

تأثیر بارگذاری زود هنگام بر روی مقاومت فشاری بتن خودتراکم حاوی پودرسنگ آهک و زئولیت

رحمت مدن دوست^۱، سمیه خالقی^۲

۱- دانشیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه گیلان، rmadandoust@guilan.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد عمران سازه، دانشگاه آیندگان تنکابن Preuni_skh@yahoo.com

چکیده

یکی از اهداف روش های جدید ساخت وساز، کاهش زمان اجرای سازه می باشد. در این شرایط ممکن است بارهای بزرگی بر روی بتن در چند روز ابتدایی پس از بتن ریزی وارد می شود که سبب آسیب به سازه و تاثیر در روند رشد مقاومت سازه شود. هدف از مطالعه حاضر، بررسی تاثیر بارهای زود هنگام در مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن های خودتراکم حاوی پودرسنگ آهک و زئولیت در شرایط عمل آوری خشک و مرطوب می باشد. بدین منظور بتن های خودتراکم حاوی پودرسنگ آهک و زئولیت در شرایط نگه داری مختلف در سنین ۷ و ۳ و ۱ روز پیش بارگذاری در حد ۸۰ و ۹۰ درصد مقاومت فشاری خود در آن سنین تحت آسیب قرار می گیرند و پس از عمل آوری در شرایط خشک و مرطوب، مقاومت فشاری ۲۸ روزه آن ها اندازه گیری می شود. مطابق با نتایج امکان بازیابی مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه های آسیب دیده نسبت به نمونه های سالم در همه شرایط عمل آوری وجود دارد. آزمایشهای صورت گرفته در شرایط عمل آوری مرطوب و خشک نشان می دهد که بازیابی کامل مقاومت فشاری نمونه های آسیب دیده نسبت به نمونه های سالم تنها در نمونه های پیش بارگذاری شده در سن ۱ روز اتفاق افتاده است و در سایر سنین (۷ و ۳) روز کاهش مقاومت ۲۸ روزه نسبت نمونه های سالم رخ داده است. نتایج بیانگر آن است که بجز نمونه های حاوی پودرسنگ آهک در ۱ روز، در سایر موارد بیشترین بهبود مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه های آسیب دیده در سنین اولیه (۷ و ۳) نسبت به نمونه های سالم در شرایط خشک رخ داده است.

کلیدواژه ها: بارگذاری زود هنگام، مقاومت فشاری، بتن خودتراکم، زئولیت، شرایط عمل آوری

۱- مقدمه

صرف بتن به علت ارزانی و دسترسی آسان به اجزای آن روز به روز در سراسر جهان توسعه می یابد. زیرا مصالح اصلی مورد استفاده در بتن به حد کافی در همه جای کره زمین یافت می شود. ساخت وسازهای بتنی همواره نیازمند جاگذاری و فشرده سازی مناسب بتن تازه در قالب به منظور رسیدن به خواص مکانیکی کافی در حالت سخت شده بتن می باشد. ایده بتن های خودتراکم برای اولین بار در سال ۱۹۸۶ در ژاپن مطرح شد [۱]. بتن خودتراکم نسل جدیدی از بتن با خاصیت شکل پذیری بالا و مقاومت کافی در برابر جدایش می باشد. این بتن نوع خاصی از بتن می باشد که می تواند به راحتی در داخل قالب جریان یابد و تمام گوشه های قالب و فضاهای بین آرماتورها را بدون نیاز به لرزاندن و هرگونه عمل فشرده سازی پر نماید [۲]. خاصیت پرکنندگی، خاصیت عبور و مقاومت در برابر جدایش، سه عامل اصلی و ضروری بتن های خودتراکم هستند. تعادل بین این سه عامل باید به دقت حفظ شود تا بتوان به خودتراکمی رسید [۱].

درسازه های بتنی ممکن است در سنین اولیه پس از اجرا که بتن به مقاومت چندانی دست نیافته است، بارهای عمده و غیرعمدی نظیر جابجایی قطعات پیش ساخته، انبارکردن مصالح و... بر بتن وارد می شود. در صورتیکه این بارها نزدیک به مقاومت بتن باشند می توانند سبب ترک خوردن و کاهش مقاومت بتن شوند. سوالاتی ممکن است مطرح شود که آیا ترکها و آسیب های وارده در سنین اولیه بتن ماندگارند یا از بین می روند؟ آیا بتن می تواند مقاومت خود را در سنین بالاتر بدست آورد یا خیر؟

عبدالجواد وحداد در سال ۱۹۹۲ مطالعاتی در زمینه بازیابی مقاومت فشاری نمونه های آسیب دیده در بتن انجام دادند. آن ها در آزمایش های خود نمونه های بتن را در سنین ابتدایی (از ۲ تا ۷۲ ساعت) پس از ساخت بادرصدهای مختلف از ۶۵ تا ۱۰۰ درصد مقاومت فشاری مورد بارگذاری قرار دادند. ایشان به این نتیجه رسیدند که بارگذاری تا ۹۰ درصد مقاومت فشاری بتن فراتر از ۸ ساعت از ساخت آن، تاثیری روی مقاومت فشاری بتن در سنین بالاتر ندارد. وی همچنین نتیجه گرفت که عمل آوری مرطوب یک نیاز ضروری برای بدست آوردن حداکثر بهبودی در مقاومت بتن است. در بارگذاری مجدد مشاهده کردند که شکست نمونه های آسیب دیده همیشه از ترکهای موجود آغاز می شود. وی همچنین بیان کرد، خودترمیمی کامل ترکها) پر شدن ترکها) به معنی بازیابی کامل مقاومت فشاری نیست [۳].

کلایس و دین در سال ۲۰۱۱ در تحقیقاتشان، نمونه های بتنی را تحت ۸۰،۷۰ و ۹۰ درصد مقاومت فشاری نهایی در سنین ۱، ۳ و ۷ روز پس از اجرا بارگذاری کردند و پس از ۲۸ روز نگهداری در آب مقاومت فشاری نمونه های آسیب دیده را را بدست آوردند. آن ها در آزمایش های خود به این نتیجه دست یافتند که بارگذاری تا ۹۰ درصد مقاومت فشاری در سنین ابتدایی عمر بتن (۱، ۳ و ۷ روز)، تاثیری بر کاهش مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن ندارد، و بطور متوسط افزایش مقاومت فشاری ۶ درصدی نسبت به نمونه های سالم رخ داده است [۴].

در تحقیقی دیگر توسط کلایس و دین ارزیابی مجددی بر روی نتایج پژوهش عبدالجواد وحداد صورت گرفت. آنها به این نتیجه دست یافتند در اکثر نمونه هایی که تا ۹۰ درصد مقاومت فشاری فراتر از ۸ ساعت پیش بارگذاری شدند، افزایش میانگین ۵،۷ درصد مقاومت فشاری ۲۸ روزه نسبت به نمونه های سالم دارند [۴].

وجینی ویکتور و همکاران در سال ۲۰۱۱ در تحقیقاتشان عملکرد باکتری ها در بهبودی ترک مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق نشان داده شد که در سنین اولیه (۲۰ روز) توانایی بهبود ترک در مخلوط کنترل، بیشتر از مخلوط دارای باکتری می باشد. با افزایش عمر در سن ۴۰ روزه توانایی مخلوط کنترل و مخلوط دارای باکتری دارای آستانه بهبودی یکسانی

می باشند. با این حال در سن ۴۰ روزه هم در مخلوط کنترل و هم در مخلوط حاوی باکتری آستانه بهبودی افزایش یافته است. اما از سن ۴۰ روزه به بعد مخلوط حاوی باکتری توانایی بستن ترک ها تا ۰,۵ میلیمتر را نیز دارا می باشد [۵].

نویل در سال ۱۹۹۵ اشاره کرد که ترکهای ریز در بتن های آسیب دیده می توانند در شرایط مرطوب به کمک شکل گیری کلسیم کربنات نامحلول ناشی از کلسیم هیدروکسید در سیمان بازایی شوند [۶]. پدیده ترمیم بتن که محققان در بازایی مقاومت نمونه های آسیب دیده به آن اشاره کردند ابتدا توسط آبرامز با مشاهده محو شدن ترکهای پل آزادراه پس از گذشت ۳ سال شناسایی شد [۷].

در تحقیقی دیگر توسط مدندوست و همکاران نمونه های بتنی حاوی الیاف پروپیلن را تحت 80,90,95 درصد مقاومت فشاری نهایی در سنین 1,3,7 روز بارگذاری کردند و پس از 28 روز عمل آوری در شرایط مختلف مقاومت فشاری نمونه های آسیب دیده را بدست آوردند. آنها در آزمایش های خود به این نتیجه دست یافتند که مقاومت 28 روزه نمونه های بتن بدون الیاف با عمل آوری مرطوب که تحت پیش بارگذاری تا 90 درصد مقاومت فشاری نمونه ها قرار میگیرند، تاثیری در روند افزایش مقاومت فشاری بتن در سن 28 روز ندارد، مطابق با نتایج، افزایش مقاومت فشاری تا 12 درصد را نسبت به نمونه های بارگذاری نشده دارند و بدترین حالت در بازایی مقاومت فشاری 28 روزه نمونه های آسیب دیده تقریباً در شرایط عمل آوری خشک کنترل نشده رخ داده است. با اضافه کردن الیاف پلی پروپیلن به بتن، میزان آسیب وارده ناشی از پیش بارگذاری به نمونه های بتنی بیشتر شده است، که این آسیب بیشتر سبب تاثیر منفی در مقاومت 28 روزه نمونه های پیش بارگذاری شده در 1 روز شده است [۸].

با توجه به مطالعات محدودی که در گذشته در زمینه بارگذاری زودهنگام بتن خودتراکم صورت گرفته و توجه کمتر تحقیقات انجام شده به تاثیر انواع شرایط عمل آوری و حضور مواد پودری در بهبود نمونه های آسیب دیده، از اهداف این نوشته می باشد. مطالعه حاضر درباره مقاومت فشاری بتن خودتراکم حاوی پودرسنگ آهک و زئولیت تحت شرایط مختلف نگهداری در اثر بارگذاری زودهنگام در سنین اولیه پس از ساخت بتن می باشد.

۲- برنامه آزمایشگاهی

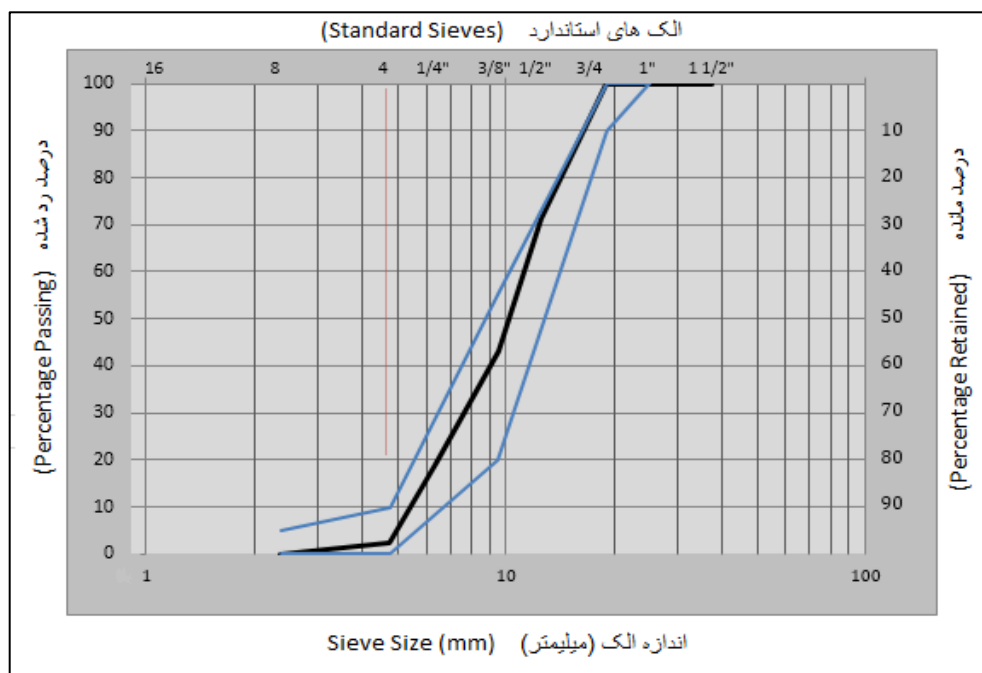
۲-۱ مصالح مصرفی

ماسه مصرفی، ماسه طبیعی شسته و شن مصرفی، شن شکسته با قطر سنگدانه حداکثر ۱۹ میلیمتر می باشد. مشخصات فیزیکی سنگدانه های مصرفی در جدول (۱) آمده است.

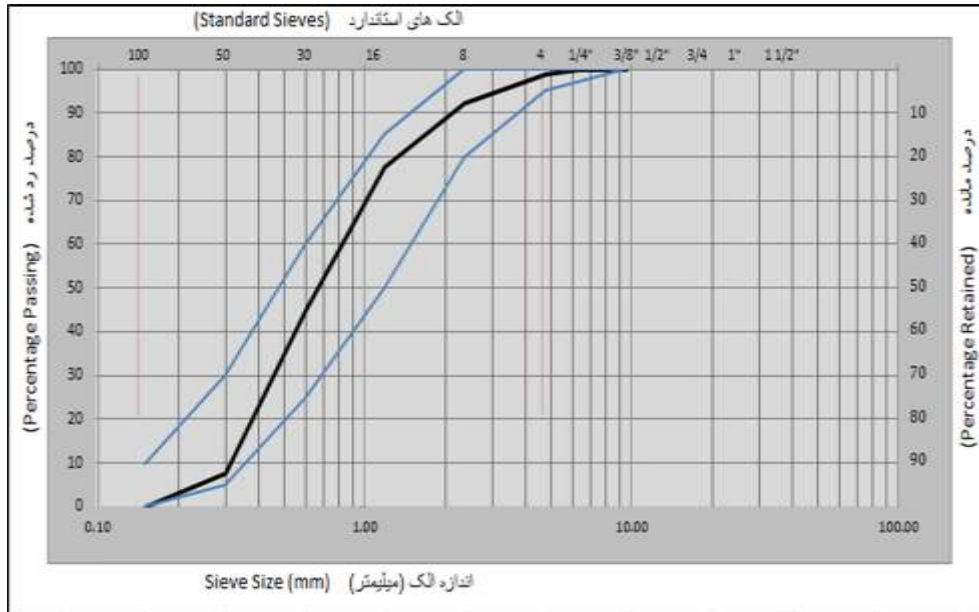
جدول (۱) مشخصات فیزیکی سنگدانه های مصرفی

سنگدانه	جذب آب (%)	چگالی (gr/cm^3)	مدول نرمی	حداکثر قطر سنگدانه (mm)
شن	۲,۰	۲,۶۷	-	۱۹
ماسه	۲,۵	۲,۶۰	۳,۲۷	۴,۷۵

در این مطالعه منحنی دانه بندی انتخابی سنگدانه مصرفی مطابق با استاندارد ASTM C 33 [۹] انتخاب شد. شکل (۱ و ۲) محدوده منحنی های مجاز و انتخابی سنگدانه مصرفی با قطر حداکثر اندازه ۱۹ میلی متر مطابق با استاندارد را نشان می دهد.



شکل (۱) منحنی دانه بندی درشت دانه



شکل (2) منحنی دانه بندی ریز دانه

از سیمان پرتلند نوع ۲ کارخانه سیمان هگمتان که مشخصات آن در جدول (۲) آمده استفاده شده است.

جدول (۲) مشخصات شیمیایی سیمان پرتلند تیپ 2-425 کارخانه سیمان هگمتان [۱۰]

درصد وزنی	اجزاء و ترکیبات شیمیایی
۶۳,۲۴	CaO
۲۱,۵۴	SiO ₂
۴,۹۵	Al ₂ O ₃
۳,۸۲	Fe ₂ O ₃
۱,۵۵	MgO
۲,۴۳	SO ₃
۵۵,۰۵	C ₃ S
۲۰,۲۲	C ₂ S
۶,۶۶	C ₃ A
۱۱,۶۲	C ₄ AF

فوق روان کننده ی مورد استفاده با نام تجاری FARCO PLAST P10-3R بر پایه پلی کربوکسیلات های اصلاح شده می باشد، این ماده سبز تیره بوده و در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد وزن مخصوص آن ۱,۱ گرم بر سانتی مترکعب می باشد. درسالهای اخیر استفاده از انواع مواد پودری در بتن افزایش رو به رشدی داشته است و این مواد پودری موجب بهبود ویژگی مشخصه های بتن می گردد. پودر زئولیت ماده ای معدنی است که افزودن آن موجب بهبودی خواص بتن می شود. وزن مخصوص آن کم و حداکثر تا ۲,۵ می باشد. پودر زئولیت مصرفی در شکل (۳) مشاهده می گردد. مشخصات زئولیت مصرفی در جدول (۳) آمده است.



شکل (۳) زئولیت مصرفی

جدول (۳) آنالیزشیمیایی پودر زئولیت

نتایج آزمایش پودر زئولیت	ویژگی های استاندارد ملی شماره ۳۴۳۳	آزمایش های شیمیایی
81.93	حداقل ۷۰	$Al_2O_3 + SiO_2 + Fe_2O_3$ (درصد)
3.83	حداکثر ۳	درصد رطوبت در دمای ۱۱۰ درجه سانتی گراد
9.33	حداکثر ۱۰	درصد کاهش وزن بر اثر سرخ شدن
10.5	-	درصد قلیایی های در دسترس

در این پروژه طراحی مخلوط ها با در نظر گرفتن شرایط خودتراکمی انجام گرفت بطوریکه پاسخگوی آزمایش های بتن تازه باشد. اجزای تشکیل دهنده بتن خودتراکم به نحوی متناسب شدند که حداکثر تجمع ذرات و حداقل حفرات را داشته باشند. به منظور انجام این مطالعه دو طرح مخلوط که در جدول (۴) آمده است، در نظر گرفته شد. این طرح ها شامل یک نسبت آب به مواد سیمانی ثابت به مقدار ۰,۴ می باشد که در یک طرح ۱۰ درصد ژئولیت جایگزین سیمان پرتلند شد. در هر دو طرح میزان مواد سیمانی 450 kg/m^3 در نظر گرفته شد. ضمناً به هر ۲ طرح ۱ درصد وزنی سیمان فوق روان کننده اضافه شد.

جدول (۴) طرح های اختلاط

شماره طرح	مجموع مواد سیمانی	نسبت آب به مواد سیمانی	Kg/m^3					
			سیمان	آب مصرفی	پودرسنگ آهک	ژئولیت	ماسه طبیعی	درشت دانه
۱	450	۰,۴	۴۵۰	۱۸۰	250	0	850	740
2	۴۵۰	۰,۴	۴۰۵	۱۸۰	250	45	850	740

۲-۳ شرایط نگه داری نمونه ها

پس از ساخت بتن، نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت در محیط آزمایشگاه نگه داری شدند. پس از ۲۴ ساعت نمونه ها از قالب خارج شده و به حوضچه و محیط آزاد مطابق با شرایط عمل آوری منتقل شده و تا آزمایش در دمای 24 ± 2 درجه سانتی گراد نگه داری شدند.

- ✓ مرطوب : نمونه ها پس از قالب برداری در حوضچه قرار داده شدند و تا زمان آزمایش مجدد در آب عمل آوری شدند.
- ✓ خشک : نمونه ها پس از قالب برداری در محیط آزمایشگاه با دمای 24 ± 2 درجه سانتی گراد نگهداری شدند.

۲-۴ آزمایش مقاومت فشاری

آزمایش مقاومت فشاری مطابق استاندارد [11]BS1881 بر روی نمونه های بتنی به ابعاد $15 \times 15 \times 15$ سانتی متر در سنین ۱، ۳ و ۷ انجام شد. ابتدا نمونه های بتنی پس از اندازه گیری مقاومت فشاری بتن در سنین ۱، ۳ و ۷ روز با درصد های ۸۰ و ۹۰ درصد مقاومت فشاری خود در سنین ابتدایی پس از ساخت (۱، ۳، ۷ روز) بارگذاری شدند و مجدداً تحت همان شرایط عمل آوری قرار گرفتند. پس از ۲۸ روز مقاومت فشاری آن ها به همراه نمونه های پیش بارگذاری نشده اندازه گیری شد. بارگذاری مجدد در نمونه های آسیب دیده در همان جهت پیش بارگذاری صورت گرفت.

۳- نتایج و بحث

در این بخش میزان بازیابی در مقاومت فشاری 28 روزه نمونه های آسیب دیده در بتن های حاوی ژئولیت و پودرسنگ آهک نسبت به نمونه های پیش بارگذاری نشده (سالم)، تحت شرایط مختلف عمل آوری مورد بررسی و مطالعه قرار میگیرد.

۳-۱ بتن خودتراکم حاوی پودرسنگ آهک

۳-۱-۱ تأثیر میزان بارگذاری زود هنگام

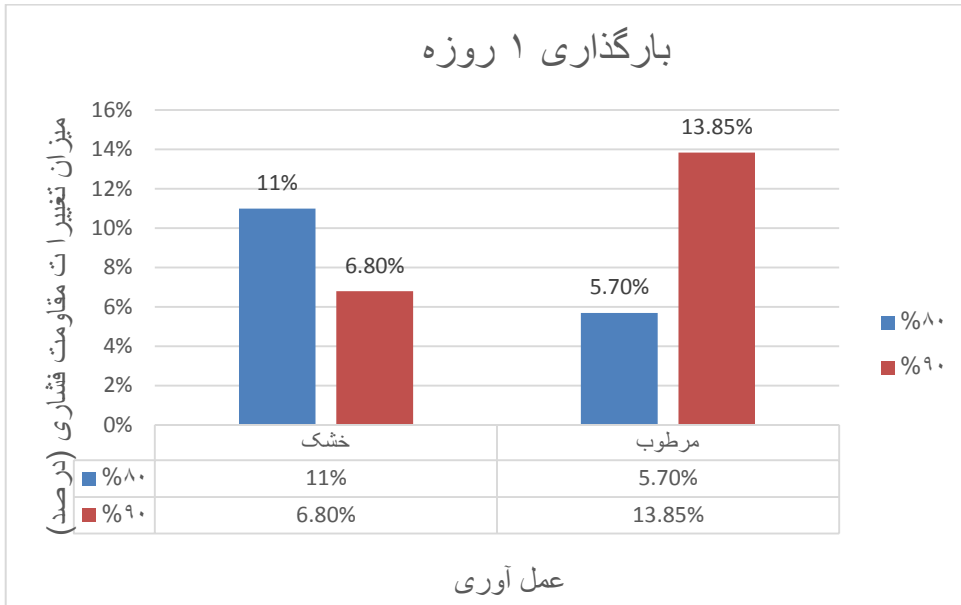
مطابق با اشکال (۴) تا (۶) با افزایش میزان پیش بارگذاری نمونه ها در سنین اولیه (1,3,7 روز) ، مقاومت فشاری 28 روزه نمونه های آسیب دیده نسبت به نمونه های سالم کاهش یافته است. احتمالاً افزایش آسیب وارده در پی افزایش میزان پیش بارگذاری علت این کاهش باشد. به نظر می رسد میزان آسیب وارده به حدی است که احتمالاً هیدراته شدن مجدد سیمان و خودترمیمی بتن قادر به بازیابی کامل مقاومت فشاری 28 روزه نمونه های آسیب دیده نسبت به نمونه های سالم نمی باشد، و تقریباً کاهش در همه شرایط عمل آوری رخ داده است.

۳-۱-۲ تأثیر زمان بارگذاری زود هنگام

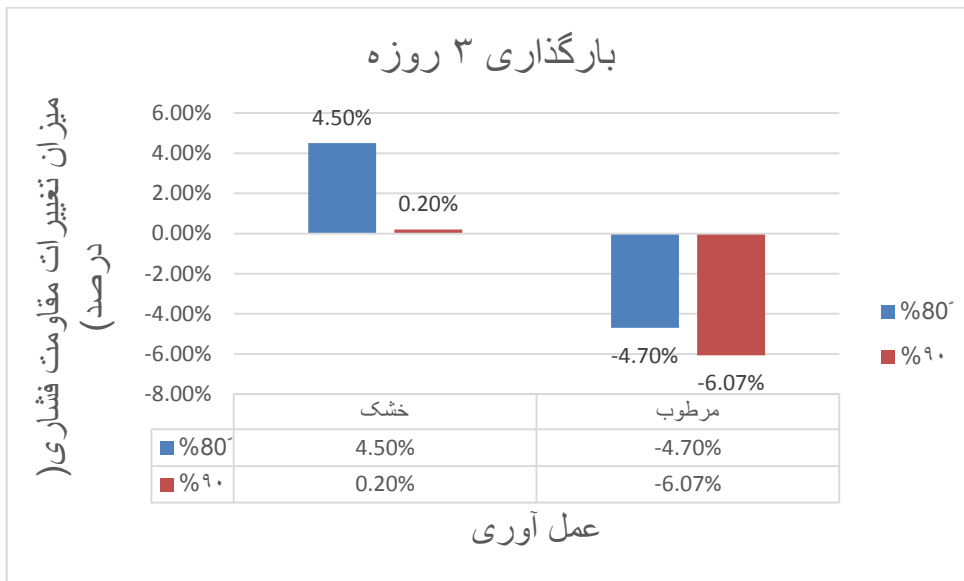
نتایج نشان می دهد که بیشترین تأثیر (مثبت) روی مقاومت فشاری 28 روزه تحت شرایط عمل آوری مرطوب ، در نمونه های بارگذاری شده زود هنگام در سن 1 روز پس از ساخت بتن اتفاق افتاده است. مطابق با نتایج با افزایش زمان بارگذاری زود هنگام میزان بهبود در مقاومت 28 روزه نمونه های آسیب دیده نسبت به نمونه شاهد کم شده است. احتمالاً سیمان هیدراته نشده کمتر سبب این کاهش شده باشد. همچنین در نمونه های 3,7 روزه احتمالاً، مقدار دسترسی کمتری به سیمان هیدراته نشده (نسبت به سن 1 روزه) جهت هیدراته شدن مجدد و خودترمیمی بتن وجود دارد. بنابراین، مطابق با تحولات مورد انتظار، میزان بهبود در مقاومت فشاری نمونه های بارگذاری شده زود هنگام در این سنین (3,7 روزه) کمتر است. در شرایط عمل آوری خشک نتایج بدست آمده با شرایط عمل آوری مرطوب مطابقت دارد. در این شرایط نیز بیشترین تأثیر (مثبت) مقاومت فشاری 28 روزه نمونه های آسیب دیده ، در نمونه های پیش بارگذاری شده پس از 1 روز از ساخت بتن رخ داده است.

۳-۱-۳ تأثیر شرایط عمل آوری

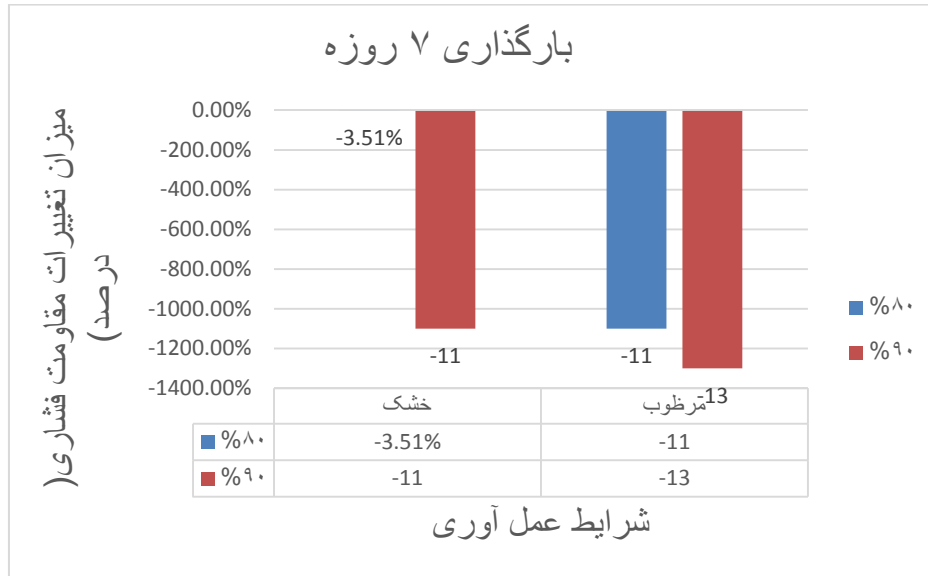
نتایج نشان می دهد با افزایش میزان بارگذاری زود هنگام، نمونه ها آسیب بیشتری می بینند. مطابق با مشاهدات عینی ، در نمونه های (3,7 روزه) بنظر می رسد جداسازی و رسوب (شستگی) بیشتر ذرات بتن ناشی از بارگذاری زود هنگام (که در زمان ایجاد ترک در بتن بوجود آمده اند) در شرایط عمل آوری مرطوب و خشک رخ داده است که احتمالاً سبب کاهش مقاومت فشاری 28 روزه نمونه های آسیب دیده نسبت به نمونه های سالم شده است. بیشترین تأثیر (مثبت) مقاومت فشاری 28 روزه نمونه های آسیب دیده ، در نمونه های پیش بارگذاری شده پس از (1 روز) از ساخت بتن در شرایط مرطوب رخ داده است. علت این امر می تواند حضور رطوبت به عنوان یک عامل اصلی در خودترمیمی بتن دانست. در این شرایط هر چه پیش بارگذاری زودتر انجام شود نمونه ها زمان بیشتری در مجاورت رطوبت قرار می گیرند. در این فرصت، احتمالاً واکنش سیمان عمل نشده با آب (هیدراته شدن) و شکل گیری خودترمیمی سبب افزایش بیشتر مقاومت فشاری نمونه های آسیب دیده در 28 روز می شود.



شکل (۴) میزان تغییرات مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه های حاوی پودرسنگ آهک بارگذاری شده در سن ۱ روزه نسبت به نمونه های بارگذاری نشده



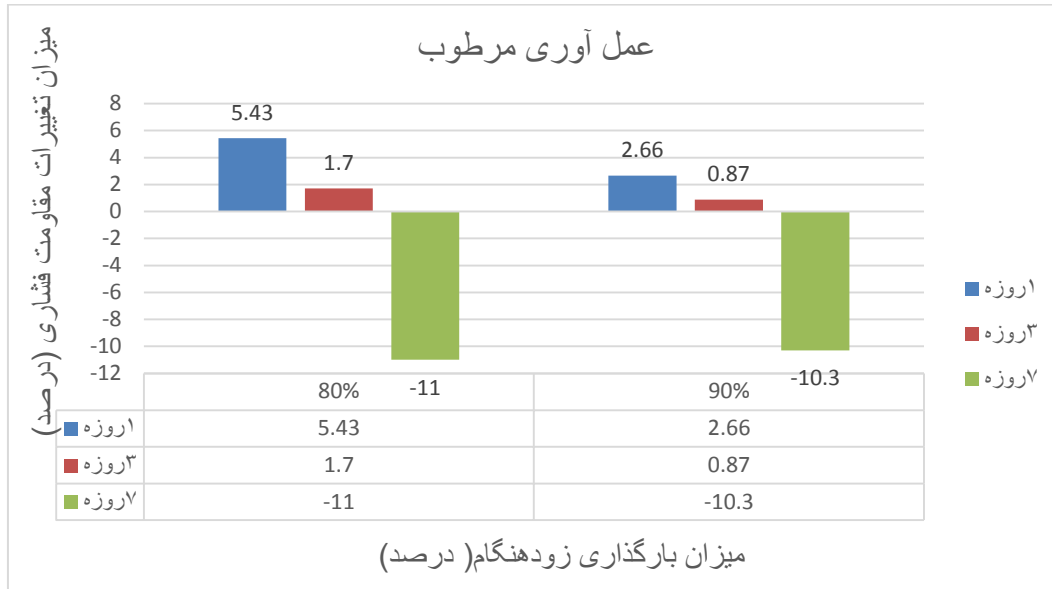
شکل (۵) میزان تغییرات مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه های حاوی پودرسنگ آهک بارگذاری شده در سن ۳ روزه نسبت به نمونه های بارگذاری نشده



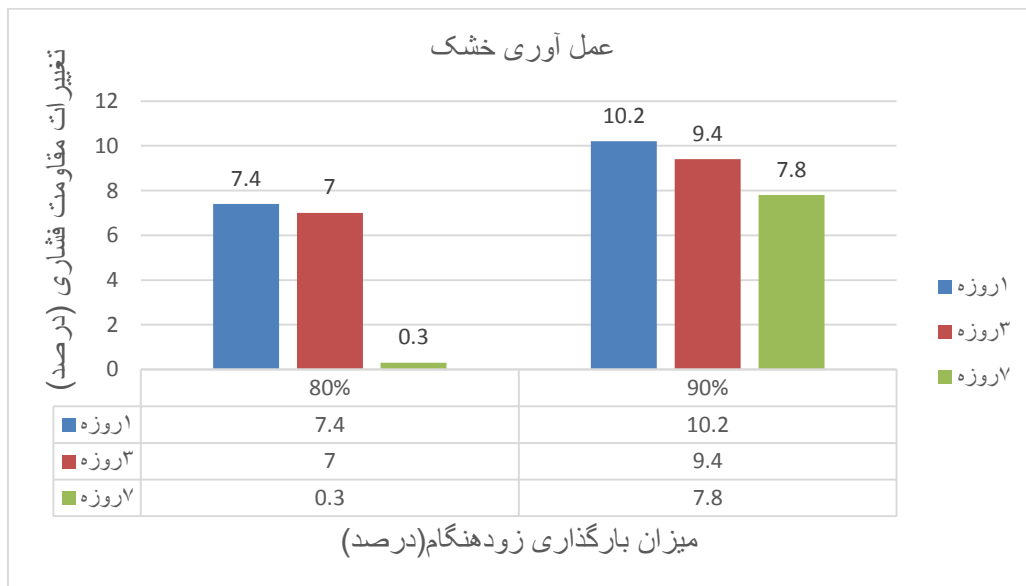
شکل (۶) میزان تغییرات مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه های حاوی پودرسنگ آهک بارگذاری شده در سن ۷ روزه نسبت به نمونه های بارگذاری نشده

۲-۳ بتن خودتراکم حاوی زئولیت

مطابق با شواهد آزمایشگاهی، پیش بارگذاری تا ۹۰ درصد، نمونه های بتنی حاوی پودرسنگ آهک آسیب بیشتری نسبت به نمونه های حاوی زئولیت ایجاد کرده است. همچنین در پیش بارگذاری ۳,۷ روز پس از ساخت بتن، این افزایش آسیب ناشی از حضور پودرسنگ آهک چشمگیرتر از نمونه های حاوی زئولیت بوده است. مطابق با مشاهدات عینی به نظر می رسد انتقال این نمونه ها به حوضچه آب سبب جداشدگی و رسوب بیشتر ذرات بتنی (که در زمان ایجاد ترک در بتن بوجود آمده اند) نسبت به نمونه های حاوی زئولیت در شرایط مرطوب شده است. به نظر می رسد در بتن های حاوی پودرسنگ آهک افزایش آسیب و جداشدگی به حدی است که احتمالاً هیدراته شدن مجدد و خودترمیمی قادر به بازیابی کامل مقاومت فشاری ۲۸ روزه نسبت به نمونه های سالم نباشد. مطابق با نتایج بدست آمده در اشکال (۷) و (۸) درپیش بارگذاری ۱ روزه نمونه های حاوی زئولیت کاهش مقاومت ۱۱ درصدی تحت عمل آوری مرطوب گزارش شده است.



شکل (۷) میزان تغییرات مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه های حاوی ژئولیت بارگذاری شده نسبت به نمونه های بارگذاری نشده



شکل (۸) میزان تغییرات مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه های حاوی ژئولیت بارگذاری شده نسبت به نمونه های بارگذاری نشده

۴- نتیجه گیری

باتوجه به بررسی های انجام شده نتایج زیر قابل استنتاج است:

- ۱- میزان پیش بارگذاری، زمان پیش بارگذاری و شرایط عمل آوری از عوامل تاثیرگذار در بازیابی مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه های آسیب دیده نسبت به نمونه های سالم می باشند.

- ۲- امکان بازیابی مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه‌های آسیب دیده نسبت به نمونه های سالم در تمام شرایط عمل آوری وجود دارد.
- ۳- در شرایط عمل آوری خشک، بجز نمونه های حاوی پودرسنگ آهک پیش بارگذاری شده در سن ۷ روز، پیش بارگذاری تا ۹۰٪ مقاومت فشاری در سنین ابتدایی، تأثیری در کاهش مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه های آسیب دیده نسبت به نمونه های سالم نداشته و حتی افزایش مقاومت تا ۱۰،۲ درصد نسبت به نمونه های سالم در برخی از نمونه ها بدست آمده است.
- ۴- در شرایط مرطوب، بازیابی کامل مقاومت فشاری نمونه های آسیب دیده نسبت به نمونه های سالم تنها در نمونه های پیش بارگذاری شده در سن ۱ روز اتفاق افتاده است و در سایر سنین (۳ و ۷) روز کاهش مقاومت ۲۸ روزه نسبت به نمونه های سالم رخ داده است.
- ۵- بجز نمونه های حاوی پودرسنگ آهک در سن ۷ روز، در سایر موارد بیشترین بهبود مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه های آسیب دیده در سنین اولیه (۳، ۷ و ۱۰) روز نسبت به نمونه های سالم در شرایط نگه داری خشک رخ داده است.
- ۶- نمونه های بتنی حاوی پودرسنگ آهک آسیب بیشتری نسبت به نمونه های حاوی ژئولیت ایجاد کرده است. همچنین در پیش بارگذاری ۳ و ۷ روز پس از ساخت بتن، این افزایش آسیب ناشی از حضور پودر سنگ آهک چشمگیرتر از نمونه های حاوی ژئولیت بوده است.
- ۷- در شرایط عمل آوری خشک در نمونه های حاوی ژئولیت، با افزایش میزان پیش بارگذاری بازیابی کامل مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه های آسیب دیده نسبت به نمونه های سالم رخ داده است.
- ۸- در بارگذاری مجدد نمونه های آسیب دیده، شروع ترک خوردگی همواره از ترک های موجود ناشی از پیش بارگذاری آغاز می شود.

مراجع

- [1] M. D. Safiuddin, J. S West & K. A. Soudki, Properties of freshly mixed self-consolidating concretes incorporating rice husk ash as a supplementary cementing material, Construction And Building Materials 30 833- 842 (2012).
- [2] H, Okamura. & K, Ozawa" Mix- design for self- compacting concrete", Concrete Library of JSCE, No.25, pp107-120. (1995).
- [3] Abdel-Jawad, Y., & Haddad, R. (1992). Effect of early overloading of concrete on strength at later ages. Cement and Concrete Research, 22(5), 927-936.

[4] Claisse, P., & Dean, C. (2013). Compressive strength of concrete after early loading. Proceedings of the Institution of Civil Engineers–Construction Materials, 166(3), 152-157

[5] Wiktor, V., & Jonkers, H. M. (2011). Quantification of crack-healing in novel bacteria-based self-healing concrete. Cement and Concrete Composites, 33(7), 763-770.

[6] Neville AM (1994) Properties of concrete, 4th edn. Longman Group Limited, Harlow, Essex, UK.

[7] D. A. Abrams, concrete, V. 10, 50 (1925).

[8] مدندوست، رحمت. رنجبر تکلیمی، ملک محمد. غلامپور، مهرزاد. (۱۳۹۵). مقاومت فشاری بتن حاوی الیاف پروپیلن پس از بارگذاری اولیه، هشتمین کنفرانس ملی سالیانه بتن ایران- تهران.

[9] ASTM C33, 2005 Standard Specification for Concrete Aggregates.

[10] <http://www.hegmatancement.com>

[11] BS 1881, 1983 Method for making test cubes from fresh concrete, British Standards Institution.



مرکز تحقیقات
راه، مسکن و شهرسازی

نهمین کنفرانس ملی بتن ایران
۱۵ و ۱۶ مهرماه ۱۳۹۶
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی



انجمن علمی بتن ایران



انجمن علمی بتن ایران
انجمن علمی بتن ایران

ABSTRACT

One of the goals of modern construction methods is reducing construction time. It is possible that in first few days after placing fresh concrete, excessive loading happens. The aim of this study is to evaluate the effect of early loads on 28-day compressive strength of concretes containing zeolite and lime stone powder under different curing conditions (wet, dry). Therefore, concretes containing zeolite and lime stone powder in different curing conditions at ages 3, 1 and 7 days under preloading, from 80 and 90 percent of their compressive strength are damaged in their ages and after curing in different conditions, their 28-day compressive strength is measured. According to the results, the recovery potential of 28-day compressive strength of damaged samples compared to intact samples is possible in all curing conditions. The experiments that have been done on concrete samples on moist curing and dry conditions show that the full recovery of compressive strength of damaged samples compared to intact specimens happened only in pre-loaded samples at the age of 1 days and in other ages (3 and 7 days) the 28-day strength reduction has occurred compared to the intact samples. The results on concrete samples containing zeolite and without lime stone powder in 1 ages indicate most impact in other samples done 28-day compressive strength of damaged samples compared to intact samples are in dry condition.

Keywords: early loading, compressive strength, self-compacting concrete, zeolite, curing