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

بررسی دوام بتن‌های حاوی پوزولان گدار سفید بافت در محلول سولفات سدیم

مهندس عبدالحسین فاضلی — **کارشناس ارشد سازه‌های هیدرولیکی**
دکتر علی‌اکبر مقصودی — **عضو هیئت علمی دانشگاه شهید باهنر کرمان**

چکیده:

دوام و پایایی بتن در مقابل عوامل مهاجم محیط اطراف بتن که ممکن است در خاک، آب و هوا موجود باشد، بسیار با اهمیت است. به طور عمده چنین عواملی متشکل از سولفاتهای محلول به خصوص سولفاتهای سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، کلرورها و قلیایی‌ها است که اغلب در خاک و آب به طور طبیعی وجود دارند. وجود برخی از این عوامل در آب دریا باعث کاهش عمر سازه‌های دریایی شده است. با توجه به موفقیت آمیز بودن جایگزینی سیمان پرتلند با پوزولان در کاهش ضعف سیمان پرتلند به واسطهٔ حمله سولفاتها، تحقیقات وسیعی در این زمینه انجام شده است.

در این تحقیق دوام بتن‌های حاوی پوزولان گدار سفید بافت در محیط مخرب سولفات سدیم بررسی شده است. جهت بررسی دوام ۳۳۶ عدد نمونه ملات حاوی درصدهای مختلف پوزولان در قالبهای فولادی ریخته شده‌اند. ابعاد قالبها ۵×۵×۵ سانتی‌متر (مطابق با ASTM C109-90) در ترکیب ۳ تایی می‌باشد. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۸ تا ۲۲ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۸۰ درصد نگهداری شده‌اند و سپس نیمی از نمونه‌ها در آب معمولی و نیمی دیگر در محلول ۵ درصد سولفات سدیم با دمای ۱۹ تا ۲۱ درجه سانتیگراد نگهداری شده‌اند. آزمایش مقاومت فشاری نمونه‌ها در سنین ۷، ۲۸، ۹۰، ۱۸۰ روزه انجام گردیده است. نتایج این تحقیق بهبود دوام بتن حاوی پوزولان گدار سفید بافت را در محیط مخرب سولفات سدیم نشان می‌دهد.

مقدمه:

منابع پوزولانهای طبیعی فراوانی در جهان وجود دارند. در ایران معادن پوزولان فراوانی نظیر تراس جاجرود، میانه، تفتان، سیرجان، گدار سرخ کرمان و گدار سفید بافت (جنوب شرقی ایران) یافت شده است.

در این تحقیق خصوصیات مکانیکی و دوام بتن‌های حاوی پوزولانهای منطقه جنوب شرقی ایران مورد بررسی قرارگرفته است. نتایج بررسی خصوصیات مکانیکی بتن‌های حاوی پوزولانهای سیرجان و گدار سرخ در مرجع [۴] گزارش شده است. همچنین نتایج بررسی خصوصیات مکانیکی بتن‌های حاوی پوزولان گدار سفید بافت در مرجع [۵] ارائه شده است. خصوصیات مکانیکی بتن‌های حاوی پوزولانهای فوق شامل مقاومت فشاری، مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته، انبساط و انقباض بتن مورد بررسی قرارگرفته است. در این مقاله نتایج آزمایش اثر پوزولان گدار سفید بافت بر دوام بتن در محیط مخرب سولفات سدیم ارائه می‌شود.

جهت بررسی دوام، ۳۳۶ عدد نمونه ملات حاوی درصدهای مختلف پوزولان در قالبهای فولادی ریخته شده‌اند. ابعاد قالبها ۵×۵×۵ سانتی‌متر (مطابق با ASTM C109-90) در ترکیب سه تایی می‌باشد. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۸ تا ۲۲ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۸۰ درصد نگهداری شده است و سپس نیمی از نمونه‌ها در آب معمولی و نیمی دیگر در محلول ۵ درصد سولفات سدیم با دمای ۱۹ تا ۲۱ درجه سانتیگراد نگهداری شده‌اند. آزمایش مقاومت فشاری نمونه‌ها در سنین ۷، ۲۸، ۹۰، ۱۸۰، ۳۶۰ روزه انجام

گردیده است.

هر یک از انواع مخلوطهای ملاتهای ساخته شده با علامت اختصاری ABCD نشان داده شده است. علامت A نشان دهنده نوع پوزولان می‌باشد که پوزولان سیرجان با حرف S، پوزولان گدار سرخ کرمان با حرف G و پوزولان گدار سفید بافت با حرف B نشان داده شده است. علامت B نشان دهنده نوع سیمان (I،II،V) و عدد دو رقمی CD نشان دهنده درصد جایگزینی سیمان با پوزولان می‌باشد. به عنوان مثال علامت BII20 بیانگر نمونه‌ای است که با ۲۰ درصد جایگزینی پوزولان گدار سفید بافت با سیمان نوع ۲ تهیه گردیده است. در حالی که نمونه‌های شاهد فقط با نوع سیمان (I،II،V) مشخص گردیده‌اند.

اثر پوزولان بر روی دوام بتن:

دوام و پایایی بتن در مقابل عوامل مهاجم محیط اطراف بتن که ممکن است در خاک، آب و هوا موجود باشد، بسیار با اهمیت است. به طور عمده چنین عواملی متشکل از سولفاتهای محلول به خصوص سولفاتهای سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و کلرورها و قلیایی‌ها است که اغلب در خاک و آب به طور طبیعی وجود دارند. حملهٔ سولفات در بتن کلاً شامل انبساط، ترک و افت مقاومت مکانیکی ناشی از تشکیل اترینگایت (Etteringite) و گچ (Gypsum) می‌باشد. این مینرالها در نتیجهٔ اندرکنش بین آب سولفاته و محصولات هیدراتاسیون سیمان، نظیر منوسولفات هیدراته (C_4ASH_{18}) و هیدروکسید کلسیم (CH) تشکیل می‌شوند. بدیهی است که سیمان پرتلند مستعد حمله سولفات‌ها می‌باشد. مکانیسم حمله به غلظت یون سولفات در محلول مهاجم و ترکیب سیمان به ویژه به مقدار C_3A بستگی دارد.

موفقیت‌آمیز بودن جایگزینی سیمان پرتلند با پوزولان در کاهش ضعف سیمان پرتلند به واسطه حملهٔ سولفاتها ثابت شده است. سه دلیل برای این بهبودی وجود دارد. نخست در مرحله اولیه حمله سولفات، واکنش انبساطی بین یونهای سولفات و هیدروکسید کلسیم است (آن موردی نیست که محلول مهاجم دارای سولفات کلسیم باشد)، پوزولان با هیدروکسید کلسیم واکنش داده، در نتیجه مقدار انبساط را کاهش می‌دهد. همانند واکنش قلیایی سیلیس، به علت حمله سولفاتها باید پوزولان کافی برای کنترل انبساط اضافه کرد. دومین اثر پوزولان کاهش دادن مقدار درصد C_3A در سیمان است. بنابراین جایگزینی بیشتر سبب کمتر شدن درصد C_3A در مخلوط است. سومین اثر سودمند افزایش پوزولان، کاهش نفوذپذیری بتن است. پوزولان از سرعت نفوذ محلولهای سولفات به داخل بتن می‌کاهد.

قرارگرفتن بتن در معرض محلول سولفات سبب کاهش در مقاومت آن می‌گردد و مقدار کاهش به غلظت یون سولفات و همنیطور به مشخصات بتن بستگی دارد. تعیین مقاومت در برابر سولفات معمولاً با محلولهای ۵ درصد سولفات منیزیم یا سدیم انجام می‌شود که به طور کلی سولفات منیزیم آسیب‌رسانتر است. امّا هیچ آزمون استانداردی برای تعیین مقاومت بتن در برابر سولفاتها تدوین نشده است.

خصوصیات شیمیایی و فیزیکی پوزولان:

مطالعه خصوصیات شیمیایی و فیزیکی پوزولان یکی از پارامترهای ضروری است، برای اینکه پوزولان بر روی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی سیمان مخلوط مؤثر است.

درصد اکسیدها و ترکیبات سیمانهای نوع ۲ و ۵ کارخانه سیمان کرمان، پوزولان سیرجان (S)، پوزولان

گدارسرخ (G)، پوزولان گدار سفید بافت (B) و همچنین خاک سانتورین در جدول (۱) درج گردیده است. خصوصیات فیزیکی سیمان‌ها و پوزولان‌ها در جدول (۲) درج گردیده است.

ارزیابی نتایج:

نتایج آزمایش مقاومت فشاری در سنین مختلف بر روی نمونه‌های مختلف ملات نگهداری شده در آب معمولی و محلول ۵ درصد سولفات سدیم در جدول (۳) درج گردیده است و همچنین این نتایج در شکلهای (۱) تا (۱۲) نشان داده شده‌اند. نتایج این آزمایش به طور خلاصه به شرح زیر می‌باشد:

۱- شکلهای (۱) و (۲) نشان می‌دهند که برای نمونه‌های مختلف ملات حاوی درصدهای مختلف جایگزینی پوزولان و سیمان نوع ۲ نگهداری شده در آب معمولی جایگزینی ۲۰ درصد پوزولان بیشترین مقاومت فشاری را می‌دهد. همان گونه که مشاهده می‌شود، نمونه حاوی ۲۰ درصد پوزولان در سن ۱۸۰ روز مقاوت فشاری برابر نمونه شاهد دارد.

۲- شکل‌های (۳) و (۴) نشان می‌دهند که برای نمونه‌های مختلف ملات حاوی درصدهای جایگزینی مختلف پوزولان و سیمان نوع ۵ (نگهداری شده در آب معمولی) جایگزینی ۲۰ تا ۳۰ درصد پوزولان بیشترین مقاومت فشاری را نتیجه می‌دهد.

۳- شکلهای (۵) و (۶) نشان می‌دهند که استفاده از پوزولان گدار سفید بافت با سیمان نوع ۲ در افزایش مقاومت بتن در مقابل حملات سولفاتی در دراز مدت مفید می‌باشد (در سن ۱۸۰ روز مقاومت فشاری نمونه‌های ملات حاوی ۲۰ ذرصذ پوزولان، نگهداری شده در محلول سولفات سدیم تقریباً برابر مقاومت فشاری نمونه‌های ملات شاهد می‌باشد.).

۴- شکل‌های (۷) و (۸) نشان می‌دهند که استفاده از پوزولان گدار سفید بافت با سیمان نوع ۵ نقش موثری در افزایش مقاومت بتن در مقابل حملات سولفاتی در دراز مدت ندارد.

۵- شکل‌های (۹) و (۱۰) نشان می‌دهند که برای نمونه‌های مختلف ملات حاوی درصدهای جایگزینی مختلف پوزولان و سیمان نوع ۲ (نگهداری شده در محلول ۵ درصد سولفات سدیم) جایگزینی ۳۰ درصد پوزولان مقاومت فشاری بیشتری را نشان می‌دهد.

۶- شکل‌های (۱۱) و (۱۲) نشان می‌دهند که برای نمونه‌های مختلف ملات حاوی درصدهای جایگزینی مختلف پوزولان و سیمان نوع ۵ (نگهداری شدن در محلول ۵ درصد سولفات سدیم) جایگزینی ۳۰ درصد پوزولان مقاومت فشاری بیشتری را نشان می‌دهد.

RFERENCES:

1- ASTM C311-90 "sampling and testing fly ash or natural Pozzolans for4minearal admixture in Portland-Cement Concrete".

2- British Standard Institute, BS 3892, Part 1, 1988. "specification Polverized fuel ash for use as a cementitous in Standard Institute", London, 1988.

3- Mehta, P.K. "Studies on blended portland cements containing Santorine earth", cement and concrete research, 1981. PP.507-518

4- Maghsoudi, A.A.& etal, "The study of mechanical properties of concrete containing Pozzolans from sources in the Kerman. (i.e Sirjan and Ghodarsorkh) and their comparison with thc control concrete, ConChem Proceeding, Brussels, 28-30 November 1995.

۵- فاضلی - عبدالحسین، «بررسی خصوصیات مکانیکی و دوام بتن‌های حاوی پوزولان گدار سفید بافت و مقایسه آن با بتن کنترل»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، بخش مهندسی عمران دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۱۳۷۶

۶- پوریعقوبی - سید عباس، «بررسی خصوصیا مکانیکی و دوام بتن‌های ساخته شده با پوزولانهای سیرجان و گدار سرخ (کرمان) و مقایسهٔ آن با بتن کنترل»، پایان نامهٔ کارشناسی ارشد، بخش مهندسی عمران دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۱۳۷۳

۷- رمضانیانپور- علی‌اکبر و صارمی - منصور، «بررسی علل کاهش عمر مفید سازه‌های بتنی مسلح»، انتشارات مرکز تحقیقات و مطالعات راه و ترابری، چاپ اول، ۱۳۷۵

جدول ۱: درصد اکسیدهای تشکیل دهنده سیمانهای نوع ۲ و ۵ کارخانه سیمان کرمان و پوزولانهای سیرجان، گدار سرخ و بافت و خاک سانتورین

Type	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	SO3	K2O	Na2O	C3A	C4AF	L.S.F
II	21.68	4.60	3.92	62.75	—	1.78	—	—	5.6	11.9	—
V	21.88	3.57	5	63.57	—	1.33	—	—	1	15.2	—
S	63.6	17.72	3.68	5.60	0.8	0.00	2.40	0.22	40.7	11.19	2.80
G	69.40	13.96	1.84	2.80	1.6	0.00	1.20	0.20	33.9	5.59	1.30
San	63.80	13.00	5.70	1.00	2.0	—	2.50	3.80	21.8	17.30	2.20
B	62.8	20.6	1.1	1.18	0.8	0.00	1.6	0.21	—	—	—

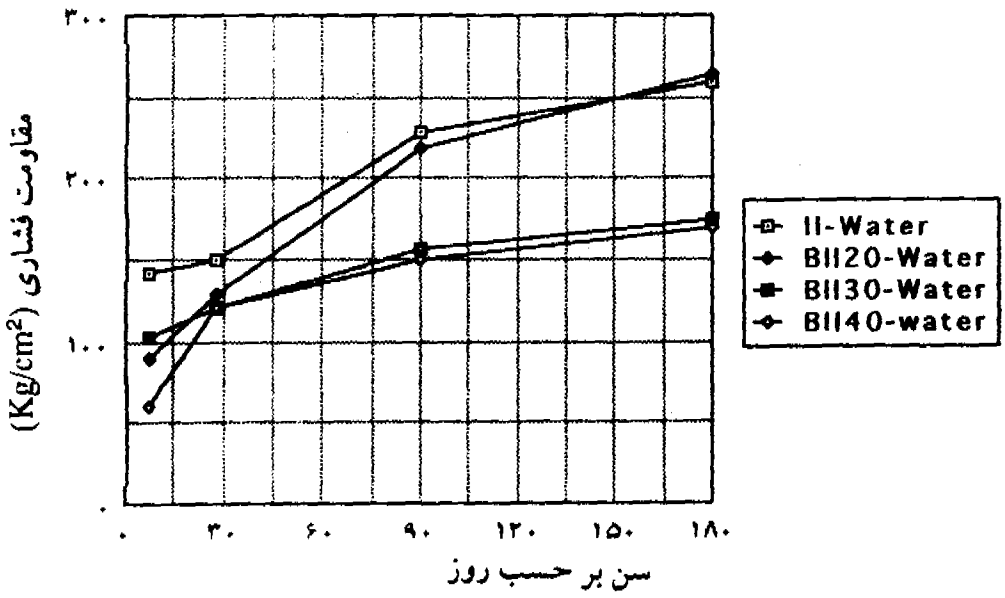
S: پوزولان سیرجان G: پوزولان گدار سرخ San: خاک سانتورین B: پوزولان بافت

جدول ۲: خصوصیات فیزیکی سیمانهای نوع ۲ و ۵ و پوزولانهای سیرجان، گدار سرخ و بافت

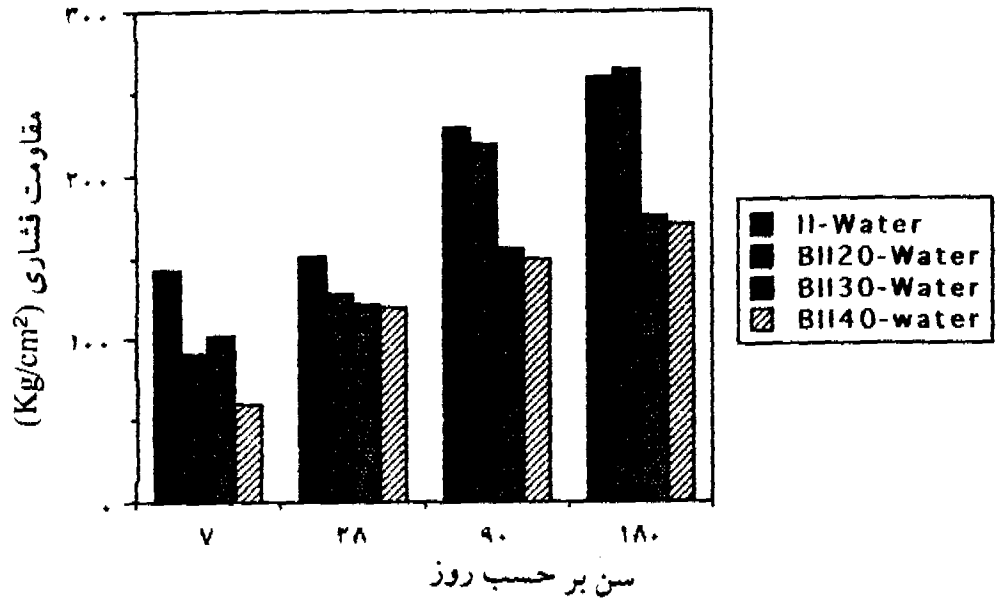
Type	II	V	S	G	B
specific gravity (gr/cm^3)	—	—	2.28	2.08	2.52
specific surface (Beleen) cm^2/gr	3207	2994	6348	4870	3314

جدول ۳: مقاومت فشاری (Kg/cm^2) نمونه‌های مختلف بتنی در شرایط محیطی آب معمولی و محلول سولفات سدیم

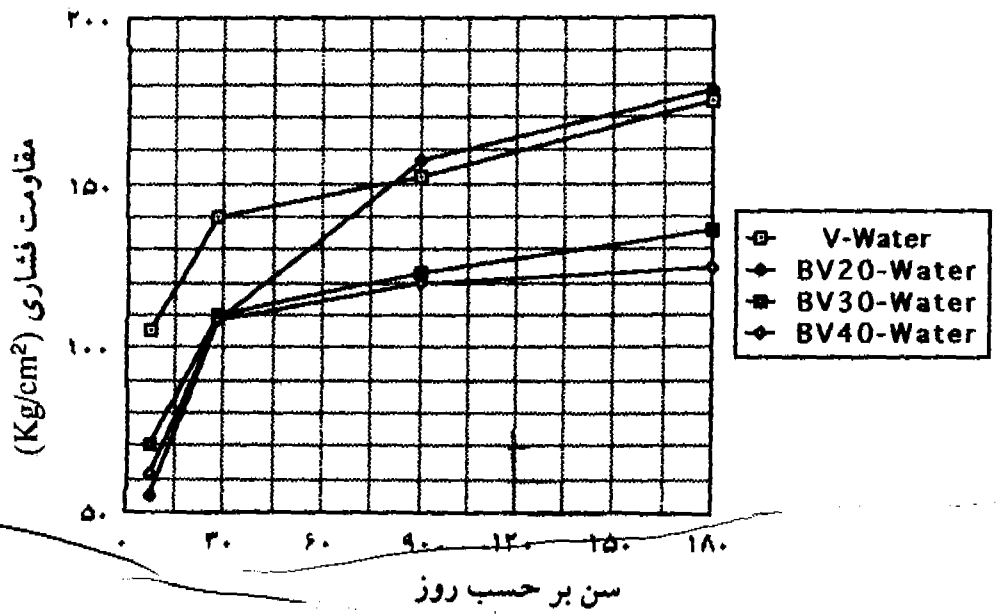
نوع نمونه	آب معمولی				محلول سولفات سدیم			
	۷ روزه	۲۸ روزه	۹۰ روزه	۱۸۰ روزه	۷ روزه	۲۸ روزه	۹۰ روزه	۱۸۰ روزه
II	۱۴۲/۵	۱۵۱	۲۲۸	۲۶۰	۱۲۵	۱۴۱	۲۰۰	۲۹۳
BII20	۹۰	۱۲۸	۲۱۹	۲۶۴	۱۰۱	۱۲۸	۱۵۰	۲۴۸
BII30	۱۰۲	۱۲۱	۱۵۶	۱۷۵	۹۴	۱۱۷	۱۸۰	۲۰۶
BII40	۶۰	۱۲۰	۱۵۰	۱۷۰	۸۷	۱۳۶	۱۵۷	۱۸۴
V	۱۰۵	۱۴۰	۱۵۲	۱۷۵	۱۰۳	۱۵۵	۱۵۸	۲۴۰
BV20	۵۵	۱۰۸	۱۵۷	۱۷۸	۶۷	۱۰۵	۱۵۴	۱۷۰
BV30	۷۰	۱۱۰	۱۲۲	۱۳۶	۶۲	۱۰۳	۱۵۰	۱۵۸
BV40	۶۱	۱۰۸	۱۲۰	۱۲۵	۶۰	۱۰۱	۱۱۸	۲۰۱



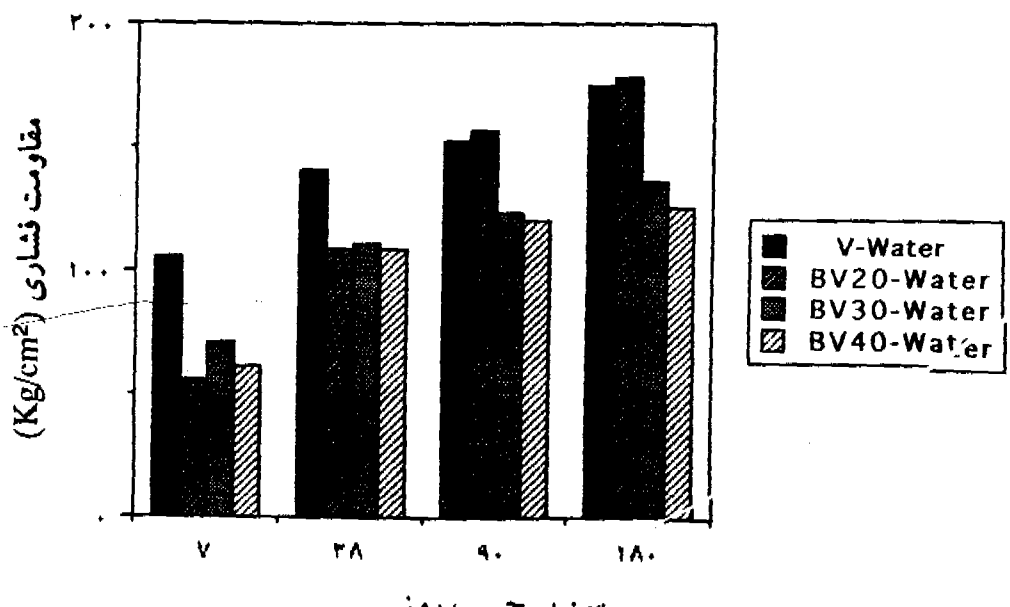
شکل (۱) نمودار مقاومت فشاری نمونه‌های مختلف ملات حاوی سیمان نوع ۲ با درصدهای مختلف جایگزینی پوزولان گدار سفید بافت نگهداری در آب



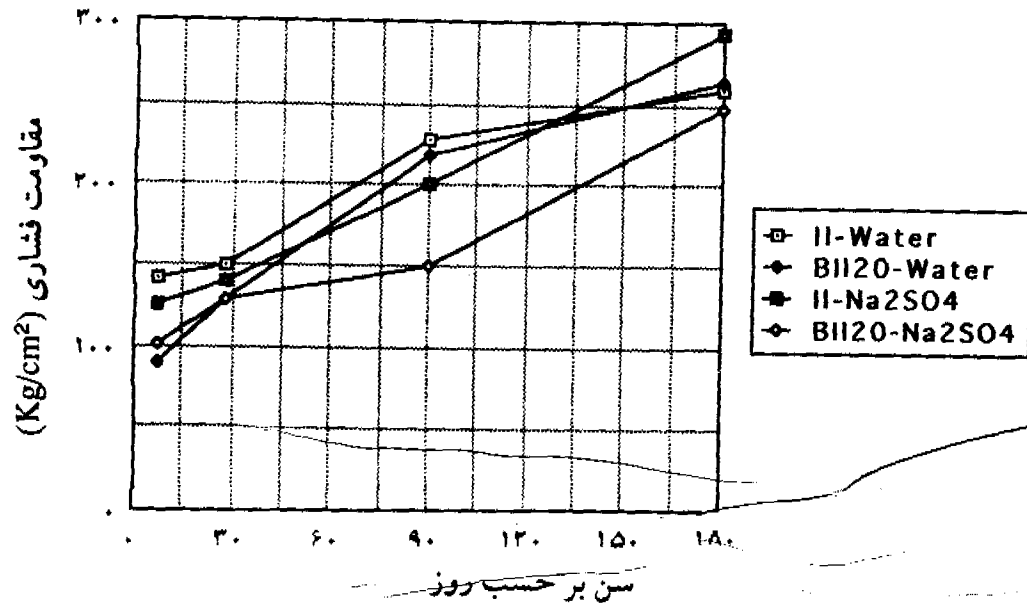
شکل (۲) نمودار میله‌ای فشاری نمونه‌های مختلف ملات حاوی سیمان نوع ۲ با درصدهای مختلف جایگزینی پوزولان گدار سفید بافت (نگهداری در آب معمولی)



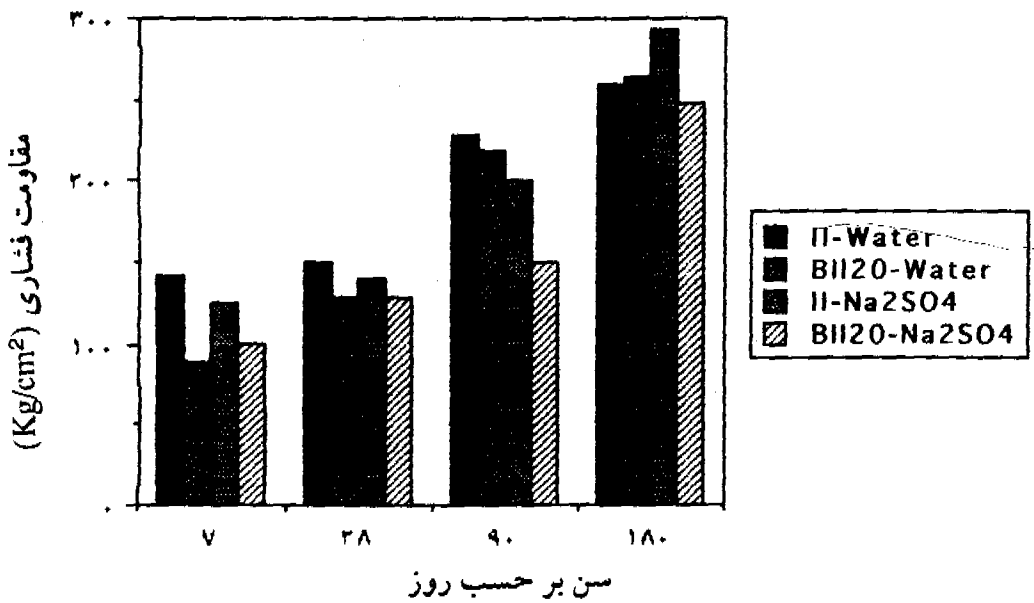
شکل (۳) نمودار مقاومت فشاری نمونه‌های مختلف ملات حاوی سیمان نوع ۵ با درصدهای مختلف جایگزینی پوزولان گدار سفید بافت (نگهداری در آب معمولی)



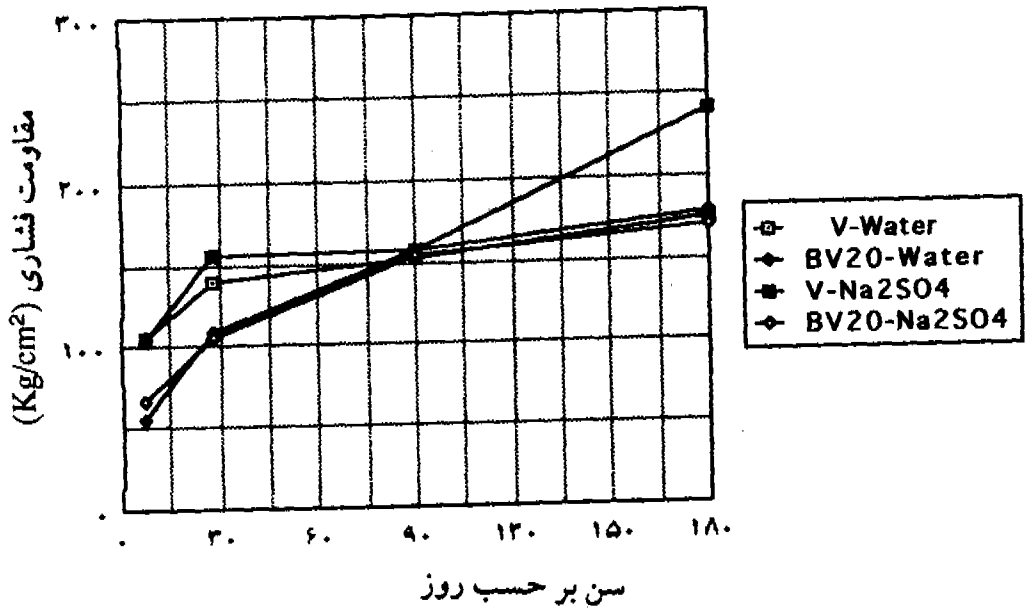
شکل (۴) نمودار میله‌ای مقاومت فشاری نمونه‌های مختلف ملات حاوی سیمان نوع ۵ با درصدهای مختلف جایگزینی پوزولان گدار سفید بافت (نگهداری در آب معمولی)



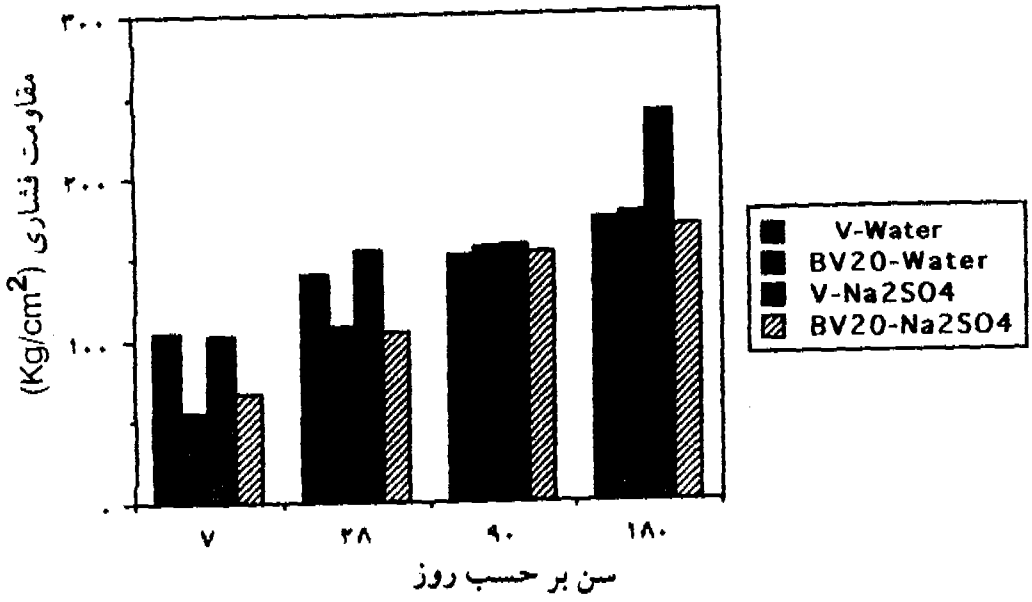
شکل (۵) نمودار مقاومت فشاری نمونه‌های مختلف ملات حاوی سیمان نوع ۲ با درصد بهینه جایگزینی پوزولان گدار سفید بافت (نگهداری در آب معمولی و محلول سولفات)



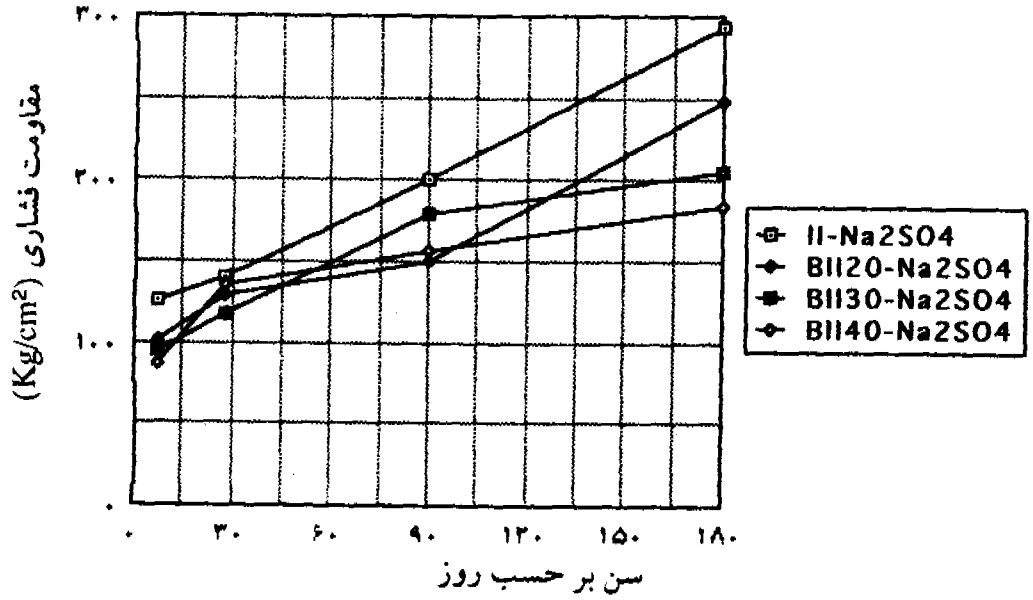
شکل (۶) نمودار میله‌ای مقاومت فشاری نمونه‌های مختلف ملات حاوی سیمان نوع ۲ با درصد بهینه جایگزینی پوزولان گدار سفید بافت (نگهداری در آب معمولی و محلول سولفات)



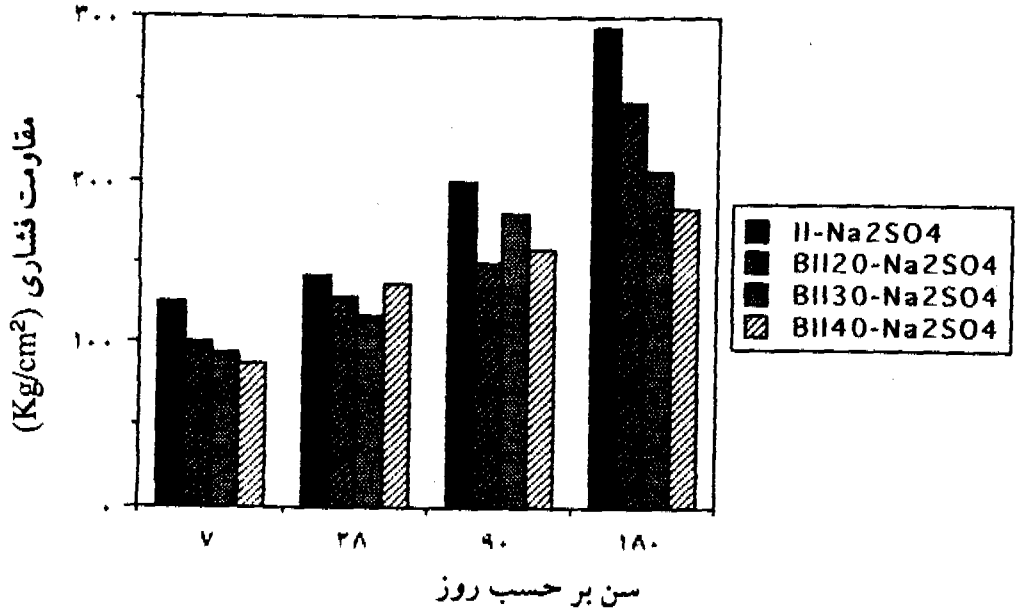
شکل (۷) نمودار مقاومت فشاری نمونه‌های مختلف ملات حاوی سیمان نوع ۵ با درصد بهینه جایگزینی پوزولان گدار سفید بافت (نگهداری در آب معمولی و محلول سولفات)



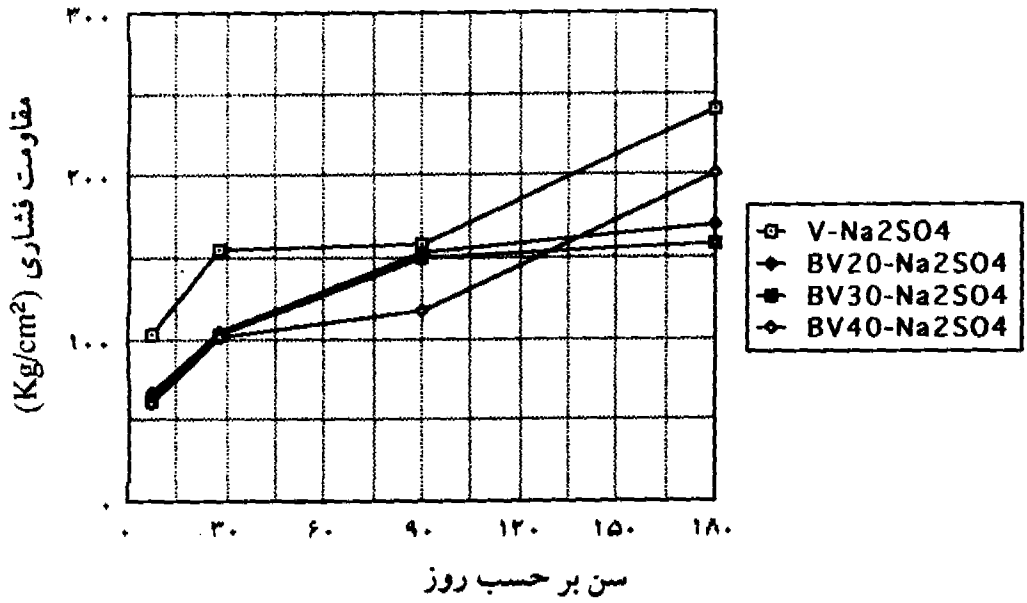
شکل (۸) نمودار میله‌ای مقاومت فشاری نمونه‌های مختلف ملات حاوی سیمان نوع ۵ با درصد جایگزینی پوزولان گدار سفید بافت (نگهداری در آب معمولی و محلول سولفات)



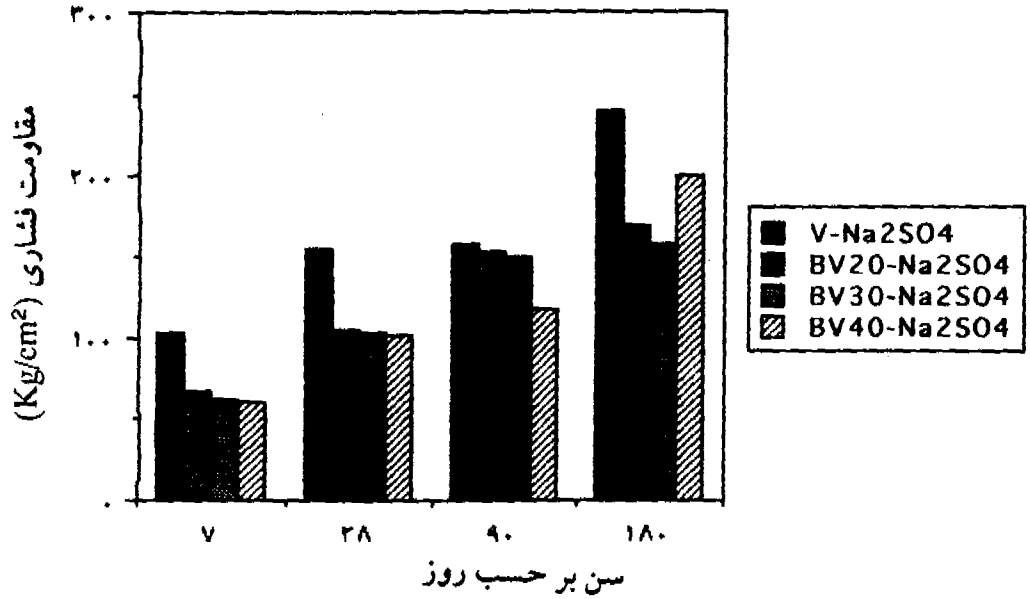
شکل (۹) نمودار مقاومت فشاری نمونه‌های مختلف ملات حاوی سیمان نوع ۲ با درصدهای مختلف جایگزینی پوزولان گدار سفید بافت (نگهداری در محلول سولفات)



شکل (۱۰) نمودار میله‌ای مقاومت فشاری نمونه‌های مختلف ملات حاوی سیمان نوع ۲ با درصدهای مختلف جایگزینی پوزولان گدار سفید بافت (نگهداری در محلول سولفات)



شکل (۱۱) نمودار مقاومت فشاری نمونه‌های مختلف ملات حاوی سیمان نوع ۵ با درصدهای مختلف جایگزینی پوزولان گدار سفید بافت (نگهداری در محلول سولفات)



شکل (۱۲) نمودار میله‌ای مقاومت فشاری نمونه‌های مختلف ملات حاوی سیمان نوع ۵ با درصدهای مختلف جایگزینی پوزولان گدار سفید بافت (نگهداری در محلول سولفات)

Durability of Concrete Containing White Tissue Gorged Pozolan inside Sodium Sulfate Lotion

A. Fazeli, Eng. – Master's in Hydraulic Structures

A. A. Maghsudi, Ph.D. – Shahid Bahonar University of Kerman

Abstract

Durability and reliability of concrete against aggressive agents of the environment around the concrete, which might exist in the nearby soil or climate is a crucial factor. Generally, these agents are made of dissolved sulfates, especially sodium, potassium, calcium, manganese, chlorothyls and alkaline sulfates that exist naturally in soil and water. The presence of some of these agents in seawater decreases the life of maritime structures. Successful placement of Pozolans inside Portland cement for lowering the weakness caused by sulfate aggression in this type of cement has been targeted by vast investigation in this field. In this research, the durability of concrete containing white tissue gorged Pozolans in destructive environment of sodium sulfate is investigated. In order to survey the durability, 336 samples of materials containing different portions of Pozolans have been poured into steel molds. The dimensions of the molds were 5×5×5 centimeters in 3-fold mixtures. The samples were kept in the temperature of 18 to 22 centigrade degrees and the average humidity of 80 percent, and after that half of the samples were kept in normal water and the other half were kept in a 5 percent sodium sulfate lotion in a temperature between 19 to 21 centigrade degrees. The samples pressure strength tests were done when the samples were 7, 28, 90 and 180 days old. The results of this research indicate the durability improvement of the concrete containing white tissue gorged Pozolan in the sodium sulfates destructive environment.

Keywords: white tissue gorged Pozolan; concrete structures; maritime area