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

Archive of SID

ترمیم سازه‌های بتنی تخریب شده در اثر خوردگی در ناحیه خلیج فارس

دکتر ابراهیم جباری ، دکتر افشین طاهری ، مهندس مرتضی رعیتی دماوندی
دانشکده عمران ، دانشگاه علم و صنعت ایران

چکیده

مهمترین بنادر ایران در حاشیه خلیج فارس قرار گرفته‌اند . به علت شرایط نامساعد در این منطقه، وسعت تخریب ساختمانهای بتنی و تعمیر آنها کاملاً قابل ملاحظه میباشد. بررسی جامعی در این زمینه در ارتباط با مواد تعمیری توسط مؤلفین انجام شده است. در ارتباط با خصوصیات مواد تعمیری ، خصوصاً مسئله با نظر به خوردگی فولاد،به پوزولانهای محلی توجه خاص شده است.

آزمایش‌های مواد تعمیری در این تحقیق عبارت بوده است از:

مقاومت فشاری نمونه‌های ساخته شده با مواد تعمیر

مقاومت خمشی نمونه‌های ساخته شده با مواد تعمیر

مقاومت برشی نمونه‌های ساخته شده با مواد تعمیری

مقاومت برش مورب نمونه‌های ساخته شده با مواد تعمیری

تعیین جمع شدگی و انبساط

تعیین میزان نفوذ کلر در بتن سخت شده

تعیین نفوذپذیری نمونه‌های ساخته شده با مواد تعمیری (تحت فشار آب)

تعیین جذب سطحی نمونه های ساخته شده با مواد تعمیری

بیرون کشیدن فولاد برای تعیین پیوستگی فولاد به مواد تعمیری

تعیین چسبندگی بتن قدیم و جدید

۱- مقدمه:

سازه‌های بتنی در مناطق جنوبی ایران بطور فزاینده‌ای در حال تخریب باشند عوامل اصلی در این پروسه تخریب شرایط نامناسب آب و هوایی (درجه حرارت و رطوبت بالا) و نفوذ یونهای مضر (کلر ، سولفیت ،

www.SID.ir

Archive of SID

کربنات و غیره) می‌باشد به این عوامل باید عدم توجه کافی به اصول اجرایی و فنی در زمان اجرای این سازه‌ها را نیز اضافه نمود.

تعمیر و نگهداری بتن سازه‌های بتنی برای دو هدف زیر انجام میشود:
(۱) بازیابی پایداری و مقاومت سازه بتنی برای باقیمانده عمر طراحی سازه
(۲) بازیابی شکل اولیه سازه پس از انجام تعمیرات

مطالعه حاضر بر تعمیر این گونه سازه‌ها متمرکز شده است. برای این هدف تعدادی نمونه بتنی آماده و آزمایشات بر روی این نمونه‌ها انجام شد. رفتار نمونه‌ها تحت شرایط مختلف بارگذاری بررسی شد. با تحلیل نتایج آزمایشات نتیجه گیری کلی تحقیق حاصل شد.

۲- عوامل تخریب سازه‌های بتنی

همانطور که قبلاً ذکر شد شرایط نامناسب آب و هوایی ، نفوذ مواد مضر ، به داخل بتن ،عدم ملاحظه و رعایت دقیق اصول فنی و اجرایی عوامل مهم و مؤثر در پروسه تخریب و تلاشی سازه فنی بتنی در منطقه مورد نظر میباشند.
آخرین عامل ، هر چند بسیار با اهمیت ، در این مطالعه مورد بحث و بررسی قرار نمی‌گیرد بلکه باید به عنوان یک مسئله اجتماعی تلقی گردد و با ارتقاء مهارت‌های پرسنلی که در ساخت و ساز چنین سازه‌هایی ذیمدخل می‌باشند مرتفع گردد.

۲-۱ شرایط نامناسب آب و هوایی در منطقه

در منطقه مورد نظر شرایط آب و هوایی برای زندگی کاملاً نامناسب و ناراحت کننده می‌باشد. این شرایط به اضافه دوری منطقه از مرکز باعث میشود که متخصصین فن و افراد دارای مهارتهای لازم جذب نشوند. نبود چنین افرادی در زمان اجرای سازه‌ها بدون شک باعث کاهش کیفیت کارهای اجرایی در منطقه مورد بحث می‌گردد.
به علت نزدیکی منطقه به خط استوا در بیشتر روزهای تابستان درجه حرارت به ۴۵ درجه سانتیگراد می‌رسد. بر طبق گزارش ایستگاه هواشناسی در بندرعباس، متوسط سالیانه رطوبت در این ناحیه در طول یک دوره ۱۵ ساله ۶۷/۵٪ بوده است. غالباً رطوبت در این منطقه به ۹۵٪ نیز می‌رسد.

۲-۲ نفوذ مواد مضر به داخل بتن

در منطقه مورد نظر ، به چهار نوع مکانیزم شیمیایی مخرب در سازه‌های بتنی که در اثر حمله مواد و گازهای مضر به بتن ایجاد میشود میتوان اشاره نمود. این چهار مکانیزم شیمیایی عبارتند از:
(۱) حمله اسیدها در اثر نفوذ گازها در حضور آب

www.SID.ir

Archive of SID

(۲) تشکیل نمک‌های منبسط شونده در اثر حمله سولفاتی یا فساد سولفاتی از داخل بتن

(۳) واکنش سیلیس - قلیائی‌ها

(۴) نفوذ و یا تأثیر یون‌های کلر در توده بتن

در اغلب موارد و خصوصاً در منطقه مورد نظر دو یا سه مکانیزم از مکانیزم‌های فوق بطور همزمان در سازه بتن مسلح اتفاق خواهد افتاد و باعث تسریع و توسعه روند خوردگی و در نتیجه فساد در بتن مسلح خواهد شد.

۳- مراحل تعمیر بتن تخریب شده

در گذشته چنین تصور می‌شد که سازه‌های بتنی عمر نامحدود دارند و بتن سازه به مرمت و نگهداری نیازی ندارد. این باور در دهه‌های گذشته به لحاظ خرابی‌های بوجود آمده در سازه‌های بتنی و ضرورت ترمیم اینگونه سازه‌ها و اعمال اقدامات پیشگیرانه تغییر کرده است.

(۱) برداشتن بتن از محل مورد نظر

(۲) آماده کردن سطح

روش‌های متداول برای آماده کردن سطح عبارتند از:

ماسه پاشی

جت آب با فشار زیاد

پاشیدن ماسه

حرارت دهی

(۳) انتخاب و بکارگیری مواد چسبنده سطح زیرین قبل از ترمیم

(۴) انتخاب و بکارگیری مواد متداول جایگزین بتن اولیه

این مواد عبارتند از:

ملات ماسه سیمان سنتی

بتن با دانه بندی نرم

ملات سیمان تقویت شده با مواد پلیمری

ملاتها و بتن‌های پلیمری

ملات و بتن مسلح به الیاف

ملات و بتن معمولی با استفاده از مواد پوزولانی

۴- آزمایشات انجام شده

در این تحقیق تعداد ملات‌های تعمیراتی مختلفی بررسی گردید. آزمایشات بر روی نمونه‌های ساخته شده از ملاتها به قرار آنچه در ابتدا توضیح داده شد انجام شد. نتایج آزمایشات مربوطه برای چهار مورد اول از آزمایشات ذکر شده در این مقاله گزارش شده و تحلیل خواهد گردید. نتایج آزمایشات بقیه موارد در مقاله

www.SID.ir

Archive of SID

بعدی گزارش و تحلیل خواهد گردید.

۴-۱ آماده کردن نمونه‌ها

بتن تعمیری دارای مقاومت فشاری در حدود ۳۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع داشت. این مقدار مقاومت فشاری بتن است که معمولاً در منطقه مورد نظر مشخص میشود.

انواع مختلف ملات به شرح زیر ساخته شده و مورد استفاده قرار گرفت:

ملات ماسه سیمان ۱:۲ (دو قسمت وزنی ماسه و یک قسمت سیمان)	M2
ملات ماسه سیمان ۱:۲/۵	M2.5
ملات ماسه سیمان ۱:۲/۵ به علاوه ۱۵٪ دیاتمه و ۱٪ روان کننده	MD
ملات ماسه سیمان ۱:۲/۵ به علاوه ۱۵٪ سرباره و ۱٪ روان کننده	MS
ملات ماسه سیمان ۱:۲/۵ به علاوه ۱٪ حجمی نمونه الیاف پلی پروپیلن	ML
ملات ماسه سیمان ۱:۳	M3

۴-۲ مصالح مصرفی در ملات و بتن

در ملات‌های فوق‌الذکر ماسه شکسته با دانه بندی مشابه ۱۹۸۴ ، ۸۸۲ BS، ناحیه M استفاده شد. ماسه مصرفی در بتن در انطباق با درجه‌بندی ۱۸۸۱ BS ناحیه ۱ و شن مصرفی در بتن در انطباق با ۸۸۲ BS با قطر حداکثر ۲۰ میلیمتر استفاده گردید. دانه بندی روشن و ماسه به تفصیل در جدول ۱ نشان داده شده است.
به علت جذب بالای آب دو ماده دیاتمه و سرباره به ملات با نسبت ماسه به سیمان ۱:۲/۵ برای کاهش نسبت آب به سیمان به میزان ۱٪ روان کننده اضافه شده است تا نسبت آب به سیمان در تمام نمونه‌ها در حدود ۰/۵ باشد. ترکیب شیمیایی دیاتمه و سرباره که از تجزیه شیمیایی دو ماده به دست آمده است به شرح جدول ۲ می‌باشد.

۴-۳ نتایج مقاومت فشاری

آماده کردن و شرایط عمل آوری نمونه‌ها برای بتن و ملات‌های تعمیراتی به ترتیب مطابق استاندارد ۳۹ ASTM و ۱۰۹ ASTM انجام شد. در همه مخلوط‌ها، مقاومت بتن و ملات ۳۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع بود. آزمایش برای مقاومت فشاری ۲۸ روزه و ۹۰ روزه انجام گردید. نتایج در جدول ۳ دیده میشود.

۴-۴ نتایج مقاومت خمشی

بررسی نتایج آزمایشات برای تعیین مقاومت خمشی نمونه‌ها و مقایسه بین مقاومت خمشی ملات‌های مختلف و مقاومت خمشی بتن نتیجه‌گیری‌هایی را در مورد مدول الاستیسیته به دست می‌دهد.معمولاً مقاومت خمشی مناسب برای نمونه‌ها ملات یا کیفیت مناسب در حدود ۴۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع میباشد.
ولی در همه نمونه‌های ملات مقاومت خمشی بیش از این مقدار بود که این خود نشانه مدول الاستیسیته بالا میباشد.

www.SID.ir

Archive of SID

بنابراین تفاوت بسیار بالایی مابین مقاومت خمشی ملات و مقاومت خمشی بتن تعمیری وجود دارد. طبیعتاً این مدول الاستیسیته بالا مطلوب نیست زیرا تفاوت موجود می‌تواند تنش‌های ناخواسته در حد فاصل بین دو لایه ایجاد کند. بنابراین،بایستی هدف این باشد که از مواد با مدول الاستیسیته نزدیک به مدول الاستیسیته بتن تعمیری استفاده شود.

جدول ۴ نتایج آزمایشات مقاومت خمشی ملات‌های سیمانی را نشان می‌دهد. در شکل ۱ درصد افزایش مقاومت خمشی در مقایسه با بتن مرجع نشان داده شده است.

۴-۵ نتایج برش مورب

نتایج برش مورب در جدول ۵ نشان داده شده است. با توجه به نتایج آزمایشات برای ماده چسبنده اپوکسی یک نکته قابل ذکر وجود دارد. به نظر می‌رسد که عمل آوری در نظر گرفته شده در جایی که حرکت دو لایه و متعاقباً شکست در اثر جدایی معمولاً برای نمونه‌های عمل آورده شده در آب از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. درحالیکه برای نمونه‌های عمل آورده شده در محیط مرطوب شکست از این نوع مشاهده نشد. در استفاده از دوغاب سیمان برای تأمین چسبندگی ، نه تنها هیچگونه حرکتی دیده نشد،بلکه مقاومت نزدیک به مقاومت نمونه‌های ساخته شده با اپوکسی و بعضاً حتی بیشتر دیده شد. در بیشتر موارد، مطابق جدول ۵ شکست به علت بتن پایه و نه حرکت دو لایه اتفاق افتاد.

۴-۶ نتایج جمع شدگی

یکی از مهمترین معیارهای قضاوت برای مواد تعمیری جمع شدگی آنهاست .گرچه معمولاً در عمل هیچگونه جمع شدگی بدون قید وجود ندارد آزمایش جمع شدگی بدون قید معمول می‌تواند به عنوان نشانه‌ای از رفتار مواد مد نظر قرار گیرد. نتایج برای نمونه‌های عمل آمده تا مدت شش ماه در شرایط خلیج فارس در جدول ۶ نشان داده شده است. تنش‌های مربوطه مطابق قانون هوک در همین جدول نیز خود نشانه‌ای از تنش در طول حد فاصل بین بتن و مواد تعمیری است. ترسیم نتایج (شکل ۲) بعضی نتایج کلی را به دست می‌دهد.

(۱) در منطقه خلیج فارس جمع شدگی زودرس می‌تواند بسیار وسیع اتفاق افتد. در چنین شرایط آب و هوایی محافظت و عمل آوری مناسب مواد تعمیری از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است.

(۲) پوزولان‌های تحت بررسی نشان می‌دهند که تمایل بیشتری برای انقباض دارند. ولی در مقایسه با سایر ملات‌های و نیز ملاحظه امتیازات بیشمار در استفاده از آنها، انقباض حاصله می‌تواند قابل قبول تلقی شود.

۵- نتیجه گیری

به موازات توصیه‌های داده شده بوسیله کمیته‌های مختلف ذیصلاح در تعمیر سازه‌های بتنی،نتایج آزمایشات به روشنی امتیازات استفاده از مواد پوزولانی را در کارهای تعمیری نشان می‌دهد. نتیجه‌گیری‌های عمده عبارتند از:

۱- آزمایش برش مورب نشان داد استفاده از دوغاب سیمان به عنوان ماده چسبنده بین بتن قدیم و جدید

www.SID.ir

Archive of SID

مناسب خواهد بود اگر شرایط زیر فراهم شود:

آماده سازی سطح به روش مطلوب صورت گیرد و همه ذرات گردو غبار از روی سطح جمع آوری شود. حداقل دو ساعت قبل از شروع کار تعمیر،سطحی که تعمیر روی آن صورت می‌گیرد با آب تمیز اشباع شود با این شرایط که روی سطح آبی باقی نماند در غیر اینصورت این آب به آب دوغاب اضافه خواهد شد و قابلیت چسبندگی دوغاب را کاهش خواهد داد.

نسبت آب به سیمان بایستی دقیقاً کنترل شود و توصیه میشود این نسبت حدود ۲ باشد اما تأثیر شرایط آب و هوای منطقه در میزان این نسبت بسیار مهم است.

فاصله زمانی بین دوغاب زنی و ملات ریزی بایستی به اندازه کافی کوتاه باشد برای اینکه دوغاب بیش از ملات ریزی خشک نشود.

۲- استفاده از ملات الیافی به علل زیر توصیه میشود:

برای اطمینان از چسبندگی کافی بین لایه قدیم و لایه جدید،موادی با مدول الاستیسیته نزدیک به مدول الاستیسیته بتن اصلی مورد نیاز است. با توجه به نتایج آزمایش مقاومت خمشی نمونه‌ها و این واقعیت که مقاومت خمشی ملات الیافی ۹۴٪ بتن تعمیری بود دیده میشود که مدول الاستیسیته این دو ماده (بتن تعمیری و ملات الیافی) به هم نزدیک است و استفاده از این الیاف برای این هدف کاملاً مناسب است.

مقاومت فشاری نمونه‌های ساخته شده با استفاده از الیاف کمتر از بتن اصلی بود. این موضوع به نظر نمی‌رسد اهمیت چندانی داشته باشد. در استفاده از الیاف مختلف در ترکیبات سیمانی معمولاً مقاومت فشاری قربانی میشود و کاهش تا حدود ۳۰٪ نیز گزارش شده است. ولی در این تحقیق ، کاهش قابل ملاحظه ای مشاهده نشد. در عمل ، این کاهش می‌تواند با افزایش مقاومت فشاری در مرحله طرح اختلاط جبران شود.

۳- در ارتباط با استفاده از دیاتمه و سرباره نکته قابل این ذکر است که علیرغم بالا بودن مدول الاستیسیته آنها نسبت به مدول الاستیسیته بتن اصلی ، این مواد باعث بعضی خواص با ارزش آنها مانند کاهش نفوذ پذیری آب (تحت فشار و تحت جذب سطحی) ، ایجاد مقاومت پیوستگی بالا با فولاد و بالا بودن مقاومت کششی می‌تواند برای استفاده از کارهای تعمیری در منطقه مورد نظر توصیه شود.

۶- منابع

Allen , R.T.L. - Edward , S.C.

The repair of concerte structures, 1987.

Berke, N.S. - Weil T.G.

Word - wide review of corrosion inhibitors in concerete books , Advances in concerte technolongy , Ed.

V.M. Malhorta.

Bungey J.H.

www.SID.ir

Archive of SID

The testing of concrete in structure,1989.

Concrete Society.

Repair of concrete damaged by rwinforced concrete, Technical report No.26,1984.

مرتضی رعیتی دماوندی ،مواد و روش‌های ترمیم سازه‌های بتنی تخریب شده در اثر خوردگی آرماتور در ناحیه خلیج فارس ، رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران ، ۱۳۷۴.

اسدالله قاضی ، ارزیابی پوزولان‌های ایران ، نشریه ۱۲۸ ، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۶۹.

Ghoddousi , P.

The effect of corrosion the strength of reinforced concrete structures , PhD thesis, Lieds University, England, 1992.

Heron

Durability of buildings, Vol. 30,No.3,1985.

Heron

Maintenance and repair of concrete structures, Vol. 34,No.3,1985.

Kerich, J.D.

A method to determin epoxibond strength, Journal of American Institute peoceeding, VOL. 73,NO.7,1976.

مهر آسا خانپور، پیش بینی عمر مفید مصالح و اجزاء ساختمان نشریه ۱۲۸، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۶۹.

Locher, F.W - Rechenberg , W. - sprung, S.

20 jahriger einwirkung von kohlesaure, Beton 5, 1984.

رضا پاشایی ، بررسی پدیده کربناسیون و نفوذ کلراید در سازه‌های بتن مسلح ، رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه امیرکبیر ، ۱۳۷۰.

منصور پیدایش ، دوام بتون در مناطق حاشیه خلیج فارس ، رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه امیرکبیر، ۱۳۶۹.

Robert , M.H.

Determination of chloride and cement concrete of hardened concrete, BRE.

Vanden ,A.J - Rijnen C.J. Winkelman J.P.

Realkalization of carbonated concrete by electro - osmosis, Cement 11,1988.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱: دانه بندی شن و ماسه بتن و ملات ها

شن بتن		ماسه بتن		ماسه ملات	محدوده پیشنهادی BS
شماره الک	در صد عبوری	شماره الک	در صد عبوری	در صد عبوری	در صد عبوری
۱/۵	۱۰۰	٤	۹۷/۵	۱۰۰	۱۰۰
۰/۷۵	۱۰۰	۸	۷۹	٦۰	٦۵–۱۰۰
۰/۵	۵۱	۱٦	۳۷/۹	٤۷	٤۵–۱۰۰
3/8	۸	۳۰	۸۳/۳۳	۲۹	۲۸–۸۰
3/16	۲	۵۰	۸/۹۵	۱۳	۵–٤۸
–	–	۱۰۰	٤/٤۵	–	–

جدول ۲: ترکیب شیمیایی دیاتمه و سرباره

سرباره	دیاتمه	ترکیبات
٪	۳/۳۸	LOI
۳۷/۷۲	۹۰/۸۸	$Si O_2$
۱٤/٤	۲/۱۵	$Al_2 O_3$
۱/۲	۰/٦	$Fe_2 O_3$
٤۰/٦	۱۰٤	Ca O
۵/۸	۰/٤	Mg O
N/A	N/A	$K_2 O$
N/A	N/A	$Na_2 O$
–	۱/۱۳	$S O_3$
–	٤/٤۵	Cl

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳: نتایج مقاومت فشاری

نوع مصالح	نمونه ۵×۵×۵ سانتیمتر		نمونه ۱۰×۱۰×۱۰ سانتیمتر		نمونه ۱۵×۱۵×۱۵ سانتیمتر	
	۲۸ روزه	۹۰ روزه	۲۸ روزه	۹۰ روزه	۲۸ روزه	۹۰ روزه
بتن معمولی	–	–	۳۸۲	٤١٦	۳۷۵	۳٤۱
M2	٥٤٦	٥٩٧	٤٦٣	٥٠٨	–	–
M2.5	٥٤٨	٦٠٢	٤٧٣	٥٢٣	–	–
MD	٥٥٠	٥٩٢	٤٥١	٤٩١	–	–
MS	٥٣٨	٥٨٢	٤٣٧	٤٧٨	–	–
ML	۳۷۸	٤٣٠	۳٥١	۳۹٠	–	–
M3	٥٩٥	٦٦٢	٥١٨	٥٧٠	–	–

جدول ٤: نتایج مقاومت خمشی نمونه های عمل آمده در آب

در شش ماه

نمونه ها	مقاومت خمشی کیلوگرم بر مترمربع
بتن اصلی	٧٤
M2	١٤٢
M2.5	١٣١
MD	١٠٤
MS	٩٥
ML	٧٠
M3	١٠٢

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵: نتایج برش مورب

نمونه	لایه چسبنده در مرز دو لایه	مقاومت فشاری بتن	مقاومت فشاری ملات	مقاومت برش مورب	نوع شکست نمونه
M2	چسب اپوکسی	۲۵۰	۳۰۵	۱۷۹	لغزش در مرز
M2	دوغاب سیمان	۲۵۰	۳۰۵	۲۹۳	شکست در بتن
M2.5	چسب اپوکسی	۲۵۰	۳۱۵	۱۸۲	لغزش در مرز
M2.5	دوغاب سیمان	۲۵۰	۳۱۵	۲۵۹	شکست در بتن
M3	چسب اپوکسی	۲۵۰	۳۴۰	۲۰۳	لغزش در مرز
M3	دوغاب سیمان	۲۵۰	۳۴۰	۲۷۳	شکست کلی
MD	چسب اپوکسی	۲۵۰	۳۰۱	۲۳۲	لغزش
MD	دوغاب سیمان	۲۵۰	۳۰۱	۲۴۲	شکست کی
MS	چسب اپوکسی	۲۷۳	۲۹۵	۲۴۹	شکست در بتن
MS	دوغاب سیمان	۲۷۳	۲۹۵	۲۵۸	شکست کلی
ML	چسب اپوکسی	۲۷۳	۲۰۳	۱۸۸	شکست در بتن
ML	دوغاب سیمان	۲۷۳	۲۰۳	۱۷۵	شکست ملات
بتن	چسب اپوکسی	۲۷۳	۲۸۴	۲۸۵	شکست کلی
بتن	دوغاب سیمان	۲۷۳	۲۸۴	۲۷۳	شکست بتن

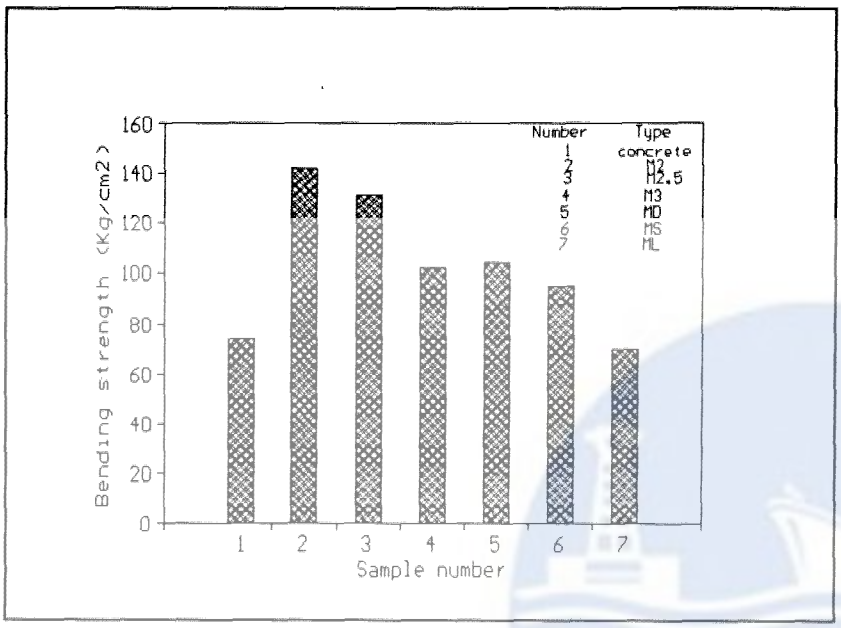
زیرین

جدول ۶: نتایج آزمایش انقباض

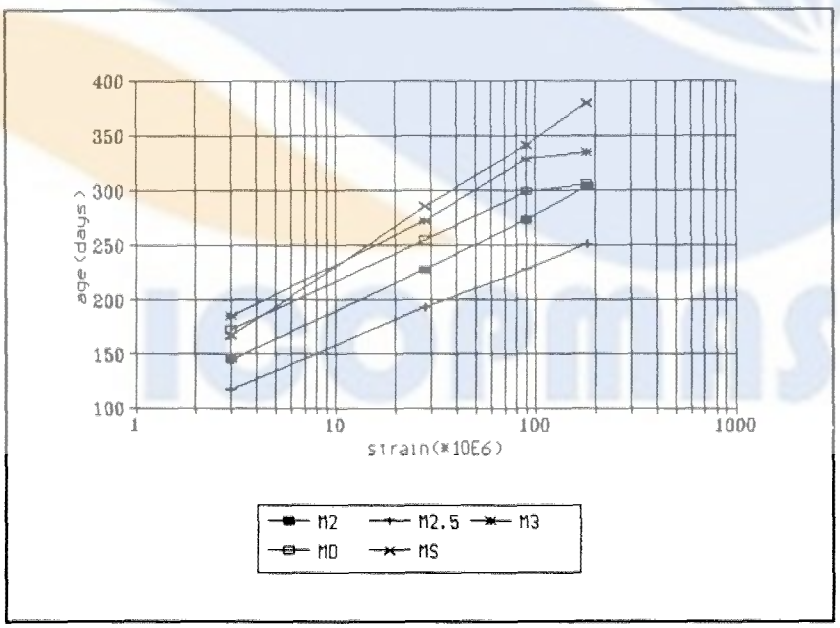
نمونه	۳ روزه تغییر شکل	۲۸ روزه تغییر شکل	۹۰ روزه تغییر شکل	۱۸۰ روزه تغییر شکل
M2	۱۶۷	۲۸۵	۳۴۱	۳۷۹
M2.5	۱۴۵	۲۲۷	۲۷۳	۳۰۳
M3	۱۱۷	۱۹۳	۲۲۸	۲۵۱
MD	۱۸۵	۲۷۲	۳۲۸	۳۳۴
MS	۱۷۲	۲۵۴	۲۹۹	۳۰۵
بتن	–	–	۱۲۰	۱۸۳

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱: مقایسه بین مقاومت خمشی مدل های مختلف و مقاومت خمشی بتن



شکل ۲: تغییر شکل نمونه ها در عمر های مختلف

www.SID.ir

Archive of SID

Restoration of Eroded Concrete Constructions in Persian Gulf

I. Jabari, Ph.D., A. Taheri Ph.D., M. Rayati Damavandi Eng.

Iran University of Science & Technology, Civil Engineering Faculty

Abstract

The most important seaports of Iran are on the coasts of the Persian Gulf. Because of unfavorable conditions of this area, the extent of concrete construction erosion and their restoration are worthy of attention, and a plenary survey in this field in relation to restoration materials was done by the authors. In this respect, in relation to the characteristics of the restoration materials, special attention was paid to the local pozzolans, considering the erosion of steel. Material tests conducted in this research were: pressure strength, flexural strength, shear strength, and diagonal shear strength of samples constructed with the restoration materials; shrinkage and expansion; scale of chlorine penetration in the reinforced concrete; permeability of the constructed samples with the restoration materials (under water pressure); absorption of the constructed samples with the restoration materials; steel pulling out for determination of the steel affinity with the restoration materials and the tenacity of the old and the new concrete.

Keywords: concrete construction erosion; restoration; Persian Gulf

www.SID.ir