



شماره ۱۱ - عمل آوری بتن در محل

عمل آوری چیست؟

عمل آوری خارجی، مرحله‌ای در طول ساخت است که شامل نگهداری بتن تازه ریخته‌شده در شرایط مناسب رطوبتی و دمایی است؛ به گونه‌ای که بتواند خصوصیات مورد نظر طراحی‌شده برای مخلوط (نظیر مقاومت و دوام) را توسعه دهد. عمل آوری بلافاصله پس از ریختن و پرداخت بتن آغاز شده و باید به مدت کافی (معمولاً ۳ تا ۷ روز) ادامه یابد. آبگیری (هیدراسیون)، واکنش شیمیایی مواد سیمانی با آب است که خصوصیات مورد نظر بتن را ایجاد می‌کند. هدف از عمل آوری، جلوگیری از ازدست رفتن رطوبت و حفظ دمای مطلوب برای پشتیبانی از تداوم فرآیند آبگیری است. بدون تأمین رطوبت کافی، مواد سیمانی موجود در بتن نمی‌توانند واکنش بدهند و در نتیجه، محصولی با کیفیت ایجاد نخواهد شد.

دما، عاملی مهم در عمل آوری است. نرخ آبگیری و در نتیجه رشد مقاومت، در دماهای بالاتر بیشتر خواهد بود. دمای بتن ریخته‌شده باید بالاتر از ۱۰ درجه سلسیوس نگه داشته شود. آبگیری، حرارتی تولید می‌کند که می‌تواند در هوای سردتر حفظ شود. در مقاطع ضخیم، روش‌های عمل آوری باید اختلاف دما بین مغز و سطح بتن را به حداقل برساند تا از ایجاد ترک خوردگی حرارتی جلوگیری شود. عمل آوری هم‌چنین می‌تواند نرخ سرد شدن را کنترل نموده تا از بروز شوک حرارتی ممانعت شود (برای کسب اطلاعات بیشتر، به راهنمای شماره ۴۲ بتن در اجرا (CIP 42) مراجعه شود).

در هنگام پرداخت، باید نرخ از دست رفتن رطوبت از سطح بتن به حداقل رسیده تا از ایجاد ترک خوردگی ناشی از جمع‌شدگی خمیری (پلاستیک) جلوگیری شود (برای کسب اطلاعات بیشتر، به راهنمای شماره ۵ بتن در اجرا (CIP 5) مراجعه شود).

عمل آوری داخلی، شامل استفاده از مصالح جاذب رطوبت مانند ماسه سبک اشباع‌شده و پلیمرهای فوق‌جاذب، در طرح اختلاط بتن است که با گذشت زمان، رطوبت جذب‌شده را آزاد می‌کنند. این روش در برخی کاربردها استفاده می‌شود؛ اما نیاز به عمل آوری خارجی را از بین نمی‌برد.

چرا بتن، عمل آوری می‌شود؟

الف) افزایش قابل پیش‌بینی مقاومت. بتن در محیط خشک، می‌تواند تا ۵۰ درصد از مقاومت بالقوه خود را نسبت به بتنی

که به‌طور مرطوب عمل آوری شده است، از دست بدهد. در دماهای بالا، بتن به سرعت، مقاومت اولیه را به‌دست آورده اما مقاومت‌های نهایی ممکن است کاهش یابد. در دماهای پایین‌تر، بتن مدت بیشتری طول می‌کشد تا کسب مقاومت کسب نماید که این موضوع، باعث تأخیر در باز کردن قالب‌ها و طولانی‌تر شدن عملیات ساخت‌وساز می‌شود.

ب) دوام بهبودیافته. بتن بخوبی عمل آوری‌شده، دارای سختی سطحی بیشتر برای مقاومت در برابر سایش و فرسایش سطحی است. عمل آوری، ترک خوردگی را به حداقل رسانده و قابلیت آب‌بندی بتن را تقویت می‌کند؛ در نتیجه، نفوذ آب و مواد شیمیایی محلول در آب به داخل بتن، کاهش یافته و دوام و عمر خدمت‌رسانی بتن افزایش خواهد یافت. ج) قابلیت بهره‌برداری و ظاهر بهتر. فقدان عمل آوری، منجر به ایجاد سطحی با دوام کمتر و با مقاومت کم در برابر سایش و فرسایش می‌شود. عمل آوری صحیح، احتمال ایجاد ترک‌های مویی سطحی، پودرشدگی و پوسته‌شدگی سطح بتن را کاهش می‌دهد.



پاشش مواد عمل آور غشاساز

بتن‌های عمل آوری

شکل ۱۱-۱: به ترتیب از بالا، پاشش مواد عمل آور غشاساز و بتن‌های عمل آوری

چگونه بتن باید عمل آوری شود؟

رطوبت با استفاده از مپاشی یا بازدارنده‌های تبخیر، محافظت شود. پس از پرداخت نهایی، روش‌های عمل آوری مرطوب می‌تواند شامل استفاده از آب اضافی یا حفظ آب بتن باشد.

● روش‌های استفاده از آب اضافی برای عمل آوری

الف- مپاشی یا پاشش مداوم آب، روشی عالی برای عمل آوری است. شلنگ‌های مرطوب‌کننده می‌توانند روی سطوح عمودی استفاده شود. دمای هوا باید بالای نقطه انجماد بوده و آب به آسانی در دسترس باشد. مواد جاذب می‌توانند برای نگهداری آب نیز استفاده شوند. تر و خشک کردن متناوب، روش قابل قبولی برای عمل آوری نیست.

ب- ایجاد حوضچه، کامل‌ترین روش عمل آوری با آب بوده ولی به ندرت استفاده می‌شود. یک خاکریز در لبه دال ایجاد شده تا آب روی سطح آن جمع شود. از این روش، گاهی روی دال‌های کوچک و عرشه پل‌ها استفاده می‌شود. دماها در طول مدت عمل آوری، باید بالای نقطه انجماد باشد.

ج- از مواد جاذب رطوبت مانند گونی‌های کفی یا پتوهای پنبه‌ای می‌توان برای نگه داشتن آب روی سطوح افقی یا عمودی که به وسیله شلنگ یا پاشش، مرطوب شده‌اند، استفاده کرد. این مصالح باید مرطوب نگه داشته شده و مهار شوند تا در برابر وزش باد، از سطح جدا نشوند. ضمناً نباید سطح بتن را لکه‌دار کنند.

د- خاک، ماسه یا خاک اره مرطوب می‌توانند برای عمل آوری سطوح صاف، به ویژه کف‌ها مورد استفاده قرار گیرند. این مصالح باید تمیز و عاری از مواد آلی یا آلاینده‌های لکه‌زای حاوی آهن باشند.

ه- از کاه یا یونجه پاشیده‌شده با آب نیز می‌توان روی مناطق کوچک استفاده کرد. کاه به آسانی به وسیله باد جابجا شده و اگر خشک شود، خطر اشتعال خواهد داشت. ضخامت لایه کاه باید ۱۵۰ میلی‌متر بوده و با یک پارچه ضد آب (برزنت) پوشانده شود.

● روش‌های نگهداری آب برای عمل آوری

میزان از دست رفتن آب قابل تبخیر با استفاده از این روش‌ها، کاهش یافته، می‌تواند زودتر از روش‌های عمل آوری با آب اجرا شود، به منبع آب نیاز نداشته و کاربرد راحت‌تری دارد.

الف- صفحات پلاستیکی؛ می‌تواند شفاف، سفید (انعکاسی) یا سیاه باشد. غشای پلاستیکی باید مطابق با ASTM C171 بوده و حداقل ضخامت ۱/۰ میلی‌متر داشته باشد. غشای تقویت‌شده با الیاف، مقاوم‌تر بوده و کمتر مستعد پارم شدن است. ورق‌های شفاف و تیره، تابش خورشید را جذب نموده و در هوای خنک یا مناطق سایه‌دار تومیه می‌شوند. غشاهای بازتابی، جذب حرارت را کاهش داده و در هوای گرم استفاده می‌شوند. پلاستیک باید در

اسرع وقت در تماس مستقیم با سطح بتن و بدون آسیب رساندن به سطح آن، قرار گیرد. لایه‌ها باید همپوشانی داشته، به هم چسبیده و تحت نیروی وزن (به سمت سطح بتن) قرار گیرد. ورق‌ها باید حداقل به میزان دو برابر ضخامت دال از لبه‌ها فراتر روند. چروک‌ها به دلیل تغییرات رطوبت و/یا دما، باعث ایجاد خطوط تیره یا ظاهر لکه‌ای می‌شوند. پلاستیک نباید روی سطوح بتنی که ظاهر آن اهمیت دارد، استفاده شود. گاهی به منظور حفظ رطوبت، از پلاستیک روی گونی مرطوب استفاده می‌شود.

ب- غشای مایع؛ ترکیبات عمل آوری غشاساز مایع باید مطابق بر استانداردهای ASTM C309 یا ASTM C1315 باشند. این مواد بر پایه موم یا رزین بوده که غشایی سطحی ایجاد نموده و تبخیر را کاهش می‌دهد. این مواد باید بلافاصله پس از ناپدید شدن آب جمع‌شده روی سطح و پس از پرداخت نهایی بتن، روی سطح آن اجرا گردد. اجرای با تأخیر این مواد پس از خشک شدن سطح، از تشکیل غشا جلوگیری می‌کند. در حالی که می‌توان از مایع عمل آور شفاف استفاده نمود، اما رنگدانه سفید (در مواد عمل آور دارای رنگدانه) خامیت بازتابی داشته و پوشش‌دهی آن، قابل مشاهده است. اجرا به صورت دو لایه و عمود بر هم، برای پوشش‌دهی یکنواخت مطلوب است. مواد عمل آوری عاری از موم برای سطوحی که رنگ‌آمیزی می‌شوند یا زمانی که پوشش سطحی باید به بتن بچسبد، تومیه می‌شود. برخی ترکیبات عمل آوری به نوعی فرمول‌بندی شده‌اند تا به مرور زمان از بین رفته و با اقدامات سطحی انجام‌شده روی بتن انطباق داشته باشند.

ج- کاغذ ضد آب؛ شامل دو لایه کاغذ کرافت به هم چسبیده و تقویت‌شده با الیاف است. این پوشش در برابر پارگی، مقاوم‌تر بوده و قابل استفاده مجدد است. کاغذ مانند صفحه پلاستیکی استفاده شده و احتمال کم‌تری در آسیب به سطح و ایجاد لکه روی آن خواهد داشت. کاغذ عمل آوری باید مطابق ASTM C171 باشد.

بازدارنده‌های تبخیر، به منظور کاهش تبخیر سطحی بتن، قبل از گیرش استفاده شده تا از ترک‌های ناشی از جمع‌شدگی خمیری (پلاستیک) جلوگیری نماید. استفاده می‌شوند. از این روش نباید برای عمل آوری نهایی استفاده گردد.

● کنترل دما

ناید در هوای سرد اجازه داده شود که بتن، با نرخی بیش از ۳ درجه سلسیوس در ساعت در ۲۴ ساعت اول خنک شود. بتن باید با استفاده از مصالح عایق‌کننده، از یخ‌زدگی محافظت شده تا زمانی که مقاومت فشاری حداقل ۳/۵ مگاپاسکال را به دست آورد. هنگام پیش‌بینی دمای یخ‌زدگی، باید از روش‌های عمل آوری حفظ‌کننده رطوبت، به جای عمل آوری مرطوب استفاده شود. پس از حذف اقدامات محافظتی، از بتن در برابر تغییرات سریع دمایی محافظت گردد.

در هوای گرم، دمای اولیه عمل آوری بیشتر، باعث



افزایش سریع مقاومت و کاهش مقاومت نهایی خواهد شد. می‌توان از پاشش و عمل‌آوری با آب برای دستیابی به دمای عمل‌آوری پایین‌تر در تابستان استفاده کرد. به منظور مقابله تغییرات دمایی شدید، موارد احتیاطی باید انجام شود تا از خنک‌شدن بتن با نرخ بیش‌تر از ۳ درجه سلسیوس بر ساعت طی ۲۴ ساعت اول جلوگیری گردد.

● پایان عمل‌آوری

عمل‌آوری باید مطابق الزامات ادامه یافته یا حداقل به مدت ۳ تا ۷ روز انجام شود. پایان عمل‌آوری باید اجازه دهد که بتن به‌طور تدریجی خشک شده و اختلاف دمای فاحشی در عضو بتنی ایجاد نشود.

قبل از برداشته‌شدن، باید به مواد پوشش‌دهنده اجازه داد خشک شوند. باید از روش‌های خشک‌شدن کنترل‌شده برای پایش نرخ خشک شدن در روش‌های عمل‌آوری مرطوب استفاده گردد. لایه‌های عایق می‌تواند متعاقباً برداشته شده تا توسعه تغییرات دمایی بزرگ را کاهش دهد. استفاده از دستگاه‌های پایش دما و رطوبت نسبی که در بتن مدفون شده‌اند، می‌تواند در کاربردهای حساس مفید باشد.