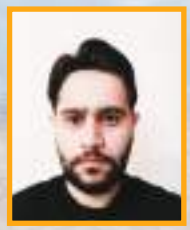
عمل‌آوری بتن: چرا؟ و چگونه؟



پویا احمدی
کارشناسی ارشد عمران-سازه

چکیده
بتن مانند کودکی نوپا احتیاج به مراقبت دارد تا به سن بلوغ برسد و بتواند خدمت‌رسانی کند. خوشبختانه سن بلوغ بتن بسیار کوتاه است و معمولاً در شرایط متعارف پس از گذشت فقط ۲۸ روز این اتفاق می‌افتد. کوتاه‌زمانی که اهمیت بسزایی در چرخه حیات و کیفیت خدمت‌رسانی بتن دارد. زمانی که بتن ساخته می‌شود آب به‌کاربرده شده در تولید آن حداقل ۳۰% وزن سیمان است. این مقدار برای بتن کافی است؛ مشروط به آن که شرایط جوی و سطح بتن موجب تبخیر زودهنگام آب بتن نگردد. با توجه به شرایط جوی کارگاه و هندسه مقاطع، قطعاً این تبخیر اتفاق خواهد افتاد؛ مگر سطح بتن پوشانده شود و بتن آب‌دهی گردد. یکی از راه‌های بهینه برای کاهش هزینه و مصرف آب استفاده از ماده کیورینگ است. این مواد فقط یک‌بار پاشیده شده و در طول مدت عمل‌آوری رطوبت بتن را حفظ می‌کند. در تحقیق حاضر نتایج آزمایشگاهی نشان داده‌شده است که این ماده قادر است بخش اعظمی از نیاز بتن به عمل‌آوری را پاسخگو باشد.

واژه‌های کلیدی: بتن‌ریزی، کیورینگ، رطوبت‌رسانی

مقدمه

تعریف عمل‌آوری بتن

به مجموعه اقداماتی که باعث کمک به ادامه واکنش سیمان بعد از ساخت و پرداخت بتن می‌شود، عمل‌آوری بتن یا کیورینگ[1] بتن گویند. این اقدامات شامل کنترل دما، رطوبت و سرعت تبخیر آب بتن می‌باشد. برای درک بهتر این مفهوم لازم است تا توضیحاتی مختصر با زبانی ساده در خصوص نحوه عملکرد سیمان ارائه شود.

سیمان‌های پرتلند نوعی از سیمان‌های هیدرولیکی می‌باشند که طی یک فرآیند آب‌گیری (هیدراتاسیون) با آب واکنش داده و از حالت پودری به خمیر چسب و نهایتاً یک جسم سخت تبدیل می‌شوند. در ابتدای شروع واکنش سیمان، نزدیک‌ترین سطوح و ذرات سیمان واکنش را شروع می‌کنند و خمیر سیمان شکل می‌گیرد و در این مرحله فرصت انتقال، اختلاط و پرداخت ملات یا بتن فراهم است. سپس سیمان، فاز دوم واکنش خود را شروع کرده و سخت شدن خمیر آغاز می‌شود که این فرآیند ممکن است تا ۱۰ الی ۲۰ ساعت پس از اولین واکنش به‌صورت ویژه و ملموس ادامه پیدا کند و در مرحله‌ای که زمان قالب‌برداری فرامی‌رسد به معنای حصول مقاومت بتن می‌باشد؛ اما واکنش‌های عنوان‌شده تا زمان رسیدن آب به‌تمامی ذرات محصورشده سیمان ادامه خواهد داشت و در صورت پایان هر یک از دو عامل روند کسب مقاومت خاتمه یافته است. پس در صورت نبود رطوبت کافی در بتن بخشی از ذرات سیمان وارد واکنش نشده و ازآنجایی‌که این ذرات قطعاً در مکان‌های محصورشده در داخل بتن حضور دارند دیگر فرصت واکنش را نخواهند یافت. [۱]

مطابق آیین‌نامه بتن ایران (آبا) عمل‌آوری بتن به دو دسته عمل‌آوری عادی و عمل‌آوری تسریع یافته تقسیم‌شده است. ازآنجایی‌که عمل‌آوری تسریع یافته در صنایع قطعات پیش‌ساخته بتنی رواج داشته و در صنعت ساختمان متداول نیست در این آیین‌نامه تنها روش عمل‌آوری عادی تشریح گردیده است. [۲]

بر اساس آبا، عمل‌آوری عادی به دو دسته محافظت (عمل‌آوری اولیه) و مراقبت (عمل‌آوری ثانویه) تقسیم می‌گردد. بدین معنی که مجموعه اقداماتی که برای بتن تازه انجام می‌شود در دسته اول و اقداماتی که پس از سخت شدن بتن صورت می‌پذیرد در دسته دوم قرار می‌گیرند. شرایط دمایی یکی از مهم‌ترین عوامل در تعیین نوع و مدت عمل‌آوری می‌باشد که رونالد بارگ در کتاب خود تحقیقی را منتشر نمود که نشان می‌داد دماهای مختلف به چه میزان می‌توانند بر عملکرد بتن تأثیرگذار باشند که این دما به دو علت اصلی بر بتن تأثیرگذار است: اولاً واکنش سیمان که یک واکنش گرماده است و ثانیاً سرعت تبخیر آب بتن که موضوع مقاله حاضر می‌باشد.[۳]

پس می‌توان گفت که عمل‌آوری شامل اقداماتی است که از تبخیر آب داخل بتن جلوگیری می‌کند تا تمامی ذرات سیمان فرصت واکنش را بیابند و علت آن‌که روند رشد مقاومت بتن را یک دوره ۸۲ روزه یا ۹۰ روزه می‌دانند همین مورد است. پس از تبخیر آب داخل بتن، امکان رساندن آب به آن‌ها بسیار سخت می‌باشد و عملاً روند کسب مقاومت خاتمه یافته است. به‌طورکلی روش‌های عمل‌آوری و مدت آن در هر بتن بسته به مصالح مصرفی، نوع و مشخصات بتن، شرایط جوی، نوع مقطع و... متنوع می‌باشد؛ اما می‌توان این روش‌ها را در چند دسته کلی قرار داد. [۴]

۱- رطوبت‌رسانی مستقیم: در بهترین حالت در صورت غرقاب نمودن مقطع بتنی به مدت تعیین‌شده می‌توان از عدم تبخیر آب داخل بتن مطمئن شد؛ اما به دلیل غیرقابل‌اجرا بودن آن می‌توان با استفاده از روش‌هایی مثل آب‌پاشی مداوم، مه‌پاشی و استفاده از نایلون و آب، مانع تبخیر شد.

۲- رطوبت‌رسانی غیرمستقیم: استفاده از چتایی یا همان کیسه‌های نخی مرطوب برای جلوگیری از تبخیر سطحی بتن که در این روش، نگه‌داشتن رطوبت خود چتایی‌ها ضروری می‌باشد.

۳- استفاده از لایه محافظ: در این روش که بهینه‌ترین روش ممکن از لحاظ صرفه‌جویی در مصرف آب است با پوشاندن سطح بتن از تبخیر سطحی آب بتن جلوگیری می‌گردد. این امر ممکن است توسط یک لایه فیزیکی مثل نایلون ضخیم انجام شود و یا می‌تواند توسط مواد شیمیایی غشاساز انجام شود.

مواد شیمیایی غشاساز یا همان ماده کیورینگ مایعی است که پس از اجرا بتن روی آن پرداخت می‌شود. این ماده با ایجاد یک لایه شفاف روی بتن اولاً مانع تبخیر آب داخل بتن و ثانیاً با رنگ شفاف خود باعث انعکاس نور آفتاب می‌گردد. [۵]

شکل ۱- عمل‌آوری آزمونه‌های بتنی شکل

شکل ۲- نمونه‌ای از اجرای ماده غشاساز

نتایج آزمایشگاهی و تحلیل نتایج

در این مقاله به بررسی اجمالی تحقیقات انجام‌شده توسط احمدی و همکارانش در واحد تحقیق و توسعه شرکت ژیکاوا پرداخته می‌شود. در این تحقیق، هدف بررسی ویژگی‌های روش سوم عمل‌آوری و به‌طور ویژه استفاده از مواد غشاساز و مقایسه آن با روش عمل‌آوری سنتی بوده است. از آن‌جایی‌که توجه به معضلات کمبود منابع آب و

1-Concrete curing

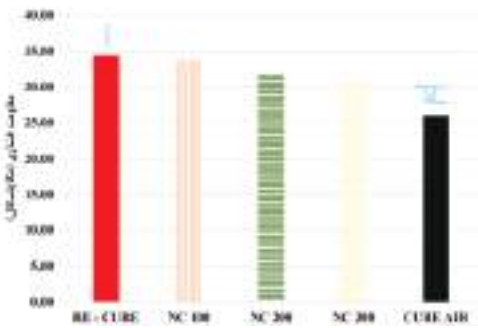
استفاده از بتن‌های بادوام هر دو به لحاظ اقتصادی و محیط زیستی برای کشور ضروری می‌باشد لذا بررسی و مقایسه این روش بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

در این تحقیق پنج طرح بتن با شرایط و اختلاطی ثابت تعریف گردیده است که طرح اول مربوط به آزمونه‌هایی ست که به مدت ۲۸ روز پس از ساخت در آب عمل‌آوری گردیدند (بهترین شرایط عمل‌آوری بتن) و طرح پنجم مربوط به آزمونه‌هایی ست که در محیط مرطوب آزمایشگاه (بهترین شرایط ممکن برای بتنی بدون عمل‌آوری) بود. طرح دوم، سوم و چهارم نیز با استفاده از ماده عمل‌آوری غشاساز (با نام تجاری ژیکاکیور) در نسبت‌های مختلف عمل‌آوری گردیدند.

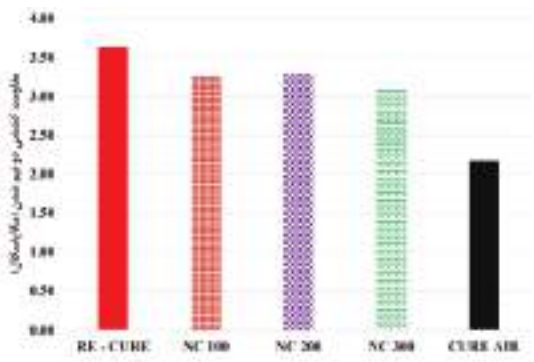
معیار سنجش کیفیت این بتن‌ها مقاومت فشاری و مقاومت کششی آزمونه مکعبی و استوانه در نظر گرفته شد که مطابق شکل ۱ و شکل ۲ مورد آزمایش قرار گرفت. قاعدتاً مقاومت فشاری و مقاومت کششی بتن تنها معیارهای لازم برای پذیرش بتن نیست اما قطعاً همواره به‌عنوان مهم‌ترین معیار لحاظ می‌گردد.

شکل ۳- آزمایش مقاومت فشاری

شکل ۴- آزمایش مقاومت کششی بتن به روش برزیلی



شکل ۵- مقاومت فشاری ۸۲ روزه ۵ طرح بتنی



شکل ۶- نتایج مقاومت کششی ۸۲ روزه ۵ طرح بتنی

نتایج حاصل از این طرح در دو نمودار جهت مقایسه بهتر گزارش شد که در شکل ۵ و شکل ۶ قابل‌مشاهده می‌باشد.

لازم به ذکر است که نمونه پنجم (CURE AIR) در شرایط ایده‌آل ساخته‌شده و بدون عمل‌آوری رها شده است. این در حالی‌ست که در محیط واقعی، افت مقاومتی بتن رها شده شدیدتر خواهد بود. نتایج مقاومت کششی بتن بیانگر افت شدید مقاومتی می‌باشد که این موضوع نشان می‌دهد که تنها عامل کاهش مقاومت، فعال نشدن خمیر سیمان بوده است که این امر تا حد قابل‌قبولی توسط مواد غشاساز جبران گردیده است.

نتیجه‌گیری

بعد از بررسی انواع عمل‌آوری بتن اهمیت ویژه این امر مرور گردید و ازآنجایی‌که امروزه مصرف بهینه سیمان و افزایش طول عمر ساختمان‌ها ثابت شده است، مهم‌ترین ماده عمل‌آور بتن آبِ شرب معرفی گردید که امروزه بسیار ارزشمند بوده و منابع آن رو پایان می‌باشد؛ لذا تحقیق فوق ثابت کرد که اولاً در صورت رهاسازی بتن ساخته‌شده بدون عمل‌آوری در بهترین حالت، یک‌سوم از ظرفیت مقاومتی بتن ازدست‌رفته و قابل بازگشت نمی‌باشد. ثانیاً اثبات گردید که استفاده از مواد غشاساز، علاوه بر خواص مؤثر محیط‌زیستی باعث تأمین حداقل نیازهای فرآیند عمل‌آوری بتن می‌گردد.

منابع

۱. راهنمای کاربردی بتن، محسن شکرچی‌زاده، محمدحسین افتخار، امیرحاجی اسماعیلی سال چاپ:۱۳۹۲

۲. آیین‌نامه بتن ایران نوشته‌شده در سال ۱۴۰۰ ویرایش ۱۴۰۲ ضابطه دوم

۳. کتاب The influence of casting and curing temperature on the properties of fresh and hardened concrete نوشته RG BURG سال چاپ: ۱۹۹۶

۴. مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان، طرح و اجرای ساختمان‌های بتن آرمه ویرایش ۱۳۹۹

۵. ارزیابی تأثیر عمل‌آوری مخلوط‌های بتنی با استفاده از پاشش مواد عمل‌آوری بر تغییرات مقاومت فشاری و کششی رویه‌های بتنی در شرایط آزمایشگاهی، وجیهه عباسی و همکاران، ۱۴۰۲، هشتمین کنفرانس ملی فناوری‌های نوین