Archive OF SID

سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی‌رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.

سازمان بنادر و دریانوردی

مرکز بررسی اطلاعات علمی

ICOPMAS

www.SID.ir

وزارت مسکن و شهرسازی

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

ارزیابی و مقایسه عملکرد "ملات های تعمیری سازه های بتن مسلح" ساخت داخل و خارجی در شرایط محیطی خلیج فارس

مهندس طیبه پرهیزکار[۱] - دکتر پرویز قدوسی [۲]

دکتر علی اکبر رمضانیانپور[۳] - مهندس نرگس مظفری [۴]

۱-عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

۲-مشاور مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن و استادیار دانشگاه علم و صنعت ایران

۳-مشاور مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن و استاد دانشگاه پلی تکنیک ایران

۴-کارشناس ارشد مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

چکیده

سازه های بتنی خصوصاً در سواحل و بنادر جنوبی کشور به علت درجه حرارت و رطوبت بالا و همچنین وجود یون های مهاجم بطور فزاینده‌ای در حال تخریب بوده و باعث خسارات جبران ناپذیری گشته اند . در سال های اخیر عملیات تعمیر اینگونه سازه ها با صرف هزینه های بالا به دفعات متعدد در منطقه اجرا و در بعضی موارد پس از زمان کوتاهی بخش های تعمیر شده دچار آسیب دیدگی مجدد گردیده اند

نتایج تحقیقات و تجربیات عملی نشان می‌دهد که در صورتی که تعمیر این سازه ها با مصالح مناسب و سازگار با شرایط خاص منطقه و همچنین با استفاده از روش های صحیح انجام نگردد عملیات تعمیر با شکست مواجه خواهد شد .

در این مقاله نتایج ارزیابی ملات های سیمانی و ملات سیمانی با استفاده از میکروسیلیس و ملات های خشک آماده (ملات اصلاح شده با مواد پلیمری) استفاده گردید. برای ارزیابی ملات ها خواص فیزیکی ، مکانیکی ، دوام و نهایتاً چسبندگی آن به بتن پایه در آزمایشگاه و شرایط شبیه سازی شده خلیج فارس مورد بررسی قرارگرفت. نتایج ارائه شده در این مقاله بخشی از یافته های طرح پژوهشی " مطالعه و بررسی عملکرد پاره ای از مصالح تعمیراتی برای تعمیر سطحی بتن در شرایط محیطی خلیج فارس " که در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن در دست اجرا است. نتایج تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد ملات های سیمانی که با استفاده از میکروسیلیس و روان کننده ساخته شده در صورت استفاده از لایه چسبنده مناسب (لایه چسبنده سیمانی اصلاح شده با پلیمر) دارای دوام و چسبندگی مناسب با بتن قدیم را دارا هستند.

مقدمه

به دلیل شرایط خاص محیطی خلیج فارس (وجود کلر، سولفات ، رطوبت و دمای زیاد)، سازه های بتن آرمه از عمر کوتاهی برخوردارند. عمر مفید یا سرویس دهی سازه‌ها تابع کیفیت مصالح مصرفی و نحوه اجراء است . بعبارت دیگر چنانچه برای ساخت سازه از مصالح نامناسب و اجرای نامطلوب بهره گرفته شود، عمر مفید سازه کوتاه بوده و نیاز به تعمیر خواهد داشت . از طرف دیگر مدت سرویس دهی سازه های بتن آرمه تا حد قابل ملاحظه‌ای تحت تاثیر شرایط محیطی است . برای مثال ممکن است سازه‌ای با اجرای نامناسب در شرایط محیطی معمولی بمدت ۲۰ سال عمر مفید داشته باشد، اما همان سازه در شرایط محیطی شدید (از لحاظ وجود عناصر مخرب)، فقط ۵ سال سرویس دهی خواهد داشت .

در چند سال اخیر، بعلت آسیب دیدگی‌های شدید سازه‌های بتنی در حوزه خلیج فارس، عملیات تعمیر به دفعات متعدد در منطقه اجرا گردید . در بعضی موارد عملکرد این نوع مصالح تعمیر با شکست روبرو شده‌است و در کوتاه مدت بخش های تعمیر شده دچار آسیب دیدگی مجدد شده‌اند .

در این تحقیق ، عملکرد انواع مصالح تعمیری موضعی مورد بررسی و ارزیابی قرارگرفته و تاکید بر رفتار این نوع مصالح در شرایط شبیه سازی شده خلیج فارس بوده‌است .

مواد تعمیری از نظر نوع مواد مصرفی به ۳گروه بشرح زیر تقسیم می‌گردد [۱]:

۱ - مصالح تعمیری سیمانی (هیدرولیکی) - CC (Cement Concrete)
۲ - مصالح تعمیری رزینی - PC (Polymer Concrete)
۳ - مصالح تعمیری سیمانی اصلاح شده با مواد پلیمری - PCC (Polymer Cement Concrete)

مصالح تعمیری سیمانی

مواد تعمیری با پایه سیمان پرتلند به آسانی ساخته می‌شود و نسبتاً ارزان است . اما ضعف عمده آن در چسبندگی نامطلوب و جمع شدگی زیاد است . برای بهبود خواص ملات تعمیری با پایه سیمانی از پوزولان ، مواد افزودنی و الیاف استفاده می‌شود . همچنین برای کاهش مقدار جمع شدگی از مواد منبسط شونده مانند پودر آلومینیم یا اکسید کلسیم بهره گرفته می‌شود .

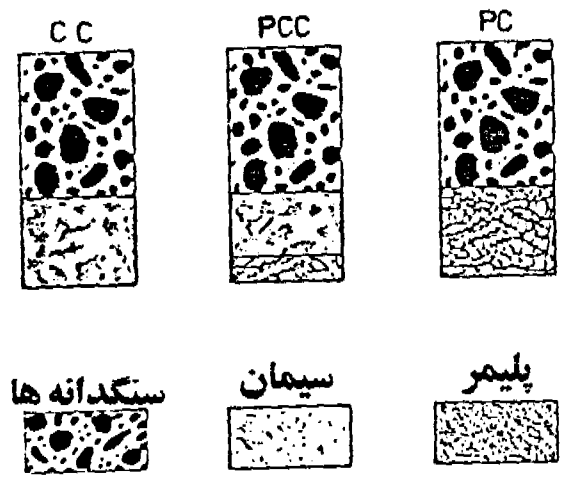
ملات های رزینی

ملات های رزینی نسبت به ملات های سیمانی از مزایای مهمی برخوردارند ، زیرا عمل آوری آن سریع می‌باشد و سرعت کسب مقاومت آنها زیاد است . این مواد در مقابل نفوذ عوامل مخرب شیمیایی مقاوم بوده و مقاومت پیوستگی آن نسبت به بتن پایه زیاد است . به دلیل گران بودن رزین ها ، این ملات ها برای ضخامت تعمیر بیشتر از ۱۰ میلیمتر مقرون به صرفه نیست . همچنین به دلیل اختلاف زیاد در ضریب انبساط حرارتی بین رزین و بتن پایه ، نباید این مواد برای ضخامت های زیاد مورد استفاده قرار گیرند . این خاصیت فیزیکی سبب ایجاد تنش های زیاد در محل پیوستگی بوده و در نتیجه ملات رزینی از محل اتصال جدا می‌گردد .

ملات های اصلاح شده با مواد پلیمری

در ملات های سیمانی اصلاح شده با مواد پلیمری، مواد مصنوعی بکار رفته در سیستم بشکل محلول در آب، بصورت لاتکس مصرف می‌گردد که با افزودن آن به ملات سیمانی، شبکه ای از رشته های پلیمری درون خمیر سیمان ایجاد می‌شود. با مصرف این مواد نسبت آب به سیمان و همچنین جمع شدگی ملات کاهش می‌یابد. در این ملات ها رشته‌های الاستیکی ماده پلیمری در امتداد ترک های ریز ایجاد شده قرار می‌گیرد و بدین ترتیب مقاومت کششی ، خمشی و خمشی افزایش یافته و نفوذپذیری کاهش می‌یابد . ملات های سیمانی اصلاح شده با پلیمر معمولاً برای تعمیر سطحی با ضخامت بیش از ۱۲ mm بکار برده می‌شوند.

شایان ذکر است ملات سیمانی اصلاح شده با مواد مصنوعی سالهاست که با موفقیت برای تعمیر سازه های بتنی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. مواد مصنوعی که در این نوع ملات استفاده می‌شود مانند موادی است که برای ملات های رزینی خالص استفاده می‌شود [۲]. برای روشن شدن اصطلاحات فوق شکل ۲ مواد تشکیل دهنده و ساختار این ملات ها را نشان می‌دهد. سمت چپ شکل ساختار ملات سیمانی یا سیمان - بتن (C-C) یا ملات سیمان معمولی را نشان می‌دهد . قسمت وسط شکل ، بتن اصلاح شده با مواد پلیمری و یا مصنوعی و سمت راست ملات رزینی (بتن پلیمری - PC) را نشان می‌دهد [۳].



شکل ۱ - ساختار و مواد تشکیل دهنده بتن های مختلف [۱]

تفاوت اصلی سه نوع ماده تعمیری فوق در مقدار و نوع چسبنده آنها می‌باشد . مقدار مصالح سنگی در هر سه نوع ملات یکسان است. ماده چسبنده در (CC) سیمان و در (PCC) بخشی از سیمان بوسیله مواد پلیمری جایگزین شده و (PC) فاقد سیمان است و ماده چسبنده آن فقط پلیمر می‌باشد.

یادآوری می‌گردد در اصطلاحات فوق مرز بین ملات و بتن تعیین نشده بطوریکه (PCC) سیمان - بتن اصلاح شده با مواد پلیمری و یا ملات اصلاح شده با مواد پلیمری نامیده می‌شود و (PC) نیز ملات پلیمری و یا ملات رزینی نامیده می‌شود.

پلیمرهای بکار رفته در ملات های تعمیری بسیار متنوع هستند و بطور کلی از دو گروه اصلی استفاده می‌شود که در شکل ۲ نشان داده شده است.

پلیمرهای بکار رفته در ملات های تعمیری

پلیمر آماده	مونومر	
مواد پخش کننده ترموپلاستیک و الاستیک	رزین های دوراپلاستیک	
- وینیل پروپیونات	ذرات معلق درآب	ذرات غیر معلق درآب
- وینیل استات		
- استایرین آکریلات	- رزین اپوکسی	- رزین اپوکسی
- استایرون بوتادین		- پلی استر
- آکریلات - متا آکریلات		- رزین ملامین

شکل ۲ - پلیمرهای بکار رفته در ملاتهای تعمیری [۴]

لیمرهای استفاده شده در گروه اول مواد مصنوعی هستند که پلیمریزه شده‌اند و بصورت پلیمر آماده به بتن اضافه می‌گردند این مواد بیشتر در بتن های اصلاح شده با مواد پلیمری (PCC) مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این گروه مواد پخش کننده ترموپلاستیک و الاستیک و همچنین پودرهای با خاصیت پخش کنندگی قرار دارند.مواد پخش کننده در اثر پلیمریزاسیون بصورت یک امولسیون (از آب و مایع) تشکیل شده‌اند. قطر پلیمر تشکیل شده باین ترتیب تقریبا" mm ۰/۱ تا mm ۵ است. مواد پخش کننده می‌توانند از یک و یا چند منومر تشکیل شده باشند که در نتیجه ایزوپلیمریزات و یا مخلوط پلیمریزات (کوپلیمر) بوجود می‌آید. در اثر مخلوط کردن پلیمرهای مختلف می‌توان خواص چسبندگی، نگاه داشتن آب، مقاومت و سایر خواص ملات را تغییر داد.

سخت شدن مواد پخش کننده بصورت فیزیکی صورت می‌گیرد، باین ترتیب که ماده پخش کننده در اثر هیدراسیون سیمان و خشک شدن ملات و یا بتن آب خود را از دست داده و در نتیجه اجزاء پلیمر به یکدیگر می‌چسبند. مثال برای این تیپ در شکل ۲ قسمت راست آن دیده می‌شود.

گروه دوم مواد مصنوعی که در بتن مورد استفاده قرار می‌گیرند منومرها می‌باشند این مواد در اصطلاح علمی رزین های دورا پلاستیک و یا بعبارت دیگر رزین های مصنوعی نامیده می‌شود. این رزین ها در اثر ترکیب شیمیائی سخت می‌گردند و انجام واکنش پس از مخلوط کردن مواد با یگدیگر صورت می گیرد. تفاوت این نوع رزین ها در معلق شدن و یا غیرقابل معلق شدن ذرات (امولسیون) آن در آب است. رزین هایی که در آب بصورت ذرات معلق هستند بیشتر برای بتن های اصلاح شده با مواد پلیمری (PCC) استفاده می‌شوند[۵]. باین ترتیب که رزین سخت شده همراه با سیمان هیدراته شده چسبنده ملات را تشکیل می‌دهند به همین جهت باید رزین و سخت کننده در آب بصورت امولسیون درآید و همچنین در روند سخت شدن و هیدراسیون سیمان با آن سازگار باشد [۴]. در حال حاضر بیشتر از رزین اپکسی استفاده می‌شود که سخت کننده و رزین آن بصورت مایع می‌باشد . رزین‌هایی که قابلیت امولسیون شدن در آب را ندارند بیشتر در بتن های پلیمری (PC)، لایه ارتباطی چسبنده بین بتن جدید و قدیم و یا پوشش های سطحی مورد استفاده قرار می‌گیرند.
رزین های اپوکسی که در حال حاضر استفاده می‌شوند در مقابل رطوبت حساس هستند و باید عمل مخلوط کردن با دقت انجام گیرد.

در این تحقیق عملکرد ملات های تعمیری (سیمانی و اصلاح شده با مواد پلیمری) در شرایط آزمایشگاهی و شرایط محیطی خلیج فارس مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد با در نظر گرفتن موارد زیر :

بطور کلی عملکرد مصالح تعمیری موضعی تابع سه عامل مهم بشرح زیر است [۶]:
۱ - کیفیت و دوام مصالح تعمیری
۲ - چسبندگی مواد تعمیری به بتن پایه
۳ - سازگاری مواد تعمیری با بتن پایه از نقطه نظر دوام و خواص فیزیکی و مکانیکی

- کیفیت و دوام مصالح تعمیری باید در حد مطلوب باشد در غیر اینصورت به دلیل نفوذ کلر و عناصر مخرب دیگر، عمر مفید موضع تعمیری کاهش می‌یابد .

- چسبندگی مواد تعمیری به بتن پایه نیز عامل مهم در رفتار موضع تعمیری محسوب می‌گردد . چنانچه مقاومت چسبندگی در وجه مشترک ملات تعمیری و بتن پایه کم باشد ، امکان دارد در اثر تنش های ناشی از جمع شدگـی ، انبساط حرارتی و غیـره، بخـش تعمیـر شده از بتن پایه جدا گردد .

ملات تعمیری باید دارای خواص سازگار با خواص بتن پایه باشد . برای مثال اختلاف در مدول الاستیسیته بین ملات تعمیری و بتن پایه، مقدار باربری آنها متفاوت بوده و امکان شکست در هریک از بخش های سازه (بخشی از سازه که دارای مدول بیشتر است، بار زیادتر تحمل می‌کند و در نتیجه امکان ترک خوردگی آن بخش وجود دارد) خواهد بود .

بطورکلی یک سیستم تعمیراتی موارد زیر را باید در بر بگیرد [۷]:

۱ - حفاظت از خوردگی آرماتور
۲ - استفاده از لایه چسبنده مناسب جهت چسبندگی بتن جدید و قدیم
۳ - استفاده از ملات تعمیری مناسب
۴ - بکارگیری ملات مناسب جهت یکنواخت نمودن سطح
۵ - اقدامات لازم جهت حفاظت بتن از طریق اعمال پوشش های سطحی

مصالح و ساخت نمونه ها

در ایـن پژوهـش از دو گروه ملات ساخت ایران (ساخته شده در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن) و ملات های آماده خارجی استفاده گردید .

ملات ساخت ایران

برای ساخت ملات های تعمیری در این پروژه از مصالح با مشخصات بشرح زیر استفاده گردید :
برای ساخت نمونه‌های شاهد (SH) از سیمان پرتلند معمولی تیپ II و فوق روان کننده و ماسه سیلیسی استفاده گردید. برای بهبود کیفیت نمونه های شاهد ۷ درصد میکروسیلیس سمنان (MS) جایگزین گردید. ماسه مصرفی در این پروژه از نوع سیلیسی است که از معادن همدان و فیروزکوه برداشت شده‌است . بـرای کاهـش نسبت آب به سیـمان در ملات‌های تعمیری ، از فـوق روان کننـده ملکریـت Melcret TB 101 F ، با پایه Melanin Sulphonate Naftalin استفاده گردید .

طرح مخلوط های ساخته شده

خلاصه‌ای از مشخصات مخلوط ساخته شده در جدول ۱ درج گردیده است .

جدول ۱ - خلاصه مشخصات طرح ملات‌های تعمیری

علامت مشخصه	نسبت وزنی سیمان به سنگدانه	نسبت آب به سیمان	درصد پلیمر	درصد فوق روان‌کننده ملکریت	درصدجایگزینی میکروسیلیس نسبت به وزن سیمان	مقدارسیمان (میز جریان) kg/m³	مقدار آب kg/m³	مقدار روانی cm	وزن مخصوص مخلوط kg/m³
SH	۱:۲/۵	۰/۳۵	-	٪ ۰/۵	-	۵۷۲	۲۰۰	۴۰	۲۲۰۵
MS	۱:۲/۵	۰/۳۵	-	٪ ۱	٪ ۷	۵۴۷	۱۹۲	۴۳	۲۱۵۳

ملات های خشک آماده

ملات‌هایی که بصورت آماده ازطرف کارخانه های سازنده خارجی ارسال و مورد ارزیابی قرار گرفته است بشرح زیر می‌باشد ازآنجائیکه برخی از این مواد درتعمیرسازه‌های بتنی درجنوب کشور مورداستفاده قرارگرفته است ، عملکرد این نوع ملات ها نیز در این تحقیق مورد بررسی قرارگرفته است .

- سینکریت ۱۰۸ (Sincrete 108). این ملات با علامت مشخصه SIN در این پروژه معرفی شده‌است .
- اماکو (Emaco S 88 C)، این ملات با علامت مشخصه EMA در این پروژه معرفی شده است .

برای ساخت ملات های آماده فوق ، طبق توصیه کارخانه های سازنده فقط مقدار آب معین به ملات خشک اضافه گردید.

شرایط عمل آوری نمونه ها

شرایط عمل آوری برای نمونه ها شامل ملات های ساخته شده و آماده ، بشرح زیر است :

- پس از ساخت نمونه ها در قالب و گذشت گیرش اولیه، بمدت ۲۴ ساعت روی قالب‌ها با گونی مرطوب و روکش پلاستیکی محافظت گردید . پس ازگذشت ۲۴ ساعت، نمونه‌ها از قالب‌ها خارج و بمدت ۷ روز در اتاق عمل آوری با شرایط دمای ^{o}C ۱ ± ۲۰ و رطوبت اشباع نگهداری شدند . سپس نمونه ها به دوگروه تقسیم و به دو شرایط مختلف محیطی بشرح زیر انتقال داده شدند :

گروه A: شرایط آزمایشگاه با رطوبت نسبی ٪۵ ± ۳۵ و دمای °C ۲ ± ۲۰
گروه B: شرایط شبیه سازی خلیج فارس با رطوبت نسبی ۶۵ ٪ و دمای °C ۳۵

نمونه‌ها تا سنین آزمایش در شرایط اشاره شده، نگهداری شدند.

نوع آزمایش ها

برای ارزیابی ملات های تعمیری ، آزمایش های مقاومت فشاری ، مقاومت خمشی ، مدول الاستیسیته دینامیکی و استاتیکی ، کاهش مقاومت فشاری در برابر سولفات ، انبساط درسولفات ، جذب سطحی ، نفوذپذیری ، درصد تخلخل کل ، جذب مویینه و پروفیل کلر انجام گردید.

شرح و تفسیر نتایج

شرح و تفسیر نتایج آزمایش ها در سه گروه خواص فیزیکی و مکانیکی ، چسبندگی و دوام ارائه شده است .

خواص فیزیکی و مکانیکی ملات‌های تعمیری

نتایج خواص فیزیکی و مکانیکی ملات ها در جداول ۲ و ۳ ارائه شده است. نتایج در جدول نشان می‌دهد که بیشترین مقاومت فشاری متعلق به ملات SIN و EMA است . در ملات های ساخته شده با میکروسیلیس (MS) نیز مقاومت بیشتر از ملات شاهد (SH) است. مقاومت خمشی و مدول استاتیکی و دینامیکی تمام ملات ها تقریباً مشابه است، غیر از ملات SINکه برخلاف مقاومت فشاری آن‌که تقریباً بیشترین مقدار است، مدول الاستیسیته آن کمتر ثبت شده است .

نتایج نمونه‌های عمل آوری شده در شرایط خلیج فارس (جدول ۳) نشان می‌دهد که مقاومت ملات ها در

دراز مدت (۱۸۰ روز) کمتر از کوتاه مدت (۲۸ روز) است. این پدیده در مورد EMA و بتن شاهد صادق نیست و مقاومت آن در دراز مدت روند افزایشی نشان می‌دهد . از طرف دیگر مقاومت تمام ملاتهای عمل آوری شده در شرایط B نسبت به شرایط Aکمتر است. همچنین مقادیر جمع شدگی نیز در شرایط خلیج فارس بیشتر از شرایط آزمایشگاهی است .

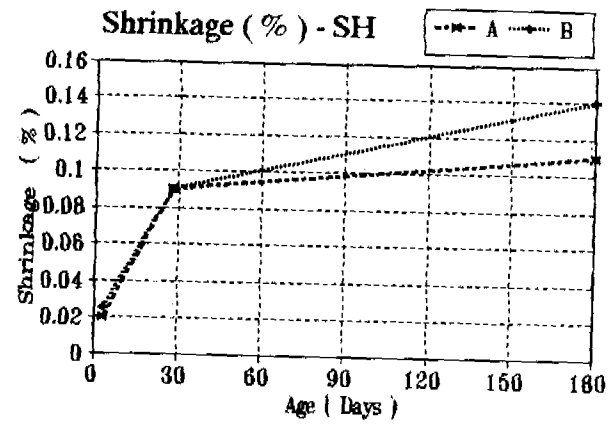
در شکل های ۳ الی ۶ نمودارهای جمع شدگی مربوط به ملات های شاهد ، میکروسیلیس ، سینکریت و اماکو مشخص شده است .

جدول ۳ - خواص فیزیکی و مکانیکی انواع ملات‌ها در شرایط آزمایشگاه

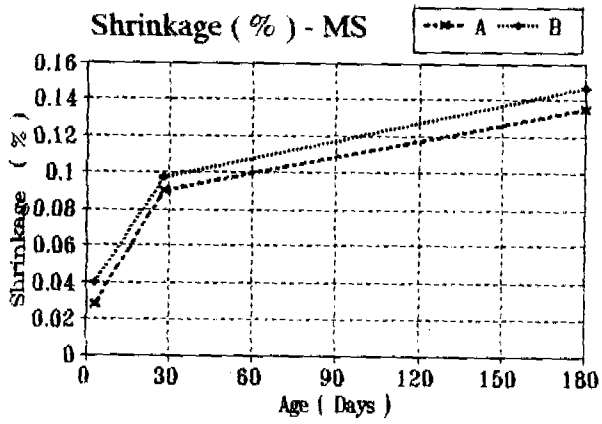
علامت	مقاومت فشاری (MPa)		مقاومت خمشی (MPa)		مدول استاتیکی (GPa)		مدول دینامیکی (GPa)		جمع شدگی (درصد)		
معرف	۲۸ روز	۱۸۰ روز	۲۸ روز	۱۸۰ روز	۲۸ روز	۱۸۰ روز	۲۸ روز	۱۸۰ روز	۳ روز	۲۸ روز	۱۸۰ روز
SH	۴۵	۶۵	۶	۱۰	۳۱/۳	۳۳/۲	۳۲/۰	۳۳	۰/۰۲	۰/۰۹	۰/۱۱
MS	۵۱	۶۶	۶	۹	۳۲/۰	۳۳/۰	۳۰/۰	۳۱/۰	۰/۰۲۸	۰/۰۹	۰/۱۳۵
SIN	۷۱	۷۴	۷/۵	۸/۵	-	-	۲۶/۲	۲۸/۴	۰/۰۶۲	۰/۱۰۱	۰/۱۱۰
EMA	۸۸	۹۲	۱۱/۵	۱۲/۵	-	-	۳۰/۳	۳۱/۰	۰/۰۱۵	۰/۰۷۲	۰/۰۹۴

جدول ۴ - خواص مکانیکی و فیزیکی انواع ملات ها در شرایط خلیج فارس

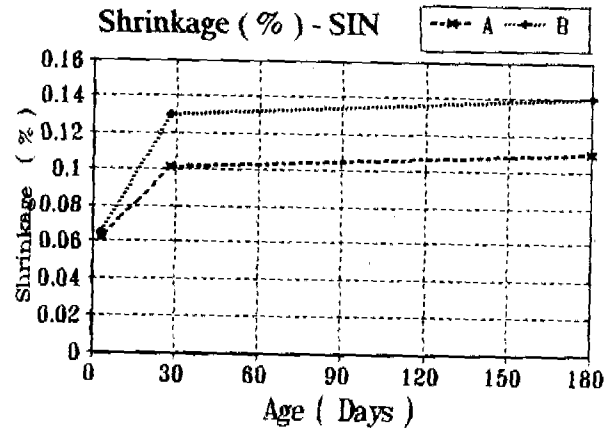
علامت	مقاومت فشاری (MPa)		مقاومت خمشی (MPa)		مدول استاتیکی (GPa)		مدول دینامیکی (GPa)		جمع شدگی (درصد)		
معرف	۲۸ روز	۱۸۰ روز	۲۸ روز	۱۸۰ روز	۲۸ روز	۱۸۰ روز	۲۸ روز	۱۸۰ روز	۳ روز	۲۸ روز	۱۸۰ روز
SH	۴۳	۶۱	۸	۸/۵	۲۹/۵	۳۱/۵	۳۱/۰	۳۲/۰	۰/۰۲۵	۰/۰۹	۰/۱۴
MS	۶۶	۵۵	۸	۸/۵	۲۷	۳۱/۲	۲۹	۳۰	۰/۰۴	۰/۰۹۷	۰/۱۴۷
SIN	۸۳	۷۸	۷	۸	-	-	۲۴/۵	۲۷/۵	۰/۰۶۵	۰/۱۳	۰/۱۴
EMA	۸۴	۹۰	۱۰/۵	۱۰/۶	-	-	۲۸/۹	۳۰/۱	۰/۰۲۰	۰/۱۱۸	۰/۱۴۴



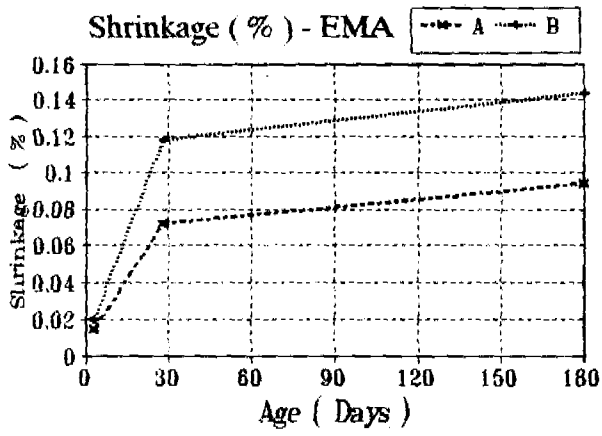
شکل ۳ - تغییرات جمع شدگی ملات شاهد (SH)
برای دو شرایط A و B در سنین مختلف .



شکل ۴ - تغییرات جمع شدگی ملات شاهد (MS)
برای دو شرایط A و B در سنین مختلف .



شکل ۵ - تغییرات جمع شدگی ملات شاهد (SIN)
برای دو شرایط A و B در سنین مختلف .



شکل ۶ - تغییرات جمع شدگی ملات شاهد (EMA)
برای دو شرایط A و B در سنین مختلف .

۲ - مقاومت چسبندگی

برای تعیین مقاومت چسبندگی نمونه های مکعبی به ابعاد ۲۰×۴۰×۳۰ سانتیمتر ساخته شد. برای ساخت این نمونه ها از بتن معمولی (سیمان پرتلند تیپ II) با مقاومت ۳۵ MPa استفاده گردید. این نمونه‌ها بعنوان بتن پایه بوده و پس از آماده سازی سطح آن ، ملات تعمیری بر روی آن اعمال گردید. برای آماده سازی سطح بتن پایه سطح آن توسط دستگاه ماسه پاش زبر شد . سطح زبر شده قبل از اعمال ملات های تعمیری کاملاً از مواد زائد و گردوخاک زدوده گردید .

قبل از اعمال ملات تعمیری، برای افزایش مقاومت چسبندگی از موادی مانند از لایه ارتباطی چسبانده بر پایه سیمان و سیمان اصلاح شده با پلیمر استفاده گردید . برای کاهش جمع شدگی در وجه مشترک مواد چسبنده با بتن پایه و برای جلوگیری از جذب آب مواد چسبنده توسط بتن پایه با اعمال آب بر روی نمونه ها ، بتن پایه به شرایط اشباع با سطح خشک رسانده شد. پس از اعمال ملات های تعمیری ، نمونه ها در شرایط A و B نگهداری شدند. برای تعیین چسبندگی بتن قدیم و ملات تعمیری آزمایش باندتست بر روی نمونه ها انجام گرفت . مشخصات نمونه ها و نتایج مقاومت چسبندگی در جدول ۵ ارائه شده است .

شایان ذکر است که برای ملات های MS , SH از چسبنده سیمانی و اصلاح شده با پلیمر استفاده گردید و برای ملات های خشک آماده بر اساس دستورالعمل تولید کننده از لایه چسبنده توصیه شده استفاده گردید .

جدول ۵ - مقاومت چسبندگی نمونه ها در شرایط آزمایشگاه

نوع ماده چسبنده	نوع ملات تعمیری	مقدار مقاومت چسبندگی N/mm^2
پایه سیمانی (دوغاب)	SH	۱/۲
پایه سیمانی (دوغاب)	MS	۱/۵۳
سیمان اصلاح شده با پلیمر	MS	۲/۵۵
پلیمر * SIN	SIN	*

توضیح :

* قبل از انجام آزمایش ، لایه تعمیری از بتن قدیم جدا گردید .

همانطور که در بخش جمع آوری اطلاعات ذکر گردید، چنانچه محل گسیختگی در بتن پایه باشد نشان دهنده آن است که مقاومت برشی بتن پایه کمتر از مقاومت چسبندگی در وجه مشترک است . اگر محل شکست در ملات تعمیری باشد، نشان می دهد که مقاومت کششی ملات تعمیری کمتر از مقاومت چسبندگی است و وقتی که مقاومت چسبندگی کمتر از مقاومت بتن پایه و ملات تعمیری است ، محل گسیختگی در وجه مشترک خواهد بود . از طرف دیگر مقدار بحرانی مقاومت پیوستگی (در وجه مشترک) برابر با ۱/۵ MPa است .

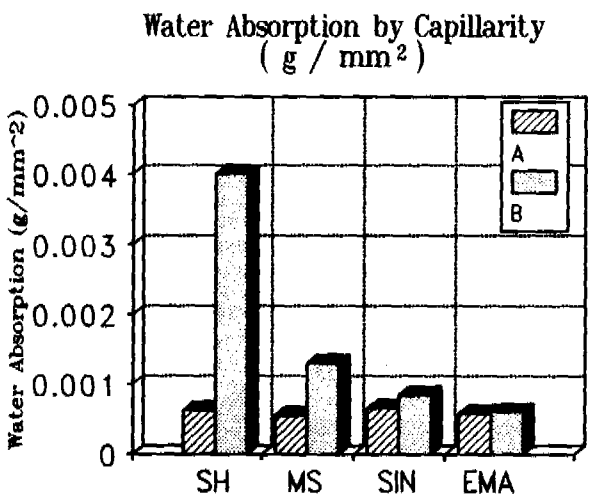
نمونه هایی که ماده چسبنده آنها نوع سیمان اصلاح شده با پلیمر بوده ، بیشترین مقاومت پیوستگی برابر با ۲/۳ MPa را نشان می دهد .

۳ - دوام ملات های تعمیری

آزمایش های نتایج نفوذپذیری و جذب :

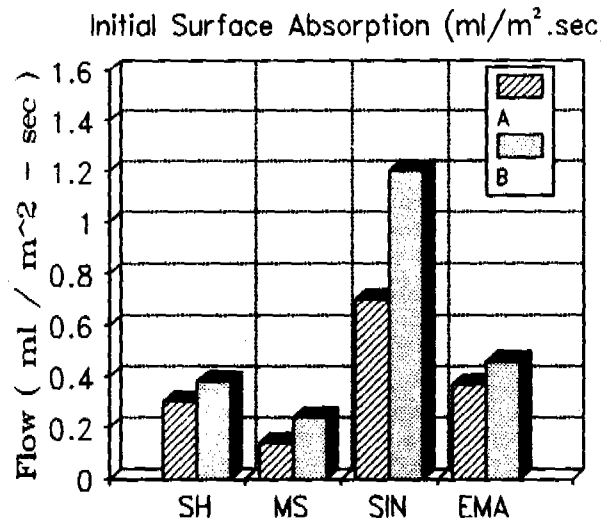
نتایج آزمایش های نفوذپذیری آب ، جذب سطحی (در ۱۰ دقیقه) و جذب مویینه (در ۷۲ ساعت) ملات ها در سن ۲۸ روز برای شرایط آزمایشگاهی در شکل های ۷ الی ۹ ارائه شده است . بطورکلی ملات حاوی میکروسیلیس (MS) نسبت به ملات معمولی (SH) از جذب و نفوذ کمتری برخوردار بوده است .

نتایج آزمایش های نفوذپذیری آب ، جذب سطحی (در ۱۰ دقیقه) و جذب مویینه (در ۷۲ ساعت) ملات ها در سن ۲۸ روز برای شرایط خلیج فارس نیز در شکل های ۷ الی ۹ نشان داده شده است . روند نتایج آزمایش ها برای ملات های مختلف مشابه نتایج آزمایش‌ها در محیط آزمایشگاه است . اما بطورکلی تمام ملات‌ها در محیط خلیج فارس نسبت به محیط آزمایشگاه از جذب و نفوذ بیشتری برخوردار بوده‌اند . این پدیده نشان می‌دهد که محیط خلیج فارس بر ساختار فیزیکی (تخلخل) ملاتها اثر منفی دارد .



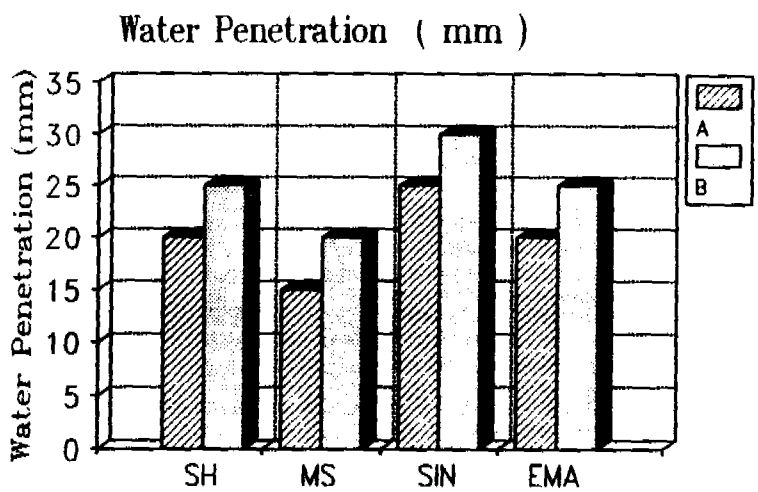
شکل ۸ - تغییرات جذب مویینه ملات های مختلف

(زمان آزمایش ۷۲ ساعت)



شکل ۷ - تغییرات جذب سطحی ملات های مختلف

(زمان آزمایش ۱۰ دقیقه)



شکل ۹ - تغییرات نفوذ پذیری ملات های مختلف

نتایج تهاجم سولفات

نتایج آزمایش تهاجم سولفات برای انواع ملات های تعمیری در جدول ۸ برای سن ۹۰ روز مورد مقایسه قرارگرفته است .

جدول ۸ - نتایج آزمایش تهاجم سولفات ملات های مختلف

علامت اختصاری ملات	درصد تغییر طول در محلول سولفات (در سن ۳ ماه)	
	شرایط A	شرایط B
SH	۰/۰۰۳	۰/۰۰۶
MS	۰/۰۰۶	۰/۰۱۵
SIN	۰/۰۲	۰/۰۲۵

ضریب انتشار کلر

ضریب انتشارکلر انواع ملات های تعمیر بر اساس قانون دوم Fick طبق رابطه زیر محاسبه گردید [۸ و ۹]:

$$C\ (x,t) = C_i + (Cs - C_i)\ erf\ \frac{X}{\sqrt{4.t.D}}$$

که در آن :

C (x,t) = غلظت کلر در عمق x (cm) از سطح نمونه بتن در سن t (به ثانیه)

D = ضریب انتشارکلر بر حسب cm^2/sec

C_i = غلظت اولیه کلر بر حسب درصد وزن سیمان

erfC = ضریب عامل خطا

نتایج ضریب انتشارکلر در جدول ۹ برای انواع ملات ها ارائه شده است .

جدول ۹ - نتایج ضریب انتشارکلر برای ملات های مختلف

نوع ملات	ضریب انتشارکلر ($X10^{-8}\ cm^2/sec$) در شرایط مختلف محیطی			
	در محیط آزمایشگاه		در محیط خلیج فارس	
	۳ ماه	۶ ماه	۳ ماه	۶ ماه
SH	۷۶	۱۲	۴۰	۱۴
MS	۶۲	۱۰	۳۳	۱۷
SIN	-	۹	-	۱۶

با توجه به نتایج محدود ضریب انتشار کلر، می توان نتیجه گرفت که ملات MS در محیط آزمایشگاه نسبت به ملات شاهد SH از ضریب انتشار کمتر برخوردار است . همین پدیده در محیط خلیج فارس در مدت آزمایش ۳ ماه صادق است . ضریب انتشار ملات SIN تقریباً مشابه ملات MS است .

نتیجه گیری

در این پژوهش عملکرد چند نوع مصالح تعمیر موضعی با تاکید بر دوام این نوع مصالح در شرایط شبیه سازی شده خلیج فارس مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفتند :

۱ - کیفیت و دوام مصالح تعمیری باید در حد مطلوب باشد در غیر اینصورت بعلت نفوذ عناصر مخرب عمر مفید موضع تعمیر شده کاهش می‌یابد.

۲ - ملات تعمیری باید دارای خواص سازگار با خواص بتن پایه باشد در غیر اینصورت عملیات تعمیر ناموفق خواهد بود.

۳ - ملات های خشک آماده گر چه برخی از خواص مکانیکی بتن را بهبود می‌بخشد ولی سازگاری و چسبندگی آن با بتن پایه از اهمیت ویژه ای برخوردار است .

۴ - استفاده از ملات های ساخته شده با میکروسیلیس در صورتی می‌تواند دارای عملکرد مطلوب باشد که لایه ارتباطی چسبنده آن با بتن پایه با پلیمر اصلاح شده باشد.

۵ - چسبندگی مواد تعمیر به بتن پایه عامل مهمی در رفتار موضع تعمیری محسوب می‌باشد چنانچه مقاومت چسبندگی در وجه مشترک ملات تعمیری و بتن پایه کم باشد امکان جدا شدگی آن از بخش تعمیر شده زیر است .

مراجع

1 - Mays, G., Durability of Concrete Structures, Investigation, Repair, Protection, E & FN Spon, Chapman and Hall, 1992

2 - Budnik , J. : Zementmortel / Beton mit kunststoh - zusatz (PCC) - Reactionsharmortel/Reaktionshar beton (PC) bundesanstalt furstrassen wesen / Bergisch Gladbzch , Febuary / March 1988.

3 - Kay, T., Assessment & Renovation of Concrete Structures, Longman Scientific and Technical Publications, 1992.

4 - Sch , H. und Bundi , C.J. : Harzmodifizietle zementmortel , Ergebnisse von labor - und Feldversuehen Beton 9/83

5 - Tuutti, K., "Service Life of Structures with Regard to Corrosion of Embedded Steel", International Conference on the Performance of Concrete in the Marine Environment, Canada, 1980, pp. 223-236.

6 - Arup, H., Electrochemical Monitoring of the Corrosion State of Steel in Concrete. Proceedings of the First International Conference on Deterioration and Repair of Reinforced Concrete, Bahrain Society of Engineers, Manama, 1985, pp. 485-493.

7 - Ghodousi, P., Ramazanianpour, A.A., Taheri, A., Parhizkar, T., and Ganjian, E., "The Use of Surface Treatment Compounds to Enhance Durability of Reinforced Concrete", International Congress on Concrete in the Service of Mankind, 24-28 June, Dundee, Scotland, University of Dundee.

8 - Page, C.L., Short, N.R. and El Tarras, A., "Diffusion of Chloride Ions in Hardened Cement Pastes", Cement and Concrete Research, Vol. 11, No. 3, 1981, pp. 395-406.

9 - Tuutti, K., "Corrosion of Steel in Concrete", Swedish Cement and Concrete Research Institute, Stockholm, Sweden, 1982.

10 - Allen, R.T.L., Edward, S.C. and Shaw, J.D.N., The Repair of Concrete Structures, British Library Publications , 1987

Performance Evaluation and Comparison of Domestic and Foreign Repair Materials of Armed Concrete Structures Produced in Persian Gulf Environmental Conditions

T. Parhizgar, Eng. – Faculty Member of Building and House Research Center

P. Ghodusi, Ph.D. – Consultant in Building and House Research Center and Assistant Professor in Iran University of Science and Technology

A. A. Ramezanianpur, Ph.D. – Consultant in Building and House Research Center and Assistant Professor in Amirkabir University of Technology

N. Mozafari, Eng. – Building and House Research Center

Abstract

Concrete structures in the southern coasts of Iran are vastly destroyed and irreparably damaged because of humidity, temperature and aggressive ions. In recent years, many costly repairing operations were done on these structures, and in some cases, the repaired parts were once more damaged after a while. The results of investigations and the practical experiences indicate that repairing these structures should be done with materials compatible with the particular conditions of the area and with accurate techniques; otherwise the reparation operation will face failure. In this article, the evaluation results of cement materials and the cement materials using micro-silica and the dry prompt materials were implemented. In order to evaluate the materials, their physical and mechanical features, their durability and finally their adherence to the base concretes at the laboratory and in the stimulated conditions of the Persian Gulf were investigated. The proposed results in this article are a part of "the study and investigation of the performance of a part of reparation materials in surface reparation of concrete in the environmental conditions of the Persian Gulf" research plan which is being operated at Building and House Research Center. The results of the investigations indicate that cement materials produced by using micro-silica and lubricants have the durability and the adherence of the old concrete if an adequate adhesive layer (the polymer modified adhesive layer) is used.

Keywords: armed concrete; repairing methods; Persian Gulf; polymer concrete