

بتن با مقاومت اولیه‌ی بالا

(HIGH EARLY STRENGTH CONCRETE)



سجاد آزادی

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی سازه دانشگاه سمنان

S_Azadi@Semnan.ac.ir

چکیده

امروزه بتن به عنوان پر کاربرد ترین مصالح ساختمانی شناخته شده است. از این رو هر روزه تحقیقات فراوانی به منظور تطبیق هر چه بهتر خواص بتن با خواص مورد انتظار و مطلوب، در سراسر دنیا در حال انجام بوده و حاصل این پژوهش‌ها و تحقیقات گونه‌های جدیدی از بتن با توجه به نیازهای موجود است. یکی از این گونه‌ها، بتن با مقاومت اولیه‌ی بالا می‌باشد که با توجه به نیاز فزاینده‌ای که به استفاده‌ی سریع‌تر از ساختمان‌ها و تأسیسات در حال ساخت وجود دارد، استفاده از آن در حال توسعه است. در این مقاله به معرفی این گونه از بتن‌ها که زیر مجموعه‌ای از بتن‌های هدفمند هستند پرداخته شده است.

واژه‌های کلیدی: بتن با مقاومت اولیه‌ی بالا، بتن توانمند، تعمیر سریع روسازی راه‌ها

مقدمه

معرفی بتن توانمند (High Performance Concrete)

به طور کلی واژه‌ی بتن توانمند ممکن است به بتنی اطلاق شود که کارایی افزونتری برای کاربرد مورد نظر نسبت به بتن معمولی داشته باشد.

به عنوان مثال بتنی که در برابر شرایط مختلف سرویس، پایایی و دوام کاملاً بهتری را فراهم می‌کند، و یا بتنی که خواص فوق‌العاده‌ای را در سنین اولیه دارا می‌باشد، یا بتنی که دارای خواص مقاومتی فوق‌العاده افزونتری نسبت به بتن معمولی می‌باشد، نمونه‌هایی از بتن‌های توانمند می‌باشند.

خواصی که بتن‌های توانمند ممکن است دارا باشند عبارتند از:

- مقاومت نهایی بالا.
- مقاومت اولیه ی بالا.
- مدول الاستیسیته ی بالا.
- دوام بالا.
- کارایی بالا.
- قابلیت پمپاژ بالا.
- قابلیت پرداخت بالا.
- قابلیت بالا برای ریختن در هوای سرد و گرم.
- و کنترل کامل هیدراسیون بتن.

معمولاً بیش از یک مورد از خواص فوق برای یک کاربرد خاص مورد نیاز است؛ مثلاً در آسمانخراش‌ها مقاومت نهایی بالا، مدول الاستیک بالا، قابلیت پمپاژ بالا و توانایی ریختن بتن بدون متراکم کردن مورد نیاز است.

این بتن‌ها ممکن است حاوی مصالحی از قبیل خاکستر بادی (Fly Ash)، روباره‌ی کوره‌ی آهن‌گدازی (Slag) [که به صورت کاملاً ریز آسیاب شده است]، دوده‌ی سیلیسی (Fume Silica)، الیاف، افزودنی‌های شیمیایی، و مصالح گوناگون دیگر، به صورت تنها یا به صورت مخلوط‌های گوناگون با یکدیگر باشند.

امروزه، مهندسين استفاده‌ی فزاينده‌ای از بتن‌های توانمند در کاربردهای گوناگون از جمله کارهای بزرگ راهی شامل؛ ساخت بزرگ‌راه‌های جديد، تعمير راه‌های موجود، و نوسازی و اجرای روکش جديد راه‌ها، ساخت آسمانخراش‌ها و سازه‌های بلند و غيره به عمل می‌آورند.

مقاومت بالاتر، اختيارات طراحی سازه‌ای بیشتری را فراهم می‌نماید. خواص بهبود یافته‌ی بتن در سنين اوليه، ساخت و ساز و کارهای مربوط به نوسازی را تسهيل می‌نماید و کیفیت را بهبود می‌بخشد و دوام بالاتر، دوره‌ی سرويس را افزايش می‌دهد که ممکن است منجر به کاهش هزینه‌ی سازه در طول عمر مفيد آن گردد.

برنامه‌ی استراتژيک تحقیقات بزرگ راه‌ها که تحت نظارت انجمن ملی تحقیقات آمریکا می‌باشد یک سری معيارهای کمی به منظور انجام پژوهش‌های خود در مورد بتن‌های توانمند در زمینه‌ی کاربرد آنها در کارهای مربوط به راه‌سازی، ارائه نموده است، که در جدول شماره‌ی ۱ نشان داده شده‌اند.

جدول شماره‌ی ۱ : معيارهایی برای بتن توانمند

نوع بتن توانمند	حداقل مقاومت فشاری	حداکثر نسبت آب به سیمان	حداقل ضریب دوام فراست (Frost)
گزینه A با سیمان تیپ بتن با مقاومت اولیه ی خیلی بالا «VES»	۱۴ Mpa (۲۰۰۰ psi) در مدت ۶ ساعت	۰٫۴۰	۸۰ درصد
گزینه B با سیمان PBC-XT	۱۷٫۵ Mpa (۲۵۰۰ psi) در مدت ۴ ساعت	۰٫۲۹	۸۰ درصد
بتن با مقاومت اولیه ی بالا «HES»(III) (با سیمان تیپ	۳۵ Mpa (۵۰۰۰ psi) در مدت ۲۴ ساعت	۰٫۳۵	۸۰ درصد
بتن با مقاومت خیلی بالا «HSC»(I) (با سیمان تیپ	۷۰ Mpa (۱۰۰۰۰ psi) در مدت ۲۸ روز	۰٫۳۵	۸۰ درصد

- در تعاریف فوق حداقل مقاومت مورد نظر باید در مدت زمان معین شده، از زمان اضافه کردن آب به مخلوط، حاصل شود.
- مقاومت فشاری از آزمایش سيلندره‌ای به ارتفاع ۲۰۰ میلیمتر (۸ اینچ) و به قطر ۱۰۰ میلیمتر (۴ اینچ)، و با سرپوشه‌ای نئوپرن، تعیین می‌شود.
- نسبت آب به سیمان بر پایه ی کلیه ی مصالح سیمانی می‌باشد.
- حداقل ضریب دوام باید پس از ۳۰۰ سیکل یخ زدن و آب شدن بر طبق دستورالعمل A از ASTM C 666 (AASHTO T 161) حاصل شود.
- این تعاریف کاری از بتن توانمند با در نظر گرفتن چندین فاکتور مهم در ساخت و طراحی روستازی و سازه‌های بزرگ‌راه‌ها اختیار گردیده‌اند.

بتن با مقاومت اولیه‌ی بالا و بتن با حصول مقاومت خیلی سریع

بتن با مقاومت اولیه‌ی بالا (HES) همچنین بتن سریع الاثر (Fast Track Concrete) نیز نامیده می‌شود، که در مدت کوتاه تری نسبت به بتن معمولی به مقاومت تعیین شده اش دست می‌یابد. بازه‌ی زمانی که در آن مقاومت تعیین شده باید به دست بیاید ممکن است از ساعات یا حتی دقیق اندکی تا چندین روز تغییر کند. در صورتی که بتن در مدت زمان اندک و در حد حداکثر چند ساعت به مقاومت اولیه‌ی بالایی دست یابد، بتن با حصول مقاومت خیلی سریع (VES) یا Very Early Strength Concrete نامیده می‌شود. مقاومت اولیه‌ی بالا با استفاده از اجزاء ترکیبی سنتی تشکیل دهنده‌ی بتن و تکنیک‌های سنتی قابل دست‌یابی و حصول است، همچنین در پاره‌ای از موارد مصالح یا تکنیک‌های ویژه مورد نیاز است.

شیوه‌های دست‌یابی به مقاومت اولیه بالا

مقاومت اولیه‌ی بالا با استفاده از یک و یا ترکیبی از موارد زیر، بسته به دوره‌ای که در آن مقاومت تعیین شده باید به دست بیاید و همچنین شرایط کاری، قابل حصول می‌باشد:

۱- استفاده از سیمان تیپ III یا HE (سیمان با مقاومت اولیه‌ی بالا).

به طور کلی شش نوع عمده سیمان پرتلند وجود دارد که هر یک در موارد خاصی دارای کاربرد می‌باشند. جدول شماره ۲ انواع سیمان پرتلند و کاربرد هر یک را نشان می‌دهد.

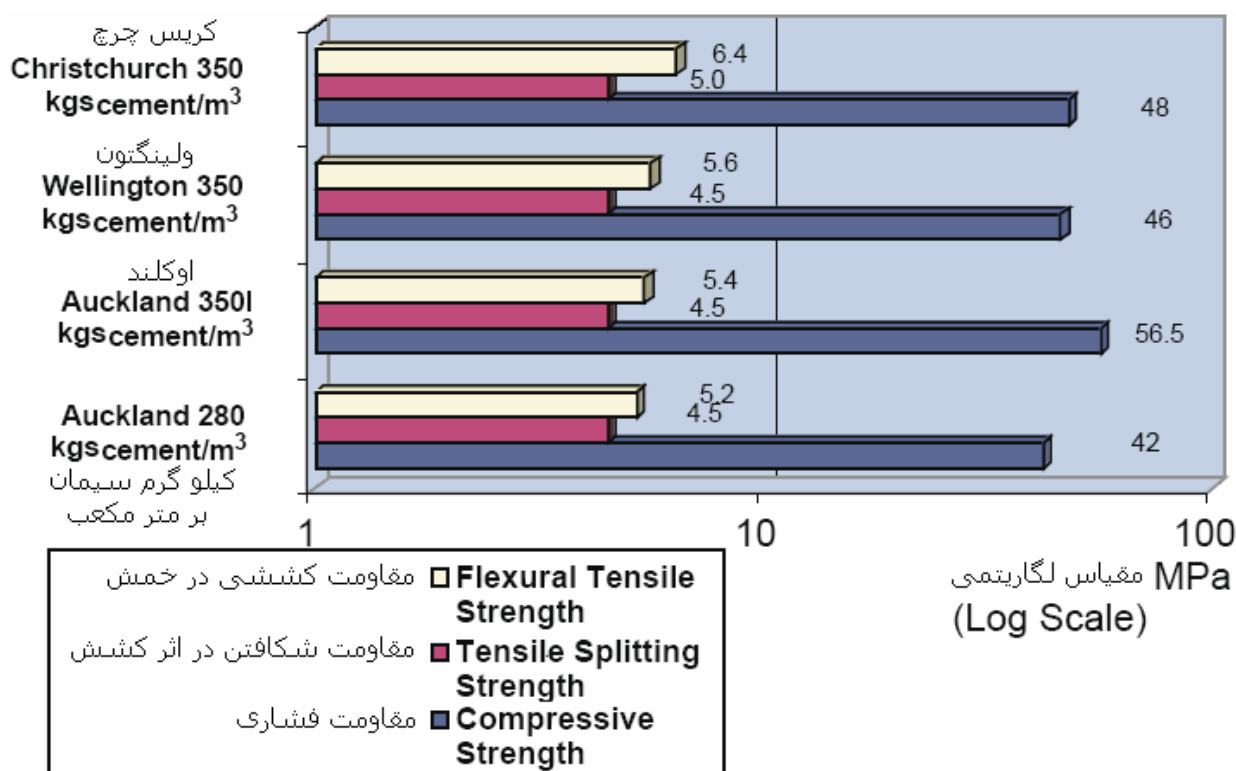
جدول شماره ۲: انواع سیمان پرتلند و کاربردهای آنها

نوع سیمان پرتلند	مورد استفاده	نرمی بلین (Blaine) m ² /Kg
تیپ I	کاربردهای عمومی و ساخت و سازهای معمولی بتنی.	۳۷۰
تیپ II	بتن در معرض تأثیر ملایم سولفات‌ها و یا هنگامی که گرمای ملایم هیدراسیون مورد نیاز است.	۳۷۰
تیپ III	مقاومت بالای بتن در یک مدت زمان کوتاه (مقاومت اولیه‌ی بالا).	۵۴۰
تیپ IV	هنگامی که گرمای ملایم هیدراسیون ضروری است این نوع سیمان مناسب می‌باشد.	۳۸۰
تیپ V	هنگامی که بتن در معرض تأثیر شدید سولفات‌ها قرار می‌گیرد مورد استفاده قرار می‌گیرد.	۳۸۰
سیمان سفید	کاربردهای معماری؛ هنگامی که بتن یا ملات سفید یا رنگی مورد نیاز است.	۴۹۰

۲- استفاده از عیار (محتوای) سیمان بالا (۴۰۰ تا ۶۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب).

توجه به این نکته ضروریست که در مناطق مختلف با مصالح سنگی متفاوت، عیار سیمان یکسان، مقاومت‌های گوناگونی به دست می‌دهد.

شکل شماره ۱ نشان می‌دهد که بتن برای سه محل مختلف با مصالح سنگی متفاوت، با عیار سیمان یکسان، مقاومت‌های فشاری و نیز نسبت‌های آب به سیمان مختلفی خواهد داشت، که این موضوع ناشی از مقاومت‌های متنوع سنگ دانه‌های مختلف موجود در محل‌های گوناگون و نیز، نیازهای آبی متفاوت آنها است. همچنین در این شکل با مصالح سنگی یکسان، مقاومت دو نوع بتن که فقط عیار سیمان آنها با یکدیگر متفاوت است، با هم مقایسه شده و همان گونه که در شکل مشاهده می‌شود، با افزایش عیار سیمان، مقاومت بتن افزایش می‌یابد.



شکل شماره ۱

- مقایسه‌ی مقاومت بتن‌های با عیار سیمان یکسان و مصالح سنگی گوناگون.

- مقایسه دو بتن با مصالح سنگی یکسان و عیار سیمان گوناگون.

(Branz 1999)

۳- استفاده از نسبت پایین آب به مصالح سیمانی (نسبت جرمی ۰٫۲ تا ۰٫۴۵).

برای بتن با مقاومت اولیه ی بالا لازم است که نسبت آب به سیمان از مقدار ۰٫۴۲ برای سیمان تیپ I و از مقدار ۰٫۴۵ برای سیمان تیپ III تجاوز ننماید.

توجه به این نکته ضروریست که یک محدودیت عملی برای کاهش میزان آب مخلوط وجود دارد که مانع از کم کردن آب تا رسیدن به نسبت آب به سیمان مطلوب می شود. این محدودیت عملی کارایی بتن تازه می باشد.

بسته به نوع سنگ دانه ی مصرفی، حداقل آب مورد نیاز برای مخلوط در محدوده ی ۱۵۰ تا ۱۷۰ لیتر بر متر مکعب (معادل با اسلاپ ۴۰ میلیمتر)، تغییر می کند.

برای رسیدن به یک نسبت آب به سیمان پایین تر در مخلوط بتنی با حداقل آب مصرفی، نیازمند افزایش عیار سیمان و یا استفاده از مواد افزودنی فوق روان کننده، و یا تلفیقی از هر دو روش می باشیم.

۴- استفاده از دمای بالاتر برای بتن تازه مخلوط شده.

درجه ی حرارت یک عامل تعیین کننده ی کلیدی در حصول مقاومت است. هیدراسیون یک واکنش شیمیایی است و به وسیله ی درجه ی حرارت کنترل می شود.

۵- استفاده از دمای عمل آوری بالاتر برای بتن.

در دمای کمتر از ۱۲ درجه ی سانتی گراد، سیمان به صورت بسیار کندی واکنش می دهد؛ هر چند که بتنی که در دمای در حدود ۸ درجه ی سانتی گراد، عمل آوری شده است، مقاومت نهایی بالاتری نسبت به بتن های عمل آوری شده در دماهای بالاتر خواهد داشت.

در بالای ۴۰ درجه ی سانتی گراد، حصول مقاومت بتن بسیار سریع می باشد، ولی مقاومت نهایی آن در معرض خطر قرار می گیرد (سیمان های آمیخته ی بر پایه ی روبره آهن گذاری، چنین ویژگی ای را نشان نمی دهند).

۶- استفاده از مواد افزودنی شیمیایی از قبیل زودگیرکننده ها (Accelerators) و یا کاهنده های آب سطح بالا (High Range Water Reducers)؛

زودگیرکننده ها، زمان گیرش اولیه ی بتن را کاهش می دهند و همچنین مقاومت اولیه ی بالاتری به دست می دهند. زودگیرکننده ها به عنوان ضدیخ عمل نمی کنند بلکه گیرش و نیز سرعت حصول مقاومت را تسریع می کنند و در نتیجه بتن را در برابر خسارت ناشی از یخ زدگی در هوای سرد، مقاوم تر می نمایند.

تدگیرکننده ها همچنین در ساخت و سازهای سریع، که نیازمند برداشت سریع قالب ها، گشایش سریع بر روی ترافیک عبوری و یا اعمال زود هنگام بار بر روی سازه هستند، مورد استفاده قرار می گیرند.

دو نوع ماده‌ی افزودنی زودگیرکننده وجود دارد:

- مواد افزودنی زودگیرکننده بر پایه‌ی کلراید، مانند کلراید کلسیم.

- مواد افزودنی زودگیرکننده غیر کلرایدی

یکی از موثرترین و اقتصادی‌ترین مواد افزودنی زودگیرکننده کلراید کلسیم می‌باشد که به اشکال مایع یا دانه ریز فلس مانند وجود دارد و می‌بایست الزامات ASTM D 98 را برآورده کند. برای بتن غیر مسلح کلراید کلسیم تا حد ۲ درصد می‌تواند مورد استفاده واقع شود.

به علت نگرانی‌هایی که در مورد خوردگی فولاد مسلح کننده در اثر وجود کلراید کلسیم وجود دارد حدود پایین تری برای کلراید در مورد بتن مسلح اعمال می‌شود. بتن پیش‌تنیده و بتنی که در آن آلومینیوم یا فلزات گالوانیزه کار گذاشته شده است، به علت قابلیت فزاینده‌ی خوردگی فلز مدفون در بتن، نباید حاوی هیچ گونه مصالحی باشد، که مواد اصلی تشکیل دهنده‌ی آن کلرایدها هستند.

به طور کلی استفاده از کلراید کلسیم به منظور حصول مقاومت اولیه‌ی بالا توصیه نمی‌شود، ولی در صورت استفاده به هیچ عنوان نباید بیش از ۲ درصد مورد استفاده قرار بگیرد. بروز گیرش آنی در صورت استفاده افزون بر ۲ درصد از کلراید کلسیم بسیار محتمل است و حتی در موارد بسیاری با هر مقدار کمتر از ۲ درصد، نیز رخ می‌دهد. به طور کلی استفاده از کلراید کلسیم به مقدار زیادی کارایی مخلوط بتنی را کاهش می‌دهد.

۷- استفاده از خاکستر بادی (Fly Ash)، دوده‌ی سیلیسی (میکرو سیلیس) و یا روباره‌ی کوره‌ی آهن‌گدازی که به صورت کاملاً ریزی آسیاب شده باشد. (Ground Granulated Blast Furnace Slag : GGBFS).

افزودن دوده‌ی سیلیسی به دو طریق در بتن مفید واقع می‌شود:

- اول اینکه، ذرات ریز دوده‌ی سیلیسی به صورت فیزیکی فضای خالی موجود در ماتریس سیمان را کاهش می‌دهند.

- و دیگر اینکه دوده‌ی سیلیسی مقاومت فشاری و سرعت حصول آن و نیز دوام بتن را افزایش می‌دهد. بتن ساخته شده با دوده‌ی سیلیسی اگر با نسبت‌های صحیح مخلوط شده باشد، می‌تواند به یک مقاومت فشاری اولیه و نهایی خیلی بالا دست یابد. بتن‌های پیش‌ساخته‌ای با مقاومت فشاری در حدود ۱۳۵ Mpa (۲۰۰۰۰ psi) در آمریکا با استفاده از دوده‌ی سیلیسی تولید شده است.

۸- استفاده از عمل آوری بخار یا عمل آوری در اتوکلاو.

کاربرد این شیوه در تولید قطعات پیش ساخته‌ی بتنی است.

علاوه بر این، عمل آوری در افزایش مقاومت فشاری نهایی، کاهش فرسایش سطحی، و مقاومت افزون تر در مقابل سایش موثر است. عمل آوری این اجازه را می‌دهد که آب بیشتری برای واکنش هیدراسون خمیر سیمان موجود باشد که این موضوع منجر به افزایش و توسعه‌ی مقاومت بهتری می‌شود.

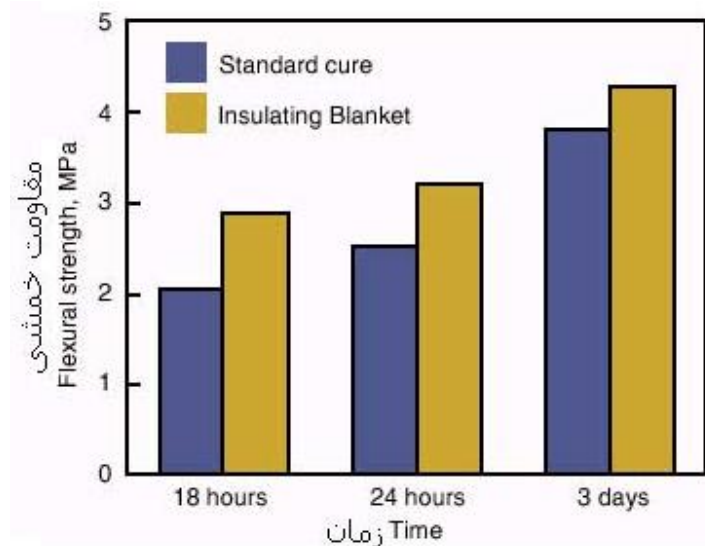
۹- استفاده از عایق بندی و ایزولاسیون به منظور حفظ گرمای هیدراسیون.

روکش‌های عایق کننده و یا سایر اقداماتی که به منظور عایق کردن و ایزولاسیون بتن از محیط خارج صورت می‌گیرد، می‌تواند در ۲۴ ساعت اول به منظور کمک کردن به حصول مقاومت از طریق حفظ گرمای هیدراسیون، مورد استفاده قرار بگیرد.

در بعضی از پروژه‌ها به منظور حفظ گرمای هیدراسیون و عمل آوری از پوشش‌های عایق کننده از جنس فوم‌های پلی استایرن (Poly Styrene Foams) استفاده می‌شود.

به هر حال، در هنگام برداشتن این روکش‌ها، به منظور اجتناب از شوک حرارتی، می‌بایست احتیاط‌های لازم صورت بگیرد. شوک حرارتی، ممکن است باعث ایجاد ترک‌های پیش رس در بتن بشود.

شکل شماره ۲ مزایای عمل آوری با روکش (Blanket Curing) را در توسعه مقاومت اولیه برای کاربردهای ترمیمی و لکه‌گیری و کاربردهایی که نیازمند مقاومت اولیه‌ی بالا می‌باشند، تشریح می‌کند:



شکل شماره ۲

اثر ایزولاسیون با روکش بر روی بتن با مقاومت اولیه‌ی بالا.

بتن دارای سیمان تیپ یک (I) با عیار ۴۲۱ کیلوگرم بر متر مکعب و نسبت آب به سیمان ۰٫۳۰ بوده است. (Grove 1989)

۱۰- استفاده از سیمان‌های زود سخت شونده‌ی ویژه مانند، سیمان‌های کلسیم آلومینات.

سیمان کلسیم آلومینات از سیمان‌های بر پایه‌ی سیمان پرتلند، نمی‌باشد. این سیمان در کاربردهای ویژه به منظور کسب مقاومت اولیه‌ی بالا (حصول مقاومت طراحی در یک روز)، مقاومت در برابر درجه حرارت‌های بالا، و مقاومت در برابر سولفات‌ها، اسیدهای ضعیف و آب دریا به کار می‌رود.

مخلوط سیمان پرتلند و سیمان کلسیم آلومینات به منظور تولید بتن ها و ملات های زودگیر مورد استفاده قرار گرفته است. کاربرد نوعی برای بتن های با سیمان کلسیم آلومینات شامل کف های صنعتی مقاوم در برابر مواد شیمیایی، مقاوم در برابر حرارت و مقاوم در برابر خوردگی، پوشش های نسوز و کاربردهای تعمیراتی است. استانداردهایی که در رابطه با این نوع سیمان وجود دارند عبارتند از استاندارد انگلیسی BS915-2 یا استاندارد فرانسوی NF P15-315.

هیدرات هایی که مسئول سخت شدگی سریع و حصول مقاومت اولیه در این نوع سیمان هستند به مرور زمان تغییر می یابند، که این پدیده منجر به کاهش مقاومت می شود. این فرایند که «تبدیل» نامیده می شود همواره رخ می دهد. این فرایند شامل تبدیل هیدرات آلومینات کلسیم شش گوشه ای (Hexagonal) CAH_{10} با پایداری کم به هیدرات آلومینات تری کلسیم مکعبی (چهار گوشه) C_3AH_6 با پایداری زیاد، آلومین آبدار AH_3 و آب می باشد. با گذشت زمان و به ویژه در شرایط وجود رطوبت و وجود حرارت، این تبدیل سبب کاهش ۵۳ درصدی در حجم مصالح هیدراته شده، می شود. ولیکن، این تغییر حجم داخلی بدون تغییر چشمگیر در ابعاد کلی عضو بتنی رخ می دهد که منجر به افزایش تخلخل خمیر سیمان و کاهش مقاومت فشاری آن می شود. در نسبت های آب به سیمان پایین، آب کافی برای همی آلومینات کلسیم برای انجام واکنش و تشکیل CAH_{10} وجود ندارد. آب آزاد شده از فرایند تبدیل CAH_{10} با بقیه ی آلومینات کلسیم باقیمانده واکنش می دهد که تا اندازه ای اثرات تبدیل را جبران می نماید.

بنابراین طرح بتن بادوام با استفاده از این نوع سیمان می بایست بر پایه ی کارایی و عملکرد بلند مدت باشد و نه بر پایه ی مقاومت زیاد ولی گذرایی که می تواند در ابتدا اتفاق بیفتد.

مقاومت های فشاری بلند مدت 40 Mpa برای بتن ساخته شده با سیمان کلسیم آلومینات، در صورتی که به درستی طرح شده باشد، قابل حصول و رایج است. مقاومت های بالاتر با استفاده از سنگ دانه های درشت دانه ای از جنس سنگ آهک - در مقایسه با تعدادی از سنگ دانه های دیگر که عملکردی به خوبی این سنگ دانه ها ندارند - قابل حصول است. به دلایل فوق توصیه می شود که سیمان های آلومینات کلسیم در بعضی از انواع ساخت و سازها از قبیل بتن پیش تنیده مورد استفاده واقع نشوند.

برپایه ی این واقعیات، بتن ساخته شده با این سیمان باید دارای حداکثر نسبت آب به سیمان کلی 0.4 (شامل آب جذب شده توسط سنگ دانه ها) و حداقل عیار سیمان 400 کیلوگرم بر متر مکعب (Kg/m^3) باشد.

به علت تبدیل احتمالی، سیمان کلسیم آلومینات غالباً در کاربردهای غیر سازه ای به کار می رود و در کاربردهای سازه ای با اتخاذ احتیاط های لازم به کار می رود و یا اینکه اصلاً به کار نمی رود (Taylor 1997).

کاربردهای بتن با مقاومت اولیه ی بالا

بتن با مقاومت اولیه ی بالا در موارد زیر دارای کاربرد است:

۱- در بتن پیش تنیده؛ به منظور ایجاد شرایط مناسب برای اعمال زود هنگام تنش.

۲- در بتن پیش ساخته؛ به منظور تولید سریع اعضا و اجزای بتنی.

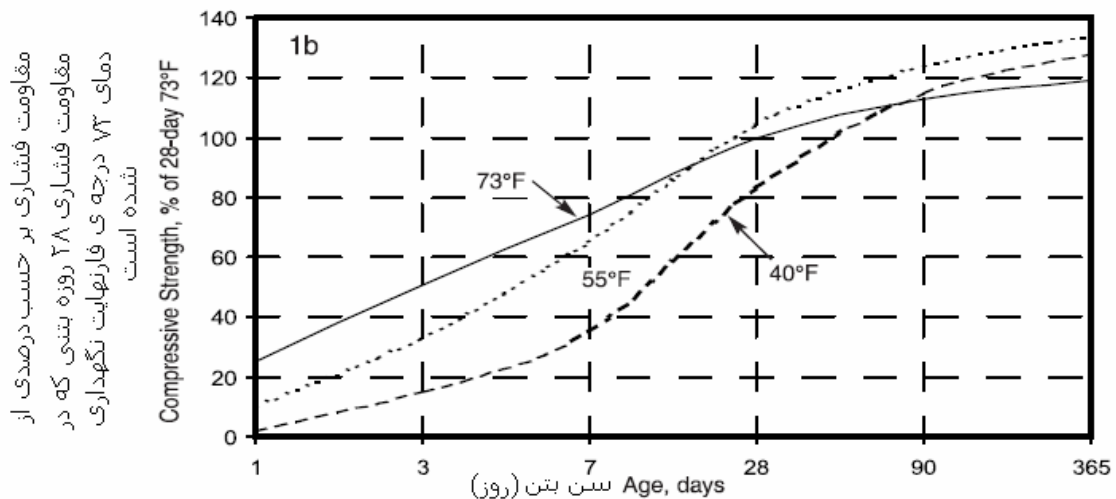
۳- ساختن سریع ساختمان ها و سازه های درجا ساخته شده (درجا ریخته شده).

۴- قالب گیری سریع برای استفاده ی مجدد از قالبها، در مورد بتن های درجا ریخته شده

یا بتن های پیش تنیده و یا در مواردی که بتن ریزی با قالب لغزنده صورت می گیرد.

۵- ساخت و ساز و بتن ریزی در هوای سرد؛

هوای سرد به یک بازه ی زمانی اطلاق می شود که در آن میانگین درجه حرارت روزانه به کمتر از ۴ درجه ی سانتی گراد (۴۰ درجه ی فارنهایت) برای مدت سه روز متوالی یا بیشتر، افت می کند. این شرایط حکم می کند که یک سری اقدامات احتیاطی در حین ریختن، پرداخت، عمل آوری و محافظت از بتن در برابر اثرات ناشی از هوای سرد صورت بگیرد. در حالت خمیری، اگر دمای بتن به پایین تر از ۴- درجه ی سانتی گراد (در حدود ۲۵ درجه ی فارنهایت) افت کند، بتن یخ می زند. اگر بتن خمیری یخ بزند مقاومت بالقوه ی آن می تواند تا بیش از ۵۰ درصد کاهش یابد و همچنین بر دوام آن تأثیر منفی خواهد داشت. شکل شماره ۳ اثر یخ زدگی بتن خمیری را بر افت مقاومت بالقوه ی آن نشان می دهد.



شکل شماره ۳

اثر یخ زدگی بتن خمیری بر افت مقاومت بالقوه ی آن.

اقتباس شده از:

(National Ready Mixed Concrete Association of America CIP27; Cold Weather Concreting)

بتن باید تا رسیدن به مقاومت فشاری حداقل ۳۵ مگاپاسکال (۵۰۰psi)، در مقابل یخ زدگی محافظت شود، که این زمان برای اغلب بتن های معمولی که در دمای ۱۰ درجه ی سانتی گراد (۵۰ درجه ی فارنهایت)، نگهداری شده اند، در حدود دو روز بعد از ریختن بتن می باشد در حالی که برای بتن با مقاومت اولیه ی بالا این زمان به صورت کاملاً قابل توجهی کمتر است.

علاوه بر این، مدت زمانی که باید در هوای سرد، دمای بتن برای تکمیل فرآیند هیدراسیون در حدود معینی حفظ شود و از هدر رفتن گرمای بتن جلوگیری شود، بسیار کمتر از بتن های معمولی می باشد. این موضوع علاوه بر اینکه باعث صرفه جویی در زمان می شود، باعث صرفه جویی اقتصادی به دلیل هزینه ی کمتر برای گرم کردن بتن و نیز به دلیل صرفه جویی صورت گرفته در زمان می شود.

۶- تست های آزمایشگاهی تسریع شده.

۷- در شاکریت هایی که نیاز به مقاومت اولیه ی بالا می باشد.

۸- تعمیر و ترمیم سریع روسازی های بتنی موجود برای استفاده ی مجدد و احداث سریع روسازی های بتنی جدید و یا ایجاد

روکش های بتنی ترمیمی بر روی روسازی های آسفالتی آسیب دیده ی موجود؛

استفاده از بتن با مقاومت اولیه ی بالا در ترمیم روسازی های موجود، بخصوص در مناطقی که دارای ترافیک نسبتاً سنگین هستند، بسیار حائز اهمیت است و در حال حاضر تقریباً رایج است. هزینه ی اجرای روسازی ها با استفاده از بتن با مقاومت اولیه ی بالا، ممکن است از بتن معمولی بالاتر باشد که این موضوع ناشی از خدمه ی اجرایی بیشتر مورد نیاز، سایر نظامات و مقدماتی که باید به منظور فراهم آوردن امکانات اجرایی در آخر هفته و روزهای تعطیل فراهم شود و به علاوه هزینه ی بالاتر مربوط به دستمزد کار کردن عوامل اجرایی در نیمه شب ها و روزهای تعطیل و به علاوه طبیعت کوتاه مدت ریختن در جای بتن با مقاومت اولیه ی بالا، می باشد. این هزینه ها ممکن است تا حدی به وسیله ی کاهش زمان اجرا و نیز اثری که بر روی استفاده کنندگان از جاده خواهد داشت، جبران شود.

در کانادا برای بازسازی سریع ورودی های شلوغ رستوران های غذای آماده در طول شب و برگرداندن سریع آنها به سرویس دهی مجدد در طول صبح روز بعد، از بتن های با مقاومت اولیه ی بالا استفاده می شود (Lessard et al, 1994).

مزایای استفاده از بتن با مقاومت اولیه ی بالا در ترمیم روسازی های موجود و احداث روسازی های جدید عبارتند از:

- سرعت بخشیدن به ساخت و ساز و کاهش زمان به علت فراهم آمدن امکان جا به جا شدن سریعتر تجهیزات مورد استفاده بر روی روسازی ایجاد شده و بکارگیری سریعتر آنها برای ادامه ی کار.
- به حداقل رساندن تأخیرهای ترافیکی.

- کاهش تراکم (ماشین آلات و ابزار و ادوات) در منطقه محل انجام پروژه.
- حداقل کردن اتلاف درآمد از طریق کاهش زمان آغاز بهره برداری و شروع اخذ عوارض.
- و مزایای گوناگون دیگر.

در روسازی با پیشبرد سریع، استفاده از مخلوطهای با مقاومت اولیه‌ی بالا به ترافیک عبوری تنها چند ساعت پس از ریختن بتن اجازه‌ی گشایش می‌دهد.

۹- بازسازی و ترمیم باندهای پرواز هواپیما در فرودگاه‌ها.

از دیگر موارد استفاده‌ی بتن با مقاومت اولیه‌ی بالا که می‌توانستیم آن را ذیل عنوان مورد شماره ۸ از کاربردهای بتن با مقاومت اولیه‌ی بالا، یعنی؛ تعمیر و ترمیم سریع روسازیهای بتنی موجود برای استفاده‌ی مجدد و یا ایجاد روکش‌های بتنی ترمیمی بر روی روسازیهای آسفالتی آسیب دیده‌ی موجود، نیز بیان نمائیم؛ بازسازی باند پرواز فرودگاه‌ها می‌باشد که این بازسازی می‌تواند تعمیر روسازی بتنی و یا روکش روسازی آسفالتی آسیب دیده‌ی باند فرودگاه باشد. از آنجا که به خصوص در فرودگاه‌های شلوغ باند پرواز برای مدت طولانی نمی‌تواند بسته نگه داشته شود، لذا می‌بایست از روش‌هایی به منظور ترمیم و تعمیر سریع باند فرودگاه و گشایش سریع آن برای استفاده‌ی مجدد استفاده نمود، که یکی از این روش‌ها استفاده از بتن با مقاومت اولیه‌ی بالا است.

از موارد کاربرد بتن با مقاومت اولیه‌ی بالا در ترمیم و تعمیر باند فرودگاه‌ها، می‌توان به عنوان نمونه، به بازسازی و ترمیم باند پرواز فرودگاه بین‌المللی فونیکس (Phoenix Sky Harbor International Airport)، واقع در بندر فونیکس ماریکوپاکانتی ایالت آریزونا (Phoenix, Maricopa County, Arizona) در آمریکا، اشاره کرد؛ این فرودگاه که چهارمین فرودگاه شلوغ جهان با وسعتی در حدود ۷۱۱۱ هکتار است دارای سه باند پرواز می‌باشد که عملیات ترمیم و تعمیر بر روی یک باند آن به همراه باند تاکسی مربوط به آن به طول ۱۱ هزار فوت (حدوداً ۳۳۵۳ متر) به اجرا در آمده است. این عملیات شامل تعویض روسازی بتن آسفالتی (قیری) یا روسازی بتنی در باند ۲۶-۸ بوده است و در طول مدت اجرای پروژه باند پرواز همچنان قابل استفاده بوده است.

حداقل شرایط مورد نیاز برای بتن با مقاومت اولیه بالا

حداقل شرایطی که بتن با مقاومت اولیه‌ی بالا می‌بایست تأمین نماید، با توجه به نوع کار مورد نظر که در آن از بتن با مقاومت اولیه‌ی بالا استفاده می‌شود متفاوت خواهد بود و مؤسسات و بخشنامه‌های گوناگون با توجه به حوزه‌ی کاری خود و میزان کارایی مورد انتظار از بتن با مقاومت اولیه‌ی بالا، یکسری شرایط حداقل را برای بتن با مقاومت اولیه‌ی بالا تعیین نموده‌اند که این بتن به منظور پذیرش می‌بایست آنها را برآورده نماید.

به عنوان مثال حداقل شرایطی که بتن با مقاومت اولیه‌ی بالا می‌بایست برآورده کند بنا بر دستورالعمل دپارتمان حمل و نقل ایالتی نیویورک، مطابق جدول شماره ۳ می‌باشد.

جدول شماره ۳: شرایط مورد نیاز بتن با مقاومت اولیه‌ی بالا مطابق دستورالعمل دپارتمان حمل و نقل ایالتی نیویورک

حد اکثر	مطلوب	حداقل	خصوصیت
-	-	۲۶ Mpa	مقاومت فشاری ۲۸ روزه
-	-	۱۷ Mpa	مقاومت فشاری در حین گشایش ترافیک
۸٫۰ درصد	۶٫۵ درصد	۵٫۰ درصد	محتوای هوا در حالت خمیری
۸٫۰ درصد	۶٫۵ درصد	۵٫۰ درصد	محتوای هوا در حالت سخت شده
۰٫۴۴	-	-	نسبت آب به سیمان
۱۵۰ Mm	-	۲۵ mm	اسلامپ*

* حداقل اسلامپ امکان متراکم کردن و پرداخت مطلوب بتن را فراهم می‌آورد و حداکثر اسلامپ به منظور جلوگیری از جدایی دانه‌ها (Segregation)، وضع گردیده است.

نکاتی در مورد بتن آماده‌ی با مقاومت اولیه‌ی بالا

از آنجا که زمان گیرش بتن با مقاومت اولیه‌ی بالا، کوتاه است و گیرش در این بتن‌ها سریع اتفاق می‌افتد، به منظور تسریع در زمان ساخت و ساز، حمل این بتن به کارگاه و سایت کاری می‌بایست با سرعت هر چه تمام‌تر صورت بگیرد. این موضوع، معمولاً نیازمند آماده کردن مناسب سایت کاری، به منظور تسهیل دسترسی تجهیزات متحرک ساخت و ساز و بتن ریزی و کامیون‌های حمل و نقل بتن، به محل‌های مورد نظر برای بتن ریزی می‌باشد. ممکن است نیاز به استفاده از مواد افزودنی کندگیر کننده (Retarders)، به منظور کاهش نرخ هیدراسیون، نیز وجود داشته باشد. علاوه بر این ممکن است یک سری اصلاحات و تعدیل‌ها، در مورد اختلاط، حمل کردن، ریختن و عمل آوری نیز مورد نیاز باشد. واضح است که زمان حمل و نقل می‌بایستی به خوبی مدیریت شود، به این علت که، بر کارآیی و میزان نیاز به استفاده از مواد افزودنی کندگیر کننده، تأثیرگذار خواهد بود. نکته‌ی دیگری که حائز اهمیت است، اجتناب و جلوگیری از تجمع و تمرکز کامیون‌های حاوی محموله‌های بتن تحویلی، در نقطه‌ی تخلیه می‌باشد؛ زیرا در آنجا، در محموله‌های دوم و بعد از آن در حین انتظار برای تخلیه، افت اسلامپ رخ می‌دهد. این تمرکز و تجمع کامیون‌ها، در طول نمونه برداری از اولین کامیون محموله‌ی بتن تحویلی روز برای اخذ نمونه‌های آزمایشی مختلف، تمایل به شکل‌گیری دارد.

نمونه هایی از بتن های با مقاومت اولیه ی بالا

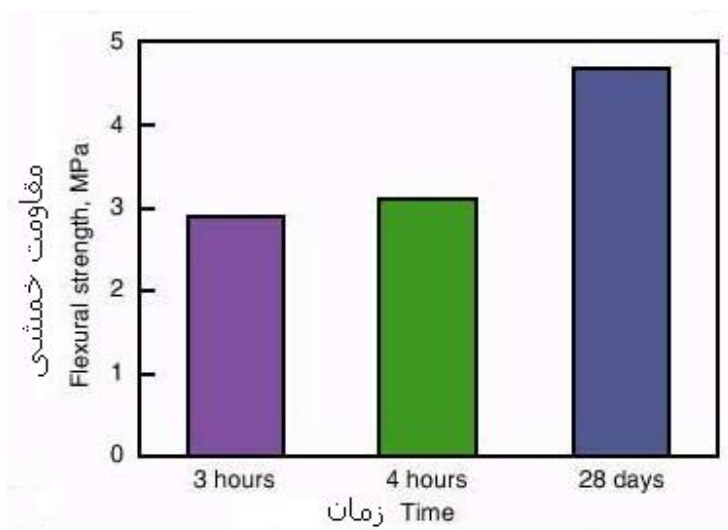
۱- نمونه ای از یک مخلوط بتنی سریع الاثر (با مقاومت اولیه ی بالا) که به عنوان پوشش بتنی پیوندی شاهراه به کار رفته است شامل ۳۸۰ کیلوگرم سیمان تیپ III، ۴۲ کیلوگرم خاکستر بادی (Fly Ash) تیپ C، ۶۵ درصد هوا، یک کاهنده ی آب و یک نسبت آب به مصالح سیمانی ۰٫۴ بوده است.
داده های مقاومتی برای این بتن با اسلامپ ۴۰ میلیمتر در جدول شماره ۴ ارائه شده اند.

جدول شماره ۴ : داده های مقاومتی برای پوشش پیوندی با مقاومت اولیه ی بالا

عمر بتن	مقاومت فشاری (MPa)	مقاومت خمشی (MPa)	مقاومت پیوند (MPa)
۴ ساعت	۱٫۷	۰٫۹	۰٫۹
۶ ساعت	۷٫۰	۲٫۰	۱٫۱
۸ ساعت	۱۳٫۰	۲٫۷	۱٫۴
۱۲ ساعت	۱۷٫۶	۳٫۴	۱٫۶
۱۸ ساعت	۲۰٫۱	۴٫۰	۱٫۷
۲۴ ساعت	۲۳٫۹	۴٫۲	۲٫۱
۷ روز	۳۴٫۲	۵٫۰	۲٫۱
۱۴ روز	۳۶٫۵	۵٫۷	۲٫۳
۲۸ روز	۴۰٫۷	۵٫۷	۲٫۵

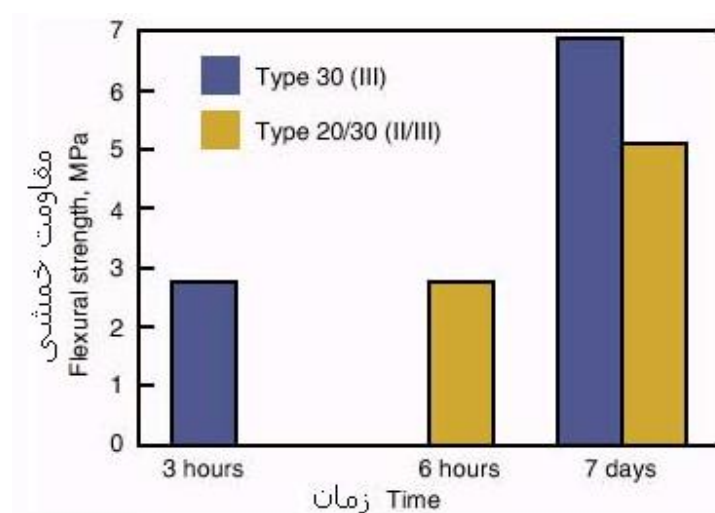
اقتباس شده از : Knuston and Riley 1987

۲- اشکال شماره ۴ و ۵ توسعه ی مقاومت اولیه را در بتن هایی که به منظور گشایش عبور و مرور و ترافیک در ظرف مدت ۴ ساعت پس از بتن ریزی، طرح شده اند، تشریح می کند:



شکل شماره ۴

توسعه‌ی مقاومت یک مخلوط بتنی با مقاومت اولیه‌ی بالا که با استفاده از ۳۹۰ کیلوگرم بر متر مکعب سیمان زود سخت شونده، ۶۷۶ کیلوگرم بر متر مکعب ماسه، ۱۱۱۵ کیلوگرم بر متر مکعب درشت دانه‌ی با حداکثر اندازه‌ی اسمی ۲۵ میلیمتر، یک نسبت آب به سیمان ۰٫۴۶، یک اسلامپ ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلیمتری و روان کننده (Plasticizer) و کندگیر کننده (Retarder) ساخته شده است. گیرش اولیه پس از یک ساعت اتفاق افتاده است. (Pyle 2001)

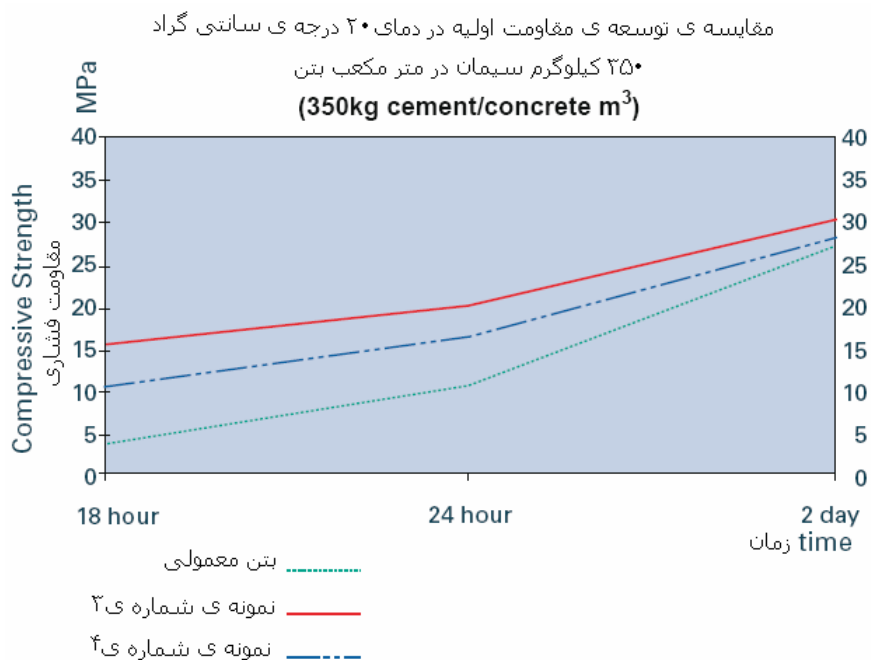


شکل شماره ۵

توسعه‌ی مقاومت یک مخلوط بتنی با مقاومت اولیه‌ی بالا که با استفاده از ۵۰۴ تا ۵۲۸ کیلوگرم بر متر مکعب سیمان تیپ سه (III) یا تیپ دو/سه (II/III)، درشت دانه‌ی با حداکثر اندازه‌ی اسمی ۲۵ میلیمتر، یک نسبت آب به سیمان ۰٫۳۰، یک روان کننده (Plasticizer)، یک ماده‌ی افزودنی کنترل کننده‌ی هیدراسیون (Hydration Control Admixture) و یک زودگیر کننده (Accelerator) ساخته شده است. گیرش اولیه پس از یک ساعت اتفاق افتاده است. (Pyle 2001)

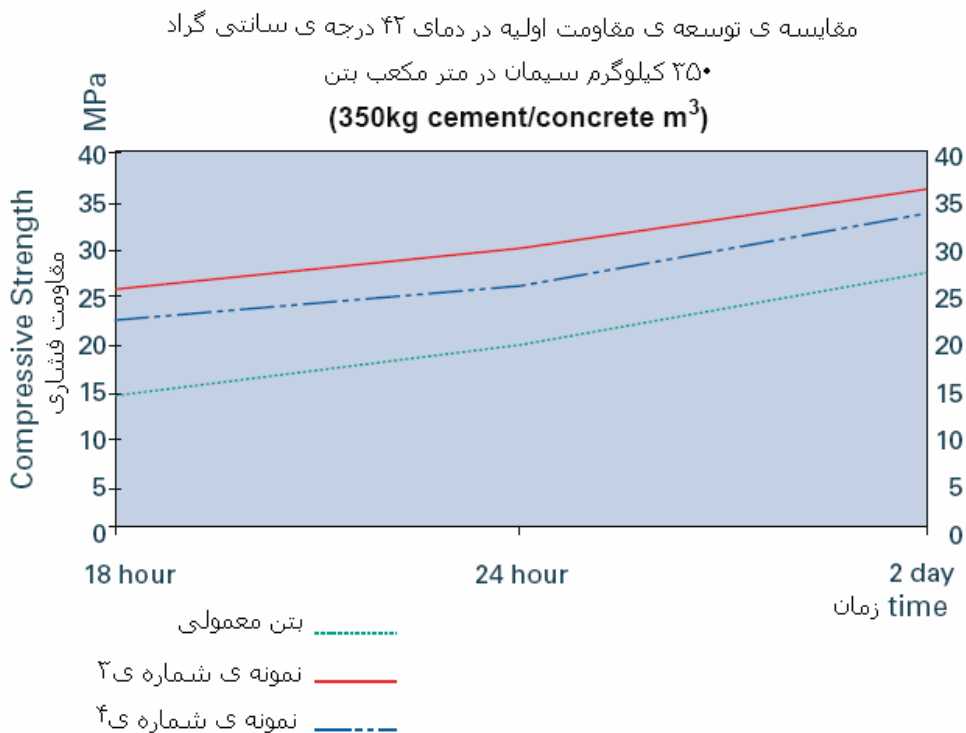
۳- بتن با مقاومت اولیه ی بالا، متشکل از سیمان پرتلند تپ یک I (GP) با عیار ۳۵۰ کیلوگرم در متر مکعب بتن، به همراه مواد افزودنی فوق روان کننده و زودگیرکننده ؛ ۵ تا ۱۰ درصد اضافه بها برای تقریباً ۱۰۰ درصد بهبود مقاومت نسبت به بتن معمولی در مدت ۲۴ ساعت به همراه زمان گیرش تسریع شده، و مناسب برای قطعات بتنی پیش ساخته و بتن ریزی در محل. این بتن یک مقاومت اولیه ی بالای عالی از خود نشان می دهد. با توجه به اشکال شماره ی ۶ و ۷، توسعه ی مقاومت اولیه در این نوع بتن در مدت ۲۴ ساعت، در شرایط اعمال حرارت و در دمای ۴۲ درجه سانتی گراد، تقریباً ۵۰ درصد، و در شرایط عادی و در دمای ۲۰ درجه ی سانتی گراد، تقریباً ۱۰۰ درصد نسبت به بتن معمولی افزایش می یابد. در اشکال شماره ی ۶ و ۷ این نوع بتن با عنوان نمونه ی شماره ی ۳ معرفی شده است. با استفاده از این بتن با یک افزایش هزینه ی ۵ تا ۱۰ درصدی، قادر به برداشت سریع قالب های پیش ساخته و یا بالا بردن سریع پانل های شیدار خواهیم بود. با این نوع بتن همچنین می توانیم به یک مقاومت نهایی در حدود ۱۰ درصد بیشتر از بتن معمولی، دست یابیم.

۴- بتن با مقاومت اولیه ی بالا متشکل از سیمان سیمان پرتلند تپ سه III (HE) با عیار ۳۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب ؛ ۵ درصد اضافه بها برای تقریباً ۵۰ درصد بهبود مقاومت نسبت به بتن معمولی در مدت ۲۴ ساعت به همراه زمان گیرش عالی، پرداخت خوب و ۵ درصد بهبود در مقاومت نهایی . این نوع بتن یک بتن اقتصادی است که بهبود مقاومت اولیه ی خوبی از خود نشان می دهد. با توجه به اشکال شماره ی ۶ و ۷، توسعه ی مقاومت اولیه در این نوع بتن در مدت ۲۴ ساعت، در شرایط اعمال حرارت و در دمای ۴۲ درجه ی سانتی گراد، تقریباً ۳۰ درصد، و در شرایط عادی و در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد، حدوداً ۵۰ درصد نسبت به بتن معمولی افزایش می یابد. در اشکال شماره ی ۶ و ۷ این نوع بتن با عنوان نمونه ی شماره ی ۴ معرفی شده است. این بتن، یک بتن عالی برای تولید کنندگان قطعات پیش ساخته، با توسعه ی مقاومت اولیه و قابلیت پرداخت عالی، می باشد و در این بتن با افزایش هزینه ای در حدود ۵ درصد نسبت به بتن معمولی، برداشتن سریع قالب های پیش ساخته امکان پذیر می گردد و به علاوه گیرش سریعتری نیز رخ می دهد.



شکل شماره ۶

مقایسه ی حصول مقاومت اولیه در دو نمونه بتن با مقاومت اولیه ی بالا با بتن معمولی در شرایط عادی و در دمای ۲۰ درجه ی سانتی گراد



شکل شماره ۷

مقایسه ی حصول مقاومت اولیه در دو نمونه ی بتن با مقاومت اولیه ی بالا با بتن معمولی در شرایط وجود حرارت و در دمای ۴۲ درجه ی سانتی گراد.

عملکرد طولانی مدت بتن‌های با مقاومت اولیه بالا

از آنجا که اولین مورد و عمده‌ی کاربرد بتن با مقاومت اولیه‌ی در کارهای مربوط به راه‌سازی و روسازی، خصوصاً در بزرگراه‌ها می‌باشد، لذا عمده‌ی بررسی‌های مربوط به عملکرد بلند مدت بتن با مقاومت اولیه‌ی بالا توسط مؤسسات و پژوهشکده‌های مرتبط با راه صورت گرفته است که در اینجا نتایج تعدادی از این بررسی‌ها ارائه می‌شود.

تجربیات مستقیمی که توسط دپارتمان‌های ایالتی حمل و نقل آمریکا، شامل دپارتمان حمل و نقل میشیگان (MDOT)، صورت گرفته است حاکی از آن است که مخلوط‌های با مقاومت اولیه‌ی بالا (HESC)، خواص مقاومتی بی‌نقصی از خود نشان داده‌اند، ولی در عملکرد دراز مدت دچار نقصان گردیده‌اند که منجر به خرابی و زوال روسازی گردیده است. نمودارهای SEM ریز ترک‌های مفرط و فزاینده‌ای را نشان داده‌اند که این ریز ترک‌ها ناشی از کرنش‌های انقباضی بزرگ به عنوان نتیجه‌ی گرمای اولیه‌ی هیدراسیون می‌باشند.

ترک‌های آب رفتگی و جمع شدگی، احتمالاً به سبب افزایش سریع در مدول الاستیک (آب رفتگی در حالت مهار شده، را افزایش می‌دهد) و تنش‌های حرارتی و کرنش‌های انقباضی یا کرنش‌های ناشی از آب رفتگی (به سبب محتوای سیمان بالا و نسبت پایین آب به سیمان) افزایش می‌یابد.

افزایش سریع مقاومت بر روی شکل و توزیع فضایی فرآورده‌های هیدراسیون تأثیر می‌گذارد؛ هرچه یکنواختی توزیع فرآورده‌های هیدراسیون کمتر باشد، خصوصیات نفوذناپذیری ضعیف‌تر می‌شود و ماتریس سیمان دارای ویژگی‌های مناسبی برای عملکرد طولانی مدت مناسب نخواهد بود.

با این کمبودی که در مورد مخلوط‌های با مقاومت اولیه‌ی بالا وجود دارد، توصیه می‌شود که الیاف سلولزی فرآوری شده به منظور مسلح کردن ماتریس سیمان در مدت تازگی آن، به مخلوط اضافه گردد.

فرض کنیم که با اضافه کردن این الیاف محتوای سیمان می‌تواند ۲۰ تا ۲۵ درصد کاهش یابد، بدین وسیله نسبت آب به سیمان بالا می‌رود و گرمای هیدراسیون کاهش می‌یابد.

سرعت کمتر هیدراسیون یک توزیع بهتر فرآورده‌های هیدراسیون را ممکن می‌سازد و در نتیجه خصوصیات نفوذناپذیری بهبود می‌یابد.

(Neeraj Buch, Ph.D. ; Impact Of Processed Cellulose Fibers On PCC Properties) (Aug1997-Aug1998)

برنامه‌ی تحقیقات استراتژیک بزرگراه، عملکرد بلند مدت تعمیرات تمام عمق روسازی‌های بتنی را که با استفاده از بتن با مقاومت اولیه‌ی بالا ساخته شده‌اند، در یک مطالعه و مونیتورینگ کارگاهی و میدانی پنج ساله مورد بررسی قرار داده است (SHRP C-206).

هدف از این پژوهش تشریح کردن و تأیید اعتبار تکنولوژی‌هایی که اجازه‌ی گشایش زود هنگام تعمیرات تمام عمق - با استفاده از بتن سیمان پرتلند - روسازی‌ها را، بر روی ترافیک عبوری می‌دهند، و همچنین مستند کردن اطلاعات مورد نیاز برای به کار بردن این تکنولوژی در موارد مشابه در آینده بوده است.

فاکتورهای مورد آزمایش شامل نوع مصالح، مقاومت در هنگام گشایش و طول قسمت تعمیر شده بوده است. به طور کلی ۱۱ نوع مخلوط بتنی با مقاومت اولیه‌ی بالا با زمان‌های گشایش متغیر بین ۲ تا ۲۴ ساعت در دو سایت کارگاهی آگوستا، جورجیا (Augusta, Georgia) و ورمیلیون، اوهایو (Vermillion, Ohio) مورد ارزیابی قرار گرفته است. عملکرد بلند مدت این بخش‌های آزمایشی با استفاده از مطالعات بلند مدت اداره‌ی کل بزرگ‌راه‌های دپارتمان حمل و نقل ایالات متحده (FHWA)، مورد ارزیابی واقع شده است.

برنامه‌ی بررسی و دیده‌بانی شامل هدایت و اجرای یک بررسی بصری از میزان خسارت وارده به صورت سالانه، به منظور دیده‌بانی و مشاهده‌ی توسعه‌ی ترک خوردگی‌ها، شکست‌ها و گسلش‌ها، و پکیدگی و قلوه‌کن شدگی‌ها بوده است.

نتایج این دیده‌بانی و بررسی بلند مدت نشان داد که، تعمیرات تمام عمق ساخته شده با استفاده از بتن سیمان پرتلند با مقاومت اولیه‌ی بالا، می‌تواند یک عملکرد بلند مدت خوب را فراهم نمایند ولیکن شرایط حرارتی نامطلوب در حین نصب و اجرای آنها می‌تواند سبب گسیختگی‌های زودرس گردد.

این مطالعه همچنین نشان داد که خرابی ناشی از خستگی در اثر گشایش زود هنگام به ویژه برای تعمیرات با طول ۳٫۷ متر (۱۲ فوت) و یا کمتر، ناچیز و قابل چشم‌پوشی است. منحصراً بر پایه‌ی ملاحظات خستگی، این تعمیرات تمام عمق را می‌توان در مقاومت‌های کمتر از مقاومت‌هایی که به صورت نوعی توصیه شده است، بر روی ترافیک عبوری گشود. ولیکن، گشایش در مقاومت‌های خیلی کمتر از حدود توصیه شده به دلیل ریسک و خطر گسیختگی‌های زودرس تصادفی ناشی از بارهای سنگین منفرد در سنین اولیه، توصیه نمی‌شود.

(H.Thomas – Yu.Jgannath.Mallela – Michael.Darter ERES Consultants Inc.)

نکات تکمیلی

- در هنگام طرح مخلوط‌های با مقاومت اولیه بالا، توسعه‌ی مقاومت تنها معیاری که باید مورد ارزیابی واقع شود، نمی‌باشد؛ دوام، سخت شدگی اولیه، انقباض اتورنوس یا خود به خود (Autogenous Shrinkage)، انقباض ناشی از خشک شدن، افزایش دما، و همچنین سایر خواص می‌باید به منظور تعیین سازگاری با پروژه‌ی مورد نظر مورد ارزیابی واقع شوند. در موارد معدودی تخریب زود هنگام بتن، ناشی از ترک‌های جمع شدگی فزاینده یا سایر شرایط محیطی منجر به کارایی غیر

رضایت بخش تعمیرات تمام ضخامت روسازی‌های بتنی و دال‌های بتنی تعویض شده، گردیده است. این نگرانی‌ها با داشتن توجه کامل و نیز داشتن درک صحیح از اثرات تغییرات در طرح اختلاط، می‌تواند به حداقل برسد.

ممکن است شیوه‌های ویژه‌ی عمل‌آوری از قبیل مه‌پاشی به منظور کنترل ترک‌های جمع‌شدگی پلاستیک مورد نیاز باشد. استفاده از رزین‌های غشاء ساز ویژه‌ی عمل‌آوری برای بتن‌های با مقاومت اولیه‌ی بالا، می‌تواند یکی از شیوه‌های مقابله با ایجاد ترک‌های جمع‌شدگی پلاستیک در آنها باشد.

در این گونه بتن‌ها، که در مقابل کاهش رطوبت ناشی از؛ گرمای ایجاد شده در اثر هیدراسیون، باد و نور مستقیم خورشید حساس هستند و در این حالت در آنها ترک‌های جمع‌شدگی پلاستیک ایجاد می‌شود، با استفاده از این گونه رزین‌های غشاء ساز، می‌توان از خروج آب مورد نیاز برای هیدراسیون بتن و نیز ایجاد ترک‌های پلاستیک جلوگیری کرد.

- در موارد بسیاری استفاده از بتن با مقاومت اولیه‌ی بالا از طریق تسریع در ساخت و ساز و کاهش زمان اجرای پروژه می‌تواند منجر به کاهش هزینه‌ی اجرای پروژه و صرفه‌جویی مالی قابل توجهی گردد.

به عنوان نمونه در سال ۱۹۹۵ عرشه‌ی پل جاکوز-کارتیر (Jacques-Cartier) واقع در شبروک (Sherbrooke) کانادا بین ماه‌های آگوست و نوامبر، با استفاده از ۱۸۰۰ متر مکعب بتن ۶۰ مگاپاسکال با مقاومت اولیه‌ی بالا، بازسازی گردید (Blais et al , 1996) که توسعه‌ی مقاومت سریع این بتن باعث تسریع ساخت و ساز و صرفه‌جویی ۱۵۰۰۰۰ دلاری در هزینه‌ی اجرای پروژه گردید. این صرفه‌جویی بدون در نظر گرفتن صرفه‌جویی ناشی از هزینه‌های تأخیر استفاده‌کنندگان می‌باشد.

- نسبت‌های اختلاط و همچنین شیوه‌های عمل‌آوری و سایر موارد در رابطه با بتن با مقاومت اولیه‌ی بالا می‌تواند به گونه‌ای تعیین شود که این بتن در مدت چند ساعت به درجه‌ای از هیدراسیون برسد، که برای بهبود کافی خواص فیزیکی مورد نیاز می‌باشد. این موضوع عمدتاً در موارد ترمیم روسازی‌ها و جایگزینی دالها در طول بازسازی روسازی‌های بتنی رخ می‌دهد.

در طول این بازه‌ی زمانی کوتاه - که تبخیر آب می‌تواند برای بتن بسیار زیان‌آور باشد- این احتمال وجود دارد که مقدار از دست رفتن آب به سطوح بحرانی نرسد. به عنوان مثال بر پایه‌ی استاندارد ASTM C 309 (مشخصات مربوط به ترکیبات عمل‌آوری)، معمولاً اتلاف آب تا حد ۰٫۵۵ کیلوگرم بر مترمربع پس از ۷۲ ساعت برای ماندن آب کافی برای هیدراسیون قابل قبول است. نرخ تبخیر آب از بتن سخت شده به شرایط حدی (حداکثر دما، حداکثر رطوبت و ...) نسبت آب به سیمان و بلوغ بتن بستگی دارد، ولی نرخ تبخیری در حدود ۰٫۰۳ کیلوگرم بر مترمربع بر ساعت، در طول چند روز اول و تحت شرایط خشک شدن نسبتاً شدید محتمل می‌باشد.

با این نرخ تبخیر، در طول یک پرویود ۷۲ ساعته، ۲٫۲ کیلوگرم بر مترمربع آب از دست می‌رود، که دارای شدت کافی برای اعمال تأثیر شدید بر نرخ هیدراسیون می‌باشد.

در طول بازه‌ی زمانی ۶ تا ۱۰ ساعته‌ی مربوط به بتن با مقاومت اولیه‌ی بالا، این نرخ خشک شدن باعث از دست رفتن ۰٫۳ کیلوگرم بر مترمربع می‌شود که احتمالاً برای بتن با مقاومت اولیه‌ی بالا مضر نخواهد بود، ولی اطمینان یافتن از این موضوع نیازمند انجام پژوهش‌های کافی می‌باشد.

نتیجه گیری

از آنجا که در کشور ما همواره مشکلات فراوانی در سازه‌ها به علت عدم عمل‌آوری و یا عمل‌آوری ناکافی و نامناسب، به وجود می‌آید بتن با مقاومت اولیه‌ی بالا به علت حصول مقاومت اولیه‌ی بالا و عدم نیاز به عمل‌آوری طولانی مدت، می‌تواند گزینه‌ی مناسبی برای کاربرد در برخی از موارد باشد. به علاوه بتن با مقاومت اولیه‌ی بالا در صورت طرح و اجرای با مطالعه و صحیح و مناسب با توجه به شرایط و محل اجرای پروژه، می‌تواند به عنوان یکی از بهترین گزینه‌ها به منظور ترمیم و تعمیر سریع روسازی‌های بتنی یا آسفالتی موجود و در نتیجه کاهش تأخیرهای ترافیکی به کار رود، همچنان که اخیراً تحقیقات فراوانی در این زمینه توسط مراکز تحقیقاتی مرتبط با راه و حمل و نقل، در آمریکا و سایر کشورها صورت گرفته و یا در حال انجام است.

References:

- 1-Bickley, J.A., Ryell, J., Rogers, C., and Hooton, R.D., "Some Characteristics of High-Strength Structural Concrete: Part 2," Canadian Journal for Civil Engineering, National Research Council of Canada, December 1994.
- 2-PCA, Freedman, Sidney, High-Strength Concrete, IS176T, Portland Cement Association, 1971.
- 3-ACI, "State-of-the-Art Report on High-Strength Concrete," ACI 363R-92, ACI Committee 363 Report, American Concrete Institute, Detroit, 1992.
- 4-Knutson, Marlin, and Riley, Randal, "Fast Track Concrete Paving Opens Door to Industry Future," Concrete Construction, Concrete Construction Publications, Inc., Addison, Illinois, January 1987, pages 4-13.
- 5-Klieger, Paul, Early-High-Strength Concrete for Prestressing, Research Department Bulletin RX091, Portland Cement Association, 1958.
- 6-Wolsiefer, John, "Ultra High-Strength, Field Placeable Concrete with Silica Fume Admixture", Concrete International, American Concrete Institute, Detroit, April 1984, pages 25-31.
- 7-Popovics, Sandor, Rajendran, N., and Penko, Michael, "Rapid Hardening Cements for Repair of Concrete," ACI Materials Journal, American Concrete Institute, Detroit, January-February 1987, pages 64-73.
- 8-Lessard, M., Dallaire, E., Blouin, D., Aitcin, P.-C., "High Performance Concrete Speeds Reconstruction For McDonald's," Concrete International, Vol. 16, No. 9, September, pages 47-50.

۹- وب سایت انجمن روسازی بتنی آمریکا (ACPA)؛ American Concrete Pavement Association

۱۰- وب سایت انجمن سیمان کانادا؛ Cement Association Of Canada

۱۱- وب سایت انجمن بتن آمریکا (ACI).

۱۲- وب سایت های دپارتمان های ایالتی حمل و نقل آمریکا (DAT).

۱۳- وب سایت انجمن ملی بتن آماده ی آمریکا (NRMCA)؛ Nationa Ready Mixed Concrete Association

۱۴- وب سایت انجمن سیمان پرتلند آمریکا (PCA)؛ Portland Cement Association Of America

۱۵- وب سایت انجمن تحقیقات حمل و نقل آمریکا (Transportation Research Board)