

راهنمای جامع بتن ریزی در هوای گرم:
بررسی الزامات، نکات و راهکارها

سروش قربانی

ناظر علمی:

عبدالله صفایی

Sabzsaze Group

sabzsaze.com

 Sabzsaze

 Sabzsaze



سبزسازه



راهنمای جامع بتن ریزی در هوای گرم: بررسی الزامات، نکات و راهکارها

گروه صنعتی
سبزسازه

مقدمه

الزامات بتن ریزی در هوای گرم چیست؟ حداکثر دمای بتن ریزی در هوای گرم چقدر است؟

اگر تجربه کار در کارگاه ساختمانی را داشته باشید، حتماً به این موضوع پی برده اید که **بتن ریزی در هوای سرد** و گرم هرکدام چالش‌های خاص خود را دارند. اما از آنجایی که بخش وسیعی از کشور ما جزو اقلیم خشک قرار دارد و دارای آب‌وهوای نیمه‌گرمسیری و گرمسیری می باشد، اتخاذ تدابیر لازم برای **بتن ریزی در هوای گرم** و نحوه **عمل آوری بتن** در این شرایط، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

در این مقاله سعی شده تا با ارائه مطالب به روز و با رجوع به آخرین ویرایش آیین نامه ها، شما را با نکات، ضوابط و دستورالعمل بتن ریزی در هوای گرم آشنا کنیم. همراه ما باشید.

نام مقاله: بتن ریزی در هوای گرم؛ بررسی نکات، مشکلات و راهکارها مطابق با آیین نامه
نویسنده: مهندس سروش قربانی
ناظر علمی: مهندس عبدالله صفایی
ناشر: سبزسازه
نسخه: خرداد ماه ۱۴۰۳



نشانی دفتر مرکزی: تهران، خیابان مطهری، خیابان ملایری پور غربی،
پلاک ۱۰۲، طبقه ۵، واحد ۱۳

نشانی دفتر آموزش: بیرجند، معلم ۲۴ - پلاک ۱۴

تلفن: ۰۵۶۳۲۰۱۷۰۰۱

کد پستی: ۹۷۱۷۶۳۴۶۷۲

پرسش و پاسخ درباره این کتاب:

<https://sabzsaze.com/concreting-in-hot-weather/>

حق چاپ و نشر محفوظ و مخصوص ناشر می باشد. لذا هرگونه استفاده از کل یا قسمتی از این کتاب بدون ذکر نام سبزسازه ممنوع بوده، شرعاً حرام است و پیگرد قانونی دارد.



فهرست مطالب

صفحه

۱	شرایط بتن ریزی در هوای گرم.....	۴
۲	مشکلات بتن ریزی در هوای گرم.....	۵
۱.۲	تبخیر سطحی آب بتن.....	۶
۲.۲	کاهش دوام بتن.....	۷
۳.۲	ایجاد درز سرد.....	۷
۴.۲	خطر افزودن آب به مخلوط.....	۷
۵.۲	سفت شدن سریع بتن.....	۸
۳	الزامات بتن ریزی در هوای گرم.....	۸
۱.۳	تأمین تجهیزات مورد نیاز.....	۸
۱.۱.۳	ویبره اضافی.....	۹
۲.۱.۳	دماسنج.....	۹
۳.۱.۳	افزودنی های بتن.....	۹
۲.۳	خنک نگه داشتن تجهیزات.....	۹
۳.۳	ساخت بتن.....	۹
۴	نکات بتن ریزی در هوای گرم.....	۱۱
۱.۴	کنترل دمای بتن.....	۱۱
۲.۴	اشباع کردن مصالح بنایی.....	۱۱
۳.۴	جلوگیری از ترک های ناشی از جمع شدگی خمیری در بتن.....	۱۱
۴.۴	کنترل سرعت بتن ریزی.....	۱۱
۵.۴	جلوگیری از افزودن آب اضافی به بتن.....	۱۱
۶.۴	بتن ریزی در لایه های نازک تر.....	۱۲
۷.۴	نوع سیمان.....	۱۳
۸.۴	رعایت الزامات نمونه برداری بتن.....	۱۳
۵	عمل آوری بتن در هوای گرم.....	۱۳
۱.۵	حوضچه آب.....	۱۳
۲.۵	چتایی خیس.....	۱۴
۳.۵	مواد غشاساز.....	۱۴
۶	بتن ریزی حجیم در هوای گرم.....	۱۶
۷	نتیجه گیری.....	۱۷



۱ شرایط بتن ریزی در هوای گرم

اولین چیزی که هر مهندس ناظر و مجری باید درباره بتن ریزی در هوای گرم بداند این است که شرایط بتن ریزی در هوای گرم چگونه است؟ به طور کلی هرگاه دمای بتن از ۳۲ درجه سانتی گراد بیشتر شود، شرایط بتن ریزی در هوای گرم حاکم شده و باید الزامات آن رعایت شوند. در مقابل هرگاه دمای بتن از ۵ درجه کمتر باشد شرایط [بتن ریزی در هوای سرد](#) حاکم است. در همین مورد جلد دوم آیین نامه بتن ایران (آبا) در بند ۷-۱۱-۱ در رابطه با بتن ریزی در هوای گرم توضیح می دهد:

۷-۱۱ بتن ریزی در هوای گرم

۷-۱۱-۱ کلیات

در مواردی که دمای بتن در زمان بتن ریزی بیشتر از ۳۲ درجه سلسیوس باشد، شرایط هوای گرم حاکم است، و الزامات این بخش باید در ساخت بتن و بتن ریزی رعایت شود.

معمولاً دمای بتن ۲ درجه بالاتر از دمای هوای محیط پیرامون است. به همین علت یک راه آسان برای اینکه بدانیم آیا شرایط بتن ریزی در هوای گرم حاکم هست یا نه این است که بررسی کنیم آیا دمای بتن از دمای مجاز بتن ریزی بدر هوای گرم بیشتر شده یا نه؟ اگر دمای هوا ۳۰ درجه باشد، دمای بتن ۳۲ درجه تخمین زده می شود و شرایط بتن ریزی در هوای گرم حاکم است. مجدداً در بند ۷-۱۱-۱ آیین نامه بتن ایران (آبا)، در این مورد اینطور اشاره می کند:

ت ۷-۱۱ بتن ریزی در هوای گرم

ت ۷-۱۱-۱ کلیات

معمولاً دمای بتن تولید شده در کارگاه حدود ۲ درجه سلسیوس بیشتر از دمای محیط است. لذا در دمای محیط بالاتر از ۳۰ درجه سلسیوس، احتمال قرارگیری در شرایط بتن ریزی در هوای گرم وجود دارد.

در این بین ناظر باید از مجری عملیات بتن ریزی بخواهد تا حتی المقدور بتن ریزی را در ساعات خنک تر شبانه روز انجام دهد تا اثرات نامطلوب هوای گرم بر بتن تا حد امکان کاهش یابد.



شکل ۱: بتن ریزی در هوای گرم

۲ مشکلات بتن ریزی در هوای گرم

در مقابل بتن ریزی در هوای سرد که موجب کاهش سرعت واکنش هیدراتاسیون بتن می شود، دمای بالای هوا واکنش هیدراتاسیون را افزایش می دهد و می تواند اثرات نامطلوبی بر کیفیت بتن و عملکرد آن بگذارد. برخی از مشکلات بتن ریزی در هوای گرم عبارتند از:

- تبخیر سطحی آب بتن
- ایجاد ترک خوردگی بتن
- منقبض شدن بتن
- سفت شدن سریع بتن
- ایجاد درز سرد
- کاهش اسلامپ بتن
- کاهش مقاومت بتن
- سخت تر شدن عملیات بتن ریزی
- خطر افزودن آب به مخلوط
- کاهش زمان گیرش بتن
- کاهش دوام بتن
- افزایش جمع شدگی ناشی از خشک شدگی
- ایجاد سطوح غیر یکنواخت



مهم ترین مشکلات بتن ریزی در هوای گرم



همچنین مطابق بند ت ۷-۱۱-۱ آیین نامه بتن ایران (آبا) داریم:

دمای زیاد بتن اثرات نامطلوبی بر بتن تازه و سخت شده دارد. بخشی از این اثرات به شرح زیر است:

- افت بیشتر روانی و خطر افزودن آب به مخلوط در کارگاه؛
- کاهش زمان گیرش، در نتیجه ایجاد مشکلات در انتقال، تراکم و پرداخت سطح بتن و خطر بیشتر در به وجود آمدن درزهای سرد (درز بین دو لایه بتن بدون پیوستگی)؛
- احتمال بیشتر ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی خمیری و حرارتی؛
- احتمال افزایش جمع شدگی ناشی از خشک شدگی؛
- احتمال کاهش مقاومت های مکانیکی و دوام.

در این بین برخی از موارد بالا که از اهمیت بیشتری برخوردار هستند را توضیح می دهیم:

۱.۲ تبخیر سطحی آب بتن

هوای گرم موجب می شود تا آب بتن بیشتر از حد معمول تبخیر شود. تبخیر بیش از اندازه آب بتن بر روی کیفیت بتن تأثیر زیادی دارد. این مورد موجب می شود تا بتن خشک و شکننده شود. تبخیر سطحی آب بتن، موجب کاهش چشمگیر اسلامپ بتن می شود که در این صورت تأثیر مستقیمی بر روی تراکم بتن خواهد گذاشت. گرمای هوا زمان گیرش بتن را پایین می آورد و سرعت واکنش هیدراتاسیون نسبت به هوای سرد و دمای معمولی، افزایش یافته و بتن سریع تر خشک می شود. به همین علت ترک هایی بر سطح بتن ایجاد خواهد شد که در نتیجه موجب کاهش مقاومت و دوام بتن می شوند. برای جلوگیری از این ترک ها باید از افزایش دمای بتن جلوگیری کرد.



شکل ۲: ترک‌های سطح بتن ناشی از تبخیر سطحی آب

۲.۲ کاهش دوام بتن

مطابق با تعریف موسسه بتن آمریکا (ACI)، دوام بتن عبارت است از میزان مقاومت آن در برابر عواملی همچون هوازگی، سایش، حمله شیمیایی و فرایندهایی که موجب آسیب به بتن می‌شود. پس بتن با دوام بالا بتنی است که در شرایط محیطی مختلف بتواند کیفیت کارایی خود را حفظ کند. با افزایش دمای بتن، شاهد افزایش ترک خوردگی و فرسودگی بتن خواهیم بود. تغییرات دما به خصوص در بتن حجیم، می‌تواند موجب تجزیه و فروپاشی بتن نیز بشود. همه این موارد در کنار هم موجب کاهش دوام بتن می‌شوند.

۳.۲ ایجاد درز سرد

یکی دیگر از مشکلاتی که بتن‌ریزی در هوای گرم به وجود می‌آورد، تشکیل درز سرد است. درز سرد هنگامی رخ می‌دهد که بین مراحل بتن‌ریزی وقفه به وجود آید و بتن گیرش اولیه خود را به دست آورد و سفت شود. در این صورت زمانی که بتن‌ریزی جدید صورت می‌گیرد، یکپارچگی مناسبی با لایه قبلی بتن به وجود نمی‌آید. باتوجه به توضیحاتی که داده شد، در صورتی که بتن‌ریزی در هوای گرم انجام شود، زمان گیرش بتن کاهش یافته و همین امر موجب سفت شدن سریع‌تر بتن و افزایش احتمال ایجاد درز سرد می‌شود. یکی از راهکارها برای جلوگیری از ایجاد درز سرد، افزایش سرعت پمپاژ بتن متناسب با دمای هوا است؛ چراکه اگر سرعت بتن‌ریزی کم باشد بتن خودش را می‌گیرد و درز سرد ایجاد می‌شود. همچنین بهتر است بتن‌ریزی در فصول گرم به صورت پیوسته انجام شود.

۴.۲ خطر افزودن آب به مخلوط

یکی از مواردی که ناظرین هنگام بتن‌ریزی در هوای گرم باید به شدت مراقب آن باشند این است که توسط اپراتور پمپ و یا راننده میکسر، آب اضافی به بتن افزوده نشود. گاهی پیش می‌آید که رانندگان میکسر و اپراتورهای پمپ بتن، به دلیل کاهش استهلاک میکسر و پمپ به وسیله یک شیر کوچک، مقداری آب به بتن اضافه کرده تا روانی آن افزایش یافته و راحت‌تر بتن‌ریزی انجام شود.



۵.۲ سفت شدن سریع بتن

سفت شدن زودهنگام بتن تاثیر مستقیمی بر روی تراکم بتن دارد. سفت شدن بتن را می توان با اندازه گیری اسلامپ بتن در محل پروژه تشخیص داد. در هوای گرم، با تسریع واکنش هیدراتاسیون و تبخیر بیش از حد آب بتن، بتن سریع تر سفت می شود که موجب تشکیل ترک های سطحی بتن و کاهش مقاومت آن می شود.

۳ الزامات بتن ریزی در هوای گرم

تا به اینجا با شرایط و مشکلات بتن ریزی در هوای گرم آشنا شدید. بتن ریزی در هوای گرم همچون هوای سرد نیازمند شرایط و الزاماتی است. اکنون به این می پردازیم که الزامات و نکات بتن ریزی در هوای گرم کدام اند؟ برای پاسخ بهتر به این سؤال پیشنهاد می کنیم ابتدا بند ۷-۱۱-۲ آیین نامه بتن ایران (آبا) را که در رابطه با الزامات قبل از بتن ریزی در هوای گرم است مطالعه کنید:

۷-۱۱-۲ الزامات قبل از بتن ریزی

۷-۱۱-۲-۱ همه مواد و تجهیزات مورد نیاز برای ساخت بتن و بتن ریزی در هوای گرم باید قبل از شروع عملیات فراهم شوند. در این بخش، به مواد و تجهیزات ضروری اشاره شده است.

۷-۱۱-۲-۲ تمام وسایل ساخت بتن تا حد امکان باید در سایه نگهداری شوند. برای خنک کردن مخلوط کن می توان با ریختن آب بر سطح بیرونی یا درونی مخلوط کن، اقدام نمود. اما در هنگام ساخت مخلوط بتن، نباید آب اضافی در مخلوط کن موجود باشد.

۱.۳ تأمین تجهیزات مورد نیاز

مطابق آنچه در بند بالا به آن اشاره شده است، یکی از الزامات بتن ریزی در هوای گرم، تأمین تجهیزات مورد نیاز است که احتمال دارد در هوای گرم به آنها نیاز پیدا کنیم. برخی از این تجهیزات عبارتند از:



۳.۱.۱. وایره اضافی

در هوای گرم و به علت تبخیر سریع آب بتن، بتن ممکن است زود سفت شود و نیاز به تعداد وایره بیشتر و سریع‌تری داشته باشد. همچنین گاهای باید سریعاً وایره جایگزین شود.

۳.۱.۲. دماسنج

ناظر پروژه باید دمای بتن را مدام در حین بتن‌ریزی چک کند؛ از این رو به یک دماسنج دقیق نیاز خواهد داشت.

۳.۱.۳. افزودنی‌های بتن

در صورت نیاز باید از افزودنی‌های عمل‌آوری بتن و افزودنی‌های روان‌کننده بتن استفاده کرد. پیشنهاد می‌شود حتماً در کارگاه افزودنی‌های روان‌کننده بتن موجود باشد تا در صورت نیاز از آن استفاده شود. یکی از بهترین افزودنی‌های بتن در هوای گرم، کربوکسیلات است که کاهنده آب و حفظ‌کننده اسلامپ بتن است.

۳.۲. خنک‌نگه‌داشتن تجهیزات

همان‌طور که در بند ۷-۲-۱۱-۲ مشاهده کردید، برای جلوگیری از افزایش دمای تجهیزات بتن‌ریزی مثل میکسر و فرغون، حتی‌الامکان باید آنها را در زیر سایه نگه‌داری کرد یا اینکه با استفاده از گونی‌های خیس روی آنها را پوشاند تا آفتاب مستقیم موجب افزایش شدید دمای آنها نشود. همچنین می‌توان از پاشیدن آب سرد بر روی سطح مخلوط‌کن تا درون آن استفاده کرد. فقط باید توجه کرد که هنگام ساخت بتن نباید آب اضافی در مخلوط‌کن باشد چرا که طرح اختلاط بتن را تغییر داده و کیفیت بتن را کاهش می‌دهد.

علاوه بر این موارد می‌توان قالب‌ها و فولادهای تقویت‌کننده را پیش از بتن‌ریزی، با آب سرد خنک کرد. این کار موجب کاهش دمای اطراف و افزایش رطوبت می‌شود. همچنین تبخیر آب از بتن به حداقل می‌رسد. باید توجه داشت که پس از آب‌پاشی باید آب اضافی خالی شود.

۳.۳. ساخت بتن

یکی دیگر از ضوابط بتن‌ریزی در هوای گرم، این است که در هنگام ساخت بتن از روش‌های پیشگیرانه جهت جلوگیری از افزایش دما استفاده شود. در همین راستا بند ۷-۱۱-۳ آیین‌نامه بتن ایران (آبا)، اینطور اشاره می‌کند:



۷-۱۱-۳ ساخت بتن

۷-۱۱-۳-۱ برای کاهش دمای مخلوط بتن لازم است از روش‌های پیشگیرانه جهت جلوگیری از افزایش دمای اولیه مصالح استفاده نمود. همچنین می‌توان نسبت به خنک کردن مصالح مصرفی اقدام کرد. آسان‌ترین روش، استفاده از آب سرد و یا یخ در مخلوط بتن است. در مواردی که با استفاده از آب سرد نتوان دمای آن را تا حد مورد نظر کاهش داد، می‌توان تا ۷۵ درصد آب مورد نیاز برای ساخت مخلوط را با تراشه یخ یا یخ پولکی جایگزین کرد. اما باید توجه داشت که در پایان عملیات مخلوط کردن بتن، نباید یخی در بتن باقی‌مانده باشد. ۷-۱۱-۳-۲ مصالح مصرفی شامل، سنگدانه و مواد سیمانی و آب باید تا حد امکان از دمای کم برخوردار باشند. بدیهی است، دمای بتن پس از مخلوط کردن باید از حداکثر دمای مجاز ریختن آن، کمتر باشد.

طبق آنچه در بند بالا مشاهده کردید، آسان‌ترین روش خنک کردن مصالح بتن، استفاده از آب سرد یا یخ در مخلوط بتن است. استفاده از آب سرد در مخلوط بتن می‌تواند دمای بتن را تا حدود ۴ درجه سانتی‌گراد کاهش دهد. در صورتی که استفاده از آب سرد دمای بتن را تا حد مطلوبی کاهش نداد، می‌توان ۷۵ درصد آب مخلوط بتن را از یخ استفاده کرد. یخ می‌تواند دمای بتن را تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد کاهش دهد. در صورت استفاده از یخ به جای آب باید توجه داشت که در پایان مرحله ساخت بتن، نباید تکه‌های یخ در بتن موجود باشند.

نکته دیگری که در بند ۷-۱۱-۳-۲ بالا به آن اشاره شده این است که مصالحی مثل سنگدانه‌ها، آب و مواد سیمانی باید دمای پایینی داشته باشند. برای اینکه این امر محقق شود می‌توانیم از چند راهکار استفاده کنیم:

- ۱) استفاده از سیلوها با رنگ سفید برای نگهداری سنگدانه و سیمان (رنگ سفید موجب کاهش جذب گرما و خنک ماندن داخل سیلو می‌شود)
- ۲) به‌کارگیری انبارهای سرپوشیده برای انبار کردن کیسه‌های سیمان
- ۳) قرارگیری سنگدانه‌ها در زیر سایه‌بان جهت جلوگیری از افزایش دمای آنها
- ۴) مخازن آب و لوله‌های رابط در زیر سایه باشند و با مواد عایق پوشانده شده باشند
- ۵) مدفون کردن مخازن آب در زیر زمین
- ۶) پاشیدن آب به سطح سنگدانه‌های درشت در مناطق نسبتاً خشک (در صورت استفاده از پاشیدن آب برای خنک کردن سنگدانه‌های درشت، باید اجازه داد تا آب سطح آنها خنک شود و سپس در مخلوط بتن از آنها استفاده شود یا اینکه مقدار آب موجود در سنگدانه‌ها، در مخلوط بتن لحاظ شود)



۴ نکات بتن ریزی در هوای گرم

در کنار الزاماتی که در بخش قبل برای بتن ریزی در هوای گرم به آنها اشاره شد، رعایت برخی نکات بتن ریزی در هوای گرم نیز به بهبود کیفیت بتن کمک خواهند کرد.

۱.۴ کنترل دمای بتن

همان طور که پیش تر هم اشاره کردیم، مطابق آیین نامه برای اینکه ضوابط بتن ریزی در هوای گرم ما را محدود نکند، باید دمای بتن زیر ۳۲ درجه سانتی گراد باشد. اما در مواردی دستگاه نظارت و مشاورین پروژه، حداکثر دمای مجاز بتن ریزی در هوای گرم را کاهش می دهند و به طور مثال تشخیص می دهند که دمای بتن در طول فرایند بتن ریزی نباید از ۲۸ درجه سانتی گراد بیشتر شود. این مورد زمانی پیش می آید که بتن حتی در دمای ۳۲ درجه هم دچار ترک خوردگی می شود.

۲.۴ اشباع کردن مصالح بنایی

اگر در محل پروژه جایی مصالح بنایی داریم که ممکن است در تماس با بتن باشند، می بایست آنها را اشباع کنیم. اگر مصالح بنایی مانند چوب، آجر و ... با بتن در تماس باشند، خشک شدن سریع بتن باعث انقباض و فشار بر این مصالح می شود و ممکن است آنها تحت تأثیر این فشارها شکسته شوند یا آسیب ببینند لذا برای جلوگیری از این امر پیش از اجرای عملیات بتن ریزی بهتر است آنها را اشباع کنیم.

۳.۴ جلوگیری از ترک های ناشی از جمع شدگی خمیری در بتن

علت اصلی این ترک ها، تبخیر سطحی بتن است. برای جلوگیری از تبخیر سطحی بتن می توان از نایلون های شیری رنگ برای پوشاندن سطح بتن استفاده کرد (این نایلون ها نباید در تماس با بتن باشند). همچنین استفاده از بادشکن، سایه بان، مواد پلی پروپیلن و مواد کیورینگ غشاساز، راهکارهای مناسبی برای جلوگیری از تبخیر سطحی بتن هستند.

۴.۴ کنترل سرعت بتن ریزی

اگر در فصل گرم و یا زمانی که ضوابط بتن ریزی در هوای گرم حاکم است، سرعت پمپ شدن بتن پایین باشد ممکن است درز سرد به وجود بیاید. همچنین بتن ریزی در چنین شرایطی بهتر است به صورت پیوسته صورت گیرد.

۵.۴ جلوگیری از افزودن آب اضافی به بتن

افزودن آب بیشتر به بتن به جهت افزایش سرعت بتن ریزی، روان تر شدن بتن و کاهش استهلاک تجهیزات، نباید صورت بگیرد؛ چراکه این آب اضافی موجب کاهش مقاومت و دوام بتن می شود. بند ت ۷-۱۱-۳-۳ آیین نامه آبا درباره این موضوع این گونه شرح می دهد:

ت ۷-۱۱-۳-۳ مقدار آب مخلوط بتن باید به مقدار تعیین شده در طرح مخلوط باشد و به هیچ وجه نباید برای جبران افت اسلامپ، بیشتر از آب تعیین شده در طرح مخلوط، آب اضافه کرد. زیرا اضافه کردن آب منجر به افزایش نسبت آب به مواد سیمانی و در نتیجه کاهش مقاومت مکانیکی و دوام بتن می شود.



سریع ترین راه برای تشخیص اضافه شدن آب به بتن در کارگاه چیست؟

بهترین راه انجام تست و آزمایش نمونه های بتن است؛ اما مسلماً این راه زمان بر است. در صورتی که ناظر یا مجری پروژه بخواهد به سرعت متوجه شود که آیا در مسیری که بتن توسط میکسر به محل پروژه حمل شده به آن آب اضافه شده یا نه استفاده از تست چگالی بتن تازه است. در صورتی که به بتن آب اضافه شده باشد، چگالی بتن تازه، کاهش خواهد یافت. انجام تست چگالی بتن تازه در محل پروژه مطابق با بند ۱۰-۵ استاندارد ۶۰۴۴ بتن الزامیست. چگالی بتن تازه نباید بیش تر از ۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب، با مقداری که در برگه تحویل یا قرارداد نوشته شده تفاوت داشته باشد.

۱۰-۵ چگالی بتن تازه

اندازه گیری چگالی بتن تازه باید مطابق با استاندارد ۶-۳-۳۲۰۳ انجام شود. چگالی اندازه گیری شده هنگام تحویل نباید بیش از 25 kg/m^3 با چگالی بتن تازه تعیین شده در برگه تحویل یا قرارداد تفاوت داشته باشد.



شکل ۳: تست چگالی بتن ویژه در محل

۶.۴ بتن ریزی در لایه های نازک تر

برای کاهش حرارت ناشی از هیدراتاسیون بتن، بهتر است بتن ریزی تا جای ممکن در لایه های نازک ریخته شود. بتن حاصل از واکنش سیمان و سنگدانه است که یک واکنش گرماده می باشد و به گرمای حاصل از آن، حرارت هیدراتاسیون گفته می شود. این حرارت در بتن هایی که ضخامت کم یا متوسطی دارند، مورد بررسی قرار نمی گیرد چراکه سریعاً از بین می رود و اتلاف می شود. در صورتی که اگر ضخامت لایه ها بیشتر شود، این حرارت افزایش یافته و تاثیر آن نیز چشمگیر است. عموماً بتن ریزی در لایه های نازک، برای تمامی اعضای سازه مثل دال، ستون و تیر امکان پذیر است.



۷.۴ نوع سیمان

استفاده از سیمان نوع چهارم که در هنگام گیرش حرارت کمتری تولید می کند، برای ساخت بتن مورد استفاده در بتن ریزی در هوای گرم بهتر است. در صورت استفاده از سیمان نامناسب، دمای بتن هنگام گیرش بالاتر رفته و مشکلات بتن ریزی در هوای گرم دوچندان می شود.

۸.۴ رعایت الزامات نمونه برداری بتن

از نکات مهم دیگر این است که نمونه برداری باید بعد از افزودن افزودنی ها به بتن باشد چراکه بتنی که در نهایت ریخته می شود ملاک است. همچنین باید به عنوان ناظر باید مراقب بود که بعد از نمونه برداری بتن، آب به بتن افزوده نشود.

پس از اینکه نمونه ها در قالب پر شدند، تا زمانی که مسئول آزمایشگاه نمونه ها را ببرد، نمونه ها باید زیر سایه و زیر چتایی خیس نگهداری شوند.

۵ عمل آوری بتن در هوای گرم

پس از آنکه تمهیدات بتن ریزی در هوای گرم مطابق آنچه در بالا ذکر شد صورت گرفت، باید نکاتی هم جهت عمل آوری بتن در هوای گرم رعایت شود.

۱.۵ حوضچه آب

استفاده از حوضچه آب برای عمل آوری بتن دال، بهترین روش هست. هرچند امروزه به علت کمبود آب استفاده از این روش ممکن است با محدودیت هایی روبه رو شود.



شکل ۴: ایجاد حوضچه آب برای عمل آوری بتن



۲.۵ چتایی خیس

یکی از روش‌ها استفاده از چتایی خیس همراه با نایلون بر روی سطح بتن است. چتایی باید همواره خیس باشد. خشک شدن و خیس کردن مجدد چتایی، عمل‌آوری بتن در هوای گرم را مختل می‌کند.



شکل ۵: استفاده از چتایی خیس برای عمل‌آوری بتن

۳.۵ مواد غشاساز

می‌تواند از مواد شیمیایی کیورینگ یا غشاساز با رنگ روشن و سفید استفاده کرد. این مواد که عمدتاً پلیمری هستند، نحوه کار این مواد بدین صورت است که با کاهش سرعت تبخیر آب بتن، از گیرش زودهنگام بتن جلوگیری کرده و عمل‌آوری را بهبود می‌بخشند.



شکل ۶: استفاده از مواد غشاساز بتن برای کیورینگ بهتر



مدت زمان عمل آوری بتن در هوای گرم چقدر است؟

در کنار همه موارد ذکر شده باید توجه داشت که مدت عمل آوری بتن نیز در دما و شرایط مختلف از اهمیت بالایی برخوردار است. برای این امر باید به جدول ۶-۷ از آیین نامه بتن ایران (آبا) مراجعه کرد:

جدول ۶-۷ حداقل مدت عمل آوری برای رده های مختلف عمل آوری با توجه به دمای سطح بتن و روند کسب مقاومت آن (۱)

حداقل مدت عمل آوری بر حسب روز برای روندهای کسب مقاومت بتن									دمای متوسط سطح بتن (درجه سلسیوس)
کند (آهسته) $t \geq 15 > 0/3$ (۲)			متوسط $t \geq 0/3 > 0/5$			سریع (تند) $t \geq 0/5$			
رده ۴	رده ۳	رده ۲	رده ۴	رده ۳	رده ۲	رده ۴	رده ۳	رده ۲	
۶	۵	۳	۵	۳	۲	۳	۲	۱	$t \geq 25$
۱۲	۷	۵	۹	۴	۳	۵	۲	۱	$25 > t \geq 15$
۲۱	۱۲	۸	۱۳	۷	۴	۷	۳	۲	$15 > t \geq 10$
۳۰	۱۸	۱۱	۱۸	۹	۵	۹	۴	۳	$10 > t \geq 5$

۲: نسبت مقاومت فشاری ۲ روزه به ۲۸ روزه
 t: دمای متوسط سطح بتن
 (۱) چنانچه دمای متوسط روزانه در مدت عمل آوری بیش از ۳۰ درجه سلسیوس شود، استفاده از حداقل مدت زمان عمل آوری ارایه شده، محافظه کارانه می باشد.
 (۲) چنانچه رشد مقاومت بتن کندتر باشد لازم است از شیوه های مستقیم یا غیرمستقیم برای دستیابی به درصدی از مقاومت ۲۸ روزه مورد نظر استفاده نمود.

به طور معمول در فصول گرم سال و در صورتی که دمای سطح بتن از ۲۵ درجه سانتی گراد بالاتر باشد، حداقل ۵ الی ۶ روز عملیات عمل آوری بتن را انجام می دهند. طبیعی است هرچه این مقدار بالاتر باشد، برای بتن بهتر است.

چند روز پس از بتن ریزی در هوای گرم می توان عملیات قالب برداری را انجام داد؟

به طور کلی در هوای گرم به دلیل دمای بالا و سریع تر بتن، قالب ها را می توان زودتر از حالت معمول باز کرد. در همین راستا آیین نامه بتن ایران (آبا) در جدول ۹-۵، به طور مفصل مدت زمان توصیه شده برای باز کردن قالب ها را شرح داده است:

جدول ۹-۵ مدت زمان توصیه شده برای باز کردن قالبها (۱) و (۲)

حداقل زمان باز کردن قالب بر حسب دمای متوسط مجاور بتن (۳)								نوع عضو یا قالب
25°C یا بیشتر		15°C		10°C		5°C		
ساعت								قالب های عمودی (مانند: ستون و جدار جانبی تیرها)،
۸								۱۶ ساعت
روز								تیرچه های سقف مانند تیرچه بلوک یا سقف های وافل (با فاصله تیرچه های کمتر از ۷۵۰ میلی متر)، روز
۲								۴ روز
L>D	L<D	L>D	L<D	L>D	L<D	L>D	L<D	تیرهای فرعی و اصلی (D: بار مرده و L: بار زنده)
۲/۵	۴	۳	۵/۵	۴	۷	۵/۵	۹	با دهانه آزاد کمتر از ۳ متر، روز
۴	۸	۵/۵	۱۱	۷	۱۴	۹	۱۸	با دهانه آزاد بین ۳ تا ۶ متر و قالب های قوسی، روز
۸	۱۲	۱۱	۱۶	۱۴	۲۱	۱۸	۲۸	با دهانه بیشتر از ۶ متر، روز
L>D	L<D	L>D	L<D	L>D	L<D	L>D	L<D	دال یک طرفه (D: بار مرده و L: بار زنده) (۴)
۲	۲/۵	۲/۵	۳	۳	۴	۴	۵/۵	با دهانه خالص کمتر از ۳ متر، روز
۲/۵	۴	۳	۵/۵	۴	۷	۵/۵	۹	با دهانه خالص بین ۳ تا ۶ متر، روز
۴	۶	۵/۵	۸	۷	۱۰	۹	۱۴	با دهانه خالص بیشتر از ۶ متر، روز

(۱) توصیه می شود شعاع (پایه های اطمینان) در تیرها حداقل ۵۰ درصد و در دال ها، حداقل ۱۰۰ درصد زمان قالب برداری قالب زیرین، همچنان به عنوان پایه اطمینان بعد از قالب برداری سطح زیرین در زیر اعضاء باقی بمانند.
 (۲) در مواردی که عمل آوری تسریع شده یا نحوه قالب بندی یا حرکت خاص قالب (مانند قالب لغزان)، مورد نظر باشد، تقلیل زمان های فوق امکان پذیر است.
 (۳) این زمان ها برای سیمان های پرتلند نوع ۱ و ۲ با رده مقاومتی ۳۲۵ است. برای سیمان هایی با مقاومت اولیه بیشتر، مانند رده ۴۲۵ و ۵۲۵ و نوع ۳، این زمان ها متناسب با تغییر مقاومت سیمان در سنین ذکر شده، کمتر خواهد بود و برای سیمان های با مقاومت اولیه کمتر، مانند سیمان های آمیخته و گاه سیمان پرتلند نوع ۵، این زمان ها ممکن است متناسب با تغییر مقاومت سیمان در سنین ذکر شده، افزایش یابد. در صورت استفاده از مواد افزودنی دیرگیر کننده یا زود سخت کننده می توان این زمان ها را به طور متناسب افزایش یا کاهش داد. در صورتیکه دمای متوسط بین اعداد ذکر شده باشد، می توان از طریق درون یابی خطی برای تعیین مدت قالب برداری استفاده کرد.
 (۴) در مورد دال های دو طرفه باید بر اساس نظر مهندس مشاور یا ناظر اقدام شود. حداکثر زمان آن معادل دال یک طرفه است.

مطابق داده‌های این جدول، در دمای بالاتر از ۲۵ درجه، مدت‌زمان بازکردن قالب‌ها می‌تواند زودتر از حالت معمول صورت گیرد.

۶ بتن‌ریزی حجیم در هوای گرم

طبق تعریف مؤسسه بتن آمریکا، بتن حجیم بتنی است که در هنگام ترکیب اعضا، گرمای هیدراتاسیون ناشی از آن، موجب ترک‌خوردگی بتن، واکنش‌های مضر شیمیایی و کاهش مقاومت بتن شود. واکنش سیمان و آب با تولید گرما و افزایش دمای بتن همراه است. اگر این دمای زیاد از بتن سریعاً تخلیه نشود، در قطعات بتنی تغییر حجم‌هایی ناشی از افزایش و کاهش دما رخ می‌دهد که این امر موجب ایجاد ترک‌خوردگی بتن می‌شود.



شکل ۷: بتن‌ریزی حجیم در هوای گرم

برای آنکه بتن‌ریزی حجیم در هوای گرم بدون مشکل صورت گیرد، باید اولاً بتن به‌صورت پیوسته و به‌صورت یکپارچه ریخته شود. در واقع سرعت بتن‌ریزی باید به‌گونه‌ای باشد که هنگام ریختن بتن لایه جدید، لایه زیرین به گیرش ابتدایی خود نرسیده باشد. همچنین باید ضخامت لایه‌های بتن‌ریزی یکسان باشد. برای کاهش میزان ترک‌خوردگی هنگام بتن‌ریزی در هوای گرم، می‌توان از سایه‌بان و بادشکن‌های موقت استفاده کرد. همچنین برای کاهش دمای محیط می‌توان از آب‌پاشی هوای مجاور یا آب دادن به بتن بعد از بتن‌ریزی در هوای گرم استفاده کرد. یکی دیگر از راهکارها برای جلوگیری از ترک‌خوردگی و تبخیر بیش از حد بتن حجیم در هوای گرم این است که بتن‌ریزی را در شب که دمای هوا کمتر است انجام داد. در ادامه نیز می‌توان با عایق کردن دستگاه بتن‌ساز و لوله‌ها در برابر گرما و یا استفاده از آب سرد و یخ در طرح اختلاط بتن، از ترک‌خوردگی و مشکلات بتن‌ریزی حجیم در هوای گرم جلوگیری کرد.



شکل ۸: عملیات بتن ریزی در شب

۷ نتیجه گیری

در این مقاله سعی شد تا شما را با الزامات و نکات بتن ریزی در هوای گرم آشنا کنیم. به عنوان جمع بندی، دیدیم که اگر دمای بتن ۳۲ درجه سانتی گراد فراتر برود، شرایط بتن ریزی در هوای گرم حاکم می شود که مشکلاتی اعم از ترک خوردگی، گیرش سریع بتن، کاهش اسلامپ، کاهش دوام، کاهش مقاومت، ایجاد درز سرد، جمع شدگی بتن و... را در پی دارد. برای جلوگیری از این موارد می بایست یکسری نکات و الزاماتی را قبل و بعد از بتن ریزی انجام داد تا دمای گرم هوا، تاثیر چندانی بر روند بتن ریزی نگذارد.

پرسش و پاسخ

(۱) بر اساس آیین نامه بتن ایران، در چه دمایی شرایط بتن ریزی در هوای گرم حاکم است؟

پاسخ: زمانی که بتن به دمای ۳۲ درجه سانتی گراد برسد. به طور کلی وقتی دمای هوا ۳۰ درجه باشد، دمای بتن دو درجه بالاتر و در حدود ۳۲ درجه خواهد بود.

(۲) نامطلوب ترین اثر ناشی از بتن ریزی در هوای گرم چیست؟

پاسخ: افزایش جمع شدگی بتن، ترک خوردگی و کاهش مقاومت بتن

(۳) بهترین زمان برای بتن ریزی در روزهای گرم چه زمانی است؟

پاسخ: بتن ریزی در شب چون دمای هوا کمتر است و اثرات نامطلوب ناشی از هوای گرم را نداریم.



منابع

- (۱) [آیین نامه بتن ایران \(آبا\) ویرایش ۱۴۰۰](#)
- (۲) استاندارد ملی ایران - شماره ۶۰۴۴ - بتن آماده ویژگی‌ها - تجدیدنظر دوم - ۱۳۹۷
- (۳) تکنولوژی بتن و آزمایشگاه همراه با طرح اختلاط - مهندس فرهاد مصباح ایراندوست - چاپ دوم

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر برای شرکت مهندسی سبز سازه محفوظ می‌باشد و هرگونه کپی برداری، تقلید یا باز نشر غیر قانونی بوده و تحت پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

