

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

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



شکل ۸ نمونه‌ای از نحوه نامناسب تراکم بتن

۹

پرداخت سطح بتن

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

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

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

۹-۱ شمشه یا تراز کردن

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



شکل ۱ استفاده از شمشه برای تراز کردن سطح یک دال

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



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

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

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

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



شکل ۳ تخته ماله‌کشی با تخته ماله دسته بلند

عمل تخته ماله کشی باید بلافاصله پس از شمشه کردن صورت گیرد و قبل از آنکه آب آوری در سطح بتن مشاهده گردد، باید به اتمام برسد. به طور کلی عمل پرداخت که در هنگام آب آوری انجام می‌پذیرد سبب جدا شدن لایه سطحی بتن می‌گردد و این نکته باید به عنوان یک اصل در عملیات پرداخت سطح بتن مورد توجه قرار گیرد. تخته ماله کشی به دلایل زیر استفاده می‌شود:

- حذف لبه‌های باقی مانده از عمل شمشه کاری

- پر کردن منافذ

۳-۹ ماله کشی

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

فرو بردن سنگدانه‌های درشت به درون بتن

حذف ناهمواری‌ها و منافذ باقی مانده و ایجاد یک سطح کاملاً هموار

تراکم سطح بتن

ماله به صورت نوع دستی و مکانیکی موجود است. ماله دستی از جنس چوبی، آلومینیومی و منیزیومی است. ماله آلومینیومی و منیزیومی راحت‌تر در سطح بتن حرکت می‌کنند، در این صورت، از مقدار انرژی مورد نیاز کاسته می‌شود. برای ماله کشی بتن حباب دار (به علت استفاده از ماده افزودنی حباب ساز) استفاده از ماله فلزی ضروری است، زیرا ماله چوبی بر سطح بتن چسبیده و سبب خرابی سطح می‌گردد.

عرض ماله دستی باید به صورت کاملاً افقی (بدون ایجاد زاویه) بر روی سطح بتن قرار داده شود و آن را به صورت اره‌ای و قوسی حرکت داده تا منافذ پر شده و سطح بتن کاملاً هموار گردد. ماله کشی سبب می‌شود تا سطح بتن هموار شده (ولی صاف نمی‌شود) و مقاومت مناسبی در مقابل لیز خوردن به وجود آید و معمولاً به عنوان پرداخت نهایی تلقی می‌گردد. ماله کشی با دستگاه مکانیکی نیز امکان‌پذیر است. دستگاه ماله کشی شامل یک محور عمودی است که به آن چند پره به شکل ماله متصل است و حرکت دورانی پرها سبب هموار شدن سطح بتن می‌گردد (شکل ۴).



شکل ۴ مرحله ماله‌کشی

۴-۹ پرداخت نهایی

بعد از عمل ماله‌کشی می‌توان با ابزارهای دستی یا مکانیکی مخصوص پرداخت نهایی، سطح بتن را کاملاً صاف نمود. مرحله پرداخت نهایی بلافاصله بعد از ماله‌کشی و با ابزار دستی یا ماشین انجام می‌پذیرد. ابزار دستی که برای پرداخت نهایی استفاده می‌شود (شکل ۵)، یک صفحه فولادی پهن به ابعاد 400×100 میلیمتر است. استفاده از صفحه فولادی با ابعاد کوچکتر برای مرتبه دوم و یا سوم پرداخت نهایی اشکالی ندارد. در بعضی موارد (مانند دالها)، پرداخت نهایی با دستگاه مکانیکی انجام می‌شود. این دستگاه مشابه ماله دستی است، تنها تفاوت آن، ابعاد کوچکتر پره‌ها و امکان تغییر و فشار بر روی آنهاست. در مرحله اول پرداخت، پره‌ها به صورت مستقیم و در مراحل بعدی، به زاویه پره‌ها افزوده می‌شود (شکل ۶).

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



شکل ۵ پرداخت نهایی با ابزار دستی



شکل ۶ پرداخت نهایی با ابزار مکانیکی

۵-۹ توقف در عملیات پرداخت

هر گاه آب حاصل از آب آوری بر سطح بتن مشاهده گردید، باید عملیات پرداخت متوقف گردد تا آب از سطح بتن تبخیر شود. معمولاً آب حاصل از آب انداختن پس از ماله کشی با تخته ماله دسته بلند و کوتاه مشاهده می شود. اما به هر حال هنگامی که آب انداختن در بتن رخ دهد باید عملیات به صورت موقت متوقف شود. ادامه عملیات پرداخت که معمولاً مرحله ماله کشی است باید با یک آزمایش ساده انجام گردد. این آزمایش بر این اساس است که فشار پا بر روی بتن باید حداکثر ۵ میلیمتر اثر بگذارد. این حالت نشان می دهد که سطح بتن آماده ماله کشی است.

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

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

۱۰♦

درز انقباض (جمع شدگی)

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

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

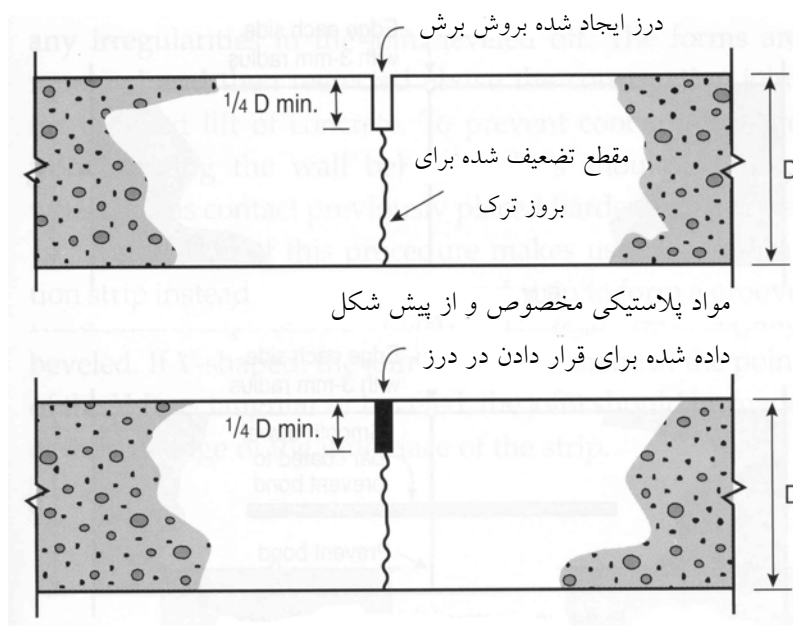
در این فصل، توصیه‌هایی برای ایجاد درزهای انقباض در دال‌های کف ارائه شده است. برای ساخت درزهای انقباض موارد زیر باید رعایت شوند :

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



شکل ۱ استفاده از دستگاه برش برای ایجاد درز

ایجاد درزهای انقباض در بتن تازه نیز با استفاده از نوارهای پلاستیکی، فلزی و چوبی امکان‌پذیر است. برای نصب نوارها، یک شیار به وسیله ماله و یا شیارزن در بتن تازه ایجاد کرده و سپس نوارها در آن شیار گذاشته می‌شود. پس از اتمام عملیات ایجاد درزها، باید با استفاده از ماده درزگیر، نسبت به پر کردن درزها اقدام نمود (شکل ۲). با پر کردن درزها، از لبه‌های درز محافظت شده و عبور ترافیک (آمد و شد) بدون اشکال انجام می‌گردد.



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

ب - فاصله درزهای انقباض معمولاً بین ۲۴ تا ۳۶ برابر ضخامت دال است. برای تعیین فاصله تقریبی درزها به جدول ۱ مراجعه شود. فاصله درزهای انقباض به اسلامپ، حداکثر اندازه سنگدانه شکل و بافت سطحی سنگدانه‌ها، نسبت آب به سیمان، عیار و نوع سیمان بستگی دارد و بهتر است فواصل درزها را به مراتب کمتر از جدول زیر در نظر گرفت.

جدول ۱ حداکثر فاصله درزهای انقباضی

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

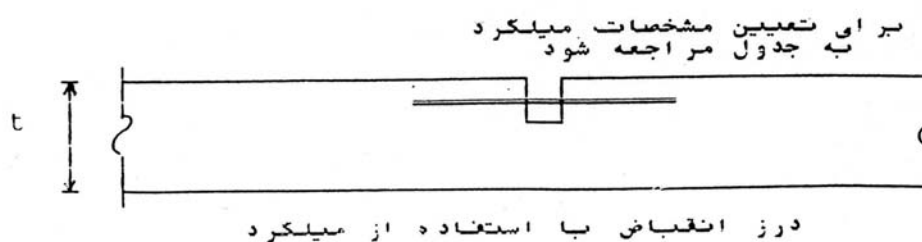
شایان ذکر است، مقادیر اسلامپ ذکر شده برای بتن بدون استفاده از مواد افزودنی روان کننده یا فوق روان کننده است و چنانچه از بتن با مواد افزودنی استفاده گردد، اسلامپ قبل از استفاده از مواد افزودنی است.

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

جدول ۲ فواصل میلگردها در درزها

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

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

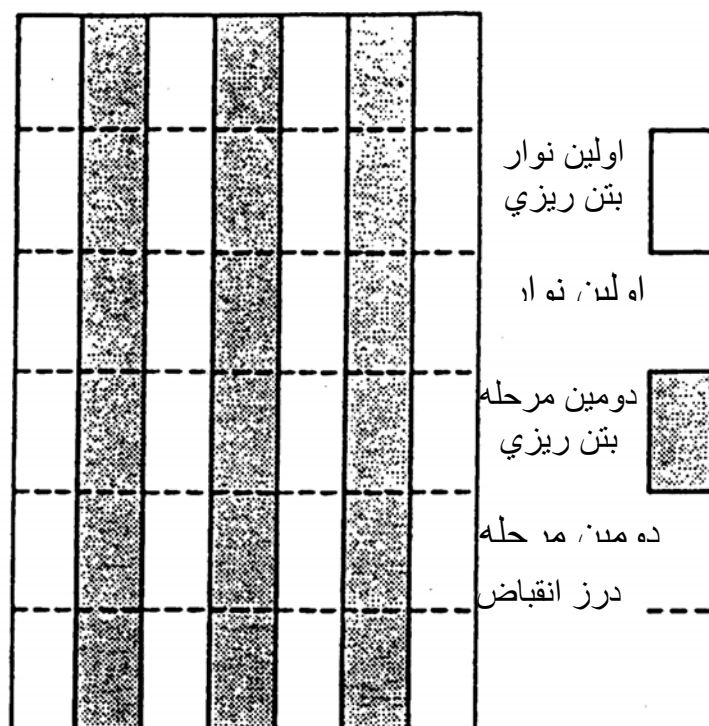


شکل ۳ درز انقباض با استفاده از میلگرد

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

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

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



شکل ۴ روش بتن ریزی دال و ایجاد درز انقباض

- چ - برای اجرای عملیات پرداخت سطح بتن دال به فصل پرداخت مراجعه شود.
- ح - محل درزها باید با یک ترکیب مناسب پر شود تا به دال از نظر نفوذ مواد زیان آور، خسارت وارد نگردد. این ترکیب می تواند ملات سیمان با ماسه سیلیسی و با نسبت کم آب به سیمان باشد (در صورتی که صرفاً درز انقباضی برای جمع شدگی خمیری داشته باشیم این نوع ماده پرکننده می تواند به کار رود).

۱۱

درد ساخت (اجرایی)

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

۱-۱۱ آماده‌سازی درز ساخت

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

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

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

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

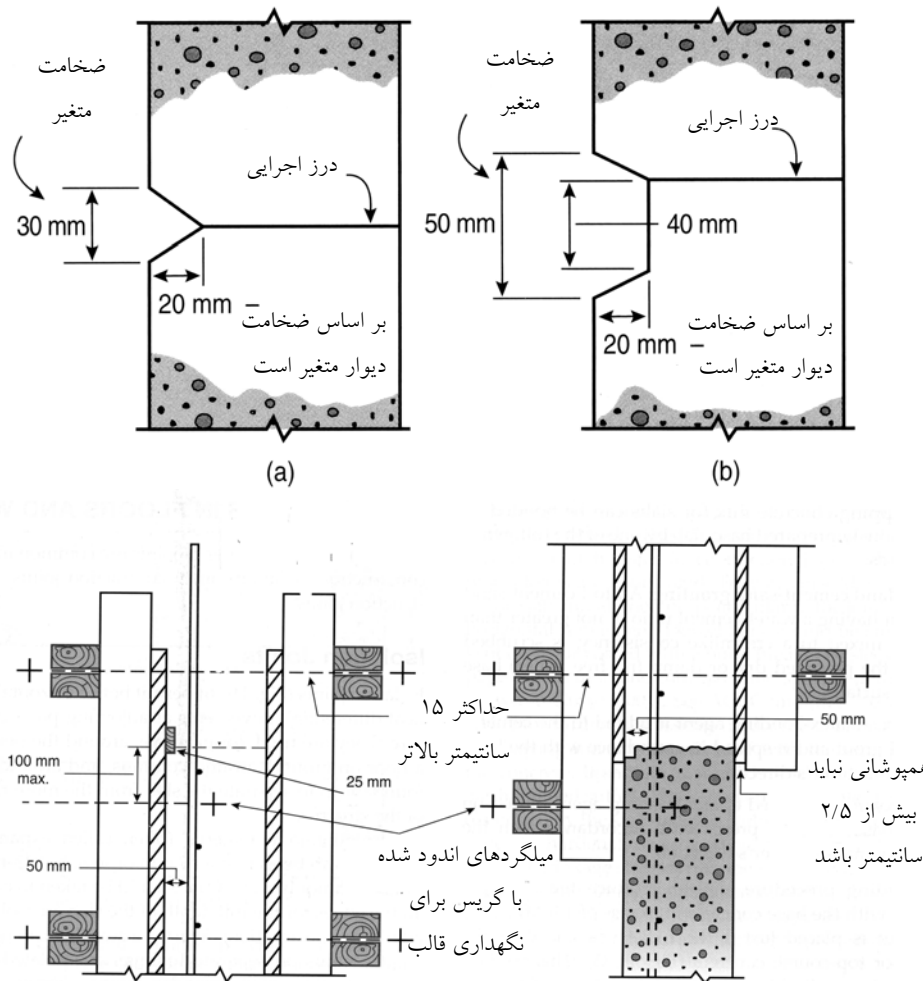
۲-۱۱ موقعیت درز ساخت

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

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

۳-۱۱ ظاهر درز ساخت

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

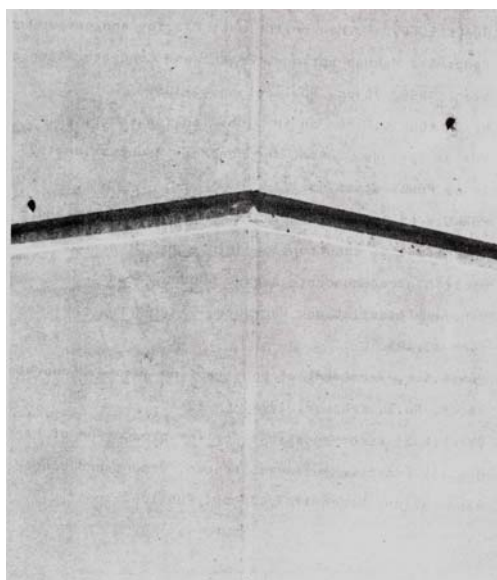


پس از آنکه بتن سخت شد، قالب و نوار چوبی را می‌توان برداشت و برای ادامه بتن‌ریزی، قالب را در ارتفاع بالاتر نصب کرد و بتن‌ریزی را انجام داد. در صورت ایجاد چنین شکافهایی باید توجه داشت که ضخامت پوشش بتنی بر روی میلگرد در حد مورد نظر باید رعایت گردد. شکل ۲، نمای دیوار را پس از اجرای درز ساخت با استفاده از نوار فلزی نشان می‌دهد. به جای قالب موقت می‌توان از توری با چشمه‌های ریز یا از رابیتس استفاده کرد که باید به وسیله یک شبکه میلگرد در محل مورد نظر نگهداری شود. در این صورت باید از ریختن بتن شل در پشت قالب موقت و لرزاندن طولانی بتن مجاور آن

خودداری گردد. رابیتس در توده بتن باقی می ماند یا در صورت لزوم به موقع کنده می شود، ولی توری باید در ساعات اولیه پس از گرفتن بتن کنده شود تا سطح حاصل بتواند پیوستگی خوبی با بتن بعدی داشته باشد. در صورتی که از رابیتس باقی مانده در توده بتن به عنوان قالب موقت استفاده شود، باید بلافاصله پس از گرفتن بتن، دوغابی را که از سوراخهای رابیتس گذشته و در پای آن جمع شده است کند و آثار آن را کاملاً تمیز نمود.

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

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



شکل ۲ نمای دیوار

ب - در صورتی که نیاز به پیوستگی بیشتر بین سطوح محل درز باشد می توان از میلگرد آجدار (داول) استفاده کرد. معمولاً این روش برای دال های کف مناسب است به خصوص در مواردی که دال بار

زیادی را تحمل می‌کند، مانند کف سالن‌های صنعتی و یا محوطه‌ای که محل آمدوشد ترافیک است. در جدول ۱، مشخصات میلگرد آجدار را برای تعبیه در درز ساخت نشان می‌دهد.

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

ضخامت دال (mm)	قطر میلگرد آجدار (mm)	طول میلگرد (mm)	فاصله میلگرد (mm)
۱۲۰-۲۰۰	۱۲	۷۵۰	۷۵۰
۲۳۰-۳۳۰	۱۶	۷۵۰	۷۵۰

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

۱۲

عمل آوری بتن

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

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

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

روشهای مختلف عمل آوری رطوبتی (مراقبت) به شرح زیر است :

- عمل آوری با آب

- عمل آوری عایقی

در این بخش روشهای عمل آوری شرح داده شده است.

۱-۱۲ عمل آوری با آب

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

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

۱۲-۱-۱ ایجاد حوضچه و غوطه‌ورسازی: ایجاد حوضچه برای سطوح افقی، مانند دالها

مناسب است. در پیرامون دال، لبه‌هایی ساخته می‌شود و در درون این حوضچه آب قرار می‌گیرد. آب درون حوضچه نباید بیش از 13°C سردتر از بتن باشد. همچنین می‌توان (قطعات پیش ساخته) را درون آب غوطه‌ور کرد، که در این حالت، ضوابط دمای آب باید رعایت شود.

۱۲-۱-۲ افشاندن آب: در دمای بیش از 5°C روش افشاندن آب برای عمل آوردن بتن

بسیار مناسب است. روند افشاندن آب باید پیوسته باشد، در صورتی که افشاندن با وقفه انجام پذیرد، باعث تروخشک شدن می‌گردد و در نتیجه عارضه پوسته شدن در سطح بتن بروز می‌کند. آب افشانی معمول در برخی از کارگاه‌های کشور ما، علاوه بر ایجاد تر و خشک شدن، باعث شوک حرارتی نیز می‌گردد، زیرا با خشک شدن سطح در زیر آفتاب، دمای سطح بتن بالا رفته و با پاشیدن آب خنک، مشکل ترک‌خوردگی وجود خواهد داشت.

۱۲-۱-۳ پوشش‌های خیس: در صورتی که نتوان به طور مداوم با افشاندن آب، سطح بتن را

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

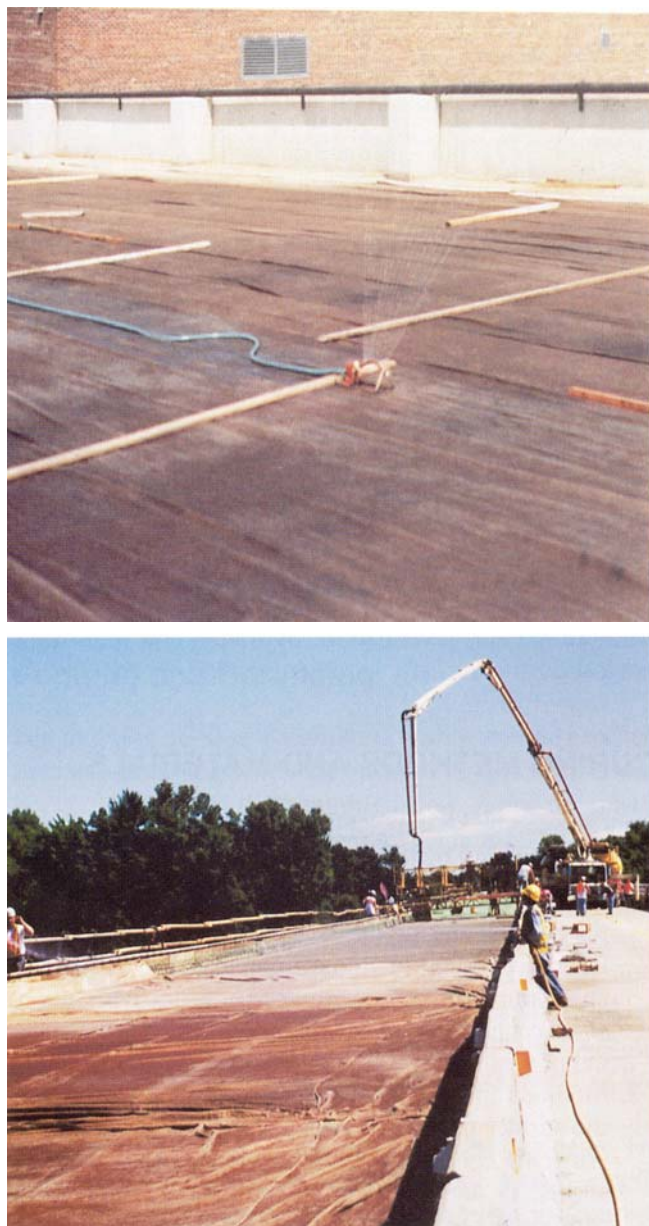
شد، بر روی سطح قرار داده شوند. اگر زمانی که بتن در حالت خمیری است، پوشش روی آن قرار داده شود، سطح بتن آسیب می‌بیند. پوشش باید تمام سطح بتن را بپوشاند و به طور مداوم خیس نگاه داشته شود.

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

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

۲-۱۲ عمل آوری عایقی

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



شکل ۱ عمل‌آوری با پارچه چتایی و خیس کردن متوالی آن

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

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

۳-۱۲ ترکیبات عمل‌آوری

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



شکل ۲ عمل آوری با پلاستیک



شکل ۳ عمل آوری عایقی (پوشش‌های مرکب)

معمولاً در این نوع ترکیبات از رنگدانه‌های مختلف، مانند ذرات آلومینیوم بهره گرفته می‌شود. استفاده از رنگدانه‌ها در ترکیبات به دو دلیل انجام می‌پذیرد. رنگدانه‌های خاص سبب انعکاس نور شده و در نتیجه دمای بتن شدیداً افزایش نمی‌یابد و همچنین سبب رؤیت ترکیب بر روی سطح بتن می‌شود و

بنابراین امکان ارزیابی کفایت و یکنواختی ترکیب در سطح بتن فراهم می‌گردد. برای حصول اطمینان از پیوستگی غشای عمل‌آوری، بهتر است آن را در دو لایه عمود بر یکدیگر اعمال نمود. اگر فقط یک لایه اعمال شود، باید از یکنواختی و پوشش غشاء اطمینان حاصل گردد.

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

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

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



شکل ۴ روش عمل‌آوری با ماده شیمیایی غشایی

۱۲-۴ عمل‌آوردن بتن به وسیله قالبها

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



شکل ۵ استفاده از قالب‌های چند لایه برای عمل‌آوری در هوای سرد

۵-۱۲ عمل‌آوری حفاظتی (محافظت)

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

۱۲-۶ عمل‌آوری حرارتی (پروراندن)

برای افزایش مقاومت بتن در روزهای اول و محافظت آن، در هوای سرد و جلوگیری از یخ زدن آن می‌توان دمای بتن داخل قطعه را بالا برد. بهترین روش برای این کار، به کارگیری بخار آب است. دمای محیط و بتن بهتر است از حدود 65°C بیشتر نشود و عمل بخاردهی پس از گیرش بتن آغاز گردد. روشهای حرارت رسانی خشک با سوزاندن مواد سوختی، نیروی برق و غیره، امکان پذیر است (شکل ۶). ولی به طور کلی باید نکات زیر در آن رعایت شود تا مقاومت و دوام مورد نظر حاصل گردد:

الف - قبل از گیرش بتن گرمادهی انجام نشود.

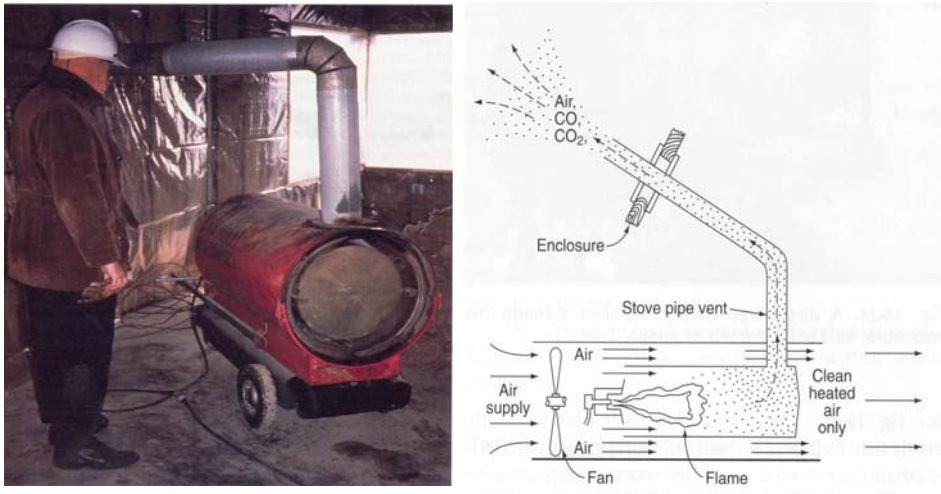
ب - گازهای ناشی از سوختن در مجاورت بتن تازه و یا جوان قرار نگیرد.

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

ت - افزایش دمای بتن، در هر ساعت به 20°C و کاهش آن نیز در هر ساعت به 20°C محدود شود و از بروز شوک حرارتی به بتن جلوگیری گردد. در قطعات حجیم کاهش دمای بتن در هر ساعت به 10°C محدود می‌شود.

ج - حداکثر دمای بتن به 65°C محدود شود.

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



شکل ۶ یک نمونه از دستگاه‌های ایجاد حرارت برای عمل آوری حرارتی بتن

۷-۱۲ مدت زمان مراقبت (عمل آوری)

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

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

جدول ۱ حداقل زمان عمل‌آوری بتن

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

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

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

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

متوسط: شرایطی بین دو حد خوب و ضعیف.

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

۱۳

بتن ریزی در هوای سرد

با کاهش دمای بتن، از میزان سخت شدن و کسب مقاومت آن کاسته می‌شود و در دمای زیر نقطه انجماد، روند شیمیایی سخت شدن بتن متوقف می‌گردد. وقتی که دمای محیط به کمتر از 5°C می‌رسد، نباید بتن ریزی بدون اعمال تمهیدات ذکر شده در این فصل، انجام پذیرد. به طور کلی، در دمای کم، آهنگ کسب مقاومت بتن کاهش می‌یابد و در نتیجه بتن تازه باید در مقابل آثار مخرب یخبندان محافظت گردد. در مواردی که بتن در چند ساعت اول، بعد از بتن ریزی و یا قبل از آنکه مقاومت نمونه استوانه‌ای بتن به $3/5\text{ MPa}$ برسد، در معرض یخبندان قرار گیرد، مقاومت نهایی بتن ممکن است تا ۵۰ درصد کاهش یابد و بتن دچار آسیب دیدگی جدی گردد. اگر بتن در دمایی کمتر از $5^{\circ}\text{C} +$ قرار گیرد، فرآیند هیدراتاسیون بسیار کند شده و روند کسب مقاومت بتن عملاً متوقف می‌گردد.

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

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

۱-۱۳ دمای بتن در هوای سرد

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

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

۱۳-۲ اجزای مخلوط بتن و شرایط آن

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

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

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

حداقل ابعاد مقطع				دمای هوا °C
کمتر از ۳۰۰ mm	۳۰۰-۹۰۰ mm	۹۰۰-۱۸۰۰ mm	بالای ۱۸۰۰ mm	
حداقل دمای بتن در هنگام ریختن و نگهداری °C ^(۱)				کمتر از ۵
۱۳	۱۰	۷	۵	
حداقل دمای بتن در هنگام اختلاط (۳ و ۲)				
۱۶	۱۳	۱۰	۷	بالای ۱-۱۸
۱۸	۱۶	۱۳	۱۰	۱- تا ۱۸
۲۱	۱۸	۱۶	۱۳	کمتر از ۱۸-

(* حداقل دمای مجاز بتن در هنگام ریختن و عمل‌آوری نباید از 5°C کمتر باشد.

(۱) حداکثر دمای بتن در هنگام ریختن نباید بیش از 11°C بالاتر از اعداد مندرج در جدول باشد.

(۲) حداکثر دمای بتن پس از اختلاط نباید بیش از 8°C بالاتر از اعداد مندرج در جدول باشد.

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

h-7: ИЛКЗ:ΩUИВ: وقتی که دمای هوا بیشتر از صفر درجه است و در سنگدانه‌ها، یخ‌زدگی

مشاهده نمی‌گردد می‌توان با حرارت دادن آب مخلوط، دمای مورد نظر بتن را به دست آورد. برای دمای هوای کمتر از صفر درجه وقتی که در سنگدانه‌ها، یخ‌زدگی مشاهده می‌شود، ممکن است حرارت دادن به سنگدانه‌ها لازم باشد.

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

h-8: ΠΟΛΗΓ' O⁻: به طور کلی، آسانترین و ارزانترین روش افزایش دمای مخلوط بتن، افزایش

دمای آب است. دمای آب باید کمتر از 60°C باشد، زیرا سبب گیرش ناگهانی و کلوخه شدن سیمان می‌گردد و کارایی، مقاومت و دوام بتن را کاهش می‌دهد. اگر لازم گردد می‌توان از آب با دمای بیشتر از 60°C استفاده کرد. توصیه می‌شود که ابتدا آب با مصالح سنگی مخلوط گردد و سپس سیمان به مخلوط افزوده شود.

گرم کردن آب مخلوط به گرم کردن سنگدانه ترجیح داده می‌شود، گرم کردن آب آسانتر از مصالح دیگر است و از طرف دیگر، آب دارای گرمای ویژه حدود $4/5$ ، تا پنج برابر گرمای ویژه سیمان و سنگدانه است. زیرا گرمای ویژه آب 1 Kcal/kg است، در حالی که میانگین دمای ویژه سیمان و سنگدانه 0.22 Kcal/kg است. در دمای زیر یخ‌زدگی، ضروری است که غیر از گرم کردن آب، سنگدانه به خصوص ماسه گرم گردد. اما در دمای بالای یخ‌زدگی، فقط گرم کردن آب کفایت می‌کند.

۱۳-۳ تعیین دمای بتن

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

مخلوط به خصوص آب را در فرمول تقریبی زیر جایگزین نمود تا مقدار مورد نظر بتن به دست آید. بر اساس نتیجه به دست آمده، مشخص می‌گردد که دمای هر کدام از اجزای مخلوط چه مقدار باشد. که در آن t_c , t_a , t_w به ترتیب، دمای بتن، سیمان، سنگدانه‌ها و آب است. A ، نسبت سنگدانه به سیمان و W نسبت آب به سیمان است. برای مثال، مخلوط بتن با سیمان به سنگدانه ۱ به ۶ (وزنی) و نسبت آب به سیمان ۰/۶ و دمای سیمان سنگدانه‌ها به مقدار $2^\circ C$ و دمای آب $50^\circ C$ ، دمای بتن برابر است با:

$$T_c = \frac{t_c + At_a + 5Wt_w}{1 + A + 5W}$$

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

همان طور که ذکر شد، آب قادر است پنج برابر سیمان و سنگدانه‌ها، گرما را نگهداری کند و بنابراین آسانترین روش برای افزایش دمای بتن، گرم کردن آب است. همان طور که در مثال مشاهده می‌شود، آب با دمای $50^\circ C$ ، دمای بتن را به $16^\circ C$ می‌رساند، حتی اگر دمای اولیه سیمان و سنگدانه‌ها $2^\circ C$ باشد.

۱۳-۴ ماده افزودنی حباب‌ساز

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

- حبابهای حاصل از ماده افزودنی بین ۱۰ تا ۱۰۰۰ میکرومتر و قطر حبابهای ناخواسته بیش از ۱۰۰۰ میکرومتر است.
- حبابهای ماده افزودنی با یکدیگر ارتباط ندارند، در صورتی که حبابهای ناخواسته ممکن است با یکدیگر مربوط باشند.
- وجود حبابهای هوا در بتن سبب می‌گردد تا فضای کافی برای انبساط یخ در بتن ایجاد گردد و در نتیجه از ترک خوردگی و خرابی بتن جلوگیری می‌شود. ماده افزودنی حباب ساز باعث افزایش کارایی بتن نیز می‌شود. در نتیجه می‌توان با ثابت نگه داشتن اسلامپ، مقدار آب مخلوط را کاهش داد.

۱۳-۵ ماده افزودنی زودگیر کننده

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

۱۳-۶ مخلوط کردن و انتقال بتن

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

۱۳-۷ بتن ریزی

مخلوط بتن باید در مدت کوتاه جابجایی گردد، در غیر این صورت، افت دما زیاد خواهد بود. دمای مورد نیاز بتن پس از جابجایی بستگی به حجم آن دارد. توصیه می گردد که در صورت امکان و هنگام بتن ریزی در هوای سرد از لایه های ضخیم تر استفاده شود.

۱۳-۸ وسایل کار

تمام وسایل کار، مانند جامه ها و فرغونها باید در هنگام عملیات بتن ریزی، در مقابل یخ زدگی محافظت شوند.

۱۳-۹ محافظت پس از بتن ریزی

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

کسب کرده است. به طور کلی اگر برای ۴۸ ساعت دمای بتن بیشتر از 5°C حفظ شود، مقاومت مذکور را کسب می کند. روشهای مختلف محافظت بتن، پس از جابجایی شامل پوشش مناسب یا حرارت دادن در فضای مسدود است. اعضای نازک بتن، نیاز به محافظت طولانی مدت تری دارند، اما بتن های حجیم به خصوص در سن اولیه نیاز به محافظت ندارند (به شرطی که دمای هیدراتاسیون جبران کننده دمای بتن باشد). در هنگام هوای سرد باید از عمل آوری با آب اجتناب و به روش عایقی (استفاده از پوشش برای جلوگیری از تبخیر آب) اکتفا کرد. در عمل آوری حرارتی (پروراندن) نباید خشک شدگی موضعی حاصل شود و گازهای حاصل از سوزاندن مواد مختلف در تماس با بتن جوان و نارس قرار گیرد. استفاده از بخار آب در عمل آوری حرارتی امکان رطوبت رسانی را فراهم می آورد.

۱۴

بتن‌ریزی در هوای گرم

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

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

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

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

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

پ - احتمال ترک خوردگی پلاستیک افزایش می‌یابد.

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

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

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

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

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

- ت - به دلیل افزایش نسبت آب به سیمان (به دلیل تمایل افزودن آب مخلوط) دوام بتن کاهش می‌یابد.
- ث - نفوذپذیری بتن به دلیل رشد سریع بلورهای حاصل افزایش می‌یابد.
- ج - کاهش پیوستگی بین بتن و میلگرد به وجود می‌آید.
- چ - احتمال خوردگی میلگردهای بتن در شرایط خورنده (به ویژه در سواحل جنوب کشور) افزایش می‌یابد.
- ح - نمای بتن دچار تغییر رنگ شده و ظاهر آن به دلایل مختلف از جمله ایجاد درز سرد، نامطلوب می‌گردد.

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

- الف - استفاده از سیمان‌های زودگیر یا با سرعت هیدراسیون زیاد
- ب - استفاده از مواد افزودنی شیمیایی زودگیرکننده و یا مواد افزودنی معدنی که در افزایش سرعت هیدراسیون مؤثر است (نظیر دوده سیلیسی)
- پ - به کارگیری نسبت‌های آب به سیمان کم و بتن‌های پر مقاومت با عیار سیمان زیاد
- ت - ساخت قطعات بتن مسلح نازک و پر میلگرد
- ث - استفاده از سیمان‌ها و یا مواد افزودنی انبساط زا
- بنابراین مشاهده می‌شود که کار اجرایی با بتن‌های با دوام که در آنها نسبت آب به سیمان تا حد ۰/۴ پایین می‌آید، و طبیعتاً عیار سیمان افزایش پیدا می‌کند و در مناطق جنوب کشور تبعاتی را به بار می‌آورد که نیاز به رعایت شرایط بتن‌ریزی در هوای گرم را دو چندان می‌کند. برای کاهش عیار سیمان در این شرایط نیاز به استفاده از مواد روان کننده به خوبی احساس می‌شود.

۱۴-۲ جمع شدگی خمیری

یکی از مهمترین آثار نامطلوب هوای گرم، احتمال ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی خمیری است. این نوع ترکها به علت تبخیر سریع آب بتن رخ می دهد. به عبارت دیگر، چنانچه مقدار تبخیر بیشتر از مقدار آب آوری باشد، سبب ترک خوردگی می شود. چهار عامل: دمای هوا، رطوبت محیط، سرعت باد و دمای بتن، در مقدار تبخیر آب از سطح بتن اثر دارند. چنانچه مقدار تبخیر آب از سطح بتن بیشتر از 1 kg/m^2 در ساعت باشد، احتمال ترک خوردگی بسیار زیاد، لازم است تمهیدات این فصل دقیقاً اجرا گردد. اما به هر حال، وقتی مقدار تبخیر از حد 0.5 kg/m^2 در ساعت بیشتر می شود، توصیه می شود تمهیدات ارائه شده در این فصل به کار گرفته شود.

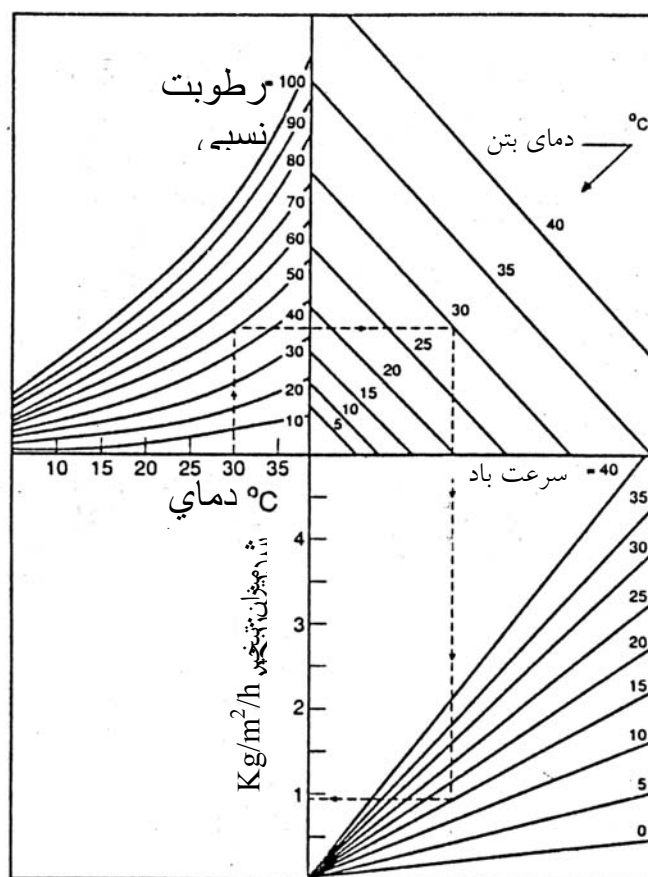
برای تخمین مقدار تبخیر می توان از نمودار شکل ۱، استفاده کرد. همان طور که در شکل مشاهده می شود نیاز به دانستن رطوبت نسبی محیط، دمای هوا، سرعت باد و دمای بتن است. با استفاده از رطوبت سنج ساده و دماسنج می توان رطوبت و دمای محیط و هم چنین دمای بتن را اندازه گیری کرد. برای تعیین سرعت وزش باد می توان از بروز پدیده های ساده ای همچون حرکت برگها، شاخه ها و درختان و سایر پدیده هایی که در اطراف مشاهده می شود کمک گرفت و سرعت باد را تخمین زد. برای تقسیم بندی بر اساس مشاهدات ظاهری محیط می توان موارد زیر را ذکر کرد:

- سرعت باد تا 10 km/h (کیلومتر در ساعت) باعث حرکت برگها می شود.
- سرعت باد تا 20 km/h (کیلومتر در ساعت) درختان کوچک را حرکت می دهد.
- سرعت باد تا 30 km/h (کیلومتر در ساعت) سبب حرکت شاخه های بزرگ می شود.

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

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

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



شکل ۱ نمودار تخمین مقدار تبخیر آب از سطح بتن

همان گونه که مشاهده شد، تبخیر از سطح بتن و دمای بتن در بتن ریزی حایز اهمیت است. لذا کاهش دمای بتن در هنگام بتن ریزی تا مرحله گیرش و کاهش شدت تبخیر می تواند از ایجاد خسارات مختلف که در فوق ذکر شد، جلوگیری نماید.

۱۴-۳ مصالح مصرفی

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

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

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

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

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

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

۱۴-۴ ساخت بتن

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

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

ب - آسانترین روش کاهش دمای بتن، استفاده از آب سرد در ساخت بتن است. از طرف دیگر، دمای ویژه آب $4/5$ تا 5 برابر سیمان و سنگدانه است. برای مثال، در هنگام ساخت مخلوط بتن با 336 کیلو سیمان، 1850 کیلو مصالح سنگی و 170 کیلو آب در متر مکعب، با تغییر دادن 2 درجه سیلسیوس در دمای آب، سبب تغییر دمای بتن به مقدار $0/5$ درجه سیلسیوس می‌شود. به طور کلی برای کاهش دمای بتن، به مقدار 1°C باید از دمای مصالح سنگی در حدود 2°C و آب در حدود 4°C کاسته شود.

پ - استفاده از یخ به عنوان جایگزین قسمتی از آب اختلاط (یا تمام آب اختلاط) در کاهش دمای بتن بسیار مؤثر است، زیرا وقتی یخ صفر درجه تبدیل به آب می‌شود، نیاز آن به انرژی حرارتی 80 برابر حرارت مورد نیاز برای تغییر دمای آب به میزان 1°C می‌باشد. به عبارت دیگر، در هنگام ذوب شدن یخ، مقدار دمایی که جذب یخ می‌شود بسیار قابل توجه است. برای مثال، اگر نصف آب مخلوط با یخ صفر درجه جایگزین گردد، دمای بتن در هنگام ذوب شدن یخ به مقدار 11°C کاهش می‌یابد و از طرف دیگر، به کمک آب صفر درجه از دمای بتن در حدود 4°C کاسته می‌شود. بنابراین مجموع کاهش

دمای بتن به طور تقریبی 15°C می باشد. گاه در زمانی که تقاضای مصرف سیمان بیش از تولید آن می باشد سیمان های داغ به خریدار تحویل می گردد به نحوی که پس از حمل سیمان در هنگام تخلیه درسیلو، بدنه بونکر آنقدر داغ است که دست را می سوزاند. تقارن این ایام با فصول گرم سبب می شود که ساخت بتن با دمای مطلوب با مشکل بیشتری همراه گردد. لازم است از مصرف سیمان داغ تحویلی خودداری شود و با نگهداری سیمان در سیلو و افت دمای آن، ساخت بتن تداوم یابد.

۱۴-۵ تخمین دمای بتن

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

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

در این رابطه $W_t, W_s, W_g, W_m, S, G, C$ به ترتیب، وزن سیمان، شن خشک، ماسه خشک، آب مصرفی، آب موجود در شن، آب موجود در ماسه، و آب کل بتن بر حسب کیلوگرم است. همچنین t_w, t_s, t_g, t_c, t_m به ترتیب، دمای بتن مخلوط شده، دمای سیمان، دمای شن، دمای ماسه و دمای آب مصرفی است. عدد 0.22 مقدار ظرفیت گرمایی سیمان و سنگدانه ها بر حسب Kcal/kg است و ظرفیت گرمایی آب معادل 1 Kcal/kg منظور شده است.

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

$$W_t = W_m + W_g + W_s$$

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

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

مثال ۱- برای ساخت یک متر مکعب بتن، ۴۰۰ کیلو سیمان، ۸۰۰ کیلو شن خشک، ۱۰۰۰ کیلو ماسه خشک و ۲۲۰ کیلو آب کل کار می‌رود. دمای سیمان 35°C ، دمای شن 40°C ، دمای ماسه 30°C و دمای آب 25°C می‌باشد. درصد رطوبت کارگاهی شن 0.6% درصد و برای ماسه 4.5% درصد به دست آمده است. مطلوب است دمای تعادل بتن مخلوط شده؟

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

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

$$W_m = \text{آب مصرف} = 220 - 50 = 170 \text{ kg}$$

$$\text{آب موجود در سنگدانه‌ها} = 50 \text{ kg}$$

$$t_m = \frac{0.22(400 \times 35 + 800 \times 40 + 1000 \times 30) + 170 \times 25 + 5 \times 40 + 45 \times 30}{0.22(400 + 800 + 1000) + 220} = 32^{\circ}\text{C}$$

مثال ۲- اگر بخواهیم دمای تعادل بتن مخلوط شده به 28°C برسد، آب باید تا چه حد خنک گردد؟

قابل ذکر است که رساندن آب 25°C به $1/5^{\circ}\text{C}$ با مقدار زیادی یخ انجام می‌شود.

$$28 = \frac{0.22(400 \times 35 + 800 \times 40 + 1000 \times 30) + 170 \times t_w + 5 \times 40 + 45 \times 30}{0.22(400 + 800 + 1000) + 220}$$

مثال ۳- اگر بخواهیم با آب 25°C و یخ 4°C به دمای مخلوط 28°C دست یابیم، چند کیلو یخ لازم است؟

$$28 = \frac{0.22(400 \times 35 + 800 \times 40 + 1000 \times 30) + (170 - W_i) \times 25 + W_i [0.5(-4) - 80] + 5 \times 40 + 45 \times 30}{0.22(400 + 800 + 1000) + 220}$$

$$W_i = 26/5 \text{ kg}$$

مصرف مقدار کمی از یخ، 4°C دمای بتن را کاهش داده است

مثال ۴ - اگر بخواهیم بدون خنک کردن آب یا مصرف یخ به دمای 28°C برسیم، دمای شن باید به چند درجه سانتیگراد کاهش یابد؟

$$28 = \frac{0.22(400 \times 35 + 800t_c + 1000 \times 30) + 170 \times 25 + 5 \times 40 + 45 \times 30}{0.22(400 + 800 + 1000) + 220}$$

$$t_c = 24.5^\circ\text{C}$$

۱۴-۶ حمل و نقل (انتقال) بتن

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

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

ب - در هوای معمولی حداکثر زمان تخلیه برای کامیون حمل مخلوط (تراک میکسر) $1/5$ ساعت یا حداکثر تعداد چرخش دیگ آن ۳۰۰ دور می‌باشد. اما در هنگام حمل بتن در هوای گرم این زمان باید کاهش یابد و حداکثر ۴۵ دقیقه تا ۱ ساعت باشد. به هر حال، چرخش زیاد تراک میکسر موجب تبادل زیاد حرارتی با محیط خواهد شد و به هیچ وجه توصیه نمی‌شود.

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

۱۴-۷ کنترل دمای بتن پس از بتن ریزی

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

۱۵

قالب بندی

برای احداث یک سازه بتن مسلح، باید بتن تازه در قالبهایی ریخته شود، تا پس از پر کردن تمام حجم قالبها و سفت شدن، به شکل لازم درآید. از مهمترین گامها در احداث سازه های بتنی، نحوه قالب بندی است. به همین دلیل باید مجری و پیمانکار سازه های بتنی کاملاً در جریان امور مربوط به قالب بندی، از وسایل گرفته، تا مشخصات و رواداریهای ابعاد و روشهای اجرا قرار داشته باشند. پس از استقرار قالبها در محل مربوط، باید آنها را مورد بازرسی قرار داد و درزهایی که احتمالاً باعث بیرون زدن شیره بتن خواهند شد، پر شوند.

پایداری از مهمترین خصوصیات است که باید در قالب بندی رعایت شود. کافی نبودن مهار بندی پایه های اطمینان و یا مهار بندی افقی سکوها، عدم تنظیم تراز بتن ریزی که منجر به پر شدن یک قسمت از قالب و خالی ماندن قسمت دیگر می شود، تکیه گاه نامناسب زیر پایه های اطمینان، عدم به کارگیری کارگران ماهر، خوب نبستن قطعات قالب به یکدیگر، در نظر نگرفتن بارهای زنده و مرده وارد به قالبها و لغزش لایه خاک مجاور قالب می تواند باعث خرابی قالبها گردد.

۱-۱۵ شرایط قالب بندی

الف - قالبها باید به نحوی ساخته و نصب شوند تا شکل، اندازه، وضعیت و نمای بتن مورد نظر حاصل گردد.

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

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

ت - قالبها باید حتی الامکان با وسایل و امکانات موجود قابل حمل و جابجایی باشند.

ث - قالبها باید درز بندی شده باشند، تا از نشست شیره بتن جلوگیری شود.

۱۵-۲ مصالح مورد استفاده در ساخت قالب

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

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

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

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

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

۱۵-۳ قالب برداری

- الف - قالب باید موقعی برداشته شود که بتن بتواند نیروی وارده را تحمل کند و تغییر شکل‌های آن از تغییر شکل‌های پیش بینی شده تجاوز نکند.
- ب - پایه‌ها و قالب‌های باربر نباید قبل از آنکه اعضا و قطعات بتنی مقاومت کافی را برای تحمل وزن خود و بارهای وارده کسب کند، برچیده شوند.
- پ - عملیات قالب برداری و برچیدن پایه‌ها باید گام به گام و بدون اعمال نیرو و ضربه، به گونه‌ای باشد که اعضا و قطعات بتنی تحت اثر بارهای ناگهانی قرار نگیرند، بتن صدمه نبیند و ایمنی و قابلیت بهره‌برداری مخدوش نشود.
- ت - در صورتی که قالب برداری قبل از پایان دوره مراقبت انجام پذیرد، باید تدابیری برای مراقبت بتن پس از قالب برداری به کار برده شود.
- ث - پایه‌های اطمینان را نباید قبل از آنکه اعضا و قطعات بتنی توان کافی برای تحمل وزن خود و بارهای وارد را کسب کنند، جمع کرد. شمع برداری باید به ترتیبی باشد که از ایجاد ضربه برون محوری و برون مرکزی‌های پیش بینی نشده در قطعات جلوگیری شود.

۱۵-۴ زمان قالب برداری

- در صورتی که زمان قالب برداری در طرح، تعیین و تصریح نشده باشد زمانهای ارائه شده در جدول ۱ را می‌توان به عنوان حداقل زمان لازم برای برچیدن قالبها و پایه‌ها ملاک قرار داد.
- در صورتی که قطعه و یا سازه از اهمیت خاصی برخوردار باشد، می‌توان با تهیه نمونه‌های آگاهی و شکستن آنها در زمان مورد نظر، مقاومت فشاری بتن داخل قالب را به صورت تقریبی به دست آورد. اگر ۷۰ درصد مقاومت مشخصه ۲۸ روزه حاصل شده باشد، می‌توان قالبهای زیرین را باز نمود، اما باز کردن پایه‌های اطمینان مستلزم دستیابی به مقاومت مشخصه ۲۸ روزه است.

جدول ۱ راهنمای زمان قالب‌برداری

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

توضیحات:

- زمانهای داده شده در صورتی معتبرند که شرایط زیر برقرار باشد:
- بتن با سیمان پرتلند نوع ۱ (معمولی) تهیه شده باشد. در صورت استفاده از سیمان پرتلند نوع ۲ یا پنج و یا آمیخته، این زمانها افزایش می‌یابد. به کارگیری افزودنیهای کند گیر کننده نیز همین نقش را دارند و مسلماً در صورت استفاده از سیمانهای زودگیر یا مصرف مواد افزودنی زود گیر کننده می‌توان این زمانها را کاهش داد.
- در صورتی که در هنگام سخت شدن بتن، دمای محیط به کمتر از صفر درجه سلسیوس تنزل کند، زمانهای داده شده را باید به تناسب و حداقل به اندازه مدت یخبندان افزایش داد.

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

۱۵-۵ پاشنه (رامکا)

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

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

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

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

۱۶

میلگرد گذاری

۱-۱۶ نوع و مشخصات میلگردهای مصرفی در بتن

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

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

۲-۱۶ حمل و انبار کردن میلگردها

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

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

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

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

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

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

ب - باید از گسیختگی جوشها در شبکه‌های جوش شده جلوگیری شود.

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

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

۱۶-۳ بریدن و خم کردن میلگردها

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

بریدن میلگردها باید حتی‌الامکان با وسایل مکانیکی صورت گیرد (بویژه برای فولادهای با مقاومت بیشتر و اصلاح سرد شده به روش پیچاندن). خم کردن میلگرد باید به روش سرد انجام شود. استفاده از حرارت (بیش از 100°C) برای خم کردن میلگرد مجاز نیست. خم کردن میلگردهای داخل بتن نظیر میلگردهای انتظار یا باز کردن میلگردهای خم شده مجاز نیست مگر با اجازه دستگاه نظارت و پیش بینی در طرح. همچنین رعایت نکات زیر الزامی است:

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

جدول ۱ حداقل قطر خم برای میلگردهای مختلف

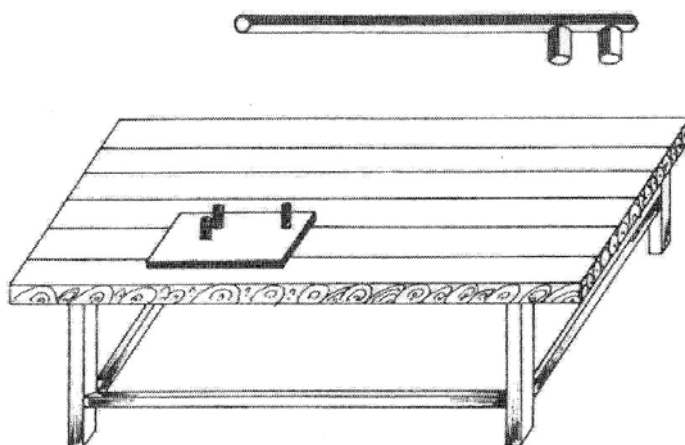
S-500(A- IV) S-400(A- III)	S-300 (A-II) S-350	S-220 (A-I) ^(۱)	نوع میلگرد
			D قطر میلگرد (mm)
۶ d	۵ D	۵ d	D کوچکتر از ۲۸
۸ d	۶ d	۵ d	۲۸ < d < ۳۴
۱۰ d	۱۰ d	۷ d	۳۴ < d < ۵۵

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

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

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

پ - در دمای کمتر از ۵- درجه سلسیوس خم کردن میلگردها مجاز نیست.



شکل ۱ تجهیزات خم کردن میلگرد

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

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

ج - چنانچه شکل خم میلگرد پیچیده باشد، قبل از خم کردن، شکل آن به اندازه واقعی رسم می‌گردد تا برای کنترل مورد استفاده قرار گیرد.

چ - قبل از برش و خم کردن اندازه قطر میلگرد باید کنترل گردد، زیرا همیشه نمی‌توان تنها به اتکای قضاوت چشمی قطر میلگردها را تشخیص داد. به همین دلیل در آیین‌نامه بتن ایران، استفاده از قطرهای مرجح توصیه شده است تا تشخیص آنها از یکدیگر با سهولت بیشتر انجام شود. انبار کردن میلگردها از یک قطر و یک نوع به صورت جداگانه در کارگاه لازم است، حتی گاه توصیه می‌شود، میلگردهای کارخانه‌های مختلف قبل از کنترل کیفیت در محلهای متفاوتی انبار شوند (قرنطینه میلگردها).

۱۶-۴ جاگذاری و بستن میلگرد

هنگام نصب، میلگردها باید عاری از هر گونه آلودگی نظیر زنگ زدگی، گل، چربی، رنگ و ذرات خارجی که مانع چسبندگی بین بتن و میلگردها می‌گردد، باشند. کلیه آلودگی‌ها باید قبل از نصب و کارگذاری زدوده شود و تا شروع مرحله بتن‌ریزی از آلودگی‌ها محفوظ بماند. میلگردها با توجه به قطر، طول و شکل بایستی در محلهای تعیین شده به نحوی مستحکم و ثابت شوند که هنگام بتن‌ریزی هیچگونه تغییری

جابجایی در آنها صورت نگیرد. به منظور کنترل و تضمین پوشش بتن، با تأیید دستگاه نظارت می‌توان از قطعات بتنی (لقمه‌ها) یا خرکهای فلزی و پلاستیکی با ابعاد موردنظر به تعداد لازم استفاده نمود. در محیط‌های خورنده استفاده از خرک فولادی که در سطح بتن قرار گیرد مجاز نیست. لقمه‌های بتنی به ضخامت مورد نظر باید با بتن یا ملات و با نسبت آب به سیمان مساوی یا کمتر از بتن اصلی ساخته شود. بتن یا ملات آن باید به خوبی متراکم و عمل‌آوری شود. استفاده از چوب، آجر و مصالح کم دوام توصیه نمی‌شود.

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

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

۵-۱۶ وصله کردن میلگرد

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

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

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

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

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

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

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

کنترل کیفی بتن تازه و سخت شده

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

۱-۱۷ کنترل کیفی بتن تازه و ضوابط پذیرش آن

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

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

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

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

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

- ج - اگر متوسط اسلامپ داده شده باشد، بهتر است اسلامپ بتن ساخته شده در کارگاه و یا بتن آماده در فاصله زمانی مورد نظر، بیش از یک-سوم کمتر یا بیشتر نباشد.
- چ - روانی و اسلامپ بتن در صورت به کارگیری مقادیر صحیح اجزای بتن (به جز آب) نمی‌تواند نشانه صحت مقدار آب مصرفی در بتن باشد و به نوعی نشانه استفاده از نسبت آب به سیمان موردنظر در طرح مخلوط خواهد بود. بنابراین، کنترل روانی و اسلامپ، کنترل کیفی زود هنگام و پیشگیرانه بتن سخت شده از نظر مقاومتی و دوام نیز هست.
- ح - کنترل مستقیم نسبت آب به سیمان با تعیین مقدار آب آزاد و عیار سیمان بتن ساخته شده امکان‌پذیر است. این آزمایشها به ندرت انجام می‌گیرد و فاقد دقت لازم است.
- خ - برای تنظیم مقدار روانی و اسلامپ و در نتیجه نسبت آب به سیمان لازم است رطوبت سنگدانه‌ها در کارگاه مشخص گردد و مقدار آن از آب کل طرح مخلوط کسر شود تا مقدار آب مصرفی به دست آید. بدیهی است که آب موجود در سنگدانه‌ها باید به وزن سنگدانه‌های خشک اضافه گردد.
- د - برای تعیین درصد رطوبت هر یک از سنگدانه‌ها بویژه ریزدانه می‌توان از روشهای سریع رطوبت سنجی استفاده نمود و مقادیر اجزای مصرفی برای ساخت بتن را محاسبه نمود (بر اساس طرح مخلوط ارائه شده به کارگاه).
- ذ - درصد حباب هوای بتن، طبق دستورالعمل‌های استاندارد تعیین می‌گردد و تغییرات مجاز آن $\pm 1/5$ درصد متوسط مقدار حباب هوای طرح اختلاط خواهد بود.
- ر - وزن مخصوص بتن تازه متراکم طبق دستورالعمل‌های استاندارد، و به کمک پیمانانه مخصوص به دست می‌آید و تغییرات مجاز آن ± 3 درصد وزن مخصوص بتن طرح اختلاط است.
- ز - در آزمایش تعیین عیار سیمان و آب بتن تازه که با تجزیه بتن انجام می‌شود، مقدار سنگدانه و دانه‌بندی آنها قابل تعیین است که به ندرت به کار گرفته می‌شود.
- ژ - یکنواختی بتن، در هنگام اختلاط یا پس از حمل می‌تواند کنترل گردد. اگر پس از کنترل‌های چشمی، شکی در این مورد وجود داشته باشد می‌توان پس از تخلیه ۱۵ درصد از بتن، یک نمونه و پس از تخلیه ۸۵ درصد از بتن با فاصله کمتر از ۱۵ دقیقه، نمونه دیگری از بتن تازه تهیه نمود و پس از

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

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

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

جدول ۱ الزامات مربوط به یکنواختی بتن

نوع آزمایش	حداکثر اختلاف مجاز نتایج آزمایشهای دو نمونه بتن
وزن مخصوص بتن تازه و متراکم	۱۶ Kg/m ³
درصد هوای بتن	٪۱
برای اسلامپ کمتر از ۱۰۰ mm	۲۵ mm
برای اسلامپ بیشتر از ۱۰۰ mm	۳۵ mm
درصد مانده روی الک شماره ۴	٪۶
مقاومت فشاری ۷ روزه	٪۷/۵

۱۷-۳ ضوابط نمونه‌برداری

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

۱۷-۳-۱ نحوه نمونه‌برداری: باید سعی شود نمونه‌برداری به صورت تصادفی انجام گردد.

نمونه‌برداری باید در طول مدت تولید و مصرف بتن، به نحو یکنواختی انجام گردد و معمولاً نباید این کار را به زمان معین و یا شکل و حالت خاصی از بتن محول نمود. در صورت عدم رعایت این نکات، مبانی

آماري ضوابط پذيرش مخدوش مي‌شود و قضاوت ميسر نيست. نمونه را بايد از محل نهايي مصرف (ريختن بتن در قطعه) برداشت. بنا بر اين، نمونه برداري در هنگام تخليه بتونير يا دستگاه بتن ساز مركزي صحيح نيست مگر اينكه فاصله زماني ريختن بتن و اختلاط آن بسيار كم باشد. مسلماً قبل از ريختن بتن در قالب بايد نمونه برداري را به انجام رسانيد.

۱۷-۴ تعداد آزمون‌ها

براي هر بار نمونه برداري و به ازاي هر سن آمايش، تهيه حداقل دو آزمون (قالب) لازم است. اگر بخواهيم در سن ديگري بجز ۲۸ روز، مقاومت فشاري آزمون‌ها را تعيين كنيم، لازم است تعداد آزمون‌ها را به تناسب افزايش داد.

۱۷-۵ تواتر نمونه برداري (دفعات نمونه برداري)

- الف - در هر روز و براي هر نوع بتن حداقل يك نمونه لازم است.
- ب - حداقل ۶ نوبت نمونه برداري از يك سازه (براي يك رده بتن) الزامي است.
- پ - در صورتي كه حجم هر نوبت اختلاط بتن بيشتر از يك متر مكعب باشد براي دال و ديوار از هر ۳۰ متر مكعب بتن يا هر ۱۵۰ متر مربع سطح، يك نمونه ضروري است. براي تير و كلاف (در صورت ريختن قطعات به صورت جدا از هم) به ازاي هر ۱۰۰ متر طول، تهيه يك نمونه الزامي است. همچنين براي ستونها به ازاي هر ۵۰ متر طول يك نوبت نمونه برداري لازم است.
- ت - اگر حجم هراختلاط كمتر از يك متر مكعب باشد مي‌توان مقادير فوق را به همان نسبت کاهش داد. بدين ترتيب، تعداد دفعات نمونه برداري افزايش خواهد يافت. توصيه مي‌شود، در صورتي كه عدم يكنواختي در طول مدت ساخت بتن احساس مي‌شود دستگاه نظارت از اين اختيار استفاده نمايد.
- ث - اگر حجم هر نوبت اختلاط بيش از ۳ متر مكعب باشد مي‌توان مقادير فوق را سه برابر نمود و بدين ترتيب تعداد دفعات نمونه برداري از بتن کاهش خواهد يافت.

ج - اگر حجم بتن برای یک رده در یک کارگاه کمتر از ۳۰ متر مکعب باشد با تشخیص دستگاه نظارت مبنی بر رضایت بخش بودن کیفیت بتن می‌توان از نمونه‌برداری و آزمایش مقاومت بتن صرف نظر نمود. مسلماً دستگاه نظارت باید شواهد و قرائنی دال بر رضایت بخش بودن بتن در دست داشته باشد. سابقه تولید کننده یا فروشنده بتن و یا سوابق ساخت بتن با طرح مخلوط و نسبت‌های مشابه و مصالح یکسان می‌تواند از جمله شواهد و قرائن باشد. در این صورت مسئولیت عدم نمونه‌برداری به عهده دستگاه نظارت خواهد بود.

چ - نتیجه مقاومت هر دفعه نمونه‌برداری از میانگین گیری نتایج دو آزمون به دست می‌آید.

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

برای اینکه بتن را منطبق بر رده مورد نظر و قابل قبول تلقی نماییم لازم است یکی از شرایط زیر برقرار باشد:

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

ب : میانگین نتایج مقاومت فشاری هر سه نمونه متوالی حداقل $1/5 \text{ MPa}$ بیشتر از مقاومت مشخصه باشد. همچنین مقاومت هر یک از سه نمونه متوالی بیشتر از 4 MPa کمتر از مقاومت مشخصه نباشد.

بتن، وقتی غیرقابل قبول است که متوسط هر سه نتیجه متوالی مقاومتی، کمتر از مقاومت مشخصه باشد و مقاومت هر یک از سه نتیجه متوالی بیشتر از 4 MPa ، کمتر از مقاومت مشخصه باشد. در این حالت، بتن کم مقاومت تلقی می‌شود و نیازمند بررسی‌های بیشتر است. برای این کنترل‌ها لازم است نتایج آزمایشهای مقاومتی نمونه‌ها (میانگین دو آزمون) با توجه به زمان ساخت بتن‌ها به ترتیب نوشته شود و طبق بند فوق عمل گردد.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

منابع

- ۱- قدوسی، پ، "روشهای اجرای ساختمان"، جزوه درسی، مرکز انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ۱۳۸۰.
- 2-Illingworth, J.R., "Construction Methods and Planning", second edition, E&FN Spon, 2000.
- 3-Mindess, S., and Young, J.F., "Concrete" Prentice-Hall, 1981.
- 4-Neville, A.M. and Brooks, J.J., "Concrete Technology", New York, Longman Scientific and Technical, 1987.
- 5-American Concrete Institute, ACI Manual of Concrete Practice, ACI, Vol., 1,2,3,4 and 5, 2000.
- 6-American Concrete Institute, ACI Manual of Concrete Practice, ACI, Committee 305R, " Hot Weather Concreting " Vol.,2000.
- 7-American Concrete Institute, ACI Manual of Concrete Practice, ACI, Committee 306R, " Cold Weather Concreting requirement" Vol.,2000.
- ۸ - قدوسی، پ، گنجیان، الف، پرهیزکار، ط، رمضانپور، ع، الف، " فن آوری بتن در شرایط محیطی خلیج فارس، جلد ۱، آسیب شناسی بتن و ارزیابی آن"، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، نشریه شماره ک ۲۸۳، ۱۳۷۸.
- ۹ - قدوسی، پ، پرهیزکار، ط، رمضانپور، ع، الف، مظفری، ن، " فن آوری بتن در شرایط محیطی خلیج فارس، جلد ۲، روشها و توصیه‌ها برای افزایش عمر مفید سازه‌های بتنی"، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، نشریه شماره ک ۳۷۰، ۱۳۸۳.
- ۱۰- رمضانپور، ع.ا، قدوسی، پ، و هوشدار تهرانی، م.ح، " بتن و اجرای آن" مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۸۲.
- ۱۱- آیین‌نامه بتن ایران (آبا) تجدید نظر اول، ویرایش دوم، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر امور فنی و تدوین معیارها، نشریه شماره ۱۲۰.

- ۱۲- طسوجی، محمد ابراهیم، "طرح و کنترل مخلوطهای بتنی" محمد ابراهیم طسوجی، تهران، ۱۳۶۶.
- ۱۳ - قالیبافیان، مهدی، "اجرای ساختمانهای بتن آرمه" انتشارات دهخدا، تهران، ۱۳۶۸.
- ۱۴ - نویل، آ.ام.، ترجمه فامیلی، هرمز، بتن شناسی، جهاد دانشگاهی دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ۱۳۶۸.
- ۱۵- وادال، جوزف جی، ترجمه : رمضانپور، ع، ا، طاحونی، ش، پیدایش، م، "دستنامه اجرای بتن" ، علم و ادب، تهران، ۱۳۸۰.
- ۱۶ - ا، ام، نویل، جی، جی، بروکس، ترجمه : رمضانپور، ع، ا، شاه نظری، م، "تکنولوژی بتن" ، دانشگاه علم و صنعت، تهران.

خواننده گرامی

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر پانصد عنوان نشریه تخصصی - فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به‌صورت تألیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه پیوست در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیتهای عمرانی به کار برده شود. به این لحاظ برای آشنایی بیشتر، فهرست عناوین نشریاتی که طی سالهای اخیر به چاپ رسیده است به اطلاع استفاده‌کنندگان و دانش‌پژوهان محترم رسانده می‌شود.

لطفاً برای اطلاعات بیشتر به سایت اینترنتی <http://tec.mporg.ir> مراجعه نمایید.

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
معاونت امور فنی

فهرست نشریات منتشر شده در سالهای اخیر
دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

Г хР	Ψ ЎдўΨ Ψ	ř ħ	Уу Е	ДЗ у	у ї
		-	ЙН		
				-	-
				-	-
					- (-) - (-) - (-) -
				-	
					: - (-) - (-) (-).... -
					)
					(

Г хР	Ψ Ψ	ř ŧ		ДЗ	у	ї
		-	ЙН			
				-	: БНΨ ΩΩAN	I.C.U -
					: Б AN	
					: Б Ω ŧ ΩAN	
				-	: BŪY AN	() -
					: БНΨ ΩΩAN	
					: Б AN	
					: Б Ω ŧ ΩAN	
				-	: BŪY AN	() -
					: БНΨ ΩΩAN	
				-	: BŪY AN	() NICU -
					: БНΨ ΩΩAN	
					: Б AN	
				-	: BŪY AN	() -
					: БНΨ ΩΩAN	
					: Б AN	
					(-)	

این نشریه

با عنوان «دستورالعمل ساخت و اجرای بتن در کارگاه» شامل هفده فصل است.

«انبار کردن مصالح در کارگاه»، «توزین و پیمانه کردن اجزای مخلوط»، «اختلاف بتن»، «بررسی وضعیت ظاهری و اندازه گیری»، «انتقال بتن»، «کنترلها و آماده سازی قبل از بتن ریزی»، «عملیات بتن ریزی»، «متراکم کردن بتن»، «پرداخت سطح بتن»، «درز انقباض [جمع شدگی]»، «درز ساخت [اجرایی]»، «عمل آوری بتن»، «بتن ریزی در هوای سرد»، «بتن ریزی در هوای گرم»، «قالب بندی»، «میلگرد گذاری» و «کنترل کیفی بتن تازه و سخت شده»، فصلهای مختلف نشریه را تشکیل می دهند.

دستگاه های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر می توانند از این نشریه به عنوان راهنما استفاده کنند.