چنانچه به دلیل ملاحظات اجرائی، درز اجرائی لازم در نقشه ها نشده باشد، محل آن باید با در نظر گرفتن تنش ها در مقطع، ملاحظات دوام و نحوه آرماتورگذاری در محل درز و با تایید دستگاه نظارت انتخاب شود و از انتخاب آن به صورت تصادفی و براساس پیشرفت کار اجتناب شود.

ه) ترتیب و نرخ بتن ریزی

ترتیب و نرخ بتن ریزی در هر مقطع باید با در نظر گرفتن شکل سازه، وضعیت تولید بتن، ظرفیت بتن ریزی، توقف های مجاز، تجهیزات موجود و همچنین ملاحظات مربوط به رانش بتن در بدنه قالب ها و سیستم نگهداری قالب انتخاب شود. در برخی سازه ها مانند سقف ها، تیرهای یکسره و قوس ها عدم توجه به بارگذاری ناشی از بار بتن تازه می تواند منجر به ناپایداری قالب و یا خرابی سیستم نگهدارنده قالب ها شود.

الزامات زیر باید در عملیات بتن ریزی رعایت شود :

- بتن باید تا حد امکان نزدیک به محل نهایی خود ریخته شود تا از جدایی دانه ها در اثر جابجایی مجدد جلوگیری شود.
- روند بتن ریزی باید طوری باشد که بتن هنگام ریختن و جادادن به حالت خمیری باقی بماند و بتواند به راحتی به فضاها بین میلگردها راه یابد.
- بتنی که به حالت نیمه سخت درآمده و گیرش آن شروع شده و یا به مواد زیان آور بیرونی آلوده شده نباید در بتن ریزی ها به کار رود.
- بتن ریزی باید از آغاز تا پایان بصورت 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 مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و آیین نامه بتن ایران (آبا) مطابقت داشته باشد.

- سطح بتن تازه ریخته شده بصورت لایه های افقی، باید تا حد امکان تراز و هموار باشد.
- حداکثر ضخامت بتن در هر لایه بتن ریزی باید به $0/5$ متر محدود شود. در مواردی که کل ضخامت بتن قطعه $0/6$ متر باشد می توان آن را در یک لایه اجرا کرد.
- در صورت بتن ریزی در چند لایه، ضخامت لایه ها باید تقریباً مساوی باشد و بتن لایه جدید با بتن لایه قبل پیوستگی کامل پیدا کند. بدین منظور در هنگام تراکم، لرزاننده درونی (خرطومی) باید به میزان 50 تا 100 میلیمتر در لایه قبلی فرو برده شود.
- محدوده بتن ریزی، ظرفیت بتن ریزی و فاصله زمانی بین بتن ریزی لایه ها باید به نحوی تعیین شود که درز سرد ایجاد نشود و بدین منظور باید امکان فرو بردن لرزاننده خرطومی تحت وزن خود به درون لایه قبلی بتن در هنگام تراکم، وجود داشته باشد.
- بتن ریزی در هر قطعه از سازه باید تا حد امکان بطور پیوسته و در شرایط بدون بارش انجام شود. در بارندگی شدید، بتن ریزی مجاز نیست. در بارندگی محدود، کمتر از 5 میلیمتر در ساعت، می توان با استفاده از پوشش موقت، بتن ریزی را ادامه داد.
- بتن ریزی باید به نحوی انجام شود که موجب جابجائی قالب و شبکه آرماتور از محل اولیه خود نشود.
- بتن باید تا حد امکان در محل نهایی خود ریخته شود تا نیاز به جابجایی آن به حداقل برسد. در صورت نیاز به جابجایی باید از عدم جداسدگی بتن اطمینان حاصل شود. در مواردی که جداسدگی مشاهده شود، باید بتن ریزی متوقف و روش های مناسب برای حذف یا کاهش جداسدگی بتن به کار گرفته شود.
- بتن ریزی در قالب هایی با ارتفاع زیاد، باید به کمک لوله و یا تجهیزات دیگر، تا حد امکان نزدیک به سطح بتن انجام شود. حداکثر فاصله از خروجی سرسره بتن، لوله، جام و دیگر تجهیزات تا سطح بتن ریزی (ارتفاع سقوط آزاد بتن) $1/5$ متر توصیه می شود.
- نرخ ارتفاعی بتن ریزی در اعضای قائم و در شرایط معمول حداکثر 3 متر در ساعت توصیه می شود.
- در مواردی که بتن ریزی تیر و سقف به طور پیوسته با دیوار و ستون انجام می شود، برای جلوگیری از ترک های ناشی از نشست بتن، باید ابتدا بتن ریزی ستون و دیوار و سپس بتن ریزی تیر و سقف انجام شود.
- در بتن ریزی در مجاورت زمین، ابتدا باید بتن مگر (کم مایه) ریخته شود.
- از ریختن یکبارہ بتن ستون و تراکم یکبارہ آن باید پرهیز شود. در این رابطه ضابطه حداکثر ضخامت لایه 500 میلی متری رعایت شود. پرتاب بتن به وسیله ادواتی مثل بیل مجاز نیست.
- محدودیت فاصله زمانی بین لایه ها به دلیل اطمینان از عدم ایجاد درز سرد بین لایه ها باید رعایت شود. برای جلوگیری از درز سرد باید فاصله زمانی بین لایه ها با در نظر گرفتن ملاحظات شامل نوع، کارایی بتن، فاصله زمانی بین ساخت تا اتمام بتن ریزی، دمای بتن و روش تراکم، مشخص شود.
- همچنین در بتن ریزی هایی با حجم زیاد به دلیل طولانی شدن زمان ساخت تا اتمام تراکم، باید دقت بیشتری صورت گیرد. به جز در محل هایی که درز اجرایی پیش بینی شده است، بتن ریزی باید تا اتمام بتن ریزی مقطع به طور پیوسته ادامه یابد.

فاصله زمانی بتن ریزی بین دو لایه بستگی به نوع سیمان، میزان مصرف مواد افزودنی شیمیایی، دمای بتن، دمای محیط و برخی عوامل دیگر دارد. در مواقعی که احتمال وقوع درز سرد زیاد است باید با در نظر گرفتن تدابیری مانند استفاده از مواد افزودنی شیمیایی دیرگیر، کاهش ارتفاع لایه بتن ریزی یا افزایش توان تولید، حمل و ریختن بتن، از وقوع آن جلوگیری کرد.

حداکثر فاصله زمانی بین بتن ریزی دولایه متوالی در دمای محیطی ۲۵ درجه سانتیگراد و کمتر، ۲ ساعت و برای دمای بیشتر از ۲۵ درجه سانتیگراد، ۱/۵ ساعت می باشد.

- در مواقعی که بتن از ارتفاع زیاد (مانند بتن ریزی ستون و دیوار) تخلیه می شود، به دلیل برخورد بتن با قالب و آرماتور، جداسازی اتفاق می افتد. همچنین این نوع بتن ریزی می تواند موجب باقیماندن بتن خشک شده روی سطوح آرماتورها و قالب در ارتفاع بالاتر شده که در بتن ریزی لایه بعدی موجب عدم پیوستگی بتن و میلگرد شود. در چنین مواقعی باید با در نظر گرفتن بازشو در ترازهای پایین تر (در فواصل ۱/۵ متری) و یا از لوله و یا سرسره بتن برای نزدیک کردن خروجی بتن به سطح کار استفاده نمود. افزایش ارتفاع سقوط آزاد بتن نیز می تواند به افزایش حفرات سطحی بتن منجر شود. بنابراین برای جلوگیری از جداسازی بتن، ارتفاع تخلیه باید از قبل مشخص باشد تا تمهیدات لازم در این زمینه در نظر گرفته شود.

- بتن ریزی به طور پیوسته و با سرعت ارتفاعی زیاد موجب افزایش فشار بتن به قالب ها می شود. همچنین می تواند موجب افزایش آب انداختن و جداسازی به دلیل افزایش فشار شده که در نتیجه چسبندگی بتن و آرماتورها کاهش می یابد. تجربه نشان می دهد، افزایش سرعت بتن ریزی ممکن است به افزایش حفرات سطحی بتن بیانجامد. سرعت بتن ریزی باید براساس شکل مقطع، طرح مخلوط، روش تراکم و سایر عوامل محدود شود. به طور معمول، حداکثر این سرعت ۲ تا ۳ متر ارتفاعی در ساعت تعیین می شود. توصیه می شود نرخ ارتفاعی بتن ریزی در شرایطی مانند هوای سرد و یا استفاده از دیرگیرکننده ها، به ۲ متر در ساعت محدود شود.

- در برخی بتن ریزی ها، مثلاً بتن ریزی همزمان تیر و دال و یا دیوار و یا بتن ریزی اعضای مانند طره های دارای تغییر مقطع قابل توجه ناگهانی، به دلیل اختلاف در ضخامت مقطع، نشست های خمیری متفاوتی به وجود می آید. این اختلاف نشست تمایل به ترک خوردگی در محل این تغییر مقطع را افزایش می دهد. در چنین مواردی باید ابتدا بتن ستون ها ریخته شود و با یک وقفه زمانی، اجازه نشست به بتن داده شده و یا تراکم مجدد انجام گیرد؛ سپس بتن تیر و دال ریخته شود. این زمان حدود ۱ تا ۲ ساعت است که البته به دما و نسبت های مخلوط نیز بستگی دارد

- با توجه به انبوهی و تراکم میلگردها در مقاطع سازه ای، به خصوص ستون دیوار برشی و محل تقاطع تیر و ستون، به نظر می رسد امروزه استفاده از بتن خود تراکم می تواند کمکی برای جای دهی مناسب بتن در اطراف میلگردها و گوشه های قالب باشد.

بنابراین توصیه می شود در صورت داشتن امکانات و کنترل مناسب، از بتن خودتراکم در چنین مواردی استفاده شود. در این حالت بتن به صورت یکپارچه ریخته شده و نیازی به رعایت ضخامت حداکثر لایه بتن ریزی نیست. اما بهتر است سرعت ارتفاعی بتن ریزی برای کاهش حفرات هوای سطحی و فشار وارد بر قالب ها، به همان ۳ متر در ساعت محدود شود.

- استفاده از مواد حباب زا و ساخت بتن با حباب هوا برای بتن هایی که در معرض رطوبت و یخ زدن و آب شدن های متوالی قرار می گیرند، الزامی است. **توصیه می گردد برای اجرای بتن محوطه مدارس، ضوابط بتن محیطی در معرض رطوبت و یخبندان رعایت گردد. در اینصورت مسئولیت صحت طرح اختلاط مواد حباب ساز برعهده پیمانکار و کارخانه ساخت و تولید بتن می باشد.**

- برای بتن ریزی پی، پس از رسیدن به تراز زیر پی در صورت سست بودن محل پی باید با هماهنگی دستگاه نظارت و آزمایشگاه نسبت به تقویت بستر تا رسیدن به مقاومت مورد نظر تدابیر لازم اتخاذ گردد. بستر پی باید مطابق نقشه های اجرایی با بتن با عیار حداقل ۱۵۰ و ضخامت حداقل ۱۰۰ میلیمتر آماده و رگلاژ شود. پیمانکار باید با تعبیه پوشش های پلاستیکی و دیگر روش های مشابه، از جذب آب بتن تازه توسط زمین اطراف شالوده جلوگیری نماید.

- بتن ریزی در دال ها باید در یک جهت و بطور متوالی انجام شود. محموله های بتن نباید در نقاط مختلف سطح و بصورت پراکنده ریخته و سپس پخش و تسطیح شوند. همچنین بتن نباید در یک محل و در حجم زیاد تخلیه و سپس بطور افقی در طول قالب حرکت داده شود. با توجه به حجم بتن و روش های حمل و تخلیه، عملیات باید بصورتی انجام شود که تا حد امکان از بوجود آمدن اتصال سرد در دال ها پرهیز گردد. در عملیات بزرگ باید محل ختم بتن ریزی از قبل تعیین و در نقشه های اجرایی مشخص شود و عملیات تا محل درزهای اجرایی ادامه یابد. چنانچه در اثر بروز اشکالات، قطع بتن ریزی حادث شود، باید محل بتن ریزی برای ادامه عملیات بتن ریزی آماده شود.

- بتن ریزی در دیوارها باید در لایه های افقی با ضخامت یکنواخت صورت گیرد و هرلایه قبل از ریختن لایه بعدی بطور کامل متراکم شود. میزان و سرعت بتن ریزی 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. پیمانه های اولیه بتن باید از دو انتهای عضو ریخته شوند و سپس بتن ریزی به سوی قسمت مرکزی سازه ادامه یابد. در تمام حالات باید از جمع شدن آب در انتها و گوشه ها جلوگیری شود. در بتن ریزی ستونها و دیوارها تا حد امکان باید ارتفاع سقوط آزاد بتن را محدود نمود. این ارتفاع برای جلوگیری از جدا شدن دانه ها به ۱/۲۰ متر محدود می شود.

- پیمانکار موظف است تجهیزات و لوازم ساخت، حمل و ریختن بتن را به نحوی تهیه و کار را چنان برنامه ریزی نماید که مجموعه عوامل با ضریب اطمینان کافی قادر به بتن ریزی به طور پیوسته و بدون وقفه باشد. در موارد اجتناب ناپذیر محل قطع بتن ریزی ها باید حتی الامکان در نقاط حداقل تنشها در نظر گرفته شود. سطح مقطع بتن در محل قطع بتن ریزی (سطوح واریز) باید حتی الامکان عمود بر امتداد تنشها باشد.
- ایجاد درزهای اجرایی قائم باید با قالب های مناسب انجام شود. بتن تمامی قسمتهای یک دال و تیرهای مربوطه (تیرهای اصلی و فرعی) باید در یک مرحله ریخته شود. در موارد اجتناب ناپذیر، ایجاد درزهای اجرایی کف ها باید در ثلث میانی دهانه دال ها و تیرهای اصلی و فرعی قرار گیرند.

۲-۱۰- تراکم بتن

منظور از تراکم بتن کاهش یا حذف حباب هوای غیر عمدی یا ناخواسته در بتن است. این عمل به کمک لرزش یا فشار و ضربه و یا ترکیبی از آنها انجام می شود، بطوری که پس از بازکردن قالب، سطح بتن دارای کمترین حفرات سطحی و سایر نواقص و کاستی ها باشد. بطور کلی ویبراتورهای داخلی برای تراکم بتن ارجح هستند. ویبراتور قالب ممکن است برای برخی اعضا مانند دیوارهای نازک که استفاده از ویبراتور داخلی مشکل است به کار گرفته شود. در این خصوص، رعایت مفاد بند ۷-۵ جلد دوم آیین نامه بتن ایران (آبا) الزامی است.

الزامات اجرایی برای تراکم بتن به شرح زیر است:

- بتن باید در طول عملیات بتن ریزی با استفاده از وسایل مناسب متراکم شود، بطوریکه میلگردها و اقلام مدفون را بطور کامل دربرگیرد و قسمت های داخلی و بخصوص گوشه های قالب ها را بخوبی پرکند.
- ویبراتور در داخل بتن باید بطور منظم و 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. در هنگام تراکم با ویبراتور داخلی، ویبراتور باید حدود ۵۰ تا ۱۰۰ میلیمتر در لایه قبلی فرو برده شود.
- فاصله فرو بردن و زمان لرزاندن در هر موقعیت باید به نحوی در نظر گرفته شود که بتن به میزان کافی متراکم شود.
- ویبراتور باید به صورت تقریباً عمودی در بتن فرو برده و سپس در همان حالت بیرون آورده شود. بیرون کشیدن ویبراتور باید آرام و بگونه ای صورت گیرد که اثری از محل بیرون آوردن آن مشاهده نشود. بیرون کشیدن سریع ویبراتور از داخل بتن موجب باقی ماندن حفره ویبراتور در داخل بتن می شود (به ویژه در بتن هایی با کارایی کم). لرزاندن اضافی ممکن است موجب جداسدگی و یا از بین رفتن حباب های عمدی (خواسته) شود.

- لرزاندن مجدد بتن می تواند برای جلوگیری از ترکهای ناشی از نشست خمیری و بهبود کیفی آن انجام شود. لرزاندن مجدد باید قبل از گیرش اولیه و تا حد امکان با تاخیر انجام شود. به شرط آنکه هنوز امکان فرو بردن و لرزاندن بتن وجود داشته باشد.
- نباید از ویبراتور داخلی برای جابجایی بتن استفاده کرد، زیرا موجب جدا شدگی آن می شود. باید از حرکت ویبراتور به صورت افقی در بتن اجتناب کرد.
- نوع، قطر و تعداد ویبراتورهای لازم باید با توجه به حجم بتن ریزی در واحد زمان، ابعاد مقطع، حداکثر اندازه سنگدانه، اسلامپ بتن و سایر عوامل به نحوی انتخاب شود که تراکم مناسب و یکنواختی به وجود آید.
- کیفیت مناسب سطح نمایان بتن علاوه بر ایجاد نمای مناسب، از نظر دوام و آب بندی نیز اهمیت دارد. بنابراین تراکم کافی در بتن از محل درز قالب نزدیکی سطوح قالب باید انجام و از خروج بتن از محل درز قالب جلوگیری شود. همچنین نباید ویبراتور به قالب و یا میلگرد چسبانده شود.
- فاصله بین نقاط فرو بردن ویبراتور داخلی می باید حداکثر $1/5$ برابر شعاع عملکرد موثر ویبراتور باشد. در مجاورت قالب ها حداکثر فاصله از قالب، $0/75$ شعاع اثر آن است.

۲-۱۱- پرداخت سطح بتن

هدف از پرداخت سطح بتن، صاف و هموار کردن و تسطیح سطح نهایی و در صورت لزوم زبر کردن آن، و تامین کیفیت مقاومت سایشی و دوام مطلوب آن می باشد. عملیات پرداخت سطح باید بلافاصله بعد از ریختن بتن، در حالتی که بتن خمیری است، به اجرا گذاشته شود. مشکلات پرداخت سطح بتن معمولا آب انداختن و یا خشک شدگی زیاد ناشی از تبخیر بتن تازه و جمع شدگی ناشی از آن است، که در صورت عدم برخورد صحیح و اقدام به موقع می تواند ایراداتی را در تامین کیفیت سطح بتن به وجود آورد.

درجه همواری سطح بتن در استانداردها و آیین نامه ها و در مشخصات فنی آورده می شود. شیوه نادرست پرداخت سطح می تواند اثر نامطلوبی بر کیفیت سطح بتن باقی گذارد و آن را در برابر شرایط محیطی سخت، تضعیف کند.

مراحل و الزامات اجرایی پرداخت سطح به قرار زیر است :

پرداخت سطح بتن می تواند مراحل چهارگانه: شمشه گیری، تخته ماله زنی، ماله کشی، زبر کردن و ایجاد بافت خاص را، شامل شود، که از بین آنها اجرای دو مرحله اول الزامی است و باید به ترتیب ذکر شده بکار گرفته شود. اجرای دو مرحله دیگر بستگی به کاربری و مشخصات پروژه دارد و باید بعد از دو مرحله اول اجرا شود.

- **مرحله اول (شمشه گیری و تراز کردن سطح)**
این مرحله با استفاده از شمشه و نقاط یا نوارهای کنترل تراز سطح و با حرکت دادن شمشه به صورت اره ای به سمت مورد نظر اجرا می شود و سطح بتن به تراز دلخواه رسانیده شده و پستی و بلندی سطح آن از بین برده می شود و تا حدودی هموار می شود.
- **مرحله دوم (تخته ماله زنی)**
در این مرحله با استفاده از تخته ماله دسته بلند یا دسته کوتاه، سنگدانه های درشت در بتن فرو برده شده و پنهان می شود تا ناصافی های مربوط به شمشه گیری از بین برود. تخته ماله دسته بلند ممکن است شیارهایی را به وجود آورد که با استفاده از تخته ماله دسته کوتاه می توان آنها را حذف کرد.
- **مرحله سوم (ماله کشی)**
این مرحله برای ریزبافت کردن و بستن منافذ ریز و آب بندی و تراکم مناسب برای لیسسه ای کردن، به کمک ماله یا کمچه فلزی، به کاربرده می شود و در صورت نیاز بعد از تخته ماله زنی اجرا می شود. قبل از این مرحله باید روزدن آب بتن کامل شده و آب رو زده، تبخیر یا از سطح بتن به کمک پارچه، گونی یا هر نوع ماده جاذب، زدوده شود. همچنین می توان از دستگاه های مکشی برای حذف آب رو زده استفاده کرد.
- **مرحله چهارم (زبرکردن، برس کشی یا جاروکشی سطح)**
این مرحله برای ایجاد بافت سطحی و به وجود آوردن ناهمواری های خاص اجرا می شود و در آن نیاز به زبرکردن، برس کشی یا جاروکشی و گونی کشی سطح می باشد. این مرحله معمولاً پس از ماله کشی، مرحله سوم، اجرا می شود.

۲-۱۲- عمل آوری بتن

عمل آوری روندی است که رطوبت و دمای مطلوب بتن را حفظ یا تامین کند تا فرآیند هیدراسیون ادامه یابد و خواص و دوام مورد نظر بتن حاصل شود. عمل آوردن باید بلافاصله پس از تراکم بتن آغاز شود تا بتن در برابر عوامل زیان بار مورد حفاظت قرار گیرد. عمل آوردن بتن شامل مراقبت، محافظت و پروراندن می باشد. مراقبت به مجموعه تدابیری گفته می شود که باعث شود سیمان موجود در بتن به مدت کافی مرطوب بماند. محافظت به مجموعه تدابیری اطلاق می شود که بموجب آنها از اثر نامطلوب عوامل بیرونی مانند شسته شدن بوسیله آب باران یا آب جاری، اثر بادهای گرم یا سرد، سرد شدن سریع یا یخبندان، لرزش و ضربه خوردن بتن جوان جلوگیری شود. منظور از پروراندن بتن، سرعت بخشیدن به گرفتن و سخت شدن آن به کمک حرارت است.

عمل آوری بتن به مجموعه ای از اقدامات یا تدابیری گفته می شود که برای رسیدن به مقاومت و دوام مورد نظر باید بر روی بتن ریخته و متراکم شده، انجام شود.

این اقدامات شامل مراحل زیر است :

الف- مرحله اولیه (محافظت)؛

ب- مرحله نهایی (مراقبت)

مراحل فوق را می توان به روش عادی، با سرعت کم، یا روش تسریع شده انجام داد. در مواردی که در حین عمل آوری بتن دمای هوا افت شدید داشته باشد، و به زیر $+5$ سلسیوس برسد هیدراته شدن سیمان ممکن است دچار اختلال شود و برای جلوگیری از آن نیاز به گرما رسانی می باشد. گرما رسانی در این شرایط روشهای اجرایی مختلفی دارد که به آنها «پروراندن بتن» گفته می شود.

۲-۱۲-۱- عمل آوری اولیه یا محافظت

عمل آوری اولیه مربوط به مرحله ای است که بتن، سخت نشده است یا مراحل ابتدایی سخت شدن را می گذرانند. در این مرحله بتن ممکن است تحت اثر آسیب ها و اثرات نامطلوب، مانند، شسته شدن با جریان آب یا رگبار، خشک شدگی اولیه در اثر وزش باد یا تابش مستقیم آفتاب، یخ زدن سریع در هوای بسیار سرد و لرزش و ضربه ناگهانی قرار گیرد. برای جلوگیری از این آسیب ها باید تدابیر و اقدامات لازم پیش بینی شود.

ایجاد پوشش در سطح بتن با استفاده از ورقه نایلونی، برای جلوگیری از آسیب رگبار و شسته شدن در اثر جریان آب، جلوگیری از تبخیر سریع در اثر وزش باد، به ویژه باد گرم و خشک لازم است. چنانچه نمای سطح، مهم باشد، باید به کمک وسایل مناسب از تماس نایلون با سطح بتن تازه، جلوگیری کرد.

در مواردی که آب انداختن بتن، به شدت کم می شود یا از بین می رود، نیاز به حفاظت بیشتر در برابر تبخیر وجود خواهد داشت. استفاده از پوزولان های مختلف به ویژه دوده سیلیس یا استفاده از مواد سیمانی یا پودری زیاد در بتن و یا کاهش شدید نسبت آب به مواد سیمانی می تواند موجب حذف یا کاهش شدید آب انداختن شود.

از جمله روشهای حفاظتی برای بتن تازه ریخته شده و جوان، می توان به مواد شیمیایی کاهنده تبخیر، عایق بندی حرارتی برای جلوگیری از یخبندان سریع و زود هنگام در هوای خیلی سرد و یا جلوگیری از وارد آمدن ضربه به بتن یا قالب و ممانعت از ایجاد لرزش در اثر عوامل مختلف مانند حرکت ماشین آلات سنگین، غلتک ها و غیره، اشاره کرد.

۲-۱۲-۲- عمل آوری نهایی

عمل آوری نهائی مربوط به زمان پس از گیرش بتن و در مرحله سفت شدن است، که در آن باید رطوبت سطحی و حداقل دمای لازم برای هیدراته شدن سیمان فراهم شود. این مرحله از عمل آوری می تواند معمولاً به یکی از روش های زیر انجام شود :

• رطوبت رسانی؛

در روش های رطوبت رسانی، هدف مرطوب نگهداشتن بتن و جلوگیری از تر و خشک شدن آن می باشد. این روش ها ممکن است بصورت مستقیم و یا با واسطه انجام شود. در رطوبت رسانی مستقیم رطوبت به شکل مایع یا بخار، در تماس مستقیم با بتن قرار می گیرد. در این روش دمای آب نباید بیش از ۱۲ درجه سلسیوس خنک تر از دمای سطح بتن باشد. این روش می تواند شامل غرقاب سازی، ایجاد حوضچه روی سطح یا آب بستن روی بتن، آبیاشی و بخاردهی باشد.

انتخاب شیوه رطوبت رسانی با توجه به شرایط عضو و امکانات کارگاهی و صرفه و صلاح فنی و اقتصادی صورت می گیرد. بطور کلی رطوبت رسانی روش مناسبی برای مراقبت از بتن می باشد و در صورت امکان بر سایر روشها رجحان دارد. بدیهی است انتخاب شیوه رطوبت رسانی مستقیم با توجه به امکانات کارگاهی و نوع عضو و شرایط قرارگیری آن و همچنین شرایط محیطی و اقتصادی پروژه انجام می شود.

به واسطه تماس بخار آب با سطح بتن، علاوه بر جلوگیری از خشک شدگی، رطوبت سطح نیز تامین می شود. در این بند عمل آوری رطوبتی با بخار آب مد نظر بوده است، ضمن اینکه بخار آب نقش پروراندن (عمل آوری حرارتی) را نیز می تواند ایفا کند، به شرط آن که دمای بخار آب افزایش یابد.

در مواردی که نتوان آب لازم را برای رطوبت رسانی مستقیم فراهم نمود یا امکان تر و خشک شدن پی در پی وجود داشته باشد، این شیوه ها به کار می رود. فواصل آب دهی در این موارد می تواند بیشتر شده و عملیات نگهداری رطوبتی با دغدغه کمتری صورت پذیرد. به هر حال تر و خشک شدن سطح بتن امری نامطلوب است.

در شیوه های رطوبت رسانی غیرمستقیم، از یک ماده جاذب آب به عنوان واسطه حفظ رطوبت و همچنین رطوبت رسانی استفاده می شود. هر چه میزان جذب آب در واحد سطح این ماده بیشتر باشد، برای عمل آوری رطوبتی، مناسب تر است. این روش شامل چتایی (پارچه کنفی) خیس، بافته پنبه ای یا حصیر، کاه، پوشال و خاک اره و ماسه یا خاک می باشد.

باید چتایی در محل مورد نظر در سطح افقی و با استفاده از اجسام سنگین (مانند میلگرد، تیرچوبی یا لوله و غیره) تثبیت شود. بهتر است این اجسام در محل همپوشانی استفاده شود تا موجب عدم جابجایی و بلندشدن لایه های چتایی شود. توصیه می شود، در پایان مدت عمل آوری اجازه داد تا چتایی در همان محل (روی بتن) خشک شده و از برداشتن چتایی خیس بلافاصله در پایان عمل آوری خودداری نمود تا دچار شوک ناگهانی رطوبتی نشود.

همچنین استفاده از کاه و خاک اره چوب تازه، به دلیل احتمال داشتن اسید شیره های گیاهی مانند اسید تانیک و تأثیر نامطلوب بر سطح بتن جوان و نارس توصیه نمی شود. تغییر رنگ سطح بتن از جمله مشکلاتی است که به دلیل استفاده از این مواد به وجود می آید.

• حفظ رطوبت (عایق رطوبت):

در این روش ها، حفظ رطوبت یا جلوگیری از تبخیر آب در دستور کار قرار دارد. این روش ها، برای بتن های با نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴۲ یا کمتر توصیه نمی شود. برای حفظ رطوبت بتن می توان از ورق ها یا مواد پوششی مانع تبخیر مانند: ورق نایلون، مواد شیمیایی غشاءساز استفاده نمود. این روش ها برای بتن های با نسبت آب به مواد سیمانی کم و پر مقاومت، توصیه نمی شود ولی در صورت وجود اضطرار می تواند بکار گرفته شود. همچنین قالب ها نیز در بیشتر موارد نوعی پوشش مانع تبخیر محسوب می شود.

نکته : استفاده از ترکیب هر دو روش رطوبت رسانی و حفظ رطوبت، مجاز است. ترکیب این دو می تواند، مزایای هر دو را دارا باشد، و معایب هر یک را پوشش دهد. در روش ترکیبی، ابتدا از روش رطوبت رسانی و سپس از روش حفظ رطوبت استفاده می شود. مزیت روش ترکیبی به کارگیری آب کمتر و جلوگیری از تر و خشک شدن پی در پی آن است. به هر حال گاهی استفاده از روش های ترکیبی بصورت هم زمان، مقدور نیست. برای مثال در صورت به کارگیری مواد شیمیایی عمل آوری، نمی توان هم زمان از رطوبت رسانی استفاده نمود. از جمله روشهای ترکیبی، ابتدا استفاده از روش های رطوبت رسانی و سپس استفاده از روش های جلوگیری از تبخیر است که روش ترکیبی غیر هم زمان محسوب می شود. استفاده از نایلون بر روی پوشش های خیس و مواد جاذب آب مانند گونی خیس، و همچنین استفاده از نایلون و آبرسانی به زیر آن نیز توصیه می شود.

۲-۱۲-۳- مدت عمل آوری

مدت عمل آوری نهایی یا مراقبت بتن به عواملی از جمله نوع مواد سیمانی، آهنگ کسب مقاومت، دمای سطح بتن و هوای مجاور، شرایط محیطی پس از پایان دوره عمل آوری و همچنین اهمیت بتن و سازه، به ویژه از نقطه نظردوام بستگی دارد. نسبت آب به مواد سیمانی، مقدار مواد سیمانی و رده مقاومت مورد نیاز بتن از جمله عوامل دیگری است که می تواند مورد توجه قرار گیرد. برای انتخاب مدت عمل آوری بایستی کلیه مفاد و جداول بند ۷-۴ جلد دوم آیین نامه بتن ایران (آبا) رعایت گردد.

۲-۱۲-۴- پروراندن بتن

پروراندن بتن به عملیاتی اطلاق می شود، که منجر به افزایش دمای سطح بتن در هوای سرد می شود. در دمای کمتر از ۵+ درجه سلسیوس، هیدراته شدن سیمان بسیار کند می شود و نیاز به افزایش دمای سطح بتن یا هوای مجاور آن می باشد. پروراندن بتن که معمولاً با سرعت عادی برای هیدراته شدن سیمان انجام می شود و پروراندن عادی نامیده می شود. در مواردی که بدلائل اجرایی لازم است با افزایش قابل توجه دمای بتن در مدت عمل آوری، دستیابی به مقاومت بتن، در مدت کوتاه تری ممکن شود، عمل آوری « تسریع شده » نامیده می شود. پروراندن بتن ممکن است بصورت خشک یا مرطوب انجام شود. در حالت اول تنها دمای بتن افزایش داده می شود و در حالت دوم از رطوبت رسانی نیز استفاده می شود.

روشهای پروراندن خشک با گرماسازی شامل استفاده از بخاری های سوختی، المنت ها یا بخاری های برقی فن دار یا بدون فن، رادیاتورهای آب گرم یا روغن داغ یا بخار داغ، وسایل تشعشعی مانند لوله های روغن داغ یا لامپ های مادون قرمز، استفاده از برق با ولتاژ کم برای گرم کردن قالب فلزی یا میلگردها می باشد. در روشهای پروراندن خشک با گرماسازی، باید دقت شود که سطح بتن به طور کلی یا موضعی خشک نشده و دچار ترک خوردگی نشود. همچنین باید توجه داشت که دمای بتن به صورت موضعی افزایش قابل توجهی پیدا نکند.

حفظ گرمای بتن، اعم از گرمایی که هنگام ریختن دارد و گرمای ناشی از هیدراته شدن سیمان را می توان با کمک لحاف های پشم سنگ یا پشم شیشه، ورق های پلی یورتان منبسط شده، پلی استایرن منبسط شده، تخته های چند لایه و نظایر آن تامین کرد. همپوشانی این ورق ها باید مورد توجه قرار داده شود. نوع عایق و ضخامت عایق در رابطه با حفظ گرما از اهمیت زیادی برخوردار است.

روش های پروراندن مرطوب به دلیل کاهش احتمال آسیب دیدن بتن در اثر خشک شدگی، جمع شدگی و ترک خوردگی ناشی از آن و همچنین جلوگیری از کاهش جدی فرآیند هیدراته شدن، که معمولاً نتایج بهتری نشان داده اند توصیه می شوند. در مواردی که از روش بخاردهی استفاده می شود باید بخار آب چنان در محیط دمیده شود یا در تماس با سطح بتن قرار گیرد که تقریباً همه سطح را به یک مقدار گرم کرده و تنش حرارتی و گرمای موضعی به وجود نیاورد. بنابراین بهتر است بخار آب گرم یا داغ به طور مستقیم بر سطح بتن دمیده نشود.

۲-۱۲-۵- کنترل کفایت عمل آوری

در مواردی که دستگاه نظارت در ارتباط با مدت یا شیوه عمل آوری بتن سازه، مشکوک باشد، لازم است قبل از اجرای بتن، آزمایش هایی برای کنترل کفایت عمل آوری انجام شود. این آزمایش ها بر روی بتن عمل آوری شده در شرایط استاندارد و همچنین عمل آوری شده در شرایط واقعی کارگاهی انجام می شود. تهیه و عمل آوری آزمونه در شرایط استاندارد و شرایط واقعی کارگاهی بایستی طبق استانداردهای ملی ۳۲۰۵ یا ۱۶۰۸ انجام شود.

آزمونه های عمل آوری شده در شرایط استاندارد و واقعی کارگاهی باید از یک پیماننه بتن طبق استاندارد ملی ۱-۳۲۰۱ برداشته شوند. تعداد آزمونه ها برای هر یک از شرایط، حداقل سه آزمونه است و در مجموع باید حداقل ۶ آزمونه برای هر عضو سازه ای باشد.

کفایت عمل آوری وقتی حاصل می شود، که نسبت میانگین مقاومت آزمونه های عمل آوری شده در شرایط واقعی کارگاهی در سن مقاومت مشخصه، حداقل ۰/۸۵ مقاومت میانگین آزمونه های عمل آوری شده در شرایط استاندارد در همان سن باشد. در مواردی که این شرط برآورده نشود، اگر میانگین مقاومت آزمونه های عمل آوری شده در شرایط واقعی کارگاهی، حداقل به میزان ۱۰ درصد بیش از مقاومت مشخصه بتن، در همان سن باشد، مدت و شیوه عمل آوری تأیید می شود.

در مواردی که مدت و شیوه عمل آوری قابل قبول نباشد، لازم است با تغییر مدت یا شیوه عمل آوری و یا هر دو، آزمایش مزبور دوباره انجام شود تا امکان رد یا قبول کفایت عمل آوری فراهم شود.

با توجه به ضریب اهمیت بالای ساختمان مدارس و الزام عمل آوری مناسب عضوهای سازه ای بتن، جهت بررسی بتن اجرا شده و صحت و کفایت عمل آوری، لازم است با نظر کمیته فنی اداره کل نوسازی مدارس استان نسبت به آزمایش ثانویه بتن (شامل چکش اشمیت، اولتراسونیک و ...) اقدام گردد و نتایج حاصل از آزمایش مذکور به مثابه نتیجه مقاومت فشاری نمونه بتنی بوده و طبق آن با پیمانکار برخورد خواهد شد. لازم به ذکر است در صورت حصول نتیجه ضعیف، بند مربوط به بتن کم مقاومت مدنظر قرار گرفته و پیمانکار حق هیچگونه اعتراضی را نخواهد داشت.

۲-۱۲-۶- نمونه های آگاهی

برای آگاهی یافتن از کیفیت بتن مصرفی پروژه در شرایط عمل آوری کارگاهی و در سنی خاص «نمونه آگاهی» تهیه و آزمایش می شود. نمونه آگاهی شامل یک یا چند آزمونه است. این آزمونه ها، در صورت لزوم، علاوه بر آزمونه هایی که در شرایط استاندارد عمل آوری می شوند و برای انطباق با رده بکار می روند، طبق استانداردهای ملی ۳۲۰۵ یا ۱۶۰۸-۲ تهیه، و در همان شرایطی که عضو مورد نظر در کارگاه قرار دارد، نگهداری و عمل آوری می شوند. به کمک نتایج آزمایش این آزمونه ها و مقایسه با معیارهای تعیین شده در مشخصات فنی پروژه و یا در این آیین نامه، می توان زمان باز کردن قالب ها، زمان اعمال پیش تنیدگی، مدت زمان عمل آوری اعم از عادی یا تسریع شده و مدت حفاظت در هوای سرد را تعیین کرد.

لازم به ذکر است در صورت نبود نمونه آگاهی برای بررسی مقاومت بتن در سنین مختلف، از آزمایش ثانویه روی اعضای سازه ای بتنی استفاده گردد.

۲-۱۲-۷- بتن ریزی در هوای سرد

در مواردی که دمای هوا کمتر از $+5$ درجه سلسیوس باشد و یا احتمال برود که در مدت حفاظت از بتن، دمای هوا به کمتر از این مقدار برسد، شرایط هوای سرد بوجود می آید. بتن ریزی در هوای سرد احتمال رویارویی زود هنگام بتن را با شرایط یخبندان افزایش می دهد و ممکن است به آن آسیب برساند. بعلاوه شرایط هوای سرد آهنگ کسب مقاومت بتن را کاهش می دهد دمای یخ زدگی بتن حدود 1°C تا 2°C در فشار یک اتمسفر (در سطح دریا) است که به نسبت آب به مواد سیمانی و مواد افزودنی بستگی دارد. وقتی بتن در معرض دمای حدود 5°C یا کمتر قرار می گیرد، واکنش های مرتبط با گیرش و سخت شدن بتن در حد قابل توجهی کند می شود. بنابراین وقتی بتن تحت بارهای دوره ساخت قرار می گیرد، مشکلاتی چون ترک خوردگی و تغییر شکل رخ می دهد.

هرگاه در سنین اولیه به دلیل یخ زدگی آسیبی به بتن وارد شود، هرگز مقاومت و دوام مورد نظر را کسب نمی کند، حتی اگر پس از آسیب دیدگی، حفاظت و عمل آوری مطلوب اعمال شود.

الزامات قبل از بتن ریزی در هوای سرد به شرح زیر است :

- همه وسایل و تجهیزات بتن ریزی در هوای سرد باید در کارگاه موجود باشد. این موارد شامل دماسنج، پوشش محافظتی برای بتن و در صورت لزوم وسایلی برای محفوظ کردن فضای اطراف بتن و وسایل گرمایشی است.
- قبل از بتن ریزی باید شرایط آرماتورها و قالب ها مورد بازرسی قرار گیرند و نباید یخ و برف در سطح آنها مشاهده شود. همچنین دمای هر نوع فلزی که در تماس با بتن قرار می گیرد، باید قبل از بتن ریزی بیش از صفر درجه سلسیوس باشد.
- باید از ریختن بتن روی زمین یا بتن یخ زده اجتناب شود و دمای آنها قبل از بتن ریزی به بیش از صفر درجه سلسیوس افزایش یابد.
- برای بتن ریزی در هوای سرد، به ویژه در حالتی که بتن در مدت عمل آوری اشباع می شود، از مواد حباب ساز جهت ایجاد حباب هوای عمدی در بتن استفاده می شود.
- در تمام موارد نباید اجازه داده شود بتن غیراشباع تا قبل از رسیدن به مقاومت فشاری 5 مگاپاسکال، یخ بزند.
- در تمام موارد نباید اجازه داده شود بتن اشباع تا قبل از رسیدن به مقاومت فشاری 25 مگاپاسکال، یخ بزند.

حداقل دمای مجاز مخلوط بتن تابع دمای هوا و حداقل اندازه مقطع عضو بتنی است. هر چه حداقل بُعد مقطع بتن بزرگتر باشد، با سرعت کمتری گرمای خود را از دست می دهد و در نتیجه افزایش دمای بیشتری در بتن ناشی از گرمزایی آن رخ می دهد. همچنین حداقل دمای مخلوط بتن پس از ساخت آن، به عوامل مختلفی از جمله مدت حمل، معطلی و نوع وسیله حمل ارتباط دارد. رعایت حداقل دمای مجاز مخلوط بتن طبق مفاد و جداول بند ۷-۳-۱۰ جلد دوم آیین نامه بتن ایران (آبا) الزامی است. در هر صورت بتن ریزی نباید در دمای کمتر از 15°C - درجه سلسیوس، انجام شود، مگر آنکه دستگاه نظارت با رعایت تمهیدات خاص آن را مجاز بداند.

برای تامین دمای بتن مخلوط شده می توان از آب گرم برای ساخت آن استفاده کرد. در هر حال دمای آب مصرفی نباید بیش از ۸۰ درجه سلسیوس باشد.

الزامات پس از بتن ریزی در هوای سرد به شرح زیر است :

- در هوای سرد، آب ناشی از آب انداختن به مدت طولانی تری بر سطح بتن باقی می ماند. عملیات پرداخت سطح در هوای سرد باید با دقت بیشتری، به ویژه برای سطوحی که دارای تردد یا سایش هستند، انجام پذیرد.
- بلافاصله پس از بتن ریزی، باید حفاظت از بتن با پوشش عایق یا گرم کردن آغاز شود. در صورتیکه لازم باشد از روش گرم کردن برای محافظت بتن استفاده شود، نیاز به ایجاد فضای بسته در اطراف بتن خواهد بود.
- زمان قالب برداری در هوای سرد طولانی تر از زمان لازم در شرایط عادی است. در هوای سرد روند کسب مقاومت فشاری برای همه انواع سیمان، به ویژه سیمانهای آمیخته کند می شود. بنابراین باید توجه ویژه ای به این امر در تعیین زمان قالب برداری نمود.

۸-۱۲-۲- بتن ریزی در هوای گرم

در مواردی که دمای بتن در زمان بتن ریزی بیشتر از ۳۲ درجه سلسیوس باشد، شرایط هوای گرم حاکم است. دمای زیاد بتن اثرات نامطلوبی بر بتن تازه و سخت شده دارد. برخی از این اثرات شامل کاهش زمان گیرش، احتمال بیشتر ترک خوردگی، افزایش جمع شدگی ناشی از خشک شدگی و احتمال کاهش مقاومت های مکانیکی و دوام می باشد. غیر از دمای بتن عوامل دیگری نیز مانند دمای زیاد هوا، رطوبت نسبی کم هوا، سرعت زیاد باد، ارتفاع زیاد از سطح دریا و تابش مستقیم خورشید به تبخیر بیشتر از سطح بتن می انجامد. این عوامل می توانند باعث افزایش اثرات نامطلوب هوای گرم (دمای هوا) به خصوص جمع شدگی خمیری و ترک خوردگی در سطح بتن شوند.

الزامات قبل از بتن ریزی در هوای گرم به شرح زیر است :

- همه مواد و تجهیزات مورد نیاز برای ساخت بتن و بتن ریزی در هوای گرم باید قبل از شروع عملیات فراهم شوند.
- تمام وسایل ساخت بتن تا حد امکان باید در سایه نگهداری شوند. برای خنک کردن مخلوط کن می توان با ریختن آب بر سطح بیرونی یا درونی مخلوط کن، اقدام نمود. اما در هنگام ساخت مخلوط بتن، نباید آب اضافی در مخلوط کن موجود باشد.
- برای کاهش دمای مخلوط بتن لازم است از روش های پیشگیرانه جهت جلوگیری از افزایش دمای اولیه مصالح استفاده نمود. همچنین می توان نسبت به خنک کردن مصالح مصرفی اقدام کرد. آسان ترین روش، استفاده از آب سرد و یا یخ در مخلوط بتن است. استفاده از آب سرد در ساخت مخلوط بتن می تواند تا حدود 4°C

دمای مخلوط را کاهش دهد، اما اثر کاهش دمای مخلوط با استفاده از یخ به صورت مستقیم تا حدود ۱۰ درجه است.

- مصالح مصرفی شامل، سنگدانه و مواد سیمانی و آب باید تا حد امکان از دمای کم برخوردار باشند. بدیهی است، دمای بتن پس از مخلوط کردن باید از حداکثر دمای مجاز ریختن آن، کمتر باشد.
- برای خنک کردن سنگدانه های درشت در مناطق نسبتاً خشک می توان از پاشش آب بر سطح آن استفاده کرد و اجازه داد تا آب سنگدانه تبخیر شود.
- دمای مخلوط بتن باید در حدی باشد که پس از حمل و قبل از ریختن از دمای مجاز تجاوز نکند.
- مقدار آب مخلوط بتن باید به مقدار تعیین شده در طرح مخلوط باشد و به هیچ وجه نباید برای جبران افت اسلامپ، بیشتر از آب تعیین شده در طرح مخلوط، آب اضافه کرد. زیرا اضافه کردن آب منجر به افزایش نسبت آب به مواد سیمانی و در نتیجه کاهش مقاومت مکانیکی و دوام بتن می شود.

برای انتقال بتن، بتن ریزی و عمل آوری بتن در هوای گرم موارد زیر باید رعایت گردد :

- انتقال بتن با کامیون مخلوط کن باید به نحوی باشد که حداکثر تعداد چرخش جام کامیون به ۳۰۰ دور در طول حمل محدود شود. در مواردی که قرار باشد عمل اختلاط و حمل به صورت توأم انجام شود، لازم است حداقل ۷۰ دور با سرعت چرخش تند، بتن را مخلوط کرد، اما برای بقیه دورها باید سرعت چرخش جام کند باشد. محدودیت ۳۰۰ دور صرفاً برای بتن ریزی در هوای گرم اعمال می شود و در سایر موارد جنبه توصیه ای دارد.
- مدت انتقال بتن با کامیون مخلوط کن تا اتمام تخلیه بتن از کامیون نباید از یک ساعت بیشتر شود. این مدت می تواند با مصرف مواد افزودنی کندگیر یا سیمان هایی با دیرگیری و افت اسلامپ کم، با مجوز دستگاه نظارت افزایش یابد.
- برای جلوگیری از گرم شدن بتن در حین انتقال توصیه می شود قبل از استفاده، دمای وسایل و تجهیزات حمل و ریختن مانند دیگ مخلوط کن را با کمک آب یا چتایی خیس کاهش داد. توصیه می شود رنگ وسایل حمل و ریختن بتن مانند دیگ کامیون حمل بتن، سفید یا رنگ روشن باشد. در هوای شرجی و گرم لازم است صرفاً از آب خنک برای کاهش دمای دیگ مخلوط کن استفاده نمود.
- حداکثر دمای مخلوط بتن در هنگام بتن ریزی باید به ۳۲ درجه سلسیوس محدود شود، مگر آن که مهندس مشاور یا دستگاه نظارت پروژه دمای کمتری را تجویز نماید.
- در مواردی که شرایط محیطی احتمال ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی خمیری را افزایش می دهد، باید نسبت به حفاظت سطح بتن از تبخیر زیاد به ویژه در دالها اقدام کرد. دمای زیاد هوا و بتن، رطوبت کم محیط، سرعت زیاد باد و تابش مستقیم آفتاب از عوامل تشدید کننده تبخیر آب از سطح بتن هستند. استفاده از

پوشش نایلونی بر سطح بتن، بدون آنکه در تماس مستقیم با بتن باشد، یا استفاده از مواد غشا ساز جلوگیری کننده از تبخیر پس از اتمام پرداخت سطح، روش مناسبی برای کاهش نرخ تبخیر است.

- در مواردی که نرخ تبخیر در حد زیاد است و امکان کاهش وجود ندارد، می توان از انواع الیاف استفاده کرد. استفاده از الیاف حتی به مقدار حدود ۰/۱ تا ۰/۲ درصد حجم بتن می تواند بروز ترکهای ناشی از جمع شدگی خمیری را به تاخیر انداخته و یا کاهش دهد.
- در هوای گرم بهترین روش عمل آوری برای دال ها ایجاد حوضچه آب بر سطح آن ها است. همچنین استفاده از چتایی خیس همراه با پوشش نایلون بر روی اعضای بتنی، توصیه می شود. چتایی باید در طول مدت عمل آوری به طور مداوم خیس باشد.

۲-۱۳- قالب بندی

قالب، سازه های موقت است که برای نگهداری وزن و رانش بتن تازه و سایر بارهای وارده، تا زمانی که بتن سخت نشده و به مقاومت کافی نرسیده، به کار برده می شود. این سازه شامل رویه در تماس بتن، بدنه و تمام اعضای نگهدارنده آن مانند پشت بندها، کلاف ها و سایر اعضایی است که برای تامین مقاومت قالب در برابر بارهای وارده به کار می رود، می باشد.

قالب بندی به مجموعه قالب و سازه نگهدارنده آن گفته می شود که باید بارهای وارده به قالب را به تکیه گاه ها برساند. شمع ها، داربست و پایه های اطمینان جز این مجموعه به حساب می آیند. شمع (پایه) اعضای عمودی یا موربی هستند که برای تحمل بارهای زنده حین ساخت و وزن قالب و بتن، طراحی می شوند و به کار می روند. در طراحی و ساخت قالب و قالب بندی باید علاوه بر مقاومت و پایداری به کیفیت سطح عضو سازه که پس از برداشتن قالب نمایان می شود، توجه داشت. رعایت مشخصات تعیین شده در پروژه الزامی است. قالب به عنوان سازه موقت، وظیفه ایجاد شکل، ابعاد، سطوح و حدود نهایی اعضای سازه را تا زمان سخت شدن و کسب مقاومت کافی بتن در محدوده رواداری های مجاز ابعادی به عهده دارد.

قالب باید بتن تازه را تا قبل از دستیابی به مقاومت کافی، در برابر ضربه و لرزش های متعارف حفظ کند. همچنین از کم شدن رطوبت بتن و نشت شیره آن از سطح در تماس با قالب جلوگیری نماید. قالب باید بتواند میلگردها و سایر اجزا و قطعاتی که داخل آن قرار دارند را در محل مورد نظر نگاه دارد. در طراحی قالب و قالب بندی باید سه اصل کیفیت، ایمنی و اقتصاد در نظر گرفته شود.

جنس قالب می تواند از چوب، فولاد، آلومینیوم آلیاژی و مواد پلاستیکی و پلیمری، بتن، آجر و ... باشد. در تمام موارد باید توجه داشت که جنس رویه قالب با بتن واکنش مخرب ندهد و ظاهر بتن در عضو مورد نظر را مطابق مشخصات پروژه حفظ نماید.

استفاده از انواع چوب برای ساخت قالب های چوبی و متعلقات آن مانند: تخته، الوار، چهارتراش و تخته چندلا مجاز است. بدیهی است چوب های عمل آوری شده یا تزریق شده از کیفیت و دوام بیشتری برخوردارند.

استفاده از قالب های ماندگار مانند بلوک های سفالی یا بتنی مجاز است. اما استفاده از مواد پلیمری مانند پلی استایرن منبسط شده به عنوان قالب ماندگار مجاز نیست، مگر در مواردی که امکان آتش سوزی در سطح بتن وجود نداشته و یا دستورالعملهای محافظت در مقابل آتش سوزی رعایت شده باشد. یکی از دلایل استفاده از پوشش بتنی بر روی میلگردها، تأخیر رسیدن حرارت ناشی از آتش سوزی به آرماتور است. اما با استفاده از پلی استایرن، این زمان به شدت کاهش می یابد. بنابراین از پلی استایرن معمولی نباید استفاده شود، مگر آنکه ضوابط آتش مطابق مبحث سوم مقررات ملی رعایت شود.

قالب ها را می توان به دفعات مورد استفاده قرار داد، اما به لحاظ مسائل ایمنی و همچنین برای حفظ رواداری و شکل قطعات لازم است، تعداد دفعات استفاده از آنها با نظر دستگاه نظارت مشخص شود. توصیه می شود از قالب های تخته چندلا بدون روکش حداکثر ۱۰ مرتبه، از قالبهای پلاستیکی یا محصولات الیاف شیشه حداکثر ۲۰ مرتبه، و از قالب های فولادی حداکثر ۳۰ مرتبه استفاده شود. در صورت استفاده از قالبهای تخته چندلا به روکشدار، تعداد دفعات استفاده، بسته به جنس روکش افزایش می یابد. به هر حال، دقت در قالب بندی و قالب برداری، و شرایط انبار کردن قالب ها تاثیر به سزایی در تعداد دفعات استفاده از قالب دارد.

الزامات اجرایی قالب بندی به شرح زیر است :

- سطح داخلی قالب ها باید با مواد مناسب درزبندی، اندود و سپس با استفاده از مواد رهاساز (روغن قالب) پوشش داده شود. استفاده از هرگونه موادی که بتواند تاثیری نامطلوب بر سطح بتن داشته باشد، مجاز نیست. مواد رهاساز را باید چنان به کار برد که بدون آلوده شدن میلگردها، روی سطوح قالب لایه ای یکنواخت و نازک به وجود آورد. به طور کلی معمولاً دو ماده بر روی سطح قالب اعمال می شود، اندودها (درزبندها) و رهاسازها. اندودها برای تسهیل در باز کردن قالب ها، درزبند کردن سطح برای جلوگیری از نشت شیره و بهبود دوام سطح تماس استفاده می شوند و مواد رهاساز نیز موادی هستند که از چسبندگی سطوح تماس جلوگیری و قالب برداری را آسان می کنند. تا حد امکان قالب ها را باید قبل از جاگذاری آرماتورها نصب کرد و مواد رهاساز را بر روی آن اعمال نمود تا از آلودگی میلگردها جلوگیری شود.
- درون قالبها باید کاملاً تمیز و عاری از مواد زائد باشد. سیم های بریده شده آرماتوربندی، قطعات چوب، گرد و خاک، گل و لای، برف و یخ ، خرده های پلی استایرن یا قطعات کیسه های کاغذی یا پلاستیکی از جمله مواد زائد درون قالب محسوب می شود.
- قالبها باید کاملاً در جای خود تثبیت شوند و هیچ گونه درز یا حفره ای در آنها مشاهده نشود تا از احتمال خروج شیره و ملات جلوگیری شود.
- امتداد شمع ها (پایه ها) باید کاملاً قائم بوده و اگر شمع ها بر روی زمین قرار دارند، باید با نصب صفحات مناسب چوبی یا فلزی از کافی بودن سطح باربری اطمینان حاصل شود.

- اجرای قالب ها باید با درز ساخت، درز جداکننده و درز انقباض یا جمع شدگی هماهنگ باشد. همچنین در صورت نیاز به نوار آب بند، باید نصب آن در دستور کار قرار گیرد
- فاصله نگهدارها (لقمه) باید در محلهای مورد نظر و به تعداد کافی نصب شده باشند و در حین بتن ریزی از جای خود حرکت نکنند. جنس فاصله نگهدار می تواند بتنی یا پلیمری باشد.
- پیش بینی پایه های اطمینان برای تیرهای با دهانه بزرگتر از پنج متر، تیرهای طره ای به طول بیشتر از ۲/۵ متر، دال های با دهانه بزرگتر از سه متر و دال های طره ای به طول بیشتر از یک و نیم متر، الزامی است. تعداد پایه های اطمینان باید به اندازه ای باشد که فاصله آنها از یکدیگر از سه متر تجاوز نکند.

الزامات اجرایی قالب برداری به شرح زیر است :

- حداقل مقاومت لازم بتن جهت بازکردن قالب های اعضای خمشی و پایه های اطمینان آنها، باید توسط مهندس مشاور یا دستگاه نظارت مشخص شود. در مواردی که این حداقل تعیین نشده باشد، چنانچه مقاومت آزمون های آگاهی، حداقل ۷۰ درصد مقاومت مشخصه باشد، می توان قالب های سطوح زیرین را برداشت. برای پایه های اطمینان نیز این زمان متناظر با رسیدن مقاومت آزمون های آگاهی به ۹۰ درصد مقاومت مشخصه است.
- برای تیرهای با دهانه تا هفت متر، برداشتن کل قالب و داربست و سپس زدن پایه های اطمینان مجاز است. برای دهانه های بزرگتر از هفت متر، تنظیم قالب و داربست باید طوری باشد که برداشتن قالب بدون جابجایی پایه های اطمینان میسر باشد.
- در مواردی که مجموعه قالب بندی طبقه فوقانی روی طبقه تحتانی تکیه دارد تنها وقتی می توان پایه های اطمینان طبقه زیرین را برچید که بتن طبقه بالا مقاومت لازم را به دست آورده باشد. توصیه می شود پایه های اطمینان، همواره در دو طبقه متوالی برجا باشند و تا حد امکان هر دو پایه اطمینان نظیر در دو طبقه، روی هم و در امتداد یکدیگر قرار گرفته باشند.
- برداشتن پایه های اطمینان باید بدون اعمال فشار و ضربه صورت گیرد و طوری باشد که بار به تدریج از روی آنها برداشته شود. توصیه می شود این عمل در دهانه های بزرگ از وسط دهانه بسمت تکیه گاهها و در طره ها از لبه بطرف تکیه گاه انجام شود. برداشتن بار از روی پایه های اطمینان در دهانه های بزرگ و قطعاتی که نقش سازه ای حساسی دارند، باید با وسایل قابل کنترل انجام شود، به طوری که در صورت لزوم در هر لحظه بتوان باربرداری از روی پایه ها را متوقف کرد.
- قالب برداری در سازه های چند طبقه، با توجه به اینکه بارهای طبقات بالا ممکن است به طبقات پائین منتقل شود، نیاز به اتخاذ تدابیر خاص دارد که باید توسط مهندس مشاور در مشخصات خصوصی قید شود.

- قراردادن لوله ها و مجراهای آب، فاضلاب، بخار، و گاز در امتداد محور تیرها و ستونها، و یا به موازات میان صفحه دال ها مجاز نیست. در مواردی که عبور لوله ها و مجاری در جهت عمود بر امتدادهای ذکر شده اجتناب ناپذیر باشد، باید اولاً محل آنها به تایید دستگاه نظارت برسد و ثانیاً اطراف آنها به نحو مناسبی تقویت شود.
- عبور دادن لوله ها و مجراها از داخل فضای خالی تیرها و ستونها با مقطع مجو، مشروی بر آنکه قابل بازدید و قابل تعویض باشند، بلامانع است. لوله ها و مجراهای آلومینیومی نباید در قطعات بتنی جاگذاری شوند، مگر آنکه به طرز موثری محافظت شده باشند.
- قراردادن لوله های پلاستیکی داخل ستونها و دیوارها برای عبور میل مهارهای قالب به شرط پرکردن آنها با ملات ماسه سیمان پس از قالب برداری مجاز است. در صورتی که تعداد و قطر این لوله ها در حدی باشد که هیچ یک از مقاطع بتن بیشتر از ۳ درصد تقلیل نیابد، می توان از پر کردن داخل آنها صرف نظر کرد.

۲-۱۴- درزهای سازه بتنی

درزها در سازه های بتنی بنا به ضرورت های مختلف پیش بینی می شوند و بطور کلی هدف از ایجاد درزها در اعضای بتنی جلوگیری از ایجاد ترک خوردگی در آن هاست. گاهی در مراجع مختلف درزها به دو نوع حرکتی و غیر حرکتی تقسیم می شوند. درز ساخت یا اجرایی از نوع غیر حرکتی و سایر درزها از نوع حرکتی تلقی می شوند. انواع درزها در سازه های بتنی به شرح زیر است :

۲-۱۴-۱- درز ساخت یا اجرایی

این درز به دلیل توقف های از پیش تعیین شده در عملیات بتن ریزی در نظر گرفته می شود. در سازه های بتنی معمولاً امکان عملیات بتن ریزی کل سازه و گاه در یک عضو، به صورت پیوسته و یکپارچه وجود ندارد و نمی توان همه بتن ریزی را در یک نوبت بدون ایجاد درز سرد به انجام رساند. عوامل متعددی مانند: ظرفیت مخلوط کن، وسایل حمل و ریختن، تعداد نفرات اجرایی و محدودیت هایی از جمله مدت اجرا، حجم اجرای بتن در شرایط خاص، در این امر دخالت دارند. در اجرای درزهای ساخت هدف اصلی، تامین پیوستگی کامل بین بخش های متوالی بتن ریزی است، بطوری که انتقال تنش های برشی فراهم شود و یکپارچگی خمشی نیز در کل عضو بتنی، حفظ شود.

عدم پیش بینی درز ساخت در یک عضو بزرگ ممکن است به ایجاد درز سرد به ویژه در شرایط هوای گرم کمک نماید. زیرا بتن ریزی به صورت لایه به لایه اجرا می شود. چنانچه سطح بتن ریزی زیاد باشد، ممکن است فاصله زمانی بتن ریزی لایه دوم نسبت به لایه اول آنقدر زیاد شود که نتوان لرزاننده را در لایه اول فرو برد و پیوستگی بین دو لایه را تامین نمود. درز سرد عملاً یک درز اجرایی کنترل نشده و بدون رعایت محل قطع و آماده سازی لازم برای بتن ریزی جدید است. درز سرد به هیچ وجه در بتن ریزی پذیرفته نیست و باید از آن پرهیز نمود. تقسیم کردن سطوح بزرگ به سطوح کوچکتر با پیش بینی درز ساخت، امکان ایجاد درز سرد را از بین می برد. در این حالت درز اجرایی به صورت قائم یا پلکانی درون یک شالوده بوجود خواهد آمد. در یک ساختمان معمولاً درز اجرایی بین شالوده و دیوار و ستون پیش بینی می شود و تعبیه آن اجباری است. همچنین معمولاً دال یا تیر پس از بتن ریزی ستون و دیوار آن طبقه اجرا می شود. بنابراین در این محل ها پیش بینی درز اجرایی، اجباری است.

گاه ممکن است در ارتفاع یک دیوار یا ستون نیز بدلائل مختلف، درز اجرایی پیش بینی شود، بنابراین علاوه بر موارد فوق، احتمال وجود درزهای اجرایی افقی درون یک عضو نیز وجود دارد. فصل مشترک افقی یا قائم دو بتن ریزی متوالی را، درز اجرایی (ساخت) می نامند، که گاه موجب می شود تا قالب بندی و آرماتوربندی نیز در دنبال هم انجام شود.

الزامات محل درزهای اجرایی به شرح زیر است :

- در انتخاب محل درزهای ساخت باید دقت شود که یکپارچگی سازه تحت تأثیر قرار نگیرد و با ظاهر ساختمان سازگار باشد. محل مناسب این درزها بستگی به اعضای سازه دارد و باید توسط مهندس مشاور و یا دستگاه نظارت پیش بینی شده و تمهیداتی اندیشیده شود که تعداد آنها به حداقل برسد. محل این درزها باید در نقشه های کارگاهی مشخص شود. در هر حال موقعیت این درزها نباید به صورت تصادفی در محل یا زمان دلخواه مانند پایان ساعات کاری در نظر گرفته شود.

— درزهای ساخت در تیرها و دال ها باید تا حد امکان در مقاطعی باشند که تنش های برشی در آنها کمترین بوده و ضمناً مزاحمت کمتری برای ترک های کششی ناشی از خمش ایجاد کنند. محل این درزها در محدوده وسط دهانه تا یک سوم دهانه از تکیه گاه توصیه می شود.

— در سیستم تیر- دال، بتن ریزی در تیر و دال باید یکپارچه باشد و از ایجاد درز در بین آن دو اجتناب شود، مگر آنکه پیش بینی های لازم برای انتقال برش بین آنها بعمل آورده شده باشد. در تیرهای عمیق توصیه می شود بتن ریزی تیرها و دال به طور جداگانه انجام شود تا نشست خمیری و جمع شدگی عمودی تیرها سبب ترک خوردگی در محل اتصال نشود. درزهای ساخت باید تقریباً عمود بر آرماتور اصلی و بر محور طولی تیر و دال باشد. برای این منظور استفاده از قالب موقت توصیه می شود.

— در شالوده های وسیع با عمق زیاد درز اجرایی پلکانی توصیه می شود. اگر درز ساخت به صورت مورب (شیبدار) باشد سبب کاهش ظرفیت باربری عضو بتنی می شوند. بنابراین نباید بتن ریخته شده به صورت مورب یا شیبدار در پایان کار رها شود و سطح واریز طبیعی نباید بعنوان درز ساخت در نظر گرفته شود.

— بتن ریزی در ستونها و دیوارها باید تا زیر تیر و یا دال هر طبقه انجام شود. بتن ریزی در تیرها یا دالهای متکی بر ستون ها یا دیوارها را تا زمانی که بتن این اعضا حالت خمیری دارند، نباید انجام داد. بتن ریزی تیرها و سرستونها را باید به صورت یکپارچه با بتن دال انجام داد، مگر آنکه در نقشه ها یا مشخصات فنی، روش دیگری توصیه شده باشد.

— محل درزهای ساخت قائم و افقی در دیوارها بستگی به توان اجرایی و یا سازگاری با ظاهر سازه دارد و باید توسط دستگاه نظارت تعیین شود. در مواردی که محل درز تحت اثر برش جانبی باشد باید از میلگردهای انتقال دهنده کافی برای انتقال برش، استفاده شود. توصیه می شود از ریختن یکپارچه دیوارها با طول بیشتر از ۷/۵ متر برای جلوگیری از ترک خوردگی خودداری شود و درز اجرایی عمودی پیش بینی شود. این طول با توجه به استعداد جمع شدگی بتن به ویژه به دلیل مقدار سیمان یا مواد سیمانی می تواند کمتر یا زیادتر شود.

الزامات اجرایی درز ساخت شامل موارد زیر است :

(الف) در درزهای افقی، سطح بتن قبلی باید با آب پُرفشار یا ماسه پاشی، زبر و تمیز شود. رطوبت بتن قبلی باید در حدود حالت اشباع با سطح خشک باشد. زبر کردن سطح بتن قبلی با هر وسیله مناسب دیگر نیز مجاز است.

(ب) در درزهای افقی در صورت تایید دستگاه نظارت، می توان از یک لایه اتصالی ملات به ضخامت حداکثر ۱۰۰ میلیمتر بر روی سطح بتن قبلی استفاده کرد و سپس بتن بعدی را ریخت. استفاده از دوغاب یا خمیر خالص سیمان در درزهای ساخت مجاز نیست.

(ج) برای درزهای قائم به کارگیری قالب موقت قائم با توری چشمه ریز یا ورق های رابیتس و سایر موارد مشابه، ضروری است. سوراخ های توری یا رابیتس نباید به گونه ای باشد که بتن از آن رد شود.

(د) توصیه می شود پس از ریختن بتن، تا حد امکان توری یا رابیتس از محل درز برداشته شود، و در صورت عدم امکان برداشت آنها از تمام مقطع، حداقل توری یا رابیتس موجود در ضخامت پوشش بتنی میلگردها برداشته شود.

(ه) در مواردی که قالب موقت از نوع فلزی، چوبی یا پلی استایرن است و سطح صافی را ایجاد می کند، لازم است زبر کردن و خشن سازی سطح، مشابه درزهای افقی در دستور کار قرار گیرد و اشباع سازی نیز انجام شود. (و) در درزهای ساخت در سطوح قائم با ارتفاع زیاد، ایجاد شکستگی و پله ای کردن توصیه می شود. همچنین ایجاد کلیدهای برشی مناسب می تواند مفید واقع شود.

۲-۱۴-۲- درز انقباض یا درز جمع شدگی

این درز برای جبران تغییرات حجمی بتن، مانند جمع شدگی، استفاده می شود و هدف از آن جلوگیری از ایجاد ترک خوردگی در بتن می باشد. درزهای انقباض معمولاً برای دالهای روی زمین و دیوارها پیش بینی می شود. برای دال های طبقات، تنشهای ناشی از انقباض با تامین و توزیع مقدار مناسبی از میلگرد که به «آرماتور حرارتی» موسوم است، جبران می شود.

فواصل درزهای انقباض تابع کیفیت بتن، مقدار جمع شدگی، شرایط محیطی و میزان آرماتور حرارتی است. فواصل درزها باید توسط مهندس مشاور مشخص شود. درزهای انقباض باید در تمام طبقات در یک امتداد باشند (به جز طبقه اول و کنار بازشوها)، در غیر اینصورت ترک خوردگی پیش بینی نشده، بین درزها ایجاد می شود.

برای ایجاد درزهای انقباض باید سطح مقطع بتن به صورت جزئی، بیش از ۲۵ درصد، کاهش داده شود و یا بصورت کامل، مقطع قطع شود. درزهای انقباض را می توان بدون کاهش سطح مقطع بتن، با کاهش یا حذف آرماتور ایجاد کرد. این کاهش باید حداقل ۵۰ درصد سطح مقطع میلگرد باشد. در مواردی که درز با کاهش یا حذف آرماتور ایجاد می شود، محل قطع آرماتور باید حداقل ۵۰ میلیمتر از محل درز فاصله داشته باشد.

۲-۱۴-۳- درز جداکننده یا درز انبساط

این درز سازگاری در تغییر شکل های اعضای مختلف سازه را فراهم می کند. انقباض و انبساط در سازه های بتنی بدلیل تغییرات دمای محیط است و در امتدادهای مختلف بوجود می آید. درزهای جدا کننده برای ایجاد امکان جابجایی های ناشی از تغییر شکل اعضای بتنی در اثر تغییرات دمای محیط، پیش بینی می شوند. اعضای ساختمانها، معمولاً تا حدی مقیداند. این قیدها در اثر تغییرات دما موجب ایجاد تنش های حرارتی می شوند که در بعضی موارد قابل ملاحظه اند و ممکن است ترک خوردگی هایی را ایجاد کنند.

عرض درز باید در حد کافی باشد که از تماس بخش های ساختمان در دو طرف درز جلوگیری کند. در تعیین عرض درز باید حداکثر تغییرات دمای مورد انتظار، در نظر گرفته شود. عرض درز معمولاً بین ۲۵ تا ۵۰ میلی متر است. هر چند عرض بیشتر به دلیل نشست چرخشی یا بارهای ناشی از زلزله می تواند ممکن است مورد نیاز باشد. مقدار دقیق عرض درز باید توسط مهندس مشاور تعیین شود.

فواصل درزهای جداکننده تابع مقدار تغییر مکان(انبساط و انقباض) و تنش ها یا کرنش های مجاز اعضای سازه ای است. فواصل درزها باید توسط مهندس مشاور مشخص شود. فواصل درزها معمولاً بین ۳۰ تا ۶۰ متر است. هرچه فاصله درزها از یکدیگر بیشتر شود، عرض درز باید بیشتر شود. بدیهی است، با افزایش فاصله درزها احتمال ایجاد تنشهای ناشی از تغییرات دما در اعضای سازه بیشتر خواهد شد. درزهای جداکننده باید از بین تمام سازه عبور کند.

۲-۱۴-۴- درز انقطاع

درز انقطاع برای جدا کردن دو ساختمان که تغییر مکان دینامیکی دارند، در نظر گرفته می شود. درزهای انقطاع برای جدا کردن دو ساختمان در نظر گرفته می شوند تا در اثر حرکات ارتعاشی ناشی از باد یا زلزله به یکدیگر برخورد نکنند. در این درزها بتن و آرماتور دو ساختمان به کلی از یکدیگر جدا می شوند. برای جزئیات این درزها به آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰ مراجعه شود.

۲-۱۵- بتن های ویژه

بتن های ویژه بتن هایی هستند که مواد و مصالح تشکیل دهنده، روش اجرا یا خواص تازه و سخت شده آنها با بتن های متداول تفاوت قابل ملاحظه ای دارد. در طراحی و اجرای بتن های ویژه نیاز به منابع انسانی ماهر و آموزش دیده و همچنین استفاده از تجهیزات و وسایل خاص در آزمایشگاه و کارگاه است. قبل از شروع به اجرای بتن ها، این امکانات باید فراهم شود.

برخی از مهم ترین بتن های ویژه عبارتند از :

۲-۱۵-۱- بتن پرمقاومت

بتن پرمقاومت بتنی است که رده آن، بیشتر از $C 40$ باشد. بتن پرمقاومت عمدتاً در ساخت سازه های بلند و یا سازه هایی که در آن نیاز به مقاومت قابل ملاحظه ای است، به کار برده می شود.

استفاده از انواع سیمانهای پرتلند و آمیخته در تولید بتن پرمقاومت مجاز است. استفاده از سنگدانه با حداکثر اندازه اسمی ۲۰ میلیمتر و کوچکتر، سنگدانه درشت شکسته یا نیمه شکسته پرمقاومت با حداکثر مقاومت سایشی ۳۰ درصد، مطابق رده ۳۰ LA استاندارد ملی ۳۰۲ در ساخت این نوع از بتن ها توصیه می شود. در این بتن ها استفاده از فوق روان کننده یا فوق کاهنده آب، الزامی است. استفاده از مواد مکمل سیمانی، از جمله دوده سیلیس در بتن های پرمقاومت توصیه می شود. طرح مخلوط بتن های پرمقاومت باید ابتدا در آزمایشگاه ساخته و بر اساس نتایج بدست آمده مورد تایید قرار گیرد. همچنین لازم است از عملکرد آن در کارگاه نیز اطمینان حاصل شود.

الزامات اجرایی بتن پرمقاومت شامل موارد زیر است :

- در هنگام ساخت این نوع بتن در کارگاه، باید دقت بیشتری، بویژه در مورد رعایت نسبت آب به مواد سیمانی اعمال شود.
- در این نوع بتن به خاطر نسبت کم آب به مواد سیمانی و مصرو زیاد سیمان، عمل آوری اهمیت زیادی دارد. لذا استفاده از عمل آوری مرطوب توصیه می شود.
- با توجه به افت روانی قابل ملاحظه این نوع بتن، افزودن مواد روان کننده یا فوق روان کننده را می توان در دو مرحله ساخت بتن، در ایستگاه مرکزی و در پای کار انجام داد.

۲-۱۵-۲- بتن الیافی

بتن الیافی از اضافه کردن الیاف به انواع بتن، ساخته می شود. الیاف مورد استفاده می تواند از نوع فلزی، پلیمری، کربنی، شیشه ای، گیاهی و سلولزی یا ترکیب چند نوع از آنها باشد. مشخصات الیاف شامل نوع الیاف، طول، قطر یا نسبت طول به قطر (ضریب شکل)، شکل، بافت سطحی، مدول الاستیسیته و حداقل مقاومت کششی نهایی، باید قبل از استفاده مشخص شود. توصیه می شود، طول الیاف با انعطاف پذیری کم مانند الیاف فولادی از نصف فاصله آزاد آرماتورها یا شبکه سیم جوش شده، بیشتر نباشد. همچنین توصیه می شود طول الیاف فولادی بیشتر از ۱/۵ برابر حداکثر اندازه اسمی سنگدانه باشد.

الزامات اجرایی بتن الیافی شامل موارد زیر است :

- به منظور کاهش مشکلات ناشی از بیرون زدن الیاف فولادی از گوشه های قالب، گوشه ها و لبه های تیز قالب باید پخ شوند. راه حل دیگر، بتونه کاری یا استفاده از نوارهای مخصوص در داخل گوشه ها و لبه های تیز قالب است.
- افزودن الیاف باید به یکی از سه روش زیر انجام شود :
روش اول- الیاف در ایستگاه مرکزی بتن به تدریج به جریان سنگدانه، پیش از ورود به مخلوط کن اضافه شود.
روش دوم- الیاف در ایستگاه مرکزی بتن، ابتدا با سنگدانه و سیمان مخلوط و سپس به آنها آب اضافه شود.
روش سوم - الیاف در مرحله آخر پس از اختلاط تمام اجزای تشکیل دهنده بتن به تدریج به مخلوط کن اضافه شود.

- حمل و رختن بتن های الیافی می تواند با تجهیزات متداول و با در نظر گرفتن نکات بند ۱۱-۴-۴-۲ جلد دوم آیین نامه بتن ایران (آبا) انجام شود.
- تمام روش های تراکم و پرداخت بتن معمولی، با اعمال تغییرات جزئی، برای بتن الیافی نیز قابل استفاده است. برای پرداخت بتن های الیافی می توان از تجهیزات مکانیکی نیز استفاده نمود. برای متراکم کردن بتن و فرو بردن الیاف موجود در سطح دال های بتنی از شمشه لرزان و یا شمشه لیزری استفاده می شود.

۲-۱۵-۳- بتن خودتراکم

بتن خودتراکم بتنی است که قابلیت جایشدن زیاد بدون جداسدگی و آب انداختن را دارد. این بتن به راحتی حتی با وجود تراکم زیاد آرماتورها، بر اثر وزن خود بدون نیاز به ابزار خاص، پخش و متراکم می شود. از مهمترین خصوصیات بتن خودتراکم تازه، شکل پذیری زیاد با حفظ پایداری مناسب است. کارایی بتن خودتراکم از بتن معمولی بیشتر است و دارای قابلیت پرکنندگی؛ قابلیت عبور و پایداری (عدم جداسدگی و عدم آب انداختن) می باشد.

استفاده از انواع سیمان پرتلند و آمیخته مجاز است. همچنین استفاده از انواع مواد پوزولانی و سربارهای مجاز می باشد. انواع سنگدانه های قابل استفاده در بتن معمولی را می توان در بتن خودتراکم به کار برد. حداکثر اندازه سنگدانه مصرفی به ۲۰ میلی متر محدود می شود. بافت دانه بندی مخلوط سنگدانه باید بسیار ریز باشد. ماده افزودنی فوق روان کننده - در ساخت بتن خودتراکم باید از ماده افزودنی شیمیایی فوق روان کننده استفاده شود.

الزامات اجرایی بتن خودتراکم شامل موارد زیر است :

- تمام الزاماتی که در اجرای بتن معمولی در این آیین نامه ذکر شده، برای بتن خودتراکم نیز باید رعایت شود. حساسیت مخلوط بتن خودتراکم به تغییرات جزئی مصالح از نظر کیفی و کمی بیشتر از بتن معمولی است. بدین علت این الزامات باید با دقت بیشتری اعمال شوند.
- بتنهای خودتراکم معمول چسبنده هستند. توصیه می شود برای پرداخت سطح بتن از ابزار چوبی استفاده نشود، و ابزارهای فلزی مانند ماله فلزی بکار گرفته شود.
- مدت مورد نیاز برای مخلوط کردن بتن خودتراکم طولانی تر از بتن معمولی است. مدت اختلاط و ترتیب ریختن مصالح به درون مخلوط کن باید بر اساس تجربه و نتایج مخلوط آزمایشی تعیین شود.
- ارتفاع مجاز سقوط آزاد بتن خودتراکم بستگی به مشخصات بتن دارد و معمولاً به ۵ متر محدود می شود.
- بهترین روش ریختن بتن خودتراکم، پمپ کردن آن از تراز پایین قالب دیوار یا ستون می باشد.
- توصیه می شود ریختن بتن خودتراکم از یک نقطه در دال، تیر یا دیوار شروع شود و محل آن تغییر نکند.
- با توجه به خشک شدگی سریع سطح بتن خودتراکم، لازم است حفاظت اولیه از سطح بتن برای جلوگیری از تبخیر، در اسرع وقت انجام شود تا سطح بتن ترک نخورد.

۲-۱۵-۴- بتن سبکدانه سازه ای

بتن سبک سازه ای بتنی است که چگالی خشک شده آن در گرمخانه در محدوده ۱۲۰۰ تا ۲۰۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب است و مقاومت فشاری آن نیز بیش از ۱۶ مگاپاسکال می باشد. بتن سبکدانه سازه ای مشابه بتن معمولی ساخته می شود و تنها تفاوت آن در استفاده از سبکدانه در آن است که می تواند به تنهایی و یا در ترکیب با سنگدانه معمولی بکار گرفته شود.

سبکدانه جزء اصلی بتن سبک سازه ای است و توجه به ویژگی های سبکدانه های مصرفی در ساخت بتن مناسب، بسیار اهمیت دارد. طرح مخلوط بتن سبکدانه سازه ای مشابه بتن معمولی است. در این بتن ها علاوه بر پارامترهای متداولی که در طرح مخلوط بتن معمولی مورد توجه قرار می گیرد، چگالی بتن نیز باید در نظر گرفته شود.

الزامات اجرایی بتن سبکدانه سازه ای شامل موارد زیر است :

- تمام الزامات اجرایی که در ساخت، بتن ریزی و عمل آوری بتن معمولی رعایت می شود، باید در مورد بتن های سبک سازه ای نیز بکار برده شود.
- با توجه به تغییرات زیاد رطوبت سبکدانه ها، باید همواره رطوبت آنها کنترل شود.
- فرایند اختلاط در بتن سبکدانه سازه ای مشابه بتن معمولی است و می توان آن را در اغلب مخلوط کن های رایج تولید کرد.
- در انتقال بتن سبکدانه به محل بتن ریزی باید تمهیدات لازم جهت حفظ کارایی انجام شود.
- پمپ کردن بتن سبکدانه نیاز به دقت بیشتری نسبت به بتن معمولی دارد. تمام خطوط انتقال باید تمیز، لغزنده و هم قطر باشند.
- در عملیات جای دهی، تراکم و پرداخت سطحی بتن سبکدانه باید تمهیدات ویژه ای بکارگرفته شود.

۲-۱۵-۵- بتن های پاششی (شاتکریت)

بتن پاششی بتنی است که با دستگاههای مخصوص پاشش بتن بر روی سطوح، پاشیده می شود تا لایه های متراکم، خود نگهدار و باربر ایجاد کند. شاتکریت نوعی بتن متشکل از سیمان، ماسه و شن است که به کمک هوای فشرده درمحل پاشیده شده و به علت بالا بودن سرعت، به صورت دینامیکی فشرده می شود. شاتکریت یا بتن پاششی فرآیندی است که در آن بتن با فشار و سرعت بالایی روی سطح مورد نظر پاشیده می شود تا یک لایه متراکم، مستحکم و مقاوم ایجاد گردد. این نوع بتن به دو صورت تر و خشک قابل اجرا است. استفاده از هر یک از این دو روش با توجه به محدودیت و مزایای آنها و امکانات موجود، توسط مهندس مشاور انتخاب می شود.

در روش شاتکریت مخلوط خشک (DMS)، آب مورد نیاز شاتکریت در مرحله آخر و در حین خروج مواد از سرنازل به آن اضافه می شود. در بتن پاشی به روش خشک، ماده چسباننده، سنگدانه ها و در صورت لزوم مواد افزودنی خشک به طور کامل مخلوط و به داخل دستگاه تغذیه کننده مکانیکی مخصوص یا بتن پاش ریخته می شود. مخلوط از طریق دستگاه های مجهز به وسایل اندازه گیری، با فشار هوا به داخل شیلنگ و افشانک منتقل می شود. در افشانک، آب (با افزودنی یا بدون افزودنی) به مخلوط خشک اضافه و با فشار به سطح مورد نظر پاشیده می شود. از این روش برای کارهای تعمیراتی و روکش به ضخامت کمتر از ۱۰ سانتیمتر استفاده می شود.

از آنجایی که در این روش از مصالح سنگی درشت دانه استفاده نمی‌شود، لذا بتن به دست آمده دارای مقاومت مکانیکی بالایی نمی‌باشد. روش خشک با توجه به مزایایی همچون: ارزانی تجهیزات، آشنایی بیشتر مجریان، امکان توقف های نسبتا طولانی، امکان پاششهای پراکنده و کم حجم، امکان تغییر لحظه ایی آب مخلوط توسط مسئول پاشش در نقای مختلف، حمل در فواصل طولانی تر از نظر زمانی و مکانی، سهولت بیشتر در جابجایی شیلنگ، پاشش بهتر سبکدانه ها و سنگدانه های نسوز، امکان بکارگیری مواد افزودنی پودری به مخلوط خشک و افزودن مواد تند گیر و آنی گیر کننده ها در سر لوله، رواج بیشتری دارد. محدودیت این روش همگنی کمتر، ایجاد گرد و غبار بیشتر در حین اجرا، مناسب نبودن آن برای تعمیر در مناطقی که دوام بیشتری مد نظر است و پس زدگی و هدر رفت بیشتر می باشد.

در روش شاتکریت مخلوط تر (WMS)، بتن آماده به داخل پمپ شاتکریت ریخته شده و پس از انتقال توسط لوله، به سطح کار پاشیده می‌شود. در بتن پاشی به روش تر، مواد تشکیل دهنده، آب و افزودنی (در صورت لزوم) به طور کامل مخلوط شده و سپس توسط دستگاه پاشش بر سطوح مورد نظر پاشیده می شود. مزایای این روش همگنی بیشتر، مناسب بودن برای تعمیر در مناطق خورنده و برای دستیابی به دوام، گرد و غبار کمتر، کنترل دقیق تر نسبت آب به سیمان، امکان اضافه کردن برخی افزودنی ها به بتن قبل از پاشش و پس زدگی و هدر رفت کمتر می باشد. از محدودیت های این روش می توان به گرانی تجهیزات، آشنایی کمتر با عدم امکان توقف های نسبتا طولانی، وزن بیشتر شیلنگ انتقال بتن و حمل در فواصل زمانی و مکانی نسبتا کوتاه تر اشاره کرد.

از مخلوط تر در مکان هایی که مقاومت فشاری بالایی مد نظر است، استفاده می‌شود. در این روش امکان اجرای دیوار بتنی با ضخامت ۵۰ سانتیمتر و سقف به ضخامت ۲۰ سانتیمتر در یک مرحله امکان پذیر است. بایستی بین ترکیب مخلوط اولیه یعنی مخلوط در حال خروج از نول (سرشلنگی) و مخلوط پاشیده شده بر روی سطح تفاوت قائل شد. به دلیل همین تفاوت ها کنترل دقیق و انجام آزمایش در مراحل مختلف بتن پاشی ضروری است.

مشخصات مصالح مصرفی در بتن شاتکریت به قرار زیر است:

- از انواع سیمان پرتلند و آمیخته می توان در ساخت بتن پاششی استفاده کرد
- حداکثر اندازه اسمی سنگدانه مصرفی به ۲۰ میلیمتر محدود می شود، گرچه توصیه می شود برای کاهش هدر رفت مصالح، این مقدار از ۱۲/۵ میلی متر تجاوز نکند. مخلوط سنگدانه درشت و ریز باید از مقدار کافی ذرات ریز برخوردار باشد تا برگشت و هدر رفت مصالح کمتر شود.
- در مورد مواد افزودنی شیمیایی می توان از افزودنی های زودگیرکننده مخصوص بتن پاشی، به ویژه در روش خشک استفاده نمود. در روش تر می توان از افزودنی های روان کننده نیز استفاده کرد.

- در مورد مواد افزودنی پودری معدنی می توان از انواع مواد پودری معدنی فعال شامل، سرباره ها و پوزولان ها و مواد پودری غیر فعال مانند پودرسنگ استفاده نمود.

- طرح مخلوط بتن پاششی برای دستیابی به مقاومت مورد نظر یا مشخصات مورد نیاز دیگر، باید توسط پیمانکار تهیه شود. مشخصات تکمیلی باید توسط مهندس مشاور تعیین شوند. مقادیر زیر جهت طرح اختلاط توصیه می گردد :

- نسبت آب به سیمان برای بتن شاتکریت در حدود $0/35$ تا $0/5$ است.
- حداکثر اندازه سنگدانه مصرفی 20 mm است.
- نسبت های اختلاط، در حدود یک قسمت حجمی سیمان و $4/5-4$ قسمت سنگدانه خشک در حالت غیرمتراکم است.
- ماسه مصرفی می تواند گردگوشه یا تیزگوشه باشد.

مقدار مواد سیمانی در بتن پاششی معمول بین 375 تا 550 کیلوگرم در متر مکعب است. مقدار مواد سیمانی مورد نیاز تابع حداکثر اندازه سنگدانه و بافت دانه بندی آن است. برای کاهش برگشت مصالح و افزایش انسجام بتن پاششی می توان مقدار مواد سیمانی را افزایش داد که خود می تواند به جمع شدگی بیشتر نیز منجر شود.

جهت دستیابی به بتن پاشیده شده با کیفیت مناسب رعایت موارد زیر الزامی است:

- ۱- استفاده از شیلنگهای با طول و قطر مناسب
- ۲- ثابت بودن فشار آب حین بتن پاشی
- ۳- تنظیم سرعت خطوط ماسه، سیمان و آب در سر نازل به طوریکه برگشت و اتلاف مصالح به حداقل برسد.
- ۴- نگهداری نازل به وضعیت عمود بر سطح بتن پاشی و حرکت نازل بصورت بیضی های همپوش الزامی می باشد. نظارت های لازم از سوی مهندس ناظر باید اعمال شود تا بتن شاتکریت انجामी دارای دوام، مقاومت و چگالی بالا و نفوذ پذیری پایین باشد.

تجهیزات مورد استفاده پیمانکار برای اختلاط و اجرای شاتکریت باید قابلیت حمل با دست و شاتکریت سنگدانه های درشت با حداکثر اندازه تعیین شده را دارا باشد. کلیه تجهیزات به کار گرفته شده از جمله میکسر، لوله های خرطومی، نازل ها، فشارسنج های هوا و آب و نیز واشرها باید پاکیزه نگهداری شده و مورد تایید دستگاه نظارت باشد. پیمانکار باید تجهیزات لازم را برای انجام پیوسته کار و شاتکریت فراهم نماید. اگر به نظر مهندس ناظر، سیستم شاتکریت فاقد کارایی و توان لازم برای اجرای رضایت بخش عملیات مطابق مشخصات خواسته شده باشد، پیمانکار ملزم به تغییر در تجهیزات و معرفی اپراتور جدید و واجد شرایط و تاییدیه های مهارتی آن می باشد.

ضوابط ارزیابی و پذیرش بتن پاششی شامل موارد زیر است :

- برای ارزیابی کیفیت بتن پاششی، باید پانل های آزمایشی طبق استاندارد ملی ۱-۱۸۷۱۷ تهیه شوند. این پانل ها جداگانه برای هر طرح مخلوط بتن، هر جهت پاشش و هر مسئول پاشش، تهیه شود. به عبارت دیگر ساخت پانل های آزمایشی باید منطبق با شرایط واقعی در پروژه باشد. این پانل ها باید طبق استاندارد ذکر شده، در شرایط کارگاهی عمل آوری شده و برای انجام آزمایش های لازم به آزمایشگاه منتقل گردند.
- آزمون های مربوط به بتن پاششی سخت شده باید به صورت مغزه ها یا منشورهای برش خورده از پانل های آزمایشی مطابق با استاندارد ملی ۱۲۳۰۶ تهیه و آزمایش های مقاومت فشاری، مقاومت خمشی و غیره، بر حسب الزامات فنی پروژه، بر روی آنها انجام شود. در رابطه با قطر و سایر ابعاد آزمون ها، به استاندارد ذکر شده، مراجعه شود. این آزمون ها باید فاقد میلگرد باشند.
- برای آزمایش مقاومت فشاری در هر طرش مصلوی بتن پاششی، باید به ازای هر ۳۰ متر مکعب بتن یا ۱۵۰ متر مربع سطح پاشیده شده، هر کدام تعداد نوبت های نمونه برداری بیشتری را به دست دهد، حداقل یک نوبت نمونه برداری و برای آزمایش های دوام باید از هر ۱۵۰ متر مکعب بتن یا هر ۳۲۱۷۵۰ متر مربع سطح، هر کدام تعداد نوبتهای نمونه برداری بیشتری را به دست دهد، حداقل یک نوبت نمونه برداری انجام شود.
- در هر نوبت کاری باید حداقل یک نوبت نمونه برداری از هر رده و هر نوع، برای آزمایش مقاومت فشاری انجام شود
- نمونه برداری را می توان از محل بتن اجرا شده یا از پانل های آزمایشی، تهیه و نگهداری شده مطابق با استاندارد ملی ، ۱-۱۸۷۱۷ انجام داد. این پانل ها باید مطابق استاندارد در شرایط کارگاهی عمل آوری شوند و برای انجام آزمایش های لازم به آزمایشگاه منتقل گردند.
- آزمون ها باید به صورت مغزه یا منشور مطابق با استاندارد ملی ۱۲۳۰۶ تهیه و آزمایش شوند.
- در مواردی که نمونه برداری از محل بتن اجرا شده انجام می شود، محل مغزه یا منشور برش خورده نباید با بتن پاششی پر شود. این محل باید با بتن معمولی با مشخصات مشابه بتن پاششی اجرا شده، پر شود.
- هر نمونه برداری مقاومت فشاری، شامل سه مغزه است. برای ارزیابی مقاومت فشاری، مغزه هایی که از پانل های آزمایشی اخذ می شوند باید حداقل دارای قطر ۷۵ میلیمتر باشند، مگر اینکه مهندس مشاور مشخصات دیگری را ذکر کرده باشد.
- معیار پذیرش مقاومت فشاری در بتن پاششی، برآورده کردن هر دو ضابطه زیر است:
 الف) میانگین مقاومت فشاری یک مجموعه سه تایی مغزه که از هر پانل آزمایشی یا محل بتن اجرا شده به دست آمده، باید بیشتر یا مساوی ۸۵ درصد مقاومت مشخصه باشد.
 ب) مقاومت هیچ مغزه ای نباید کمتر از ۷۵ درصد مقاومت مشخصه باشد.

الزامات اجرایی بتن پاششی شامل موارد زیر است :

- قبل از اجرای پروژه باید مطالعات و آزمایش های کافی در خصوص مشخصات مواد و مصالح، طرح مخلوط بتن، کیفیت بتن، روش اجرا و عملکرد مسئول پاشش، توسط پیمانکار انجام شود و به تایید دستگاه نظارت برسد.
- مصالح مصرفی، طرح مخلوط، تجهیزات، فرآیند ساخت و مسئول پاشش، باید به گونه ای انتخاب شوند که ضمن دستیابی به مشخصات مکانیکی، دوام و سایر خواسته های مورد نظر، مقدار مصالح هدر رفته در بتن پاشی، به حداقل برسد.
- در مواردی که بتن پاششی بر روی خاک یا سنگ یا هر سطح جاذبی اجرا می شود، باید آن سطح بلافاصله قبل از پاشش مرطوب شده، و به صورت اشباع با سطح خشک درآید.
- در مواردی که بتن پاششی بر روی سطوح بتنی یا مصالح بنایی اجرا می شود، باید تمام بخشهای سست و معیوب و آغشته به آلودگی که سبب عدم چسبندگی می شود برداشته شوند. بلافاصله قبل از پاشش باید سطح بتن یا بنایی، مرطوب شود و به حالت نزدیک به اشباع با سطح خشک در آید. همچنین سطوح صیقلی باید مضرس شود.
- سطوح میلگردها باید عاری از بتن سخت شده قبلی و آلودگی هایی باشند که مانع چسبندگی آنها به بتن پاششی می گردند.
- قالب های پروژه باید دارای مقاومت کافی در برابر تغییر شکل های زیاد و اتکای کافی باشند تا در طول پاشش ثابت باقی بمانند.
- میلگردها باید به گونه ای نصب شوند که بتن پاششی به خوبی اطراف میلگردها را در بر بگیرد. فاصله آزاد بین میلگردها نباید از ۵۰ میلیمتر کمتر باشد.
- برای رسیدن به ضخامت مورد نظر، باید از میله های راهنما یا هر وسیله مناسب دیگری استفاده کرد.
- بتن پاشی باید ابتدا در گوشه ها و تورفتگی ها و همچنین از پایین به بالا اجرا شود.
- سرعت تخلیه مصالح درون دستگاه پاشش و فشار هوا در افشانک دستگاه باید یکنواخت باشد تا جریانی پایدار و مداوم برای بتن در حال پاشش به وجود آید. سرعت پاشش و فاصله افشانک باید به گونه ای باشد که تراکمی مطلوب با حداقل مصالح هدر رفته تأمین شود.
- بتن باید به صورت عمود بر سطح و در گوشه ها در راستای نیمساز گوشه ها پاشیده شود. همچنین حرکت موضعی افشانک به هنگام پاشش باید به صورت دایره ای یا بیضوی با قطر کوچک باشد.
- بتن پاششی باید اطراف میلگرد را به خوبی در بر گیرد و پوششی با ضخامت لازم به وجود آورد. پاشش را باید از پشت میلگردها شروع کرد و با افزایش ضخامت بتن پاشیده شده، میلگردها را نیز درون بتن مدفون کرد.

- بتن پاششی خشک باید تا ۹۰ دقیقه پس از اختلاط مصالح، پاشیده شود. بتن پاششی تر باید تا ۴۵ دقیقه پس از مخلوط کردن آن به شرط داشتن کارائی لازم، اعمال شود.
- در صورت وزش باد شدید به نحوی که بر جهت جریان پاشش تاثیر بگذارد، باید عملیات پاشش متوقف شود.
- از مصالح برگشتی و هدر رفته، نباید دوباره در عملیات پاشش استفاده کرد.
- تخلخل موجود در سطح بتن پاششی اجرا شده را باید قبل از سخت شدن و اجرای لایه های بعدی با ماله کشی برطرف نمود. بتن پاششی، قبل از اجرای لایه بعدی باید به اندازه کافی سفت شده باشد.
- دمای بتن پاششی نباید بیشتر از ۳۲ درجه سلسیوس باشد و دمای سطوح پاشش و میلگردها در هنگام پاشش نیز نباید بالاتر از ۴۰ درجه باشد، مگر آنکه مطالعات قبلی نشان دهد که کیفیت لازم در دماهای بیشتر قابل دستیابی است.
- چنانچه دمای محیط کمتر از ۵ درجه سلسیوس باشد، باید عملیات پاشش متوقف، یا تمهیداتی برای محافظت از بتن پاششی در حال اجرا اعمال شود. همچنین نباید بتن پاششی بر سطوح یخ زده اجرا شود.
- در مواردیکه میانگین دمای محیط کمتر یا مساوی ۵ درجه سلسیوس است، شرایط نگهداری همانند الزامات نگهداری بتن معمولی در هوای سرد می باشد.
- در مواردی که رطوبت نسبی هوا بیش از ۸۰ درصد باشد و بتن در معرض تابش مستقیم آفتاب و وزش باد قرار نگیرد، با تایید مشاور، تمهیدات خاصی برای عمل آوری رطوبتی نیاز نمی باشد.

۱۶-۲- بتن ترمیمی

۱-۱۶-۲- لزوم ترمیم بتن

در صورتیکه ضوابط لازم برای دستیابی به دوام پیش بینی شده بتن تامین نشود، لازم است با به کارگیری روش های ترمیم بتن و یا استفاده از سیستم های حفاظتی بتن نفوذپذیری آن را کاهش داده و یا دوام آن را افزایش داد تا حداقل ضوابط دوام لازم برآورده شوند.

۲-۱۶-۲- چگونگی بازسازی و ترمیم بتن

هفت گام برای بازسازی و ترمیم بتن :

- ۱- مشخص کردن علت آسیب
- ۲- ارزیابی شدت آسیب
- ۳- مشخص کردن ضرورت بازسازی و ترمیم
- ۴- انتخاب شیوه ای سیستماتیک برای بازسازی و ترمیم
- ۵- بستر سازی بتن قدیمی
- ۶- اعمال سیستم بازسازی و ترمیم
- ۷- عمل آوری صحیح بازسازی و ترمیم

گام اول - مشخص کردن علت آسیب: شناسایی دقیق و درست علت یا دلایل تخریب و آسیب بتن ضروری و پر اهمیت می باشد. اگر این شناخت صورت نگرفته و یا به اشتباه باشد می تواند باعث شکست و عدم موفقیت عملیات ترمیم و بازسازی گردد. پول هزینه شده در این تعمیرات به کلی از بین می رود و باید بازسازی و ترمیم هایی با هزینه های بیشتر به کار گرفته شود.

گام دوم - ارزیابی شدت آسیب: هدف از این گام، مشخص کردن این است که چه مقدار از سازه آسیب دیده و آسیب چقدر شدید است.

گام سوم - مشخص کردن ضرورت بازسازی و ترمیم: همه آسیب دیدگی های بتن به بازسازی و ترمیم نیاز ندارند و بازسازی و ترمیم فقط زمانی باید اعمال شود که باعث افزایش طول عمر سرویس شود و سازه ای ایمن تر را ایجاد کند.

این سه مرحله اول، اصلی ترین اجزای ارزیابی وضعیت سازه می باشند. صرفا پس از اینکه این مراحل به طور کامل و دقیق اجرا شدند، باید برای انتخاب و اجرای مواد بازسازی و ترمیم اقدام کرد.

گام چهارم - انتخاب شیوه ای سیستماتیک برای بازسازی و ترمیم: پس از تکمیل سه مرحله اول، یک شیوه سیستماتیک برای بازسازی و ترمیم انتخاب می شود که شامل همه فاکتورهای لازم و ضروری برای بازسازی و ترمیم موفق می باشد. همواره باید از موادی در ترمیم و بازسازی ها استفاده شود که منطبق با استانداردهای لازم بوده و از هیچ یک از موارد کیفی و استاندارد تخطی نکند، چرا که به کارگیری مواد غیر استاندارد و نامناسب می تواند موفقیت عملیات را به خطر بیاندازد. همواره باید مناسب ترین و کاربردی ترین روش ترمیم، انتخاب و گزینش شود. در صورتی از روش های خاص و غیراستاندارد برای ترمیم استفاده می شود که روشی استاندارد برای آن وجود نداشته باشد و یا شرایط اجرای روشهای استاندارد مهیا نباشد و دست اندرکاران، آگاهی لازم را از نوع و مشخصات مواد و خطرات ناشی از کارکرد بلند مدت آنها داشته باشند.

گام پنجم - آماده سازی بستر بتن قدیمی: بیشترین دلایل عدم موفقیت در بازسازی و ترمیم، آماده سازی ناصحیح و ناکافی بتن قدیمی قبل از اجرای مواد ترمیمی می باشد. حتی بهترین مواد بازسازی و ترمیم هم در بستر سازی نامناسب بتن قدیمی، بازدهی ضعیفی خواهند داشت.

گام ششم - اجرای سیستم بازسازی و ترمیم: هر یک از مواد ترمیمی استاندارد و غیر استاندارد دارای روش های کاربردی ویژه و اختصاصی خود می باشد. برای مثال، روش های به کار گرفته شده در ترمیم بوسیله بتن جایگزین متفاوت از ترمیم با بتن های پلیمری و یا بتن و چسب اپوکسی است.

گام هفتم - عمل آوری صحیح بازسازی و ترمیم: دومین دلیل عدم موفقیت بازسازی و ترمیم ها، عمل آوری ناصحیح و ناکافی می باشد. هر یک از مواد ترمیمی ملزومات عمل آوری مخصوص خود را دارد. بنابراین عدم موفقیت در اجرای عمل آوری صحیح در مدت زمان های صحیح و لازم باعث بازسازی و ترمیم ناموفق در مراحل پایانی می شود.

۲-۱۶-۳- اجرای ترمیم بتن

بتن هایی که به هر دلیلی دچار آسیب گردیده اند مانند بتن های ترک خورده، بتن های متخلخل، بتن های شکاف خورده، طبله شده، پوسته شده و بتن های آسیب دیده در اثر سایش باید بازسازی و ترمیم شوند.

ابتدا بایستی کلیه قسمت های بتن آسیب دیده، تخریب شده، ضعیف یا طبله شده بتن با استفاده از واترجت، چکش برقی و مکانیکی و یا هر روش مورد قبول دیگری زدوده گردد. در گام دوم، سطح بتن باید پاکسازی و پیش از کاربرد سیستم هایی که نیاز به سطح اشباع دارد، کاملاً خشک باشد. جهت انجام حذف بتن های ضعیف، استفاده از چکش های مکانیکی با وزن بیش از ۳۰ پوند و همچنین سندبلاست خشک باید با اجازه نماینده کارفرما صورت گیرد.

استفاده از اسیدها برای پاک یا آماده سازی سطوح بتن جهت انجام تعمیرات مجاز نمی باشد.

سطح آرماتور و فلزی های مدفون نمایان شده، باید از هرگونه مواد زائد، زنگ و لایه های فرسایشی پاکسازی گردد. در صورتی که بیش از یک سوم آرماتور در معرض دید قرار گیرد، بتن باید تا عمق حداقل یک اینچ پشت آرماتور به طور کامل برداشته شود.

۲-۱۶-۴- مشخصات و ویژگی های بتن ترمیمی

ویژگی های مواد ترمیمی بتن از قبیل ضریب انبساط حرارتی و خزش، باید مشابه لایه زیرین باشد. موفقیت در بسیاری از عملیات ترمیم، بستگی به مواد ترمیمی دارد که دارای عملکرد مطلوب تری از بتن پایه در بهره‌برداری های محیطی داشته باشد.

بسیاری از ویژگی های مواد ترمیمی و بتن به هم بستگی دارند. خصوصیات مکانیکی مواد ترمیمی، تاثیر متقابلی بر لایه زیرین بتن دارد. در بسیاری از حالتها لازم است که مواد ترمیمی باقیمانده به بتن بچسبد. چسبندگی مواد ترمیمی برای سهولت ساخت و ساز و یکنواختی ترمیم مهم است. مثلا در جایگزینی (تعویض) بتن در سطوح عمودی و بالای سر، چسبندگی بیشتر مواد می تواند منجر به اعمال لایه‌های نازکتر، بدون از دست دادن شانس جداسازی داخلی یا نجسبیدن بعد از گیرش شود.

لازم است که مواد ترمیمی برای اعمال ترمیم‌های ویژه محیطی مناسب باشند. برای مثال، برخی محدودیت‌های محیطی در زمان ساخت و ساز شامل هوا و دمای بتن، رطوبت سطح لایه زیرین بتن، رطوبت نسبی، سرعت باد، نور مستقیم آفتاب یا سایه بودن و پیش بینی شرایط آب هوایی که قبل از ترمیم مواد برای رسیدن به گیرش نهایی اتفاق می افتد. انتخاب مواد ترمیمی خاص و ویژگی های آنها به شرایط اجرایی پروژه بستگی دارد. شرایط اجرایی باید به تناسب ویژگی مواد ترمیمی اصلاح شود.

بدیهی است که ظاهر مواد ترمیمی بسیار مهم است. بافت سطح ترمیم باید به طور کلی همسان با مواد مجاور باشد. مواد ترمیم باید به طور کلی متناسب با مواد مجاور باشد، به جز ترمیم‌هایی که در معرض دید نباشد، مانند کارهایی را که بعد از اجرا پوشش داده می شوند.

ظاهر برخی مواد ترمیمی بر اثر مرور زمان ناشی از فرسایش و در معرض قرار گرفتن در نور فرابنفش، خشک شدگی یا عمل آوری تغییر می کند. وقتی رطوبت از مواد گرفته می شود، ظاهر آنها تغییر می کند و تغییرات اصلی ظاهر می شود. بر اثر خشک شدگی ممکن است ظاهر بخش ترمیم شده با ظاهر بخش مجاور آن متفاوت باشد که این امر بایستی در انتخاب نوع مواد بتن ترمیمی مدنظر قرار گیرد.

نفوذ پذیری مواد ترمیمی در شرایط محیطی در جایی که مواد ترمیمی یا لایه زیرین بتن قابلیت نفوذ رطوبت و به تبع آن خرابی دارد از قبیل آسیب در دوره انجماد و ذوب بتن اشباع شده، خوردگی آرماتور، واکنش‌های قلیایی یا سولفات‌ها مهم است.

انجام عملیات ترمیم با برآوردن خواسته‌های متفاوتی از مواد ترمیمی همراه است. مواد ترمیمی باید دارای ویژگی‌های مناسب برای انطباق با کل تقاضاهایی باشند که در طول بهره‌برداری نیاز است. همه مواد ترمیمی دارای محدودیت‌ها و مشخصه‌های متفاوت مواد ترمیمی هستند و کاربر باید مواد را برای بهترین عملکرد در شرایط مورد نظر، انتخاب کند.

انواع ترمیم و بررسی مواد ترمیمی به دو صورت زیر انجام می‌شود:

۱- بتن جایگزین شده و رویه‌ها

۲- ترمیم ترک‌ها

ملات‌های ترمیمی از پیش بسته‌بندی شده، در بازار موجود است. سیمان، سنگدانه‌های ریز و افزودنی‌های خشک، اجزایی هستند که در ایستگاه مرکزی ترکیب و تولید و با اندازه‌های مختلف بسته‌بندی می‌شوند. مواد بسته‌بندی شده دارای تقاضای بیشتر، سازگارتر و قابل پیش‌بینی برای عملکرد مناسب در کارگاه است. مزایای دیگر آن شامل موارد زیر است:

۱- اختلاط و کنترل کیفیت بهتر در محل کار (معمولاً فقط در محل کار آب به آن اضافه می‌شود)

۲- کنترل کیفیت در طول تولید (اغلب تولیدکننده‌ها بازرسی می‌شوند و آزمون از مواد برای مطابقت آنها با مشخصات فنی قبل از ترک مواد از کارخانه، صورت می‌گیرد)

۳- مواد بر پایه عملکرد (درصد مصرف اجزای مخلوط اغلب شامل افزودنی‌ها با خصوصیات اجزای طراحی شده برای انطباق با نیازهای خاص از قبیل تایید برای انطباق با آب آشامیدنی است.

۴- برخی مخلوط‌ها می‌تواند حاوی سنگدانه‌های درشت برای تولید بتن با ضخامت بالا در ترمیم باشد. این مخلوط‌ها دارای خصوصیات مشابه بیشتری به بتن نسبت به ملات‌ها هستند.

بتن ترمیمی، نوعی ملات آماده پودری بر پایه سیمان می‌باشد که به واسطه وجود چسب بتن در ساختار خود، علاوه بر قدرت چسبندگی بسیار زیاد به انواع سطوح و مصالح مخصوصاً بتن امکان نفوذ ناپذیر نمودن مقطع مورد کاربرد را نیز فراهم می‌آورد.

خواص و اثرات بتن ترمیمی بقرار زیر است:

- ۱- چسبندگی فوق العاده زیاد به انواع مصالح
- ۲- قابل ارائه در رنگ های مختلف
- ۳- بدون انقباض
- ۴- مقاوم در مقابل سیکل های یخبندان و ذوب
- ۵- قابلیت آب بندی و نفوذ ناپذیر سازی سطوح
- ۶- سهولت اجرا

موارد کاربرد بتن ترمیمی عبارتند از:

- ۱- تسطیح و ترمیم سطوح متخلخل
 - ۲- پر نمودن حفره میان بولت ها
 - ۳- زیرسازی کف و دیوارها قبل از نصب پوششی جدید
 - ۴- قابل استفاده در سطوحی که در تماس مستقیم با آب هستند.
 - ۵- تسطیح ناهمواریهای ناشی از خطا در قالب بندی
- روش مصرف بتن ترمیمی به این صورت است که ابتدا سطح زیر کار می بایست از هرگونه چربی، گرد و غبار و ذرات زده گرد، سپس طبق دستور مصرف، پودر ترمیم کننده بتن ویژه را با آب داخل یک همزن ریخته و تا بدست آمدن خمیری همگن عمل اختلاط را ادامه می دهیم. ابتدا سطوح زیر کار را می بایست مرطوب نموده، نهایتاً ملات آماده شده را بوسیله ماله یا کاردک روی سطوح مرطوب شده اجرا نمود.
- ملات آماده شده بایستی حداکثر در مدت زمان کمتر از ۲۰ دقیقه مورد استفاده قرار گیرد. پس از نیمه خشک شدن ملات اجرا شده، کلیه سطوح را تا ۲۴ ساعت با اسپری نمودن آب مرطوب نگه دارید.

۲-۱۶-۵- ترمیم های اعمال شده با ماله

در این نوع ترمیم ها، مواد ترمیمی به طور مستقیم به محل ترمیم با ماله (یا برخی از اوقات با دست) اعمال می شود. مواد ترمیمی در خلاف جهت لایه زیرین برای اتصال بدون هوا و مطلوب تر، با ماله فشرده می شود. این ترمیم ها بسته به چسبندگی ابتدایی بین مواد ترمیمی تازه و لایه زیرین بتنی برای جادهی رضایت بخش است. این ترمیم ها مزایای قالب بندی برای حمایت مواد تا گیرش نهایی با فشار بادی برای افزایش فشار و چسبندگی بیشتر و پیوند مواد اعمال شده را ندارد. سنگدانه های درشت معمولاً در مواد ترمیمی وجود ندارند، زیرا سنگدانه های درشت باعث کاهش چسبندگی در نقاطی که مواد تحت نیروی ثقلی و جدا شدن از ناحیه ترمیم قبل از گیرش مواد می شود.

نکته مهم : استفاده از ملات جهت ترمیم محل تخلخل بتن ممنوع می باشد.. لازم به ذکر است تهیه بتن ترمیمی مناسب از شرکت های تولید کننده استاندارد و استفاده از آن مطابق دستورالعمل مصرف، توسط پیمانکار زیر نظر دستگاه نظارت الزامی می باشد.

فصل سوم - ارزیابی مقاومت و پذیرش بتن

۳-۱- علائم اختصاری

f_c : مقاومت فشاری مشخصه بتن بر اساس نمونه های استوانه ای (کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)؛

f_{cm} : مقاومت فشاری متوسط بتن (کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)

$f_{1,2,3}$: مقاومت فشاری نمونه های شماره ۱، ۲ و ۳ (کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)

$\bar{f}_3$: میانگین مقاومت فشاری سه نمونه (کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)

f_{min} : کمترین مقاومت فشاری نمونه ها (کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)

a: قطر نمونه استوانه ای

b: ابعاد نمونه مکعبی

r_1 : ضریب تبدیل مقاومت نمونه استوانه ای استاندارد به مقاومت نظیر نمونه استوانه ای غیراستاندارد

r_2 : ضریب تبدیل مقاومت نمونه مکعبی به ابعاد b به مقاومت نمونه مکعبی ۲۰ سانتیمتری

r_3 : ضریب تبدیل مقاومت نمونه مکعبی ۲۰ سانتیمتری به مقاومت نمونه استوانه ای استاندارد

۳-۲- کلیات

۳-۲-۱- کیفیت بتن از نظر مقاومت، پایداری و سایر نیازهای ویژه محیطی باید با ضوابط مندرج در مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و آیین نامه بتن ایران مطابقت داشته باشد.

۳-۲-۲- بتن و مصالح تشکیل دهنده آن می باید ضوابط و مشخصات مندرج در این فصل را برآورده سازند. به عبارت دیگر، بتنی قابل قبول است که هم خود بتن و هم مصالح تشکیل دهنده آن، ضوابط الزامی مربوطه را برآورده سازند.

۳-۲-۳- بطور کلی پذیرش بتن منوط به برآورده شدن کلیه شرایط زیر است:

الف- پذیرش بتن از نظر کیفیت بتن تازه

بتن تازه باید دارای مشخصات قابل قبول مندرج در مشخصات فنی خصوصی پروژه باشد. رعایت محدوده روانی مجاز، محدوده درصد هوای مجاز، محدوده دمای مجاز و مشخصات ظاهری برای پذیرش بتن تازه الزامی است.

ب- پذیرش بتن از نظر نحوه اجرا

عملیات اجرایی شامل؛ آماده سازی قالب، آرماتوربندی و محل بتن ریزی، ریختن، پخش و جای دادن، تراکم، پرداخت و عمل آوری بتن باید طبق ضوابط این آیین نامه یا مشخصات فنی انجام شود. در غیر اینصورت بتن، مورد پذیرش قرار نمی گیرد و کیفیت آن مورد تردید خواهد بود. برخی از این موارد را نمی توان با انجام آزمایش روی بتن کنترل نمود و لازم است موارد اجرایی به صورت کامل و صحیح رعایت شود و دستگاه نظارت مسئولیت کنترل و پذیرش را به عهده دارد.

گاه به کمک مغزه گیری از مناطق مشکوک که کیفیت آن از نظر اجرایی، بویژه تراکم و عمل آوری، مورد تردید بوده است، می توان از صحت اجرا اطمینان حاصل نمود.

ج- پذیرش بتن از نظر مقاومت:

پذیرش مقاومت فشاری بتن در کارگاه بر اساس نتایج مقاومت فشاری نمونه های برداشته شده از بتن تازه صورت می گیرد. نمونه برداری از بتن باید به صورت تصادفی در طول مدت مصرف بتن انجام شود. تهیه آزمون ها و نگهداری آنها در «شرایط استاندارد»، باید طبق استانداردهای ملی ۳۲۰۵ یا ۱۶۰۸-۲ انجام شود.

نمونه برداری طبق نظر و درخواست ناظر انجام می شود. نمونه برداری باید به صورت غیرگزینشی بوده و به زمان خاص یا روانی خاصی وابسته نباشد. بدیهی است بتن هایی که از نظر ظاهر و روانی در محدوده قابل قبول نیستند، نباید مصرف شوند و نمونه گیری از آنها موضوعیت ندارد. به هر حال ایجاد ضابطه خاص در نمونه برداری مانند شرایط خاص جوی و نظایر آن نیز قابل قبول نیست، زیرا مبانی آماری ضوابط پذیرش مقاومت یا دوام را مخدوش می کند.

درهرسازه و برای هر نوع وهررده مقاومت بتن، انطباق بر رده مورد نظر زمانی وجود دارد که هر دو شرط «الف» و «ب» زیر برقرار باشد:

الف- میانگین نتایج هر سه نمونه متوالی مقاومت فشاری بتن کمتر از مقاومت مشخصه نباشد.

ب- هیچ یک از نتایج مقاومت فشاری نمونه بتن کمتر از ۹۰ درصد مقاومت مشخصه نباشد.

د- پذیرش بتن از نظر دوام:

پذیرش بتن از نظر دوام در کارگاه بر اساس نتایج آزمایش های دوام نمونه های برداشته شده از بتن تازه صورت می گیرد. تهیه آزمون ها و نگهداری آنها در «شرایط استاندارد»، باید طبق استانداردهای ملی ۳۲۰۵ یا ۱۶۰۸-۲ انجام شود.

ضوابط اخیر می باید در مشخصات فنی پروژه ها دقیقاً قید شده و در عمل نیز برآورده و کنترل شوند.

۳-۳- ضوابط پذیرش بتن

۳-۳-۱- آزمون و نمونه برداری بتن

مقصود از هر نمونه برداری از بتن، تهیه حداقل دو آزمون یکسان که در زمان و شرایط یکسانی تولید و نگهداری شده اند، می باشد. به عبارت دیگر، نمونه برداری عبارت است از میانگین نتایج دو یا چند آزمون، مشروط بر آنکه این آزمون ها همزمان تهیه و در شرایط یکسان نمونه گیری و متراکم و عمل آوری شده و تحت آزمایش قرار گرفته باشند. همچنین نتایج آزمون ها می باید به اندازه کافی به یکدیگر نزدیک بوده و بیش از حد مشخصی از یکدیگر دور نباشد.

بطور کلی آزمون عبارت است از یک قطعه بتنی به شکل مشخص، عموماً استوانه ای یا مکعبی و به ابعاد مشخص که طبق استانداردهای مشخص از بتن در محل ریختن در قالب یا گاهی در محل تولید بتن، نمونه گیری شده و طبق استانداردهای مشخص متراکم و عمل آوری شده و در سنین خاص تحت آزمایش های مشخص قرار می گیرد.

در آزمایش های تعیین مقاومت بتن، اگر اختلاف بین مقاومت دو آزمون کمتر از ۱۵ درصد میانگین آن دو باشد، در اینصورت متوسط آنها را محاسبه کرده و به عنوان یک نمونه گیری گزارش می کنند. در غیر اینصورت نتیجه آزمون سوم تعیین کننده خواهد بود.

اگر در مراحل بین نمونه گیری تا انجام آزمایش یک آزمون، وضعیتی مغایر با شرایط لازم بوجود آید، نتیجه آن آزمون قابل استناد نبوده و نباید در میانگین گیری وارد شود. در مواردی که نتیجه کوچکتر با میانگین نتایج بیش از ۷/۵ درصد میانگین اختلاف داشته باشد، این نتیجه حذف و میانگین نتایج دو آزمون دیگر بعنوان نتیجه نمونه گزارش می شود. بنابراین توصیه می گردد که در هر بار نمونه برداری، حداقل ۳ آزمون به جای ۲ آزمون تهیه شود. همانگونه که پیش از این اشاره شد مقصود از نتیجه آزمایش نمونه ها یا نمونه گیری، میانگین حداقل دو آزمون همزاد و همزمان می باشد. معمولاً این امکان وجود دارد که در تهیه بتن تازه، قالب گیری و تراکم، نگهداری و محافظت، مراقبت، حمل، عمل آوری و یا در انجام آزمایش تعیین مقاومت بتن، خطاهای عمده ای به اشکال مختلف بروز کند.

کاهش نتایج و ایجاد اختلاف زیاد بین مقاومت آزمون ها می تواند حاصل وجود نقص یا نقایص خاصی در مراحل نمونه برداری، ریختن در قالب، تراکم، خارج کردن از قالب، نگهداری استاندارد اولیه و نگهداری نهایی (از نظر دما و رطوبت)، جابجایی و حمل، کلاhek گذاری و آزمایش مقاومت فشاری و همچنین غیراستاندارد بودن قالب، لب پریدگی و کرمو بودن و غیره باشد.

تمامی ضوابط مربوط به مقاومت فشاری مشخصه بتن بر اساس آزمون های استوانه ای با قطر ۱۵۰ میلیمتر و ارتفاع ۳۰۰ میلیمتر (استاندارد) استوار است. در صورت استفاده از آزمون های مکعبی، برای تبدیل مقاومت آنها به مقاومت نظیر آزمون های استوانه ای می توان از جدول ۳-۱ استفاده کرد.

جدول ۳-۱

مقاومت فشاری مکعبی ۱۵۰ میلیمتری (مگاپاسکال)	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵	۶۰	۶۵	۷۰	۷۵
مقاومت فشاری استوانه استاندارد (مگاپاسکال)	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵	۶۰	۶۵	۷۰
۱- برای تبدیل مقاومت مکعبی کمتر از ۲۵ مگاپاسکال به استوانه استاندارد مقدار آن بر ۱/۲۵ تقسیم می شود. ۲- برای مقاومت های بین اعداد ذکر شده در جدول، کافی است ۵ مگاپاسکال از نتیجه مکعبی کم شود تا نتیجه استوانه ای حاصل شود. ۳- در صورت استفاده از مکعب ۱۰۰ میلیمتری تبدیل آن به استوانه ۱۰۰ میلی متری مشابه جدول فوق خواهد بود. هرچند در عمل مقاومت مکعب ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی متری و همچنین مقاومت استوانه ۱۰۰ و ۱۵۰ میلیمتری با یکدیگر تفاوت دارند. اما تبدیل ها ضرورت ندارد و صرفاً از حداقل سه آزمون کوچک تر به جای حداقل دو آزمون بزرگتر استفاده می شود. به هر حال حداقل قطر آزمون استوانه ای باید از سه برابر حداکثر اندازه اسمی سنگدانه کمتر نباشد و برای آزمون مکعبی نیز باید از ۳/۵ برابر حداکثر اندازه اسمی سنگدانه کمتر نباشد. ۴- برای بتن های سبکدانه، نسبت مقاومت فشاری آزمون مکعبی ۱۵۰ میلی متری به استوانه به قطر ۱۵۰ میلی متر، برای رده های مقاومتی تا ۴۰ مگاپاسکال برابر ۱/۰۵ و برای مقاومت های بیشتر تقریباً یک است.											

تهیه و آزمایش نمونه های بتن باید مطابق استاندارد های مندرج در مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و آیین نامه بتن ایران باشد.

نکته مهم: ضبط و نگهداری سابقه کامل نتایج آزمایشهای انجام شده روی بتن مصرفی برای ساختمانهای مهم (از جمله ساختمانهای آموزشی) الزامی است.

اطلاعاتی بشرح زیر روی هر نمونه باید درج گردد:

الف - نام پروژه

ب - تاریخ نمونه برداری

ج - محل مصرف و عضو سازه بتنی

د - شماره نمونه و نوع سیمان مصرفی

۳-۳-۲- محل و تواتر نمونه برداری از بتن

۱- نمونه برداری از بتن باید بطور کاملاً تصادفی صورت گیرد. در نظر گرفتن هرگونه ضابطه خاص از جمله شکل ظاهری بتن در نمونه برداری، زمان نمونه گیری، شرایط خاص جوی و نظایر اینها به عنوان ملاک نمونه گیری موجب به دست آوردن نمونه هایی با شرایط ویژه خواهد شد.

۲- نمونه برداری برای تعیین کیفیت بتن تازه در هر سازه و هر نوع و هر رده بتن باید در پای کار، صورت گیرد. پذیرش بتن تازه برای هر نوع و رده در هر سازه نیز به صورت جداگانه خواهد بود.

۳- نمونه برداری برای مقاومت در هر سازه و از هر نوع و هر رده بتن باید در پای کار صورت گیرد. پذیرش بتن از نظر مقاومت نیز برای هر نوع و رده در هر سازه نیز به صورت جداگانه انجام می شود.

۴- **حتی الامکان نمونه برداری ها با نظارت آزمایشگاه در محیط سربسته انجام شود.**

نکته مهم: نمونه های آزمایش را می باید درست پیش از ریختن، ترجیحاً در محل نهایی مصرف آن یعنی در محل قالب برداشت.

در صورتی که حجم اختلاط بتن برابر یک متر مکعب باشد، تواتر نمونه برداری به ترتیب زیر خواهد بود:

الف- برای فونداسیون، دالها و دیوارها، یک نمونه برداری از هر ۳۰ متر مکعب حجم بتن یا ۱۵۰ متر مربع سطح بتن (هرکدام منجر به بیشترین تعداد نمونه برداری گردد)

ب- برای تیرها و کلافها، در صورتی که جدا از قطعات دیگر بتن ریزی می شوند، یک نمونه برداری از هر ۱۰۰ متر طول.

ج- برای ستونها، یک نمونه برداری از هر ۵۰ متر طول.

در صورتی که حجم هر اختلاط بتن در پای کار کمتر یا بیشتر از یک متر مکعب باشد، می توان مقادیر مذکور در بندهای فوق را به همان نسبت کاهش یا افزایش داد، مشروط بر آنکه این نسبت بیشتر از ۲ یا کمتر از نصف نشود. وقتی بتن با کامیون مخلوط کن حمل می شود. حجم هر پیمان، همان حجم بتن کامیون مخلوط کن خواهد بود و چنانچه برای مثال، در هر نوبت، ۶ متر مکعب بتن حمل شود، احجام مرتبط با تواتر نمونه برداری حداکثر در ۲ ضرب می شود. بطور مثال چنانچه هر نوبت ساخت بتن نیم متر مکعب باشد و این حجم بتن در یک وسیله خاص حمل شود، میتوان احجام تواتر نمونه برداری را با توجه به نظر دستگاه نظارت در ۵/۰ ضرب نمود.

در مواردی که بتن توسط دستگاه نظارت، بدلیل عدم انطباق با رده، نامناسب تشخیص داده شده باشد، تواتر سخت گیرانه بکار گرفته می شود، و چنانچه انطباق با رده، مجدداً تأیید شود، تواتر معمولی به کار گرفته خواهد شد. اگر به تشخیص دستگاه نظارت در ساخت بتن، کنترل کیفیت مطلوبی وجود نداشته باشد و یکنواختی در ساخت بتن در نوبت های مختلف به نحو رضایت بخشی حاصل نشود، دستگاه نظارت می تواند مقادیر مذکور را کاهش دهد. بدین ترتیب تعداد نمونه ها به همان نسبت بیشتر می گردد.

لازم به ذکر است مقادیر مذکور حداقل مقادیر نمونه برداری است. به عبارت دیگر می توان تعداد نمونه گیری را بیش از این مقادیر در نظر گرفت ولی کمتر از این مقادیر مجاز نیست. هنگام تعیین حداقل تعداد نمونه برداری لازم در دال ها و دیوارها، در محاسبه سطح دال و دیوار، فقط یک وجه آنها را می باید در نظر گرفت.

۴- قطع نظر از حجم بتن ریزی، حداقل یک نمونه برداری از هر رده و از هر نوع بتن در هر روز الزامی است. لذا چنانچه در یک ساختمان، بتن هایی با رده های مختلف و طرح های اختلاط متفاوت به کار رود حداقل یک نمونه برداری در هر روز برای هریک از آنها ضروری است.

۵- در هر سازه، صرف نظر از حجم بتن مصرفی در آن، حداقل ۶ نمونه برداری از هر رده بتن و از هر نوع بتن در کل ساختمان الزامی است.

۶- توصیه می شود نمونه برداری یک ساختمان بتنی بین اعضای مختلف و در طبقات مختلف آن ساختمان توزیع گردد.

۷- استاندارد BS، پر کردن قالب را در لایه هایی با ضخامت تقریبی ۵ سانتی متر توصیه می کند و تراک هر لایه در مکعب های ۱۵ سانتی متری با ۳۵ ضربه توسط یک میله فولادی با مقطع مربعی شکل به ابعاد ۲۵ میلی متر صورت می گیرد. نمونه های مکعبی بعد از ۲۴ ساعت از قالب بیرون آورده شده و تا زمان انجام آزمایش در مخزن عمل آوری نگهداری می شوند.

شکل ۳-۱- نمونه گیری بتن در قالب های مکعبی شکل



نکته ۱: در مواردی که کل حجم هر نوع یا هر رده بتن در یک سازه از ۳۰ متر مکعب کمتر باشد، مشروط بر اینکه به تشخیص دستگاه نظارت، دلیلی بر رضایت بخش بودن کیفیت مقاومت بتن وجود داشته باشد، می توان از نمونه برداری برای مقاومت و آزمایش آن صرف نظر کرد.

نکته ۲: پیشنهاد می شود در هر نمونه برداری یک آزمون نیز بعنوان آزمون شاهد اخذ گردد تا متضمن انجام آزمایش مقاومت فشاری نمونه ها توسط آزمایشگاه باشد که در صورت صلاح دید کارفرما و در شرایط خاص، نتایج حاصل از آزمایش مقاومت فشاری آن مورد استفاده و ملاک تصمیم گیری قرار گیرد. توصیه می گردد این آزمون حداقل بمدت سه ماه از تاریخ نمونه برداری آن در شرایط مناسب نگهداری شود. لازم به ذکر است در صورتی که نیاز به شکستن نمونه شاهد باشد، مقاومت فشاری بدست آمده از آزمایش نمونه شاهد در سنین مختلف (۲۸ تا ۹۰ روز)، ملاک عمل و تصمیم گیری قرار گیرد.

۳-۳-۳- پذیرش بتن تازه

در صورتیکه رده اسلامپ طبق استاندارد ملی ۱-۱۲۲۸۴ قید شود، اسلامپ بتن باید در محدوده مورد نظر آن رده اسلامپ قرار گیرد و رواداری های ذکر شده موضوعیت نخواهد داشت. اعتبار نتایج آزمایش اسلامپ در محدوده ۱۰ تا ۲۱۰ میلی متر است. بنابراین اگر رواداری های ذکر شده عددی خارج از محدوده را بدست دهد، معتبر نخواهد بود.

در مواردیکه «بیشینه مقدار اسلامپ» بتن ذکر شده باشد، نباید از آن تجاوز شود و کاهش آن نیز به مقدار حداکثر ۳۰ درصد محدود شود.

۳-۳-۴- بررسی بتن در سنین کمتر از ۲۸ روزه

آزمایش بتن در سنین کم و اثر انواع سیمان بر روی مقاومت بتن، بشرط عمل آوری صحیح و کافی، تجربیات و شواهد بدست آمده نشان دهنده این است که تامین مقاومت به میزان ۷۰ درصد مقاومت بتن، در سن (۷ روزه) معمولاً تعیین کننده مقاومت موردنظر در سن ۲۸ روزه خواهد بود.

چنانچه مقاومت فشاری نسبی آزمونه های با سن زودتر از موعد مقرر (مثلاً ۷ روزه) کمتر از حدود ۷۰٪ باشد، نتیجه آزمایش به پیمانکار ابلاغ می گردد تا مراقبت و عمل آوری بتن مذکور را جهت حصول مقاومت ۲۸ روزه مورد نیاز اصلاح نماید و نیز بایستی طرح اختلاط بتن برای تهیه بتن های بعدی مورد بازنگری و اصلاح قرار گیرد. با عنایت به بند فوق (چنانچه مقاومت فشاری نسبی آزمونه های با سن زودتر از موعد مقرر از مقادیر مجاز کمتر باشد)، ادامه عملیات اجرایی بتن ریزی اسکلت تا وصول نتایج آزمایش مقاومت فشاری نمونه های ۲۸ روزه متوقف خواهد شد. همچنین پیمانکار برای شروع مجدد بقیه عملیات بایستی از دستگاه نظارت مجوز کتبی اخذ نماید. چنانچه نتایج آزمایش مقاومت فشاری نمونه های ۲۸ روزه مورد پذیرش واقع شود، تاخیرات پیش آمده مجاز و در غیر اینصورت غیرمجاز خواهد بود.

تبصره: ذکر این نکته ضروری است که تاحد امکان سعی شود از سیمانهای پرتلند استاندارد با توجه به شرایط بتن ریزی در ساخت بتن ها استفاده شود، اگر بنابه ضرورت و یا فقدان سیمان پرتلند در منطقه مورد نظر، مصرف انواع سیمانهای پرتلند دیرسخت شونده و یا پوزولانی استاندارد اجتناب ناپذیر باشد، بایستی سیمان مصرفی با توجه به تاییدیه کتبی کارخانه تولید (مبنی بر پوزولانی یا دیرگیر بودن سیمان) به تایید دستگاه نظارت و آزمایشگاه برسد، همچنین قبل از بتن ریزی اصلی بایستی نمونه های آزمایشی توسط پیمانکار و با نظارت آزمایشگاه با استفاده از سیمان مورد نظر و مصالح سنگی استاندارد موجود در منطقه با طرح اختلاط مناسب (شرایط بتن ریزی) ساخته شده و با انجام آزمایشات لازم از روند افزایش مقاومت آن و رسیدن به مقاومت لازم در سنین مشخص اطلاع حاصل گردد.

در مواردی که ضوابط پذیرش مقاومت بتن طبق قسمت ج بند ۳-۲-۳ برآورده نشود، بتن منطبق بر رده یا مقاومت مشخصه نیست. ولی اگر تنها ضابطه «ب» برقرار باشد، می توان نتیجه بتن را از نظر سازه ای پذیرفت، اما باید با اصلاح طرح اختلاط و یا دقت در ساخت بتن از تکرار آن جلوگیری شود و قصور پیمانکار در این رابطه مشمول جریمه خواهد شد. در مواردی که ضابطه «ب» برآورده نشود، لازم است بررسی «بتن کم مقاومت» در دستورکار قرار گیرد. در بررسی «بتن کم مقاومت»، امکان دارد، پذیرش بتن از نظر تامین مقاومت سازه ای فراهم آید.

۳-۴- بررسی بتن های کم مقاومت

در ابتدا ذکر این نکته ضروری است که تولید بتن های با مقاومت کم را می باید به عنوان یک پدیده نادر تلقی کرد و نباید به عنوان یک رویه رایج در کارگاه درآید. دستیابی به این هدف می تواند با استفاده از مصالح با کیفیت استاندارد، طرح مخلوط مناسب، استفاده از دستگاه ها و روش های استاندارد و به کارگیری نیروی انسانی ماهر حاصل شود.

در مواردی که نیاز به بررسی «بتن کم مقاومت» باشد، اقدامات این بخش را می توان انجام داد تا مشخص شود که بتن از نظرتامین مقاومت سازه ای قابل پذیرش است.

این اقدامات شامل: بررسی های تحلیلی، مغزه گیری، بارگذاری و سایر اقدامات مقتضی است.

بررسی بتن کم مقاومت در وهله اول می تواند به صورت تحلیلی (طی دو مرحله) انجام شود. در صورتی که در مراحل تحلیلی، پذیرش سازه ای بتن حاصل نشود یا بنا به دلایلی امکان بررسی تحلیلی وجود نداشته باشد، می توان به سراغ روش های مبتنی بر آزمایش رفت. روش مغزه گیری و روش بارگذاری از این نوع محسوب می شوند. روش های دیگری را نیز می توان در جهت حفظ سازه بتنی و پذیرش بتن کم مقاومت از نظر سازه ای به کار گرفت. به هرحال قبول و پذیرش بتن از نظر سازه ای رافع مسئولیت پیمانکار نیست و در هرصورت نشان دهنده آن است که کیفیت بتن ساخته شده در کارگاه مطابق مشخصات فنی پروژه نبوده است.

۳-۴-۱- روش های تحلیلی

روش اول: در مواردی که با استفاده از تحلیل موجود سازه و بازبینی طراحی مقاطع همسان سازی شده، بتوان نشان داد که ظرفیت باربری سازه به ازای مقاومت کم بتن در همه اعضا، قابل قبول می باشد، بتن از نظرتامین مقاومت سازه پذیرفته می شود، مشروط براینکه مقاومت موجود بتن، ضوابط حداقل مقاومت مجاز یا حداقل رده مجاز بتن را برآورده کند، همچنین مقاومت موجود باید حداقل رده متناظر با دوام را نیز برآورده نماید. در غیر اینصورت روش تحلیلی دوم را می توان به کار گرفت.

در روش اول با در نظر گرفتن مقاومتی کمتر از مقاومت مشخصه که بتوان مقاومت موجود بتن را منطبق با آن تلقی نمود، ممکن است بتوان نشان داد که با استفاده از تحلیل موجود سازه و صرفا با دقت در طراحی مقاطع همسان سازی شده، ظرفیت باربری سازه قابل قبول است. به کارگیری سطح مقطع میلگرد واقعی که معمولا بیشتر از مقدار محاسباتی است، احتمال پذیرش سازه ای بتن را بیشتر می کند. در این روش تحلیلی باید خمش، برش و خیز عضو و همچنین کفایت وصله های پوششی با توجه به مقاومت فشاری بتن موجود، کنترل شود. مقاومت کم بتن مورد استفاده در روابط طراحی مقاطع، همان کمترین مقاومتی نیست که منجر به عدم انطباق بر رده یا مقاومت مشخصه شده است، بلکه مقاومتی کمتر از مقاومت مشخصه است که اگر به عنوان مقاومت مشخصه به کار می رفت، انطباق بر آن با توجه به نتایج موجود نمونه های بتن حاصل می شد.

روش دوم: در این روش، سازه با فرض وجود بتن کم مقاومت در اعضای مورد نظر، مجدداً تحلیل می شود، چنانچه بتوان نشان داد که ظرفیت باربری این اعضا و سازه قابل قبول است، کیفیت بتن از نظر سازه ای مورد پذیرش قرار می گیرد، مشروط بر آنکه مقاومت کم بتن موجود، ضوابط حداقل مقاومت مجاز یا حداقل رده مجاز بتن را برآورده کند، همچنین مقاومت موجود باید حداقل رده متناظر با دوام را نیز برآورده نماید.

در روش دوم تحلیلی، لازم است تحلیل مجدد سازه براساس واقعیت های موجود (ابعاد، ضریب ارتجاعی و سایر مشخصات) انجام شود و بدون همسان سازی اعضای سازه، طراحی مجدد برای همه اعضا و قسمت های مشکوک به داشتن بتن کم مقاومت صورت گیرد. در این روش صرفاً بتن کم مقاومت برای قسمت هایی از سازه منظور می شود که احتمال می رود در آن اعضا ریخته شده باشد. در حالی که برای سایر اعضا، مقاومت مشخصه بتن یا مقاومت موجود را باید در نظر گرفت.

در روش دوم معمولاً احتمال پذیرش بتن از نظر سازه ای بیشتر از روش اول خواهد بود. در این جا نیز مقاومت کم بتن، متناظر با مقاومت مشخصه ای است که مقاومت موجود نمونه های بتن را می توان با آن منطبق دانست. مدارک کارگاه شامل تاریخ نمونه گیری و گزارش بتن ریزی روزانه، می تواند نشان دهد که بتن کم مقاومت در چه عضو یا اعضایی ریخته شده است. در این روش نیز باید کنترل خمش، برش، خیز و کفایت وصله های پوششی انجام شود.

در مجموع در روش تحلیلی در صورتی که با استفاده از تحلیل سازه موجود و بازبینی در طراحی، بتوان ثابت کرد که ظرفیت باربری سازه به ازای مقاومت کمتر از مقدار پیش بینی شده هم قابل قبول است، با تأیید دستگاه نظارت و مهندس محاسب نوع بتن از نظر تأمین مقاومت سازه قابل قبول تلقی می شود.

انجام این بررسی بنا به درخواست کتبی مجری یا پیمانکار و تأیید دستگاه نظارت صورت خواهد پذیرفت. لازم به ذکر است در صورتی که پروژه دارای مشاور طراح باشد، هزینه بررسی، تحلیل و بازبینی سازه ای پروژه و ارائه نتایج بررسی همراه با گزارش تحلیلی با جزئیات کامل به کارفرما بر عهده پیمانکار می باشد.

علیرغم قابل قبول شدن بتن از نظر سازه ای با انجام روش تحلیلی، با توجه به قصور پیمانکار در تامین بتن با کیفیت و مقاومت مشخصه لازم، بتن مذکور مشمول جریمه طبق رابطه ۱-۳ می باشد. بر این اساس میزان جریمه از مطالبات پیمانکار کسر می گردد.

$$R_c = F * (C_{fc} - C_{\bar{f}_3}) * V * P \quad \text{(رابطه ۱-۳):}$$

R_c : مبلغ جریمه بتنی که باید از مطالبات پیمانکار کسر شود.

f_c : مقاومت فشاری مشخصه بتن

$\bar{f}_3$: متوسط مقاومت فشاری (یا متوسط نمونه برداری انجام شده)

C_{fc} : بهای واحد حجم بتن (شامل تهیه و اجرای بتن با شن، ماسه طبیعی یا شکسته با مقاومت فشاری مشخصه طرح) براساس فهرست بهای مبنای قرارداد.

$C_{\bar{f}_3}$: بهای واحد حجم بتن (شامل تهیه و اجرای بتن با شن، ماسه طبیعی یا شکسته بر اساس مقاومت فشاری بدست آمده از آزمایش نمونه مکعبی). براساس فهرست بهای مبنای قرارداد.

توضیح اینکه جهت محاسبه $\bar{f}_3$ ابتدا مقاومت فشاری نظیر استوانه ای را براساس جدول ۱-۳ محاسبه نموده سپس در محاسبات لحاظ نمود. چنانچه بهای واحد بتن با مقاومت فشاری نظیر نمونه استوانه ای $C_{\bar{f}_3}$ در فهرست بهای منظم به پیمان وجود نداشته باشد، می توان بهای واحد آن را به تناسب C_{fc} (انترپوله)، مشخص کرده و در محاسبات لحاظ نمود.

V : حجم بتن مشمول جریمه

F : ضریب جریمه (طبق رابطه زیر محاسبه می گردد)

$$F = f_1 * f_2 * f_3$$

f_1 (ضریب مقاومت بتن) براساس شرایط زیر تعیین می گردد:

- با شرط برقراری رابطه $(\bar{f}_3 / f_c \geq 0.95)$: $f_1 = 15$
- با شرط برقراری رابطه $(0.95 > \bar{f}_3 / f_c \geq 0.90)$: $f_1 = 20$

f_2 (ضریب اقلیم) براساس شرایط زیر تعیین می گردد :

- اقلیم معتدل و مرطوب $f_2 = 1$
- اقلیم گرم و خشک $f_2 = 1/0.5$
- اقلیم سرد و کوهستانی $f_2 = 1/1.0$
- اقلیم گرم و مرطوب $f_2 = 1/1.5$

f_3 (ضریب اهمیت عضو سازه ای) براساس شرایط زیر تعیین می گردد :

- فونداسیون $f_3 = 1$
- تیر و سقف $f_3 = 1/1.5$
- ستون و دیواربرشی $f_3 = 1/3.0$

P : حاصل ضرایب بکاررفته در برآورد و ضریب پیمان می باشد.

جهت بررسی بتن اجرا شده و صحت و کفایت عمل آوری، بایستی نسبت به آزمایش ثانویه بتن (شامل چکش اشmitt، اولتراسونیک و ...) اقدام گردد، در صورت حصول نتیجه ضعیف، بند مربوط به بتن کم مقاومت مدنظر قرار گرفته و پیمانکار حق هیچگونه اعتراضی را نخواهد داشت. علاوه بر جرایم مربوط به بتن کم مقاومت (R_c)، به علت قصور پیمانکار در مراقبت از بتن و کاهش پیوستگی بتن آرمه، جریمه ای در خصوص میلگرد مصرفی در بتن طبق رابطه زیر به پیمانکار اعمال می گردد :

$$R_s = S * C_s * (1 - \bar{f}_3 / f_c) * V * P$$

R_s : مبلغ جریمه میلگرد که باید از مطالبات پیمانکار کسر شود.

S : مقدار آرماتور مصرفی عضو سازه ای در واحد حجم بتن (بطور میانگین ۸۰ کیلوگرم در محاسبات لحاظ گردد)

C_s : بهای واحد میلگرد مصرفی براساس فهرست بهای مبنای قرارداد

f_c : مقاومت فشاری مشخصه طرح

$\bar{f}_3$: مقاومت فشاری بدست آمده از آزمایش نمونه مکعبی

V : حجم بتن مشمول جریمه

P : حاصل ضرایب بکاررفته در برآورد و ضریب پیمان می باشد.

تبصره ۱: بدیهی است اعمال جراثیم بتن های کم مقاومت منوط به اعلام نظر کتبی طراح محترم مبنی بر پذیرش و قابل قبول بودن مقاومت سازه ای بتن خواهد بود.

تبصره ۲: حجم بتنی که جریمه به آن تعلق می گیرد، حداکثر برابر حجمی است که نمونه برداری انجام شده طبق بند ۳-۳-۲ معرف آن حجم از بتن بوده و ضوابط پذیرش بتن بر اساس نتایج آنها صورت می پذیرد.

۳-۴-۲- روش مغزه گیری

در این روش از اعضای که احتمال می رود بتن کم مقاومت در آنها باشد، مغزه گیری می شود. از هر منطقه مشکوک، حداقل سه مغزه باید تهیه و آزمایش شود. مغزه ها را باید طبق استاندارد ملی ۱۲۳۰۶ تهیه و آماده کرد. مغزه هایی که تحت آزمایش مقاومت فشاری قرار می گیرند باید فاقد میلگرد باشند. سر و ته این مغزه ها باید بریده، ساییده و یا طبق استانداردهای ملی ۱۳۵۸۴ (کلاhek گذاری متصل یا پیوسته) یا ۱۹۳۸۶ (کلاhek گذاری ناپیوسته یا منفصل)، کلاhek گذاری شوند.

مغزه ها باید ترجیحا از نقاطی در منطقه مشکوک گرفته شود تا ضعف اساسی در ایمنی و بهره برداری عضو به وجود نیارد و محل آن باید در اسرع وقت ترمیم شود. محل دقیق مغزه گیری می تواند توسط دستگاه نظارت به کمک آزمایشهای غیرمخرب مانند چکش اشمیت یا دستگاه های فراصوتی به صورت مقایسه ای انتخاب شود. برای قضاوت درباره کیفیت بتن سازه در حال احداث (پذیرش یا عدم پذیرش و انطباق با رده)، به هیچ وجه نباید از آزمایش های غیرمخرب یا نیمه مخرب دیگر (مانند چکش اشمیت، روش های صوتی و فراصوتی یا روش بیرون کشیدن) استفاده نمود، مگر آنکه طراح پروژه در مشخصات فنی قید کرده باشد. در این حالت ارزیابی بتن از نظر مقاومتی وقتی امکان پذیر است که همبستگی نتایج آن از قبل با نتایج مقاومتی مغزه ها یا آزمون های قالب گیری شده همان پروژه مشخص و بدین ترتیب نتایج حاصله واسنجی شده باشد. همچنین باید واسنجی دستگاه، طبق استانداردهای معتبر به طور کامل انجام شود. همه این عملیات و آزمایش ها باید توسط مهندس ذیصلاح هدایت شود و همواره روش مغزه گیری از اعتبار بیشتر برای قضاوت درباره کیفیت بتن سازه و بررسی بتن کم مقاومت برخوردار است. چنانچه دستگاه نظارت شکی در نحوه اجرا داشته باشد، می تواند از روش مغزه گیری استفاده نماید، تا بتواند بتن مشکوک را از نظر اجرا مورد پذیرش قرار دهد.

آزمایش مقاومت فشاری مغزه ها باید با توجه به ملاحظات زیر انجام شود:

۱- برش کاری و سایش مرطوب مغزه ها باید حداکثر طی مدت ۴۸ ساعت از زمان مغزه گیری انجام شود، مگر اینکه طراح پروژه ضوابط دیگری را تعیین کرده باشد.

۲- آزمایش مغزه ها نباید دیرتر از ۷ روز پس از اخذ آنها انجام شود، مگر آنکه در مشخصات فنی، زمان دیگری ذکر شده باشد.

۳- در مواردی که سازه در زمان بهره برداری در شرایط مرطوب قرار نمی گیرد، مغزه ها قبل از آزمایش باید به مدت حداقل ۵ روز پس از آخرین مرطوب سازی (برش یا سایش مرطوب)، در رطوبت نسبی کمتر از ۶۰ درصد و دمای (21 ± 6) درجه سلسیوس، خشک شوند.

۴- در مواردی که سازه در زمان بهره برداری در شرایط مرطوب یا اشباع قرار می گیرد، مغزه ها قبل از آزمایش باید حداقل به مدت ۴۰ ساعت در آب غرقاب شوند.

شرایط رطوبتی مغزه در زمان آزمایش مقاومت فشاری بر نتیجه حاصله تأثیر می گذارد و کمترین نتیجه در حالت اشباع بدست می آید. آزمون‌های به عمل آمده در شرایط استاندارد که برای انطباق با رده مورد نظر یا مقاومت مشخصه به کار گرفته می شود، باید در شرایط اشباع مورد آزمایش قرار گیرد، اما مغزه ها باید در شرایط رطوبتی ذکر شده توسط مهندس مشاور آزمایش شوند.

مقاومت فشاری مغزه ها، باید با توجه به نسبت ارتفاع به قطر آنها، طبق استاندارد ملی ۱۲۳۰۶، با ضرایب جدول ۲-۳ تصحیح شوند. این ضرایب در شرایط خشک و مرطوب برای بازه مقاومتی ۱۴ تا ۴۲ مگاپاسکال و بتن‌هایی با چگالی عادی تا ۱۶۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب اعتبار دارد. این ضرایب برای مقاومت‌های بیش از ۴۲ مگاپاسکال، بیشتر خواهد بود.

بهتر است طول مغزه در محدوده ۱/۹ تا ۲/۱ برابر قطر آن باشد. در صورتی که طول مغزه بیشتر از ۲/۱ برابر قطر آن است، طول آن باید چنان کاهش یابد که پس از ساییدن یا کلاhek گذاری در بازه فوق قرار گیرد. چنانچه طول مغزه مساوی یا کمتر از ۱/۷۵ برابر قطر مغزه باشد، نیاز به تصحیح وجود دارد. می توان از طریق درون یابی، ضریب تصحیح را برای نسبت‌های دیگر ارتفاع به قطر مغزه به دست آورد.

جدول ۲-۳- ضریب تصحیح مقاومت فشاری مغزه ها

نسبت ارتفاع به قطر	۱/۷۵	۱/۵	۱/۲۵	۱/۰۰
ضریب تصحیح	۰/۹۸	۰/۹۶	۰/۹۳	۰/۸۷
مقاومت فشاری				

در صورت برآورده نشدن شرایط روش تحلیلی، طبق مطالب فوق الذکر، لازم است روی مغزه های گرفته شده از بتن در قسمتهایی که احتمال وجود بتن با مقاومت کمتر داده می شود (این قسمتها با توجه به شرایط بتن ریزی توسط مسئول آزمایشگاه تعیین می شود)، با حضور نماینده پیمانکار و دستگاه نظارت و توسط آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک ذیصلاح مطابق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و آیین نامه بتن ایران آزمایش به عمل آید.

در مواردی که میانگین مقاومت فشاری مغزه ها کمتر از ۸۵ درصد مقاومت فشاری مشخصه و مقاومت فشاری هر مغزه نیز کمتر از ۷۵ درصد مقاومت فشاری مشخصه نباشد، بتن کم مقاومت یا مورد تردید را می توان از نظر سازه ای پذیرفت.

برای پذیرش بتن از نظر نحوه اجرا نیز همین ضوابط بکار می رود، ضمن آنکه از ظاهر مغزه ها یا ضخامت پوشش بتنی روی میلگردها و غیره می توان نکات خاصی را در اجرا بررسی نمود. استفاده از ضریب ۰/۸۵ برای میانگین نتایج مغزه ها به دلیل تفاوت در نوع بتن ریزی، تراکم و عمل آوری بتن درون عضو سازه و آزمون های عمل آمده در شرایط استاندارد و همچنین کاستی های ناشی از فرآیند مغزه گیری منظور شده است. همچنین ضریب ۰/۷۵ برای هر مغزه به دلایلی مشابه فوق اعمال می شود. به هر حال باید دانست که برای یک بتن، هیچ رابطه مشخص و منحصر به فردی بین نتایج مغزه حاصله از عضو و آزمون های عمل آمده در شرایط استاندارد که از بتن همان عضو تهیه شده است، وجود ندارد.

مغزه ها همواره مقاومت بتن موجود در عضو سازه را به دست می دهند، ولی مقاومت آزمون های عمل آمده در شرایط استاندارد، استعداد کسب مقاومت را به نمایش می گذارد. به همین دلیل در این مورد لازم نیست سن خاصی برای مغزه گیری جهت بررسی بتن کم مقاومت مشخص شود. بدیهی است که زمان یا سن مغزه گیری بیشتر از سن مقاومت مشخصه خواهد بود. اما نیازی به تبدیل مقاومت مغزه در این سن، به مقاومت بتن در سن مقرر برای مقاومت مشخصه احساس نمی شود و اصولاً چنین امری ضرورت ندارد.

در مواردی که دستگاه نظارت در مورد نتیجه مغزه ها تردید کند، می توان عملیات مغزه گیری را تکرار کرد. برای این منظور لازم است از هر منطقه مشکوک مجدداً حداقل سه مغزه دیگر تهیه و آزمایش شود.

در مواردی که دستگاه نظارت به نحوه صحیح ریختن بتن در عضو، تراکم و عمل آوری آن تردید داشته باشد، می تواند نسبت به مغزه گیری و انجام آزمایش روی آنها اقدام نماید، هر چند نمونه های تهیه و عمل آوری شده در شرایط استاندارد، انطباق با رده را برآورده کرده باشد.

لازم به ذکر است که کلیه هزینه های مربوط به انجام آزمایش مغزه گیری به عهده پیمانکار می باشد.

در صورتی که نتایج آزمایش فشاری بر روی نمونه های مغزه ای ضوابط پذیرش طبق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و آیین نامه بتن ایران را ارضا نماید، بتن از نظر تأمین مقاومت قابل قبول تلقی شده ولی مشمول جریمه طبق رابطه ۳-۱ با اعمال ضریب جریمه $F=20$ می شود.

۳-۴-۳- آزمایش بارگذاری ساده

آزمایش بارگذاری نمی تواند کیفیت بتن را از نظر مقاومتی مشخص کند، بلکه تنها می تواند مشخص نماید که آیا این اعضای خمشی باتوجه به ابعاد آنها، کیفیت بتن موجود، قطر، نوع و محل قرارگیری میلگردهای درون بتن می توانند باربری لازم را داشته باشند. به هر حال طراحی محافظه کارانه، اجرای بتن با ابعاد بیشتر یا مصرف میلگرد بیشتر و با مقاومتی بالاتر و غیره می تواند موجب شود تا عضو مورد نظر علی رغم مصرف بتن کم مقاومت، بتواند از ظرفیت باربری مناسبی برخوردار شود. بنابراین تفکیک صحت طراحی، صحت اجرا و مصرف مصالح مناسب و منطبق با خواسته های پروژه از یکدیگر، توسط آزمایش بارگذاری مقدور نیست و نیاز به مطالعات بیشتر و جدی تری دارد.

لازم به ذکر است با توجه به شرایط پروژه ها، اهمیت زیاد ساختمان مدارس و وارد شدن آسیب های جدی سازه ای و عدم تاثیر بارهای دینامیکی بر سازه در فرآیند بارگذاری، آزمایش بارگذاری فاقد امکان اجرایی در این شیوه نامه لحاظ می گردد.

نکته مهم : در صورت عدم تامین مقاومت فشاری بتن و غیرقابل قبول بودن نتایج آزمایش، بنا به صلاحدید کارفرما در صورت انجام آزمایش مغزه گیری و با توجه به عدم اجرایی بودن آزمایش بارگذاری، اگر کیفیت مقاومتی بتن از نظر پذیرش سازه ای همچنان در پرده ابهام باقی بماند، می توان اقدامات دیگری را به مرحله اجرا گذاشت، این اقدامات شامل موارد زیر است:

*** به کارگیری مقاومت مغزه در محاسبات تحلیلی روش اول و دوم :**

ممکن است در مرحله مغزه گیری، مقاومت مغزه ها در حد پذیرش سازه ای بتن نباشد. در این حالت قبل یا بعد از بارگذاری (بسته به تشخیص دستگاه نظارت) می توان طبق روش اول یا دوم تحلیلی از مقاومت متوسط مغزه ها تقسیم بر ۰/۸۵ و یا کمترین مقاومت مغزه تقسیم بر ۰/۷۵ (هر کدام کوچکتر باشد) به عنوان مقاومت مشخصه جدید در روابط محاسباتی تحلیل یا طراحی مقطع استفاده نمود. چنانچه بتن از نظر سازه ای مورد پذیرش واقع شود، نیاز به ادامه بررسی بتن کم مقاومت وجود ندارد.

*** کاهش بارهای مرده و زنده، با تغییر کاربری سازه، یا تغییر در نقشه های تیغه بندی و تغییر مصالح مصرفی آنها :**

از دیگر اقدامات، در این مرحله می توان به تغییر بارهای مرده عضو مورد نظر از طریق تغییر در نقشه تیغه بندی یا مصالح مصرفی در آن یا کاهش بار مرده کف سازی از طریق کاهش ضخامت یا تغییر مصالح مصرفی و در مجموع سبک سازی سازه اشاره کرد. تغییر بارهای زنده نیز می تواند از طریق تغییر در شرایط بهره برداری منطقه ضعیف انجام شود.

*** تقویت عضو دارای بتن مشکوک :**

یکی از اقدامات قابل قبول، تقویت سازه یا عضو ضعیف مورد نظر است. با توجه به روشهای مختلف تقویت که از نظر کارفرما و طراح پروژه مشکلی را از نظر بهره برداری به وجود نمی آورد، می توان سازه یا عضو مورد نظر را تقویت کرد و مقاومت بتن موجود را از نظر سازه ای پذیرفت.

لازم به ذکر است بنا بر صلاحدید کارفرما و دستگاه نظارت مبنی بر عدم امکان انجام آزمایش مغزه گیری و عدم استفاده از راهکارهای فوق، گام بعدی (مقاوم سازی عضو ضعیف سازه ای) اجرایی خواهد شد.

۳-۴-۴- مقاوم سازی

چنانکه شرایط بندهای قبلی برآورده نشود، بایستی قطعه یا قطعات بتنی با مقاومت کم با ارائه طرح مقاوم سازی توسط مشاور ذیصلاح (با هماهنگی و تحت نظر کارفرما) تقویت و مقاوم سازی گردیده، صورتجلسه آن تهیه و با امضای پیمانکار و مشاور ذیصلاح به کارفرما گزارش شود. در اینصورت بتن از نظر تأمین مقاومت قابل قبول تلقی می گردد. این امکان وجود دارد که با تغییر بارهای مرده قطعه (از طریق تغییر نقشه، تغییر مصالح و جزئیات) بتوان بتن و ساختمان را قابل قبول اعلام نمود. با تغییر شرایط بهره برداری و در پی آن تغییر بار زنده نیز می توان بتن را مورد پذیرش قرار داد. در هر صورت این موارد می باید با نظر مساعد کارفرما و با مشورت مشاور و طراح پروژه به دقت بررسی شوند. همچنین می باید توجه داشت که در بسیاری اوقات می توان با تقویت اعضاء و اتصالات سازه ای بتن با استفاده از مواد و روش های مناسب بتن را از نظر سازه ای به حد قابل قبول رساند.

اتخاذ تصمیم در مورد مقاوم سازی یا تخریب بتن می باید بر اساس مطالعات همه جانبه، شرایط ساختمان و تاثیر هریک از روش ها بر روی ساختمان و اعضای سازه ای صورت پذیرد.

بدیهی است کلیه هزینه های مربوطه (طراحی، اجرای تقویت و مقاوم سازی، تغییر مشخصات فنی و اجرایی،

حق الزحمه مشاور و ...) بر عهده پیمانکار خواهد بود.

در خصوص تاخیرات غیرمجاز پیش آمده در اجرای کار نیز، مطابق شرایط عمومی پیمان با پیمانکار رفتار خواهد

شد.

۳-۴-۵- تخریب بتن کم مقاومت و غیرقابل قبول

در صورتی که هیچکدام از بندهای ۳-۴-۱ تا ۳-۴-۴ برای پذیرش بتن و یا اقداماتی که منجر به پذیرش بتن می شود، عملی نگردد، تخریب بتن فوق الزامی است. باید بتن مذکور با نظر دستگاه نظارت و آزمایشگاه تخریب و بازسازی شده، صورتجلسه تخریب و بازسازی آن به همراه سایر مدارک و منضمات لازم تهیه و با امضای دستگاه نظارت و پیمانکار به کارفرما گزارش شود. بدیهی است کلیه هزینه های مربوط به تخریب و بازسازی بتن (شامل تمام آیتم های مربوط به تخریب اعضای بتنی، تهیه و خرید مصالح بتن، تجهیزات بتن ریزی، ساخت و اجرای مجدد قطعه بتنی) برعهده پیمانکار می باشد و از این بابت هیچگونه پرداخت دوباره ای به پیمانکار تعلق نخواهد گرفت. همچنین در خصوص تاخیرات غیرمجاز پیش آمده در اجرای کار، مطابق شرایط عمومی پیمان با پیمانکار رفتار خواهد شد.

تخریب بخش هایی از ساختمان را معمولاً می باید به عنوان آخرین راه حل مدنظر قرار داد. تخریب بخشی از ساختمان علاوه بر هدر رفتن سرمایه های ملی می تواند آثار نامطلوبی را بر بخش های سالم و قابل قبول آن بر جای گذارد، لذا تخریب می باید طبق دستور دستگاه نظارت و با دقت تمام انجام گیرد و از اعمال ضربه برای تخریب بتن تا حد امکان خودداری شود.

همچنین می باید توجه داشت که اعمال ضربه برای تخریب بخشی از اعضای سازه ای بتنی با مقاومت کم می تواند موجب بروز اشکالات جدی در اعضای سازه ای چسبیده به آنها و ترک خوردگی و کاهش مقاومت و سختی آنها شود و لذا این امر مجاز نخواهد بود.

۳-۵- موارد مربوط به عدم کیفیت اجرا، تجهیزات و مصالح بتن ریزی

۳-۵-۱- در مواردی بعلت عدم رعایت اسلامپ، دانه بندی نامناسب سنگدانه ها، قالب بندی ضعیف، عدم رعایت کاور استاندارد بتن و بخصوص عدم ویریه نمودن صحیح در بتن ریزی ها، تخلخل در بافت بتن سخت شده (کرموشدگی) ایجاد می گردد، در صورت بروز چنین مواردی، بخصوص در موارد تخلخل شدید (نمایان بودن آرماتورها، ایجاد حفرات عمیق و...) با توجه به میزان و محل تخلخل، بایستی مجری یا پیمانکار پروژه تحت نظر دستگاه نظارت نسبت به ترمیم و تقویت بتن متخلخل با مصالح ترمیم کننده استاندارد و طبق راهکارهای ارائه شده در بند ۲-۱۶ شیوه نامه حاضر اقدام نماید و مدارک مصور ترمیم بتن را به دستگاه نظارت و کارفرما تحویل نماید.

۳-۵-۳- در بعضی موارد بعلت عدم رعایت استانداردهای لازم در بتن ریزی و عمل آوری بتن، در سقف ها بویژه در سقف کامپوزیت ترک های عمقی ایجاد می گردد، همچنین در مواردی، جهت اجرای تاسیسات برقی و مکانیکی، اقدام به تخریب سقف می گردد که این امر موجب ضایعات شدید (ترک های عمقی) و در نتیجه ضعف سازه ای در بتن سقف کامپوزیت می شود، لذا پیمانکار موظف است قبل از هرگونه عملیات بتن ریزی سقف با مهندسین تاسیسات هماهنگی نموده و تمهیدات لازم در این زمینه را اتخاذ نماید. در صورت کوتاهی و سهل انگاری پیمانکار و در نتیجه بروز ترک های عمقی در سقف و همچنین الزام به تخریب بتن سخت شده، پیمانکار بایستی نسبت به ترمیم ترک ها و تقویت بتن اطراف محل تخریب با مصالح ترمیم کننده استاندارد و طبق راهکارهای ارائه شده توسط دستگاه نظارت اقدام نماید و مدارک مصور ترمیم بتن را به دستگاه نظارت و کارفرما تحویل نماید. بدیهی است بایستی در مورد تخریب بتن سخت شده، کلیه هزینه های مربوطه مطابق قرارداد فیما بین از مطالبات پیمانکار کسر گردد.

۳-۵-۳- در بعضی موارد، عدم تامین تکیه گاه مناسب زیرشمع بندی سقف ها (بویژه طبقه همکف سقف های تیرچه و بلوک) ، قالب بندی و شمع بندی نامناسب باعث نشست نامتقارن و در نتیجه خیز سقف می گردد. در چنین مواردی اگر طبق استانداردهای رایج در آیین نامه ها، خیز در محدوده رواداریهای غیرمجاز باشد، غیرقابل قبول بوده و بایستی به اجرای راهکارهای مناسب نظیر تقویت، ترمیم یا تخریب و... اقدام نمود.

۳-۶- وظایف دستگاه نظارت، آزمایشگاه و پیمانکار

۳-۶-۱- هر یک از آزمون‌های بتنی اخذ شده باید در راس مدت مقرر بر روی نمونه‌ها تحت آزمایش مقاومت فشاری قرار گیرند.

۳-۶-۲- نمونه برداری از عملیات بتنی بایستی صرفاً توسط کارشناس یا تکنسین آزمایشگاه و با هماهنگی نماینده دستگاه نظارت بطور صحیح و طبق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و آیین نامه بتن ایران انجام شود.

۳-۶-۳- پیمانکار موظف است در صورت نیاز استان از محل اعتبار تجهیزکارگاه، نسبت به تهیه حداقل ۶ قالب مکعبی استاندارد جهت انجام آزمایشات مقاومت فشاری بتن پروژه اقدام نماید.

۳-۶-۴- پیمانکار موظف است پس از بتن ریزی و نمونه برداری انجام شده، آزمون‌های بتن را در شرایط استاندارد طبق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و آیین نامه بتن ایران در کارگاه نگهداری نموده و ضمن مراقبت از آن در زمان تعیین شده به آزمایشگاه تحویل نماید.

۳-۶-۵- آزمایشگاه موظف است آزمون‌های بتن را در شرایط استاندارد طبق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان و آیین نامه بتن ایران حفظ و نگهداری نماید.

۳-۶-۶- دستگاه نظارت موظف است حجم بتن ریزی، محل مصرف و مقاومت‌های فشاری مشخصه بتن مورد نظر را به تفکیک هر یک از اعضا، جهت درج در اوراق آزمایش به آزمایشگاه ابلاغ نماید. حتی الامکان بایستی نماینده دستگاه نظارت (ناظر پروژه) در هنگام بتن ریزی در محل پروژه حضور داشته باشد.

۳-۶-۷- پیمانکار موظف است با هماهنگی دستگاه نظارت و تایید آن واحد مبنی بر بتن ریزی (تایید چک لیست کنترل مصالح، قالب بندی و سایر موارد لازم توسط دستگاه نظارت و آزمایشگاه طبق فرم های پیوست شماره ۳ و ۴) حداقل ۴۸ ساعت قبل از بتن ریزی، آزمایشگاه را جهت انجام نمونه برداری بتن (طبق فرم درخواست نمونه گیری بتن پیوست شماره ۲) مطلع نماید.

تبصره ۱: چنانچه پیمانکار بدون هماهنگی و اطلاع آزمایشگاه اقدام به بتن ریزی نماید، بتن غیرقابل قبول تلقی شده و مطابق بند ۳-۴ با پیمانکار برخورد خواهد شد. در صورتیکه انجام آزمایش مغزه گیری از عضو بتنی مقدور نباشد، آزمایشگاه می تواند با استفاده از هرگونه آزمایش رایج در این زمینه (چکش اشمیت، اولتراسونیک و ...) نسبت به کنترل مقاومت فشاری بتن اقدام نماید و نتیجه آزمایش به مثابه نتایج آزمایش مقاومت فشاری نمونه برداری، ملاک عمل خواهد بود و پیمانکار حق هیچگونه اعتراضی را نخواهد داشت. همچنین علاوه بر جرائم متعلقه احتمالی (در صورت غیرقابل قبول بودن نتایج آزمایش)، جریمه عدم اطلاع بتن ریزی براساس رابطه زیر محاسبه و از محل مطالبات پیمانکار کسر می گردد. بدیهی است کلیه هزینه های مربوط به مغزه گیری و آزمایشات تکمیلی دیگر بر عهده پیمانکار خواهد بود.

$$R = F * (C_{fc}) * V * P$$

R : مبلغ جریمه که باید از مطالبات پیمانکار کسر شود.

C_{fc} : بهای واحد حجم بتن (شامل تهیه و اجرای بتن با شن، ماسه طبیعی یا شکسته با مقاومت فشاری مشخصه طرح) براساس فهرست بها مبنای قرارداد.

V : حجم بتن مشمول جریمه

F : ضریب جریمه (که برابر است با):

برای بتن ریزی فونداسیون: ۰.۱

برای بتن ریزی ستون و دیوار برشی: ۰.۱۵

برای بتن ریزی سقف: ۰.۲

P : حاصل ضرایب بکاررفته در برآورد و ضریب پیمان می باشد.

تبصره ۲: چنانچه پیمانکار علیرغم اعلام قبلی، در زمان تعیین شده نسبت به بتن ریزی اقدام ننماید و هیچگونه عذر موجهی در این رابطه نداشته باشد، بایستی ضمن تذکر کتبی به پیمانکار، کلیه هزینه های نمونه برداری (شامل حق الزحمه نمونه بردار، هزینه ایاب و ذهاب و...) محاسبه و از محل مطالبات پیمانکار کسر گردد.

۳-۶-۸- آزمایشگاه بایستی آزمایش مقاومت فشاری نمونه ها و حسب مورد نمونه های مغزه ای (کر) را در حضور نماینده دستگاه نظارت و نماینده پیمانکار انجام دهد.

تبصره - عدم حضور نماینده پیمانکار و نماینده دستگاه نظارت علیرغم اطلاع قبلی در موقع انجام آزمایش مقاومت فشاری، حقی برای ادعای آنها ایجاد نمی کند.

۳-۶-۹- آزمایشگاه موظف است حداکثر ظرف مدت ۲۴ ساعت نتایج آزمایش مقاومت فشاری آزمونه های آگاهی قبل از موعد (۷ روزه) را به دستگاه نظارت گزارش نماید. در صورت بروز مشکل و پایین بودن مقاومت بتن، نتیجه در اسرع وقت به دستگاه نظارت و پیمانکار ابلاغ گردد تا تدابیر و اقدامات لازم جهت حصول نتیجه ۲۸ روزه توسط پیمانکار انجام گردد. در صورتی که مطابق بند ۳-۳-۴، مقاومت ۷ روزه کمتر از حد تعیین شده باشد، ادامه هر گونه عملیات اجرایی سازه منوط به اعلام نتیجه نمونه های ۲۸ روزه خواهد بود.

۳-۶-۱۰- مقدار دقیق حجم بتن مشمول جریمه با توجه به شرایط بتن ریزی و سازه بتنی مورد نظر، توسط مسئول آزمایشگاه مشخص می گردد. حداکثر حجم بتنی که جریمه به آن تعلق می گیرد، برابر حجمی است که معرف نمونه برداری انجام شده طبق بند ۳-۳-۲ شیوه نامه بوده و ضوابط پذیرش بتن بر اساس نتایج آنها صورت می پذیرد. همچنین نحوه اعمال جریمه بایستی طبق فرم پیوست شماره ۵ باشد و مبلغ جریمه به پیمانکار ابلاغ و از اولین صورت وضعیت پیمانکار کسر گردد.

تبصره - توضیح اینکه مقاومت مشخصه بتن، مقاومت فشاری بدست آمده از آزمایش، مقدار حجم بتن مشمول جریمه و ضریب جریمه (F) توسط واحد آزمایشگاه به دستگاه نظارت و واحد رسیدگی اعلام می گردد تا در خصوص اعمال جرایم بتن (براساس فرم پیوست شماره ۵) اقدامات و هماهنگی های لازم و بعدی صورت پذیرد.

۳-۶-۱۱- اوراق گزارش مقاومت فشاری بتن باید به زبان فارسی و مطابق با پیوست ۱ شیوه نامه حاضر تنظیم و

اطلاعات زیر نیز در آن درج گردد:

الف- نوع، ابعاد، حجم، وزن و وزن مخصوص نمونه

ب- تاریخ آزمایش و سن نمونه در موقع آزمایش

ج- سطح بارگذاری و حداکثر بار وارده

د- مقاومت فشاری به دست آمده و مقاومت فشاری مشخصه طراحی

ه- محل نمونه برداری طبق نقشه های اجرایی با ذکر محورهای طولی و عرضی مشخص گردد. تعیین محدوده

دقیق بتن ریزی متناسب با حجم بتن و نمونه برداری انجام شده (طبق بند ۳-۳-۲) برای مشخص شدن حجم

مشمول جریمه یا تخریب احتمالی، الزامی است.

و- نام پیمانکار و نام نمونه گیر

منابع و مراجع :

- ۱- مبحث نهم مقررات ملی ساختمان (طرح و اجرای ساختمانهای بتن آرمه) -۱۳۹۹
- ۲- آیین نامه بتن ایران (آبا)، ویرایش ۱۴۰۲
- ۳- مشخصات فنی و عمومی کارهای ساختمانی (نشریه شماره ۵۵)، ویرایش ۱۴۰۳
- ۴- شیوه نامه ارزیابی کیفیت ومقاومت و پذیرش بتن سازمان نوسازی مدارس کشور- ۱۳۹۶
- ۵- استانداردها در رشته راه و ساختمان، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران



خطره کی نوبت آئی، صاف رہی انسان کی

[illegible]

فرم درخواست نمونه گیری از بتن

کارفرما : محل پروژه :
 پیمانکار : محل دقیق بتن ریزی :
 ناظر پروژه : شماره و تاریخ مجوز بتن ریزی :

نام کارخانه بتن آماده :		شماره گواهی استاندارد کارخانه :	
آدرس و تلفن کارخانه :			
مواد مضاف دارد ☐ ندارد ☐ نوع مواد مضاف :			
مقاومت مشخصه بتن :		نوع سیمان مصرفی :	
		عیار سیمان :	
☐ فونداسیون ☐ ستون ☐ دیواربرشی روی فونداسیون ☐ سقف ☐ محوطه ☐ ستون ☐ دیوار برشی روی سقف ☐ بتن آماده ☐ سایر	تاریخ بتن ریزی : / /		
	ساعت شروع بتن ریزی :		
	ساعت خاتمه بتن ریزی :		
	حجم بتن ریزی :		
	روش بتن ریزی :		
	تذکر ۱ : تکمیل فرم درخواست و اخذ رسید حداقل ۴۸ ساعت قبل از بتن ریزی بصورت مراجعه حضوری توسط پیمانکار الزامی است. در صورت عدم تکمیل و ارسال به موقع فرم و اخذ رسید، مسئولیت هرگونه عدم هماهنگی در نمونه گیری برعهده پیمانکار می باشد. تذکر ۲ : در صورت ساخت بتن با بتونیر در محل کارگاه، ارائه طرح اختلاط توسط پیمانکار الزامی است. تذکر ۳: گواهی استاندارد کارخانه تولید بتن بایستی ضمیمه فرم درخواست گردد.		
نیاز به آزمایش ثانویه ☐ دارد ☐ ندارد ☐			
مشاور یا نظارت کارگاهی :		نماینده کارفرما :	
مسئول آزمایشگاه :		نماینده پیمانکار :	



فرم مجوز بتن ریزی فونداسیون

اداره کل نوسازی مدارس استان ...

نام پروژه :		تاریخ :	
محل دقیق بتن ریزی :			
کارفرما :		شماره :	
پیمانکار :			
ردیف	کنترل فعالیت های قبل از بتن ریزی	پیمانکار	ناظر
توضیحات			
۱	کنترل سازه آرماتور اصلی و کنترل طول خم انتها		
۲	کنترل طول اورلب آرماتورها در فونداسیون		
۳	کنترل سازه، طول و محل قرارگیری آرماتورهای تقویتی		
۴	محکم بودن خاموت ها و کنترل سازه، فاصله و خم آنها		
۵	کنترل محل ستون ها و فواصل بین آکس ستون ها		
۶	کنترل سازه و طول آرماتور انتظار ستون و دیوار برشی بطوری که اورلب تراز بعدی تامین شود.		
۷	ریسمانی بودن آرماتورهای ریشه های ستون		
۸	نصب خاموت ستون واقع در فونداسیون مطابق نقشه		
۹	کنترل محل قرارگیری دیوار برشی		
۱۰	کنترل فاصله و تعداد آرماتورهای دیوار برشی		
۱۱	کنترل موقعیت قرارگیری سازه و طول آرماتورهای ریشه دستگاه پله		
۱۲	کنترل کد روی آرماتور فونداسیون		
۱۳	کنترل ابعاد شناژ و فونداسیون مطابق نقشه		
۱۴	کنترل پوشش آرماتورها		
۱۵	کنترل استحکام و درز بندی قالب		
۱۶	کنترل خط تراز بتن و ارتفاع بتن ریزی		
۱۷	پیش بینی محل قطع بتن و قالب بندی آن		
۱۸	تمیز بودن فونداسیون		
۱۹	کنترل اندود روغن در قالب و نظافت داخل قالب		
۲۰	کنترل وسایل مراقبت بتن، وسایل ویبره و نیروی انسانی		
نظریه انجام کلیه موارد ذکر شده در چک لیست فوق بر اساس مشخصات و دستورالعمل های فنی بدینوسیله باستحضار می رساند که در تاریخ آماده بتن ریزی است و مصالح، وسایل، تجهیزات استاندارد و نیروی انسانی فراهم گردیده است، لذا خواهشمند است بررسی و اعلام نظر فرمائید.		از محل مذکور در تاریخ بازدید و موارد مندرج در چک لیست کنترل گردیده و با بتن ریزی در تاریخ موافقت می گردد/ نمی گردد.	
نماینده پیمانکار:		سرناظر:	
سمت :		مهر و امضاء :	

فرم مجوز بتن ریزی سقف

نام پروژه :		تاریخ :	
محل دقیق بتن ریزی :		شماره :	
کارفرما :			
پیمانکار :			
ردیف	کنترل فعالیت های قبل از بتن ریزی	پیمانکار	ناظر
۱	کنترل ساین طول آرماتورهای اصلی و تقویتی، محل قرار گیری و خم انتهای آنها		
۲	کنترل ساین، فاصله، طول خم و محکم بودن خاموت ها		
۳	کنترل پوشش آرماتورهای تیرها و کنترل ابعاد آنها مطابق نقشه		
۴	کنترل آرماتورهای اصلی و زیگزاگ تیرچه و لخت بودن انتهای تیرچه ها		
۵	کنترل آرماتورهای اودکا و آرماتورهای ممان منفی و محکم بودن آنها (درانتهای تیرچه)		
۶	کنترل عرض تای بیم، ساین آرماتور، فاصله سنجاقکی ها و استفاده از قالب مناسب برای تای بیم		
۷	تمیز بودن سقف از خرده سفال و مواد زائد دیگر (در داخل تیرها و ...)		
۸	کنترل جهت تیرچه ریزی سقف و کنترل محل جانمایی کلیه داکت های تاسیساتی		
۹	کنترل ساین، تعداد و طول اورلب آرماتورهای انتظار ریشه دستگاه پله		
۱۰	نصب خاموت ستون در ضخامت سقف (تعداد مطابق نقشه باشد)		
۱۱	کنترل نصب آرماتورهای انتظار دیوار برشی مطابق نقشه (در صورت وجود)		
۱۲	کنترل محل قرارگیری و ابعاد دیوار برشی		
۱۳	کنترل قالب بندی محل اتصال تیر به ستون و استفاده از قالب مناسب و استاندارد		
۱۴	کنترل فاصله آرماتورهای حرارتی و بالابودن آنها از روی بلوک		
۱۵	کنترل ریسمانی و شاقولی، استحکام، درز بندی قالب ها و کنترل قالب های آویز		
۱۶	کنترل ترک خوردگی و شکستگی تیرچه ها		
۱۷	کنترل جمع شدگی ستون ها (در صورت نیاز) در ضخامت سقف بمنظور کاهش ابعاد ستون		
۱۸	ارتفاع بتن ستون ها (سطح بتن های ریخته شده در ستون ها باید با تراز قالب تیر یکی یا پایین تر اجرا گردد)		
۱۹	کنترل شاقولی و همراستایی ستون ها، کنسول و ... با طبقه بالا		
۲۰	کنترل ابعاد سقف مطابق نقشه و کنترل محل قرار گیری کنسول ها و ...		
۲۱	کنترل کد زیر سقف و کنترل خیز منفی در تیرها و تیرچه ها		
۲۲	کنترل قالب سر تیرچه و قالب دور سقف		
۲۳	کنترل وسایل مراقبت بتن، وسایل ویبره و تعداد نیروی انسانی مورد نیاز		
نظر به انجام کلیه موارد ذکر شده در چک لیست فوق بر اساس مشخصات و دستورالعمل های فنی بدینوسیله باستحضار می رساند که در تاریخ آماده بتن ریزی است و مصالح، وسایل، تجهیزات استاندارد و نیروی انسانی فراهم گردیده است، لذا خواهشمند است بررسی و اعلام نظر فرمائید.		از محل مذکور در تاریخ بازدید و موارد مندرج در چک لیست کنترل گردیده و با بتن ریزی در تاریخ موافقت می گردد/ نمی گردد.	
نماینده پیمانکار:		ناظر:	
امضاء:		سرناظر:	
سمت:			

فرم اعمال جرایم بتن

محاسبه بهای حجم بتن مشمول جریمه طبق جدول ذیل می باشد:

ریز محاسبات					ردیف
بهای واحد	واحد	شرح	ردیف فهرست بهاء پیمان		
مقدار					
بهای کل					
				متناظر با بتن با مقاومت فشاری مشخصه پروژه	۱
				متناظر با بتن با مقاومت فشاری بدست آمده	
	مابه التفاوت بهای واحد بتن با مقاومت مشخصه و بتن با مقاومت بدست آمده (ΔC)				*

ردیف	مقدار حجم بتن مشمول جریمه (V)	مابه التفاوت بهای واحد بتن مشمول جریمه (طبق ردیف *) (ΔC)	ضریب مقاومت (f_1)	ضریب اقلیم (f_2)	ضریب اهمیت عضو (f_3)	ضریب جریمه کل $F = f_1 * f_2 * f_3$	مبلغ کل جریمه (R)
۱							
۲							

با توجه به محاسبات جداول فوق، طبق فرمول محاسبه جریمه بتن ($R_c = F * \Delta C * V * P$) جریمه بتن مربوط به شیت آزمایش مقاومت فشاری به شماره مورخ به مبلغ مقطوع ریال (بحروف ریال) از اولین صورت وضعیت پیمانکار به شماره قرارداد مورخ کسر گردد.

مسئول واحد رسیدگی:

ناظر پروژه:

پیمانکار:

فرم اعمال جرایم میلگرد

اداره کل نوسازی مدارس استان ...

محاسبه بهای میلگرد مصرفی مشمول جریمه طبق جدول ذیل می باشد:

ریز محاسبات					ردیف
بهای واحد	واحد	شرح	ردیف فهرست بهاء پیمان		
مقدار					
بهای کل					
				متناظر با شماره میلگرد مصرفی	۱
				متناظر با شماره میلگرد مصرفی	
					*

ردیف	مقدار حجم بتن مشمول جریمه (V)	بهای واحد میلگرد مصرفی مشمول جریمه (طبق ردیف *) (Cs)	ضریب پیمان و سایر ضرایب بکاررفته در برآورد (P)	نسبت مقاومت فشاری بدست آمده به مقاومت مشخصه بتن ($\bar{f}_3 / f_c$)	مقدار آرماتور مصرفی در حجم واحد بتن (S)	مبلغ کل جریمه (Rs)
۱						
۲						

نکته: مقدار آرماتور مصرفی در حجم واحد بتن بطور میانگین می توان ۸۰ کیلوگرم در محاسبات لحاظ کرد.

با توجه به محاسبات جداول فوق، طبق فرمول محاسبه جریمه میلگرد $\{ R_s = S * C_s (\bar{f}_3 / f_c) V * P \}$ جریمه میلگرد مربوط به شیت آزمایش ثانویه مقاومت فشاری بتن (جهت کنترل کفایت عمل آوری بتن) به شماره مورخ به مبلغ مقطوع ریال (بحروف ریال) از اولین صورت وضعیت پیمانکار به شماره قرارداد مورخ کسر گردد.

مسئول واحد رسیدگی:

ناظر پروژه:

پیمانکار: