بررسی علل خرابی و خوردگی در ساختمانهای بتنی جزیره کیش

علی اکبر رمضانیانپور

دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

فرامرز مودی

دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده :

جزیره کیش دومین جزیره ایران از لحاظ وسعت و اولین جزیره از لحاظ سرمایه‌گذاری‌های اقتصادی و ساخت ابنیه فنی در حوزه خلیج‌فارس می‌باشد. متأسفانه در سالهای اخیر اکثر سازه‌های بتنی ساخته شده در جزیره دچار آسیب دیدگی و خرابی گشته که تعمیر و یا بازسازی آن مستلزم بررسی همه جانبه پیرامون علل بروز این خرابیها می‌باشد.

در این مقاله علل و عوامل مؤثر در خرابی ساختمانهای بتنی این جزیره بررسی شده است. مطالعات انجام شده شامل بررسیهای نظری و آزمایشات مخرب و غیرمخرب شیمیائی و مکانیکی روی این ساختمانها بوده است.

در مجموع علت اصلی خوردگی و نوع صدمات وارده به بتن در سازه‌های فوق‌الذکر از نوع شیمیائی و خوردگی کلروری بوده است.

Causes of Deterioration and Corrosion of Concrete Structures in Kish Island

A.A. Ramezanian pour, Ph.D.

Associate Professor Civil Engineering Dept Amirkabir University

F. Moodi, M.Sc.

Aimirkabir University of Technology

ABSTRACT

Kish Island is the Second Largest islands of Iran and The first island in terms of 2economical investments and Construction . Unfortunately most of the Concrete Structures in this island have Shown Severe damage and deterioration . Before any remedial Work , the Causes of these damages have to be determined.

This article deals with the Causes of deterioration of Concrete Structures in this island. In this research visual examination and non - destructive tests were used for the assessment of Concrete buildings . In brief most of the damages have occurred due to the Chloride attack and the Corrosion of reinforcement.

مقدمه

امروزه تحقیقات در زمینه خرابیهای شیمیائی در بتن تحت اثر عوامل محیطی متنوع، بخصوص در نواحی خلیج فارس با توجه به‌زمینه وسیع تخریب و صدمات وارده به سازه‌های بتنی نظر اکثر دست‌اندرکاران را به خود جلب نموده است. تجزیه شیمیائی آب خلیج فارس و خاک و آب زیرزمینی حواشی آن حاکی از درصد بالای عوامل مضر برای آن منطقه می‌باشد. همچنین دمای بالا و رطوبت در تشدید اثر این عوامل کاملاً مؤثر می‌باشد.

خرابیها و صدمات در بتن را می‌توان به دو دسته تقسیم نمود:

الف ـ خرابیهای فیزیکی مکانیکی که تحت اثر نیروهای مختلف وارده بر سازه و یا بر اثر عوامل محیطی در بتن ایجاد می‌گردد. از این عوامل می‌توان نیروهای وارده، باد، زلزله، عوامل سایش و فرسایش دهنده، گرما وسرما و یخبندان را نام برد.

ب ـ خرابی شیمیائی که تحت اثر عوامل شیمیائی محیطی خارج و یا داخل بتن و یا توأماً صورت می‌گیرد. این خرابیها از نوع سولفاتی، کلروری، کربناتی و واکنش قلیائی سنگدانه‌ها می‌باشند.

درصد بالائی از خرابی سازه‌های بتنی در ایران بخصوص در حاشیه خلیج فارس ناشی از خرابی کلروری می‌باشند. خوردگی کلروری تحت اثر عوامل متعدد زیر کاهش یا شدت می‌یابد.

۱ ـ اکسیژن ۲ ـ PH بتن ۳ ـ یون کلر ۴ ـ تخلخل ونفوذپذیری بتن ۵ ـ رطوبت ۶ ـ دما ۷ ـ پوشش میلگردها ۸ ـ نوع سیمان و نسبت آب به سیمان.

خوردگی آرماتور در بتن یک فرآیند الکتروشیمیائی است و سیستم همانند یک پیل از آند، کاتد و الکترولیت تشکیل شده است. در آنداکسیداسیون الکتروشیمیائی صورت می‌پذیرد و در کاتد کاهش الکتروشیمیائی اتفاق می‌افتد. در آند که قطب مثبت می‌باشد آهن اکسید شده و به یون آهن تبدیل می‌شود:

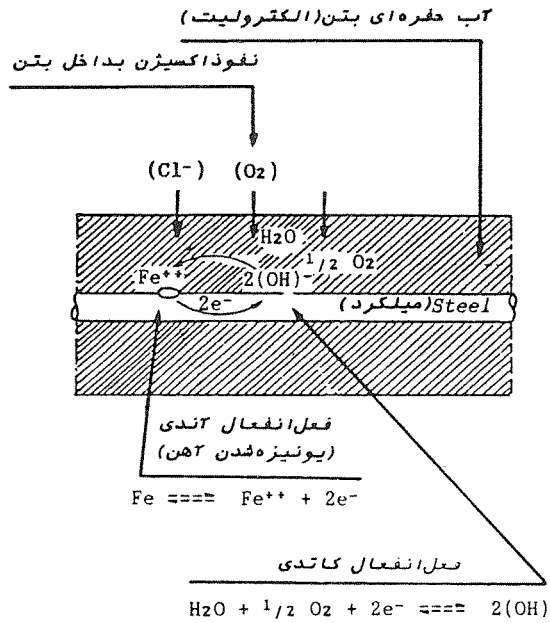
$$Fe = Fe^{++} + ۲e^{-}$$

در کاتد با وجود اکسیژن و آب که لازمه ایجادخوردگی است فعل و انفعال کاتدی بصورت زیر صورت می‌پذیرد:

$$H۲O + ۱/۲O۲ + ۲e^{-} = ۲(OH)^{-}$$

بتن در اینجا نقش الکترولیت را داشته و هدایت الکتریسته را انجام می‌دهد. در حقیقت مایع داخل منافذ بتن که قلیائی و با PH بالاست نقش الکترولیت را بعهده دارد. یون OH^{-} که در کاتد تشکیل شده است به آندانتقال می‌یابد (شکل ۱) و با یون آهن فعل و انفعال آندی یعنی هیدرواکسید آهن $(Fe(OH)۲)$ را پدید می‌آورد. هیدرواکسید تشکیل شده سپس با حضور اکسیژن و در محیط مرطوب به زنگ آهن تبدیل می‌شود.

نکته مهم در این فرآیند سرعت انجام واکنش است که معمولاً تابع در دسترس‌بودن اکسیژن کافی در کاتد ومقاومت الکتریکی بتن می‌باشد که راه انتقال الکترون را بین آند و کاتد فراهم می‌سازد. نقش یونهای کلر در حقیقت از بین بردن لایه



شکل ۱ ـ مدل ساده‌شده‌فرآیندخوردگی‌الکتروشیمیائی آهن‌در بتن

محافظ آرماتورها بوده و در محلهایی که غلظت یون کلر بالا می‌باشد لایه محافظ ضعیف بوده و خوردگی آغاز می‌گردد. به محض آغاز خوردگی در مجاورت آن یک پیل تشکیل شده و فولاد بعنوان کاتد عمل کرده و حلالیت آهن آند در نقطه و محل کوچکی آغاز می‌گردد. همانطور که در شکل ۱ دیده می‌شود جریان یونی ناشی از خوردگی یونهای کلر بیشتری را به آند هدایت‌کرده وخوردگی با کاهش PH اطراف آند شدت می‌یابد.

در انجام این تحقیق و بمنظور بررسی علت خوردگی بتن در سازه‌های فوق الذکر بررسی سوابق اجرائی طرح ضروری بوده، لیکن هیچگونه سابقه‌ای از آن بدست نیامد.

۱ ـ مراحل مطالعات

مطالعات با بازدیدهای محلی و ارزیابی نظری بتن‌ها و بررسی علل و عوامل مؤثر در صدمات وارده شروع و همزمان برنامه‌ریزی برای انجام آزمایشهای لازم در محل ساختمانها در جزیره و آزمایشگاه صورت گرفت و گروه آزمایشگاه به جزیره اعزام گردید. آزمایشهای مقاومت فشاری در محل و مغزه‌گیری (Core) جهت انجام آزمایشهای تکمیلی در آزمایشگاه انجام شد. در خاتمه براساس بررسی نظری خرابیها در محل ومطالعه نتایج آزمایشها، انواع خرابیها طبقه‌بندی و علل بروز صدمات مشخص گردیده است.

۲ ـ بازدیدها و مشاهدات عینی

ـ ساختمان هتل بزرگ کیش دارای اسکلت و سقف بتنی با عمری حدود ۲۰ سال ودر ۲۰۰ متری ساحل دریا واقع شده است. خرابیهای مشاهده شده در بیرون ساختمان شامل ترکها و خوردگیهای طولی در ارتفاع دیواره‌های بتنی، ترکهای افقی در طول تیرهای بالای پنجره‌ها (که در اثر انبساط آنها شیشه‌ها شکسته شده) و ترک در محل اتصال بالکن‌ها به سقف می‌باشند که در همه موارد آثار زنگ‌زدگی آرماتورها بخوبی نمایان است. میزان پوشش آرماتورها در بیرون از ساختمان به ۷ سانتیمتر و در داخل به ۴ سانتیمتر محدود می‌باشد.

درنمای ساختمان بازار ساحلی نیز ترکها در محل اتصال سقف به تیرها، در طول ستونها و در طول تیرهای بالای پنجره‌ها که منجر به شکسته شدن شیشه‌ها شده مشاهده گردیده است. این ساختمان نیز در حدود ۲۰۰ متری ساحل دریا واقع شده است.

بازار فرانسویها نسبتاً دور از ساحل و در قسمتهای میانی جزیره واقع می‌باشد. خرابیهای مشاهده شده شامل طبله کردن و ریزش بتن سقف مغازه‌ها و سردرب آنها، ریزش بتن و پوشش سرامیکی بامهای شیب داروترکهای طولی در دیوارهای بتنی بین مغازه‌ها بوده است.

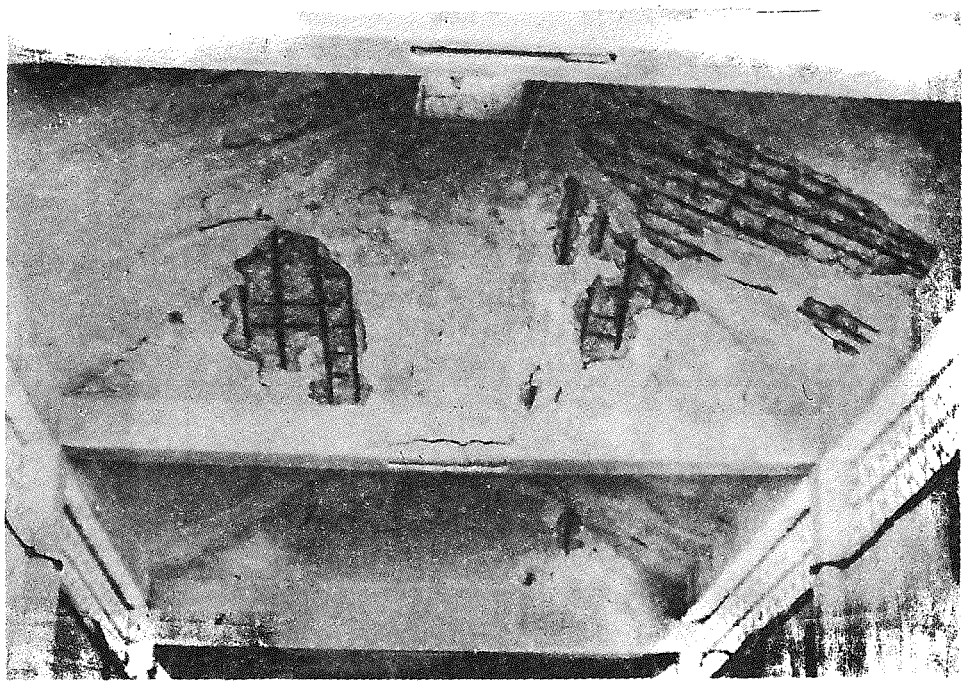
خرابیهای مشاهده شده در بازار صفین که نسبت به بقیه ساختمانها نزدیکتر به ساحل واقع شده شامل ترکهای طولی عمودی بزرگ در ارتفاع ستونها، ترکهای طولی افقی در تیرها، ریزش بتن پوشش آرماتورهای سقف و قطع شدن آرماتورها در اثرخوردگی بوده است. در این ساختمان پوشش بسیار اندک آرماتورها بخوبی مشاهده می‌گردد شکل ۲.

مدرسه ابتدائی نزدیک بازار صفین و نسبت به آن کمی دورتر از ساحل دریا قرار دارد . دیوارهای این مدرسه از بلوک مسلح ساخته شده وسقف یکپارچه بتنی آن را پوشانده است. شدیدترین وضعیت خرابی در این ساختمان مشاهده شده که شامل ترکهای عمیق و بزرگ در جهات مختلف در دیوارها و ریزش بتن پوشش آرماتور سقفها بوده است شکل ۳.

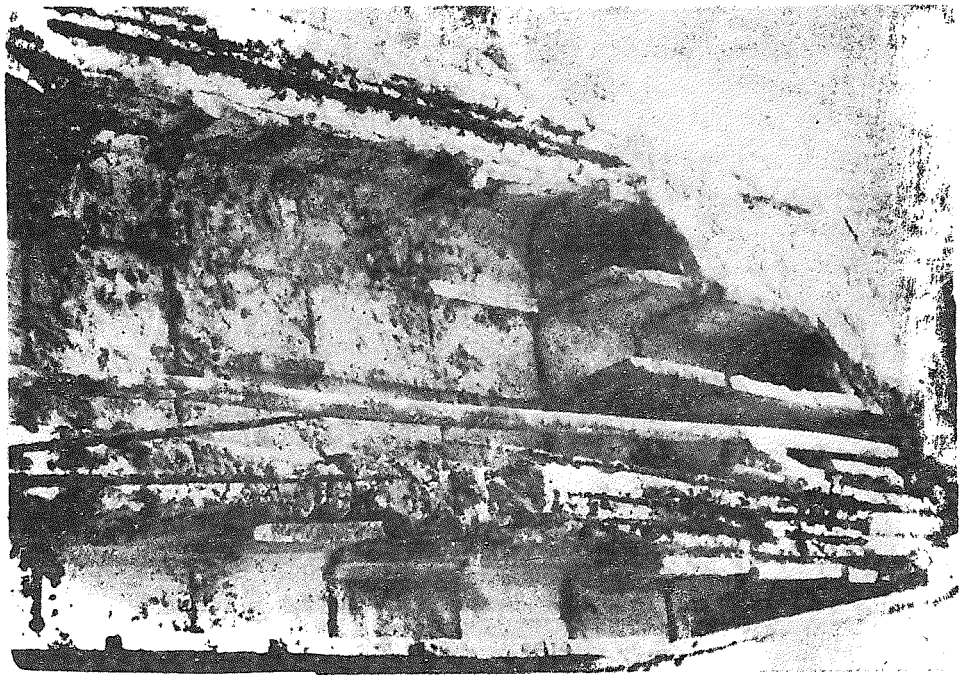
ساختمان آب شیرین کن دارای دو قسمت اداری و محل بویلرها ودیگهای حرارتی می‌باشد. قسمت بویلرها دارای اسکلت وسقف بتنی بوده و خوردگی آرماتور بشدت مشاهده شده بطوریکه سقف قسمتی از این ساختمان بعلت شدت خرابی برداشته شده بود. همچنین در قسمت اداری خرابی شدید و خوردگی و ترکهای بسیار مشاهده شده است شکل ۴.

۳ ـ آزمایشات انجام شده

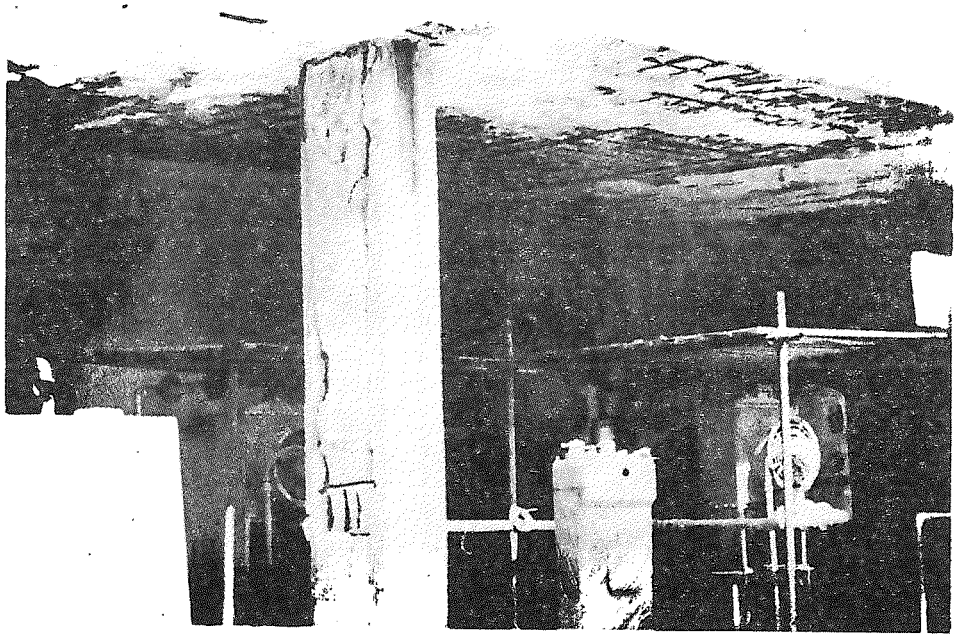
به منظور پی‌بردن به نحوه پیشرفت عوامل مخرب در بتن سازه‌ها ونیز تعیین میزان تخریب وبالطبع استفاده از آن در روشهای ترمیم و پیشگیری، طرح عملیات آزمایشگاهی تهیه گردید. طی این طرح با توجه به بررسیهای نظری ساختمانها محلهای انجام آزمایش شناسایی شده و در هر محل آزمایشات چکش اشمیت، التراسونیک، تعیین وضعیت خوردگی آرماتورها ومغزه گیری



شکل ۲ ـ خرابی ناشی ازخوردگی آرماتورها درساختمان‌بازار صفین



شکل ۳ ـ خرابیهای بیش از حد در ساختمان مدرسه کیش



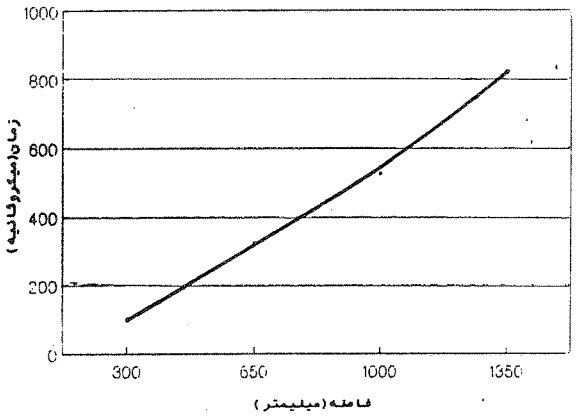
شکل ۴ ـ خرابی ناشی از خوردگی آرماتورها در ساختمان آب‌شیرین کن

انجام شده است.

بر روی نمونه‌های مغزه در آزمایشگاه نیز درصد کلرور وسولفات محلول در بتن، عمق کربناتاسیون و PH بتن در لایه‌های مختلف اندازه‌گیری شده است. همچنین آزمایش تجزیه شیمیائی نمونه‌هایی از آب دریا، آب شیرین وخاک منطقه نیز انجام شده است. کلیه آزمایشات انجام شده در محل برروی ساختمانهای هتل بزرگ کیش، ساختمان بازار ساحلی، بازار فرانسویها، بازار صفین و ساختمان آب شیرین کن جزیره انجام شده است.

۳ـ۱ ـ آزمایش چکش اشمیت: (Schmidt Hammer Test)

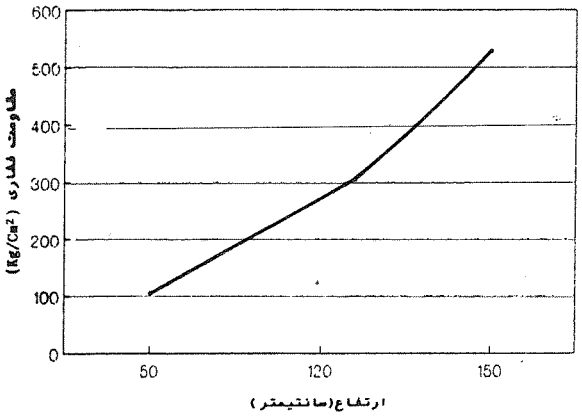
نتایج این آزمایش نشان‌دهنده مقاومت فشاری بالای بتن در اکثر ساختمانهای جزیره می‌باشد. لیکن افت مقاومت فشاری در محلهایی که بتن دچار خوردگی وافزایش حجم ناشی از زنگ‌زدگی میلگردها شده است مشهود می‌باشد. شکل ٦ نمونه‌ای از نتایج حاصل از این آزمایش که بر روی بیش از ۱۰۰ محل در ساختمانهای مختلف جزیره انجام شده را نشان می‌دهد.



شکل ۵ ـ منحنی تغییرات زمان نسبت به فاصله در یکی از نقاط مورد آزمایش در هتل کیش

۳ـ۲ ـ آزمایش تعیین سرعت پالس :
(Ultrasonic Pulse Velosity Test)

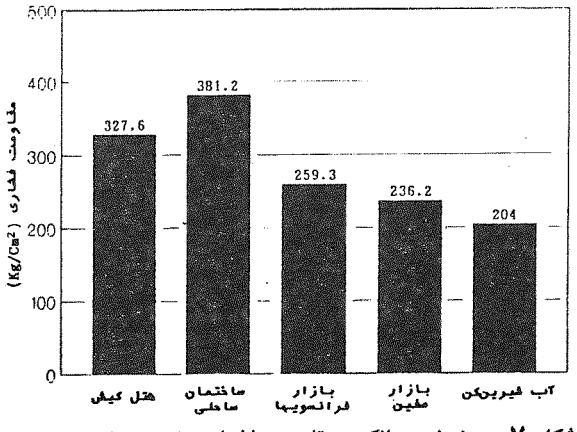
نتایج این آزمایش نیز حاکی از وجود بتنهای همگن با مقاومت فشاری مناسب می‌باشد. لیکن تغییر سرعت پالس در نواحی صدمه دیده در اکثر ساختمانهای جزیره کاملاً مشهود بوده و حاکی از بتن غیرمتراکم با فضای خالی ناشی از افزایش حجم آرماتورها و ایجاد ترک در بتن می‌باشد. شکل ۵ نمونه‌ای از نتایج حاصل از این آزمایش که بر روی بیش از ۸۰ محل در ساختمانهای مختلف جزیره انجام شده را نشان می‌دهد.



شکل ٦ ـ منحنی تغییرات مقاومت فشاری توسط چکش اشمیت در ارتفاع یکی از نقاط مورد آزمایش در هتل کیش

۳ـ۳ ـ آزمایش تعیین مقاومت فشاری مغزه‌ها:
(Compressive Strength Test)

همانند دو آزمایش قبل، کاهش مقاومت فشاری مغزه‌ها در محلهای صدمه دیده مشهود بوده لیکن مقاومت نمونه‌ها در عمق افزایش یافته است. بررسی نظری نتایج این آزمایش در ساختمانهای هتل و بازار فرانسویها نشان می‌دهد که بتن این ساختمانها از مقاومت نسبتاً خوبی برخوردار می‌باشند ولی مقاومت ستونهای بازار صفین و ساختمان آب شیرین کن متغیر ونسبتاً پایین بوده است. لازم به ذکر است که از ساختمان مدرسه بدلیل خرابی بیش از حد واحتمال ریزش در حین نمونه‌گیری، نمونه مغزه‌ای گرفته نشده است. تعداد نمونه‌های مغزه بیش از ۵۰ نمونه بوده که برای آزمایش مقاومت فشاری و آزمایشهای شیمیائی استفاده شده‌اند. شکل ۷ میانگین مقاومت فشاری نمونه‌های مغزه در ساختمانهای مختلف‌جزیره را نشان می‌دهد.



شکل ۷ ـ منحنی میانگین مقاومت فشاری نمونه‌های مغزه در ساختمانهای جزیره کیش

۳-۴ - آزمایش کربناتاسیون و PH بتن
(Carbonation & PH Test)

در این آزمایش توسط فنل فتالئین عمق کربناته شدن بتن از سطح در نمونه‌های مغزه اندازه‌گیری شده است. نتایج حاصله نشان دهنده نفوذ کم گاز Co_2 در عمق بتن و حداکثر ۳۰ میلیمتر بوده است.

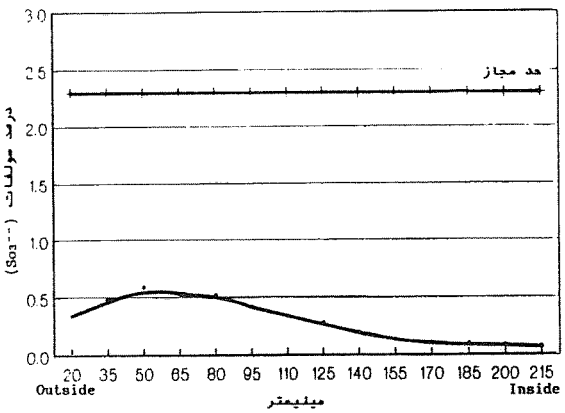
همچنین با تعیین PH بتن در لایه‌های مختلف نمونه‌های مغزه، محیط قلیائی بتن در پاره‌ای نقاط حفظ شده و صرفاً در سطح بتن PH کاهش یافته است.

۳-۵ - آزمایش تعیین میزان یون سولفات در بتن
(Sulfate Content)

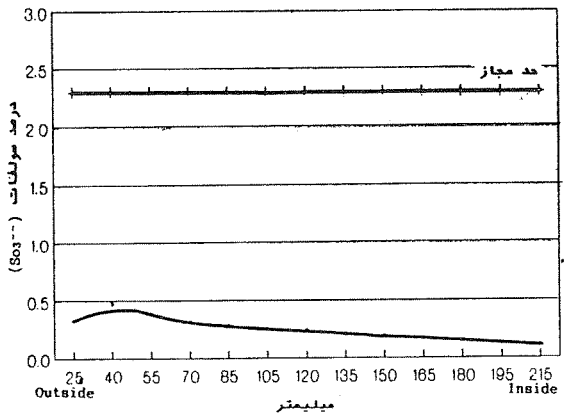
در این آزمایش از نمونه‌های مغزه برشهای مورد نظر تهیه و میزان یون سولفات در خمیرماسه سیمان در هر لایه اندازه‌گیری شده است. با مراجعه به نتایج آزمایش ملاحظه می‌شود که درصد سولفات در بتن در کلیه ساختمانهای جزیره به مراتب پائین‌تر از حد مجاز استاندارد می‌باشد که نشان‌دهنده نفوذ کم سولفاتها در بتن بوده است. شکل‌های ۸ و ۹ درصد یون سولفات در عمق یک نمونه مغزه را نشان می‌دهد. این آزمایش در لایه‌های مختلف بیش از ۲۰ نمونه مغزه انجام شده است.

۳-۶ - آزمایش تعیین میزان یون کلرور در بتن
(Chloride Content)

در این آزمایش با استفاده از برشهای تهیه شده از نمونه‌های مغزه میزان یون کلرور در خمیر ماسه سیمان در هر لایه اندازه‌گیری شده است. این آزمایش با توجه به میزان خوردگی آرماتورها بر روی تمام نمونه‌ها و در عمق نمونه صورت گرفته است. نتایج بدست آمده در نمونه‌های هتل کیش و ساختمان ساحلی حاکی از وجود یون کلرور تا عمق ۱۰۰ میلیمتری بیشتر از حد مجاز بوده که بعد از آن نیز کاهش یافته است شکل ۱۰ . بنابراین خرابی ناشی از نفوذ یون کلرور در این دو ساختمان بدلیل پوشش زیاد



شکل ۸ - تغییرات سولفات موجود در یک نمونه از هتل کیش

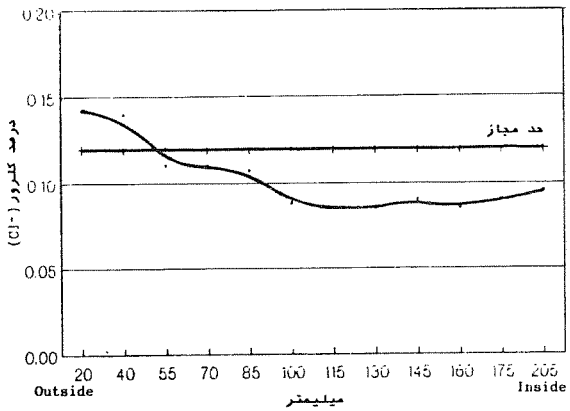


شکل ۹ - تغییرات سولفات موجود در یک نمونه از بازار فرانسویها

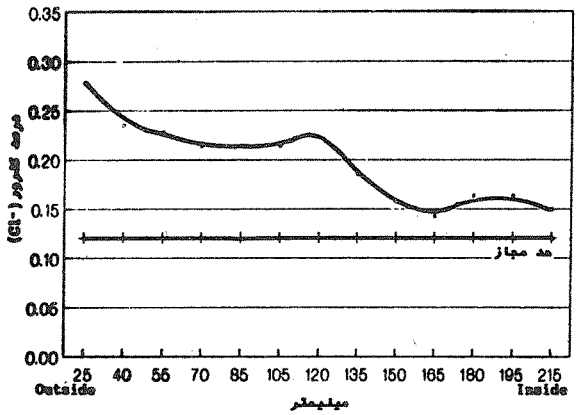
آرماتورها و بالابودن مقاومت فشاری به حداقل رسیده است.

همچنین نفوذ یون کلرور در نمونه‌های مغزه گرفته شده از بازار فرانسویها تا عمق ۲۲۰ میلیمتری بالاتر از حد مجاز بوده که بدلیل پوشش کم آرماتورها خرابی ناشی از خوردگی میلگردها در بسیاری از موارد رخ داده است شکل ۱۱.

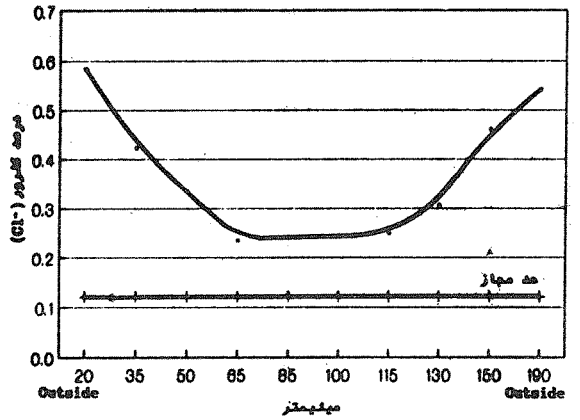
نتایج آزمایشات شیمیائی نمونه‌های مغزه در بازار صفین و ساختمان آب شیرین‌کن حاکی از درصد بسیار بالای یون کلرور در عمق نمونه‌ها بوده که این مقدار در بعضی از موارد به ۵ تا ۸ برابر حد مجاز رسیده است. با توجه به پوشش بسیار کم آرماتور (۱۵ تا ۲۵ میلیمتر) ومقادیر عمق کربناتاسیون (۲۵ تا ۳۰ میلیمتر) گاز Co_2 در عمق نمونه‌ها نفوذ کرده ومحیط اطراف آرماتورها حالت قلیائی خود را از دست داده ومحیط برای خوردگی شدید آرماتورها آماده شده لذا خرابی زیادی درستونها و سقف این ساختمانها مشاهده شده است شکل ۱۲. این آزمایش در لایه‌های مختلف بیش از ۳۰ نمونه مغزه انجام شده است.



شکل ۱۰ - تغییرات کلرور موجود در یک نمونه از هتل کیش



شکل ۱۱ ـ تغییرات کلرور موجود در یک نمونه از بازار فرانسویها



شکل ۱۲ ـ تغییرات کلرور موجود دریک نمونه‌ازستونهای‌بازار صفین

۳ـ۷ ـ آزمایش تجزیه شیمیائی آب، خاک و مصالح سنگی منطقه

نتایج تجزیه شیمیائی سه نمونه آب دریا، آب چاه و آب شیرین جزیره در جدول ۱ آورده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود درصد بالای مواد محلول و یونهای کلرور و سولفات موجود در آب دریا وآب چاه نه تنها استفاده آنها را در بتن غیرممکن می‌سازد بلکه نقش بسزائی در خرابی سازه‌ها داشته است.

تجزیه شیمیائی خاک جزیره حاکی از میزان بالای سولفاتهای محلول در آب به مقدار ۲/۴ درصد بوده که طبق استاندارد ایران از نظر رده‌بندی در شرایط محیطی فوق‌العاده شدید قرار دارد و مصرف سیمان ضدسولفات برای سازه‌های در مجاورت با خاک ضرورت داشته است. اما میزان کلرورهای محلول در آب نیز ۰/۹۳ درصد بوده که طبعاً به کمک گرما، رطوبت و اکسیژن محیط، وضعیت برای خوردگی کلروری مساعد بوده است.

همچنین از تجزیه شیمیائی مصالح سنگی محلی جزیره کیش مشاهده شده است که مقادیر سولفاتهای محلول در آب برای شن و ماسه محلی به ترتیب ۰/۱۹ و ۰/۸۳ درصد ومقادیر کلرورهای محلول در آب برای هر یک از مصالح فوق به ۰/۲۱ درصد رسیده است. این مصالح نیز دارای درصد جذب آب وتخلخل بالا و وزن مخصوص پائین‌تری نسبت به مصالح دیگر منطقه بندرعباس هستند.

۴ ـ طبقه‌بندی میزان خرابی ساختمانها

بطور کلی با توجه به مشاهدات ونتایج آزمایشهای شیمیائی نمونه‌ها، خرابی کلروری و زنگ آرماتورها، علت اصلی و عمده خرابیها در ساختمانهای جزیره کیش می‌باشد. همچنین درصد بالای یون کلر و سولفات در مصالح شن و ماسه منطقه که بتن ساختمانهای موجود با آنها ساخته شده‌اند بالابوده وتخلخل زیاد و پایین بودن وزن مخصوص دانه‌ها در خرابی بوجود آمده سهم بسزایی داشته‌اند. بنابراین ساختمانهای جزیره را می‌توان با توجه به خرابیهای بوجود آمده به سه دسته زیر تقسیم نمود:

۴ـ۱ ـ خرابی شدید

خرابی کلروری ناشی از خوردگی آرماتورها در ساختمانهای مدرسه، بازار صفین و آب‌شیرین کن شدید بوده و عوامل زیر در میزان شدت خرابی سهم بسزایی داشته‌اند:

الف ـ مصرف آب باکلرور بالای حد مجاز در ساخت بتن

جدول ۱ نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های آب در جزیره‌کیش

	PH	سولفات $S_{O_3}^{--}$ gr/lit	کلرور- CL gr/lit	کل مواد محلول T.D.S gr/lit	سختی کل برحسب کربنات کلسیم gr/lit
آب دریا	۷/۸	۱/۶۰۹	۲۱/۳	۴۱	۷/۰۵
آب چاه	۷/۷	۱/۰۵۸	۹/۲۳	۱۶/۹۳	۴/۴۱
آب شیرین	۸/۲	-	۰/۰۴۷	۰/۰۷۰	۰/۰۲۲
استاندارد	۴/۵-۸/۵	۱	۰/۵	۱	-

وهمچنین مصرف مصالح نامناسب.
ب ـ اجرای نامناسب سازه.
ج ـ پوشش بسیار کم آرماتورها.
د ـ درصد تخلخل زیاد و جذب آب بالای بتن.
ه ـ بالا بودن عمق کربناتاسیون و کاهش PH بتن.
و ـ نفوذ بالای یون کلرور.

۴ـ۲ ـ خرابی متوسط

خرابی کلروری ناشی از خوردگی آرماتورها در ساختمان بازار فرانسویها متوسط بوده و دلیل آن نفوذ یون کلرور کمتر بداخل بتن، پوشش نسبتاً خوب آرماتورها و مقاومت نسبتاً خوب بتن موجود را می‌توان ذکر کرد. خرابیها در این ساختمان با روشهای اصولی ترمیم قابل بازسازی می‌باشد.

۴ـ۳ ـ خرابی کم

خرابی کلروری ناشی از خوردگی آرماتورها در ساختمانهای هتل کیش و ساحلی کم بوده که پوشش خوب آرماتورها، مقاومت بالا و جذب آب کم بتن موجود، اجرای خوب سازه ونفوذ یون کلرور در عمق حداکثر ۱۰۰ میلیمتر را می‌توان دلایل خرابی کم در این ساختمانها دانست. خرابیها در این ساختمانها نیز با روشهای اصولی ترمیم قابل بازسازی می‌باشد.

۵ ـ نتیجه گیری

۱ ـ از نتایج آزمایشات انجام شده بر روی بتن سخت شده در محل توسط چکش اشمیت، تعیین سرعت پالس و مقاومت فشاری بر روی مغزه‌ها مشاهده می‌شود که بتن از نظر مقاومت فشاری، تراکم، عمل‌آوری و پوشش آرماتورها در ساختمانهای هتل کیش، ساحلی وبازار فرانسویها مناسب بوده و دقت در اجرای این سازه‌ها را نشان می‌دهد. در صورتیکه در سایر ساختمانها عدم رعایت اصول فنی مناسب بخصوص پوشش کم آرماتورها کاملاً مشهود است.

۲ ـ از نتایج آزمایشات شیمیائی کاملاً مشخص است که خرابی بتنها در اثر نفوذ یون کلرور ونهایتاً خوردگی آرماتورها بوده است که با توجه به دلایل ذکر شده شدت آن در بعضی از ساختمانها بسیار زیاد می‌باشد.

۳ ـ در ادامه مطالعات فوق‌الذکر تحقیقات گسترده دیگری در خصوص بررسی دوام بتن و ارائه طرحهای اختلاط مناسب با استفاده از انواع سیمانهای پوزولانی انجام شده است.

مراجع :

1 - *Corrosion of steel in concrete (SP - 102), ACI Publication.*

2 - *ACI Manual of concrete practice, 1988 Part 1 (mep -1)*

3 - *Ramezanianpour, A.A., A study of the concrete deterioration in the south coasts of Iran, International conference on diagnosis of concrete structures, RILEN, Sept. 1991, Bratislava.*

4 - *J. G. Cabrera, A. R. Cousin & A.A. Ramezanianpour, The effect of curing conditions on the carbonation of mortars containing Cement, Pfa, Silica fume and Trass. lst. Int. conf. on deteriration and repair of reinforced concrete in the Persian Gulf. Oct. 1985, Bahrain.*