جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه کشور

مشخصات فنی عمومی
کارهای ساختمانی
تجدید نظر سوم

جلد سوم
بتن و اجرای آن
ضابطه شماره ۳-۵۵

آخرین ویرایش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۸

معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی — وزارت راه و شهرسازی
امور نظام فنی اجرایی — مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی
Nezamfanni.ir

۱۴۰۳
omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

باسمه تعالی

ریاست جمهوری
سازمان برنامه و بودجه کشور
رئیس سازمان

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	شماره : ۱۴۰۳/۵۶۹۴۵۰
	تاریخ : ۱۴۰۳/۱۱/۰۳

به استناد ماده(۳۴) قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور، ماده(۲۳) قانون برنامه و بودجه و تبصره(۲) ماده(۴) «نظام فنی‌واجرایی یکپارچه کشور» موضوع مصوبه شماره ۲۵۲۵۴/ت۵۷۶۹۷ه مورخ ۱۴۰۰/۰۳/۰۸ هیئت وزیران، دستورالعمل پیوست با مشخصات زیر ابلاغ و برای اجرا در «سامانه نظام فنی‌واجرایی کشور»به نشانی Nezamfanni.ir منتشر می‌شود.

عنوان:	**مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی (بازنگری سوم) در ۱۰ جلد:** **جلد اول:کلیات، سلامت، ایمنی و محیط زیست و مستندسازی** **جلد دوم: تخریب– ژئوتکنیک** **جلد سوم: بتن و اجرای آن** **جلد چهارم: فولاد و اجرای سازه‌های فولادی** **جلد پنجم: عملیات بنایی، جداکننده‌ها و کف‌ها و سقف‌های کاذب و نمای ساختمانی** **جلد ششم: عایق‌کاری** **جلد هفتم: پوشش‌ها** **جلد هشتم: اصول و روش‌های نصب در و پنجره ساختمانی** **جلد نهم: محوطه‌سازی** **جلد دهم: بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود**
شماره ضابطه:	**۵۵**
نوع ابلاغ:	لازم الاجرا
حوزه شمول:	همه قراردادهای جدیدی که از محل وجوه عمومی ویا به صورت مشارکت عمومی-خصوصی منعقد می‌شوند
تاریخ اجرا:	۱۴۰۴/۰۴/۰۱
متولی تهیه، اخذ بازخورد و اصلاح:	دبیرخانه «مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی» مستقر در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
مرجع اعلام اصلاحات:	امور نظام فنی‌واجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور

این بخشنامه از تاریخ اجرا، جایگزین بخشنامه شماره ۱۰۱/۶۶۲۴۱ مورخ ۱۳۸۳/۰۴/۱۷ می‌شود.

سیدحمید پورمحمدی

omoorsayman.ir

ش ش: ۷۸۵۳۲۱۷

omoorepeyman.ir

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی و اجرایی، مشاورین و پیمانکاران معاونت فنی، زیربنایی و تولیدی سازمان برنامه و بودجه کشور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این ضابطه کرده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای مفهومی، فنی، ابهام و اشکالات موضوعی نیست. از این رو از شما خوانندگان گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

۱- در سامانه مدیریت و دانش اسناد ملی و اجرایی (سما) ثبت نام فرمایید: sama.nezamfanni.ir

۲- پس از ورود به سامانه سما و برای تماس احتمالی، نشانی خود را در بخش پروفایل کاربری تکمیل فرمایید.

۳- به بخش نظرخواهی این ضابطه مراجعه فرمایید.

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

۵- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.

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

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

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه:

- تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی شاه-مرکز تلفن ۳۳۲۷۱ سازمان برنامه و بودجه کشور، امور نظام فنی و اجرایی، مشاورین و پیمانکاران
- تهران، بزرگراه شیخ فضل‌ا..نوری، جنب شهرک فرهنگیان، خیابان نارگل، خیابان شهید علی مروی، خیابان حکمت

Email: nezamfanni@chmail.ir Web: nezamfanni.ir

Email: Code55@bhrc.ac.ir Web: www.bhrc.ac.ir

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

بسمه تعالی

پیشگفتار

اولین نسخه ضابطه ۵۵ در سال ۱۳۵۳ با هدف یکنواخت کردن مشخصات فنی عمومی ساختمان‌ها در سطح کشور، راهنمایی دستگاه‌های اجرائی برای رعایت نکات فنی لازم الاجرا در عملیات ساختمانی و انتخاب مصالح مرغوب تدوین شد. در تهیه آن نسخه علاوه‌بر منابع فنی و تجربیات افراد متخصص، از دفترچه‌های مشخصات فنی عمومی که توسط موسسات خصوصی و دستگاه‌های دولتی تهیه گردیده بود و همچنین از استانداردهای موسسه استاندارد استفاده شد. نسخه اول با همکاری مهندسان مشاور تکنولوگ تهیه گردید و پیش‌نویس آن برای اظهار نظر در اختیار دستگاه‌های اجرائی و مهندسان مشاور قرار گرفت و به موازات آن کمیته کارشناسی با شرکت آقایان علیرضا احسانی از وزارت مسکن و شهرسازی، مرحوم مهندس مصطفی کتیرایی از سازمان مسکن، مهندس احمد خراسانچیان از موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و مرحوم مهندس یزدان‌شناس از سازمان برنامه و بودجه در دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان برنامه و بودجه تشکیل و نسخه پیشنهادی توسط این افراد نهایی و منتشر شد.

بازنگری اول این ضابطه در سال ۱۳۷۳ انجام شد و در بازنگری دوم ضابطه ۵۵ که در سال ۱۳۸۳ منتشر شد، سازگاری با شرایط و مقتضیات اقلیمی کشور و توجه به فناوری‌های جدید و نوآوری‌های صنعتی نیز مورد توجه قرار گرفت. بازنگری و تکمیل مطالب، بالاخص فصول دوم "مصالح ساختمانی"، پنجم "بتن و بتن آرمه" و درج استانداردهای مرتبط جدید در تمام متن و ویرایش فنی کل مجموعه از اهم مواردی بود که رعایت شد. همچنین به‌منظور کاربردی نمودن ضابطه و استفاده سریع و آسان از مطالب مندرج در آن، نسخه الکترونیکی آن نیز در قالب لوح فشرده تهیه شد که قابلیت‌های ویژه‌ای از جستجوی واژه، نمایش مناسب مطالب و امکان ارسال آن به چاپگر را به خواننده می‌داد.

ویرایش حاضر که تدوین آن به مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی سپرده شد، با توجه به سوابق فوق،"بازنگری سوم" ضابطه ۵۵ به شمار می رود که با توجه به تحولات مهمی که در چند سال اخیر در صنعت ساخت و ساز ایجاد شده، نسبت به ویرایش قبلی، تجدید نظر اساسی در آن انجام پذیرفته است. موضوعات عمده‌ای که در تدوین این ویرایش مورد توجه قرار گرفته است عبارتند از: توجه به اصول توسعه پایدار، حفظ محیط زیست، صرفه‌جویی در مصرف انرژی، کاربردی نمودن فناوری‌های نوین و صنعتی‌سازی ساختمان، توجه به شرایط اقلیمی و جغرافیایی در انتخاب مصالح و ارائه روش‌های اجرا، استفاده از مصالح و روش‌های اجرایی با قابلیت کنترل و نظارت درنظرگیری اولویت مصرف برای مصالح بومی و ساخت داخل کشور و همچنین توجه خاص به شرایط لرزه‌خیزی کشور.

همچنین در متن حاضر، روان‌نویسی و پرهیز از پیچیدگی، با رویکرد تسهیل برای استفاده‌کنندگان، یکپارچه بودن تمام فصول و عدم تعارض میان فصل‌های مختلف و ارائه جزئیات اجرایی برای استفاده آسان ضابطه مورد توجه بوده است. ساختار کلی بازنگری سوم ضابطه ۵۵ در مقایسه با بازنگری دوم متفاوت است. رویکرد کلی در ساختار فعلی ترتیب

omoorepeyman.ir

عملیات ساختمانی می‌باشد. از سوی دیگر با توجه به نیاز جامعه مهندسی به ضوابط و مشخصات فنی در حوزه بهسازی لرزه‌ای و سلامت ایمنی و محیط زیست دو فصل با عناوین ذکر شده به ضابطه حاضر اضافه گردیده است.

با توجه به مطالب فوق، این ضابطه پس از تهیه و کسب نظر از عوامل ذی‌نفع نظام فنی و اجرایی کشور به سازمان برنامه و بودجه کشور ارسال شد که پس از بررسی، بر اساس نظام فنی یکپارچه، موضوع ماده ۳۴ قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور و آیین نامه اجرایی آن و ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه ابلاغ گردید و برای قراردادهای جدید در طرح‌هایی که از محل وجوه عمومی استفاده می کنند و یا به صورت مشارکت عمومی خصوصی اجرا می‌شوند، لازم‌الاجرا می‌باشد.

لازم به توضیح است به جهت حجم بالای مطالب، این ضابطه در ده جلد مجزا به شرح زیر تهیه و تدوین گردیده است.

جلد اول: کلیات- سلامت، ایمنی و محیط زیست- مستند سازی

جلد دوم: تخریب- ژئوتکنیک

جلد سوم: بتن و اجرای آن

جلد چهارم: فولاد و اجرای سازه‌های فولادی

جلد پنجم: عملیات بنایی، جداکننده‌ها و کف‌ها و سقف‌های کاذب - نمای ساختمان

جلد ششم: عایق کاری

جلد هفتم: پوشش‌ها

جلد هشتم: اصول و روش‌های نصب در و پنجره

جلد نهم: محوطه سازی

جلد دهم: بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود

این جلد (جلد سوم) مشتمل بر فصل ششم (بتن و اجرای آن) است.

در خاتمه از کاربران محترم درخواست داریم برای تکمیل ضابطه حاضر پیشنهادها و اصلاحات مورد نظر خود را به دبیرخانه ضابطه ۵۵ (Code55@bhrc.ac.ir) ارسال فرمایند. کارشناسان پیشنهادهای ارسال شده را بررسی و در صورت لزوم نسبت به تهیه متن اصلاحی اقدام خواهند نمود.

شایان ذکر است که در تدوین این ویرایش حدود ۱۰۰ نفر از استادان، کارشناسان و صاحب نظران مشارکتی فعال وجدی داشته اند که بدینوسیله از ایشان تقدیر به عمل می‌آید.

حمید امانی همدانی

معاون فنی، زیربنایی و تولیدی

زمستان ۱۴۰۳

omoorepeyman.ir

اسامی همکاران در تهیه و ابلاغ مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی- ضابطه شماره ۵۵

جلد سوم- بتن و اجرای آن

تهیه کنندگان

نام	نام خانوادگی	محل اشتغال	مدرک تحصیلی	همکاری در تهیه
هرمز	فامیلی (رئیس کارگروه)	دانشگاه علاء الدوله سمنانی، مهندسین مشاور کوبان کاو	دکترای مهندسی عمران	فصل ششم
محسن	تدین	انجمن بتن ایران، مهندسین مشاور سیناب غرب	دکترای مهندسی عمران	فصل ششم
بابک	احمدی	مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی	دکترای مهندسی عمران	فصل ششم
جعفر	سبحانی	مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی	دکترای مهندسی عمران	فصل ششم
مهدی	خوش‌کردار	مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی	دکترای مهندسی عمران	فصل ششم
مهدی	نعمتی	مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی	دکترای مهندسی عمران	فصل ششم
محمد حسین	تدین	شرکت آرا بتن اروند	دکترای مهندسی عمران	فصل ششم
محمود	ایراجیان	شرکت پادراپات پارس	دکترای مهندسی عمران	فصل ششم
مازیار	رئیس قاسمی	مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی	کارشناس ارشد مهندسی معماری	فصل ششم
مصطفی	حق طلب	دانشگاه ملایر	کارشناس ارشد مهندسی عمران	فصل ششم
سهیل	جعفری نژاد	انستیتو مصالح ساختمانی دانشگاه تهران	کارشناس ارشد مهندسی عمران	ترسیم تصاویر
امیر	ملک محمدی	انستیتو مصالح ساختمانی دانشگاه تهران	کارشناس ارشد مهندسی عمران	ترسیم تصاویر

omoorepeyman.ir

اعضای گروه هماهنگی و تلفیق ضابطه ۵۵

نام	نام خانوادگی	محل اشتغال	مدرک تحصیلی
محمد	شکرچی زاده	دانشگاه تهران	دکترای مهندسی عمران
اصغر	ساعد سمیعی	دانشگاه تهران	دکترای مهندسی معماری
حسن	آقا تابش	وزارت راه و شهرسازی	کارشناس ارشد مهندسی عمران
محمد حسین	افتخار	بنیاد مسکن انقلاب اسلامی	کارشناس ارشد مهندسی عمران
علیرضا	توتونچی	سازمان برنامه و بودجه کشور	کارشناس ارشد مهندسی عمران
محمد جعفر	علیزاده	وزارت راه و مسکن و شهرسازی	کارشناس ارشد مهندسی عمران
جواد	فرید	شرکت بهراد فردیس	کارشناس ارشد مهندسی عمران
محمدرضا	طبیب زاده	انجمن شرکت‌های مهندسی و پیمانکاری نفت، گاز و پتروشیمی (اپک)	کارشناس ارشد مهندسی عمران
بهناز	پورسید	رییس اسبق امور نظام فنی و اجرایی در سازمان برنامه و بودجه کشور	کارشناسی مهندسی عمران
محمدرضا	سیادت	سازمان برنامه و بودجه کشور	کارشناس ارشد مهندسی معماری
حسن	سلطانعلی	شرکت سرای ایمنی و کیفیت آوید	کارشناس مهندسی عمران
محسن	بهرام غفاری	شرکت توسعه ابنیه حافظ	کارشناس ارشد مهندسی عمران
فرزین	کلانتری	دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی	دکترای مهندسی عمران
هرمز	فامیلی	دانشگاه علاادوله سمنانی، مهندسین مشاور کوبان کاور	دکترای مهندسی عمران
اباذر	اصغری	دانشگاه تهران	دکترای مهندسی عمران
رسول	میرقادری	دانشگاه تهران	دکترای مهندسی عمران
فرهنگ	فرحبد	مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی	دکترای مهندسی عمران
نادر	خواجه احمد عطاری	مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی	دکترای مهندسی عمران
سهراب	ویسه	مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی	دکتری مهندسی معدن
مژده	زرگران	مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی	دکترای مهندسی شیمی
بهروز	کاری	مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی	دکترای مهندسی عمران
علیرضا	خاوندی	دانشگاه زنجان	دکترای مهندسی عمران
عبدالله	(شادروان) حسینی	دانشگاه تهران	دکترای مهندسی عمران
سید علی	رضوی طباطبائی	دانشگاه علم و فرهنگ	دکترای مهندسی عمران
بهنام	مهرپرور	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی	دکترای مهندسی عمران

omoorepeyman.ir

اعضای دبیرخانه ضابطه ۵۵

نام	نام خانوادگی	محل اشتغال	مدرک تحصیلی
محمد	شکرچی زاده	دانشگاه تهران	دکترای مهندسی عمران
محمد حسین	افتخار	بنیاد مسکن انقلاب اسلامی	کارشناس ارشد مهندسی عمران
جواد	فرید	شرکت بهراد فردیس	کارشناس ارشد مهندسی عمران
سهیل	جعفری نژاد	انستیتو مصالح ساختمانی دانشگاه تهران	کارشناس ارشد مهندسی عمران
نرگس	خیرطال	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی	کارشناس ارشد مهندسی مدیریت
شیوا	بهرامی	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی	کارشناس مهندسی فناوری اطلاعات

اعضای کمیته راهبری (با دبیری مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی)

محمد شکرچی‌زاده	رئیس سابق مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی
محمد حسین افتخار	مدیرعامل موسسه فناوری و نوآوری بنیاد تک
محمد جعفر علیزاده	معاونت سابق وزیر راه و شهرسازی
علیرضا توتونچی	معاون امور نظام فنی و اجرایی سازمان برنامه و بودجه کشور

اعضای گروه هدایت و راهبری (سازمان برنامه و بودجه کشور)

علیرضا توتونچی	معاون امور نظام فنی و اجرایی
محمدرضا سیادت	کارشناس امور نظام فنی و اجرایی
سجاد حیدری حسنکلو	کارشناس امور نظام فنی و اجرایی

با سپاس از زحمات خانم‌ها مریم چلیکی و زهرا کاشانی بابت کنترل ویراستاری

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

پیشگفتار بازنگری دوم (۱۳۸۳)

بهره‌گیری از ضوابط، معیارها و استانداردهای فنی در تمامی مراحل طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرح‌های عمرانی با رویکرد کاهش هزینه و زمان و ارتقای کیفیت، از اهمیتی ویژه برخوردار بوده و در نظام فنی اجرایی کشور، مورد تأکید جدی قرارگرفته است.

ضابطه حاضر با عنوان "مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی" به‌منظور ایجاد هماهنگی و یکنواختی در دستورالعمل‌های اجرایی کارهای ساختمانی کشور و همچنین رعایت اصول، روش‌ها و فنون اجرای متناسب با امکانات موجود و سازگار با شرایط و مقتضیات اقلیمی کشور، تهیه و تدوین گردیده است.

به هنگام و روزآمد نمودن ضوابط و استانداردهای فنی، با توجه به فناوری‌های جدید و نوآوری‌های صنعتی، در مقاطع زمانی مختلف، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور نیز در این راستا وظایف و مسئولیت‌های قانونی و به‌منظور هماهنگی و همگامی با فناوری‌های جدید و تکمیل این مجموعه، اقدام به بازنگری و تجدیدنظر در این شریه نموده است.

بازنگری و تکمیل مطالب بالأخص در فصول دوم "مصالح ساختمانی"، پنجم "بتن و بتن آرمه" و درج استانداردهای مرتبط جدید در تمام متن و ویرایش فنی کل مجموعه از اهم مواردی است که در نسخه حاضر انجام‌شده است.

به‌منظور کاربردی‌تر نمودن نشریات حاضر و استفاده سریع و آسانم از مطالب مندرج در آن، دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی، نسخه الکترونیکی این مجموعه را نیز در قالب لوح فشرده تهیه نموده است. این نسخه دارای قابلیت‌های ویژه‌ای در جستجوی واژه، نمایش مناسب مطالب، امکان ارسال آن به چاپگر و ... می‌باشد.

کارشناسان و متخصصان مشروح زیر، در تهیه و تدوین نسخه پیشین مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی، نقش بسزایی داشته‌اند.

آقای مهندس علی ابریشمی
آقای مهندس علیرضا احسانی
آقای مهندس اکبر اسدالله خان والی
آقای مهندس حسن تابش
آقای مهندس احمد جاودان
آقای مهندس احمد خراسانچیان
آقای مهندس عزت الله خواجه‌نوری
آقای مهندس سیدعلی طاهری
آقای مهندس رضا طبیب زاده نوری

آقای مهندس اسماعیل عبدالهی علی بیگ
آقای دکتر مهدی قالیبافیان
آقای مهندس مصطفی کتیرایی
آقای مهندس منوچهر کریم‌خان زند
آقای مهندس جواد مجلسی
آقای مهندس قباد میزانی
خانم مهندس منیر وزیرنیا
آقای مهندس سید اکبر هاشمی
آقای مهندس مصطفی یزدان‌شناس

omoorepeyman.ir

معاونت امور فنی از آقای مهندس میر محمود ظفری، کارشناس مسئول گروه عمران دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی، به خاطر زحمات و کوشش‌های فراوان ایشان در بازنگری، ویرایش و آماده سازی نسخه الکترونیکی، قدردانی و تشکر می‌نماید. از مدیرکل محترم دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی، سرکار خانم مهندس بهناز پورسید و معاون محترم، آقای مهندس تبار که در هدایت پروژه در راستای اهداف دفتر تلاش نموده‌اند، نیز سپاسگزاری می‌شود.

در پایان از تلاش و جدیت آقای دکتر حسین عرب علی بیک و آقای سعید جلالی که طراحی و اجرای نسخه الکترونیکی و آماده‌سازی نسخه کاغذی را برای چاپ به عهده داشته‌اند، تشکر می‌نماید.

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

معاون امور فنی

تابستان ۱۳۸۳

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

فصل ششم- بتن و اجرای آن ۱
۶-۱- کلیات ۳
۶-۱-۱- هدف و دامنه کاربرد ۳
۶-۱-۲- اصطلاحات و تعاریف ۳
۶-۲- ویژگی‌ها و الزامات کلی بتن ۷
۶-۲-۱- مشخصات و استانداردهای منطبق ۷
۶-۲-۱-۱- ویژگی‌های بتن تازه ۷
۶-۲-۱-۱-۱- کارآیی و روانی بتن (اسلامپ) ۷
۶-۲-۱-۱-۲- جریان اسلامپ ۸
۶-۲-۱-۱-۳- انتخاب کارآیی بتن ۹
۶-۲-۱-۱-۴- دمای بتن تازه ۱۰
۶-۲-۱-۱-۵- درصد هوای بتن تازه ۱۰
۶-۲-۱-۱-۶- همگنی و یکنواختی بتن تازه ۱۰
۶-۲-۱-۱-۷- معیارهای همگنی یا جداشدگی ۱۱
۶-۲-۱-۱-۸- آب انداختگی بتن ۱۲
۶-۲-۱-۱-۹- زمان گیرش بتن ۱۲
۶-۲-۱-۲- ویژگی‌های بتن سخت شده ۱۲
۶-۲-۱-۲-۱- مقاومت فشاری بتن ۱۲
۶-۲-۱-۳- دوام بتن و ناتراوایی بتن ۱۳
۶-۲-۱-۳-۱- طبقه‌بندی شرایط محیطی ۱۳
۶-۲-۱-۳-۲- خوردگی کلریدی فولاد در بتن ۱۵
۶-۲-۱-۳-۳- خوردگی فولاد ناشی از کربناته شدن بتن ۱۷
۶-۲-۱-۳-۴- حمله سولفاتی ۱۷
۶-۲-۱-۳-۵- رویارویی با چرخه‌های یخ‌زدن و آب‌شدن ۱۸
۶-۲-۱-۳-۶- مقاومت در برابر سایش ۱۹
۶-۲-۱-۳-۷- واکنش سنگدانه – قلیایی در بتن ۲۱
۶-۲-۱-۳-۸- تراوایی بتن ۲۲
۶-۲-۱-۴- مصالح بتن ۲۵
۶-۲-۱-۴-۱- سیمان پرتلند ۲۵
۶-۲-۱-۴-۲- سنگدانه ۲۵
۶-۲-۱-۴-۳- سبکدانه ۲۶
۶-۲-۱-۴-۴- آب و یخ ۲۷
۶-۲-۱-۴-۵- مواد افزودنی شیمیایی ۲۸
۶-۲-۱-۴-۶- مواد افزودنی پودری معدنی ۲۹
۶-۲-۱-۴-۷- رنگدانه‌ها ۲۹
۶-۲-۱-۴-۸- الیاف ۳۰
۶-۲-۱-۴-۹- میلگرد و فولادهای مسلح کننده ۳۰
۶-۲-۱-۴-۱۰- قطعات مدفون در بتن ۳۰

omoorepeyman.ir

۶-۲-۱-۵- حمل و نگهداری مصالح ۳۱
۶-۲-۱-۵-۱- سیمان پرتلند ۳۱
۶-۲-۱-۵-۲- سنگدانه ۳۳
۶-۲-۱-۵-۳- سنگدانه بازیافتی و بازفرآوری شده ۳۵
۶-۲-۱-۵-۴- سبکدانه ۳۵
۶-۲-۱-۵-۵- آب و یخ ۳۵
۶-۲-۱-۵-۶- مواد افزودنی شیمیایی ۳۶
۶-۲-۱-۵-۷- مواد افزودنی پودری معدنی ۳۶
۶-۲-۱-۵-۸- رنگدانه‌ها ۳۶
۶-۲-۱-۵-۹-الیاف ۳۶
۶-۲-۱-۶- تعیین نسبت‌ها و مقادیر مخلوط بتن (طرح مخلوط) ۳۷
۶-۲-۱-۶-۱- فرآیند طرح مخلوط ۳۷
۶-۲-۱-۶-۲- مبانی طرح مخلوط بتن ۳۷
۶-۲-۱-۶-۳- روش آزمایشگاهی تعیین طرح مخلوط ۴۱
۶-۲-۱-۶-۴- اصلاح مقاومت فشاری هدف ۴۵
۶-۳- ضوابط اجرایی ۴۶
۶-۳-۱- قالب‌بندی ۴۶
۶-۳-۱-۱- ضوابط عمومی قالب و قالب‌بندی ۴۶
۶-۳-۱-۱-۱- عملکرد و وظایف مجموعه قالب‌بندی و سازه موقت ۴۶
۶-۳-۱-۱-۲- نگهداری قالب ۴۶
۶-۳-۱-۱-۳- نقشه‌های اجرایی و کارگاهی ۴۶
۶-۳-۱-۱-۴- سطح تمام‌شده نما ۴۷
۶-۳-۱-۱-۵- رواداری‌ها ۴۷
۶-۳-۱-۱-۶- طراحی قالب ۴۷
۶-۳-۱-۲- دسته‌بندی قالب‌ها ۴۷
۶-۳-۱-۳- سیستم و اجزای قالب‌بندی‌های متداول در کارهای ساختمانی ۴۸
۶-۳-۱-۳-۱- قالب ۴۸
۶-۳-۱-۳-۲- اعضای ایستاگر(نگهداشت) ۴۸
۶-۳-۱-۳-۳- تنظیم‌کننده ۴۸
۶-۳-۱-۳-۴- پاشنه (رامکا) ۴۹
۶-۳-۱-۳-۵- قالب‌بندی با مصالح بنایی ۵۰
۶-۳-۱-۳-۶- قالب‌بندی سقف ۵۰
۶-۳-۱-۴- ضوابط اجرایی قالب‌بندی ۵۰
۶-۳-۱-۴-۱- قالب فوقانی ۵۰
۶-۳-۱-۴-۲- ماده رهاساز (روغن قالب) ۵۰
۶-۳-۱-۴-۳- کنترلهای اجرایی ۵۱
۶-۳-۱-۴-۴- قالب‌برداری ۵۱
۶-۳-۱-۴-۵- زمان قالب‌برداری ۵۲
۶-۳-۱-۴-۶- پایه‌ها ۵۲
۶-۳-۱-۴-۷- پایه اطمینان ۵۳
۶-۳-۲- آرماتور و آرماتوربندی ۵۳

omoorepeyman.ir

۶-۳-۲-۱- مقدمه ۵۳
۶-۳-۲-۲- انواع آرماتور ۵۳
۶-۳-۲-۲-۱- میلگرد ۵۳
۶-۳-۲-۲-۲- کابلها ۵۳
۶-۳-۲-۲-۳- الیاف ۵۴
۶-۳-۲-۲-۴- شبکه ۵۴
۶-۳-۲-۳- ویژگی‌های ساختاری، فیزیکی و مکانیکی میلگردهای فولادی ۵۴
۶-۳-۲-۳-۱- ویژگی‌های ساختاری ۵۴
۶-۳-۲-۳-۲- رده مقاومتی ۵۵
۶-۳-۲-۳-۳- شکل‌پذیری ۵۶
۶-۳-۲-۳-۴- خم‌پذیری ۵۷
۶-۳-۲-۳-۵- جوش‌پذیری ۵۷
۶-۳-۲-۴- نمونه‌برداری، آزمایش و ضوابط پذیرش ۵۸
۶-۳-۲-۵- ضوابط اجرایی ۵۸
۶-۳-۲-۵-۱- نقشه‌های اجرایی ۵۸
۶-۳-۲-۵-۲- بریدن و خم کردن آرماتورها ۵۸
۶-۳-۲-۵-۳- کارگذاشتن و بستن آرماتورها ۶۰
۶-۳-۲-۵-۴- وصله کردن آرماتورها ۶۱
۶-۳-۲-۵-۵- جوشکاری آرماتورها ۶۱
۶-۳-۲-۵-۶- پوشش بتن روی میلگردها ۶۲
۶-۳-۲-۵-۷- رواداری‌ها در بریدن و کارگذاشتن آرماتورها ۶۲
۶-۳-۲-۶- فاصله نگهدارها(لقمه‌ها) و خرک‌ها ۶۶
۶-۳-۲-۷- بازرسی اجرا ۶۶
۶-۳-۲-۸- حمل و انبارش آرماتور ۶۶
۶-۳-۲-۹- آرماتورهای ویژه ۶۶
۶-۳-۳- ساخت و اجرای بتن ۶۷
۶-۳-۳-۱- ساخت و تولید بتن ۶۷
۶-۳-۳-۱-۱- الزامات توزین و پیمانه کردن ۶۷
۶-۳-۳-۱-۲- الزامات اختلاط ۶۸
۶-۳-۳-۱-۳- مخلوط‌کن‌های بتن و الزامات آنها ۶۸
۶-۳-۳-۲- بازرسی و کنترل تجهیزات تولید ۶۹
۶-۳-۳-۳- انتقال بتن، بتن ریزی و تراکم ۶۹
۶-۳-۳-۳-۱- انتقال بتن ۷۰
۶-۳-۳-۴- الزامات بتن ریزی ۷۵
۶-۳-۳-۵- تراکم بتن ۷۶
۶-۳-۳-۶- پرداخت سطح بتن ۷۷
۶-۳-۳-۷- عمل آوری (نگهداری) بتن ۷۸
۶-۳-۳-۷-۱- مراحل عمل آوری عادی ۷۸
۶-۳-۳-۷-۲- حداقل مدت عمل‌آوری ۸۱
۶-۳-۳-۸- عمل‌آوری بتن ۸۲
۶-۳-۳-۸-۱- روش‌های عمل‌آوری خشک ۸۲

omoorepeyman.ir

۶-۳-۳-۸-۲- روش‌های حفظ گرما (عایقی) ۸۳
۶-۳-۳-۸-۳- روش‌های عمل‌آوری مرطوب ۸۳
۶-۳-۳-۸-۴- عملآوری حرارتی تسریع شده (عمل‌آوری تسریع شده) ۸۳
۶-۳-۳-۹- بتن ریزی در هوای سرد ۸۴
۶-۳-۳-۹-۱- تعریف شرایط هوای سرد ۸۴
۶-۳-۳-۹-۲- الزامات قبل از بتن ریزی ۸۵
۶-۳-۳-۹-۳- دمای مخلوط بتن ۸۵
۶-۳-۳-۹-۴- سایر الزامات و توصیه‌ها ۸۷
۶-۳-۳-۹-۵- اقدامات پس از بتن ریزی ۸۷
۶-۳-۳-۹-۶- حفاظت بتن ۸۸
۶-۳-۳-۹-۷- افت دما پس از حفاظت ۸۸
۶-۳-۳-۹-۸- قالب برداری ۸۸
۶-۳-۳-۱۰- بتن ریزی در هوای گرم ۸۹
۶-۳-۳-۱۰-۱- شرایط هوای گرم ۸۹
۶-۳-۳-۱۰-۲- تدارکات برای ساخت بتن و بتن‌ریزی ۸۹
۶-۳-۳-۱۰-۳- ساخت بتن ۸۹
۶-۳-۳-۱۰-۴- انتقال بتن ۹۰
۶-۳-۳-۱۰-۵- بتن ریزی ۹۰
۶-۳-۳-۱۰-۶- عمل آوری ۹۱
۶-۳-۴- انواع بتن ۹۱
۶-۳-۴-۱- بتن پاششی ۹۱
۶-۳-۴-۱-۱- مصالح مصرفی ۹۱
۶-۳-۴-۱-۲- تعیین مقادیر نسبت‌های مخلوط (طرح مخلوط) ۹۳
۶-۳-۴-۱-۳- ارزیابی قبل از ساخت ۹۳
۶-۳-۴-۱-۴- ارزیابی و پذیرش در حین ساخت ۹۴
۶-۳-۴-۱-۵- اجرا ۹۵
۶-۳-۴-۲- بتن خودتراکم ۹۸
۶-۳-۴-۲-۱- مصالح مصرفی ۹۸
۶-۳-۴-۲-۲- تعیین مقادیر نسبت‌های مخلوط (طرح مخلوط) ۹۹
۴-۳-۴-۲-۳- آزمایش‌های بتن تازه خودتراکم ۹۹
۶-۳-۴-۲-۴- اجرا ۱۰۰
۶-۳-۴-۳- بتن نمایان ۱۰۱
۶-۳-۴-۳-۱- کنترل کیفیت ۱۰۲
۶-۳-۴-۳-۲- مصالح ۱۰۲
۶-۳-۴-۳-۳- طرح مخلوط ۱۰۳
۶-۳-۴-۳-۴- اجرا ۱۰۳
۶-۳-۴-۳-۵- ایجاد سطح نهایی ۱۰۵
۶-۳-۴-۳-۶- عمل‌آوری ۱۰۷
۶-۳-۴-۳-۷- پاکسازی‌نهایی سطح ۱۰۷
۶-۳-۴-۳-۸- تأیید نهایی بتن نمایان ۱۰۷
۶-۳-۴-۴- بتن کم‌سیمان (مگر/کم‌مایه) ۱۰۸

omoorepeyman.ir

۶-۳-۴-۴-۱- مصالح مصرفی ۱۰۸
۶-۳-۴-۴-۲- تعیین مقادیر نسبت‌های مخلوط (طرح مخلوط) ۱۰۸
۶-۳-۴-۴-۳- اجرا ۱۰۸
۶-۳-۴-۵- بتن با چگالی‌های مختلف ۱۰۹
۶-۳-۴-۵-۱- بتن سبکدانه ۱۰۹
۶-۳-۴-۵-۲- بتن سنگین ۱۱۰
۶-۳-۴-۶- بتن حجیم ۱۱۲
۶-۳-۴-۷- بتن پلیمردار ۱۱۳
۶-۳-۵- اجرای سقفهای بتنی ۱۱۴
۶-۳-۵-۱- سقف های بتنی درجا ۱۱۴
۶-۳-۵-۱-۱- دال مجوف با تیرچه‌های یکطرفه یا متعامد ۱۱۴
۶-۳-۵-۱-۲- دال مجوف بتن مسلح با استفاده از قالبهای ماندگار ۱۱۵
۶-۳-۵-۱-۳- دال مرکب فولادی و بتنی ۱۱۷
۶-۳-۵-۲- سقف پیش‌تنیده پس‌کشیده ۱۱۸
۶-۳-۵-۳- سقفهای بتنی نیمه‌پیش‌ساخته ۱۱۹
۶-۳-۵-۳-۱- تیرچه و بلوک ۱۱۹
۶-۳-۵-۳-۲- دال مجوف بتن مسلح با گوی های توخالی با پیش دال ۱۲۲
۶-۳-۵-۴- سقفهای بتنی پیش ساخته ۱۲۳
۶-۳-۵-۴-۱- دال مرکب فولادی و بتنی ۱۲۳
۶-۳-۵-۴-۲- سقف پیشتنیده از نوع پیشکشیده ۱۲۳
۶-۳-۶- درزهای ساختمانی ۱۲۴
۶-۳-۶-۱- الزام کلی ۱۲۴
۶-۳-۶-۲- انواع درزهای ساختمانی ۱۲۴
۶-۳-۶-۲-۱- درز ساخت (اجرایی) ۱۲۴
۶-۳-۶-۲-۲- درز انقباض (جمع شدگی) ۱۲۵
۶-۳-۶-۲-۳- درز جداکننده ۱۲۵
۶-۳-۶-۳- مصالح و روشهای درزبندی ۱۲۶
۶-۳-۶-۴- الزامات اجرایی درزهای ساختمانی ۱۲۶
۶-۳-۷- کنترل کیفیت و پذیرش بتن ۱۲۸
۶-۳-۷-۱- کلیات ۱۲۸
۶-۳-۷-۱-۱- پذیرش بتن تازه ۱۲۸
۶-۳-۷-۱-۲- پذیرش بتن از نظر نحوه اجرا ۱۲۸
۶-۳-۷-۱-۳- پذیرش بتن از نظر مقاومت مکانیکی ۱۲۸
۶-۳-۷-۱-۴- پذیرش بتن از نظر دوام ۱۲۹
۶-۳-۷-۲- محل و تواتر نمونه‌برداری ۱۲۹
۶-۳-۷-۲-۱- محل و تواتر نمونهبرداری برای پذیرش بتن تازه ۱۲۹
۶-۳-۷-۲-۲- محل و تواتر نمونه برداری برای پذیرش مقاومت مکانیکی ۱۲۹
۶-۳-۷-۲-۳- محل و تواتر نمونه برداری برای پذیرش دوام ۱۳۱
۶-۳-۷-۳- ضوابط پذیرش بتن در کارگاه ۱۳۱
۶-۳-۷-۳-۱- ضوابط پذیرش بتن تازه ۱۳۱
۶-۳-۷-۳-۲- ضوابط پذیرش مقاومت بتن ۱۳۲

omoorepeyman.ir

۶-۳-۷-۳-۳- ضوابط پذیرش دوام بتن ۱۳۳
۶-۳-۷-۴- بررسی بتن کممقاومت ۱۳۴
۶-۳-۷-۴-۱- روش تحلیلی ۱۳۴
۶-۳-۷-۴-۲- روش مغزه‌گیری ۱۳۵
۶-۳-۷-۴-۳- روش بارگذاری ۱۳۷
۶-۳-۷-۴-۴- سایر اقدامات ۱۳۷
۶-۳-۷-۵- بررسی بتن کم دوام ۱۳۸
۶-۳-۷-۵-۱- روش تحلیلی ۱۳۸
۶-۳-۷-۵-۲- روش مغزه‌گیری ۱۳۹
۶-۳-۷-۵-۳- سایر اقدامات ۱۳۹
۶-۳-۷-۶- نمونه‌های آگاهی و کنترل کفایت عمل‌آوری ۱۳۹
۶-۳-۷-۶-۱- نمونه آگاهی ۱۳۹
۶-۳-۷-۶-۲- کنترل کفایت عمل‌آوری ۱۴۰
۶-۳-۸- تعمیرات حین اجرا ۱۴۰
۶-۳-۸-۱- مقدمه ۱۴۰
۶-۳-۸-۲- ترک زودهنگام ۱۴۱
۶-۳-۸-۲-۱- روش تعمیر ترک‌های زودهنگام ۱۴۲
۶-۳-۸-۳- کرموشدگیها ۱۴۶
۶-۳-۸-۳-۱- تعمیر کرموشدگی‌های کم‌عمق ۱۴۷
۶-۳-۸-۳-۲- تعمیر کرموشدگی عمیق ۱۴۷
۶-۳-۹ پیش‌تنیدگی بتن یا بتن پیش‌تنیده ۱۴۹
۶-۳-۹-۱- کاربرد پیش تنیدگی ۱۴۹
۶-۳-۹-۲- مصالح و تجهیزات پیش‌تنیدگی ۱۵۰
۶-۳-۹-۲-۱- فولادهای پیش‌تنیدگی ۱۵۰
۶-۳-۹-۲-۲- غلاف‌ها و پوشش تاندون‌ها ۱۵۰
۶-۳-۹-۲-۳- تجهیزات کشش ۱۵۱
۶-۳-۹-۲-۴- ابزار مهار ۱۵۱
۶-۳-۹-۳- روش‌های اجرای پیش‌تنیدگی ۱۵۴
۶-۳-۹-۳-۱- کنترل مدارک فنی مصالح ۱۵۴
۶-۳-۹-۳-۲- مشخصات بتن مصرفی ۱۵۴
۶-۳-۹-۳-۳- آزمایشهای کنترل کیفیت ۱۵۴
۶-۳-۹-۳-۴- خرکها و شابلون‌ها ۱۵۴
۶-۳-۹-۳-۵- ساخت و تحویل فولاد پیش‌تنیدگی ۱۵۴
۶-۳-۹-۳-۶- نصب فولاد پیش‌تنیدگی ۱۵۵
۶-۳-۹-۳-۷- آرماتوربندی اطراف گیره و گوه ۱۵۹
۶-۳-۹-۳-۸- عملیات قبل از بتن‌ریزی ۱۵۹
۶-۳-۹-۳-۹ پاک‌سازی نهایی ۱۶۰
۶-۳-۹-۳-۱۰- بتن‌ریزی ۱۶۰
۶-۳-۹-۳-۱۱- آماده‌سازی محلهای کشش ۱۶۰
۶-۳-۹-۳-۱۲- آماده‌سازی برای کشش تاندونها ۱۶۰
۶-۳-۹-۳-۱۳- عملیات پیش‌تنیدگی ۱۶۱

omoorepeyman.ir

۶-۳-۹-۳-۱۴- تایید ثبت کشش و خاتمه کار ۱۶۲
۶-۳-۹-۳-۱۵- آزاد کردن یا بریدن فولاد پیش‌تنیدگی و خاتمه عملیات کشش ۱۶۲
۶-۳-۹-۳-۱۶- حفاظت فولاد در نقاط انتهایی ۱۶۲
۶-۳-۹-۴- افت‌های پیش‌تنیدگی ۱۶۳
۶-۳-۹-۵- پایش دراز مدت ۱۶۳
۶-۳-۹-۵-۱- پایش خوردگی ۱۶۳
۶-۳-۹-۵-۲- پایش ابعاد ترک ۱۶۴
۶-۳-۹-۶- محافظت عناصر پیشتنیدگی ۱۶۴
۶-۳-۹-۶-۱- محافظت در برابر عوامل محیطی ۱۶۴
۶-۳-۹-۶-۲- محافظت در برابر حریق ۱۶۴
۶-۳-۹-۷- نظام بازرسی و کنترل کیفیت ۱۶۵
۴-۳-۹-۷-۱- بازرسی قبل از بهره‌برداری ۱۶۵
۶-۳-۹-۷-۲- بازرسی حین بهره‌برداری ۱۶۸
۶-۴- سلامت، ایمنی و محیط زیست ۱۶۹
۶-۴-۱- مشخصات عمومی ۱۶۹
۶-۴-۲- قالب‌بندی و آرماتورگذاری ۱۷۰
۶-۴-۳- حمل، پخش و عمل‌آوری بتن ۱۷۳
۶-۴-۴- قطعات پیش‌ساخته بتنی ۱۷۷
۶-۴-۵- پیش تنیدگی ۱۷۷
۶-۴-۶- مرکز تولید بتن (بچینگ پلانت) ۱۷۸
۶-۴-۶- ۱- مشخصات عمومی ۱۷۸
۶-۴-۶-۲- جانمایی ۱۸۰
۶-۴-۶- ۳- دپوی مصالح سنگی ۱۸۱
۶-۴-۶- ۴- نوار نقاله انتقال مصالح ۱۸۱
۶-۴-۶-۵- شنکش ۱۸۲
۶-۴-۶-۶- سیلوهای ذخیره سیمان ۱۸۳
۶-۴-۶-۷- دیگ مخلوطکن ۱۸۵
۶-۴-۶-۸- اتاق فرمان ۱۸۶
۶-۴-۶-۹- پساب مرکز تولید بتن ۱۸۷

omoorepeyman.ir

فهرست شکل‌ها

شکل ۶-۱- شکل هندسی سیلوی سیمان ۳۱
شکل ۶-۲- روش‌های صحیح و غلط انبار و نگهداری سنگدانه ۳۴
شکل ۶-۳- پاشنه بتنی، بتن‌ریزی همراه با بتن زیرین ۴۹
شکل ۶-۴- پاگیر فلزی ۴۹
شکل ۶-۵- نمودار کلی تنش- کرنش میلگردهای فولادی ۵۶
شکل ۶-۶- نمودار کلی تنش- کرنش فولاد نرم، نیمه سخت و سخت ۵۷
شکل ۶-۷- نمایی از خوردگی حفرهای در میلگرد ۶۰
شکل ۶-۸- رواداری در پوشش بتن روی میلگردها ۶۳
شکل ۶-۹- رواداری جابجا شدن میلگردها ۶۴
شکل ۶-۱۰- رواداری قایم جابجاشدن میلگردها در دال‌های روی بستر موجود ۶۵
شکل ۶-۱۱- رواداری انحراف افقی میلگرد نسبت به میلگرد مجاور ۶۵
شکل ۶-۱۲- مقادیر تقریبی افت فشار برای بتن‌های با عیار حدود ۳۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب، حداکثر اندازه سنگدانه ۲۰ تا ۲۵میلیمتر و با مواد افزودنی هوازا و کاهنده آب ۷۲
شکل ۶-۱۳- فرایند صحیح پاشش در گوشه‌ها ۹۶
شکل ۶-۱۴- نحوه حرکت صحیح افشانک ۹۶
شکل ۶-۱۵- تصویر شماتیک از دال مجوف با تیرچه‌های یکطرفه ۱۱۵
شکل ۶-۱۶- تصویر شماتیک از دال مجوف با قالب های ماندگار ۱۱۶
شکل ۶-۱۷- دال مرکب فولادی و بتنی ۱۱۷
شکل ۶-۱۸- حداقل پوشش بتن بر روی کابل ۱۱۸
شکل ۶-۱۹- شمای کلی از سقف تیرچه و بلوک ۱۱۹
شکل ۶-۲۰- انواع تیرچه‌های بتنی ۱۲۰
شکل ۶-۲۱- اجزای تیرچه فولادی با جان باز ۱۲۱
شکل ۶-۲۲- دال مجوف بتن مسلح با گوی‌های توخالی با پیش دال ۱۲۳
شکل ۶-۲۳- دال مرکب فولادی و بتنی ۱۲۳
شکل ۶-۲۴- نمایی از انواع ترک‌ها در سازه بتنی ۱۴۱
شکل ۶-۲۵- نمایی از عملکرد رخنه‌بندهای نفوذگر ۱۴۴
شکل ۶-۲۶- نمایی از رخنهبند سطحی ۱۴۴
شکل ۶-۲۷- چگونگی کارکرد لایه آبگریز در کاهش درون‌رفت آب به منافذ بتن ۱۴۵
شکل ۶-۲۸- جزییات اجرایی روش شیارزدن و پرکردن برای تعمیر ترک‌های کم عمق ۱۴۶
شکل ۶-۲۹- آماده‌سازی و تعمیر ناحیه کرموشده ۱۴۸
شکل ۶-۳۰- برداشتن بتن کرموشده پیرامون میلگردها ۱۴۸
شکل ۶-۳۱- نمونه مقطع غلاف‌ها ۱۵۱
شکل ۶-۳۲- اجزای اصلی مهار یک تاندون ۱۳ میلیمتری در یک سیستم نچسبیده ۱۵۲
شکل ۶-۳۳- نمونه سیستم سردگمهای ۱۵۳
شکل ۶-۳۴- یک نمونه گیره پیچی ۱۵۳
شکل ۶-۳۵- مراحل نصب تاندونها ۱۵۸
شکل ۶-۳۶- آرماتورهای انفجاری در سیستم به هم نچسبیده ۱۵۹
شکل ۶-۳۷- علامتگذاری خط مرجع در انتهای تاندون ۱۶۱

omoorepeyman.ir

شکل ۶-۳۸- خارج کردن مواد اضافی از حفرات کشش و اسپری مواد ضدخوردگی مانند گالوانیزهکننده با پایه روی جهت محافظت بیشتر بر روی قسمت انتهایی تاندون..... ۱۶۳
شکل ۶-۳۹- جایگاه کار و سکوی دسترسی کارگران شاغل در عملیات اجرای اسکلت بتنی..... ۱۷۱
شکل ۶-۴۰- حفاظگذاری بر روی میلگردهای بیرونزده از کف سازه..... ۱۷۲
شکل ۶-۴۱- محافظ در مقابل تاندونهای پیشتنیده هنگام اجرای پیش تنیدگی ۱۷۸

omoorepeyman.ir

فهرست جدول‌ها

جدول ۶-۱- طبقه بندی روانی بتن‌های معمولی ۸
جدول ۶-۲- طبقه بندی روانی بتن‌های آسان تراکم و خودتراکم ۹
جدول ۶-۳- راهنمای انتخاب رده روانی بتن ۹
جدول ۶-۴- راهنمای طبقه‌بندی ضخامت قطعات بتنی ۹
جدول ۶-۵- راهنمای طبقه‌بندی درهمی میلگرد شالوده و دال برحسب وزن میلگرد در هر مترمکعب بتن ۱۰
جدول ۶-۶- معیارهای همگنی بتن بعد از اختلاط ۱۱
جدول ۶-۷- معیارهای همگنی بتن خودتراکم ۱۱
جدول ۶-۸- کاربردهای رایج رده‌های مقاومت بتن ۱۳
جدول ۶-۹- طبقه بندی شرایط محیطی ۱۳
جدول ۶-۱۰- الزامات نسبتها، مقادیر و حداقل رده مقاومتی بتن در شرایط حمله کلریدی ۱۵
جدول ۶-۱۱- حداکثر مجاز یونهای کلرید اولیه در بتن مسلح سخت شده در ارتباط با خوردگی فولاد ۱۶
جدول ۶-۱۲- حداقل ضخامت پوشش بتنی روی فولاد (میلی‌متر) در شرایط محیطی خورنده کلریدی ۱۶
جدول ۶-۱۳- الزامات عملکردی مشخصه بتن در آزمایش‌های جذب و نفوذ آب و یون کلرید در شرایط محیطی و قرارگیری گوناگون حملات کلریدی ۱۶
جدول ۶-۱۴- حداقل رده مقاومتی، حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی و حداقل مقدار سیمان با توجه به شدت شرایط محیطی ۱۷
جدول ۶-۱۵- الزامات مخلوط بتن برای شرایط محیطی حمله سولفاتی ۱۸
جدول ۶-۱۶- درصد هوای کل بتن مقاوم در برابر چرخه‌های یخ زدن و آبشدن ۱۹
جدول ۶-۱۷- الزامات تجویزی بتن با دوام در برابر چرخه‌های یخزدن و آبشدن ۱۹
جدول ۶-۱۸- طبقه‌بندی کف‌های بتنی از نظر ترافیک و مقاومت سایشی ۱۹
جدول ۶-۱۹- الزامات رده مقاومتی، اسلامپ، نسبت آب به سیمان حداکثر و بیشینه حداکثر اندازه اسمی سنگدانه ۲۰
جدول ۶-۲۰- الزامات تجویزی مقدار سیمان (مواد سیمانی) مصرفی با توجه به حداکثر اندازه اسمی سنگدانه ۲۰
جدول ۶-۲۱- مقادیر پیشنهادی دوده سیلیسی (جایگزین سیمان) و لاتکس SBR ۲۰
جدول ۶-۲۲- معیارهای عملکردی سایشی بتن در آزمایش‌های مختلف ۲۱
جدول ۶-۲۳- آزمایش‌های تشخیص استعداد واکنشزایی سنگدانه‌ها ۲۱
جدول ۶-۲۴- طبقه‌بندی تراوایی بتن ۲۳
جدول ۶-۲۵- ضوابط تجویزی برای تأمین ناتراوایی لازم (برای بتن با حداکثر اندازه ۲۵ میلی‌متر) ۲۴
جدول ۶-۲۶- ضوابط عملکردی برای تامین ناتراوایی لازم ۲۴
جدول ۶-۲۷- ترکیبات شیمایی آب بازیافت شده یا ترکیبی ۲۷
جدول ۶-۲۸- مقادیر تقریبی پیشنهادی نسبتهای اختلاط بتن ۳۹
جدول ۶-۲۹- راهنمای اولیه برای انتخاب کارایی و روانی بتن معمولی (اسلامپ) ۴۰
جدول ۶-۳۰- راهنمای اولیه برای انتخاب کارآیی و روانی بتن‌های آسان‌تراکم و خودتراکم (جریان اسلامپ) ۴۰
جدول ۶-۳۱- راهنمای بافت دانه‌بندی مخلوط سنگدانه‌ی بتن با توجه به توان دانه‌بندی «فولر تامسون اصلاح شده» ۴۱
جدول ۶-۳۲- راهنمای تراکم میلگرد در شالودهها و دالها با توجه به وزن میلگرد در هر متر مکعب بتن (۱) ۴۱
جدول ۶-۳۳- طبقهبندی ضخامت قطعات بتنی ۴۱
جدول ۶-۳۴- ردهبندی و ویژگی‌های مقاومتی میلگردهای فولادی مصرفی در بتن ۵۵
جدول ۶-۳۵- رواداری‌های اندازه‌گیری مصالح متشکله بتن نسبت به وزن هریک از آن‌ها ۶۷
جدول ۶-۳۶- الزامات تولید بتن همگن در مخلوط‌کن‌ها ۶۸
جدول ۶-۳۷- طول معادل لوله افقی ۷۳
جدول ۶-۳۸- حداکثرفاصله زمانی بین بتن ریزی دو لایه متوالی ۷۶
جدول ۶-۳۹- حداقل دمای بتن ۸۵
جدول ۶-۴۰- ضریب B در رابطه ۴-۴ ..... ۸۷

omoorepeyman.ir

جدول ۶-۴۱- حداکثر مجاز افت دمای بتن بر اساس حداقل بعد عضو بتنی، ۲۴ ساعت پس از خاتمه حفاظت ۸۸
جدول ۶-۴۲- دانه‌بندی پیشنهادی ترکیب سنگدانه‌ها برای بتن پاششی..... ۹۲
جدول ۶-۴۳- آزمایش‌های بتن خودتراکم ۱۰۰
جدول ۶-۴۴- تبدیل مقاومت بتن معمولی و سبکدانه، از آزمونه مکعبی ۱۵۰ میلیمتر به آزمونه استوانه‌ای به قطر ۱۵۰ میلی‌متر ۱۳۲
جدول ۶-۴۵- تصحیح نسبت ارتفاع به قطر مغزه ۱۳۶
جدول ۶-۴۶ – جمعبندی نوع ترکها و دلایل پدیدآورندهی آنها..... ۱۴۲
جدول ۶-۴۷- پوشش بتنی برای مقاومت هنگام آتشسوزی ۱۶۴
جدول ۶-۴۸- بازرسی‌های مورد نیاز برای ساخت و سازهای پیش‌تنیده..... ۱۶۵

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل ششم

بتن و اجرای آن

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۶-۱- کلیات

۶-۱-۱- هدف و دامنه کاربرد

در این فصل به اجرای بتن، روش انبار کردن، توزین و پیمانه کردن اجزای بتن، ساخت و اختلاط، حمل و ریختن، تراکم و پرداخت و در نهایت عمل‌آوری بتن پرداخته می‌شود. همچنین کنترل کیفی و اجرای آن، ضوابط پذیرش بتن، بررسی بتن کم‌مقاومت و راهکارهای پذیرش سازه‌ای بتن مورد بحث قرار می‌گیرد.

هدف از ارائه‌ی این مشخصات، دستیابی به یکنواختی در اجرای سازه‌های بتنی است تا از این طریق سازه‌های بتنی ساخته شده، از کیفیت و ایمنی بیشتری برخوردار باشند. دامنه کاربرد این فصل از ضابطه ۵۵ تمام سازه‌هایی است که تمام یا قسمتی از آن از بتن مسلح ساخته می‌شود. این مشخصات دربرگیرنده‌ی تمامی سازه‌های ساختمانی تحت اثر بارگذاری‌های استاتیکی، دینامیکی و لرزه‌ای است؛ ولی شامل آثار خستگی نمی‌شود، مگر آنکه اقدامات تکمیلی یا اصلاحی ویژه‌ای در این خصوص توسط مشاور توصیه شده باشد.

۶-۱-۲- اصطلاحات و تعاریف

آب انداختگی بتن: پس از تراکم بتن در قالب و گذشت دقایقی از آن، معمولاً آب نسبتاً زلالی بر سطح بتن پدیدار می‌شود که این پدیده را آب انداختگی[۱] (آب انداختن) یا آب‌آوری بتن می‌نامند.

اعضای ایستاگر (نگهداشت): تکیه‌گاه یا اعضای ایستاگر (نگهداشت) قالب را در محل خود نگه می‌دارد و از جابه جایی، شکم‌دادن، تغییرشکل، یا دررفتن قالب در حین بتن‌ریزی و پس از آن جلوگیری می‌کند و بار قالب و بتن‌ریزی را به سازه موقت، اعضای بتنی که خودنگهداشت شده‌اند، یا به سازه اصلی منتقل می‌کند.

بتن پاششی: بتنی است که با دستگاه‌های مخصوص پاشش بتن روی سطوح، پاشیده می‌شود تا لایه بتن متراکم خودنگهدار و باربر ایجاد کند. این بتن با عناوین دیگری همچون بتن پاشیدنی یا بتن پاشیده نیز شناخته می‌شود.

بتن پلیمری: بتن یا ملات پلیمری ترکیبی است که در آن سنگدانه‌ها با یک چسباننده پلیمری به‌هم می‌چسبند. بتن پلیمری دارای سیمان هیدرولیکی و آب نیست، هرچند سیمان پرتلند می‌تواند به عنوان یک سنگدانه یا پرکننده استفاده شود.

بتن‌نمایان: بتنی است که در طول بهره‌برداری ساختمان در معرض دید بوده، جنبه‌های زیبایی در سطح آن منظور شده و ظاهر آن دارای اهمیت است.

پوشش بتنی: پوشش بتنی روی میلگردها، حداقل فاصله بین سطح بتن تا رویه‌ی نزدیک‌ترین فولاد درون بتن است.

پیش‌تنیدگی در بتن: اعمال تنش فشاری به بخش‌هایی از مقطع بتنی است که در هنگام اعمال بار در معرض تنش کششی زیادی قرار می‌گیرند. این تنش فشاری موجب افزایش مقاومت خمشی قطعات بتنی می‌گردد.

۱- Bleeding

omoorepeyman.ir

ترک[1]: جداشدگی کامل یا ناقص بتن به دو یا بیش از دو پاره که به دلیل عوامل فیزیکی، مکانیکی یا شیمیایی پدید می‌آید.

تعمیر[2]: روند جایگزینی یا اصلاح مصالح، اجزا یا اعضای خراب شده، آسیب دیده، یا معیوب یک سازه را تعمیر می‌نامند.

توری[3]: بافته‌ی منظمی از سیم یا مفتول فولادی یا شبکه‌ای یکپارچه ساخته شده از پلیمر است که عموماً کارکرد سازه‌ای ندارد و برای کنترل ترک‌های خمیری در بتن تازه یا کنترل ترک‌های جمع‌شدگی ناشی از خشک شدن (تکیدگی) در بتن سخت شده به کار می‌رود.

جداشدگی بتن: تجمع یکی از اجزای بتن در یک ناحیه و کاهش اجزای دیگر را عدم همگنی و عدم یکنواختی یا جداشدگی در بتن می‌نامند.

دال مجوف: دال‌هایی که با قالب بندی امکان ایجاد تیرچه‌های با فواصل تقریباً مساوی در یک امتداد (یک‌طرفه) یا دو امتداد عمود برهم (دوطرفه) را به‌صورت درجا ایجاد می‌کنند، دال مجوف بتنی می‌نامند.

رده مقاومتی بتن: همان مقاومت مشخصه فشاری ۲۸ روزه استوانه استاندارد آن برحسب مگاپاسکال یا نیوتن بر میلی‌متر مربع می‌باشد. چنانچه طراح پروژه، سن دیگری را برای مقاومت مشخصه قید نماید، باید آزمونه بتن در این سن مورد آزمایش و ملاک ارزیابی قرار گیرد. رده مقاومتی یا مقاومت مشخصه در سن مقرر باید در مشخصات فنی خصوصی پروژه درج گردد.

سقف‌های بتنی درجا: به سقف‌های بتنی که کلیه مراحل بتن‌ریزی آن به‌صورت یکپارچه در محل پروژه و بر روی سقف انجام می‌شود، سقف‌های بتنی درجا گفته می‌شود.

سقف‌های بتنی نیمه‌پیش‌ساخته: سقف‌های بتنی است که بخشی از آن به‌صورت پیش‌ساخته (تیرچه یا پیش‌دال)، تولید می‌شود و دال رویه (پوششی) با بتن‌ریزی درجا و بر روی سقف انجام می‌شود.

سنگدانه‌های درشت (شن) و سنگدانه‌ی ریز (ماسه): سنگدانه‌های بزرگ‌تر از ۴/۷۵ میلی‌متر را سنگدانه درشت (شن) و سنگدانه‌های کوچک‌تر از ۴/۷۵ میلی‌متر را سنگدانه ریز (ماسه)، می‌نامند.

سنگدانه‌های درهم: به سنگدانه‌های مخلوط ریز و درشت برداشت شده از منبع قرضه (بستر رودخانه)، سنگدانه‌های درهم[4] گفته می‌شود.

شبکه جوش‌شده[5]: چیدمانی از مفتول‌ها یا میلگردهای طولی و عرضی عمود بر هم است که همه نقاط تماس آن‌ها به یکدیگر جوش شده‌اند.

شکل‌دهنده[6]: شکل‌دهنده یا قالب[1] بخشی از سیستم قالب‌بندی است که در تماس با بتن تازه ریخته شده قرار دارد و هندسه‌ی عضو بتنی را شکل می‌دهد.

1- crack
2- Repair
۳- Mesh
۴- All-in-Aggregates
۵- Welded wire fabric
۶- Mould

omoorepeyman.ir

عمل‌آوری بتن: به مجموعه‌ای از اقدامات یا تدابیری اطلاق می‌شود که رطوبت و دمای مطلوب یا مورد نظر برای هیدراته شدن سیمان و تداوم آن تأمین گردد تا بتن به مقاومت و دوام مطلوب دست یابد و آسیبی به آن وارد نشود.

قالب موقت[۲]: قالب موقت یا قالب نا ماندگار قالبی است که پس از گرفتن بتن و رسیدن بتن به مقاومت کافی برای خودنگهداشتی، از سطح بتن برداشته می‌شود.

قالب ماندگار[۳]: به قالبی گفته می‌شود که در محل باقی می‌ماند و بخشی از عضو بتنی به شمار می‌آید.

کرموشدگی[۴]: حفره‌هایی در بتن است که به دلیل پُر نشدن تمامی فضاهای خالی بین سنگدانه‌های درشت با ملات ایجاد می‌شوند. کرموشدگی را شن‌نما شدن یا لانه زنبوری شدن هم می‌نامند.

گیرش بتن: پس از ساخت بتن، با گذشت زمان، عمل هیدراته شدن سیمان ادامه می‌یابد. در پی آن، گیرش سیمان و بتن روی می‌دهد و به‌دنبال آن سفت شدن و در نهایت سخت‌شدن بتن صورت می‌گیرد

مخلوط‌کن پیوسته: برای بتن‌های خاص مانند رویه‌های بتن غلتکی، سدسازی و بتن‌های غیرمسلح می‌توان از مخلوط‌کن‌های پیوسته استفاده کرد. در این نوع مخلوط کن‌ها، اجزا به‌صورت پیوسته و به‌صورت نرخ حجم یا وزن بر زمان وارد مخلوط‌کن می‌شوند و عملیات اختلاط و تخلیه نیز به‌گونه‌ی صورت پیوسته انجام می‌گیرد.

مخلوط‌کن ناپیوسته: در مخلوط‌کن‌های ناپیوسته، پس از پیمانه کردن مقادیر اجزای بتن و ورود آن‌ها به مخلوط‌کن، عملیات اختلاط صورت می‌گیرد و سپس بتن تولید شده تخلیه می‌گردد. بدین ترتیب با تکرار چرخه بارگیری، اختلاط و تخلیه، این نوع مخلوط‌کن‌ها نوبت به نوبت بتن می‌سازند.

مرحله عمل‌آوری اولیه: در حالی که بتن سخت نشده یا مراحل ابتدایی سخت شدن را می‌گذراند، نیاز به تدابیر حفاظتی برای جلوگیری از وارد شدن آسیب به آن را دارد. این مرحله را مرحله محافظت یا عمل‌آوری اولیه می‌نامند.

مقاومت فشاری مشخصه بتن: دارای یک تعریف مبتنی بر آمار و احتمال است و بدین ترتیب احتمال دارد برخی نمونه‌ها تا میزان معینی کمتر از آن باشد و این مقاومتی است که در نقشه‌های اجرایی و مشخصات فنی خصوصی پروژه درج می‌شود. مقاومت فشاری نمونه بتنی در کارگاه، با توجه به ضوابط پذیرش بتن مندرج در این ضابطه، با مقاومت فشاری مشخصه مقایسه می‌گردد.

مقاومت فشاری هدف طرح مخلوط: مقداری است از مقاومت مشخصه فشاری بزرگ‌تر که برای تهیه طرح مخلوط بتن در آزمایشگاه کاربرد دارد. اختلاف آن با مقاومت مشخصه تابع انحراف معیار مقاومتی کارگاهی است. نوسانات کمی و کیفی مصالح مصرفی، دقت در ساخت و کنترل بتن در کارگاه از عوامل مهم تغییر در انحراف معیار مقاومتی کارگاهی می‌باشد.

۱- Form
۲- Temporary form
۳- Permanent form
4- Honeycombing

omoorepeyman.ir

هوای بتن: هوای موجود در بتن به دو دسته هوای غیرعمدی (محبوس یا ناخواسته) و هوای عمدی (خواسته یا ایجاد شده) تقسیم می‌شود.

omoorepeyman.ir

۶-۲- ویژگی‌ها و الزامات کلی بتن

با توجه به نوع سازه و اهمیت آن باید به ویژگی‌های بتن تازه و سخت شده در ساخت و اجرای آن توجه شود. ویژگی‌های بتن تازه شامل کارایی[۱]، دما، چگالی، درصد هوا، زمان گیرش، یکنواختی و همگنی (عدم جداشدگی) و میزان آب انداختن می‌باشد. از ویژگی‌های بتن سخت شده، مقاومت، دوام و همچنین نمای مورد نیاز و ظاهر مطلوب می‌باشد.

۶-۲-۱- مشخصات و استانداردهای منطبق

۶-۲-۱-۱- ویژگی‌های بتن تازه

۶-۲-۱-۱-۱- کارآیی و روانی بتن (اسلامپ)

اسلامپ بتن باید بر اساس استاندارد ملی ایران ۲-۳۲۰۳ اندازه‌گیری شود. در بتن‌های خیلی سفت یا خیلی روان، آزمایش‌های دیگری به کار گرفته می‌شود و این روش اعتبار ندارد. مقدار اسلامپ برای بتن‌ریزی، همان مقدار اسلامپ در محل نهایی مصرف (درست پیش از ریختن بتن) است. برای دستیابی به اسلامپ موردنیاز در محل نهایی مصرف، اسلامپ اولیه در محل ساخت باید بر اساس میزان افت اسلامپ در اثر فاصله زمانی حمل، تأخیر در عملیات بتن‌ریزی، شرایط محیطی و مشخصات سیمان و افزودنی‌های مصرفی، تعیین شود.

چنانچه مقدار یا بازه اسلامپ مطلوب در مشخصات فنی خصوصی پروژه مشخص شده باشد، بتن باید در چارچوب مقدار مشخص‌شده تهیه شود. تجاوز از کرانه پائین و بالای آن (با تقریب ۵ میلی‌متر) مجاز نخواهد بود.

چنانچه حداکثر اسلامپ مشخص شده باشد، تجاوز از آن مجاز نمی‌باشد، اما حداقل مقدار اسلامپ باید طبق استاندارد ملی ایران ۶۰۴۴، ۷۰ درصد حداکثر اسلامپ با تقریب نقصانی ۵ میلی‌متر باشد، مشروط بر آن‌که امکان به‌کارگیری بتن وجود داشته باشد.

چنانچه اسلامپ هدف (میانگین) مشخص شده باشد، رواداری مجاز طبق استاندارد ملی ایران ۶۰۴۴، ۲۰± درصد اسلامپ با تقریب ۵ میلی‌متر می‌باشد. در هر صورت حداکثر اسلامپ نباید از ۲۱۰ میلی‌متر تجاوز کند.

در صورتی که اسلامپ بتن در محل نهایی مصرف خارج از بازه مورد نظر باشد، با تائید دستگاه نظارت، اصلاح آن مجاز می‌باشد، در غیر این صورت استفاده از بتن مجاز نیست. افزایش نسبت آب به سیمان به جهت اصلاح اسلامپ مجاز نمی‌باشد.

در استاندارد ملی ایران ۱۲۲۸۴، روانی بتن‌های معمولی مطابق جدول ۶-۱ طبقه بندی شده است. کاربرد هر طبقه از روانی در جدول ۶-۳ به عنوان راهنما ارائه شده است.

۱- Workability

omoorepeyman.ir

جدول ۶-۱- طبقه بندی روانی بتن‌های معمولی

طبقه بندی روانی	بازه اسلامپ بتن (میلی‌متر)	میانگین بازه اسلامپ بتن (میلی‌متر)	تشریح و نام گذاری
S1[1]	۱۰-۴۰	۲۵	سفت
S2	۵۰-۹۰	۷۰	خمیری
S3	۱۰۰-۱۵۰	۱۲۵	شل
S4	۱۶۰-۲۱۰	۱۸۵	روان
S5[2]	۲۲۰ و بیشتر	-	ریزشی

۱) برای بتن‌های با اسلامپ کمتر از ۱۰ میلی‌متر (بتن‌های خیلی سفت)، آزمایش اسلامپ اعتبار ندارد و آزمایش‌هایی نظیر آزمایش وی‌بی طبق استاندارد ملی ایران ۳۵۱۸ یا آزمایش درجه تراکم‌پذیری طبق استاندارد ملی ایران ۳۲۰۴ باید بکار رود.

۲) برای بتن‌های با اسلامپ ۲۲۰ میلی‌متر و بیشتر (بتن‌های خیلی روان)، آزمایش اسلامپ اعتبار ندارد و آزمایش جریان اسلامپ باید به کار رود.

۶-۲-۱-۱-۲- جریان اسلامپ

مقدار جریان اسلامپ بتن باید طبق استاندارد ملی ایران ۱۱۲۷۰ اندازه‌گیری شود. این آزمایش برای بتن‌هایی که دارای اسلامپ ۲۲۰ میلی‌متر یا بیشتر هستند (بتن‌های آسان‌تراکم[1] و خودتراکم[2]) کاربرد دارد. مقدار جریان اسلامپ برای بتن‌ریزی، همان مقدار جریان اسلامپ در محل نهایی مصرف (درست پیش از ریختن بتن) است. برای دستیابی به جریان اسلامپ موردنیاز در محل نهایی مصرف، جریان اسلامپ اولیه در محل ساخت باید بر اساس میزان افت جریان اسلامپ در اثر فاصله زمانی حمل، تأخیر در عملیات بتن‌ریزی، شرایط محیطی و مشخصات سیمان و افزودنی‌های مصرفی، تعیین شود.

در صورتی که مقدار یا بازه جریان اسلامپ در مشخصات فنی خصوصی پروژه مشخص شده باشد، بتن باید در چارچوب مقدار تعیین‌شده تهیه شود. تجاوز از کرانه پائین یا بالای آن (با تقریب ۱۰ میلی‌متر) مجاز نخواهد بود.

چنانچه حداکثر جریان اسلامپ مشخص شده باشد، تجاوز از آن مجاز نیست. حداقل جریان اسلامپ طبق استاندارد ملی ایران ۶۰۴۴ ایران، ۱۵ درصد کمتر از اسلامپ حداکثر، با تقریب نقصانی ۱۰میلی‌متر است، مشروط بر آن‌که از محدوده‌ی جریان اسلامپ بتن خودتراکم خارج نگردد.

چنانچه جریان اسلامپ هدف (میانگین) مشخص شده باشد رواداری آن طبق استاندارد ملی ایران ۶۰۴۴ برابر با ۷± درصد جریان اسلامپ هدف (با تقریب ۱۰ میلی‌متر) است، مشروط بر آن‌که از محدوده‌ی جریان اسلامپ بتن خودتراکم خارج نگردد.

در صورتی که جریان اسلامپ بتن در محل نهایی مصرف خارج از بازه مورد نظر باشد، با تائید دستگاه نظارت، اصلاح آن مجاز می‌باشد، در غیر این صورت استفاده از بتن مجاز نیست. افزایش نسبت آب به سیمان به جهت اصلاح جریان اسلامپ مجاز نمی‌باشد.

۱- Easy Compacting/Consolidating Concrete

۲- Self Compacting/Consolidating Concrete

omoorepeyman.ir

در استاندارد ملی ایران ۱۲۲۸۴، روانی بتن‌های بسیار روان مطابق جدول ۶-۲ طبقه بندی شده است. کاربرد هر طبقه از روانی در جدول ۶-۳ به عنوان راهنما ارائه شده است.

جدول ۶-۲- طبقه بندی روانی بتن‌های آسان تراکم و خودتراکم

طبقه بندی روانی	بازه جریان اسلامپ و جریان اسلامپ هدف (میلی‌متر)		تشریح و نام گذاری
SF0	۴۰۰ – ۵۰۰	۴۵۰	آسان تراکم
SF1	۵۱۰ – ۶۰۰	۵۵۰	آسان تراکم روان - خودتراکم سفت
SF2	۶۱۰ - ۷۰۰	۶۵۰	خودتراکم معمولی
SF3	۷۱۰ – ۸۰۰	۷۵۰	خودتراکم روان

۶-۲-۱-۱-۳- انتخاب کارآیی بتن

در انتخاب کارایی مناسب برای بتن‌ریزی، پیمانکار باید با توجه به عوامل تأثیرگذار (مانند نوع قطعه، موقعیت آن در سازه، ابعاد قطعه، درهمی یا تراکم میلگردها، نوع وسایل حمل و ریختن بتن، نوع وسیله تراکمی و قدرت آن به همراه برخی نکات فنی مانند جداشدگی، آب انداختن و محدودیت عیار سیمان مصرفی)، رده روانی مناسب را انتخاب نماید و به تائید دستگاه نظارت برساند. در جدول ۶-۳ روانی پیشنهادی بتن با توجه به شرایط قطعه و وسیله حمل، ریختن و تراکم ارائه شده است. معیارهای قطعات ضخیم تا خیلی نازک، و درهمی (تراکم) میلگرد در جداول ۶-۴ و ۶-۵ ارائه شده است.

جدول ۶-۳- راهنمای انتخاب رده روانی بتن

رده روانی	شرایط قطعه، وسیله حمل و ریختن و تراکم
S1	قطعات حجیم و ضخیم غیرمسلح و کم میلگرد، غیر پمپی، که با جام یا وسیله مشابه ریخته می‌شود و با وسایل لرزشی قوی متراکم می‌گردد، بتن کف‌ها و رویه‌های غیر غلتکی
S2	قطعات نیمه حجیم یا حجیم کم میلگرد یا تیر و دال کم میلگرد که با وسایلی به‌جز پمپ ریخته می‌شود و از وسایل لرزشی با قدرت متوسط استفاده می گردد
S3	دیوار، ستون با حجم میلگرد متوسط یا تیر و دال و شالوده با میلگرد نسبتاً زیاد که با وسایل خودتراکمی لرزشی با قدرت متوسط تا کم متراکم می‌شود، بتن‌هایی که با پمپ ریخته می‌شود
S4	دیوار و ستون با حجم میلگرد نسبتاً زیاد یا تیر و دال شالوده با میلگرد زیاد که با پمپ بتن‌ریزی می‌شود و از وسایل تراکمی با قدرت نسبتاً کم یا دستی استفاده می‌شود. بتن‌های ترمی و مشابه که بدون اعمال تراکم در زیر آب یا در عمق زیاد در داخل شمع ریخته می‌شوند
SF0	قطعات نازک با حجم میلگرد زیاد با وسایل تراکمی ضعیف بدون پیچیدگی مقطع و طول حرکت بسیار کم (حداکثر ۲/۵ متر)، قطعات ضخیم یا نسبتاً ضخیم که امکان تراکم آن وجود ندارد مانند بتن ترمی و مشابه
SF1	قطعات نازک، قطعات ضخیم با حجم میلگرد خیلی زیاد با پیچیدگی کم و طول حرکت افقی محدود (تا ۵ متر) یا قطعاتی که امکان تراکم وجود ندارد.
SF2	قطعات خیلی نازک، قطعات ضخیم با حجم میلگرد خیلی زیاد با پیچیدگی در قالب‌بندی و حرکت افقی زیاد (تا ۱۰ متر) و بدون امکان تراکم
SF3	قطعات خیلی نازک، قطعات ضخیم با حجم میلگرد فوق‌العاده زیاد و دارای پیچیدگی زیاد در قالب‌بندی و حرکت افقی زیاد (تا ۱۰متر) و بدون امکان تراکم

جدول ۶-۴- راهنمای طبقه‌بندی ضخامت قطعات بتنی

طبقه‌بندی	بسیار ضخیم	ضخیم	نیمه ضخیم	نسبتاً نازک	نازک	خیلی نازک
بازه ضخامت (mm)	بیش از ۱۸۰۰	۹۰۰-۱۸۰۰	۶۰۰-۹۰۰	۳۰۰-۶۰۰	۱۵۰-۳۰۰	کمتر از ۱۵۰

omoorepeyman.ir

جدول۶-۵- راهنمای طبقه‌بندی درهمی میلگرد شالوده و دال برحسب وزن میلگرد در هر مترمکعب بتن*

درهمی میلگرد	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	فوق‌العاده زیاد
بازه وزن میلگرد (kg/m^3)	کمتر از ۵۰	۵۰ - ۷۵	۷۵ - ۱۰۰	۱۰۰ - ۱۵۰	۱۵۰ - ۲۰۰	بیش از ۲۰۰

* این مقادیر برای تیر، ستون و دیوار در ۱/۵ ضرب می‌شود.

۶-۲-۱-۱-۴- دمای بتن تازه

دمای بتن باید طبق استاندارد ملی ایران ۱۱۲۶۸ اندازه‌گیری شود.

حداکثر دمای مجاز بتن در محل نهایی مصرف و هنگام بتن‌ریزی برابر ۳۲ درجه سانتی‌گراد است. برای قطعات حجیم یا نیمه حجیم محدودیت حداکثر دمای مجاز باید توسط مشاور مشخص شود. در بتن‌ریزی در هوای سرد حداکثر دمای مجاز ساخت و ریختن بتن باید طبق جدول ۶-۳۸ مشخص گردد.

حداقل دمای مجاز بتن در محل نهایی مصرف برای بتن‌ریزی در هوای سرد، باید با توجه به ضخامت قطعه طبق جدول ۶-۳۸ مشخص شود.

۶-۲-۱-۱-۵- درصد هوای بتن تازه

برای اندازه‌گیری میزان هوای کل محبوس در بتن باید از یکی از سه روش اندازه‌گیری هوای بتن طبق استاندارد ملی ایران ۳۸۲۱ (روش وزنی)، استاندارد ملی ایران ۳۸۲۳ (روش حجمی) یا استاندارد ملی ایران ۳۵۲۰ (روش فشاری) استفاده گردد. روش فشاری برای بتن‌های معمولی و حباب‌دار کاربرد بیشتری دارد.

به‌منظور اندازه‌گیری قطر، ضریب فاصله[۱] و سطح ویژه حباب‌های هوای بتن سخت شده، باید از استاندارد استاندارد ملی ایران ۱۵۶۴۳ استفاده گردد که تعیین‌کننده نوع و کیفیت توزیع هوای موجود در بتن است.

در مواردی که حداقل یا حداکثر درصد هوای بتن در مشخصات فنی ذکرشده باشد، رعایت آن‌ها لازم است. اگر مقدار درصد هوا بدون حداقل یا حداکثر ذکر شود، رواداری آن باید ۲۰± درصد مقدار ذکرشده در نظر گرفته شود. اگر مقدار هوای مطلوب کمتر از ۵ درصد ذکرشده باشد، رواداری مجاز ۲۵± درصد مقدار مزبور خواهد بود.

۶-۲-۱-۱-۶- همگنی و یکنواختی بتن تازه

همگنی و یکنواختی بتن باید پس از اختلاط کامل به دست آید. این همگنی و یکنواختی نباید در طول عملیات حمل، ریختن و تراکم از بین برود. برای تعیین یکنواختی انواع بتن پس از اختلاط باید از روش و معیارهای مندرج در پیوست استاندارد۶۰۴۴ ایران استفاده گردد.

برای تعیین همگنی بتن‌های خودتراکم، باید از یکی از روش‌های استاندارد ملی ایران ۱۱۲۷۰ (شاخص چشمی پایداری بتن[۲])، استاندارد ملی ایران ۱۲۲۵۵ (پایداری بتن خودتراکم به روش ستون)، استاندارد ملی ایران ۱۱-۳۲۰۳

۱- Spacing factor

۲- Visual Stability Index (VSI)

omoorepeyman.ir

(پایداری شبکه الک)، یا استاندارد ملی ایران ۱۹۳۸۷ (ارزیابی سریع پایداری بتن خودتراکم در برابر جداشدگی) استفاده گردد. هرچند می‌توان در آزمایش قابلیت عبور (حلقه J) طبق استاندارد ملی ایران ۱۱۲۷۱ یا آزمایش قیف V طب استاندارد ملی ایران ۹-۳۲۰۳ نیز جداشدگی بتن خودتراکم را بررسی و کنترل کرد. در طرح مخلوط آزمایشگاهی، آزمایش شاخص چشمی پایداری و حداقل یکی دیگر از آزمایش‌های پایداری معرفی‌شده بسته به نوع قطعات سازه باید انجام شود. در تعیین همگنی بتن در اجرای بتن‌های معمولی و خودتراکم، بنا بر نظر دستگاه نظارت، استفاده از شاخص چشمی به عنوان تنها روش تعیین همگنی، مجاز می‌باشد. معیارهای همگنی بتن خودتراکم باید مطابق استاندارد ملی ایران ۶۰۴۴ یا بند ت۱۱-۵-۳ جلد دوم آیین‌نامه بتن ایران (تجدیدنظر دوم) در نظر گرفته شود.

هرگونه جداشدگی در بتن معمولی یا خودتراکم به هر شکل اعم از این‌که مربوط به خصوصیات بتن، یا روش حمل، ریختن و تراکم باشد قابل‌قبول نیست.

۶-۲-۱-۱-۷- معیارهای همگنی یا جداشدگی

الف- معیار همگنی بتن پس از اختلاط

حدود قابل‌قبول برای همگنی بتن مطابق با استاندارد ملی ایران ۶۰۴۴ برابر با مقادیر جدول ۶-۶ می‌باشد.

جدول ۶-۶- معیارهای همگنی بتن بعد از اختلاط

آزمایش	حداکثر اختلاف قابل‌قبول در نتایج دو نمونه از اوایل و اواخر بتن مخلوط شده
جرم مخصوص بتن	۱ درصد میانگین
درصد هوای بتن	۲۰ درصد میانگین
اسلامپ بتن	۲۵ درصد میانگین
مانده روی الک نمره ۴	۱۵ درصد میانگین
وزن مخصوص ملات بتن (فاقد هوا)	۱/۶ درصد میانگین
مقاومت فشاری ۷ روز	۷/۵ درصد میانگین

ب- معیارهای همگنی بتن خودتراکم

معیارهای همگنی بتن خودتراکم در جدول ۶-۷ ارائه شده که رعایت آن‌ها الزامی می‌باشد.

جدول ۶-۷- معیارهای همگنی بتن خودتراکم

آزمایش	معیار همگنی
شاخص پایداری چشمی (VSI)	- حداکثر ۱ - مطلوب صفر
پایداری (روش ستون)	- حداکثر مطلوب ۱۰ درصد - حداکثر ۱۵ درصد به‌ویژه برای جریان اسلامپ بیش از ۷۰۰ میلی‌متر
پایداری شبکه الک	- مطلوب: کمتر از ۲۰ درصد - قابل‌قبول: کمتر از ۲۵ درصد به‌ویژه برای جریان اسلامپ بیش از ۷۰۰ میلی‌متر
روش نفوذ	- مطلوب: کمتر از ۱۰ میلی‌متر - قابل‌قبول: کمتر از ۲۵ میلی‌متر

omoorepeyman.ir

حلقه J	- حداکثر اختلاف قطر ۲۵ یا ۵۰ میلی‌متر بسته به طول حرکت - حداکثر اختلاف ارتفاع ۱۰ تا ۲۰ میلی‌متر بسته به طول حرکت

۶-۲-۱-۱-۸- آب انداختگی بتن

مقدار آب انداختگی و آهنگ آن باید با آزمایش استاندارد ملی ایران ۳۸۲۰ تعیین گردد. در بتن‌هایی با اسلامپ کمتر از ۴۰ میلی‌متر یا بتن‌های خودتراکم که نباید آب‌انداختگی داشته باشد، باید حفاظت اولیه پس از تراکم در اسرع وقت بر روی آن اعمال شود.

در بتن‌های با انداختگی زیاد، در صورت وجود نشست خمیری با فاصله زمانی کافی می‌توان با اعمال تراکم مجدد نسبت به اصلاح سطح اقدام نمود. در ضمن برای پرداخت سطح این بتن‌ها، ابتدا آب رو زده باید تبخیر یا از سطح زدوده شود.

۶-۲-۱-۱-۹- زمان گیرش بتن

زمان گیرش بتن در مواردی که نیاز باشد (مانند سامانه قالب لغزان، پرهیز از ایجاد درز سرد، یا تغییر زمان گیرش با افزودنی‌ها)، باید طبق آزمایش استاندارد ملی ایران ۶۰۴۶ تعیین شود.

۶-۲-۱-۲- ویژگی‌های بتن سخت شده

۶-۲-۱-۲-۱- مقاومت فشاری بتن

در آزمون مقاومت فشاری بتن، طبق استاندارد ملی ایران ۳۲۰۲ یا ۱-۱۶۰۸، از آزمونه‌های استوانه‌ای استاندارد به قطر ۱۵۰ یا ۱۰۰ میلی‌متر به ترتیب با ارتفاع ۳۰۰ یا ۲۰۰ میلی‌متر، یا آزمونه‌های مکعبی به ابعاد ۱۵۰ یا ۱۰۰ میلی‌متر استفاده می‌شود که طبق استاندارد ملی ایران ۳۲۰۵ یا ۲-۱۶۰۸ تهیه و در شرایط استاندارد نگهداری شده و طبق استاندارد ملی ایران ۳۲۰۶ یا ۶۰۴۸ یا ۳-۱۶۰۸ تحت آزمایش فشاری قرار می‌گیرند. در تمام این موارد، بتن تازه باید طبق استاندارد ملی ایران ۱-۳۲۰۱ نمونه برداری شود.

در صورتی که برای نمونه گیری از آزمونه استوانه‌ای به قطر ۱۰۰ میلی‌متر یا مکعبی به ابعاد ۱۰۰ میلی‌متر استفاده شود، برای تعیین مقاومت فشاری در سن مقرر باید حداقل ۳ آزمونه اخذ شود و نیاز به تبدیل مقاومت از نظر ابعاد وجود ندارد.

چنانچه آزمونه‌های مکعبی به ابعاد ۱۵۰ یا ۱۰۰ میلی‌متر برای تعیین مقاومت فشاری به‌کار رود، باید به مقاومت متناظر آزمونه استوانه‌ای به قطر ۱۵۰ یا ۱۰۰ میلی‌متر مطابق با جدول ۶-۴۴ تبدیل شود.

رده‌های مقاومتی بتن و کاربردهای مرسوم آن‌ها در جدول ۶-۸ ارائه شده است. پیمانکار موظف است با توجه به شرایط مصالح مصرفی و شرایط ساخت و کنترل بتن در کارگاه، نسبت به تأمین مقاومت مورد نظر در مشخصات فنی خصوصی پروژه اقدامات لازم را به عمل آورد.

طراح پروژه باید با توجه به نوع قطعات و اعضای سازه نسبت به تعیین و درج رده مقاومتی بتن در مشخصات فنی خصوصی پروژه اقدام نماید. رده‌های مقاومتی C6، C8، C10، C12، C16 به‌عنوان بتن‌های غیرمسلح، پرکننده و مگر،

omoorepeyman.ir

رده‌های مقاومتی C20، C25، C30، C35 و C40 به‌عنوان بتن مسلح معمولی، و رده‌های مقاومتی C45 و C50 به‌عنوان بتن مسلح پرمقاومت در نظر گرفته می‌شوند.

جدول ۶-۸- کاربردهای رایج رده‌های مقاومت بتن

رده مقاومتی بتن	شرح	کاربردهای رایج
C6	بتن لاغر	بتن پرکننده
C8	بتن لاغر	بتن پرکننده – بتن مگر
C10	بتن لاغر	بتن پرکننده – بتن مگر – بتن غیرمسلح
C12	بتن لاغر	بتن پرکننده – بتن مگر – بتن غیرمسلح
C16	بتن لاغر	بتن غیرمسلح سازه‌ای
C20	بتن معمولی	بتن مسلح سازه‌ای
C25	بتن معمولی	بتن مسلح سازه‌ای
C30	بتن معمولی	بتن مسلح سازه‌ای – بتن پیش تنیده
C35	بتن معمولی	بتن مسلح سازه‌ای – بتن پیش تنیده
C40	بتن معمولی	بتن مسلح سازه‌ای – بتن پیش تنیده
C45	بتن پر مقاومت	بتن مسلح سازه‌ای – بتن پیش تنیده
C50	بتن پر مقاومت	بتن مسلح سازه‌ای – بتن پیش تنیده

۶-۲-۱-۳- دوام بتن و ناتراوایی بتن

۶-۲-۱-۳-۱- طبقه‌بندی شرایط محیطی

طبقه بندی شرایط محیطی در جدول ۶-۹ ارائه شده است. براساس این طبقه بندی ضوابط و الزامات مربوط به ساخت بتن با دوام باید در نظر گرفته شود.

جدول ۶-۹- طبقه بندی شرایط محیطی

ردیف	رده‌بندی	مشخصه رده	توصیف شرایط	نمونه‌هایی از شرایط محیطی
۱	خطر خرابی با حملات شیمیایی وجود ندارد	X0	بتن غیرمسلح یا بدون فلزات مدفون در همه شرایط به‌جز یخ زدن و آب‌شدن، سایش و حملات شیمیایی	-
			بتن مسلح در شرایط خیلی خشک	بتن درون ساختمان‌ها با رطوبت بسیارکم
۲	خوردگی ناشی از یون کلرید به‌غیر از آب دریای شور (بتن مسلح در تماس با آب حاوی کلرید مانند نمک‌های یخ زدا)	XCD1	رطوبت متوسط	سطوح بتنی در معرض یون کلرید هوا
		XCD2	مرطوب، به ندرت خشک	استخر شنا حاوی کلر آزاد
		XCD3	بتن مسلح در تماس مستقیم با خاک آلوده کلریددار	بخش‌هایی از ساختمان که در معرض خاک مهاجم و زیر سطح آب زیرزمینی است.
		XCD4	چرخه‌های تر و خشک شدن با آب حاوی کلرید	بخش‌هایی از ساختمان که در معرض پاشش کلرید است. روسازی محوطه‌ها و دال پارکینگ‌های طبقاتی
۳	خوردگی ناشی از کلرید دریای شور (بتن مسلح در تماس یا یون کلرید دریا یا نمک‌های	XCS1	بتن مسلح در معرض کلرید موجود در هوا و دور از دریا	ساختمان‌های خیلی دور از ساحل (بیش از ۵ کیلومتر) یا دارای پوشش و محفوظ در فاصله ۱ تا ۵ کیلومتر
		XCS2	بتن مسلح غرقاب یا درون خاک مرطوب یا در معرض نمک متوسط در هوا	- بخش‌های از ساختمان‌های دریایی که درون آب دریا هستند

omoorepeyman.ir

	موجود در هوای مجاور)			بخش‌های از ساختمان‌هایی که در خاک ساحلی زیرتراز آب دریا هستند. - ساختمان‌های نسبتاً دور از ساحل (۱ تا ۵ کیلومتر) یا دارای پوشش و محفوظ در فاصله کمتر از ۱ کیلومتر

ادامهٔ جدول ۶-۹- طبقه بندی شرایط محیطی

ردیف	رده‌بندی	مشخصه رده	توصیف شرایط	نمونه‌هایی از شرایط محیطی
		XCS3	بتن مسلح در معرض نمک زیاد در هوا بدون تماس با آب دریا و پاشش	ساختمان‌های نزدیک ساحل (کمتر از ۱ کیلومتر) و بدون پوشش و حفاظت نشده
		XCS4	نواحی در معرض پاشش و جزر و مد	بخش‌هایی از ساختمان‌های دریایی در معرض پاشش و جزر و مد
۴	خوردگی ناشی از کربناته شدن (فقط بتن مسلح)	XCA1	شرایط خشک یا همواره مرطوب	- سطوحی که در محیط بسته داخلی ساختمان قراردادند به‌جز محیط‌های داخلی که رطوبت متوسطی دارند - سطوح بتنی که همواره درون آب و بدون عوامل آسیب‌رسان هستند
		XCA2	شرایط غالباً مرطوب و به‌ندرت خشک	سطوحی که به مدت زیاد در معرض آب باشد مانند پی‌ها
		XCA3	شرایط با رطوبت محیطی متوسط	- سطوح خارجی که از بارش در امان هستند - سطوح در معرض رطوبت زیاد مانند حمام و آشپزخانه - بتن در مناطق گرم و خشک و کلان شهرها
		XCA4	چرخه‌های تر و خشک شدن	- سطوحی که در معرض چرخه‌های تر و خشک شدن هستند بتن در پالایشگاه‌ها، نیروگاه‌های حرارتی، کارخانه‌های سیمان و مشابه که در محیط آن‌ها دی اکسید کربن زیاد وجود دارد.
۵	بتن در معرض حملات سولفاتی قرار دارد اما یون کلرید قابل‌توجهی ندارد	XS1	احتمال حملات سولفاتی متوسط	
		XS2	احتمال حملات سولفاتی شدید	
		XS3	احتمال حملات سولفاتی خیلی شدید	
۶	بتن در معرض چرخه‌های یخ زدن و آب‌شدن قرار دارد	XFT0	درجه اشباع کم	فقط احتمال چند چرخه محدود یخ زدن و آب‌شدن در سال وجود دارد
		XFT1	درجه اشباع متوسط احتمال حضور نمک‌های یخ زدا وجود ندارد	احتمال چرخه یخ زدن و آب‌شدن در هر سال وجود دارد
		XFT2	درجه اشباع زیاد احتمال حضور نمک‌های یخ زدا وجود دارد	احتمال چرخه‌های یخ زدن و آب‌شدن در اجزای قائم وجود دارد
		XFT3	درجه اشباع زیاد احتمال حضور نمک‌های یخ زدا وجود دارد	چرخه‌های یخ زدن و آب‌شدن در اجزای قائم وجود دارد
۷	واکنش زایی سنگ‌دانه‌ها با قلیائی‌ها	XAS1	واکنش ناشی از سنگدانه‌های سیلیسی با قلیایی‌ها	بخش‌هایی از سازه که ممکن است با سنگدانه‌های سیلیسی واکنش زا و سیمان پرقلیا ساخته شده و دارای رطوبت باشد.

omoorepeyman.ir

		XAS2	واکنش ناشی از سنگدانه‌های کربناتی با قلیایی‌ها	بخش‌هایی از سازه که ممکن است با سنگدانه‌های کربناتی واکنش زا و سیمان پرقلیا ساخته شده و دارای رطوبت باشد.

۶-۲-۱-۳-۲- خوردگی کلریدی فولاد در بتن

در جدول ۶-۱۰ الزامات تجویزی کیفیت بتن از نظر برخی نسبت‌ها و مقادیر اجزا و حداقل رده مقاومتی مشخص شده است.

این الزامات در جداول ۶-۱۱، ۶-۱۲ و ۶-۱۳ برای شروع خوردگی ۲۵ ساله یا حدوداً معادل عمر بهره‌برداری ۳۰ تا ۳۵ ساله در نظر گرفته شده است. چنانچه شروع خوردگی در سنین بالاتری مورد نیاز باشد باید الزامات و معیارهای سخت‌گیرانه‌تر، توسط مشاور تعیین شود.

الزامات ارائه شده مربوط به شرایط خلیج فارس و دریای عمان است و برای دریای خزر، یک درجه تخفیف در رده شرایط محیطی مجاز است.

ضخامت پوشش بتنی روی میلگرد یا فولاد مدفون در بتن نباید از بزرگ‌ترین قطر میلگرد و همچنین چهار سوم بزرگ‌ترین اندازه اسمی سنگدانه‌های مصرفی در بتن کمتر باشد.

الزامات عملکردی برای کیفیت بتن مسلح در شرایط محیطی گوناگون به منظور کنترل نفوذپذیری در برابر حملات یون کلرید و خوردگی فولاد باید مطابق با جدول ۶-۱۳ باشد.

جدول ۶-۱۰- الزامات نسبت‌ها، مقادیر و حداقل رده مقاومتی بتن در شرایط حمله کلریدی

رده	طبقه بندی شرایط محیطی	نوع سیمان و مواد سیمانی	حداقل عیار مواد سیمانی kg/m^3	حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی	حداقل رده بتن[۴]
۱	XCD1 XCS1	پرتلند[۱] نوع ۱و۲ CEM I-SR10 و سیمان‌های آمیخته[۲]	۳۲۵	۰/۵	C30
۲	XCD2 XCD3 XCS2	پرتلند[۱] نوع ۱و۲ CEM I-SR10 و سیمان‌های آمیخته[۲]	۳۲۵	۰/۴۵	C35
۳	XCD4 XCS3	پرتلند[۱] نوع ۱و۲ CEM I-SR10 به همراه مواد پوزولانی و سرباره یا سیمان‌های آمیخته[۲]	۳۵۰	۰/۴	C35
۴	XCS4	سیمان پرتلند[۱] نوع ۱ و ۲ و CEM I-SR10 همراه مواد پوزولانی و سرباره سیمان‌های آمیخته[۲]	۳۷۵	۰/۳۷	C40

۱- سیمان‌های پرتلند باید بین ۶ تا ۱۰ درصد C_3A داشته باشد، استفاده از سیمان پرتلند نوع ۵ برای بتن مسلح مجاز نیست.

۲- سیمان‌های آمیخته شامل سیمان پرتلند با موادی نظیر دوده سیلیس (حداقل ۵درصد)، سرباره (حداقل ۲۵درصد)، پوزولان طبیعی یا خاکستر بادی (حداقل ۱۵درصد)، زئولیت و متاکائولن (حداقل ۱۰درصد) می‌تواند به‌کار رود. مقادیر حداقل ذکر شده برای مصرف این مواد به همراه سیمان پرتلند به‌صورت جایگزین مواد سیمانی نیز صادق است.

حداکثر مواد سیمانی به ۴۲۵ کیلوگرم درمتر مکعب بتن محدود می‌گردد. در صورت نیاز به مصرف مواد سیمانی بیشتر به‌ویژه برای حداکثر اندازه کوچک‌تر از ۲۰ میلی‌متر یا بتن‌های خودتراکم و پاششی باید اقدامات لازم برای جلوگیری از ترک‌خوردگی ناشی از جمع شدگی به دلیل خشک‌شدگی و تنش‌های حرارتی در قطعات حجیم اعمال گردد.

۳- حداقل عیار مواد سیمانی برای حداکثر اندازه اسمی ۲۰ میلی‌متر است. در صورت کاهش حداکثر اندازه در بتن‌های پاششی و خودتراکم این مقدار حداقل، افزایش می‌یابد. افزایش حداکثر اندازه اسمی سنگدانه‌ها توصیه نمی‌شود.

۴- در صورت مصرف مواد حباب‌زا، حداقل رده مقاومتی بتن را می‌توان ۵ مگاپاسکال کاهش داد.

omoorepeyman.ir

جدول ۶-۱۱- حداکثر مجاز یون‌های کلرید اولیه در بتن مسلح سخت شده در ارتباط با خوردگی فولاد

ردیف	نوع عضو بتنی و شرایط رطوبتی و محیطی	مقدار یون کلرید بر حسب مواد سیمانی (درصد وزنی)	
		کلرید محلول در آب طبق استاندارد ملی ایران ۸۹۴۷	کلرید محول در اسید طبق استاندارد ملی ایران ۸۹۴۶ ایران
۱	بتن پیش‌تنیده*	۰/۰۶	۰/۰۸
۲	بتن مسلحی که در زمان بهره برداری در معرض رطوبت و کلرید قرار گیرد. طبقه بندی XCS3، XCS4 و XCD4	۰/۰۸	۰/۱
۳	بتن مسلحی که در زمان بهره‌برداری در تماس با رطوبت و کلرید قرار گیرد. طبقه بندی XCS1، XCS2، XCD1، XCD2 و XCD3	۰/۱۰	۰/۱۳
۴	بتن مسلحی که در زمان بهره‌برداری در معرض رطوبت و بدون تماس با یون کلرید است	۰/۱۵	۰/۲
۵	بتن مسلحی که در زمان بهره‌برداری در حالت خشک باشد یا از رطوبت محافظت شود	۰/۳	۰/۴

* این الزامات برای قرارگیری در شرایط محیطی XCS3، XCS4 و XCD4 می‌باشد. در شرایط ملایم‌تر می‌توان از ضوابط ردیف ۲ استفاده کرد.

جدول ۶-۱۲- حداقل ضخامت پوشش بتنی روی فولاد* (میلی‌متر) در شرایط محیطی خورنده کلریدی*

نوع عضو	نوع شرایط محیطی			
	XCD1 XCS1	XCD2 و XCD3 XCS2	XCD4 XCS3	XCS4
تیر اصلی، ستون و دیوار	۴۵	۵۰	۶۰	۷۵
دال-تیر فرعی و تیرچه	۳۵	۴۰	۵۰	۶۰
پوسته و صفحات پلیسه‌ای	۳۰	۳۵	۴۵	۵۵
شالوده	۵۰	۶۰	۷۵	۹۰

* توصیه می شود حداکثر ضخامت پوشش بتنی روی فولاد به ۱/۱۵ برابر ضخامت حداقل محدود گردد.

- در صورتی که حفاظت سطحی بتن یا میلگرد با مواد و ضخامت مناسب اعمال شود می‌توان تا ۲۰ درصد از ضخامت پوشش بتنی کم نمود. به هرحال توصیه می‌شود مقدار کاهش بر اساس مطالعات آزمایشگاهی انجام گیرد.
- اگر رده بتن به میزان ۵ مگاپاسکال بالاتر از حداقل رده مورد نظر در جدول باشد، می‌توان ۵ میلی‌متر از حداقل ضخامت پوشش بتنی کاست.
- برای میلگردهای با قطر ۳۶ میلیمتر و بیشتر ، مقادیر پوشش بتنی باید ۱۵ درصد اضافه شود.
- در صورتی که ضوابط دیگری مانند آتش سوزی، ضخامت بیشتری را الزام کند، رعایت آن ضرورت دارد.

جدول ۶-۱۳- الزامات عملکردی مشخصه بتن در آزمایش‌های جذب و نفوذ آب و یون کلرید در شرایط محیطی و قرارگیری گوناگون حملات کلریدی

ردیف	آزمایش / طبقه‌بندی شرایط محیطی	۱	۲	۳	۴
		XCS1 XCD1	XCS2 XCD2 XCD3	XCS3 XCD4	XCS4
۱	حداکثر جذب آب نیم ساعته در سن ۲۸ روز (درصد)، استاندارد ملی ایران ۱۲۲-۱۶۰۸	۳/۵	۳	۲/۵	۲
۲	حداکثر عمق نفوذ آب تحت فشار در سن ۲۸ روز (م‌م)، استاندارد ملی ایران ۵-۳۲۰۱	۶۰	۴۵	۳۰	۲۰
۳	حداکثر جریان عبوری از بتن در آزمایش RCPT در سن ۲۸ روز (کولمب)، استاندارد ملی ایران ۲۰۷۹۳	-	۳۵۰۰	۲۵۰۰	۱۵۰۰
۴	حداکثر مقدار مهاجرت کلرید RCMT در سن ۲۸ روز: روش الف استاندارد ملی ایران ۲۱۴۷۹ (mm/v.h) روش ب استاندارد ملی ایران ۲۱۴۷۹ (10^{-12} m^2/s)	- -	۰/۰۴۵ ۱۸	۰/۰۳ ۱۲	۰/۰۲ ۶
۵	حداقل مقاومت ویژه الکتریکی سطحی در سن ۲۸ روز[1] AASHTO T358 (اهم - متر)	۷۵	۱۰۰	۱۲۵	۱۷۵
۶	حداکثر هدایت الکتریکی[2] در سن ۲۸ روزه، استاندارد ملی ایران ۱۵۴۲۸ (mS/m)	۲۰	۱۵	۱۲	۸

- مقاومت‌های ویژه الکتریکی سطحی (ونر) برای آزمونه استوانه‌ای ۳۰۰×۱۵۰ میلی‌متر داده شده است. چنانچه از استوانه ۲۰۰×۱۰۰ میلی متر استفاده شود معیارهای مندرج در جدول باید در ۱/۲۵ ضرب گردد.
- مقاومت الکتریکی حجمی با هدایت الکتریکی بتن رابطه معکوس دارد. چنانچه معکوس هدایت الکتریکی در ۱۰۰۰ ضرب شود، مقدار مقاومت الکتریکی حجمی بتن برحسب اهم-متر به‌دست می‌آید و معمولاً در حدود دو سوم مقاومت ویژه الکتریکی سطحی (ونر) می‌باشد.
- سن آزمایش‌ها را می‌توان با نظر نگارنده مشخصات فنی خصوصی پروژه به‌ویژه در صورت مصرف سیمان‌های آمیخته یا مواد پوزولانی معدنی جایگزین سیمان (بجز دوده سیلیسی) به‌صورت ۵۶ یا ۹۰ روزه در نظر گرفت و از همین معیارهای ۲۸ روزه استفاده کرد.
- این مقادیر به‌عنوان پارامترهای مشخصه دوام است و در طرح مخلوط بتن بسته به حداکثر یا حداقل بودن معیارها باید به ترتیب در ۰/۸ و ۱/۲۵ ضرب شود.

omoorepeyman.ir

- انجام آزمایش‌های ردیف ۱ یا ۲ به همراه دو آزمایش از ردیف‌های ۳ تا ۶ برای شرایط رویارویی ستون ۳ و ۴ در تهیه طرح مخلوط لازم است. در مورد ستون ۱ و ۲ یکی از آزمایش‌های ردیف ۱ یا ۲ به همراه یکی از آزمایش‌های ردیف ۳ تا ۶ در طرح مخلوط الزامی است.
- در رابطه با کنترل کیفی بتن در کارگاه، آزمایش ردیف ۱ به همراه یکی از آزمایش‌های ردیف ۳ تا ۶ برای شرایط رویارویی ستون ۳ و ۴ الزامی است. برای شرایط رویارویی ستون ۱ و ۲ می‌توان صرفاً یکی از آزمایش‌های ردیف ۱، ۳، ۵ و ۶ را انجام داد.

۶-۲-۱-۳-۳- خوردگی فولاد ناشی از کربناته شدن بتن

در جدول ۶-۱۴ با توجه به شدت شرایط محیطی و حداقل ضخامت پوشش بتنی روی فولاد، مقادیر حداقل رده مقاومتی بتن، حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی و حداقل عیار مواد سیمانی برای کاهش خطر خوردگی ناشی از کربناته شدن بتن مسلح و افزایش عمر قطعه ارائه شده است. این الزامات برای عمر بهره‌برداری حدود ۵۰ سال در نظر گرفته شده است. چنانچه عمر بهره‌برداری بیشتری مورد نیاز باشد باید الزامات و معیارهای سختگیرانه‌تر، توسط مشاور تعیین شود.

جدول ۶-۱۴- حداقل رده مقاومتی، حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی و حداقل مقدار سیمان با توجه به شدت شرایط محیطی

شرایط محیطی	پوشش میلگرد (میلی‌متر) / مشخصات مخلوط	رده مقاومتی، حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی و حداقل مقدار سیمان							
		۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵	۶۰
XCA1	حداقل رده مقاومتی حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی حداقل عیار مواد سیمانی (کیلوگرم در مترمکعب)	C25 ۰/۵۵ ۳۰۰	C20 ۰/۶ ۳۰۰	C20 ۰/۶ ۲۷۵	C20 ۰/۶ ۲۷۵	C20 ۰/۶ ۲۷۵	C20 ۰/۶ ۲۷۵	C20 ۰/۶ ۲۷۵	C20 ۰/۶ ۲۷۵
XCA2	حداقل رده مقاومتی حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی حداقل عیار مواد سیمانی (کیلوگرم در مترمکعب)		C30 ۰/۵ ۳۲۵	C25 ۰/۵۵ ۳۰۰	C25 ۰/۵۵ ۳۰۰	C25 ۰/۶ ۳۰۰	C25 ۰/۶ ۳۰۰	C25 ۰/۶ ۳۰۰	C25 ۰/۶ ۳۰۰
XCA3	حداقل رده مقاومتی حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی حداقل عیار مواد سیمانی (کیلوگرم در مترمکعب)			C30 ۰/۵ ۳۲۵	C30 ۰/۵ ۳۰۰	C25 ۰/۵۵ ۳۰۰	C25 ۰/۵۵ ۳۰۰	C25 ۰/۵۵ ۳۰۰	C25 ۰/۵۵ ۳۰۰
XCA4	حداقل رده مقاومتی حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی حداقل عیار مواد سیمانی (کیلوگرم در مترمکعب)			C35 ۰/۴۵ ۳۵۰	C30 ۰/۴۵ ۳۲۵	C25 ۰/۵ ۳۰۰	C25 ۰/۵ ۳۰۰	C25 ۰/۵۵ ۳۰۰	C25 ۰/۵۵ ۳۰۰

۶-۲-۱-۳-۴- حمله سولفاتی

با توجه به میزان یون سولفات موجود در آب و خاک مجاور بتن، باید طبق جدول ۶-۱۵، نوع سیمان (مواد سیمانی)، حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی و حداقل رده مقاومتی بتن (به‌ویژه برای بتن سبکدانه) انتخاب شود. ضوابط این جدول برای آب‌های شور دریا و یا حمله توأم کلرید و سولفات کاربرد ندارد.

مقدار سولفات موجود در آب باید طبق استاندارد ملی ایران ۲۳۵۳ و مقدار سولفات محلول در آب موجود در خاک باید طبق استاندارد ASTM C1580 اندازه‌گیری شود.

چنانچه مقادیر C3A یا 2C3A + C4AF سیمان خارج از حدود تعریف شده برای سیمان پرتلند نوع ۵ (مقاومت زیاد در برابر حمله سولفاتی) باشد، اما انبساط ملات آن در آزمایش مطابق با استاندارد ملی ایران ۱۱۷۹۰ کمتر از ۰/۰۴ درصد در سن ۱۴ روز باشد، سیمان دارای مقاومت زیاد در برابر حمله سولفاتی تلقی می‌شود.

omoorepeyman.ir

چنانچه مقدار C3A موجود در هر سیمان پرتلند کمتر از ۸ درصد باشد، در رده مقاومتی متوسط در برابر حمله سولفاتی در نظر گرفته می‌شود و اگر C3A آن کمتر از ۵ درصد و 2C3A + C4AF کمتر از ۲۵ درصد باشد، رده مقاومتی آن در برابر حمله سولفاتی از نوع زیاد تلقی می‌شود.

در صورت عدم استفاده از سیمان‌های پرتلند نوع ۲ یا ۵، استفاده از سیمان‌های آمیخته و یا مواد افزودنی پودری معدنی جداگانه به همراه سیمان پرتلند با نظر مشاور پروژه در صورتی مجاز است که مقاومت آن سیمان (مواد سیمانی) در برابر حمله سولفاتی طبق استاندارد ملی ایران ۱۷۱۰۷ مشخص شود و معیارهای زیر را برآورده سازد.

زمانی که مقدار انبساط ملات سیمان هیدرولیکی در این آزمایش پس از ۶ ماه و یک‌سال به ترتیب کمتر از ۰/۰۵ و ۰/۱ درصد باشد، مقاومت سیمان در برابر حمله سولفاتی از نوع متوسط منظور و چنانچه انبساط پس از ۱ سال از ۰/۰۵ درصد کمتر باشد مقاومت سیمان در برابر حمله سولفاتی از نوع زیاد تلقی می‌گردد.

استفاده از سیمان‌های پرتلند آهکی و پرکننده‌های کربنات کلسیمی یا منیزیمی در هوای سرد برای رده‌های XSI ، XS2 و XS3 و در هوای معتدل یا گرم نیز برای رده XS2 و XS3 مجاز نمی‌باشد.

جدول ۶-۱۵- الزامات مخلوط بتن برای شرایط محیطی حمله سولفاتی

شرایط محیطی	درصد یون سولفات محلول در آب (SO_4) موجود در خاک	مقدار یون سولفات (SO_4) در آب (mg/L)	مقاومت مواد سیمانی در برابر سولفات‌ها	حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی	حداقل رده مقاومتی بتن* (Mpa)
X0	۰/۱ >	۱۵۰>	بدون محدودیت	بدون محدودیت	۲۰
XS1	۰/۲ > SO_4 ≥ ۰/۱	۱۵۰۰ > SO_4 ≥ ۱۵۰ یا آب دریا	مقاومت سولفاتی متوسط	۰/۵	۲۵
XS2	۲/۰ ≥ SO_4 ≥ ۰/۲	۱۰۰۰۰ ≥ SO_4 ≥ ۱۵۰۰	مقاومت سولفاتی زیاد	۰/۴۵	۳۰
XS3	۲/۰<	۱۰۰۰۰<	مقاومت سولفاتی زیاد و ترجیحاً به همراه پوشش مناسب	۰/۴	۳۵

* رعایت این رده‌ها برای بتن سبکدانه الزامی است و برای بتن معمولی نیز توصیه می‌شود.

۶-۲-۱-۳-۵- رویارویی با چرخه‌های یخزدن و آب‌شدن

سنگدانه مصرفی در بتن رویارو با چرخه‌های یخ زدن و آب شدن، باید الزامات استاندارد ملی ایران ۳۰۲ در مورد آزمایش سلامت سنگدانه طبق استاندارد ملی ایران ۴۴۹ را برآورده نماید. اما ممکن است بتوان با سنگدانه‌هایی که این ضابطه را برآورده نکرده‌اند نیز بتن با دوام ساخت. در چنین مواردی بتن باید الزامات آزمایش‌های عملکردی دوام در برابر چرخه‌های یخزدن و آب‌شدن (با و یا بدون نمک‌های یخزدا طبق شرایط رویارویی) را ارضا کند.

در جداول ۶-۱۶ و ۶-۱۷، الزامات تجویزی مورد نظر برای مقابله با چرخه‌های یخزدن و آب‌شدن بتن شامل درصد هوای مناسب، حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی و حداقل رده مقاومتی بتن ارائه شده است.

درصد هوای کل بتن تازه باید اندازه‌گیری شود. درصورتی که مقاومت فشاری یا رده مقاومتی بتن ۳۵ مگاپاسکال یا بیشتر باشد، کاهش مقدار درصد هوای مندرج در جدول به میزان یک درصد مجاز است.

omoorepeyman.ir

جدول ۶-۱۶- درصد هوای کل بتن* مقاوم در برابر چرخه‌های یخ زدن و آب‌شدن

شرایط محیطی (رده رویارویی) / حداکثر اندازه سنگدانه (میلی‌متر)	۹/۵	۱۳	۱۱	۲۵	۳۸	۵۰	۶۳
XFT1	۶	۵/۵	۵	۴/۵	۴/۵	۴	۳/۵
XFT2 و XFT3	۷/۵	۷	۶	۶	۵/۵	۵	۴/۵

* رواداری درصد هوای بتن در طرح مخلوط و در محل مصرف (کارگاه) در بند ۶-۲-۱-۶-۳ و ۶-۲-۱-۱-۵ دیده می‌شود.

جدول ۶-۱۷- الزامات تجویزی بتن با دوام در برابر چرخه‌های یخزدن و آب‌شدن

شرایط محیطی	درصد هوای کل	حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی	حداقل رده مقاومتی بتن
XFT0	-	۰/۵۵	C25
XFT1	طبق جدول ۶-۱۵	۰/۵۵	C25
XFT2	طبق جدول ۶-۱۵	۰/۴۵	C30
XFT3	طبق جدول ۶-۱۵	۰/۴	C30

عملکرد بتن در برابر چرخه‌های یخزدن و آب‌شدن طبق استاندارد ملی ایران ۱۹۲۲۷ (بدون یخزدا) یا ۱۷۰۴۱ (در مجاورت یخزدا) تعیین می‌گردد. در صورت نیاز به استفاده از سایر روش‌های معتبر، این موارد باید توسط مشاور در مشخصات فنی ارائه شده باشد.

۶-۲-۱-۳-۶- مقاومت در برابر سایش

کف‌های بتنی از نظر ترافیک و مقاومت سایشی مورد نیاز به چهار رده طبقه‌بندی می‌شوند. طبقه‌بندی و نوع ترافیک عبوری به همراه کاربرد آن‌ها و تمهیدات خاص اجرایی و پرداخت سطحی آن‌ها در جدول ۶-۱۸ ارائه شده است.

جدول ۶-۱۸- طبقه‌بندی کف‌های بتنی از نظر ترافیک و مقاومت سایشی

طبقه‌بندی	نوع عبور و مرور	کاربرد	تمهیدات خاص اجرایی و مصالح مصرفی	پرداخت سطحی
۱	پیاده	کم تردد (ادارات، فضای تجاری، آموزشی و مسکونی و مشابه)	پرداخت سطحی یکنواخت و مناسب، کاربرد سنگدانه طبیعی با سختی سایشی LA40، عمل‌آوری رده ۲	ماله معمولی
۲	انسانی شدید و خودرو سبک	پر تردد (فضاهای مذهبی و اداری خدماتی پرتردد و پارکینگ طبقاتی)	پرداخت کامل سطحی، سنگدانه معمولی طبیعی با سختی سایشی LA35، عمل‌آوری رده ۳، پر کردن درزها با درز پرکن مناسب	ماله مکانیکی معمولی
۳	ماشین آلات صنعتی با چرخ لاستیکی، متوسط	کف‌های صنعتی معمولی، پارکینگ طبقاتی و روباز	زیراساس آماده شده، پرداخت بسیار خوب، سختی سایشی سنگدانه LA30، پر کردن درزها با درز پرکن مناسب، عمل آوری رده ۳	ماله مکانیکی معمولی با تیغه‌های فلزی سخت
۴	ماشین آلات صنعتی سنگین با بارهای سنگین	کف صنعتی پرتردد و سنگین و بارهای ضربه‌ای، پارکینگ‌های روباز با ماشین آلات سنگین	زیراساس آماده شده، پرداخت خاص، سختی سایشی سنگدانه LA25، پر کردن درزها با درز پرکن مناسب، انتقال بارهای سنگین با میلگرد داول، عمل‌آوری رده ۴	استفاده از سخت‌کننده‌های سطحی به همراه ماله کشی مکانیکی با تیغه‌های فلزی سخت

omoorepeyman.ir

الزامات تجویزی باید مطابق با جداول ۶-۱۹ و ۶-۲۰ باشد. در جدول ۶-۲۱ درصد مناسب و پیشنهادی مصرف دوده‌سیلیسی و لاتکس SBR ذکر شده که برای رده طبقه بندی ۲، ۳ و ۴ توصیه می‌گردد.

مشاور مجاز است برای افزایش مقاومت سایشی سطح در مشخصات فنی اجازه استفاده از پودرهای سخت‌کننده سطحی (به‌صورت خشکه پاش یا ملاتی) یا پوشش‌های سطحی پلیمری یا غیرپلیمری سخت‌کننده سطح را دهد.

جدول ۶-۱۹- الزامات رده مقاومتی، اسلامپ، نسبت آب به سیمان حداکثر و بیشینه حداکثر اندازه اسمی سنگدانه

رده بندی کف	۱	۲	۳	۴
حداقل رده بندی	C20	C25	C30	C35
حداکثر اسلامپ بدون روان کننده[1]	۹۰	۹۰	۷۰	۴۰
حداکثر نسبت آب به سیمان	۰/۵	۰/۴۵	۰/۴	۰/۴
حداکثر اندازه سنگدانه (م.م)[2]	۲۵	۱۹	۱۹	۱۹
رده مقاومت سایشی سنگدانه[3]	LA40	LA35	LA30	LA25
حداکثر مقدار مجموع دانه‌های پهن و کشیده و هم پهن و هم کشیده[4]	۱۵	۱۰	۸	۸
درصد گذشته از الک ۷۵ میکرون سنگدانه‌های ریز: ماسه شکسته	۷	۷	۵	۵
ماسه گردگوشه	۵	۵	۳	۳

[1] این حداکثر اسلامپ برای بتن بدون روان کننده یا فوق روان کننده منظور شده است.

[2] استفاده از سنگدانه درشت گردگوشه صرفاً برای رده ۱ مجاز است. در سایر موارد سنگدانه درشت شکسته یا نیمه شکسته توصیه می شود.

[3] طبق استاندارد ملی ایران ۸۴۴۷

[4] طبق استاندارد ملی ایران ۱۱۲۶۹

جدول ۶-۲۰- الزامات تجویزی مقدار سیمان (مواد سیمانی) مصرفی با توجه به حداکثر اندازه اسمی سنگدانه

حداکثر اندازه سنگدانه (م.م)	۲۵	۱۹	۱۳	۱۰
بازه سیمان در هر متر مکعب	۳۰۰-۳۷۵	۳۲۵-۴۰۰	۳۵۰-۴۲۵	۳۷۵-۴۵۰

جدول ۶-۲۱- مقادیر پیشنهادی دوده سیلیسی (جایگزین سیمان) و لاتکس SBR

رده سایشی / نام افزودنی	۱	۲	۳	۴
حداقل دوده سیلیسی[1]	-	۵	۶	۸
حداقل مقدار لاتکس SBR (درصد)[2]	-	۵	۱۰	۱۵

[1] توصیه می شود حداکثر مقدار درصد دوده سیلیسی (جایگزین سیمان) نیز به ۲درصد بالاتر از مقدار حداقل محدود شود.

[2] این درصدها برای SBR مایع با مواد جامد حدود ۵۰ درصد ارائه شده است.

در صورت نیاز، الزامات عملکردی برای مقاومت (دوام) سایشی همراه با آزمایش مربوط به آن باید در مشخصات فنی خصوصی توسط مشاور قید شده باشد. مقاومت سایشی باید طبق یکی از روش‌های استاندارد ملی ایران ۷۵۵، استاندارد ملی ایران ۱۷۳۰۸، یا استاندارد ملی ایران ۲۰۱۸۵ اندازه‌گیری و الزامات جدول ۶-۲۲ رعایت گردد. همچنین می‌توان از روش‌های استاندارد ملی ایران ۱۷۳۰۷ یا استاندارد ملی ایران ۱۷۳۰۹ نیز استفاده کرد که معیارهای لازم آن‌ها باید توسط مشاور ارائه شود.

omoorepeyman.ir

جدول ۶-۲۲- معیارهای عملکردی سایشی بتن در آزمایش‌های مختلف

آزمایش / طبقه بندی	۱	۲	۳	۴
حداکثر سایش قابل قبول در روش A استاندارد ملی ایران ۱۷۳۰۸	۱	۰/۸	۰/۶	۰/۴
استاندارد ملی ایران ۲۰۱۸۵ و ۷۵۵ روش چرخ پهن (mm)	۲۶	۲۳	۲۰	۱۷
استاندارد ملی ایران ۲۰۱۸۵ و ۷۵۵ روش بوهم ($Cm^3/50Cm^2$)	۲۶	۲۰	۱۸	۱۶

۶-۲-۱-۳-۷- واکنش سنگدانه - قلیایی در بتن

در بتن‌هایی که در طول بهره‌برداری در معرض رطوبت دائم یا تری و خشکی مکرر هستند، باید واکنش‌زایی سنگدانه‌های بتن با قلیایی‌ها بررسی شود و برای جلوگیری از اثرات مخرب انبساطی آن، الزامات خاصی منظور شود.

در ابتدا باید استعداد واکنش‌زایی سنگدانه‌ها را بررسی کرد. بسته به نوع سنگدانه مصرفی آزمایش‌های مختلفی جهت تشخیص استعداد واکنش‌زایی سنگدانه‌ها باید انجام شود. این موارد در جدول ۶-۲۳ آورده شده است.

بهترین روش برای تشخیص واکنش‌زایی سنگدانه‌ها توسط مشاور، مراجعه به سابقه عملکرد آن‌ها در بتن‌هایی است که در معرض رطوبت یا تری و خشکی مکرر بوده‌اند و حداقل ده سال از ساخت آن‌ها گذشته است. این بتن‌ها باید با سیمانی مشابه سیمان مصرفی پروژه جدید (به‌ویژه از نظر میزان قلیایی معادل) و با طرح مخلوطی شبیه به آن به‌ویژه از نظر حداکثر اندازه، دانه‌بندی، نسبت آب به سیمان و عیار سیمان مصرفی ساخته شده باشد.

جدول ۶-۲۳- آزمایش‌های تشخیص استعداد واکنش‌زایی سنگدانه‌ها

نوع سنگدانه بتن	آزمایش‌ها
سنگدانه‌های سیلیسی	سنگ نگاری برای مشخص کردن نوع کانی‌های واکنش‌زای موجود در سنگدانه‌ها و مقدار تقریبی آن‌ها طبق استاندارد ملی ایران ۱۳۵۵۲ ایران
	تعیین انبساط تسریع شده ۱۴ روزه منشور ملات در مجاورت محلول سود سوزآور طبق استاندارد ملی ایران ۸۷۵۳ ایران و مقایسه با مقدار بی‌خطر کمتر از ۰/۱ درصد و مقدار خطرناک بیش از ۰/۲ درصد. مقدار ۰/۱ تا ۰/۲ درصد به‌عنوان بازه مشکوک.
	اندازه‌گیری انبساط تسریع شده ۱۴ روزه منشور ملات حاوی ترکیب مواد سیمانی در محلول سود سوزآور طبق استاندارد ملی ایشماره ۱۷۱۰۶ ایران و مقایسه با معیارهای فوق (در صورت استفاده از پوزولان یا سرباره)
	اندازه‌گیری انبساط بتن در شرایط مرطوب در سن یک‌سال طبق استاندارد ملی شماره ۸۱۴۹ ایران و مقایسه با میزان حداکثر ۰/۰۴ درصد
سنگدانه‌های کربناتی	سنگ نگاری برای مشخص کردن نوع کانی کربناتی دولومیتی واکنش‌زای موجود در سنگدانه‌ها و مقدار تقریبی آن‌ها طبق استاندارد ملی شماره ۱۳۵۵۲ ایران
	آزمایش تعیین اکسید آلومینیوم و نسبت اکسید کلسیم به اکسید منیزیم طبق CSA-A23.2-26A
	تعیین انبساط استوانه سنگی در مجاورت محلول سودسوزآور طبق استاندارد ملی شماره ۷۶۵۶ ایران و مقایسه با انبساط ۰/۱ درصد در ۴ هفته و ۰/۲ درصد در ۱۶ هفته
	تعیین انبساط بتن در محیط مرطوب در سن ۳ و ۶ و ۱۲ ماه طبق ASTM C1105 و مقایسه با انبساط ۰/۰۱۵ درصد در سه ماه و ۰/۰۲۵ درصد در شش ماه یا ۰/۰۳ درصد در یک‌سال

omoorepeyman.ir

اگر سنگدانه واکنش‌زا تشخیص داده شد، در وهله اول باید از مصرف آن پرهیز نمود. در صورت نیاز به مصرف این نوع سنگدانه‌ها، لازم است یک یا چند مورد از اقدامات خاص زیر را با تائید مشاور به مرحله اجرا در آورد.

الف) اقدامات در مورد سنگدانه‌های سیلیسی واکنش زا

- کاهش قلیایی معادل سیمان به کمتر از ۰/۶ درصد وزن سیمان
- کاهش قلیایی معادل بتن به کمتر از ۳ یا ترجیحاً ۲/۴ کیلوگرم در هر مترمکعب بتن (با توجه به سطح واکنش‌زایی سنگدانه) با کاهش عیار سیمان بتن تا حد امکان به‌ویژه با مصرف افزودنی روان‌کننده کم قلیا
- کاهش نفوذ رطوبت در بتن در محیط مرطوب
- کاهش رطوبت موجود در بتن با استفاده از موادی که به‌صورت یک‌طرفه، رطوبت را از بتن خارج می‌کنند
- کاهش نسبت آب به مواد سیمانی به کمتر از ۰/۴۵ و کاهش نفوذپذیری بتن
- استفاده از مواد پوزولانی و سرباره‌ای مناسب به قدرکافی برای کاهش انبساط مخرب به‌صورت جایگزین سیمان (طبق استاندارد ملی ایران ۱۷۱۰۶)
- مخلوط کردن حداقل ۳۰ درصد سنگدانه آهکی با سنگدانه‌های سیلیسی واکنش‌زا
- کاهش قلیائیت بتن با استفاده از سیمان مناسب حاوی C_3S کمتر و C_2S بیشتر
- استفاده از افزودنی‌های شیمیایی کاهنده انبساط واکنش سیلیسی - قلیایی (پایه نمک‌های لیتیمی یا باریمی)
- استفاده از مواد حباب‌زا

ب) اقدامات در مورد سنگدانه‌های کربناتی (دولومیتی) واکنش‌زا

- کاهش قلیایی معادل سیمان به کمتر از ۰/۴ درصد وزن سیمان
- کاهش قلیایی معادل بتن به کمتر از ۲ و ترجیحاً ۱/۸ کیلوگرم در هر مترمکعب بتن (بسته به میزان واکنش‌زایی سنگدانه) با کاهش عیار سیمان بتن تا حدامکان به‌ویژه با مصرف افزودنی روان‌کننده کم قلیا
- کاهش نفوذ رطوبت در بتن در محیط مرطوب
- کاهش رطوبت موجود در بتن با استفاده از موادی که به‌صورت یک‌طرفه، رطوبت را از بتن خارج می‌کنند
- کاهش قلیائیت بتن با استفاده از سیمان مناسب حاوی C_3S کمتر و C_2S بیشتر
- مخلوط کردن مقدار زیادی سنگدانه‌های غیر واکنش‌زا با سنگدانه‌های کربناتی واکنش‌زا

۶-۲-۱-۳-۸- تراوایی بتن

تراوایی (نفوذپذیری) جسم بتن بدون انواع پوشش آب‌گریز یا نفوذناپذیر، در این ضابطه طبق جدول ۶-۲۴ به چهار طبقه تقسیم شده است و کاربردهای آن نیز به عنوان راهنما ذکر شده است.

درجه ناتراوایی عضو بتنی موردنظر باید توسط مشاور مشخص شود و سپس ضوابط تجویزی طبق جدول ۶-۲۵، یا ضوابط عملکردی طبق جدول ۶-۲۶ توسط پیمانکار رعایت گردد.

omoorepeyman.ir

جدول ۶-۲۴- طبقه‌بندی تراوایی بتن

درجه تراوایی	وضعیت تراوایی	نمونه کاربرد
P0	تراوایی متوسط	
P1	تراوایی کم	دیوارهای حائل جاده‌ها، مخازن مایعات دارای زهکش
P2	تراوایی خیلی کم	دیوارهای زیرزمین بالاتر از تراز آب زیرزمینی، پوشش تونل‌های مرطوب، مخازن مایعات
P3	تراوایی ناچیز	دیوارهای زیرزمین در تراز آب زیرزمینی، پوشش تونل‌ها در زمین آب‌دار

omoorepeyman.ir

جدول ۶-۲۵- ضوابط تجویزی برای تأمین ناتراوایی لازم[۱] (برای بتن با حداکثر اندازه ۲۵ میلی‌متر[۲])

درجه تراوایی	P0	P1	P2	P3
حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی[۳]	۰/۵	۰/۴۵	۰/۴	۰/۳۷
درصد میکروسیلیس در موادسیمانی[۴]	-	۵ تا ۶/۵	۶/۵ تا ۸	۸ تا ۱۰
درصد سرباره در موادسیمانی[۴]	-	۲۰ تا ۲۵	۲۵ تا ۳۰	۳۰ تا ۳۵
درصد پوزولان طبیعی در موادسیمانی[۴]	-	۱۵ تا ۲۰	۲۰ تا ۲۵	۲۵ تا ۳۰
درصد هوای کل با مصرف افزودنی حبابساز[۴]	-	۳/۵ تا ۴/۵	۴/۵ تا ۶	۶ تا ۷/۵
بازه مصرف سیمان[۵] (کیلوگرم در مترمکعب)	۳۵۰ تا ۴۰۰	۳۲۵ تا ۳۷۵	۳۷۵ تا ۳۲۵	۳۵۰ تا ۴۰۰
حداقل رده مقاومتی بتن[۶]	C30	C30	C35	C40

۱- از مواد آبگریز می‌توان در مواردی که عضو موردنظر در تماس دائم با آب نیست یا بالاتر از سطح آب است، استفاده کرد.

۲- در صورتی‌که حداکثر اندازه سنگدانه به ۲۰ تا ۱۲/۵ میلی‌متر کاهش یابد، درصد هوا ۰/۵ تا ۱ درصد، و حدود بازه مصرف سیمان ۱۰ تا ۲۵ کیلوگرم افزایش یابد.

۳- در صورت مصرف مواد حبابساز یا میکروسیلیس، می‌توان نسبت آب به مواد سیمانی را تا مقدار متناظر با رده پایین‌تر تراوایی، افزایش داد.

۴- کاربرد حداقل یکی از مواد مکمل سیمانی یا افزودنی حبابساز الزامی می‌باشد. در صورت استفاده همزمان دو ماده مکمل سیمانی، مقدار مصرف آنها معادل میزان مصرف تعیین شده درجه تراوایی یک رده پایین‌تر باشد.

۵- در مواردی‌که مواد مکمل سیمانی مصرف می‌شود، مجموع مواد سیمانی از حاصل جمع سیمان (محدود به بازه مشخص شده) و مواد مکمل سیمانی مصرفی بدست می‌آید.

۶- در صورت مصرف مواد حبابساز، می‌توان از یک رده مقاومتی کمتر استفاده نمود.

جدول ۶-۲۶- ضوابط عملکردی برای تامین ناتراوایی لازم

درجه تراوایی		P0	P1	P2	P3
درصد جذب آب نیم ساعته[۱] استاندارد ملی ایران ۱۲۲-۱۶۰۸		۳	۲/۵	۲	۱/۵
عمق نفوذ آب تحت فشار[۲] (میلی‌متر) استاندارد ملی ایران ۸-۱۶۰۸ یا استاندارد ملی ایران ۵-۳۲۰۱		۴۵	۳۰	۲۰	۱۰
جذب آب سطحی اولیه ISAT (mL/m²/s)[۱] BS 1881-208	زمان قرائت (دقیقه): ۱۰	۱	۰/۵	۰/۲۵	۰/۱۵
	۳۰	۰/۷	۰/۳۵	۰/۱۷	۰/۱
	۶۰	۰/۴	۰/۲	۰/۱	۰/۰۷
	۱۲۰	۰/۳	۰/۱۵	۰/۰۷	۰/۰۵
جذب آب سطحی اولیه تجمعی ISAT (mL/m²)[۱] BS 1881-208		۴۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰

۱- برای آزمایش جذب آب نیم ساعته و جذب آب سطحی اولیه، آزمونه‌ها باید خشک شده در آون طبق دستور مربوطه باشند.

۲- در آزمایش عمق نفوذ آب تحت فشار، آزمونه باید بصورت اشباع از آب باشد و استفاده از جوهر قرمز در آب نفوذی برای تشخیص بهتر حداکثر عمق نفوذ آب، توصیه می‌شود.

omoorepeyman.ir

۶-۲-۱-۴- مصالح بتن

۶-۲-۱-۴-۱- سیمان پرتلند

سیمان‌های مورد مصرف در هر قسمت از پروژه باید از نظر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی با آنچه در نقشه‌ها، مشخصات فنی خصوصی، دستور کارها و دیگر مدارک پیمان ذکر شده، منطبق باشد و به تصویب دستگاه نظارت برسد. نوع سیمان یا مشخصات مورد انتظار از آن باید بر اساس دوام در شرایط محیطی، نوع کاربری، ابعاد قطعه و دیگر شرایط فنی، انتخاب شود.

مشخصات سیمان مصرفی در بتن باید بر اساس یکی از استانداردهای زیر کنترل و مورد تائید قرار گیرد:

الف- استاندارد ملی ایران ۳۸۹: ویژگی‌های سیمان پرتلند؛

ب- استاندارد ملی ایران ۲۳۴۰۲: سیمان‌های هیدرولیکی آمیخته- ویژگی‌ها؛

پ- استاندارد ملی ایران ۲۹۳۱: سیمان سفید- ویژگی‌ها و معیارهای انطباق؛

ت- استاندارد ملی ایران ۱-۱۷۵۱۸: سیمان-قسمت۱: ویژگی‌ها

ث- استاندارد ASTM 1017: ویژگی‌های عملکردی سیمان.

در صورتی‌که به‌دلیل 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 کوتاه‌مدت و درازمدت، تأثیر استفاده از سیمان آمیخته یا مواد جایگزین سیمان در بهبود رفتار و عملکرد بتن به تائید دستگاه نظارت برسد.

در صورت نیاز، استفاده از سیمان پرتلند سفید (به‌جز سیمان سفید بنایی) برای ساخت بتن بلامانع می‌باشد.

در مواردی که درباره‌ی نوع سیمان تردید وجود داشته و با استفاده از نتایج آزمایش‌های فوق، امکان تشخیص مقدور نگردد، باید آزمایش‌های شیمیایی و فیزیکی دیگری نیز انجام شود. تواتر نمونه برداری بر اساس نوع و مشخصات سازه باید مطابق با فصل سوم ضابطه ۲-۱۲۰ (آئین‌نامه بتن ایران) باشد.

۶-۲-۱-۴-۲- سنگدانه

سنگدانه‌های مصرفی در بتن باید دارای مشخصاتی باشند که بتوان با آن‌ها بتنی با مقاومت و دوام کافی در شرایط محیطی مورد نظر ساخت. سنگدانه‌های بتن باید الزامات استاندارد ملی ایران ۳۰۲ را برآورده نمایند.

حداکثر اندازه اسمی سنگدانه مصرفی در بتن نباید از سه چهارم حداقل فاصله خالص بین میلگردها، یک پنجم باریک ترین مقطع قالب یا یک سوم ضخامت دال یا کف سازی، سه چهارم پوشش بتنی روی میلگرد، هرکدام که نتیجه کوچک تری بدهد، بزرگ‌تر باشد. به هرحال توصیه می‌شود در بتن مسلح حداکثر اندازه اسمی سنگدانه از ۳۸ میلی‌متر بزرگ‌تر نباشد.

استفاده از سنگدانه‌های گردگوشه و تیزگوشه در بتن بلامانع است. اگرچه برای استفاده از سنگدانه‌های ریز شکسته یا

omoorepeyman.ir

تیزگوشه در بتن منعی وجود ندارد، اما توصیه می‌شود برای بتن‌های رده C40 به بالا از سنگدانه‌های درشت تیزگوشه استفاده شود.

در مواردی‌که احتمال خرابی ناشی از واکنش قلیایی سنگدانه در بتن وجود دارد، و تاریخچه عملکرد سنگدانه از نظر واکنش قلیایی وجود ندارد، انجام مطالعات شناسایی قابلیت واکنش قلیایی سنگدانه‌ها (سیلیسی یا کربناتی) مطابق بند ۶-۲-۳-۱-۷ الزامی می‌باشد.

در مواردی که به دلایل مختلف، گزینه‌ای جز استفاده از سنگدانه‌های دارای استعداد واکنش‌زایی با قلیایی‌ها در اعضا و قطعاتی که رطوبت کافی برای بروز این واکنش مهیا است، وجود نداشته باشد، می‌توان از راهکارهای کنترل واکنش قلیایی، از جمله استفاده از سیمان‌های آمیخته مناسب یا سیمان‌هایی با قلیایی معادل کمتر از ۰/۶ درصد برای سنگدانه‌هایی که قابلیت واکنش «قلیایی سیلیسی» دارند، یا ۰/۴ درصد برای سنگدانه‌هایی که قابلیت واکنش «قلیایی کربناتی» دارند استفاده کرد. استفاده از سیمان‌های آمیخته و یا سیمان‌های کم قلیا به‌عنوان تنها گزینه کنترل واکنش قلیایی، در صورتی مجاز است که تامین قلیایی‌ها از منابع دیگر (به‌جز سیمان) وجود نداشته باشد، و همچنین بر اساس نتایج تاریخچه عملکرد سیمان آمیخته یا سیمان کم‌قلیا با سنگدانه مورد نظر و یا نتایج آزمایشگاهی، اثبات شود که سیمان مورد نظر (آمیخته یا کم‌قلیا)، می‌تواند واکنش‌های مخرب سنگدانه واکنش‌زا را کنترل و به حد مجاز کاهش دهد.

در شرایطی که احتمال خرابی ناشی از چرخه‌های یخ‌زدن و آب‌شدن بتن وجود دارد، باید آزمایش سلامت سنگدانه طبق استاندارد ملی ایران ۴۴۹ انجام شود.

عملکرد سنگدانه‌ها در بتن باید از نظر دوام در برابر آتش و واکنش‌های شیمیایی مخرب حسب مورد، بررسی شوند.

سنگدانه‌های درهم را نمی‌توان برای تولید بتن مسلح به‌کار برد. سنگدانه‌های درهم را می‌توان در ساخت بتن‌های غیر مسلح کم اهمیت (کمتر از رده C20) استفاده نمود.گاه در برخی بتن‌های کم‌اهمیت و یا بتن‌های با مقاومت‌های کم‌تر از ۱۶ مگاپاسکال، استفاده از مخلوط درهم مجاز می‌باشد، اما باید توجه داشت که در هنگام انبار کردن و مصرف آن‌ها دچار جداشدگی نشوند و دانه‌بندی مورد نیاز به هم نخورد.

تواتر نمونه برداری بر اساس نوع و مشخصات سازه باید مطابق با فصل سوم ضابطه ۲-۱۲۰ (آئین‌نامه بتن ایران) باشد.

۶-۲-۱-۴-۳- سبکدانه

سبکدانه‌ها بر اساس نحوه تولید به دو دسته طبیعی و مصنوعی و بر اساس کاربرد به دو دسته سبکدانه سازه‌ای و غیرسازه‌ای تقسیم می‌شوند.

مشخصات سبکدانه‌ها بسته به کاربرد مورد نظر باید مطابق استانداردهای ملی زیر باشد:

الف- استاندارد ملی ایران ۴۹۸۵، سبکدانه برای بتن سازه‌ای

ب- استاندارد ملی ایران ۱-۱۴۸۷۵، سبکدانه برای بتن، ملات و گروت

پ- استاندارد ملی ایران ۷۶۵۷، سبکدانه برای بلوک‌های بنایی بتنی

omoorepeyman.ir

۶-۲-۱-۴-۴- آب و یخ

آب مورد مصرف در ساخت بتن و عمل‌آوری باید مطابق با الزامات ارائه‌شده در این بخش و یا استاندارد ملی ایران ۱۴۷۴۸ باشد. الزامات ارائه‌شده برای آب، شامل آب به‌کار رفته در ساخت بتن، یخ مورد مصرف برای سرد کردن بتن یا اجزای آن، آب آزاد موجود در سنگدانه، آب مورد مصرف در کامیون حمل بتن و آب به‌کار رفته در ساخت مواد افزودنی شیمیایی یا دوغاب‌سازی مواد افزودنی معدنی است.

در مواردی که از آب آشامیدنی برای ساخت و عمل‌آوری بتن استفاده می‌شود، اگر آب مزه یا بوی مشخصی نداشته، تمیز و صاف بوده و همچنین شواهدی از تاثیر منفی آن بر مشخصات بتن یافت نشود، نیازی به انجام آزمایش‌های کنترل کیفیت نیست.

استفاده از آب بازیافت‌شده‌ی کارخانه‌های تولید بتن، به‌تنهایی و یا در ترکیب با آب آشامیدنی یا آب چاه، در تولید بتن مسلح به شرطی مجاز است که مطابق با الزامات ارائه‌شده در این بخش و جدول ۶-۲۷ باشد.

جدول ۶-۲۷- ترکیبات شیمیایی آب بازیافت شده یا ترکیبی

مواد شیمیایی	حداکثر مجاز، ppm	روش آزمایش
حداکثر میزان یون کلرید، برای بتن پیش‌تنیده، عرشه پل و موارد مشابه برای دیگر بتن‌ها در شرایط مرطوب یا قطعات مدفون	۵۰۰ ۱،۰۰۰	ASTM C114 یا استاندارد ملی ایران ۲۳۵۰
سولفات بر حسب SO_4،	۳،۰۰۰	استاندارد ملی ایران ۱۶۹۲ یا ۲۳۵۳
میزان قلیائیت معادل $Na_2O+0.658K_2O$،	۶۰۰	استاندارد ملی ایران ۱۶۹۵
مجموع مواد جامد،	۵۰،۰۰۰	استاندارد ملی ایران ۲۳۵۵

در صورتی می‌توان از آبی که دارای الزامات ارائه شده دربندهای بالا نباشد، استفاده کرد که بر گیرش، سخت‌شدن، مقاومت، آهنگ رشد مقاومت، تغییر حجم، خوردگی میلگرد و کارایی بتن تأثیر منفی نداشته باشد. بدین منظور باید با ساخت نمونه ملات و خمیر سیمان شاهد با آب مقطر یا آب آشامیدنی و مقایسه آن با ملات و خمیر سیمان حاوی آب مشکوک مورد نظر، موارد زیر را کنترل نمود. توجه شود که طرح مخلوط تا حد امکان مشابه طرح مخلوط بتن کارگاهی بوده و در مخلوط شاهد و مخلوط مورد آزمایش یکسان باشد:

- مقاومت ۷ روزه نمونه حاوی آب غیر آشامیدنی یا غیراستاندارد باید حداقل ۹۰ درصد مقاومت فشاری ملات شاهد باشد.
- زمان گیرش خمیر سیمان حاوی آب مشکوک مورد نظر نباید زودتر از یک ساعت و دیرتر از یک و نیم ساعت نسبت به مخلوط شاهد باشد.
- نباید نتیجه‌ی انبساط به‌دست آمده از آزمایش سلامت سیمان در نمونه ساخته شده با آب مشکوک مورد نظر، از حد مجاز انبساط یا انقباض استاندارد سیمان مورد نظر بیش‌تر باشد.

استفاده از آب دریا در شست‌وشوی سنگدانه‌ها، ساخت و عمل‌آوری بتن مسلح مجاز نمی‌باشد. از آب فاضلاب به شرط آن که اسیدی یا بازی نباشد و میزان ذرات جامد معلق در آن کمتر از ۰/۱ و میزان مواد محلول در آن نیز کمتر از ۰/۱ درصد باشد و یون کلر و سولفات و قلیایی‌های موجود در آن از حد مشخص شده در آیین نامه بتن ایران کمتر باشد، می‌توان استفاده نمود.

omoorepeyman.ir

۶-۲-۱-۴-۵- مواد افزودنی شیمیایی

اضافه کردن مواد افزودنی شیمیایی (به‌صورت محلول) به مواد سیمانی خشک مجاز نیست. توصیه می‌شود حداکثر میزان مصرف مواد افزودنی شیمیایی به ۵ درصد وزن مواد سیمانی محدود شود.

مواد افزودنی شیمیایی باید با مشخصات ذکر شده در استانداردهای زیر مطابقت داشته باشد:

الف- ماده‌ی افزودنی کاهنده‌ی آب یا روان‌کننده مطابق استاندارد ملی ایران ۲۹۳۰

ب- ماده‌ی افزودنی فوق‌کاهنده‌ی آب یا فوق‌روان‌کننده مطابق استاندارد ملی ایران ۲۹۳۰

پ- ماده‌ی افزودنی نگهدارنده‌ی آب مطابق استاندارد ملی ایران ۲۹۳۰

ت- ماده‌ی افزودنی حباب‌ساز مطابق استاندارد ملی ایران ۲۹۳۰

ث- ماده‌ی افزودنی زودگیرکننده مطابق استاندارد ملی ایران ۲۹۳۰

ج- ماده‌ی افزودنی زودسخت‌کننده (تسریع‌کننده‌ی زمان سخت‌شدگی) مطابق استاندارد ملی ایران ۲۹۳۰

چ- ماده‌ی افزودنی دیرگیرکننده مطابق استاندارد ملی ایران ۲۹۳۰

ح- ماده افزودنی کاهنده‌ی میزان جذب آب مطابق استاندارد ملی ایران ۲۹۳۰

خ- ماده‌ی افزودنی کاهنده‌ی آب/روان‌کننده و دیرگیرکننده مطابق استاندارد ملی ایران ۲۹۳۰

د- ماده افزودنی فوق کاهنده‌ی آب/ فوق‌روان‌کننده و دیرگیرکننده مطابق استاندارد ملی ایران ۲۹۳۰

ذ- ماده‌ی افزودنی کاهنده‌ی آب/روان‌کننده و زودگیرکننده مطابق استاندارد ملی ایران ۲۹۳۰

ر- ماده‌ی افزودنی اصلاح کننده‌ی گرانروی مطابق استاندارد ملی ایران ۲۹۳۰

ز- ماده‌ی افزودنی بازدارنده‌ی خوردگی آرماتورها بر اساس استاندارد ASTM C1582.

استفاده از مواد افزودنی حاوی کلرید کلسیم و یا حاوی یون کلرید در ساخت بتن‌آرمه مجاز نمی‌باشد (بر اساس حد تعریف شده در استاندارد ملی ایران).

عملکرد و تاثیر افزودنی‌های شیمیایی بر خواص بتن تازه و سخت‌شده و همچنین سازگاری آن با دیگر مصالح مورد مصرف، باید قبل از به‌کارگیری و با توجه به نتایج آزمایشگاهی به تایید دستگاه نظارت برسد. در صورت استفاده از چند نوع ماده افزودنی شیمیایی در یک طرح مخلوط، باید نحوه‌ی اختلاط آن‌ها و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد یک‌دیگر به تایید دستگاه نظارت برسد.

الف) ماده‌ی افزودنی کاهنده‌ی/ فوق‌کاهنده‌ی آب یا روان‌کننده/ فوق‌روان‌کننده

توصیه می‌شود که مواد کاهنده و فوق‌کاهنده‌ی آب به‌صورت محلول در بتن استفاده شود. باتوجه به مقدار کم مصرف آن‌ها، باید تجهیزات اختلاط و نحوه‌ی مصرف به‌گونه‌ای باشد که مواد کاملاً مناسب و یکنواخت در مخلوط پخش شوند. برای مصرف این مواد توصیه می‌شود افزودن آن‌ها همزمان یا پس از اختلاط اولیه تمام مصالح باشد. در اکثر موارد توصیه می‌شود پس از اضافه نمودن مواد افزودنی شیمیایی باید حداقل یک تا یک و نیم دقیقه عمل اختلاط ادامه یابد.

omoorepeyman.ir

ب) ماده‌ی افزودنی زودگیرکننده

استفاده از آنی‌گیرکننده‌ها در بتن مسلح مجاز نمی‌باشد و در کارهای آب‌بندی به‌محض قطع نشتی باید ملات یا بتن ترمیمی اصلی اجرا شود. استفاده از آنی‌گیرها نقطه‌ی انجماد آب داخل بتن را به میزان چشمگیری کاهش نمی‌دهند.

پ) مواد افزودنی کندگیرکننده

میزان مصرف کندگیرکننده‌ها باید در محدوده‌ی توصیه شده توسط تولیدکننده باشد. مصرف بیش از حد کندگیرکننده می‌تواند موجب اخلال در گیرش، آب انداختگی و جداشدگی بتن گردد. تاخیر در زمان گیرش به‌میزان بیش از ۴ ساعت توصیه نمی‌شود. اگر تبخیر از سطح بتن زیاد باشد و از مواد کندگیرکننده در بتن استفاده شود، باید تمهیدات لازم برای جلوگیری از ترک‌خوردگی به‌ویژه حفاظت از سطح انجام شود.

۶-۲-۱-۴-۶- مواد افزودنی پودری معدنی

الف) مواد جایگزین سیمان

مواد جایگزین سیمان، باید مطابق یکی از استانداردهای زیر باشد:

الف- پوزولان‌های طبیعی مطابق استاندارد ملی ایران ۳۴۳۳

ب- خاکستر بادی مطابق با ASTM C618

پ- دوده‌ی سیلیسی مطابق استاندارد ملی ایران ۱۳۲۷۸

ت- سرباره‌ی کوره‌ی آهنگدازی مطابق استاندارد ملی ایران ۱-۲۱۳۱۹

مواد جایگزین سیمان باید در محاسبه‌ی نسبت آب به مواد سیمانی درنظر گرفته شوند.

در صورت استفاده از دوده سیلیسی توصیه می‌شود از دوده‌ی سیلیسی به‌صورت دوغاب حاوی فوق‌روان‌کننده استفاده شود. در صورت استفاده از دوغاب دوده‌ی سیلیسی، باید دقت نمود تا مقدار آب و افزودنی‌های موجود در دوغاب در محاسبات طرح مخلوط بتن درنظر گرفته شود.

در سرباره‌های با فعالیت هیدرولیکی کم‌تر (شاخص فعالیت کم‌تر)، درصد جایگزینی زیاد توصیه نمی‌شود.

ب) مواد پودری پُرکننده (نرمه)

محدودیت‌های مواد زیان‌آور نرمه‌ها باید همانند سنگدانه‌های ریز باشد.

استفاده از نرمه در صورتی مجاز است که حاوی مواد مضر (رس و شیل) بیش از حد استاندارد نباشند (استاندارد ملی ایران ۳۰۲). بدین منظور باید از روش استاندارد آزمایش متیلن بلو (استاندارد ملی ایران ۹-۱۰۴۴۷) استفاده نمود. در این استاندارد، حد مجاز به mg/g ۱ محدود شده است. در صورتی‌که از روش استاندارد ASTM C1777 یا AASHTO T330 استفاده شود، حد مجاز باید mg/g ۵ در نظر گرفته شود.

۶-۲-۱-۴-۷- رنگدانه‌ها

مشخصات رنگدانه‌های مصرفی در بتن باید مطابق استاندارد ملی ایران ۱۲۱۴۹ باشد. رنگدانه‌ها، باید پودرهایی دارای

omoorepeyman.ir

درجه‌ی نرمی مشابه یا بیش‌تر از سیمان باشند و نباید اثر نامناسب و بیش از حد مجاز بر رشد مقاومت یا میزان حباب هوای عمدی داشته باشند. برای یکنواخت‌شدن رنگ بتن حاوی رنگدانه، توصیه می‌شود از فوق‌روان‌کننده‌ها استفاده شود. رنگدانه‌ها نباید در آب قابل حل باشند، در برابر تابش نور آفتاب تجزیه شوند و یا تغییر رنگ دهند. میزان مصرف رنگدانه در بتن، بسته به نوع و کیفیت رنگدانه در حدود ۲ تا ۱۰ درصد وزن سیمان توصیه می‌گردد.

۶-۲-۱-۴-۸- الیاف

الف) الیاف فولادی

مشخصات الیاف فولادی باید مطابق استاندارد ASTM A820 یا استاندارد ملی ایران ۱۷۶۹۷ باشد. در صورت استفاده از الیاف جهت بهبود خواص مکانیکی بتن، باید نسبت طول به قطر آن حداقل ۵۰ و حداکثر ۱۰۰ باشد.

ب) الیاف شیشه

این الیاف عموماً به سه رده‌ی A (سودا سیلیکات کلسیم و یا شیشه‌ی معمولی) ، E (بروسیلیکات) و AR (مقاوم در محیط قلیایی) تقسیم می‌شوند. نوع E در محیط قلیایی با دوام نیست و نباید در بتن به‌کار رود، گونه‌ی A تاحدی می‌تواند مقاوم باشد، ولی نوع AR در داخل بتن از دوام خوبی برخوردار است. ویژگی‌های الیاف شیشه پایا در بتن باید مطابق با استاندارد ملی ایران ۱۷۵۴۰ باشد.

پ) الیاف پلیمری

متداول‌ترین الیاف‌های پلیمری مجاز برای مصرف در بتن عبارت از: آکریلیک، آرامید، نایلون، پلی‌استر، پلی‌پروپیلن، پلی‌وینیل الکل و پلی‌اتیلن می‌باشد.

با توجه به تاثیر متفاوت انواع الیاف پلیمری، باید قبل از مصرف، تاثیر آن بر خواص فیزیکی و مکانیکی بتن مورد بررسی آزمایشگاهی قرار گیرد و به تأیید دستگاه نظارت برسد.

۶-۲-۱-۴-۹- میلگرد و فولادهای مسلح کننده

مشخصات میلگردها و فولادهای مسلح کننده باید مطابق الزامات مشخص شده در استانداردهای زیر باشند:

الف- میلگردهای فولادی گرم نورد شده ساده و آجدار مطابق استاندارد ملی ایران ۳۱۳۲؛

ب- سیم‌های فولادی نورد سرد ساده و آجدار مطابق استاندارد ملی ایران ۱۱۵۵۸.

۶-۲-۱-۴-۱۰- قطعات مدفون در بتن

قطعات مدفون در بتن نباید برروی مقاومت سازه و یا ضد آتش بودن آن اثرات عمده داشته باشند. جنس قطعات مدفون نباید برروی بتن و یا آرماتور اثرات نامطلوب بگذارد. در صورت استفاده از قطعات مدفون از جنس آلومینیم، این قطعات باید دارای پوشش مناسب برای جلوگیری از واکنش بین بتن و آلومینیم باشند.

omoorepeyman.ir

۶-۲-۱-۵- حمل و نگهداری مصالح

۶-۲-۱-۵-۱- سیمان پرتلند

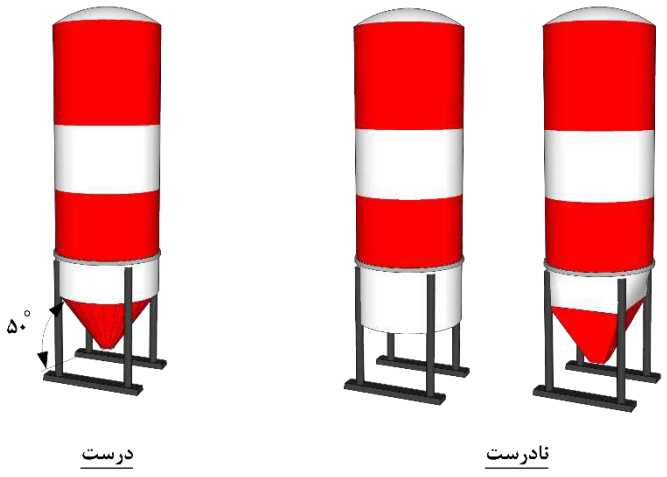
نگهداری سیمان به‌صورت فله یا پاکتی مجاز می‌باشد. در هر صورت، مشخصات انواع سیمان باید به شکل قابل استنادی مشخص باشد؛ در سیمان‌های پاکتی باید نوع و تاریخ تولید بر روی پاکت (با توجه به الزامات نشانه‌گذاری استاندارد و همچنین بارنامه) درج شود و در سیمان‌های فله نیز در بارنامه و دیگر مدارک و مستندات، نوع و تاریخ تولید سیمان باید قید شده باشد.

در صورت نگهداری درازمدت سیمان فله باید با آزمایش از کیفیت مورد قبول سیمان اطمینان حاصل شود. در هر صورت باید توجه داشت که نگهداری طولانی‌مدت سیمان می‌تواند باعث تغییر مشخصات و افت کیفیت آن شود.

در این گونه موارد توصیه می‌شود انواع مختلف سیمان فله‌ای، باید در سیلوها یا مخازن جداگانه‌ای نگهداری شوند. همچنین سیمان‌های فله‌ای که از یک نوع، ولی از کارخانه‌های مختلف تهیه شده‌اند نیز تا حد امکان باید به‌صورت جداگانه نگهداری شوند. سیلوها یا مخازن نگهداری سیمان باید به نحو مناسبی نشانه‌گذاری شوند. نشانه‌گذاری باید نشان دهنده نوع سیمان و نام کارخانه تولید کننده آن باشد. سیلو یا مخازن نگهداری باید مطابق استاندارد ملی ایران ۲۷۶۱ بوده و به‌گونه‌ای طراحی شوند که به‌خصوص در قسمت خروجی، سیمان به راحتی بتواند از آن خارج شود.

توصیه می‌گردد برای انبار کردن سیمان فله‌ای موارد زیر رعایت شوند:

الف- سطح داخلی سیلو کاملاً صاف باشد تا تخلیه ذرات سیمان به راحتی انجام گیرد. شیب قسمت مخروطی سیلو حداقل ۵۰ درجه باشد تا به مرور زمان ذرات سیمان به دیواره اطراف سیلو نچسبد. توصیه می‌شود هر چند وقت یک بار با فشار هوا، سیلو تمیز شود. شکل ۶-۱، شکل هندسی سیلو را به صورت درست و نادرست نشان داده شده است.



شکل ۶-۱- شکل هندسی سیلوی سیمان

omoorepeyman.ir

ب- سیمان فله را باید در سیلوهای فلزی استاندارد انبار کرد و از انبار کردن آن در سیلوهای غیر استاندارد و انبارهای ساخته شده با مصالح بنایی خودداری نمود.

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

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

ث- دمای سیمان هنگام تحویل از کارخانه و یا زمان حمل به کارگاه باید محدود شود تا دمای سیمان قبل از مصرف (در بتن‌های معمولی) بیش از ۷۵ درجه سانتی‌گراد نباشد.

سیمان‌های پاکتی نیز طی زمان و در تماس با هوا و رطوبت دچار هوازدگی و افت کیفیت می‌شوند. در کارگاه‌هایی که کارهای پراکنده دارند و مقادیر اندک سیمان در نقاط مختلف مورد نیاز است، و اجباراً باید کیسه‌های سیمان را در فضای باز انبار نمود، سیمان باید روی سکویی که حداقل از کف زمین اطراف خود ۱۰ سانتیمتر بالاتر و از نفوذ آب و رطوبت محافظت شده، نگهداری شود. کیسه‌های چیده شده بر روی هم باید با روکش برزنتی یا پلاستیکی پوشیده شده و لبه‌های پوشش به اندازه کافی هم پوشانی داشته باشند و در بالا و اطراف، اجسام سنگینی مانند آجر یا سنگ روی آن‌ها قرار داده شود. در هر حال نگهداری سیمان نباید برای مدت طولانی ادامه داشته باشد.

در سایر کارگاه ها که قرار است سیمان پاکتی مصرف شود، کیسه‌های سیمان باید در انبارهای مخصوصی نگهداری شوند. سقف، دیوار و کف انبار باید کاملاً نم‌بندی شده و رعایت حداقل فاصله ۱۰ سانتی‌متری از دیوارها و کف نیز به‌منظور جلوگیری از تماس با رطوبت و همچنین امکان گردش هوا رعایت شود. توصیه می‌شود در مناطق مرطوب تا حدامکان پاکت‌ها به هم بچسبند تا امکان گردش هوا و تماس با رطوبت کاهش یابد.

با توجه به حساسیت سیمان‌های پاکتی به رطوبت محیط، زمان نگهداری آن‌ها باید کوتاه تر از سیمان فله‌ای (نگهداری شده در سیلو) باشد و در شرایط مرطوب، حداکثر به ۶ هفته و در شرایط خشک به ۱۲ هفته از تاریخ تولید محدود شود.

حداکثر تعداد پاکت‌هایی که می‌توان سیمان‌های رده مقاومتی ۳۲۵ و کمتر را روی هم قرار داد، برای مدت زمان حداکثر ۱۲ هفته، در مناطق خشک ۱۲ ردیف و در مناطق مرطوب برای حداکثر زمان ۶ هفته، ۸ ردیف است. تعداد ردیف‌های مجاز باید بر حسب رده مقاومتی بالاتر سیمان‌ها و آهنگ کسب مقاومت سریع‌تر یا زمان گیرش کم‌تر، به تعداد کم‌تری محدود شود. این مقدار باید با تأیید دستگاه نظارت تعیین شود.

انبارکردن سیمان‌های پاکتی باید به‌گونه‌ای باشد تا سیمان‌هایی که از یک نوع و یک کارخانه هستند روی هم قرارگیرند. همچنین چیدمان انباشته‌های سیمان به‌گونه‌ای بر اساس زمان تولید و حمل به کارگاه تنظیم شود تا ابتدا سیمان‌هایی که زودتر تولید شده‌اند، مصرف شوند.

استفاده از سیمان‌های دارای کلوخه در بتن‌های سازه‌ای مجاز نیست، مگر در مواردی که کلوخه‌های سست که بر اثر تماس رطوبت در طول مدت نگهداری سیمان تشکیل می‌شوند، با کمی فشار بین انگشتان خُرد شوند. در این موارد، باید

omoorepeyman.ir

با آزمون بر اساس افت ناشی از سرخ شدن و زمان گیرش، نشان داده شود که سیمان الزامات استاندارد را برآورده می‌نماید. در صورت درخواست دستگاه نظارت باید آزمایش مقاومت فشاری ملات ماسه سیمان انجام شود. در این صورت باید پس از خُردکردن کامل کلوخه‌ها و یا عبور از الک مناسب، از سیمان مورد نظر استفاده نمود. در صورتی‌که کلوخه‌های سُست به‌دلیل فشار کیسه‌های بالایی ایجاد شده باشند و با یک یا دو بار غلتاندن کیسه‌ها به‌راحتی از بین بروند، استفاده از سیمان مورد نظر پس از حذف یا خرد شدن کلوخه‌ها مجاز است.

چنانچه به هردلیل نسبت به کیفیت سیمان (به‌دلیل مدت زمان زیاد نگهداری، وجود کلوخه و موارد مشابه) تردید وجود داشته باشد، باید آزمایش‌های مورد نیاز، از جمله: افت ناشی از سرخ شدن، زمان گیرش (و آزمایش مقاومت فشاری ملات ماسه- سیمان استاندارد به‌عنوان آزمایش اختیاری)، را بر اساس نظر دستگاه نظارت انجام داد.

۶-۲-۱-۵-۲- سنگدانه

سنگدانه‌های ریز و درشت و سنگدانه‌هایی که دارای جنس، نوع و دانه‌بندی متفاوتی هستند باید به‌صورت جداگانه انبار و نگهداری شوند و تمهیدات لازم جهت جلوگیری از اختلاط و تغییر در دانه‌بندی آن‌ها (به‌دلیل خردشدن یا جداشدگی به‌خصوص در سنگدانه‌های درشت و جداشدگی ذرات ریز بر اثر وزش باد) به اجرا درآید.

تمام مراحل بارگیری، حمل و جابجایی سنگدانه‌ها باید با ماشین‌آلات مناسب انجام شود، به‌گونه‌ای که از جداشدگی و آلودگی به مصالح دیگر یا مواد مضر جلوگیری شود.

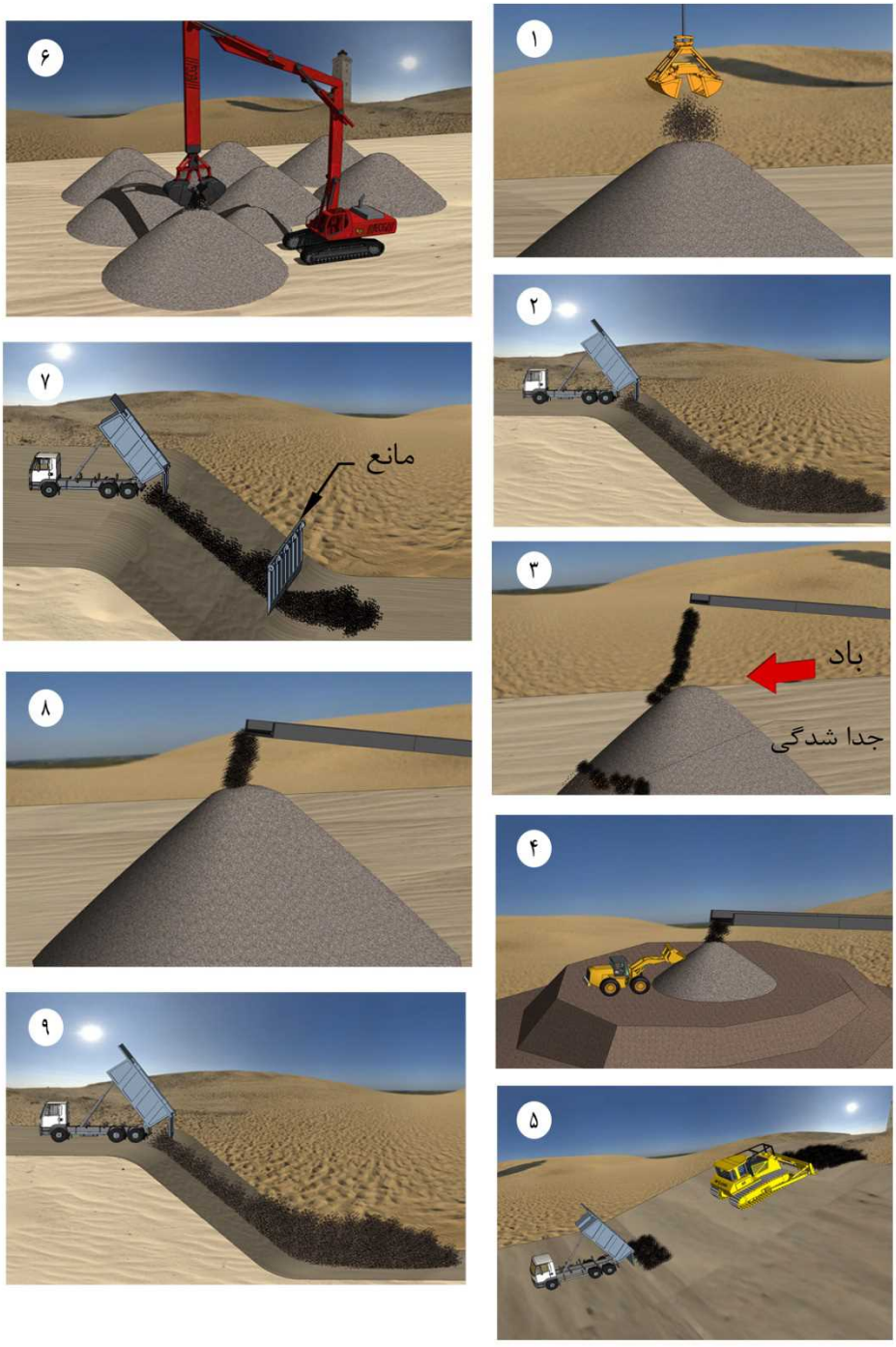
به‌منظور جلوگیری از جداشدگی سنگدانه‌ها و به‌خصوص سنگدانه‌های درشت در هنگام انبار کردن، نباید سنگدانه‌ها را در انباشته‌های مخروطی به ارتفاع و شیب زیاد نگهداری کرد. سنگدانه‌ها باید در سطوحی وسیع و به‌صورت لایه‌ای پخش و نگهداری شوند. در شکل ۶-۲، تصاویر۶ ،۷ و ۸ نحوه انبار و نگهداری درست سنگدانه‌ها و بقیه تصاویر نحوه نادرست را نشان می‌دهند.

عبور کامیون از بالای انباشته و تخلیه سنگدانه‌ها در انتهای آن مجاز نیست، زیرا سبب جدا شدن دانه‌ها می‌گردد. توصیه می‌شود لودر از کنار انباشته و از قسمت بالا به پایین، سنگدانه‌ها را برداشت نماید و تمام لایه‌های افقی به طور همزمان مورد استفاده قرار گیرند. به‌طور کلی کامیون‌ها و لودرها نباید بر روی انباشته رفت‌وآمد کنند، زیرا نه تنها باعث شکستن سنگدانه‌ها می‌شوند، بلکه مواد مضر و آلوده را نیز به آن منتقل می‌کنند.

به‌منظور کاهش احتمال جداشدگی و همچنین کنترل بهتر کیفیت بتن در سنگدانه‌های کوچک‌تر از ۲۰ میلی‌متر، نسبت حداکثر اندازه اسمی به حداقل اندازه اسمی سنگدانه‌های درشت نباید از ۴ بیش‌تر و در سنگدانه‌های بزرگ‌تر از ۲۰ میلی‌متر نیز این نسبت نباید از ۲ بیش‌تر شود.

محل نگهداری سنگدانه‌ها باید به‌گونه‌ای طراحی و آماده شود که مانع از ورود مواد مضر یا آلاینده‌ها (از جمله خاک)، شده و ضمناً امکان زهکشی آب را فراهم نماید.

omoorepeyman.ir



شکل ۶-۲- روش‌های صحیح و غلط انبار و نگهداری سنگدانه

استفاده از سنگدانه‌های یخزده و یا دارای کلوخه‌های یخ و برف در بتن مجاز نیست، مگر اینکه قبل از اختلاط با سیمان، با استفاده از روش‌های گرمایشی مناسب از بین بروند. در این موارد باید تغییرات رطوبت سنگدانه‌ها به‌دلیل وجود یخ یا برف در محاسبات مقدار رطوبت سنگدانه‌ها و اصلاح مقدار آب مصرفی در نظر گرفته شود.

نگهداری سنگدانه‌ها در هوای گرم باید به‌گونه‌ای باشد که دمای سنگدانه‌ها قبل از مصرف در بتن از ۵۰ درجه سانتی‌گراد تجاوز ننماید. در این خصوص استفاده از سایه‌بان، انبارهای سرپوشیده و یا پوشش‌های مناسب به‌ویژه برای

omoorepeyman.ir

سنگدانه‌های درشت و خشک توصیه می‌شود. ماسه‌های خیس معمولاً دچار افزایش دمای جدی نمی‌شوند، زیرا در اثر تبخیر آب از سطح آن‌ها کاهش دما اتفاق می‌افتد. استفاده از روش پاشش آب یا غوطه‌وری در آب خنک، برای خنک کردن سنگدانه‌های درشت مجاز می‌باشد.

در هنگام تحویل هر محموله از سنگدانه‌های وارد شده به کارگاه، باید ویژگی‌های ظاهری آن‌ها مانند حداکثر اندازه، شکل دانه‌ها و آلودگی به ناخالصی‌ها مورد توجه قرار گیرد. باید از قبول محموله‌هایی که با الزامات تعیین شده انطباق ندارند و یا با محموله‌های مورد تائید قبلی، تفاوت فاحشی دارند، موقتاً جلوگیری شود تا پس از بررسی بیشتر، اظهار نظر قطعی ارایه شود.

سنگدانه‌های درهم به‌شدت مستعد جداشدگی هستند، بنابراین باید در حمل و ریختن آن‌ها در انباشته‌ها دقت زیادی اعمال نمود و از انباشتن آن‌ها در ارتفاع زیاد و به‌صورت مخروطی پرهیز کرد.

۶-۲-۱-۵-۳- سنگدانه بازیافتی و بازفرآوری شده

نگهداری و انبارکردن سنگدانه‌های بازیافتی و بازفرآوری شده همانند سنگدانه‌های معمولی است. محل نگهداری و انبار این سنگدانه‌ها باید جدا از سنگدانه‌های معمولی باشد.

۶-۲-۱-۵-۴- سبکدانه

سبکدانه‌ها باید در برابر آلودگی‌ها و رطوبت محیطی محافظت شوند. به‌دلیل اینکه سبکدانه‌ها شکننده و کم مقاومت‌تر از سنگدانه‌های طبیعی هستند، در حمل، نگهداری و مصرف آن‌ها باید از خردشدن آن‌ها جلوگیری شود. به‌دلیل سبک بودن سبکدانه‌ها باید در هنگام انبار کردن و نگهداری آن‌ها مراقبت لازم جهت جلوگیری از جداشدگی ذرات انجام پذیرد.

۶-۲-۱-۵-۵- آب و یخ

در هر کارگاه ساختمانی، ذخیره سازی آب باید چنان باشد که همواره به اندازه کافی آب در دسترس قرار گیرد تا چنانچه تأمین آب از منبع اصلی به هر علتی دچار اشکال گردد، آب مورد نیاز کارگاه تأمین و برای مصارف ضروری، آب وجود داشته باشد.

در جابه‌جا کردن آب از منبع اصلی و در ذخیره سازی آن باید نهایت مراقبت به عمل آید تا از آلودگی آب به مواد مضر جلوگیری شود. همچنین از ورود مواد آلوده به منابع ذخیره آب در کارگاه باید ممانعت به عمل آید، به نحوی که ویژگی‌های آب تغییر نیابد.

به‌منظور جلوگیری از ایجاد خزه، جلبک و ماناب توصیه می‌شود از سیستم چرخش آب استفاده شود. همچنین لازم است هر از چند گاهی مخزن آب، مورد بازرسی قرار گرفته و در صورت نیاز، پاک‌سازی شود. آب حاوی با خزه و جلبک می‌تواند باعث هوازایی نامطلوب و کاهش مقاومت و دوام بتن گردد.

توصیه می‌شود از مخازن مدفون در زمین یا دارای عایق، در تابستان و زمستان، که از تغییرات شدید دمای آب در طول شبانه روز جلوگیری می‌کنند، استفاده شود. این منابع به‌ویژه در مناطقی که دارای خاک نامناسب و آلوده به املاح

omoorepeyman.ir

و مواد مضر هستند، باید کاملاً آب بندی شوند تا مواد مضر موجود در خاک و آب‌های زیرزمینی نتوانند به این منابع نفوذ کنند و موجب آلودگی آب شوند.

۶-۲-۱-۵-۶- مواد افزودنی شیمیایی

ظروف نگهداری مواد افزودنی باید دارای برچسب مشخصات باشند، به‌گونه‌ای که به‌طور کامل قابل رویت باشند. تاریخ مصرف با توجه به نوع ماده‌ی افزودنی متفاوت است و باید با توجه به دستورالعمل‌های تولیدکننده رعایت گردد.

مواد افزودنی مایع، باید در مقابل یخ زدن و کاهش شدید دما محافظت شوند. مواد افزودنی پودری، حساسیت بیش‌تری به رطوبت دارند و باید در کیسه یا ظروف ضد رطوبت بسته‌بندی شوند. برخی از مواد افزودنی، به نور خورشید حساس هستند و باید دور از تابش مستقیم نور خورشید انبار شوند. دمای زیاد نیز می‌تواند به تسریع در فساد مواد افزودنی (به‌ویژه مواد مایع) منجر شود. مواد افزودنی مایع، باید قبل از مصرف به نحو مناسب هم زده شوند.

۶-۲-۱-۵-۷- مواد افزودنی پودری معدنی

الف) مواد جایگزین سیمان

نگهداری دوده‌ی سیلیسی و پوزولان‌ها به‌غیر از خاکستر بادی نوع C و سرباره، به مدت طولانی مجاز است. البته استفاده از سایبان و جلوگیری از تماس مستقیم با رطوبت و جریان آب (برای کاهش احتمال کلوخه شدن و تغییرات شدید رطوبتی) توصیه می‌شود. سرباره و خاکستر بادی نوع C را باید مشابه سیمان نگهداری کرد.

ب) مواد پودری پُرکننده (نرمه)

نحوه‌ی نگهداری پودرهای پُرکننده، مانند سنگدانه‌ها و دوده‌ی سیلیس است. استفاده از سایبان و جلوگیری از تماس مستقیم با رطوبت و جریان آب (برای کاهش احتمال کلوخه شدن و تغییرات شدید رطوبتی) ضرورت دارد.

پودرهای پرکننده به علت ریزی زیاد، در اثر رطوبت به‌راحتی کلوخه می‌شوند و استفاده از آن‌ها در محل، انبار کردن و پخش شدن آن‌ها در بتن نیازمند تمهیداتی خاص است. به همین دلیل استفاده از سایبان و جلوگیری از تماس مستقیم با رطوبت و جریان آب در محل انبارش و همچنین اصلاح رطوبت بتن بر اساس رطوبت موجود در پودر پرکننده (همانند سنگدانه‌های درشت و ریز) الزامی است.

۶-۲-۱-۵-۸- رنگدانه‌ها

برای نحوه‌ی نگهداری رنگدانه‌ها باید به دستورالعمل تولیدکننده مراجعه شود.

۶-۲-۱-۵-۹-الیاف

بسته‌های حاوی الیاف باید دور از رطوبت نگهداری شوند. الیاف پلیمری باید دور از تابش مستقیم آفتاب نگهداری شوند.

omoorepeyman.ir

۶-۲-۱-۶- تعیین نسبت‌ها و مقادیر مخلوط بتن (طرح مخلوط)

طرح مخلوط بتن، فرآیند تعیین نسبت‌ها و مقادیر اجزای بتن است، به نحوی که بتن تولید شده تا حد امکان مقرون به‌صرفه بوده و الزامات مورد نیاز را تأمین کند. این الزامات بسته به الزامات خواسته شده می‌تواند «مقاومت محور» و یا «دوام محور» باشد. اگرچه در هر یک از موارد مذکور، خواسته‌ها یا محدودیت‌های دیگر از جمله میزان روانی نیز می‌تواند مدنظر باشد، ولی همان‌گونه که در عنوان هر یک مشخص است، پارامتر مقاومت و یا دوام، پارامتر اصلی و تعیین کننده طرح مخلوط خواهد بود.

توصیه می‌شود تعیین نسبت‌ها و مقادیر اجزای بتن بیشتر بر اساس روابط تجربی و به مقدار کمتری با استفاده از روابط ریاضی و نظری انجام شود. با این وجود استفاده از روابط نظری طرح مخلوط نیز مجاز می‌باشد. برای تعیین نسبت‌های نهایی، باید ساخت مخلوط‌های آزمایشی و تنظیم نسبت‌ها و مقادیر در دستور کار قرار گیرد. روابط تجربی، به طور معمول باید به‌عنوان راهنما مورد استفاده قرار گیرند و مخلوط‌های آزمایشی بر اساس این روابط ساخته شوند. در صورت مغایر بودن ویژگی‌های بتن تازه و سخت شده مخلوط‌های آزمایشی با مشخصات مورد نظر، باید در طرح مخلوط تجدید نظر به‌عمل آید.

با توجه به اینکه روش‌های رایج طرح مخلوط بتن عمدتاً بر اساس مشخصات مصالح مورد استفاده در کشور یا مناطق مشخصی، ارائه و توسعه یافته‌اند و در آن‌ها، شرایط فنی و اجرایی خاص آن کشور یا منطقه خاص نیز لحاظ شده است، توصیه می‌شود برای تعیین نسبت‌های اختلاط بتن، از روش ملی طرح مخلوط بتن (نشریه شماره ض ۴۷۹ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی) استفاده شود.

۶-۲-۱-۶-۱- فرآیند طرح مخلوط

عوامل اصلی که باید در تعیین نسبت‌های مخلوط در نظر گرفته شوند، شامل: الزامات مقاومتی، الزامات دوام، الزامات حرارتی قطعه، روش‌های تراکم و روش انتقال می‌باشد. در هر صورت طرح مخلوط باید به تأیید دستگاه نظارت برسد.

۶-۲-۱-۶-۲- مبانی طرح مخلوط بتن

برای طرح مخلوط بتن، ابتدا باید خواسته‌ها و مشخصات فنی بتن مطلوب، شامل مقاومت فشاری مشخصه، روانی و کارآیی بتن در پای کار و دوام بتن بر اساس، «ضوابط تجویزی» مانند نسبت آب به سیمان یا مواد سیمانی، حداقل یا حداکثر عیار سیمان یا مواد سیمانی، نوع سیمان یا «ضوابط عملکردی» را فهرست نمود. باید نیازهای اجرایی و اطلاعات آماری و غیرآماری مربوط به ساخت و کنترل بتن از پیش توسط مشاور تعیین شده باشد. انحراف معیار مقاومتی یا دوامی بتن و یا شرایط ساخت و رتبه‌بندی کارگاه باید مشخص شده باشد تا امکان محاسبه مقاومت فشاری هدف یا دوام، هدف طرح مخلوط فراهم آید. همچنین با توجه به شرایط محیطی و وسایل حمل و فاصله زمانی ساخت تا مصرف بتن، روانی

omoorepeyman.ir

بتن در هنگام ساخت با منظور نمودن افت روانی، باید به‌عنوان یک نیاز اجرایی در نظر گرفته شود. سایر ملاحظات باید توسط مشاور تعیین گردد.

الف) مقاومت فشاری مشخصه بتن

تغییر سن مقاومت مشخصه باید توسط مشاور تعیین شده باشد و به وضوح در مدارک پروژه مانند نقشه و مشخصات فنی خصوصی قید گردد. در صورت عدم اظهار سن مقاومت مشخصه و یا فقط ذکر رده‌ی بتن، سن مزبور ۲۸ روز خواهد بود. در این صورت با توجه به نوع سازه، نوع سیمان، مواد پوزولانی و سرباره‌ی مصرفی یا فاصله‌ی زمانی اجرا تا بهره‌برداری، نمی‌توان سن مقاومت مشخصه را بدون اخذ مجوز از دستگاه نظارت در حین ساخت تغییر داد.

مقاومت فشاری مشخصه بتن، باید با آزمایش آزمونه‌های استوانه‌ای به قطر اسمی ۱۵۰ یا ۱۰۰ میلی‌متر و با ارتفاع به ترتیب ۳۰۰ یا ۲۰۰ میلی‌متر که طبق استانداردهای زیر تهیه و نگهداری شده و در سن ۲۸ روزه آزمایش می‌شود، تعیین گردد:

الف- نمونه‌برداری استاندارد ملی ایران ۱-۳۲۰۱

ب- تهیه و نگهداری آزمونه‌ها استاندارد ملی ایران ۲-۱۶۰۸ یا ۳۲۰۵

پ- تعیین مقاومت فشاری آزمونه‌ها استاندارد ملی ایران ۳-۱۶۰۸ یا ۶۰۴۸ و ۳۲۰۶

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 مشاور تعیین شده باشد.

ب- حداقل مقاومت فشاری لازم برای تامین دوام بتن.

برای بتن‌های رده‌ی C25 و بالاتر، تعیین مقادیر و نسبت‌های مخلوط بتن باید با مطالعات آزمایشگاهی و ساخت مخلوط‌های آزمایشی انجام پذیرد. طرح مخلوط بتن باید قبل از شروع عملیات اجرایی به همراه مستندات و نتایج آزمایشگاهی مصالح مصرفی و بتن ساخته شده به تصویب دستگاه نظارت برسد.

برای بتن‌های رده‌ی C20 و پایین‌تر استفاده از مقادیر نسبت‌های مخلوط بتن را به کمک یکی از روش‌های رایج یا روش تجربی، بدون ساخت مخلوط آزمایشگاهی، مشروط بر اینکه مصالح مصرفی منطبق بر استاندارد و الزامات فنی-اجرایی پروژه بوده و محدودیت‌های خاصی مانند نسبت آب به مواد سیمانی، کارایی و روانی، حداکثر اندازه و شکل سنگدانه‌ها برای بتن تعیین نشده باشد، مجاز است. در این خصوص استفاده از مقادیر ارائه شده در جدول۶-۲۸ توصیه می‌شود.

برای بتن‌های رده‌ی C12 و پایین‌تر تعیین مقادیر و نسبت‌های مخلوط بتن بر اساس تجارب قبلی و بدون مطالعه‌ی آزمایشگاهی مجاز می‌باشد. در این خصوص توصیه می‌شود از مقادیر ارائه شده در جدول ۶-۲۸ نیز استفاده گردد.

omoorepeyman.ir

جدول ۶-۲۸- مقادیر تقریبی پیشنهادی نسبت‌های اختلاط بتن

رده مقاومتی بتن	رده اسلامپ	مقادیر اجزا تشکیل دهنده بتن، کیلوگرم بر مترمکعب			
		سیمان	سنگدانه درشت (شن)	سنگدانه ریز (ماسه)	آب
C20	S1	۲۴۰	۷۲۰	۱۱۷۰	۱۶۰
	S2	۲۶۵	۶۸۰	۱۱۶۰	۱۷۵
	S3	۲۹۰	۶۶۰	۱۱۲۰	۱۹۰
C16	S1	۲۱۵	۷۱۰	۱۲۱۰	۱۶۰
	S2				۱۸۰
	S3				۱۹۵
C12	S1	۲۱۵	۷۰۵	۱۲۰۰	۱۶۵
	S2				۱۸۵
	S3				۲۰۰
C10	S1	۲۰۶	۶۹۰	۱۲۲۰	۱۶۵
	S2				۱۸۵
	S3				۲۰۰

مقادیر ارایه شده در این جدول تنها جنبه راهنمایی داشته و به‌صورت تقریبی است و با فرض استفاده از سیمان پرتلند نوع ۱ یا ۲ و رده مقاومتی سیمان ۳۲۵ (مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۳۸۹)، حداکثر اندازه سنگدانه ۱۹ میلی‌متر و سنگدانه ریز رودخانه‌ای گردگوشه مطابق دانه‌بندی نوع استاندارد ملی ایران ۳۰۲ و سنگدانه درشت رودخانه‌ای شکسته یا نیم شکسته یا سنگدانه کوهی تیزگوشه با دانه بندی نوع استاندارد ملی ایران ۳۰۲ ارایه شده است.
مقدار آب (آب آزاد)، با فرض اشباع با سطح خشک (SSD) سنگدانه درشت و ریز و دستیابی به رده اسلامپ مشخص شده ارایه شده است و در صورتی که رطوبت سنگدانه‌ها کمتر یا بیشتر از رطوبت وضعیت SSD باشد باید متناسباً مقدار آب مصرفی و مقادیر سنگدانه ریز و درشت اصلاح شود.

برای بتن‌های رده C50 و بالاتر و نیز بتن‌های خاص، طرح مخلوط باید به تصویب دستگاه نظارت برسد.

ب) دوام مشخصه بتن

دوام بتن، عملکرد بتن در شرایط محیطی رویارو با آن می‌باشد و در افزایش عمر مفید پیش‌بینی شده آن، بسیار حایز اهمیت است. بنابراین مقادیر و نسبت‌های اجزای مخلوط که در این روش به دست می‌آید، باید با مقادیر و نسبت‌های مجاز در مشخصات فنی خصوصی و همچنین آئین‌نامه بتن ایران، حسب مورد مقایسه گردد.

توصیه می‌شود دوام مورد نظر توسط مشاور با محدود کردن حداکثر نسبت آب به سیمان یا نسبت آب به مواد سیمانی، تعیین حدود حداقل و یا حداکثر مقدار سیمان، ایجاد محدودیت در نوع سیمان و یا مواد افزودنی معدنی و هم‌چنین درصد هوا در طرح مخلوط بتن، به‌صورت تجویزی تعیین گردد.

دوام مشخصه‌ی بتن، بر اساس آزمایش‌های مشخص شده دربخش دوام این فصل، و یا مشخصات فنی پروژه باید مشخص شود. مقادیر حاصل از آزمایش‌ها باید حداکثر ۵± درصد با نتایج اندازه‌گیری شده روی آزمونه‌های استاندارد بتن که در حین ساخت سازه برداشته می‌شوند، تفاوت داشته باشد.

پ) حاشیه ایمنی

به دلیل تغییرات در مشخصات بتن، که می‌تواند ناشی از غیریکنواختی احتمالی در کیفیت اجزای بتن و تغییرات کمی مقادیر و نسبت‌های اجزا به دلیل عدم دقت در ساخت بتن باشد، مخلوط بتن باید طوری طرح گردد و یا نسبت‌ها و مقادیر اجزای بتن به گونه‌ای انتخاب شوند که نسبت به مشخصه مورد نظر (هدف) دارای حاشیه ایمنی باشد. در این

omoorepeyman.ir

بخش هر جا صحبت از حاشیه ایمنی می‌شود، منظور حاشیه ایمنی مقاومت فشاری است مگر به‌طور خاص «حاشیه ایمنی دوام» در مشخصات فنی ذکر شده باشد. توصیه می‌شود حاشیه ایمنی مقاومت بر اساس اطلاعات آماری تعیین گردد. روش تعیین حاشیه ایمنی در فصل پنجم جلد دوم آئین‌نامه بتن ایران شرح داده شده است.

ت) روانی

برای سنجش روانی بتن با روانی معمول، باید از آزمایش اسلامپ و برای بتن‌های خودتراکم از آزمایش جریان اسلامپ استفاده شود. در صورتی که در مشخصات طرح، کارآیی یا روانی خاصی توسط مشاور ارائه نشده باشد توصیه می‌شود با توجه به نوع بتن، نوع وسیله‌ی حمل و ریختن، ابعاد و طرز قرارگیری عضو و ضخامت آن، انبوهی و درهمی میلگردها و امکانات تراکمی موجود، کارآیی یا روانی طبق اطلاعات و راهنمایی‌های جداول ۶-۲۹ الی ۶-۳۳، انتخاب گردد.

جدول ۶-۲۹- راهنمای اولیه برای انتخاب کارایی و روانی بتن معمولی (اسلامپ)

رده‌ی اسلامپ	بازه‌ی اسلامپ، میلی‌متر	موارد کاربرد
S1 (۱)	۱۰-۴۰	قطعات حجیم یا نیمه‌حجیم غیرمسلح یا کم‌میلگرد که با جام یا وسایل مشابه ریخته می‌شود و با وسایل تراکمی لرزشی پرقدرتی متراکم می‌گردد. بافت دانه‌بندی خیلی درشت تا درشت.
S2	۵۰-۹۰	قطعات تیر و دال با حجم میلگرد کم تا متوسط و شالوده‌هایی با حجم میلگرد متوسط که با وسایلی به‌جز پمپ و لوله ریخته شده و از وسایل تراکمی لرزشی با قدرت متوسط برای آن استفاده می‌شود. بافت دانه‌بندی درشت تا متوسط.
S3	۱۰۰-۱۵۰	قطعات دیوار، ستون با حجم میلگرد متوسط یا تیر و دال، شالوده‌ی نازک با حجم میلگرد زیاد و همه‌ی بتن‌هایی که با پمپ و لوله ریخته می‌شوند و برای آن‌ها از وسایل تراکمی لرزشی با قدرت متوسط یا کم استفاده می‌شود. بافت دانه‌بندی متوسط تا ریز.
S4 (۲)	۱۶۰-۲۱۰	قطعات دیوار و ستون نسبتاً نازک با حجم میلگرد زیاد و بتن‌هایی که با پمپ و لوله در قطعات پرمیلگرد ریخته می‌شود و برای مواردی که از وسایل تراکمی لرزشی ضعیف یا دستی استفاده شده و یا بتن‌ریزی با لوله‌ی ترمی و بدون تراکم انجام می‌شود. بافت دانه‌بندی ریز.

(۱) رده‌ی S0 با اسلامپ کم‌تر از ۱۰ میلی‌متر برای قطعات پیش‌ساخته به‌کار می‌رود که با وسایل تراکمی خاص متراکم شده و برای قطعات سازه‌ای درجا کاربردی ندارد. برای این بتن‌ها آزمایش اسلامپ اعتبار ندارد و باید از آزمایش‌های دیگر استفاده شود.

(۲) کنترل روانی بتن‌هایی با اسلامپ بیش‌تر از ۲۱۰ میلی‌متر با آزمایش اسلامپ تقریباً امکان‌پذیر نمی‌باشد و باید ازجدول، رده‌ی SF0 استفاده شود.

جدول ۶-۳۰- راهنمای اولیه برای انتخاب کارآیی و روانی بتن‌های آسان‌تراکم و خودتراکم (جریان اسلامپ)

رده‌ی جریان اسلامپ	بازه‌ی جریان اسلامپ، میلی‌متر	موارد کاربرد
SF0	۴۵۰-۵۵۰	برای قطعات نازک یا با حجم میلگرد زیاد و وسایل تراکمی ضعیف، بتن آسان تراکم (ECC)، بافت دانه‌بندی ریز تا خیلی ریز، حداکثر اندازه‌ی سنگدانه‌ی ۲۰ میلی‌متر و گاه تا ۲۵ میلی‌متر.
SF1	۵۵۰-۶۵۰	برای قطعات نازک یا با حجم میلگرد خیلی زیاد با پیچیدگی کم در قالب بندی و حرکت افقی محدود تا ۵ متر، بافت دانه‌بندی خیلی ریز، یا امکان تراکم وجود ندارد، حداکثر اندازه‌ی سنگدانه‌ی ۲۰ میلی‌متر یا کم‌تر.
SF2	۶۵۰-۷۵۰	برای قطعات خیلی نازک یا با حجم میلگرد خیلی زیاد، دارای پیچیدگی در قالب بندی و حرکت افقی تا ۱۰ متر، بافت دانه‌بندی فوق العاده ریز، حداکثر اندازه‌ی سنگدانه‌ی ۱۲/۵ میلی‌متر یا کم‌تر و عدم امکان تراکم.
SF3 (۱)	۷۵۰-۸۵۰	برای قطعات خیلی نازک یا با حجم میلگرد فوق‌العاده زیاد، دارای پیچیدگی زیاد در قالب‌بندی و حرکت افقی تا ۱۰ متر، بافت دانه‌بندی فوق‌العاده ریز، حداکثر اندازه‌ی سنگدانه‌ی ۱۲/۵ میلی‌متر یا کم‌تر و عدم امکان تراکم.

(۱) به‌کارگیری رده‌ی SF3 به‌خاطر مشکلات طرح مخلوط بتن و جلوگیری از جداشدگی و آب‌انداختن نیاز به تدابیر خاص دارد و حداکثر اندازه‌ی سنگدانه‌ی آن نیز از ۱۲/۵ میلی‌متر تجاوز نمی‌کند.

omoorepeyman.ir

جدول ۶-۳۱- راهنمای بافت دانه‌بندی مخلوط سنگدانه‌ی بتن با توجه به توان دانه‌بندی «فولر تامسون اصلاح شده»

بافت دانه‌بندی	خیلی درشت	درشت	متوسط	ریز	خیلی ریز	فوق‌العاده ریز
بازه‌ی توان n	۰/۶- ۰/۶۷	۰/۵- ۰/۶	۰/۴- ۰/۵	۰/۳- ۰/۴	۰/۲ — ۰/۳	۰/۱ — ۰/۲

در صورت لزوم می‌توان با انتخاب مقدار n و جاگذاری در رابطه شماره ۴-۱ منحنی دانه‌بندی مخلوط را محاسبه نمود:

رابطه ۶-۱

$$P=\frac{100\%}{1-\left(\frac{0.075}{D}\right)^{n}}\times\left[\left(\frac{d}{D}\right)^{n}-\left(\frac{0.075}{D}\right)^{n}\right]$$

جدول ۶-۳۲- راهنمای تراکم میلگرد در شالوده‌ها و دال‌ها با توجه به وزن میلگرد در هر متر مکعب بتن (۱)

تراکم میلگرد	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	فوق‌العاده زیاد
بازه‌ی وزن، کیلوگرم در متر مکعب	کم‌تر از ۵۰	۵۰-۷۵	۷۵-۱۰۰	۱۰۰-۱۵۰	۱۵۰-۲۰۰	بیش از ۲۰۰

(۱) این مقادیر برای تیر و ستون و دیوار باید در ۱/۵ ضرب شود.

جدول ۶-۳۳- طبقه‌بندی ضخامت قطعات بتنی

طبقه‌بندی	خیلی نازک	نازک	نسبتاً نازک	نیمه ضخیم	ضخیم	بسیار ضخیم
بازه‌ی ضخامت، میلی‌متر	کم‌تر از ۱۵۰	۱۵۰-۳۰۰	۳۰۰-۶۰۰	۶۰۰-۹۰۰	۹۰۰-۱۸۰۰	بیش از ۱۸۰۰

از آنجاکه روانی بتن به‌دلیل مدت زمان حمل می‌تواند کاهش یابد و عملاً معیار کنترل روانی در پای کار انجام و قضاوت می‌شود، باید در تهیه طرح مخلوط بتن، روانی اولیه بتن با تعیین یا تخمین افت روانی (در فاصله زمانی ساخت بتن تا زمان ریختن در سازه) اصلاح و به‌کار گرفته شود.

برای تعیین مدت زمان حمل و بتن‌ریزی به آیین نامه بتن ایران (آبا) بند ۷-۴- مراجعه گردد.

تعیین کل آب مخلوط بتن، شامل آب جذب شده توسط سنگدانه، برای رسیدن به شرایط اشباع با سطح خشک و همچنین آب آزاد برای ایجاد خمیر سیمان برای تامین کارآیی ضروری می‌باشد.

چنانچه در شرایط واقعی، مقدار رطوبت سنگدانه‌ها در حدی کمتر از حالت اشباع با سطح خشک باشد، باید مقدار آب مورد نیاز برای رساندن سنگدانه به حالت اشباع با سطح خشک را تعیین نمود و به مقدار آب آزاد افزود، و در صورتی‌که مقدار رطوبت سنگدانه‌ها بیش از رطوبت سنگدانه در حالت اشباع با سطح خشک باشد، باید مقدار رطوبت اضافی را از آب آزاد کم کرد.

۶-۲-۱-۶-۳- روش آزمایشگاهی تعیین طرح مخلوط

در طرح مخلوط بتن، ابتدا باید بر اساس مشخصات فنی پروژه و محدودیت‌های اجرایی، خواسته‌های مخلوط بتن تعیین شوند. سپس باید با توجه به اطلاعات و نتایج آزمایشگاهی مصالح مصرفی طبق یکی از روش‌های تعیین شده توسط مشاور، مقادیر و نسبت‌های اولیه‌ی مخلوط بتن را به‌دست آورد. در مرحله‌ی بعدی باید بتن را در آزمایشگاه و با دقت و تحت شرایط کنترل‌شده ساخت و آزمایش‌های لازم را روی بتن تازه و سخت‌شده انجام داد. چنانچه نتایج این

omoorepeyman.ir

مخلوط با خواسته‌های مورد نظر انطباق و نزدیکی نداشته باشد، باید تغییراتی در مقادیر و نسبت‌های مخلوط بتن در جهت دستیابی به خواسته‌ها ایجاد شود تا نسبت‌های مخلوط نهایی آزمایشگاهی حاصل گردد.

رعایت حداکثر اندازه مجاز سنگدانه‌ها، با توجه به محدودیت‌های هندسی عضو و الزامات مشخصات فنی، الزامی است.

الف) الزامات فنی و اجرایی

- در هر روش طرح مخلوط باید حجم مطلق اجزای بتن با تقریب یک درصد برابر یک مترمکعب باشد. درصد هوای عمدی و غیرعمدی مورد نیاز باید در نظر گرفته شود.
- در مخلوط آزمایشی، کارآیی و روانی به‌دست آمده باید نزدیکی قابل قبولی با کارآیی و روانی مطلوب داشته باشد. کارآیی و روانی مطلوب بتن در کارگاه توسط مشاور تعیین می‌شود.
- چنانچه حداکثر اسلامپ مشخص شده باشد، اسلامپ مخلوط آزمایشی نباید از این مقدار تجاوز کند. همچنین این مقدار نباید از ۸۰ درصد حداکثر اسلامپ کمتر باشد.
- در مواردی‌که اسلامپ به‌صورت متوسط یا هدف خواسته شده باشد، اسلامپ مخلوط آزمایشی باید بین ۲۰ تا ۳۰ درصد بالاتر از اسلامپ هدف در نظر گرفته شود. به‌هرحال اسلامپ به‌دست آمده نباید از ۲۱۰ میلی‌متر بیش‌تر شود.
- در مواردی‌که بازه خاصی از اسلامپ یا جریان اسلامپ مورد نظر باشد، توصیه می‌شود روانی بتن در نزدیکی کرانه فوقانی بازه مربوط باشد.
- در مواردی‌که برای بتن خودتراکم، «بیشینه‌ی جریان اسلامپ» قید شده باشد، باید جریان اسلامپ مخلوط آزمایشی حداکثر ۵ درصد کم‌تر از حداکثر جریان اسلامپ نباشد.
- در مواردی‌که برای بتن خودتراکم، «جریان اسلامپ هدف یا متوسط» توسط مشاور تعیین شده باشد، جریان اسلامپ مخلوط آزمایشی باید ۵ تا ۱۰ درصد بیش از جریان اسلامپ هدف در نظر گرفته شود.
- در مواردی‌که «حداقل درصد هوا» توسط مشاور تعیین شده باشد، درصد هوای مخلوط آزمایشی نباید بیش از ۱۰ درصد از هوای قید شده بیش‌تر شود. اگر حداکثر درصد هوا توسط مشاور تعیین شده باشد، درصد هوای مخلوط آزمایشی نباید بیش از ۷/۵ درصد از مقدار مشخص شده کم‌تر باشد. چنانچه متوسط درصد هوا مشخص شده باشد، باید مخلوط آزمایشی با دو درصد هوا برای نزدیکی با حداقل و حداکثر مقدار حاصل از رواداری مجاز ساخته شود.
- در مواردی‌که حداقل یا حداکثر دمای مجاز در بتن توسط مشاور تعیین شده باشد، توصیه می‌شود بتن‌هایی با دمایی نزدیک به حداقل و همچنین نزدیک به حداکثر دمای مجاز ساخته (با حداکثر اختلاف ۲ درجه‌ی سلسیوس) و نتایج روانی، مقاومت و دوام در این شرایط ساخت و قالب گیری کنترل شود.
- با توجه به زمان‌بر بودن تعیین مقاومت و دوام بتن، باید سه مخلوط آزمایشی ارائه شود که با سه نسبت آب به مواد سیمانی نزدیک به هم (با اختلاف حدود ۰/۰۲) ساخته، تا به احتمال زیاد یکی از آن‌ها به مقاومت و دوام هدف نزدیک شود.

omoorepeyman.ir

- در مواردی‌که طرح مخلوط «مقاومت محور» باشد و مقاومت بتن در محدوده‌ی ۵± درصد مقاومت هدف طرح باشد، مخلوط آزمایشی قابل قبول است. در این حالت دستیابی به دوام هدف ضروری می‌باشد.
- در مواردی‌که در طرح مخلوط «دوام محور» نتیجه‌ی به‌دست آمده در آزمایش دوام در محدوده‌ی ۱۰± درصد «دوام هدف طرح» باشد، مخلوط آزمایشی قابل قبول است. در این حالت مقاومت به‌دست آمده باید از «مقاومت هدف طرح» بزرگ‌تر باشد. همان‌گونه که در طرح مخلوط، «مقاومت هدف» در نظر گرفته می‌شود، بر اساس «دوام مشخصه» نیز، باید «دوام هدف» منظور گردد.

ب) ارائه‌ی طرح مخلوط نهایی

درگزارش مربوط به طرح مخلوط نهایی که به کارگاه ارایه می‌شود، ارائه اطلاعات بندهای ۱ تا ۳ زیر علاوه بر اطلاعات عمومی پروژه شامل نام پروژه، متقاضی طرح مخلوط، دست اندرکاران اجرا (کارفرما، مشاور، نظارت و پیمانکار) و محل اجرای پروژه الزامی است. این اطلاعات باید به تأیید دستگاه نظارت رسیده باشد.

- اطلاعات مربوط به بتن

- مقاومت مشخصه در سن مورد نظر یا رده‌ی بتن
- روانی و کارآیی مورد نیاز در پای کار و محدودیت‌های آن
- دوام مشخصه در سن مقرر
- لزوم مصرف پوزولان و سرباره و محدودیت‌های آن
- فاصله‌ی زمانی حمل و توقف‌ها
- شرایط محیطی مرتبط با خاک، آب و هوا
- محدودیت‌های نسبت آب به مواد سیمانی، حداقل و حداکثر مقدار مواد سیمانی
- نوع وسیله‌ی ساخت، حمل، ریختن بتن و نحوه متراکم کردن آن
- حداقل ابعاد اعضا، ضخامت دال، فاصله‌ی میلگردها و حداقل ضخامت پوشش بتنی روی میلگردها
- میزان تراکم میلگردهای قطعات مختلف
- نوع قطعات بتنی شامل تیر، دال، ستون، دیوار، شالوده و شمع
- نوع اجرا، پیش‌ساخته و درجا، یا شیوه‌ی اجرا، بتن پاشی و غیره
- نوع عضو از نظر طراحی، ساده، مسلح، پیش‌تنیده
- سایر خواسته‌ها و محدودیت‌های مرتبط با بتن تازه مانند وزن مخصوص، جداشدگی، آب‌انداختن، درصد هوا، زمان گیرش، دما و ...
- سایر خواسته‌ها و محدودیت‌ها مانند زمان قالب‌برداری، اعمال پیش‌تنیدگی، وزن مخصوص بتن سخت‌شده، شیوه‌ی خاص عمل‌آوری تسریع شده، بتن الیافی، حباب‌دار، خودتراکم، سبک و سنگین.

omoorepeyman.ir

- اطلاعات مصالح مصرفی در طرح مخلوط

- نوع سیمان، محل تولید و سایر مشخصات فیزیکی و شیمیایی آن
- نوع سنگدانه ریز و درشت، محل تولید یا تامین و مشخصات فیزیکی و شیمیایی آن شامل دانه‌بندی، درصد گذشت از الک ۷۵ میکرومتر، مدول‌ریزی، چگالی و جذب آب، درصد ذرات پولکی و سوزنی، درصد شکستگی، سایش و دوام در برابر عوامل جوی، مقادیر یون‌های سولفات و کلرید، نتایج آزمایش‌های واکنش‌زایی با قلیایی‌ها و مواد زیان‌آور
- محل تامین آب و مشخصات فیزیکی و شیمیایی آن
- نوع مواد پوزولانی و سرباره‌ای یا پودر سنگ و محل تامین به همراه مشخصات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها
- نوع مواد افزودنی شیمیایی، محل تامین به همراه مشخصات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها به‌ویژه چگالی، درصد مواد جامد، pH، رنگ، خواص اصلی و جنبی، نحوه‌ی مصرف و انبار کردن و سایر محدودیت‌های مصرف آن‌ها
- نوع الیاف مصرفی و محل تامین به‌همراه مشخصات فیزیکی و مکانیکی شامل چگالی، طول، قطر، شکل آن‌ها

- اطلاعات طرح مخلوط و نتایج مخلوط آزمایشی

- مقاومت هدف طرح مخلوط
- دوام هدف طرح مخلوط
- اسلامپ اولیه در هنگام ساخت بتن
- انحراف معیار یا حاشیه‌ی ایمنی و نحوه‌ی محاسبه یا تخمین آن‌ها
- حداکثر اندازه‌ی اسمی سنگدانه‌ی مصرفی
- نسبت آب به سیمان یا مواد سیمانی طرح
- مقدار سیمان و مواد سیمانی به تفکیک
- مقدار آب آزاد
- مقدار آب کل
- مقدار افزودنی‌های شیمیایی به تفکیک
- مقدار سنگدانه‌های ریز و درشت اشباع با سطح خشک به تفکیک
- مقدار سنگدانه‌های ریز و درشت کاملاً خشک به تفکیک
- درصد هوای بتن، فرضی و اندازه‌گیری شده
- درصد سهم سنگدانه‌ها
- دانه‌بندی مخلوط سنگدانه‌ها و مدول نرمی مخلوط
- وزن مخصوص بتن متراکم تازه، محاسباتی و اندازه‌گیری شده
- نتایج روانی و کارآیی در زمان‌های مختلف به‌ویژه در پای کار، پس از حمل و توقف‌ها

omoorepeyman.ir

- دمای بتن تازه در زمان ساخت و در زمان متناظر پای کار
- نتایج مشاهدات یا اندازه‌گیری شده در مورد جداشدگی، آب‌انداختن، گیرش و ...
- تشریح وضعیت ظاهری بتن
- نتایج آزمایش مقاومت فشاری بتن در سنین مختلف به‌ویژه در سن مقاومت مشخصه
- نتایج آزمایش‌های دوام در سنین مورد نیاز
- نتایج سایر آزمایش‌های بتن سخت‌شده مانند چگالی، مقاومت خمشی یا کششی، ضریب ارتجاعی و غیره در صورت نیاز
- رابطه‌ی نسبت آب به مواد سیمانی با مقاومت و دوام در صورت ساخت حداقل سه مخلوط آزمایشی.

۶-۲-۱-۶-۴- اصلاح مقاومت فشاری هدف

پس از ساخت بتن در کارگاه و کسب اطلاعات کافی از نتایج آزمایش‌های متعدد مقاومت فشاری، باید انحراف معیار واقعی و نیز میانگین مقاومت نمونه‌های مقاومتی در کارگاه محاسبه شود. برای این منظور توصیه می‌شود حداقل ۳۰ نتیجه‌ی نمونه‌های متوالی در دسترس باشد.

در مواردی‌که انحراف معیار به‌دست آمده جدید، کم‌تر از انحراف معیار محاسباتی یا تخمینی قبلی باشد و برای انطباق با رده، هیچ‌یک از نتایج نمونه‌ها کم‌تر از مقاومت مشخصه نباشد، با توجه به انحراف معیار جدید، اصلاح مقاومت هدف و نسبت‌های مخلوط جدید، مشروط بر این‌که مقدار مواد سیمانی و نسبت آب به مواد سیمانی جدید، ضوابط مربوط به دوام را برآورده نماید، مجاز است. در هر صورت مقادیر جدید باید به تأیید دستگاه نظارت برسد.

در مواردی‌که در حین اجرا، عدم انطباق با رده مورد نظر مشاهده شود، باید با افزایش حاشیه‌ی ایمنی، مقاومت هدف طرح افزایش داده شود. در این موارد انحراف معیار موجود، بیش از انحراف معیار فرضی قبلی خواهد بود. بدیهی است در این موارد باید طرح مخلوط جدیدی ارایه و به تأیید دستگاه نظارت برسد.

omoorepeyman.ir

۶-۳- ضوابط اجرایی

۶-۳-۱- قالب‌بندی

۶-۳-۱-۱- ضوابط عمومی قالب و قالب‌بندی

قالب باید چنان طراحی و ساخته شود که اندازه و شکل عضو و قطعه بتنی مطابق نقشه‌ها و رواداری‌های مجاز اجرا گردد. قالب‌بندی باید به گونه‌ای اجرا شود که ایمنی دست‌اندرکاران اجرایی و سازه را تامین کند و بتواند بارهای وارده در زمان بتن‌ریزی و پس از آن را تحمل کند تا زمانی که بتن و اعضای بتنی به مقاومت مورد نظر برای تحمل بارهای وارده دست یابند.

۶-۳-۱-۱-۱- عملکرد و وظایف مجموعه قالب‌بندی و سازه موقت

مجموعه قالب‌بندی و سازه موقت باید ضوابط و مشخصات فنی را برآورده کنند، هرچند که ممکن است بخشی از مشخصات فنی تحت تأثیر عملکرد و کارکرد قالب بندی و سازه موقت، با تائید دستگاه نظارت تنظیم و اصلاح شود.

مجموعه قالب‌بندی، سازه موقت و داربست باید مطابق با مشخصات فنی، ضوابط ایمنی و شرایط محیطی از ایستایی و پایداری کافی و مناسب برخوردار باشند.

۶-۳-۱-۱-۲- نگهداری قالب

قالب‌ها در کارگاه باید در جایی به دور از تاثیر عوامل جوی و صدمات مکانیکی نگهداری شوند. پس از هر بار مصرف باید رویه و چارچوب قالب‌ها تمیز شوند. در زمان چیدن قالب‌ها بر روی یکدیگر باید دقت شود که به رویه و بدنه قالب‌ها آسیب وارد نشود. از انداختن و پَرت کردن قالب‌ها پرهیز شود. چنانچه قالب‌ها برای مدت زمانی بیش از ۱۵ روز استفاده نمی‌شوند، توصیه می‌شود که سطح رویه و بدنه قالب پس از تمیزکاری با روغن مناسب آغشته گردد تا احتمال زنگ‌زدگی در قالب‌های فلزی یا اعوجاج ناشی از خشک شدن و از دست دادن رطوبت در قالب‌های چوبی کاهش یابد.

۶-۳-۱-۱-۳- نقشه‌های اجرایی و کارگاهی

برای سازه‌های ویژه و پیچیده یا سایر مواردی که تهیه نقشه‌های قالب‌بندی و سازه موقت ضرورت داشته باشد، این نقشه ها توسط مشاور تهیه و به پیمانکار ابلاغ خواهد شد. پیمانکار موظف است پیش از به کارگیری این نقشه‌ها، آن‌ها را بررسی و در صورت نیاز اصلاح کند و به تائید دستگاه نظارت برساند. چنانچه نقشه قالب‌بندی و سازه موقت از طرف مشاور ابلاغ نشده باشد، پیمانکار باید نسبت به طراحی و تهیه نقشه قالب‌ها و سازه موقت اقدام نماید. چنانچه پیمانکار از قالب و تجهیزات شرکت‌های سازنده قالب استفاده کند باید نقشه‌ها، مستندات[۱] و تأییدیه‌های فنی[۲] شرکت سازنده قالب را به تائید

۱- Documents
۲- Certificates

omoorepeyman.ir

دستگاه نظارت برساند. پیمانکار باید شیوه‌نامه[۱] و نقشه‌های اجرایی کارگاهی[۲] قالب‌بندی و سازه موقت را پیش از اجرا تهیه و به تائید دستگاه نظارت برساند. در قالب‌بندی باید ایمنی و ضوابط زیست‌محیطی در نظر گرفته شود.

۶-۳-۱-۱-۴- سطح تمام‌شده نما

چنانچه کیفیت سطح تمام‌شده بتن دارای اهمیت باشد، مانند سطوح بتنی خویش‌نما (نمایان)[۳]، باید روش اجرایی و نوع قالب (به‌ویژه رویه آن) به‌گونه‌ای انتخاب شوند که سطح تمام شده دارای "رده‌ی پرداخت نما"[۴] مشخص شده در مشخصات فنی پروژه باشد. قطعات قالب که در مراحل قبلی آسیب دیده‌اند، نباید در این نوع سطوح به کار روند مگر آن‌که اصلاح شده باشند.

در قالب‌های نقش‌دار[۵] که دارای برجستگی یا تورفتگی هستند باید دقت شود که هندسه و چیدمان نقش‌ها به گونه‌ای باشد که در زمان قالب‌برداری آسیبی به سطح بتن نرسد. در مورد تورفتگی‌ها چنانچه سطح تورفتگی‌ها بیشتر از ۳٪ سطح کل نما باشد، دقت شود که حداقل پوشش بتن روی میلگردها رعایت شود. در مناطق با شرایط خورندگی میلگرد، صرف‌نظر از آن‌که سطح تورفتگی‌ها چقدر باشد باید ضوابط حداقل پوشش بتن روی میلگردها مطابق ضوابط آیین‌نامه‌ای رعایت شوند.

۶-۳-۱-۱-۵- رواداری‌ها

چنانچه در سازه‌های متعارف، رواداری[۶] ابعاد اعضای بتنی و همچنین رواداری قالب (انحراف از امتداد و محل قرارگیری) در نقشه‌ها مشخص نشده باشد، رواداری‌های مندرج در جدول ۹-۴ آیین‌نامه بتن ایران ملاک عمل خواهد بود.

۶-۳-۱-۱-۶- طراحی قالب

طراحی قالب و قالب‌بندی باید مطابق ضوابط بخش ۹-۴-۲ (بارهای طراحی) و ۹-۴-۳ (ضوابط طراحی) آیین‌نامه بتن ایران انجام شود.

۶-۳-۱-۲- دسته‌بندی قالب‌ها

قالب می‌تواند موقت یا ماندگار باشد. قالب موقت یا قالب نامانده‌گار هر قالبی است که پس از گرفتن بتن و رسیدن بتن به مقاومت کافی برای خودنگهداشتی، از سطح بتن برداشته می‌شود. قالب موقت می‌تواند یک‌بار مصرف یا چندبار مصرف باشد. استفاده از توری، پلاستوفوم، پارچه یا هر فرآورده‌ی طبیعی یا صنعتی دیگر برای رویه قالب موقت یک‌بار مصرف در درزهای اجرایی در صورتی مجاز است که قالب از مقاومت و سختی کافی برخوردار باشد و پس از گیرش و سخت شدن

۱- Method statement
۲- Shop drawing
۳- Exposed
۴- Class of finish
۵- Textured
۶- Tolerance

omoorepeyman.ir

بتن، مصالح تشکیل دهنده‌ی رویه قالب به طور کامل از سطح بتن زدوده شوند. قالب ماندگار به قالبی گفته می‌شود که در محل باقی می‌ماند و بخشی از عضو بتنی به شمار می‌آید. قالب ماندگار می‌تواند در سطح بتن و نمایان باشد یا درون بتن (قالب تودلی) جای گیرد.

۶-۳-۱-۳- سیستم و اجزای قالب‌بندی‌های متداول در کارهای ساختمانی

سیستم قالب‌بندی در حالت کلی از قالب (رویه و بدنه)، اعضای نگهداشت، دسترسی و ایمنی، تنظیم‌کننده، و در مواردی پاگیر (رامکا) تشکیل می‌شود که به فراخور عملیات اجرایی ممکن است برخی از این اجزا و بخش‌ها حذف یا در یک‌دیگر ادغام شوند.

۶-۳-۱-۳-۱- قالب

قالب یا شکل‌دهنده بخشی از سیستم قالب‌بندی است که در تماس با بتن تازه ریخته شده قرار دارد و هندسه‌ی عضو بتنی را شکل می‌دهد. قالب از دو بخش رویه و چارچوب تشکیل می‌شود و می‌تواند موقت یا ماندگار باشد. رویه در تماس مستقیم با بتن تازه است و می‌تواند از جنس چوب، فلز، پلیمر یا ترکیبی از آن‌ها باشد. دیگر فرآورده صنعتی مانند تخته سیمانی را نیز می‌توان برای رویه قالب به کار برد. رویه می‌تواند به صورت تکه‌چینی (مانند تخته‌کوبی) یا قطعه‌چینی (قالب مدولار) باشد. رویه چوبی می‌تواند از تخته، تخته چندلایی، تخته فشرده یا نیم‌فشرده صنعتی، یا تخته روکش‌دار تشکیل شود. رویه قالب ممکن است ساده (بدون بافت) یا نقش‌دار (بافت‌دار) باشد. در مواردی، رویه قالب با نام "روکش دربرگیرنده" نیز نامیده می‌شود. رویه و چارچوب قالب باید از چنان سختی برخوردار باشند که از شکم‌دادن موضعی رویه قالب جلوگیری کنند.

۶-۳-۱-۳-۲- اعضای ایستاگر(نگهداشت)

تکیه‌گاه یا اعضای ایستاگر(نگهداشت) قالب را در محل خود نگه می‌دارد و از جابجایی، شکم‌دادن، تغییرشکل، یا دررفتن قالب در حین بتن‌ریزی و پس از آن جلوگیری می‌کند و بار قالب و بتن‌ریزی را به سازه موقت، اعضای بتنی که خودنگهداشت شده‌اند، یا به سازه اصلی منتقل می‌کند. تکیه‌گاه و اعضای نگهداشت قالب‌بندی از پشت‌بند، کلاف قایم، مهاربندی، کمرکش افقی، چپ و راست، میان بولت‌ها، تیر زیرسری، زیرپایی (نشیمن) ، شمع، جک پیچی لوله‌ای و... تشکیل می‌شود.

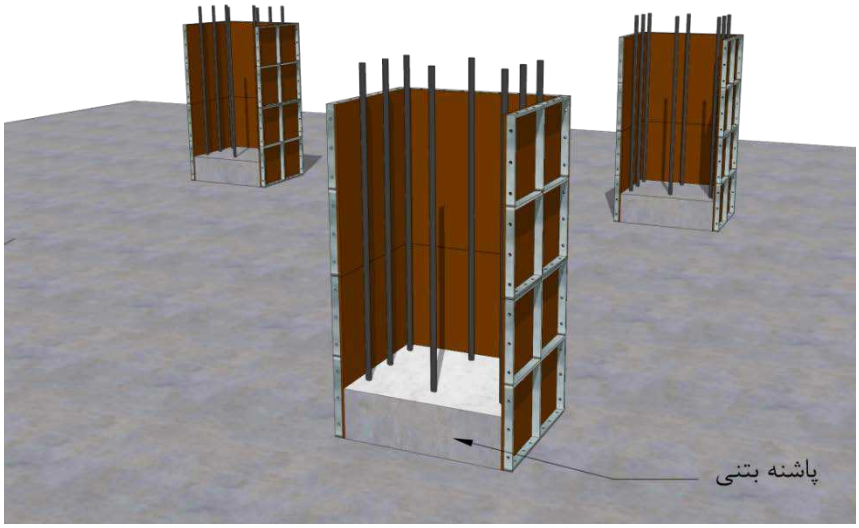
۶-۳-۱-۳-۳- تنظیم‌کننده

تنظیم‌کننده بخشی از قالب‌بندی و در موارد زیادی بخشی از اعضای نگهداشت است که قالب را در موقعیت و راستای مورد نظر قرار می‌دهد. تنظیم‌کننده‌ها به روش ضربه‌ای (مانند دو گوه که روی هم حرکت می‌کنند)، یا روش پیچاندن (پیچ دستی یا جک پیچی)، یا جک هیدرولیکی جابجا می‌شوند و با افزایش یا کاهش تدریجی فاصله، قالب را در راستای مورد نظر قرار می‌دهند. چنانچه در حین بتن‌ریزی نیز بنا به هر دلیلی قالب از تنظیم خارج شود با کمک تنظیم‌کننده‌ها قالب را تنظیم می‌کنند.

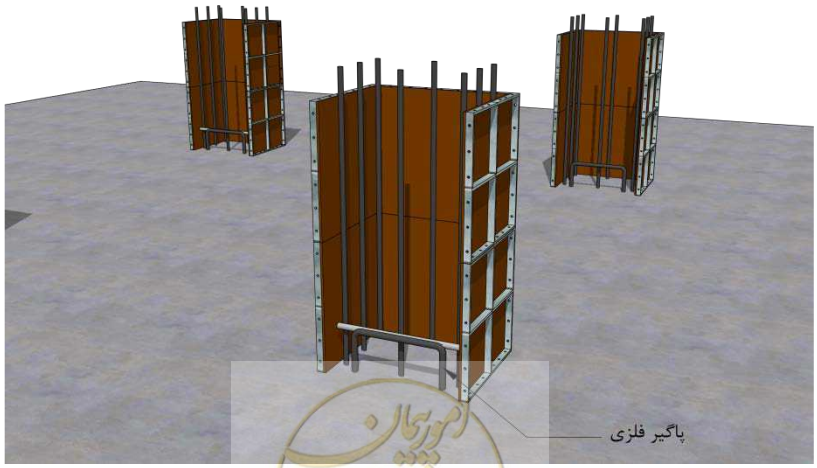
omoorepeyman.ir

۶-۳-۱-۳-۴- پاشنه (رامکا)

پاشنه (رامکا) پله‌ای کم ارتفاع در پای ستون یا دیوار و هم‌مقطع و هم‌راستا با ستون یا دیوار است و در زمان قالب‌بندی، پایین قالب به آن تکیه داده می‌شود. پاشنه می‌تواند بتنی یا فلزی باشد. چنانچه پاشنه بتنی باشد باید هم‌زمان با بتن دال زیر اجرا شود و کیفیتی برابر با بتن اصلی داشته باشد. برای اجرای پاشنه (رامکا) فلزی، پس از بتن‌ریزی و پیش از قالب‌بندی، میلگردهایی با طولی برابر با ابعاد ستون یا دیوار بریده و در راستای مورد نظر نصب می‌کنند. میلگردهای اندازه را نباید به میلگردهای ستون یا دیوار جوش داد، بلکه شاخک‌هایی در زمان بتن‌ریزی در بتن و داخل مقطع ستون یا دیوار کارگذاشته و میلگردهای اندازه را به این شاخک‌ها جوش می‌دهند. در مناطق خورنده نباید از پاشنه فلزی استفاده شود (شکل ۶-۳ و ۶-۴).



شکل ۶-۳- پاشنه بتنی، بتن‌ریزی همراه با بتن زیرین



شکل ۶-۴- پاگیر فلزی

omoorepeyman.ir

۶-۳-۱-۳-۵- قالب‌بندی با مصالح بنایی

قالب‌بندی با مصالح بنایی فقط در سمت خاک دیوارهای زیرزمین یا در پی‌ها و شناژهای کوتاه (با بیشینه ارتفاع ۶۰ سانتیمتر) مجاز است. قالب‌بندی با مصالح بنایی باید خودایستا باشد و بارهای جانبی بتن‌ریزی را تحمل کند. سطح قالب با مصالح بنایی باید هموار باشد و بنا به نیاز با اندود سیمانی صاف شود. آن سطحی از قالب‌بندی با مصالح بنایی که در تماس با بتن قرار دارد باید با یک لایه آب‌ناگذر مانند نایلون پلاستیکی، رنگ، قیر، یا ماده پیوندشکن پوشانده شود تا در زمان بتن‌ریزی، آب بتن تازه را به درون خود نکشد. در ستون‌هایی که پیش از خاکبرداری به شکل شمع درجا اجرا می شوند (مانند روش ساخت‌وساز از بالا به پایین) باید کوَل‌گذاری انجام گیرد.

۶-۳-۱-۳-۶- قالب‌بندی سقف

برای قالب‌های سقف (تیر و دال) توصیه می‌شود که پیش از بتن‌ریزی در بخش میانی قالب خیز وارون (خیز منفی) در نظر گرفته شود تا پس از بتن‌ریزی و بازکردن قالب‌ها، بخشی از خیز سقف جبران شود.

برای اجرای سقف‌های قوسی یا گنبدی توصیه می‌شود که کل قالب‌بندی زیرین به یک‌باره بسته شود و قالب رویی (اگر نیاز باشد) می‌تواند همراه و متناسب با روند بتن‌ریزی و مرحله به مرحله بسته و باز شود.

۶-۳-۱-۴- ضوابط اجرایی قالب‌بندی

ضوابط اجرایی قالب‌بندی و قالب‌برداری به فراخور شرایط و ویژگی‌های پروژه و با تائید دستگاه نظارت می‌تواند تغییر کند.

۶-۳-۱-۴-۱- قالب فوقانی

چنانچه شیب قطعات بتن‌ریزی از ۲ قایم به ۳ افقی فراتر رود توصیه می‌شود که برای سطح فوقانی نیز قالب در نظر گرفته شود. در هر حال برای شیب‌های یک‌به‌یک یا بیشتر، تعبیه قالب سطح فوقانی اجباری است. قالب فوقانی باید به گونه‌ای بایسته مهار شود تا بتواند نیروی بالابرنده ناشی از بتن تازه را تاب آورد. برای بتن‌ریزی و متراکم کردن بتن و نیز اطمینان از پُر شدن قالب باید از قبل دریچه‌های بازدیدی در قالب فوقانی در نظر گرفته شود. اندازه و تعداد دریچه‌های بازدید و جانمایی آن‌ها باید متناسب با شرایط دسترسی و بتن‌ریزی انتخاب شود.

۶-۳-۱-۴-۲- ماده رهاساز (روغن قالب)

ماده رهاساز می‌تواند روغن حل شده در یک حلال پایه نفتی یا روغن محلول در آب (امولسیون) باشد. روغن قالب مصرفی باید از جذب شدن رطوبت یا آب بتن به بدنه قالب و چسبیدن بتن به رویه قالب جلوگیری کند و پس از قالب‌برداری نیز لکه روی نمای بتن به جا نگذارد. چنانچه رویه قالب با روکشی از رزین (لعاب نچسب) پوشانده شده باشد نیازی به روغن قالب ندارد. برای قالب لغزان بهتر است از قالب با رویه لعاب‌دار استفاده کرد.

باید از آغشته شدن آرماتورها یا سطح واریز بتن قبلی با روغن قالب پرهیز شود، زیرا روغن قالب از پیوستگی بتن و آرماتور

omoorepeyman.ir

جلوگیری می‌کند. بنابراین باید رویه قالب پیش از نصب با روغن قالب پوشانده شود. روغن زدن رویه‌ی قالب پس از بستن قالب مجاز نیست مگر آن‌که با تائید دستگاه نظارت راهکاری به کارگرفته شود که از آغشته شدن آرماتورها یا سطح واریز بتن قبلی با روغن قالب جلوگیری شود. روغن قالب باید چنان به رویه‌ی قالب مالیده شود که لایه‌ای نازک و یکنواخت روی سطح پدید آید. روغن زدن بیش از اندازه می‌تواند موجب شره کردن و انباشته شدن روغن اضافی در کنج‌های قالب یا روی سطح بتن موجود (در درزهای اجرایی افقی) شود. سطح درونی رویه قالب باید پاک و به دور از آلودگی باشد و پیش از هر بار مصرف با روغن قالب پوشانده شود. پیش از به‌کارگیری مواد رهاساز یا روغن قالب، باید از سازگاری این مواد با بتن و قالب اطمینان حاصل شود.

۶-۳-۱-۴-۳- کنترل‌های اجرایی

دستگاه نظارت پیش از بتن‌ریزی باید قالب‌بندی و محل بتن‌ریزی را بازرسی کند. قالب‌بندی و سازه موقت باید عملکردی مناسب داشته باشند و به خوبی از پس وظایف اشاره شده در بندهای پیشین بربیایند. مواد خارجی مانند آب، خاک، ماسه، برف، یخ، چربی، روغن، تکه یا براده‌ی چوب، میخ و... باید از درون قالب و سطح بتن زیرین جمع‌آوری شوند. در مواردی که دسترسی به کف قالب دشوار یا غیر ممکن است باید با تعبیه دریچه و بازشو در پایین قالب نسبت به پاک سازی و شست‌وشوی داخل قالب پیش از بتن‌ریزی اقدام شود.

قالب‌ها باید چنان جذب و جفت کنار یک‌دیگر قرار گیرند که از به هدر رفتن شیره یا ملات بتن تازه از درز بین آن‌ها جلوگیری شود. پیش از به‌کارگیری و بستن قالب باید ملات یا شیره سیمان خشک شده از درز بین قالب‌ها زدوده شود.

قالب‌بندی و سازه موقت باید در تمامی مراحل پیش از، در هنگام، و پس از بتن‌ریزی به دقت زیر نظر باشند و بنا به نیاز تنظیم شوند تا در محدوده‌ی رواداری‌های مجاز قرار داشته باشند. تنظیم قالب پس از بتن‌ریزی تا زمانی مجاز است که بتن هنوز خمیری باشد و گیرش اولیه آن رخ نداده باشد.

تمامی درزهای اجرایی قایم باید قالب‌بندی شوند. برای قالب‌بندی درزهای اجرایی قایم می‌توان از قالب یا قالب موقت یک‌بار مصرف استفاده کرد. استفاده از قالب موقت یک‌بار مصرف که در محل درز باقی می‌ماند (مانند توری یا شبکه فلزی) در صورتی مجاز است که به تایید دستگاه نظارت برسد.

کنج‌های قایم در دو کله‌ی قالب باید پخ داشته باشند. پخ کنج‌ها را می‌توان با کارگذاشتن زِوار سه‌گوش ایجاد کرد. در درزهای اجرایی باید قالب به سطح بتن موجود تکیه داده شود و دست‌کم ۲۵ میلی‌متر با سطح بیرونی بتن مرحله قبل همپوشانی داشته باشد. استفاده از زِوار برای ایجاد شیار (چفت) در درزهای اجرایی افقی و قایم می‌تواند به یک‌دست شدن خط واریز بتن کمک کند.

۶-۳-۱-۴-۴- قالب‌برداری

قالب باید زمانی باز و برداشته شود که بتن خودایستا شده باشد و تنش‌ها و تغییرشکل‌های وارده را تاب آورد. در هنگام بازکردن و برچیدن قالب‌بندی باید به موارد زیر توجه کرد:

omoorepeyman.ir

- عملیات قالب‌برداری و برچیدن پایه‌ها باید گام به گام و بدون وارد کردن ضربه به عضو بتنی انجام شود.
- قالب‌برداری باید چنان انجام شود که اعضا و قطعات تحت تنش و بار ناگهانی قرار نگیرند.
- در هنگام بازکردن و برداشتن قالب باید دقت شود که آسیبی به بتن وارد نشود.
- عملیات قالب‌برداری باید چنان انجام شود که خدشه‌ای به ایمنی وارد نشود.
- قالب‌ها و قطعات قالب‌بندی باید با مهارت باز و برداشته شوند به‌گونه‌ای که قابلیت بهره‌برداری خود را برای استفاده دوباره، حفظ کنند.
- در هنگام قالب‌برداری باید دقت شود که تغییرشکل‌های ناگهانی یا غیرمجاز در اعضای و قطعات بتنی رخ ندهد.
- چنانچه قالب‌برداری پیش از پایان دوره مراقبت انجام شود باید تدابیر و تمهیداتی برای مراقبت بتن پس از قالب‌برداری به کار گرفته شود.

۶-۳-۱-۴-۵- زمان قالب‌برداری

زمانی می‌توان قالب‌برداری کرد که بتن و اعضای بتنی خودایستا باشند. یکی از معیارهای خودایستا بودن بتن، دستیابی به حداقل مقاومت لازم برای قالب‌برداری (مقاومت خودایستایی) است. حداقل مقاومت لازم بتن برای بازکردن قالب‌های اعضای خمشی باید توسط مهندسین مشاور یا دستگاه نظارت مشخص گردد. در مواردی‌که این حداقل تعیین نشده باشد، چنانچه مقاومت آزمونه‌های آگاهی، حداقل به ۷۰ درصد مقاومت مشخصه رسیده باشد، می‌توان قالب‌های سطوح زیرین را برداشت. در مواردی که مهندسین مشاور یا دستگاه نظارت، حداقل مقاومت یا زمان خاصی را اعلام نکرده باشند، بعنوان گزینه دیگر می‌توان مطابق جدول ۹-۵ آئین‌نامه بتن ایران اقدام نمود.

۶-۳-۱-۴-۶- پایه‌ها

پایه‌ها (شمع‌ها) اعضای لاغری هستند که به صورت تکی برای ایستاسازی قالب‌بندی و تنظیم قالب به کار می‌روند و معمولا طول آنها قابل تنظیم است. پایه می‌تواند ایستاده (زیربند سقف)، کج (مهاری و بغل‌بند دیوار یا ستون)، یا خوابیده (پاشنه دیوار یا ستون) باشد. از آنجا که پایه‌ها عموماً از سختی جانبی ناچیزی برخوردارند به آسانی در اثر بارهای محوری فشاری مستعد کمانه کردن هستند، بنابراین باید تابمندی (مقاومت) آنها را با بستن به یکدیگر افزایش داد. پایه‌های ایستاده تا سه متر نیازی به میان‌بند (مهار جانبی) ندارند به شرط آن‌که فاصله بین پایه‌ها در دو امتداد عمود بر هم بیشتر از یک متر نباشد و همچنین بار وارده به هر پایه از ظرفیت باربری آن فراتر نرود. پایه‌های بلندتر از سه متر باید در دو امتداد عمود بر هم میان‌بند داشته باشند. فاصله مهارهای میانی در هر امتداد نباید بیشتر از ۲ متر باشد.

بالا و پایین پایه‌های ایستاده باید به گونه‌ای به قالب‌بندی (تیر زیرسری) و نشیمن (تیر زیرپایه) بسته شوند که در اثر تکان‌ها و بارهای ناشی از بتن‌ریزی از قالب‌بندی جدا یا از محل خود جابجا نشوند. در سقف‌ها که بتن با پمپ یا جام

omoorepeyman.ir

(باکت) ریخته می‌شود باید دقت کرد که بتن در یک دهانه انباشته نشود، زیرا انباشته شدن بتن در یک دهانه باعث می‌شود که قالب در دهانه‌های کناری بلند شود (خیز رو به بالا) و پایه‌ها از قالب جدا شوند.

۶-۳-۱-۴-۷- پایه اطمینان

در صورت استفاده از پایه‌های اطمینان، زمان برداشتن باید توسط مهندسین مشاور یا دستگاه نظارت مشخص شود و می‌تواند متناظر با زمانی انتخاب شود که مقاومت آزمونه‌های آگاهی به ۹۰ درصد مقاومت مشخصه رسیده باشد. در هر حالت، ضوابط بند ۹-۶-۲ آئین‌نامه بتن ایران برای بازکردن و برچیدن پایه‌های اطمینان باید رعایت شود.

زمانی که قالب‌ها باز می‌شوند یا پایه‌های اطمینان برداشته می‌شوند، نباید هیچ‌گونه تغییرشکل یا اعوجاج بیش از اندازه در اعضای بتنی رخ دهد و نیز نشانه‌ای از خرابی در بتن به‌دلیل بازکردن قالب‌ها یا برداشتن پایه‌ها (شمع‌ها) دیده نشود.

۶-۳-۲- آرماتور و آرماتوربندی

۶-۳-۲-۱- مقدمه

این بخش دربرگیرنده مشخصات فنی آرماتورهای مورد استفاده و ضوابط اجرایی و کارگذاری آنها (آرماتوربندی) در بتن است. آرماتورها شامل میلگردها، سیم‌ها و شبکه‌های جوش شده، کابل‌ها و الیاف می‌شوند. آرماتور مورداستفاده در بتن باید مطابق استانداردهای معتبر، تولید شده و دارای برگ شناسایی کارخانه سازنده باشد.

۶-۳-۲-۲- انواع آرماتور

آرماتور مصرفی در بتن آرمه به چهار گروه میلگرد، کابل، شبکه و الیاف تقسیم می‌شود.

۶-۳-۲-۲-۱- میلگرد

میلگرد یک عضو میله‌ای فولادی یا پلیمری است که برای مسلح کردن بتن به کار می‌رود. استفاده از میلگردها به دو شکل ساده و آجدار در دسترس هستند. قطر اسمی میلگرد قطری است که در برگ شناسایی آن ذکر می‌شود و معادل قطر دایره‌ای است که مساحت آن برابر مساحت مقطع عرضی میلگرد باشد. سطح مقطع عرضی میلگرد از تقسیم وزن واحد طول بر چگالی آن به دست می‌آید.

ویژگی‌های میلگردهای فولادی گرم‌نوردیده شده باید مطابق با الزامات استاندارد ملی ایران ۳۱۳۲ و میلگردهای سرد نوردیده شده مطابق با الزامات استاندارد ملی ایران ۱۱۵۵۸ باشد.

۶-۳-۲-۲-۲- کابل‌ها

کابل‌ها بافته‌ای درهم تنیده از سیم‌ها هستند که به عنوان اعضای کششی در قطعات پیش‌تنیده برای ایجاد نیروی فشاری در بتن استفاده می‌شوند. مشخصات کابل‌های مصرفی در بتن باید مطابق استاندارد ملی ایران ۱-۱۳۲۵۰ باشد.

omoorepeyman.ir

۶-۳-۲-۲-۳- الیاف

الیاف مواد توپُر باریک و درازی هستند که معمولا درازای آنها دست‌کم ۳۰ برابر قطر اسمی آنها است. قطر اسمی الیاف، قطر دایره‌ای هم مساحت با سطح مقطع الیاف است. الیاف برای ساخت بتن مسلح شده با الیاف به کار می‌روند و می‌توانند عملکردی سازه‌ای یا غیرسازه‌ای در بتن داشته باشند. چنانچه الیاف بر ظرفیت باربری عضو بتنی مانند مقاومت کششی، مقاومت یا مدول خمشی و چقرمگی آن تاثیر داشته باشند، دارای عملکرد سازه‌ای هستند و اگر نقش آنها فقط کنترل ترک و جمع‌شدگی ناشی از خشک شدن (تکیدگی) در بتن باشد، دارای عملکرد غیرسازه‌ای هستند. الیاف با عملکرد سازه‌ای می‌توانند از نوع فولادی یا پلیمری باشند. الیاف فولادی به کار رفته در بتن باید مطابق با مشخصات فنی و استاندارد ملی به شماره‌ی ۱۷۶۹۷ یا استاندارد ASTM A820 باشند. ویژگی‌های الیاف مصرفی در بتن باید مطابق بخش ۳-۳-۱۰ آیین‌نامه بتن ایران باشد. با توجه به تعریف بتن‌آرمه، بتن مسلح شده با الیاف در کلیات بتن‌آرمه جای نمی‌گیرد.

۶-۳-۲-۲-۴- شبکه

شبکه چیدمانی منظم از سیم، مفتول، یا میلگرد است که به دو شکل توری یا شبکه جوش‌شده در دسترس است. توری بافته‌ی منظمی از سیم یا مفتول فولادی یا شبکه‌ای یکپارچه ساخته شده از پلیمر است که عموماً کارکرد سازه‌ای ندارد و برای کنترل ترک‌های خمیری در بتن تازه یا کنترل ترک‌های جمع‌شدگی ناشی از خشک شدن (تکیدگی) در بتن سخت شده به کار می‌رود. شبکه جوش‌شده، چیدمانی از مفتول‌ها یا میلگردهای طولی و عرضی عمود بر هم است که همه نقاط تماس آنها به یکدیگر جوش شده‌اند. شبکه‌های جوش‌شده از میلگردهای ساده، مفتول‌ها یا از میلگردهای آجدار ساخته می‌شوند و می‌توانند کارکردی سازه‌ای داشته باشند. مشخصات شبکه‌های جوش شده باید مطابق استاندارد ملی ایران ۴-۱۱۳۳ باشند.

۶-۳-۲-۳- ویژگی‌های ساختاری، فیزیکی و مکانیکی میلگردهای فولادی

ویژگی‌های مکانیکی میلگردها بر اساس مشخصات مکانیکی و رفتاری ماده سازنده آن بیان می‌شود. از آنجا که در ایران عمدتاً میلگردهای تولیدی از فولاد ساخته می‌شوند، بیشتر میلگردهای مصرفی در بتن از نوع میلگردهای فولادی هستند.

قطر اسمی میلگردهای فولادی از ۶ تا ۵۰ میلی‌متر با گام‌های مختلف است. چگالی فولاد برابر ۷۸۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب، مدول کشسانی آن ۲×۱۰^{۵} مگاپاسکال و ضریب انبساط حرارتی آن $۱/۲\times۱۰^{-۵}$ بر درجه سلیسیوس در نظر گرفته می‌شود.

۶-۳-۲-۳-۱- ویژگی‌های ساختاری

ساختار فولادهای به کار رفته در آرماتور مصرفی در بتن‌آرمه از نظر روش تولید به شرح زیر دسته‌بندی می‌شوند:

۱- فولاد گرم نورد شده بر اساس استاندارد ملی ایران ۳۱۳۲

۲- فولاد سرد اصلاح شده، که بر اثر انجام عملیات مکانیکی نظیر پیچانیدن، کشیدن، نورد کردن یا گذرانیدن از حدیده، بر روی میلگردهای گرم نورد شده، در حالت سرد به‌دست می‌آید. ویژگی‌های فولاد سرد اصلاح‌شده باید بر اساس استاندارد ملی ایران ۲-۱۳۲۵۰ و ۱۱۵۵۸ باشد.

omoorepeyman.ir

۳- فولاد گرم اصلاح شده یا فولاد ویژه، که بر اثر انجام عملیات مکانیکی نظیر گرمایش و آب دادن بر روی میلگردهای گرم نورد شده در حالت گرم به‌دست می‌آید. ویژگی‌های این نوع فولاد باید منطبق بر استاندارد ملی ایران ۳-۱۳۲۵۰ باشد.

۶-۳-۲-۳-۲- رده مقاومتی

رده مقاومتی میلگردهای فولادی براساس مقاومت مشخصه آنها تعیین می‌شود. طبقه‌بندی میلگردهای مصرفی در بتن آرمه بر حسب رده مقاومتی با Sxxx بیان می‌شود که xxx عدد بعد از S بیانگر مقاومت تسلیم (f_y) فولاد بر حسب نیوتن بر میلی‌متر مربع (مگاپاسکال) است. رده‌بندی آرماتورها بر اساس تنش حد تسلیم آن‌ها مطابق فصل ۴ آئین‌نامه بتن ایران است.

در مواردی که تنش تسلیم فولاد به وضوح مشخص نباشد مقدار آن معادل تنش نظیر ۰/۲ درصد تغییرشکل نسبی ماندگار اختیار می‌شود.

چنانچه در فرایند تولید، تغییراتی در ترکیبات شیمیایی یا در روش ساخت با اهداف مشخص ایجاد شود، در سمت راست رده میلگرد یک حرف لاتین اضافه خواهد شد. در آئین‌نامه بتن ایران (آبا)، برای فولادهای سرد نوردیده و مفتول‌های ساخته شده مطابق استاندارد ملی ایران ۱۱۵۵۸ ایران، رده S500C به‌کار برده شده است.

ویژگی‌ها و رده مقاومتی میلگردهای مصرفی بر اساس مندرجات جدول ۶-۳۴ می‌باشد. باید توجه کرد رده‌بندی رایج میلگردها در بازار ایران که با A-I، A-II، A-III، و A-IV بیان می‌شود انطباق کاملی با مندرجات جدول مزبور ندارد.

جدول ۶-۳۴- رده‌بندی و ویژگی‌های مقاومتی میلگردهای فولادی مصرفی در بتن

رده	علامت مشخصه در ایران	طبقه‌بندی از نظر شکل رویه	رده از نظر شکل پذیری	مقاومت کششی حداقل MPa	تنش حد تسلیم MPa		ازدیاد طول نسبی [1]	
					حداقل	حداکثر	حداقل A_5	حداقل A_{10}
S240	س ۲۴۰	ساده	نرم	۳۶۰	۲۴۰	–	۲۵	۱۸
S340	آج ۳۴۰	آجدار مارپیچ	نیم سخت	۵۰۰	۳۴۰	–	۱۸	۱۵
S350	آج ۳۵۰	آجدار مارپیچ	نیم سخت	۵۰۰	۳۵۰	۴۵۵	۱۷ [2]	–
S400	آج ۴۰۰	آجدار جناغی	نیم سخت	۶۰۰	۴۰۰	–	۱۶	۱۲
S420	آج ۴۲۰	آجدار جناغی	نیم سخت	۶۰۰	۴۲۰	۵۴۵	۱۶ [2]	–
S500	آج ۵۰۰	آجدار مرکب	سخت	۶۵۰	۵۰۰	–	۱۰	۸
S500C	آج ۵۰۰ سرد	آجدار	سخت	۵۵۰	۵۰۰	–	۱۲	–
S520	آج ۵۲۰	آجدار مرکب	سخت	۶۹۰	۵۲۰	۶۷۵	۱۳	–

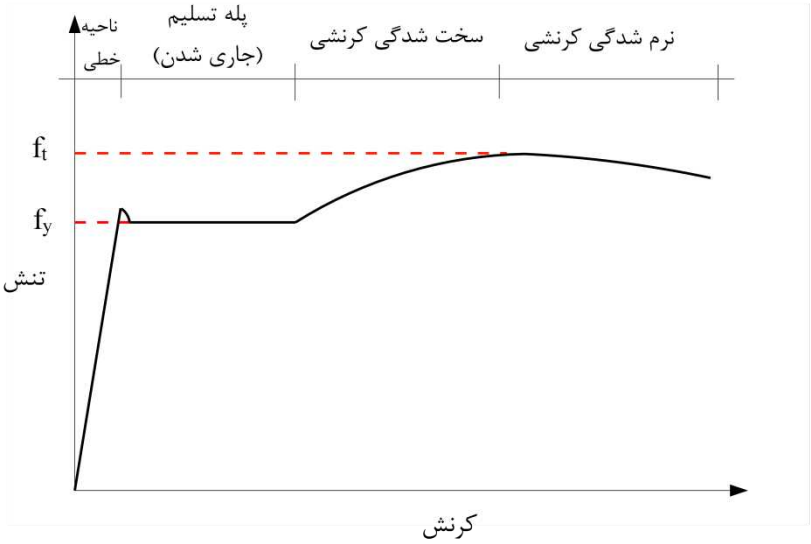
۱- انتخاب یکی از طول‌های آزمون برای تعیین میزان ازدیاد طول نسبی کافی است. در صورت عدم ذکر طول آزمون، طول حداقل A_5 باید ملاک قرار گیرد. طول‌های A_5 و A_{10} در استاندارد INSO 3132 ایران تعریف شده‌اند.

۲- در خصوص میلگردهایی که قطر اسمی آن‌ها ۳۲ میلی‌متر یا بیشتر است، حداقل مقدار مشخصه تعریف شده برای A_5 ممکن است تا ۲ درصد به ازای هر ۳ میلی‌متر افزایش در قطر، کاهش یابد. حداکثر کاهش از حداقل مقادیر تعریف شده در جدول فوق به ۴ درصد محدود می‌شود.

در صورتی که نمونه‌های آزمون کشش تراشکاری شوند، باید ضریب تبدیل محاسباتی مربوط به نمونه نوردی تراشکاری شده را با توجه به پیوست ب استاندارد ملی ایران ۳۱۳۲، در نتایج به‌دست آمده از آزمون اعمال نمود.

omoorepeyman.ir

در میلگردهای فولادی ذکر شده در جدول ۳-۳۳، حداقل نسبت مقاومت کششی به تنش حد تسلیم برابر با ۱/۲۵ می‌باشد. در میلگردهای فولادی سرد نوردیده شده حداقل نسبت فوق برابر ۱/۰۳ است. نمودار کلی تنش-کرنش میلگردهای فولادی مطابق شکل زیر است:



شکل ۶-۵- نمودار کلی تنش- کرنش میلگردهای فولادی

در میلگردهای فولادی که مقاومت لازم و نسبت مقاومت کششی به تنش حد جاری شدن (تسلیم) حداکثر در آنها مطابق جدول ۳-۳۳ به روش خنک‌کاری و برگشت کنترل شده (مانند روش ترمکس) حاصل می‌شود، نشانگر (حرف) T و برای میلگردهای فولادی آلیاژی، حرف A به انتهای رده میلگرد در گواهینامه فنی صادره و نیز در نشانه‌گذاری روی میلگرد درج می‌شود.

۶-۳-۲-۳-۳- شکل‌پذیری

شکل‌پذیری[۱] توانایی یک ماده برای تحمل تغییرشکل ماندگار زیاد پیش از گسیخته شدن است. میلگردهای فولادی بر پایه شکل‌پذیری و نمودار تنش-کرنش (تنجش) آنها به سه دسته تقسیم می‌شوند:

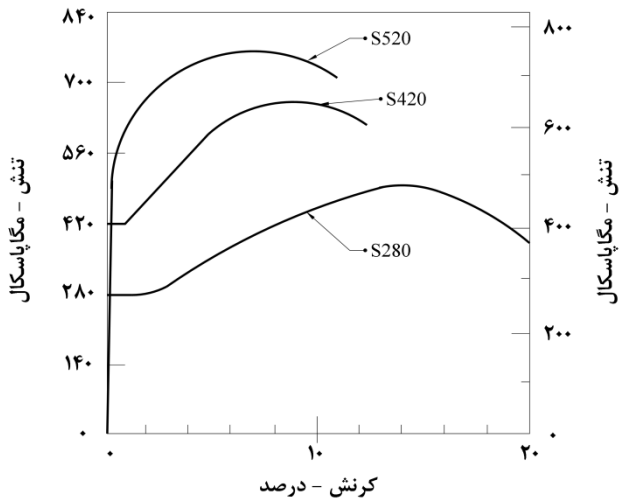
الف-فولاد نرم (S240) ، که نمودار تنش – تنجش آن دارای پله تسلیم مشهود است.

ب-فولاد نیمه سخت (S420,S400,S350,S340)، که نمودار تنش – تنجش آن دارای پله تسلیم بسیار محدود است.

پ-فولاد سخت (S520,S500) که نمودار تنش –کرنش آن فاقد پله تسلیم است.

۱- Ductility

omoorepeyman.ir



شکل ۶-۶- نمودار کلی تنش- کرنش فولاد نرم، نیمه سخت و سخت

۶-۳-۲-۳-۴- خم‌پذیری

خم‌پذیری میلگردها باید براساس آزمایش تاشدگی با زاویه ۱۸۰ درجه یا آزمایش خم کردن و باز کردن خم با استفاده از فلکه استاندارد مطابق استاندارد ملی ایران ۱-۸۱۰۳ تعیین شود. ضوابط خم‌پذیری میلگردها باید مطابق بند ۶-۶-۴ آئین‌نامه بتن ایران باشد.

۶-۳-۲-۳-۵- جوش‌پذیری

جوش پذیری میلگردها به نحوه تولید و نیز ترکیب شیمیایی آنها بستگی دارد. فولاد از نظر جوش‌پذیری به سه رده زیر دسته‌بندی می‌شود:

الف- فولاد جوش‌پذیر که با تجهیزات و روش‌های متداول قابل جوشکاری است.

ب- فولاد جوش پذیر مشروط که در شرایطی معین با تجهیزات و روش‌های معین قابل جوشکاری است.

پ- فولاد جوش‌ناپذیر که با وسایل متعارف قابل جوشکاری نیست.

تمامی میلگردهای فولادی گرم نورد شده با ترکیب شیمیایی متعارف، دارای جوش‌پذیری مطلوب تلقی می‌شوند. میلگردهای فولادی سرد اصلاح شده و گرم به عمل آمده، به حرارت جوش حساسیت بسیار دارند و با روش‌های معمول جوش‌پذیر نیستند. وصله جوشی این گونه میلگردها با رعایت ضوابط خاص میسر است. جوشکاری میلگردها باید مطابق بند ۴-۶-۵ آبا باشد.

شرایط جوشکاری آرماتورهای فولادی مصرفی در بتن و حداقل دمای مورد نیاز پیش گرمایش و انجام عملیات جوشکاری باید بر مبنای استاندارد ملی ایران INSO-3132 باشد.

omoorepeyman.ir

۶-۳-۲-۴- نمونه‌برداری، آزمایش و ضوابط پذیرش

پس از تحویل محموله‌های آرماتور به کارگاه، دستگاه نظارت دستور انجام آزمایش‌های لازم را صادر خواهد کرد. تعداد و تواتر نمونه‌ها باید طوری باشد که ارزیابی کیفیت کل آرماتور مصرفی ممکن شود.

بسته به حجم میلگرد مصرفی در پروژه و با صلاحدید مشاور و دستگاه نظارت باید همه یا تعدادی از آزمایش‌های فهرست شده در بند ۶-۶ آئین‌نامه بتن ایران (آبا) بر روی میلگرد فولادی مصرفی پروژه انجام گیرد.

۶-۳-۲-۵- ضوابط اجرایی

آرماتورها، میل مهارها، لوله‌ها و هر آنچه که در بتن باقی می‌ماند باید بر اساس نقشه‌های اجرایی یا دستورکارهای کارگاهی به گونه‌ای درست و اطمینان بخش در محل خود مستقر و تثبیت شوند و پیش از بتن‌ریزی، کنترل و به تایید دستگاه نظارت برسند. در مورد بتن‌ریزی با قالب لغزان که آرماتوربندی همزمان با بتن‌ریزی انجام می‌شود، نحوه نظارت و تایید آرماتوربندی باید بر اساس مشخصات فنی و دستورکارهای پروژه یا بر اساس استانداردهای معتبر بین‌المللی تعیین و انجام شود. به جز در مورد قالب لغزان، آرماتوربندی یا جابجایی میلگردها در زمان بتن‌ریزی مجاز نیست.

همخوانی قطر اسمی میلگردهای تهیه شده با میلگردهای مندرج در نقشه‌های سازه‌ای باید پیش از بتن ریزی به تایید دستگاه نظارت یا مشاور برسد.

آرماتورها در هنگام بتن‌ریزی باید تمیز و عاری از هر نوع آلودگی همچون چربی، زنگار، پوسته‌شدگی، خاک، گل، دوغاب خشک و بتن سخت شده باشند. پیش از آغاز بتن‌ریزی باید هر آنچه که از پیوستگی و پیوند[۱] آرماتور و بتن جلوگیری می‌کند از سطح آرماتورها زدوده شود.

۶-۳-۲-۵-۱- نقشه‌های اجرایی

جزییات آرماتوربندی همچون قطر، طول، شکل، اندازه و چگونگی خم‌ها، تعداد و جدول وزن آرماتورها باید در نقشه‌های منضم به پیمان آورده شوند. بسته به نوع سازه و پیچیدگی آرماتوربندی و برای کاهش دورریز میلگردها، پیمانکار باید بنا به درخواست دستگاه نظارت و بر اساس نقشه‌های اصلی قرارداد، اقدام به تهیه "نقشه‌های اجرایی کارگاهی[۲]" کند. نقشه‌های اجرایی کارگاهی دربرگیرنده جزییات بیشتری در باره طول برش میلگردها، جزییات خم کردن، تعداد و محل دقیق قرارگیری میلگردها در هر مقطع، نوع و اندازه وصله میلگردها، محل وصله‌ها، و دیگر جزییاتی هستند که به درک بهتر و بهبود روند اجرایی آرماتوربندی کمک کنند.

۶-۳-۲-۵-۲- بریدن و خم کردن آرماتورها

بریدن و خم کردن آرماتور باید مطابق نقشه‌ها و مشخصات اجرایی در کارگاه یا در کارخانه تولید کننده و با رعایت

۱- Bonding

۲- Shop drawing

omoorepeyman.ir

ضوابط فصل هشتم آیین نامه بتن ایران (جزییات آرماتوربندی) انجام شود. بریدن آرماتورها باید به روش‌های مکانیکی مانند قیچی یا اره انجام شود. روش‌های برش حرارتی (مانند هوا برش یا برش پلاسما) برای بریدن میلگردهای فولادی توصیه نمی‌شود ولی در صورت صلاحدید و تایید دستگاه نظارت، می‌توان آنها را به کار برد. در مورد میلگردهای سرد اصلاح شده به روش پیچاندن یا کشیدن و غیره چنانچه از روش حرارتی برای بریدن استفاده شود به دلیل تغییر ریزساختار فولاد باید طولی حدود قطر میلگرد یا ۲۵ میلی‌متر (هر کدام بزرگتر باشد)، از انتهای بریده شده در محاسبه طول مهاری میلگرد در نظر گرفته نشود. چنانچه میلگرد مصرفی به صورت کلاف باشد باید میلگردها پیش از بریدن صاف شوند.

خم کردن میلگردهای فولادی باید به روش سرد انجام شود و استفاده از حرارت بدون تایید دستگاه نظارت برای این منظور مجاز نیست. خم کردن یا بازکردن خم میلگردهایی که یک سر آنها داخل بتن قرار دارد مانند میلگردهای انتظار و میلگردهای ریشه یا بازکردن میلگردهای خم شده، مجاز نیست مگر آن‌که در نقشه‌های اجرایی پیش‌بینی شده باشد. در چنین مواردی برای شکل دادن مجدد باید به ویژگی‌های فولاد مصرفی توجه کرد و تمهیداتی به کار گرفت تا بتن دچار ترک و آسیب ناشی از تنش‌های موضعی یا ناشی از حرارت نشود.

در خم کردن میلگردهای فولادی، رعایت نکات زیر الزامی است:

الف- حداقل قطر فلکه خم‌کن باید متناسب با قطر میلگرد و مطابق نقشه‌های اجرایی باشد و جزییات خم میلگردها رعایت شود.

ب- سرعت خم کردن متناسب با نوع فولاد و دمای میلگرد انتخاب می‌شود. در مورد میلگردهای فولادی سرد اصلاح شده، سرعت خم کردن با روش تجربی به دست می‌آید. با افزایش مقاومت فولاد و کاهش دمای آن، سرعت خم کردن باید کاهش یابد.

پ- خم کردن میلگردهای فولادی در دمای کمتر از ۱۵- درجه سلسیوس مجاز نیست.

ت- در صورتی که ریشه میلگردها در زمان بتن‌ریزی به هر دلیلی جابجا شده باشند اگر جابجایی کمتر از ۲۵٪ پوشش بتنی روی میلگرد باشد می‌توان ریشه‌ها را با صلاحدید دستگاه نظارت و با شیب ۱ به ۶ (یک افقی به شش عمودی) خم کرد و به جای اولیه برگرداند. چنانچه جابجایی ریشه‌ها بیش از ۲۵٪ پوشش بتنی روی میلگرد باشد، خم کردن ریشه‌ها مجاز نیست و می‌توان از راهکار افزایش متقارن سطح مقطع عضو بتنی یا کاشت میلگردهای جایگزین (هر کدام که به تایید دستگاه نظارت برسد) استفاده کرد.

ث- باز و بسته کردن خم‌ها به منظور شکل دادن مجدد مجاز نیست مگر در شرایط خاص و اضطراری که در نقشه‌ها دیده شده باشد یا به تایید دستگاه نظارت رسیده باشد. در چنین مواردی باید تمام میلگردها از نظر ترک خوردگی کنترل شوند و نتایج کنترل به تایید کتبی کنترل کننده و دستگاه نظارت برسد.

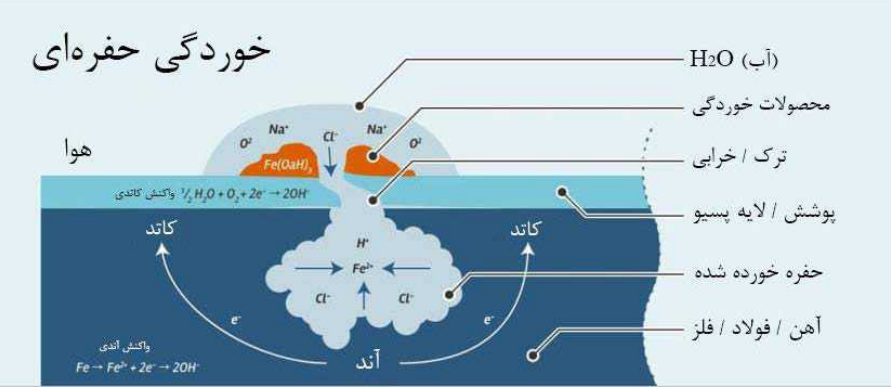
ج- محل خم میلگردهای گالوانیزه یا با پوشش اپوکسی باید پس از خم‌کاری بررسی شود و چنانچه آسیب دیده باشد باید پس از خم‌کاری، پوشش ناحیه خم ترمیم شود.

omoorepeyman.ir

۶-۳-۲-۵-۳- کارگذاشتن و بستن آرماتورها

آرماتورها در زمان کارگذاری باید تمیز و عاری از هر گونه آلودگی باشند. هر آنچه که به پیوستگی آرماتور و بتن آسیب می‌رساند باید پیش از کارگذاری آرماتور از رویه آن زدوده شود و تا زمان بتن‌ریزی از آلودگی‌ها محفوظ بماند. میلگردهایی که دچار زنگ‌زدگی شدید و تا حد پوسته‌شدگی شده باشند (چه پیش از بستن و چه پس از بستن) باید پیش از بتن‌ریزی زنگ‌زدایی شوند. برای زنگ‌زدایی میلگردها می‌توان از روش‌های برس‌زنی (دستی یا ماشینی)، ساینده-پاششی (مانند ماسه‌پاشی) یا پاشش آب پرفشار[۱] استفاده کرد. میلگردهای زنگ‌زدایی شده در صورتی برای استفاده در بتن آرمه مجاز خواهند بود که پس از زنگ‌زدایی، مشخصات فنی و مکانیکی مندرج در مشخصات فنی پروژه و بندهای ۴-۲-۴ و ۴-۳-۱ آیین نامه بتن ایران را برآورده کنند. در مورد میلگردهایی که لایه زنگ روی آنها با تشخیص دستگاه نظارت نازک باشد و به مرحله پوسته شدگی نرسیده باشد و به آسانی برداشته می‌شوند، نیازی به زنگ‌زدایی نیست.

چنانچه خوردگی میلگرد از نوع حفره‌ای[۲] باشد استفاده از این میلگرد مجاز نیست(شکل ۶-۷).



شکل ۶-۷- نمایی از خوردگی حفره‌ای در میلگرد

آرماتورها بایستی مطابق نقشه‌های اجرایی به گونه‌ای در محل خود نصب و تثبیت شوند که در زمان بتن‌ریزی جابجا نشوند. سر آزاد سیم‌های آرماتوربندی که برای بستن میلگردها به کار می‌روند به‌ویژه در مناطق خورنده باید به داخل بتن کج شوند و در پوشش بتنی روی میلگرد واقع نشوند. چنانچه به دلیل تداخل میلگردها با دیگر اقلام مدفون در بتن (مانند لوله‌ها و داکت‌ها) نیاز به جابجابندی[۳] میلگردها و تغییر فاصله آنها باشد، این عمل باید پیش از بتن‌ریزی به تایید دستگاه نظارت برسد. در مواردی که شبکه آرماتور بسیار فشرده باشد به گونه‌ای که برای عبور بتن و تراکم آن ایجاد ممانعت کند، بازکردن و بستن مجدد بخشی از میلگردها بلامانع است به شرط آن‌که تا زمانی که بتن تازه و به قدری روان است که اطراف میلگرد را پر می‌کند، در اسرع وقت میلگردهای باز شده دوباره در محل اولیه و اصلی خود نصب شوند.

۱- Water jet
۲- Pitting corrosion
۳- Relocation

omoorepeyman.ir

جایگزین کردن میلگردهای مندرج در نقشه با میلگردهای معادل، در صورتی مجاز است که ضوابط سازه‌ای و پایایی عضو بتن آرمه و سازه را برآورده کند و به تایید دستگاه نظارت برسد.

۶-۳-۲-۵-۴- وصله کردن آرماتورها

بهتر است که میلگردها به شکل یکپارچه و پیوسته در بتن به‌کار روند. چنانچه استفاده از وصله در کارگذاری میلگردها به دلایل فنی و اجرایی ناگزیر باشد باید محل و نوع وصله‌ها در نقشه‌های اجرایی کارگاهی نشان داده شده باشد. انواع وصله و روش وصله کردن آرماتورها باید مطابق مشخصات و ضوابط آیین نامه بتن ایران باشد. در تعیین محل وصله‌ها علاوه بر ضوابط آیین نامه بتن و مشخصات فنی پروژه، رعایت نکات زیر توصیه می‌شود.

الف- تا آنجا که ممکن است تعداد وصله‌ها در یک عضو به حداقل رسانده شود.

ب- محل قطع میلگردها و وصله‌ها در مقاطعی از عضو قرار داده شود که تنش وارده بر عضو یا قطعه بتنی حداکثر نباشد.

پ- در اعضای خمشی یا خمشی-فشاری نباید بیش از نصف میلگردها در یک مقطع وصله شوند. بهتر است وصله میلگردها در مقطع به صورت یک در میان[۱] باشد.

ت- در صورت وجود کشش مستقیم یا کشش ناشی از خمش، حداکثر یک سوم میلگردها در یک مقطع را می‌توان با همپوشانی[۲] وصله کرد.

۶-۳-۲-۵-۵- جوشکاری آرماتورها

همبندی و وصله میلگردها با روش جوش نوک به نوک خمیری (جوش الکتریکی تماسی) یا جوش ذوبی با الکترود (جوش با قوس الکتریکی) باید مطابق آیین نامه بتن ایران باشد و علاوه بر آن باید نکات زیر نیز مورد توجه قرار گیرد:

الف- اتصال جوشی میلگرد سرد اصلاح شده فقط با روش‌های خاص و تحت کنترل دقیق دستگاه نظارت، مجاز است.

ب- در صورتی که برای هر نوع فولاد از الکترود مخصوص و روش جوشکاری استفاده شود می‌توان روش اتصال جوش ذوبی را با صلاحدید دستگاه نظارت به کار برد.

پ- پیش از جوشکاری باید میلگردها را گرم کرد (پیش گرمایش) و جوشکاری توسط جوشکار صلاحیت‌دار و آزموده انجام شود.

ت- نوع جوش، مشخصات دستگاه‌ها و تجهیزات جوشکاری به همراه صلاحیت فنی جوشکار باید به تایید دستگاه نظارت برسد.

۱- Staggered

۲- Overlap

omoorepeyman.ir

۶-۳-۲-۵-۶- پوشش بتن روی میلگردها

پوشش بتنی روی میلگرد، کوتاه‌ترین فاصله رویه میلگرد طولی یا عرضی تا نزدیک‌ترین سطح بتن است (در مورد محیط‌های خورنده، این فاصله تا نزدیک‌ترین فلز مدفون سنجیده می‌شود). از آنجا که پوشش بتنی روی میلگرد نقش بسزایی در پایایی[۱] (دوام) میلگرد و حفاظت آن در برابر خوردگی دارد، باید در زمان آرماتوربندی، قالب‌بندی و بتن‌ریزی دقت کافی به عمل آید تا حداقل پوشش بتنی روی میلگردها تامین شود. حداقل پوشش بتنی روی میلگردها باید مطابق آیین نامه بتن ایران و آیین نامه سازه‌های بتنی در سواحل خلیج فارس باشد.

۶-۳-۲-۵-۷- رواداری‌ها در بریدن و کارگذاشتن آرماتورها

بریدن و کارگذاشتن میلگردها باید در محدوده رواداری‌های مندرج در آیین نامه بتن ایران باشد و علاوه بر آن، موارد زیر در رواداری بریدن و کارگذاشتن میلگردها نیز رعایت شود.

- رواداری‌های بریدن میلگردها

- طول میلگرد ۲۵± میلی‌متر یا db± هر کدام کوچک‌تر باشد (db قطر میلگرد است)
- مجموع ابعاد خاموت ۱۲± میلی‌متر
- خم‌ها ۲۵± میلی‌متر

طول برش واقعی میلگردها دارای خم نسبت به اندازه‌ی نشان داده شده در نقشه کوتاه‌تر است.

- رواداری‌های بستن و کارگذاشتن میلگردها

مقدار تعیین شده برای رواداری عمق مؤثر مقطع خمشی (d) که در آئین‌نامه بتن ایران (آبا) بیان شده است برای محاسبه مقاومت و ظرفیت خمشی مقطع است و نباید آن را برای رواداری جابجایی میلگردها در زمان اجرا به کار برد.

محدوده مجاز رواداری‌های بستن و کارگذاشتن میلگردها به شرح زیر است:

الف - کاهش ضخامت پوشش بتن نسبت به مقادیر تعیین شده در نقشه‌ها، حداکثر ۱۰ میلیمتر می‌تواند باشد به شرط آن‌که از یک سوم اندازه پوشش بتنی بزرگتر نباشد. در مورد افزایش ضخامت پوشش بتن محدودیت موجود بر اساس ضوابط طراحی مشخص می‌شود. (شکل ۶-۸)

ب- انحراف موقعیت میلگردها (به جز ضخامت پوشش بتنی) با توجه به اندازه ارتفاع مقطع اعضای خمشی، ضخامت دیوارها یا کوچک‌ترین اندازه ستون‌ها به شرح زیر است: (شکل ۶-۹).

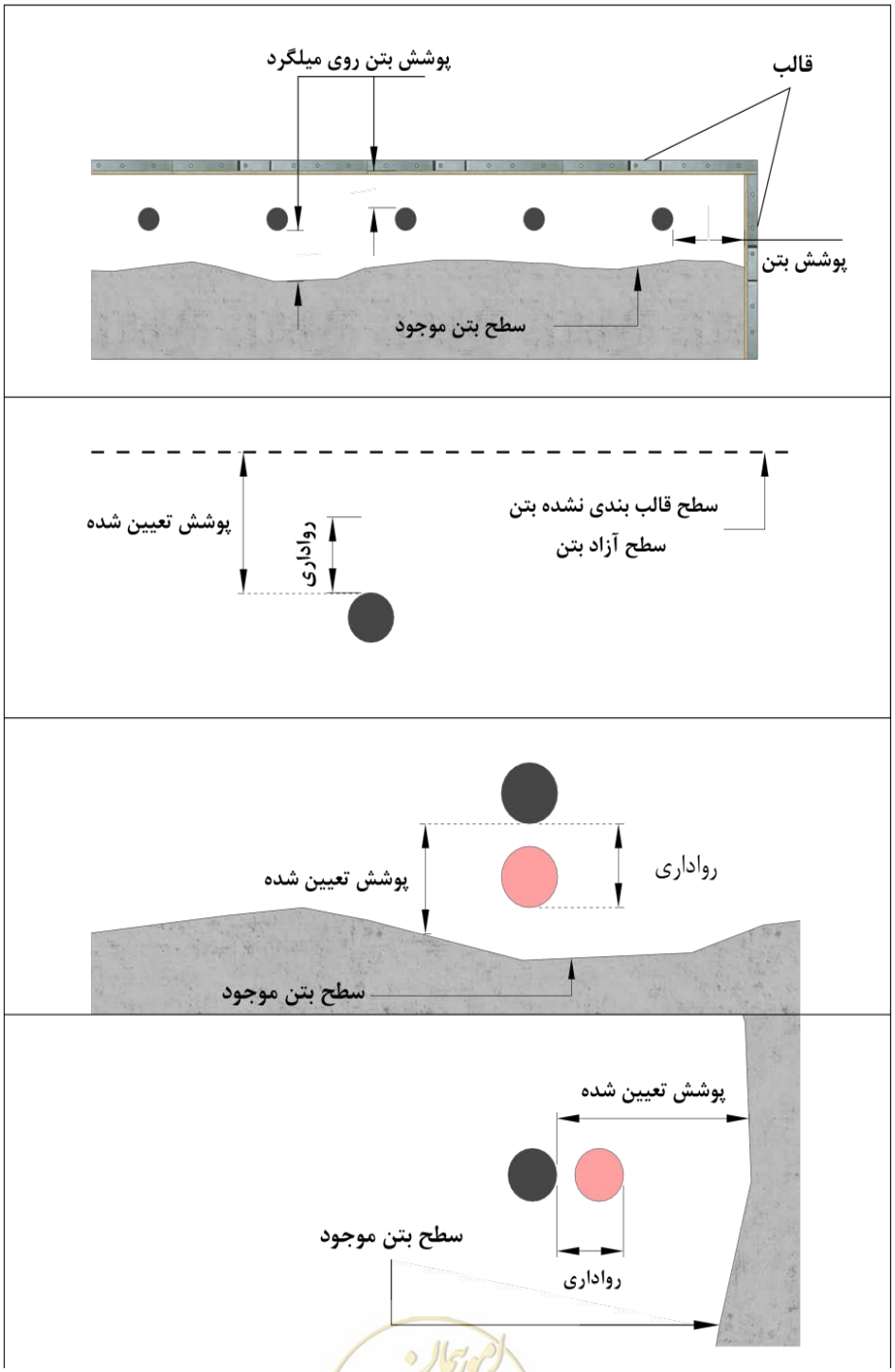
تا ۱۰۰ میلی‌متر ۶± میلی‌متر

بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر ۱۰± میلی‌متر

۱- Durability

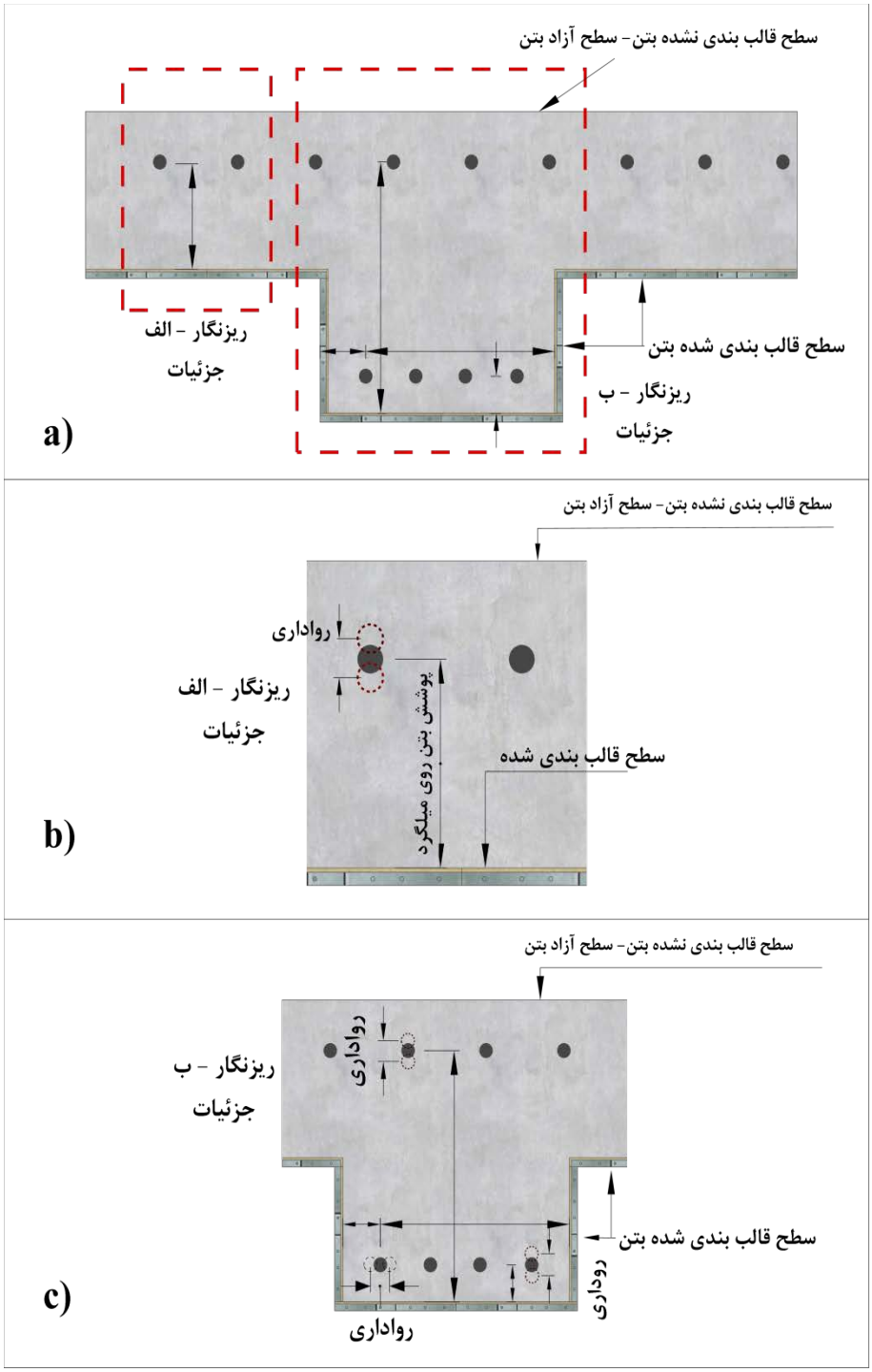
omoorepeyman.ir

بین ۳۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر	±۱۳ میلی‌متر
۶۰۰ میلی‌متر یا بیشتر	±۲۰ میلی‌متر



شکل ۶-۸- رواداری در پوشش بتن روی میلگردها

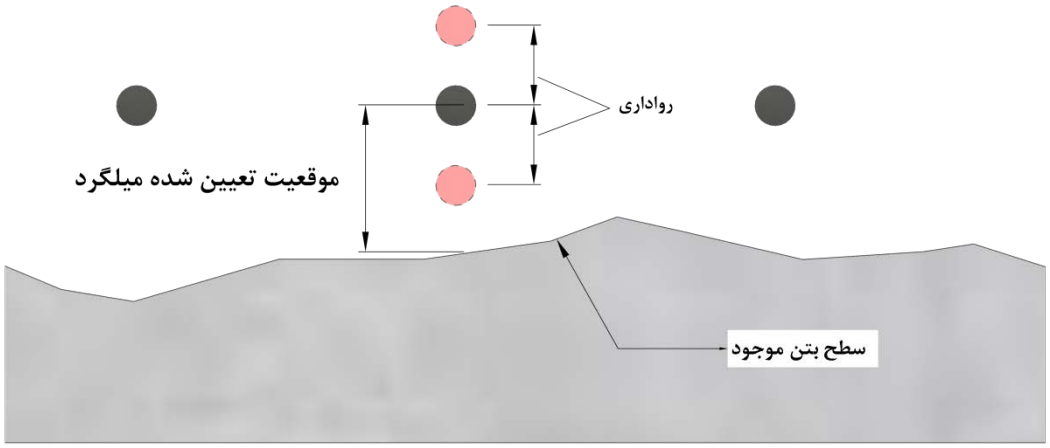
omoorepeyman.ir



شکل ۶-۹- رواداری جابجا شدن میلگردها

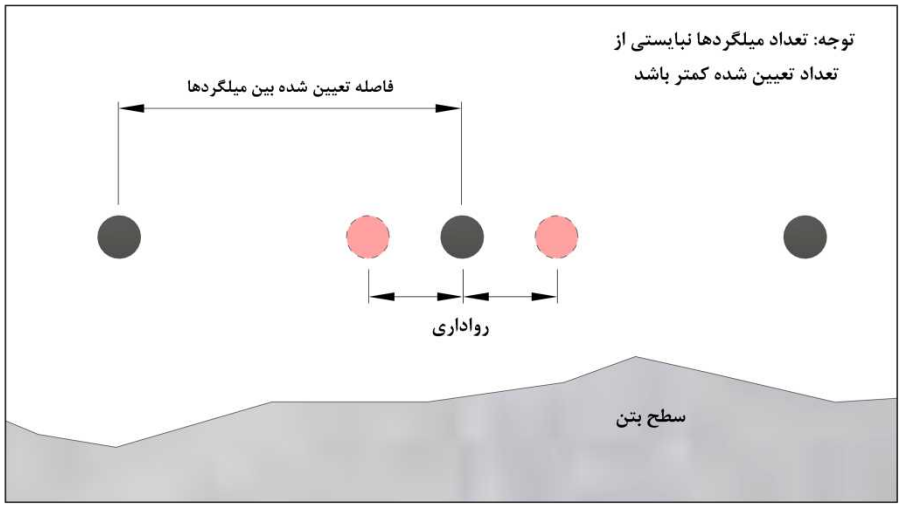
پ- رواداری جابجایی قایم در دال‌های سقف و یا در روی بستر خاکی نسبت به موقعیت مشخص شده در نقشه در محدوده ۲۰± میلیمتر می‌تواند باشد به شرط آن‌که ضوابط پوشش بتنی رعایت گردد. (شکل ۶-۱۰)

omoorepeyman.ir



شکل ۶-۱۰- رواداری قایم جابجاشدن میلگردها در دال‌های روی بستر موجود

ت- انحراف فاصله آزاد[۱] جانبی بین هر میلگرد با میلگرد مجاور، نباید در مجموع از یک چهارم فاصله آزاد طبق نقشه و حداکثر۲۵± میلیمتر، هر کدام کوچک‌تر است، بیشتر باشد.



شکل ۶-۱۱- رواداری انحراف افقی میلگرد نسبت به میلگرد مجاور

رواداری مجاز فاصله آزاد میلگردها نباید سبب شود که تعداد میلگردها در مقطع از تعداد میلگردهای نقشه کمتر شود.

چنانچه به هر دلیلی (مانند همپوشانی میلگردها) در یک مقطع نتوان رواداری مجاز فاصله آزاد بین میلگردها را رعایت کرد، با صلاحدید طراح و دستگاه نظارت می‌توان تعدادی از میلگردها را به هم چسباند (گروه میلگرد) به شرط آن‌که ضوابط گروه میلگردها[۲] مطابق آیین نامه بتن ایران رعایت شوند.

ث- به شرط آن‌که ضوابط پوشش بتنی رعایت گردد، رواداری انحراف موقعیت طولی خم‌ها و انتهای میلگردها در انتهای ناپیوسته قطعات ۲۰± میلی‌متر و در سایر موارد ۵۰± میلی‌متر است.

۱- Clear distance

۲- Bundling

omoorepeyman.ir

۶-۳-۲-۶- فاصله نگهدارها(لقمه‌ها) و خرک‌ها

فاصله نگهدارها می‌تواند از جنس فولادی، بتنی، یا پلیمری باشد. فاصله نگهدارها و خرک‌های فولادی باید از نوع گالوانیزه یا فولاد ضد زنگ باشد یا پیش از کارگذاری با پوشش محافظ (مانند اپوکسی غنی شده با روی) پوشانده شود. فاصله نگهدار بتنی با رعایت ضوابط مقاومت و دوام می‌تواند به صورت پیش‌ساخته یا ساخته شده در کارگاه باشد.

در شرایط محیطی رده خورنده استفاده از فاصله نگهدار پلاستیکی مجاز نیست و استفاده از نوع بتنی باکیفیت مناسب توصیه می‌شود. ملات یا بتن مصرفی در فاصله نگهدار باید کیفیتی مشابه یا نزدیک با بتن اصلی داشته باشد. این ملات یا بتن باید به خوبی متراکم و عمل‌آوری شود و نیاز به کنترل‌های مقاومتی و پایایی دارد. چنانچه در فاصله نگهدار از سیم یا مفتول برای بستن آنها پیش‌بینی شده باشد باید ضوابط حداقل پوشش بتنی در آنها رعایت شود.

خرک‌ها عمدتاً از نوع فولادی هستند. بخشی از خرک‌ها که در ناحیه پوشش بتنی روی میلگرد قرار می‌گیرد باید به گونه‌ای مناسب در برابر خوردگی محافظت شوند. توصیه می‌شود که تا حد امکان خرک‌ها روی فاصله نگهدارهای مناسب یا روی شبکه میلگرد زیرین قرار گیرند.

جنس و چیدمان فاصله نگهدارها یا خرک‌ها باید به‌گونه‌ای باشد که زیر بار وارده ناشی از وزن میلگردها و بارهای حین اجرا خرد یا له نشوند و تغییرشکل بیش از حد ندهند.

۶-۳-۲-۷- بازرسی اجرا

دستگاه نظارت باید موارد زیر را بازرسی و کنترل کند:

- پیش از آرماتوربندی، آماده‌سازی بستر کار؛ ابعاد، موقعیت و رقوم قالب‌ها؛ رواداری میلگردهای بریده و خم شده پیش از بستن
- جای‌گذاری میلگردها با فاصله مناسب و در محل مناسب و رعایت ضوابط حداقل پوشش بتنی روی آنها
- ابعاد و رقوم قالب‌ها و شاغول بودن آن‌ها پیش از و در حین بتن‌ریزی

۶-۳-۲-۸- حمل و انبارش آرماتور

حمل و انبار کردن میلگردها در کارگاه باید مطابق با ضوابط آیین نامه بتن ایران انجام گیرد.

۶-۳-۲-۹- آرماتورهای ویژه

استفاده از میلگردهای پلیمری، میلگردهای ضدزنگ، یا میلگردهای با پوشش اپوکسی در صورتی مجاز است که در نقشه‌های اجرایی و توسط طراح در نظر گرفته شده باشد. ضوابط به کارگیری این نوع میلگردها باید مطابق استانداردهای ایران یا در نبود این استانداردها، مطابق با استانداردهای بین‌المللی معتبر مانند ACI یا fib باشد.

omoorepeyman.ir

۶-۳-۳- ساخت و اجرای بتن

۶-۳-۳-۱- ساخت و تولید بتن

۶-۳-۳-۱-۱- الزامات توزین و پیمانه کردن

تجهیزات مورد نیاز برای توزین هر یک از مصالح باید سازگار با فرایند تولید بتن و قادر به پیمانه کردن هر یک از مصالح با دقت مورد نیاز باشد. این تجهیزات باید به‌طور دوره‌ای، قبل و در طی بهره‌برداری مطابق با آیین نامه بتن ایران مورد بازرسی قرار گیرد و طبق جدول ۶-۳۳ یا هر زمان که دستگاه نظارت ضروری تشخیص دهد واسنجی شود.

مصالح باید مطابق طرح مخلوط بتن مورد نظر، پیمانه شود. بدین منظور لازم است اطلاعاتی مانند نوع و مقدار اجزای بتن به صورت مکتوب در محل پیمانه کردن بتن در دسترس اپراتور دستگاه مخلوط‌کن باشد.

با توجه به تأثیر تغییر رطوبت سنگدانه بر روی اسلامپ و نسبت آب به سیمان، باید رطوبت سنگدانه‌ها در تواتر مناسب اندازه‌گیری شود و مقادیر آب در پیمانه اصلاح شود. سیمان، سنگدانه‌ها، یخ در صورت مصرف و مواد افزودنی پودری باید به صورت وزنی، توزین شوند. اندازه‌گیری آب و مواد افزودنی شیمیایی مایع به‌صورت حجمی یا وزنی مجاز است.

توزین افزودنی‌های معدنی همراه با سیمان مجاز است، مشروط بر آنکه دقت اندازه‌گیری طبق جدول ۶-۳۵ باشد. در هر صورت سیمان و افزودنی معدنی را باید از یک قیف توزین به‌طور مجزا از سایر مواد، وزن نمود، ضمن آنکه سیمان باید قبل از افزودنی معدنی توزین گردد.

جدول ۶-۳۵- رواداری‌های اندازه‌گیری مصالح متشکله بتن نسبت به وزن هریک از آن‌ها

اجزای مخلوط بتن	نسبت وزن هر پیمانه به ظرفیت وسیله سنجش وزن (٪)	رواداری اندازه‌گیری (درصد)	
		کمتر از مقدار تعیین شده	بیشتر ار مقدار تعیین شده
آب/یخ	--	-۱	+۱
سیمان/مجموع سیمان و مواد افزودنی معدنی	۳۰ >	-۱	+۱
	۳۰≤	۰	+۴
مصالح سنگی (جداگانه)	۱۵ <	-۰/۱	+۰/۱
	۱۵≥	-۲	+۲
مصالح سنگی (تجمعی)	۳۰ ≥	-۱	+۱
	۳۰<	-۰/۳	+۰/۳
مواد افزودنی معدنی	--	-۱	+۲
مواد افزودنی شیمیایی	--	-۳	+۳
الیاف فلزی و پلیمری	--	-۳	+۵

توزین سنگدانه‌ها به صورت تجمعی با هم مجاز است، مشروط بر آنکه دقت اندازه‌گیری طبق جدول ۶-۳۵ باشد.

اگر از چند ماده افزودنی شیمیایی به‌طور همزمان در تولید بتن استفاده شود، هر یک باید به صورت جداگانه پیمانه شوند، مگر آنکه تولیدکننده افزودنی، پیش اختلاط آنها را مجاز اعلام نماید.

omoorepeyman.ir

در صورت استفاده از مخلوط‌کن پیوسته و برای بتن‌های با رده کمتر از C16، توزین سنگدانه و سیمان به صورت وزنی و یا به صورت حجمی مجاز است. در هر صورت خطای اندازه‌گیری نباید بزرگ‌تر از مقادیر داده شده در جدول ۶-۳۵ باشد. خطا باید بر مبنای جرم تعیین گردد و درصورت پیمانه کردن حجمی به‌وسیله تبدیل حجم هر یک از مصالح به وزن، در دوره‌های زمانی مشخص، بسته به ظرفیت مخلوط کن، خطا باید محاسبه شود.

۶-۳-۳-۱-۲- الزامات اختلاط

بتن باید تا زمان ایجاد یکنواختی مناسب، به‌طور کامل مخلوط شود. استفاده از مخلوط‌کن‌ها بیش از ظرفیت مجاز نمی‌باشد و باید با سرعت توصیه شده توسط سازنده به‌کار گرفته شوند.

در صورت ساخت بتن با استفاده از کامیون مخلوط‌کن، حجم بتن نباید بیش از دوسوم حجم کل دیگ آن باشد. حجم بتن مخلوط شده که با کامیون مخلوط‌کن حمل می‌شود، نباید از ۸۰ درصد ظرفیت اسمی دیگ تجاوز کند.

در صورتی که تیغه‌های مخلوط‌کن‌ها سائیده شده یا با لایه‌های بتن سخت شده پوشیده شده باشند، بازده تولید دچار اخلال خواهد شد. در این صورت باید در اسرع وقت نسبت به تعویض و یا تعمیر آن‌ها اقدام شود. اگر بتن به‌قدر کافی مخلوط شده باشد، در این صورت، نمونه‌های اخذ شده از بخش‌های مختلف مخلوط، باید مطابق با مندرجات استاندارد ملی ایران ۶۰۴۴ دارای چگالی، میزان هوا، اسلامپ و مقدار سنگدانهٔ درشت یکسان و یکنواخت باشند. حداکثر رواداری مجاز ارزیابی شده برای یکنواختی در داخل یک مخلوط بتن باید مطابق با این ضابطه باشد. در هر صورت مخلوط کردن بتن به صورت دستی برای تولید بتن سازه‌ای مجاز نمی‌باشد.

۶-۳-۳-۱-۳- مخلوط‌کن‌های بتن و الزامات آن‌ها

برای بتن‌های خاص مانند رویه‌های بتن غلتکی، سدسازی و بتن‌های غیرمسلح استفاده از مخلوط‌کن‌های پیوسته مجاز می‌باشد. در سایر انواع بتن توصیه می‌شود از مخلوط‌کن ناپیوسته استفاده گردد.

عملکرد مخلوط کن باید به نحوی باشد که در مدت زمان اختلاط مورد نظر، حداکثر تغییرات در جرم حجمی ملات، مقدار درشت‌دانه بتن، مقاومت فشاری، حباب هوا و اسلامپ بتن در قسمت‌های مختلف بتن تولید شده مطابق الزامات جدول ۶-۳۶ باشند. حداقل زمان اختلاط بتن باید به میزانی باشد که مخلوط همگن حاصل گردد. زمان اختلاط پس از ورود همه اجزای بتن به درون دیگ مخلوط‌کن مورد محاسبه قرار می‌گیرد.

جدول ۶-۳۶- الزامات تولید بتن همگن در مخلوط‌کن‌ها

موضوع	حداکثر مجاز تغییرات (٪)*
جرم حجمی بتن	۰/۸
مقدار درشت‌دانه	۶
میانگین مقاومت فشاری ۷ روزه سه آزمونه	۷/۵
مقدار هوا	۲۰
مقدار اسلامپ	۳۰

* مقدار اختلاف بین نتیجه دو نمونه گرفته شده از حدود ۱۵٪ و ۸۵٪ بتن تخلیه شده از مخلوط‌کن تعیین می‌شود و سپس این اختلاف بر مقدار متوسط نتیجه دو نمونه تقسیم شده و به‌صورت درصد ارائه می‌شود.

omoorepeyman.ir

ترتیب اختلاط مصالح به هر نحوی که بتواند تامین کننده مشخصات موردنیاز بتن و الزامات جدول ۶-۳۵ باشد، قابل قبول است. با این وجود توصیه می‌شود، سیمان و ماسه قبل از بقیه مصالح اضافه نگردد تا باعث دشواری در اختلاط آنها به‌ویژه برای مخلوط‌کن‌های گرانشی نگردد.

در مخلوط‌کن‌های ناپیوسته، قبل از تخلیه کامل بتن پیمانه قبلی، نباید مصالح پیمانه جدید وارد مخلوط کن شود. مخلوط‌کن‌ها باید بعد از اتمام هر نوبت کاری و یا ایجاد وقفه طولانی در تولید بتن، تمیز شوند.

بتن آماده باید مطابق با الزامات بند ۷ استاندارد ملی ایران ۶۰۴۴ مخلوط و تحویل داده شود.

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

الف- تاریخ و زمان اختلاط و بتن ریزی؛

ب- مقادیر به‌کار رفته برای اختلاط مصالح و نوع اجزای بتن؛

پ- نتایج آزمایش‌های بتن تازه طبق تواتر نمونه برداری؛

ت- دمای بتن و دمای محیط در هنگام بتن ریزی و تواتر نمونه برداری؛

ث- محل نهایی و حجم تقریبی بتن‌های ریخته شده در سازه.

۶-۳-۳-۲- بازرسی و کنترل تجهیزات تولید

کنترل تجهیزات باید این اطمینان را ایجاد نماید که تجهیزات ذخیره‌سازی، تجهیزات توزین و اندازه‌گیری، مخلوط‌کن و ابزار کنترلی مانند اندازه‌گیری مقدار رطوبت موجود در سنگدانه‌ها، در شرایط کارکرد خوبی قرار دارند. تواتر بازرسی‌ها و آزمایش‌ها برای تجهیزات باید مطابق استاندارد ملی ایران ۹۶۰۱ باشد.

۶-۳-۳-۳- انتقال بتن، بتن ریزی و تراکم

باید قبل از شروع بتن‌ریزی موارد زیر آماده یا مشخص شده باشد:

الف) برنامه زمان‌بندی بتن‌ریزی

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

ب) تجهیزات و نیروی انسانی

نوع، ظرفیت و تعداد ماشین آلات لازم برای انتقال بتن، بتن‌ریزی 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 بتن‌ریزی شود، حجم

omoorepeyman.ir

بتن‌ریزی مقطع، دستورالعمل‌های بتن‌ریزی، آهنگ بتن‌ریزی، حجم بتن قابل تامین، ظرفیت و تعداد لرزاننده‌ها، نوع مصالح و طرح مخلوط بتن تعیین شود.

پ) مسیرهای انتقال بتن

مسیرهای انتقال بتن باید به نحوی تعیین و انتخاب گردند که امکان انتقال ساده‌تر و سریع‌تر بتن به‌وجود آید و زمان و فاصله حمل به حداقل ممکن برسد.

ت) مقطع بتن ریزی، محل درزهای اجرایی و روش آماده‌سازی درزها

مقطع بتن‌ریزی باید براساس حجم قابل بتن‌ریزی در هر نوبت تعیین شود. این حجم بر اساس حجم بتن قابل تامین، برنامه زمان‌بندی اجرا، شکل مقطع، ظرفیت بتن‌ریزی، زمان مجاز توقف‌ها حین بتن‌ریزی و موقعیت درزهای اجرایی تعیین می‌گردد. چنانچه به دلیل ملاحظات اجرایی، در نظر گرفتن درز اجرایی لازم در نقشه‌ها مشخص نشده باشد، محل آن باید با در نظر گرفتن تنش‌ها در مقطع، ملاحظات دوام و نحوه آرماتورگذاری در محل درز و با تایید دستگاه نظارت انتخاب شود و از انتخاب آن به‌صورت تصادفی و براساس پیشرفت کار اجتناب گردد.

ث) ترتیب و آهنگ بتن‌ریزی

ترتیب و آهنگ بتن‌ریزی در هر مقطع باید با در نظر گرفتن شکل سازه، وضعیت تولید بتن، ظرفیت بتن‌ریزی، توقف‌های مجاز، تجهیزات موجود و همچنین ملاحظات مربوط به رانش بتن در بدنه قالب‌ها و سیستم نگهداری قالب انتخاب شود.

زمان مجاز از ساخت بتن تا اتمام بتن‌ریزی باید مطابق با بندهای ذیل باشد:

- به عنوان یک زمان حداکثر مجاز (برای دمای محیطی کمتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد) عملیات بتن‌ریزی(شامل انتقال، بتن‌ریزی و تراکم) باید حداکثر تا ۲ ساعت پس از ساخت بتن تمام شود. در دمای بالاتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد این زمان باید به ۱/۵ ساعت محدود گردد. زمان مجاز بتن‌ریزی با توجه به استفاده از مواد افزودنی شیمیایی (روان کننده و دیرگیر کننده) در صورت تامین کارایی مورد نظر می‌تواند با تایید دستگاه نظارت افزایش یابد.
- در صورت استفاده از وسایل حمل بتن بدون دیگ چرخان از محل تولید تا محل بتن‌ریزی، محدودیت‌های زمانی ذکر شده ۳۰ دقیقه کاهش می‌یابد.

۶-۳-۳-۳-۱- انتقال بتن

انتقال بتن از مخلوط کن تا محل نهایی بتن‌ریزی باید چنان صورت گیرد که از جدا شدگی یا از هدر رفت بتن جلوگیری شود و کیفیت شامل نسبت آب به سیمان، روانی موردنظر، درصد هوا و یکنواختی حفظ گردد. همچنین فرآیند انتقال بتن در بتن‌ریزی‌های متوالی باید به نحوی باشد که حالت خمیری بتن از بین نرود و درز سرد ایجاد نشود.

omoorepeyman.ir

در صورت احتمال برخورد بتن با میلگرد عرضی، بدنه قالب و احتمال بروز جداشدگی در بتن، حداکثر ارتفاع سقوط آزاد بتن از انتهای قیف یا لوله به ۱/۵ متر یا کمتر بسته به شرایط اجرایی و استعداد جداشدگی بتن محدود می‌گردد . در هر صورت چنانچه در اجرای آزمایشی و با تائید دستگاه نظارت نشان داده شود که با افزایش ارتفاع سقوط آزاد بتن جداشدگی بروز نخواهد کرد، می‌توان ارتفاع سقوط آزاد بتن را افزایش داد.

الف) انتقال بتن از محل تولید بتن تا محل بتن‌ریزی

هنگامی‌که در بتن‌ریزی از بتن آماده استفاده می‌شود، ضوابط استاندارد ملی ایران ۶۰۴۴ باید برای انتقال بتن رعایت گردد.

بعد از افزوده شدن آب اولیه اختلاط، هیچ آبی نباید به بتن اضافه گردد. چنانچه نیاز به افزایش روانی بتن در محل مصرف باشد، با تایید دستگاه نظارت استفاده از مواد روان‌کننده و یا دوغاب سیمان با نسبت آب به سیمان مساوی یا کمتر از بتن اصلی در صورت تامین محدودیت حداکثر سیمان مصرفی، مجاز می‌باشد. در صورتی‌که اسلامپ بتن، بیشتر از حد مجاز باشد، با نظر دستگاه نظارت، افزودن سیمان و یا ماسه، با حفظ نسبت آب به سیمان و دستیابی به اسلامپ مورد نظر، در صورت تامین محدودیت حداکثر سیمان مصرفی، مجاز است. در صورت افزودن مصالح جدید، باید دیگ کامیون مخلوط‌کن حداقل ۷۰ دور با سرعت تند بچرخد تا بتن همگن حاصل گردد. باید اطمینان حاصل شود که روش انتقال بتن، امکان تخلیه آسان بتن، جلوگیری از جداشدگی در هنگام انتقال بتن و حداقل تغییر در روانی و درصد هوا را مقدور می‌سازد.

انتقال بتن از محل تولید بتن تا پای کار با تجهیزاتی مانند کامیون مخلوط کن، تسمه نقاله، جام بتن که روی کامیون و یا ریل حمل می‌گردد، فرغون، دامپر و کامیون حمل بتن با و یا بدون هم زننده با رعایت الزامات مجاز است.

در مواردی که فاصله حمل زیاد است یا اسلامپ بتن بالا می‌باشد، توصیه می‌شود از کامیون حمل بتن با دور کم، برای انتقال بتن استفاده شود. در مواردی که بتن با اسلامپ ۵ سانتی‌متر و یا کمتر برای فواصل کمتر از ۱۰ کیلومتر یا فواصل کمتر از یک ساعت انتقال می‌یابد، استفاده از دامپ تراک یا جامی که توسط ماشین حمل می‌شود، مجاز می‌باشد.

ب) انتقال بتن با پمپ

قبل از بتن‌ریزی با پمپ، جزئیاتی مانند نوع پمپ، قطر لوله‌ها، مسیر لوله‌ها و نرخ تخلیه بتن باید مشخص گردد. همچنین پمپ‌پذیری بتن باید طوری باشد که امکان حمل و ریختن بتن میسر باشد. برای به‌وجود آوردن شرایط بتن‌ریزی پیوسته با پمپ، باید قبل از بتن‌ریزی، با انجام بازرسی، از تمیزی سطوح داخلی لوله‌های پمپ، عدم پوسیدگی و سایر عیوب، اطمینان حاصل گردد. همچنین تجهیزات و نیروی انسانی لازم برای شست‌وشوی داخلی پمپ و باز و بسته کردن و جابجایی لوله‌ها باید در نظر گرفته شود.

قطر لوله باید بر اساس نوع و کیفیت بتن، حداکثر اندازه سنگدانه، وضعیت لوله‌ها، ایمنی، مهار لوله‌ها و نرخ پمپ کردن انتخاب شود. موقعیت پمپ باید به نحوی انتخاب شود که حداقل طول و خم در مسیر انتقال بتن وجود داشته باشد. نسبت حداکثر اندازه اسمی سنگدانه به کوچک‌ترین قطر داخلی لوله انتقال بتن، باید از یک سوم کمتر باشد.

omoorepeyman.ir

تعداد و نوع پمپ باید براساس سرعت تخلیه بتن، سرعت بتن‌ریزی در مقطع و شرایط آب و هوایی انتخاب شود. تجهیزات پمپ باید طوری طراحی و تهیه گردد که امکان بتن‌ریزی پیوسته به‌وجود آید. زمانی‌که احتمال قطع بتن به مدت نسبتاً طولانی در حین بتن‌ریزی وجود دارد، باید پیش‌بینی روش‌هایی برای جلوگیری از افت کیفیت بتن صورت گیرد. پمپ بتن باید بتواند فشار لازم برای انتقال بتن با توجه به طول لوله‌ها (افقی و عمودی) و نوع بتن را تامین نماید. قبل از شروع بتن‌ریزی اصلی با پمپ، باید با دوغاب یا ملات به‌منظور لغزنده کردن سطوح داخلی لوله و با هدف جلوگیری از گرفتگی لوله‌ها استفاده شود. این دوغاب یا ملات نباید داخل قالب ریخته شود، مگر آنکه با تایید دستگاه نظارت کیفیت لازم برای ملات اتصال را داشته باشد. دقت شود از لوله‌های انعطاف‌پذیر در نزدیکی پمپ استفاده نشود.

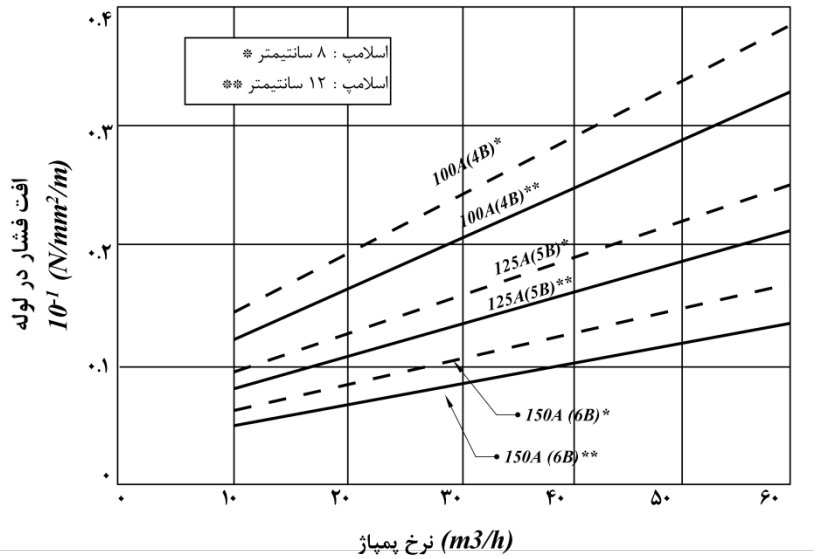
در زمان توقف عملیات پمپ کردن و با توجه به کاهش پمپ‌پذیری بتن با گذشت زمان، تخلیه نکردن بتن داخل لوله ها می‌تواند منجر به گرفتگی در لوله‌ها گردد. همچنین با توجه به احتمال کاهش کیفیت بتن در داخل لوله‌ها، باید در توقف‌های طولانی نسبت به خالی کردن لوله‌ها اقدام گردد.

حداکثر فشار پمپ باید از سابقه بتن‌ریزی در سازه‌های مشابه یا با آزمایش عملی قبل از بتن‌ریزی اصلی، تعیین گردد. فشار مورد نیاز پمپ با کمک رابطه زیر محاسبه می‌گردد، اما انتخاب پمپ باید به نحوی انجام شود که این فشار از ۸۰ درصد توان اسمی پمپ بیشتر نگردد:

P_{max}= (طول لوله معادل افقی) × (افت فشار در هر متر لوله افقی) (۲-۶)

که در آن افت فشار در هر متر لوله افقی برحسب $N/mm^2/m$ و طول لوله بر حسب متر می‌باشد.

در شکل ۶-۱۲ مقادیر معمول افت فشار برای بتن، با حداکثر اندازه سنگدانه ۲۰ تا ۲۵ میلیمتر نشان داده شده است.



شکل ۶-۱۲- مقادیر تقریبی افت فشار برای بتن‌های با عیار حدود 300 کیلوگرم بر متر مکعب، حداکثر اندازه سنگدانه 20 تا 25میلیمتر و با مواد افزودنی هوازا و کاهنده آب (A=mm B=inch)

omoorepeyman.ir

این نمودار برای طول لوله افقی می‌باشد. برای محاسبه طول معادل لوله افقی در لوله‌های قائم، خم‌ها، تغییر مقطع ولوله‌های انعطاف‌پذیر از جدول ۶-۳۷ استفاده می‌شود.

جدول ۶-۳۷- طول معادل لوله افقی

ردیف	قطر اسمی لوله (میلیمتر)	طول معادل لوله افقی (متر*)
هر متر لوله قائم	۱۰۰	۳
	۱۲۵	۴
	۱۵۰	۵
هر لوله تبدیل	از ۱۷۵ به ۱۵۰	۳
	از ۱۵۰ به ۱۲۵	
	از ۱۲۵ به ۱۰۰	
خم ۹۰ درجه با شعاع نیم متر		۶
لوله انعطاف‌پذیر ۵ تا ۸ متری		۲۰

* مقادیر برای بتن‌های معمولی می‌باشد.

*مقادیر برای لوله تبدیل با طول یک متر و بر اساس قطر لوله کوچک‌تر تعیین می‌شود.

برای بتن‌ریزی‌هایی که به‌صورت پیوسته انجام می‌شود، باید یک پمپ اضافی (آماده به‌کار) در نظر گرفته شود. در شرایطی که انتظار می‌رود در هنگام بتن‌ریزی با پمپ، صعوبت‌هایی وجود داشته باشد، توصیه می‌شود عملکرد پمپ، فشار واقعی مورد نیاز و وضعیت تخلیه بتن از لوله به‌صورت عملی و قبل از شروع بتن‌ریزی مورد آزمایش قرار گیرد.

برخی مواردی که باید در برنامه‌ریزی برای پمپ کردن بتن به آنها توجه بیشتری شود، به شرح زیر است:

- بتن‌های با عیار کم یا زیاد؛
- بتن‌های با اسلامپ کمتر از ۸ سانتیمتر؛
- بتن با یا بدون مواد افزودنی هوازا یا کاهنده آب؛
- بتن‌ریزی در هوای سرد یا گرم؛
- بتن‌ریزی از ارتفاع بالا به پائین یا در طول‌های زیاد؛
- بتن‌های سبکدانه، پرمقاومت، خودتراکم، الیافی و سایر بتن‌های خاص.

در این موارد توصیه می‌شود بتن‌ریزی آزمایشی قبل از بتن‌ریزی اصلی برای اندازه‌گیری افت فشار واقعی و تغییر در کیفیت بتن پمپ شده، انجام گردد. درصورت عدم امکان انجام آزمایش واقعی، با تأیید دستگاه نظارت می‌توان از اطلاعات پروژه‌های مشابه استفاده نمود.

در صورت استفاده از پمپ برای انتقال بتن به‌ویژه در آب و هوای گرم، توصیه می‌شود خنک‌سازی لوله‌ها انجام پذیرد تا دمای بتن، بیش از حد افزایش نیابد. خنک کردن لوله پمپ به‌نحو مقتضی به‌ویژه در پمپاژهای طولانی توصیه می‌گردد. توصیه می‌گردد در بتن‌ریزی با پمپ زمینی عملیات بتن‌ریزی از دورترین بخش عضو به سمت نزدیک‌ترین نقطه عضو به پمپ انجام گیرد. در بتن‌ریزی‌های از ارتفاع بالا به پایین با پمپ زمینی، توصیه می‌شود در مسیر لوله از خم

omoorepeyman.ir

S-شکل ارتفاعی (سیفون) استفاده شود. مواقعی که استفاده از بیش از یک پمپ در مسیر بتن ریزی پیش بینی می‌گردد، باید تمهیداتی برای حفظ یکنواختی و انسجام بتن در نظر گرفته شود.

پ) بتن‌ریزی با جام

جام باید به شکلی ساخته شده باشد که جداشدگی در هنگام بارگیری و تخلیه بتن به حداقل برسد. همچنین از خروج شیره بتن در هنگام بسته بودن در خروجی جام جلوگیری شود. در مواردی‌که در جام، همزن وجود ندارد، نگهداری طولانی بتن در جام، سبب بروز مشکلاتی در تخلیه آن می‌گردد، لذا حداکثر زمان باقی ماندن بتن در جام نباید بیشتر از ۱۰ دقیقه باشد، مگر آنکه بتن به راحتی از جام تخلیه شود. جام باید به نحوی باشد که در صورت باز شدن دریچه، تمامی بتن بر اثر وزن خود، کاملاً تخلیه شود. شیب جدار جام نباید از ۶۰ درجه کمتر باشد و اندازه دهانه آن باید از ۸ برابر حداکثر اندازه اسمی سنگدانه‌های بتن بزرگ‌تر و خروجی آن کاملاً قائم باشد. توصیه می‌شود تخلیه بتن از زیر و مرکز جام صورت گیرد در صورتی‌که بازشو دارای خروج از مرکز یا به‌صورت سرسره‌ای باشد، احتمال جداشدگی در بتن به شدت وجود دارد.

ت) بتن‌ریزی با سرسره بتن (ناوه) و لوله (سرسره قائم)

در صورت استفاده از سرسره بتن، شیب سرسره باید به حدی باشد که از جداشدگی جلوگیری شود و نباید از ۲ عمودی به ۳ افقی کمتر باشد. همچنین نباید از ۳ عمودی به ۲ افقی بیشتر باشد.

استفاده از لوله صلب و یا انعطاف‌پذیر مجاز می‌باشد. حداقل قطر لوله باید در بالای لوله ۸ و در پایین لوله ۶ برابر حداکثر اندازه اسمی سنگدانه باشد. حداکثر ارتفاع ریختن بتن به کمک ناوه، محدودیت خاصی ندارد. در صورتی‌که بتن با میلگردها و سایر اقلام جاگذاری شده برخورد داشته باشد، حداکثر ارتفاع سقوط به ۱/۵ متر محدود می‌گردد. محدودیتی در مورد ارتفاع بتن‌ریزی با لوله وجود ندارد.

توصیه می‌شود قبل از اجرای بتن اصلی، امکان انتقال بتن با سرسره با کیفیتی مناسب مورد آزمایش قرار گیرد و به تایید دستگاه نظارت برسد. در هنگام استفاده از سرسره، توصیه می‌شود در انتها از قیف قائم برای کاهش جداشدگی استفاده گردد. شکل سرسره باید به‌صورت نیم‌دایره و قطر آن از ۸ برابر اندازه اسمی سنگدانه‌ها بیشتر باشد. قبل و بعد از استفاده از سرسره، سطح سرسره باید با آب شست‌وشو شود.

در هنگام بتن‌ریزی دهانه خروجی لوله باید حتی‌الامکان به سطح نهایی بتن نزدیک باشد. همچنین بتن به‌طور ناگهانی و با حجم زیاد در یک محل ریخته نشود تا نیازی به جابه‌جایی افقی بتن که احتمال جداشدگی را زیاد می‌کند، نباشد. در صورتی‌که هنگام تخلیه، جداشدگی رخ دهد بتن قبل از استفاده باید مجدداً مخلوط شود.

ث) بتن‌ریزی با لوله‌ی ترمی (ناودان)

در این روش باید همواره انتهای لوله به مقدار کافی در بتن ریخته شده، قرار گرفته باشد و به‌هیچ‌وجه از درون بتن خارج نشده یا بیرون کشیده نشود. توصیه می‌شود در این نوع بتن‌ریزی از یک بتن روان با اسلامپ زیاد و ترجیحاً خودتراکم استفاده شود. در صورتی که قرار باشد بتن در یک شمع یا سپر بدون آب ریخته شود، می‌توان از ناوه‌ی

omoorepeyman.ir

سقوطی یا پمپ و لوله بهره گرفت و نیازی به بتن‌ریزی با لوله ترمی نیست. چنانچه به‌دلیل وجود جریان آب، بتن شسته شود، روش بتن‌ریزی با سنگدانه‌ی پیش آکنده به‌کار می‌رود.

لوله ترمی (ناودان) باید صلب و دارای اتصالات آب‌بند و حداقل قطر داخلی ۲۰۰ و حداکثر ۳۰۰ میلی‌متر باشد. در انجام کار تعمیر در زیر آب استفاده از لوله‌های ترمی با قطر کم‌تر از ۲۰۰ میلی‌متر نیز مجاز می‌باشد. به‌هرحال قطر لوله باید حداقل ۸ برابر حداکثر اندازه‌ی اسمی سنگدانه‌ی مصرفی باشد. توصیه می‌شود از قیف مناسب با حجمی معادل ۵ تا ۱۵ دقیقه بتن‌ریزی به‌عنوان یک مخزن موقت، برای سهولت ریختن بتن در لوله استفاده گردد.

در صورت بالا بودن سطح آب زیرزمینی باید از یک توپ در ابتدای لوله برای عدم اختلاط بتن و آب استفاده شود. همچنین باید حین بتن‌ریزی، عمق بتن تعیین گردد تا لوله به میزان کافی بالا کشیده شود. وسایل حمل و ریختن بتن در قیف باید چنان باشند که بتوان پی‌درپی آن را تغذیه کرد تا تأخیری بیش از ۳۰ دقیقه در بتن‌ریزی به‌وجود نیاید.

ج) سایر تجهیزات انتقال بتن

در صورت استفاده از تسمه نقاله برای انتقال بتن، باید تمهیدات لازم برای جلوگیری از تغییر نسبت آب به سیمان و روانی بتن بر اثر تابش آفتاب، بارش باران و سایر شرایط آب‌وهوایی در نظر گرفته شود. برای جلوگیری از جداشدگی بتن باید از صفحات مانع و لوله‌های قیفی شکل در هنگام تخلیه از انتهای تسمه نقاله یا در بین راه استفاده شود. در انتهای تسمه نقاله باید با در نظر گرفتن تجهیزات مناسب (مانند تیغه)، از برگشت ملات جلوگیری شود. ضمنا شیب تسمه نقاله باید به گونه‌ای باشد که بتن روی آن سر نخورد.

در صورت استفاده از وسایل حمل مانند فرغون (چرخ‌دستی) برای حمل بتن، فاصله حمل نباید از ۶۰ متر و در صورت استفاده از فرغون موتوری (دامپر) از ۳۰۰ متر تجاوز کند و در هر حال باید از جداشدگی بتن جلوگیری شود.

۶-۳-۳-۴- الزامات بتن ریزی

بتن‌ریزی باید به‌نحوی صورت گیرد که موجب جابه‌جایی قالب و شبکه آرماتور از محل اولیه نشود. به دلیل احتمال آسیب به شبکه آرماتورها و قالب‌ها، بتن‌ریزی باید با دقت انجام شود. همچنین نیروی انسانی آرماتوربند و قالب‌بند، باید به‌طور آماده به‌کار در حین بتن‌ریزی حضور داشته باشند که در صورت آسیب احتمالی، اقدامات لازم انجام پذیرد. با توجه به افزایش احتمال جداشدگی بر اثر جابه‌جایی افقی بتن، باید تلاش شود بتن‌ریزی در محل نهایی صورت گیرد.

چنانچه جداشدگی بتن هنگام بتن‌ریزی مشاهده گردد، باید بتن‌ریزی متوقف و روش‌های مناسب برای حذف یا کاهش جداشدگی بتن به‌کار گرفته شود.

بتن‌ریزی باید به نحوی انجام شود که سطح بتن تازه ریخته شده به‌جز در سطوح شیب‌دار، نسبتاً تراز باشد. در مواردی که باید بتن ریزی در چند لایه اجرا شود و نیاز به تراکم وجود دارد، حداکثر ضخامت بتن در هر لایه باید به حدود ۵۰ سانتیمتر محدود شود. در صورتی‌که کل ضخامت بتن ۶۰ سانتیمتر باشد اجرای آن در یک لایه مجاز است. در

omoorepeyman.ir

صورت بتن‌ریزی در چند لایه، ضخامت لایه‌ها باید تقریباً مساوی باشد و بتن لایه جدید با بتن لایه قبل پیوستگی کامل پیدا کند. بدین منظور لرزاننده درونی (خرطومی) باید به میزان ۵ تا ۱۰ سانتیمتر در لایه قبلی فرو برده شود.

محدوده بتن ریزی، ظرفیت بتن‌ریزی و فاصله زمانی بین بتن‌ریزی لایه‌ها باید به‌نحوی تعیین شود که از بروز درز سرد جلوگیری شود. برای بتن‌های متداول و در شرایط معمول مقادیر جدول ۶-۳۸ توصیه می‌شود. منظور از فاصله زمانی بین لایه‌ها برابر فاصله زمانی از اتمام تراکم لایه قبلی بتن‌ریزی تا بتن‌ریزی لایه جدید، با احتساب زمان توقف بین بتن‌ریزی دو لایه می‌باشد. در هر صورت برای پرهیز از ایجاد درز سرد، لایه زیرین باید به‌نحوی باشد که امکان فرو بردن میله تراکم در آن میسر باشد.

در مواقعی که احتمال وقوع درز سرد زیاد است، باید با در نظر گرفتن تدابیری مانند استفاده از مواد افزودنی شیمیایی دیرگیر و یا کاهش ارتفاع لایه بتن‌ریزی یا افزایش توان تولید، شیوه حمل و ریختن بتن، از وقوع آن جلوگیری کرد. در بارندگی شدید بتن‌ریزی باید قطع و سطح بتن محافظت گردد. در قطعات با سطح گسترده و در صورتی‌که بارندگی محدود باشد، ادامه بتن‌ریزی با پوشش موقت مجاز است.

جدول ۶-۳۸- حداکثرفاصله زمانی بین بتن ریزی دو لایه متوالی

دمای محیط	حداکثر فاصله زمانی بین دو لایه بتن‌ریزی (ساعت)
بیشتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد	۲
۲۵ درجه سانتی‌گراد یا کمتر	۲/۵

نرخ ارتفاعی بتن‌ریزی به علت فشاری که به قالب وارد می‌کند، در شرایط معمول حداکثر ۳ متر در ساعت در نظر گرفته شود. سرعت بتن‌ریزی باید براساس شکل مقطع، طرح مخلوط، روش تراکم و سایر عوامل، محدود گردد. توصیه می‌شود نرخ ارتفاعی بتن‌ریزی در شرایطی مانند آب و هوای سرد و یا استفاده از دیرگیرها، به ۲ متر در ساعت محدود شود.

در بتن‌ریزی‌هایی که تغییر مقطع قابل توجه ناگهانی وجود دارد، باید ابتدا بتن اعضای عمیق ریخته شود و با یک وقفه زمانی (بدون ایجاد درز سرد)، اجازه نشست به بتن داده شود و یا تراکم مجدد انجام گیرد، سپس بتن سایر اعضا اجرا شود. زمان وقفه حدود ۱ تا ۲ ساعت است که با توجه به دما و طرح مخلوط و تأیید دستگاه نظارت باید تعیین شود. از اجرای یک باره بتن ستون و تراکم یک‌باره آن باید پرهیز شود و ضابطه حداکثر ضخامت لایه ۵۰ سانتیمتر رعایت گردد. پرتاب بتن به‌وسیله ادواتی مانند بیل مجاز نمی‌باشد. در صورت اجرای بتن خودتراکم نیازی به رعایت ضخامت حداکثر لایه بتن‌ریزی نیست، اما توصیه می‌شود سرعت ارتفاعی بتن‌ریزی برای کاهش فشار قالب و حفرات هوای سطحی به همان ۳ متر در ساعت محدود شود.

۶-۳-۳-۵- تراکم بتن

بتن باید به نحوی متراکم شود که هوای غیرعمدی (ناخواسته) بتن کاهش یابد و پس از باز کردن قالب، سطح بتن قابل قبول باشد. تراکم باید تا زمانی‌که بتن حالت خمیری دارد، انجام پذیرد.

omoorepeyman.ir

نوع لرزاننده مناسب باید با توجه به مشخصات فنی لرزاننده‌ها شامل توان، قطر، فرکانس و با توجه به ابعاد و شکل قالب، تراکم آرماتور و مشخصات بتن و با تأیید دستگاه نظارت انتخاب شود.

عمق تاثیر لرزاننده بدنه در بتن باید حداکثر ۳۰ سانتیمتر در نظر گرفته شود. برای دیوارهای با ضخامت تا ۶۰ سانتیمتر به شرط اینکه از دو طرف لرزانده شود و لرزاننده دارای شعاع اثر ۳۰ سانتیمتر باشد، استفاده از لرزاننده بدنه مجاز است. برای ضخامت‌های بیش از ۶۰ سانتیمتر، قسمت مرکزی باید با لرزاننده داخلی متراکم شود.

همواره در کارگاه باید لرزاننده‌های ذخیره وجود داشته باشد تا از بروز توقف عملیات تراکم پرهیز شود.

در هنگام تراکم با لرزاننده داخلی، لرزاننده باید حدود ۵ تا ۱۰ سانتیمتر در لایه قبلی فرو برود. فاصله فرو بردن و زمان لرزاندن در هر موقعیت باید به نحوی در نظرگرفته شود که بتن به میزان کافی متراکم گردد. لرزاننده باید به‌صورت تقریباً شاقولی در بتن فرو برده و سپس در همان حالت بیرون آورده شود. لرزاننده باید به آرامی بیرون کشیده شود به‌گونه‌ای که اثری از محل فرو بردن لرزاننده باقی نماند.

تراکم بتن با لرزاننده باید تا جایی ادامه پیدا کند که مشاهده اتمام خروج هوا و شروع به رو زدن شیره بتن حاصل گردد. با توجه به اینکه در قطعاتی مانند دیوار و ستون، معمولا رو زدن شیره قابل‌مشاهده نمی‌باشد، زمان لازم را باید از مدت زمان لازم برای تراکم بتن مشابه، در اعضایی که روزدن شیره قابل مشاهده است، برآورد نمود.

حداکثر فاصله نقاط فروبردن لرزاننده داخلی (به منظور تراکم یکنواخت بتن)، باید ۱/۵ برابر شعاع تاثیر باشد و در مجاورت قالب‌ها حداکثر فاصله از قالب به ۰/۷۵ شعاع اثر آن محدود گردد.

لرزاندن مجدد برای جلوگیری از ترک‌های ناشی از نشست خمیری در بتن و بهبود کیفی بتن توصیه می‌شود. در صورت لرزاندن مجدد، این امر باید قبل از گیرش اولیه و تا حد امکان با تأخیر نسبت به تراکم اولیه انجام شود به شرط آنکه امکان فرو بردن و لرزاندن بتن هنوز وجود داشته باشد. باید دقت شود که تراکم از طریق آرماتورها به بتنی که زمان گیرش آن گذشته یا به‌مقدار زیادی سفت شده، منتقل نشود.

توصیه می‌شود با تعبیه سکو و تمهیدات لازم، امکان مشاهده سطح بتن در هنگام تراکم فراهم آید. باید از تماس لرزاننده داخلی با قالب و یا میلگرد جلوگیری شود. از لرزاننده داخلی نباید برای جابه‌جایی بتن استفاده کرد، چون موجب جدا شدگی می‌شود. ضمناً باید از حرکت لرزاننده به‌صورت افقی در بتن اجتناب گردد.

به منظور کاهش حفرات سطحی استفاده از ضرباتی توسط چکش لاستیکی به سطح قالب‌ها مجاز می‌باشد. تراکم دستی (با تخماق یا میله) مجاز است مشروط بر اینکه ضخامت لایه از ۲۰ سانتی‌متر تجاوز ننماید. همچنین می‌توان با اعمال ضربات تخته ماله به سطح بتن، تراکم را به‌دست آورد به شرطی که ضخامت دال از ۱۵ سانتی‌متر تجاوز نکند.

۶-۳-۳-۶- پرداخت سطح بتن

الف) مراحل پرداخت سطح بتن

- **مرحله اول**- شمشه‌گیری که عبارت است از رساندن تراز بتن به حد مورد نظر (افقی یا شیبدار) پس از تراکم بتن

omoorepeyman.ir

- **مرحله دوم**- تخته‌ماله‌زنی که عبارت است از استفاده از تخته‌ماله برای هموار کردن سطح و فرو بردن سنگدانه‌های درشت در بتن
- **مرحله سوم**- ماله‌کشی شامل استفاده از ماله برای ریزبافت کردن و بستن منافذ ریز و آب بندی و تراکم مناسب برای لیسه‌ای کردن
- **مرحله چهارم**- ایجاد بافت سطحی خاص به‌منظور زبر کردن یا جاروکشی و برس‌کشی و مضرس کردن سطح

ب) مشکلات پرداخت سطح

در صورتی که بتن مستعد آب انداختن باشد، پس از ریختن و تراکم بتن و معمولا به دنبال شمشه‌گیری اولیه، رو زدن آب آغاز می‌شود. چنانچه در مرحله دوم و به‌ویژه در مرحله سوم پرداخت سطح (در صورت لزوم)، بتن در حال آب انداختن باشد و یا با آب رو زده پرداخت انجام گردد، کیفیت سطح بتن از نظر سایشی و دوام (پوسته شدگی، پودر شدگی و غیره) تضعیف خواهد شد. در صورتی که به‌ویژه مرحله سوم پرداخت، قبل از شروع رو زدن آب انجام شود، کیفیت بسیار ضعیفی را شاهد خواهیم بود و سطح بتن به‌زودی پوسته می‌شود و یا دچار پودرشدگی خواهد شد. برای اجرای مرحله سوم لازم است بتن تا حدی سفت شود و آب رو زده زدوده شود.

برای پرداخت سطح بتن استفاده از ماله‌های چوبی، پلاستیک سخت یا آلیاژ فولاد منیزیمی یا آلومینیومی مجاز می‌باشد. صاف کردن سطوح با ماله منیزیمی برای بتن‌های غیرحباب‌دار و با روانی زیاد توصیه می‌شود. فرد پرداخت کننده باید از کفش‌های مخصوص عریض استفاده کند و یا در زیر زانوی خود تخته‌ای را قرار دهد به‌نحوی که بیش از ۳ میلیمتر در بتن فرو نرود و جا نیندازد. تخته ماله را نباید از بغل یا سروته کج نمود. در استفاده از تخته ماله نباید سطح را زیاده از حد پرداخت نمود و باید اجازه داد تا آب بتن بتواند خارج شود و رو بزند. توصیه می‌شود از ماله‌های پلاستیکی برای ماله زنی استفاده نشود زیرا اجازه رو زدن آب را نمی‌دهند. ماله کشی با ماله‌های دستی و یا مکانیکی (به‌ویژه چرخشی یا هلیکوپتری) مجاز است. هر چه بتن سفت‌تر باشد باید از ماله‌هایی با عرض و طول کوچکتر استفاده شود تا فشار بیشتری اعمال گردد.

۶-۳-۳-۷- عمل آوری (نگهداری) بتن

۶-۳-۳-۷-۱- مراحل عمل آوری عادی

الف) عمل آوری اولیه (محافظت)

عمل‌آوری اولیه شامل ایجاد پوشش در سطح بتن، مانند ورقه نایلونی برای جلوگیری از آسیب رگبار و شسته شدن در اثر جریان آب، جلوگیری از تبخیر سریع در اثر وزش باد به‌ویژه باد گرم و خشک، استفاده از مواد شیمیایی کاهنده تبخیر، عایق‌بندی حرارتی برای جلوگیری از یخبندان سریع و زودهنگام در هوای خیلی سرد یا جلوگیری از وارد آمدن ضربه به بتن یا قالب و ممانعت از ایجاد لرزش در اثر عوامل مختلف مانند حرکت ماشین آلات سنگین، غلتک‌ها و غیره

omoorepeyman.ir

در بتن تازه می‌باشد. چنانچه نمای سطح، مهم باشد باید به کمک وسایل مناسب از تماس نایلون با سطح بتن تازه، جلوگیری شود.

ب) عمل‌آوری رطوبتی یا مراقبت (عمل‌آوری نهایی)

مراقبت یا عمل‌آوری رطوبتی به سه روش رطوبت رسانی، حفظ رطوبت (عایقی) و یا ترکیب این دو روش مجاز می‌باشد.

پ) رطوبت رسانی

در طول مدت عمل‌آوری رطوبتی به روش رطوبت‌رسانی، باید همواره بتن مرطوب بماند و از تر و خشک شدن آن جلوگیری شود.

پ ۱- رطوبت رسانی مستقیم

رطوبت رسانی مستقیم به روش‌های غرقاب‌سازی، ایجاد حوضچه، آب پاشی، بارانی، پاشش غبار آب (ذرات ریز آب) و رسانیدن بخار آب به سطح بتن مجاز است. در این روش دمای آب عمل آوری نباید بیش ۱۲ درجه سلسیوس، خنک‌تر از سطح بتن باشد.

در صورت وجود مشکل خروج آهک هیدراته (هیدروکسید کلسیم) از بتن در این روش، با استفاده از آهک هیدراته در آب عمل‌آوری (تا حد اشباع)، جبران می‌شود. خروج آهک از بتن به‌ویژه در مناطق خورنده به‌دلیل کاهش قلیائیت بتن مشکل‌زا خواهد بود. به هرحال شیوه غرقاب سازی در زمره روش عمل آوری رطوبتی مطلوب رده‌بندی می‌گردد.

ایجاد حوضچه آب کم عمق بر روی سطح بتن در دال‌های افقی یا سقف و شالوده‌ها به‌واسطه خروج آهک از بتن، در مناطق خورنده توصیه نمی‌گردد. آب‌پاشی به‌صورت بارانی، آب‌پاشی با قطرات درشت و آب‌پاشی با ذرات ریز (غبار آب) یا مه‌پاشی به شرط آنکه موجب شسته شدن سطوح بتنی نگردد مجاز می‌باشد. استفاده از بخار آب تا دمای ۴۵ درجه سیلسیوس برای عمل آوری رطوبتی عادی، مجاز است. در صورتی که دمای بخار آب در مجاورت سطح بتن از حدود ۴۵ درجه سیلسیوس بالاتر رود، شرایط عمل آوری تسریع شده خواهد بود.

پ ۲- رطوبت رسانی غیرمستقیم (با ماده جاذب)

در شیوه‌های رطوبت‌رسانی غیرمستقیم، از یک ماده جاذب آب به‌عنوان واسطه حفظ رطوبت و همچنین رطوبت رسانی استفاده می‌شود. هر چه میزان جذب آب در واحد سطح ماده جاذب بیشتر باشد برای عمل آوری رطوبتی مناسب‌تر خواهد بود.

در صورت استفاده از چتایی خیس برای عمل آوری، چتایی باید از نوع درجه یک با تاروپود به‌هم چسبیده باشد به نحوی که نور از آن به‌راحتی عبور نکند. همپوشانی چتایی‌ها به میزان ۰/۱ متر ضرورت دارد. همچنین توصیه می‌شود در صورت استفاده از لایه دوم چتایی خیس، این لایه عمود بر جهت لایه زیرین باشد. چتایی باید در تمام مدت عمل آوری، به‌ویژه در محیط گرم و خشک و بادخیز، خیس نگهداشته شود.

omoorepeyman.ir

در سطوح عمودی و افقی، لایه‌های چتایی باید تا حد امکان به سطح بتن بچسبد و امکان عبور جریان هوا در زیر چتایی از بین برود. چتایی در سطح افقی باید با استفاده از اجسام سنگین (مانند میلگرد، تیرچوبی یا لوله و غیره) در محل مورد نظر تثبیت شود. توصیه می‌شود از این اجسام در محل همپوشانی استفاده گردد تا از جابه‌جایی و بلند شدن لایه‌های چتایی جلوگیری شود. در پایان مدت عمل آوری باید اجازه داده شود چتایی در همان محل (روی بتن) خشک شود و از برداشتن چتایی خیس بلافاصله در پایان عمل آوری خودداری نمود تا بتن دچار شوک ناگهانی رطوبتی نشود. توصیه می‌شود چتایی نو در ابتدا شسته و آبکشی گردد تا اسیدهای گیاهی و مواد آلی آن حذف شود. استفاده از گونی حاوی سایر مواد، قبل از شستن با آب باید خودداری گردد. دمای آب مصرفی می‌تواند ۲۰ درجه خنک‌تر از دمای سطح بتن باشد.

استفاده از حصیر طبیعی که از گیاهان تهیه شده باشد و بافته‌های پنبه‌ای یا سایر مواد جاذب برای عمل آوری رطوبتی غیرمستقیم مجاز است. این مواد هرچه سنگین‌تر و ضخیم‌تر و دارای جذب آب بیشتر باشند، مفیدتر و کارآمدتر خواهند بود و تثبیت آنها ساده‌تر می‌باشد. الزامات، تداوم خیس بودن و تثبیت آنها و سایر موارد مانند چتایی خیس است.

توصیه می‌شود از حصیرهای بافته شده از برگ نخل یا نی تازه و سایر گیاهان تازه استفاده نشود، تا اسیدهای گیاهی و مواد آلی آن در تماس با سطح بتن قرار نگیرند. این مواد همانند چتایی خشک یا سایر مواد جاذب خشک می‌تواند احتمال بروز خطر آتش سوزی را افزایش دهد. استفاده از مواد جاذب مانند کاه، پوشال و خاک اره چنانچه خیس و دارای ضخامت کافی باشند برای عمل آوری رطوبتی مجاز هستند. حداقل ضخامت این مواد در سطح بتن ۷۵ میلی‌متر توصیه می‌شود. سایر الزامات مشابه بند مربوط به چتایی می‌باشد. استفاده از کاه و خاک اره چوب تازه به دلیل احتمال داشتن اسید شیره‌های گیاهی و تأثیر نامطلوب بر سطح بتن توصیه نمی‌شود.

استفاده از خاک یا ماسه خیس در سطح افقی و گاه در سطوح عمودی (کنار شالوده) در صورتی که مواد زیان آور (به ویژه یون سولفات یا یون کلرید) در حدی نباشد که به بتن جوان آسیب برساند، مجاز است. حداقل ضخامت این مواد در سطح بتن ۱۰۰ میلیمتر توصیه می‌شود. هرچه خاک و یا ماسه ریزدانه‌تر باشند، آب را بیشتر و به مدت طولانی‌تری حفظ می‌کنند. استفاده از خاک‌های حاوی مواد آلی زیاد و خاک برگ و غیره مجاز نمی‌باشد.

ت) روش جلوگیری از تبخیر (حفظ رطوبت یا عایقی)

استفاده از روش‌های عایقی (صرفاً حفظ رطوبت) برای بتن‌هایی با نسبت آب به مواد سیمانی کمتر از ۰/۴۲ توصیه نمی‌شود. در مواردی که به‌کارگیری این روش اجتناب‌ناپذیر است، روش مصرف و اجرا باید به تایید دستگاه نظارت برسد. پوشش‌های مجاز مانع تبخیر شامل ورق نایلون، کاغذهای مسلح دولایه قیردار و مواد شیمیایی غشاساز می‌باشند.

در صورت استفاده از ورق‌های پلی‌اتیلن، حداقل ضخامت این ورق‌ها باید ۰/۱ میلی‌متر و منطبق بر مشخصات استاندراد ASTM C171 باشد. هم‌پوشانی ۰/۱ متری ورق‌ها الزامی است. همچنین تثبیت آنها باید با چارتراش چوبی یا میله ها و پروفیل‌های فولادی به‌ویژه در محل هم‌پوشانی انجام پذیرد. استفاده از ورقه‌های نایلونی (پلاستیکی) در سطوح افقی و حتی عمودی مجاز است. از جریان هوا در زیر ورقه نایلونی باید جلوگیری به‌عمل آید. در دال‌های کف و در لبه

omoorepeyman.ir

آنها، ورقه نایلونی باید به میزان دو برابر ضخامت دال در اطراف ادامه پیدا کند. در پهن کردن و برداشتن ورقه‌های نایلونی باید احتیاط نمود تا دچار پارگی و سوراخ شدگی نشوند و بتوان از آنها دوباره یا چند باره استفاده نمود.

مواد شیمیایی غشاساز عمل‌آوری، به دو دسته محلول در آب و غیرمحلول در آب (دارای حلال غیرآبی) تقسیم می‌شود. به‌کارگیری نوع محلول در آب امکان اعمال بلافاصله پس از بتن‌ریزی را فراهم می‌کند. نوع غیرمحلول در آب ماده عمل آوری باید پس از اتمام آب انداختن و زدوده شدن آب رو زده بر روی سطوح افقی استفاده گردد. در هر صورت اجرای آنها باید پیش از خشک شدن سطح انجام پذیرد. مواد غشاساز عمل‌آوری باید با استاندارد ملی ایران ۸۲۸۸ منطبق باشند.

در مواردی‌که علاوه‌بر عملکرد عمل‌آوری، این مواد به‌منظور افزایش مقاومت سطحی در برابر سایش و یا اسید به‌کار می‌روند، باید الزامات استاندارد ASTM C1315 را برآورده کنند. اجرای این مواد در سطوح کوچک با قلم‌مو یا غلتک نقاشی و سطوح وسیع‌تر باید با پیستوله یا وسایل مشابه اجرا شود. توصیه می‌شود این مواد در دو لایه عمود بر هم، بر سطح مالیده یا پاشیده شوند تا پوشش بهتری حاصل گردد. با توجه به زبری و صافی سطح بتن، به ۰/۲ تا ۰/۳۵ لیتر در هر مترمربع مایع عمل آوری جهت پوشش مناسب سطح نیاز است. در صورت باقی ماندن این مواد تا فرصت بتن‌ریزی بعدی بر روی سطح باید این مواد را از روی سطح پاک نمود. در هنگام قالب‌برداری توصیه می‌شود سطح بتن را مرطوب و سپس از مواد عمل‌آوری بر روی این سطح استفاده کرد. به‌هرحال آب اضافی این سطح باید از بین برود.

استفاده از محلول‌های معدنی (مانند سیلیکات‌ها) در صورتی که با آهک سطحی بتن واکنش دهند و سیلیکات غیرمحلول در آب و مقاوم در برابر سایش به‌وجود آورد، به عنوان ماده عمل‌آوری مجاز است. کنترل این مواد با استاندارد ملی ایران به شماره ۸۲۸۸ امکان‌پذیر نمی‌باشد اما با استفاده از روش کنترل کفایت عمل‌آوری و پس از تأیید دستگاه نظارت می‌توانند استفاده شوند.

استفاده از مواد حاوی حلال غیرآبی در محیط بسته توصیه نمی‌شود، زیرا بخارات متصاعد شده می‌تواند برای انسان زیان آور باشد. استفاده از این مواد به‌ویژه زمانی‌که وزش باد وجود دارد، باید با ملاحظات ایمنی و بهداشتی خاصی صورت گیرد.

در آب و هوای گرم و خشک که آهنگ تبخیر از آهنگ رو زدن آب بیشتر می‌شود، به‌کارگیری مایع عمل‌آوری محلول در آب توصیه می‌شود، زیرا پس از اعمال این مواد، آب انداختن ادامه پیدا می‌کند.

ث) روش‌های ترکیبی

استفاده از یک روش رطوبت‌رسانی و سپس استفاده از یکی از روش‌های جلوگیری از تبخیر مانند استفاده از نایلون به همراه پوشش‌های خیس و مواد جاذب آب مانند گونی خیس، از روش‌های مجاز ترکیبی است.

۶-۳-۳-۷-۲- حداقل مدت عمل‌آوری

حداقل مدت عمل آوری و نگهداری رطوبتی (مراقبت) بتن باید با توجه به نوع مواد سیمانی، آهنگ کسب مقاومت، دمای سطح بتن و هوای مجاور، شرایط محیطی پس از پایان دوره عمل‌آوری و همچنین اهمیت بتن و سازه به‌ویژه از

omoorepeyman.ir

نقطه نظر دوام توسط مشاور تعیین شود. چنانچه دمای سطح بتن در طی مدت عمل‌آوری از ۵ درجه سلسیوس کمتر شود، معادل آن را باید به مدت عمل‌آوری افزود. چنانچه حداقل مدت عمل‌آوری خاصی توسط مشاور مشخص نشده باشد، باید از حداقل مدت توصیه شده در بند ۷-۷-۴ جلد دوم آیین‌نامه بتن ایران (ضابطه ۲-۱۲۰) استفاده گردد.

برای تعیین مدت عمل آوری باید در طرح مخلوط بتن، نسبت مقاومت ۲ روزه به ۲۸ روزه مشخص گردد تا آهنگ کسب مقاومت تعیین شود. چنانچه گیرش بتن بیش از ۵ ساعت به طول انجامد باید مدت اضافی گیرش را به مدت عمل آوری اضافه نمود. در صورت وجود نمونه آگاهی بتن و رابطه همبستگی مقاومت بتن با بلوغ بتن، تعیین مدت زمان عمل آوری با استفاده از بلوغ بتن مجاز است.

۶-۳-۳-۸- عمل‌آوری بتن

۶-۳-۳-۸-۱- روش‌های عمل‌آوری خشک

در این روش‌ها باید از خشک شدن سطح بتن به‌طور کلی یا موضعی و ترک‌خوردگی جلوگیری به‌عمل آید. دمای بتن نباید به‌صورت موضعی افزایش قابل توجهی پیدا کند.

الف) روش گرمارسانی خشک به کمک بخاری

در رابطه با به‌کارگیری بخاری‌هایی که مواد سوختنی را می‌سوزانند باید به نکات زیر توجه نمود:

- گازهای ناشی از سوختن این مواد نباید در مجاورت و تماس با بتن جوان و نارس قرار گیرد. گازهای ناشی از سوختن کامل این مواد، دی اکسید کربن ایجاد می‌کنند که عامل اصلی کربناته شدن بتن است. بنابراین لازم است این گازها توسط یک دودکش مناسب از محل خارج شوند. در بتن غیرمسلح، این الزام اهمیت چندانی ندارد.
- وسیله گرمایشی (بخاری) نباید در نزدیکی سطح بتن یا قالب قرار گیرد و آن را به‌صورت موضعی گرم کند. توصیه می‌شود از بخاری‌های فن‌دار استفاده شود تا توزیع بهتری از گرما به‌وجود آید.

ب) روش گرمارسانی خشک به کمک المنت‌ها یا بخاری‌های برقی

علاوه بر موارد بیان شده در مورد بکارگیری بخاری در بند «الف»، فاصله مناسب این وسایل گرمایشی با سطح بتن بدون قالب حداقل ۷۵۰ میلی‌متر و برای سطوح قالب دار ۵۰۰ میلی‌متر توصیه می‌شود.

پ) روش گرمایی رسانی خشک به کمک رادیاتورهای گرمایشی

الزامات بند «ب» باید رعایت شود.

ت) روش گرمارسانی خشک به کمک تشعشع

استفاده از وسایل تشعشعی (مانند لوله‌های حاوی روغن بسیار داغ یا لوله‌هایی که گاز طبیعی در آن می‌سوزد و آن‌را داغ و سرخ می‌کند و یا لامپ‌های مادون قرمز) مجاز است. تعداد و فاصله منابع تشعشعی از سطح بتن یا قالب باید مشخص و تنظیم گردد. توصیه می‌شود فاصله یک لامپ ۱۰۰ وات مادون قرمز از سطح بتن بدون قالب کمتر از ۵۰۰ میلی‌متر و از سطح قالب، کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر نشود.

omoorepeyman.ir

۶-۳-۸-۳-۲- روش‌های حفظ گرما (عایقی)

استفاده از عایق‌بندی سطح به‌منظور حفظ گرمای بتن برای عمل‌آوری مجاز است. عایق حرارتی باید دارای طول همپوشانی مناسب باشد که از هدررفت گرما جلوگیری کند.

۶-۳-۸-۳-۳- روش‌های عمل‌آوری مرطوب

توصیه می‌شود روش عمل‌آوری با رطوبت‌رسانی همراه گردد. در صورت استفاده از بخار آب باید چنان در محیط دمیده شود یا در تماس با سطح بتن قرار گیرد که تقریبا همه سطح را به یک مقدار گرم کند و تنش حرارتی و گرمای موضعی به وجود نیاورد. توصیه می‌شود بخار آب گرم یا داغ به‌طور مستقیم بر سطح بتن دمیده نشود. دمای بخار بهتر است از ۷۵ درجه سلسیوس تجاوز نکند و دمای سطح بتن بالاتر از ۶۵ درجه سلسیوس نشود.

در همه شیوه‌های عمل‌آوری مرطوب، رطوبت‌رسانی به شکل آبدهی مستقیم یا پاشش آب مجاز است. تماس بخار آب با قالب بتن، عمل‌آوری مرطوب تلقی نمی‌شود و نقش آن صرفاً گرم کردن قالب و عمل‌آوری خشک می‌باشد. در مواردی که دمای سطح بتن باید بالاتر از ۴۰ درجه سلسیوس باشد و عمل آوری تسریع شده اعمال شود، باید به توصیه‌های عمل‌آوری حرارتی تسریع شده در این ضابطه مراجعه گردد. توصیه می‌شود که مدت بخاردهی در مجموع از ۱۸ ساعت بیشتر نشود. در موارد خاص (مانند وجود پوزولان و سرباره در بتن) و تأیید دستگاه نظارت، افزایش دمای بتن از محدودیت گفته شده مجاز است.

۶-۳-۸-۳-۴- عمل‌آوری حرارتی تسریع شده (عمل‌آوری تسریع شده)

در مواردی که نیاز به کسب مقاومت سریع در مدت کوتاهی وجود دارد، افزایش دمای عمل‌آوری و عمل‌آوری تسریع شده به دو روش خشک و مرطوب مجاز می‌باشد. نرخ افزایش دما، طول مدت حفظ دمای حداکثر و نرخ کاهش دما باید توسط مشاور تعیین و در مشخصات فنی لحاظ شود.

الف) زمان شروع گرمارسانی و بالا رفتن دما از ۴۰ درجه سلسیوس

پیش از آغاز عمل آوری تسریع شده باید زمان تأخیر تا رسیدن به گیرش اولیه در نظر گرفته شود. این زمان معمولا در محدوده ۱ تا ۵ ساعت قرار دارد. تا اتمام زمان تاخیر، حداکثر دمای سطح بتن نباید به بیش از ۴۰ درجه سانتی‌گراد برسد.

ب) نرخ افزایش دمای عمل آوری تسریع شده

برای رسیدن به حداکثر دمای مورد نیاز برای عمل آوری تسریع شده، باید با نرخ خاصی، دما را زیاد نمود. توصیه می‌شود برای قطعات نازک‌تر از ۳۰۰ میلی‌متر، حداکثر نرخ افزایش دما، ۲۵ درجه سلسیوس بر ساعت باشد. برای قطعات ضخیم‌تر از ۱۸۰۰ میلی‌متر، رعایت نرخ حداکثر ۱۰ درجه سلسیوس در ساعت الزامی است. برای ضخامت‌های دیگر در حد فاصل این دو باید با نظر دستگاه نظارت از درونیابی استفاده شود.

omoorepeyman.ir

پ) حداکثر دمای عمل آوری حرارتی تسریع شده

برای کاهش طول مدت عمل آوری، افزایش حداکثر دمای عمل آوری‌حرارتی مجاز است. توصیه می‌شود دمای حداکثر برای عمل‌آوری حرارتی تسریع شده در سطح بتن به ۶۵ درجه سلسیوس محدود گردد. در صورتی که SO_3 موجود در سیمان از ۲ درصد بیشتر شود دمای حداکثر عمل آوری به ۶۰ درجه سلسیوس محدود گردد.

استفاده از پوزولان‌ها و سرباره‌های مختلف برای افزایش حداکثر دما مجاز است. به‌هرحال لازم است عمل‌آوری حرارتی تسریع شده در دمای بالاتر از ۷۰ درجه سلسیوس بر روی نمونه بتن مورد نظر اعمال گردد تا نشان داده شود که آیا این افزایش دما می‌تواند بر عملکرد دوامی بتن در شرایط مهاجم تأثیر منفی چشمگیری باقی گذارد یا خیر. در صورتی که تأثیر حاصله ناچیز و نتیجه کار در حد قابل قبول باشد، افزایش دما بلامانع خواهد بود. به‌هرحال باید در مواردی که دوام بتن از اهمیت جدی برخوردار است، نسبت به انجام آزمایش‌های لازم با نظر دستگاه نظارت اقدام شود.

ت) نرخ کاهش دمای سطح بتن پس از عمل‌آوری تسریع شده

پس از خاتمه نگهداری بتن در حداکثر دمای مورد نظر، باید نسبت به قطع یا کاهش گرمارسانی اقدام شود و بتن را به‌تدریج خنک کرد تا دمای سطح آن به دمای محیط برسد. توصیه می‌شود که پوشش روی قطعه بتنی به آرامی و در یک بازه زمانی مناسب برداشته شود. نرخ کاهش دما باید محدود گردد تا ترک‌های ناشی از شوک حرارتی یا تنش‌های حرارتی به‌وجود نیاید. حداکثر نرخ کاهش دمای سطح بتن نباید بیش از حداکثر نرخ افزایش دما باشد.

۶-۳-۳-۹- بتن ریزی در هوای سرد

هنگام اجرای بتن در هوای سرد لازم است اقداماتی انجام پذیرد تا از آسیب‌دیدگی بتن جوان به علت رویارویی زود هنگام با یخبندان جلوگیری گردد و روند عادی کسب مقاومت بتن در هوای سرد حاصل شود.

دمای یخ زدگی بتن حدود ۱- تا ۲– درجه سلسیوس و درجه اشباع بحرانی برای بتن حدود ۸۰ درصد در نظر گرفته می‌شود. درجه اشباع بتن تازه با افزایش سن و واکنش آب با سیمان در هنگام هیدراته شدن، کاهش می‌یابد. زمانی که مقاومت فشاری بتن به حدود ۵ مگا پاسکال برسد، درجه اشباع بتن کمتر از سطح بحرانی می‌شود. در ضمن در دمای کمتر از ۵ درجه سلسیوس، عملاً واکنش‌های بتن متوقف می‌گردد.

۶-۳-۳-۹-۱- تعریف شرایط هوای سرد

هنگامی که دمای هوا کمتر از ۵ درجه سلسیوس باشد یا احتمال برود که در مدت حفاظت از بتن، دمای هوا به کمتر از ۵ درجه سلسیوس برسد، شرایط هوای سرد حاکم است و الزامات این بخش باید رعایت شود.

حفاظت از بتن، تا دستیابی بتن به مقاومت ۵ مگاپاسکال در بتن غیراشباع، یا ۲۵ مگاپاسکال در حالت اشباع، ادامه می‌یابد. در مواردی که از مواد حباب زا در بتن استفاده شده باشد، این مدت می تواند با نظر مشاور کاهش یابد.

omoorepeyman.ir

۶-۳-۳-۹-۲- الزامات قبل از بتن ریزی

کلیه وسایل و تجهیزات بتن‌ریزی در هوای سرد، باید در کارگاه موجود باشند. برخی از این موارد شامل دماسنج، پوشش برای بتن و در صورت لزوم وسایلی برای محفوظ کردن فضای اطراف بتن و وسایل گرمایشی می‌باشند

از ریختن بتن بر روی زمین یا بتن یخ زده باید اجتناب شود و قبل از بتن‌ریزی باید شرایط آرماتور و قالب‌ها 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 می‌گیرد، باید قبل از بتن‌ریزی حداقل صفر درجه سلسیوس باشد.

۶-۳-۳-۹-۳- دمای مخلوط بتن

حداقل دمای مجاز اختلاط بتن تابع دمای هوا و حداقل اندازه مقطع بتن است. در جدول ۶-۳۹ حداقل دمای مخلوط بتن در هنگام اختلاط و در زمان بتن‌ریزی و دوره حفاظت ارائه شده است. طبق این جدول مقاطع به چهار رده از نظر ضخامت تقسیم شده‌اند. بتن‌ریزی نباید در دمای کمتر از ۱۵- درجه سلسیوس بتن‌ریزی انجام شود، مگر آن‌که دستگاه نظارت با رعایت تمهیدات خاص آن را مجاز بداند. دمای مخلوط بتن در هنگام بتن‌ریزی نباید بیش از ۱۱ درجه سلسیوس از دماهای ذکر شده در ردیف ۱ و همچنین دمای بتن پس از مخلوط کردن، نباید بیش از ۸ درجه سلسیوس از دماهای ذکر شده در ردیف ۲ جدول ۶-۳۹ بالاتر باشد.

جدول ۶-۳۹- حداقل دمای بتن

ردیف	شرایط	حداقل دمای بتن به درجه سلسیوس بر اساس حداقل بعد مقطع بتنی(m)			
		کمتر از ۰/۳	بین ۰/۳ تا۰/۹	بین ۰/۹ تا ۱/۸	بیشتر از ۱/۸
۱	حداقل دمای بتن در هنگام بتن‌ریزی و در دوره حفاظت	۱۳	۱۰	۷	۵
۲	حداقل دما پس از مخلوط کردن				
۱-۲	برای دمای هوا بیش از ۰ درجه سلسیوس	۱۶	۱۳	۱۰	۷
۲-۲	بین ۰ تا ۱۵- درجه سلسیوس	۱۸	۱۶	۱۳	۱۰
۳-۲	کمتر از ۱۵- درجه سلسیوس	۲۰	۱۸	۱۵	۱۲

دمای بتن در هنگام مخلوط کردن و ریختن، باید نزدیک به حداقل دمای مجاز باشد، تا از مزایای بهبود کیفیت بتن در دمای پایین بتوان بهره‌گرفت.

حداقل دمای مخلوط بتن پس از ساخت آن، به عوامل مختلفی از جمله، مدت حمل، معطلی، نوع وسیله حمل ارتباط دارد. در جدول ۶-۳۸ فرض شده است که از کامیون مخلوط‌کن برای حمل بتن به مدت یک ساعت استفاده شده است. بدیهی است، اولویت با رعایت حداقل دمای بتن در هنگام بتن‌ریزی خواهد بود.

برای کسب دمای بتن مخلوط شده طبق جدول ۶-۳۹، استفاده از آب گرم برای ساخت مخلوط بتن مجاز است، اما دمای آب مصرفی نباید بیش از ۸۰ درجه سلسیوس باشد.

برای محاسبه دمای مخلوط بتن می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

omoorepeyman.ir

$$T_{\mathrm{m}}=\frac{0.22\left(T_{\mathrm{G}}W_{\mathrm{G}}+T_{\mathrm{S}}W_{\mathrm{S}}+T_{\mathrm{C}}W_{\mathrm{C}}\right)+T_{\mathrm{W}}W_{\mathrm{W}}+T_{G}W_{WG}+T_{S}W_{WS}}{0.22\left(W_{\mathrm{G}}+W_{S}+W_{\mathrm{C}}\right)+W_{W}+W_{WG}+W_{WS}} \quad (۳-۶)$$

که در آن:

T_{m} = دمای مخلوط بتن،

T_C = دمای سیمان،

T_G = دمای سنگدانهٔ درشت،

T_S = دمای سنگدانهٔ ریز،

T_W = دمای آب مخلوط،

W_C = وزن سیمان،

W_S = وزن سنگدانهٔ ریز،

W_G = وزن سنگدانهٔ درشت،

W_{WG} = وزن آب در سنگدانهٔ درشت،

W_{SG} = وزن آب در سنگدانهٔ ریز، می‌باشد.

برای افزایش دمای بتن افزایش دمای مصالح دیگری غیر از آب مانند سنگدانه‌ها مجاز است. با این وجود توصیه می‌شود که در مرحله اول، آب مصرفی مخلوط بتن گرم شود.

در صورتی‌که سنگدانه‌ها یخ زده باشند باید با گرم کردن، نسبت به آب کردن یخ اقدام شود.

در صورت استفاده از آب گرم برای ساخت مخلوط بتن، ترتیب اختلاط مصالح باید به این صورت باشد که ابتدا سنگدانه‌ها و آب و سپس مواد سیمانی در مخلوط کن ریخته شود و دمای مخلوط سنگدانه و آب از ۴۰ درجه سلسیوس فراتر نرود. برخورد آب داغ با سیمان، به گیرش ناگهانی منجر می‌گردد. لذا توصیه می‌شود برای رفع این مشکل از برخورد مستقیم آب داغ با سیمان جلوگیری شود.

دمای مخلوط بتن در هنگام ساخت و در هنگام بتن‌ریزی باید کنترل شود. برای محاسبه دمای بتن در هنگام مخلوط کردن، با در نظر گرفتن مقدار افت دمای مخلوط، از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$T_{\mathrm{m}}=T_p+\beta\times(T_p-T_a)\times t \quad (۴-۶)$$

که در آن:

T_a = دمای هوا به درجه سلیسیون،

T_m = دمای بتن پس از مخلوط شدن به درجه سلیسیوس،

T_p = دمای بتن هنگام بتن‌ریزی درجه سلیسیوس،

t = فاصله زمانی از تولید بتن تا هنگام بتن‌ریزی به ساعت،

β = ضریب ثابت طبق جدول ۴-۴۰، می‌باشند.

omoorepeyman.ir

رابطه بالا، برای انتقال بتن با کامیون مخلوط‌کن (تراک میکسر) استفاده می‌شود.

برای اجتناب از کاهش زیاد دمای مخلوط بتن در هنگام انتقال، اگر از کامیون مخلوط‌کن (تراک میکسر) استفاده شود، توصیه می‌گردد که حداکثر زمان انتقال کامیون تا محل بتن‌ریزی ۱/۵ ساعت باشد.

جدول ۶-۴۰- ضریب β در رابطه ۴-۴

ردیف	شرایط	ضریب β
۱	کامیون مخلوط کن	۰/۲۵
۲	کامیون مخصوص حمل بتن به‌صورت غیر پوشیده	۰/۱۷
۳	وسیله حمل غیر چرخان و سرپوشیده	۰/۱۰

در صورت استفاده از این رابطه، نیازی به استفاده از دماهای ردیف ۲ جدول ۶-۳۹ نمی‌باشد.

۶-۳-۳-۹-۴- سایر الزامات و توصیه‌ها

برای بتن‌ریزی در هوای سرد، به‌ویژه در حالتی که بتن در مدت عمل آوری اشباع می‌شود، باید از مواد حباب زا برای ایجاد هوای عمدی در بتن استفاده شود. نباید اجازه داد تا قبل از دستیابی به مقاومت فشاری ۵ مگاپاسکال، بتن غیراشباع یخ بزند. از یخ زدن بتن تحت شرایط اشباع باید جلوگیری شود مگر آنکه بتن به مقاومت ۲۵ مگاپاسگال رسیده باشد. در صورتی‌که از مواد حباب زا در بتن استفاده شود، دستیابی به مقاومت ۲۵ مگاپاسکال در بتن اشباع، ضرورت ندارد.

۶-۳-۳-۹-۵- اقدامات پس از بتن ریزی

عملیات پرداخت در هوای سرد باید با دقت بیشتری به‌ویژه برای سطوحی که دارای تردد یا سایش هستند، انجام پذیرد.

الف- بلافاصله پس از بتن ریزی، حفاظت بتن با پوشش عایق یا گرم کردن باید آغاز شود. در صورتی که لازم باشد از روش گرم کردن برای محافظت بتن استفاده شود، نیاز به ایجاد فضای بسته در اطراف بتن خواهد بود، اما باید از روشن کردن آتش بر روی عضو بتنی اجتناب شود.

ب- در هوای سرد، منظور از عمل آوری، ایجاد پوشش عایق بر روی بتن و یا گرم کردن بتن است. در محیط بسته، اگر ایجاد گرما باعث خشک شدن بتن شود، باید از رطوبت رسانی با آب یا بخار آب استفاده کرد. لبه‌ها و گوشه‌های اعضای بتنی در معرض افت دمای بیشتر و احتمال یخزدگی هستند و باید توجه بیشتری به این محل‌ها معطوف گردد.

پ- برای مقایسه دمای بتن در طی مدت حفاظت با حداقل دمای دوره حفاظت که در جدول ۶-۳۹ ارایه شده، باید دمای سطح بتن، به‌ویژه در نواحی بحرانی نظیر سطوح قالب بندی نشده یا لبه‌ها و گوشه‌ها، حداقل دو بار در هر شبانه‌روز اندازه‌گیری و ثبت گردد.

ت- در هوای سرد توصیه می‌گردد ترجیحاً از قالب‌بندی چوبی استفاده شود.

omoorepeyman.ir

ث- در هوای سرد، چنانچه نتوان شرایط دمایی حداقل عمل‌آوری را فراهم کرد و احتمال یخ زدن در روزهای اول پیش‌بینی می‌شود، نباید از روش عمل آوری رطوبت رسانی مستقیم استفاده کرد.

ج- در بتن‌ریزی در هوای سرد، احتمال بروز ترک‌های ناشی از جمع‌شدگی خمیری وجود دارد که در این خصوص اقدامات احتیاطی لازم را باید در نظر گرفت.

۶-۳-۳-۹-۶- حفاظت بتن

پس از بتن‌ریزی باید دمای بتن حداقل ۳ روز مطابق با حداقل دمای ردیف ۱ در جدول ۶-۳۹، توسط پوشش مناسب و در صورت لزوم ایجاد محفظه بسته و اعمال گرمایش، تامین شود. در صورتی‌که با استفاده از آزمونه‌های آگاهی یا بلوغ سنجی و یا روش‌های غیرمخرب، بتوان نشان داد که برای بتن زیر حد اشباع بحرانی به مقاومت ۵ مگاپاسکال و برای بتن های اشباع به مقاومت ۲۵ مگاپاسکال رسیده است، می‌توان حفاظت را خاتمه داد. زمان خاتمه باید به تصویب دستگاه نظارت رسیده باشد.

پس از دوره محافظت چنانچه دمای متوسط محیط بیشتر از ۵ درجه سلسیوس باشد، باید عمل‌آوری متعارف به نحو مناسب طبق این ضابطه اعمال گردد. چنانچه بعد از دوره محافظت، دمای محیط کمتر از ۵ درجه سلسیوس باشد باید عمل آوری بتن تا رسیدن به حداقل مدت عمل آوری، تداوم یابد.

پس از مدت حفاظت بتن، اگر دمای محیط بیشتر از ۱۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی محیط در حدی باشد که احتمال خشک‌شدگی شدید بتن وجود داشته باشد، باید از روش عمل‌آوری با آب یا عایق رطوبتی مانند، پوشش نایلونی و مواد عمل آوری غشاساز استفاده شود.

۶-۳-۳-۹-۷- افت دما پس از حفاظت

در طی ۲۴ ساعت پس از اتمام مدت حفاظت از بتن، باید به‌تدریج از حفاظت کاسته شود تا بتن در معرض تغییرات ناگهانی دما قرار نگیرد. براساس حداقل بعد بتن، حداکثر افت دما پس از ۲۴ ساعت بعد از خاتمه حفاظت باید مطابق با جدول ۶-۴۱ باشد.

جدول ۶-۴۱- حداکثر مجاز افت دمای بتن بر اساس حداقل بعد عضو بتنی، ۲۴ ساعت پس از خاتمه حفاظت

حداقل بعد عضو بتنی، (متر)	حداکثر مجاز افت دما (درجه سلسیوس)
کمتر از ۰/۳	۲۸
۰/۳ تا ۰/۹	۲۲
۰/۹ تا ۱/۸	۱۷
بیشتر از ۱/۸	۱۱

۶-۳-۳-۹-۸- قالب برداری

با توجه به اهمیت زمان قالب برداری در هوای سرد، باید به بخش قالب بندی این ضابطه مراجعه گردد.

omoorepeyman.ir

۶-۳-۳-۱۰- بتن ریزی در هوای گرم

۶-۳-۳-۱۰-۱- شرایط هوای گرم

هرگاه احتمال داده شود که به خاطر بالا بودن دمای هوا یا مصالح مصرفی، و همچنین شرایط محیطی، دمای بتن تازه بدون رعایت تمهیدات ویژه در زمان بتن‌ریزی به بیشتر از ۳۲ درجه سلسیوس می‌رسد، یا میزان تبخیر از سطح بتن زیاد است، شرایط هوای گرم وجود دارد و تدارکات ضروری برای ساخت بتن و بتن ریزی در هوای گرم را باید فراهم کرد.

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 می‌انجامد. مشاور باید در مشخصات فنی، شرایط آب و هوای گرم را تعریف کند.

۶-۳-۳-۱۰-۲- تدارکات برای ساخت بتن و بتن‌ریزی

تمام مواد و تجهیزات مورد نیاز برای ساخت بتن و بتن ریزی در هوای گرم باید قبل از شروع عملیات فراهم شوند.

برای جلوگیری از افزایش دمای آب، توصیه می‌شود منابع یا مخازن آب و لوله‌های رابط در سایه قرار گیرند و با مواد عایق پوشانده شوند. همچنین توصیه می‌شود که مخازن آب در زمین مدفون گردند. جهت جلوگیری از افزایش دمای سنگدانه‌ها، ناشی از تابش مستقیم آفتاب، توصیه می‌شود سنگدانه‌ها در زیر سایبان مناسبی قرار گیرند.

برای خنک کردن سنگدانه درشت در مناطق غیرشرجی می‌توان از پاشش آب بر سطح آن استفاده کرد و اجازه داد تا آب سنگدانه تبخیر شود، به‌هر حال در صورتی که بخشی از آب در سنگدانه‌ها باقی بماند، باید آن‌را در تعیین مقدار آب مورد نیاز برای ساخت مخلوط منظور نمود. شایان ذکر است که این روش، در مناطق شرجی مجاز نمی‌باشد زیرا امکان تبخیر آب موجود نمی‌باشد و دمای سنگدانه‌ها تغییر محسوسی نمی‌کنند.

باید تمام وسایل ساخت بتن تا حد امکان در سایه نگهداری شوند و با ریختن آب بر سطح یا درون مخلوط‌کن نسبت به کاهش دمای آن اقدام شود. اما در هنگام ساخت مخلوط بتن، نباید آب اضافی در مخلوط‌کن باشد.

۶-۳-۳-۱۰-۳- ساخت بتن

برای کاهش دمای مخلوط بتن، باید از روش‌های پیشگیرانه افزایش دمای مصالح اولیه (سیمان، سنگدانه و آب) استفاده گردد. کاهش دمای مصالح مصرفی مجاز است. چنانچه با استفاده از آب سرد در ساخت مخلوط بتن نتوان دمای بتن را در حد مورد نظر کاهش داد، می‌توان تا ۷۵ درصد آب مورد نیاز برای ساخت مخلوط بتن را با تراشه یخ یا یخ پولکی جایگزین کرد. اما نباید در پایان عملیات اختلاط بتن، یخی در بتن مشاهده شود.

برای محاسبه دمای مخلوط بتن بر مبنای وزن و دمای مصالح مصرفی می‌توان از رابطه ارائه شده در بخش بتن‌ریزی در هوای سرد استفاده کرد. اما اگر از یخ به عنوان بخشی از آب مصرفی استفاده می‌شود، برای محاسبه دمای مخلوط می توان از رابطه ۶-۵ بهره گرفت:

omoorepeyman.ir

$$T_{\text{conc}} = \frac{[0.22\times(T_{\text{G}}W_{\text{G}} + T_{\text{S}}W_{\text{S}} + T_{\text{C}}W_{\text{C}}) + T_{\text{W}}W_{\text{W}} + T_{G}W_{WG} + T_{S}W_{WS} - 80W_{i}]}{0.22(W_{\text{G}} + W_{\text{S}} + W_{\text{C}}) + W_{W} + W_{WG} + W_{WS} + W_{i}} \qquad (۵-۶)$$

که در آن w_i وزن یخ به کیلوگرم بوده و بقیه پارامترها طبق فرمول ۴-۳ می‌باشد.

برای جبران افت اسلامپ در هوای گرم نباید بیشتر از مقدار آب طرح مخلوط بتن، آب دیگری اضافه شود. با کاهش دمای بتن می‌توان افت اسلامپ را کاهش داد. برای طولانی‌تر کردن مدت حفظ اسلامپ مخلوط، استفاده از مواد کندگیر یا روان‌کننده که خاصیت کندگیری دارند، مجاز است.

۶-۳-۳-۱۰-۴- انتقال بتن

توصیه می‌شود مدت انتقال بتن با کامیون مخلوط‌کن تا اتمام تخلیه بتن از کامیون، از یک ساعت بیشتر نشود. همچنین این مدت می‌تواند با مصرف مواد افزودنی کندگیر یا سیمان‌های با دیرگیری و افت اسلامپ کم، با مجوز دستگاه نظارت افزایش یابد. برای جلوگیری از گرم شدن بتن در مناطق غیرشرجی در حین انتقال، باید از دمای وسایل و تجهیزات حمل و ریختن بتن قبل از استفاده مانند دیگ مخلوط‌کن با کمک آب یا چتایی خیس کاست. توصیه می‌شود رنگ وسایل حمل و ریختن بتن مانند، دیگ کامیون حمل بتن (تراک میکسر)، سفید یا رنگ روشن باشد.

۶-۳-۳-۱۰-۵- بتن ریزی

حداکثر دمای مخلوط بتن در هنگام بتن ریزی باید به ۳۲ درجه سلسیوس محدود شود مگر اینکه مشاور، دمای کمتری را تجویز نماید. هنگامی که شرایط محیطی به نحوی است که احتمال ترک‌خوردگی ناشی از جمع‌شدگی خمیری وجود دارد، باید از تبخیر زیاد از سطح بتن به‌ویژه در دال‌ها جلوگیری شود. استفاده از پوشش نایلونی بر سطح بتن یا استفاده از مواد غشاساز جلوگیری کننده از تبخیر پس از اتمام پرداخت، برای کاهش نرخ تبخیر توصیه می‌شود.

در صورتی که نرخ تبخیر در حد زیاد و امکان کاهش نرخ تبخیر وجود نداشته باشد، استفاده از انواع الیاف به مقدار حدود ۰/۱ تا ۰/۲ درصد حجم بتن توصیه می‌شود. برای افزایش رطوبت نسبی محیط اطراف بتن و همزمان کاهش شدت تابش آفتاب، آب‌پاشی و مه‌پاشی به سطح بتن توصیه می‌شود. این امر با ایجاد خنکی در محیط، در مجموع تبخیر از سطح بتن را به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد.

چنانچه مقدار تبخیر آب از سطح بتن بیشتر از kg/m^2 ۱ در ساعت باشد، احتمال ترک خوردگی بسیار زیاد می‌باشد. در این مواقع باید تمهیدات این ضابطه دقیقاً اجرا گردد. اما به هر حال وقتی مقدار تبخیر از حد kg/m^2 ۰/۵ درساعت بیشتر می‌شود، توصیه می‌گردد تمهیدات ارائه شده در این بخش به کار گرفته شود. برای بتن‌های حاوی مقدار زیاد مواد پوزولانی و سرباره‌ای و به‌ویژه بتن‌های حاوی دوده سیلیس، مقدار تبخیر آستانه بحرانی ممکن است به کمتر از kg/m^2 ۰/۲۵ در ساعت کاهش یابد. در هر صورت میزان تبخیر سطحی بحرانی باید توسط مشاور بیان شود.

برای تخمین مقدار تبخیر می‌توان از رابطه ۶-۶ استفاده کرد:

$$E = 5\times\left([T_c + 18]^{2.5} - r[T_a + 18]^{2.5}\right)\times(V + 4)\times 10^{-6} \qquad (۶-۶)$$

omoorepeyman.ir

که در آن:

E نرخ تبخیر به $kg/m^2/h$،

R رطوبت نسبی تقسیم بر ۱۰۰،

Ta دمای هوا به درجه سلسیوس،

Tc دمای بتن به درجه سلسیوس،

V سرعت باد به km/h.

برای تعیین سرعت وزش باد در وهله اول باید از بادسنج استفاده شود. برای تقسیم‌بندی بر اساس مشاهدات ظاهری محیط، استفاده از موارد ذیل مجاز است:

- سرعت باد تا ۱۰ km/h (کیلومتر در ساعت) باعث حرکت برگ‌ها می‌شود.
- سرعت باد تا ۲۰ km/h (کیلومتر در ساعت) درختان کوچک را حرکت می‌دهد.
- سرعت باد تا ۳۰ km/h (کیلومتر در ساعت) سبب حرکت شاخه‌های بزرگ می‌شود.

۶-۳-۳-۱۰-۶- عمل آوری

برای عمل آوری در هوای گرم توصیه می‌شود از حوضچه آب بر سطح و همچنین از چتایی خیس همراه با پوشش پلاستیک بر روی آن در اعضای بتنی استفاده گردد. چتایی باید در طول مدت عمل‌آوری به‌طور مداوم خیس باشد. از خشک و مجدداً خیس شدن چتایی باید جلوگیری شود.

استفاده از مواد عمل‌آوری غشاساز مجاز است. اما برای بتن‌های پرمقاومت با نسبت آب به سیمان کمتر از ۰/۴۲، استفاده از روش‌های صرفاً جلوگیری کننده از تبخیر، مانند استفاده از پوشش نایلونی به تنهایی و مواد عمل‌آوری غشاساز، توصیه نمی‌شود، مگر آن‌که استفاده از آنها توسط دستگاه نظارت مجاز تشخیص داده شود.

۶-۳-۴- انواع بتن

۶-۳-۴-۱- بتن پاششی

اجرای بتن پاششی به دو صورت تر و خشک مجاز است. مشاور، روش بتن‌پاشی را باید با توجه به محدودیت‌ها و مزایای این دو روش و همچنین امکانات موجود تعیین کند.

۶-۳-۴-۱-۱- مصالح مصرفی

الف) سیمان

از انواع سیمان پرتلند و آمیخته می‌توان در ساخت بتن پاششی استفاده کرد. استفاده از انواع سیمان آمیخته به‌دلیل ایجاد حالت خمیری بهتر و حفظ آب بیش‌تر، توصیه می‌گردد.

omoorepeyman.ir

ب) سنگدانه

حداکثر اندازه‌ی اسمی سنگدانه‌ی مصرفی باید به ۲۰ میلی‌متر محدود شود، هرچند توصیه می‌شود این مقدار از ۱۲/۵ میلی‌متر تجاوز نکند. مخلوط سنگدانه‌ی درشت و ریز باید از مقدار کافی ذرات ریز برخوردار باشد تا برگشت و هدررفت مصالح کم‌تر شود. بافت دانه‌بندی مخلوط سنگدانه باید تا حد امکان ریز باشد. بدین منظور می‌توان به دانه‌بندی جدول ۶-۴۲ مراجعه کرد.

جدول ۶-۴۲- دانه‌بندی پیشنهادی ترکیب سنگ‌دانه‌ها برای بتن پاششی

اندازه‌ی الک، mm	درصد تجمعی عبوری	
	دانه‌بندی۱	دانه‌بندی ۲
۱۲/۵	-	۱۰۰
۹/۵	۱۰۰	۹۰-۱۰۰
۴/۷۵	۹۵-۱۰۰	۷۰-۸۵
۲/۴	۸۰-۹۸	۵۰-۷۰
۱/۲	۵۰-۸۵	۳۵-۵۵
۰/۶۰۰	۲۵-۶۰	۲۰-۳۵
۰/۳۰۰	۱۰-۳۰	۸-۲۰
۰/۱۵۰	۲-۱۰	۲-۱۰

در مواردی که ضخامت قطعه یا پوشش بتن روی میلگرد خیلی کم باشد یا نیاز به کاهش مقدار برگشت و هدررفت بتن وجود داشته باشد، استفاده از دانه بندی رده۱ می‌تواند مناسب‌تر باشد.

پ) مواد افزودنی معدنی

استفاده از انواع مواد پودری معدنی فعال شامل، سرباره‌ها و پوزولان‌ها و مواد پودری غیرفعال مانند پودرسنگ مجاز است. مصالح مصرفی باید الزامات این فصل را رعایت کند.

ت) مواد افزودنی شیمیایی

استفاده از افزودنی‌های زودگیرکننده‌ی مخصوص بتن پاششی، به‌ویژه در روش خشک مجاز است. توصیه می‌شود برای استفاده از افزودنی‌های زودگیرکننده در بتن پاششی، این مواد باید به صورت‌تر به‌وسیله شیلنگی که به افشانک متصل است به مخلوط اضافه شود. در بسیاری از موارد توصیه می‌شود از زودگیرکننده‌هایی که قلیایی نیستند استفاده شود تا ایمنی نفرات رعایت گردد.

ث) الیاف

استفاده از الیاف مانند الیاف فلزی و الیاف پلی‌پروپیلن در بتن پاششی مجاز است. استفاده از این الیاف سبب بهبود خواص مکانیکی مانند مقاومت در برابر ضربه، طاقت و مقاومت خمشی و باعث کاهش برگشت و هدر رفت مصالح می‌شود.

omoorepeyman.ir

۶-۳-۴-۱-۲- تعیین مقادیر نسبت‌های مخلوط (طرح مخلوط)

طرح مخلوط بتن پاششی باید توسط مشاور برای دستیابی به مقاومت مورد نظر یا مشخصات مورد نیاز دیگر تهیه شود. مشخصات دیگری که ممکن است توسط طراح پروژه تعیین شوند عبارتند از:

- حداقل و حداکثر مقدار مواد سیمانی
- حداکثر نسبت آب به مواد سیمانی
- مقاومت خمشی
- طاقت
- مقاومت اولیه‌ی کوتاه مدت
- نفوذپذیری
- جذب آب
- چسبندگی به بستر

مقدار متداول مواد سیمانی در بتن پاششی بین ۳۷۵ تا ۵۵۰ کیلوگرم در مترمکعب است.

۶-۳-۴-۱-۳- ارزیابی قبل از ساخت

قبل از اجرای پروژه باید مطالعات و آزمایش‌های کافی در خصوص مشخصات مواد و مصالح، نسبت‌های مخلوط بتن پاششی، کیفیت بتن، روش اجرا و عملکرد مسئول پاشش توسط پیمانکار انجام شده و به تایید دستگاه نظارت برسد.

مصالح، نسبت‌های مخلوط، تجهیزات، فرآیند ساخت و مسئول پاشش باید به‌گونه‌ای انتخاب شوند که ضمن دستیابی به مشخصات مکانیکی، دوام و سایر خواسته‌های مورد نیاز، مقدار مصالح هدر رفته در بتن پاششی به حداقل برسد.

استفاده از مصالح اتلاف شده برای عملیات پاشش مجاز نیست. دستگاه نظارت مجاز به تعیین معیاری برای حداکثر مقدار مصالح هدر رفته می‌باشد. حداکثر هدررفت برای سطوح قائم ۲۵ درصد و برای سطوح افقی بالاسر ۴۰ درصد توصیه می‌شود.

برای ارزیابی کیفیت بتن پاششی، پانل‌های آزمایشی بتن پاششی باید مطابق استاندارد ملی ایران ۱-۱۸۷۱۷ تهیه شوند. باید این پانل‌ها برای هر طرح مخلوط بتن، هرجهت پاشش و هر مسئول پاشش تهیه شود. به عبارت دیگر ساخت پانل‌های آزمایشی باید منطبق با شرایط واقعی در پروژه باشد. این پانل‌ها باید مطابق استاندارد ملی ایران ۱-۱۸۷۱۷ در شرایط کارگاهی عمل‌آوری شده و برای انجام آزمایش‌های لازم به آزمایشگاه منتقل گردند. پانل‌های آزمایشی باید برای سطوح کف، سقف، قائم و مایل به‌طور جداگانه تهیه و آزمایش شوند.

آزمونه‌های مربوط به بتن پاششی سخت‌شده باید به‌صورت مغزه‌ها یا منشورهای برش خورده از پانل‌های آزمایشی مطابق با استاندارد ملی ایران ۱۲۳۰۶ تهیه و روی آن آزمایش‌هایی مانند مقاومت فشاری، مقاومت خمشی و غیره بر حسب الزامات فنی پروژه انجام شود. در رابطه با قطر و سایر ابعاد آزمونه‌ها به استاندارد مربوطه مراجعه شود. این آزمونه‌ها باید فاقد میلگرد باشند.

omoorepeyman.ir

پانل‌های آزمایشی دیگری نیز باید برای بررسی کیفیت در برگرفتن میلگرد با بتن پاششی و کیفیت ظاهری بتن پاششی مطابق استاندارد ملی ایران ۱-۱۸۷۱۷ تهیه شوند. در این پانل‌ها باید میلگردها به‌گونه‌ای کار گذاشته شود، که قطر و نحوه‌ی قراردهی آن‌ها نشان دهنده‌ی شرایط میلگردگذاری پروژه باشد. مغزه‌ی تهیه شده از پانل‌ها باید به‌گونه‌ای باشد که میلگردها را قطع کند. دستگاه نظارت باید با مشاهده‌ی ظاهری مغزه‌ها، به‌خصوص نواحی اطراف میلگردهای قطع‌شده، کیفیت بتن پاششی اجرا شده را بررسی کند. برای این آزمایش، قطر مغزه‌ها باید حداقل ۹۴ میلی‌متر و ارتفاع آن برابر ضخامت پانل باشد. اگر این پانل آزمایشی مردود شود، استفاده از یک پانل دیگر برای آزمایش مجاز است. اگر پانل جدید مورد قبول باشد کار ادامه پیدا می‌کند. در غیر این صورت باید فرآیند ساخت، نسبت‌های مخلوط، مسئول پاشش یا تجهیزات پاشش اصلاح شوند.

۶-۳-۴-۱-۴- ارزیابی و پذیرش در حین ساخت

برای هر طرح مخلوط بتن پاششی، به ازای هر ۳۰ مترمکعب بتن یا ۱۵۰ مترمربع سطح پاشیده شده (هر کدام که تعداد نوبت‌های نمونه‌برداری بیش‌تری را به‌دست دهد)، باید حداقل یک نوبت نمونه‌برداری برای آزمایش مقاومت فشاری انجام شود. برای نمونه‌برداری آزمایش‌های دوام از هر ۱۵۰ مترمکعب بتن یا هر ۷۵۰ مترمربع سطح (هر کدام که تعداد نوبت‌های نمونه‌برداری بیش‌تری را به‌دست دهد)، باید حداقل یک نوبت نمونه‌برداری انجام شود. در هر نوبت کاری باید حداقل یک مرتبه نمونه‌برداری برای آزمایش مقاومت فشاری انجام شود.

نمونه‌برداری را می‌توان از محل بتن اجرا شده یا از پانل‌های آزمایشی (تهیه و نگهداری شده مطابق با استاندارد ملی ایران ۱-۱۸۷۱۷) انجام داد. این پانل‌ها باید مطابق استاندارد ملی ایران ۱-۱۸۷۱۷ در شرایط کارگاهی عمل‌آوری شوند و آزمونه‌های اخذ شده برای انجام آزمایش‌های لازم به آزمایشگاه منتقل شوند.

توصیه می‌شود جهت جلوگیری از آسیب‌رسانی به سازه‌ی اصلی، از پانل‌های آزمایشی نمونه‌برداری به‌صورت مغزه یا تیر بریده شده استفاده شود. چنانچه نمونه‌برداری از محل بتن اجراشده انجام شود، محل مغزه یا منشور برش خورده نباید با بتن پاششی پر شود، و باید با بتن معمولی با مشخصات مشابه بتن پاششی پر گردد و عمل‌آوری محل پر شده نیز طبق ضوابط بخش عمل‌آوری این فصل باشد.

هر نمونه‌برداری مقاومت فشاری باید شامل سه مغزه باشد. آزمونه‌های تشکیل دهنده هر نمونه باید به‌صورت مغزه یا منشور مطابق با استاندارد ملی ایران به‌شماره‌ی ۱۲۳۰۶ تهیه و آزمایش شوند. برای ارزیابی مقاومت فشاری، مغزه‌ها باید حداقل دارای قطر ۷۵ میلی‌متر باشند، مگر اینکه طراح پروژه مشخصات دیگری را ذکر کرده باشد. به‌هرحال نسبت ارتفاع به قطر مغزه باید حداقل برابر یک باشد. همچنین حداقل قطر مغزه معمولاً باید سه برابر حداکثر اندازه اسمی سنگدانه های مصرفی در بتن باشد.

مقاومت مشخصه بتن پاششی برای حداقل قطر مغزه ۹۴ میلی‌متری تعریف می‌شود و معمولاً نیاز به تبدیل مقاومت به سایر قطرها وجود دارد، اما چنانچه مشاور مقاومت مشخصه را برای قطر خاص دیگری تعریف کند نیازی به تبدیل

omoorepeyman.ir

نتایج مغزه‌های مورد نظر نمی‌باشد. به‌هرحال توصیه می‌شود، مشاور با درنظر گرفتن تفاوت مقاومت مغزه‌های با قطرهای مختلف، مقاومت فشاری مشخصه مورد نظر را تعیین کند.

متوسط مقاومت فشاری یک مجموعه‌ی سه‌تایی مغزه که از هر پانل آزمایشی یا محل بتن اجرا شده به دست آمده، باید بیشتر یا مساوی ۸۵ درصد مقاومت مشخصه باشد. مقاومت هیچ مغزه‌ای نیز نبایدکم‌تر از ۷۵ درصد مقاومت مشخصه باشد. باید توجه نمود که ضوابط پذیرش مربوط به بتن معمولی برای بتن پاششی قابل استفاده نمی‌باشد، مگر در مواردی که از مخلوط بتن پاششی به‌روش‌تر قبل از پاشش نیز نمونه برداری انجام گردد و آزمونه‌های مقاومتی قالب گیری شوند. برای این حالت پذیرش بتن به‌صورت معمولی مطابق با ضوابط این فصل باید انجام شود.

بر حسب ضرورت و توسط مشاور معیارهای پذیرش دیگری غیر از مقاومت فشاری مانند ضخامت، مقاومت خمشی، دوام و چسبندگی به بستر می‌تواند برای بتن پاششی تعیین شود. همچنین در مواردی که بتن پاششی به‌صورت تر اجرا می‌شود، مشاور می‌تواند الزاماتی برای نمونه‌گیری و ارزیابی بتن مانند درصد هوا، اسلامپ، دمای بتن تازه و مقاومت بتن سخت‌شده و غیره را قبل از پاشش در مشخصات فنی بیان کند.

۶-۳-۴-۱-۵- اجرا

الف) آماده‌سازی محل بتن‌ریزی

چنانچه بتن پاششی روی خاک یا سنگ یا هر سطح جاذبی اجرا شود، باید سطح آن بلافاصله قبل از پاشش مرطوب شده و به‌صورت اشباع با سطح خشک درآید. آب اضافی باید با هوای پرفشار یا روش دیگر از سطح زدوده شود. استفاده از دوغاب حاوی لاتکس یا اپوکسی به جای اشباع کردن با آب مجاز است.

چنانچه بتن پاششی بر سطوح بتنی یا مصالح بنایی اجرا شود، باید تمام بخش‌های سست و معیوب و آغشته به آلودگی که سبب عدم چسبندگی می‌شود، از سطح زدوده شوند. بلافاصله قبل از پاشش باید سطوح مرطوب شده و به حالت نزدیک به اشباع با سطح خشک برسند. همچنین سطوح صیقلی را باید مضرس نمود. سطح مورد نظر را می‌توان با وسایل دستی، ماسه‌پاشی یا آب پرفشار زبر و خشن نمود.

سطوح میلگردها باید عاری از بتن سخت‌شده قبلی و آلودگی‌هایی باشند که مانع چسبندگی آن به بتن پاششی می‌گردند. زنگ و بتن سخت‌شده‌ی روی میلگردها باید با آب پرفشار یا ماسه‌پاشی پاک شوند. همچنین چربی‌ها باید با مواد مناسب پاک‌کننده که به بتن آسیب نمی‌رساند یا بخار آب زدوده شوند.

قالب‌های پروژه باید دارای مقاومت کافی در برابر تغییرشکل‌های زیاد و اتکای کافی باشند تا در طول پاشش ثابت باقی بمانند. میلگردها باید به‌گونه‌ای نصب شوند که بتن پاششی به‌خوبی اطراف میلگردها را در بر بگیرد. فاصله‌ی آزاد بین میلگردها نباید از ۵۰ میلی‌متر کم‌تر باشد. توصیه می‌شود در هنگام طراحی، تا حد امکان از میلگردهای با قطر کمتر و مقاومت بیشتر استفاده شود. برای آن‌که مسئول پاشش به ضخامت مورد نظر دست پیدا کند، باید از میله‌های راهنما یا هر وسیله‌ی مناسب دیگری استفاده شود.

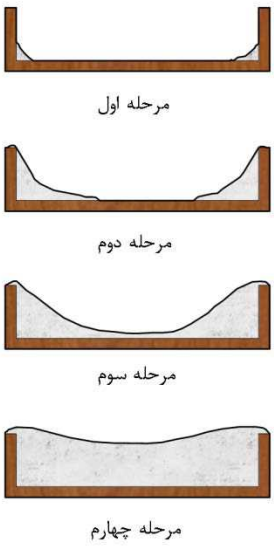
omoorepeyman.ir

ب) عملیات پاشش

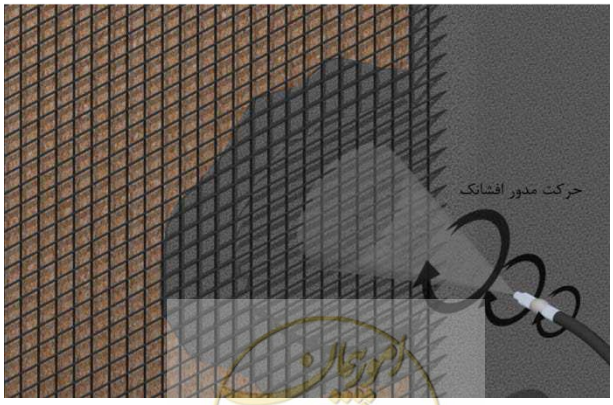
باید از همان نسبت‌های مخلوط، تجهیزات و مسئول پاشش، در پروژه استفاده شود که در مرحله‌ی ارزیابی قبل از ساخت تأیید شده‌اند. باید توجه نمود که کیفیت بتن پاششی اجرا شده به‌شدت به عملکرد مسئول پاشش وابسته است.

باید نور و تهویه‌ی کافی برای انجام عملیات پاشش تأمین شود. سرعت تخلیه مصالح درون دستگاه پاشش و فشار هوا در افشانک دستگاه باید یکنواخت باشد تا جریانی پایدار و مداوم برای بتن درحال پاشش به وجود آید. سرعت پاشش و فاصله‌ی افشانک باید به‌گونه‌ای باشد که تراکمی مطلوب با حداقل مصالح هدر رفته تأمین شود.

بتن پاششی باید ابتدا در گوشه‌ها و تورفتگی‌ها و همچنین از پایین به بالا اجرا و به‌صورت عمود بر سطح و در گوشه‌ها در راستای نیمساز گوشه‌ها پاشیده شود (شکل ۶-۱۳). همچنین حرکت موضعی افشانک به هنگام پاشش باید به‌صورت دایره‌ای یا بیضوی با قطر کوچک باشد(شکل ۶-۱۴). برای پاشیدن بتن به زیر میلگردها، افشانک باید به‌صورت مایل درآید. بتن پاششی باید اطراف میلگرد را به‌خوبی در بر گرفته و پوششی با ضخامت لازم به وجود آورد. پاشیدن بتن را باید از پشت میلگردها شروع کرد تا با افزایش ضخامت بتن پاشیده شده، میلگردها نیز درون بتن مدفون شوند.



شکل ۶-۱۳- فرایند صحیح پاشش در گوشه‌ها



شکل ۶-۱۴- نحوه حرکت صحیح افشانک

omoorepeyman.ir

بتن پاششی خشک باید تا ۹۰ دقیقه پس از اختلاط مصالح، پاشیده شود. چنانچه سنگدانه‌های مصرفی رطوبتی کمتر از اشباع با سطح خشک داشته باشند، مدت ذکر شده برای این روش می تواند با تایید مشاور افزایش یابد. توصیه می‌شود برای کاهش هدررفت بتن و جلوگیری از آلودگی محیط بر اثر غبار پاشش و کاهش جمع شدگی خمیری، رطوبت سنگدانه‌ها در روش خشک، کمی بیشتر از حالت اشباع با سطح خشک باشد. بتن پاششی تر باید حداکثر تا ۴۵ دقیقه پس از مخلوط کردن آن به شرط آنکه بتن کارایی لازم را داشته باشد، اجرا شود.

درصورت ریزش و انباشته شدن بتن پاششی در محل‌هایی از قالب، باید این مواد قبل از پاشش بتن در این نواحی با فشار هوا یا وسایل مناسب دیگر زدوده شوند. در صورت وزش باد شدید به نحوی که بر جهت جریان پاشش تاثیر بگذارد، باید عملیات پاشش قطع شود.

تخلخل موجود در سطح بتن پاششی اجرا شده را باید قبل از سخت شدن و اجرای لایه‌های بعدی با ماله‌کشی برطرف نمود. بتن پاششی قبل از اجرای لایه‌ی بعدی باید به اندازه‌ی کافی سفت شده باشد. اگر بتن پاششی اجرا شده سخت شده باشد، باید قبل از اجرای لایه‌ی بعدی سطح آن را از مصالح سست و موادی که ممکن است چسبندگی به لایه‌ی بعدی را دچار مشکل کند، زدود و نزدیک به حالت اشباع با سطح خشک درآورد.

دمای بتن پاششی نباید بیش‌تر از ۳۲ درجه‌ی سانتی‌گراد باشد و دمای سطوح پاشش و میلگردها در هنگام پاشش نیز نباید بالاتر از ۴۰ درجه‌ی سانتی‌گراد باشد. چنانچه دمای محیط کم‌تر از ۵ درجه‌ی سانتیگراد باشد، باید عملیات پاشش متوقف شده یا تمهیداتی برای محافظت از بتن پاششی در حال اجرا اعمال شود. همچنین نباید بتن پاششی بر سطوح یخ زده اجرا شود. چنانچه شرایط هوای سرد برقرار باشد، دمای بتن درهنگام پاشش باید مطابق ضوابط مربوط به بتن‌ریزی در هوای سرد این فصل تنظیم گردد. به‌هرحال دمای بتن پاششی در هنگام پاشش نباید کم‌تر از ۱۰ درجه سانتیگراد باشد.

پ) پرداخت سطح

با توجه به نظر دستگاه نظارت پرداخت سطح بتن می‌تواند به یکی از دو حالت زیر انجام شود:

- **بافت طبیعی**: در این نوع پرداخت، سطح بتن پاششی ماله‌کشی نشده و بتن بافت سطحی طبیعی خود را دارد. در این حالت سطح بتن می‌تواند با شمشه‌ی مناسب تسطیح گردد.
- **سطح ماله کشی شده**: در این نوع پرداخت پس از تسطیح به‌وسیله شمشه، سطح بتن با ماله پرداخت می‌شود تا بافتی صاف پیدا کند. شمشه باید دارای لبه‌ی تیز و برنده‌ی چاقویی باشد تا به بتن اجرا شده فشار وارد نیاورده و آن را قلوه‌کن نکند. به‌هرحال برای شمشه‌گیری باید از میله یا میخ‌های راهنما جهت ایجاد ضخامت لازم بهره گرفت. همچنین بتن پاششی باید به اندازه‌ای سفت شده باشد که ماله‌کشی سبب ریزش آن نشود و باید آن‌قدر خمیری باشد که امکان پرداخت با ماله میسر شود.

omoorepeyman.ir

ت) عمل‌آوری و نگهداری

در مواردی که متوسط دمای محیط بیش‌تر از ۵ درجه‌ی سانتیگراد است، برای عمل‌آوری رطوبتی باید به ضوابط عمل‌آوری این فصل مراجعه شود. به‌هرحال مشاور باید رده‌ی عمل‌آوری مورد نظر را مشخص نماید. برای بررسی کفایت عمل‌آوری استفاده از نمونه‌های آگاهی مجاز است.

در مواردی که متوسط دمای محیط کم‌تر یا مساوی ۵ درجه سانتیگراد باشد، شرایط نگهداری همانند الزامات نگهداری بتن معمولی در هوای سرد خواهد بود.

با تایید دستگاه نظارت، چنانچه رطوبت نسبی هوا بیش از ۸۰ درصد باشد و بتن در معرض تابش مستقیم آفتاب و وزش باد قرار نگیرد، تمهیدات خاصی برای عمل‌آوری رطوبتی نیاز نمی‌باشد.

۶-۳-۴-۲- بتن خودتراکم

۶-۳-۴-۲-۱- مصالح مصرفی

الف) سیمان و مواد سیمانی

استفاده از انواع سیمان و مواد افزودنی معدنی شامل سرباره و مواد پوزولانی مطابق با الزامات این فصل مجاز است.

ب) ماده افزودنی فوق‌روان‌کننده

در ساخت بتن خودتراکم باید از ماده افزودنی شیمیایی فوق‌روان‌کننده مطابق با الزامات این فصل استفاده شود.

پ) پودر سنگ (پر کننده‌ی معدنی غیرفعال)

استفاده از انواع پودر سنگ به‌ویژه پودر سنگ آهک مجاز است. عدم رعایت مقدار مجاز رد شده از الک ۷۵ میکرومتر (الک نمره ۲۰۰) در ساخت بتن معمولی که در استاندارد ملی ایران ۳۰۲ ذکر شده، به‌شرطی مجاز است که پودر رد شده از الک ۷۵ میکرومتر از نظر مواد زیان‌آور (رس و شیل) مطابق مقادیر مجاز ارایه شده در این استاندارد باشد. توصیه می‌شود که ذرات پودر سنگ کوچک‌تر از ۱۵۰ میکرومتر (۰/۱۵۰ میلی‌متر) باشند و بیش از ۷۰ درصد پودر از الک ۷۵ میکرومتر (الک نمره ۲۰۰) عبور کند.

ت) سنگدانه

سنگدانه‌های مصرفی باید مطابق با الزامات این فصل باشد. حداکثر اندازه‌ی سنگدانه‌ی مصرفی باید به ۲۰ میلی‌متر محدود شود. توصیه می‌شود ترجیحاً از ماسه‌ی گردگوشه به همراه ذرات کافی ریزتر از ۰/۳ میلی‌متر (حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد وزن ماسه) استفاده گردد. توصیه می‌شود در روش ملی طرح مخلوط بتن، توان رابطه‌ی فولر تامسون اصلاح شده، بین ۰/۳۵ تا ۰/۱(محدوده ۲ منحنی دانه‌بندی ترکیب سنگ‌دانه‌ها) بسته به بافت دانه، دانه‌بندی، ریزی مطلوب بتن و روانی آن انتخاب شود.

omoorepeyman.ir

ث) ماده‌ی افزودنی اصلاح‌کننده‌ی گرانروی

استفاده از ماده‌ی افزودنی اصلاح‌کننده‌ی گرانروی برای افزایش گرانروی و پایداری مخلوط بتن مجاز است. این مواد باید مطابق با استاندارد ملی ایران ۲۹۳۰ ایران باشد. برای افزایش گرانروی مخلوط بتن استفاده از پودرسنگ یا ماده‌ی افزودنی اصلاح کننده گرانروی یا ترکیبی از هر دو مجاز است.

۶-۳-۴-۲-۲- تعیین مقادیر نسبت‌های مخلوط (طرح مخلوط)

مقادیر و نسبت‌های مخلوط بتن خودتراکم مشابه بتن معمولی، باید براساس مقاومت و دوام مورد نظر هر پروژه تعیین شود. درعین حال در تعیین نسبت‌های مخلوط باید خصوصیات رئولوژی (رفتارشناسی) و کارایی و نتایج آزمایش‌ها مطابق با بند ۶-۳-۴-۲-۳ در نظر گرفته شود.

در صورت استفاده از پودر سنگ کوچک‌تر از ۱۵۰ میکرومتر برای افزایش گرانروی توصیه می‌شود مقدار آن بین ۵۰ تا ۱۵۰کیلوگرم در هر مترمکعب بتن محدود شود. در صورتی‌که پودر سنگ مصرفی حاوی ذرات درشت‌تری باشد، این مقدار باید افزایش یابد. ذرات درشت‌تر از ۱۵۰ میکرومتر باید جزو سنگدانه‌ی مصرفی محسوب شود.

۴-۳-۴-۲-۳- آزمایش‌های بتن تازه خودتراکم

روش‌های آزمایش بتن تازه‌ی خودتراکم برای تعیین رئولوژی و کارایی باید مطابق با استانداردهای ارایه شده، در جدول ۶-۴۳ باشد. در تعیین نسبت‌ها و مقادیر مخلوط بتن، استفاده از مجموعه‌ی آزمایش‌های زیر کافی به‌شمار می‌رود. همچنین استفاده از آزمایش‌های دیگر می‌تواند در دستور کار قرار گیرد:

- جریان اسلامپ، T_{50} و شاخص چشمی پایداری؛
- آزمایش حلقه‌ی J؛
- آزمایش قیف V یا جعبه‌ی L (حسب مورد)
- یکی از آزمایش‌های مقاومت در برابر جداشدگی بتن با الک، پایداری بتن(روش ستون) و مقاومت در برابر جداشدگی به روش نفوذ (حسب مورد).

در کنترل بتن در کارگاه در حین اجرا، لازم است حداقل از آزمایش جریان اسلامپ و شاخص پایداری دیداری استفاده گردد. به هرحال، استفاده از آزمایش‌های دیگر به‌منظور کنترل بتن در کارگاه مانعی ندارد.

omoorepeyman.ir

جدول ۶-۴۳- آزمایش‌های بتن خودتراکم

نام آزمایش	حدود قابل قبول		روش آزمون
جریان اسلامپ	رده SF1: ۵۶۰ mm تا ۶۵۰ mm رده SF2: ۶۶۰ mm تا ۷۵۰ mm رده SF3: ۷۶۰ mm تا ۸۵۰ mm		استاندارد ملی ایران ۱۱۲۷۰
شاخص‌پایداری دیداری(VSI)	حداکثر یک		استاندارد ملی ایران ۱۱۲۷۰
T50	رده VS1: کمتر از ۲s رده VS2: بیشتر از ۲s		استاندارد ملی ایران ۱۱۲۷۰
حلقه J	اختلاف میان اندازه جریان اسلامپ و جریان حلقه J: - رده J1 برای طول حرکت کمتر از ۵m: حداکثر ۵۰mm - رده J2 برای طول حرکت بین ۵m تا ۱۰m: حداکثر ۲۵mm		استاندارد ملی ایران ۱۱۲۷۱
نسبت قابلیت عبور با جعبه L	PL1- برای جعبه L با دو میلگرد: حداکثر ۰/۸ PL2 - برای جعبه L با سه میلگرد: حداکثر ۰/۸		استاندارد ملی ایران ۱۰-۳۲۰۳
زمان روان شدن از قیف V	رده VF1: کوچکتر یا مساوی ۸s رده VF2: ۹s تا ۱۲ s		استاندارد ملی ایران ۹-۳۲۰۳
جدا شدگی (با یکی از سه روش مقابل)	جدا شدگی ایستایی با استفاده از روش فنی ستون (SS)	-متوسط (رده SS1): حداکثر ۱۰٪ - زیاد (رده SS2): حداکثر ۱۵٪	استاندارد ملی ایران ۱۲۲۵۵
	نسبت جدایی با الک (SR)	-متوسط(رده SR1): حداکثر ۱۵٪ - زیاد (رده SR2): حداکثر ۲۰٪	استاندارد ملی ایران ۱۱-۳۲۰۳
	عمق نفوذ (Pd)	حداکثر ۲۵mm	استاندارد ملی ایران ۱۹۳۸۷

۶-۳-۴-۲-۴- اجرا

تمام الزاماتی که در اجرای بتن معمولی در این ضابطه ذکر شده، باید برای بتن خودتراکم نیز رعایت شود. علاوه بر آن باید الزامات اجرایی این بخش نیز رعایت گردد.

برای پرداخت سطح بتن خود تراکم توصیه می‌شود از ابزار چوبی استفاده نشود و از ابزارهای فلزی مانند ماله‌ی فلزی بهره برداری شود.

فشار جانبی قالب برای بتن خودتراکم باید برابر با فشار هیدرواستاتیک طبق رابطه ۴-۷ محاسبه شود:

$$P = \rho g h \qquad (۶-۷)$$

که در آن؛

P= فشار جانبی (KPa)،

ρ= چگالی بتن (Kg/m^3) ،

g = ثابت گرانش (۹/۸ m^2/s) ،

h= ارتفاع بتن (m) که اگر بتن‌ریزی در یک مرحله در کل ارتفاع قالب انجام شود، برابر با ارتفاع قالب است.

omoorepeyman.ir

اگر آهنگ ارتفاعی بتن‌ریزی بیش از m/hr ۵ باشد و یا مخلوط بتن از پایین قالب پمپ شود، احتمال افزایش فشار جانبی بیش‌تر از فشار هیدرواستاتیک خواهد بود و این مورد باید در قالب‌بندی در نظر گرفته شود.

مدت مورد نیاز برای اختلاط بتن خودتراکم باید طولانی‌تر از بتن معمولی مشابه باشد. مدت اختلاط و ترتیب ریختن مصالح به درون مخلوط‌کن باید بر اساس تجربه و نتایج آزمایشی تعیین گردد. بر اساس مخلوط‌های آزمایشی باید روشی برای ترتیب ریختن مصالح به درون مخلوط‌کن و همچنین مدت اختلاط در تولید بتن به تشخیص دستگاه نظارت تعیین شود. با توجه به نوع و مقدار مواد سیمانی و روانی بتن، مدت اختلاط بین ۱ تا ۲ دقیقه پس از ریختن آخرین جزء بتن در دیگ مخلوط‌کن توصیه می‌شود.

طول مجاز حرکت افقی بتن خودتراکم با پایداری رده SS1 یا SR1 باید به ۱۰ متر محدود شود. در شرایطی که پایداری در حد قابل قبول (SS2 یا SR2) باشد، این طول باید به ۵ متر محدود شود. چنانچه آزمایش‌های میدانی نشان دهد که حرکت افقی با طول بیش‌تر از مقادیر اشاره شده منجر به ناهمگنی و جداشدگی و افزایش هوای محبوس بتن نمی‌شود، می‌توان طول مجاز حرکت افقی بتن خودتراکم را با مجوز دستگاه نظارت افزایش داد.

ارتفاع مجاز سقوط آزاد بتن بسته به مشخصات بتن می‌باشد و تا ۵ متر با تأیید دستگاه نظارت مجاز است. حداکثر ارتفاع ریختن بتن به کمک ناوه سقوطی دارای محدودیت خاصی نمی‌باشد.

توصیه می‌شود برای بتن خودتراکم، ریختن بتن با تراز پایین قالب دیوار یا ستون باشد. باید محل مناسبی برای اتصال لوله پمپ به قالب تعبیه شود تا بتوان در پایان پمپ کردن آن را مسدود و لوله پمپ را جدا نمود. توصیه می شود بتن خودتراکم از یک نقطه در دال، تیر یا دیوار ریخته شود و محل آن تغییر نکند.

بتن خودتراکم نباید آب انداختن مشهودی داشته باشد. سطح آن ممکن است به‌ویژه در مناطق خشک یا مناطق گرم و خشک و یا در صورت وزش باد و تابش مستقیم آفتاب، خیلی زودتر از بتن‌های معمولی خشک شود و ترک بخورد. به همین دلیل، باید حفاظت اولیه از سطح بتن برای جلوگیری از تبخیر، در اسرع وقت آغاز شود تا سطح بتن ترک نخورد.

۶-۳-۴-۳- بتن نمایان[۱]

در بتن نمایان باید توجه ویژه‌ای به انتخاب مصالح، قالب‌بندی، جای دهی و پرداخت کرد تا از جنبه معماری، ظاهری قابل قبول به دست آید. قطعه‌های بتنی نمایان می‌توانند نقش سازه‌ای یا غیرسازه‌ای داشته باشند.

بتن‌های نمایان از دیدگاه بافت سطحی به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

- **سطوح اصلاح نشده**[۲]: سطوحی هستند که پس از قالب‌برداری در صورت وجود قالب، عملیات تکمیلی روی آن انجام نمی‌شود و بافت سطحی بتن توسط رویه[۳] یا روکش[۴] قالب شکل گرفته است.

۱- Architectural Concrete
۲- Untreated Surfaces
۳- Sheathing
۴- Liner

omoorepeyman.ir

- **سطوح اصلاح شده**: سطوحی که به روش‌های مکانیکی یا شیمیایی لایه‌برداری می‌شود تا سنگدانه‌ها نمایان شوند.

درتعاریف فوق، ترمیم‌های موضعی، عملیات اصلاحی یا تکمیلی محسوب نمی‌شود.

۶-۳-۴-۳-۱- کنترل کیفیت

الف) قطعه مرجع

قبل ازاجرای بتن اصلی، قطعه‌ای آزمایشی باید در محل پروژه با استفاده از روش‌های اجرا، تجهیزات، مصالح، طرح مخلوط، رنگ، طرح و بافت کاملاً مشابه عملیات اصلی ساخته شود. کیفیت ظاهری این قطعه باید به تأیید دستگاه نظارت برسد. قطعه آزمایشی مورد تأیید، به عنوان قطعه مرجع به‌منظور مقایسه کیفیت ظاهری قطعات تولید شده در پروژه خواهد بود و باید تا انتهای کار محافظت و نگهداری شود. این قطعه باید در محل مناسبی از کارگاه قرار گیرد به طوری‌که در دسترس و کاملاً در معرض دید باشد. همچنین در صورت وجود تعمیرات، باید عملیات تعمیر سازگار با بتن اصلی روی بخشی از قطعه مرجع، به عنوان روش تعمیر مرجع، شبیه‌سازی شود. سطوح تعمیر شده روی قطعه مرجع به عنوان معیاری برای هماهنگی رنگ و بافت سطوح تعمیر شده در پروژه به کار خواهد رفت.

در سطوح قالب‌بندی شده، تمام درزهای عمودی و افقی و نقوش اعم از فرورفته یا برجسته باید روی قطعه مرجع اجرا شود. ارتفاع قطعه آزمایشی مرجع باید به‌گونه‌ای باشد که حداقل دو قطعه روی هم با ارتفاع مشابه عملیات اصلی واقعی اجرا شود تا حداقل یک درز اجرایی افقی داشته باشد. برای قطعات تخت و افقی مانند کف‌ها، ابعاد قطعه آزمایشی مرجع باید حداقل ۳ متر در ۳ متر باشد.

ب) تأیید دوره‌ای

دستگاه نظارت باید به صورت دوره‌ای و بر اساس تواتر ذکر شده توسط مشاور از بخش‌های اجرا شده بازدید و مطابقت آن را با قطعه مرجع بر اساس معیارهای ظاهری تعیین شده کنترل نماید. بتن نمایانی که طی بازدیدهای دوره‌ای غیرقابل قبول تشخیص داده شود، باید تعمیر یا جایگزین شود. پیمانکار در چنین شرایطی موظف است قبل از ادامه کار، فرایند تولید بتن نمایان را اصلاح و به تأیید دستگاه نظارت برساند.

۶-۳-۴-۳-۲- مصالح

الف) مواد سیمانی

استفاده از انواع سیمان و مواد افزودنی معدنی شامل سرباره و مواد پوزولانی در بتن نمایان مجاز است. به منظور به حداقل رساندن تغییرات در رنگ، مواد سیمانی مصرفی در قطعات مشابه و همرنگ، باید از یک تولید کننده تهیه شود. قبل از اجرا باید از قابل تأمین بودن سیمان یکسان تا انتهای پروژه اطمینان حاصل شود.

omoorepeyman.ir

ب) آب

مشخصات آب مصرفی باید مطابق الزامات بند ۶-۲-۱-۴-۴ باشد و علاوه بر این آب باید عاری از روغن و ناخالص‌هایی باشد که مستعد تغییر رنگ در سطح بتن هستند.

پ) سنگدانه

مشخصات سنگدانه باید مطابق الزامات بند ۶-۲-۱-۴-۲ و دیگر الزامات مندرج مشخصات فنی باشد. قبل از اجرا باید از قابل تأمین بودن سنگدانه یکسان تا انتهای پروژه اطمینان حاصل کرد. دانه‌بندی، شکستگی و گردگوشه‌گی، شکل (پولکی بودن و کشیدگی) و رنگ سنگدانه‌های مصرفی باید مشابه سنگدانه به کاررفته در قطعه مرجع باشد.

ت) مواد افزودنی شیمیایی

الزامات مواد افزودنی شیمیایی. باید مطابق الزامات بند ۶-۲-۱-۴-۵ باشد. به منظور به حداقل رساندن تغییرات در رنگ، مواد افزودنی شیمیایی مورد استفاده در قطعات مشابه و همرنگ، باید از یک تولید کننده تهیه شود به طوری‌که کیفیت، غلظت و نوع مواد افزودنی شیمیایی تغییر نکند. قبل از اجرا باید از قابل تأمین بودن مواد افزودنی شیمیایی یکسان تا انتهای پروژه اطمینان حاصل شود.

۶-۳-۴-۳-۳- طرح مخلوط

طرح مخلوط بتن نمایان اجرا شده در پروژه باید همانند طرح مخلوط به‌کار رفته در قطعه مرجع باشد. در انتخاب مصالح و طراحی مخلوط بتن نمایان علاوه بر مقاوت مکانیکی، باید بر خواص دیگری شامل رنگ و بافت، کارایی و دوام و جمع شدگی توجه ویژه‌ای داشت. برای بتن‌های نمایانی که در معرض چرخه‌های یخ زدن و آب شدن هستند، باید از مواد حباب‌زا مطابق با ضوابط مربوط به مواد افزودنی شیمیایی استفاده شود. مخلوط بتن باید به‌گونه‌ای طراحی شود که بتن تازه دارای استعداد جداشدگی نباشد. رده مقاومتی بتن در مواردی که عملیات اسیدشویی، حکاکی و آب‌پاشی با فشار روی سطح بتن سخت شده انجام می‌شود، باید حداقل C30 باشد.

۶-۳-۴-۳-۴- اجرا

تمام عملیات اجرایی باید مشابه عملیات اجرایی قطعه مرجع باشد.

الف) آماده سازی

قبل از اجرای بتن، باید قالب‌ها تمیز شود و تجهیزات قالب‌بندی، پیمانه کردن، اختلاط، انتقال و جای‌دهی بازرسی شوند.

ب) قالب‌بندی

قالب‌ها باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که سطح نهایی مطلوب حاصل شود. باید تغییرشکل رویه و پشت‌بندهای افقی و پشت‌بندهای عمودی تحت بارهای وارده به یک چهارصدم طول آزاد (L/400) آن‌ها محدود شود، مگر آنکه مشاور ضابطه دیگری را تعیین کند.

omoorepeyman.ir

حداکثر ناهمواری مجاز سطوح بتنی اصلاح نشده برابر ۳ میلی‌متر در طول شمشه ۱/۵ متری تعیین می‌گردد. برای ارزیابی باید شمشه‌های کاملاً صاف و مستقیم به طول ۱/۵ متر روی سطح بتن قرار داده شود و انحراف سطح بتن نسبت به آن اندازه‌گیری شود، مگر اینکه مشاور ضابطه دیگری را تعیین کند.

تمام اجزای قالب باید به‌گونه‌ای باشند که منجر به سطحی مشابه قطعه مرجع بشوند. کیفیت جنس و نوع قالب در طول پروژه باید یکسان باشد.

از قالب‌های با سطوح آسیب‌دیده نباید مجدداً استفاده شود، مگر در مواردی که مشاور در مشخصات فنی پروژه مجوز آن را صادر کرده باشد. قالب باید دارای رویه ازجنس تخته چندلایه[۱] با چگالی زیاد و دارای پوشش یا دیگر انواع رویه‌های غیر جاذب باشد.

قالب‌ها باید مطابق نقشه‌های ساخت برپا و نقش‌اندازها[۲]، روکش قالب‌ها، ابزارها و درزها مطابق نقشه‌های ساخت، تعبیه شوند. تمام درزها باید با مواد غیر جاذب مناسب درزگیری شوند.

نقش‌اندازها ابزاری هستند که قبل از بتن‌ریزی در سطح قالب کارگذاشته می‌شوند تا روی سطح بتن، نقش ایجاد شود. در صورت استفاده، محل، اندازه و فواصل نقش‌اندازها باید مشخص شوند. نقش‌اندازها باید غیرجاذب و به اندازه کافی پایدار باشند تا درهنگام بتن‌ریزی، تغییرشکل نامطلوبی در سطح بتن ایجاد نشود. در مواردی که از نقش‌انداز فلزی به همراه قالب فلزی استفاده می‌شود، جنس فلز نقش‌انداز باید مشابه رویه قالب باشد.

در صورت استفاده از قالب با رویه چوبی دارای بافت طبیعی یا ناصاف، سطح رویه باید با دوغاب سیمان یا دوغاب آهک سازگار با سیمان مورد مصرف در بتن نمایان اندود شود. باید بعد از اصلاح سطح قالب، اضافات دوغاب سیمان یا آهک از سطح رویه قالب زدوده شود.

روغن قالب (مواد رهاساز) باید همانی باشد که در ساخت قطعه مرجع به کار رفته و به تأیید مشاور رسیده است. همچنین لازم است میزان مصرف آن مشابه قطعه مرجع باشد.

پ) آرماتورگذاری

باید از خرک و فاصله نگهدار(لقمه) از جنس فولاد زنگ نزن یا پلاستیک یا دارای روکش پلاستیکی در نزدیکی سطوح نمایان استفاده کرد. در مواردی که خمیر سیمان به منظور نمایان‌سازی سنگدانه‌ها لایه‌برداری می‌شود، نباید از خرک و اسپیسر دارای روکش پلاستیکی در مجاورت سطوح نمایان استفاده کرد. به دلیل مشکلاتی که ممکن است در ظاهر بتن‌های نمایان اصلاح‌شده و اصلاح نشده ایجاد شود، استفاده از لقمه‌های بتنی یا ملات سیمانی مجاز نمی‌باشد.

باید از سیم آرماتوربندی و قالب‌بندی دارای روکش پلاستیکی یا زنگ‌نزن استفاده کرد. برای آرماتور پوشش داده شده با اپوکسی، تنها سیم آرماتوربندی دارای روکش پلاستیکی مجاز است. سیم‌های آرماتوربندی باید به داخل قطعه خم گردد. این موضوع در سطوح اصلاح شده اهمیت بیشتری دارد.

۱- Plywood

۲- Rustications

omoorepeyman.ir

ت) ساخت و اختلاط

تغیرات در وزن و مقدار مصالح مصرفی باید کنترل شود و در حدود تغییرات قطعه مرجع باشد. مدت زمان اختلاط و دستگاه مخلوط کن ترجیحا باید شبیه قطعه مرجع باشد.

ث) انتقال، جای‌دهی و تراکم

تغییرات در مدت انتقال بتن، سرعت جای‌دهی و روش‌های جای‌دهی و تراکم بتن و همچنین شرایط محیطی می‌تواند منجر به تغییرات در رنگ و کیفیت بافت سطحی بتن نمایان شود. لذا باید کمترین تغییرات ممکن در حین اجرا وجود داشته باشد.

انتقال بتن باید به خوبی برنامه‌ریزی شود تا تاخیری در بتن ریزی اتفاق نیافتد و احتمال ایجاد درز سرد به حداقل برسد. مسیر تردد عوامل و انتقال تجهیزات و لوله پمپ باید به گونه‌ای فراهم شود که از تکان خوردن میلگردها اجتناب شود. عملیات جای‌دهی باید به‌گونه‌ای باشد که احتمال جداشدگی سنگدانه‌ها به حداقل برسد.

ج) قالب‌برداری

قالب‌برداری بتن نمایان نسبت به بتن‌معمولی باید با دقت بیشتری انجام شود تا سطح بتن آسیب نبیند. زمان قالب برداری باید ترجیحاً در طول پروژه به‌طور یکسان حفظ شود.

چ) ترمیم سطوح و پرکردن سوراخ بولت‌ها

تعمیر سطوح و پرکردن سوراخ بولت‌ها به‌منظور ایجاد هماهنگی با سطوح مجاور باید قبل از اصلاح سطوح (مانند آب پاشی با فشار، ماسه پاشی، اسیدشویی وغیره) انجام شود. بخش‌های ترمیم شده در بتن نمایان اصلاح نشده باید دقیقاً رنگ و بافتی مشابه سطوح مجاور داشته و با سطوح تعمیر شده قطعه مرجع همخوانی داشته باشند. در بتن‌های دانه‌نمایان (شسته)، سنگدانه‌های بخش‌های ترمیم شده نیز باید همانند بخش‌های مجاور نمایان شود. نواحی تعمیر شده باید حاوی سنگدانه‌های مشابه بتن مجاور و با عمق حداقل ۲/۵ سانتی‌متر باشد. بعد از آنکه بتن ترمیمی به حداقل مقاومت رسید، عملیات نمایان‌سازی سنگدانه‌های آن باید به همراه سطوح مجاور انجام شود به طوری‌که مشابه سطح قطعه مرجع باشد.

۶-۳-۴-۳-۵- ایجاد سطح نهایی

- سطح‌های نقش‌دار

می‌توان از قالب‌های با رویه نقش‌دار یا روکش‌های نقش‌دار از جنس پلیمر، چوب یا فلز برای ایجاد نقش در سطح بتن استفاده کرد. استفاده از میخ، پیچ یا واشر که بر سطح بتن رد می‌گذارند برای نصب روکش نقش‌دار روی سطح قالب مجاز نیست. درزهای روکش‌های مجاور باید درزگیری شوند تا شیره بتن به داخل آنها نفوذ نکند. مواد درزگیر نباید رنگ بتن را تغییر دهند.

omoorepeyman.ir

- سطوح دانه نمایان(شسته)

الف) سطوح عمودی دیرگیر شده[۱]

در این روش، گیرش سطح بتن توسط مواد دیرگیر کننده به تعویق انداخته می‌شود، در حالیکه قسمت‌های داخلی بتن روال عادی گیرش و سخت شدن خود را طی می‌کند. باید از مواد دیرگیر پذیرفته شده در ساخت قطعه مرجع استفاده شود. بعد از قالب‌برداری، لایه خارجی خمیر سیمان که دیرگیر شده است، توسط برس زدن، آب‌پاشی تحت فشار، یا ماسه پاشی کم فشار قابل برداشتن است. شیوه برس‌زدن، فشار پاشش آب و ماسه و فاصله افشانه از سطح باید مشابه قطعه مرجع باشد. سطوح دیرگیر شده نباید قبل از رسیدن مقاومت بتن اصلی دیرگیرنشده به ۹ مگاپاسکال (نمونه مکعبی) برداشته شود. بدین منظور لازم است از نمونه آگاهی برای اطلاع از دستیابی به چنین مقاومتی استفاده نمود.

ب) سطوح افقی دیرگیرشده

باید از مواد دیرگیر پذیرفته شده در ساخت قطعه مرجع استفاده شود. ماده دیرگیرکننده باید پس از تراکم، پاشیدن سنگدانه‌های تزئینی (در صورت لزوم) و پرداخت نهایی بتن تازه روی سطوح افقی بتن خمیری پاشیده شود. لایه‌برداری خمیر سیمان دیرگیر شده باید پس از گیرش خمیر سیمان تا حدی که سنگدانه‌ها جدا نشوند، انجام گیرد.

پ) سطوح آب‌پاشی شده با فشار[۲]

برای لایه برداری خمیر سیمان توسط آب‌پاشی با فشار، باید مقاومت بتن به حداقل ۱۳ مگاپاسکال (نمونه مکعبی)رسیده باشد بدین منظور لازم است از نمونه آگاهی برای اطلاع از دستیابی به چنین مقاومتی استفاده نمود. نحوه جمع‌آوری آب مصرفی باید قبلاً مشخص شده و به تأیید مشاور برسد. آب مورد استفاده در عملیات آب‌پاشی تحت فشار[۳] برای زدون ملات باید عاری از روغن و ناخالصی‌های مستعد ایجاد لکه روی سطح بتن باشد.

ت) سطوح اسید شویی شده

باید از اسید هیدروکلریک (جوهرنمک) یا اسید فسفریک برای اسید شویی سطوح استفاده شود. اسیدشویی باید صرفاً روی سطوح افقی انجام شود. اسیدشویی نباید قبل از سن ۱۴ روز بتن و رسیدن به مقاومت فشاری حداقل ۲۰ مگاپاسکال استوانه‌ای (۲۵ مگاپاسکال مکعبی) انجام شود. قبل از اسید شویی، سطح بتن باید خیس شود. عملیات اسید شویی باید تا زمان رسیدن به بافت سطحی مشابه قطعه مرجع ادامه یابد. هنگامی‌که کف کردن یا جوشش اسید متوقف شود، باید اسید و ذرات با فشار آب از سطح بتن شسته شود. باید از مصالح و سطوح مجاور در برابر اسید و آب شستشو محافظت شود. لازم است نحوه جمع آوری آب شستشو قبلاً مشخص شده و به تأیید مشاور برسد.

در این عملیات باید به ایمنی افراد توجه شود. استفاده از ماسک محافظ صورت و ماسک تنفسی (به‌ویژه در مورد اسید هیدوکلریک)، دستکش و لباس مخصوص و کفش مناسب برای کار با اسید ضروری است.

۱- Retarded Vertical Surfaces

۲- Waterblast

۳- Water Blasting

omoorepeyman.ir

- سطوح ماسه پاشی شده

ماسه‌پاشی باید روی بتن با مقاومت حداقل ۱۵ مگاپاسکال استوانه‌ای(۱۹ مگاپاسکال مکعبی) و پس از بازکردن قالب‌ها و شمع‌ها آغاز شود. ترک‌ها باید قبل از ماسه‌پاشی ترمیم شوند. اگر به منظور کاهش غبار، ذرات ساینده مرطوب می‌شوند، ذرات باقیمانده روی سطح بتن، قبل از خشک شدن، باید با آب زدوده شوند.

- سطوح اصلاح شده با ابزار مکانیکی[1]

روش‌های تیشه‌زنی، ساب زدن و حکاکی از جمله روش‌های اصلاح سطوح با ابزار مکانیکی است. اصلاح سطح بتن با ابزار مکانیکی نباید قبل از رسیدن بتن به مقاومت فشاری ۲۵ مگاپاسکال استوانه‌ای (۳۰ مگاپاسکال مکعبی) آغاز شود. سعی شود تا حد ممکن از پراکنده شدن غبار، ذرات و تکه‌ها در طول عملیات جلوگیری شود. می‌توان انتشار ذرات معلق در هوا را با ابزاری همانند برزنت و بادشکن محدود کرد.

- سطوح با طرح قالب (خود نقش)

این سطوح، طرح رویه یا روکش قالب را به خود می‌گیرند. در این سطوح لازم است حفرات با عرض بزرگتر از ۹ میلی‌متر یا عمق بزرگتر از ۱۲ میلی‌متر ترمیم شوند و زواید بزرگتر از ۳ میلی‌متر از روی آن زدوده شود.

۶-۳-۴-۳-۶- عمل‌آوری

عمل آوری بتن نمایان باید مطابق ضوابط بند ۶-۳-۳-۷ انجام شود. روش و مدت عمل‌آوری باید مطابق عمل‌آوری قطعه مرجع و به صورت یکنواخت باشد.

۶-۳-۴-۳-۷- پاک‌سازی‌نهایی سطح

بتن نمایان باید دربرابر لک شدن، آلودگی و آسیب ناشی از عملیات ساختمانی آتی محافظت شود. سطح بتن باید قبل از تحویل نهایی پروژه توسط پیمانکار تمیز شده باشد. باید از همان موادی که برای تمیز کردن قطعه مرجع به کار رفته است، استفاده کرد. ضروری است سطوح مجاور، در هنگام پاک‌سازی سطح محافظت شود.

۶-۳-۴-۳-۸- تأیید نهایی بتن نمایان

تأیید نهایی قطعه اجرا شده و ترمیم سطوح و پرکردن سوراخ بولت‌ها، بر مبنای مطابقت آن با قطعه مرجع باید از فاصله ۶ متری در روشنایی روز انجام پذیرد. بخش‌های غیرقابل قبول باید برداشته و جایگزین شوند.

۱- Mechanical Tooling

omoorepeyman.ir

۶-۳-۴-۴- بتن کم‌سیمان (مگر/کم‌مایه)

بتن کم‌سیمان در ساختمان، به بتنی گفته می‌شود که مقدار مواد سیمانی آن کمتر از ۲۰۰ کیلوگرم در مترمکعب و رده مقاومتی آن حداکثر C12 باشد که قابل استفاده به عنوان بتن سازه‌ای نیست. این بتن می‌تواند به عنوان بتن مگر (نظافت/تسطیح) قبل از اجرای بتن مسلح در زیر شالوده و بتن پرکننده به‌کار رود.

۶-۳-۴-۴-۱- مصالح مصرفی

بتن کم‌سیمان مانند بتن‌های دیگر شامل سنگدانه، سیمان، آب و در برخی موارد شامل مواد پرکننده مانند پودر سنگ و افزودنی‌های شیمیایی مانند ماده کاهنده آب و یا حبابساز می‌باشد. رعایت الزامات مصالح مصرفی در بتن عادی برای بتن کم‌سیمان اجباری نیست و با نظر مشاور و رعایت مشخصات فنی پروژه، می‌توان از مصالح با کیفیت پایین‌تری استفاده کرد. در ساخت بتن کم‌سیمان توصیه می‌شود از سیمان نوع ۲، سیمان نوع ۵ یا سیمان پوزولانی، بسته به مواد شیمیایی موجود در خاک اطراف استفاده شود.

۶-۳-۴-۴-۲- تعیین مقادیر نسبت‌های مخلوط (طرح مخلوط)

طرح مخلوط بتن کم‌سیمان می‌تواند مانند طرح مخلوط بتن معمولی تعیین گردد و یا به کمک یکی از روش‌های رایج یا تجربی، بدون ساخت مخلوط آزمایشگاهی تعیین شود، مشروط بر اینکه مصالح مصرفی، منطبق با مشخصات فنی پروژه باشد و محدودیت خاصی برای بتن مانند نسبت آب به مواد سیمانی مطرح نشده باشد.

۶-۳-۴-۴-۳- اجرا

توصیه می‌شود در اجرای بتن کم‌سیمان مانند بتن عادی، الزامات حمل، ریختن، پخش و تراکم رعایت گردد و پس از اجرای بتن کم‌سیمان، این بتن مانند بتن عادی عمل‌آوری شود.

اگر بتن کم‌سیمان صرفاً به‌عنوان بتن پرکننده مصرف‌شود، رده مقاومتی آن نباید کمتر از C6 و نسبت آب به مواد سیمانی آن، بیشتر از ۱/۰ باشد. در صورت تأیید دستگاه نظارت، استفاده از بتن کم‌سیمان برای پر کردن محل خاکبرداری‌های اضافی یا حفره‌ها مجاز است. در هر صورت مقاومت بتن پرکننده نباید کمتر از مقاومت خاک اطراف آن باشد.

اگر بتن کم‌سیمان به عنوان بتن مگر (نظافت) در زیر فونداسیون استفاده شود، رده مقاومتی آن نباید کمتر از C10 و نسبت آب به مواد سیمانی آن، بیشتر از ۰/۸ باشد. در هر صورت مقاومت بتن مگر نباید کمتر از مقاومت خاک بستر باشد.

قبل از اجرای بتن کم‌سیمان زیر بتن مسلح، سطح بستر خاکی باید تسطیح و تنظیم شود. ضمناً تراز نهایی بتن کم‌سیمان باید طبق نقشه باشد. ضخامت بتن کم‌سیمان زیر بتن مسلح باید مطابق نقشه‌های اجرایی و مشخصات فنی پروژه باشد. چنانچه این ضخامت در منابع فوق درج نشده باشد، باید آن را حداقل ۷۵ میلی‌متر در نظر گرفت.

omoorepeyman.ir

در صورتی‌که پمپ کردن بتن کم‌سیمان ضروری باشد، مقدار مواد سیمانی می‌تواند با تایید دستگاه نظارت تا ۲۵۰ کیلوگرم در مترمکعب افزایش داده شود. برای بهبود پمپ‌پذیری استفاده از مواد افزودنی حباب‌ساز و یا روان کننده‌های مناسب مجاز است. در هر صورت رده مقاومتی بتن باید تامین شود.

۶-۳-۴-۵- بتن با چگالی‌های مختلف

بتن‌های سازه‌ای از نظر چگالی به سه دسته زیر تقسیم می‌شود که ویژگی آنها و الزامات اجرایی آنها در بندهای بعدی آورده شده است:

۱- بتن سبکدانه با چگالی کمتر از ۲۰۰۰ کیلوگرم در متر مکعب

۲- بتن معمولی با چگالی بیش از ۲۰۰۰ تا ۲۶۰۰ کیلوگرم در متر مکعب

۳- بتن سنگین با چگالی بیش از ۲۶۰۰ کیلوگرم در متر مکعب

۶-۳-۴-۵-۱- بتن سبکدانه

بتن سبکدانه، بتنی است که چگالی آن به‌طور محسوسی کمتر از چگالی بتن ساخته شده با سنگدانه‌های طبیعی یا شکسته می‌باشد. بتن سبکدانه در دو دسته سازه‌ای و غیرسازه‌ای به شرح زیر کاربرد دارد.

الف- بتن سبکدانه سازه‌ای: بتن سبکدانه سازه‌ای دارای مقاومت کافی و چگالی مناسب می‌باشد، به‌طوری‌که کاربرد آن در اعضای سازه‌ای مجاز شمرده می‌شود. این بتن معمولا با جایگزینی بخشی از سنگدانه‌های بتن با سبکدانه مطابق با استاندارد ملی ایران ایران به شماره‌های ۱-۱۴۸۷۵ و ۴۹۸۵ ساخته می‌شود و دارای چگالی ۱۲۰۰ تا ۲۰۰۰ کیلوگرم در مترمکعب و رده مقاومتی حداقل C16 است.

ب- بتن سبکدانه غیرسازه‌ای: بتن سبکدانه غیر سازه‌ای که اغلب برای ساخت بلوک‌های سبکدانه غیر سازه‌ای بکار می‌رود می‌تواند دارای چگالی و رده مقاومتی کمتر باشد ولی حداقل مقاومت بتن سبکدانه غیر سازه‌ای باید طبق ضوابط مرتبط باشد.

- مصالح

برای ساخت بتن سبکدانه سازه‌ای یا غیرسازه‌ای، ترکیب سنگدانه با وزن مخصوص معمولی (۲/۴۰ تا ۲/۷۰) و سنگدانه‌های سبک مجاز است. سبکدانه‌ها در نوع طبیعی (مانند پومیس، اسکوریا و ...) و مصنوعی (مانند لیکا) قابل استفاده است. در هر صورت میزان مصرف و نوع سبکدانه باید به‌گونه‌ای باشد که مشخصات مورد انتظار در حالت‌های تازه و سخت‌شده بتن را تامین نماید. همچنین کنترل دانه‌بندی مخلوط سنگدانه باید بر اساس روش حجمی صورت گیرد.

قبل از استفاده سبکدانه‌ها در کارگاه، باید آزمایش‌های دانه‌بندی و چگالی دانه‌ها و چگالی توده‌ای انجام شود و بر اساس نتایج مورد استفاده در طرح مخلوط بتن، مورد تایید قرار گیرند.

omoorepeyman.ir

- تعیین مقادیر نسبت‌های مخلوط (طرح مخلوط)

کلیات تعیین نسبت‌های مخلوط بتن سبکدانه مانند طرح مخلوط بتن معمولی است، با این تفاوت که چگالی بتن باید معیار اصلی تعیین نسبت‌های اختلاط در طراحی در نظر گرفته شود. توصیه می‌شود پیش از اجرا، با استفاده از مقدار کافی مخلوط آزمایشگاهی، رابطه میان چگالی بتن تازه و بتن سخت‌شده برای کنترل‌های بعدی تعیین شود. هرچند در اکثر مواقع چگالی مورد انتظار برای بتن سبکدانه، چگالی بتن سخت‌شده در زمان بهره‌برداری می‌باشد، ولی لازم است رابطه بین چگالی بتن در حالت تازه و چگالی بتن سخت‌شده در زمان بهره‌برداری تعیین شود تا بتوان با استفاده از آن، چگالی بتن در زمان تولید را کنترل نمود. منظور از چگالی در زمان بهره برداری، جرم یک متر مکعب از بتن پس از قرارگیری در معرض محیط بهره‌برداری با همان رطوبت نسبی متوسط و دمای متوسط می‌باشد.

- تولید و اجرا

پیمانه‌کردن سبکدانه‌ها در فرایند تولید بتن به‌صورت حجمی یا وزنی مجاز است. الزامات اختلاط در بتن سبکدانه مشابه الزامات بتن معمولی ذکر شده در این فصل است. هرچند لازم است در حین اختلاط از عدم خرد شدن سبکدانه‌ها، اطمینان حاصل شود. همچنین رطوبت سبکدانه‌ها باید به صورت مستمر در کارگاه اندازه‌گیری و کنترل شود.

الزامات روش انتقال بتن سبکدانه به محل بتن‌ریزی باید مشابه الزامات ذکر شده در این فصل برای بتن معمولی باشد. هرچند باید تمهیدات لازم برای حفظ کارایی بتن در نظر گرفته شود. توصیه می‌شود سبکدانه‌های درشت قبل از استفاده به صورت نزدیک به حالت اشباع با سطح خشک در آید.

در هنگام پمپ کردن بتن سبکدانه، باید از کاهش ناگهانی قطر در قسمت‌های مختلف پمپ و لوله، اجتناب شود. توصیه می‌شود قطر لوله پمپ کمتر از ۱۲۵ میلیمتر نباشد. برای تسهیل در عملیات پمپ کردن استفاده از مواد افزودنی اصلاح‌کننده گرانروی یا نگهدارنده آب طبق بند ۶-۲-۱-۴-۵ مجاز است. در صورت وجود مشکل در عملیات پمپ کردن، استفاده از سبکدانه با جذب آب بیش از ۲۰ درصد، توصیه نمی‌شود.

عملیات حمل، انتقال، جای‌دهی و تراکم بتن باید با دقت بیشتری نسبت به بتن معمولی انجام شود. پرداخت سطحی بتن سبکدانه به دلیل احتمال وجود سبکدانه در سطح، باید با دقت بیشتری نسبت به بتن معمولی انجام شود.

الزامات عمل‌آوری بتن سبکدانه باید مشابه الزامات ذکر شده در این فصل برای بتن معمولی باشد.

۶-۳-۴-۵-۲- بتن سنگین

بتن سنگین معمولا برای ساخت قطعات بتنی سنگین (به عنوان وزنه) و یا بتن محافظ در برابر پرتو بکار می‌رود. بتن سنگین با استفاده از سنگین‌دانه یا جایگزینی بخشی از سنگدانه‌های معمولی بتن با سنگدانه‌های سنگین ساخته می‌شود و باید دارای چگالی بیش از ۲۶۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد.

omoorepeyman.ir

- مصالح

انواع سیمان‌های پرتلند و آمیخته مورد استفاده در بتن‌های معمولی طبق بند ۶-۲-۱-۴-۱ ، برای کاربرد در بتن‌های سنگین قابل استفاده هستند. در صورتی‌که بتن سنگین در مقاطع حجیم استفاده شود، باید از سیمان‌های با گرمازایی متوسط یا کم و یا کاهش مقدار مواد سیمانی استفاده کرد.

استفاده از مواد افزودنی شیمیایی در بتن‌های سنگین مجاز است. این مواد باید منطبق بر ضوابط استاندارد ملی ایران ۲۹۳۰ باشند. در صورتی‌که بتن سنگین به عنوان محافظ پرتوهای رادیواکتیو استفاده می‌شود و خطر چرخه‌های یخزدن و آب‌شدن وجود ندارد، استفاده از ماده افزودنی حباب‌ساز توصیه نمی‌شود. چنانچه کاهش وزن ناشی از استفاده حباب ساز در بتن سنگین و سایر تمهیدات مقاومت در برابر پرتو به مقدار کافی در نظر گرفته شده باشد، استفاده از حباب‌ساز مجاز است.

ضوابط مربوط به میزان مجاز مواد زیان‌آور در سنگدانه‌ها و میزان مجاز سنگدانه‌های پولکی و سوزنی، مشابه بتن‌های معمولی است. ضوابط الزامی چگالی و ترکیب شیمیایی سنگین‌دانه‌های مصرفی برای سپرهای محافظ پرتو، باید مطابق با استاندارد ملی ایران ۱۵۵۲۷ و ۱۵۵۲۸ باشد. سنگین‌دانه‌های فولادی یا چدنی باید دارای حداقل چگالی ۷۵۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب و همچنین تمیز و عاری از هرگونه پوشش خارجی، مانند گریس، روغن، ترکیبات حاصل از عملیات فلزکاری، کرمات روی، پوسته سست، زنگ فلز، و گردوغبار باشند. سنگین‌دانه‌های درشت مصرفی در بتن‌های سنگین، که به صورت پیش‌آکنده اجرا می‌شوند، باید حداقل ۹۸ درصد روی الک ۹/۵ میلیمتر باقی بمانند.

- تعیین مقادیر نسبت‌های مخلوط (طرح مخلوط)

برای تعیین نسبت‌های مخلوط اجزای بتن‌های سنگینی که به‌صورت متعارف یا پیش‌آکنده اجرا می‌شوندمی‌توان از روش‌های مذکور در روش ملی طرح مخلوط و راهنمای آن استفاده کرد.

در صورت اجرای بتن به صورت متعارف، توصیه می‌شود اسلامپ بتن کمتر از ۹۰ میلیمتر باشد و سنگین‌دانه‌هایی با چگالی خیلی زیاد به‌کار نروند.

- اجرا

با توجه به آنکه لرزاننده‌ها دارای محدودهٔ موثر و شعاع عملکرد کمتری هستند، باید فاصله نقاط فروبردن لرزاننده در بتن سنگین را کمتر در نظر گرفت. جابجایی بتن سنگین توسط لرزاننده در درون قالب از نقطه‌ای به نقطهٔ دیگر مجاز نیست. حداکثر ضخامت مجاز هر لایهٔ بتن‌ریزی در هر مرحله درون قالب حدود ۳۰۰ میلیمتر است. چنانچه بر اثر تراکم، یک لایهٔ دوغاب روی بتن جمع شود، این لایهٔ دوغاب باید پس از تکمیل تراکم هر لایه و تا هنگامی که لایهٔ مورد نظر هنوز حالت خمیری دارد، از روی سطح آن جمع‌آوری گردد.

در بتن‌های سنگینی که به روش پیش‌آکنده اجرا می‌شوند ، طرح مخلوط ملات با سنگدانه‌های ریز باید به‌گونه‌ای باشد که امکان تزریق آن در بین سنگدانه‌های درشت وجود داشته باشد؛ همچنین، باید پیش از ریختن سنگدانه درون قالب، سنگدانه‌های درشت را به خوبی شست تا عاری از ذرات ریز و چسبیده به سطح شوند. برای سهولت در تزریق ملات در

omoorepeyman.ir

روش اجرا به‌صورت پیش‌آکنده، توصیه می‌شود که دانه‌بندی سنگدانه‌های درشت نسبتا یکنواخت باشد و شکل آن تیزگوشه (شکسته) انتخاب شود. حداکثر اندازه اسمی سنگدانه ریز در ملات تزریق نباید از یک دهم حداقل اندازه اسمی سنگدانه درشت بیشتر شود. ملات تزریقی باید به‌طور کافی روان باشد.

به دلیل محدودیت‌های قرارگیری بتن در داخل قالب، حداکثر اندازهٔ اسمی سنگدانه درشت در بتن سنگین مسلح نباید بیشتر از ۳۸ میلیمتر در نظر گرفته شود. همچنین، حداقل اندازه اسمی سنگدانه درشت نباید از ۱۹ میلیمتر کمتر باشد.

۶-۳-۴-۶- بتن حجیم

منظور از بتن حجیم، بتنی است که حجم آن به اندازه‌ای بزرگ می‌باشد که نیازمند تمهیدات مناسب برای جلوگیری از ترک‌خوردگی ناشی از تنش‌های حرارتی ایجاد شده در اثر هیدراته شدن سیمان و مکمل‌های سیمانی است. فونداسیون‌های با ضخامت زیاد یا دیوارهای بسیار ضخیم در زمره‌ی بتن حجیم قرار می‌گیرند. مشاور پروژه باید نوع بتن (از نظر حجیم بودن) را مشخص کند.

برای اجرا و عمل آوری بتن حجیم، باید محاسبات مربوط به کنترل حرارتی قبل از اجرا توسط پیمانکار انجام شود و به تایید دستگاه نظارت برسد. برنامه کنترل حرارتی باید دربردارنده موارد زیر باشد:

- طرح مخلوط بتن و محدودیت‌های مربوط به حداکثر عیار و مشخصات مواد سیمانی
- میزان افزایش دمای آدیاباتیک بتن به صورت محاسباتی یا اندازه‌گیری شده
- حد بالایی دمای بتن در هنگام بتن‌ریزی
- شرح اقدامات خاص و تجهیزات مورد استفاده برای اطمینان از اینکه حداکثر دمای بتن در هنگام بتن‌ریزی از حد بالایی دمای بتن در هنگام بتن‌ریزی بیشتر نشود.
- حداکثر دمای محاسباتی بتن در هنگام بتن‌ریزی بر اساس شرایط مورد انتظار در هنگام بتن‌ریزی و استفاده از اقدامات پیشنهادی برای کنترل دما
- شرح اقدامات خاص و تجهیزات مورد استفاده برای اطمینان از اینکه حداکثر اختلاف دمای بتن از حد بالایی گرادیان حرارتی بیشتر نشود.
- حداکثر گرادیان حرارتی محاسباتی بتن در مقطع بتن‌ریزی بر اساس شرایط مورد انتظار در هنگام بتن‌ریزی و استفاده از اقدامات پیشنهادی برای کنترل گرادیان حرارتی
- شرح تجهیزات و روش‌هایی که برای نظارت و ثبت دما و اختلاف دما استفاده می‌شود.
- طراحی محل قرارگیری حسگرهای دما در مقطع بتن‌ریزی
- شرح روش و تواتر ارائه داده‌های دما
- شرح اقدامات لازم برای رفع و کاهش دمای بیش از حد و گرادیان‌های دمایی، در صورتی که رخ دهد.
- شرح روش‌های عمل‌آوری شامل مواد و روش‌ها و مدت زمان عمل‌آوری

omoorepeyman.ir

- شرح روش‌های قالب‌برداری و ادامه عمل‌آوری برای اطمینان از اینکه گرادیان حرارتی (بین سطح و هسته مقطع بتنی) از حداکثر اختلاف دمای مجاز بیشتر نشود.

چنانچه طرح مخلوط بتن تغییر کند، لازم است برنامه کنترل حرارتی به روزرسانی شود.

اگر در مشخصات فنی پروژه، محدوده‌ای برای دمای بتن اعلام نشده باشد، محدودیت‌های زیر باید در نظر گرفته شود:

- حداکثر دمای بتن پس از اجرا و در دوره عمل‌آوری و پس از آن نباید به بیش از ۷۰ درجه سانتی‌گراد افزایش پیدا کند.
- در دوره عمل‌آوری و پس از آن، حداکثر اختلاف دما بین هسته بتن و سطح آن در بتن غیر مسلح نباید بیشتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد شود. البته چنانچه محاسبات حرارتی در بتن مسلح نشان دهد که گرادیان دمایی بیش از ۲۰ درجه سانتی‌گراد منجر به ترک‌خوردگی بتن، نمی‌شود، گرادیان دمایی حداکثر در محاسبات حرارتی، مبنای کنترل خواهد بود.

در استفاده از انواع مواد سیمانی و مواد افزودنی، باید میزان گرمای قابل تولید و سرعت تولید گرما در برنامه کنترل حرارتی در نظر گرفته شود. چنانچه نوع یا مقدار مواد سیمانی و افزودنی بتن تغییر کند، باید برنامه کنترل حرارتی به روزرسانی شود. در هر صورت توصیه می‌شود در بتن حجیم از سیمان‌های با گرمازایی کمتر مانند سیمان پرتلند نوع ۲ کم‌حرارت یا نوع ۴ یا سیمان‌های آمیخته استفاده شود.

در فرایند اجرا و عمل‌آوری بتن حجیم، لازم است تمهیدات مربوطه مطابق آئین‌نامه بتن ایران در نظر گرفته شود و در اجرای بتن حجیم، اندازه‌های مقاطع، مکان و ساختار درزهای اجرایی افقی و قائم، وقفه بین دفعات بتن‌ریزی مطابق برنامه طرح کنترل حرارتی باشد.

توصیه می‌شود مقدار مواد سیمانی در بتن‌های حجیم از ۳۵۰ کیلوگرم در مترمکعب بیشتر نشود، مگر اینکه در محاسبات حرارتی مقادیر بیشتر اجازه داده شود.

در بتن‌های حجیم با رده‌های مقاومتی کمتر از C25، توصیه می‌شود از مواد افزودنی حباب‌ساز و برای کاهش عیار سیمان به میزان ۱۰ تا ۳۵ درصد، از مواد افزودنی روان‌کننده یا فوق روان‌کننده مطابق الزامات افزودنی‌های شیمیایی استفاده شود. در هر صورت استفاده از مواد افزودنی مستلزم طرح مخلوط بتن در آزمایشگاه و تنظیم مجدد آن در کارگاه تولید بتن می‌باشد.

۶-۳-۴-۷- بتن پلیمردار

استفاده از بتن یا ملات پلیمری یا اصلاح شده با پلیمر به عنوان یک ماده ترمیمی، روکش سطحی یا قطعه پیش‌ساخته مجاز است. محل، شرایط و روش استفاده از بتن‌ها و ملات‌های پلیمردار باید مطابق استانداردهای مربوط و مشخصات فنی تولیدکنندگان مواد پلیمری باشد. برای کسب آگاهی بیشتر توصیه می‌شود به گزارش شماره ۱-۵۴۸ انجمن بتن آمریکا مراجعه شود.

omoorepeyman.ir

۶-۳-۵- اجرای سقف‌های بتنی

رعایت الزامات بتن و بتن‌ریزی ارائه شده در سایر بخش های این فصل و تاییدیه های فنی صادره از مرکز تحقیقات راه،مسکن و شهرسازی در اجرای کلیه سقف ها الزامی می‌باشد. در این فصل صرفا توصیه های لازم در مراحل مختلف ساخت بتن و بتن‌ریزی که بر روی ایمنی،پایداری سازه ای و دوام در شرائط اقلیمی و منطقه ای مختلف تاثیر گذار است، شرح داده شده است.

رعایت الزامات دوام در برابر خوردگی برای کلیه اعضا در سقف‌های بتنی نظیر تیرها، تیرچه‌ها(پیش‌ساخته و درجا)،دال‌ها ، اجزای فلزی قالب(ماندگار در سازه)و همچنین فولاد پیش‌تنیدگی و ملحقات پیش‌تنیدگی الزامی می‌باشد.

در فصل حاضر سقف ها به سه گروه سقف‌های بتنی درجا،سقف‌های بتنی نیمه‌پیش‌ساخته و سقف‌های بتنی پیش‌ساخته تقسیم شده‌اند.

۶-۳-۵-۱- سقف های بتنی درجا

به سقف های بتنی که کلیه مراحل بتن‌ریزی آن بصورت یکپارچه در محل پروژه و بر روی سقف انجام می‌شود ،سقف های بتنی درجا گفته می‌شود.

۶-۳-۵-۱-۱- دال مجوف با تیرچه‌های یکطرفه یا متعامد

دال‌هایی که با قالب بندی امکان ایجاد تیرچه‌های با فواصل تقریبا مساوی در یک امتداد(یکطرفه)یا دو امتداد عمود برهم (دوطرفه) را بصورت درجا ایجاد می کنند، دال مجوف بتنی می باشند.

الف- حداقل رده بتن مصرفی در دال‌های مجوف باید ۲۰ مگاپاسکال باشد.

ب- با توجه به اینکه امکان ترک‌خوردگی بتن به دلیل نشست پلاستیک ناشی از تغییر ضخامت مقطع در مرز تیرچه و دال وجود دارد، توصیه می‌شود از بتن با آب انداختگی کمتر استفاده شود.

پ- ضخامت دال فوقانی نباید از یک دوازدهم فاصله آزاد بین تیرچه‌ها و نه از ۵۰ میلیمتر کمتر اختیار شود.

ت- در صورت عدم استفاده از بتن خودتراکم، استفاده از لرزاننده‌ها برای تراکم بتن داخل و روی تیرچه‌ها الزامی می‌باشد.

ث- در دال‌های با ضخامت کمتر از ۱۵سانتیمتر، استفاده از ماله چوبی و اعمال ضربه به سطح بتن برای تراکم مجاز است.

ج- حداقل ضخامت پوشش بتنی بر روی میلگردهای سفره تحتانی در تیرچه‌ها و میلگردهای فوقانی دال‌ها براساس شرایط بند ۶-۲-۱-۳ شود.

چ- حداکثر اندازه اسمی سنگدانه‌های مصرفی در این سقف‌ها نباید از مقادیر زیر بیشتر شود:

- سه چهارم پوشش روی میلگردها
- یک پنجم عرض تیرچه‌ها (حداقل عرض تیرچه‌ها ۱۰ سانتیمتر می‌باشد.)

omoorepeyman.ir

- یک سوم ضخامت بتن دال

ح- روانی بتن مصرفی مطابق جدول ۴-۱، باید حداقل رده S3 باشد

شکل ۶-۱۵- تصویر شماتیک از دال مجوف با تیرچه‌های یکطرفه

۶-۳-۵-۱-۲- دال مجوف بتن مسلح با استفاده از قالب‌های ماندگار

دال مجوف بتن مسلح با گوی‌های توخالی کروی و تخت و دال مجوف با تیرچه متعامد با استفاده از قالب های ماندگار مکعبی شکل در این گروه قرار می‌گیرند(شکل ۶-۱۵).

الف- حداقل رده بتن مصرفی در دال‌های مجوف با قالب‌های ماندگار باید ۲۰ مگاپاسکال باشد.

ب- به‌واسطه امکان ترک‌خوردگی ناشی از نشست پلاستیک در محل تغییر ضخامت مقطع در مرز تیرچه و قالب‌های ماندگار، توصیه می‌شود از بتن با آب انداختگی کمتر استفاده شود.

پ- برای این نوع از سقف، حداقل روانی بتن بر اساس جدول ۶-۱ این ضابطه نباید از رده S4 کمتر باشد. در صورتی که از بتن خودتراکم استفاده می‌شود ،رده روانی براساس جدول ۶-۲ نباید از SF1 کمتر نباشد.

ت- گوی‌های کروی به‌دلیل ابعاد و شکل کروی و همچنین قالب‌های اصلاح شده مکعبی با ابعاد کوچک‌تر یا حفرات میانی جهت امکان تراکم از وسط قالب‌ها،نیاز به روانی کمتری برای تراکم خواهند داشت.حداقل روانی در این شرایط باید برابر با ۱۳۰ میلیمتر باشد.

ث- حداکثر اندازه اسمی سنگدانه‌های مصرفی در این سقف‌ها نباید از مقادیر زیر بیشتر شود:

- سه چهارم ارتفاع فاصله‌اندازهای روی قالب‌های ماندگار و پوشش تحتانی و فوقانی میلگردها .
- یک پنجم عرض تیرچه‌های متعامد (فاصله بین قالب‌های مکعبی و کمترین فاصله بین گوی‌ها)
- یک سوم ضخامت بتن روی دال (روی قالب‌ها)

omoorepeyman.ir

ج- ضخامت دال فوقانی بر روی قالب‌های ماندگار نباید از یک دوازدهم فاصله آزاد بین تیرچه‌ها و نه از ۵۰ میلیمتر کمتر اختیار شود. حداقل ضخامت پوشش بتنی بر روی میلگردهای سفره تحتانی و فوقانی براساس شرایط محیطی باید مطابق بند ۶-۲-۱-۳ انتخاب شود. باید توجه نمود که با افزایش پوشش بتنی بر روی میلگردها از مزیت سبک سازی این نوع سقف‌ها کاسته می‌شود.

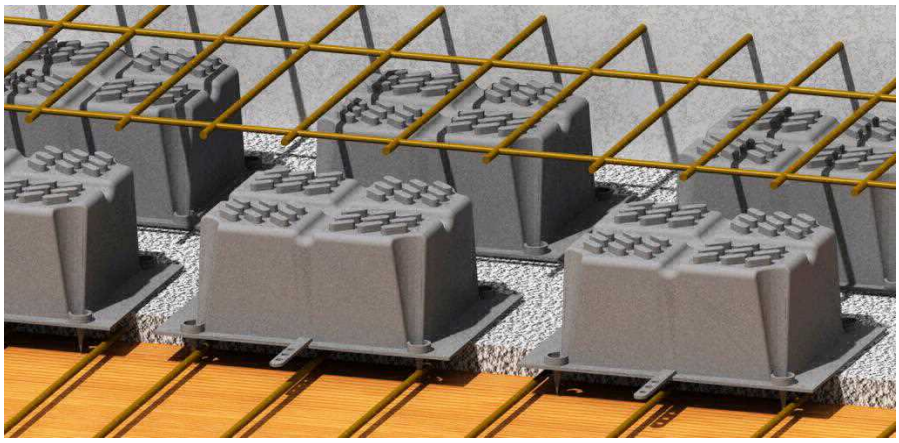
چ- قالب‌های ماندگار باید با قطعات رابط به‌نحوی به یک‌دیگر متصل شوند که با تکان‌های ناشی از بتن‌ریزی جابه‌جا نشوند، طوری که تیرچه‌ها به‌صورت متعامد و در امتداد یک‌دیگر تشکیل شوند.در خصوص گوی‌های مصرفی با اتصال محکم به شبکه تحتانی باید از حرکت قفسه گوی‌ها جلوگیری شود.

ح- قالب های معیوب که باعث کاهش حجم فضاهای خالی و امکان پرشدن توسط بتن را دارند باید قبل از بتن‌ریزی تعویض گردند.حداکثر گوی‌ها و قالب‌های ماندگار معیوب، مشروط بر آنکه موجب کاهش حجم فضاهای خالی نگردند، باید به ۵ درصد محدود شود. به‌منظور جلوگیری از شناور شدن قالب‌ها یا یا بالا آمدن قفسه‌ها، پیش از آغاز بتن‌ریزی باید شبکه فوقانی میلگرد با عناصر افقی مهار شود.

د- در این نوع از سقف‌ها بتن باید در دو لایه اجرا شود. در لایه اول بتن به میزان نصف ضخامت قالب اجرا می‌شود. پس از سفت شدن لایه اول و قبل از گیرش اولیه بتن، لایه دوم باید ریخته شود. توجه به الزامات این ضابطه برای بتن‌ریزی در شرائط محیطی مختلف جهت جلوگیری از ایجاد درز سرد الزامی می‌باشد.

ذ- در روش بستن شبکه میلگرد به زیر سیستم قالب‌بندی استفاده از سیم قالب‌بندی در شرایط محیطی خورنده مجاز نمی‌باشد.

در حالت استفاده از گوی های محصور در شبکه فلزی، گوی ها باید بگونه ای باشد که با بالا آمدن گوی ها در قفس‌ها پوشش حداقل بین میلگرد و گوی ها حفظ شود.اهمیت این موضوع در گوی های تخت بدلیل سطح تماس بیشتر میلگرد با گوی ها بیشتر خواهد بود.



شکل ۶-۱۶- تصویر شماتیک از دال مجوف با قالب های ماندگار

omoorepeyman.ir

۶-۳-۵-۱-۳- دال مرکب فولادی و بتنی

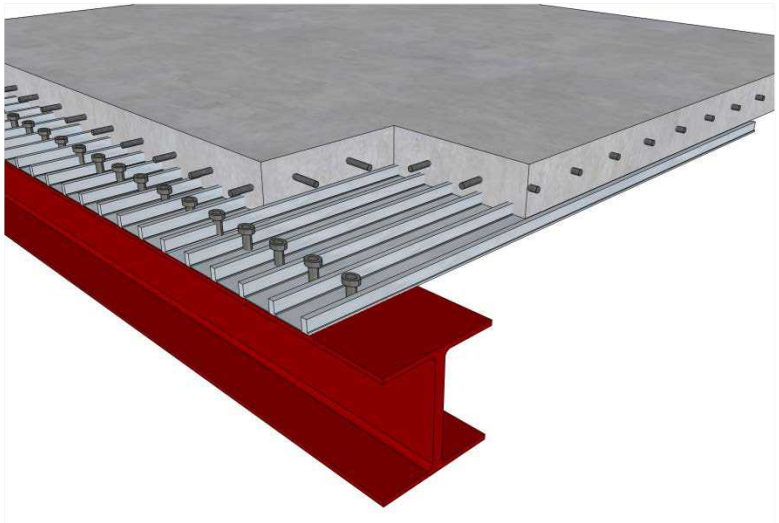
الف- دال مرکب فولادی بتنی از ترکیب تیرهای فولادی با دال بتنی ساخته می‌شود.تیرهای فولادی علاوه بر مشارکت در تحمل بارهای وارده ، به عنوان بخشی از سیستم قالب بندی باید در زمان اجرای بتن قابل استفاده باشند(شکل ۶-۱۷).

ب- حداقل مقاومت مشخصه بتن در این سقف ها باید به ۲۰ مگاپاسکال و حداکثر آن به ۷۰ مگاپاسکال محدود گردد.

پ- حداقل ضخامت دال بتن‌آرمه درهیچ قسمت از دال بتنی نباید از ۵۰ میلیمتر کمتر باشد. در دال‌های با ضخامت کمتر از ۱۵ سانتیمتر، توصیه می‌شود برای تراکم از ضربات تخته‌ماله چوبی به سطح بتن استفاده شود.

ت- در مناطق با شرایط محیطی خورنده ،ضوابط مربوط به محافظت در برابر خوردگی برای ورق‌های ماندگار در سقف های عرشه فولادی باید رعایت گردد. در مناطق خورنده کلریدی استفاده از سیستم سقف‌های با قطعات فلزی ماندگار در بیرون بتن، مجاز نمی‌باشد. در صورتی‌که قالب ماندگار و موقت دارای عملکرد سازه‌ای باشند، علاوه بر تحمل بارهای سازه‌ای، باید مقاومت لازم در برابر وزن شبکه میلگرد، بتن تازه و بارهای حین اجرا را داشته باشد. در هنگام اجرا باید تمهیدات مناسب برای بستن ابتدا و انتهای قالب‌ها و جلوگیری از خروج بتن و یا شیره بتن در نظر گرفته شود.

ث- در سقف‌های با قالب قوسی، باید حداقل ضخامت بتن موجود در راس قالب ۵۰ میلیمتر وحداقل پوشش زیر میلگردها در محل راس قالب ۱۰ میلیمتر باشد. حداقل ضخامت بتن در محل تیرچه‌ها که از سطح روی تیرچه تا سطح تمام شده بتن اندازه گیری می‌شود، ۱۷۰ میلیمتر باید باشد.



شکل ۶-۱۷- دال مرکب فولادی و بتنی

omoorepeyman.ir

۶-۳-۵-۲- سقف پیش‌تنیده پس‌کشیده

در اجرای سقف‌های پیش‌تنیده با روش پس‌کشیدگی با پیش‌بینی فضای عبور کابل‌ها که اصطلاحا غلاف نامیده می‌شوند،بتن‌ریزی باید انجام و بعد از کسب مقاومت لازم،فولاد پیش‌تنیدگی کشیده و مهار شده و بدین ترتیب نیروی پیش تنیدگی بر بتن سخت شده اعمال شود (شکل ۶-۱۸).

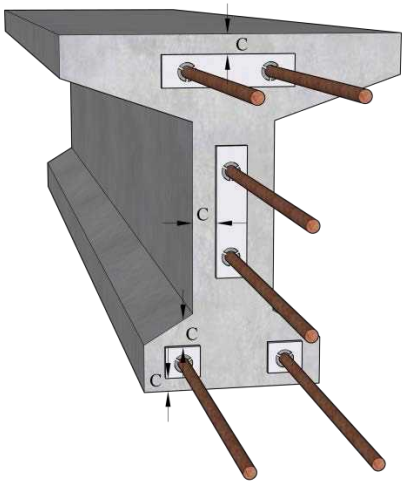
الف- حداقل رده بتن مصرفی باید در سقف های پیش‌تنیده ۳۰ مگاپاسکال باشد.

ب- باز کردن قالب‌ها پس از اعمال نیروی پیش‌تنیدگی و اطمینان از پایداری سازه باید انجام شود. اعمال نیروی پیش‌تنیدگی پس از رسیدن بتن به مقاومت فشاری اعلام شده در نقشه ها خواهد بود.اطمینان از دستیابی به مقاومت مورد نظر باید با آزمایش برروی آزمونه‌های آگاهی مطابق استاندارد"روش ساختن و عمل آوردن آزمونه‌های بتنی در کارگاه" ، انجام شود.

پ- غلاف ها باید به‌قدر کافی مقاوم و درزبندی شده باشند تا در هنگام بتن‌ریزی صدمه نبینند و شیره بتن به هیچ وجه به درون انها راه پیدا نکند.همچنین باید به گونه‌ای مهارشوند که با نیروهای اعمالی در زمان اجرا به‌ویژه با تکان های اعمالی در زمان بتن‌ریزی با پمپ جابه‌جا نشوند. به‌دلیل اهمیت زیاد حفاظت فولاد پیش‌تنیدگی در برابر عوامل خورنده مشخصات دوغاب تزریق باید مطابق ضابطه ۲۵۰ سازمان برنامه و بودجه باشد.

ت- حداقل پوشش بتن روی فولاد پیش‌تنیدگی باید علاوه بر رعایت الزامات ذکر شده در بند ۶-۲-۱-۳ این ضابطه از بزرگ‌ترین مقادیر زیر کمتر نباشد:

- سه چهارم بعد افقی مستطیل محاط بر غلاف یا دسته غلاف
- قطر بیرونی غلاف
- ۴۰ میلیمتر



شکل ۶-۱۸- حداقل پوشش بتن بر روی کابل

omoorepeyman.ir

ث- در قطعاتی که چسبندگی فولاد پیش‌تنیدگی به بتن ضرورت دارد باید غلاف‌ها نیز این خاصیت را داشته باشند. عملیات تزریق باید به‌صورت پیوسته و یکپارچه انجام شود تا از گرفتگی مقطعی غلاف‌ها جلوگیری شود.

ج- محافظت فولاد پیش تنیدگی در برابر خوردگی از اهمیت بالایی برخودار می‌باشد و باید به نحو موثری محافظت شود.

۶-۳-۵-۳- سقف‌های بتنی نیمه‌پیش‌ساخته

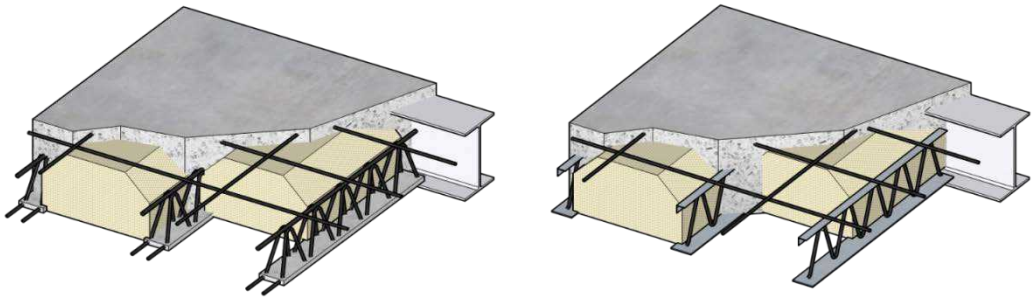
۶-۳-۵-۳-۱- تیرچه و بلوک

سقف‌های تیرچه و بلوک به دو دسته‌ی کلی سقف‌های با تیرچه‌های بتنی و سقف های با تیرچه‌های فولادی با جان باز تقسیم بندی می‌شوند. سقف‌های با تیرچه‌های پیش‌ساخته بتنی (خرپایی ،پیش‌تنیده و دال T شکل) و فولادی با جان باز در ترکیب با بلوک‌های سیمانی،سفالی و پلی استایرن منبسط شده در این گروه قرار می‌گیرند (شکل ۶-۱۹).

تیرچه‌ها وظیفه تحمل بارهای طراحی و بارهای حین اجرا را خواهند داشت.بلوک ها نقش سازه ای ندارند و صرفا به عنوان بخشی از سیستم قالب بندی،علاوه بر پر کنندگی باید تحمل بارهای حین اجرا را داشته باشند.

تعبیه هرگونه آویزهای فلزی در سقف های تیرچه و بلوک که معمولا برای امکان اتصال سقف های کاذب پیش بینی می شوند،در شرائط محیطی خورنده مجاز نمی‌باشد.

مصالح مصرفی شامل تیرچه، بتن و بلوک‌های مورد استفاده باید الزامات بندهای الف تا ج که در ادامه آمده‌اند را برآورده کنند.



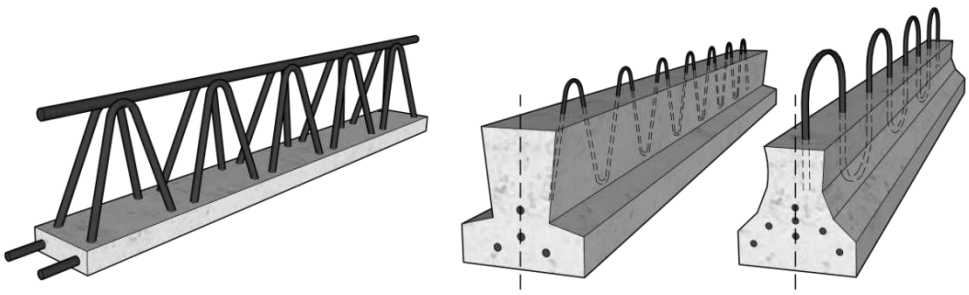
الف - سقف تیرچه و بلوک با تیرچه فولادی با جان باز ب - سقف تیرچه و بلوک با تیرچه بتنی

شکل ۶-۱۹- شمای کلی از سقف تیرچه و بلوک

الف) تیرچه بتنی

عضو پیش ساخته‌ای است متشکل از بتن آماتورهای فولادی که با قرارگیری بلوک‌ها در میان تیرچه‌ها به عنوان قالب و با بتن پوششی در جا ریخته، مقطع مرکب T شکل مناسبی را تشکیل می‌دهند. ساخت تیرچه‌ها در دو نوع خرپایی و پیش تنیده متداول است(شکل ۴-۲۰).

omoorepeyman.ir



الف- تیرچه پیش تنیده ب - تیرچه خرپایی

شکل ۶-۲۰- انواع تیرچه‌های بتنی

استفاده از تیرچه‌های خرپایی با قالب ماندگار که کفشک‌دار یا فوندوله‌دار نیز نامیده می‌شوند، به دلیل عدم رعایت پوشش مناسب میلگرد های کششی مجاز نمی‌باشد.

ضخامت پاشنه بتنی باید آن‌قدر باشد که امکان بتن‌ریزی داشته باشد. ضخامت پوشش بتنی روی آرماتورهای کششی تیرچه و دال، علاوه بر رعایت ضوابط بند ۴-۲-۱-۳ این ضابطه، نباید کمتر از مقادیر زیر اختیار شود:

- قطر میلگردها
- ۴/۳ برابر قطر اسمی بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه بتن،

فواصل آزاد بین میلگردهای کششی تیرچه نباید از هیچیک از سه مقدار قطربزرگترین میلگرد، ۲۵ میلیمتر و ۴/۳ برابر قطر اسمی بزرگترین سنگدانه بتن، کمتر باشد. فاصله میلگرد کششی از لبه جانبی بتن پاشنه تیرچه نباید از ۱۰ میلیمتر کمتر باشد. ضمنا نباید در مناطق خورنده این مقدار از مقادیر بند ۶-۲-۱-۳ کمتر باشد.

حداقل عرض بتن پاشنه ۱۰ سانتیمتر است و نباید از ۲/۷ برابر ضخامت سقف کمتر باشد. عرض بتن پاشنه از ۱۰ سانتیمتر تا ۱۶ سانتیمتر می‌تواند متغیر باشد. ضخامت بتن پاشنه حداقل باید ۴۰ میلیمتر باشد و نباید از بزرگترین قطر میلگرد کششی به‌علاوه ۳۰ میلیمتر کمتر باشد.

حداقل رده بتن پاشنه باید C20 باشد.در شرایط محیطی خورنده حداقل رده و ضوابط آن باید مطابق بند ۶-۲-۱-۳ باشد. اسلامپ بتن تازه آن نیز باید بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلیمتر تنظیم گردد.

حداکثر اندازه اسمی سنگدانه بتن پاشنه باید ۱۳ میلیمتر یا ۳/۴ ضخامت پوشش بتنی روی میلگرد، هر کدام که کوچکتر است، در نظر گرفته شود.

پس از بتن‌ریزی پاشنه، باید عمل آوری بتن، انجام گیرد. در شرایط محیطی خورنده توجه به الزامات حفاظت در برابر خوردگی برای میلگردهای کششی تیرچه‌ها اهمیت زیادی دارد.

اختلاط دستی بتن پاشنه تیرچه‌های بتنی مجاز نمی‌باشد.

نمونه برداری،آزمایش و پذیرش تیرچه‌های پیش‌ساخته خرپایی باید مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۲۹۰۹ باشد.

omoorepeyman.ir

ب) تیرچه پیش‌ساخته پیش‌تنیده

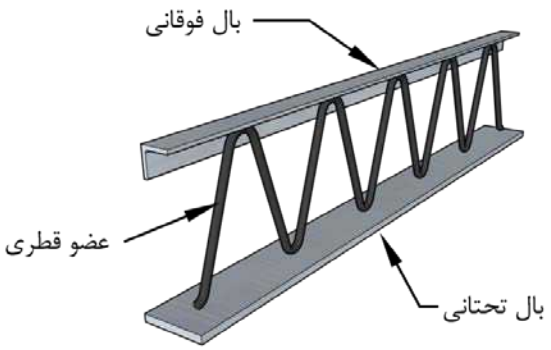
برای تیرچه‌های پیش‌ساخته پیش‌تنیده باید حداقل رده مقاومتی بتن C35 و مفتول‌های فولادی با مقاومت بین ۱۷۵۰ تا ۱۹۰۰ مگاپاسکال باشند. مفتول‌های مصرفی باید استاندارد ملی ایران ۱۳۲۵۰ را به طور کامل رعایت کنند.

رعایت الزامات پوشش بتن روی فولاد پیش‌تنیدگی مطابق بند ۶-۳-۹-۶ این ضابطه الزامی است. همچنین رعایت الزامات ضابطه شماره ۲۵۰ با عنوان «آیین نامه طرح و محاسبه قطعات بتن پیش تنیده» برای این تیرچه‌ها الزامی است.

تیرچه‌ها باید بارهای ناشی از وزن خود در زمان حمل و نقل، بار مرده ناشی از اجزای سقف (وزن تیرچه، بلوک و بتن پوششی درجا)و همچنین بارهای حین اجرا را بین تکیه‌گاه‌های موقت (شمع بندی‌ها) و بار ناشی از بارهای مرده و زنده در هنگام بهره برداری را تحمل کنند.

پ) تیرچه فولادی با جان باز

عضو پیش ساخته‌ای است که به‌صورت خرپای دو سر ساده، شامل بال‌های تحتانی و فوقانی و اعضای قطری اجرا می شود(شکل ۴-۲۱).



شکل ۶-۲۱- اجزای تیرچه فولادی با جان باز

آن قسمت از تیرچه‌های فولادی با جان باز که در بتن قرار می‌گیرد نباید رنگ آمیزی شوند.

انتهای تیرچه‌ها باید حداقل ۱۰ سانتیمتر در داخل کلاف بتنی افقی و یا تیر بتنی قرار گیرد. توصیه می‌شود از تیرچه‌های فولادی با جان باز در مناطق خورنده استفاده نشود.

ث) بتن پوششی (دال روی بلوک)

رعایت الزامات بتن و بتن‌ریزی این ضابطه برای بتن پوششی الزامی است.

حداقل ضخامت بتن پوشش روی بلوک‌ها، باید ۵۰ میلیمتر و حداقل رده‌ی آن C20 باشد. ضخامت دال بتنی فوقانی نباید از ۱/۱۲ فاصله آزاد بین تیرچه‌ها و نه از۵۰ میلیمتر کمتر اختیار شود.در صورت وجود نیروهای متمرکز بر روی سقف حداقل ضخامت دال ۸۰ میلیمتر توصیه می‌شود.

omoorepeyman.ir

ج) بلوک‌های سقفی

بلوک‌های سقفی مورد استفاده باید مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۲۹۰۹ باشند. رعایت الزامات بلوک‌های سقفی مطابق ضابطه ۵۴۳ سازمان برنامه و بودجه الزامی است. مواد تشکیل دهنده بلوک نباید بر روی بتن درجا اثر شیمیایی داشته باشد.

بلوک‌های سفالی و سیمانی قبل از بتن‌ریزی باید کاملا مرطوب شوند به‌گونه‌ای که آب بر روی آنها جمع نشود.

برای بلوک‌های مجاور تیرها و کلاف‌های بتنی و همچنین در محل‌هایی که حفره‌های بلوک در مجاورت بتن درجای تیرها و کلاف‌ها قرار می‌گیرد، توصیه می‌شود از بلوک‌های ته‌بسته که به همین منظور تولید می‌شوند، استفاده شود .برای جلوگیری از ورود بتن درجا به داخل بلوک، استفاده از قطعات بتنی پیش‌ساخته به ضخامت ۲ سانتیمتر یا هر مانع دیگر به ابعاد مقطع بلوک مجاز می‌باشد.

برای قالب‌بندی باید از تخته‌هایی به عرض ۱۲ تا ۲۰ سانتیمتر و ضخامت ۲ سانتیمتر استفاده شود. برای جلوگیری از خروج بتن از کناره‌های تیرهای لانه زنبوری یا دیگر فضاها باید از تخته‌ی قالب‌بندی استفاده شود. تخته‌ها باید بعد از بسته شدن کاملاً محکم شوند، به نحوی که فشار زیاد بتن‌ریزی را تحمل نمایند.

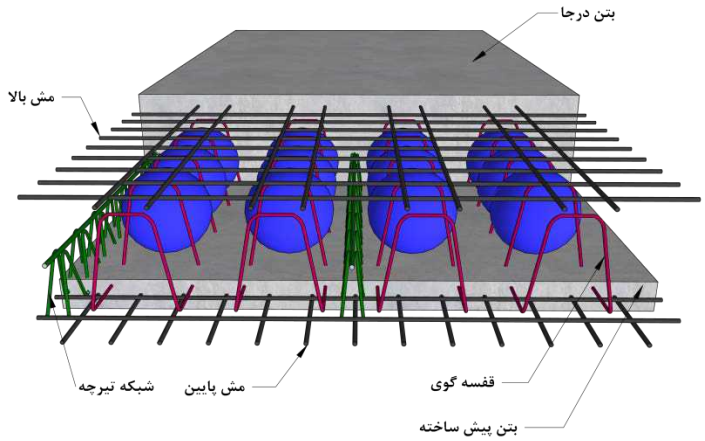
کنترل کیفیت تیرچه و بلوک شامل تواتر نمونه‌برداری، آزمایش‌های موردنیاز و ضوابط پذیرش باید مطابق ضابطه ۵۴۳ باشد.

۶-۳-۵-۳-۲- دال مجوف بتن مسلح با گوی های توخالی با پیش دال

سقف های بتن مسلح مجوف با قالب‌های ماندگار کروی که قفسه و گوی ها در پیش دال (دال پیش ساخته) درگیر بوده و فولادهای کششی در آن پیش بینی شده باشد، در این گروه قرار می‌گیرد (شکل ۶-۲۱). رعایت الزامات ذیل برای این سقف ها ضروری است:

- حداقل ضخامت بتن در اطراف گوی‌ها شامل بالا و پایین گوی، باید حداقل ۵ سانتیمتر و بین دو گوی متوالی حداقل ۴ سانتیمتر در نظر گرفته شود.
- پیش‌دال‌ها باید بارهای ناشی از وزن خود در زمان حمل و نقل، بار مرده ناشی از اجزای سقف (وزن پیش دال و بتن پوششی درجا)و همچنین بارهای حین اجرا را بین تکیه‌گاه‌های موقت (شمع بندی‌ها) و بار ناشی از بارهای مرده و زنده در هنگام بهره‌برداری را تحمل کنند.
- سیستم قالب مورد استفاده در اجرای این نوع سقف باید انعطاف لازم برای اعمال خیز منفی کافی قبل از بتن‌ریزی را داشته باشد.

omoorepeyman.ir



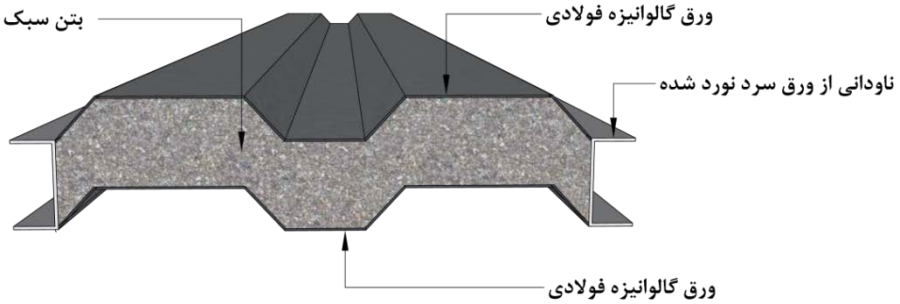
شکل ۶-۲۲- دال مجوف بتن مسلح با گوی‌های توخالی با پیش دال

۶-۳-۵-۴- سقف‌های بتنی پیش ساخته

۶-۳-۵-۴-۱- دال مرکب فولادی و بتنی

بتن سبک مورد استفاده در هستهٔ میانی پانل پیش‌ساخته باید از نوع بتن سبک سلولی (بتن کفی) با دانسیتهٔ حداقل ۵۰۰ و حداکثر ۷۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشد. در این پانل‌ها مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه‌های مکعبی بتن سبک، به ابعاد ۱۰۰×۱۰۰×۱۰۰ میلیمتر، نباید کمتر از ۲/۵ مگاپاسکال باشد.

در مناطق با شرائط محیطی خورنده ،ضوابط مربوط به محافظت در برابر خوردگی برای ورق های ماندگار در این سقف ها باید رعایت گردد.توصیه می‌گردد در مناطق خورنده کلریدی از سیستم سقف‌های با قطعات فلزی ماندگار در بیرون بتن استفاده نشود.



شکل ۶-۲۳- دال مرکب فولادی و بتنی

۶-۳-۵-۴-۲- سقف پیش‌تنیده از نوع پیش‌کشیده

در اجرای سقف‌های پیش‌تنیده با روش پیش‌کشیدگی، ابتدا فولاد پیش‌تنیدگی باید کشیده و سپس بتن در تماس با آرماتورها ریخته شود. بعد از سخت شدن بتن و کسب حداقل مقاومت لازم، مفتول‌ها باید از جک جدا و نیروی پیش تنیدگی به بتن اعمال شود. رعایت ضوابط ضابطه شماره ۲۵۰ سازمان برنامه و بودجه برای این سقف ها الزامی می‌باشد.

omoorepeyman.ir

۶-۳-۶- درزهای ساختمانی

۶-۳-۶-۱- الزام کلی

محل درز و ساختار سازه‌ای آن باید در نقشه‌های اجرایی و مشخصات فنی مشخص شده باشد.

در صورتی‌که درز در طراحی دیده نشده باشد و حین اجرا نیاز به آن احساس شود، محل درز، راستای آن، ساختار و روش اجرای آن بر اساس مشخصات عملکردی سازه (همانند ظرفیت باربری، دوام، ظاهر و آب‌بندی) باید توسط مشاور پروژه مشخص گردد.

۶-۳-۶-۲- انواع درزهای ساختمانی

درزها به دو نوع، درز ساخت (اجرایی)[۱] و درز حرکتی[۲] تقسیم می‌شوند. درز حرکتی خود شامل درز انقباض (جمع‌شدگی) و درز جداکننده می‌باشد. سعی شود محل درزها بگونه‌ای انتخاب گردد که درز حرکتی در محل درزهای ساخت واقع شود.

۶-۳-۶-۲-۱- درز ساخت (اجرایی)

درز ساخت باید در محل توقف‌های از پیش تعیین‌شده در عملیات بتن‌ریزی در نظر گرفته شود. از آنجایی که محل درز اجرایی اغلب در برابر برش ضعیف می‌باشد، درز اجرایی باید در محلی تعبیه شود که تا حد امکان کمترین تنش‌های برشی را دارا باشد. به همین منظور، راستای درز اجرایی باید عمود بر راستای نیروی فشاری موثر بر عضو، درنظر گرفته شود. در شرایطی که در محل درز اجرایی تنش برشی زیادی وجود داشته باشد، باید در طراحی درز، تمهیدات لازم برای تحمل تنش مانند کلیدهای برشی، تعبیه میلگرد دوخت و غیره، درنظر گرفته شود.

در انتخاب محل درزهای ساخت باید دقت شود تا یکپارچگی سازه تحت تاثیر قرار نگیرد و از طرف دیگر با ظاهر ساختمان و شرایط آب‌بندی سازه سازگار باشد. تعداد و محل درزهای اجرایی باید توسط مشاور، در کمترین مقدار لازم پیش‌بینی شود و در نقشه‌های کارگاهی منعکس گردد و از ایجاد درز اجرایی بصورت تصادفی در محل یا زمان دلخواه (مانند پایان ساعت کاری) اجتناب شود.

درزهای ساخت عمودی در تیرها و دال‌ها، باید در وسط دهانه یا در یک سوم میانی دهانه تعبیه شوند. درزهای ساخت افقی، شیبدار یا مورب، در تیرها و دال‌ها مجاز نیست. تیرها (بجز تیرهای عمیق) باید با دال به صورت یکپارچه بتن‌ریزی شود. درزهای ساخت باید با ایجاد قالب موقت، کاملا عمود بر محور طولی تیر و دال باشند.

۱- Construction Joint

۲- Movement Joint

omoorepeyman.ir

در بتن‌ریزی ستون‌ها و دیوارها، بتن‌ریزی باید تا زیر تیر یا دال هر طبقه انجام شود. تیرها یا دال‌های متکی بر ستون‌ها یا دیوارها تا زمانی که این اعضای قائم حالت خمیری دارند، نباید بتن‌ریزی گردند. بتن تیرها و سرستون‌ها باید به‌صورت یکپارچه با بتن دال ریخته شود مگر آنکه در نقشه یا مشخصات فنی خلاف آن تصریح شده باشد.

محل درزهای اجرایی عمودی در دیوارها تابع امکانات و توان اجرایی و یا سازگاری با ظاهر، آب‌بندی و دوام سازه است که توسط مشاور تعیین می‌شود. چنانچه محل درز تحت برش باشد، باید از میلگردهای انتقال‌دهنده بار استفاده شود. توصیه می‌شود از ریختن یکپارچه دیوار با طول بیش از ۷/۵ متر بدون درز ساخت عمودی خودداری گردد. این طول با توجه به نظر مشاور و استعداد جمع شدگی بتن دیوار (به‌ویژه با در نظر گرفتن مقدار عیار مواد سیمانی) باید تعیین شود.

ایجاد پاشنه بتنی در پای ستون یا دیوار در مناطق زلزله‌خیز (با خطر زلزله زیاد و خیلی زیاد) مجاز نمی‌باشد و برای نصب قالب ستون و دیوار باید از راهکارهای دیگری استفاده نمود. اگر آب‌بندی دیوار نیاز باشد، در محل درز ساخت، نیاز به تعبیه نوار آب‌بند[۱] وجود دارد.

در شرایط محیطی مهاجم، به دلیل احتمال افزایش نشت و درون‌رفت[۲] عوامل زیان‌بار (همانند سولفات، یون کلراید و غیره)، آب‌بندی مناسب درزها از سطح ضروری است.

۶-۳-۶-۲-۲- درز انقباض (جمع شدگی)

هدف از تعبیه درز انقباض، کنترل محل ترک‌هایی است که به دلیل جمع‌شدگی ناشی از خشک‌شدن پدید می‌آیند. درز انقباض معمولا برای دیوارها و دال‌های روی زمین استفاده می‌شود. برای دال‌های طبقات، تنش‌های ناشی از جمع‌شدگی با مقدار و توزیع مناسب آرماتور (مطابق روش طراحی در آیین‌نامه بتن ایران) باید کنترل گردد.

فواصل درزهای انقباض تابع کیفیت و نوع بتن، مقدار جمع‌شدگی، شرایط محیطی و آرماتور حرارتی است که باید توسط مشاور تعیین شود. در غیر این‌صورت می‌توان از مقادیر ذکر شده به شرح زیر به عنوان راهنما استفاده کرد:

- برای دیوارهای بدون بازشو: ۷/۵ متر یا یک تا سه برابر ارتفاع دیوار، هرکدام کوچک‌تر باشد
- برای دیوارها با بازشوهای متعدد برابر ۶ متر
- در محل‌هایی از ساختمان که از نظر ارتفاع و شکل، تغییر می‌کند

درزهای انقباض باید در تمام طبقات در یک امتداد باشند (به‌جز طبقه اول و کنار بازشوها)، در غیر این‌صورت ترک خوردگی پیش‌بینی نشده ایجاد می‌شود.

۶-۳-۶-۲-۳- درز جداکننده

درزهای جداکننده به دو دسته درزهای جدایی و درز انبساط تقسیم می‌شوند. درزهای جدایی برای جداسازی رفتار دو سازه و یا اجزای مختلف یک سازه (در برابر باد، زلزله، نشست نامتقارن، منظم‌سازی پلان و غیره) پیش‌بینی می‌شود.

۱- Waterstop

۲- Ingress

omoorepeyman.ir

درز انبساط، تغییرشکل‌های ناشی از تغییرات دمایی، رطوبتی و یا هر عاملی که سبب انقباض و انبساط اعضای بتنی در امتدادهای مختلف می‌شود را کنترل می‌کند.

میزان عرض درز باید به میزان کافی توسط مشاور بر اساس مقدار حرکت (انبساط، انقباض، نشست، زلزله) و تنش‌ها یا کرنش‌های مجاز اعضای سازه‌ای تعیین شود و از تماس بخش‌های ساختمان در دو طرف درز جلوگیری کند. در تعیین عرض درز باید حداکثر جابه‌جایی مورد انتظار، در نظر گرفته شود. عرض درز معمولا بین ۲۵ تا ۱۵۰ میلیمتر است.

درز جداکننده باید از میان تمام سطح مقطع اعضا عبور کند. بسته به هدف تعبیه این درزها، در برخی موارد، لازم است این درز تمام ضخامت شالوده را هم در بر گیرد. در درزهای جدایی که هدف، جداسازی حرکت اجزای سازه است، آرماتورها نباید در محل درز ادامه پیدا کنند. در صورت لزوم در درزهای انبساط با استفاده از میله‌های انتقال بار، می‌توان برش را انتقال داد.

۶-۳-۶-۳- مصالح و روش‌های درزبندی

درزهای انقباض و جداکننده باید با مواد مناسب درزگیر با توجه به شرایط موردنیاز، پر شوند. این مواد باید طبق مشخصات فنی خصوصی یا نظر مشاور دارای انعطاف‌پذیری کافی و چسبندگی مطلوب با سطح بتن باشند. نفوذپذیری آنها باید بسیار کم و سازگار با شرایط و بارهای محیطی (مانند دما و تابش آفتاب) باشند و ساختار شیمیایی آنها در طول بهره‌برداری تغییر چشمگیری نکند. الزامات و مشخصات فنی درزگیرها باید مطابق آیین‌نامه بتن ایران یا راهنمای ACI 224.3R و ACI 504R باشد.

۶-۳-۶-۴- الزامات اجرایی درزهای ساختمانی

الف- در درزهای اجرایی افقی، سطح بتن قبلی باید با آب پرفشار یا ماسه پاشی، زبر و تمیز گردد. رطوبت بتن قبلی باید در حدود حالت اشباع با سطح خشک نگه داشته شود. زبر کردن سطح بتن قبلی با هر وسیله مناسب دیگر با تایید مشاور امکان‌پذیر است. زبر و خشن بودن سطح بتن قبلی و حتی ایجاد کلیدهای برشی می‌تواند درگیری مکانیکی و آب‌بندی مناسبی به‌وجود آورد.

ب- در صورت تائید دستگاه نظارت، استفاده از یک لایه اتصالی ملات به ضخامت حداکثر ۱۰۰ میلی‌متر روی سطح بتن قبلی مجاز است. لایه اتصالی نباید دارای نسبت آب به مواد سیمانی بیشتر از نسبت آب به مواد سیمانی بتن اصلی باشد. توصیه می‌شود حداکثر اندازه سنگدانه لایه اتصالی، به یک چهارم حداکثر اندازه اسمی بتن اصلی محدود شود. همچنین روانی این ملات باید به‌قدری باشد که بدون نیاز به تراکم، در پستی و بلندی‌های ایجاد شده در سطح بتن قبلی جای گیرد. استفاده از دوغاب خالص سیمان برای این کار مجاز نمی‌باشد.

omoorepeyman.ir

پ- برای ایجاد درز اجرایی عمودی باید از قالب موقت (توری با چشمه ریز، ورق رابیتس یا سایر موارد) استفاده نمود. سوراخ‌های توری یا رابیتس نباید چنان باشد که بتن از آن رد شود. در صورتی‌که سطح دارای زبری مناسب نباشد، بتن جوان را باید زبر، خشن و مضرس نمود.

ت- توری یا رابیتس موجود در ضخامت پوشش بتنی روی میلگرد باید برداشته شود. بنابراین باید در اسرع وقت باید این توری یا رابیتس‌ها را از سطح بتن جدا نمود. در ضمن سطح خشن و زبر ایجاد شده، قبل از بتن ریزی جدید، باید به‌صورت اشباع با سطح خشک درآید. اگر شیره یا ملات بتن از توری یا رابیتس رد شده و در پای مقطع انباشته شده باشد، باید قبل از بتن ریزی جدید، شیره یا ملات انباشته برداشته شود.

ج- در صورتی‌که از قالب موقت از نوع فلزی، چوبی یا پلی استایرن استفاده می‌گردد، باید زبر کردن، خشن‌سازی، و اشباع‌سازی سطح، مشابه درز افقی انجام پذیرد.

چ- در صورت تائید دستگاه نظارت می توان از لایه واسط (لاتکس‌های پلیمری، اپوکسی‌های آبدوست، یا دوغاب سیمانی حاوی لاتکس یا اپوکسی‌های آبدوست) در سطح بتن قبلی استفاده نمود. در این حالت نیازی به اشباع سازی بتن قبلی وجود ندارد و باید قبل از خشک شدن لایه واسط، بتن جدید اجرا شود.

ح- در سطوح عمودی با ارتفاع زیاد، ایجاد شکستگی و پله‌ای کردن درز اجرایی توصیه می‌شود. همچنین ایجاد کلیدهای برشی مناسب می‌تواند مفید واقع گردد.

خ- در محل درز انقباض، باید سطح مقطع بتن و آرماتور کاهش داده شود تا از ضعیف شدن و تشکیل ترک در آن محل اطمینان حاصل شود. مقدار دقیق کاهش سطح مقطع و آرماتور باید توسط مشاور مشخص گردد. مقدار کاهش سطح مقطع حداقل ۲۵ درصد ضخامت (درز جزئی) و حداکثر تمام ضخامت (درز کامل) می‌باشد. مقدار کاهش آرماتور حداقل ۵۰ درصد (درز جزئی) و حداکثر تمام آرماتور (درز کامل) می‌باشد. محل قطع آرماتور باید حداقل ۵۰ میلی‌متر از محل درز فاصله داشته باشد.

د- برای ایجاد درزهای حرکتی استفاده از دو روش نوارهای جداکننده (قبل از بتن‌ریزی) یا اره کردن (پس از بتن‌ریزی) مجاز است. در روش نوارهای جداکننده از نوارهای پیش‌ساخته فولادی یا پلیمری بهره گرفته می‌شود.

ذ- در زمان اره کردن، بتن نباید آن‌قدر تازه باشد که عملیات اره کردن سبب قلوه‌کن شدن بتن شود و نباید این زمان آن‌قدر طولانی گردد که ترک‌خوردگی ناشی از جمع‌شدگی رخ دهد. این زمان معمولا بین ۱۲ تا ۲۴ ساعت پس از اجرای بتن توصیه می‌شود.

ر- برای نصب پوشش‌های روی درزهای جداکننده باید دقت نمود که روش اتصال مانع حرکت آزادانه دو سمت درز نشود.

ز- برای استفاده از مواد درزگیر معمولا نیاز به پرایمرها، نوارهای جداکننده، و مواد پشت‌بند (فتیله درز پرکن) می‌باشد که برای به‌کارگیری آن‌ها باید به دستورالعمل‌های تشریحی یا دستورالعمل تولیدکننده مراجعه نمود.

omoorepeyman.ir

ژ- نوارهای آب‌بند باید به نحوی نصب و مهار گردند که هنگام بتن‌ریزی، جابه‌جا نشوند. در نوارهای آب‌بند حباب‌دار، حباب باید دقیقا در محل درز باشد وگرنه عملکرد نوار آب‌بند بسیار کاهش می‌یابد. نوار آب‌بند باید کاملا تمیز و عاری از هرگونه ماده اضافی نظیر روغن، خمیر سیمان و غیره باشد.

۶-۳-۷- کنترل کیفیت و پذیرش بتن

۶-۳-۷-۱- کلیات

برای کنترل کیفیت و پذیرش بتن، نمونه‌برداری طبق ضوابط این ضابطه و درخواست دستگاه نظارت انجام می‌شود. نمونه‌برداری باید به‌صورت غیرگزینشی، تصادفی یا اتفاقی بوده و به زمان خاص یا روانی خاصی وابسته نباشد. بدیهی است بتن‌هایی که از نظر ظاهر و روانی در محدوده‌ی قابل قبول نیستند، نباید مصرف شوند و نمونه‌گیری از آن‌ها موضوعیت ندارد. به‌هرحال ایجاد ضابطه‌ی خاص در نمونه‌برداری مانند شرایط خاص جوی و نظایر آن نیز قابل قبول نیست، زیرا مبانی آماری ضوابط پذیرش مقاومتی یا دوام را مخدوش می‌کند. پذیرش بتن در کارگاه از چهار جنبه باید مدنظر قرار گیرد که در ادامه به آنها اشاره می‌شود.

۶-۳-۷-۱-۱- پذیرش بتن تازه

بتن تازه باید دارای مشخصات قابل قبول مندرج در این ضابطه و مشخصات فنی پروژه باشد. رعایت محدوده‌های مجاز روانی، درصد هوا، دما و مشخصات ظاهری بتن (شامل جداشدگی، آب انداختن، وجود کلوخه، عدم پخش الیاف و غیره) ضروری است تا بتن تازه مورد پذیرش قرار گیرد.

۶-۳-۷-۱-۲- پذیرش بتن از نظر نحوه اجرا

عملیات اجرایی شامل آماده‌سازی محل بتن‌ریزی، ریختن، پخش و جای دادن، تراکم، پرداخت و عمل‌آوری بتن باید طبق مندرجات این ضابطه یا مشخصات فنی پروژه انجام شود. در غیر این‌صورت بتن مورد پذیرش قرار نگرفته و کیفیت آن مورد تردید خواهد بود. برخی از این موارد را نمی‌توان با انجام آزمایش روی بتن کنترل نمود و لازم است موارد اجرایی به‌صورت کامل و صحیح رعایت گردد و دستگاه نظارت مسئولیت کنترل و پذیرش را به‌عهده داشته باشد.

۶-۳-۷-۱-۳- پذیرش بتن از نظر مقاومت مکانیکی

پذیرش مقاومت مکانیکی (فشاری، خمشی و غیره) بتن در کارگاه برای انطباق با رده و مقاومت مشخصه، بر اساس نتایج آزمایش مقاومت مکانیکی نمونه‌های برداشت شده از بتن تازه مصرفی صورت می‌پذیرد. نمونه‌برداری از بتن باید به‌صورت تصادفی در طول مدت مصرف بتن انجام شود. تهیه‌ی آزمونه‌ها و نگهداری آن‌ها باید در شرایط استاندارد و طبق استاندارد ملی ایران ۳۲۰۵ یا ۲-۱۶۰۸ انجام شود. قابل ذکر است زمانی‌که پذیرش بتن از نظر مقاومت خمشی، کششی و غیره مورد نیاز باشد، باید ضوابط مربوط در مشخصات فنی پروژه ذکر شود.

omoorepeyman.ir

۶-۳-۷-۱-۴- پذیرش بتن از نظر دوام

پذیرش بتن از نظر دوام در کارگاه بر اساس نتایج آزمایش‌های کنترلی دوام برای نمونه‌های برداشته شده از بتن تازه صورت می‌پذیرد. تهیه‌ی آزمونه‌ها و نگهداری آن‌ها در شرایط استاندارد باید طبق استاندارد ملی ایران ۳۲۰۵ یا ۲-۱۶۰۸ و شرایط اختصاصی آزمایش دوام موردنظر انجام شود.

۶-۳-۷-۲- محل و تواتر نمونه‌برداری

۶-۳-۷-۲-۱- محل و تواتر نمونه‌برداری برای پذیرش بتن تازه

برای تعیین ویژگی‌های بتن تازه حداقل تعداد نوبت‌های نمونه‌برداری، همان نوبت‌های نمونه‌برداری در محل نهایی مصرف، برای تعیین مقاومت فشاری بتن خواهد بود.

دستگاه نظارت مجاز به نمونه‌برداری در نوبت‌های بیش‌تر برای کنترل مضاعف بتن تازه، با توجه به بروز هر گونه شک یا تغییرات ظاهری در بتن تازه خواهد بود. در این حالت، نمونه‌برداری می‌تواند از کامیون مخلوط‌کن یا سایر وسایل حمل بعد از تخلیه‌ی حدود ۳۰۰ لیتر بتن انجام گیرد.

۶-۳-۷-۲-۲- محل و تواتر نمونه برداری برای پذیرش مقاومت مکانیکی

در صورتی که هدف از نمونه‌برداری، انطباق بر رده یا مقاومت مشخصه باشد، نمونه‌برداری بتن از محل نهایی مصرف، قبل از ریختن در عضو مورد نظر انجام می‌شود. در این مورد نباید از وسیله‌ی حمل بتن نمونه‌گیری کرد، مگر آن‌که وسیله‌ی حمل مورد نظر همان وسیله‌ی ریختن بتن در عضو باشد.

در صورتی‌که از دو یا چند نوع بتن مختلف (سبک، سنگین، حباب‌دار، الیافی و خودتراکم، همچنین بدون افزودنی و با افزودنی) در یک سازه استفاده شود، نمونه‌برداری و انطباق هر یک با رده‌ی مورد نظر باید جداگانه انجام شود. همچنین در صورت به‌کارگیری از دو یا چند رده‌ی مقاومتی یا مقاومت‌های مشخصه‌ی مختلف در یک سازه، باید ضوابط نمونه‌برداری برای هر یک به‌صورت جداگانه اعمال گردد، حتی اگر بتن آن‌ها از یک واحد تولید بتن و در یک زمان تأمین گردد. به‌هرحال سازه‌های جداگانه، سازه‌هایی هستند که تجزیه و تحلیل و طراحی آن‌ها به‌طور مستقل انجام شده باشد.

در صورتی که حجم هر پیمانه (اختلاط) بتن در محل نهایی مصرف یک مترمکعب باشد، تواتر نمونه‌برداری بر اساس موارد زیر، هر کدام تعداد نوبت بیش‌تری را به‌دست دهد، ملاک خواهد بود:

الف- حداقل یک نمونه‌برداری در هر نوبت کاری روزانه؛

ب- حداقل از هر ۳۰ مترمکعب بتن؛

پ- حداقل از هر ۱۵۰ متر مربع سطوح دال و دیوار (یک وجه دال و دیوار)؛

ت- حداقل از هر ۱۰۰ متر طول تیر و کلاف در صورتی که جدا از سایر قطعات بتن‌ریزی شوند؛

ث- حداقل از هر ۵۰ متر طول ستون.

omoorepeyman.ir

در صورتی که حجم هر پیمانه (اختلاط) بتن در محل نهایی مصرف بیش‌تر یا کم‌تر از یک مترمکعب باشد می‌توان مقادیر فوق را به همان نسبت افزایش یا کاهش داد. به‌هرحال این نسبت نباید از ۲ بیش‌تر و از نصف کم‌تر شود. وقتی بتن با کامیون مخلوط‌کن حمل می‌شود حجم هر پیمانه، همان حجم بتن کامیون مخلوط‌کن خواهد بود و چنانچه برای مثال در هر نوبت ۶ مترمکعب بتن حمل شود، احجام مرتبط با تواتر نمونه‌برداری در ۲ ضرب می‌شود. چنانچه هر نوبت ساخت بتن نیم مترمکعب باشد و در یک وسیله خاص این حجم بتن حمل شود، می توان احجام مرتبط با نمونه‌برداری را با توجه به نظر دستگاه نظارت در ۰/۵ ضرب نمود.

مقادیر فوق در صورتی که تولیدکننده بتن دارای گواهینامه‌ی معتبر از سازمان برنامه و بودجه باشد یا پروانه‌ی استاندارد و سابقه‌ی مناسبی داشته‌باشد، برقرار خواهد بود. در غیر این‌صورت این مقادیر نصف خواهد شد.

در صورتی که سابقه‌ی بتن آماده و بتن تولیدی در کارگاه به‌دلیل عدم انطباق با رده، توسط دستگاه نظارت نامناسب تشخیص داده شود، تواتر سخت‌گیرانه‌تری به‌کار می‌رود (دو برابر شدن تعداد نوبت‌ها یا نصف شدن مقادیر فوق). در صورتی که مجددا انطباق با رده، تأیید شود، تواتر معمولی به‌کار گرفته می‌شود.

دستگاه نظارت با توجه به اهمیت سازه و عدم وجود یکنواختی مطلوب در ساخت بتن، مجاز می‌باشد مقدار بتن برای نمونه‌برداری از بتن‌هایی با حجم پیمانه کم‌تر از یک مترمکعب را کاهش دهد، تا تعداد نوبت‌های نمونه‌برداری بیش‌تر گردد و در صورتی که یکنواختی وجود داشته باشد می تواند از تواتر سخت‌گیرانه صرفنظر نماید.

در یک سازه برای هر نوع و هر رده‌ی بتن در هر نوبت کاری روزانه، باید حداقل یک نوبت نمونه‌برداری انجام شود. در یک سازه برای هر نوع و هر رده‌ی بتن، حداقل ۶ نوبت نمونه‌برداری (صرف‌نظر از حجم یا سطح بتن سازه) در طول ساخت ضرورت دارد.

در صورتی‌که کل حجم هر نوع یا هر رده بتن در یک سازه از ۳۰ مترمکعب کم‌تر باشد، مشروط بر اینکه به تشخیص دستگاه نظارت دلیلی بر رضایت‌بخش بودن کیفیت مقاومتی بتن وجود داشته باشد، می‌توان از نمونه‌برداری مقاومتی و آزمایش آن صرف‌نظر کرد. استفاده از بتن آماده استاندارد یا بتن دارای گواهینامه خاص از مراکز ذی‌صلاح (همانند گواهینامه فنی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی) یا بتن دارای سابقه مناسب مقاومتی و یا به‌کارگیری طرح مخلوط دارای سابقه‌ی مناسب (به شرط عدم تغییر اجزای بتن) می‌تواند دلیل مناسبی بر رضایت‌بخش بودن کیفیت بتن تلقی شود. به‌هرحال دستگاه نظارت با مسئولیت خود از درخواست نمونه‌برداری و انجام آزمایش می‌تواند صرف‌نظر نماید.

استفاده از بتن آماده استاندارد یا بتن دارای گواهینامه خاص از مراکز ذی‌صلاح (همانند گواهینامه فنی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی) یا بتن دارای سابقه مناسب مقاومتی و یا به‌کارگیری طرح مخلوط دارای سابقه‌ی مناسب (به شرط عدم تغییر اجزای بتن) می‌تواند دلیل مناسبی بر رضایت‌بخش بودن کیفیت بتن تلقی شود. به‌هرحال دستگاه نظارت با مسئولیت خود از درخواست نمونه‌برداری و انجام آزمایش می‌تواند صرف‌نظر نماید.

موارد مطرح شده مربوط به تواتر نمونه‌برداری برای ساخت قطعات پیش‌ساخته و منفرد (مانند قطعات دیوار پیش ساخته، نمای پیش‌ساخته و غیره) اعتبار ندارد و فقط برای سازه‌های درجا ریخته معتبر می‌باشد، مگر اینکه دستگاه

omoorepeyman.ir

نظارت تشخیص دهد که از این ضوابط می‌توان در این‌گونه موارد نیز بهره برد.

۶-۳-۷-۲-۳- محل و تواتر نمونه برداری برای پذیرش دوام

در صورت وجود ضوابط ویژه در مشخصات فنی یا شرایط خصوصی در باره‌ی دوام، باید نمونه‌گیری با توجه به شرایط ویژه انجام پذیرد، در غیر این صورت ضوابط حاکم بر محل نمونه‌برداری، ضوابط مربوط به تعیین مقاومت فشاری می‌باشد. در مواردی که الزامات خاصی در مورد دوام در مشخصات فنی ذکر شده است، باید روش نمونه‌برداری و مشخصات آزمونه‌ها توسط مشاور در مشخصات فنی مشخص شده باشد. با توجه به نوع آزمایش مورد نظر در ارتباط با دوام، معمولا روش نمونه‌برداری و تهیه آزمونه‌ها و آماده‌سازی آن‌ها در استاندارد مربوط مشخص شده است.

انتخاب سطح مورد آزمایش یا بخشی از آزمونه تهیه شده برای انجام آزمایش، باید توسط مشاور با توجه به نوع آزمایش دوام مشخص گردد.

تواتر نمونه‌برداری آزمایش‌های دوام بر اساس اهمیت و شرایط رویارویی باید توسط مشاور ارائه گردد، در غیر این صورت، اگر حجم هر پیمانه (اختلاط) بتن در محل نهایی مصرف یک مترمکعب باشد، تواتر نمونه‌برداری به‌صورت زیر خواهد بود و هر کدام تعداد نوبت بیش‌تری دهد ملاک قرار خواهد گرفت:

الف- حداقل هر ۲۰۰ مترمکعب بتن (از هر نوع و هر رده‌ی دوام برای هر سازه)؛

ب- حداقل هر ۱۰۰۰ مترمربع سطح دال و دیوار؛

پ- حداقل هر ۵۰۰ متر طول تیر و کلاف در صورتی که جدا از سایر قطعات بتن‌ریزی شوند؛

ت- حداقل هر ۲۵۰ متر طول ستون؛

ث- حداقل یک نوبت نمونه‌برداری از هر ۶ نوبت کاری یا ۶ نوبت نمونه‌برداری برای مقاومت

در صورتی‌که حجم هر پیمانه (اختلاط) بتن در محل نهایی مصرف بیش‌تر یا کم‌تر از ۱ متر مکعب باشد، می‌توان مقادیر فوق را به همان نسبت افزایش یا کاهش داد. به‌هرحال این نسبت نباید بیش‌تر از ۲ یا کم‌تر از نصف شود.

مقادیر فوق در صورتی‌که بتن آماده گواهینامه‌ی مورد تایید مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی را داشته باشد یا پروانه‌ی استاندارد و سابقه‌ی مناسبی داشته باشد، برقرار خواهد بود؛ در غیر این‌صورت این مقادیر نصف خواهد شد.

در یک سازه برای هر نوع و هر رده‌ی بتن از نظر دوام، حداقل ۳ نوبت نمونه‌برداری در طول ساخت ضرورت دارد.

۶-۳-۷-۳- ضوابط پذیرش بتن در کارگاه

۶-۳-۷-۳-۱- ضوابط پذیرش بتن تازه

چنانچه در مشخصات فنی پروژه ضوابط خاصی برای پذیرش بتن تازه مطرح نشده باشد، باید ضوابط زیر را به‌کار گرفت.

بازه پذیرش اسلامپ بتن مطابق بند ۶-۲-۱-۱، بازه پذیرش جریان اسلامپ بتن مطابق بند ۶-۲-۱-۲، و بازه پذیرش درصد هوای بتن مطابق بند ۶-۲-۱-۵ می‌باشد. نحوه پذیرش همگنی و یکنواختی بتن در بند ۶-۲-۱-۶ بیان شده است.

omoorepeyman.ir

چنانچه حداقل یا حداکثر دمای مجاز بتن ذکر شود، رعایت آن ضرورت خواهد داشت و اگر دمای بتن بدون ذکر حداقل یا حداکثر اعلام شود، رواداری آن ۲± درجه‌ی سلسیوس خواهد بود.

معیار پذیرش بتن از نظر آب‌انداختن و زمان گیرش در صورت نیاز توسط مشاور تعیین می‌شود.

۶-۳-۷-۳-۲- ضوابط پذیرش مقاومت بتن

در یک سازه و برای هر نوع و هر رده‌ی مقاومت بتن، انطباق بر رده‌ی مورد نظر زمانی وجود دارد که هر دو ضابطه زیر برقرار باشد:

الف- میانگین نتایج هر سه نمونه‌ی متوالی مقاومت فشاری بتن کم‌تر از مقاومت مشخصه‌ی مورد نظر نباشد.

ب- هیچ یک از نتایج نمونه‌های مقاومت فشاری بتن کم‌تر از ۹۰ درصد مقاومت مشخصه‌ی مورد نظر نباشد.

منظور از نتیجه‌ی مقاومت فشاری هر نمونه، میانگین نتایج حداقل دو آزمونه‌ی استوانه‌ای به قطر حدود ۱۵۰ میلی‌متر و ارتفاع حدود ۳۰۰ میلی‌متر برای سن ۲۸ روز یا هر سن مقرر شده‌ی دیگر برای مقاومت مشخصه است.

در صورتی‌که آزمونه‌های مکعبی ۱۵۰ میلی‌متری تهیه و مورد آزمایش قرار گیرد، لازم است نتایج آن به نتایج استوانه‌ای تبدیل شود. تعداد آزمونه‌های مکعبی ۱۰۰ میلی‌متری یا استوانه‌ای به قطر حدود ۱۰۰ میلی‌متر و ارتفاع حدود ۲۰۰ میلی‌متر، باید حداقل ۳ عدد باشد. تبدیل نتایج مکعبی به استوانه‌ای یا بالعکس می‌تواند بر اساس جدول ۶-۴۴ برای بتن‌های با وزن مخصوص معمولی و بتن سبکدانه انجام شود. در صورتی که مقاومت فشاری در سنین دیگر نیز مبنای قضاوت خاصی قرار گیرد، تهیه و آزمایش دو آزمونه با قطر یا بعد ۱۵۰ میلی‌متر یا سه آزمونه با قطر یا بعد ۱۰۰ میلی‌متر برای هر سن ضروری خواهد بود. لازم است به‌دلیل وجود نقص‌های احتمالی در آزمونه‌ها، تعداد آن‌ها بیش‌تر از حداقل ذکر شده باشد تا بتوان در صورت نیاز از آن‌ها استفاده کرد.

جدول ۶-۴۴- تبدیل مقاومت بتن معمولی و سبکدانه، از آزمونه مکعبی ۱۵۰ میلی‌متر به آزمونه استوانه‌ای به قطر ۱۵۰ میلی‌متر

مقاومت فشاری مکعبی ۱۵۰ میلی‌متری MPa	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵	۶۰	۶۵	۷۰	۷۵
مقاومت فشاری استوانه‌ی استاندارد MPa	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵	۶۰	۶۵	۷۰

۱- برای مقاومت‌های بین اعداد ذکر شده در جدول، کافی است Mpa ۵ از نتیجه‌ی مکعبی کم شود تا نتیجه‌ی استوانه‌ای حاصل گردد.

۲- برای تبدیل مقاومت مکعبی کم‌تر از MPa ۲۵ به استوانه‌ی استاندارد، مقدار آن بر ۱/۲۵ تقسیم شود.

۳- در صورت استفاده از مکعب ۱۰۰ میلی‌متری، تبدیل آن به استوانه‌ی ۱۰۰ میلی‌متری مشابه جدول فوق خواهد بود.

۴- حداقل قطر آزمونه‌ی استوانه‌ای باید از سه برابر حداکثر اندازه‌ی اسمی سنگدانه کم‌تر نباشد و برای آزمونه‌ی مکعبی نیز باید از ۳/۵ برابر حداکثر اندازه‌ی اسمی سنگدانه کم‌تر نباشد.

۵- برای بتن‌های سبکدانه، نسبت مقاومت فشاری آزمونه مکعبی ۱۵۰ میلی‌متری به استوانه به قطر ۱۵۰ میلی‌متر، برای رده‌های مقاومتی تا ۴۰ مگاپاسکال، برابر با ۱/۰۵ می‌باشد، که برای مقاومت‌های بیشتر تقریباً یک خواهد بود.

۶- برای رده‌های مقاومتی بیش از ۸۰ مگاپاسکال، عملاً مقاومت فشاری مکعبی و استوانه‌ای تقریباً یکسان خواهد بود.

در صورتی‌که بیش‌ترین اختلاف مقاومت آزمونه‌ها کم‌تر از ۱۵ درصد میانگین آن‌ها باشد، میانگین مزبور گزارش می‌شود. در غیر این‌صورت چنانچه فقط دو آزمونه موجود باشد، نتیجه‌ی آن نوبت نمونه‌برداری از فهرست نتایج حذف

omoorepeyman.ir

خواهد شد، مگر آن‌که بتوان نشان داد که نتیجه‌ی کم‌تر به‌دلیل وجود یک نقص در نمونه‌برداری یا قالب‌گیری و نگهداری و آزمایش آن آزمونه بوده است. در این حالت با تأیید دستگاه نظارت نتیجه کم‌تر حذف و نتیجه بیش‌تر به‌عنوان نتیجه‌ی نمونه‌برداری گزارش می‌شود.

در صورت وجود آزمونه سوم، این آزمونه باید مورد آزمایش قرار گیرد و سپس نتیجه‌ای که بیش از ۷/۵ درصد مقدار میانگین با مقدار میانگین نتایج موجود اختلاف دارد، حذف و میانگین نتایج باقیمانده به‌شرط اینکه اختلاف نتایج آن‌ها با میانگین از ۷/۵ درصد میانگین بیش‌تر نباشد، محاسبه و گزارش شود. در صورتی که تعداد آزمونه‌ها در یک سن بیش‌تر از سه آزمونه باشد نیز می‌توان مانند حالتی که نتیجه‌ی سه آزمونه در دسترس باشد عمل نمود.

در صورتی که ضوابط پذیرش مقاومتی بتن یا انطباق بر رده حاصل نشود، بتن منطبق بر رده نمی‌باشد. در این صورت، اگر فقط شرط «الف» برقرار نباشد (یعنی فقط شرط «ب» برقرار است)، ضمن عدم انطباق بتن با رده مدنظر، می‌توان آن را از نظر سازه‌ای پذیرفت، اما باید با اصلاح طرح مخلوط و یا دقت در ساخت بتن از تکرار آن جلوگیری کرد. در صورتی‌که شرط «ب» برآورده نشود، باید بررسی بتن کم‌مقاومت در دستور کار قرار گیرد.

قابل ذکر است که عدم انطباق بتن با رده یا مقاومت مشخصه نمی‌تواند به تنهایی دلیلی برای تخریب عضو یا قطعه‌ی مورد نظر و یا سازه باشد. بلکه ممکن است از نظر سازه‌ای پذیرش شود یا در صورت انجام تعمیر، ترمیم یا تقویت یا سایر روش‌ها که به تأیید مشاور برسد، امکان استفاده از عضو وجود دارد.

۶-۳-۷-۳-۳- ضوابط پذیرش دوام بتن

نتیجه‌ی آزمایش دوام در هر نوبت نمونه‌برداری، برابر با میانگین نتایج حداقل سه آزمونه در سن ۲۸ روز یا هر سن مقرر شده دیگر در مشخصات فنی برای دوام خواهد بود.

در صورتی‌که نتایج دوام در سنین بیش‌تر از ۲۸ روز مورد نیاز باشد باید مشخصات فنی مشخص شده باشد.

از آنجا که دوام و آزمایش‌های آن به شکل‌های مختلفی وجود دارد، مشاور در صورت لزوم باید به صراحت آزمایش دوام، سن انجام آزمایش و معیارهای دوام بتن پروژه را مشخص نماید که همان دوام مشخصه نام دارد.

اختلاف مجاز نتایج حاصله از آزمایش آزمونه‌های دوام باید در مشخصات فنی پروژه تعیین شود.

چنانچه ضابطه‌ی پذیرش خاصی در مشخصات فنی مطرح نشده باشد، در یک سازه برای هر نوع بتن و هر رده‌ی دوام، انطباق بر رده‌ی مورد نظر (دوام مشخصه)، زمانی وجود دارد که هر دو شرط زیر برقرار باشد.

الف- میانگین نتایج هر سه نمونه متوالی دوام بتن نباید کم‌تر از معیار حداقل دوام و یا بیش‌تر از معیار حداکثر دوام مشخصه باشد.

ب- هر یک از نتایج آزمایش دوام نباید بیش از ۱/۲۵ برابر معیار حداکثر و یا کم‌تر از ۸۰ درصد معیار حداقل دوام مشخصه باشد.

omoorepeyman.ir

در صورتی که ضوابط پذیرش بتن از نظر دوام برآورده نشود، بتن منطبق با دوام مشخصه نمی‌باشد. اگر فقط ضابطه «الف» برقرار نباشد می توان با اغماض آن را پذیرفت، اما باید با اصلاح طرح مخلوط و یا دقت در ساخت بتن از تکرار آن جلوگیری نمود. در صورتی که ضابطه «ب» برقرار نشود بررسی بتن کم دوام ضرورت خواهد داشت.

۶-۳-۷-۴- بررسی بتن کم‌مقاومت

بررسی بتن کم‌مقاومت در گام اول باید در دو مرحله و بصورت تحلیلی انجام شود. در صورتی‌که در مراحل تحلیلی، پذیرش سازه‌ای بتن حاصل نشود یا بنا به دلایلی امکان بررسی تحلیلی وجود نداشته باشد، باید از روش‌های مبتنی بر آزمایش شامل مغزه‌گیری و روش بارگذاری استفاده کرد. به‌هرحال قبول و پذیرش بتن در این بررسی‌ها از نظر سازه‌ای، رافع مسئولیت پیمانکار و عدم دستیابی به رده مقاومتی موردنیاز نیست و در هرصورت نشان دهنده‌ی آن است که کیفیت بتن ساخته شده در کارگاه مطابق مشخصات فنی پروژه نبوده است.

۶-۳-۷-۴-۱- روش تحلیلی

در صورتی‌که با توجه به مقاومت نمونه‌های عمل آمده در شرایط استاندارد، مشخص شود که انطباق با رده مقاومتی یا مقاومت مشخصه مورد نظر وجود ندارد و بتن مزبور غیرقابل قبول است، باید بررسی‌های لازم ذیل جهت پذیرش سازه‌ای بتن انجام پذیرد.

روش تحلیلی اول: چنانچه با استفاده از بازبینی طراحی (تحلیل مقاطع همسان‌سازی شده) بتوان نشان داد که ظرفیت باربری سازه به ازای مقاومت کم بتن موجود در همه اعضای سازه، قابل قبول می‌باشد، مقاومت بتن موجود از نظر تأمین مقاومت سازه پذیرفته می‌شود، مشروط بر اینکه ضوابط مقاومت بتن طبق بندهای مربوط به حداقل رده‌های مقاومتی مجاز بتن سازه‌ای و دوام برآورده شود. در غیر این‌صورت روش تحلیلی دوم باید مورد بررسی قرار گیرد.

منظور از مقاومت کم بتن مورد استفاده در روابط طراحی مقاطع، مقاومتی کم‌تر از مقاومت مشخصه است که اگر به‌عنوان مقاومت مشخصه به‌کار رود، انطباق بر آن با توجه به نتایج موجود نمونه‌های بتن حاصل می‌گردد. در این روش تحلیلی لازم نیست مشخص شود که بتن کم‌مقاومت در کدام عضو یا اعضا ریخته شده است.

در این روش تحلیلی باید خمش، برش و خیز عضو و همچنین کفایت وصله‌های پوششی با توجه به مقاومت فشاری بتن کنترل شود.

روش تحلیلی دوم: چنانچه با تحلیل مجدد سازه و همچنین طراحی مجدد آن، صرفاً با فرض وجود بتن کم‌مقاومت در اعضای مورد نظر، بتوان نشان داد که ظرفیت باربری سازه قابل قبول است، کیفیت مقاومتی بتن از نظر سازه‌ای مورد پذیرش قرار می‌گیرد، مشروط بر اینکه ضوابط مقاومت بتن طبق بندهای مربوط به حداقل رده‌های مقاومتی مجاز بتن سازه‌ای و دوام برآورده شود.

omoorepeyman.ir

در روش دوم تحلیلی، لازم است تحلیل مجدد سازه بر اساس واقعیت‌های موجود (ابعاد، ضریب ارتجاعی و سایر مشخصات) انجام شود و بدون همسان‌سازی اعضای سازه، طراحی مجدد برای همه‌ی اعضا و قسمت‌های مشکوک به داشتن بتن کم‌مقاومت، صورت گیرد.

در این روش صرفاً بتن کم‌مقاومت برای قسمت‌هایی از سازه منظور می‌شود که احتمال می‌رود در آن اعضا ریخته شده باشد. در حالی‌که برای سایر اعضا، مقاومت مشخصه‌ی بتن یا مقاومت موجود (بیش از مقاومت مشخصه برای سایر اعضا) را باید در نظر گرفت.

برای تعیین محل استفاده بتن کم‌مقاومت باید به مدارک کارگاه شامل تاریخ نمونه‌گیری و گزارش بتن‌ریزی روزانه رجوع گردد. در این جا نیز مقاومت کم بتن، متناظر با مقاومت مشخصه‌ای است که مقاومت موجود نمونه‌های بتن را می‌توان با آن منطبق دانست.

در این روش تحلیلی نیز باید خمش، برش، خیز و همچنین کفایت وصله‌های پوششی با توجه به مقاومت فشاری بتن کنترل شود.

۶-۳-۷-۴-۲- روش مغزه‌گیری

با مغزه‌گیری از اعضایی که احتمال وجود بتن کم‌مقاومت در آن‌ها داده می‌شود، می‌توان پذیرش سازه‌ای بتن را مشخص نمود. حداقل سه مغزه از هر منطقه‌ی مشکوک به داشتن بتن کم‌مقاومت باید تهیه و آزمایش گردد. مغزه‌ها باید طبق استاندارد ملی ایران ۱۲۳۰۶ تهیه و آماده شوند. مغزه‌هایی که تحت آزمایش مقاومت فشاری قرار می‌گیرند باید فاقد میلگرد باشند و سر و ته این مغزه‌ها باید بریده، ساییده یا کلاهک‌گذاری گردند.

مغزه‌ها باید ترجیحاً از نقاطی در منطقه‌ی مشکوک گرفته شود که ضعف اساسی در ایمنی و بهره‌برداری عضو به‌وجود نیاورد و محل آن باید در اسرع وقت ترمیم شود. محل دقیق مغزه‌گیری باید توسط دستگاه نظارت به کمک آزمایش‌های غیرمخرب مانند چکش اشمیت یا دستگاه‌های فراصوتی به‌صورت مقایسه‌ای و انتخاب مناطق ضعیف‌تر تعیین شود. دلیل مغزه‌گیری علاوه بر نتایج مقاومتی کم، می‌تواند تردید دستگاه نظارت به نحوه‌ی ریختن بتن در عضو، تراکم و عمل‌آوری آن نیز باشد، هر چند نمونه‌های تهیه و عمل‌آوری شده در شرایط استاندارد انطباق با رده را برآورده کرده باشد.

آزمایش مقاومت فشاری مغزه‌ها نباید زودتر از ۴۸ ساعت پس از تهیه‌ی آن و آخرین مرطوب‌سازی، و دیرتر از ۷ روز پس از اخذ آن انجام شود، مگر آن‌که در مشخصات فنی، زمان دیگری قید شود. از نظر رطوبتی، انجام آزمایش مقاومت فشاری بر روی مغزه‌ها به‌صورت خشک‌شده در هوا یا غرقاب‌شده انجام می‌گیرد. در حالتی که سازه در زمان بهره‌برداری در شرایط مرطوب یا اشباع قرار گیرد، باید مغزه‌ها حداقل به مدت ۴۰ ساعت در آب غرقاب شوند و پس از کلاهک‌گذاری یا ساییدن سر و ته آن‌ها مورد آزمایش مقاومتی قرار گیرند. چنانچه قرار باشد سازه در زمان بهره‌برداری مرطوب نشود، مغزه‌ها باید به مدت ۷ روز در هوایی با رطوبت نسبی کم‌تر از ۶۰ درصد و دمای (۶ ± ۲۱) درجه‌ی سلسیوس خشک شوند و پس از کلاهک‌گذاری یا ساییدن سر و ته آن‌ها آزمایش شوند.

omoorepeyman.ir

مقاومت فشاری مغزه‌ها باید با توجه به نسبت ارتفاع به قطر آن (پس از کلاهک‌گذاری یا ساییدن) تصحیح گردد. به‌هرحال این نسبت نباید از یک کم‌تر شود. به‌جز مواردی که مشاور در مشخصات فنی اجازه می‌دهد، قطر مغزه نباید کم‌تر از ۹۴ میلی‌متر باشد. قطر مغزه باید از سه برابر حداکثر اندازه‌ی اسمی سنگدانه‌ی بتن کم‌تر نباشد، مگر آن‌که مشاور اجازه دهد این نسبت تا حد ۲ کاهش یابد. به‌شرط آن‌که قطر مغزه ۹۴ میلی‌متر یا بیش‌تر باشد، لازم نیست که به‌دلیل تغییر قطر مغزه نسبت به قطر ۱۵۰ میلی‌متر، تصحیح خاصی انجام شود.

گاه به‌دلیل محدودیت‌های خاص مانند نازک بودن عضو و یا فاصله‌ی کم میلگردها، لازم است قطر مغزه کاهش یابد. در این حالت چنانچه دستگاه نظارت این کاهش قطر را مجاز بداند، لازم است درباره‌ی تصحیح نتایج مقاومت فشاری به‌دلیل قطر کم‌تر از ۹۴ میلی‌متر اظهار نظر نماید.

تصحیح مقاومت فشاری مغزه‌ها به‌دلیل نسبت ارتفاع به قطر، طبق استاندارد ملی ایران ۱۲۳۰۶ با استفاده از جدول ۶-۴۵ انجام می‌گیرد. این ضریب در مقاومت فشاری به‌دست آمده از مغزه‌ها ضرب می‌شود.

جدول ۶-۴۵- تصحیح نسبت ارتفاع به قطر مغزه

نسبت طول یا ارتفاع مغزه به قطر	۱/۷۵	۱/۵۰	۱/۲۵	۱/۰۰
ضریب تصحیح مقاومت فشاری	۰/۹۸	۰/۹۶	۰/۹۳	۰/۸۷

این ضرایب در شرایط خشک و مرطوب برای بازه‌ی مقاومتی ۱۴ تا ۴۲ مگاپاسکال و بتن‌هایی با چگالی عادی تا ۱۶۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب اعتبار دارد.

توصیه می‌شود طول مغزه در محدوده‌ی ۱/۹ تا ۲/۱ برابر قطر آن باشد. در صورتی‌که طول مغزه بیش‌تر از ۲/۱ برابر قطر آن باشد، طول آن باید چنان کاهش یابد که پس از ساییدن یا کلاهک گذاری در بازه‌ی فوق قرار گیرد. چنانچه طول مغزه مساوی یا کم‌تر از ۱/۷۵ برابر قطر مغزه باشد، نیاز به تصحیح وجود دارد. می‌توان از طریق درون‌یابی، ضریب تصحیح را برای نسبت‌های دیگر ارتفاع به قطر مغزه به‌دست آورد.

توصیه می‌شود وقتی از مغزه‌هایی با قطر کم‌تر از ۹۴ میلی‌متر استفاده می‌شود، به‌جای حداقل ۳ مغزه، از حداقل چهار مغزه استفاده گردد. برای تصحیح مقاومت مغزه‌هایی با قطر کم‌تر از ۹۴ میلی‌متر، ضرایب قطعی در استانداردها و آیین‌نامه‌ها گزارش نشده است، بنابراین مشاور می‌تواند ضریب خاصی را در نظر بگیرد یا در غیر این‌صورت از همان ضریب یک استفاده کند.

محدودیت سن برای مغزه‌گیری جهت بررسی بتن کم مقاومت وجود ندارد و قطعا سن مغزه‌گیری بیش‌تر از سن مقاومت مشخصه می‌باشد، اما نیازی به تبدیل مقاومت مغزه در این سن، به مقاومت بتن در سن مقرر برای مقاومت مشخصه نمی‌باشد.

محل و جهت مغزه‌گیری در عضو سازه تاثیری بر معیار پذیرش مقاومت بتن از نظر سازه‌ای در مبحث مغزه‌گیری ندارد و صرفا می‌تواند در انتخاب محل و جهت مغزه‌گیری توسط دستگاه نظارت اثرگذار باشد.

omoorepeyman.ir

در صورتی که دستگاه نظارت در مورد نتیجه مغزه‌ها بطور مستند تردید کند، می‌تواند با تکرار مغزه‌گیری دقت بیش‌تری در این زمینه به‌دست آورد. چنانچه سازه یا عضو مورد نظر از اهمیت و حساسیت ویژه‌ای برخوردار است و یا دستگاه نظارت در مشخص کردن ناحیه مشکوک و یا نقاط مشکوک برای مغزه‌گیری یا در ارتباط با مراحل و جهت مغزه‌گیری، آماده سازی، کلاهک‌گذاری و ساییدن، بریدن سر و ته مغزه‌ها یا آزمایش آن‌ها بطور مستند تردید کند، باید به تهیه و آزمایش حداقل سه مغزه‌ی دیگر از ناحیه‌ی مشکوک، اقدام شود.

چنانچه میانگین مقاومت فشاری مغزه‌ها بیش از ۸۵ درصد مقاومت فشاری مشخصه و مقاومت فشاری هر مغزه نیز بیش از ۷۵ درصد مقامت فشاری مشخصه باشد، می‌توان مقاومت بتن مشکوک (کم مقاومت) را از نظر سازه‌ای پذیرفت. در صورتی که نتایج مغزه‌ها نشان دهد که بتن با در نظر گرفتن معیارهای پذیرش، از نظر سازه‌ای قابل قبول است، نیازی در به‌کارگیری روش‌های تحلیلی برای مشخص کردن کفایت ظرفیت باربری سازه وجود ندارد.

برای قضاوت درباره‌ی کیفیت بتن سازه در حال احداث (پذیرش یا عدم پذیرش و انطباق با رده)، به هیچ‌وجه نباید از آزمایش‌های غیرمخرب یا نیمه‌مخرب دیگر استفاده نمود، مگر آن‌که در مشخصات فنی قید شده باشد. در این حالت، ارزیابی بتن از نظر مقاومتی وقتی امکان‌پذیر است که همبستگی نتایج آن از قبل با نتایج مقاومتی مغزه‌ها یا آزمونه‌های قالب‌گیری شده مشخص و بدین ترتیب نتایج حاصله واسنجی شده باشد. همچنین باید واسنجی دستگاه، طبق استانداردهای معتبر به‌طور کامل انجام شود. همه‌ی این عملیات و آزمایش‌ها باید توسط مهندس ذی‌صلاح هدایت شود و همواره روش مغزه‌گیری از اعتبار بیش‌تر برای قضاوت درباره‌ی کیفیت بتن سازه و بررسی بتن کم‌مقاومت برخوردار است. برای اطلاع بیش‌تر می‌توان به ACI 228R مراجعه نمود.

۶-۳-۷-۴-۳- روش بارگذاری

در صورتی که ظرفیت باربری سازه همچنان مورد تردید باقی بماند و نتوان مقاومت بتن را از نظر سازه‌ای پذیرفت، استفاده از آزمایش بارگذاری بر روی اعضای خمشی مشکوک مجاز است. آزمایش بارگذاری باید طبق فصل ۲۵ جلد اول آیین نامه بتن ایران (تجدیدنظر دوم) انجام شود و معیارهای پذیرش مربوط را برآورده نماید. در این حالت می‌توان مقاومت عضو را از نظر سازه‌ای مورد پذیرش قرار داد.

نتایج آزمایش بارگذاری قابل تعمیم به کیفیت بتن از نظر مقاومتی نمی‌باشد. بنابراین تفکیک صحت طراحی، صحت اجرا و مصرف مصالح مناسب و منطبق با خواسته‌های پروژه از یک‌دیگر، توسط آزمایش بارگذاری مقدور نیست.

انجام آزمایش بارگذاری تنها برای اعضای خمشی کاربرد دارد. برای اعضای فشاری و یا فشاری-خمشی باید از روش‌های تحلیلی یا مغزه‌گیری استفاده نمود.

۶-۳-۷-۴-۴- سایر اقدامات

چنانچه انجام آزمایش بارگذاری بر روی عضو مورد نظر ممکن نباشد و یا نتیجه‌ی قابل قبولی از آزمایش حاصل نگردد

omoorepeyman.ir

و کیفیت مقاومتی بتن از نظر پذیرش سازه‌ای تأیید نگردد، می‌توان اقدامات دیگری را به مرحله اجرا گذاشت تا سازه از نظر عملکرد مقاومتی پذیرفته شود. این اقدامات می‌تواند به‌شرح زیر انجام شود:

الف- به‌کارگیری مقاومت مغزه در محاسبات تحلیلی روش اول و دوم: چنانچه در مرحله‌ی مغزه‌گیری، مقاومت مغزه‌ها در حد پذیرش سازه‌ای بتن نباشد، قبل یا بعد از بارگذاری (بسته به تشخیص دستگاه نظارت) می‌توان طبق روش اول یا دوم تحلیلی از مقاومت متوسط مغزه‌ها تقسیم بر ۰/۸۵ و یا کم‌ترین مقاومت مغزه تقسیم بر ۰/۷۵ (هرکدام کوچک‌تر باشد) به‌عنوان مقاومت مشخصه در روابط محاسباتی تحلیل یا طراحی مقطع استفاده کرد. چنانچه بتن از نظر سازه‌ای مورد پذیرش واقع شود، نیاز به ادامه بررسی بتن کم‌مقاومت وجود ندارد.

ب- تقویت سازه: 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 بهره‌برداری به‌وجود نمی آورد، می‌توان سازه یا عضو مورد نظر را تقویت کرد و مقاومت بتن موجود را از نظر سازه‌ای پذیرفت.

پ- کاهش بارهای مرده و زنده: از دیگر اقدامات، در این مرحله می‌توان به تغییر بارهای مرده‌ی عضو مورد نظر از طریق تغییر در نقشه‌ی تیغه‌بندی یا مصالح مصرفی در آن یا کاهش بار مرده‌ی کف‌سازی از طریق کاهش ضخامت یا تغییر مصالح مصرفی و در مجموع سبک‌سازی سازه اشاره کرد. تغییر بارهای زنده نیز می‌تواند از طریق تغییر در شرایط بهره‌برداری و کاربری منطقه ضعیف انجام شود.

ت- ترکیبی از موارد فوق با نظر مشاور.

۶-۳-۷-۵- بررسی بتن کم دوام

چنانچه نتایج آزمایش‌های نمونه‌های بتن عمل آمده در شرایط استاندارد، ضوابط انطباق بر رده‌ی مورد نظر دوام را برآورده نکند، باید بررسی‌های زیر انجام شود تا مشخص گردد که آیا می‌توان کیفیت بتن را از نظر دوام در عضو مورد نظر با توجه به‌شرایط موجود و حاکم بر آن مورد قبول قرار داد یا خیر.

مانند بررسی مقاومت، این بررسی می‌تواند به‌صورت تحلیلی یا توأم با آزمایش انجام شود و یا با اقدامات خاصی امکان پذیرش بتن در سازه از نظر دوام فراهم آید. به‌هرحال قبول و پذیرش دوام بتن در این بررسی‌ها، رافع مسئولیت پیمانکار و عدم دستیابی به رده دوامی موردنیاز نیست و در هرصورت نشان دهنده‌ی آن است که کیفیت بتن ساخته شده در کارگاه مطابق مشخصات فنی پروژه نبوده است.

۶-۳-۷-۵-۱- روش تحلیلی

در صورتی که بتوان نشان داد که نتایج ویژگی‌های بتن موجود از نظر الزامات دوام در عضو مورد نظر می‌تواند با توجه به شرایط عضو و شرایط حاکم بر آن از نظر محیطی و عوامل زیان‌آور موجود قابل قبول باشد، بتن کم‌دوام با تایید مشاور، مورد پذیرش قرار می‌گیرد.

omoorepeyman.ir

۶-۳-۷-۵-۲- روش مغزه‌گیری

در صورتی‌که آزمونه‌های تهیه و عمل‌آوری شده در شرایط استاندارد، انطباق بر رده‌ی دوام مورد نظر را نداشته یا بطور مستند تردیدی در روش ریختن، تراکم و عمل‌آوری و آزمایش این آزمونه‌ها و یا بتن‌های ریخته شده در سازه وجود داشته باشد، باید با مغزه‌گیری از عضو یا اعضای مشکوک و ضعیف، آزمونه‌هایی را تهیه و آزمایش‌های لازم را انجام داد.

حداقل سه مغزه باید از هر ناحیه‌ی مشکوک تهیه شود و مورد آزمایش قرار گیرد. مغزه‌گیری باید مطابق با استاندارد ملی ایران ۱۲۳۰۶ انجام پذیرد، مگر اینکه آزمایش دوام مورد نظر اعمال ضابطه‌ی خاصی را ایجاب نماید.

در برخی آزمایش‌های دوامی ممکن است رعایت حداقل قطر ۹۴ میلی‌متر ضرورت یا امکان نداشته باشد، اما به‌هرحال رابطه‌ی حداکثر اندازه‌ی اسمی سنگدانه و قطر مغزه باید رعایت گردد. همچنین ممکن است در برخی موارد رعایت نسبت ارتفاع به قطر مغزه نیز موضوعیت نداشته باشد.

از آنجا که در اغلب موارد کیفیت سطحی بتن در آزمایش‌های دوام از اهمیت زیادی برخوردار است، شرایط آماده‌سازی مغزه باید متناسب با روش آزمایش و شرایط رویارویی عضو مورد نظر با عوامل آسیب‌رسان باشد و نظر مشاور پروژه نیز باید مورد توجه قرار گیرد. توصیه می‌شود سطح بیرونی مغزه که در معرض شرایط محیطی حاکم قرار دارد، علامت گذاری شود تا در برخی آزمایش‌ها (مانند نفوذ یون کلرید، کربناته شدن، سایش، یخ زدن و آب شدن، نفوذ آب و رطوبت و گازها، حمله‌ی مواد زیانبار مانند سولفات‌ها) مورد استفاده قرار گرفته و حذف نشود.

نتایج مغزه‌ها در صورت نیاز باید تصحیح شده و ضوابط زیر برآورده گردد، مگر آن‌که در مشخصات فنی پروژه ضابطه‌ی دیگری ارائه شده باشد. در این‌صورت، بتن موجود در عضو مشکوک از نظر دوام پذیرفته خواهد شد.

الف- میانگین نتایج مغزه‌ها نباید از ۰/۸۰ معیار حداقل آزمایش دوام مشخصه کم‌تر یا از ۱/۲۵ برابر معیار حداکثر آزمایش دوام مشخصه بیش‌تر شود.

ب- نتیجه‌ی هیچ‌یک از مغزه‌ها نباید از ۰/۶۷ معیار حداقل آزمایش دوام مشخصه کم‌تر یا از ۱/۵ برابر معیار حداکثر آزمایش دوام مشخصه بیش‌تر شود.

۶-۳-۷-۵-۳- سایر اقدامات

در صورتی که در هیچ‌یک از روش‌های تحلیلی و مغزه‌گیری نتوان بتن موجود را از نظر دوام پذیرفت، در صورت تأیید مشاور با استفاده از روش‌هایی نظیر پوشش‌های محافظ سطحی یا اصلاحات و ترمیم‌های سطحی، باید عملکرد بتن عضو را از نظر دوام به سطح قابل قبولی رساند. نتیجه عملکرد این تدابیر باید بر اساس نتایج آزمایشگاهی یا میدانی به اثبات برسد.

۶-۳-۷-۶- نمونه‌های آگاهی و کنترل کفایت عمل‌آوری

۶-۳-۷-۶-۱- نمونه آگاهی

نمونه آگاهی شامل یک یا چند آزمونه است که برای آگاهی یافتن از کیفیت بتن مصرفی پروژه در سنی خاص تهیه و

omoorepeyman.ir

آزمایش می‌شود. این آزمونه‌ها باید مطابق با الزامات استاندارد ملی ایران ۳۲۰۵ یا ۲-۱۶۰۸ تهیه شوند و در همان شرایطی که عضو مورد نظر قرار دارد، نگهداری و عمل‌آوری گردند.

به کمک نتایج این آزمونه‌ها و مقایسه با معیارها و مشخصات فنی خاص می‌توان زمان باز کردن قالب‌ها، زمان اعمال پیش‌تنیدگی، مدت زمان عمل‌آوری اعم از عادی یا تسریع شده و مدت حفاظت در هوای سرد را تعیین کرد.

۶-۳-۷-۶-۲- کنترل کفایت عمل‌آوری

در صورتی‌که دستگاه نظارت در ارتباط با مدت یا شیوه‌ی عمل‌آوری بتن سازه تردید داشته باشد، باید قبل از اجرای سازه، آزمایش‌هایی برای کنترل کفایت عمل‌آوری انجام شود. این آزمایش‌ها باید بر روی بتن عمل‌آوری شده در شرایط استاندارد و همچنین عمل‌آوری شده در شرایط واقعی کارگاهی و مقایسه آنها انجام پذیرد.

تهیه و عمل‌آوری آزمونه در شرایط استاندارد و شرایط واقعی کارگاهی طبق استاندارد ملی ایران ۳۲۰۵ و ۲-۱۶۰۸ انجام می‌شود. آزمونه‌های عمل‌آمده در شرایط استاندارد و واقعی کارگاهی باید دارای شکل و ابعاد یکسان باشند. برای آزمونه‌های نگهداری شده در شرایط واقعی کارگاهی، باید مدت و شیوه‌ی عمل‌آوری مورد بررسی اعمال گردد و برای آزمونه‌های استاندارد، روش عمل‌آوری استاندارد اعمال شود. پس از عمل‌آوری کارگاهی، آزمونه‌ها باید تا سن مقاومت مشخصه در همان محل و در شرایط در نظر گرفته شده برای سازه نگهداری شوند و آزمونه‌های عمل آمده در شرایط استاندارد تا سن مقاومت مشخصه در حوضچه آب یا اتاق مرطوب نگهداری می‌گردند.

آزمونه‌های عمل‌آوری شده در شرایط استاندارد و واقعی کارگاهی باید از یک پیمانه‌ی بتن مطابق استاندارد ملی ایران ۱-۳۲۰۱ «نمونه‌برداری از بتن تازه» برداشته شود. تعداد آزمونه‌ها برای هر یک از شرایط حداقل سه آزمونه است و در مجموع حداقل ۶ آزمونه خواهد شد.

کفایت عمل‌آوری وقتی حاصل می‌گردد که نسبت مقاومت آزمونه‌های عمل‌آوری شده در شرایط واقعی کارگاهی در سن مقاومت مشخصه، حداقل ۰/۸۵ مقاومت میانگین آزمونه‌های عمل‌آوری شده در شرایط استاندارد در همان سن باشد.

در مواردی که این شرط برآورده نشود، اگر میانگین مقاومت آزمونه‌های عمل‌آوری شده در شرایط واقعی کارگاهی، حداقل به میزان ۱۰ درصد بیش از مقاومت مشخصه بتن در همان سن باشد، مدت و شیوه عمل‌آوری مورد تایید است. در این حالت نیازی به نتایج آزمونه‌های عمل آمده در شرایط استاندارد نیست.

۶-۳-۸- تعمیرات حین اجرا

۶-۳-۸-۱- مقدمه

این بخش دربرگیرنده دسته‌بندی و روش‌های تعمیر کاستی‌های اجرایی است که به دلیل ضعف در عملیات اجرایی در زمان ساخت سازه‌های بتنی و پیش از بهره‌برداری رخ می‌دهند. کاستی‌های اجرایی به آسیب‌های فیزیکی یا مکانیکی گفته می‌شوند که به دلیل اشتباهات سهوی دست‌اندرکاران و عوامل اجرایی پدید می‌آیند. استفاده از تجهیزات نامناسب

omoorepeyman.ir

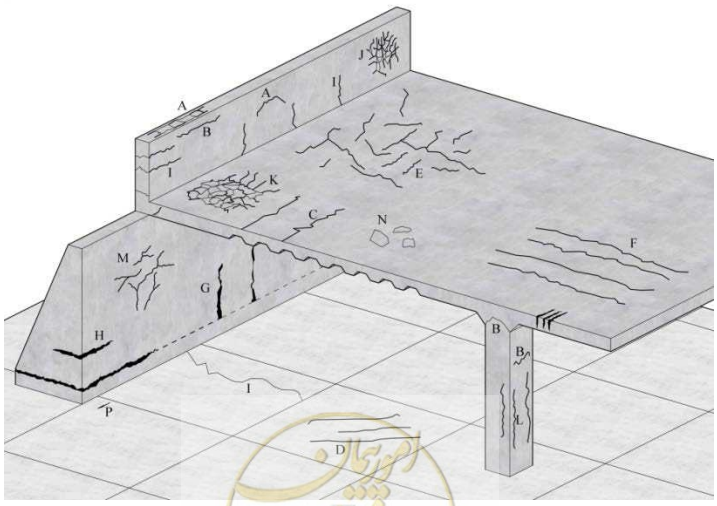
و ناکافی و به‌کارگیری پرسنل ناکارآزموده می‌تواند نقاط ضعفی در بتن پدید آورد که ممکن است بهره‌برداری از سازه را دچار مشکل کند.

۶-۳-۸-۲- ترک زودهنگام

ترک‌های زودهنگام می‌توانند در بتن تازه، بتن جوان و در بتن سخت‌شده پدید آیند. ترک‌های زودهنگام در بتن تازه به دو دسته ترک‌های جمع‌شدگی خمیری و نشست خمیری تقسیم می‌شوند. ترک‌های پدید آمده در بتن سخت‌نشده بیشتر از نوع ترک‌های سطحی یا ترک‌های کم‌عمق هستند که حداکثر تا روی میلگردها (پوشش بتن) ادامه یافته‌اند.

ترک‌های زودهنگام در بتن سخت‌شده ممکن است به دلیل بارگذاری زودرس، بارگذاری بیش از اندازه در حین ساخت، یا بارگذاری اتفاقی پدید آیند. زود بازکردن قالب یا زود برداشتن شمع‌ها یا پایه‌های اطمینان می‌تواند منجر به بارگذاری زودرس در اعضای بتنی به‌ویژه در اعضای افقی و خمشی (تیر و دال) شود. بارگذاری بیش از حد مجاز به دلیل انباشتن بیش از اندازه مصالح یا تجهیزات ساخت روی سقف‌ها ممکن است به پدید آمدن ترک‌هایی در بتن سخت‌شده بیانجامد. بارگذاری‌های اتفاقی یا حوادث پیش‌بینی‌نشده، پیشامدهای یکباره و کوتاه‌مدتی هستند که به‌طور ناگهانی در زمان ساخت سازه اتفاق می‌افتند. ضربه وارد به اعضای بتنی مانند برخورد اجسام سخت یا قطعات رها شده، رخ‌دادن زلزله، طوفان و آتش‌سوزی را می‌توان از جمله بارگذاری‌های اتفاقی در زمان ساخت برشمرد. یکی دیگر از مهم‌ترین ترک‌های زودهنگام در بتن سخت‌شده، به‌ویژه در بتن‌ریزی‌های حجیم، ترک‌های حرارتی هستند که به دلیل ناآگاهی و نادیده گرفتن مسایل مرتبط با گرمازایی بتن پدید می‌آیند. ترک‌های زودهنگام در بتن سخت‌شده در بیشتر موارد از ضخامت پوشش بتنی فراتر می‌روند و در دسته ترک‌های عمیق جای می‌گیرند. در مواردی این ترک‌ها ممکن است در سطح پیوسته باشند و در مواردی به صورت یکپارچه در تمام مقطع عضو بتنی ادامه یابند.

شمایی از ترک‌های متداول بتن در شکل ۶-۲۴ نشان داده شده است. دلایل و زمان شکل‌گیری این ترک‌ها در جدول ۳-۴۶ آورده شده است.



شکل ۶-۲۴- نمایی از انواع ترک‌ها در سازه بتنی

omoorepeyman.ir

جدول ۶-۴۶ – جمع‌بندی نوع ترک‌ها و دلایل پدیدآورنده‌ی آنها

نوع ترک	نمود در شکل ۳-۲۷	بندی و تقسیم خاستگاه ترک	ترین متداول موقعیت بُروز ترک	دلیل اولیه و اصلی (به جز مقیدشدگی)	دلایل ثانویه و عوامل تاثیرگذار	راهکارهای پیشگیری و درمان*	زمان پدیدار شدن پس از ریزی‌بتن
نشست خمیری	A	روی میلگردها	مقاطع عمیق	آب انداختن بیش از اندازه	خشک شدن سریع و زودهنگام	کاهش آب انداختگی (با کمک هوازایی یا بازلرزاندن)	۱۰ دقیقه تا ۳ ساعت
	B	قوسی شکل	هابالای ستون				
	C	تغییر عمق مقطع	های مجوف‌دال				
شدگی جمع خمیری	D	قطری	هاها و دال‌روسازی	خشک شدن سریع و زودهنگام	نرخ و آهنگ پایین آب انداختن	شروع زودهنگام آوری‌عمل	۳۰ دقیقه تا ۶ ساعت
	E	نامنظم	های بتن آرمه‌دال				
	F	روی میلگردها	های بتن آرمه‌دال	خشک شدن سریع به همراه پوشش کم بتن روی میلگرد			
انقباض حرارتی زودهنگام	G	وجود قید بیرونی	دیوارهای ضخیم	گرمازایی بیش از اندازه	سرد شدن سریع	کاهش گرمازایی یا عایقکاری حرارتی	از یک روز تا دو یا سه هفته
	H	وجود قید درونی	های ضخیم‌دال	گرادیان (شیب) دمایی زیاد			
شدگی جمع ناشی از خشک شدن (تکیدگی)	I		های دیوارها و دال نازک	درزآرایی ناکافی یا نامناسب	شدگی جمع بیش از اندازه / آوری عمل ناکافی	کاهش آب مخلوط آوری/ بهبود عمل	چندین هفته یا ماه
هاپوست ترک	J	بتن در تماس با جداره قالب	بتن نمایان	بندی ناتراواقالب	های پر مخلوط سیمان / عمل آوری ضعیف	آوری / بهبود عمل بهبود عملیات پرداخت	یک تا ۷ روز، گاهی هم دیرتر
	K	کشی شده‌بتن ماله	هادال	کشی بیش از اندازه‌ماله			
خوردگی میلگرد	L	شرایط رویارویی	اعضای بتن آرمه	فراهم بودن شرایط اکسایش	پوشش کم / کیفیت پایین بتن	حذف کردن عوامل برشمرده	بیش از دو سال
واکنش قلیایی-سنگدانه	M	شرایط رویارویی	های نمدارمحیط	زا به سنگدانه واکنش همراه سیمان پُرقلیا	بتن با کیفیت پایین	حذف کردن عوامل برشمرده	بیش از ۵ سال
تاول زدگی	N		هادال	محبوس شدن آب انداختگی‌ناشی از آب	استفاده از ماله فلزی	حذف کردن عوامل برشمرده	پس از پرداخت سطح
های گوشه‌ترک	P		های آزاد دال‌لبه	پذیر در سنگدانه آسیب یخبندان		کاهش اندازه سنگدانه	بیش از ۱۰ سال

۶-۳-۸-۲-۱- روش تعمیر ترک‌های زودهنگام

وجود ترک در بتن از یک سو به دلیل ایجاد ناپیوستگی (بتن به بتن و بتن به میلگرد) می‌تواند بر عملکرد سازه‌ای عضو تاثیر بگذارد و از سوی دیگر به دلیل ایجاد محل رخنه می‌تواند درون‌رفت مواد و یون‌های زیانبار را آسان کند و پایایی بتن و آبندی سازه را به خطر اندازد. در این راستا، روش‌های تعمیر ترک‌های زودهنگام را می‌توان بر اساس عملکرد غیرسازه‌ای یا سازه‌ای آنها دسته‌بندی کرد.

omoorepeyman.ir

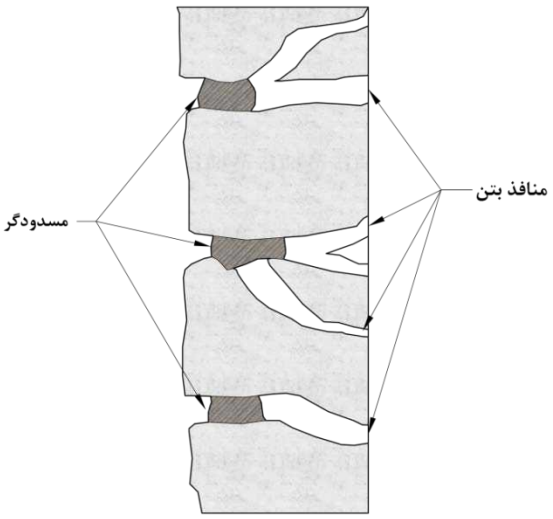
- ترک‌های غیرسازه‌ای

ترک‌های غیرسازه‌ای به دو دسته پوست‌ترک‌ها[۱] (سطحی) و ترک‌های کم‌عمق تقسیم می‌شوند. هدف راهبردی تعمیر این ترک‌ها بستن مسیر درون‌رفت و کاهش نفوذ مواد زیانبار به درون بتن است. روش کلی تعمیر این نوع ترک‌ها، بستن منافذ (منفذبندی)[۲] آنها است. منفذبندها[۳] به دو روش ۱) بستن منفذ[۴] یا ۲) پوشاندن جداره منفذ[۵] از درون‌رفت رطوبت و مواد زیانبار به درون بتن جلوگیری می‌کنند. منفذبندها به سطح بتن اعمال می‌شوند و ممکن است به درون منافذ بتن نفوذ کنند یا عملکردی سطحی در دهانه ورودی روزنه‌ها و منافذ داشته باشند.

الف) پوست ترک‌ها

برای منفذبندی پوست‌ترک‌ها می‌توان از انسدادگرها[۶] و جداره‌پوش‌ها[۷] استفاده کرد. انسدادگرها به دو گروه منفذبندهای نفوذگر و منفذبندهای سطحی تقسیم می‌شوند.

انسدادگرهایی که به درون منافذ و ترک‌ها نفوذ می‌کنند به نام رخنه‌بندهای نفوذگر یا درون‌رونده[۸] شناخته می‌شوند. میزان و عمق نفوذ این نوع رخنه‌بندها به اندازه مولکولی ماده رخنه‌بند و اندازه و ساختار حفره‌ای بتن و نیز به شرایط رطوبتی منافذ و حفرات بستگی دارد. رخنه‌بندهای نفوذگر معمولا قابلیت ترک‌پوشانی[۹] ندارند و نمای بتن را نیز تغییر نمی‌دهند هر چند ممکن است برخی از آنها رنگ سطح بتن را اندکی تغییر دهند. نمایی از عملکرد رخنه‌بندهای نفوذگر در شکل ۶-۲۵ نشان داده شده است.

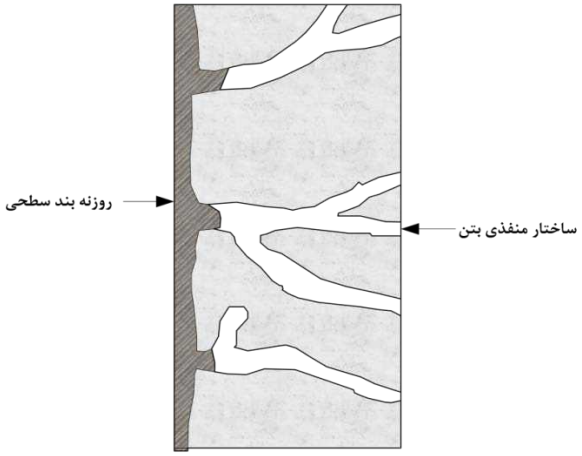


۱- Crazing cracks
۲- Sealing
3- Sealer
4- Pore blocking
5- Pore lining
۶- Pores blockers
۷- Pores liners
8- Penetrating sealers
9- Crack-bridging

omoorepeyman.ir

شکل ۶-۲۵- نمایی از عملکرد رخنه‌بندهای نفوذگر

رخنه‌بندهای سطحی[1] آنهایی هستند که لایه‌ای بسیار نازک (با ضخامت لایه خشک شده بین ۰/۰۳ تا ۰/۲۵ میلیمتر) بر روی کل سطح بتن و دهانه منافذ پدید می‌آورند (شکل ۶-۲۶). این رخنه‌بندها بافت سطحی بتن را خیلی تغییر نمی‌دهند و قابلیت ترک‌پوشانی آنها برای ترک‌های فعال ممکن است محدود باشد. برخی از آنها با پرکردن دهانه ورودی منافذ و ریزترک‌های غیرفعال، از نفوذ رطوبت به درون این نوع ترک‌ها می‌کاهند. در حالت کلی، روزنه‌بندهای سطحی از درون‌رفت آب، یون کلر، و برخی مواد شیمیایی ضعیف جلوگیری می‌کنند ولی ممکن است اجازه عبور بخار آب را بدهند.

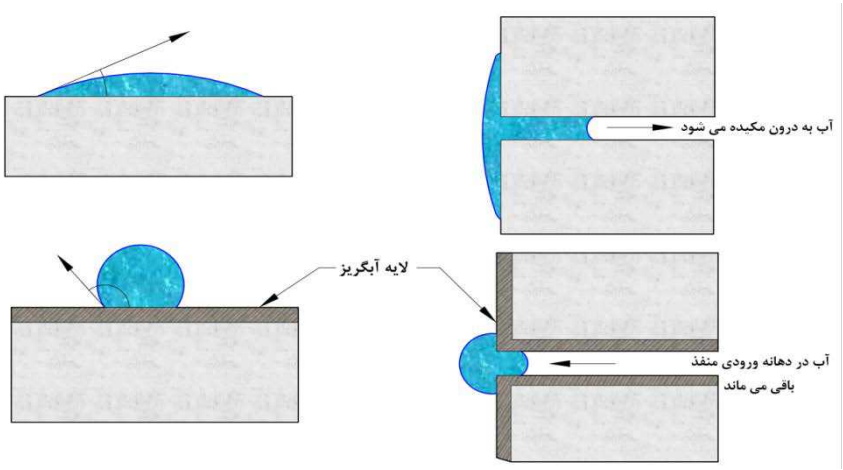


شکل ۶-۲۶- نمایی از رخنه‌بند سطحی

رخنه‌بندهای جداره‌پوش با ایجاد لایه‌ای نازک از مواد آب‌گریز[2] بر روی سطح بتن و جداره داخلی منافذ و حفره‌های درونی بتن، سبب افزایش زاویه تماس سطح آب با دیواره منافذ و کاهش مکش مویینه می‌شوند و سطح را دافع آب[3] می‌کنند. نمایی از چگونگی کارکرد آب‌گریزکننده‌ها در شکل ۶-۲۷ نشان داده شده است. همان‌گونه که در شکل دیده می‌شود، این نوع منفذبندها برای فشارهای هیدروستاتیک کاربرد ندارند.

1- Surface sealers
۲- Hydrophobic
۳- Water repellent

omoorepeyman.ir



شکل ۶-۲۷- چگونگی کارکرد لایه آب‌گریز در کاهش درون‌رفت آب به منافذ بتن

ب) ترک‌های کم‌عمق

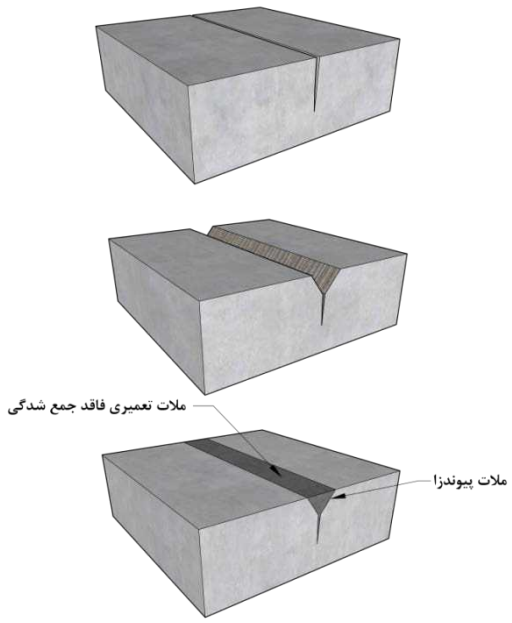
برای تعمیر ترک‌های کم عمق می‌توان از ۱) روش پُرکردن ثقلی یا ۲) روش شیارزدن و پُرکردن استفاده کرد.

در روش پُرکردن ثقلی ابتدا رخنمون ترک با فشار هوا پاک‌سازی شود. سپس با کمک یک خمیر در دو طرف ترک یک خزینه ایجاد می‌شود (یا یک شیار جناغی روی ترک ایجاد می‌شود). پس از آماده‌سازی و پاکسازی دوباره سطح ترک، رزین اپوکسی رقیق در خزینه یا شیار ریخته می‌شود و اجازه داده می‌شود تا رزین تحت اثر وزن خود به آرامی در ترک نفوذ کند. مقدار اضافی رزین به همراه ماده خمیری (دیواره خزینه) در انتها برداشته می‌شود.

در روش شیارزدن و پُرکردن[۱] باید ابتدا ترک توسط سنگ‌فرز به صورت شیار جناغی (V شکل) درآید و پس از تمیزکردن و در صورت نیاز اعمال لایه پیوندزا[۲]، ترک با استفاده از ملات تعمیری ریزدانه پایه سیمانی بدون جمع‌شدگی پر شود. پیشنهاد می‌شود بزرگ‌ترین اندازه سنگدانه مصرفی به ۲ میلیمتر محدود شود. جزییات این روش در شکل ۶-۲۸ نشان داده شده است. این روش تنها برای منفذبندی ترک غیرسازه‌ای به کار می‌رود.

۱- Grooving and filling
۲- Bonding layer

omoorepeyman.ir



شکل ۶-۲۸- جزییات اجرایی روش شیارزدن و پرکردن برای تعمیر ترک‌های کم عمق

- ترک‌های سازه‌ای

برای تعمیر ترک‌های عمیق یا سازه‌ای باید با صلاحدید مشاور و دستگاه نظارت از روش‌هایی مانند تزریق با اپوکسی، تزریق دوغاب سیمانی بدون جمع‌شدگی، کارگذاری میلگردهای دوخت، یا روش‌های تقویتی مانند زره‌پوش کردن، جلیقه (غلاف) بتنی، جلیقه پلیمری[۱] و ... استفاده کرد. بنا به نیاز می‌توان روش‌های تعمیر غیرسازه‌ای را نیز همراه با روش‌های تعمیر سازه‌ای ترک به کار برد.

۶-۳-۸-۳- کرموشدگی‌ها

کرموشدگی در زمان بتن‌ریزی می‌تواند به دلیل تراکم ناکافی، جداشدگی و انباشتگی دانه‌های درشت در پای ستون یا دیوار، فرار دوغاب بتن به دلیل درزبند نبودن قالب یا لرزاندن بیش از اندازه پدید آید. کرموشدگی به دو دسته کم‌عمق (سطحی) یا عمیق تقسیم می‌شود. گو اینکه مرز مشخصی برای تفکیک کرموشدگی کم‌عمق[۲] و عمیق[۳] وجود ندارد ولی برای مقاصد اجرایی می‌توان کرموشدگی کم‌عمق (سطحی) را آن دسته از کرموشدگی‌ها در نظر گرفت که عمق آن بیش از حداکثر اندازه سنگدانه مصرفی نباشد.

۱- FRP: Fiber reinforced polymer
۲- Shallow honeycombing
۳- Deep honeycombing

omoorepeyman.ir

۶-۳-۸-۳-۱- تعمیر کرموشدگی‌های کم‌عمق

برای تعمیر کرموشدگی سطحی یا کم‌عمق، ابتدا باید سطح بتن با برس سیمی یا آب پُرفشار[۱] پاک‌سازی و آماده‌سازی شود و حفرات با استفاده از یک ملات ریزدانه پایه سیمانی بدون جمع‌شدگی یا اصلاح شده با پلیمر[۲] پُر شود. چنانچه از لایه پیوندزا استفاده نشود، باید سطح زیرین در حالت اشباع با سطح خشک (SSD) باشد. به دلیل زیاد بودن نسبت سطح به ضخامت ملات تعمیری، باید حفاظت و عمل‌آوری پس از اجرای ملات تعمیری آغاز شود. در صورت پراکنده بودن نقاط تعمیری توصیه می‌شود از روش‌های جلوگیری از تبخیر برای عمل‌آوری و حفاظت استفاده شود. چنانچه از ملات ریزدانه پلیمری[۳] (مانند بتونه اپوکسی[۴]) برای تعمیر کرموشدگی سطحی استفاده شود نیازی به عمل‌آوری نیست.

۶-۳-۸-۳-۲- تعمیر کرموشدگی عمیق

محل تعمیر باید تا آنجا که ممکن است شکل هندسی ساده‌ای داشته باشد و لبه‌های آن باید تقریبا عمودبُر باشد. در این راستا پیرامون ناحیه تعمیری باید با استفاده از یک سنگ برش الماسه (سنگ فرز) به شکل یک چند ضلعی بریده شود که زوایای داخلی آن همگی کمتر از ۱۸۰ درجه باشد. توصیه می‌شود در صورت امکان کنج‌ها تیزگوشه نباشند. عمق برش باید دست‌کم ۱۵ میلیمتر یا سه برابر بزرگترین اندازه دانه ماده تعمیری (هر کدام که بزرگتر است) باشد. دقت شود که در زمان بریدن بتن، میلگردها آسیب نبینند. عمودبُر کردن لبه‌ها سبب می‌شود از ایجاد لبه‌های پَرکلاغی[۵] جلوگیری شود و احتمال بلندشدن و جداشدن ماده تعمیری از پیرامون تعمیر در آینده کاهش یابد (شکل ۶-۳۳).

پس از بریدن لبه‌های پیرامون ناحیه کرموشده، بتن ناسالم و آسیب دیده درون ناحیه برش خورده با کمک بتن‌کن[۶] دستی سبک یا چکش و قلم برداشته شود. برای برداشتن بتن نزدیک به لبه‌های برش خورده بهتر است از چکش و قلم یا چکش‌های سبک‌تر استفاده شود. برداشتن بتن تا آنجا باید ادامه یابد که در زمان بتن‌برداری، سنگدانه بشکند بدون آن که از خمیر دربرگیرنده خود جدا شود. در چنین حالتی می‌توان اطمینان پیدا کرد که به یک بستر سالم دست یافته‌ایم. توصیه می‌شود در بخش‌های تحتانی از چکش‌های سبک‌تر یا وسایل تخریبی ظریف‌تر استفاده شود تا بتن به جا مانده، سالم و ترک نخورده باقی بماند.

۱- Water jet

۲- Polymer modified cementitious mortar

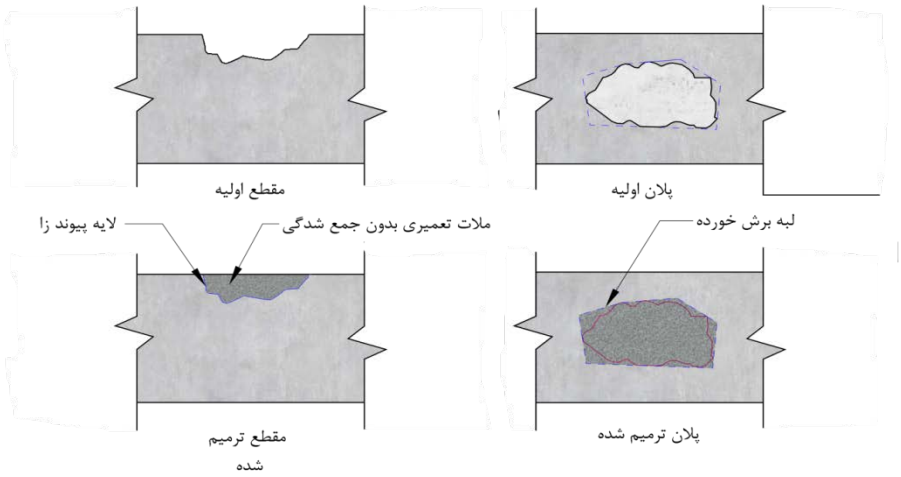
۳- Polymer mortar

۴- Epoxy putty

۵- Feather edges

۶- Concrete breaker

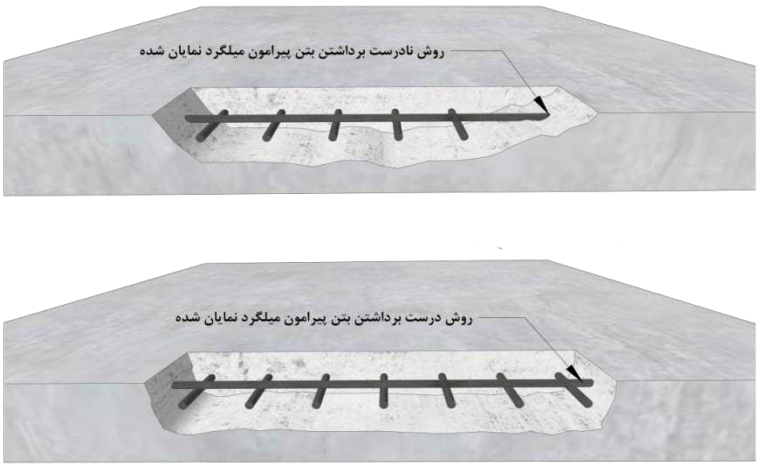
omoorepeyman.ir



شکل ۶-۲۹- آماده‌سازی و تعمیر ناحیه کرموشده

اگر در هنگام برداشتن بتن کرمو یا ناسالم، میلگردها نمایان شوند، باید دقت کرد که پیوستگی میلگرد نمایان شده با بتن آسیب نبیند. چنانچه کرموشدگی تا عمق میلگرد یا بیشتر از آن ادامه یافته باشد یا به پیوستگی میلگرد و بتن یا به لایه انفعالی پیرامون میلگردها در زمان بتن‌برداری آسیب برسد باید عملیات برداشتن بتن تا پشت میلگردها ادامه یابد. برداشتن بتن پشت و پیرامون آرماتورها باید تا آنجا ادامه یابد که یک فضای خالی به ضخامت دست‌کم ۲۰ میلیمتر یا حداقل ۵ برابر بزرگترین اندازه دانه ماده تعمیری (هر کدام که بیشتر باشد) پدید آید.

عملیات برداشتن بتن پیرامون میلگرد نمایان شده باید در امتداد میلگرد تا آنجا ادامه یابد که میلگرد کاملا در بتن مهار شده باشد (شکل ۶-۳۰).



شکل ۶-۳۰- برداشتن بتن کرموشده پیرامون میلگردها

در زمان اجرای ملات تعمیری، سطح بستر بتنی باید سالم و بدون ذرات سست باشد. چنانچه سطح به دلیل فاصله زمانی بین آماده‌سازی تا اجرای ملات تعمیری یا به هر دلیل دیگر با روغن، گریس، گردوخاک، و هر ماده‌ای که باعث تضعیف پیوستگی ملات تعمیری با بتن یا میلگرد می‌گردد، آلوده شده باشد باید پیش از اجرای ملات تعمیری دوباره پاک‌سازی شود.

omoorepeyman.ir

در صورتی که لازم باشد سطح بتن پایه شرایط اشباع با سطح خشک (SSD) داشته باشد باید این سطح ۱۵ تا ۳۰ دقیقه پیش از اجرای ملات تعمیری آبپاشی شود و اجازه داده شود که پس از اشباع شدن بتن، آب سطحی تبخیر یا جذب گردد و آب آزاد روی سطح بتن باقی نماند. زمانی که سطح بتن شروع به تغییر رنگ می‌دهد و کمرنگ می‌شود می‌توان آن را اشباع با سطح خشک در نظر گرفت.

بنا به نیاز، یک لایه پیوندزا از جنس دوغاب لاتکس‌دار بر روی سطح آماده‌سازی شده اجرا می‌شود. پیش از خشک شدن لایه پیوندزا باید ملات تعمیری پایه سیمانی بدون جمع‌شدگی بر روی ناحیه تعمیری اجرا شود و عمل‌آوری بی درنگ پس از پرداخت سطح آغاز شود.

در روش اجرای ملات تعمیری به صورت دستی و در مواردی که میلگردها نمایان شده‌اند ابتدا باید پشت میلگردها با دست پُر و متراکم شوند. برای دستیابی به تراکم مناسب باید ملات تعمیری از یک طرف با انگشتان دست به پشت میلگرد رانده شود تا زمانی که ملات تعمیری از طرف دیگر بیرون بزند. سپس با کمک انگشتان دو دست و از دو طرف ملات پشت میلگرد فشرده و متراکم شود. پس از پر شدن پشت همه میلگردهای نمایان شده، می‌توان فضای بین میلگردها را در یک یا چند لایه پر کرد. توجه شود که عملیات تعمیر بتن پیرامون میلگردهای نمایان شده باید در یک نوبت کاری تا آنجا پیش رود که روی میلگردها با ملات تعمیری پوشانده شده باشد.

۶-۳-۹ پیش‌تنیدگی بتن[1] یا بتن پیش‌تنیده[2]

۶-۳-۹-۱- کاربرد پیش تنیدگی

پیش‌تنیدگی معمولا به دو صورت پیش‌کشیدگی[3] و پس‌کشیدگی[4] انجام می‌شود. در روش پیش‌کشیده، ابتدا فولادهای پیش‌تنیدگی با نیرو یا تنش موردنظر کشیده و سپس بتن درون قطعه و در تماس با این فولادها ریخته می‌شود و پس از کسب مقاومت لازم، این فولادها از جک جدا یا بریده می‌گردد و نیروی پیش‌تنیدگی آزاد و اعمال می‌شود.

در خطوط پیوسته بلند، برای ساخت چندین قطعه، معمولا برای اعمال پیش‌تنیدگی، کابل یا استرند در فواصل قطعات بریده می‌شود و چسبندگی بتن و فولاد مهم می‌باشد. در خطوطی که برای ساخت تک قطعه پیش‌تنیده استفاده می‌شود، معمولا از طریق صفحات انتهایی و آزاد کردن میلگرد یا فولاد پیش‌تنیدگی اعمال می‌گردد و چسبندگی بتن و فولاد اهمیت کمتری دارد.

در روش پس کشیده، ابتدا فضای عبوری سیم های فولادی (غلاف)[5] در قالب قرار داده می‌شود و به دنبال آن بتن ریزی انجام می‌گردد و پس از کسب مقاوت لازم، فولاد پیش تنیدگی عبور داده شده از داخل غلاف کشیده و پس از مهار

1- Prestressing of Concrete
2 -Prestressed Concrete
3 -Pre-tensioning
4 -Post-tensioning
5- Duct

omoorepeyman.ir

آن و رهاسازی پیش‌تنیدگی اعمال می‌شود. چنانچه غلاف با دوغاب یا ملات سیمانی پر شود به آن تاندون چسبیده[1] و در صورتی با روغن گریس پرگردد به آن تاندون نچسبیده[2] می‌گویند. در هر دو صورت، این مواد باعث محافظت تاندون های فولادی در برابر خوردگی می شوند.

قطعات بتنی پیش‌تنیده می‌تواند به دو روش درجا و پیش‌ساخته باشد، اعم از اینکه به‌صورت پیش‌کشیده یا پس‌کشیده تولید شود، در روش پیش‌کشیده، درجا بودن قطعات قابل کاربرد نمی‌باشد.

۶-۳-۹-۲- مصالح و تجهیزات پیش‌تنیدگی

مصالح و تجهیزات پیش‌تنیدگی باید شامل فولادهای پیش‌تنیدگی، پوشش‌ها یا غلاف‌ها، تجهیزات کشش و ابزار مهار، تجهیزات تزریق روان‌ملات، دوغاب و گریس باشد. روش نگهداری و انبار کردن مصالح پیش‌تنیدگی باید مطابق با استاندارد ملی ایران ۲۰۸۵۸ باشد.

۶-۳-۹-۲-۱- فولادهای پیش‌تنیدگی

مفتول[3] پیش‌تنیدگی: مشخصات مفتول‌های پیش‌تنیدگی باید مطابق با استاندارد ASTM A421[4] در دو نوع BA و WA و در رده‌های ۲۳۵، ۲۴۰ و ۲۵۰ با مقاومت نهایی ۱۶۲۰، ۱۶۵۵ و ۱۷۲۵ مگاپاسکال باشد. تفاوت این دو نوع در نحوه مهار انتهایی آن‌ها است. استاندارد ملی ایران به شماره‌های ۱-۱۳۲۵۰ تا ۵-۱۳۲۵۰ برای سیم و مفتول و میلگردهای پیش‌تنیدگی بر اساس و هماهنگ با ISO 6934-1 تا ISO 6934-5 وجود دارند.

سیم بافته‌شده[5] پیش‌تنیدگی: تعداد رشته‌های مفتول سیم‌های بافته‌شده پیش‌تنیدگی تا ۵۰ رشته مجاز است، اما توصیه می‌شود برای فولاد پیش‌تنیدگی، از سیم‌های بافته‌شده هفت رشته‌ای استفاده گردد. سیم‌های هفت رشته‌ای با وادادگی کم باید منطبق با استاندارد ملی ایران به شماره‌های ۱-۱۳۲۵۰ و ۴-۱۳۲۵۰ باشند. مقاومت نهایی تاندون‌های رده ۲۵۰ برابر ۱۶۹۰ و رده ۲۷۰ برابر ۱۸۲۵ مگاپاسکال باید باشد.

میلگرد[6] پیش‌تنیدگی: ویژگی‌های میلگردهای پیش‌تنیدگی باید مطابق استاندارد ملی ایران ۱-۱۳۲۵۰ و ۵-۱۳۲۵۰ در رده ۱۵۰ با مقاومت نهایی ۱۰۳۵ مگاپاسکال باشند. استفاده هم‌زمان از فولاد با آلیاژهای متفاوت مجاز نمی‌باشد.

۶-۳-۹-۲-۲- غلاف‌ها و پوشش تاندون‌ها

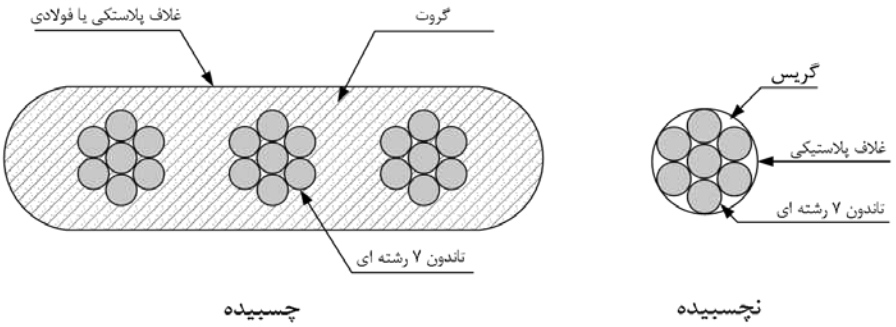
مقطع تاندون‌های نچسبیده و چسبیده در شکل ۶-۳۱ نشان داده شده است. پوسته‌ای که برای یک تاندون نچسبیده استفاده می‌گردد باید بتواند پوشش ضد آب ایجاد کند. این پوشش باید یک محفظه ضد آب ایجاد نماید. استفاده از

1- Bonded
2- Unbonded
3- Wire
4- Standard Specification for Stress-Relieved Steel Wire for Prestressed Concrete
5- Strand
6- Bar

omoorepeyman.ir

پوشش‌های پلی‌اتیلن با چگالی زیاد (HDPE)، فلزی و پلاستیکی مجاز است. غلاف‌های فلزی با ورق گالوانیزه باید با استاندارد BS 4447[1] مطابقت داشته باشد. در سیستم‌های پیش‌کشیده، نیازی به غلاف وجود ندارد.

غلاف‌هایی که برای کاربردهای معمولی دال استفاده می‌شوند، اغلب تخت و دارای ابعادی هستند که ۲ تا ۵ تاندون را در کنار هم در خود جای می‌دهند.



شکل ۶-۳۱- نمونه مقطع غلاف‌ها

۶-۳-۹-۲-۳- تجهیزات کشش

برای انجام کنش باید از تجهیزات ذیل در کارگاه استفاده گردد:

- جک برای اعمال کشش
- پمپ فشار هیدرولیکی
- گِیج اندازه‌گیری فشار هیدرولیکی
- یک نمودار واسنجی که بر اساس فشار قرائت‌شده در گِیج، نیروی اعمالی به تاندون را تعیین می‌کند.

۶-۳-۹-۲-۴- ابزار مهار

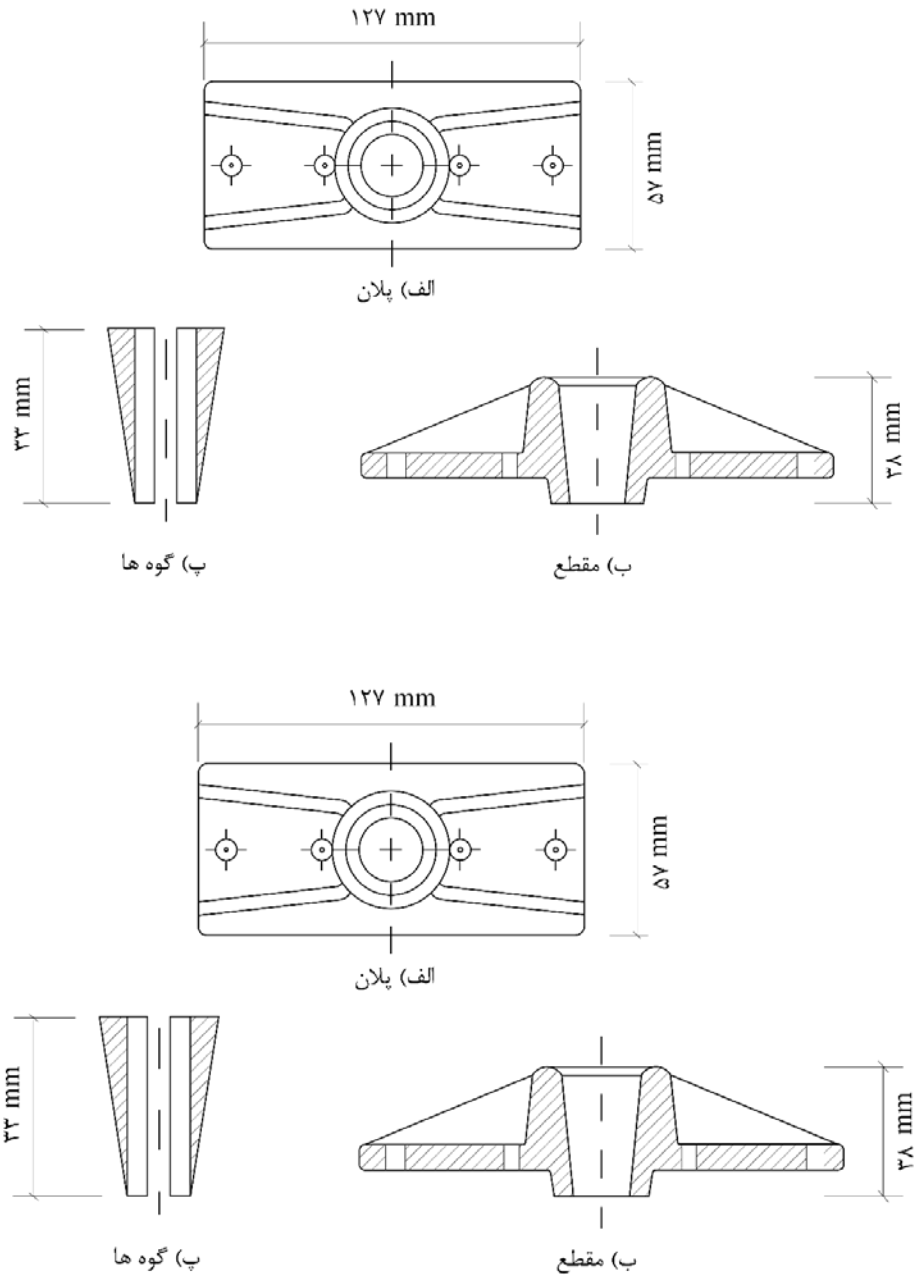
الف) گیره‌های گوه‌ای[2]

این نوع گیره برای تاندون‌هایی که شامل کابل و مفتول باشند باید به کار برده شود.

شکل ۶-۳۲ اجزای اصلی تجهیزات یک مهار در سیستم نچسبیده را نشان می‌دهد (یک گیره، یک دست گوه).

1- Specification for the Performance of Prestressing Anchorage for Post-Tensioned Construction
2- Wedge Anchorages

omoorepeyman.ir



شکل ۶-۳۲- اجزای اصلی مهار یک تاندون ۱۳ میلیمتری در یک سیستم نچسبیده

ب) هدایت‌کننده سر زنده تاندون‌ها[1]

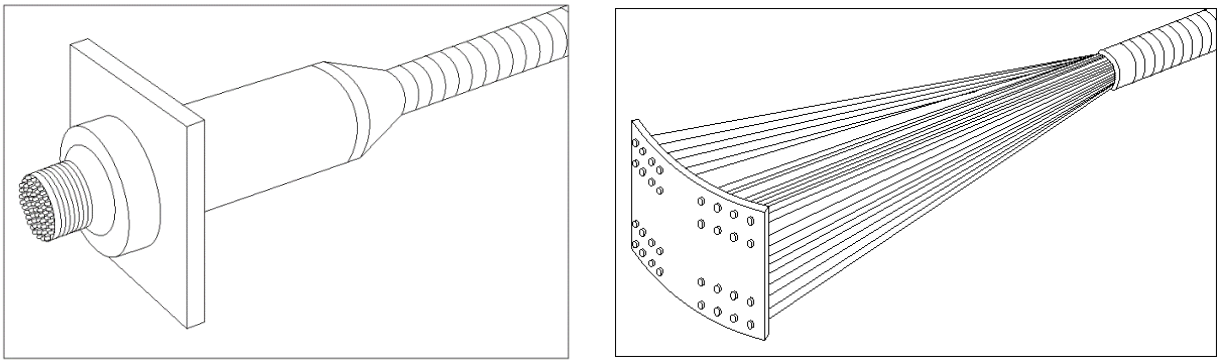
با توجه به اینکه تمام تاندون‌های مربوط به سیستم به‌هم چسبیده از یک غلاف عبور می‌کنند، باید از یک هدایت‌کننده در سر زنده تاندون‌ها استفاده شود. فواصل بین کابل‌ها باید در هدایت‌کننده قابل تنظیم باشد و همچنین تزریق دوغاب از داخل هدایت‌کننده امکان داشته باشد.

۱- Anchorage Guide

omoorepeyman.ir

پ) سیستم‌های سردکمه‌ای[1]

برای تاندون‌هایی که از مفتول تشکیل شده‌اند به‌جای مهار کردن با اصطکاک، استفاده از گزینه‌ی ایجاد سردکمه در انتهای مفتول و اتکای آن به یک صفحه مجاز است. جزئیات ورق پرکننده[2] در شکل ۶-۳۳ نشان داده شده است.

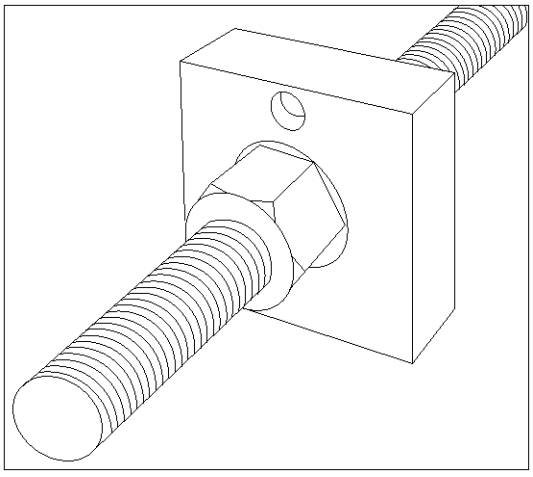


ب) گیره انتهای سر مرده — الف) گیره انتهای سر زنده

شکل ۶-۳۳- نمونه سیستم سردگمه‌ای

ت) گیره پیچی[3]

گیره پیچی باید از یک میله‌ی رزوه شده به همراه یک مهره تشکیل شده باشد که به یک صفحه فولادی تکیه می‌کند (شکل ۴-۳۶). توصیه می‌شود رزوه در طول میلگرد پیش‌تنیدگی به‌صورت پیوسته باشد و امکان داشتن رواداری بزرگ‌تری را در طول میله فراهم تا در روش پس‌کشیدگی، پیوستگی بهتری با دوغاب پیرامونی درون غلاف حاصل شود.



شکل ۶-۳۴- یک نمونه گیره پیچی

1- Buttonhead Anchorages
2- Shim Plates
3- Threaded Bar Anchorages

omoorepeyman.ir

۶-۳-۹-۳- روش‌های اجرای پیش‌تنیدگی

۶-۳-۹-۳-۱- کنترل مدارک فنی مصالح

پس از وارد شدن فولاد پیش‌تنیدگی به کارگاه، تمام مدارک و مشخصات فنی محصول باید با مشخصات مندرج در نقشه‌های اجرایی تطابق داده شود.

۶-۳-۹-۳-۲- مشخصات بتن مصرفی

ویژگی‌های بتن مصرفی باید بر اساس این فصل و همچنین آیین‌نامه بتن ایران مشخص شود.

حداقل رده مقاومتی بتن مصرفی باید C30 باشد. مقاومت موردنیاز بتن در زمان اعمال پیش‌تنیدگی و تقویت محل اعمال پیش‌تنیدگی، باید طبق الزام سازنده گیره‌ها با توجه به نیروهای جک، تعیین شود. برای قطعات پیش‌تنیده، ۷۰ درصد مقاومت مشخصه برای اعمال پیش‌تنیدگی و در روش پیش‌کشیده خطوط بلند، ۶۰ درصد مقاومت مشخصه برای اعمال پیش‌تنیدگی توصیه می‌شود.

۶-۳-۹-۳-۳- آزمایش‌های کنترل کیفیت

فولاد مصرفی باید مطابق با استاندارد ملی ایران ۱-۸۱۰۳ برای آگاهی از تنش تسلیم، تنش حد نهایی، مدول ارتجاعی، میزان کرنش و آزمایش وادادگی مورد آزمایش قرار گیرد و به تائید دستگاه نظارت برسد.

۶-۳-۹-۳-۴- خرک‌ها و شابلون‌ها

به‌منظور تنظیم محل دقیق غلاف فولاد پیش‌تنیدگی پس‌کشیده، باید از خرک‌هایی[1] استفاده شود. نصب و رنگ‌آمیزی خرک‌ها باید متناسب با ارتفاع خرک‌ها در نقشه انجام شود تا به راحتی با کنترل چشمی بتوان میزان افت و خیز فولاد را در طول مسیر کنترل کرد. در روش پیش‌کشیده، به‌جای استفاده از خرک، محل دقیق فولاد به کمک شابلون‌هایی باید تعیین شود.

۶-۳-۹-۳-۵- ساخت و تحویل فولاد پیش‌تنیدگی

فولاد باید براساس نقشه‌های نصب کارگاهی[2] که توسط پیمانکار یا کارخانه‌ی سازنده پس از بررسی نقشه‌های مشاور و تطابق با محل اجرا، تهیه شده، آماده و جاگذاری شوند. در صورتی‌که فولاد دو سر کشش استفاده شود، فولادهای تک رشته‌ای روکش‌دار بر اساس طول مندرج در مشخصات فنی باید بریده شوند و در یک سر آن‌ها گیره ثابت نصب گردد. هر فولاد باید به‌وسیله رنگ‌آمیزی گیره یا روکش آن، کدگذاری و بر مبنای نقشه‌های نصب نشان‌دهنده محل نصب، شناسایی گردند. بسته‌بندی باید مطابق با استاندارد ملی ایران ۱۲۶۴۰ و ۲۰۸۵۸ انجام شود.

1- Duct Chair
2- Shop Drawing

omoorepeyman.ir

۶-۳-۹-۳-۶- نصب فولاد پیش‌تنیدگی

الف) نصب فولاد پیش‌تنیدگی پس‌کشیده

جزئیات مراحل نصب فولاد پیش‌تنیدگی پس‌کشیده باید مطابق با الزامات شکل ۶-۳۵ باشد.

پس از حمل فولاد بسته‌بندی شده به محل اجرا باید طبق نقشه‌های نصب در محل خود قرار گیرد. کنترل طول برش باید با اندازه‌گیری‌های میدانی و مقایسه آن با طول مستقیم و اضافه نمودن طول مربوط به فک جک هیدرولیکی و همچنین درصدی از طول فولاد که وابسته به میزان افت و خیز آن در طول مسیر می‌باشد، انجام شود.

گیره‌های انتهای مرده باید با فاصله حداقل ۵۰ میلی‌متر از قالب قرار گیرند و انتهای زنده در قالب جداره وجه مقابل نصب شود. عبور فولاد از داخل گیره باید بعد از اینکه روکش پلاستیکی فولاد در انتهای زنده برداشته شد، انجام شود.

فولاد باید با طول‌های مورد نیاز از روی قرقره[1] همراه با ابزار هدایت، مطابق شکل ۶-۳۵-پ بریده شوند. طول فولاد باید به گونه‌ای انتخاب شود که پس از استقرار (با در نظر گرفتن حرکت موجی) به مقدار مورد نیازِ جک، جهت اعمال کشش، از قالب بیرون بماند. این میزان وابسته به نوع جک بوده و باید بر اساس نظر دستگاه نظارت تعیین شود.

الف) گیره کششی و قالب حفره‌ی جلوی گیره در سیستم نچسبیده

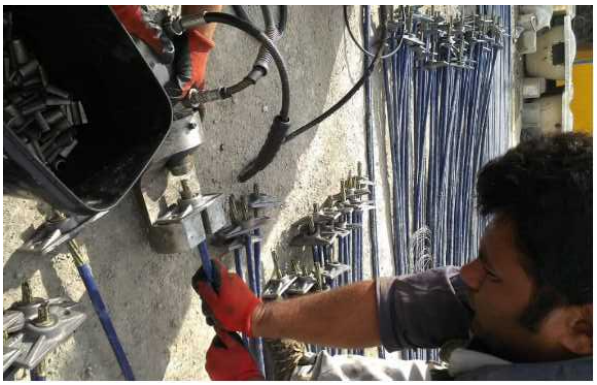
ب) گیره کششی و قالب حفره‌ی جلوی گیره در سیستم چسبیده

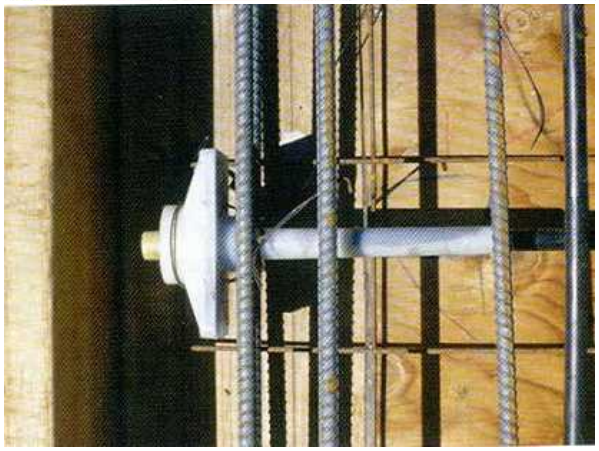
1- Strand Coil

omoorepeyman.ir

پ) قرقره تاندون‌ها و باز کردن تاندون‌ها و جایگذاری آن‌ها توسط ابزار هدایت از روی قرقره (انتهای مرده تاندون در فاصله ۵۰ میلی‌متری قالب جداره قرار می‌گیرد)

ت) سر مرده تاندون‌ها در سیستم به هم چسبیده





ث) سر مرده تاندون‌ها در سیستم‌های بهم نچسبیده

omoorepeyman.ir

ج) نحوه اجرای سر زنده تاندون‌ها در لبه قالب دال و آرماتوربندی اطراف آن و تزریق دوغاب از طریق لوله تزریق[1] تعبیه‌شده بر روی آن در سیستم چسبیده

1- Live End Grout Vent

omoorepeyman.ir

چ) نحوه اجرای سر زنده تاندون‌ها در لبه قالب دال و آرماتوربندی اطراف آن در سیستم نچسبیده (انتهای کششی به قالب جداره متصل شده و تاندون‌ها از گیره‌ها عبور داده می‌شوند)

شکل ۶-۳۵- مراحل نصب تاندون‌ها

در ابتدا باید فولادهای پیش‌تنیدگی تحتانی در جهتی که مطابق با نقشه‌ها، پایین‌ترین تراز ارتفاعی را دارند اجرا شوند. فولاد تحتانی باید به نحو مناسبی بر روی خرک‌ها مهار شود تا در حین عملیات بتن‌ریزی جابه‌جا نشود، سپس آرماتورهای تحتانی هم‌راستا با فولاد پیش‌تنیدگی اجرا شوند. در مقاطعی که فولاد پیش‌تنیدگی با آرماتور در یک نقطه برخورد می‌کند، اولویت محل قرارگیری با محل فولاد پیش‌تنیدگی می‌باشد.

فولاد پیش‌تنیدگی در جهت متعامد با فولاد پیش‌تنیدگی اجراشده باید طوری اجرا شود که با ارتفاع مشخص شده در نقشه تطابق داشته باشد و درصورت برخورد با میلگرد، اولویت محل اجرا با فولاد پیش‌تنیدگی می‌باشد.

omoorepeyman.ir

در هنگام عملیات آرماتوربندی، باید احتیاط کافی جهت جلوگیری از جابجایی فولاد پیش‌تنیدگی اعمال شود.

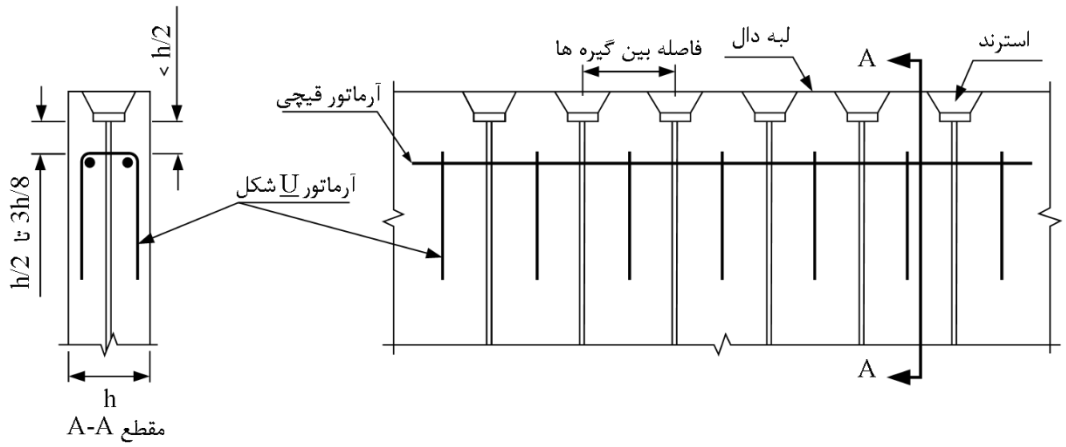
ب) نصب فولاد پیش تنیدگی و پیش کشیده

در روش پیش کشیده معمولاً از دو نوع اجرا استفاده می‌شود. در روش اول اجرای پیوسته نام دارد که در آن فولاد بین دو تکیه‌گاه با فواصل زیاد از یکدیگر (معمولاً ۷۵ تا ۱۵۰ متر)، قرار می‌گیرد و سپس کشیده می‌شود تا تغییر شکل و تنش لازم در آن به وجود آید. سپس بتن درون قالب ریخته یا به‌صورت روزن رانی اجرا می‌شود. بدیهی است فولاد مزبور اغلب به‌صورت کلاف می‌باشد و امکانات لازم برای بازکردن کلاف و کشش شبیه روش پس کشیده خواهد بود.

روش دوم اجرای ناپیوسته است که در آن فولاد پیش‌تنیدگی در قالب قرار می‌گیرد، یک سر آن به‌صورت دگمه‌ای با صفحه انتهایی قالب درگیر و مهار می‌شود. سر دیگر با ابزار کشش، کشیده و به دیگر صفحه انتهای قالب توسط پیچ مهار می‌گردد. سپس بتن درون قالب ریخته می‌شود.

۶-۳-۹-۳-۷- آرماتوربندی اطراف گیره و گوه

در سیستم‌های نچسبیده درصورتی که فواصل بین فولاد پیش‌تنیدگی، کمتر از ۳۰ سانتی‌متر باشد، باید از آرماتورهای انفجاری استفاده شود. جزئیات در شکل ۶-۳۶ ارائه شده است.



شکل ۶-۳۶- آرماتورهای انفجاری در سیستم به هم نچسبیده

در سیستم‌های چسبیده آرماتورهای انفجاری باید به شکل فنری اجرا شوند. در صورت عدم استفاده از آرماتورهای انفجاری در انتهای فولاد پیش تنیدگی، احتمال پکیدن بتن دال در اثر فشار فولاد پیش‌تنیدگی وجود دارد.

۶-۳-۹-۳-۸- عملیات قبل از بتن‌ریزی

قبل از عملیات بتن‌ریزی باید تمام عملیات مربوط به قالب‌بندی، آرماتوربندی و کابل‌کشی به‌طور کامل انجام شود. به این منظور در روش پس‌کشیده، باید محل‌هایی به‌منظور انجام عملیات کشش پس از سخت‌شدن بتن پیش‌بینی شود.

omoorepeyman.ir

۶-۳-۹-۳-۹ پاک‌سازی نهایی

با استفاده از آهن‌ربا باید میخ‌های رهاشده، سیم‌ها و سایر قطعات فلزی در نقاطی که دسترسی به آن‌ها سخت می‌باشد، جمع‌آوری گردند. به‌وسیله هوای فشرده هرگونه گرد و خاک یا مواد اضافی از روی قالب یا اطراف آرماتورها باید پاک‌سازی شوند. توصیه می‌شود در آب و هوای گرم قالب با آب‌پاشی قبل از بتن‌ریزی، مرطوب و خنک گردد.

در حالت پیش‌کشیده باید دقت شود که هنگام استفاده از روغن قالب (مواد رهاساز قالب)، فولاد به این مواد آغشته نگردد. در صورت آلودگی فولاد به این مواد، باید به کمک حلال تمیزکننده مناسب، این مواد از سطح فولاد زدوده شوند.

۶-۳-۹-۳-۱۰- بتن‌ریزی

در قطعات پس‌کشیده درجا، حمل و انتقال و تراکم بتن باید مطابق با الزامات این فصل انجام شود.

در قطعات پیش‌کشیده اعم از پیش‌ساخته یا درجا، استفاده از بتن‌های فاقد اسلامپ، بتن‌های اسلامپ‌دار، یا بتن خودتراکم مجاز است. برای بتن فاقد اسلامپ باید از میز لرزه برای تراکم استفاده گردد.

۶-۳-۹-۳-۱۱- آماده‌سازی محل‌های کشش

پس از آزمایش مقاومت فشاری آزمونه‌های آگاهی بتن مصرفی قطعه، در زمانی که مقاومت بتن به مقادیر مناسب ذکر شده رسیده باشد، برای حالت پس‌کشیده باید قالب‌های جداره برداشته شوند تا لبه‌های دال نمایان گردد. بتن اضافی اطراف محل فولاد پیش‌تنیدگی باید تراشیده و قالب حفره‌ی جلوی گیره[1] برداشته شود تا قسمت انتهایی فولاد برای علامت‌گذاری و کشش آماده گردد.

تعداد جک که به طور باید برای کشش فولاد پیش‌تنیدگی استفاده می‌شود، باید پیش از آغاز عملیات توسط مشاور بیان شده باشد. باید توجه شود که جک‌های مورد استفاده برای کشیدن سایر فولادهای پیش‌تنیدگی، از مرکز به سمت کناره‌ها حرکت می‌کنند تا میزان تنش به‌وجود آمده در سقف حین عملیات کشش به حداقل مقدار ممکن برسد و از ترک‌خوردگی و چین‌خوردگی سطح دال، به‌دلیل اعمال نیروی نامتقارن، جلوگیری به‌عمل آید.

۶-۳-۹-۳-۱۲- آماده‌سازی برای کشش تاندون‌ها

گوه‌ها باید با ضربه داخل حفره فرو روند و باید از قرارگیری قطعات گوه‌ها به میزان مساوی در داخل گیره و همچنین از جفت شدن آن‌ها به تاندون‌ها اطمینان حاصل شود. عملیات کشش شامل موارد زیر می‌باشد:

الف- درگیر کردن قسمت انتهایی فولاد پیش‌تنیدگی در گیره موقت جک

ب- اعمال نیروی کششی مشخص‌شده به فولاد پیش‌تنیدگی

پ- اندازه‌گیری ازدیاد طول فولاد پیش‌تنیدگی

ت- جا زدن گوه‌ها

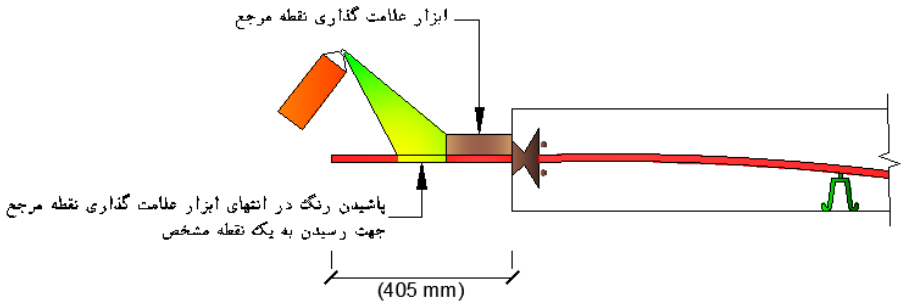
1- Pocket Former

omoorepeyman.ir

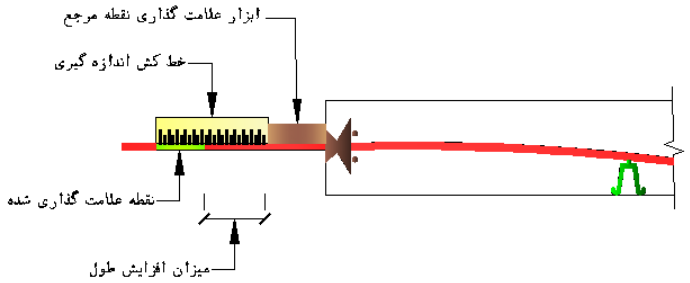
ث- آزادسازی فولاد پیش‌تنیدگی از گیره موقت جک

ج- مهار نیروی پیش‌تنیدگی فولاد پیش‌تنیدگی در گیره انتهایی

اگر ازدیاد طول فولاد پیش‌تنیدگی با نیروی جک همخوانی داشته باشد، عملیات کشش رضایت‌بخش خواهد بود. برای اندازه‌گیری ازدیاد طول، باید قسمت انتهایی فولاد پیش‌تنیدگی فاصله ثابتی از انتهای عضو علامت‌گذاری گردد، که از آن به‌عنوان خط مرجع یاد می‌شود. قسمت انتهایی فولاد پیش‌تنیدگی باید قبل از علامت‌گذاری، کاملا از گریس پاک شود تا علامت روی آن به‌وضوح قابل تشخیص باشد. این امر همچنین احتمال لغزش هنگام کشش را به حداقل می‌رساند (شکل ۴-۳۷).



الف) علامت‌گذاری اولیه به‌منظور اندازه‌گیری میزان افزایش طول تاندون



ب) اندازه‌گیری میزان افزایش طول تاندون

شکل ۶-۳۷- علامت‌گذاری خط مرجع در انتهای تاندون

۶-۳-۹-۳-۱۳- عملیات پیش‌تنیدگی

تیم اجرائی باید حداقل شامل دو نفر؛ یک تکنسین و یک اپراتور پمپ باشد. کشش باید تا جایی ادامه پیدا کند که ازدیاد طول فولاد پیش‌تنیدگی به مقدار مندرج در نقشه‌ها برسد. حداکثر اختلاف ازدیاد طول اندازه‌گیری‌شده با مقدار محاسباتی آن مطابق راهنمای PTI[1] نباید بیشتر از ۷ درصد باشد. درصورت مشاهده رواداری خطا بیش از ۷ درصد مقادیر، باید مجددا اقدام به اصلاح عملیات اجرایی شود تا درصد خطا به زیر ۷ درصد کاهش یابد و درصورت عدم امکان اصلاح این نقص، راهکار مناسب جهت اصلاح نقص به‌وجود آمده، توسط مشاور ارائه شود.

احتمال دارد گوه ها هنگام عملیات کشش ترک بردارند، از این رو با استفاده از با یک آینه، قسمت تحتانی فولاد

1- Post Tension Institute

omoorepeyman.ir

پیش‌تنیدگی، گیره‌ها و گوه‌ها باید بازرسی چشمی شود و در صورتی که میزان ناترازی انتهای گوه‌ها بیشتر از ۳ میلی‌متر باشد، از ادامه عملیات جلوگیری شود. اگر میزان ناترازی کمتر یا مساوی ۳ میلی‌متر باشد، مشروط بر شناسایی علت ترک‌خوردگی و تایید دستگاه نظارت، عملیات می‌تواند ادامه پیدا کند.

۶-۳-۹-۳-۱۴- تایید ثبت کشش و خاتمه کار

میزان ازدیاد طول برای یک فولاد پیش‌تنیدگی، از مقدار مشخص‌شده نباید تجاوز کند. عدم موفقیت حداکثر ۲٪ از فولادهای پیش‌تنیدگی هنگام عملیات کشش بدون نیاز به هرگونه علت‌یابی یا اصلاح و تعمیر مجاز است.

۶-۳-۹-۳-۱۵- آزاد کردن یا بریدن فولاد پیش‌تنیدگی و خاتمه عملیات کشش

الف) حالت پس‌کشیده

در صورت تایید نیروهای کششی توسط دستگاه نظارت، قسمت انتهایی فولاد پیش‌تنیدگی باید بریده شود و حفره کشش فولاد پیش‌تنیدگی توسط ملات سفت منبسط‌شونده پر گردد. برای محافظت در مقابل خوردگی و آتش، قسمت انتهایی فولاد پیش‌تنیدگی باید به‌گونه‌ای بریده شود که حداقل ۲۵ میلی‌متر پوشش بتنی روی آن قطعه تامین گردد. چهار روش الف) برش با شعله، ب) دستگاه فرز، اره چرخشی ساینده، پ) برش هیدرولیکی و ت) برش پلاسما با رعایت الزامات مجاز است.

شعله باید در قسمت انتهایی فولاد پیش‌تنیدگی و به فاصله ۲۰ میلی‌متر از لبه گوه اعمال شود. باید احتیاط لازم جهت محافظت از آتش‌سوزی انجام شود. دستگاه فرز نباید برای برش فولاد پیش‌تنیدگی تک‌رشته‌ای استفاده شود. از برش هیدرولیک، به علت هزینه تجهیزات، هنگامی استفاده می شود که برش با شعله ممنوع باشد. اگر از برش پلاسما استفاده می‌گردد، حفره‌های ایجادشده توسط قالب حفره‌ی جلوی گیره باید به میزانی باشند که انبرهای دستگاه بتوانند داخل آنجا شوند.

ب) حالت پیش‌کشیده

در روش اجرای پیوسته، ابتدا باید فولاد کشیده شده آزاد و سپس این فولاد از محل‌های مشخص (در فواصل قالب‌ها یا انتهای طول قطعه موردنظر) بریده شود تا تنش به بتن اعمال شده و قطعات با طول مشخص حاصل گردد.

در این روش بتن باید به مقاومت مناسب برای تحمل نیروی پیش‌تنیدگی که مشاور تعیین است، دست یافته باشد.

۶-۳-۹-۳-۱۶- حفاظت فولاد در نقاط انتهایی

در روش پس‌کشیده، پس از برش باید مواد و مصالح اضافی از داخل حفرات کشش مطابق شکل ۶-۳۸ زدوده و قسمت انتهایی فولاد پیش‌تنیدگی با یک اسپری ضدخوردگی پوشیده شود. اگر در مناطق با خوردگی بالا سیستم گیره روکش‌دار به کار گرفته شده باشد، یک سرپوش که با گریس محافظت‌کننده پرشده، باید در انتهای فولاد پیش‌تنیدگی

omoorepeyman.ir

نصب گردد. حفرات کشش با یک ملات سفت منبسط‌شونده باید پر شود. ملات مصرفی باید طبق استاندارد ملی ایران ۱-۱۷۷۶۸ و ۳-۱۷۷۶۸ باشد.

شکل ۶-۳۸- خارج کردن مواد اضافی از حفرات کشش و اسپری مواد ضدخوردگی مانند گالوانیزه‌کننده با پایه روی[1] جهت محافظت بیشتر بر روی قسمت انتهایی تاندون

در روش پیش‌کشیده، فولاد باید در دو انتها تقریبا هم‌سطح بتن باشد و با استفاده از پوشش‌های اپوکسی، پلی‌اورتان، قطران-اپوکسی[2]، محافظت شود.

۶-۳-۹-۴- افت‌های پیش‌تنیدگی

به‌منظور کنترل پیش‌تنیدگی در هنگام کشش، میزان افت و خیز بتن باید به‌وسیله‌ی دوربین‌های نقشه‌برداری پایش شود. نشانه‌های پایش باید در نقاطی نصب گردند که امکان باقی ماندن آن‌ها تا انتهای پروژه در همان محل وجود داشته باشد و در برابر عبور و مرور افراد و تجهیزات صدمه ندیده و جابه‌جا نشوند. نقطه مبنای پروژه باید در محلی قرار گیرد که در طول پروژه دچار تغییرمکان قائم و افقی نگردد.

۶-۳-۹-۵- پایش دراز مدت

به‌منظور کنترل وضعیت سازه پیش‌تنیده باید در درازمدت، خوردگی فولاد و ابعاد ترک پایش شود.

۶-۳-۹-۵-۱- پایش خوردگی

به‌منظور انجام آزمایش غیرمخرب خوردگی فولاد در بتن، باید از روش‌های تعیین پتانسیل خوردگی (آزمایش نیم‌پیل[3]) یا سایر روش‌های تعیین آهنگ خوردگی استفاده شود. آزمایش پتانسیل خوردگی فولاد یا نیم‌پیل طبق روش استاندارد ASTM C876 باید انجام گردد. برای سایر روش‌ها باید از استاندارد ASTM G96 استفاده شود. این روش‌ها فقط برای حالاتی قابل استفاده است که بتن و فولاد دارای پوشش‌های نارسانا نباشند.

1- Zinc Rich
2- Coal tar epoxy
3- Half-cell Potential

omoorepeyman.ir

۶-۳-۹-۵-۲- پایش ابعاد ترک

آزمایش فراصوتی[1] بتن ازجمله آزمایش‌های غیرمخرب بتن است. این آزمون در حال حاضر به طور عمده مبتنی بر تفسیر اندازه‌گیری سرعت پالس با استفاده از روش‌های فراصوتی است.

۶-۳-۹-۶- محافظت عناصر پیش‌تنیدگی

۶-۳-۹-۶-۱- محافظت در برابر عوامل محیطی

برای جلوگیری از زنگ زدن فولاد پیش‌تنیدگی باید حداقل پوشش بتنی روی فولاد پیش‌تنیدگی رعایت شود. علاوه بر رعایت حداقل پوشش بتن مطابق این ضابطه یا آیین‌نامه بتن ایران باید الزامات ذکرشده در جداول ۶-۱۲ و ۶-۱۴ بر آورده شوند. در هر حال، پوشش بتن نباید از بزرگترین مقادیر زیر کمتر باشد:

الف- سه چهارم بعد افقی مستطیل محاط بر غلاف یا دسته غلاف

ب- قطر بیرونی غلاف

پ- ۴۰ میلی‌متر

در مواردی که فولاد پیش‌تنیدگی از یک غلاف عبور می‌نماید، حداقل پوشش موردنیاز برای غلاف باید ۵۰ میلی‌متر باشد.

۶-۳-۹-۶-۲- محافظت در برابر حریق

باید ضوابط حریق مندرج در ضابطه شماره ۶۸۲ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی با عنوان "آیین نامه محافظت ساختمان در برابر آتش" برای بالا بردن مقاومت تمام اعضای بتنی در برابر آتش‌سوزی، رعایت گردد. پوشش‌های اسمی برای مدت زمان‌های متفاوت آتش‌سوزی و انواع سازه‌ای در جدول ۶-۴۷ نشان داده شده است.

جدول ۶-۴۷- پوشش بتنی برای مقاومت هنگام آتش‌سوزی

مقاومت آتش‌سوزی (ساعت)	پوشش اسمی (میلی‌متر)			
	کف‌ها		تیرها	
	سراسری	ساده	سراسری	ساده
۰/۵	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
۱	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
۱/۵	۲۰	۲۵	۲۰	۲۰
۲	۲۵	۳۵	۳۰	۴۰
۳	۳۵	۴۵	۴۰	۶۰
۴	۴۵	۵۵	۵۰	۷۰

1- Ultrasonic Testing

omoorepeyman.ir

۶-۳-۹-۷- نظام بازرسی و کنترل کیفیت

۶-۳-۹-۷-۱- بازرسی قبل از بهره‌برداری

بازدید به منظور تطابق اجرا با مدارک و مراجع استاندارد باید توسط شخصی که صلاحیت آن به صورت رسمی قابل تایید است، انجام پذیرد. بازدیدها می‌تواند بر اساس تعریف به صورت «پیوسته» یا «دوره‌ای» انجام پذیرد. برای تعیین نوع بازدید به جدول ۶-۴۸ مراجعه شود. برای مواردی که باید بازرسی شوند به آیین‌نامه بتن ایران (ضابطه ۱۲۰) و آیین‌نامه طرح و محاسبه قطعات بتن پیش‌تنیده (ضابطه ۲۵۰) مراجعه شود.

جدول ۶-۴۸- بازرسی‌های مورد نیاز برای ساخت و سازهای پیش‌تنیده

تاییدها و بازرسی‌ها	پیوسته	دوره‌ای
۱. بازدید میلگردها، تاندون‌های پیش‌تنیده و جانمایی آن‌ها		×
۲. تایید طرح مخلوط		×
۳. نمونه‌گیری و آزمایش بتن		
الف) آزمایش بتن تازه (روانی، درصد هوا، دمای بتن)	×	
ب) آزمایش بتن سخت‌شده (مقاومت و دوام)	×	
۴. بازدید از بتن‌ریزی و بتن پاشی به منظور اجرای صحیح	×	
۵. بازدید به منظور عمل آوری صحیح بتن		×
۶. بازدیدهای مربوط به پیش‌تنیدگی		
الف) اعمال نیروی پیش‌تنیدگی	×	
ب) تزریق دوغاب برای تاندون‌های چسبیده	×	
۷. تایید مقاومت بتن نمونه آگاهی برای کشیدن تاندون‌های پیش‌تنیدگی و برداشتن قالب زیر اعضا		×

الف) بازرسی قبل از اجرا

پیمانکار باید کیفیت مصالح مصرفی را پیش از اجرا به تصویب دستگاه نظارت برساند. در صورت لزوم، باید بازدید از کارخانه تولیدکننده برای اطمینان از کیفیت در دستورکار قرار گیرد.

قبل از اجرا، پیمانکار می‌باید گواهی‌نامه تشخیص صلاحیت فنی و حرفه‌ای عوامل اجرایی را که از مراجع ذی‌صلاح اخذ گردید، به دستگاه نظارت ارائه نماید و دستگاه نظارت می‌باید مجوز شروع به کار عوامل اجرایی را صادر نماید و در طول اجرا، بازرسی لازم را انجام دهد.

پس از وارد شدن تاندون‌ها به کارگاه، تمام مدارک و مشخصات فنی محصول باید با مشخصات مندرج در نقشه‌های اجرایی تطابق داده شود. همچنین رده‌بندی تاندون‌ها باید طبق استاندارد ملی ایران ۱-۱۳۲۵۰ و ۴-۱۳۲۵۰ انجام و با مقادیر مندرج در نقشه‌ها تطابق داده شود. تاندون‌های فولادی پیش‌تنیده بنا بر نوع آن‌ها باید یکی از الزامات ملی ایران به شماره‌های ۱-۱۳۲۵۰ تا ۵-۱۳۲۵۰ را تأمین کنند.

اجزای مورد استفاده نظیر گوه، گیره و قالب حفره‌ی جلو گیره باید به‌صورت چشمی مورد بررسی قرار گیرند و از سالم بودن آن‌ها اطمینان حاصل شود.

omoorepeyman.ir

پس از جایگذاری همه اجزا باید بازرسی نهایی توسط دستگاه نظارت انجام شود و از جایگذاری کابل‌ها و استحکام آنها اطمینان حاصل شود.

محل قرارگیری تاندون‌ها و آرماتورها باید در انطباق کامل با نقشه‌های اجرایی باشد. دستگاه نظارت باید آرایش و جزئیات آرماتورها و کابل‌ها را مشاهده و در صورت تأیید مجوز مرحله بعد را صادر کند. همچنین یک تکنسین آموزش‌دیده و تأییدشده از دستگاه نظارت باید چیدمان آرماتورها و کابل‌ها را با جزئیات کامل بررسی و با مستندات مقایسه نماید و هر خطایی را که وجود دارد گزارش کند. در انتها باید گزارشی مبنی بر اتمام بازرسی صادر کند.

- با توجه به حساسیت سالم بودن غلاف‌ها در محل بتن‌ریزی، در صورت وجود هرگونه آسیب‌دیدگی در سطح آن‌ها، لازم است ترمیم شوند. برای ترمیم باید غلافی از جنس روکش تاندون‌ها به طول ناحیه آسیب‌دیده به‌علاوه ۱۰۰ میلی‌متر تهیه و به‌صورت طولی برش داده شود. این غلاف باید بر روی ناحیه آسیب‌دیده قرار گرفته و روی آن با نوار چسب مخصوص پوشانده گردد.
- جک‌های هیدرولیکی باید کالیبره باشند و یکنواختی سرعت کشیدن تاندون‌های آن‌ها کنترل شود. در هنگام اجرا از آخرین زمان کالیبره شدن جک نباید بیشتر از ۶ ماه گذشته باشد. همچنین دستگاه باید گیج فشار هیدرولیکی به‌منظور کنترل نیروی وارده را داشته باشد. باید از به‌کارگیری تمام جک‌هایی که فاقد مدارک کالیبراسیون معتبر هستند و یا دوره کالیبراسیون آن‌ها به اتمام رسیده، جلوگیری شود.
- قبل از آغاز عملیات، تجهیزات مورد استفاده مانند تجهیزات برش و دوغاب‌ریزی باید کنترل گردد.

ب) بازرسی حین اجرا

به منظور اعمال نیروی پیش‌تنیدگی مورد نظر به عضو، مشاور باید تعداد، موقعیت و پروفیل تاندون‌ها را در مشخصات فنی بیان نماید. برای به‌دست آوردن پروفیل معین‌شده تاندون‌ها، رعایت حداقل انحراف قائم از مسیر تعیین‌شده در نقشه‌ها الزامی می‌باشد. به منظور کنترل قرارگیری تاندون‌ها در محدوده‌ی رواداری‌های مجاز باید موقعیت قرارگیری گیره‌ها، قالب حفره‌ی جلو گیره و انحراف‌دهنده‌ها و همچنین بالاترین و پایین‌ترین نقاط در طول تاندون قبل از بتن‌ریزی کنترل شود تا از نصب صحیح تاندون در محدوده‌ی رواداری‌های مجاز اطمینان حاصل شود. تاندون‌ها باید بین نقاط بالا و پایین پروفیلِ تعیین‌شده بدون اعوجاج بیش از حد، عبور داده شوند. همچنین آرماتورهای انفجاری استفاده‌شده باید از لحاظ موقعیت قرارگیری، تعداد و فاصله کنترل گردند.

مقدار رواداری قائم قابل قبول در اعضای پیش‌تنیده به شرح ذیل است:

- دال‌ها تا ضخامت ۲۰۰ میلیمتر: ۶± میلی‌متر
- دال‌ها یا تیرها با ضخامت بیش از ۲۰۰ میلیمتر تا ۶۱۰ میلیمتر: ۹± میلی‌متر
- دال‌ها یا تیرها با ضخامت بیش از ۶۱۰ میلیمتر: ۱۳± میلی‌متر

مقدار رواداری افقی نسبت به قائم معمولاً بحرانی نبوده و در صورت موافقت دستگاه نظارت تا مقدار ۳۰۰± میلی‌متر قابل قبول است. مادامی که از اعوجاج بیش از حد در صفحه‌ی افقی جلوگیری شده و در اطراف موانع در مسیر از یک

omoorepeyman.ir

ناحیه انتقالی نرم با حداکثر انحراف ۱:۶ استفاده گردد، هیچ‌کدام از رواداری‌ها نباید موجب کاهش مقدار پوشش خالص بتن گردد.

پیش از بتن‌ریزی، با توجه به حساسیت سالم بودن غلاف‌ها در محل بتن‌ریزی، در صورت وجود هرگونه آسیب‌دیدگی در سطح آن‌ها باید ترمیم صورت گیرد. بتن باید به‌گونه‌ای اجرا شود که موقعیت میلگردها و راستای تاندون‌ها تغییر نکند. همچنین در هنگام تراکم بتن در محل گیره‌ها و انحراف‌دهنده‌ها، باید از تحکیم صحیح در این موقعیت‌ها اطمینان حاصل شود.

درصورت بازشدن سیم‌ها حین عملیات بتن‌ریزی، باید بتن اطراف تاندون به سرعت تخلیه گردد و تاندون مورد نظر در محل اولیه خود قرار داده شده و موقعیت مکانی آن تنظیم و مجددا با سیم آرماتوربندی بسته گردد.

حین عملیات بتن‌ریزی، به‌دلیل عدم امکان عبور بتن از بین لایه‌های تاندون، باید توجه شود که زیر و اطراف تاندون ها به‌طور کامل از بتن با تراکم مناسب پر شود؛ به این منظور باید از بازرسی چشمی استفاه شود.

بازرسی دقیق در مرحله‌ی کشیدن تاندون‌ها، به منظور حصول اطمینان از اعمال نیروی پیش‌تنیدگی تعیین‌شده الزامی می‌باشد. تا زمانی که بتن بر اساس تأیید دستگاه نظارت به حداقل مقاومت فشاری معادل ۷۰ درصد مقاومت مشخصه طراحی و یا ۲۰ مگاپاسکال ـ هرکدام که بیشتر باشد ـ نرسیده باشد، نیروی پیش‌تنیدگی نباید بر عضو اعمال شود. مقاومت بتن باید براساس روش‌های قابل قبول آزمایش مقاومت فشاری بتن در سن مورد نظر تعیین شود. با هماهنگی‌های دستگاه نظارت استفاده از آزمایش‌های غیرمخرب مجاز است.

کشش تاندون‌ها باید پس از صدور مجوز توسط دستگاه نظارت آغاز شود. نیروی پیش‌تنیدگی تاندون‌ها باید به‌طور همزمان به دو صورت اندازه‌گیری گردد. در روش اول، نیروی وارد بر تاندون که توسط جک، اعمال شده قرائت می‌شود سپس بارگذاری تا زمان رسیدن به مقادیر محاسباتی انجام می‌پذیرد. در روش دوم، افزایش طول ناشی از بارگذاری بر روی تاندون اندازه‌گیری شده و با مقادیر تعیین‌شده مقایسه می‌شود. میزان رواداری تغییرطول تا حد ۷ درصد قابل قبول می‌باشد، مگر آن که در مدارک، حد کم‌تری تعیین شده باشد. دقت اندازه‌گیری تغییرطول به فرآیند انجام آن و نحوه‌ی علامت‌گذاری بستگی دارد.

انجام یا تداوم عملیات کشش در دمای زیر صفر درجه سانتیگراد مشروط بر تأیید دستگاه نظارت مجاز است.

پ) بازرسی بعد از اجرا

پس از کشیدن تاندون‌ها، ترک در گوه‌ها و گیره‌ها نباید مشاهده شود. درصورتی که میزان ناترازی انتهای گوه‌ها بیشتر از ۳ میلی‌متر باشد، کشش مجاز نمی‌باشد و در غیر این صورت به شرط بررسی علت ترک‌خوردگی و تأیید دستگاه نظارت، قابل قبول است. در صورت عدم تأیید دستگاه نظارت، باید تدابیر خاص جهت رفع نقص به‌وجود آمده اتخاذ شود.

قبل از برش انتهای تاندون‌ها و دوغاب‌ریزی، دستگاه نظارت باید مراحل قبل را تأیید و مجوز برش و دوغاب‌ریزی را صادر کند. در صورت عدم انطباق، نظر مشاور برای ادامه کار ملاک خواهد بود.

omoorepeyman.ir

تزریق دوغاب برای تاندون‌های چسبیده باید پس از تأیید دستگاه نظارت در مورد میزان افزایش طول اندازه‌گیری‌شده تاندون و حداکثر طی ۴۰ روز بعد از پیش‌تنیدگی، در شرایط محیطی غیرخورنده و بسیار خشک انجام شود. در شرایط محیطی خورنده و با رطوبت زیاد یا برای سازه‌های اجراشده در آب شور، این زمان باید به ۷ روز کاهش یابد.

برای تاندون‌های نچسبیده، قرار دادن سرپوش‌ها برای مقاومت در برابر خوردگی فولادهای پیش‌تنیده الزامی است. در صورت تأیید دستگاه نظارت مجوز حذف انتهای تاندون‌ها وجود دارد.

اتصالات باید به گونه‌ای باشند که مقاومت کافی را در برابر نفوذ رطوبت و هر ماده‌ای که می‌تواند باعث خوردگی در مهارها و یا فولاد پیش‌تنیده شود، داشته باشند.

۶-۳-۹-۷-۲- بازرسی حین بهره‌برداری

بازرسی از سازه‌های پیش‌تنیده در حین خدمت‌رسانی باید به صورت دوره‌ای برای ارزیابی هرگونه نیاز به تعمیر و نگهداری انجام شود. فاصله بین هر بازرسی به ویژگی‌های دوامی که در ساخت و طراحی آن در نظر گرفته شده و همچنین کاربری و شرایطی که سازه در معرض آن است، بستگی دارد. سازه‌هایی که در معرض ترافیک، عوامل جوی، مواد شیمیایی، آب نمک‌دار یا هوای نمک‌دار هستند بازرسی‌های بیشتری را نیاز دارند. بازرسی باید بر روی ضخامت بتن یا سایر نقاطی که می‌تواند فولاد پیش‌تنیدگی و دیگر اجزای فولادی را به خوردگی دچار کند، انجام شود.

omoorepeyman.ir

۶-۴- سلامت، ایمنی و محیط زیست

تمام ضوابط عمومی مندرج در فصل ۲ مرتبط با این فصل و متناسب با هر یک از مراحل اجرایی مرتبط با اجرای سازه‌های بتنی لازم الاجراست. در ادامه به ضوابط اختصاصی سلامت، ایمنی و محیط زیست مرتبط با این فصل پرداخته شده است.

۶-۴-۱- مشخصات عمومی

۶-۴-۱-۱- انتخاب محل استقرار ماشین‌آلات موردنیاز عملیات انتقال و تخلیه آرماتور و قالب‌ها، کامیون‌های مخلوط‌کن، پمپ بتن (هوایی و زمینی) و... در معابر عمومی باید با رعایت ضوابط بند ۲-۲-۷-۱ انجام شود.

۶-۴-۱-۲- قبل از شروع کار بر روی اسکلت بتنی باید نسبت به پیش‌بینی اوضاع جوی و اخذ استعلامات لازم از مراجع دارای صلاحیت برای دریافت اطلاعات وضعیت آب و هوا در روزهای انجام عملیات، اقدام شود. در شرایط نامساعد جوی از قبیل باد، طوفان و بارندگی و یا در صورت ناکافی بودن روشنایی و محدود بودن میدان دید، باید از ادامه کار بر روی اسکلت بتنی جلوگیری به‌عمل آید. همچنین جایگاه‌های کار و مسیرهای تردد کارگران نباید آغشته به برف، یخ، روغن و سایر مواد لغزنده باشند.

۶-۴-۱-۳- باید حریم خطوط هوایی و پست‌های برق هنگام استفاده از بالابرهای ساختمانی و جرثقیل‌ها برای تخلیه و جابجایی آرماتورها، انتقال قالب به محل اجرا، جابجایی جام حمل بتن آماده و جابجایی قطعات بتنی پیش ساخته، نصب و برچیدن داربست‌های جایگاه کار و فعالیت بر روی آن‌ها، استفاده از پمپ بتن هوایی، جانمایی سیلوهای فلزی نگهداری سیمان و مانند آن مطابق بند ۲-۱۲ به‌عمل آورده شود. همچنین کارگرانی که وظیفه جابجایی لوله‌های فلزی داربست و آرماتورها و اجزای قالب فلزی و شمع‌های فلزی را برعهده دارند باید نسبت به مخاطرات خطوط هوایی برق شهری و حریم ایمنی مربوطه توجیه شوند و مجهز به دستکش حفاظتی و کفش و کلاه مناسب و مقاوم در برابر خطر برق باشند.

۶-۴-۱-۴- در صورت استفاده از دستگاه‌های اسکن بتن برای بررسی تعداد و وضعیت آرماتورهای داخل آن، لازم است تا حدود مجاز مواجهه پرتوهای غیر یونساز (امواج الکترومغناطیسی)[1] کنترل شود.

۶-۴-۱-۵- سیمان‌های هیدرولیکی به‌دلیل آنکه حاوی مقادیر نسبتاً کمی از آهک زنده و برخی از اکسیدهای قلیایی هستند در اثر برخورد به پوست یا چشم می توانند آسیب‌رسان باشند. همچنین تنفس گرد و غبار این سیمان‌ها می‌تواند مشکل‌زا شود. لذا باید در حین بارگیری، تخلیه و به‌کارگیری، از پراکنده شدن سیمان در هوا با تدابیر مختلف جلوگیری نمود. انبار کردن سیمان باید مطابق بند ۲-۲-۵ انجام شود.

۱- از وزارت بهداشت ، درمان و آموزش پزشکی استعلام شود.

omoorepeyman.ir

۶-۴-۱-۶- فقط اشخاص صاحب صلاحیت مجاز به انجام تعمیرات بر روی تجهیزاتی از قبیل کمپرسور، کامیون مخلوط‌کن، پمپ بتن و سایر تجهیزات مورد استفاده در عملیات بتن‌ریزی هستند و قبل از شروع عملیات تعمیر، تمام منابع انرژی دستگاه باید قطع شده و مطابق بند ۲-۲-۹ دستگاه قفل و برچسب زده شود. بر روی برچسب مربوطه باید عبارتی نوشته شود که نشان دهنده خارج از فعالیت‌بودن دستگاه باشد.

۶-۴-۲- قالب‌بندی و آرماتورگذاری

۶-۴-۲-۱- باید جایگاه کار ایمن برای کارگران در انجام عملیات قالب‌بندی، آرماتوربندی، بتن‌ریزی و عمل‌آوری مطابق ضوابط بخش ۲-۵ فراهم شود. کارگران برای کار در ارتفاع بیش از ۲ متر از سطح، نیاز به سکوهای دسترسی دارند. باید بادبندی مناسب داربست و سکوی کار برای جلوگیری از حرکات افقی انجام شود. همچنین کارگرانی که در ارتفاع بیش از ۱٫۸ متری، مشغول به‌کارند و در معرض خطر سقوط قرار دارند، باید مجهز به تجهیزات توقف سقوط مطابق بند ۲-۶-۲ نیز باشند (شکل ۶-۳۹). درصورت وجود محدودیت در استفاده از تجهیزات توقف سقوط به‌دلیل شرایط محل انجام عملیات، باید اقدام به نصب توری ایمنی مطابق ضوابط بند ۲-۶-۳ شود.

۶-۴-۲-۲- باید تدابیر لازم برای جلوگیری از سقوط ابزارهای دستی کارگران قالب‌بند و آرماتوربند حین انجام کار از قبیل سرپوش حفاظتی، نصب پاخور مطابق ضوابط بند ۲-۲-۳-۳ و ۴ به‌عمل آورده شود. همچنین هنگام حمل و انتقال آرماتورها به محل اجرا، باید بازرسی‌ها و تدابیر لازم برای جلوگیری از رهاشدن ناگهانی ابزارهای بستن بار و سقوط آن‌ها قبل از باربرداری و حین آن مطابق بند ۲-۸-۳ به‌عمل آورده شود.

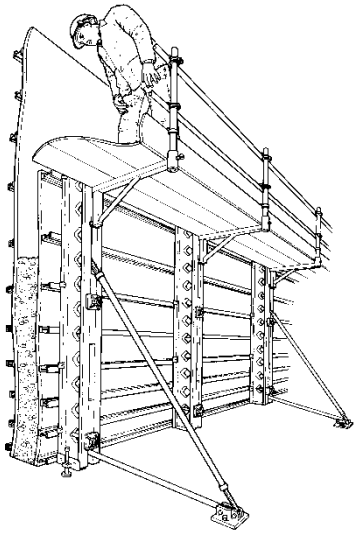
۶-۴-۲-۳- کارگرانی که در امر ساختن، حمل و ریختن بتن اشتغال دارند، باید طبق ضوابط بند ۲-۱۰ به کفش، کلاه، عینک و دستکش حفاظتی مجهز باشند. برای کارگران ماسه‌پاش و بتن‌پاش، اندودکار سیمان علاوه بر موارد فوق باید لباس کار با پوشش کامل بدن، سرپوش و سربند حفاظتی نیز در اختیار آن‌ها گذاشته شود. همچنین کارگران شاغل در عملیات پخش و لرزاندن بتن، باید مجهز به چکمه لاستیکی ساق‌دار باشند.

۶-۴-۲-۴- تخلیه آرماتور و اجزای قالب‌ها از تریلر، کامیون و کامیونت باید با استفاده از وسایل بالابر و جرثقیل و مطابق ضوابط بند ۲-۷-۶ انجام شود. همچنین انبارکردن آرماتورها باید مطابق بند ۲-۲-۵ -۲۱ و ۲۲ انجام پذیرد. قراردادن تمام میلگردهای آرماتور در یک نقطه بر روی سکوی‌کار ممکن است باعث شکستن آن شود.

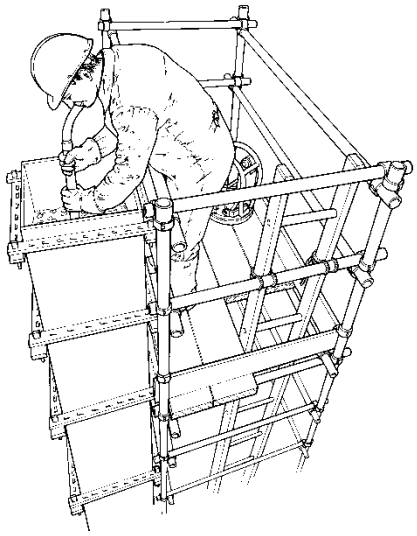
۶-۴-۲-۵- تمام بخش‌های بیرون زده از سازه خصوصاً آرماتورهای انتظار که احتمال سقوط کارگران بر روی آنها وجود دارد، باید به‌صورت مناسب حفاظ‌گذاری شوند. بهترین حفاظت در برابر آرماتورهای بیرون زده از سازه بتنی، قراردادن تخته‌های چوبی با ضخامت حداقل ۱٫۵ سانتیمتر بر روی آرماتورهاست که به‌وسیله سیم‌های فلزی محکم شده باشند. استفاده از سرپوش‌های آماده لاستیکی استاندارد نیز بلامانع است. (شکل ۶-۴۰)

omoorepeyman.ir

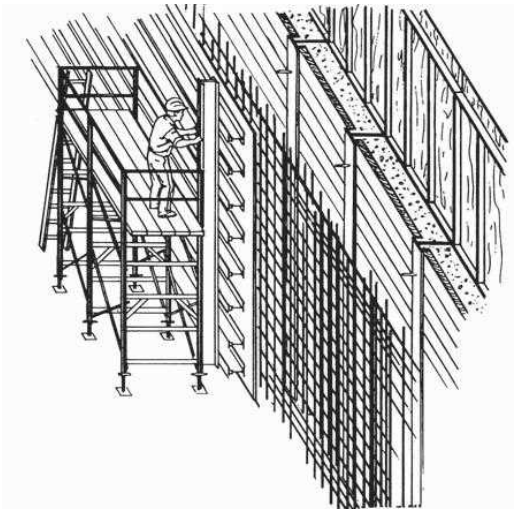
۶-۴-۲-۶- هنگام برش و خم‌کاری آرماتورها باید اقدامات حفاظتی لازم برای جلوگیری از افتادن بارهای سنگین بر روی افراد و اعضای بدن، پاگیر شدن و سُرخوردن بر روی آرماتورهای واقع در کف کارگاه، جلوگیری از ورود پلیسه‌های اره‌کاری آرماتورها به چشم و پخش گدازه‌های ناشی از برشکاری بر روی مواد قابل اشتعال و جلوگیری از برخورد اجسام تیز و بُرنده به بدن کارگران به‌عمل آورده شود.



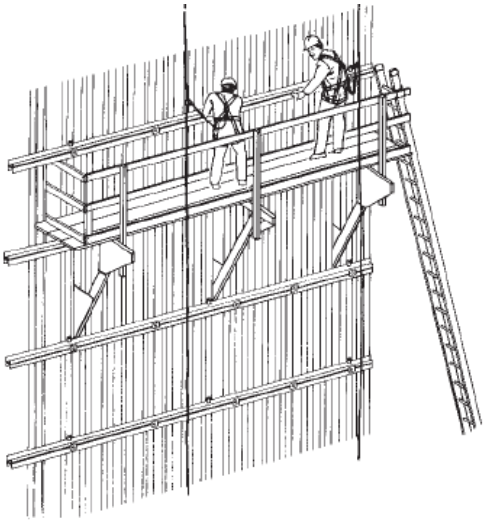
الف- سکوی دسترسی (جایگاه کار) دیوار



ب- سکوی دسترسی (جایگاه کار) ستون



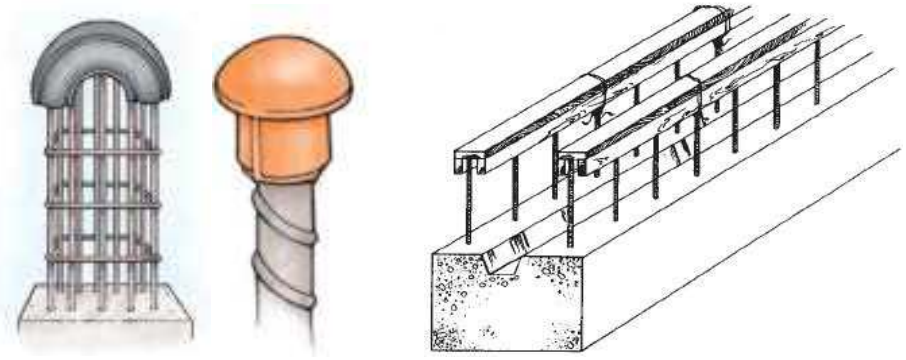
پ- جایگاه کار داربستی



ت- جایگاه کار و سیستم توقف سقوط

شکل ۶-۳۹- جایگاه کار و سکوی دسترسی کارگران شاغل در عملیات اجرای اسکلت بتنی

omoorepeyman.ir



الف- پوشش با الوار چوبی به ضخامت ۱/۵ سانتیمتر ب- سرپوش لاستیکی

شکل ۶-۴۰- حفاظ‌گذاری بر روی میلگردهای بیرون‌زده از کف سازه

۶-۴-۲-۷- موارد ایمنی در هنگام کار با دستگاه خم‌کننده دستی و برقی آرماتور عبارتند از:

الف- برای خم‌کردن آرماتورهای بزرگتر از ۱۵ میلیمتر از لوله خم‌کن استفاده شود.

ب- پاها و بدن کارگران به‌صورتی قرار گیرد که در حین کار با خم کننده دستی، تعادل خود را از دست ندهند.

پ- از وجود فضای کافی در اطراف منطقه کاری قبل از انجام عملیات خم‌کردن آرماتور اطمینان حاصل شود. همچنین بررسی شود تا در حین صاف کردن یا خم‌کردن آرماتورها، کارگران در لبه‌های باز و پرتگاه قرار نگرفته و برای ایمن‌سازی منطقه کاری، از روش‌های جلوگیری از سقوط یا توقف سقوط مطابق بخش ۲-۶ استفاده شود.

ت- مراقبت کافی انجام شود تا تا بدن کارگر در نقاط گیردار قرار نگیرد و اعضای بدن، به‌ویژه انگشتان دست‌ها دچار لهیدگی یا قطع شدگی نشوند.

ث- سیم‌ها و کابل‌های برق دستگاه خم‌کن آرماتور باید در برابر صدمات فیزیکی مانند عبور و مرور افراد و ماشین آلات و تجهیزات دارای لبه تیز حفاظت شوند.

۶-۴-۲-۸- اگر هم‌بندی و وصله آرماتورها با روش جوش نوک به نوک خمیری (جوش الکتریکی تماسی) یا جوش ذوبی با الکترود (جوش با قوس الکتریکی) انجام می‌شود، همچنین اگر از روش‌های برش حرارتی (مانند هوا برش یا برش پلاسما) برای بریدن آرماتورهای فولادی استفاده می شود باید اجرای آن مطابق بند ۲-۳ انجام شود.

۶-۴-۲-۹- در مرحله آرماتورگذاری، برای جلوگیری از بروز اختلالات اسکلتی عضلانی مانند صدمات قسمت تحتانی پشت و آسیب به عصب و عضلات کف دست هنگام اعمال نیروی زیاد به انبردست، استفاده از ماشین‌گره‌زن آرماتور توصیه می‌شود. ماشین‌های گره‌زن آرماتور به کمک باتری کار کرده و علاوه بر افزایش سرعت کار، سبب می‌شوند تا وضعیت قرارگیری بدنی فرد بهتر شده و نیروی کمتری برای گره‌زدن اعمال نمایند.

۶-۴-۲-۱۰- قالب بتن باید قبل از بتن‌ریزی توسط دستگاه نظارت بازدید و نسبت به استحکام و پایداری تمام اجزای قالب، مهارها و نظایر آن اطمینان حاصل شود تا در موقع بتن‌ریزی از فرو ریختن قالب پیشگیری به عمل آید.

omoorepeyman.ir

همچنین بستر و سطحی که پایه شمع‌ها بر روی آنها قرار می‌گیرد باید از استحکام کافی برخوردار باشد. صفحات پایه و سر شمع‌ها و پیچ‌های تنظیم شمع‌ها در زیر قالب نیز باید دارای استحکام کافی باشد.

۶-۴-۲-۱۱- در صورت استفاده از جک‌های هیدرولیکی در عملیات قالب‌بندی، کارگران نباید در پشت جک‌ها قرار بگیرند زیرا احتمال باز شدن جک‌ها و برخورد قالب بتنی با آن‌ها وجود دارد. همچنین علائم و موانع مطابق بند ۲-۱۱ باید حین عملیات نصب شود تا از ورود افراد متفرقه به منطقه کاری جلوگیری شود. در صورتی‌که احتمال لغزش سر فلزی جک بر روی بار وجود دارد لازم است تا بین سر فلزی و قالب یک قطعه چوبی قرار داده شود تا از لغزش جلوگیری شود. در استفاده از جک‌های هیدرولیکی باید ملاحظات بند ۲-۷-۸-۵ رعایت شود.

۶-۴-۲-۱۲- در شرایطی که قالب‌بندی به اتمام نرسیده، نباید بارهای سنگین مانند کلاف‌های آرماتور یا تخته‌های چند لایه بر روی سازه قرار گیرد. حتی بر روی سازه‌ای که قالب بندی آن به پایان رسیده نباید بار اضافی قرار داده شود چون ممکن است دچار ریزش و ایجاد صدمه به کارگران شود.

۶-۴-۲-۱۳- در هنگام راه رفتن بر روی قالب‌های آغشته به روغن نباید از کفش‌هایی با کف لغزنده استفاده شود. در صورتی‌که تردد کارگران از روی شبکه بسته شده میلگردها ضروری باشد باید با قرار دادن تعدادی تخته یا صفحه فولادی مشبک روی میلگردها گذرگاهی ایجاد شود تا احتمال لغزیدن و سقوط کارگران کاهش یابد و در ضمن شبکه آرماتور هم آسیب نبیند.

۶-۴-۲-۱۴- در بازکردن و نگهداری قالب‌ها باید احتیاط‌های لازم به منظور حفاظت کارگران از خطر احتمالی سقوط، لغزش و یا واژگونی قالب‌ها و عدم برخورد قطعات به اشخاص و پایه‌های داربست به‌عمل آید.

۶-۴-۲-۱۵- میخ‌های موجود در تخته‌ها و سایر اجزای قالب‌های چوبی باید بلافاصله بعد از باز شدن قالب به داخل چوب فرو کوبیده یا بیرون کشیده شوند.

۶-۴-۳- حمل، پخش و عمل‌آوری بتن

۶-۴-۳-۱- از تردد افراد و قراردادن تجهیزات در نقطه کور راننده کامیون مخلوط‌کن[1] باید خودداری شود.

۶-۴-۳-۲- برای استقرار صحیح کامیون مخلوط‌کن برای بارگیری زیر مرکز تولید بتن، راهنمایی و علامت‌دهی باید توسط مباشر آموزش دیده انجام شود. نباید مواد لغزنده در زیر محدوده بارگیری وجود داشته باشد. این محل همواره باید تمیز شود تا از لغزش ماشین‌آلات جلوگیری شود.

۶-۴-۳-۳- در زمان انجام نگهداری و تعمیرات، باید رویه اجرایی مشخصی به‌منظور تامین ایمنی و جلوگیری از روشن شدن کامیون مخلوط‌کن و به‌حرکت درآمدن دیگ توسط افراد متفرقه در نظر گرفته شود.

1- Track mixer

omoorepeyman.ir

۶-۴-۳-۴- برای انجام عملیات نگهداری و پاک‌سازی دیگ کامیون مخلوط‌کن باید مکان مناسبی در نظر گرفته شده و تردد افراد متفرقه در این ناحیه محدود شود.

۶-۴-۳-۵- سوئیچ کامیون مخلوط‌کن باید در اختیار مسئول تعمیرگاه قرار داده شده و در محل امنی دور از دسترس افراد متفرقه نگهداری شود تا از روشن شدن خارج از کنترل ماشین جلوگیری گردد.

انجام تعمیرات و نگهداری، همچنین تمیزکاری داخل دیگ منوط به صدور مجوزکار توسط واحد HSE است. صدور این مجوز برای مطمئن شدن از عدم دَوران ناخواسته و روشن شدن سهوی دیگ، مادامی‌که راننده یا کمک او مشغول کار هستند ضروری است. عملیات نگهداری و تعمیرات باید در حالت توقف کامل و خاموش بودن انجام شود. قبل از شروع، باید برق ماشین از طریق جداسازی اتصال کابل‌های باتری قطع شود و قفل ایمنی مکانیکی متوقف‌کننده دیگ نیز باید درگیر شود. بعد از اتمام تعمیرات و قبل از وصل مجدد جریان برق، باید از درگیرنبودن قفل ایمنی اطمینان حاصل شود.

۶-۴-۳-۶- عملیات جوشکاری و تمیزکردن بتن خشک شده در داخل دیگ باید به‌همراه یک فن هواکش با مکش مناسب و تجهیزات روشنایی ولتاژ پایین ۲۴ ولت انجام شود.

۶-۴-۳-۷- کامیون مخلوط‌کن نباید بیش از ظرفیت پر شود. در تمامی شرایط باید حداکثر میزان بار مجاز توصیه شده توسط سازنده مد نظر قرارگیرد و در زمینه‌هایی که توسط سازنده اعلام شده به‌کار گرفته شود.

۶-۴-۳-۸- در هنگام دَوران دیگ و حرکت کامیون مخلوط‌کن، باید همواره فاصله ایمن کارگران با آن حفظ شود. در هنگام تخلیه بتن باید اطمینان حاصل شود که هیچ یک از کارگران در زیر مجرای تخلیه بتن تردد ندارند.

۶-۴-۳-۹- تمامی پلاک‌های حاوی مشخصات و دستورالعمل‌های ماشین باید همواره تمیز نگهداشته شود.

۶-۴-۳-۱۰- در صورتی که عملیات بتن‌ریزی در مکان‌های عمومی انجام می‌شود اطمینان حاصل شود که وسایل نقلیه شخصی و رهگذران در نواحی خطرناک تردد ندارند و باید از علائم و تابلوهای هشدار دهنده مطابق بند ۲-۱۱ استفاده شود.

۶-۴-۳-۱۱- برای پیشگیری از بروز حوادث برای راننده‌های کامیون‌های مخلوط‌کن لازم است همواره سطوح کف اتاقک و پلکان نردبان‌ها، تمیز و عاری از مواد لغزنده مانند روغن، گریس، گل‌ولای باشد. دستگیره‌های کافی در محل‌های تردد نصب‌شده و از سالم بودن پلکان اطمینان حاصل شود. برای سوار و پیاده‌شدن از ماشین، همچنین بالا و پایین رفتن از نردبان‌ها، همواره باید قاعده سه نقطه تماس (دو دست و یک پا یا دو پا و یک دست) برقرار باشد. سوارشدن راننده و کمک او و سایرین بر روی گِلگیر پشتی کامیون مخلوط‌کن برای تنظیم قیف شوت بتن ممنوع است.

۶-۴-۳-۱۲- هنگام بتن‌ریزی باید فضای کافی برای استقرار ماشین آلات پمپ و کامیون‌های مخلوط‌کن انتقال بتن فراهم باشد. در سطوح شیب‌دار محدوده کارگاه و معابر مجاور آن ضروری است تا تمهیدات لازم برای جلوگیری از حرکت ناخواسته کامیون مخلوط‌کن و ماشین پمپ بتن در حین عملیات تخلیه و انتقال بتن از طریق قراردادن بلوک‌های چوبی در زیر چرخ‌ها، همچنین توجه به شیب مجاز و پیشگیری از واژگونی به‌عمل آورده شود.

omoorepeyman.ir

۶-۴-۳-۱۳- راننده دستگاه پمپ بتن باید در مورد نحوه بازدید جک‌های دستگاه آموزش‌های لازم را ببینند. در اجرای عملیات باید از کارگران آموزش‌دیده و صاحب صلاحیت استفاده شود.

۶-۴-۳-۱۴- برای استقرار و ایستادن کارگران هنگام پخش بتن (با پمپ یا جام) باید جایگاه کار ایمن طبق بند ۶-۴-۲-۱ تامین شود.

۶-۴-۳-۱۵- هنگامی که کارگران برای پمپاژ بتن مشغول فعالیت‌اند یک فرد صاحب صلاحیت باید در تمام مدت انجام کار حضور داشته باشد تا در مواقع اضطراری مانند شکستن لوله‌ها یا دیگر اتفاقاتی که نیاز به خاموش کردن دستگاه است آن را سریعا خاموش کند.

۶-۴-۳-۱۶- دستگاه‌های پمپاژ بتن که از لوله تخلیه استفاده می‌کنند باید مجهز به ساپورت‌هایی باشند که لوله تخلیه را نگه بدارند و این ساپورت‌ها باید قدرت تحمل فشار بیش از صد درصد ظرفیت اسمی مقاومت لوله انتقال بتن را داشته باشند.

۶-۴-۳-۱۷- شیلنگ‌های هوای فشرده مورد استفاده در پمپاژ بتن، باید دارای اتصالاتی با قابلیت خرابی بی‌خطر[1] باشند تا از جدا شدن قسمت‌های مختلف آن از یکدیگر در زمانی که تحت فشار هوا قرار می‌گیرند جلوگیری شده و ریسک برخورد آن با کارگران کاهش یابد.

۶-۴-۳-۱۸- بیرون آمدن شیلنگ، ترکیدن خطوط لوله انتقال بتن و اتصالات مرتبط می‌تواند موجب بروز خطرات و حوادث جدی برای کارگران شود. برای پیشگیری از بروز حوادثی از این دست، باید اتصالات قبل از شروع کار بازدید و بررسی شوند. برای این منظور باید اطمینان حاصل شود که حباب‌های هوا گرفته و خطوط لوله افقی و عمودی به‌طور مناسب محکم و مهار شده‌اند و مهارکننده (گیره) لوله توانایی تحمل فشار بتن وارده به لوله‌های انتقال را دارد، پین‌ها و بست‌ها باید محکم شده باشند و در صورت هرگونه تغییرشکل تعویض شوند. همچنین باید نظارت مستمر انجام شود که شیلنگ‌های منعطف توسط سایر تجهیزات و وسایل زیرگرفته و له نشوند.

۶-۴-۳-۱۹- کارگران شاغل در پخش بتن با دستگاه پمپ باید نسبت به ضربه‌های ناگهانی شیلنگ، به‌دلیل فشار بالای بتن تحت فشار توجیه شوند و برای جلوگیری از سقوط مجهز به تجهیزات حفاظت از سقوط مطابق بند ۲-۶-۲ باشند.

۶-۴-۳-۲۰- برای جلوگیری از وارد شدن آسیب به کارگران به‌دلیل پدیده شلاق‌زدن شیلنگ[2]، باید از بتنی که قبلاً توسط یک منبع مخلوط شده، استفاده شود. استفاده از انواع دیگر بتن ممکن است باعث گرفتگی و شلاق زدن شیلنگ شود. باید از بتن در حالت خمیری استفاده شود و نباید اجازه داد بتن در خطوط سفت شود. پمپاژ را باید به‌آهستگی شروع کرد و شیلنگ انتقال دهنده را نباید برای رسیدن به مکان مورد نظر کشید. هنگام اتمام پمپاژ، برای جلوگیری از

۱- fail safe

2- Hose whip ضربه ناشی از حرکت ناگهانی و غیرقابل کنترل شیلنگ پلاستیکی و منعطف در انتهای مکان استقرار بازوی متحرک یا خطوط انتقال بتن

omoorepeyman.ir

ورود هوا به سیستم، باید کارگر متصدی شیلنگ را خم کرده و به سمت بالا بگیرد. همچنین نباید اجازه داد که شیلنگ بیشتر از حد مجاز از بازوی متحرک آویزان شود. حد مجاز برای شیلنگ با قطر ۱۲۵ میلیمتر ۵ متر است.

۶-۴-۳-۲۱- به‌دلیل سر و صدای تجهیزات پمپ بتن استفاده از محافظ گوش مطابق بند ۲-۱۰-۱۰ الزامی است.

۶-۴-۳-۲۲- حمل بتن توسط دستگاه‌های بالابر باید در جام‌های استاندارد انجام شود. جام‌های حمل بتن باید توسط بالابر به‌گونه‌ای به محل استفاده انتقال داده شوند که در مسیر انتقال کمترین تعداد شاغلان حضور داشته باشند. تردد کارگران در منطقه واقع در زیر مسیر عبور جام‌های بتن ممنوع است و باید با توجه به ضوابط بند ۲-۱۱ برای جلوگیری از ورود افراد متفرقه محصور و علامت‌گذاری شود. همچنین طراحی این جام‌ها باید به‌صورتی باشد که از واژگون شدن و سقوط آن‌ها هنگامی که در حالت معلق به‌وسیله بالابر در حال انتقال هستند جلوگیری شود.

۶-۴-۳-۲۳- اهرم تخلیه مجرای خروجی جام‌ها باید مجهز به قفل ضامن دار باشد تا در حین عبور از فراز کارگاه، به‌صورت سهوی باز نشود و بتن بر روی افراد، ماشین آلات و تاسیسات نریزد. سوار شدن کارگران پخش بتن بر روی جام ها حین جابجایی ممنوع است.

۶-۴-۳-۲۴- فاصله دستگیره‌های گاری‌های حمل بتن نباید در دو سمت، از فاصله بین چرخ های آن بیشتر باشد.

۶-۴-۳-۲۵- در تراکم بتن با لرزاننده باید تمام سیم‌ها و کابل‌های برق از داخل لوله‌های لاستیکی عبور کند و قسمت لرزاننده دستگاه باید به‌وسیله فنر یا لاستیک از قسمت فوقانی جدا شده باشد. دستگاه لرزاننده باید زمانی به‌کار افتد که میله لرزاننده روی بستر نرمی قرار گرفته باشد. بهتر است در شروع کار میله بالا گرفته شود یا روی جسم نرمی قرار بگیرد. به‌محض گرم شدن بیش از اندازه دستگاه باید آن را خاموش کرد و پس از انجام کار نیز باید آن را از برق کشید. باید مراقبت شود که قسمت لرزنده دستگاه به دست کارگر برخورد نکند. همچنین زیر پای کارگر باید تخته‌ای باشد تا ارتعاشات لرزاننده کمتر به بدن او منتقل شود. کارگری که با لرزاننده کار می‌کند باید در فواصل زمانی مناسب به پزشک مراجعه کند و گواهی ادامه کار بگیرد.

۶-۴-۳-۲۶- ماشین‌های ماله‌کش پروانه‌ای که توسط اپراتور هدایت می‌شوند باید مجهز به یک کلید کنترل باشد، به‌صورتی‌که بلافاصله پس از آنکه اپراتور دستان خود را از روی دستگیره دستگاه برداشت، به‌صورت خودکار خاموش شود. دستگیره‌های ماله‌های دستی و برقی در صورتی که احتمال برخورد با اتصالات برقی داشته باشند باید از مواد عایق ساخته شوند یا دارای روکشی از یک ماده عایق باشند.

۶-۴-۳-۲۷- هنگام عمل‌آوری بتن، باید تمهیدات لازم برای جلوگیری از برق‌گرفتگی در اثر پاشیدن آب بر روی کابل‌ها و سیم‌های رابط معیوب برق‌دار و مانند آن به‌عمل آورده شود.

۶-۴-۳-۲۸- در روش‌های مختلف عمل‌آوری بتن (به‌کارگیری روش‌های عمل‌آوری خشک) باید الزامات ایمنی و تدابیر پیشگیری از برق‌گرفتگی مطابق بند ۲-۱۲-۸ مورد توجه قرار گیرد. در صورتی‌که از مواد قابل اشتعالی چون کاه،

omoorepeyman.ir

خاک اره، پوشال، چوب، حصیر، چتایی، ورقه‌های نایلونی و پلی‌اتیلنی و سایر مواد مشابه استفاده می‌شود لازم است تدابیر پیشگیری از حریق مطابق بخش ۲-۴ به‌عمل آورده شود.

۶-۴-۴- قطعات پیش‌ساخته بتنی

۶-۴-۴-۱- قطعات پیش‌ساخته بتنی باید طوری طراحی و ساخته شوند که عملیات نقل و انتقال، جابجایی، نصب و برپا کردن آنها به‌راحتی و با ایمنی کامل انجام شود. وزن تقریبی قطعات نیز باید بر روی آنها نوشته یا حک شود.

۶-۴-۴-۲- قلاب‌ها یا سایر وسایلی که در قطعات پیش‌ساخته بتنی به‌منظور سهولت جابجایی و بلند کردن آنها پیش‌بینی و تعبیه می‌گردند، باید از جنس فولاد نرم (St37) انتخاب شوند و دارای مقاومت کافی در برابر نیروهایی که بر آنها وارد می‌شوند با ضریب اطمینان ۳ باشند. در داخل خود قطعه و در اسکلت ساختمان باعث ایجاد نیروهای مخربی نشده و پس از استقرار قطعات در محل نصب خود، به‌راحتی از وسایل و ادوات بالابر و جرثقیل جدا شوند.

۶-۴-۴-۳- قلاب‌ها و ادوات مربوط به سقف‌ها و پلکان‌ها باید به‌نحوی در قطعات پیش‌ساخته بتنی تعبیه شده باشند که پس از نصب قطعه، بالاتر از سطح کار قرار نگیرند.

۶-۴-۴-۴- هنگام نصب قطعات پیش‌ساخته بتنی، محوطه اطراف ساختمان که امکان سقوط قطعات به داخل آنها وجود دارد، باید مورد مراقبت دقیق قرار گرفته و محصور گردند. همچنین حریم خطوط هوایی انتقال برق باید مطابق بند ۲-۱۲-۲ رعایت شود.

۶-۴-۴-۵- در حین قراردادن بتن‌های پیش‌ساخته در محل نصب، کارگران باید مجهز به تجهیزات حفاظت از سقوط باشند. کارگران باید در تمام سطوح سکوهای شمع‌بندی[۱] از سیستم حفاظت از سقوط مطابق بند ۲-۶-۲ استفاده کنند و هر جا که امکان دارد برای جابجایی مواد و تجهیزات از جرثقیل استفاده شود.

۶-۴-۴-۶- تمام تجهیزات شمع‌بندی باید قبل از نصب مورد بازرسی قرار گیرد تا مشخص شود که این تجهیزات الزامات انجام عملیات قالب‌بندی به‌صورت ایمن را برآورده می‌کنند. تجهیزات شمع‌بندی صدمه دیده و مواردی‌که قدرت تحمل آنها به کمتر از حد استاندارد مورد نیاز رسیده باشد، باید تقویت شده یا تعویض شوند. این بازرسی‌ها همچنین در حین و بلافاصله پس از عملیات بتن‌ریزی نیز باید انجام شود.

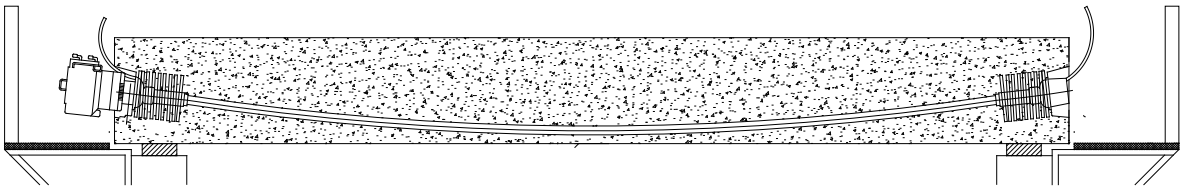
۶-۴-۵- پیش تنیدگی

هنگام کشیدن تاندون‌ها نباید فردی در مقابل گیره‌ها و یا در مسیر آن‌ها حضور داشته باشد. توصیه می‌شود صفحات محافظی مطابق شکل ۶-۴۱ مقابل گیره تعبیه گردد تا در صورت در رفتن تاندون، جلوی پرتاب آن را بگیرد. صفحات محافظ را می‌توان با یک لچکی و مهار از پشت مهار نمود. این صفحات باید دارای فاصله کافی با جداره سازه باشند تا

۱- shoring tower

omoorepeyman.ir

هنگام انجام عملیات کشش، فضای کافی وجود داشته باشد. صفحه محافظ باید ابعاد کافی برای پوشش مناسب محدوده پرتاب را داشته باشد.



شکل ۶-۴۱- محافظ در مقابل تاندون‌های پیش‌تنیده هنگام اجرای پیش تنیدگی

۶-۴-۶- مرکز تولید بتن[1] (بچینگ پلانت)

۶-۴-۶-۱- مشخصات عمومی

الف- برای استفاده از دستگاه تولید بتن باید اپراتور صاحب صلاحیت گمارده شود و افراد غیر مسئول باید از روشن کردن، کارکردن و یا دستکاری آن خودداری کنند.

ب- اپراتور قبل از شروع به‌کار باید با بررسی‌های لازم از صحت و سلامت کلیه قسمت‌های مرکز تولید بتن اطمینان حاصل نموده و در زمان اتمام کار، از خاموش بودن دستگاه مطمئن شود.

پ- اپراتور در حین عملیات نباید محل کار خود را ترک کند.

ت- رفت و آمد کلیه افراد به‌جز کارکنان آموزش‌دیده، در قسمت مرکز تولید بتن ممنوع است.

ث- نصب کلیه علائم ایمنی و برچسب هشدار دهنده موردنیاز بر روی مرکز تولید بتن مطابق بند ۲-۱۱ ضروری است.

ج- انجام هرگونه تعمیرات بر روی اجزا و تجهیزات مرکز تولید بتن باید با اخذ مجوز از واحد HSE باشد و از افراد صاحب صلاحیت برای انجام تعمیرات استفاده شود. درموقع انجام فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات به‌ویژه در دیگ‌های مخلوط‌کن و نوارهای نقاله باید تابلو «درحال تعمیر است» نصب شده و برق دستگاه از تابلوی اصلی به‌طورکامل قطع شود. محدوده عملیات تعمیراتی در اطراف تجهیزات باید با نصب تابلوها و نوارهای هشدار دهنده مطابق بند ۲-۱۱ مشخص شوند تا از ورود افراد متفرقه جلوگیری شود.

چ- در هنگام انجام تعمیرات بر روی دکل شن‌کش، سیلوها و هرگونه انجام کار در ارتفاع، رعایت الزامات ایمنی مطابق بند ۶-۱۳ الزامی است.

ح- کلیه کابل‌ها و سیم‌کشی مرکز تولید بتن باید کاملاً منظم بوده و از داخل داکت عبور کند.

خ- کلیه اجزای فلزی مرکز تولید بتن (اسکلت فلزی، اتاق فرمان، دکل شن‌کش، سیلوها) باید دارای اتصال زمین (ارت) بوده و مجهز به صاعقه‌گیر مطابق بند ۲-۱۲-۳ و ۵ باشد.

1- Batching plant

omoorepeyman.ir

د- پس از اتمام کار و قبل از شروع نظافت، باید ابتدا برق دستگاه قطع شود.

ذ- دپوی مواد در پله و در سکوی مرکز تولید بتن باید به‌گونه‌ای باشد که مانع رفت و آمد نشود.

ر- کارکنان در موقع رفت و آمد از پله مرکز تولید بتن باید نهایت دقت را به‌عمل آورده و از عجله و شتاب‌زدگی در کار خودداری نمایند.

ز- الکتروموتورها و تابلوهای برق مرکز تولید بتن نباید در معرض نفوذ آب و یا گردوغبار و در مسیر بارگیری کامیون‌های مخلوط‌کن قرار داشته باشد. کلیه الکتروموتورها باید دارای حفاظ ایمنی باشند.

ژ- درساخت پله و مسیرهای رفت و آمد کارکنان باید کلیه الزامات از جمله نصب نرده و پاگرد، رعایت شیب مجاز، طول، عرض، ارتفاع مجاز هر پله رعایت شود.

س- باید برنامه منظمی برای مدیریت نگهداری دستگاه‌ها و تجهیزات مرکز تولید بتن وجود داشته باشد و تجهیزات به‌صورت ادواری مورد بازرسی قرارگرفته و عیوب آنها به‌موقع گزارش شود.

ش- پس از پایان تعمیرات در صورت برداشتن حفاظ ایمنی در قسمت‌های مختلف، باید از نصب مجدد آنها اطمینان حاصل شود.

ص- در موقع انجام فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات باید از قرارگرفتن نفرات در زیر سیستم بالابر و جام حمل مصالح جلوگیری شود.

ض - در مواردی‌که کارکنان در طبقات بالا روی مرکز تولید بتن مشغول به‌کار هستند احتمال سقوط ابـزار و وسـایل کـار در اثر رها شدن سهوی از دست‌شان وجود دارد، لذا باید ناحیه کاری که در معرض پرتاب اشیا و ابزار آلات است علامت‌گذاری شود و تابلوها و علائم هشدار دهنده مطابق بند ۲-۱۱ نصب شود و در صورت نیاز سرپوش‌های حفاظتی مطابق بند ۲-۲-۳-۳ مستقر شود.

ط- کارکنان شاغل در مرکز تولید بتن به‌دلیل تماس مستمر با سیمان، باید به ماسک حفاظتی و دستکش مجهز باشند افرادی که در تراشیدن بتن خشک‌شده بر روی اجزای دستگاه کار می‌کنند، باید به عینک، دستکش لاستیکی، زانوبند و ماسک حفاظتی مجهز مطابق بخش ۲-۱۰ شده باشند.

ظ- در مناطق سردسیر و فصول سرد که سرمای محیط باعث یخزدگی آب می‌شود، اپراتور باید در زمان اتمام کار شیر تخلیه آب را باز کند تا آب باقی‌مانده در لوله‌ها و کاسه آب‌متر تخلیه شده و مانع از یخزدگی و شکستن قطعات حساس داخل آن شود.

ع- در بالاترین نقطه ارتفاعی مرکز تولید بتن باید چراغ نوری هشداردهنده در شب برای تشخیص موقعیت آن برای هواپیماها و بالگردها تعبیه شود.

omoorepeyman.ir

غ- هنگام نصب دستگاه‌ها و ماشین‌آلات مرکز تولید بتن باید از جرثقیل‌های دارای گواهی سلامت از مراکز صاحب صلاحیت استفاده شود. اپراتورهای این جرثقیل‌ها نیز باید دارای گواهینامه مهارت معتبر از مراکز صاحب صلاحیت باشند.

ف- تمامی الزامات کار در ارتفاع برای کسانی که در ارتفاع بر روی مرکز تولید بتن قطعات را جوشکاری و مونتاژ می کنند یا بازرسی و تعمیرات انجام می‌دهند باید مطابق بند ۲-۶ رعایت شود. همچنین در صورت داربست‌بندی رعایت موارد ایمنی مطابق ۲-۵-۴ الزامی است

ق- در عملیات باربرداری، برچیدن و انجام تعمیرات اجزای مرکز تولید بتن رعایت الزامات مندرج در بند ۲-۸ الزامی است.

ک- ورود کارکنان با موهای بلند، لباس‌های شل و گشاد و جیب‌دار، همچنین زیورآلات به مناطق تعمیراتی مرکز تولید بتن ممنوع است.

ل- برای مرکز تولید بتن باید روشنایی مناسب به‌ویژه هنگام کار در شب تامین شود.

م- دهانه‌های سیلوهای مصالح ساختمانی و قیف تغذیه‌کننده کامیون مخلوط‌کن و پمپ بتن باید به‌وسیله چند میله عمود بر هم حفاظ‌گذاری شود تا از سقوط افراد به داخل آن‌ها جلوگیری به‌عمل آید.

۶-۴-۶-۲- جانمایی

الف- باید محل استقرار مرکز تولید بتن، از محیط‌های جمعیتی و ساختمان‌های مسکونی و خوابگاه‌های کارگری حداقل ۱۰۰ متر فاصله داشته باشد. باید به جهت وزش باد غالب در جانمایی توجه شود تا اثر منفی باد در انتشار گرد و غبار کاهش یابد.

ب- مرکز تولید بتن باید در محلی قرار گیرد که در مسیر جاری شدن سیلاب نباشد و شیب محوطه به‌گونه‌ای باشد که پساب تولید شده در یک محل مشخص تجمع پیدا کند تا بتوان آن را جمع‌آوری نمود.

پ- در تعیین محل مرکز تولید بتن باید علاوه بر فضای موردنیاز برای نصب تجهیزات و سیلوها، فضای کافی برای دپوی مصالح مورد نیاز تولید بتن، محاسبه و تامین شود. در جانمایی مناسب مخازن سوخت باید ملاحظات ایمنی لازم مطابق بند ۲-۴-۲ رعایت شود.

ت- در محل استقرار مرکز تولید بتن باید فضای کافی برای تردد راحت و گردش و دور زدن ماشین آلات وجود داشته باشد. جاده‌های دسترسی به مرکز تولید بتن باید به‌گونه‌ای احداث شوند که گردوغبار ناشی از تردد، محل‌های اسکان کارگران و کارمندان را تحت تاثیر قرار ندهد. تداخل‌های کاری و حوادث احتمالی به‌واسطه تردد ماشین‌آلات باید به‌حداقل برسد.

omoorepeyman.ir

۶-۴-۶- ۳- دپوی مصالح سنگی

الف- برای تفکیک مصالح و سنگدانه‌های مختلف مورد نیاز تولید بتن، باید از دیوار حائل استفاده شود تا حداقل سه ناحیه جداگانه برای دپوی مصالح شامل ماسه، شن نخودی و شن بادامی در پشت مرکز تولید بتن فراهم شود. در ساخت دیوار حائل مصالح سنگی از لحاظ ایمنی ساخت دیوار بتن مسلح به‌دلیل استحکام تحمل بار بیشتر نسبت به سایر روش‌ها از ارجحیت برخوردار است.

ب- در صورت ساخت دیواره دپو با استفاده از سازه بتنی پیش‌ساخته و تخته الوار، باید ستون‌های عمودی کاملاً تراز بوده و از جوش با کیفیت برای استحکام آنها استفاده شود. برای استحکام دیواره لازم است تا برای آن پشت‌بند تعبیه شود که این پشت‌بندها متناسب با بار وارد به دیوار انتخاب می‌شوند و باید دارای مقاومت لازم باشند.

پ- در دیواره‌های ساخته شده از جنس بلوک بتنی باید ضمن کاربرد آرماتور در مصالح دیوار از پشت‌بند بتنی نیز استفاده کرد.

ت- درصورتی که دیواره دپوی مصالح سنگی از جنس تخته و الوار باشد بالارفتن لودر روی آن ممنوع است.

ث- به‌هنگام دپوی مصالح در پشت دیواره (خصوصاً دیوار از جنس تخته و الوار) باید دقت شود که تعادل وزن بار در دو طرف دیواره رعایت شود.

ج- ورود افراد به روی دپوی مصالح ممنوع است. حضور کارگران بر روی دپوی سنگدانه می‌تواند منجر به سقوط فرد داخل حفره ورود مصالح به پیمانه‌کن شود. این حفره در حالت فعال دارای خلاء است و به‌راحتی می‌تواند فرد را به همراه مصالح به‌داخل خود بکشاند.

چ- اطراف محل دپو مصالح باید محصورسازی شده و توسط تابلوها و علائم هشداردهنده از ورود افراد متفرقه بر روی مصالح جلوگیری شود.

۶-۴-۶- ۴- نوار نقاله[1] انتقال مصالح

الف- قبل از راه‌اندازی نوارهای نقاله باید کلیه سوئیچ‌های حفاظتی و تجهیزات ایمنی، بازرسی شده و از سالم بودن آنها اطمینان حاصل شود. همچنین اطراف آن باید کاملا بررسی شود. بازرس هنگام بازرسی نقاله باید از کنار آن فاصله گرفته و زیاد به آن نزدیک نشود. چنانچه عیوب ظاهری در قطعات نقاله و یا نشت روغن از جعبه دنده و قسمت‌های دیگر مشاهده شد باید به مسئول مربوطه گزارش شود. همراه داشتن چراغ قوه برای افراد بازرس خط ضروری است.

1- Conveyor

omoorepeyman.ir

ب- محل اتصالات نوار نقاله به سیلوها و ورودی به مخلوط‌کن باید کاملاً محکم و درزبندی شده باشد تا از نشت گرد و غبار سیمان به بیرون جلوگیری شود. همچنین الکتروموتورها باید دارای حفاظ ایمنی باشند تا از نفوذ گرد و غبار، آب و... به داخل آن‌ها جلوگیری شود.

پ- دریچه‌های موجود بر روی نوار نقاله نیز باید به‌طور کامل بسته شوند تا سیمان از آن به بیرون نفوذ نکند.

ت- مناطق ممنوعه یا خطرناک نوار نقاله عبارتند از؛ روی نقاله‌ها و زیر آن، اطراف وزنه تعادل، اطراف قطعات گردنده مثل شفت‌ها و متعلقات انتقال نیرو. این مناطق مکان‌هایی هستند که به‌هیچ عنوان کارگران و کارکنان نباید در آن محدوده قرارگیرند مگر با اجازه مسئول ایمنی.

ث-کارگران باید از دست‌زدن به قطعات در حین کار و از راه رفتن و ایستادن بر روی نقاله حتی در هنگام توقف خودداری کنند. درصورت گرفتن یا گیرکردن نوار نقاله‌ها از قراردادن دست در دریچه نوار نقاله باید جلوگیری شود.

ج- درصورت گرفتن مارپیچ نوار نقاله باید از پتک لاستیکی استفاده شود.

چ- هرگونه سروصدای غیر عادی از موتور و دیگر تجهیزات در حین کار نوار نقاله باید به مسئول مربوط گزارش شود.

ح- برای کارهای تعمیراتی کارکنان حداقل باید به‌صورت دو نفره در محل حضور داشته باشند.

خ- برای تعویض غلتک‌ها و هرزگردها، بعد از ایمن‌سازی خط، باید اول تسمه نقاله را توسط جک از روی آنها بلند کرد و سپس توسط اهرم آنها را خارج نمود.

۶-۴-۶-۵- شن‌کش

الف- در مرکز تولید بتن از نوع دراگلاینی[1] که به ستاره‌ای نیز معروف است و از قدیمی‌ترین دستگاه‌های تولید بتن به‌شمار می‌رود از شن‌کش و سیم بکسل برای هدایت مصالح به داخل دستگاه استفاده می‌شود. با دکل جرثقیل ثابت نصب شده دراین نوع مرکز تولید بتن، انتقال مصالح با استفاده از شن‌کش تا شعاع ۲۰ متری و با شعاع گردش ۱۸۰ درجه مکان پذیر است. از آنجا که سیم بکسل کشش دارای طول بیشتری است تا بتواند با پرتاب جام، مصالح را به بالای محل دپو و سپس دریچه‌ها عبور دهد لازم است منطقه اطراف مصالح به شعاع برابر با طول سیم بکسل به‌علاوه ۱۰ متر، به‌عنوان منطقه ممنوعه تردد در نظر گرفته شود تا از برخورد تجهیزات با کارگران جلوگیری شود.

ب- برای رفت و آمد اپراتور شن‌کش باید مسیر مناسبی تعبیه شده باشد. مسیر دسترسی اپراتور شن‌کش به اتاقک نیز باید دارای نرده‌حفاظتی باشد.

پ- کلیه قسمت‌های متحرک خصوصاً سقف اتاقک (کابین) شن‌کش باید کاملاً پوشیده و دارای حفاظ ایمنی باشد.

ت- اتاقک شن‌کش باید به‌گونه‌ای طراحی شده باشد که میدان دید اپراتور نسبت به محوطه دپو مصالح مناسب باشد.

1- Drag line

omoorepeyman.ir

ث- محل نشستن اپراتور شن‌کش در معرض برق گرفتگی است لذا اتاقک مورد نظر باید دارای اتصال زمین و کلید جریان باقیمانده مطابق بند ۲-۱۲ باشد.

ج- به دلیل سروصدای موجود در این دستگاه باید تمام اپراتورها از گوشی‌های محافظتی مطابق بند ۲-۱۰-۱۰ استفاده نمایند.

چ- نصب صندلی ارگونومی برای اپراتور شن‌کش ضروری است. همچنین اتاقک شن‌کش باید مجهز به سیستم تهویه مطبوع باشد.

ح- اپراتور قبل از استفاده از شن‌کش باید از نبودن افراد روی دپوی مصالح اطمینان حاصل کند.

خ- تمام قسمت‌های متحرک خصوصاً در پایین شن‌کش باید پوشیده و مجهز به حفاظ ایمنی باشد. همچنین با ورود افراد به حریم کار دستگاه شن‌کش احتمال برخورد جام شن‌کش با افراد وجود دارد، لذا در تمام قسمت‌هایی که احتمال ورود افراد متفرقه به داخل محدوده عملیاتی وجود دارد باید نرده حفاظتی نصب شود.

د- هنگام کار در شب باید روشنایی مناسب تامین شود. نصب پروژکتور بر روی بوم جرثقیل توصیه می‌شود.

۶-۴-۶-۶- سیلوهای ذخیره سیمان

الف- پایه‌های سیلو باید بر اساس وزن سازه در حالات مختلف پر یا خالی بودن و حفاظت در برابر باد و زلزله و دیگر بارهای احتمالی توسط پیمانکار محاسبه و طراحی شده و به تائید دستگاه نظارت برسد. قبل از نصب سیلوها باید از استحکام پی و تراز بودن صفحه ستون‌ها اطمینان حاصل شود. محل استقرار میل‌مهارها بر روی صفحه ستون نیز باید در چهارگوشه صفحه در فواصل برابر باشد و از دوربین نقشه‌برداری برای کنترل شاغول بودن آن استفاده شود.

ب- محل اتصال پایه‌های سیلو به صفحه ستون باید به‌وسیله لچکی‌های هم‌اندازه و با زاویه ۹۰ درجه نسبت به یکدیگر برای تحمل بار یکنواخت مستحکم شود. بادبندها باید به‌طور صحیح با توجه به‌موقعیت محل استقرار نصب شود.

پ- پایه سیلوها باید با یکدیگر کاملاً هم اندازه، تراز و لبه زیرین هر پایه کاملاً یکنواخت و صاف باشد.

ت- در جوشکاری سیلوهای بزرگ به‌دلیل اینکه بار سنگینی به پایه‌ها وارد می‌شود باید برای رسیدن به جوش یکنواخت و مستحکم از دستگاه رکتیفایر یا دیزل برای جوشکاری استفاده شود.

ث- نردبان‌های ثابت عمودی تعبیه شده بر روی سیلوها باید دارای حفاظ پشت‌بند (حفاظ ملوانی نیم دایره) بوده و تا ارتفاع ۲ متری سطح زمین ادامه پیدا کند و در فواصل ۶ متری دارای پاگرد باشد. همچنین در سقف سیلو باید قبل از نصب، حفاظ نیم تنه نصب شود.

ج- هنگام بالارفتن و پائین آمدن کارگران برای تعمیرات و بازرسی از سیلوها، به‌ویژه به‌دلیل وجود وزش باد و تکان‌های احتمالی یا لغزندگی سطوح باید ضمن اخذ مجوز از واحد HSE، از تجهیزات توقف سقوط مطابق بند ۲-۶-۲ استفاده شود.

omoorepeyman.ir

چ- در هنگام نصب و استقرار سیلوها عدم ازدحام و تجمع بی‌مورد کارکنان و اعلام ممنوعیت رفت و آمد در محدوده شعاع ارتفاع سیلوها ضروری است. برای تردد ایمن در محل انجام عملیات، باید منطقه کاری با علائم و تابلوهای هشدار دهنده مطابق بند ۲-۱۱ ایمن سازی شود.

ح- در زمان نصب و برچیدن سیلوها، رعایت ضوابط مربوط به حمل و جابجایی بارهای سنگین مطابق بند ۲-۸ ضروری است.

خ- باتوجه به مهم بودن دما در ساخت بتن، توصیه می‌شود رنگ سیلوها روشن انتخاب شود تا جذب و انتقال گرما کاهش یابد.

د- در کنار سیلو باید محوطه‌ای برای استقرار بونکرهای سیمان در نظر گرفته شود تا به بونکر امکان مانور و حرکت بدهد. کف محوطه باید تحمل بار ناشی از وزن بونکر را که ممکن است تا ۴۰ تا چهل تن برسد، داشته باشد.

ذ- هنگام تخلیه سیمان از بونکر به سیلوها باید توجه شود که سیلو بیش از حد پر نشود. برای این منظور باید تراز سیمان به‌صورت چشمی و یا ترجیحا با استفاده از تجهیزات خودکار کنترل شود. در این زمینه اپراتور باید آموزش ببیند و ارتباط مناسب بین اپراتور مرکز تولید بتن با راننده بونکر حین عملیات تخلیه سیمان برقرار باشد. همچنین اپراتور باید از اتصال صحیح شیر تخلیه بونکر به مخزن و آب‌بندی مناسب آن قبل از شروع عملیات تخلیه سیمان اطمینان حاصل کند.

ر- برای جلوگیری از پاشش سیمان به چشم راننده بونکر سیمان و سایر افراد حاضر در زمان تخلیه، باید از عینک ایمنی مطابق بند ۲-۱۰-۳ استفاده شود.

ز- کنترل فشار هوای داخل سیلو برای حفظ ایمنی عملکرد آن بسیار اهمیت دارد. همانگونه که سیلو تحت فشار خطرناک است، سیلو با فشار پائین نیز می‌تواند باعث بروز برخی مشکلات و خطرات از جمله کمانش بدنه و خارج شدن سیمان از سیلو شود. برای نمایش فشار داخل باید فشارسنج‌هایی برای سیلو تعبیه کرد.

ژ- هنگامی‌که سیمان وارد سیلو می‌شود باید مجرایی برای خروج هوایی که سیمان جایگزین آن شده فراهم باشد تا ضمن آنکه مخزن تحت فشار قرار نگیرد، انتقال سیمان به سیلو با صرف انرژی کمتری انجام شود. هنگام تخلیه سیمان به‌دلیل آنکه از سیستم هوای فشرده استفاده می شود، حجم بالایی از گرد و غبار از سیلو خارج می‌شود که علاوه بر هدر رفتن سیمان، باعث آلودگی زیست محیطی شده و سلامتی کارکنان و مجاورین کارگاه را مورد تهدید قرار می‌دهد. برای کنترل گرد و غبار خروجی سیلو از روش‌هایی چون تعبیه فیلتر غبارگیر (خودکار و دستی)، اتاقک آرامش سیمان و سیستمِ تر به تناسب شرایط پروژه استفاده می‌شود.

ژ-۱- فیلتر غبارگیر (خودکار و دستی): در غبارگیر خودکار، برای جمع‌آوری گرد و غبار از فیلترهای کاغذی استفاده می‌شود. حجم و ظرفیت این فیلترها باید متناسب با حجم سیلو انتخاب شود تا همواره فشار هوای داخل سیلو در حد مطلوب باقی بماند. در این روش به موتور الکتریکی برای مکش هوای آلوده از روی سیلو به داخل

omoorepeyman.ir

غبارگیر نیاز است. در اثر مکش، هوای حاوی گرد و غبار سیمان. از منافذ فیلترها عبور کرده و غبار موجود از هوا جدا شده و هوای تمیز از غبارگیر خارج می‌شود. از سیمان جذب‌شده نیز می‌توان مجدد استفاده کرد. در نوع دستی این روش لوله‌ای روی درب خروجی سیلو (محل خروج گرد و غبار) تعبیه می‌شود و انتهای باز این لوله را با کیسه کاغذی بسته می‌شود تا گرد و غبار از هوا جدا شود. در صورتی‌که فیلترها فاقد امکانات تمیزکننده خودکار باشند باید نظارت مستمری انجام شود و حداقل یک‌بار در هفته فیلترها تمیز شوند.

ژ-۲- اتاقک آرامش: در این سیستم یک لوله ۲ اینچی از قسمت دمپر خروجی هوای سیلو برای برگشت سیمان تعبیه می‌شود. لوله مورد نظر به داخل اتاقک ساخته شده در زیر سیلوها متصل می‌شود. با ورود گرد و غبار به این اتاقک، از سرعت آن کاسته شده و به تدریج ته‌نشین می‌شود. گرد و غبار سیمان ته‌نشین شده نیز می‌تواند مجدد در سیستم استفاده شود.

ژ-۳- سیستم تر: راه دیگر کنترل آلودگی، انتهای لوله مذکور که در بند فوق (بند ژ-۲) به آن اشاره شد به‌جای آنکه وارد اتاقک آرامش شود، وارد بشکه آب شده و ذرات سیمان در اثر آب‌شستگی از هوای آلوده جدا می‌شود. گِل نشین شده باید توسط پیمانکاران صاحب صلاحیت بارگیری و برای دفع اصولی به بیرون از کارگاه منتقل شود. از معایب دیگر این روش عدم استفاده از سیمان ته‌نشین شده است. استفاده از این روش مجاز نیست و تنها در صورتی‌که که به تشخیص دستگاه نظارت به‌دلیل شرایط پروژه استفاده از دو روش فوق امکان پذیر نباشد، با صدور مجوز مکتوب دستگاه نظارت قابل اجراست.

س- قسمت تحتانی سیلوها، ظروف و مخازن ذخیره سازی سیمان باید مخروطی شکل و به‌گونه‌ای باشد که جریان خروج سیمان فقط به کمک نیروی مکانیکی یا پنوماتیکی انجام شود.

ش- هیچ‌یک از کارگران، مجاز به ورود به تجهیزات ذخیره‌سازی سیمان نیستند مگر سیستم بیرون‌رانی[1] سیمان خاموش شده و مطابق بند ۲-۲-۹ قفل و برچسب خورده باشد. در صورت ضرورت ورود کارگران به سیلوهای ذخیره سیمان باید از تجهیزات حفاظت از سقوط مطابق بند ۲-۶-۲ استفاده شود.

۶-۴-۶-۷- دیگ مخلوط‌کن[2]

الف- هنگام مخلوط‌کردن مصالح به‌هیچ عنوان درب مخلوط‌کن مرکز تولید بتن نباید باز بماند. لذا بر روی درب آن، نصب میکروسوئیچ ضروری است تا هنگام بازشدن، دستگاه به‌طور خودکار متوقف شود. همچنین درب مخلوط‌کن باید هنگام بسته بودن کاملا درز بندی شده باشد تا گرد و غبار و مصالح از آن در محیط پراکنده نشود.

ب- درب دیگ مخلوط‌کن هنگام باز شدن باید به‌طور کامل قابلیت مهار شدن را داشته باشد تا از سقوط آن جلوگیری شود.

۱- ejection system
2- Mixer

omoorepeyman.ir

پ- دریچه ورود مواد افزودنی به بتن باید دارای حفاظ مناسب باشد تا مانع ورود دست به داخل مخلوط‌کن شود. هنگام اختلاط بتن، درصورت نیاز به اضافه‌کردن افزودنی به بتن از دریچه تعبیه شده روی مخلوط‌کن، باید ضمن زدن ماسک از دستکش و پیمانه مربوطه استفاده شود.

ت- در صورتی که حجم مخلوط‌کن بتن از ۰/۸ مترمکعب بیشتر باشد باید مجهز به یک وسیله مکانیکی باشد تا از بیرون پریدن مواد داخل مخلوط‌کن حین چرخش جلوگیری کند.

ث- هنگام کار با افزودنی‌ها و سایر مواد پلیمری، شیمیایی و نانو، باید الزامات بند ۲-۴-۳ رعایت شود.

ث- هر نوع دستگاه بتن‌ساز باید مجهز به ضامن باشد تا در هنگام تمیزکاری دستگاه، از به‌کار افتادن تصادفی آن پیشگیری به‌عمل آید.

۶-۴-۶-۸- اتاق فرمان

اتاق فرمان مرکز کنترل و هدایت کلیه عملیات مرکز تولید بتن است و تابلوی فرمان و سیستم‌های الکتریکی هدایت دستگاه در آن مستقر است. در اتاق فرمان موارد ایمنی زیر باید رعایت شود:

الف- باید فضای کافی برای تردد راحت اپراتور وجود داشته باشد. همچنین باید از محدودکردن فضای‌کاری در اتاق فرمان و استفاده از آن به‌عنوان محلی برای انبارکردن اقلامی مانند روغن، میکروسیلیس و نگهداری سایر وسایل دست و پاگیر جلوگیری شود.

ب- اتاق فرمان باید به‌گونه‌ای طراحی شده باشد تا اپراتور نسبت به سایر همکاران خود درسکوی مرکز تولید بتن، دیدِ کافی داشته باشد.

پ- تعبیه یک عدد کپسول اطفا حریق (ترجیحا CO_2)، جعبه کمک‌های اولیه و چراغ قوه در اتاق فرمان ضروری است.

ت- پس از اتمام کار و همچنین در هنگام تعمیرات، باید محفاظ ایمنی تابلو فرمان در حالت بسته باشد.

ث- درهنگام نظافت باید از پاشیدن آب به قسمت اتاق فرمان و الکتروموتورها خودداری شود.

ج- فقط اپراتور مرکز تولید بتن مجاز به رفت و آمد در قسمت اتاق فرمان است. تردد افراد متفرقه به اتاق فرمان ممنوع است و افراد مجاز به ورود به اتاق فرمان توسط سرپرست کارگاه مشخص می‌شود. کلید درب اتاق باید فقط در تحویل اپراتور باشد.

چ- تابلوی فرمان باید طوری جانمایی شود که احتمال برخورد سهوی اپراتور با آن وجود نداشته باشد. در تابلو فرمان به‌جای استفاده از کلیدهای برجسته باید از کلیدهای دارای حفاظ (رینگ دار) استفاده شود تا در اثر برخورد سهوی عمل نکند. همچنین در تابلو اتاق فرمان باید کلید قطع اضطراری[1] برای توقف فوری دستگاه تعبیه شده باشد تا در صورتی که اپراتور با هرگونه مشکل یا شرایط اضطرار مواجه شد با فشار دادن این کلید، عملکرد مرکز تولید بتن فورا قطع شود.

1- Emergency

omoorepeyman.ir

ح- بدنه فلزی اتاق فرمان، همچنین تابلوی فرمان باید دارای سیستم اتصال به زمین یا ارتینگ باشند.

خ- بازرسی سیم بکسل و کنترل ایمنی آن در سیستم بالابر و واگن حمل مصالح و شن‌کش باید مطابق با الزامات بند ۲-۸-۳ انجام شود.

۶-۴-۶-۹- پساب مرکز تولید بتن

در مورد الزامات پساب ناشی از شست‌شوی تجهیزات مرکز تولید بتن و کامیون‌های مخلوط‌کن و پمپ‌های بتن به بند ۲-۹-۶-۱۳مراجعه شود.

omoorepeyman.ir

Building General Technical Specification Volume III

Concrete, Technology and Construction

[IR-Code 55-3]

Authors & Contributors Committee:

Hormoz	Famili (Concrete, Technology and Construction Section Chair)	Kooban Kav Consulting Engineers Co.	Ph.D. of Civil Eng.
Mohsen	Tadayon	Sinab gharb Consulting Engineers Co.	Ph.D. of Civil Eng.
Babak	Ahmadi	Building and Housing Research Center	Ph.D. of Civil Eng.
Jafar	Sobhani	Building and Housing Research Center	Ph.D. of Civil Eng.
Mahdi	Khoshkerdar	Building and Housing Research Center	Ph.D. of Civil Eng.
Mehdi	Nemati chari	Building and Housing Research Center	Ph.D. of Civil Eng.
Mohammad Hosein	Tadayon	Ara Beton Arvand Co.	Ph.D. of Civil Eng.
Mahmood	Irajian	Padrapat Pars Co.	Ph.D. of Civil Eng.
Amirmaziar	Raeisghasemi	Building and Housing Research Center	M.Sc. of Architectural Eng.
Mostafa	Haghtalab	Malayer University	M.Sc. of Civil Eng.
Soheil	Jafarinejad	Construction Materials Institute of University of Tehran	M.Sc. of Civil Eng.
Amir	Malekmohammadi	Construction Materials Institute of University of Tehran	M.Sc. of Civil Eng.

omoorepeyman.ir

Coordination and Integration Committee:

Mohammad	Shekarchi (Chair)	University of Tehran	Ph.D. of Civil Eng.
Asghar	Sead samii	University of Tehran	Ph.D. of Architectural Eng.
Hasan	Aghatabesh	Ministry of Roads & Urban Development	M.Sc. of Civil Eng
Mohammad hosein	Eftekhar	Bonyad Maskan Co.	M.Sc. of Civil Eng.
Alireza	Toutounchi	Deputy of Department of Technical & Executive Affairs	M.Sc. of Civil Eng.
Mohammad jafar	Alizadeh	Ministry of Roads & Urban Development	M. Sc. of Civil Eng.
Javad	Farid	Behrad Fardis Co.	M.Sc. of Civil Eng.
Mohammad reza	Tabib zadeh	Association of Petroleum Industry Engineering & Construction Companies	M.Sc. of Civil Eng.
Behnaz	Pourseyed	Former Head of Department of Technical & Executive Affairs	M.Sc. of Civil Eng.
Mohammad reza	Siadat	Expert of Department of Technical & Executive Affairs	M.Sc. of Architectural Eng.
Hassan	Soltanali	Avid Saraye Imeni Keifiyat Co.	M.Sc. of Civil Eng.
Mohsen	Bahram ghaffari	Hafez Construction Co.	M.Sc. of Civil Eng.
Farzin	Kalantary	K.N.Toosi University of Technology	Ph.D. of Civil Eng.
Hormoz	Famili	Kooban Kav Consulting Engineers Co.	Ph.D. of Civil Eng.
Abazar	Asghari	University of Tehran	Ph.D. of Civil Eng.
Rasoul	Mirghaderi	University of Tehran	Ph.D. of Civil Eng.
Farhang	Farahbod	Building and Housing Research Center	Ph.D. of Civil Eng.
Nader	Khajeh ahmad attari	Building and Housing Research Center	Ph.D. of Civil Eng.
Sohrab	Veiseh	Building and Housing Research Center	Ph.D. of Mining Eng.
Mojdeh	Zargaran	Building and Housing Research Center	Ph.D. of Chemical Eng.
Behrouz	Kari	Building and Housing Research Center	Ph.D. of Civil Eng.
Alireza	Khavandi	University of Zanjan	Ph.D. of Civil Eng.
Abdollah	Hosseini	University of Tehran	Ph.D. of Civil Eng.
Seyed ali	Razavi	University of Science and Culture	Ph.D. of Civil Eng.

omoorepeyman.ir

Behnam	Mehrparvar	Building and Housing Research Center	Ph.D. of Civil Eng.

Steering committee (With the secretary of Road, Housing & Urban Development Research Center):

Mohammad	Shekarchi (chair)	University of Tehran
Mohammad hosein	Eftekhar	Bonyad Maskan Co.
Mohammad jafar	Alizadeh	Ministry of Roads & Urban Development
Alireza	Toutounchi	Plan and Budget Organization

Steering committee (Plan and Budget Organization):

Alireza	Toutounchi	Deputy of Department of Technical & Executive Affairs
Mohammad reza	Siadat	Expert of Department of Technical & Executive Affairs
Sajjad	Heidari Hasanaklou	Expert of Department of Technical & Executive Affairs

.

omoorepeyman.ir

Abstract:

The first edition of Code 55 was published in 1974 with focus on standardizing the general technical specifications for buildings in the country. The second edition, released in 2013, also considered an adaptation to the country's climatic conditions and incorporated attention to new technologies and industrial innovations. The revision and completion of contents, particularly in the second chapter "Construction Materials," the fifth chapter "Concrete," and the inclusion of new relevant standards throughout the text, along with technical editing of the entire collection, were among the significant changes that have been made.

The current edition, compiled by the Road, Housing, and Urban Development Research Center, represents the "third revision" of Code 55. This revision is based on the significant developments in the construction industry in the recent years compared to the previous edition. Fundamental revisions have been made, with key topics including attention to principles of sustainable development, environmental protection, energy conservation, application of new technologies, and industrialized building methods. There is also a focus on considering climatic and geographical conditions in material selection, providing implementation methods with monitoring and control capabilities, prioritizing the use of local materials and domestic construction, and paying special attention to the country's seismic conditions.

Due to the extensive content, this regulation has been prepared and compiled in ten separate volumes as described below:

- Volume One: General Specification, Documentation, Health and Safety Executive
- Volume Two: Demolition, Geotechnics
- **Volume Three: Concrete, Technology and Construction**
- Volume Four: Steel and Implementation of Steel Structures
- Volume Five: Masonry work, Building Facade
- Volume Six: Insulation
- Volume Seven: Coatings
- Volume Eight: Doors and Windows
- Volume Nine: Landscaping
- Volume Ten: Seismic Rehabilitation of Existing Buildings

This volume (the third volume) consists of the sixth chapter (Concrete, Technology and Construction).

Users are encouraged to send their desired amendments to the secretariat of Code 55 (Code55@bhrc.ac.ir) to contribute to the enhancement of the current code. Proposed amendments will be reviewed by experts, and a revised text will be prepared if necessary. It is important to acknowledge the approximately 100 professors and experts who actively participated in compiling this edition.

omoorepeyman.ir

Islamic Republic of Iran
Plan and Budget Organization

Building
General Technical Specification
Volume III

Concrete, Technology and Construction

IR-Code 55-3
Last Version 01/08/2025

Deputy of Technical, Infrastructure and Production

Road, Housing & Urban Development Research Center

Department of Technical and Executive Affairs

Department/Office

nezamfanni.ir

2025

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

این ضابطه

به عنوان جلد سوم مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی، به بتن و اجرای آن در هنگام ساخت ساختمان می‌پردازد و رعایت آن طبق بخشنامه ابلاغی الزامی است.

omoorepeyman.ir