

# دانش بتن را کاربردی بیاموزیم

## چی، چرا و چگونه؟

### بخش ۵ - بتن حجیم

#### بتن حجیم چیست؟

دمای داخلی بتن و جلوگیری از بروز اختلاف‌های دمایی زیاد میان لایه‌های مختلف بتن که منجر به ترک خوردگی حرارتی می‌شود از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لذا، توصیه می‌شود که در بتن‌ریزی حجیم، اقدامات ویژه‌ای مانند به حداقل رساندن مقدار مواد سیمانی مصرفی، استفاده از مواد جایگزین سیمان و استفاده از سیستم‌های سرمایشی انجام شود تا از آسیب‌های احتمالی ناشی از حرارت‌زایی بالا و افزایش گرادیان حرارتی جلوگیری گردد.

در بتن‌ریزی‌های حجیم، دمای ناشی از فرآیند هیدراسیون در برخی موارد به بیش از ۸۰ درجه سلسیوس می‌رسد. حرارت در بتن حجیم به کندی مستهلک می‌گردد، طبق ضوابط گزارش ACI 301-16، گرادیان حرارتی و حداکثر دمای مقطع بتنی نباید به ترتیب از ۱۹ درجه سلسیوس و ۷۰ درجه سلسیوس بیشتر شود. گرادیان بین مغزه و سطح می‌تواند تنش‌های کششی همراه با ترک خوردگی حرارتی ایجاد نماید، مقاومت کششی بتن در سنین اولیه کم است، در نتیجه اهمیت این موضوع جهت جلوگیری از بروز تنش‌های حرارتی و کاهش خطر ترک‌خوردگی ناشی از انبساط غیرهمگون در لایه‌های مختلف بتن ضروری است. با ایجاد ترک در بتن، مواد زیان‌آور و یون‌های مهاجم می‌توانند به داخل بتن نفوذ کرده و مکانیزم‌های خرابی مانند خوردگی آرماتور و حمله تشدید شوند. پیامد این پدیده‌ها، نه تنها دوام سازه‌ها را کاهش می‌دهد بلکه هزینه‌های تعمیر و نگهداری را به‌طور تصاعدی افزایش خواهد یافت.

محدودیت حداکثر دمای ۷۰ درجه سلسیوس در به منظور جلوگیری از مشکلات ناشی از افزایش دما در بتن وضع شده است که شامل تنش‌های حرارتی، ترک‌خوردگی ناشی از تفاوت دمای داخلی و سطحی بتن و خطر تشکیل اترینگایت تأخیری (DEF) می‌شود. اترینگایت تأخیری یک پدیده شیمیایی

براساس ACI PRC-207.1-05 بتن ریزی حجیم به فرآیند استفاده از بتن در سازه‌هایی اطلاق می‌شود که در آن‌ها حجم زیادی از بتن در مقیاس بزرگ ریخته می‌شود، به‌طوری که حرارت ناشی از واکنش‌های هیدراسیون سیمان در توده‌ای حجیم از بتن می‌تواند منجر به ایجاد مشکلاتی مانند ترک خوردگی، تغییر شکل، کاهش مقاومت و دوام بتن شود. به صورت دقیق‌تر، بتن حجیم به بتن‌هایی اطلاق می‌شود که برای کاهش حرارت‌زایی و افزایش دما، نیاز به توجه ویژه‌ای در انتخاب مواد، طرح مخلوط بتن، مراحل تولید و فرآیندهای اجرایی دارند. این نوع بتن‌ریزی معمولاً در پروژه‌های بزرگ مانند سدها، سازه‌های پل، فونداسیون ساختمان‌های بلندمرتبه و مقاطع خاص که حجم بتن به اندازه‌ای زیاد است که دماهای داخلی بتن در مراحل اولیه هیدراسیون می‌تواند به حد بحرانی برسد، به کار می‌رود. واکنش میان سیمان و آب همراه با تولید گرما می‌باشد و سبب افزایش قابل ملاحظه دمای درون قطعات بزرگ بتنی می‌شود. اگر این گرما نتواند به سرعت خارج شود تغییر حجم ناشی از افزایش و کاهش دمای سازه ممکن است تنش‌ها و کرنش‌های قابل ملاحظه‌ای ایجاد نماید که ترک خوردگی بتن را به دنبال خواهد داشت موجب کاهش مقاومت و دوام بتن خواهد شد. تدابیر لازم برای کنترل دمای بتن ممکن است قبل، همزمان با بتن‌ریزی و پس از آن اعمال شوند.

#### ملزومات بتن حجیم

یکی از ملزومات مهم بتن حجیم، پایش دما و کنترل گرادیان حرارتی می‌باشد. در این‌گونه بتن‌ریزی‌ها به دلیل حرارت‌زایی واکنش هیدراسیون، دمای مرکز بتن بالاتر از دمای سطحی است، به همین جهت، کنترل

پوزولان‌ها یا انواع سرباره است که نه تنها میزان حرارت هیدراسیون را کاهش می‌دهند، بلکه دوام و مقاومت بلند مدت بتن را نیز افزایش می‌دهند. همچنین، سیستم‌های سرمایشی مانند استفاده از یخ در مخلوط بتن و یا سیستم‌های انتقال حرارت برای جلوگیری از افزایش دمای داخلی بتن نیز از دیگر روش‌های مؤثر در کنترل گرمایی و حداکثر دما هستند. به علاوه، طراحی مناسب مقاطع بتن و پیش‌بینی دقیق زمان ریختن بتن با توجه به شرایط محیطی، از جمله دیگر استراتژی‌ها برای به حداقل رساندن تنش‌های حرارتی و جلوگیری از ترک‌های ناشی از آن‌ها به شمار می‌رود. همچنین طراحی عایق حرارتی و زمان بندی عایق‌گذاری و عایق برداری برای حفظ گرادیان حرارتی بسیار اهمیت دارد. به طور کلی، ترکیب این راهکارها می‌تواند منجر به بهبود عملکرد بتن در سازه‌های حجیم و افزایش دوام آن‌ها گردد.



شرکت بتن آماده سنگ شکن غرب مجهز به دانش آنالیز حرارتی با استفاده از مدل‌سازی المان محدود و طراحی و اجرای بتن‌های حجیم با توجه به شرایط محیطی و الزامات فنی پروژه‌ها می‌باشد. خروجی مطالعات این شرکت شامل موارد زیر می‌باشد:

- ❑ طراحی مخلوط بتن به منظور به حداقل رساندن حداکثر دما و گرادیان حرارتی
- ❑ برنامه زمان بندی اجرا
- ❑ طراحی عایق (جنس، ضخامت، ضریب انتقال حرارت)
- ❑ برنامه زمان بندی عایق گذاری و عایق برداری
- ❑ پایش مستمر دمای حداکثر و گرادیان حرارت با کار گذاری ترموکوپل‌های اندازه‌گیری دما در مقاطع حجیم

لذا خریداران بتن آماده پروژه‌های بزرگ می‌توانند از مشاوره واحد فنی این مجموعه بهره ببرند.

است که زمانی رخ می‌دهد که بتن در دماهای بالا (بیشتر از ۷۰ درجه سلسیوس) قرار می‌گیرد و موجب می‌شود که ترکیبات سولفاتی موجود در بتن به‌طور غیرطبیعی در دماهای پایین‌تر دوباره تشکیل شوند، که این فرآیند می‌تواند منجر به ترک‌خوردگی و کاهش دوام بتن شود. با این حال، استفاده از سرباره با درصد جایگزینی بیش از ۳۵ درصد می‌تواند دمای مجاز بتن را تا ۸۵ درجه سانتی‌گراد افزایش دهد. این افزایش دما به دلیل تأخیر در تشکیل ژل اترینگایت است که در اثر ویژگی‌های پوزولانی و سیمانی سرباره، امکان‌پذیر می‌شود. استفاده از سرباره، به‌ویژه در مقاطع حجیم، می‌تواند خطر تشکیل اترینگایت تأخیری را کاهش دهد.

## ملزومات بتن حجیم

با توجه به تراکم جمعیت و افزایش ساخت‌وساز در کلان‌شهرها، به‌ویژه در زمینه سازه‌های بلندمرتبه، نیاز به عناصر سازه‌های حجیم‌تر، بیش از پیش احساس می‌شود. این امر باعث می‌شود که بتن‌ریزی حجیم به یکی از چالش‌های مهم مهندسی تبدیل شود. سازه‌های بلندمرتبه که نیازمند بتن‌ریزی در مقیاس‌های بزرگ هستند، به دلیل ارتفاع زیاد فونداسیون و ضخامت بالای مقاطع و احتمال بروز مشکلاتی نظیر حرارت زایی و ترک‌های حرارتی، نیازمند بررسی و مطالعات دقیق‌تری در زمینه تکنیک‌های بتن‌ریزی حجیم و کنترل فرآیندهای آن باشند. همچنین با گسترش استفاده از بتن‌خود تراکم و پر مقاومت در سازه‌های شهری، با توجه به استفاده از مقادیر بیشتر مواد سیمانی در این نوع بتن‌ها، مشکلات بتن حجیم بسیار بیشتر می‌شود. بنابراین ضروری است اهمیت موضوع بتن حجیم در سازه‌های شهری درک شود و کارخانه‌های بتن آماده تمهیدات لازم در این خصوص را به‌کار ببرند.

## ملزومات بتن حجیم

جهت مقابله با چالش‌های بتن‌ریزی حجیم، راهکارهای متعددی وجود دارد که می‌تواند به کاهش تنش‌های حرارتی و کنترل گرادیان حرارتی کمک کند. اولین راهکار، کاهش سیمان و به عبارتی استفاده از افزودنی‌های مناسب و مواد جایگزین سیمان مانند

## این تمهیدات را برای بتن‌ریزی در هوای سرد رعایت کنید:

- ❑ **بتن هوادار:** در صورتی که انتظار می‌رود بتن در معرض رطوبت و چرخه‌های یخ‌بندان و ذوب شدن قرار گیرد، از بتن هوادهی شده (بتن با افزودنی حباب‌زا) استفاده کنید.
- ❑ **آماده‌سازی سطوح:** سطوحی که با بتن در تماس خواهند بود را تا قبل از بتن‌ریزی، عاری از یخ و برف نگه دارید و از دمای بالاتر از صفر درجه اطمینان حاصل کنید.
- ❑ **دما:** بتن را در دمای توصیه‌شده (مناسب) قرار دهید و این دما را حفظ کنید. (حفظ گرما جهت جلوگیری از یخ زدن آب داخل بتن)
- ❑ **روانی:** بتن را با کمترین روانی (اسلامپ) عملی، قرار دهید.
- ❑ **حفاظت بتن تازه:** بتن تازه را از یخ‌زدگی یا خشک شدن محافظت کنید.
- ❑ **حفاظت در برابر یخ‌زدگی اولیه:** بتن را از چرخه‌های اولیه یخ‌بندان و ذوب شدن محافظت نمایید تا زمانی که مقاومت کافی را کسب کند.
- ❑ **تغییرات دمایی:** هنگام برداشتن تدابیر حفاظتی، از تغییرات سریع دما جلوگیری کنید.

## چگونه در هوای سرد بتن‌ریزی کنیم؟

قالب‌ها نباید پیش از ۱ تا ۷ روز، بسته به سرعت کسب مقاومت، شرایط محیطی و بارگذاری پیش‌بینی‌شده بر روی سازه، باز شوند. برای برآورد مقاومت بتن در محل پیش از بازکردن قالب‌ها یا اعمال بار، باید از نمونه‌های عمل‌آوری‌شده در محل یا روش‌های غیرمخرب استفاده شود. برداشتن تدابیر حفاظتی و قالب‌بندی نباید باعث شوک حرارتی به بتن گردد.

نمونه‌های آزمایشی بتن که برای پذیرش بتن استفاده می‌شوند باید با دقت مدیریت شوند. طبق ASTM C31، نمونه‌های استوانه‌ای باید در جعبه‌های عایق نگهداری شوند که ممکن است نیاز به کنترل دما داشته باشند، تا اطمینان حاصل شود که این نمونه‌ها طی ۲۴ تا ۴۸ ساعت اول در دمای  $16^{\circ}\text{C}$  تا  $27^{\circ}\text{C}$  عمل‌آوری می‌شوند. یک دماسنج مینیمم/ماکسیمم باید در جعبه عمل‌آوری قرار گیرد تا ثبت دمای عمل‌آوری نمونه‌های آزمایشی بتن در محل پروژه انجام شود.

# سنگ شکن غرب

کارخانه سنگ شکن غرب



بزرگترین تولیدکننده بتن آماده در ایران