بتن پلیمری (Polymer Concrete)

سعید نازیار eng_saeedn@msn.com

مقدمه

بتن پلیمری (PC) یا بتن رزینی شامل یک چسباننده‌ی پلیمری که ممکن است ترمو ـ پلاستیکها باشند اما غالباً بیشتر یک پولیمر ترموست می‌باشد و یک پرکننده‌ی معدنی مانند شن و ماسه، شن و یاسنگ گسسته است. PCها مقاومت بالاتر، مقاومت بیشتر در برابر مواد شیمیایی و خورنده‌ها، جذب آب کمتر و پایداری بالاتر در مقابل پدیده یخزدگی – ذوب (ذوب مجدد) نسبت به بتن سیمان پر تلند رایج دارند.

پلیمر چیست (تفاوت بین ترمو پلاستیکها و ترموستها)؟

امروزه نام پلاستیک به گروه بزرگی از مواد اطلاق می گردد که از مواد معمولی مانند ذغال سنگ ، نمک و نفت و گاز ، چوب و آب ساخته شده اند ، برای مثال رزین های فوران (Furan) از فور فورال (Fur FURAL) ساخته می شوند که فور فورال از هیدرولیز اسیدی ضایعات و تفاله ی ذرت و نیشکر به دست می‌آید. پلاستیک ها از چنین مواد معمولی و مواد ساده ی شیمیایی به نام منو مر (Monomer) که می توانند با امثال خودشان ترکیب شوند، تهیه می گردند. از واکنش این منومرها زنجیره های مولکولی تشکیل می شوند که پلیمر (Polymer) نامیده می شوند .

پلاستیک‌ها به دو دسته‌ی بزرگ ترموپلاستیکها (thermoplastic) و ترموستها (thermosseting) تقسیم می شوند. ((ترموست: گرما سخت)) ترموپلاستیکها در اثر حرارت نرم و در اثر سرما سخت می شوند (بدون توجه به تعدادی که این عمل تکرار می شود). این امکان از آنجا ناشی می شود که ترموپلاستیکها مطابق شکل (۱ – الف) دارای زنجیره های مولکولی خطی می باشند که به هنگام گرما و سرما نسبت به هم حرکت می کنند و بدون اینکه شکست مهمی در زنجیره ها صورت گیرد، جامد می گردند. البته از نظر تعداد دفعات گرم و سرد شدن در عمل محدودیتهایی وجود دارد. تعداد زیاد سیکل‌های گرم و سرد شدن می‌تواند باعث ازدست دادن رنگ یا نرمی و در نتیجه تغییر در خواص محصول شود.

Copyright © 2003-2007 Iran Civil Center, All rights reserved worldwide.

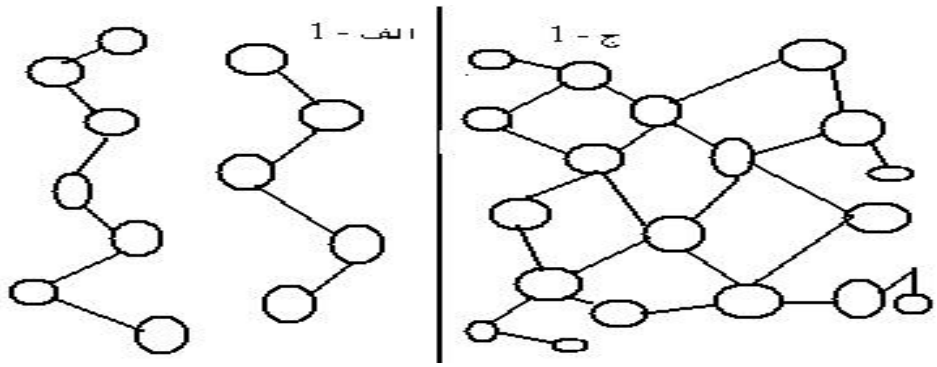
اکریلیکها، سلونریکها، پلی اتیلن، پلی وینیل کلراید (PVC) پلی استایرن، پلی آلومرها، پلی کربناتها، پلی ایمید، پلی پروپیلن، پلی سولوفون، فنیل اکساید، نایلون ها، متیل پنتن ها، آیونومر، فلوئور پلاستیکها، استال واکرینونیتریل بوتادی ان استامیرن (ABS) نمونه‌هایی از ترمو پلاستیکها می‌باشند .

ترموستها مولکولهایی زنجیر مانند دارند و قبل از قالبگیری خیلی مشابه ترموپلاستیکها می‌باشند، اما فرآیند پخت (Backing) و سخت شدن (Setting) آنها مطابق شکل (۱ – ج) باعث تشکیل اتصالات عرضی بین زنجیره‌های مولکولی همسایه می‌گردد. در نتیجه محصول نهایی دارای ساختاری پیچیده و شبکه‌ای (Network) در هم رفته می باشد که در آن زنجیره‌ها دیگر نمی توانند آزادانه حرکت کنند، لذا اعمال حرارت به این پلاستیک ها باعث ایجاد جریان خمیری یا نرم شدن آنها نمی گردد و این خود دلیل محکمی برای استفاده‌ی آنها در بتن سازی است.

آلکیدها، آمین‌ها (اوره وملامین فرمالدئید) ، دی آلیل فتالات (DAP) اپوکسی ها، فوران، فنولیکها، پلی استرها، پلی اورتان و سیلیکونها از گروه های ترموستها می‌باشند.

به فرآیند ترکیب منومرها برای تشکیل پلیمرها، پلیمریزاسیون می‌گویند (Polymerization) که به دو دسته و شکل تراکمی و افزایشی انجام می شوند.

گاهی اوقات پلاستی سایزرها (Plasticizers) را برای تسریع فرآیند تولید پلیمرها به مواد اولیه‌ی آنها می‌افزایند .



بتن اصلاح شده پلیمری (Polymer Modified Concrete)

بتن های اصلاح شده پلیمری را می توان به دو دسته تقسیم کرد:

الف) بتن های پلیمری تزریقی

ب) بتن پلیمر ـ سیمان (سیمان پلیمری)

Copyright © 2003-2007 Iran Civil Center, All rights reserved worldwide.

نوع اول با تزریق کردن یک نوع منومر در بتن سیمان پرتلند پیش ساخته سخت شده به دست می آید که بعداً به پلیمر جامد تبدیل می شود. برای تولید نوع دوم قسمتی از سیمان چسباننده ی مخلوط بتن با پلیمر جایگزین می شود (معمولاً به صورت شیره مانند).

هر دو نوع در مقایسه با بتن معمولی ، دارای مقاومت بیشتر، نفوذپذیری آب کمتر ، مقاومت شیمیایی بیشتر و پایداری بیشتر در مقابل پدیده ی یخ زدگی ـ ذوب (ذوب مجدد) هستند .

بتن ساخته شده با سیمان پرتلند اگرچه به خاطر خواص خوب فیزیکی و به همین نسبت قیمت پایین از پر مصرفترین مصالح ساختمانی به شمار می آید، لیکن دارای معایب زیادی از جمله مقاومت خمشی کم، کرنش گسیختگی کم، احتمال آسیب‌دیدگی بر اثر یخبندان و مقاومت شیمیایی کم می باشد. این خصوصیات برای مهندسین شناخته شده است ولی بااین اوصاف در بیشتر کاربردها مجازند.

در موارد خاص این نقاط ضعف بتن را می‌توان با به کاربردن پلیمرهای آلی یا رزین (پلیمر تجاری) به صورت جایگزین یا به همراه و کمک سیمان پرتلند برطرف کرد. این مواد دارای محاسن بسیاری از جمله: مقاومت بیشتر، دوام بیشتر، مقاومت بیشتر در برابر خوردگی، نفوذپذیری آب کمتر و مقاومت بیشتر در مقابل پدیده‌ی یخ زدگی ـ ذوب‌های متوالی می‌باشند.

سه گونه‌ی اصلی مصالح مرکب پلیمری وجود دارد:

الف) پلیمر تزریقی

ب) بتن پلیمر- سیمان

ج) بتن پلیمری

تفاوت این سه دسته برای مهندس طراح مهم می‌باشد تا بتواند ماده‌ی مناسب برای کاربری داده شده را انتخاب کند. در این قسمت ماهیت و خواص عمومی بتن پلیمری و بتن پلیمر ـ سیمان شرح داده خواهد شد و در قسمت بعد به طور کلی در مورد رفتار بتن پلیمری بحث خواهیم کرد که یک ماده‌ی مرکب شامل پلیمر می‌باشد که به عنوان چسباننده‌ی جایگزین سیمان پرتلند معمولی است.

Copyright © 2003-2007 Iran Civil Center, All rights reserved worldwide.

خواص نمونه‌ای از این مواد مرکب محتوی پلیمر با بتن سیمان پرتلند معمولی در جدول شماره ی ۱ مقایسه گردیده است و صفات عمومی و کاربری آنها نیز در جدول ۲ جمع آوری شده است .

جدول شماره‌ی ۱ : خواص نمونه‌ای * ترکیبات بتن محتوی پلیمر و بتن سیمان پرتلند

نوع ماده	مقاومت کششی Mpa	مدول الاستیسیته Gpa	مقاومت فشاری Mpa	مقاومت پیوستگی برشی Kpa	درصد جذب آب ٪	مقاومت یخ ـ ذوب ٪ دور/وزن از دست داده	** مقاومت اسید ٪
بتن پلیمری تزریقی	10.5	42	140	___	0.6	3500/2	10
***بتن پلیمری تزریقی	14.7	49	273	___	=<0.6	___	=>10
بتن سیمان پلیمری	5.6	14	38	=>4550	___	___	4
بتن سیمان معمولی	2.5	24.5	35	875	5.5	700/25	___

* مقادیر داده شده بیانگر مقادیر متوسط است ، خواص محصولات تجارتی دارای تغییر رنج گسترده‌ای می‌باشد که وابسته و نیازمند به فرمول و فرآیند تولید آنها می‌باشد.

** فاکتور اصلاح نسبت به بتن سیمان پرتلند.

*** بتن اتوکلاو شده (بخار داده شده) قبل از تزریق.

Copyright © 2003-2007 Iran Civil Center, All rights reserved worldwide.

جدول شماره ۲ : صفات عمومی و کاربریهای عمده

نوع ماده	صفات عمومی *	کاربریهای عمده	ملاحظات
بتن پلیمری تزریقی	به طور کلی از تزریق یک منومر با ویسکوزیتهٔ پایین در یک بتن پیش ساخته ی خشک شده (تخلیه شده) تولید می شوند (گاهی هم ترکیباتی از منومرها) که این منومرها پلیمریزه می شوند و در جا تشکیل یک شبکه در منافذبتن می دهند تزریق به طور قابل ملاحظه ای مقاومت و دوام را (مقاومت در برابر آسیب پدیده ی یخ ـ ذوب و خوردگی) نسبت به بتن معمولی بهبود می بخشد.	شامل استفاده در سازه های با سقف فولادی لوله های فاضلاب تانکرهای ذخیره آب دریا ، تأسیسات نمک زدایی ، آب مقطر ، پانلهای دیواری پیش ساخته ، جداربند تونلها و استخرهای شنا .	وضع نامناسب برای این بتن قیمت نسبتاً بالای آنهاست به طوریکه پلیمرها خیلی گران تر از سیمان هستند و فرآیند تولید آنها بسیار پیچیده تر می باشد .
بتن سیمان ـــــ پلیمری **	این فرآورده ها با پلیمرهای ترموست و شیره ی پلیمر ساخته می شوند که مقاومت مکانیکی بیشتری دارند ، به طور قابل ملاحظه ای مقاومت بهتری در مقابل نفوذ آب و نمک ومقاومت بیشتری در مقابل آسیبهای پدیدهٔ یخ ـ ذوب نسبت به بتن سیمان پرتلند نشان می دهد و پیوند سازی عالی با آرماتورهای فولادی و بتنهای قدیمی (کهنه) دارند .	عمده ی کاربری آنها در سقفها ، کف پلها ، سطح جاده ها و ترکیبی برای تعمیرسازه های بتنی (کف گاراژها). به دلیل چسبندگی خوب ، ملات لاتکس برای چسباندن لایه های آجری ، پانلهای پیش ساخته و کفهای سرامیکی و سنگی مناسب است.	ترکیب کردن و جا به جا کردن آنها شبیه بتن سیمان پرتلند است هر چند فرآیند تولید حباب سازی بدون استفاده از افزودنیها اتفاق می افتد و عمل آوری طولانی مدت همراه با آب لازم نیست.

* هر دو نوع بتن پلیمر تزریقی و بتن سیمان ـ پلیمری به طور قابل ملاحظه ای مقاومت شیمیایی بهتری نسبت به بتن سیمان پرتلند اصلاح شده دارند . نتایج آزمایشات نشان می دهند که بتن پلیمری اصلاح شده مقاومت بسیار زیادی در مقابل محلولهای خورنده از قبیل محلول سولفات سدیم یا اسید هیدروکلریک دارند .

بتن اصلاح شده با پلی (متیل متاکلریلیت) مقاومت بیشتری از بتن اصلاح شده با استیرن در مقابل اسید هیدروکلریک نشان می‌دهد.

** بیشترین فرمولهای تجاری که در امریکا و کانادا ، استفاده می شوند. شیره‌های پلیمری است (برای مثال اکریلیک و پلیمر استیرن ـ بوتادین)

بتن سیمان پلیمری اپوکسی در کاربریهای مشابه سیمان ـ پلیمر استفاده می شود اما وقتی که مقاومت بیشتری نیاز باشد .

Copyright © 2003-2007 Iran Civil Center, All rights reserved worldwide.

الف) بتن پلیمر تزریقی

به وسیله تزریق یک منومر با ویسکوزیته پایین (به فرم گازی یا مایع) در یک بتن سیمان پرتلند پیش ساخته‌ی سخت شده تولید می‌شود، که این منومرهای تزریق شده تحت تأثیر عوامل فیزیکی (تابش نور فرابنفش یا گرما) یا شیمیایی (کاتالیزورها) به پلیمر جامد تبدیل می شوند. بتن پلیمری تزریقی از بتن معمولی به صورت زیر تولید می شود: ابتدا هوا را از منافذ باز خارج می کنند (به وسیله خلأ ، مکش یا منومرهای جایگزین و فشار) سپس منافذ باز را به وسیله‌ی انتشار یک منومر با ویسکوزیته پایین یا یک ترکیبی از پلیمرهای منومری (ویسکوزیته 10 Cps یا 1 x 10-2 P.as) اشباع می‌کنند و در جا منومر یا ترکیبی از پری پلیمر ـ منومر، پلیمریزه می کنند که این عمل را با استفاده از روشهای اقتصادی و معمولی انجام می دهد (تابش ، گرما ، شیمیایی).

عارضه‌ی مهم این مواد این است که نسبت بزرگی از حجم حفره ها از پلیمرهایی پر شده اند که تشکیل یک شبکه پیوسته ی تقویتی داده اند. این سازه های بتنی ممکن است در لایه های (اعماق) گوناگون یا فقط در یک لایه‌ی سطحی تزریق بشوند که این بستگی به مقاومت یا دوامی که از سازه طلب می‌کنند دارد. مهمترین عامل نامناسب برای استفاده از این فرآورده ها قیمت نسبتاً زیاد آنهاست به طوری که منومر استفاده شده در آنها گران قیمت می باشند و فرآیند تولید نیز پیچیده تر از بتن اصلاح نشده می‌باشد.

نتیجه‌ی تزریق بتن بهبود قابل ملاحظه‌ای در مقاومت کششی، فشاری و ضربه‌ای، تقویت دوام و کاهش نفوذپذیری در مقابل آب و محلولهای نمک آبی از قبیل سولفاتها و کلریدها ایجاد می‌کند. مقاومت فشاری از 35Mpa می‌تواند تا 140Mpa، افزایش پیدا کند. جذب آب هم کاهش می یابد . همچنین مقاومت در مقابل پدیده ی یخ ـ ذوب (ذوب مجدد) بطور چشمگیری تقویت می شود. لازم به ذکر است که می توانیم با تزریق بخار در بتن (اتوکلاو شده) به مقاومت بیشتری هم برسیم . که این مواد یک نسبت مقاومت فشاری به چگالی ، تزدیک 3 برابر فولاد دارد. اگرچه مدل الاستیسیته به طور متوسط بزرگتر از بتن های تزریقی پلیمری بخارداده شده است، اما کرنش ماکزیمم در شکست بالاتر است .

منومرهایی که بیشتر به طور گسترده در تزریق بتن استفاده می شوند از نوع وینیل هستند از قبیل متیل متاکریلیت (M . M . A) ، استیرن ، اکریلو نیترین ، و تی ـ بوتیل استیرن دونیل استات.

Copyright © 2003-2007 Iran Civil Center, All rights reserved worldwide.

سیستمهای منومری اکریلیک از قبیل متیل متاکریلیت با ترکیبات آن با اکریلو نیتریل ها برای تزریق ترجیح داده می شوند، زیرا دارای ویسکوزیته پایین ، خواص رطوبتی خوب ، واکنش پذیری بالا ، قیمت نسبتاً پایین می‌باشد در نتیجه محصولاتی با خواص بهتر و کارآیی بیشتر خواهند بود.

در صورت استفاده از تزریق منومرهای بی فانکشنال و پلی فانکشنال (افزودنی کراس ـ لینک = , a transverse link especially between chains of atoms in a polymeric molecule ,v.(cross-link) connect by a series of transverse link) به ضمیمه ی M . M . A ، یک شبکه ی کراس لینک در منافذ ایجاد می شود در نتیجه مقاومت مکانیکی ، گرمایی و شیمیایی به طور زیادی افزایش می یابد . البته بهبود این محصولات بستگی به درجه‌ی کراس- لینک دارد. یک افزودنی کراس- لینک عموماً با یک منومر وینیل از قبیل M . M . A استفاده می‌شود. منومرهای ترموست (گرما سخت) پلیمرها نیز برای تولید بتنهای پلیمری تزریقی با افزایش زیاد پایداری حرارتی (مقاومت در مقابل فرسودگی ناشی از حرارت) استفاده می شود. اینها نیز شامل پری پلیمرهای اپوکسی و پلی استر ـ استیرن غیر اشباع می شود. این منومرها و پری پلیمرها نسبتاً ویسکوزند (لزجت دارند) بنابراین استفاده از آنها موجب کاهش تزریق می شود. البته می توان با ترکیب کردن آنها با منومرهایی با ویسکوزیته پایین مثل M . M . A ویسکوزیته را کاهش داد. کاربریهای بتن تزریقی در عمق ساختمانها و کارهای ساختمانی شامل سقفهای سازه ای، سازه هایی با عملکرد بالا، لوله های فاضلابرو ، تانکرهای ذخیره آب دریا، تأسیسات نمک زدایی وآب مقطر، سازه های دریایی، پانلهای پیش ساخته دیوار، جدار بند تونلها ، مقاطع پیش ساخته تونل و استخر شنا (جدول ۲) می شوند. بتن های تزریقی به طور جزئی، برای محافظت از پلها و سازه های بتنی در مقابل زوال و فرسودگی استفاده می شوند. همچنین در مرمت فرسودگی سازه های ساختمانی از قبیل پانلهای سقف پوش و کف گاراژهای زیرزمینی و کف پلها استفاده می‌شود.

ب) بتن پلیمر ـ سیمان (Polymer Cement Concrete)

یک بتن اصلاح شده است که قسمتی از (15% – 10 وزن آن) سیمان چسباننده‌ی آن با پلیمرهای مصنوعی جایگزین شده است . این فرآورده از ترکیب کردن یک منومر ، پری پلیمر ـ منو مر با یک شیره ی پلیمری داخل یک بتن سیمانی تولید می‌شود. پلیمریزاسیون منومرها و پری پلیرمر ـ منومر نیز در اثر اضافه کردن یک کاتالیزور به مخلوط انجام می شود.

Copyright © 2003-2007 Iran Civil Center, All rights reserved worldwide.

تکنولوژی این فرآیند خیلی شبیه به بتن معمولی است . بنابراین بتن پلیمر ـ سیمان را می‌توان در کاربری خواسته شده در جا ریخت. لازم به ذکر است که بتن پلیمر تزریقی معمولاً به صورت سازه های پیش ساخته استفاده می شوند.

خواص بتن پلیمر- سیمان تولید شده به وسیله ی بتن اصلاح شده با پلیمرهای گوناگون ازسست تا کاملاً مساعد تغییر می‌کند . خواص سست (Poor Properties) محصولات در ناسازگاری بین بیشتر پلیمرها و منومرها با قسمتی از جزء ترکیبی بتن آنها نسبت داده می شود. خواص بهتر (Better Properties) نیز به وسیله‌ی استفاده از پری پلیمرهایی مثل پلی استر غیر اشباع کراس- لینک شده با استیرن یا اپوکسی ها تولید می شوند . برای دستیابی به اصلاح واقعی و اساسی بیشتر، ازبتن اصلاح نشده، نسبت کاملاً زیادی از پلیمرها نیاز است که این اصلاح و بهبودی با افزایش قیمت توجیه پذیر نیست .

نتیجه ی اصلاح بتن با شیوه ی پلیمری (تعلیق کولوئیدی ذرات پلیمر در آب) بهبود زیاد خواص در محدوده ی یک هزینه معقول است.

بنابراین گونه های زیادی از شیره ها (لاتکس) در حال حاضر برای استفاده در فرآورده های بتنی پلیمر- سیمان و ملاتها وجود دارند. بیشتر شیره های لاتکس معمولی بر پایه ی پلی (متیل متاکلریلیت) که لاتکسهای اکریلیکی نامیده می شوند مانند پلی (وینیل استات) وینیل کلراید کوپو لیمر ، پلی ، استیرن ، کوپولیمر ، پلاستیکهای نیتریل ، پلاستیکهای طبیعی استوار شده اند و هر کدام از فرآورده های پلیمرها صفتهای فیزیکی اختصاص به خود را دارند . مثلاً شیره ی آکریلیت یک ضد آب خوب پیوسته بین پلیمر اصلاح شده و اجزاء بتن فراهم می کند، در حالیکه نتیجه ی استفاده از شیره ی استیرن یک مقاومت فشاری بالاست . عمل آوری شیره ی بتن پلیمر ـ سیمان با بتن معمولی متفاوت می باشد ، به دلیل اینکه پلیمریک غشاء نازک روی سطح فرآورده ها تشکیل می دهد قسمتی از رطوبت داخلی نگهداری می شود که برای ادامه‌ی هیدراتاسیون سیمان مورد نیاز است و به دلیل همین غشاء نازک تشکیل یافته ، عمل آوری با آب برای این محصولات عموماً کمتر از بتن معمولی است. عموماً بتنهای پلیمر ـ سیمان ساخته شده از شیره ی پلیمر، پیوستگی (پیوستن) عالی با آرماتورهای فولادی و بتنهای کهنه از خود نشان می دهند . شکل پذیری خوب ، مقاومت در برابر نفوذ آب و محلولهای نمک آبی ، مقاومت در برابر پدیده ی یخ ـ ذوب از دیگر خواص آنها می باشد . مقاومت خمشی و استحکام (چقرمگی) آنها نیز معمولاً از بتنهای اصلاح نشده بیشتر است . مدل الاستیسیته ی آنها نیز می تواند بیشتر باشد (نه الزاماً) چرا که بستگی به شیره‌ی پلیمر

Copyright © 2003-2007 Iran Civil Center, All rights reserved worldwide.

مصرفی دارد . به طور کلی چون خزش (وارفتگی) غالباً بیشتر از بتن ساده می باشد می توان آن را با استفاده ی یکی از شیره های پلیمری پیشنهادی زیر کاهش داد : پلی اکریلیک ، استیرن ، بوتادین کرپلیمر ، پلی وینیلیدن کلراید .

جمع شدگی ناشی از خشک شدن بتن پلیمر ـ سیمان نیز غالباً کمتر از بتن معمولی است . متوسط جمع شدگی بستگی به نسبت آب به سیمان ،مقدار سیمان ، مقدار پلیمر و شرایط عمل آوری دارد . همچنین حساسیت آنها در مقابل دماهای بالا از بتنهای معمولی بیشتر است . برای مثال خزش (وارفتگی) دردمایی با اندازه ی بزرگتر از بتن سیمان معمولی افزایش می یابد .در حالیکه مقاومت خمشی ، مدل خمشی و مدل الاستیسیته کاهش می یابد. این تأثیرات در مواد ساخته شده از شیره های الاستومتریک (استیرن – بوتادین) بیشتر و بزرگتر است ، از مواد ساخته شده از پلیمرهای ترموپلاستیک (اکریلیک).

به طور نمونه بتن پلیمر ـ سیمان ساخته شده با شیره های ترمو پلاستیک در دمای حدود 45°C تنها تقریباً 50% از مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته‌ی خود را نگه می دارد. عمده ی کاربری بتن های پلیمر ـ سیمان حاوی شیره ها در موارد زیرمی‌باشد:

سطح سقفها، چون آنها بدون گرد و خاک و به نسبت ارزان می باشند. به دلیل جمع شدگی کم، مقاومت خوب در مقابل نفوذ مایعات گوناگون از قبیل آب و محلولهای نمکی و خاصیت پیوستگی خوب با بتنهای کهنه مخصوصاُ برای کف‌سازی نازک (25mm) ، روکش کف پلهای بتنی، روکشهای ضد زنگ، مرمتهای بتنی و در وصله‌گذاری مناسب می‌باشند. (جدول ۲)

ج) بتن پلیمری (Polymer Concrete)

بتن پلیمری (PC) یا بتن رزینی شامل یک چسباننده‌ی پلیمری که ممکن است ترمو ـ پلاستیکها باشند اما غالباً بیشتر یک پولیمر ترموست می‌باشد و یک پر کننده‌ی معدنی مانند شن و ماسه، شن و یاسنگ گسسته است. PC ها مقاومت بالاتر، مقاومت بیشتر در برابر مواد شیمیایی و خورنده ها، جذب آب کمتر و پایداری بالاتر در مقابل پدیده یخ زدگی ـ ذوب (ذوب مجدد) نسبت به بتن سیمان پر تلند رایج دارند. PCها مواد مرکبی هستند که چسباننده‌ی آنها تماما شامل پلیمرهای مصنوعی می باشند،که اشکال متفاوتی از آنها مانند بتن رزینهای مصنوعی، بتن رزین پلاستیک یا بتن ساده رزینی شناخته شده‌اند. به دلیل استفاده از پلیمر به جای سیمان پرتلند افزایش واقعی قیمت وجود خواهد داشت لذا پلیمرها فقط باید در مواردی مصرف

Copyright © 2003-2007 Iran Civil Center, All rights reserved worldwide.

شوند که بتوان خواص فوق العاده آنها، هزینه دستمزد کمتر، انرژی کمتر در عمل آوری وجابه جایی را با قیمت بالای آنها توجیه کرد. بنابراین مهم است که یک طراح ومهندس، آگاهی کافی از قابلیتها و محدودیتهای PCها داشته باشد وبا توجه به کارا بودن و اقتصادی بودن محصول برای یک کاربری ویژه یکی را انتخاب کند.

ماهیت و خواص عمومی (Nature and General Properties)

بتن‌های پلیمری شامل یک پرکننده‌ی معدنی (برای مثال شن و ماسه) و یک چسباننده‌ی پلیمری (که ممکن است ترموپلاستیک باشد ولی اغلب یک ترموست است) می‌باشد. البته وقتی که به عنوان یک پر کننده استفاده شود، ترکیب مورد نظر را به ملات پلیمری نسبت می‌دهند.

پرکننده‌های دیگر هم شامل موارد زیر می باشند: سنگهای شکسته ، شن ، سنک آهک ، گچ ، نرمه سیلیس (گرد سیلیس، خاک سیلیس) ، گرانیت ، کوارتز، رس، کف شیشه (شیشه اسفنجی)، سنگدانه فلزی و به طور کلی هر ماده‌ی خشک ، ضدآب و جامدی می تواند به عنوان پر کننده استفاده شود. در تولید PC ها ، یک منومر با یک پلیمر (یک فرآورده از پلیمریزاسیون جزئی منومرها)، یک سخت کننده (افزودنی کراس لینک) و یک کاتالیزور با پرکننده ها مخلوط می شوند. دیگر مواد متشکله‌ی اضافه شده به مخلوط شامل پلاستی سایزرها و ضد آتشها و گاهی اوقات افزودنیهای مضاعف کننده‌ی سیلان نیز برای افزایش مقاومت پیوستگی بین ملات پلیمر و پر کننده‌ها می‌باشد. جهت دستیابی به پتانسیل کامل (کارآیی کامل) محصولات بتن پلیمری برای کاربریهای خاص، الیاف تقویتی گوناگون استفاده می‌شود. این آرماتورها شامل: الیاف شیشه ، پشم شیشه ، الیاف فلزی و شبکه‌های سیمی می‌باشد. زمان گیرش و زمان افزایش مقاومت ماکزیمم را در PC ها به آسانی می‌توان از چند دقیقه تا چندین ساعت به وسیله‌ی یک تغییر کوچک در دما و یا سیستم کاتالیزور، تغییر داد. مقدار چسباننده‌ی پلیمری استفاده شده به طور کلی کم و معمولاً به وسیله‌ی اندازه‌ی پرکننده‌ها تعیین می‌شود. این مقدار در بتنهای پلیمری معمولی بین 15% – 5 وزن کل می‌باشد ولی اگر پر کننده ها ریزدانه باشند ممکن است که تا بیشتر از 30% نیز نیاز باشد.

Copyright © 2003-2007 Iran Civil Center, All rights reserved worldwide.

ترکیبات بتن پلیمری به طور کلی دارای خواص زیر می باشد:

مقاومت خوب در برابر حمله‌ی شیمیایی و دیگر خورنده‌ها، خاصیت جذب آب پایین، مقاومت خوب در برابر ساییدگی و ثبات و پایداری در مقابل پدیده یخ زدگی ـ ذوب (ذوب مجدد). همچنین مقاومت بالای بتن پلیمری در مقایسه با بتن سیمان پرتلند اجازه‌ی مصرف تا بالای 50% کمتر از مواد را به ما می‌دهند.

این شرایط باعث می‌شوند که بتن پلیمری در یک سطح قابل رقابت با بتن سیمان پرتلند در کاربریهای ویژه قرار بگیرد. مقاومت شیمیایی و خواص فیزیکی عموماً تا اندازه ی زیادی به وسیله ی ماهیت چسبانندهی پلیمری مشخص می‌گردند تا نوع و مقدار پرکننده ها، در واقع خواص ملات پلیمر هم به طور زیادی به زمان و دمایی که آنها تولید می‌شوند بستگی دارد. خاصیت ارتجاعی چسبانندههای پلیمری مقادیر خزش (وارفتگی) بالایی را ایجاد می‌کنند و این یک عامل محدود کننده در مصرف PCها درکاربریهای سازه‌ای است. این واکنش تغییر شکل، بسیار زیاد متغیر است و بستگی به فرمول پلیمر مصرف شده دارد.

مدول الاستیسیته ممکن است بین 20GPa تا حدود 50GPa تغییر کند. کرنش ناشی از گسیختگی کششی 1% می‌باشد و تغییر شکل ناشی از جمع شدگی نیز در مقادیر مختلف با پلیمر مصرف شده، تغییر می‌کند. (زیاد برای پلی استر وکم برای چسباننده اپوکسی). گونه‌های گسترده‌ای از منومرها و پری پلیمرها در تولید PC استفاده می‌شوند.

پلیمرهایی که اخیراً بیشتر استفاده می‌شوند، به ۴ دسته تقسیم شده‌اند:

الف) متیل متاکریلیت (M . M . A)

ب) پلی استرپری پلیمر ـ استیرن

ج) سخت کننده‌ی پری پلیمر اپوکساید (یک منومر کراس- لینک)

د) فورفوریل الکل

Copyright © 2003-2007 Iran Civil Center, All rights reserved worldwide.

جدول شماره ۳: ویژگیهای عمومی و کاربریهای عمده‌ی PC ها

نوع چسباننده	چگالی kg/cm³	جذب آب %	مقاومت فشاری MPa	مقاومت کششی MPa	مقاومت خمشی MPa	مدول الاستیسیته GPa	ضریب پواسون	ضریب انبساط حرارتی 10^{6} C^{-1}
پلی(متیل متا کریلیت)	2.0-2.4	0.05-0.60	70-210	9-11	30-35	35-40	0.22-0.33	10-19
پلی استر	2.0-2.4	0.30-1.0	50-150	8-25	15-45	20-40	0.16-0.30	10-30
اپوکسی	2.0-2.4	0.02-1.0	50-150	8-25	15-50	20-40	0.30	10-30
پلیمر فوران	1.6-1.7	0.20	48-64	7-8	——	——	——	38*,61*
بتن سیمانی پرتلند	1.9-2.5	5-8	13-35	1.5-3.5	2-8	20-30	0.15-0.20	10-20

* به ترتیب کربن و سیلیس

Copyright © 2003-2007 Iran Civil Center, All rights reserved worldwide.

جدول شماره ۴: کاربردهای اصلی PC ها

نوع چسباننده	ویژگی عمومی	کاربری عمده
M . M . A	قابلیت جذب آب کم بنابراین مقاومت در برابر یخ ـ ذوب ، سرعت پایین جمع شدگی در طول گیرش و بعد از گیرش ، مقاومت شیمیایی خوب و دوام خوب خارج از ساختمان.	در پلکان کارخانجات ، صفحات نماسازی ، محصولات بهداشتی و سنگ جدولها .
پلی استر	نسبتاً محکم ، چسبندگی خوب با دیگر مواد ، مقاومت شیمیایی و یخ ـ ذوب خوب .	به دلیل قیمت پایین به طور گسترده ای در پانلهای بتنی برای ساختمانهای عمومی و تجاری ، کفپوش ها ، لوله ها ، پلکانها ، بتنهای پیش ساختهٔ گوناگون و کاربریهای در جا ریخته در کارهای ساختمانی ، مورد استفاده قرار می گیرد .
اپوکسی	مقاومت شیمیایی فوق العاده ، مقاومت خوب در برابر خستگی و خزش ، جذب آب کم چسبندگی قوی با بیشتر مصالح ساختمانی ، جمع شدگی کم	این محصولات نسبتاً گران قیمت اند بنابراین فقط در کاربریهای ویژه از آنها استفاده می شود . شامل استفاده در ملات برای کفپوش صنعتی همچنین به دلیل داشتن مقاومت لغزشی به عنوان روکش در بزرگراهها ، پلاستر اپوکسی برای دیواره های خارجی و روکش کاری سازه های فرسوده .
فوران پلیمر	موادی ترکیبی با مقاومت شیمیایی بالاتر ـ مقاومت قوی در برابر مایعات آلی قطبی از قبیل کتون ها ، هیدروکربنهای آروماتیک و ترکیبات کلردار .	ملات های فوران پلیمر . گروتها در کفسازیهای آجری و آسترها (پوشش ها) که درمعرض مواد شیمیایی و افزایش مرتفع دما و یا شوکهای حرارتی هستند مورد استفاده قرار می گیرد .

Copyright © 2003-2007 Iran Civil Center, All rights reserved worldwide.

بتنهای پلیمری به طور زیادی مقاومتشان در برابر مواد شیمیایی از قبیل اسید هیدرولیک و محلولهای قلیایی و سولفاته که در محیطهای صنعتی یافت می‌شوند، بهبود داده می‌شوند.
بتن پلیمری و پلی استر مقاومت اسیدی بیشتر نسبت به بتن پلیمر اپوکسی دارد. در حالیکه مقاومت کمتری در مقابل محلولهای قلیایی نسبت به اپوکسی دارد.

بتن آکریلیک پلیمر (Acrylic Polymer Concrete)

عمومی‌ترین پلیمرهای آکریلیکی شامل پلی (متیل آکریلیک) (PMMA) می‌باشند که از پلیمریزاسیون متیل متاکریلیت (MMA) حاصل شده‌اند. PC های ساخته شده از اکریلیک پلیمر به عنوان یک ماده‌ی چسباننده‌ی چند کاره مورد استفاده قرار می‌گیرند. مقاومت عالی در برابر هوازدگی و خاصیت خوب ضد آب و مقابل خوب شیمیایی جمع شدگی نسبت پایین (0.01-0.1%) و ضریب انبساط حرارتی آن معادل بتن سیمان پرتلند می‌باشد. به دلیل خاصیت جذب آب بسیار کم این بتنها مقاومت بسیار بالایی در برابر پدیده یخ ـ ذوب (ذوب مجدد) دارند .

تنها اشکال و ضعف این بتنها درجه‌ی اشتعال پایین 11°C منومر MMA می‌باشند، بنابراین باید یک شرایط ایمنی در نظر گرفته شود.

هر چند که منومر MMA گران تر از منومرهای پری پلیمر می باشد استفاده از PC های پلی استری عمومی تر و رایج تر می باشد. به دلیل خواص غیرعادی و بی نظیرشان، برای کاربریهای متعددی مناسب می‌باشند. شامل پلکان کارخانه‌های صنعتی، محصولات بهداشتی، سنگ جدول‌ها و صفحات نماسازی.

یکی دیگر از دلایل توسعه‌ی مصرف این مواد، گیرش سریع (تندگیری) آنهاست. لذا از آنها در وصله‌کاریهای ساختمانی و مرمت سوراخهای بزرگ در کف پلها نیز استفاده‌ی فراوان می‌شود.

مواد شامل سنگدانه‌ی دانه بندی شده و یک ملاتِ تولید شده به وسیله‌ی MMA کراس لینک شده با تری متیلول پروپان تری متاکریلیت می‌باشد (TMPTMA).

Copyright © 2003-2007 Iran Civil Center, All rights reserved worldwide.

بتن پلی استر (Polyester Polymer Concrete)

به دلیل قیمت پایین، چسباننده‌های پلیمری ساخته از پلیمر پلی استر غیراشباع گسترده‌ترین مصرف را دارند. این چسباننده‌ها دارای یک فرمول عمومی می‌باشند که این فرمول در 60 تا 80 در صد منومرهای کوپولیمر موجود می‌باشند از قبیل استیرن و متیل متاکریلیت ـ استیرن.

PC های پلی استری مقاومت مکانیکی خوب ، خاصیت چسبندگی نسبتاً خوب به دیگر مواد ، مقاومت خوب شیمیایی و مقاومت در برابر پدیده یخ ـ ذوب دارند.

یک سری از اشکالات این PC ها زمان گیرش زیاد و جمع شدگی بعد از گیرش بالا (بیشتر از ۱۰ برابر بتن سیمان پرتلند) می‌باشد. این PC ها در پیش‌ساخته‌های مختلف و همچنین کاربریهای در جا ریخته در کارهای ساختمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. (در ساختمانهای عمومی و تجاری، کفپوش‌ها، لوله‌ها و آبروهای فاضلاب و پلکانها).

بتن اپوکسی پلیمر (Epoxy Polymer Concrete)

چسباننده‌ی اپوکسی شبیه پلی استر، یک پلیمر ترموست (گرما سخت) است. چسباننده‌ی اپوکسی با موادهای افزودنی عمل آورنده‌ی مختلف سخت می شوند. پلی آمینها (ترتیاری پلی آمین) بیشترین مصرف را دارند. استفاده از پلی‌آمین به عنوان سخت کننده (ماده ی افزودنی عمل آورنده) باعث می شود که PC حاصل دارای مقاومت شیمیایی بالایی بشوند. از دیگر افزودنیهای عمل آورنده می توان پلی آمیدها و پلیمرهای پلی سولفید را نام برد. PCهای اپوکسی عمل آورده شده با پلی‌آمید دارای انعطاف پذیری بیشتر ، مقاومت گرمایی بهتر و کاهش سفیدکهای ناشی از هوازدگی خارج از ساختمان می‌باشند. ولی حلالیت پذیری و مقاومت شیمیایی آنها کمتر از محصولات عمل آورده شده با پلی‌آمین‌ها می‌باشد. PC اپوکسی‌های تولید شده با پلی سولفیدها هم محصولاتی با انعطاف پذیری بسیار بالاتر را موجب می گردند.

اپوکسی PC ها مقاومت چسبندگی بالایی با دیگر مواد از خود نشان می‌دهند، همچنین دارای جمع‌شدگی کمی (در مراحل مختلف گیرش) می‌باشند. مقاومت شیمیایی بالا و مقاومت در برابر خستگی (Fatigue) و خزش (وارفتگی= Creep) از دیگر خواص این محصولات است. به دلیل قیمت نسبتاً بالای چسباننده‌های اپوکسی، این محصولات به طور گسترده‌ای نمی‌توانند مورد استفاده قرار بگیرند و تنها در کاربریهای ویژه که می توان، آسانی و خواص خوب را با قیمت زیاد توجیه

Copyright © 2003-2007 Iran Civil Center, All rights reserved worldwide.

کرد استفاده می شوند از قبیل ، نیاز به مقاومت فیزیکی و شیمیایی بالا در کفپوشهای صنعتی ، نیاز به مقاومت لغزشی در روکشهای (پرکننده با ماسه ، سنگ سنباده ، سنگ پا ، کوارتز) بزرگراهها، اپوکسی پلاستر برای دیواره‌های خارجی (پانلهای بتن دانه نمایان)، روکش کاری برای نواحی فرسوده و کهنه ، همچنین اپوکسی PC های تقویت شده (آرماتوربندی شده) با الیاف شیشه ، الیاف کربن ، و نیز در پانلهای پیشین ساخته‌ی نیم شفاف ، بدنه‌ی قایقها و بدنه‌ی اتومبیلها استفاده می‌شود.

بتن فوران پلیمر (Furan polymer Concrete)

این پلیمر از فور فوریل الکل تشکیل شده است که از ته مانده‌ها (پسماند) محصولات کشاورزی از قبیل ساقه‌ی ذرت ، ساقه‌ی برنج (شلتوک) و ساقه‌ی نیشکر به دست می‌آید. فوران پلیمر معمولاً با پلیمرهای ترموست کراس لینک می‌شود (از قبیل کتون ، آرومانیکها و ترکیبات کلردار). مقاومت شیمیایی بالا و مقاومت عالی در برابر دماهای مرتفع و شوکهای حرارتی از خصوصیات آنها می‌باشد.

مقاومت در برابر گرما و آتش:

چسباننده‌های پلیمری که در تولید محصولات PC استفاده می‌شوند مواد آلی هستند، بنابراین مقاومت بسیار پایینی نسبت به مواد غیر آلی از قبیل سنگ وسیمان و فلز دارند. به طوریکه قرارگیری طولانی مدت آنها در معرض دمای بالا توصیه نمی‌شود زیرا در رزینهایشان تغییر شکل داده خواهد شد و مقاومتشان کاهش می‌یابد. مقاومت گرمایی PC ها به نوع چسباننده‌ی پلیمری آنها بستگی دارد.

دمای کار مجاز PC های اپوکسی و پلی استر به 60°C برای شرایط طولانی مدت و در حدود 120°C - 100 برای دوره‌های کوتاه مدت (منظور پاکسازی به وسیله بخار) توصیه شده است.

ترکیبات پلیمری یک ترکیب قابل اشتعال هستند در حالیکه محصولات PC به آسانی آتش نمی‌گیرند زیرا قسمت زیادی از آنها را پرکننده‌های معدنی اشغال کرده است. رفتار تحت آتش PC ها را به نسبت زیادی می‌توان با هزینه به نسبت کم و افزودن ضدآتش‌ها بهبود بخشید.

Copyright © 2003-2007 Iran Civil Center, All rights reserved worldwide.