

به نام خدا



مرکز دانلود رایگان
مهندسی متالورژی و مواد

www.Iran-mavad.com



تأثیر نوع سیمان بر روی خوردگی لوله گاز قرار گرفته در بتن مسلح

۱-محمد هنرور ۲-محمود پاکشیر

چکیده:

محیط قلیایی بتن فولادی را که درون آن قرار دارد، به نحو مناسبی در مقابل خوردگی حفاظت می نماید. این محافظت به دلیل تشکیل لایه محافظ چسبنده ای است که در اثر روئیه شدن فولاد بوجود می آید. در اکثر سازه های بتنی به دلیل وجود این لایه محافظ خوردگی در بتن اتفاق نمی افتد. اگر چه عدم تطبیق مشخصات بتن با شرایط محیطی و مناسب نبودن کیفیت آن می تواند منجر به خوردگی فولاد درون بتن گردد. در این مقاله تأثیر نوع سیمان در میزان خوردگی سازه های فولادی (لوله گاز) قرار گرفته در بتن، مورد مطالعه قرار گرفته است. ۴ نوع سیمان مختلف را که در بازار ایران قابل تهیه می باشند انتخاب کرده و میزان تأثیر هر یک از این سیمانها را در فعالیت خوردگی بتنهای ساخته شده از آنها در خوردگی لوله های گاز قرار گرفته در بتن مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

واژه کلیدی: بتن، خوردگی، سیمان

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی مواد- خوردگی و حفاظت از مواد، دانشگاه شیراز، دانشکده مهندسی، بخش مهندسی مواد

۲- استاد یار بخش مهندسی مواد دانشگاه شیراز

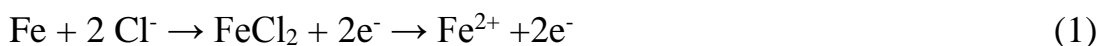
"دومین همایش مشترک انجمن مهندسين متالورژی ايران و جامعه ريخته گران ايران"

مقدمه:

بتن سنگی است مصنوعی و مقاوم که از مخلوط کردن سیمان و آب و شن و ماسه (مصالح سنگی) و گاهی هوا به نسبت‌های مختلف بدست می‌آید. فولادی که در داخل بتن جا گذاری می‌شود توسط محیط قلیایی احاطه می‌گردد که pH آن غالباً بیشتر از ۱۲٫۵ است. چنین محیط قلیایی منجر به روئین شدن فولاد می‌گردد. بطوری که توسط یک لایه اکسیدی غیر قابل نفوذ محافظت می‌شود. اگر چه تحت شرایط خاصی ممکن است محیط بتنی برای فولاد، حفاظت مورد نیاز را انجام نداده و یا قدرت تهاجمی پیدا کند که در هر دو مورد باعث خورده شدن سازه فولادی و در نتیجه ترک خوردن و پوسته شدن سازه فولادی و بتن می‌گردد.

در حضور یونهای کلر، اکسیژن و آب، در بتن واکنشهای آندی و کاتدی به صورت زیر برقرار می‌شوند. [۱]

واکنش آندی:



خلاصه واکنش معادل (۱) بصورت زیر بیان می‌گردد:



واکنشهای کاتدی:



واکنش کاتدی محتمل بستگی به میزان دسترسی اکسیژن و pH در مجاورت سطح فولاد دارد. بطور کلی، احیاء اکسیژن واکنش اصلی کاتدی در بتن می‌باشد. چرا که بتن pH بالایی دارد و اکسیژن از لحاظ ترمودینامیکی با قدرت بیشتری از یون هیدروژن، الکترون‌ها را قبول می‌نماید. [۲]

تأثیر نوع سیمان بر...

اکسیژن موجود در خلل و فرج بتن با الکترونهاي ایجاد شده توسط آند، واکنش انجام داده و منجر به احیاء اکسیژن در حضور آب می گردد. میزان دسترسی به اکسیژن، نفوذ آب در خلل و فرج و میزان تخریب لایه روئین آرماتور توسط یونهاي کلر، از جمله فاکتورهاي هستند که می توانند بر روی سرعت واکنشهای آندی و کاتدی اثر بگذارند. [۳،۴]. خوردگی فولاد در بتن در سالهای اخیر مورد توجه زیادی قرار گرفته است که دلیل آن گسترش این پدیده در انواع خاصی از سازه ها و همچنین بالا بودن هزینه تعمیرات آن بوده است. بسیاری از سازه های مناطق شمال و جنوب ایران در معرض این پدیده مخرب قرار دارند [۵]. در این بین محیط قلیایی بتن در میزان خوردگی لوله گاز قرار گرفته در آن بسیار حائز اهمیت است، بنابراین نوع سیمانی که از آن بتن را تهیه می کنند در میزان خوردگی نقش کلیدی را بازی می کند [۶] بهمین دلیل خوردگی فولاد در بتن در دهه اخیر توجه زیادی را به خود مبذول داشته. تحقیقات زیادی بر روی فاکتورهای موثر در خوردگی فولاد جهت فهم بهتر مکانیزم های حاکم بر این پدیده صورت گرفته است. [۷،۸،۹]

مواد و روش تحقیق:

برای آنکه میزان خوردگی لوله گاز در اثر تغییر نوع سیمان که در ساخت بتن مورد استفاده قرار می گیرد مشخص گردد، ۴ نوع سیمان مختلف را که در بازار ایران قابل تهیه اند آماده کرده و نمونه های بتنی را از هر یک از سیمانهای مختلف ساخته و آنگاه فعالیت خوردگی لوله ها را در هر یک از بتن ها به طور جداگانه مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

انواع سیمانهای بکار رفته از قرار زیرند:

۱- سیمان پرتلند نوع I (OPC^۱) یا معمولی :

۲- سیمان پرتلند نوع II (MPC^۲) یا اصلاح شده :

۳- سیمان پرتلند نوع V (SRPC^۳) ضد سولفات:

۴- سیمان پوزولانی فارس :

1- OPC: Ordinary Portland cement 2- MPC: Modified Portland cement 3- SRPC: Sulfate Resistant Portland cement

"دومین همایش مشترک انجمن مهندسين متالورژی ايران و جامعه ريخته گران ايران"

تركيب شيميايی انواع سيمان پرتلند در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱-انواع سيمانهای پرتلند و اجزاء متفاوت آنها

انواع	C ₃ S (%)	C ₂ S (%)	C ₃ A (%)	C ₄ AF (%)	مساحت سطح ویژه (m ² /Kg)
I	۴۲-۶۵	۱۰-۳۰	۳-۱۷	۶-۱۸	۳۰۰-۴۰۰
II	۳۵-۶۰	۱۵-۳۵	۳-۸	۶-۱۸	۲۸۰-۳۸۰
III	۴۵-۷۰	۱۰-۳۰	۳-۱۵	۶-۱۸	۴۵۰-۶۰۰
IV	۲۰-۳۰	۵۰-۵۵	۳-۶	۸-۱۵	۲۸۰-۳۲۰
V	۴۰-۶۰	۱۵-۴۰	۳-۵	۱۰-۱۸	۲۹۰-۳۵۰

تركيب شيميايی سيمان پوزولانی شامل ۴۰٪ ماده افزودنی SiO₂, Al₂O₃ و سيليكات های كلسيم و آلومينوم تحت عنوان پوزولان است كه به سيمان پرتلند معمولی اضافه شده است.

۸ نمونه بتنی را جهت انجام آزمایشهای EPMT^۱ و CT^۲ تهیه نموده. نمونه ها در ابعاد ۱۵۰x۱۵۰x۱۵۰ cm با مشخصات ذكر شده در جدول ۲ ساخته شده اند.

جدول ۲-مشخصات نمونه های ساخته شده

concrete block No.	cover thickness(cm)	curing time(days)	cement type	W/C ratio	Experiment
1	5.85	7	I	0.56	*EPMT
2	5.85	28	I	0.56	**CT
3	5.85	7	II	0.56	EPMT
4	5.85	28	II	0.56	CT
5	5.85	7	V	0.56	EPMT
6	5.85	28	V	0.56	CT
7	5.85	7	pozzolanic cement	0.56	EPMT
8	5.85	28	pozzolanic cement	0.56	CT

تأثیر نوع سیمان بر...

1-EPMT: Electrochemical Potential Monitoring Technique 2-CT: Compression Test.

لوله گاز را با قطر داخلی ۱" در نمونه ها قرار داده و دو میلیگرد فولادی را با قطر ۶ mm در دو طرف آن کار می گذاریم. 4. نمونه را جهت انجام تست EPMT در محیط آب دریا که به طور مصنوعی مطابق استاندارد ASTM D1141 شبیه سازی شده است قرار داده و اختلاف پتانسیل بین لوله که به اندازه ۵cm انتهای آن از داخل بتن بیرون آمده است و ۲ cm انتهای آن فاقد پوشش رنگ است را نسبت به الکتروود مس - سولفات مس سنجیده می شود. اگر اختلاف پتانسیل بدست آمده منفی تر از 35v- باشد می توان گفت که لوله در داخل بتن در حال خورده شدن است. در اختلاف پتانسیلهای بین 35v- تا 2v- میزان خوردگی شدید نمی باشد و در اختلاف پتانسیل های مثبت تر از 2v- خوردگی اتفاق نمی افتد. اساس آزمایش EPMT بر اساس استاندارد ASTM C-876-87 می باشد. [۱۰]

در ۴ نمونه ای که جهت تست Compression مورد بررسی قرار می گیرند. نمونه ها پس از مدت زمان پخت ۲۸ روزه مورد آزمایش Compression قرار گرفته و میزان stress لازم جهت شکست نمونه های بتنی و بدست آوردن استحکام هر یک از نمونه ها محاسبه می شود. [۱۱ و ۱۲]

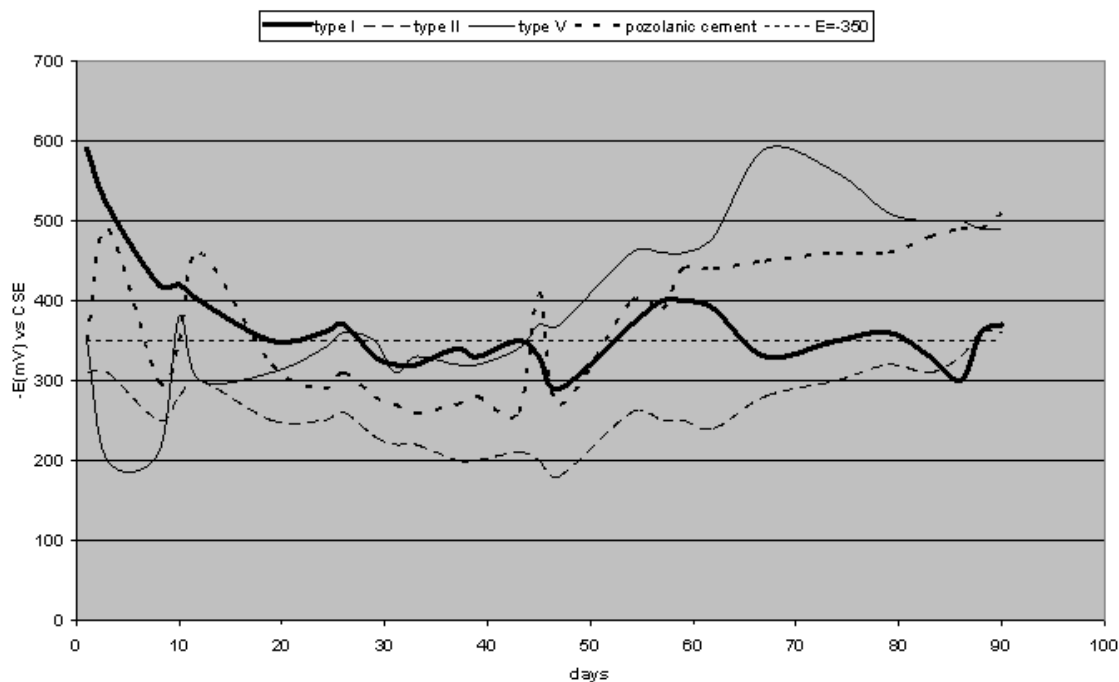
در کل در این آزمایشها انواع سیمانها چه از نظر مقاومت آنها در برابر خوردگی و چه از نظر میزان استحکام مکانیکی مورد بحث و بررسی قرار می گیرند.

یافته ها:

نمودار ۱ از قرار دادن ۴ نمونه بتنی که با ۴ نوع سیمان مختلف ساخته شده اند و قرار دادن آنها در محیط آب دریا به مدت ۹۰ روز و اندازه گیری پتانسیل آنها به صورت تناوبی با استفاده از الکتروود مس - سولفات مس بدست آمده است.

با توجه به مطالب فوق و نمودار ۱ می توان نتیجه گیری کرد که:

"دومین همایش مشترک انجمن مهندسين متالورژی ايران و جامعه ريخته گران ايران"



شکل ۱- نمودار پتانسیل (V) لوله های قرار گرفته در بتن مسلح نسبت به الکتروود مس /سولفات مس بر حسب زمان

۱-میزان خوردگی سیمان تیپ ۲ از تمام انواع سیمان کمتر بوده و خط مربوط به این نوع سیمان در نمودار ۱ نشان می دهد که پتانسیل سیمان تیپ II وارد ناحیه خوردگی نمی شود.

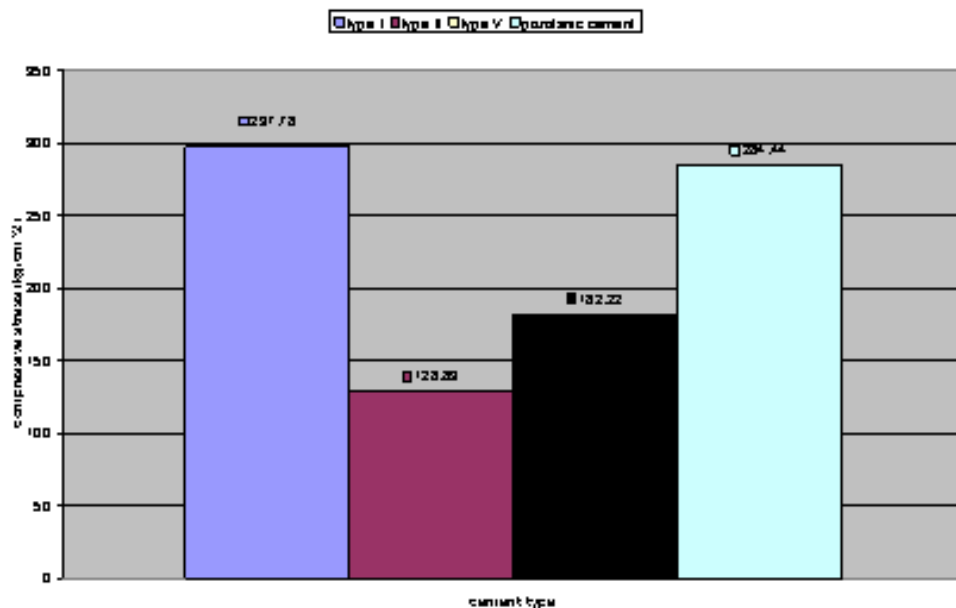
۲-سیمان تیپ I همواره در حول وحوش ناحیه خوردگی قرار داشته و در جاهائیکه با شرایط خوردگی شدید سرو کار داریم بهتر است از این تیپ سیمان استفاده نشود.

۳-سیمان تیپ ۵ از ابتدا تا روز ۴۵ام، دارای پتانسیل مثبت تر از $-35V$ تا حول وحوش آن بوده و وارد ناحیه خوردگی نشده است اما از روز ۴۵ام، به بعد وارد ناحیه خوردگی شده است.

۴-سیمان پوزولانی فارس رفتار کاملاً مشخصی از خود نشان نداده است این نوع سیمان تا ۱۲ روز اول دارای یک منحنی نامتعادل بوده و دارای پتانسیل منفی ترو مثبت تر از $-35V$ می باشد پس از روز ۱۲ام تا ۵۴ام، دارای یک رفتار عدم خوردگی است و از روز ۵۴ام به بعد وارد ناحیه خوردگی می شود.

بر روی این ۴ نوع سیمان هشت اندازه گیری استحکام مکانیکی نیز انجام گرفته است. با توجه به نمودار ۲ نتایج زیر حاصل می شود:

تأثیر نوع سیمان بر...



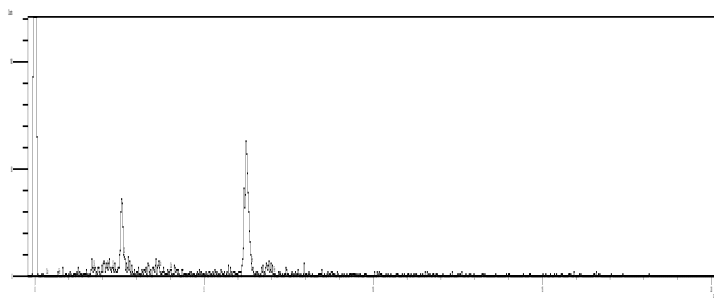
شکل ۲- نمودار استحکام مکانیکی (تنش شکست kg/cm^2) نمونه های بتنی با سیمانهای مختلف

۱- بالاترین استحکام مکانیکی را سیمان تیپ ۱ دارا می باشد و بعد از آن سیمان پوزولانی نیز دارای استحکام قابل قبول است.

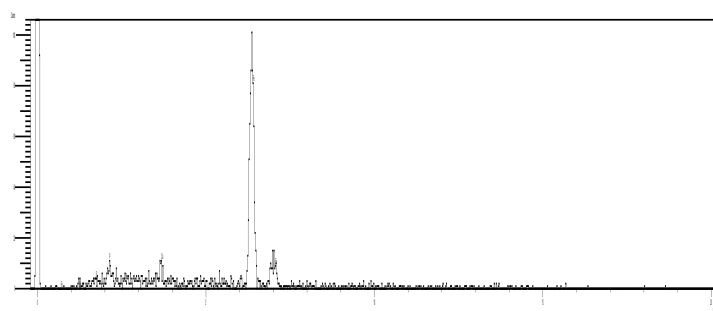
۲- سیمان تیپ ۵ و تیپ ۲ دارای استحکام پائینی هستند و لذا در جاهائیکه به استحکام مکانیکی بالا نیاز باشد نمی توان از این نوع سیمانها استفاده کرد.

آنالیز شیمیایی سطح لوله ها که بعد از انجام تست EPMT به مدت ۹۰ روز، گرفته شده به روش EDAX توسط دستگاه آنالیز تائید کننده نتایج فوق می باشد و هیچگونه آثاری از یون کلر در سطح لوله قرار گرفته در بتن ساخته شده با سیمان تیپ II دیده نمی شود در حالیکه در سایر نمونه ها یون کلر بعد از مدت زمان ۹۰ روز به سطح رسده و منجر به خوردگی حفره ای لوله ها شده است. در نهایت تصاویر گرفته شده از لوله ها با دوربین دیجیتال و سطح آنها با میکروسکوپ استریو و تصاویر SEM با بزرگنمایی های مختلف خدمتتان ارائه می گردد.

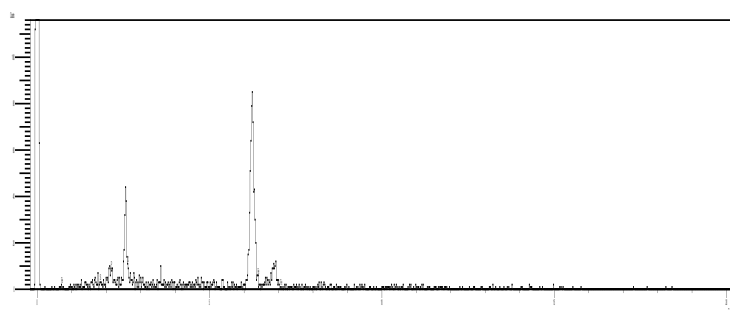
"دومین همایش مشترک انجمن مهندسين متالورژی ايران و جامعه ريخته گران ايران"



شکل ۳- آنالیز شیمیایی EDAX سطح لوله قرار گرفته در بتن ساخته شده با سیمان تیپ I ، حضور کلر در سطح لوله مشخص است



شکل ۴- آنالیز شیمیایی EDAX سطح لوله قرار گرفته در بتن ساخته شده با سیمان تیپ II

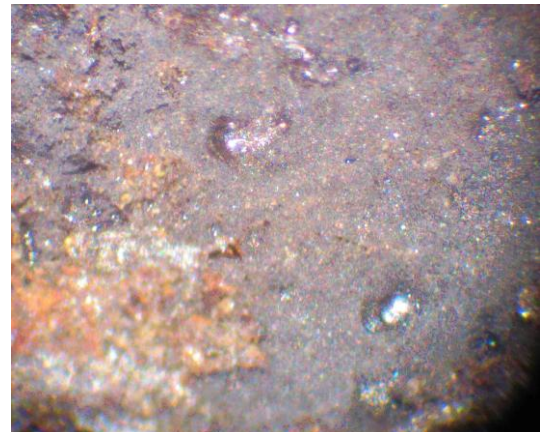
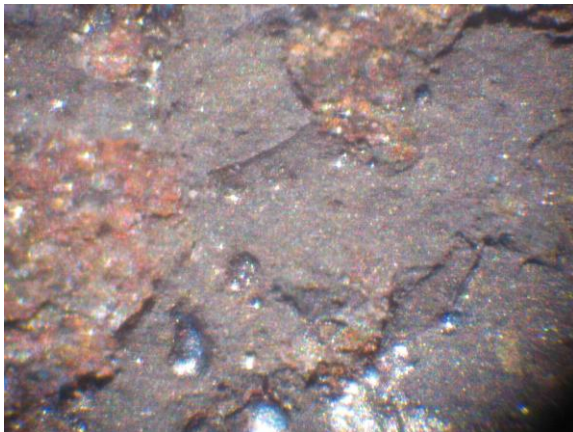


تأثیر نوع سیمان بر...

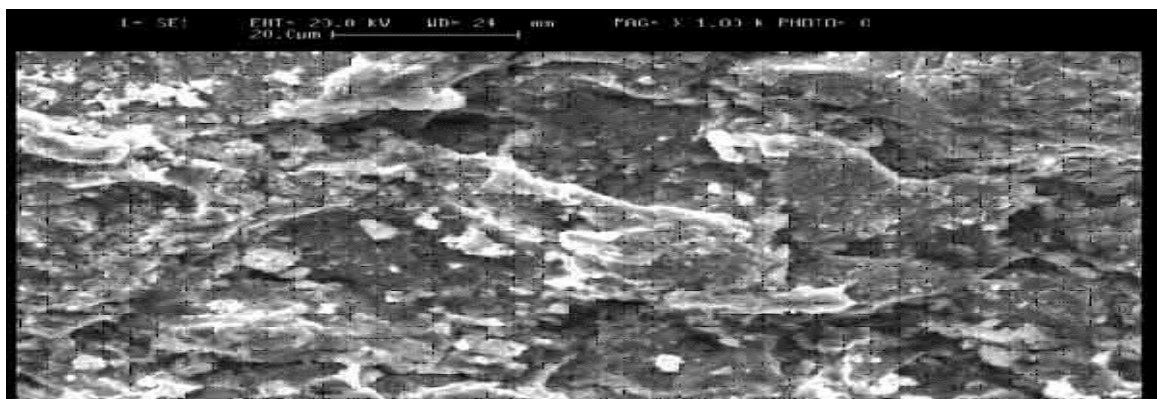
شکل ۵- آنالیز شیمیایی EDAX سطح لوله قرار گرفته در بتن ساخته شده با سیمان تیپ V ، حضور کلر در سطح لوله مشخص است



شکل ۶- لوله قرار گرفته در بتن با سیمان تیپ I بهد از ۹۰ روز شکل ۵- لوله قرار گرفته در بتن با سیمان تیپ II بهد از ۹۰ روز



شکل ۷ و ۸- عکس سطح لوله قرار گرفته در بتن با سیمان تیپ II بعد از خروج از بتن گرفته شده با میکروسکوپ استریو با بزرگنمایی ۲۰x



"دومین همایش مشترک انجمن مهندسين متالورژی ايران و جامعه ريخته گران ايران"

شکل ۹- تصویر گرفته شده از سطح لوله قرار گرفته در بتن مسلح ساخته شده از سیمان تیپ II با میکروسکوپ SEM

بحث:

با توجه به ترکیب شیمیایی تیپهای مختلف سیمان و مقدار متفاوت فازهای C_2S, C_4AF ، C_3A, C_3S در تیپهای مختلف انتظار می رفت که نوعی از سیمان که دارای فاز C_3A بیشتری است، بدلیل اینکه فاز C_3A قابلیت ترکیب شدن با کلر آزاد را دارد و بنابراین در سیمانی که C_3A بیشتری دارد کلر آزاد کمتری می تواند وجود داشته باشد مقاومت خوردگی بیشتری حاصل شود. خوردگی در لوله ها عموماً از دو نوع خوردگی یکنواخت در اثر کاهش pH بتن و از بین رفتن لایه پسیو روی سطح و همچنین خوردگی حفره ای که در اثر نفوذ کلر و از بین بردن لایه پسیو روی سطح لوله به صورت موضعی می باشد. بنابراین زمانیکه کلر آزاد کمتری در دسترس باشد، احتمال خوردگی پائین تر است. بنابراین در سیمان تیپ ۱ که میزان C_3A بیشتری دارد انتظار می رود که خوردگی کمترین مقدار باشد ولی این فرضیه عملاً با توجه به نتایج آزمایشگاهی تأیید نمی شود و در سیمان تیپ ۱ خوردگی روئیت می شود. همچنین در سیمان تیپ ۲ که دارای C_3A کمی است خوردگی بسیار کمی گزارش شده است و از این سیمان به عنوان سیمان ضد کلر یاد می شود که عملاً فرضیه فوق را رد می کند. C_3A قابلیت ترکیب با کلر را دارد و یونهای کلر به سطح C_3A هیدراته شده جذب فیزیکی می شود. C_3A هیدراته شده با کلر ترکیب شده و تولید نمک فریدل با ترکیب شیمیایی $(3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaCl_2 \cdot 10H_2O)$ می کند، زمانیکه کلر با غلظت زیاد موجود می باشد اکسی کلراید کلسیم با ترکیب شیمیایی $(CaO \cdot CaCl_2 \cdot 2H_2O)$ تولید می شود. بنابراین انتظار می رود که در سیمانهای که مقدار فاز C_3A زیاد است به دلیل جذب کلر آزاد توسط فاز C_3A میزان خوردگی مینیمم شود در صورتیکه نتایج آزمایشگاهی این نظریه را تأیید نمی کند. که دلیل آن حضور یونهای سولفات در آب دریا است. تمایل ترکیب شدن C_3A با سولفات بیشتر از کلر است و کلر در حضور سولفات به صورت آزاد در می آید. در نهایت چندین تصویر گرفته شده با میکروسکوپ استریو با بزرگنمایی های متفاوت که نشان دهنده میزان کم محصولات خوردگی بر روی لوله خارج شده از بتن ساخته شده از سیمان تیپ II است در پایان آورده شده است.

تأثیر نوع سیمان بر...

نتیجه گیری:

بالاترین مقاومت در برابر خوردگی را سیمان تیپ ۲ دارد ولی به دلیل اینکه این نوع سیمان دارای استحکام مکانیکی بالایی نیست لذا توصیه می شود که در جاهائیکه علاوه بر مقاومت خوردگی به استحکام مکانیکی نیز نیاز است از سیمان پوزولانی که علاوه بر مقاومت متوسط در برابر خوردگی دارای استحکام بالا نیز است استفاده شود در غیر اینصورت در جاهائیکه فقط مقاومت خوردگی مد نظر است سیمان تیپ ۲ توصیه می شود و در جاهائیکه استحکام مکانیکی صرف، مد نظر است سیمان تیپ ۱. در جاهائیکه خطر حملات سولفاتی شدید است به استحکام مکانیکی آنچنان نیاز نیست بهتر است که از سیمان تیپ ۵ که ضد سولفات است استفاده شود

"دومین همایش مشترک انجمن مهندسين متالورژی ايران و جامعه ريخته گران ايران"

References:

- 1-J.L.Smith,Y.P.Virmani,"Materials and Methods for Corrosion Control of Reinforced and Prestressed Concrete Structure in New Construction",U.S.Department of transportation Federal Highway Administration, Research Development ,and Technology Turner –Fairbank Highway Research center,August 2000.
- 2-PTI(1999),"Guide Specification for Grouting of Post-Tension Structure " ,7th Draft,Post Tentioning Institute ,Phoniex ,AZ,76 pp.
- 3-ACI Committee 222,"Corrosion of Metals in Concrete ACI 222R-96",Manual of concrete practice ,Vol.1,pp.222R-1-222R-30.
- 4-Bakht,Baidar and Mufti,A.Aftab,"Five Steel-Free Bridge Deck Slab in Canada",Structural Engineering International,Mar.pp.196-200.
- 5- P.Ghodosi,E.Ganjian,T.Parhizgar,A.A.Ramezaniapour,concrete technology in the environmental condition of Persian Gulf,1st ed,BHRC Publication No.b 283,1998
- 6-P.K.Mehta and P.J.Monterio,'Concrete:Structure,Properties and Materials,'3th ed.,Prentice Hall,Englewood Cliffis,(2000).
- 7-J.P.Broomfield ,"Rebar Corrosion,What do we Know for sure,"Proceedings, International conference on the repair of concrete structure ,Norwegian,Road research Laboratory ,Oslo ,Norway ,pp 35-47,1997
- 8- J.P.Broomfield,D.G.Manning ,"Corrosion Prevention",committee on corrosion ,A3C15,2004
- 9-J.L.Kepler,D.Darwin,C.E.Locke,"Evaluation of Corrosion Protection Methods for Reinforced Concrete Highway Structures".The Kansas Department of of Transportation K-Tran Project No.KU-99-6,The National Science Foundation Research Grant No.CMS-9812716,Structural Engineering and Engineering Materials SM Report No.58,University of kANSAS Center for Research ,INC,May 2000.
- 10-C.A.Lawrence,British Ceramic Proceedings,Cement and Concrete Association,Wexham.UK.,No.35,(1994),227-293
- 10-P.D.Cady,"Corrosion of reinforcing steel in concrete-A general cverview of the problem",Chloride corrosion of steel in concrete,ASTM 629,Philadolphia ,PA:ASTM,1997
- 11-A.M.Neville,"Role of cement in creep of mortar",journal of American Concrete Institute,No.55,March 1999.
- 12-P.V.Mehta,Concrete:Structure,Properties and methods,2nd ed,Prentice-hall Inc.,USA.1993

The Effect of type of cement on corrosion of gas pipe line embedded in reinforced concrete

1-M.Honarvar and 2- M.Pakshir

parhamhorv@yahoo.com

1-student of bachelor of proficiency in material Engineering-corrosion Engineering of shiraz University,Material department

2-Associate Professor of Material department of shiraz university,Engineering collage

Abstract:

Alkaline environment of concrete protect steel structure which embedded in that in good maner. This protection is due to the formation of passive adhesive layer which form due to passivation of steel. In most concrete structure because of this protective layer corrosion doesn't occur .In this paper the effect of type of cement in corrosion of gas pipe line embedded in reinforced concrete investigated.4 types of different cement which are available in Iran choosed and the effect of their influence on corrosion of gas pipe line in concrete which are made from that cement is investigated.

Keywords :concrete ,corrosion ,cement