

مقاومت فشاری بتن حاوی الیاف پلی پروپیلن پس از بارگذاری اولیه (کد مقاله E195)

رحمت مدندوست^۱، ملک محمد رنجبر تکلیمی^۲، مهرزاد غلامپور^{۳*}

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

۲- دانشیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه گیلان

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد عمران سازه، دانشگاه گیلان، m_gholampour20@yahoo.com

چکیده:

در پروژه‌های رایج ساختمانی، کارکردن با بتنی که هنوز به مقاومت نهایی خود دست پیدا نکرده است یک امر غیر قابل پیش‌گیری است. ممکن است بارهای عمدی یا غیر عمدی در روزهای ابتدایی اجرای بتن بر روی آن وارد شود که سبب خسارت به سازه و تاثیر در روند رشد مقاومت سازه شود. در این مقاله تاثیر شرایط عمل‌آوری مختلف و حضور الیاف پلی پروپیلن در پیش‌بارگذاری در سنین ابتدایی بتن مورد بررسی قرار می‌گیرد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد مقاومت ۲۸ روزه نمونه‌ها بتن بدون الیاف با عمل‌آوری مرطوب که تحت پیش‌بارگذاری تا ۹۰ درصد مقاومت فشاری نهایی نمونه‌ها در سنین ۱، ۳ و ۷ روز پس از قالب‌گیری قرار می‌گیرند، تاثیری در روند افزایش مقاومت فشاری بتن در سن ۲۸ روز ندارد، مطابق با نتایج، افزایش مقاومت فشاری تا ۱۲ درصد را نسبت به نمونه‌های بارگذاری نشده دارند، و بدترین حالت در بازیابی مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه‌های آسیب دیده، تقریباً در شرایط عمل‌آوری خشک کنترل شده رخ داده است. با اضافه کردن الیاف پلی پروپیلن به بتن، میزان آسیب وارده ناشی از پیش‌بارگذاری به نمونه‌های بتنی بیشتر شده است، که این آسیب بیشتر سبب تاثیر منفی در مقاومت ۲۸ روزه نمونه‌های پیش‌بارگذاری شده در ۱ روز شده است.

واژه‌های کلیدی: بتن، الیاف پلی پروپیلن، پیش‌بارگذاری، مقاومت فشاری

۱- مقدمه

یکی از اهداف روش های مدرن ساخت و ساز 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 شود. اعمال این بارها بر روی بتنی که در مراحل ابتدایی عمر خود قرار دارد ممکن است سبب ایجاد ترک خوردگی و آسیب شود. سوالاتی ممکن است مطرح میشود که آیا آسیب وارده و ترک های ایجاد شده در سنین ابتدایی بتن ماندگارند و یا از بین می روند؟ آیا بتن قادر به بدست آوردن مقاومت خود در سنین بالاتر و ترمیم آسیب های ایجاد شده می باشد یا خیر؟

عبدالجواد و حداد در سال ۱۹۹۲ مطالعاتی را بر روی بارگذاری زود هنگام نمونه های ملات و بتن انجام دادند. آن ها در آزمایش های خود نمونه های ملات و بتن را ۲ تا ۷۲ ساعت پس از ساخت تا ۹۰ درصد مقاومت فشاری بارگذاری کردند. وی به این نتیجه رسید که بارگذاری تا ۹۰ درصد مقاومت نهایی جهت ایجاد ترک در بتن و ملات، پس از ۸ ساعت از ساخت نمونه ها بر روی مقاومت تاثیر نمی گذارد. به عبارت دیگر ریز ترک های ایجاد شده در سنین اولیه به طور کامل ترمیم یافته اند. همچنین نتیجه گرفت که بارگذاری پس از تنش حداکثر بتن منجر به کاهش مقاومت ۱۰ الی ۵۰ درصدی می شود که البته متناسب با سن نمونه در زمان بارگذاری سن نمونه طی آزمایش مجدد و شرایط نگهداری است. وی همچنین بیان کرد خود ترمیمی کامل ترک ها (پرشدن ترک ها) به معنی بازیابی مقاومت کامل نیست [۱].

مطالعه ای از سال ۲۰۰۲ توسط لی یو و همکاران ترمیم ترک ها تحت فشار دو محوری (۳۰ درصد مقاومت نهایی طی دوره ۱۴ روزه) را بررسی نموده و پدیده افزایش مقاومت برای نمونه های بارگذاری شده را گزارش دادند. آن ها چنین نتیجه گرفتند که "تغییر شکل خزشی بتن نهایتاً منجر به آسیب رساندن به ماده مورد بررسی نمیگردد. از سوی دیگر، بار متراکم ساز اعمال شده در سن پایین می تواند منجر به افزایش مقاومت گردد. نتایج ناشی از مطالعات آنان همچنان نمایان گر این است که بارگذاری چند محوری پایدار منجر به ایجاد افزایش بیشتر مقاومت نسبت به بارگذاری تک محوری به تنهایی می گردد [۲]."

کلایس و دین در مطالعه ای در سال ۲۰۱۱، نمونه های بتنی را تحت ۷۰،۸۰ و ۹۰ درصد مقاومت فشاری نهایی ۱، ۳ و ۷ روز پس از اجرا بارگذاری کردند و پس از ۲۸ روز نگهداری در آب مقاومت فشاری نمونه ها 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، تاثیری بر روند افزایش مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن ندارد و همچنین مطابق با نتایج آن ها، بطور متوسط افزایش مقاومت فشاری ۶ درصدی را نسبت به نمونه های سالم گزارش دادند [۳].

کوتینیو در سال ۱۹۷۷ پیشنهاد کرده که این افزایش مقاومت ناشی از عامل خزش است و فشار همچون دما در واکنش های شیمیایی تاثیرگذار است، خصوصاً واکنش اجزای تشکیل دهنده سیمان با آب. مطابق با تحقیقاتشان فشار سبب افزایش قابلیت انحلال اجزای تشکیل دهنده سیمان در آب می شود که نهایتاً منجر به افزایش هیدراسیون سیمان می شود. همچنان وی پیشنهاد داده که این افزایش مقاومت، هنگامی که نمونه های با سن کمتری برای مدت طولانی تری تحت بارگذاری قرار میگیرند، مقدار بزرگتری دارد. البته کوتینیو خاطر نشان کرده که افزایش مقاومت فشاری از ۱۵ درصد تجاوز نمیکنند [۴].

نویل در سال ۱۹۹۵ اشاره کرد که ترک های ریز در بتن های آسیب دیده می توانند در شرایط مرطوب به کمک شکل گیری کلسیم کربنات نامحلول ناشی از کلسیم هیدروکسید در سیمان بازیابی شوند [۵]. پدیده ترمیم بتن که محققان در بازیابی مقاومت نمونه های آسیب دیده به آن اشاره کردند ابتدا توسط آبرامز با مشاهده محو شدن ترک های پل آزادراه پس از گذشت ۳ سال شناسایی شد [۶]. در سال ۱۹۲۵ آبرامز این پدیده را خود ترمیمی نامید [۷]. با شناخت این پدیده مطالعات مختلفی صورت گرفته و در تحقیقات انجام شده توجه کمتری به بازیابی مشخصات مکانیکی نمونه های آسیب دیده شده است.

با توجه به مطالعات محدودی که در گذشته در زمینه بارگذاری زود هنگام بتن صورت گرفته و توجه کمتر تحقیقات انجام شده به شرایط مختلف عمل‌آوری و حضور الیاف در بهبود نمونه‌های آسیب دیده، از اهداف این مقاله مطالعه مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه‌های بتنی بدون الیاف و حاوی الیاف پس از پیش بارگذاری در ۷ روز اول پس از اجرا در شرایط مختلف عمل‌آوری است.

۲- برنامه آزمایشگاهی

۲-۱ مصالح مصرفی

از سیمان پرتلند نوع ۲ کارخانه سیمان هگمتان که مشخصات آن در جدول (۱) آمده است استفاده شده و دوده سیلیس مورد استفاده در این تحقیق با وزن مخصوص ۲/۲ گرم بر سانتی متر مکعب می‌باشد.

جدول (۱): مشخصات شیمیایی سیمان پرتلند نوع ۲-۴۲۵ کارخانه سیمان هگمتان [۸]

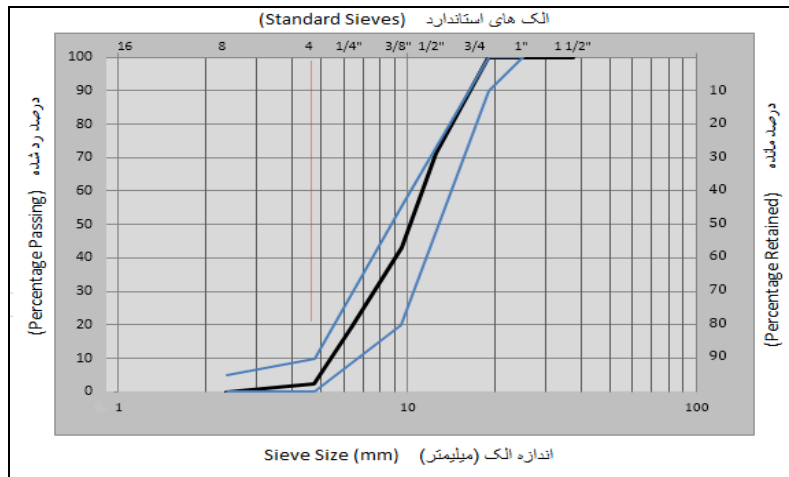
ترکیبات شیمیایی	درصد وزنی
CaO	۶۳,۲۴
SiO ₂	۲۱,۵۴
Al ₂ O ₃	۴,۹۵
Fe ₂ O ₃	۳,۸۲
MgO	۱,۵۵
SO ₃	۲,۴۳
L.O.I ^۱ (کسر وزن در اثر سرخ شدن)	۱,۱۵

سنگدانه مصرفی جهت ساخت بتن در این تحقیق از شرکت لوله سازی شمال تهیه شد. ماسه مصرفی، ماسه طبیعی شسته و شن مصرفی، شن شکسته با قطر سنگدانه حداکثر ۱۹ میلی‌متر می‌باشد. مشخصات فیزیکی سنگدانه های مصرفی در جدول (۲) آمده است.

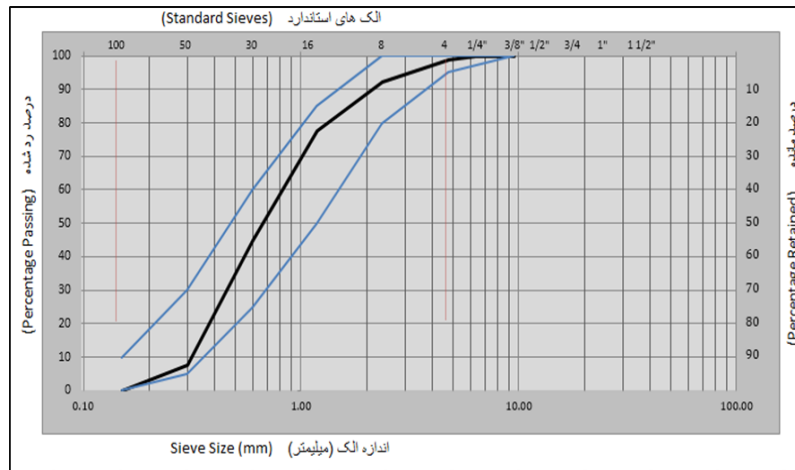
جدول (۲): مشخصات فیزیکی سنگدانه های مصرفی جهت ساخت بتن

سنگدانه	جذب آب (%)	چگالی (gr/cm ³)	مدول نرمی	حداکثر قطر سنگدانه (mm)
شن	۱,۹۷	۲,۶۷	-	۱۹
ماسه	۲,۵	۲,۶	۳,۲۷	۴,۷۵

در این پروژه منحنی دانه بندی انتخابی سنگدانه مصرفی مطابق با استاندارد ASTM C 33 [۹] انتخاب شد. شکل (۲و۱) 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 (۲): منحنی دانه بندی ریز دانه

فوق روان کننده ی مورد استفاده با نام تجاری FARCO PLAST P10-3R بر پایه ی پلی کربوکسیلات های اصلاح شده می باشد، این ماده سبزه تیره بوده و در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد وزن مخصوص آن ۱٫۱ گرم بر سانتی متر مکعب می باشد.

در سالهای اخیر استفاده از انواع مختلف الیاف در بتن افزایش رو به رشدی داشته است و هر نوع خاص از الیاف موجب بهبود ویژگی مشخصه های از بتن میگردد. الیاف پلی پروپیلن نیز نوعی الیاف پلیمری هستند که افزودن درصد های اندک آن موجب بهبودی چشمگیری در خواص بتن میشود. یکی از مزایای این نوع الیاف نسبت به بتن معمولی قابلیت باربری بالا بعد از ترک خوردگی می باشد. الیاف پلی پروپیلن مصرفی در شکل (۳) مشاهده می گردد. این الیاف به طول ۱۲ میلی متر می باشند و از شرکت شیمی ساختمان تهیه شده اند. مشخصات الیاف پلی پروپیلن در جدول (۳) آمده است .

جدول (۳): مشخصات الیاف پلی پروپیلن مصرفی [۱۰]

چگالی $[kg/m^3]$	۹۱۰
عکس العمل در مقابل آب	نفوذناپذیر
مقاومت کششی [ksi]	۴/۵-۶
تغییر طول تا پارگی [%]	۱۰۰-۶۰۰
نقطه ذوب [سانتیگراد]	۱۷۵
هدایت گرمایی [W/m/k]	۰/۱۲



شکل (۳): الیاف پلی پروپیلن مصرفی

۲-۲- طرح مخلوط بتن

به منظور انجام این پروژه ۲ 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 ۰,۴۰ می باشد. که در یک طرح از ۰,۱ درصد الیاف پلی پروپیلن استفاده شد. در کلیه طرح ها میزان مواد سیمانی $400 kg/m^3$ در نظر گرفته شد. دوده سیلیسی ۱۰ درصد وزن مواد سیمانی با سیمان پرتلند جایگزین شد. برای دست یافتن به کارایی یکسان در هر یک از طرح های اختلاط و به منظور دستیابی به سلامتی در حدود (20 ± 80) میلی متر، به میزان ۰/۳ درصد وزنی سیمان به هریک از طرح ها فوق روان کننده اضافه شد.

جدول (۴): طرح مخلوط بتن های مصرفی

شماره طرح	مجموع مواد سیمانی (Kg/m^3)	نسبت آب به مواد سیمانی	Kg/m^3				
			سیمان	دوده سیلیس	الیاف پلی پروپیلن	ماسه طبیعی	درشت دانه
1	400	0.40	360	40	0	837	1023
2	400	0.40	360	40	0.91	837	1023

۳-۲- نگه داری و عمل آوری نمونه ها

پس از ساخت بتن، قالب ها با یک گونی مرطوب و یک لایه پلاستیک پوشیده شدند و به مدت ۲۰ تا ۲۴ ساعت در دمای آزمایشگاه نگهداری گردیدند. پس از طی این مدت نمونه ها قالب برداری شدند. نمونه ها پس از خارج شدن از قالب در شرایط مختلف عمل آوری پیش بینی شده ی زیر نگهداری شدند.

- ✓ مرطوب : نمونه ها پس از قالب برداری در محفظه حاوی آب قرار داده شدند و تا زمان آزمایش مجدد در آب عمل آوری شدند.
- ✓ خشک کنترل شده : نمونه ها پس از قالب برداری به مدت ۷۲ ساعت در گونی مرطوب قرار داده شدند و پس از آن در شرایط محیطی آزمایشگاه عمل آوری شدند.
- ✓ کاملاً خشک (خشک کنترل نشده) : نمونه ها پس از قالب برداری در محیط آزمایشگاه با دمای 24 ± 2 درجه سانتی گراد نگهداری شدند.

۲-۴- آزمایش مقاومت فشاری

این آزمایش در سنین ۱، ۳، ۷ و ۲۸ روزه بر روی نمونه های بتنی ابعاد $10 \times 10 \times 10$ سانتی متر انجام شد. ابتدا نمونه ها در روزهای اول، سوم و هفتم تحت ۸۰، ۹۰ و ۹۵ درصد مقاومت فشاری بتن پیش بارگذاری شدند و پس از ۲۸ روز مقاومت فشاری آن ها به همراه نمونه های پیش بارگذاری نشده اندازه گیری شد. در بارگذاری مجدد در ۲۸ روز، تمام نمونه ها روی همان محوری که قبلاً پیش بارگذاری شده اند، بصورت فشاری تا گسیختگی نهایی بارگذاری شدند.

۳- نتایج و بحث

در این مقاله میزان بازیابی و بهبود در مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه های آسیب دیده به نمونه های پیش بارگذاری نشده در بتن های بدون الیاف و حاوی الیاف پلی پروپیلن، تحت شرایط مختلف مورد بررسی و مطالعه قرار میگیرد. ادامه نیز تاثیر حضور الیاف در بازیابی و بهبود مقاومت فشاری نمونه های آسیب دیده بررسی می شود. نمودارهای ارائه شده در این مقاله درصد تغییرات مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه ها که مربوط به هر دو نمونه پیش بارگذاری شده و پیش بارگذاری نشده که به صورت زیر محاسبه شده را نشان می دهد (فرمول (۱)). مقاومت های استفاده شده میانگین مقاومت فشاری سه نمونه می باشد.

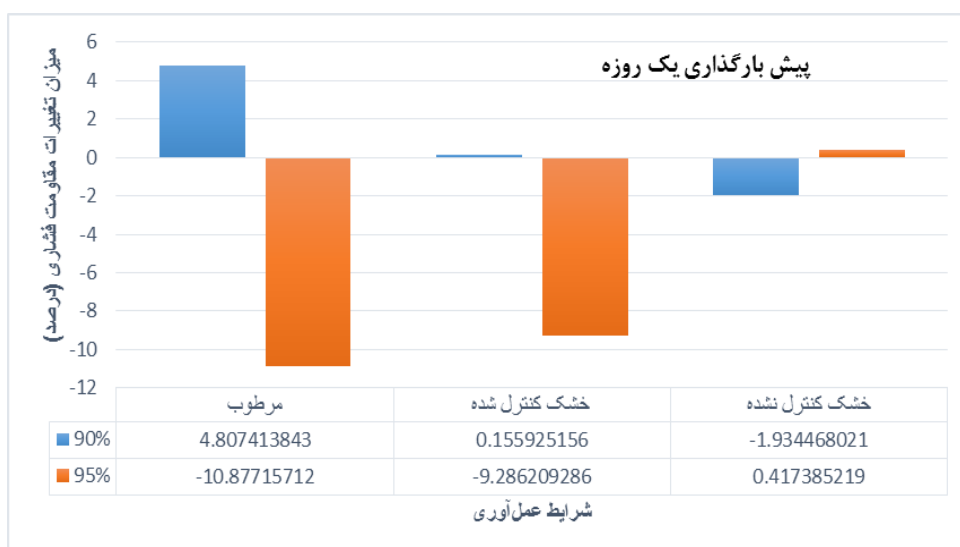
$$P = \frac{(S_2 - S_1)}{S_1} \times 100 \quad (1)$$

P = درصد میزان تغییرات مقاومت فشاری

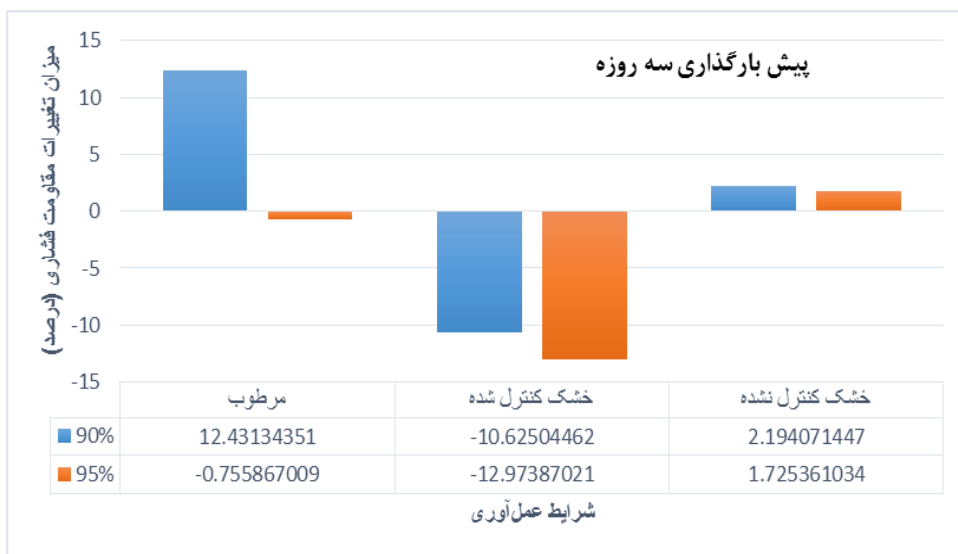
S_1 = مقاومت فشاری نمونه بارگذاری نشده

S_2 = مقاومت فشاری نمونه بارگذاری شده

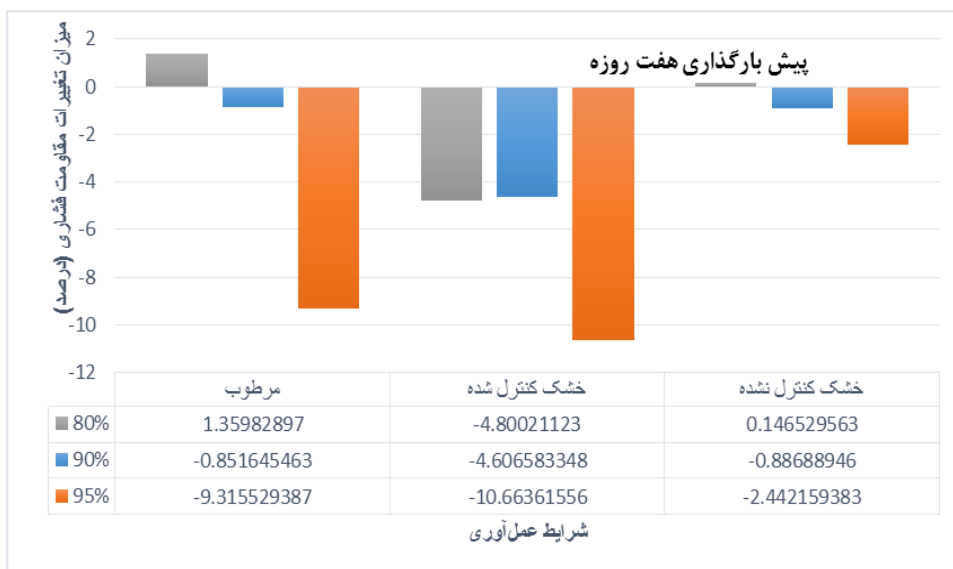
۳-۱- بتن بدون الیاف



شکل(۴): میزان تغییرات مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه های پیش بارگذاری شده در ۱ روز نسبت به نمونه های پیش بارگذاری نشده (بتن بدون الیاف)



شکل(۵): میزان تغییرات مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه های پیش بارگذاری شده در ۳ روز نسبت به نمونه های پیش بارگذاری نشده (بتن بدون الیاف)



شکل(۶): میزان تغییرات مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه های پیش بارگذاری شده در ۷ روز نسبت به نمونه های پیش بارگذاری نشده (بتن بدون الیاف)

۳-۱-۱ تاثیر میزان پیش بارگذاری

مطابق با اشکال (۴) تا (۶) با افزایش میزان پیش بارگذاری نمونه ها از ۹۰ به ۹۵ درصد مقاومت فشاری در سنین اولیه (۱ ، ۳ و ۷ روز) ، مقاومت فشاری ۲۸ 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 این افزایش

میزان آسیب به حدی است که هیدراتاسیون مجدد سیمان و خودترمیمی بتن قادر به بهبود کامل آن در ۲۸ روز نمی‌باشد، و تقریباً کاهش در همه شرایط عمل آوری برای این درصد از پیش بارگذاری رخ داده است.

۳-۱-۲ تاثیر زمان پیش بارگذاری

نتایج نشان می‌دهد که بیشترین تأثیر (مثبت) روی مقاومت فشاری ۲۸ روزه تحت شرایط عمل آوری مرطوب، در پیش بارگذاری در ۳ روز پس از ساخت بتن اتفاق افتاده است. بنظر می‌رسد که مقاومت بتن به مرور زمان در نتیجه واکنش بین سیمان عمل نشده موجود در بتن و آب (واکنش هیدراتاسیون) شکل می‌گیرد. لذا در سنین پایین تر، بتن مقاومت کمتر و سیمان هیدراته نشده بیشتری دارد. پس از ۱ روز از ساخت، بتن مقاومت چندانی کسب نکرده است و پیش بارگذاری آسیب بیشتری را نسبت به بقیه سنین به نمونه بتنی وارد می‌کند. همچنین در نمونه های ۷ روزه علیرغم اینکه بتن به مقاومت بیشتری دست یافته و با پیش بارگذاری آسیب کمتری نسبت به سایر سنین به نمونه وارد شده است، احتمالاً، مقدار دسترسی کمتری به سیمان هیدراته نشده جهت هیدراتاسیون مجدد و خودترمیمی بتن وجود دارد. بنابراین، مطابق با تحولات مورد انتظار، میزان بهبود در مقاومت فشاری نمونه های پیش بارگذاری شده در این سنین (۱ و ۷ روزه) کمتر است.

در شرایط عمل آوری خشک کنترل شده مطابق با نتایج، کمترین مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه های آسیب دیده در پیش بارگذاری در سن ۳ روزه رخ داده است. در این شرایط با وجود اینکه حضور رطوبت برای هیدراتاسیون مجدد و پدیده خود ترمیمی ضروری است [۱]، بتن فقط ۲۴ ساعت در گونی مرطوب قرار گرفته و پس از آن به محیط آزمایشگاه انتقال داده می‌شود. احتمالاً، در این سن علاوه بر قابلیت دسترسی کمتر به سیمان هیدراته نشده نسبت به سن ۱ روز و آسیب بیشتر نسبت به نمونه پیش بارگذاری شده در سن ۷ روز، عدم زمان کافی حضور رطوبت در نمونه بتنی نیز سبب بیشترین کاهش در مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه آسیب دیده شده است. نتایج بدست آمده در این شرایط (کاملاً خشک) با نتایج بدست آمده در شرایط عمل آوری مرطوب مطابقت دارد. در این شرایط نیز بیشترین تأثیر (مثبت) مقاومت ۲۸ روزه نمونه‌های آسیب دیده، در پیش بارگذاری بتن پس از ۳ روز از ساخت آن رخ داده است.

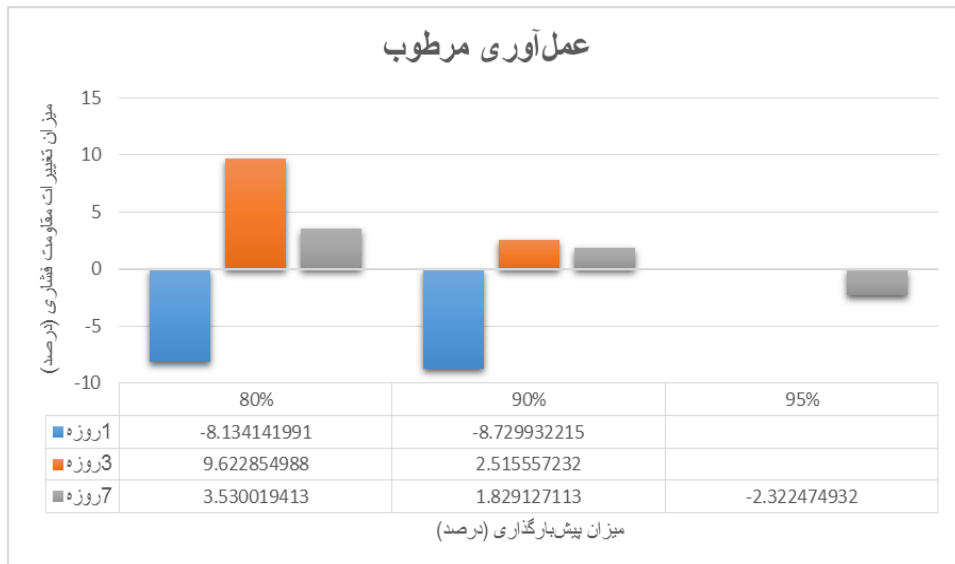
۳-۱-۳ تاثیر شرایط عمل آوری

در تحقیقات پیشین [۱، ۳] محققین گزارش دادند که در شرایط عمل آوری مرطوب، پیش بارگذاری تا ۹۰ درصد مقاومت فشاری تأثیری بر مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه های آسیب دیده ندارد و بهبود کامل در مقاومت فشاری نمونه‌های آسیب دیده گزارش شده است. همانطور که از نتایج بدست آمده پیداست این نتیجه گیری در این مقاله نیز برقرار است و بیشترین بهبود در مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه‌های پیش بارگذاری شده تا ۹۰ درصد مقاومت فشاری در سنین ۱، ۳ و ۷ روز در شرایط عمل آوری مرطوب رخ داده است. وجود رطوبت به عنوان یکی از نیازهای اصلی در بهبود و خودترمیمی بتن است، احتمالاً، وجود رطوبت بیشتر در شرایط عمل آوری مرطوب باعث بهبود کامل مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه های آسیب دیده شده است.

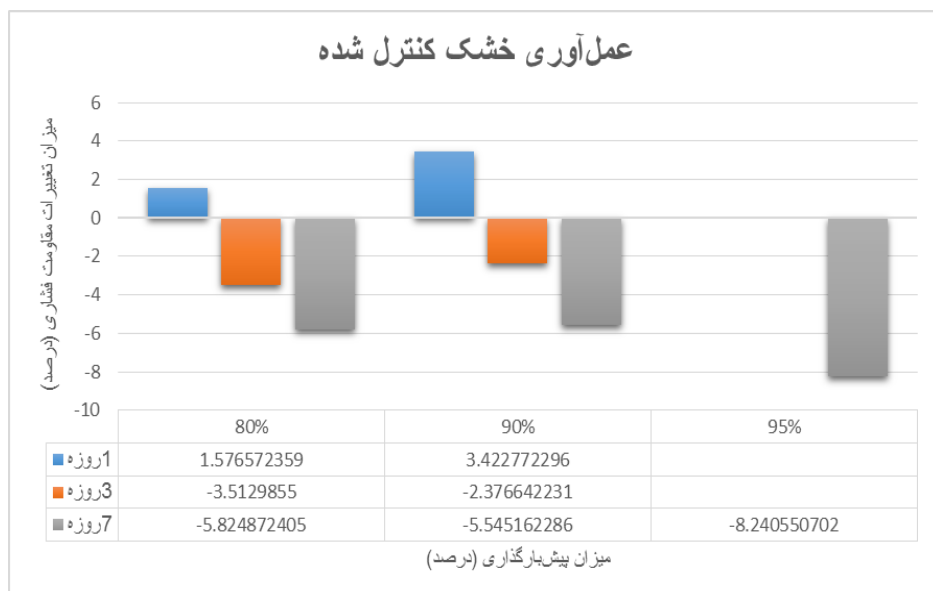
با افزایش میزان پیش بارگذاری به میزان ۹۵ درصد مقاومت فشاری، ، نمونه‌ها آسیب بیشتری می‌بینند. مطابق با شواهد آزمایشگاهی حضور آب (در شرایط عمل آوری مرطوب و خشک کنترل شده) سبب جداشدگی مواد بتنی در بین ترک می‌شود که احتمالاً فرآیند خود ترمیمی در نمونه بتنی قادر به بهبود کامل آن نمی‌باشد. در شرایط عمل آوری کاملاً خشک که رطوبت کمتری به بتن داده می‌شود، مطابق با شواهد آزمایشگاهی مشکل جداشدگی مواد سیمانی ناشی از بارگذاری کمتر است، همچنین در این شرایط که رطوبت کمتری وجود دارد احتمالاً مقدار سیمان کمتری در نتیجه واکنش با آب هیدراته می‌شود و مقدار سیمان هیدراته نشده بیشتری در بتن می‌ماند. به نظر می‌رسد

بدین جهت است که در پیش بارگذاری ۹۵ ، کمترین کاهش در مقاومت ۲۸ روزه مربوط به شرایط نگهداری کاملاً خشک می‌باشد.

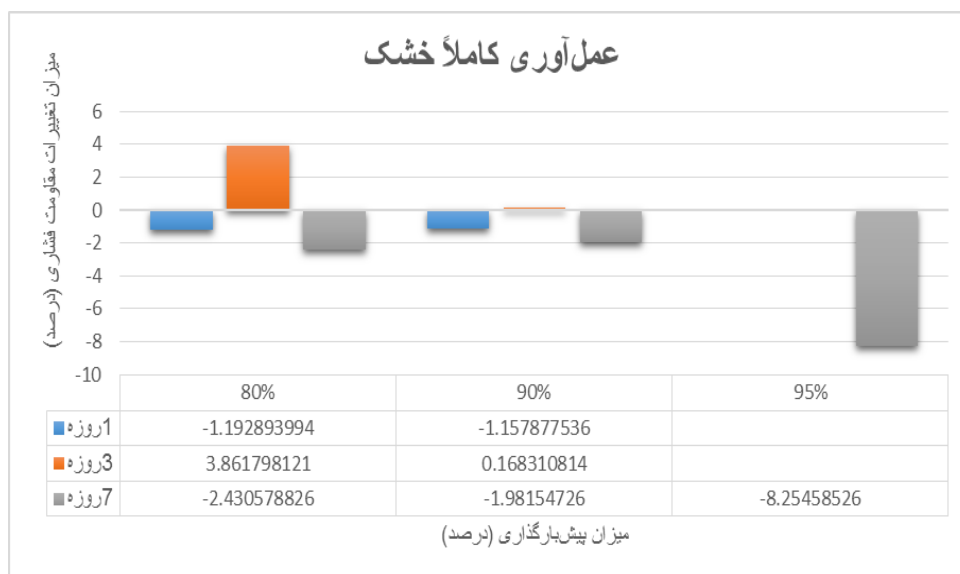
۲-۳ تاثیر الیاف پلی پروپیلن



شکل(۷): میزان تغییرات مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه های پیش بارگذاری شده نسبت به نمونه های پیش بارگذاری نشده (بتن حاوی الیاف)



شکل(۸): میزان تغییرات مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه های پیش بارگذاری شده نسبت به نمونه های پیش بارگذاری نشده (بتن حاوی الیاف)



شکل (۹): میزان تغییرات مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه های پیش بارگذاری شده نسبت به نمونه های پیش بارگذاری نشده (بتن حاوی الیاف)

مطابق با شواهد آزمایشگاهی، پیش بارگذاری ۹۰ درصد در نمونه های بتنی حاوی الیاف آسیب بیشتری را نسبت به نمونه های بدون الیاف ایجاد کرده است. همچنین در پیش بارگذاری ۱ روز پس از ساخت که بتن به مقاومت چندانی دست نیافته است، این افزایش آسیب ناشی از حضور الیاف چشمگیرتر از نمونه های بدون الیاف بوده است. مطابق با شواهد آزمایشگاهی انتقال این نمونه ها به حوضچه آب سبب جداسازی بیشتر مواد سیمانی (ناشی از ترک خوردگی) نسبت به نمونه های مشابه بدون الیاف شده است. به نظر می رسد در بتن های حاوی الیاف این افزایش آسیب و جداسازی به حدی است که احتمالاً هیدراتاسیون مجدد و خودترمیمی قادر به بازیابی کامل مقاومت فشاری ۲۸ روزه نباشد. مطابق با نتایج بدست آمده در اشکال (۷) تا (۹)، در پیش بارگذاری ۱ روزه نمونه های حاوی الیاف کاهش ۸ درصدی تحت شرایط عمل آوری مرطوب گزارش شده است.

۴- نتیجه گیری

مبنی بر بررسی های انجام شده نتایج زیر بدست آمده است:

- ۱- آب، میزان ترک خوردگی و آسیب و قابلیت دسترسی به سیمان جهت هیدراتاسیون در بتن آسیب دیده ، عوامل تاثیر گذار در بازیابی مقاومت فشاری ۲۸ روزه و خودترمیمی نمونه های آسیب دیده می باشند.
- ۲- در شرایط عمل آوری مرطوب پیش بارگذاری تا ۹۰ درصد مقاومت فشاری در سنین ابتدایی، جز در پیش بارگذاری ۱ روزه در نمونه های حاوی الیاف، تاثیری در کاهش مقاومت ۲۸ روزه نمونه های آسیب دیده نداشته و حتی افزایش تا ۱۲ درصد نسبت به نمونه های سالم را در برخی از نمونه ها داشته است.
- ۳- در شرایط عمل آوری مرطوب تحت پیش بارگذاری ۱ روزه ، حضور الیاف در بتن سبب گسترش میزان آسیب در نمونه های بتنی در حین پیش بارگذاری شده است که تاثیر منفی در بازیابی مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه های آسیب دیده را دارد.
- ۴- بهترین بهبود در بازیابی مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه های حاوی الیاف و بدون الیاف مربوط به نگهداری در شرایط مرطوب می باشد و تقریباً کمترین میزان بازیابی در شرایط خشک کنترل شده در نمونه های آسیب دیده رخ داده است. در شرایط کاملاً خشک (خشک کنترل نشده) بدلیل بیشترین قابلیت دسترسی به سیمان بازیابی مقاومت فشاری بیشتری نسبت به شرایط عمل آوری خشک کنترل شده رخ داده است.

۵- در پیش بارگذاری ۹۵ درصد مقاومت فشاری ، نمونه‌ها به حدی آسیب می‌بینند و ترک‌ها به حدی گسترش یافته‌اند که تقریباً هیچ کدام از شرایط عمل آوری قادر به بازیابی مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه آسیب دیده نخواهد بود.

۶- در بارگذاری مجدد نمونه‌های آسیب دیده ، شروع ترک خوردگی همواره از ترک‌های موجود ناشی از پیش بارگذاری ایجاد آغاز می‌شود.

مراجع

1. Abdel-Jawad, Y. and R. Haddad, *Effect of early overloading of concrete on strength at later ages*. Cement and concrete research, 1992. **22**(5): p. 927-936.
2. Liu, G.T., H. Gao, and F.Q. Chen, *Microstudy on creep of concrete at early age under biaxial compression*. Cement and concrete research, 2002. **32**(12): p. 1865-1870.
3. Claisse, P. and C. Dean, *Compressive strength of concrete after early loading*. Proceedings of the Institution of Civil Engineers–Construction Materials, 2013. **166**(3): p. 152-157.
4. Coutinho, A.S., *A contribution to the mechanism of concrete creep*. Matériaux et Construction, 1977. **10**(1): p. 3-16.
5. Neville AM (1994) Properties of Concrete, 4th edn. Longman Group Limited, Harlow, Essex, UK.
6. D.A. Abrams, Proc. ASTM, V. 13, 884 (1913).
7. D.A. Abrams, concrete, V. 10, 50 (1925).
8. <http://www.hegmatancement.com/>.
9. ASTM C33, 2005 Standard Specification for Concrete Aggregates.
10. www.shimisakhteman.com.

Abstract

In conventional construction projects, working with concrete which has not reached its ultimate strength, is an unavoidable matter of fact. It's possible that in first couple of days after placing fresh concrete, excessive loading happens. This may cause irreversible damage to structure and affect the strength growth process of structural concrete. In this paper, the effect of different curing conditions and the presence of polypropylene fiber was investigated on load bearing capacity after preloading at early ages of concrete. The results implied that 28 day's compressive strength of concrete samples without fiber and with moist curing which were under preloading to 90% of concrete's ultimate compressive strength at the ages of 1, 3 and 7 days after molding had no impact on concrete's compressive strength process at the age of 28 days. Based on results, increase of compressive strength was observed up to 12% related to unloaded specimens and the worst case was found at regaining 28 days' compressive strength of damaged samples under controlled dry curing conditions. By adding polypropylene fiber to concrete, preloading induced damage in concrete samples was increased which had negative effect mostly on 28 days' compressive strength of samples preloaded at the 1st day.