

تأثیر رزین آکرلیک پایه آبی بر خصوصیات مکانیکی ملات‌های تعمیر

حمید اخوان خرازیان^۱، محمد رضا زارع^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی سازه، گروه عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان

۲- استادیار مهندسی سازه، گروه عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان

Akhavan1990@yahoo.com

چکیده

خرابی‌های سازه‌های بتنی از مهم‌ترین مسائل صنعت بتن در دهه‌های اخیر بوده است. بخش عمده‌ای از خرابی‌ها ناشی از عدم شناخت رفتار مصالح و عدم انتخاب مصالح مناسب برای محیط‌های مختلف می‌باشد. از این رو نیاز مبرمی به مواد تعمیراتی جهت ترمیم سازه‌ها می‌باشد. یکی از روش‌های پرکاربرد جهت تعمیر ترک‌ها و خرابی‌ها استفاده از ملات تعمیراتی است. از مهم‌ترین عوامل موثر در عملکرد مطلوب ملات‌های تعمیراتی برای بتن آسیب‌دیده حصول پیوستگی کامل بین مواد تعمیراتی و بتن پایه می‌باشد. پیوستگی خوب بین ملات تعمیراتی و بتن پایه موجب می‌شود که عضو ترمیم‌شده به صورت یکپارچه عمل کرده و در سطح مشترک دارای ضعف نباشد. برای حصول یکپارچگی، علاوه بر اهمیت شرایط سطحی، خواص مکانیکی و فیزیکی مصالح تعمیراتی از اهمیت بسزایی برخوردار است. به همین منظور ملات‌های تعمیراتی حاوی رزین آکرلیک به میزان ۰، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد وزنی سیمان ساخته شد. همچنین در طرح‌های مشابه با افزودن پوزولان میکروسیلیس، ملات‌های تعمیراتی حاوی رزین آکرلیک و میکروسیلیس مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که با افزودن ۱۵ درصد رزین آکرلیک و ۱۰ درصد میکروسیلیس مقاومت فشاری، مقاومت کششی، مقاومت خمشی و مقاومت پیوستگی به ترتیب ۲۷، ۲۸، ۲۶ و ۴۱ درصد نسبت به نمونه شاهد افزایش یافته است.

Abstract

Destruction of concrete structure have been one of the most important issues in the concrete industry in recent decades. A large part of the destruction is due to the misunderstanding of the materials behavior and the lack of suitable materials for different environments. Therefore, there is an urgent need for repair materials to repair the structures. One of the most commonly used methods for repairing cracks and destruction is using repair mortar. The most important factors that affecting the optimal performance of repair mortars in damaged concrete is the achievement of a complete bond between repair materials and base concrete. A good bond between the repair mortar and the base concrete will cause the restored member function seamlessly and not be weak at the joint level. In order to achieve integrity, in addition to surface conditions, the mechanical and physical properties of repair materials are important. For this purpose, repair mortars containing acrylic resin were made at 0, 5, 10, 15 and 20% by weight of cement. Also, in similar designs, repair mortars containing acrylic resins and silica fume were investigated by adding silica fume pozzolan. The results indicate that after the addition of 15% acrylic resin and 10% micro silicon, the compressive strength, tensile strength, flexural strength and bond strength were increased by 27%, 28%, 26%, and 41%, respectively.

کلمات کلیدی: ملات تعمیراتی، رزین آکرلیک، پوزولان میکروسیلیس، مقاومت مکانیکی

۱. مقدمه

تعمیر و نگهداری سازه‌ها در طول دو دهه گذشته رشد صعودی داشته است و از ۲۵ درصد تا ۵۰ درصد فعالیت‌های ساختمانی را به خود اختصاص داده است [۱]. ضرر ناشی از تخریب سازه‌های بتنی شامل: بزرگراه‌ها، پل‌ها، اسکله‌ها و ساختمان‌های موجود در آمریکا در حال حاضر به یک تریلیون دلار تخمین زده می‌شود. در آمریکا حدود ششصد هزار پل بر روی بزرگراه‌های عمومی وجود دارند که ۳۴/۴ درصد آن‌ها نیاز به تعمیر یا جایگزینی دارند که هزینه سرسام‌آوری را در بر دارد [۲]. هر کدام از مصالح یا اجزایی که در یک بنا به کار می‌روند، عمر بهره‌برداری مورد انتظار مشخصی دارند و در طول عمر سازه نیاز به تعمیر و جایگزینی پیدا می‌کنند. تاکید روی تعمیر و بازسازی بناهای موجود به جای تخریب و احداث مجدد بنا موجبات تقاضای بیشتری برای مصالح تعمیری را فراهم کرده است. با توجه به توسعه روزافزون محصولات تعمیر و نوسازی با انواع ویژگی‌ها که در پاسخ به تقاضای بازار تعمیرات فراهم شده است، لزوم داشتن اطلاعات در مورد خصوصیات و معیارهای استفاده از این محصولات جدید بسیار مهم است [۱]. جهت تعمیرات انجام ارزیابی دقیق برای تشخیص نوع خرابی و وسعت آن از اولویت خاصی برخوردار است. قبل از اقدام به هرگونه کار تعمیراتی لازم است مکانیزم خرابی و علل اصلی آن دقیقاً شناخته‌شده و با روش‌های مختلفی که امروزه در اختیار دست‌اندرکاران می‌باشد پیشرفت و وسعت خرابی مشخص گردد. همچنین از آنجا که در تعمیرات از مصالح با پایه‌های مختلف استفاده می‌شود و رفتار این مصالح در شرایط محیطی مختلف تغییر می‌کند، شناخت مصالح با پایه‌های مختلف و انتخاب مصالح مناسب برای تعمیر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۳].

یکی از روش‌های پرکاربرد جهت تعمیر ترک‌ها و خرابی‌ها استفاده از ملات تعمیری است. ملات‌های تعمیری گاهی مقاومت مکانیکی قابل قبولی ندارند و مشکل عمده‌ی تعمیر سازه‌های بتنی، ناسازگاری ملات تعمیری و بتن پایه است. در صورت بی‌توجهی به این موضوع، بعد از بارگذاری عضو تعمیر شده، به علت کرنش‌های متفاوتی که در ملات تعمیری و بتن پایه به وجود می‌آید، در ملات تعمیری ترک ایجاد می‌شود یا باعث جدا شدن ملات تعمیری از عضو بتنی می‌شود که در هر دو حالت یکپارچگی مورد نظر حاصل نمی‌شود. به طور کلی در زمینه‌ی رفتار اعضای ملات تعمیری فعالیت تحقیقاتی نسبتاً کمی صورت پذیرفته است.

رضانیانپور و همکارانش سال ۱۳۸۵ در تحقیقاتی، بر روی روش‌های بهبود و عملکرد ملات‌های تعمیری در تعمیرات سطحی مطالعات تجربی انجام دادند. همچنین به ارزیابی و مقایسه عملکرد ملات‌های تعمیری در شرایط محیطی خلیج فارس پرداختند. در این تحقیقات نمونه‌های آزمایشی در محیط آزمایشگاهی عمل‌آوری و سپس در زمان بهره‌برداری تحت تأثیر عوامل خورنده محیطی قرار گرفتند. بر اساس نتایج به دست آمده تاکید شد که کیفیت و دوام ملات تعمیری باید در حد مطلوب باشد در غیر این صورت به علت نفوذ عناصر مخرب عمر مفید بتن تعمیر شده کاهش می‌یابد. همچنین بدین نتیجه رسیدند که چسبندگی ملات تعمیری به بتن پایه عامل مهمی در عملکرد بتن تعمیر می‌باشد، چنانچه مقاومت چسبندگی در وجه مشترک ملات تعمیری و بتن پایه کم باشد امکان جدا شدن آن زیاد است [۴]. رضانیانپور و همکارانش در ادامه تحقیقات خود به مقایسه روش‌های متفاوت اندازه‌گیری مقاومت پیوستگی پرداختند و نتیجه گرفتند که میزان مقاومت چسبندگی تا حدود زیادی به روش آزمایش بستگی دارد. همچنین روش برش مورب را یکی از دقیق‌ترین روش‌ها معرفی نمودند [۵].

بهفرنیا و همکاران سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰، در بررسی خود بر روی انواع ملات‌های تعمیری، تأثیر مثبت افزودن میکروسیلیس به ملات‌های تعمیری را در بهبود مقاومت چسبندگی نتیجه گرفتند. همچنین در ادامه تحقیقات خود به بررسی تأثیر روش‌های عمل‌آوری بر مقاومت چسبندگی پرداخته و روش عمل‌آوری با آب را در عملکرد ملات‌های تعمیری سیمانی موثرتر از روش عمل‌آوری با بخار برآورد کردند [۶ و ۷].

۲. مواد و مصالح

ساخت و انجام آزمایش‌های این مقاله در آزمایشگاه بتن دانشگاه اصفهان انجام شده است.

۱.۲ سیمان

در این مقاله برای بتن پایه و ملات تعمیر از سیمان تیپ ۱-۴۲۵ شرکت سیمان اصفهان استفاده شده است. در جدول ۱ مشخصات سیمان مصرفی آورده شده است.

جدول ۱- مشخصات سیمان مصرفی

خواص فیزیکی و مکانیکی			ترکیبات شیمیایی (%)	
ویژگی‌های استاندارد	سیمان استفاده شده	خواص فیزیکی	۲۲	SiO ₂
۲۸۰۰	۳۲۲۰	سطح مخصوص	۵	Al ₂ O ₃
۰/۸	۰	انبساط در اتوکلاو %	۳/۸۲	Fe ₂ O ₃
۴۵	۱۱۴	زمان گیرش اولیه (دقیقه)	۶۴	CaO
۳۶۰	۱۷۰	زمان گیرش نهایی (دقیقه)	۱/۹	MgO
مقاومت فشاری (kg/cm ²)			۱/۵	SO ₃
۱۰۰	۲۵۱	۳ روز	۰/۷۴	Na ₂ O+K ₂ O
۱۷۵	۲۷۵	۷ روز	۱	L.O.I
۴۲۵	۵۰۹	۲۸ روز	۶/۵	C ₃ S

۲.۲ رزین آکریلیک (پایه آبی)

در این مقاله از رزین آکریلیک (پایه آبی) تولیدشده از پلیمرایسیون اسید آکریلیک و اسید متاآکریلیک و استایرن از محصولات شرکت سازاکو استفاده گردید که در جدول ۳ خصوصیات آن ذکر شده است.

جدول ۳ مشخصات رزین مصرفی

۵۰±۱	درصد مواد جامد
۶۵	گرانروی (mPa.s)
۸/۵	pH
۱/۰۱	چگالی (gr/cm ³)
۱۲	حداقل دمای تشکیل فیلم (درجه سانتی‌گراد)

سفید شیری	رنگ
-----------	-----

۳.۲ سنگ دانه‌های مصرفی برای ساخت بتن پایه

سنگ دانه‌های مصرفی در این مقاله از نوع آهکی می‌باشد. درشت‌دانه‌ها و ریزدانه‌های مصرفی از معدن قائم (واقع در شرق اصفهان) تهیه گردید. حداکثر اسمی بعد دانه‌های سنگی برابر با ۱۹ میلی‌متر انتخاب شد. همچنین برای ریزدانه نیز از ماسه شسته (رودخانه‌ای) با حداکثر بعد ۴/۷۵ میلی‌متر استفاده شد. اندازه‌گیری میزان جذب آب سنگ دانه‌ها بر اساس دستورالعمل‌های استاندارد ASTM C127 و ASTM C128 انجام پذیرفت [۸ و ۹]. در جدول ۴ مشخصات سنگ دانه‌های مصرفی آورده شده است.

جدول ۴ مشخصات سنگ دانه‌های مصرفی

مشخصات	وزن مخصوص در حالت SSD (g/cm ³)	درصد جذب آب (%)	مدول نرمی
درشت‌دانه	۲/۶۲	۱	-
ریزدانه	۲/۵۹	۲/۲۵	۳/۲

۴.۲ سنگ دانه‌های مصرفی برای ساخت ملات تعمیری

در این مقاله برای تهیه ملات از استاندارد ASTM C305 استفاده شده است. در این استاندارد برای تهیه ملات از ماسه اتاوا استفاده شده است. از مهم‌ترین خواص ماسه اتاوا سایز دانه‌ها می‌باشد که طبق استاندارد ASTM C778 باید از الک شماره ۲۰ رد شده و بر روی الک شماره ۳۰ قرار گیرد [۱۰]. به همین خاطر ماسه‌های رودخانه‌ای که برای ساخت بتن استفاده شده بود را طبق استاندارد الک نموده و در ساخت ملات استفاده شد. در جدول ۵ مشخصات ماسه اتاوا آورده شده است.

جدول ۵ مشخصات ماسه اتاوا

مشخصه سنگ دانه	وزن مخصوص در حالت SSD (g/cm ³)	درصد جذب آب (%)
ماسه اتاوا	۲/۵۹	۷

۵.۲ فوق روان کننده

با توجه به استفاده از مواد افزودنی در ساخت ملات تعمیری و نیز خاصیت جذب آب متفاوت مواد مصرفی و با فرض کارایی یکسان ملات‌ها و همچنین بتن‌های پایه، به منظور مقایسه بهتر، تصمیم گرفته شد از فوق روان کننده به منظور ثابت نگه داشتن کارایی و اسلامپ استفاده شود. بدین منظور در این مقاله از فوق روان کننده با پایه پلی کربوکسیلات ساخته‌ی شرکت بتن شیمی استفاده گردید که در جدول ۶ مشخصات آن آورده شده است.

جدول ۶ مشخصات فوق روان کننده مصرفی

رنگ	قابلیت انحلال	حالت فیزیکی	وزن مخصوص (gr/cm^3)	میزان یون کلراید	pH
قهوه ای روشن	در آب	مایع	۱/۱۳	صفر	0.6 ± 5

۶.۲ میکروسیلیس

در این مقاله از میکروسیلیس ازنا استفاده شده است که مشخصات شیمیایی آن در جدول ۷ آورده شده است. همچنین در جدول ۸ مشخصات فیزیکی میکروسیلیس ارائه شده است. لازم به ذکر است که میکروسیلیس فقط برای ساخت ملات‌های تعمیری استفاده گردید.

جدول ۷ مشخصات شیمیایی میکروسیلیس مصرفی

اکسیدهای تشکیل دهنده (%)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O+K ₂ O	LOI
میکروسیلیس	۹۱/۱۰	۱/۵۵	۲/۰۰	۲/۴۲	۰/۰۶	۰/۴۵	-	۲/۱۰

جدول ۸ مشخصات فیزیکی میکروسیلیس مصرفی

رنگ	اندازه	حالت فیزیکی	شکل ذرات
خاکستری روشن	۰/۰۵ تا ۰/۱۵ میکرون	پودری	کروی و غیر کریستاله (آمورف)

۳. برنامه آزمایش‌ها

هدف از این برنامه مطالعاتی بررسی مقاومت فشاری، مقاومت کششی، مقاومت خمشی و مقاومت پیوستگی ملات‌های تعمیراتی حاوی رزین آکریلیک و میکروسیلیس می‌باشد. ملات‌های ساخته شده طبق استانداردهای ASTM C109 بوده و میزان رزین آکریلیک ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد وزنی سیمان می‌باشد. همچنین میزان ۱۰ درصد وزنی سیمان نیز از میکروسیلیس استفاده شده است. انجام آزمایش‌های مقاومت فشاری بر روی نمونه‌های مکعبی با ابعاد $50 \times 50 \times 50$ میلی‌متر، مقاومت کششی بر روی نمونه‌های بریکت، مقاومت خمشی بر روی نمونه‌های منشوری با ابعاد $160 \times 40 \times 40$ میلی‌متر و مقاومت پیوستگی نیز بر روی نمونه‌های استوانه‌ای به ابعاد 150×75 میلی‌متر انجام شده است. لازم به ذکر است که کلیه نمونه‌ها در سن ۲۸ روز مورد آزمایش قرار گرفتند. همچنین از هر طرحی ۳ نمونه مورد آزمایش قرار گرفته که میانگین نتایج ارائه شده است.

۴. طرح و روش مخلوط

۴.۱ طرح مخلوط بتن پایه

در این مقاله از استاندارد ACI 211 جهت طرح مخلوط استفاده شده است. مقاومت بتن مصرفی با توجه به مقاومت بتن‌های متعارف ۳۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع فرض شده است. جزییات طرح مخلوط در جدول ۹ آورده شده است.

جدول ۹ جزییات طرح مخلوط بتن پایه برای یک مترمکعب

سیمان (Kg/m^3)	ماسه شسته ۰-۵ (Kg/m^3)	شن ۵ تا ۱۲ میلی‌متر (Kg/m^3)	شن ۱۲ تا ۱۹ میلی‌متر (Kg/m^3)	آب/سیمان	روان کننده /سیمان	اسلامپ (cm)
۳۷۵	۱۱۰۰	۴۲۰	۲۰۰	۰/۵	۰/۳٪	۱۰

۴.۲ طرح اختلاط ملات تعمیراتی

در این مقاله برای ساخت ملات تعمیراتی از ملات‌های استاندارد بر اساس دستورالعمل ASTM C109 استفاده شده است [۱۱]. ملات مورد استفاده از یک قسمت وزنی سیمان و ۲/۷۵ قسمت وزنی ماسه (ماسه اتاوا) تشکیل می‌شود. میزان آب مورد استفاده با توجه به اینکه از سیمان پرتلند استفاده شد نسبت آب به سیمان ۰/۴۸۵ در نظر گرفته شد. بدین منظور ۱۰ طرح ملات تعمیراتی ساخته شد که جهت مشخص شدن جزییات به صورت عددی و با توجه به حجم مورد نیاز قالب‌ها، در جدول ۱۰ وزن مصالح جهت ساخت نمونه‌ها ارائه شده است.

جدول ۱۰ جزییات طرح اختلاط ملات‌های تعمیراتی

کد طرح	سیمان (gr)	ماسه (gr)	آب (gr)	درصد رزین	درصد میکروسیلیس	درصد فوق روان کننده
R ₀	۲۱۷۴	۵۹۸۰	۱۰۵۴	۰	۰	۰

۰	۰	۵	۹۹۹/۶	۵۹۸۰	۲۱۷۴	R ₅
۰	۰	۱۰	۹۴۵/۳	۵۹۸۰	۲۱۷۴	R ₁₀
۰	۰	۱۵	۸۹۰/۹	۵۹۸۰	۲۱۷۴	R ₁₅
۰	۰	۲۰	۸۳۶/۶	۵۹۸۰	۲۱۷۴	R ₂₀
۰/۵	۱۰	۰	۱۰۵۴	۵۹۸۰	۱۹۵۶/۶	RM ₀
۰/۴۵	۱۰	۵	۹۹۹/۶	۵۹۸۰	۱۹۵۶/۶	RM ₅
۰/۴۵	۱۰	۱۰	۹۵۴/۳	۵۹۸۰	۱۹۵۶/۶	RM ₁₀
۰/۳	۱۰	۱۵	۸۹۰/۹	۵۹۸۰	۱۹۵۶/۶	RM ₁₅
۰/۳	۱۰	۲۰	۸۳۶/۶	۵۹۸۰	۱۹۵۶/۶	RM ₂₀

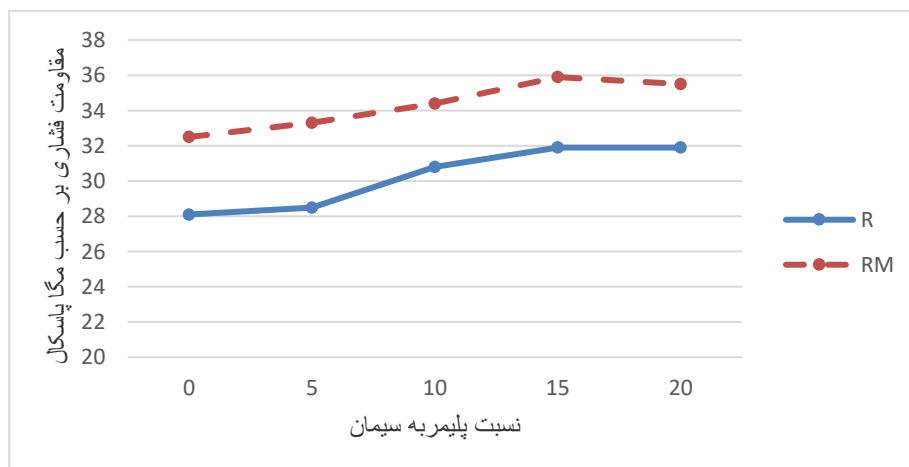
۳.۴ روش اختلاط ملات تعمیری

پس از اعمال تصحیح مقدار جذب آب در ریزدانه‌ها، هر یک از اجزای ملات به تفکیک توزین شد سپس طبق استاندارد ASTM C305 ساخته شد [۱۲]:

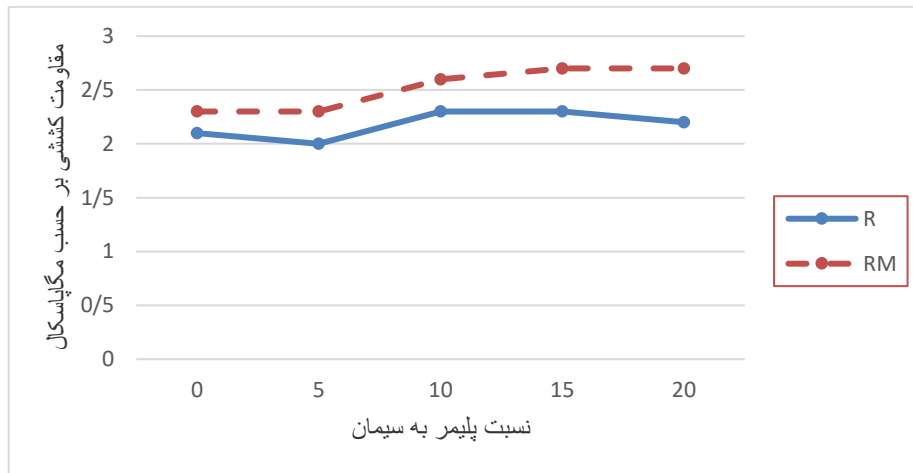
۵. نتایج

۱.۵ نتایج مقاومت فشاری، کششی و خمشی

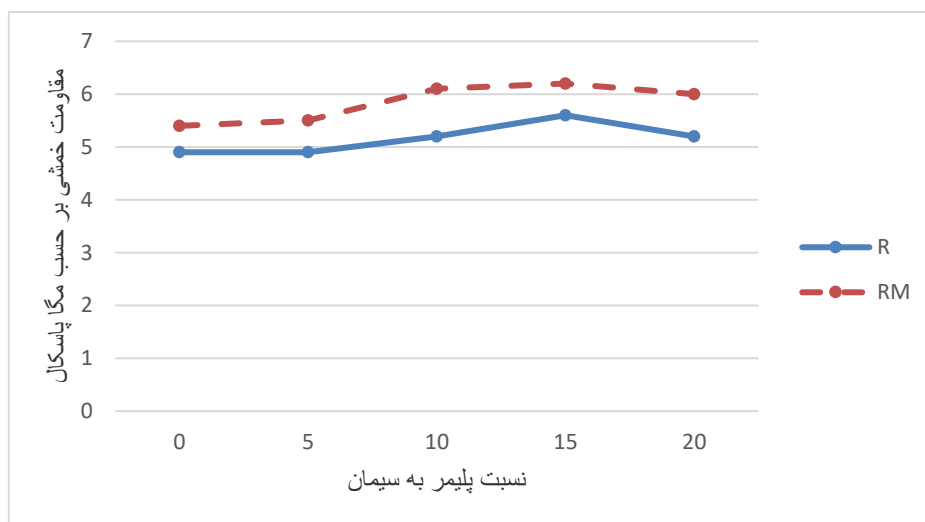
همان طور که قبلاً اشاره شد نمونه‌ها در سن ۲۸ روزه مورد آزمایش قرار گرفتند و از هر طرحی ۳ نمونه آزمایش شد و میانگین آن‌ها محاسبه شده است. جهت مقایسه نتایج نمودارهای ۱، ۲ و ۳ به ترتیب نتایج مقاومت فشاری، مقاومت کششی و مقاومت خمشی را نشان می‌دهند.



نمودار ۱ نتایج مقاومت فشاری



نمودار ۲ نتایج مقاومت کششی



نمودار ۳ نتایج مقاومت خمشی

۲.۵ نتایج مقاومت پیوستگی

آیین‌نامه‌های معتبر جهان برای اندازه‌گیری مقاومت پیوستگی، آزمایش‌های مختلفی را پیشنهاد کرده‌اند. در کلیه آزمایش‌های ارائه‌شده نمونه‌ی بتنی از دو بخش اصلی تشکیل شده است. بخش اول شامل بتن اصلی یا بتن پایه و بخش دوم شامل بتن یا ملات تعمیر است. این دو بخش با یک اتصال سرد به هم متصل می‌شوند و محل اتصال این دو، به فصل مشترک موسوم است. آزمایش برش مورب توسط چند استاندارد معتبر از جمله ASTM C882، BS 6319 پیشنهاد می‌گردد، که در همه‌ی آن‌ها بتن تعمیری و پایه مکمل یکدیگرند و با زاویه‌ای معادل ۳۰ درجه نسبت به محور قائم، در فصل مشترک به یکدیگر متصل

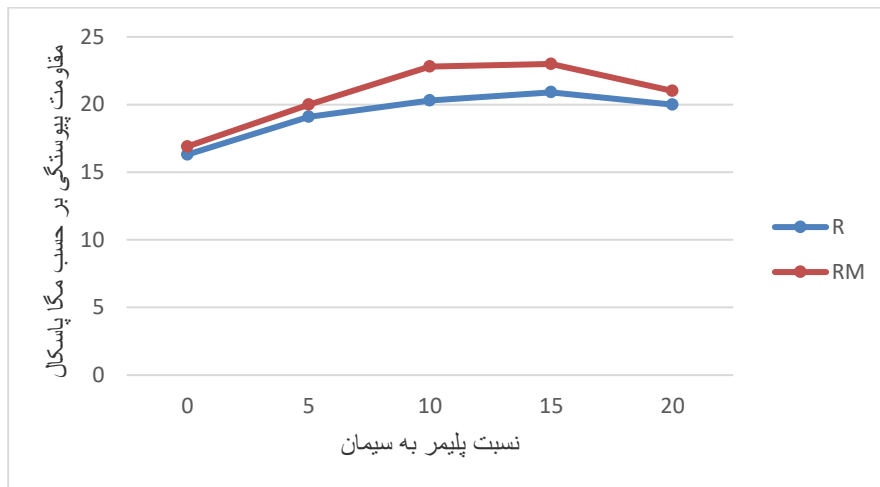
هستند. در آیین‌نامه‌ی ASTM C882، نمونه‌های بتنی به صورت استوانه‌ای ساخته و آزمایش می‌شوند [۱۳]. لیکن در آیین‌نامه BS 6319، نمونه‌های منشوری و به شکل مکعب مستطیل هستند [۱۴]. جهت انجام آزمایش برش مورب ابتدا بتن پایه به صورت یک قطعه‌ی هندسی ناقص ساخته‌شده و پس از طی مراحل عمل‌آوری و آماده‌سازی سطح، بتن تعمیری به عنوان یک بخش مکمل، بر روی آن اجرا می‌شود. سرانجام نمونه کامل برش مورب مورد عمل‌آوری نهایی قرار گرفته و در سنین مورد نظر توسط جک هیدرولیکی تحت فشار قرار می‌گیرد.

برای تعیین مقاومت پیوستگی نمونه‌های در این مقاله از تست برش مورب استفاده شد و کلیه مراحل ساخت نمونه‌ها بر اساس آیین‌نامه ASTM C882 صورت پذیرفت [۹]. طبق استاندارد ASTM C882 نمونه‌های برش مورب به صورت استوانه‌ای به قطر ۷۵ میلی‌متر و ارتفاع کل نمونه معادل ۱۵۰ میلی‌متر و طول فصل مشترک هم که با زاویه‌ی ۳۰ درجه تشکیل می‌شود. در شکل ۱ مراحل از ساخت نمونه‌ها آورده شده است.



شکل ۱ مراحل ساخت نمونه‌ها برای آزمایش مقاومت پیوستگی

جهت پیوستگی کامل بتن پایه با ملات تعمیری نیاز می‌باشد که در سطح بتن پایه خراش ایجاد شود. در این مقاله جهت ایجاد خراش از برس سیمی چرخنده استفاده شد. نتایج حاصل از مقاومت پیوستگی در نمودار ۴ آورده شده است.



نمودار ۴ نتایج مقاومت پیوستگی

۶. نتیجه گیری

در این پژوهش رزین به میزان ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد وزنی سیمان و همچنین پوزولان میکروسیلیس میزان ۱۰ درصد وزنی سیمان به ملات‌های تعمیراتی اضافه گردید. در ذیل جزییاتی از نتایج به دست آمده ارائه شده است. لازم به ذکر است که جهت بررسی بهتر نتایج به دو قسمت تقسیم شده است. در قسمت اول نتایج حاصل از تاثیرات رزین آکرلیک در ملات تعمیراتی ارائه شده است و در قسمت دوم بررسی نتایج حاصل از افزودن همزمان میکروسیلیس و رزین آکرلیک پرداخته شده است.

۱.۶ نتایج تاثیرات رزین آکرلیک

(۱) با افزودن رزین آکرلیک به ملات تعمیراتی در همه‌ی درصدها مقاومت فشاری ملات نسبت به نمونه شاهد افزایش داشته است که این افزایش مقاومت در سن ۲۸ روزه برای ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد رزین آکرلیک به ترتیب برابر با ۲/۸، ۹/۲، ۱۳/۹ و ۱۳/۹ درصد می‌باشد. میزان ۱۵ درصد رزین بهترین میزان می‌باشد زیرا بیشترین افزایش مقاومت را داشته است و با افزایش میزان رزین از ۱۵ درصد به ۲۰ درصد، در مقاومت فشاری تغییری حاصل نشده است.

(۲) در طرح‌های حاوی ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد رزین به ترتیب ۱۷/۱، ۲۴/۵، ۲۸/۲ و ۲۲/۶ درصد افزایش مقاومت پیوستگی را نسبت به نمونه شاهد را داشته است. که در میزان ۱۵ درصد رزین بیشترین افزایش مقاومت را داشته و در نتیجه بهترین میزان می‌باشد.

(۳) با توجه به نتایج مربوط به آزمایش مقاومت کششی، به غیر از طرحی که حاوی ۵ درصد رزین آکرلیک می‌باشد در مابقی طرح‌ها افزایش مقاومت کششی نسبت به نمونه شاهد، مشخص می‌باشد. در طرح‌های

حاوی ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد رزین، ۹/۵، ۹/۵ و ۴/۷ درصد افزایش مقاومت کششی نسبت به نمونه شاهد را داشته است. که در دو طرح اختلاط ۱۰ و ۱۵ درصد، به یک میزان افزایش مقاومت را شاهد هستیم. (۴) در نتایج مربوط به آزمایش مقاومت خمشی مشخص است که با افزودن ۵ درصد رزین تغییر مقاومتی را نداشته و در طرح‌های با ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد رزین به ترتیب ۱/۶، ۲/۱۴ و ۱/۶ درصد افزایش مقاومت نسبت به نمونه شاهد داشته است. که ۱۵ درصد رزین بیشترین افزایش مقاومت خمشی را نسبت به نمونه شاهد دارد.

۲.۶ نتایج تاثیرات هم‌زمان میکروسیلیس و رزین آکرلیک

- (۱) با افزودن ۱۰ درصد میکرو سیلیس به ملات تعمیری، مقاومت فشاری به میزان ۱۶ درصد افزایش می‌یابد. همچنین در طرح‌هایی که ۱۰ درصد میکروسیلیس و رزین آکرلیک به میزان ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد اضافه گردیده به ترتیب ۱۸/۹، ۲۴/۶، ۲۷/۸ و ۲۶/۷ درصد افزایش مقاومت فشاری رخ داده است و بیشترین افزایش مقاومت فشاری مربوط به طرح با ۱۵ درصد رزین و ۱۰ درصد میکروسیلیس به میزان ۲۷/۸ می‌باشد.
- (۲) در طرح‌هایی که ۱۰ درصد میکروسیلیس و رزین آکرلیک به میزان ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد اضافه گردیده به ترتیب ۲۲/۶، ۳۹/۸، ۴۱/۱ و ۲۸/۸ درصد افزایش مقاومت پیوستگی نسبت به نمونه شاهد رخ داده است. اما نکته‌ی قابل قبول در مورد نحوه‌ی شکست نمونه‌ها مربوط می‌شود به طرح‌هایی که شامل ۱۰ و ۱۵ درصد رزین آکرلیک و ۱۰ درصد میکروسیلیس، که به صورت یکپارچه عمل نمودند.
- (۳) در طرح‌هایی که ۱۰ درصد میکروسیلیس و رزین آکرلیک به میزان ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد اضافه گردیده به ترتیب ۱۳، ۱۷/۳ و ۱۷/۳ درصد افزایش مقاومت کششی رخ داده است. در طرح با ۵ درصد رزین و ۱۰ درصد میکروسیلیس تغییر مقاومتی را نسبت به طرحی که فقط حاوی میکروسیلیس می‌باشد، نداشته است.
- (۴) در طرح‌هایی که حاوی رزین آکرلیک و میکروسیلیس می‌باشد به ترتیب برای طرح‌های با ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد رزین، ۱۲/۲، ۲۴/۴، ۲۶/۵ و ۲۲/۴ درصد افزایش مقاومت خمشی نسبت به نمونه شاهد داشته‌اند. که بهترین نتیجه مربوط به طرح ۱۵ درصد رزین آکرلیک و ۱۰ درصد میکروسیلیس می‌شود.

۷. مراجع

- [۱] رمضانپور، ع.ا، پیدایش، م، "بتن در محیط دریایی" مرکز تحقیقات و دوام بتن دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۵.
- [۲] قربانی گل پرور، م، غفاریان، ر، منصور، ا، "تحلیلی بر روش های تعمیر سازه های بتنی توسط پلیمرها"، سومین کنفرانس بین المللی بتن، دانشگاه امیرکبیر، ۱۳۷۹.
- [۳] رمضانپور، ع.ا، "عملکرد ملات های تعمیراتی با پایه های مختلف برای سازه های بتنی در محیط های شدید" از سایت www.SID.ir
- [۴] رمضانپور، ع.ا، همکاران، "ارزیابی و مقایسه عملکرد ملات های تعمیراتی سازه های بتن مسلح ساخت داخل و خارجی در شرایط محیطی خلیج فارس"، گزارش تحقیقاتی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
- [۵] Ramazanianpour, A.A, Momayez, A, "Prediction of the bond strength between concrete structure and repair materials", 6th, international conference on civil Eng, Isfahan, Iran, pp 189-196, 2003.
- [۶] بهفرنیا، ک، زریبافزاده، ا، "ارزیابی عملکرد ملات های تعمیراتی برای پوشش بتنی تونل های آبرسانی"، سومین کنفرانس بین المللی بتن، تهران، ایران، ۱۳۷۹.
- [۷] بهفرنیا، ک، "تاثیر روش های عمل آوری بر عملکرد ملات های تعمیراتی برای پوشش بتنی تونل های آبرسانی"، کنفرانس بین المللی سازه های هیدرولیکی، کرمان، ایران، ۱۳۸۰.
- [8] ASTM C127, "Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate".
- [9] ASTM C128, "Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate".
- [10] ASTM C778, "Standard Specification for Standard Sand".
- [11] ASTM C109, "Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)".
- [12] ASTM C305, "Standard Practice for Mechanical Mixing of Hydraulic Cement Pastes and Mortars of Plastic Consistency".
- [13] ASTM C882, "Standard test method for bond strength of epoxy-resin systems used with concrete by slant shear", pp 441-443, 1997.
- [14] BS 6319: Part2, 1983, "method for measurement of bond strength by slant shear test", London, british standard institution (BSI).