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

بتن پلیمری با کارایی بالا برای شرایط سخت و غیر متعارف

High Performance Polymer Concrete in Hostile Environments

قادر خانبابایی و مهرداد کوکبی*

*گروه مهندسی پلیمر، دانشکده فنی و مهندسی ـ دانشگاه تربیت مدرس

چکیده:

اغلب سازه‌های بتنی مورد استفاده در شرایط سخت، خورنده و غیر متعارف مانند سازه‌های دریایی و محیطهای صنعتی و شیمیایی، با مشکلات عدیده‌ای همراه است که علل عمدهٔ آن استحکام کم بتن برای کاربردهای خاص و نفوذپذیری بالای آن در مقابل آب و املاح است. همچنین پخت بتن زمانبر است که این امر باعث ایجاد مشکلات مضاعف در ساخت و تعمیر سازه‌های دریایی می‌گردد.

امروزه استفادهٔ گسترده از مواد پلیمری برای بهبود خواص بتنهارایج شده است. با جایگزینی کامل ماتریس سیمانی در بتن توسط حامل پلیمری، ترکیبی به‌دست می‌آید که به آن بتن پلیمری می‌گویند. این ترکیب دارای مزایای بسیاری نسبت به بتن معمولی است که عمده‌ترین آنها استحکام و دوام بالا و زمان کم مورد نیاز برای پخت است. نحوهٔ اختلاط این ترکیبات مشابه بتن معمولی است، به سهولت قالبریزی می‌شود و ۳ تا ۵ برابر قویتر از بتن معمولی است بنابراین تهیهٔ سازه‌های سبکتر با خواص مطلوب امکانپذیر است. این ترکیبات می‌تواند در سازه‌های بزرگ ئیدرولیکی برای کاهش سایش، حفاظت بتن مسلح پلها در مقابل نفوذ نمکها و خوردگی فولاد داخل بتن، کفپوش محیطهای صنعتی و شیمیایی، روکش دیوارهٔ تونلها و سازه‌های دریایی و سدها و همچنین در بازسازی و تعمیر سریع سازه‌های بتنی آسیب دیده استفاده شود.

در این تحقیق، پس از انتخاب مواد و تعیین ترکیب‌بندی مناسب و روش فراورش با توجه به تجهیزات معمول، بتن پلیمری با خواص فیزیکی و مکانیکی بسیار بالاتر از بتنهای رایج تهیه شده است که اهم خواص آن عبارت است از :

استحکام فشاری ۱۰۷ MPa (۳ تا ۵ برابر بتن)، استحکام برزیلین ۱۲/۴ MPa ،استحکام خمشی بیش از ۱۵/۶MPa ، درصد جذب آب ۰/۱۸٪ ، چگالی ۲/۱۴ gr/cm^3 ، چسبندگی بالاتر از ۲/۳ MPa و کاهش وزنی صفر پس از طی ۲۰ چرخهٔ ۲۴ ساعته در محلول اشباع سولفات سدیم .

واژه‌های کلیدی: بتن پلیمری ـ سازه‌های دریایی ـ کفپوشهای صنعتی ـ تعمیر سازه‌های بتونی .

Key Words : Polymer Concrete_Marine Structures_Industrial Floors_Concrete Repair

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه:

ترکیبات بتنی تهیه شده از سیمان، آب و مصالح سنگی عمده‌ترین مواد برای ساخت سازه‌های مختلف به شمار می‌روند. این ترکیبات غالباً خواص مکانیکی خوبی دارند و بطورگسترده‌ای در ساختمانها، پلها، سدها و سازه‌های دریایی استفاده می‌گردند. ولی متأسفانه بتنهای سیمانی به خاطر داشتن برخی خواص ضعیف در کاربردهای خاصی مانند سدها و سازه‌های دریایی با مشکلات عدیده‌ای همراه هستند. عمده‌ترین موارد ضعف بتن در این کاربردها مقاومت سایشی کم، نفوذپذیری بالا، زمان گیرایش زیاد، مقاومت کم آن در برابر مواد شیمیایی و پدیده‌هایی مانند کاویتاسیون و خوردگی ناشی از نفوذ کلر و همچنین مقاومت کم در برابر یخبندان است. بتن به خاطر ساختمان حفره‌دار خود، ناشی از خروج آب ایجاد شده در واکنش ئیدراتاسیون، در مقابل آب و یونهای کلر و گازها (مانند CO_2) نفوذپذیر است که هرکدام از این عوامل به نوعی باعث خوردگی میلگردها و ایجاد تنش و در نتیجه ترک برداشتن (Cracking) و از هم پاشیدگی (Spalling) بتن می‌گردد. از طرف دیگر تهیه سازه‌های بتنی به صورت ساخت در محل (Cast in Place) در جاهای غیر همسطح مانند کانالها و دریچه‌های سدها و شیپوره‌ها، مشکل و بسیار زمانبر است و تأمین سطوح صاف و با حداقل زبری برای کاهش اصطکاک و سایش، امکانپذیر نیست.

مشکل مهم دیگری که در مورد بتن برای چنین کاربردهایی مطرح است، مسأله تعمیرات و ترمیم خرابیهایی است که ممکن است در نواحی مختلف سازه‌های دریایی پیش بیاید. در چنین مواردی تعمیر باید هر چه سریعتر انجام گیرد و در موارد بسیاری نیاز به تعمیر در زیر آب است که کار را دشوارتر می‌سازد.

یکی از راه‌ها برای رفع مشکلات ناشی از ضعف بتن در مناطقی که در معرض جریان شدید آب هستند (مانند دریچه‌ها، شیپوره‌ها و کانالها) استفاده از ورقهای فولادی است که این مورد نیز علاوه بر هزینه بسیار بالای ورقه‌های فولادی، نصب و جوشکاری قطعات مشکلات زیادی ازنظر اجرا دارد.

راه حل دیگری که در سالهای اخیر مطرح شده است استفاده از کامپوزیتهای پلیمر-بتن است. کامپوزیتهای پلیمر-بتن ترکیباتی هستند که با جایگزینی کامل سیمان در بتن با مواد پلیمری یا استفاده از ترکیب سیمان و پلیمر به دست می‌آیند. اگر حامل (Binder) سیمانی بتن بطورکامل با یک پلیمر جایگزین گردد، ترکیب حاصل را بتن پلیمری (Polymer Concrete)(PC) می‌نامند.

بتنهای پلیمری ترکیبات نسبتاً جدیدی هستند که از حدود سال ۱۹۵۰ وارد بازار شده‌اند و تحقیقات در زمینه طراحی و کاربرد آنها برای کاربردهای خاص بطورگسترده‌ای ادامه دارد. پیش‌بینی می‌گردد به خاطر مزایایی که این مواد دارند در طی دهۀ اخیر مصرفشان ۱۰ برابر گردد[۱۶].

بتنهای پلیمری برپایه پلیمرهای آلی ترموست است که پس از اختلاط با مصالح سنگی در دمای اتاق پلیمره می‌شود. پلیمرهایی که عموماً استفاده می‌شوند و این معیارها را تأمین می‌کنند عبارت است از: اپوکسیها، فورانها، اکریلیکها، پلی‌استرهای غیراشباع و وینیل استرها. از بین این گروه بسته به کارآیی موردنظر و قیمت پلیمرها، سیستم پلیمری برای کاربرد موردنظر انتخاب می‌گردد. مصالح سنگی مورد استفاده عمدتاً از مصالح

www.SID.ir

Archive of SID

سنگی قابل قبول برای بتن سیمانی، انتخاب می‌گردد. اکثر مصالح سنگی که معیارهای مطلوب برای مصالح سنگی بتن در ASTM C۳۳ را تأمین می‌کنند. کارآیی خوبی نیز در PC دارند.

تقویت‌کننده‌های بتنهای پلیمری (Polymer Concrete Reinforcement) شامل میله‌ها (Bars) یا الیاف (Fibers) هستند. PC ممکن است با میله‌های فولادی تقویت شود که در ناحیه تمرکز تنش نصب می‌گردند یا برای انتقال تنشهای برشی بالا به کار می‌روند. الیاف شیشه (Fiber Glass) نیز بطور گسترده برای افزایش استحکام خمشی (Flexural) بتنهای پلیمری مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در مقایسه با بتنهای سیمانی، بتنهای پلیمری خیلی قویتر و بادوامتر هستند و استحکام خمشی، فشاری و کششی بسیار بالاتری دارند. همین امر باعث می‌شود که در سازه‌های حاصل از بتنهای پلیمری مواد کمتری مصرف گردد و نتیجتاً این سازه‌ها در مقایسه با سازه‌های بتنی (سیمانی) مشابه سبکتر باشند. علاوه بر آن این مواد دارای مزایای مهم دیگری مانند زمان گیرایی کم در دمای محیط و حتی پایینتر، مقاومت سایشی بسیار بالا، نفوذپذیری بسیار کم در برابر چرخه‌های یخ‌زدن - آب‌شدن، (Freeze-Thaw) ، مقاومت در برابر شستشوی دایم (Scour)، کاویتاسیون (Cavitation)، سایش (Wear) و شکافتن (Tear) و نیز سهولت فراورش و اجرا هستند، [۱۴ و ۴ و ۳ و ۲ و ۱].

بتنهای پلیمری کاربردهای گسترده‌ای در سازه‌های مختلف پیدا کرده‌اند که یکی از مهمترین آنها، کاربرد در سازه‌های ئیدرولیکی مانند سدها، تونلها، کانالها و سازه‌های دریایی است. از این مواد برای جلوگیری از فرسایش و کاویتاسیون در شیپوره‌های تخلیه مجرای آب (Water Channel Discharge Sluices) و آبگیرهای سد (Dam Stilling Basins) در آمریکا، شوروی سابق، ژاپن، اروپای غربی، چین و ... استفاده شده است . موارد دیگر کاربرد بتنهای پلیمری عبارت است از: تعمیرات جاده‌ها (Highway Patching)، تعمیر کف پلها (Repairs)، پوشش پلها (Overlays)، سازه‌های زیرزمینی، قطعات پیش‌ساخته ساختمانی (Precast) مانند دریچه‌های فاضلاب (Manholes) و دریچه‌های بازدید (Handholes)، تونلهای خطوط کابل مخابرات، برق، گاز و فاضلاب،سازه‌های ابزار ماشین مانند پایه‌ها (Machine Tool Bases)، پوشش ضد اسید برای کنترل فرسایش (Erosion) در سدهای آب‌اسیدی،مخازن نگهداری‌اسید (Acid Storage Tanks) و محفظه‌های دفن زباله‌های اتمی ورادیواکتیو (Waste Encapsulation) ،[۱۵ - ۵].

در این تحقیق، پس از انتخاب مواد و تعیین ترکیب‌بندی مناسب و روش فراورش با توجه به تجهیزات معمول، بتن پلیمری با خواص فیزیکی و مکانیکی بسیار بالاتر از بتنهای رایج تهیه شده است که شرح مواد استفاده شده ،روش انجام آزمایشها و نتایج حاصله در ادامه می‌آید.

www.SID.ir

Archive of SID

مواد:

با توجه به خواص فیزیکی و مکانیکی و شیمیایی مطلوب در رزینهای اپوکسی مانند مقاومت خوردگی عالی، زمان پخت کم و زمان کم رسیدن به استحکام ساختمانی، چسبندگی خیلی خوب به سطوح فلزی، مقاومت سایشی بالا، استحکام مکانیکی بالا، مقاومت در مقابل طیف وسیعی از مواد مخرب شیمیایی، چروکیدگی کم در حین پخت و عدم تولید محصولات فرار جانبی در واکنش پخت شدن، رزین اپوکسی به عنوان فاز پیوسته یا ماتریس برای بتن پلیمری انتخاب شد.

رزین اپوکسی استفاده شده، رزین مایع با ویسکوزیته متوسط، بدون حلال محصول شرکت سیباگایگی با مشخصات زیر است.

نام شیمیایی: Diglycidyl Ether of Bisphenol A (DGEBA)

اکی والان اپوکسی (Epoxide Equivalent): $\frac{gr}{Eq}$ ۱۸۹-۱۸۳

ویسکوزیته (در ۲۵°C) : ۱۲۰۰۰ - ۱۰۰۰۰ cp

وزن مولکولی: ۳۸۰ چگالی (در ۲۵°C): ۱/۱۵ gr/cm^3

این رزین همراه با هاردنر دی اتیلن تری آمین (DETA) به مشخصات زیر استفاده شده است.

فرمول شیمیایی: $H_2N(CH_2)_2\ NH(CH_2)_2\ NH_2$

حالت فیزیکی: مایع بی‌رنگ متمایل به زرد، فرّار و سمّی (در هوای آزاد در دمای اتاق بخار می‌کند).

نسبت اختلاط بارزین: ۱۱ Phr

از حلال تولوئن و همچنین از حلال متیل اتیل کتون (MEK) برای رقیق کردن رزین استفاده شده است.

مصالح سنگی استفاده شده از جنس شن و ماسه مورد مصرف در بتن معمولی است . با توجه به این‌که توزیع اندازهٔ ذرات عامل مهمی در تغییر میزان تراکم، دانسیته و در نتیجه خواص فیزیکی و مکانیکی می‌باشد [۲]. دانه‌بندی‌های مختلف شامل دانه‌بندی باز (Gap) و دانه‌بندی پیوسته و دانه‌بندی یکنواخت بررسی شدند و در نهایت دانه‌بندی پیوستهٔ زیر به عنوان دانه‌بندی بهینه با استفاده از مصالح سنگی موجود تهیه شد و در ساخت نمونه‌های بتن پلیمری مورد استفاده قرارگرفت:

شمارهٔ الک	۱/۲	۳/۸	۴	۶	۸	۱۶	۳۰	۲۰۰
درصد رد شده	۱۰۰	۹۵-۹۸	۶۵-۶۹	۵۸-۶۰	۵۱-۵۳	۳۲-۳۷	۲۷-۲۹	۱۱

www.SID.ir

Archive of SID

روش آزمایشها:

برای بتنهای پلیمری آزمایشهای استانداهٔ مشخصی در دسترس نیست و محققین اغلب با استفاده از آزمایشهای استانداهٔ بتن سیمانی به عنوان راهنما، آزمایشهایی را برای این مواد طراحی کرده‌اند [۴و۱].به همین دلیل آزمایشهایی که در این تحقیق برای بررسی خواص بتن موردنظر انجام شده است،بیشتر براساس آزمایشهای استانده بتن سیمانی است و در مواردی نیز از آزمایشهای مربوط به آسفالت و همچنین آزمایشهای کامپوزیتها استفاده شده است.

با توجه به اینکه عوامل بسیار زیادی در تهیه کامپوزیت موردنظر مطرح است که بررسی مستقل هر یک از این عوامل و اثر آنها در خواص ، نیاز به آزمایشهای زیادی دارد،همچنین به خاطر ناهمگنی ذرات و وجود ذرات فعال آلی و غیرآلی درکنار هم، مدل نظری مشخصی که بتواند ارتباط بین خواص و اجزاء کامپوزیت را معین کند، وجود ندارد. لذا برای کاهش پارامترهای موجود و دستیابی به فرمولاسیون تقریبی بهینه، نمونه‌های اولیه تهیه شد و مورد ارزیابی کیفی قرارگرفت. مهمترین معیارهایی که در این ارزیابی کیفی نمونه‌ها، مدنظر قرار گرفت، استحکام، چسبندگی ، زبری سطح، مقاومت سایشی، شکنندگی، سختی،انعطاف‌پذیری، سهولت فرآیند آمیزه‌سازی و نحوهٔاجرا و در نهایت قیمت تمام شده است .

پس از ارزیابی کیفی نمونه‌های اولیه، نمونه‌هایی برای بررسی کّمی فرمولاسیون تقریبی به دست آمده تهیه و آزمایش شد. روش انجام اهم آزمایشهای کمّی انجام شده به شرح زیر است:

آزمایش استحکام خمشی

این آزمایش بر اساس ASTM C۷۸ است که برای تعیین استحکام خمشی نمونه‌های بتنی با استفاده از بارسه نقطه‌ای طراحی شده است. مطابق استانده ، نمونه‌هایی به ابعاد ۴۰×۴۰×۱۶۰ mm را پس از خشک شدن کامل نسبت به حالتی که قالبگیری شده به یک طرف خوابانیده و در بین فکهای دستگاه تراکم قرار دادیم. سپس نیروی پیوسته با نرخ ۴۲ N/sec وارد کردیم تا شکست در نمونه اتفاق بیفتد.مدول شکست یا استحکام خمشی از رابطهٔ زیر محاسبه می‌گردد:

$$R = \frac{Pl}{bd^2}$$

R: مدول شکست (MPa)

P: حداکثر نیرو (N)

l: فاصلهٔ بین دو نقطهٔ اعمال بار در زیر نمونه (mm)

d: عمق متوسط نمونه در نقطهٔ شکست (mm)

b: عرض متوسط نمونه در نقطهٔ شکست (mm)

این آزمایش به وسیلهٔ دستگاه آزمایش خمش از نوع Maurice PERRIER در آزمایشگاه مصالح مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن انجام شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

آزمایش جذب آب

براساس استاندهٔ ASTM C۴۱۳ نمونه‌هایی به شکل استوانه به قطر و طول ۱ in (۲۵/۴ mm) تهیه و پس از سخت شدن کامل، با دقت میلی‌گرم وزن می‌شود و در یک ارلن متصل به کندانسور، به مدت ۲ ساعت در آب جوش قرار داده می‌شود. پس از سرد شدن، با پارچه تمیز، آبهای سطحی نمونه‌ها را می‌گیریم، سپس آنها را وزن می‌کنیم. میزان جذب آب از فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

$$A=\frac{(W-D)}{D} \times ۱۰۰$$

A: درصد جذب

D: وزن نمونه قبل از قراردادن در آب

W: وزن نمونه اشباع شده از آب

آزمایش سازگاری حرارتی با سطح فلزی

در این آزمایش که ایدهٔ آن از استاندهٔ ASTM C۸۸۴ مربوط به روکشهای بتن گرفته شده است، نمونه‌ای از کامپوزیت بر روی سطح فلزی چسبانده می‌شود و پس از خشک شدن تحت چرخهٔ دمائی قرار می‌گیرد تا شکست احتمالی یا کنده‌شدن آن در اثر اختلاف ضریب انبساط حرارتی با فلز بررسی گردد. اگر پس از ۵ چرخه، نمونه، پیوستگی و چسبندگی خود را حفظ کند، نشانه سازگاری خوب کامپوزیت با فلز است.

برای این آزمایش، نمونه‌ای از بتن پلیمری به ضخامت ۱۲ mm بر روی صفحهٔ فولادی سمباده خورده و چربی‌زدائی شده به ابعاد ۵۰×۵۰ mm ریخته شد و پس از خشک شدن برای ۲۴ ساعت، در دمای ۳۰°C- و ۲۴ ساعت در دمای ۷۰°C قرارگرفت. این چرخهٔ دمایی برای ۵ بار تکرار شد.

آزمایش استحکام فشاری

آزمایش استحکام فشاری براساس ASTM C۵۷۹که مربوط به ملاتها، دوغابها وکفپوشها و بتنهای پلیمری است، بر روی نمونه‌های مکعبی به ابعاد ۵۰×۵۰×۵۰ mm انجام شد. مطابق استانده ، نمونه‌ها پس از اندازه‌گیری دقیق ابعاد در دستگاه تراکم گذاشته شد و تحت نیروی پیوسته و بدون قطع و وصل با نرخ ۶۰۰۰psi/min(۴۲ MPa/min) قرارگرفته و حداکثر نیروی اعمال شده تا نقطهٔ شکست نمونه یادداشت گردید. استحکام فشاری از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$S = \frac{W}{L_۱ \times L_۲}$$

S: استحکام فشاری (MPa)

W: بار بیشینه (N)

$L_۱$ و $L_۲$: ابعاد مکعب (mm)

این آزمایش نیز در مرکز تحقیقات مسکن انجام شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

آزمایش چسبندگی بر روی سطح فلزی

آزمایش چسبندگی تحت بار دو بعدی با استفاده از دستگاه برش مستقیم که یکی از دستگاههای مورد استفاده در آزمایشگاههای خاک و معدن و مکانیک سنگ است انجام شده است .مشخصهٔ مهم و مزیت عمدهٔ این دستگاه آن است که می‌تواند همزمان نیروی عمودی به صورت بار وارد بر سطح و نیروی افقی به صورت برشی وارد کند . برای انجام آزمایش، نمونه‌ای از بتن به ضخامت ۱۲ mm بر روی یک صفحه فولادی به طول و عرض ۱۴۹ mm ریخته شد و در همان جا پخت شد و پس از ۲۴ ساعت، در بین دو فک دستگاه قرارگرفت و بارگذاری انجام شد.تحت نیروی عمودی ثابت ۱۵۰۰kgf(۱۴/۷ KN) (معادل بار و سائط نقلیه سنگین)، نیروی برشی در سطح تماس بتن پلیمری با فلز، با نرخ تقریبی ۲ $\frac{KN}{sec}$ اعمال شد تا نمونه از سطح فلز جداگردد. این آزمایش در آزمایشگاه زمین‌شناسی مهندسی دانشگاه تربیت‌مدرس انجام شده است.

آزمایش کشش غیرمستقیم یا آزمایش برزیلین

این آزمایش براساس استاندهٔ ASTM C۴۹۶ است که برای تعیین استحکام کششی نمونه‌های استوانه‌ای بتن طراحی شده است. مزیت این روش نسبت به کشش مستقیم، راحتی آن است.

مطابق استانده نمونه‌هایی به شکل استوانه به قطر ۲in(۵۰/۸ mm) و به طول ۴in(۱۰۱/۲mm) تهیه شد و پس از خشک شدن کامل به صورت خوابیده بین دو فک دستگاه تراکم قرارگرفت و پس از اندازه‌گیری دقیق ابعاد نیروی پیوسته با نرخ ثابت ۰/۰۲ $N/mm^2.s$ وارد شد تا نمونه بشکند و نیروی بیشینه یادداشت گردید. استحکام کششی از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$T = \frac{2P}{\pi ld}$$

T : استحکام کششی غیر مستقیم (Mpa)

P : نیروی بیشینه (KN)

l : طول (mm)

d : قطر (mm)

این آزمایش بوسیلهٔ دستگاه تراکم Walter+Baiag در آزمایشگاه بتن مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن انجام شده است.

آزمایش تعیین چگالی ظاهری

این آزمایش براساس روش B از استانده ASTM C۹۰۵ است که مربوط به ملاتها، دوغابها و کفپوشها است . روش آزمایش بدین صورت است که نمونه‌هایی به شکل استوانهٔ به طول و قطر ۱in(۲۵/۴mm) تهیه شده و پس از خشک شدن کامل وزن نمونه‌ها در آب و همچنین وزن آنها در هوا اندازه‌گیری می‌شود. چگالی ظاهری خشک از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

www.SID.ir

Archive of SID

$$D_d = ۰/۹۹۷۵ \frac{S}{S-I}$$

D_d: چگالی ظاهری (gr/cm^3)

S: وزن نمونه در هوا (gr)

I: وزن نمونه در آب (gr)

این آزمایش در آزمایشگاه پلیمر دانشگاه تربیت مدرس انجام شده است.

آزمایش مقاومت شیمیایی

این آزمایش براساس استاندارد ASTM C۲۶۷ است که روش نسبتاً سریع برای ارزیابی مقاومت شیمیایی مواد رزینی، کفپوشها و ... تحت شرایط کاری است. اساس این روش بر پایهٔ تغییرات در نمونه و محلولی که در آن قرار گرفته،است.تغییرات می‌تواند یکی از موارد زیر باشد:

۱. وزن نمونه ۲. ظاهر نمونه ۳. ظاهر محیط آزمایش ۴. استحکام فشاری نمونه

برای این آزمایش از نمونه‌های استوانه‌ای به ابعاد ۱in×۱(۲۵/۴×۲۵/۴mm) استفاده می‌شود. نمونه‌ها پس از خشک شدن کامل به دقت وزن می‌گردند و ابعاد آنها با ریزسنج اندازه‌گیری می‌شود. سپس نمونه‌ها را بطوری که قسمت انحنادار آنها به سمت پائین باشد در محیط شیمیایی مورد نظر قرار می‌دهیم. به ازای هر نمونه ۱۵۰ml از محلول شیمیایی مورد نظر ریخته می‌شود، سپس ظرف در دمای ثابت قرار می‌گیرد و پس از ۱، ۷، ۱۴، ۲۸، ۵۶ و ۸۴ روز نرخ حمله (Attack) تعیین می‌گردد. در هر بررسی وضع ظاهری نمونه و محیط قبل و بعد از آزمایش بررسی می‌شود و استحکام فشاری نمونه قبل و بعد از آزمایش مقایسه می‌گردد.

آزمایش پایداری در محیط سولفات سدیم

این آزمایش که برای ارزیابی مصالح سنگی به‌کار رفته در بتن انجام می‌گیرد براساس استاندارد ASTM C۸۸ است. آزمایش انجام شده بدین صورت است که نمونه‌هایی به شکل استوانه ۱in×۱(۲۵/۴×۲۵/۴mm) در محلول اشباع سولفات سدیم قرار داده، پس از ۱۶ ساعت از محیط خارج می‌شوند و در آون دمای ۱۱۰°C به مدت ۴ ساعت خشک می‌گردند، این چرخه ۲۰ بار تکرار شده است. میزان کاهش وزن نمونه‌ها و تغییرات ظاهری آنها در این آزمایش بررسی می‌گردد. این آزمایش در آزمایشگاه زمین‌شناسی مهندسی دانشگاه تربیت مدرس انجام شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث:

خلاصه نتایج آزمایشهای انجام شده در جدول زیر آمده است:

خاصیت	استانده	واحد*	نتیجه آزمایش
استحکام فشاری	ASTM C۵۷۹	MPa	۱۰۷
استحکام کششی غیر مستقیم	ASTM C۴۹۶	MPa	۱۲/۴
جذب آب	ASTM C۴۳	درصد	۰/۱۸
چگالی ظاهری	ASTM C۹۰۵	gr/cm^3	۲/۱۳۸
استحکام خمشی	ASTM C۷۸	MPa	>۱۵/۶ بالاتر از ظرفیت دستگاه
پایداری در سولفات سدیم	ASTM C۸۸	افت وزنی پس از ۲۰ چرخه	صفر
چسبندگی	-	MPa	>۲/۳
سازگاری حرارتی با فلز (در محدوده دمایی ۳۰- تا ۷۰ درجه سانتیگراد)	ASTM C۸۸۴	حفظ خواص پس از ۵ چرخه ۴۸ ساعته	بسیار خوب
مقاومت شیمیایی (اسیدها،اکثربازها،اکثرحلالها، موادنفتی،آب دریا،...)	ASTM C۲۶۷	حفظ خواص	بسیار خوب

* هر MPa حدود $۱۰Kg/cm^2$ است.

در آزمایشهای استحکام خمشی و چسبندگی ، مقاومت نمونه‌های تهیه شده بیش از ظرفیت دستگاههای مورداستفاده بوده و نتایج گزارش شده بر اساس حد نهایی اعمال نیرو محاسبه شده است و مقادیر واقعی بر اساس تحقیقات گزارش شدهٔ دیگر بیش از ۲ برابر این مقادیر است .

با توجه به اینکه برای بتن معمولی، استحکام فشاری کمتر از ۴۰MPa، استحکام خمشی کمتر از ۳MPa،استحکام کششی غیرمستقیم کمتر از ۵MPa، درصد جذب آب بیش از ۵٪ ، چگالی ظاهری بیش از $۲/۲gr/cm^3$ و پایداری در محیط سولفاتی بسیار کم است، مشاهده میکنیم که بتن پلیمری تهیه شده،از نظر استحکام، ۳ تا ۵ برابر برتر از بتن معمولی است و در برابر انواع محیطهای مخرب شیمیایی نیز مقاوم است.از طرف دیگر با توجه به سازگاری حرارتی و چسبندگی خوبی که بتن پلیمری تهیه شده با فولاد دارد، می‌توان آنرا با میله‌های فولادی تقویت کرد و سازه‌هایی با استحکام و دوام بسیار بالاتر تهیه کرد.در ضمن به دلیل جذب آب ناچیز این ترکیبات و عدم وجود حفره‌های ممتد در ساختمان آن امکان خورده شدن میلگردهای فولادی در داخل آن به حداقل می رسد.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری:

بتن پلیمری تهیه شده دارای خواص فیزیکی و مکانیکی بسیار بالاتر از بتنهای رایج است که اهم خواص آن عبارت است از:

استحکام فشاری ۱۰۷ MPa (۳ تا ۵ برابر بتن)، استحکام برزیلین ۱۲/۴ MPa ،استحکام خمشی بیش از ۱۵/۶MPa ، درصد جذب آب ۰/۱۸٪ ، چگالی ۲/۱۴ gr/cm^3 ، چسبندگی بالاتر از ۲/۳ MPa ،حفظ خواص و سازگاری حرارتی با فولاد در محدودهٔ دمایی ۳۰°C- تا ۷۰°C و کاهش وزنی صفر پس از طی ۲۰ چرخهٔ ۲۴ ساعته در محلول اشباع سولفات سدیم .

با توجه به خواص اشاره شده، این ترکیب می‌تواند جایگزین بسیار مناسبی برای بتنهای معمولی در محیطهای خورنده و شرایط سخت و غیر متعارف باشد.

Refrences

1. Manson J. A.,"Overview of Current Research on Polymer Concrete: Materials and Furture Needs, "American Concrete Institute (ACI) Publication, SP-69, Detroit, 1981.

2. Kaeding A. O., Dikeou J. T., "Design of Polymer Concrete Products,"International Congress on Polymers in Concrete (ICPIC), July 3-5, 1995, Ostend,Belgium.

3. Http: //WWW. america. com./ aok/ pc-1. html. 7-sep-1996.

4. Rebeiz K. S., Fowler D. W. and Paul D. R., Journal of Applied Polymer Science, Vol. 44, PP. 1649-1655, 1992.

5. Figovsky O., Beilin D., Blank N., Potapov J. & Chernyshev V., "Development of Polymer Concrete with Polybutadiene Matrix, " Cement and Concrete Composites,Vol. 18, PP. 437-444, 1996.

6. Vipolanadan C. and Mebarkaia S., "Flexural and Fracuture Properties of Glass Fiber Reinforced Polyester Polymer Concrete. " Properties and Uses of Polymers in Concrete, ACI, SP-166-1, 1996.

7. Urieu N. B., Trofimova L. E. and Dubinin J. S., "Structure Formation of New Mineral Polymer Composition for Hydroinsulation and Anticrorrosive Protection," Proceedings of 8th ICPIC, PP. 63-67, Ostend, Belgium. 1995.

www.SID.ir

Archive of SID

8. Tu L. and Kruger D., "Epoxy Resins Used in Civil Engineering", Proceeidngs of 8th ICPIC, PP. 125-131, Ostend, Belgium, 1995.

9. Yamasaki T., Idemitsu T. and clark L. A., "Study on the Properties of High Durability Resin Concrete Applied to the Prevention of Cement Concrete Deterioration, "Proceedings of 8th ICPIC, PP. 155-161, Ostend, Belgium, 1995.

10. Purohit S. R., " Repairs of Power Sluice-2 of Linganamakki Dam with Polymer Modified Concrete", Proceedings of 8th ICPIC, PP. 175-187, Ostend, Belgium, 1995.

11. Topchiashvili, M. I., "Thirty Year of Experience Using Polymer-Concrete in Hydraulic Structures ", Proceedings of 8th the ICPIC, PP. 269-277. Ostend, Belgium, 1995.

12. Kimura Y., Ohtak S. and Kobayashi y., "Influence of Calcium Carbonate Filler on Resin Mortar for Tunnel Construction", Proceedings of 8th ICPIC, PP. 393-399, Oostend, Belgium, 1995.

13. Ladange C., Yan Gemert D., etal. "Repair and Erosion Protection of Brickwork Channel by Big Size Precast PC-Lining "Proceedings of 8th ICPIC, PP. 541-547, Ostend, Belgium, 1995.

14. Scanlon J. M., "Applications of Concrete Polymer Materials in Hydrotechnical Construction" ,ACI, Sp-69-3, Detroit, 1981.

15. Ohama Y., "Recent Progress in Polymer Mortar and Concrete in Japan", Proceedings of the Second East Asia Symposium on Polymers in Concrete (II-EASPIC), E & FNSPON,London, 1997.

16. Chen Chong Lin, "Strength Development Mechanism of Polymer/Cement/ Sand Composite, "Chinese Journal of Materials Science, Vol. 26, PP. 85-90, 1994.

www.SID.ir

Archive of SID

High-Performance Polymer Concrete in Hostile Environments

Gh. Khanbabai.

M. Kokabi.

Polymer Engineering Department – Engineering Faculty of Tarbiat Modarres University

Abstract

The concrete constructions used in hostile and corroding environments such as maritime structures, industrial and chemical environments are faced with various issues, whose main cause is low strength of concrete for special applications and its high permeability against water and contaminants. Today, it is common to vastly use polymer materials in order to improve the concrete features. By replacing the whole cement matrix by the polymer carrying concrete, a mixture called polymeric concrete is obtained. These mixtures can be used in large hydraulic constructions in order to lower the corrosion, in bridges armed concrete conservation against the penetration of salt and the corrosion of the steel within the concrete, in the floors of industrial and chemical environments, the tunnels, dams and maritime structures coating and also in fast restoration of damaged concrete constructions. In this research, after selecting the materials and determining an adequate composition and a processing method considering the common equipment, the polymeric concrete with superior physical and mechanical features compared to the normal concrete was produced with the following significant features: pressure strength of 107 MPa (3 to 5 times more than the normal concrete), Brazilian strength of 12.4 MPa, more than 15.6 MPa flexural strength, water penetration percentage of 0.18%, density of 2.14 gr/cm^3, more than 2.3 MPa cohesion, and no weight reduction after passing twenty 24-hour cycles in the saturated sodium sulfate mixture.

Key words: polymer concrete; marine structures; industrial floors; concrete repair

www.SID.ir