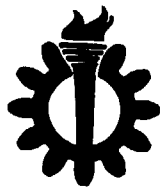


۳۲.۹۲



۱۳۷۹ / ۱۲ / ۱۰



دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشکده مهندسی شیمی

مقاومت سیمان‌های مختلف در برابر آبهای نمک‌دار

حسین دلاورزاده

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی شیمی

استاد راهنما: دکتر عباس طائب

۹۶۹۱

شهریور ۱۳۷۹

۳۲۰۹۲

چکیده

مقاومت سیمان و در نتیجه بتن حاصل از آن، شاخص بسیار مهمی در ساخت و ساز سازه‌های بتنی می‌باشد. رسیدن به مقاومت بالاتر در طول عمرهای پایین، مطلوب کارفرمایان و پیمانکاران بتن می‌باشد. همچنین سیمان با مقاومت بالا، باید دارای حداقل استانداردهای کیفی از نظر زمان گیرش، مقدار آب مورد نیاز و حرارت هیدراتاسیون نیز باشد.

در برخی موارد، لازم است مقاومت بتن در برابر آبهای خورنده، خصوصاً آب دریا که حاوی املاح معدنی نیز می‌باشد، افزایش پیدا کند. به این منظور از سیمان تیپ ۲ که علاوه بر مقاومت مناسب، دارای حرارت هیدراتاسیون متوسطی نسبت به سایر تیپهای سیمان است، استفاده می‌شود. در پروژه حاضر خواص مقاومتی سیمان تیپ ۲ در برابر آب دریای خزر، خلیج فارس و دریاچه ارومیه بررسی شده است. برای بررسی میزان تأثیر افزودن پوزولان به سیمان، از این ماده به عنوان افزودنی استفاده شده است. پوزولان در ۴ درصد مختلف (۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰٪) به کلینکر پایه تیپ ۲ افزوده شده است. کلیه نمونه‌ها در چهار بلین مختلف (۳۰۰۰، ۳۲۰۰، ۳۶۰۰ و $4000 \text{ cm}^2/\text{g}$) ساخته شده و آزمایش گردیده‌اند.

نتیجه نهایی به دست آمده حکایت از افزایش مقاومت به ازای افزایش محدود بلین و همچنین به ازای افزایش درصد پوزولان می‌باشد.

تقدیر و تشکر

به این وسیله بر خود لازم می‌دانم از کلیه کسانی که به نحوی مرا در انجام این پروژه یاری کردند کمال سپاسگزاری را بنمایم. از جناب آقای دکتر طائب استاد راهنما، که مشوق اصلی انجام این کار بودند. همچنین از آقایان مهندس عباسی، رئیس آزمایشگاه مکانیک خاک شهرستان ساری، مهندس بابازاده رئیس آزمایشگاه مکانیک خاک شهرستان ارومیه، مهندس لطیفیان رئیس آزمایشگاه مکانیک خاک شهرستان بندرعباس، آقای اکبری رئیس آزمایشگاه کارخانه سیمان آبیک، آقای قائمی و سلیمیان مسئولان آزمایشگاه فیزیک سیمان تهران و کلیه کسانی که در این لیست نامشان فراموش شده است کمال تشکر را دارم. همچنین به این وسیله مراتب قدردانی و تشکر خود را از کلیه پرسنل مرکز تحقیقات سیمان که مرا در ویرایش و تایپ این پروژه یاری نمودند، دارم و برایشان در تمام مراحل زندگی سعادت و کامیابی را آرزومندم.

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
	فصل اول: کلیات
۱	۱-۱- ترکیب کلینکر سیمان پرتلند
۲	۲-۱- اجزاء اصلی سیمان پرتلند
۴	۳-۱- اجزاء فرعی
۵	۴-۱- انواع سیمان پرتلند
۶	۵-۱- خواص فیزیکی و شیمیایی
۶	۱-۵-۱- نرمی
۷	۲-۵-۱- زمان گیرش
۸	۶-۱- هیدراتاسیون و کسب مقاومت
۸	۱-۶-۱- واکنشهای هیدراتاسیون
۱۰	۲-۶-۱- آب مناسب جهت ساخت بتن
۱۲	۷-۱- افزایش سیمان از طریق تولید سیمانهای مخلوط
۱۲	۱-۷-۱- تعاریف
۱۳	۲-۷-۱- پیشرفت تاریخی
۱۳	۳-۷-۱- مصرف سیمانهای مخلوط
۱۴	۴-۷-۱- خواص بتن با مواد پوزولانی
۱۵	۱-۴-۷-۱- حرارت هیدراتاسیون
۱۵	۲-۴-۷-۱- اثر پوزولانها بر مقاومت بتن
۱۵	۵-۷-۱- ساخت سیمانهای مخلوط

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱۶	۱-۷-۶- جنبه‌های اقتصادی
۱۷	۱-۷-۷- شیمی پوزولانها
۱۷	۱-۷-۷-۱- دسته‌بندی مواد افزایشده فعال
۱۹	۱-۷-۷-۲- فعالیت پوزولانی
۲۰	۱-۷-۷-۳- عوامل مؤثر روی فعالیت پوزولانی
۲۱	۱-۷-۸- آسیاب کردن سیمان پوزولانی
۲۴	۱-۸-۸- بتن و خواص آن
۲۴	۱-۸-۱- میزان آب در خمیر سیمان
۲۵	۱-۸-۱-۱- محاسن استفاده از نسبت آب به سیمان کمتر
۲۵	۱-۸-۱-۲- مزیت استفاده از نسبت آب به سیمان بیشتر
۲۵	۱-۸-۲- سنگ‌دانه‌ها
۲۷	۱-۸-۳- معایب بتن
۲۷	۱-۸-۳-۱- آب انداختن Bleeding
۲۸	۱-۸-۳-۲- جداسدن دانه‌ها Segregation
۲۸	۱-۸-۳-۳- افت یا انقباض Shrinkage
۲۹	۱-۸-۳-۴- خزش یا وارفتگی Creep
۲۹	۱-۸-۳-۵- خستگی در بتن Fatigue
۳۰	۱-۸-۴- بتن سخت شده

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
	فصل دوم: عوامل مؤثر بر مقاومت و پایداری سیمان و بتن
۳۲	۱-۲- عوامل داخلی
۳۲	۱-۱-۲- ضریب استاندارد آهک LSF
۳۲	۲-۱-۲- ضریب سیلیس
۳۳	۳-۱-۲- فاز فریت
۳۳	۴-۱-۲- فاز آلومینات C ₃ A
۳۴	۵-۱-۲- سیلیکاتهای کلسیم
۳۴	۶-۱-۲- قلیایی‌های سیمان
۳۴	۷-۱-۲- اکسید منیزیم
۳۵	۸-۱-۲- آهک آزاد
۳۵	۹-۱-۲- نسبت آب به سیمان (w/c)
۳۶	۱۰-۱-۲- تیپ سیمان پرتلند
۳۶	۱۱-۱-۲- نرمی سیمان
۳۷	۱۲-۱-۲- طول عمر سیمان
۳۸	۱۳-۱-۲- دمای نگهداری از بتن
۳۸	۱۴-۱-۲- اندازه بلورها
۳۹	۱۵-۱-۲- وجود نمک در سنگ دانه‌ها، آب اختلاط یا نگهداری و یا در مورد افزودنی
۳۹	۱۶-۱-۲- شکل سنگ دانه‌ها
۳۹	۱۷-۱-۲- ترکهای سطحی

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۴۰	۱۸-۱-۲- پوشش بتنی روی آرمه‌ها
۴۰	۱۹-۱-۲- استفاده از فلزات ناهمگن
۴۰	۲۰-۱-۲- وجود حبابهای هوا
۴۰	۲-۲- عوامل خارجی
۴۰	۱-۲-۲- آب دریا (شامل کلرید، سولفات و یونهای منیزیم)
۴۱	۲-۲-۲- اکسیژن و CO _۲ موجود در آب و هوا
۴۱	۳-۲-۲- یخ زدن و آب شدن
۴۱	۴-۲-۲- حرکت آب و حبابهای هوا
۴۲	۵-۲-۲- مواد جامد معلق، گل و لای، سنگ و یخ
۴۲	۶-۲-۲- ترکهای سطحی که توسط موج توسعه داده می‌شود
۴۲	۷-۲-۲- H _۲ S در نفت و یا گاز
۴۲	۸-۲-۲- جریانهای الکتریکی
۴۳	۹-۲-۲- افزایش دما در تانکهای ذخیره
	<i>فصل سوم: آماده‌سازی نمونه‌ها</i>
۴۴	۱-۳- شرح استاندارد روش آزمایش مکانیکی سیمانها، تاب فشاری و تاب خمشی ملات خمیری
۴۴	۱-۱-۳- آماده‌کردن ملات
۴۴	۱-۱-۱-۳- ماسه استاندارد

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۴۶	۳-۱-۱-۲- ترکیب ملات
۴۶	۳-۱-۱-۳- آماده کردن ملات
۴۸	۳-۱-۲- آماده کردن و نگهداری قطعه‌های آزمایشی
۴۸	۳-۱-۲-۱- تعریف قطعه آزمایشی
۴۸	۳-۱-۲-۲- قالبها
۴۹	۳-۱-۲-۳- قالب‌گیری قطعه آزمایشی
۵۱	۳-۱-۲-۴- نگهداری قطعه‌های آزمایشی
۵۲	۳-۱-۳- آزمایش قطعه‌های آزمایشی
۵۲	۳-۱-۳-۱- تاب خمشی
۵۳	۳-۱-۳-۲- تاب فشاری
۵۴	۳-۱-۴- گزارش نتایج آزمایش
۵۵	۳-۲- دستگاه‌های مورد استفاده
۵۵	۳-۲-۱- سنگ‌شکن فکی
۵۸	۳-۲-۲- آسیاب آزمایشگاهی
۶۰	۳-۲-۳- دستگاه بلین
۶۳	۳-۲-۴- ترازوی آزمایشگاهی
۶۳	۳-۲-۵- مخزن نگهداری نمونه‌ها
۶۴	۳-۲-۶- دستگاه تعیین مقاومت خمشی
۶۴	۳-۲-۷- دستگاه تعیین مقاومت فشاری

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۶۴	۳-۲-۸- قالبهای آزمایشگاهی
۶۵	۳-۳- مواد مورد استفاده
۶۵	۳-۳-۱- کلینکر
۶۵	۳-۳-۲- پوزولان طبیعی
۶۶	۳-۳-۳- گچ طبیعی
۶۶	۳-۳-۴- ماسه
۶۷	۳-۳-۵- آب دریا
۶۸	فصل چهارم: نتایج آزمایشها
۶۸	۴-۱- جرم حجمی
۶۹	۴-۲- مقاومتهای خمشی
۷۳	۴-۲-۱- آب خلیج فارس
۷۹	۴-۲-۲- آب دریاچه ارومیه
۸۴	۴-۲-۳- آب دریاچه خزر
۹۰	۴-۳- مقاومتهای فشاری
۹۴	۴-۳-۱- آب خلیج فارس
۱۰۰	۴-۳-۲- آب دریاچه ارومیه
۱۰۵	۴-۳-۳- آب دریاچه خزر
۱۱۱	فصل پنجم: نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات
۱۱۳	مراجع

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۲۰	شکل ۱-۱: نمایش شماتیک یک واحد SiO_2 در ساختمانهای شبه فلدسپاری
۲۲	شکل ۲-۱: مقایسه قابلیت خردایش مواد افزودنی به سیمان
۳۲	شکل ۱-۲: تأثیر میزان LSF بر مقاومت سیمان
۳۳	شکل ۲-۲: تأثیر درصد فاز C_4AF بر مقاومت سیمان
۳۴	شکل ۳-۲: رابطه بین درصد MgO و مقاومت ۲۸ روزه سیمان
۳۵	شکل ۴-۲: نسبت بین مقاومت فشاری و خمشی با w/c
۳۶	شکل ۵-۲: مقایسه مقاومت فشاری تیپ‌های مختلف سیمان در سنین مختلف
۳۶	شکل ۶-۲: رابطه بین تیپ سیمان و نسبت آب به سیمان بر مقاومت فشاری سیمان
۳۷	شکل ۷-۲: رابطه بین سطح ویژه سیمان و مقاومت فشاری
۳۸	شکل ۸-۲: تأثیر درجه حرارت هنگام مراقبت بر روی مقاومت فشاری بتن
۴۵	شکل ۱-۳: منحنی دانه‌بندی ماسه استاندارد
۴۶	شکل ۲-۳: شکل دستگاه مخلوط‌کن ملات ASTM
۴۸	شکل ۳-۳: نمونه دستگاه قالب‌گیری
۵۴	شکل ۴-۳: طرح کلی اسباب مخصوص آزمایش فشاری
۵۷	شکل ۵-۳: دانه‌بندی ذرات کلینکر و پوزولان خروجی از سنگ‌شکن فکی
۵۹	شکل ۶-۳: رابطه بین زمان آسیاب کردن و بلین نمونه در آسیاب آزمایشگاهی مورد استفاده
۶۱	شکل ۷-۳: دستگاه بلین
۷۴	شکل ۱-۴: رابطه بین مقاومت خمشی نمونه‌های با بلین $3000 \text{ cm}^2/\text{g}$ نگهداری شده در آب خلیج فارس با درصد افزایش پوزولان
۷۴	شکل ۲-۴: رابطه بین مقاومت خمشی نمونه‌های با بلین $3200 \text{ cm}^2/\text{g}$ نگهداری شده در آب خلیج فارس با درصد افزایش پوزولان
۷۵	شکل ۳-۴: رابطه بین مقاومت خمشی نمونه‌های با بلین $3600 \text{ cm}^2/\text{g}$ نگهداری شده در آب خلیج فارس با درصد افزایش پوزولان

فهرست اشکال

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۷۵	شکل ۴-۴: رابطه بین مقاومت خمشی نمونه‌های با بلین $4000 \text{ cm}^2/\text{g}$ نگهداری شده در آب خلیج فارس با درصد افزایش پوزولان
۷۶	شکل ۵-۴: رابطه بین مقاومت خمشی نمونه‌های سیمان عاری از پوزولان، نگهداری شده در آب خلیج فارس با بلین نمونه‌ها
۷۷	شکل ۶-۴: رابطه بین مقاومت خمشی نمونه‌های سیمان حاوی ۵٪ پوزولان نگهداری شده در آب خلیج فارس با بلین نمونه‌ها
۷۷	شکل ۷-۴: رابطه بین مقاومت خمشی نمونه‌های حاوی ۱۰٪ پوزولان نگهداری شده در آب خلیج فارس با بلین نمونه‌ها
۷۸	شکل ۸-۴: رابطه بین مقاومت خمشی نمونه‌های حاوی ۱۵٪ پوزولان نگهداری شده در آب خلیج فارس با بلین نمونه‌ها
۷۸	شکل ۹-۴: رابطه بین مقاومت خمشی نمونه‌های سیمان ۲۰٪، نگهداری شده در آب خلیج فارس با بلین نمونه‌ها
۷۹	شکل ۱۰-۴: رابطه بین مقاومت خمشی نمونه‌های با بلین $3000 \text{ cm}^2/\text{g}$ نگهداری شده در آب دریاچه ارومیه با درصد افزایش پوزولان
۸۰	شکل ۱۱-۴: رابطه بین مقاومت خمشی نمونه‌های با بلین $3200 \text{ cm}^2/\text{g}$ نگهداری شده در آب دریاچه ارومیه با درصد افزایش پوزولان
۸۰	شکل ۱۲-۴: رابطه بین مقاومت خمشی نمونه‌های با بلین $3600 \text{ cm}^2/\text{g}$ نگهداری شده در آب دریاچه ارومیه با درصد افزایش پوزولان
۸۱	شکل ۱۳-۴: رابطه بین مقاومت خمشی نمونه‌های با بلین $4000 \text{ cm}^2/\text{g}$ نگهداری شده در آب دریاچه ارومیه با درصد افزایش پوزولان
۸۲	شکل ۱۴-۴: رابطه بین مقاومت خمشی نمونه‌های سیمان عاری از پوزولان نگهداری شده در آب دریاچه ارومیه با بلین نمونه‌ها
۸۲	شکل ۱۵-۴: رابطه بین مقاومت خمشی نمونه‌های حاوی ۵٪ پوزولان نگهداری شده در آب دریاچه ارومیه با بلین نمونه‌ها

فهرست اشکال

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۸۳	شکل ۴-۱۶: رابطه بین مقاومت خمشی نمونه‌های حاوی ۱۰٪ پوزولان نگهداری شده در آب دریاچه ارومیه با بلین نمونه‌ها
۸۳	شکل ۴-۱۷: رابطه بین مقاومت خمشی نمونه‌های حاوی ۱۵٪ پوزولان نگهداری شده در آب دریاچه ارومیه با بلین نمونه‌ها
۸۴	شکل ۴-۱۸: رابطه بین مقاومت خمشی نمونه‌های حاوی ۲۰٪ پوزولان نگهداری شده در آب دریاچه ارومیه با بلین نمونه‌ها
۸۵	شکل ۴-۱۹: رابطه بین مقاومت خمشی نمونه‌های با بلین $3000 \text{ cm}^2/\text{g}$ نگهداری شده در آب دریای خزر با درصد افزایش پوزولان
۸۶	شکل ۴-۲۰: رابطه بین مقاومت خمشی نمونه‌های با بلین $3200 \text{ cm}^2/\text{g}$ نگهداری شده در آب دریای خزر با درصد افزایش پوزولان
۸۶	شکل ۴-۲۱: رابطه بین مقاومت خمشی نمونه‌های با بلین $3600 \text{ cm}^2/\text{g}$ نگهداری شده در آب دریای خزر با درصد افزایش پوزولان
۸۷	شکل ۴-۲۲: رابطه بین مقاومت خمشی نمونه‌های با بلین $4000 \text{ cm}^2/\text{g}$ نگهداری شده در آب دریای خزر با درصد افزایش پوزولان
۸۸	شکل ۴-۲۳: رابطه بین مقاومت خمشی نمونه‌های سیمان عاری از پوزولان نگهداری شده در آب دریای خزر با بلین نمونه‌ها
۸۸	شکل ۴-۲۴: رابطه بین مقاومت خمشی نمونه‌های سیمان حاوی ۵٪ پوزولان نگهداری شده در آب دریای خزر با بلین نمونه‌ها
۸۹	شکل ۴-۲۵: رابطه بین مقاومت خمشی نمونه‌های سیمان حاوی ۱۰٪ پوزولان نگهداری شده در آب دریای خزر با بلین نمونه‌ها
۸۹	شکل ۴-۲۶: رابطه بین مقاومت خمشی نمونه‌های سیمان حاوی ۱۵٪ پوزولان نگهداری شده در آب دریای خزر با بلین نمونه‌ها
۹۰	شکل ۴-۲۷: رابطه بین مقاومت خمشی نمونه‌های سیمان حاوی ۲۰٪ پوزولان نگهداری شده در آب دریای خزر با بلین نمونه‌ها

فهرست اشکال

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۹۴	شکل ۴-۲۸: رابطه بین مقاومت فشاری نمونه‌های با بلین $3000 \text{ cm}^2/\text{g}$ نگهداری شده در آب خلیج فارس با درصد افزایش پوزولان
۹۵	شکل ۴-۲۹: رابطه بین مقاومت فشاری نمونه‌های با بلین $3200 \text{ cm}^2/\text{g}$ نگهداری شده در آب خلیج فارس با درصد افزایش پوزولان
۹۵	شکل ۴-۳۰: رابطه بین مقاومت فشاری نمونه‌های با بلین $3600 \text{ cm}^2/\text{g}$ نگهداری شده در آب خلیج فارس با درصد افزایش پوزولان
۹۶	شکل ۴-۳۱: رابطه بین مقاومت فشاری نمونه‌های با بلین $4000 \text{ cm}^2/\text{g}$ نگهداری شده در آب خلیج فارس با درصد افزایش پوزولان
۹۸	شکل ۴-۳۲: رابطه بین مقاومت فشاری نمونه‌های سیمان عاری از پوزولان نگهداری شده در آب خلیج فارس با بلین نمونه‌ها
۹۸	شکل ۴-۳۳: رابطه بین مقاومت فشاری نمونه‌های سیمان حاوی ۵٪ پوزولان نگهداری شده در آب خلیج فارس با بلین نمونه‌ها
۹۸	شکل ۴-۳۴: رابطه بین مقاومت فشاری نمونه‌های سیمان حاوی ۱۰٪ پوزولان نگهداری شده در آب خلیج فارس با بلین نمونه‌ها
۹۹	شکل ۴-۳۵: رابطه بین مقاومت فشاری نمونه‌های سیمان حاوی ۱۵٪ پوزولان نگهداری شده در آب خلیج فارس با بلین نمونه‌ها
۹۹	شکل ۴-۳۶: رابطه بین مقاومت فشاری نمونه‌های سیمان حاوی ۲۰٪ پوزولان نگهداری شده در آب خلیج فارس با بلین نمونه‌ها
۱۰۰	شکل ۴-۳۷: رابطه بین مقاومت فشاری نمونه‌های با بلین $3000 \text{ cm}^2/\text{g}$ نگهداری شده در آب دریاچه ارومیه با درصد افزایش پوزولان
۱۰۱	شکل ۴-۳۸: رابطه بین مقاومت فشاری نمونه‌های با بلین $3200 \text{ cm}^2/\text{g}$ نگهداری شده در آب دریاچه ارومیه با درصد افزایش پوزولان
۱۰۱	شکل ۴-۳۹: رابطه بین مقاومت فشاری نمونه‌های با بلین $3600 \text{ cm}^2/\text{g}$ نگهداری شده در آب دریاچه ارومیه با درصد افزایش پوزولان

فهرست اشکال

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱۰۲	شکل ۴-۴۰: رابطه بین مقاومت فشاری نمونه‌های با بلین $4000 \text{ cm}^2/\text{g}$ نگهداری شده در آب دریاچه ارومیه با درصد افزایش پوزولان
۱۰۳	شکل ۴-۴۱: رابطه بین مقاومت فشاری نمونه‌های سیمان عاری از پوزولان نگهداری شده در آب دریاچه ارومیه با بلین نمونه‌ها
۱۰۳	شکل ۴-۴۲: رابطه بین مقاومت فشاری نمونه‌های سیمان حاوی ۵٪ پوزولان نگهداری شده در آب دریاچه ارومیه با بلین نمونه‌ها
۱۰۴	شکل ۴-۴۳: رابطه بین مقاومت فشاری نمونه‌های سیمان حاوی ۱۰٪ پوزولان نگهداری شده در آب دریاچه ارومیه با بلین نمونه‌ها
۱۰۴	شکل ۴-۴۴: رابطه بین مقاومت فشاری نمونه‌های سیمان حاوی ۱۵٪ پوزولان نگهداری شده در آب دریاچه ارومیه با بلین نمونه‌ها
۱۰۵	شکل ۴-۴۵: رابطه بین مقاومت فشاری نمونه‌های سیمان حاوی ۲۰٪ پوزولان نگهداری شده در آب دریاچه ارومیه با بلین نمونه‌ها
۱۰۵	شکل ۴-۴۶: رابطه بین مقاومت فشاری نمونه‌های با بلین $3000 \text{ cm}^2/\text{g}$ نگهداری شده در آب دریای خزر با درصد افزایش پوزولان
۱۰۶	شکل ۴-۴۷: رابطه بین مقاومت فشاری نمونه‌های با بلین $3200 \text{ cm}^2/\text{g}$ نگهداری شده در آب دریای خزر با درصد افزایش پوزولان
۱۰۶	شکل ۴-۴۸: رابطه بین مقاومت فشاری نمونه‌های با بلین $3600 \text{ cm}^2/\text{g}$ نگهداری شده در آب دریای خزر با درصد افزایش پوزولان
۱۰۷	شکل ۴-۴۹: رابطه بین مقاومت فشاری نمونه‌های با بلین $400 \text{ cm}^2/\text{g}$ نگهداری شده در آب دریای خزر با درصد افزایش پوزولان
۱۰۸	شکل ۴-۵۰: رابطه بین مقاومت فشاری نمونه‌های سیمان عاری از پوزولان نگهداری شده در آب دریای خزر با بلین نمونه‌ها
۱۰۸	شکل ۴-۵۱: رابطه بین مقاومت فشاری نمونه‌های سیمان حاوی ۵٪ پوزولان نگهداری شده در آب دریای خزر با بلین نمونه‌ها