

بتن‌ریزی در هوای سرد و گرم

بحث‌های مربوط به روش‌های بتن‌ریزی در هوای سرد و گرم تا زمانی که پیش‌بینی‌های پنج روزه خبر از آب‌وهوای شدید ندهد، پیش نمی‌آید. در آن لحظه، همه چیز با عجله انجام می‌شود.

در صورت نیاز باید در ابتدای پروژه طرح اختلاط‌های خاص بتن برای تأیید تحویل داده شوند. برای آزمایش و بررسی درجه حرارت و مقادیر مختلف و همچنین تنظیم میزان افزودنی‌ها که امروزه اساس بتن پر مقاومت را شکل می‌دهد به زمان نیاز داریم. زمان مناسب برای بحث در مورد این روش‌ها در جلسه‌ای است که قبل از اولین مرحله بتن‌ریزی شکل می‌گیرد. این کار زمان کافی در اختیار مهندس سازه، پیمانکار و تولیدکننده بتن در جهت هماهنگ شدن به‌طور مناسب و آماده شدن برای مقابله با شرایط آب‌وهوایی غیرمنتظره قرار می‌دهد. در ۷۰ درجه فارنهایت، همه چیز خوب است؛ اما در درجه حرارت کمتر از ۵۰ درجه و بالای ۸۵ درجه فارنهایت به طرح اختلاط‌های متفاوت و روش‌های مناسب در چنین شرایط آب‌وهوایی نیاز خواهیم داشت. شرایط ترافیکی، شرایط بچینگ، فاصله از بچینگ تا کارگاه و عمل‌آوری؛ همه در تعیین بتن مناسب برای یک المان سازه‌ای نقش دارند.

باید به تفاوت‌های بین کارگاه‌های ساختمانی مختلف هم توجه کنیم. به‌عنوان مثال، حتی در یک شهر، کارگاه‌هایی که در نزدیکی کارخانه تولید بتن قرار دارند نسبت به کارگاه‌هایی که دورتر از آن‌ها هستند ممکن است به الزامات متفاوتی برای دستیابی به بتن‌ریزی مناسب نیاز داشته باشند. به این ترتیب، هر کارگاه باید روش‌های بتنی ریزی در هوای سرد و گرم خود را داشته باشد. این روش‌ها باید توسط پیمانکار بتن، متناسب با بچینگ بتن و تأمین‌کنندگان مختلف برای بررسی به مهندس ناظر ارائه شود. ساخت بتن قوی به منبع سنگ‌دانه، دانه‌بندی آن و در دسترس بودن آن بستگی دارد. تحویل سنگ‌دانه به بچینگ هم باید در نظر گرفته شود. ضوابط ACI بیشترین کاربرد را در این موضوع دارند. ACI 305 راهنمای بتن‌ریزی در هوای سرد و ACI 306 راهنمای بتن‌ریزی در هوای سرد است.

بتن‌ریزی در هوای سرد



پوششی برای محافظت از میلگرد قبل از بتن‌ریزی در هوای سرد

از زمان انتشار ویرایش ACI 306R-10، وقتی که دمای هوا زیر ۴۰ درجه باشد یا انتظار برود که در طول دوره عمل‌آوری دما زیر ۴۰ درجه برود، به شرایط برای بتن‌ریزی، سرد محسوب می‌شود. مدت عمل‌آوری برای بتن دارای افزودنی‌های تسریع‌کننده بین یک و چهار روز (جدول ۷،۱ از ACI 306) تعریف می‌شود.

قبل از ACI 306R-10، بتن‌ریزی در هوای سرد به صورت دوره‌ای تعریف می‌شد که در آن برای بیش از ۳ روز متوالی، شرایط زیر وجود داشته باشد:

(۱) متوسط دمای هوای روزانه کمتر از ۴۰ درجه فارنهایت باشد.

(۲) دمای هوا بیش از نصف روز در طی ۲۴ ساعت بالاتر از ۵۰ درجه فارنهایت نباشد.

متوسط دمای هوای روزانه میانگین بالاترین و پایین‌ترین دماها در بازه زمانی از نیمه‌شب تا نیمه‌شب دیگر است (ACI306R-99). طبق تعریف جدیدتر نیاز به اجرای روش‌های بتن‌ریزی در هوای سرد بیش‌تر به وجود می‌آید.

حداقل دمای بتن

ACI 306 دمای بتن را طبق جدول ۵،۱ از ACI 306 این‌گونه بیان می‌کند.

		ابعاد مقطع، کوچک‌ترین بعد			
		< 12 in. (300 mm)	12 – 36 in. (300 – 900 mm)	36 – 72 in. (900 – 1800 mm)	> 72 in. (1800 mm)
خط	دمای هوا	حداقل دمای بتن در بتن‌ریزی و نگهداری			
۱	-	55 °F(13 °C)	50 °F(10 °C)	45 °F(7 °C)	40 °F(5 °C)
		حداقل دمای بتن هنگام اختلاط برای دمای هوای نشان داده شده*			
۲	بالای 30 °F(-1 °C)	60 °F(16 °C)	55 °F(13 °C)	50 °F(10 °C)	45 °F(7 °C)
۳	0 - 30 °F(-18 - -1 °C)	65 °F(18 °C)	60 °F(16 °C)	55 °F(13 °C)	50 °F(10 °C)
۴	زیر 0 °F(-18 °C)	70 °F(21 °C)	65 °F(18 °C)	60 °F(16 °C)	55 °F(13 °C)
۵	-	حداکثر کاهش تدریجی دما در ۲۴ ساعت بعد از پایان نگهداری			
		50 °F(28 °C)	40 °F(22 °C)	30 °F(17 °C)	20 °F(11 °C)
* برای هوای سردتر، حاشیه‌ی بزرگ‌تری بین زمان اختلاط و حداقل دمای مورد نیاز بتن تازه در محل در نظر گرفته شده است.					

جدول ۵،۱ دماهای بتن توصیه شده

برای بتن‌ریزی یک دال معمولی در یک روز یخبندان، باید دمای بتن در حین اختلاط حداقل ۶۵ درجه باشد و همچنین باید دما در ۵۵ درجه ثابت نگاهداشته شود. برای المان‌هایی با ضخامت بیشتر، این دما به دلیل اینکه واکنش گرمای بتن خود حرارت اضافه تولید می‌کند، کاهش می‌یابد. این دماها باید طی دوره عمل‌آوری نشان داده شده در جدول ۷،۱ از ACI 306، ثابت نگاهداشته شوند.

خط	شرایط بهره‌برداری	دوره محافظت در دمای حداقل اشاره شده در خط ۱ از جدول ۵،۱، روز*	
		بتن با گیرش عادی	بتن با گیرش تسریع شده
۱	بدون بارگذاری، در معرض نیست	۲	۱
۲	بدون بارگذاری، در معرض است	۳	۲
۳	بارگذاری جزئی، در معرض است	۶	۴
۴	بارگذاری کامل	به فصل ۸ مراجعه کنید	
*یک روز ۲۴ ساعت است.			

جدول ۷،۱، طول دوره محافظت برای بتن در محل هنگام هوای سرد

رعایت مقادیر بالا جهت جلوگیری از آسیب دیدن بتن به دلیل یخ زدن زود هنگام آب مورد نیاز برای هیدراتاسیون سیمان الزامی است.

حفظ دمای مورد نیاز بتن در هوای سرد می‌تواند به روش‌های مختلفی انجام شود. معمول‌ترین روش‌ها عبارت‌اند از:

- استفاده از آب گرم در مخلوط بتن
- استفاده از سنگ‌دانه‌های گرم شده با بخار
- به‌کارگیری یک افزودنی تسریع‌کننده
- گرم کردن و پوشاندن سطح بتن ریخته شده

روش‌های کمتر شناخته‌شده شامل به کار گرفتن شبکه‌ای از لوله‌ها است که دمای داخلی بتن را با جریان آب با دمای کنترل‌شده در این شبکه، کنترل می‌کنند. با توجه به دمای محیط، تنها از برخی یا همه این روش‌ها استفاده می‌شود. معمولاً مقدار افزودنی تسریع‌کننده متناسب با دمای محیط و سایر عوامل تغییر می‌کند.

تولیدکننده بتن می‌تواند برای یک پروژه‌ی مشخص بر اساس ابعاد عضو یک نمودار از مقدار افزودنی تسریع‌کننده تهیه کند. دال‌های ماله‌کشی شده باید دارای گیرش معمولی باشند. دیرگیری ممکن است باعث خشک شدن سطح شود. دیرگیری ممکن است باعث آب اندازی و در نتیجه لایه‌لایه شدن سطح بتن شود.

دمای حداقل برای هر شرایط دیگری

طبق ACI هر سطحی که در هنگام بتن‌ریزی در تماس با بتن قرار دارد باید دمایی بالاتر از نقطه‌ی انجماد داشته باشد. این شامل میلگرد و قالب هم می‌شود. ACI این کار را بهترین روش در نظر می‌گیرد. اجزای فولادی بزرگ مدفون (به‌طور معمول لوله‌ها، یا تیرهای بال پهن)، باید قبل از بتن‌ریزی گرم شوند تا دمای آن‌ها تا حد ممکن به دمای بتن نزدیک شود. این کار احتمال یخ‌زدگی موضعی بتن و کاهش مقاومت پیوستگی موضعی بتن را از بین می‌برد.

مسائل میدانی

حتی با بهترین برنامه‌ریزی، کارها ممکن است در عمل اشتباه انجام شوند. یک فرد باید به‌طور مداوم کامیون‌های بتن را نظارت کرده و مراقب همه چیز باشد. به‌عنوان مثال، وقتی که بتن‌ریزی به دلیل خراب شدن پمپ یا هر دلیل موجه دیگری متوقف

شود، برگرداندن یک یا دو کامیون بتن ممکن است باعث شود که دوازده کامیون بعدی در شرایط قابل قبول باقی بمانند. مشکلات زمانی ایجاد می‌شوند که نظارت پیوسته وجود نداشته باشد.

دمای بتن برای همه‌ی کامیون‌های وارد شده به کارگاه باید کنترل شود. این‌که اگر چند کامیون اول درجه حرارتی در محدوده مشخص شده داشته باشند، بقیه‌ی کامیون‌ها هم قابل قبول خواهند بود، فرض خوبی نیست و ریسک شکست احتمالی را افزایش می‌دهد. با اینکه دمای هوا در طول روز افزایش می‌یابد، سایر عوامل خارجی ممکن است دمای بتن را کاهش دهند. مثلاً ممکن است بچینگ تنها قادر باشد مقدار مشخصی سنگ‌دانه را از شب قبل حرارت دهد. وقتی سنگ‌دانه گرم شده تمام می‌شود، کامیون‌های بعدی افت دما خواهند داشت که احتمالاً با افزایش اندک دمای محیط به‌اندازه کافی جبران نخواهد شد. به همین ترتیب، ممکن است بچینگ مقدار تسریع‌کننده در بتن را در طول روز کاهش دهد که می‌تواند دمای بتن را هم کاهش دهد.

افزودنی‌های تسریع‌کننده باید به مقدار مناسب بر اساس درجه حرارت محیط استفاده شوند و در صورت نیاز در طول بتن‌ریزی باید مجدداً مقدار آن‌ها تنظیم شود. استفاده بیش‌ازحد از تسریع‌کننده‌ها ممکن است باعث گیرش بتن قبل از پرداخت و ایجاد درز سرد در بتن شود.

به‌عنوان یک قاعده کلی، اگر دمای محیط در طول بتن‌ریزی یا دوره عمل‌آوری زیر دمای انجماد باشد، باید از گرمای خارجی برای بتن‌ریزی دال‌ها استفاده کرد. این امر معمولاً با پوشاندن بتن با پتوهای حرارتی و استفاده از دستگاه‌های تولید گرما انجام می‌شود. از گرمادهی مستقیم به بتن باید پرهیز شود.

بتن مقاوم در برابر یخ‌زدگی

همیشه استثنایی وجود دارد. بتن مقاوم در برابر یخ‌زدگی بتنی است که از افزودنی تسریع‌کننده استفاده می‌کند که امکان بتن‌ریزی در دماهای پایین‌تر را فراهم می‌آورد. با این‌که این مواد شیمیایی باعث افزایش اندک در هزینه بتن می‌شوند، اما برخی از هزینه‌های مربوط به گرمایش خارجی و دیگر روش‌ها را کاهش می‌دهند.

با توجه به اینکه روش‌های دقیقی برای تهیه طرح اختلاط بتن مقاوم در برابر یخ‌زدگی هنوز در ACI وجود ندارد، معمولاً باید همه مخلوط‌ها تحت شرایط میدانی (با نمونه‌های استوانه‌ای میدانی) برای اطمینان از رسیدن بتن به مقاومت مورد نیاز مورد آزمایش قرار گیرند. بتن‌ریزی با مخلوط بتنی خوب و صحیح، در دمای محیط بین ۱۵ تا ۲۰ درجه، بدون گرمایش خارجی، یک روش معمول در بسیاری از پروژه‌ها محسوب می‌شود.

کنترل دما

دمای بتن باید با دقت کنترل شود. زمانی که کامیون بتن وارد کارگاه می‌شود، دمای بتن باید بلافاصله ثبت‌شده تا اطمینان حاصل شود که حداقل معیار مشخص‌شده توسط مهندس سازه را برآورده می‌کند. بازرسی ویژه تعیین‌شده، بخش مهمی از این فرایند بوده و باید از دماسنج کالیبره شده استفاده کند. توصیه می‌شود که دماسنج‌های کالیبره شده یدکی در سایت وجود داشته باشد.



دماسنج کالیبره شده دمای بتن در محل را کنترل می‌کند.

در صورتی که مشخص شود کامیونی خارج از محدوده مشخصات قرار دارد، فوراً باید موضوع به کارخانه بتن‌سازی اطلاع داده شود. این کار امکان ایجاد تغییرات و اصلاح طرح اختلاط را فراهم می‌کند. دمای بتن باید هنگام ریختن بتن در محل بتن‌ریزی هم کنترل شود. بعد از بتن‌ریزی، در طول دوره عمل‌آوری، دمای بتن باید مجدداً برای اطمینان از اینکه دمای بتن بیشتر از حداقل دمای مورد نیاز باقی می‌ماند، کنترل شود.

یک راه ساده برای نظارت بر این تغییرات دمایی استفاده از دماسنج حداکثر - حداقل کالیبره شده است. این دماسنج‌ها یک انتهای میله‌ای دارند که می‌توان آن‌ها را درون بتن ریخته شده قرار داد. این میله، دمای تقریبی سطح بتن را در طول عمل‌آوری مشخص می‌کند. بعلاوه، برای عمل‌آوری صحیح سطوح افقی، استوانه‌های بتنی مورد نیاز باید به‌درستی در یک جعبه عمل‌آوری عایق شده قرار داده شوند. در روزهای سرد یا گرم، می‌توان از دماسنج حداکثر - حداقل برای نظارت دمای جعبه عمل‌آوری استفاده کرد.

بتن‌ریزی در هوای گرم

برخلاف بتن‌ریزی در هوای سرد، آیین‌نامه ACI الزامات دمایی مشخصی برای بتن‌ریزی در هوای گرم مشخص نکرده است. ACI 305 آب‌وهوای گرم را ترکیبی از شرایطی تعریف می‌کند که در آن «به کیفیت مخلوط بتن تازه آسیب می‌رسد یا بتن به دلیل افزایش مقدار رطوبت از دست رفته یا مقدار هیدراتاسیون، سیمان سخت شود». هرگاه دمای محیط بیش از ۸۵ درجه باشد، نیاز به استفاده از فرآیندهای بتن‌ریزی در هوای گرم است. این موضوع به موقعیت و شرایط دیگر هم مربوط می‌شود.

دمای حداکثر

ACI 305R حداکثر دمای بتن را در هوای گرم را تعیین نکرده است. بیشتر بر حفظ کارایی مناسب بتن بدون تأثیر بر مقاومت آن تأکید می‌شود. در هوای گرم، افزایش مقدار هیدراتاسیون سیمان و تبخیر، مشکلاتی برای کارایی بتن ایجاد می‌کند. اضافه کردن آب به مخلوط معمولاً این مشکلات را کاهش می‌دهد. متأسفانه، آب اضافی مقاومت بتن را کاهش و انقباض را افزایش می‌دهد و باعث ایجاد ترک می‌شود.

حفظ دمای مورد نیاز بتن در هوای گرم را می‌توان با روش‌های متفاوت و بدون کاهش مقاومت بتن انجام داد. رایج‌ترین روش‌ها عبارت‌اند از:

- استفاده از آب سرد در مخلوط بتن
- استفاده از یخ در مخلوط بتن
- استفاده از افزودنی‌های کاهش‌دهنده آب (به جای استفاده از آب در کارگاه)
- اضافه کردن افزودنی‌های کندگیرکننده و افزودنی کنترل گیرش هیدراتاسیون
- استفاده از خاکستر آتش‌فشانی و سرباره برای کاهش مقدار سیمان
- خنک کردن سنگ‌دانه‌ها با آب‌پاشی و سایه

اطمینان از عدم شکل‌گیری درز سرد در طول بتن‌ریزی مهم است، زیرا این درزها ممکن است با ایجاد صفحه‌های شکست برشی در اعضای سازه‌ای باعث خسارت‌های بزرگی شوند.

مسائل میدانی

جریان پیوسته‌ی کار که تمام کارکنان را به صورت پیوسته درگیر می‌کند چیزی است که هر پیمانکاری برای آن تلاش می‌کند. این روند بهره‌وری را حداکثر کرده و در نتیجه سودآوری را افزایش می‌دهد. استفاده از افزودنی‌های کندگیرکننده در هنگام حرکت از کارخانه به کارگاه، می‌تواند زمان شروع پرداخت نهایی بتن را به تأخیر بیندازد. بر این اساس تنظیم دقیق مقدار افزودنی مورد استفاده در فرآیند بتن‌ریزی، زمان‌های گیرش را تا انتهای بتن‌ریزی به تأخیر می‌اندازد. درحالی‌که این ایده به صورت نظری صحیح است، اما هنوز هیچ معیار و اطلاعاتی برای ارائه قوانین میدانی و پارامترهای اساسی برای تنظیم کردن آن موجود نیست. در نتیجه ممکن است مشکلاتی در کارایی و درزهای سرد ایجاد شود. درحالی‌که کاهش مقدار افزودنی غیرمنطقی نیست، اما هنوز هم قضاوت بر عهده‌ی تجربه مهندس سازه و پیمانکار است: این کار باید به روشی کنترل‌شده و با همکاری انجام شود.

بتن‌ریزی در زمان‌های کاهش دمای محیط، مانند بتن‌ریزی در شب می‌تواند بخش زیادی از مشکلات مربوط به بتن‌ریزی در هوای گرم را کاهش دهد.

بتن‌ریزی حجیم در هوای گرم به شدت چالش‌برانگیز است.

عمل‌آوری مناسب برای کاهش ترک‌خوردگی بسیار مهم است. دال‌هایی که به طور مناسب عمل‌آوری نشوند ترک‌خوردگی‌های قابل توجهی را خواهند داشت. این ترک‌خوردگی‌ها بیشتر بر روی دال‌هایی رخ می‌دهد که انتهای آن‌ها مقید شده است نظیر دال طبقه همکف که توسط دیوارهای فونداسیون مقید شده است.

کنترل دمای بتن

کنترل دمای بتن در هوای گرم مشابه کنترل دمای بتن در هوای سرد است. علاوه بر کنترل دما، باید از عدم ایجاد درزهای سرد اطمینان حاصل شود.

مترجم: مسعود غیاث‌الدین

منبع

<http://www.structuremag.org/?p=12084>