# بسم الله الرحمن الرحیم

نام درس:**سازه های بتنی**

گردآورندگان:**علیرضا علمدارومهدی مهرابی**

موضوع:**بتن الیافی و پلیمری**

تاریخ تحویل:**۹۳/۳/۱۲**

# بتن الیافی

ویژگی ها و کاربرد بتن الیافی بتن فایبر دار

بتن الیافی ۱ نوعی بتن است که ساخت آن از الیاف استفاده می کنند و سیمان، آب، سنگدانه و مواد افزودنی را همراه با الیاف مخلوط می کنند ، الیاف باعث افزایش پیوستگی، مقاومت کششی ۲ ، کاهش ترک های بتن و افزایش نرمی بتن می گردد.

جنس الیاف و اندازه آنها به نوع مصرف بتن و مقاومت کششی مد نظر بستگی دارد. الیاف می تواند الیاف شیشه یا الیاف فلزی و یا الیاف پلیمری باشد و اندازه آنها معمولاً ۳ الی ۲۰ میلیمتر است.

دراین تحقیق نیز سعی برآن شده که با توجه قابلیت اجرایی مطلوب وکارایی مناسب بتن الیافی و مقاومت بسیار بالا ( بخش سوم ) و مقاوم در برابر نیروهای فشاری ( بخش چهارم ) وکششی و شکل پذیری (بخش پنجم ) و قابلیت جذب انرژی ( بخش ششم ) و پایداری در برابر ترک خوردن ، بر اهمیت وکاربرد آن در پروژه ها تاکید گردد.

مقدمه :

بتن الیافی در حقیقت نوعی کامپوزیت است که با به کارگیری الیاف تقویت کننده داخل مخلوط بتن، مقاومت کششی و فشاری آن، فوق‌العاده افزایش می یابد . این ترکیب کامپوزیتی، یکپارچگی و پیوستگی مناسبی داشته و امکان استفاده از بتن به عنوان یک مادۀ شکل پذیر جهت تولید سطوح مقاوم پرانحنا را فراهم می آورد. بتن الیافی از قابلیت جذب انرژی بالایی نیز برخوردار است و تحت اثر بارهای ضربه ای به راحتی از هم پاشیده نمی شود. شاهد تاریخی این فناوری، کاربرد کاهگل در بنای ساختمان است. در واقع بتن الیافی نوع پیشرفتۀ این تکنولوژی می‌باشد که الیاف طبیعی و مصنوعی جدید، جانشین کاه و سیمان جانشین گل به کار رفته در ترکیب کاهگل شده‌اند.

امروزه با استفاده از انواع الیاف شیشه، پلی‌پروپیلن، فولاد و بعضاً کربن، تولید انواع بتن های کامپوزیتی در کاربردهای مختلف صنعتی ممکن گردیده و به‌کارگیری آنها درکشورهای پیشرفتۀ دنیا مورد قبول بخش ساختمان و عمران واقع شده است. بتن الیافی خواص مناسبی همچون شکل‌پذیری بالا، مقاومت فوق‌العاده، قابلیت جذب انرژی و پایداری در برابر ترک خوردن ۸ را دارا می باشد که متناسب با آنها می توان موارد کاربرد فراوانی برای آن یافت. به طور مثال در ساخت کف سالن‌های صنعتی، می توان از این نوع بتن به جای بتن آرماتوری متداول سود جست این نوع بتن از بهترین مصالح مورد استفاده در ساخت بناهای مقاوم‌به‌ضربه، همچون سازه پناهگاه ها و انبارهای نگهداری مواد منفجره به شمار می رود و بنای شکل گرفته از بتن، قابلیت فوق العاده ای در جذب انرژی ضربه دارد. همچنین در ساخت باند فرودگاه ها به خوبی می توان از این نوع

بتن کمک گرفت. موارد دیگری از به کارگیری این بتن، ساخت قطعات پیش ساخته ساختمانی همچون پانل های سایبان و یا پاشش بتن روی سطوح انحنادار همچون تونل ها می باشد. به‌کارگیری این بتن در بنای یک سازه علاوه بر موارد یاد شده از مزایایی همچون عایق بودن سازه در برابر صدا و سرعت بالای اجرا نیز برخوردار است. اما از آنجا که نحوه قرار گرفتن الیاف داخل بتن کاملاً تصادفی می باشد، از این بتن معمولاً نمی توان به نحو مطلوبی در ساخت تیرها و ستون‌ها بهره گرفت و در این نوع سازه ها استفاده از روش سنتی و شبکه بندی فولادی به‌صرفه تر و مناسبتر می باشد. لازم است به این نکته توجه شود که ناکارآمدی یک تکنولوژی جدید در نقاط ضعف خود نباید مانع نادیده گرفتن کاربردهای مناسب آن در نقاط قوت آن و عدم توجه به آن گردد .تاکنون مشخص شده است که انواع الیاف ها می توانند ظرفیت کرنش مقاومت دربرابر ضربه میزان جذب انرژی مقاومت سایشی و مقاومت کششی بتن را افزایش دهند. بطور کلی برای کاربرد در سازه الیاف فولادی می تواند نقش مکملی برای میلگرد داشته باشد. الیاف فولادی با پخش ترکها مقابله می کنند ومقاومت بتن را در برابر خستگی ضربه جمع شدگی و تنشهای حرارتی ۹ افزایش داده و بتن در همه مدهای شکست روی خواص مکانیکی بتن تاثیر مثبت می گذارد.از اهم متغیرهایی که بر خواص بتن با الیاف فولادی اثر می گذراند میتوان به خواص ماتریس بتن بازدهی الیاف و مقدار الیاف اشاره کرد.تکنولوژی بتن پرمقاومت توسعه ای جدید در صنعت ساخت سازه های بتنی محسوب می شود. در بتن سخت شده مقاومت و دوام دو عامل اصلی بوده وهر چه مقاومت فشاری بتن بیشتر می شود بتن تردتر شده ودر نتیجه مقاومت کششی آن به نسبت افزایش مقاومت فشاری افزایش نمی یابد و نیز از تحمل کرنش پایین تر برخوردار است. بدین دلیل نیاز به استفاده از الیاف در بتن پرمقاومت کاملا مشهود است .جهت افزایش مقاومت کششی و جلوگیری از گسترش ترک و بویژه افزایش نرمی از الیاف در بتن استفاده می شود. مقدار افزایش با تغییر این مقاومت ها بستگی به مقاومت بتن بدون الیاف شکل الیاف ودرصد الیاف دارد.

بتن پرمقاومت شامل الیاف فولادی، ترکیبی است از سیمان، مصالح سنگی، آب، فوق روان کننده، دوده سیلیس وهمچنین درصدی از الیاف فولادی که بطور درهم و کاملا اتفاقی ودر جهات مختلف در مخلوط پراکنده شده است. وجود الیاف فولادی مشخصات مکانیکی بتن را نسبت به حالت بهبود می‌بخشد. بتن پرمقاومت یک ماده ترد وشکننده است در حالیکه افزودن الیاف فولادی به بتن پرمقاومت سبب بهبود رفتار ترد بتن وتغییرمد شکست آن می‌گردد.

تاریخچه:

مصری ها از کاه برای مسلح کردن آجرهای گلی استفاده می کرده اند شواهدی هست که در حدود ۵۰۰۰ سال قبل ، از الیاف آزبست در ساخت ظروف گلی استفاده شده است . در دهه ۱۹۵۰برای اولین بار در کشور شوروی و بعد درکشور امریکا در سال۱۹۶۰ تحقیقاتی انجام شده که در صورت استفاده از الیاف فولادی در ماتریس شکننده ، تمرکز تنش در محل ترکهای بوجود آمده کاهش می یابد.

بتن الیافی که به نام های زیر در جهان موجود است آرماتورها که معروف به آرماتورهای با الیاف پلاستیکی (FRP)هستند از الیاف مختلفی چون الیاف شیشه ای (GFRP)الیاف آرامیدی (Afrp)والیاف کربنی (CFRP)در یک رزین چسباننده تشکیل شده انددر دنیا معروف است.

این مواد یکی از پر مصرف ترین مواد در مناطق سرد نظیر شمال آمریکا و کانادا و بعضی کشورهای اروپایی است که همراه با آن از سنگدانه های هوا ساز نیز استفاده می شودکاربرد صفحات با الیاف کربنی برای این تقویت بیشتر رایج گشته و در چندین پل در ژاپن و در بعضی کشورهای اروپایی از آن استفاده شده است.

به خصوص در ژاپن که به علت مقاومت در بتن الیافی در برابر خوردگی در پل ودیوار های نما از این بتن الیافی خیلی استفاده می کنند. همچنین امروزه علم نانو نیز به کمک بتن الیافی و

صنعت ساختمان آمده وامروزه استفاده از انواع پلیمر والیاف در بتن به وسیله علم نانو رونق گرفته است که تاریخ این علم بر میگردد به دوره ۷۰ معرفی شده اند که از فناوری sol-gelجهت انتشار ( Disperse)دادن ذرات نانو کانی درون ماتریس پلیمر استفاده شده است .یکی از شرکت های که در این علم پیشتاز است شرکت تویوتا ژاپن می باشد تکنولوژی نانو فلز آرتوناید که اخیرا الیاف تجاری نانو آلومینا را تولید کرده است یکی دیگر از موفقیت کشور های پیشرفته می باشد که امروزه در این علم به دست آمده امروزه بسیاری از دانشگاه دنیا سعی در استفاده از این دانش درصنعت ساختمان می باشدیکی دیگر از اختراعات در ژاپن جلوگیری از یخ زدگی بتن الیافی به وسیله علم نانو می باشد

نقش الیاف در بتن :

مزایا و نقش مهم الیاف در بتن الیافی باعث شده که مورد علاقه اکثر مهندسین و طراحان قرار بگیرد.امکان بکارگیری دراکثر مناطق جغرافیایی،استفاده از متریال طبیعی وارزان ، دارای هزینه کم در مقایسه با حجم زیاد عملیات و شکل پذیری آن با توجه به اشکال هندسی طرح وکارایی مناسب و مقاومت بسیار بالا و مقاوم در برابر نیروهای فشاری وکششی وقابلیت جذب انرژی و پایداری در برابر ترک خوردن از ویژگی های بارز این نوع بتن می باشد

نحوه گسیختگی نمونه بتن معمولی نحوه گسیختگی نمونه بتن دارای الیاف

مزایای این محصولات عبارتند از:

1-کاهش ضخامت دال بتنی با حفظ استحکام آن.

2-استحکام دال بتنی در گوشه ها و زوایای قائم دال بتنی.

3-کنترل ترکهای مویی در محدوده ی انقباض پلاستیک بتن.

4-بهتر شدن خصوصیات فیزیکی ، شیمیایی و مکانیکی بتن .

5-کاهش ترکهای انقباضی در زمان اولیه بتن ریزی.

6-جلوگیری از خرد شدن بتن در اثر مواجهه با ضربه و بارهای دینامیکی.

7-افزایش مقاومت فشاری بتن تا ۱۰۰۰ کیلوگرم بر سانتی مترمربع در آزمایش تک محوری.

انواع الیاف :

1-الیاف فولادی با مقاومت کششی بسیار بالا به قطر ۱ میلی متر و طول ۵ سانتی متر ، قطر۰/۸ و ۶ سانتی متر.

2-الیاف مصنوعی که برای ارتقا و پایداری وعملکرد مکانیکی بتن ، بخصوص شاتکریت استفاده می شود.

3-الیاف شیشه ای که جهت مسلح کردن بتن و افزایش مقاومت شیمیایی استفاده می شود .

4-الیاف پلی پرو پیلن که به قصد کنترل ترکهای مویی ، تقویت عملکرد پلاستیکی بتن در دراز مدت (پدیده خزش ۱۰در بتن ) استفاده می شود

5-الیاف پلی پرو پیلن که به قصد کنترل ترکهای مویی ، تقویت عملکرد پلاستیکی بتن در دراز مدت (پدیده خزش در بتن ) استفاده می شود .

نمونه ی الیاف شیشه ای نمونه ی الیاف فولادی

مزایای بتن الیافی در مقایسه با بتن بدون الیاف را می توان بطور خلاصه بشرح ذیل بیان داشت:

مقاومت در مقابل تورق وسایش

- مقاومت در مقابل تنش های خستگی
- مقاومت عالی در مقابل ضربه
- قابلیت کششی وظرفیت زیاد تغییر شکل نسبی
- قابلیت باربری بعد از ترک خوردگی

•افزایش در میزان جذب انرژی

قابلیت انعطافی۱۱ که بتن الیافی دارد همانند خواص مواد پلاستیکی باعث می شود که بتن الیافی گسیختگی ناگهانی نداشته باشد. از آنجا که الیاف فولادی در جسم بتن در همه جهات پراکنده می شود در صورت تشکیل یک ترک در جهات مختلف الیاف اتصالاتی را بوجود آورده و از گسترش ترک جلوگیری می نماید. بنابراین رشته های الیاف بطور فعال در محدود کردن عرض ترک وارد عمل شده و با تشکیل ریز ترکهای زیاد قابلیت بهره برداری بتن را افزایش می دهند.

منحنی بار-تغییر مکان بتن مسلح شده با الیاف در مقایسه با بتن غیرمسلح

موارد استفاده و محدودیت های کاربرد بتن الیافی :

هر فناوری همواره کاربردها و محدویت های خاص خود را دارد . بتن الیافی خواص مناسبی همچون شکل پذیری بالا ، مقاومت فوق العاده ، قابلیت جذب انرژی و پایداری در برابر ترک خوردن را دارا می باشد که متناسب با آنها می توان موارد کاربرد فراوانی برای آن یافت . بطور مثال در ساخت کف سا لن های صنعتی ، می توان از این نوع بتن به جای بتن آماتوری متداول سود جست این نوع بتن از بهترین مصالح مورد استفاده در ساخت بناهای مقاوم به ضربه ، همچون سازه پناهگاه ها وانبارهای نگهداری مواد منفجره به شمار می رود و بنای شکل گرفته از بتن ، قابلیت فوق العاده ای در جذب انرژی ضربه دارد همچنین در ساخت باند فرودگاه ها به خوبی می توان از این نوع بتن کمک گرفت . مواردی دیگری از به کارگیری این نوع بتن ، ساخت قطعات پیش ساخته ساختمانی همچون پانل های سایبان ویا پاشیدن بتن روی سطوح انحنادار همچون تونل ها می باشد . به کارگیری این نوع بتن در بنای یک سازه علاوه بر موارد یاد شده از مزایای همچون عایق بودن در برابر صدا وسرعت بالای اجرا نیزی برخودار است .

وجود الیاف در بتن ضمن افزایش مقاومت فشاری و کششی یکی از عوامل بسیار مهم در دوام بتن می باشد. خطاهای حین ساخت بتن در اختلاط مصالح سنگی، میزان سیمان و نسبت آب به سیمان، اهمیت وجود الیاف را بجهت کاهش ترکهای

مویی و اهمیت بهره مندی از آن آشکار می سازد.

پخش الیاف در حجم بتن بصورت نامنظم امکان مهار نیروهای داخلی را از جهات مختلف مهیا می سازد. ایجاد تنشهای برشی در گوشه و زوایای قائم بطور مثال نزدیکی درزها باعث ایجاد ترکهای عمیق در دال بتنی میگردد که با استفاده از

الیاف می توان به نحو چشمگیری از ایجاد این ترکها اجتناب نمود.

عموماً در صد حجم الیاف به بتن ۳ ~ ۰/۱ درصد است ، اما از آنجا که نحوه قرار گرفتن الیاف داخل بتن کاملاً تصادفی می باشد ، ازاین بتن معمولاً نمی توان به نحو مطلوبی در ساخت تیرها وستون ها بهره گرفت ودر این نوع سازه ها استفاده از روش سنتی و شبکه بندی فولادی به صرفه تر و مناسب تر می باشد . لازم است به این نکته توجه شود که ناکارآمدی یک تکنولوژی جدید در نقاط ضعف خود نباید مانع نادیده گرفتن کاربردهای مناسب آن در نقاط قوت آن وعدم توجه به آن گردد.

استفاده و کاربرد بتن الیافی در ایران :

نظر به اینکه برخی از آئین نامه های جدید استفاده از الیاف فولادی یا کربنی به جای میلگرد در بتن وشاتکریت را مجاز دانسته اند اما فعلاً آئین نامه بتن ایران یا مبحث نهم مقررات ملی ایران چنین جوازی را صادر نکرده اند . اگرچه در کشور ما تحقیقات تئوری و فعالیت های تجربی نسبتاً مناسبی در زمینهٔ گسترش و کاربرد تکنولوژی های بتن الیافی صورت گرفته است، اما حقیقت آن است که گسترش این فناوری بیش از همه وابسته به اعلام نیاز از سوی صنعت و مقرون به‌صرفه‌نمودن کاربری آن از سوی محققان کشور می باشد. چند سال پیش کنفرانسی در زمینه تکنولوژی بتن الیافی با هدف شناساندن فناوری مذکور، در دانشگاه صنعتی شریف برگزار گردید. در این کنفرانس، محققان و سخنرانان از مراکز مختلفی به ایراد سخنرانی و ارایه مقاله پرداختند. به طور مثال در یک نمونه از کارهای ارائه شده، مسئله به‌صرفه‌بودن استفاده از این نوع بتن مورد بررسی و مطالعه کارشناسی قرار گرفته بود. حاصل این بررسی مؤید آن بود که در بعضی پروژه های صنعتی، به‌کارگیری بتن الیافی نسبت به روش‌های متداول استفاده از شبکه بندی فولادی، بسیار اقتصادی تر، سریعتر و آسان تر می باشد.

برگزاری این کنفرانس اثرات مثبت زیادی در شناسایی و توسعهٔ این فناوری داشت. پس از آن، بخش هایی از صنعت و دانشگاه به بررسی امکان تولید الیاف گوناگون بالاخص الیاف شیشه و فولاد پرداختند. همچنین به تدریج بتن الیافی با الیاف تقویت‌کنندهٔ پلی پروپیلن به بازار مصرف راه یافت و در انجام پروژه هایی به کار گرفته شد. در مجموع قدم های مثبتی در این جهت برداشته شده است اما سرعت این حرکت نسبتاً کند بوده است . بر اساس مطالب یاد شده بتن الیافی با مزایای ویژه خود می تواند کاربردهای وسیعی داشته باشد ، لیکن جهت به کار گیری آن در ایران لازم است که دو نکته اساسی در نظر باشد .

مورد اول:

لازم است که حداقل مقاومت برای بتن در کلیه سازه های بتنی اعمال شود , که این خود در کیفیت بتن، بدون واردکردن هیچگونه الیافی نفش موثر دارد . بدین معنی که باید اول کیفیت بتن بدون الیاف را ارتقا دهیم .

مورد دوم :

نظر به اینکه باید از پدیده »گلوله شدن ۱۲ « در بتن الیافی جلوگیری به عمل آید ، لذا لازم است نحوه صحیح مخلوط کردن الیاف با بتن و همچنین استفاده از روان سازها جهت افزایش کارایی فراهم گردد. لازم است به این صنعت نو پا با کاربردهای فراوان ، توجه بیشتری معطوف شود و الیاف مختلف اعم از مصنوعی ( مانند پلی پروپیلن )و فولادی ، به شکل مطلوب و با کیفیت مناسب ساخته شوند. سرمایه گذاری جهت ساخت الیاف و اینکه صنعت پتروشیمی به ساخت الیاف پلی پروپیلن و صنعت فولاد به ساخت الیاف فولادی مبادرت ورزند ، می تواند راه گشا باشد .

بتن با الیاف

بتن معمولی ( بدون الیاف )

انواع الیاف ها:

-الیاف شیشه ای

-الیاف کربن

-الیاف سنتتیک

-الیاف پروپیلن

انواع الیاف فولادی و ویژگیهای آنها:

الیاف فولای دارای شکل و قطرهای گوناگونی بوده ونحوه ساخت آنها نیز متفاوت است. الیاف فولادی که در حال حاضر در بازارهای جهانی موجود است، عمدتاً بر اساس چهار روش زیر تولید می‌شوند:

-کشیدن و بریدن سیمهای فولادی (الیاف سیمی) با سطح مقطع دایره‌ای

-نورد و برش ورق‌های فولادی (الیاف برشیی) با سطح مقطع مستطیلی

-با استفاده از مواد مذاب (الیاف ریخته‌گری) با سطح مقطع هلالی

-تراشیدن سطح ورقهای فولادی (الیاف ماشینی) با سطح مقطع هلالی، مثلثی یا تاب خورده

همچنین با توجه به شکل‌پذیری فولاد، به راحتی می‌توان گیرداری الیاف را در بتن تأمین کرد. به همین منظور می‌توان شکلهای مختلف از قبیل انتهای خمیده، انتهای قلابدار، دم پهن، موجدار، خورده تراشه نامنظم و... را تولید کرد.

مهمترین شرکتهای تولید کننده الیاف فولادی در جهان عبارتند از: شرکتهای درامیکس، ویراند، هارکس و فایبرکان به ترتیب، به کشورهای بلژیک، ایتالیا، آلمان و آمریکا تعلق دارند. برای روشن شدن تأثیر شکل الیاف فولادی بر روی مقاومتهای مکانیکی بتن الیاف‌دار، کومولوس تحقیقاتی بر روی انواع الیاف فولادی انجام داد که مشخصات ۴ نوع از آنها عبارتند از:

1-الیاف با انتهای قلاب‌دار، طول ۵۰ میلیمتر و قطر ۰/۴ میلیمتر.

2-الیاف موجدار با طول ۲۵ میلیمتر و قطر ۰/۲۵ میلیمتر.

3-الیاف صاف با مقطع گرد، طول ۳۰ میلیمتر و قطر ۰/۳ میلیمتر.

4-الیاف صاف با مقطع گرد، طول ۲۰ میلیمتر و قطر ۰/۲ میلیمتر.

خواص بتن الیافی :

-مقاومت استاتیکی

الیاف فولادی ، مقاومت خمشی ۱۳نخستین ترک بتون الیافی را تا چندین برابر مقاومت نخستین ترک بتون معمولی افزایش می دهد . اضافه کردن الیاف به بتون علاوه بر اینکه از نظر افزایش مقاومت های استاتیکی بتون مؤثر است ، در ایزوتروپی و همگنی جسم بتون نیز تأثیر بسزائی دارد . تأثیر الیاف فولادی در مقاومت استاتیکی۱۴بتون شامل مقاومت خمشی ، فشاری ، برشی و شکافتگی می باشد که هر کدام از این مقاومت ها در بخش های بعدی شرح داده خواهد شد .

-مقاومت خمشی

خاصیت مهم بتن الیافی مقاومت خمشی زیاد و مقاومت در مقابل ترک خوردگی است که این خاصیت راه حل مناسبی برای کاهش خاصیت تردی و شکنندگی بتن خالص است .

-مقاومت برشی

الیاف فولادی می تواند جایگزین خاموت ها در تیرهای بتونی شود ، بدون اینکه در ظرفیت نهائی برشی ، کاهشی به وجود آید . الیاف فولادی علاوه بر اینکه مقاومت برشی بتن را افزایش بتون را افزایش می دهد ، تیرهای بتون آرمه را در مقابل گسیختگی ناگهانی در ناحیه کششی تقویت می کند . این مزیت عمدهٔ الیاف فولادی در افزایش مقاومت برشی بتن است که باعث می شود از کاربرد خاموت بعنوان آرماتور برشی صرفنظر گردد.

-مقاومت پیچشی

در رابطه با مقاومت پیچشی ۱۵ الیافی تحقیقات خاصی صورت نگرفته است . در یک مورد خاص بررسی هایی که توسط شرکت Bekaertدر بلژیک انجام یافته ، مقاومت پیچشی بتن الیافی را ۱/۵ تا ۲ برابر بتن خالص ذکر کرده است .

-مقاومت ترک خوردگی

الیاف نه تنها بر روی مقاومت بتن خالص تأثیر بسیار مثبتی دارد بلکه بعنوان یک عامل باز دارنده ترک نیز عمل می کند . بدین معنی که با شروع ترک خوردگی ، الیاف نقش خود را در دوختن ترک و محدود کردن اندازه ترک بازی کرده و از ادامه ترک خوردگی حتی با ادامه بارگذاری جلوگیری بعمل می آورد .

-پوسیدگی و زنگ زدگی الیاف فولادی

مطالعات اخیر نشان می دهد که اثر خوردگی و پوسیدگی آب شور روی ملات سیمانی (سیمان پرتلند) مسلح به ۲ درصد حجمی الیاف فولادی ناچیز بوده است ، بطوریکه بعد از ۹۰ روز قرار گرفتن در داخل و خارج آب نمک اشباع شده ، هیچ تغییری در مقاومت خمشی بتن الیافی مشاهده نگردید .

مقاومت فشاری یک ملات الیاف دار که بطور مداوم و به مدت ۱۰ سال در آب دریا غوطه ور بوده است از ۵۸۲ کیلوگرم بر سانتی متر مربع به ۴۹۵/۷ کیلوگرم بر سانتی متر مربع کاهش یافت که این کاهش در حدود ۱۵ درصد است ، این در حالیست که تحت همان شرایط ، مقاومت ملات ۴۰ درصد کاهش یافته بود . مقاومت خمشی ملات الیاف دار نیز بعد از ۱۰ سال ۳۱ درصد تنزل کرده و به مقدار ۱۰۵/۳ کیلوگرم بر سانتی متر مربع رسیده بود.

-قابلیت هدایت حرارتی

الیاف فولادی ضریب هدایت حرارتی بتن را ۲۵ تا۵۰ درصدافزایش می دهند. همچنین این الیاف باعث افزایش مقاومت بتن در تغییرات ناگهانی و زیاد درجه حرارت می شود.

خواص مکانیکی و فیزیکی :

لیست زیر برخی خواص مکانیکی و فیزیکی الیاف را نشان می دهد:

نوع کامپوزیت

وزن مخصوص

مدول الاستیسیته

( Gpa )

مقاومت کششی

( Gpa )

قطر نمونه الیاف

(mμ)

الیاف شیشه ای

6/2

80

3~2

15~9

الیاف فولادی

8/7

200

3~1

500~5

الیاف پلی پروپیلن

9/0

5

5/0

5/7

رفتار بتن الیافی در برابر نیروها:

نتایج ارزیابی رفتار الیاف به منظور کنترل ترک های ناشی از جمع شدگی ۱۶در بتن استاندارد و خودتراکم مختصرا به صورت زیر می باشد.

اگر بتن از جمع شدن باز داشته شود ، تنشهای کششی ایجاد شده در آن باعث ترک خوردگی مقطع می شوند . در بتن استاندارد با نسبت آب به سیمان بالاتر از ۴۵ درصد جمع شدگی ناشی از خشک شدن به عنوان مهمترین دلیل ایجاد ترک در سنین اولیه توصیف شده است . دربتن خودتراکم در سنین اولیه به دلیل چسبندگی بالای مواد ریز موجود ، جمع شدگی و خزش بیشتری نسبت به بتن استاندارد مشاهده می شود ولی در مرحله سخت شدن تاخیری در شروع جمع شدگی بتن خود تراکم به وجود می آید که به دلیل پایین بودن سرعت تبخیر از سطح خارجی اعضاء بتنی می باشد. جمع شدگی ناشی از خشک شدن از همان ابتدا یعنی زمان های اولیه بتن ریزی و حتی قبل از افزایش ظرفیت مکانیکی بتن آغاز می شود که بستگی به خواص بتن (طرح اختلاط، طریقه ی بتن ریزی و روش های عمل آوری ) شکل وچگونگی اعضاء بتنی وشرایط محیطی (دما، رطوبت مربوطه، سرعت باد) دارد. .چون جمع شدگی به دلیل کمبود آب درون بتن به سطح اعضاء تحمیل می شود ، کرنش در این قسمت از اعضاء ایجاد شده وترک هائی با منشاء خشک کردن انقباض ۱۷ از نواحی سطحی که در تماس با محیط هستند آغاز می شود، در نتیجه اعضاء با سطح خارجی بالا(مانند

دال ها و پانل های پیش ساخته) در تماس با یک محیط مهاجم بیشترین آسیب را در اثر به وجود آمدن ترک ها می بینند واین امر با عبور هوا از روی نمونه ها ی تازه تشدید می یابد اما از نتایج آزمایش ها مشاهده می شود که با استفاده از مقادیر مناسب الیاف جمع شدگی و به تبع آن ترک ها به میزان قابل توجهی کاهش می یابند. برای کنترل ترک های بتن تحت اثر جمع شدگی دو روش متفاوت پیشنهاد می شود:۱-اندازه گیری کاهش جمع شدگی با توجه به حدود آب از دست رفته از سطح در معرض هوا(بدون پوشش)اعضاء۲-توسط اتصال اجزا بتن که می تواند رشد ترک ها را کنترل کرده و از انتشار خرابی در اعضا در سنین اولیه جلوگیری کند.اولین روش بررسی نحوه ی عمل آوری بتن و آب نگهداری و یا افزودنی های تقلیل دهنده ی جمع شدگی بوده که هدف این روش کاهش تنش کششی روی بتن است. دومین روش استفاده از افزودنی ها و الیافی هستند که با بتن تازه ترکیب می شوند و ظرفیت مکانیکی مخلوط را در سنین کم تعیین کرده در نتیجه از رشد و انتشار ترک ها جلو گیری می کنند به این معنا که با حضور الیاف تعداد بیشتری ترک ایجاد شده و این امر باعث انتقال تنشهای کششی از میان ترکها و کاهش تمرکز تنش می شود. حرکت ترک ها در هر دو نوع بتن استاندارد و خود تراکم جهت مشخصی نداشته و عمود بر هم از طرفی به طرف دیگر عبور می کنند ولی در کل می توان سه حالت فشاری و کششی و برشی را برای حرکت ترک ها در نظر گرفت:

همچنین با ورود الیاف به بتن مستقل از مواد تشکیل دهنده ۲ نوع وضعیت اصلی موازی و عمود بین ترک و الیاف مشاهده می شود که در صورت عبورالیاف عمود بر لبه های ترک با پل زدن الیاف بین ترک ها یکپارچگی بتن تا تغییر شکلهای زیاد حفظ شده و مقاومت خمشی و کششی به دلیل خاصیت دوزندگی الیاف بالا می رود . بنا به دلایل ذکر شده استفاده از آرماتورها از دید گاه میکروسکوپی در کنترل ترک ها مفید واقع نشده و حتی در صورت بروز ترک با پدیده خوردگی مواجه می شوند و بتن کاملا از بین می رود.

بتن بدون الیاف بتن با الیاف

درصورتیکه با توزیع اتفاقی الیاف در فواصل بسیار کوچکتر از فاصله بین آرماتورها،اندازه ترک ها کوچکتر شده و باعث کاهش نفوذپذیری و پایداری بتن در محیط های مهاجم می شود. در حالت کلی توزیع اتفاقی الیاف در فواصل بسیار کوچکتر از فاصله بین آرماتورها باعث پخش و کوچکترشدن اندازه ترک ها شده و پس از ترک خوردن ، مقاومت کششی و خمشی به دلیل خاصیت دوزندگی الیاف بالا رفته و یکپارچگی بتن تا تغییر شکلهای زیاد حفظ می شود.

نکات اجرایی :

الیاف را میتوان قبل ، بعد یا در حین میکس به مخلوط بتن اضافه کرد ولی برای آسانی پخش باید به صورت خشک وارد مخلوط شود. البته باید توجه داشت در فرآیند ساخت بتن الیافی باید از ایجاد پدیده گلوله ای شدن (Balling)که به دلیل استفاده از مقادیر زیاد و نادرست الیاف رخ می دهد جلوگیری بعمل آید زیرا در این صورت پدیده انسداد در بتن صورت گرفته و اثر الیاف عملا از بین خواهد رفت.

به دلیل اینکه مقدار الیاف مورد استفاده در بتن برای جلوگیری از پدیده بسیار کم می باشد(تقریبا ۰,۱٪), مقاومت فشاری به اندازه زیادی افزایش پیدا نمی کند زیرا الیاف نیروی مکانیکی ماکروسکوپی نبوده و تنهایک نیروی کمکی محلی به حساب آورده می شوند. برای مقایسه هزینه ساخت بتن الیافی با با بتن مسلح به آرماتور می باید مزایای بتن الیافی از جمله مقاومت ضربه ای بسیار بالاتر، جمع شدگی و عرض ترک کمتر، دوام بیشتر و کاهش هزینه های مربوط به تعمیر ، حفظ و نگهداری، کنترل شکستهای موضعی، ایجاد ترک و گسترش ترک، عمر مفید بیشتر، کنترل نفوذپذیری بیشتر و بویژه زمان اجرای بسیار کمتر را (در مقایسه با بتن مسلح به میلگرد) در نظر داشت.

نوآوری ها در زمینه بتن الیافی :

بتن و فولاد دو نوع مصالحی هستند که امروزه بیشتر از سایر مصالح در ساختمان انواع بناها از قبیل ساختمان پلها،ساختمان سدها، ساختمان متروها،ساختمان فرودگاه ها و ساختمان بناهای مسکونی و اداری و غیره به کار برده می شوند.و شاید به جرأت می توان گفت که بدون این دو پیشرفت جوامع بشری به شکل کنونی میسر نبود.با توجه به اهدافی که از ساخت یک بنا دنبال می شود،بتن و فولاد به تنهایی و یا به صورت مکمل کار برد پیدا می کنند. فولاد به لحاظ اینکه در شرایط به دقت کنترل شده ای تولید می شود و مشخصات و خواص آن از قبیل تعیین و با آزمایشات متعددی کنترل می شود،دارای کاربری آسانتر از بتن است. اما بتن در یک شرایط کاملا متفاوتی با توجه به پارامتر های مختلف از قبیل نوع سیمان،نوع مصالح و شرایط آب و هوایی تولید و استفاده می شود و عدم اطلاع کافی از خواص مواد تشکیل دهنده بتن و نحوه تولید و کاربرد آن می تواند ضایعات جبران ناپذیری را به دنبال داشته باشد.

با توجه به پیشرفت علم و تکنولوژی در قرن اخیر، علم شناخت انواع بتن و خواص آنها نیز توسعه قابل ملاحظه ای داشته است، به نحوی که امروزه انواع مختلف بتن با مصالح مختلف تولید و استفاده می شود و هر یک خواص و کاربری مخصوص به خود را داراست.هم اکنون انواع مختلفی از سیمانها که حاوی پوزولانها ،خاکستر بادی،سرباره کوره های آهن گدازی،سولفورها،پلیمرها،الیافهای مختلف،و افزودنیهای متفاوتی هستند،تولید می

شد. ضمن اینکه تولید انواع بتن نیز بااستفاده از حرارت،بخار،اتوکلاو،تخلیه هوا،فشار هیدرولیکی،ویبره و قالب انجام می گیرد.

بتن به طور کلی محصولی است که از اختلاط آب با سیمان آبی و سنگدانه های مختلف در اثر واکنش آب با سیمان درشرایط محیطی خاصی به دست می آیدو دارای ویژگیهای خاص است.

اولین سؤالی که پیش می آید این است که چه رابطه ای بین تشکیل دهنده بتن باید وجود داشته باشد تا یک بتن خوب به دست آید و اصولا بتن خوب دارای چه شرایط و ویژگیهایی است. رابطه بین اجزاء تشکیل دهنده بتن،در خواص فیزیکی و شیمیایی و همچنین نسبت اختلاط آنها با هم است.چه اگر مصالح یا آب و سیمانی با خواصی مناسب بتن با هم مخلوط گردند و در شرایط و محیطی مناسب به عمل آیند،یقینا بتن خوبی حاصل می شودو اصولا بتن خوب، بتنی است که دارای مقاومت فشاری دلخواه و رضایت بخشی باشد. رسیدن به یک مقاومت فشاری دلخواه و رضایت بخش بدین معناست که سایر خواص بتن مانند مقاومت کششی، وزن مخصوص، مقاومت دربرابر سایش، نفوذ ناپذیری، دوام، مقاومت دربرابر سولفاتها و ... نیز همسو با مقاومت فشاری، بهبود یافته و متناسب می شوند. اگر چه شناخت مصالح مورد مصرف در ساخت بتن و همچنین خواص مختلف بتن کار آسانی نیست اما سعی می شود به خواص عمومی مصالح و همچنین بتن پرداخته شود.

بتن اینک با گذشت بیش از ۱۷۰ سال از پیدایش سیمان پرتلند به صورت کنونی توسط یک بنّای لیدزی، دستخوش تحولات و پیشرفتهای شگرفی شده است.در دسترس بودن مصالح آن، دوام نسبتاً زیاد و نیاز به ساخت و سازهای فراوان سازه های بتنی چون ساختمان ها، پل ها، تونل ها، سدها، اسکله ها، راه ها و سایر سازه های خاص دیگر، این ماده را بسیار پر مصرف نموده است.

اینک حدود سه تا چهار دهه است که کاربرد این ماده ارزشمند در شرایط ویژه و خاص مورد توجه کاربران آن گشته است. اکنون کاملاً مشخص شده است که توجه به مقاومت تنها به عنوان یک معیار برای طرح بتن برای محیطهای مختلف و کاربریهای متفاوت نمی تواند جوابگوی مشکلاتی باشد که در درازمدت در سازه های بتنی ایجاد می گردد. چند سالی است که مسأله پایایی و دوام بتن در محیط های مختلف و به ویژه خورنده برای بتن و بتن مسلح مورد توجه خاص قرار گرفته است.مشاهده خرابی هایی با عوامل فیزیکی و شیمیایی در بتن ها در اکثر نقاط جهان و با شدتی بیشتر در کشور های در حال توسعه، افکار را به سمت طرح بتن هایی با ویژگی خاص و با دوام لازم سوق داده است. در این راستا در پاره ای از کشورها مشخصات و دستورالعمل ها واستانداردهایی نیز برای طرح بتن با عملکرد بالا تهیه شده و طراحان و مجریان در بعضی از این کشورهای پیشرفته ملزم به رعایت این دستورالعمل ها گشته اند.

در مواد تشکیل دهنده بتن نیز تحولات شگرفی حاصل شده است. استفاده از افزودنی های مختلف به عنوان ماده چهارم بتن، گسترش وسیعی یافته و در پاره ای از کشورها دیگر بتنی بدون استفاده از یک افزودنی در آن ساخته نمی شود. استفاده از سیمان های مختلف با خواص جدید و سیمان های مخلوط با مواد پوزولانی

و نیز زائده های کارخانه های صنعتی روز به روز بیشتر شده و امید است که بتواند تحولی عظیم در صنعت بتن چه از نقطه نظر اقتصادی و چه از نظر دوام و نیز حفظ محیط زیست در قرن آینده بوجود آورد. در سازه های بتنی مسلح نیز جهت پرهیز از خوردگی آرماتور فولادی از مواد دیگری چون فولاد ضد زنگ و نیز مواد پلاستیکی و پلیمری (FRP)استفاده می شود که گسترش آن منوط به عملکرد آن در دراز مدت گشته است. با توجه به نیاز روز افزون به بتن های خاص که بتوانند عملکرد قابل و مناسبی در شرایط ویژه داشته باشند،سعی شده است تا در این مقاله به پاره ای از این بتن ها اشاره گردد. کاربرد مواد افزودنی به ویژه فوق روان کننده ها و نیز مواد پوزولانی به ویژه دوده سیلیس در تولید بتن با مقاومت زیاد و با عملکرد خوب مختصراً آورده می شود. بتن های خیلی روان که تحولی در اجرا پدید آورده است و نیز بتن های با نرمی بالا برای تحمل ضربه و نیروهای ناشی از زلزله نیز از مواردی است که باید به آنها اشاره نمود. کوشش های فراوان برای مبارزه با مسأله خوردگی آرماتور در بتن و راه حل ها و ارائه مواد جدید نیز در اواخر سالهای قرن بیستم پیشرفت شتابنده ای داشته است که به آنها اشاره خواهد شد.

افزودنی های خاص در شرایط ویژه:

برای ساخت بتن های ویژه در شرایط خاص نیاز به استفاده از افزودنی های مختلفی می باشد. پس از پیدایش مواد افزودنی حباب هواساز در سالهای ۱۹۴۰ کاربرد این ماده در هوای سرد و در مناطقی که دمای هوا متناوباً به زیر صفر رفته و آب بتن یخ می زند، رونق بسیار یافت. این ماده امروز یکی از پر مصرف ترین افزودنی ها در مناطق سرد نظیر شمال آمریکا و کانادا و بعضی کشورهای اروپایی است.

ساخت افزودنی های فوق روان کننده که ابتدا نوع نفتالین فرمالدئید آن در سالهای ۱۹۶۰ در ژاپن و سپس نوع ملامین آن بعداً در آلمان به بازار آمد شاید نقطه عطفی بود که در صنعت افزودنی ها در بتن پیش آمد. ابتدا این مواد برای کاستن آب و به دست آوردن کارایی ثابت به کار گرفته شد و چند سال بعد با پیدایش بتن های با مقاومت زیاد نقش این افزودنی اهمیت بیشتری یافت. امروزه بتن های مختلفی برای منظور ها و خواص ویژه و نیز به منظور مصرف در شرایط خاص با این مواد ساخته می شود که ازمیان آنها به ساخت بتن های با مقاومت زیاد، بتن های با دوام زیاد، بتن های با مواد پوزولانی زیاد (سرباره کوره های آهن گدازی و خاکستر بادی) بتن های با کارایی بالا، بتن های با الیاف و بتن های زیر آب و ضد شسته شدن می توان اشاره نمود.

بتن های با کارآیی بسیار زیاد که چند سالی است از پیدایش آن در جهان و برای اولین بار در ژاپن نمی گذرد، تحول جدیدی در صنعت ساخت و ساز بتنی ایجاد کرده است. این بتن که نیاز به لرزاندن نداشته و خود به خود متراکم می گردد، مشکل لرزاندن در قالب های با آرماتور انبوه و محلهای مشکل برای ایجاد تراکم را حل نموده است. این بتن علیرغم کارایی بسیار زیاد خطر جدایی سنگدانه ها و خمیر بتن را نداشته و ضمن ثابت بودن کارایی و اسلامپ تامدتی طولانی می تواند بتنی با مقاومت زیاد و دوام و پایاپی مناسب ایجاد کند. در طرح اختلاط این بتن باید نسبت های خاصی را رعایت نمود. به عنوان مثال شن حدود ۵۰ درصد حجم مواد جامد بتن را تشکیل داده و ماسه حدود ۴۰ درصد حجم ملات انتخاب می شود. نسبت آب به مواد ریزدانه و

پودری بر اساس خواص مواد ریز بین ۰/۹ تا ۱ می باشد. با روش آزمون و خطا نسبت دقیق آب به سیمان و مقدار ماده فوق روان کننده مخصوص برای مصالح مختلف تعیین می گردد. از این بتن با استفاده از افزودنی دیگری که گرانروی بتن را می افزاید در زیر آب استفاده شده است.

بتن های با عملکرد و دوام زیاد:

از آنجا که رسیدن به مقاومت بالا در بتن از اهداف دست اندرکاران کارهای بتنی در دو دهه اخیر بوده است، ابتدا این نوع بتن با مقاومت بیش از MPA50ساخته شد.با پایین آوردن نسبت آب به سیمان تا حد ۰/۳ رسیدن به چنین مقاومتهایی بسیار آسان است. برای ساخت بتن هایی با مقاومت بیشتر و در حد ۸۰~۱۱۰ Mpaو برای تقویت ناحیه فصل مشترک سنگدانه درشت و خمیر سیمان مواد سیلیسی فعال و غیر بلوری به نام دوده سیلیس به کار گرفته شد. همزمان سنگدانه هایی با مقاومت بیشتر و با دانه بندی مناسب تر و با کنترل حداکثر اندازه سنگدانه در این مخلوط ها به کار رفت.

از آنجا که در کاربرد این بتن گاه مقادیر بالایی سیمان و بیش از ۴۰۰ کیلوگرم (حتی تا ۵۰۰ کیلوگرم) مصرف می شد، علاوه بر گرانی این بتن، ترک هایی نیز حین ساخت به دلیل جمع شدگی پلاستیکی و ناشی از خشک شدن بیشتر این بتن ها و نیز ترک های حرارتی بوجود آمد. همچنین با افزایش این مقاومت تردی و شکنندگی بتن نیز افزایش یافت. چنین بتنی نمی توانست در شرایط محیطی سخت و محیطهای خورنده به علت وجود ترک های زیاد دوام قابل قبولی داشته باشد.

به منظور افزایش دوام حین افزایش مقاومت ضمن کاربرد دوده سیلیس و کم کردن آب و مصرف فوق روان کننده، مقدار سیمان کاهش یافته و در عوض مواد پوزولانی همچون دوده سیلیس، خاکستر بادی، سرباره کوره های آهن گدازی، خاکستر پوسته برنج و بالاخره پوزولان های طبیعی به صورت مواد ریزدانه جایگزین آن گردید. امروز شاهد ساخت بتن هایی با دوام که نفوذپذیری کمی دارند و در مقابل حملات شیمیایی کلرورها و سولفات ها و گاز کربنیک و بعضاً واکنش قلیایی پایدارتر می باشند، هستیم.

برای مصرف این بتن در سازه های بلند و رفع نقیصه شکنندگی در پاره ای موارد از الیاف های کوتاه استفاده شده تا بدین وسیله نرمی این بتن ها افزایش یابد. از مزایای عمده این بتن ها کاهش وزن ساختمان ها به علت کم کردن ابعاد ستون ها، صرفه جویی در میزان بتن و فولاد، کوتاه شدن دوران ساخت، تغییر شکل های وابسته به زمان کمتر و پایایی و داوم بشتر آنها می باشد.

به منظور کاستن وزن سازه های بتنی که با بتن با مقاومت زیاد ساخته می شوند چند سالی است که با مصرف بخشی از سنگدانه های سبک در آن، بتن های سبک تری تولید نموده اند. امروزه بتن هایی با وزن مخصوص ۲ تن بر متر مکعب و مقاومت های ۶۰~۸۰ mpaدر بعضی پروژه ها به کار رفته است. به علت دوام قابل قبولی که این بتن ها در آزمایشات متعدد از خود نشان داده اند مصرف آنها در چند سازه بتنی دریایی در محیط های خورنده در کشورهای نروژ، کانادا، ژاپن، آمریکا و استرالیا گزارش شده است.

در کشور ما نیز اخیراً با تولید دوده سیلیس در کارخانه های داخلی کاربرد این ماده در بتن آغاز گشته است. در چند پروژه در جنوب کشور که به علت داشتن آب و هوای گرم و محیطی خورنده برای بتن و نیز فولاد از سخت ترین شرایط محیطی برای بتن است، بتن با سیمان دارای حدود ۷ تا ۱۰ در صد میکرو سیلیس به عنوان جابگزین سیمان استفاده شده است. بایستی توجه داشت که به علت عدم آب انداختگی این بتن و واکنش های سریع و گرمای محیط خطر ایجاد ترک های پلاستیک در ساعات اولیه و سپس ترک های ناشی از خشک شدن و حرارتی در این بتن ها زیاد بوده و در صورت عدم کنترل و دقت و عمل آوری سریع و مناسب علیرغم مقاومت زیاد وجود ترک در این بتن ها سبب افزایش نفوذ پذیری آنها گشته و در نتیجه املاح و مواد خورنده به داخل بتن و خوردگی آرماتور خرابی بتن تشدید می گردد. در پاره ای از تونل های انتقال آب و نیز تونل سدها نیز از این ماده در طرح اختلاط بتن برای بتن پاشی پوشش استفاده شده است. پیوستگی خوب این بتن و کم شدن مصالح بازگشتی و مقاومت و دوام خوب از خصوصیات آن درپوشش تونل ها است. این ماده در لایه نهایی سرریز بعضی سدهای کشور نیز در حال استفاده و یا در آینده استفاده نخواهد شد. مصرف میکرو سیلیس در بتن سبب افزایش مقاومت سایشی و فرسایشی بتن می گردد.

بتن های با نرمی بالا:

امزوزه کار برد بتن با نرمی بالاتر که بتواند تغییر شکل های زیاد را بدون شکست تحمل نماید، مورد توجه قرار گرفته است. تحقیقات در خصوص تأمین نرمی لازم در بتن با الیاف های مختلف و حتی حذف آرماتور در حال انجام می باشد. هدف از کاربرد الیاف در بتن افزایش مقاومت کششی، کنترل گسترش ترک ها و افزایش طاقت بتن می باشد تا قطعه بتنی بتواند در مقابل بارهای وارده در یک مقطع ترک خورده تغییر شکل های زیادی را پس از نقطه حداکثر تنش تحمل نماید.

بتن با الیاف مختلف در سال های اخیر در سازه های عمده ای چون رو سازی راهها و فرودگاه ها، پی های عظیم با تغییر شکل های زیاد و به ویژه در پوشش بتنی تونل ها به کار رفته است. در ساخت پوشش تونل ها بتن الیافی با پاشیدن بر جداره شکل می پذیرد. اخیراً برای حذف ترک ها در پوشش تونل هایی که به صورت چند تکه پیش ساخته اجرا می شود از بتن بدون آرماتور و تنها الیاف استفاده شده و این نوع بتن سبب حذف ترک ها در حین عمل آوری و حمل و نقل قطعات و نصب آنها برای کامل کردن مقطع تونل های مترو شده است.

در نوع بسیار جدید بتن الیافی که می توان با آن به حداکثر نرمی در بتن رسید از روش ریختن دوغاب روی الیاف استفاده می شود . در این روش ابتدا الیاف ریخته شده و سپس فضای بین آنها با ملات دوغابی پر می شود. میزان الیاف در این بتن حدود ۱۰ در صد می باشد که حدود ۱۰ برابر میزان الیاف در بتن های الیافی متداول است. با این مصالح لایه های محافظی بدون ترک و تقریبا غیر قابل نفوذ می توان ایجاد نمود. به علت نرمی زیاد این قطعات ظرفیت تغییر شکل پذیری این قطعات به میزان ظرفیت دال های فولادی می رسد. مقاومت فشاری این نوع بتن حدود ۱۱۰-۸۵ مگا پاسکال و مقاومت خمشی حدود 35-45 N/mمی باشد.

از این قطعات می توان نه تنها به عنوان لایه های محافظ کوچک استفاده نمود بلکه در باندهای فرودگاه در برابر ضربات عملکرد خوبی نشان می دهند. در کارهای تعمیراتی دال ها می توان از آنها به عنوان لایه روی بتن قدیم و بدون درز و در زمان کوتاهی استفاده نمود.

آرماتورهای غیر فولادی در بتن:

در سال های اخیر استفاده محدودی از آرماتورهای غیر فلزی آغاز گشته است هر چند تحقیقات بر روی کاربرد وسیعتر آنها و عملکرد دراز مدت این نوع آرماتورها ادامه دارد این آرماتورها که معروف به آرماتورهای با الیاف پلاستیکی (FRP)هستند از الیاف مختلفی چون الیاف شیشه ای (GFRP)الیاف آرامیدی (Afrp)والیاف کربنی (CFRP)در یک رزین چسباننده تشکیل شده اند.

خاصیت عمده این آرماتورها که سبب کار برد آنها شده است مقاومت در برابر خوردگی آنهاست که می تواند در محیط های بسیار خورنده دوام دراز مدتی داشته باشند. علاوه بر این مقاومت بالا، مقاومت به خستگی بالا، ظرفیت بالای تغییر شکل ارتجاعی، مقاومت الکتریکی زیاد و هدایت مغناطیسی پایین و کم این مواد از مزایای آنها شمرده می شود. البته این مواد معایبی چون کرنش گسیختگی کم و شکننده بودن و خزش زیاد و تفاوت قابل ملاحظه ضریب انبساط حرارتی آنها در مقایسه با بتن را به همراه دارند.

اخیراً از الیاف مختلف شبکه هایی بافته شده و به صورت یک شبکه آرماتور در سطح بتن برای کنترل ترک و کم کردن عرض آن و همچنین در دیوارهای نمای بتنی ازآن استفاده می کنند. تحقیقات روی کاربرد صفحات الیافی به جای صفحات فولادی برای تقویت قطعات خمشی و تیرها و دال ها به ویژه در پل ها ادامه دارد. این صفحات با رزین های اپوکسی به نواحی کششی از خارج اتصال داده می شود. کاربرد صفحات با الیاف کربنی برای این تقویت بیشتر رایج گشته و در چندین پل در ژاپن و در بعضی کشورهای اروپایی از آن استفاده شده است.

تولید و اجرای بتن الیافی:

افزایش نسبت ظاهری (I/d)موجب تجمع و درگیری رشته‌های الیافی در یکدیگر می‌گردد. برای مخلوط یکنواخت نسبت ظاهری حداکثر به عدد ۱۰۰ محدود می‌شود.

چنانچه درصد حجمی الیاف از ۲ درصد افزایش یابد مشکلاتی در کیفیت بتن پدید می‌آید. الیاف فولادی موجب کاهش در اسلامپ بتن می‌شود.

تجربه نشان داده است که نسبت آب به سیمان ۰/۴ تا ۰/۶ و مقدار سیمان بین ۲۵۰ تا ۴۵۰ کیلوگرم در متر مکعب مناسب است.

یک درصد حجمی الیاف فولادی حدود ۷۸ می‌باشد و چنانچه بر اساس وزن مخصوص بتن محاسبه شود، این مقدار حدود ۳ درصد وزنی خواهد بود. در بتن الیافی به منظور خارج کردن هوا، کاهش آب، افزایش کارآیی و کنترل انقباض معمولاً مواد مضاف مناسبی را می‌توان مورد استفاده قرار داد. تجربه نشان داده است که ۲۵ تا ۳۵ درصد خاکستر آتشفشانی به جای سیمان تأثیر مناسبی در افزایش کارآیی و زمان گیرش خواهد داشت.

طبق توصیه ACI – 211 مراحل طرح اختلاط به شرح زیر خواهد بود:

اسلامپ متناسب با نوع کار و مقاومت مورد نیاز مشخص گردد (برای بتن حجیم ۲۵ تا ۵۰ میلیمتر و برای تیر و ستونها تا ۱۰۰ میلیمتر). برای افزایش اسلامپ بدون کاهش مقاومت از فوق روان‌کننده استفاده می‌شود-.

(19) –میلیمتر استفاده شود.

تعیین مقدار آب تابعی از اسلامپ، اندازه دانه‌ها و حباب‌های هوای لازم است. میزان حباب هوا به شرایط جوی مرتبط بوده وبرای مناطق یخبندان بیشتر توصیه می‌شود ولی موجب کاهش مقاومت می‌گردد-.

بتن الیافی باید حاوی ریزدانه بیشتری باشد.

با در نظر گرفتن رطوبت موجود در سنگدانه ها میزان آب مصرفی اصلاح می شود-.

برای اختلاط یکی از سه روش ذیل انتخاب می شود:

الف) ابتدا سنگدانه ها با الیاف بر روی تسمه نقاله ترکیب شده و به مخلوط کن هدایت می شوند، سپس بقیه مصالح بتن به مخلوط کن اضافه شده و نهایتاً آب افزوده می گردد.

ب) ابتدا سنگدانه های ریز و درشت در مخلوط کن، مخلوط می گردند و در حین اختلاط، الیاف اضافه و سپس سیمان و بعد آب افزوده می شود.

پ) سنگدانه ها به همراه از آب در مخلوط کن ترکیب، سپس الیاف افزوده می گردد و آنگاه سیمان و مابقی آب به ترتیب اضافه می شود.

توضیح اینکه چنانچه الیاف فولادی چسبی استفاده شود، الیاف در آخرین مرحله به بتن افزوده می‌گردد.

در اجرای بتن باید توجه داشت که چنانچه ویبراسیون داخلی کنترل نشده باشد موجب جدایی الیاف می گردد، لذا همواره ویبره خارجی توصیه می گردد. همچنین بتن الیافی به زمان بیشتری جهت ویبره نیاز دارد.

پرداخت سطح بتن الیافی بسیار مهم بوده و تأثیر بسزایی در کنترل ترکهای پلاستیک و خشک خواهد داشت. عمل آوردن و نگهداری بتن الیافی مشابه بتن معمولی است.

توجیه اقتصادی بتن الیافی:

باید اعتراف کرد که استفاده از بتن الیافی در همه موارد از بتن سنتی به صرفه تر نمی باشد. اما بر اساس برآورد هایی که توسط بعضی از متخصصین کشور انجام گرفته است، در جاهایی که سرعـــت اجرای بالا مدنظر است و یا نیاز به پاشـــــش بتن (شات کریت) روی سطوح ویژه ای است، استفاده از این نوع بتن توصیه می گردد. بتن الیافی خواص مناسبی همچون شکل‌پذیری بالا، مقاومت فوق‌العاده، قابلیت جذب انرژی و پایداری در برابر ترک خوردن را دارا می باشد که متناسب با آنها می توان موارد کاربرد فراوانی برای آن یافت. به طور مثال در ساخت کف سالن‌های صنعتی، می توان از این نوع بتن به جای بتن آرماتوری متداول سود جست این نوع بتن از بهترین مصالح مورد استفاده در ساخت بناهای مقاوم‌به‌ضربه، همچون سازه پناهگاه ها و انبارهای نگهداری مواد منفجره به شمار می رود و بنای شکل گرفته از بتن، قابلیت فوق العاده ای در جذب انرژی ضربه دارد. همچنین در ساخت باند فرودگاه ها به خوبی می توان از این نوع بتن کمک گرفت. موارد دیگری از به کارگیری این بتن، ساخت قطعات پیش ساخته ساختمانی همچون پانل های سایبان و یا پاشش بتن روی سطوح انحنادار همچون تونل ها می باشد. به‌کارگیری این بتن در بنای یک سازه علاوه بر موارد یاد شده از مزایایی همچون عایق بودن سازه در برابر صدا و سرعت بالای اجرا نیز برخوردار است

نخست آنکه هزینهٔ استفاده از یک تکنولوژی، کاملاً وابسته به سطحی از آن تکنولوژی است که نسبت به کسب و انتقال آن اقدام می شود. کشورهای پیشرفتهٔ جهان که تکنولوژی نوین خود را از سطوح اولیه تحقیقاتی کسب کرده اند، چون کاملاً بر تکنیک ها و دانش پایه ای آن واقف و مسلط هستند، متحمل هزینه های کمتری شده‌اند. آنها با تکیه بر همین آگاهی و اشراف، با بهبود فرایندها، قیمت نهایی را در طول زمان کاهش خواهند داد. اما اگر ما بخواهیم تمام این تکنولوژی را صرفاً در سطح یک محصول آماده، به کشور وارد کنیم، طبیعی است که متحمل هزینه های سنگینی خواهیم شد و محصول نهایی نیز به صرفه نخواهد بود.

دومین مسئله ای که باید در جهت ارزیابی اقتصادی یک تکنولوژی مورد توجه واقع شود، آن است که اکتساب و پرورش یک تکنولوژی از سطوح نخست تحقیقات، نیاز به یک سرمایه گذاری اولیه دارد. دستیابی به نحوه اجرای مناسب، تکنولوژی ساخت و آموزش و گسترش آن در جامعه، نیازمند صرف بودجه لازم توسط دست‌اندرکاران و خصوصاً دولت می باشد. این هزینه ها بعداً در طول عمر تکنولوژی و ارایهٔ محصول به بازار جبران خواهد شد و نهایتاً به سوددهی منجر می گردد. عدم پرداختن به تحقیق و توسعه و بهره گیری از تکنولوژی نوین، علاوه بر آن که نمی تواند پاسخگوی نیاز روز صنعت ساختمان باشد، در درازمدت، هزینه بسیار بالایی نیز به ما تحمیل می کند.

آخرین نکتهٔ مورد توجه آن است که سیاست گذاری اصولی برای ایجاد یک شبکهٔ کاری تکنولوژی جهت کارکرد مناسب و نیل به بهره وری اقتصادی، نقش حیاتی در اکتساب صحیح یک تکنولوژی دارد. عدم وجود

این سیاست ها باعث می گردد تا حتی اگر یک مجموعه یا کارخانه بخواهد خود به سمت فناوری نوین روی آورد، متحمل هزینهٔ مضاعف گزافی شود که از توان آن مجموعه خارج باشد. برای آنکه کارخانه ها و صنعتگران بتوانند به عنوان یک جزء شبکهٔ تکنولوژی در این مسیر گام بردارند، باید سایر نهادها و اجزای لازم نیز در شبکه حضور داشته و هماهنگ عمل کنند. ایجاد چنین شبکهٔ منسجم، جز به اهتمام سیاست‌گذاران و فرهنگ‌سازی میسر نخواهد بود.

نتیجه گیری :

با توجه به خواص بتن مسلح به الیاف فولادی که در این مقاله شرح آن گذشت ، بطور یقین می توان اذعان کرد ، همانطوریکه بتن آرمه ای و فولادی در اجرای طرحهای مهم ، تحول بزرگی را بوجود آورده است ، استفاده از بتن الیافی نیز می تواند تحول چشمگیری در کم و کیف سازه های در درست اجراء یا طرحهای آینده کشور داشته باشد .با اتکاءبر ظرفیت کرنش پذیری بتن الیافی در فشار می توان از میزان آرمارتورهای محصور کننده در نواحی فشار کاست.مقاومت فشاری در بتن های الیافی به گونه ای است که می توان از ارماتورهای برشی را حذف کرده.مصالح بتن الیافی بر خلاف بتن معمولی قادر به تحمل تنش های کششی قابل ملاحظه در بارهای کششی می باشد .مقاومت کششی بتن در صورت استفاده از الیاف بعد از ترک خوردن افزایش می یابد اما این افزایش نمی تواند با افزایشی که آرماتور بندی معمولی ایجاد می کند. در پایان امید است مختصصان ومهندسان امر در جاهاییکه استفاده از این بتن از لحاظ فنی واجرایی منطقی به نظر می رسد از این روش جدید پیروی نمایند زیرا هم به نحو چشمگیری باعث تقلیل هزینه ها اجرائی شده و هم در زمان کوتاهتری سازه ها به بهره برداری خواهند رسید .

# بتن پلیمری

قرن بیستم را به حق باید قرن پلیمر ها نیز دانست ، محصولات پلیمری از لحاظ حجمی در سال ۱۹۹۰ بر حجم محصولات آهنی فایق آمد و پیش بینی می شود که در قرن حاضر ، از لحاظ وزن نیز بالاتر رود . صنایع ساختمان بزرگترین مصرف کننده موادّ پلیمری ، ۲۵ تا ۳۰ درصد از کلّ پلیمر ها را مصرف می کند .

یکی از مواردی که در ساختمان به وفور استفاده می شود بتن است . این مادّه به دلیل هزینه پایین تولید ، راحتی استفاده و استحکام فشاری ، یکی از موادّ پرمصرف در سازه هاست ولی به دلیل نقایصی که دارد ( نقایصی چون : ۱ – تخریب یخ زدگی و ذوب ۲ – تخریب پذیری توسّط موادّ شیمیایی خورنده ۳ – استحکام کششی کم ۴- دیرپخت بودن و .... ) همزمان با تولید این مادّه ، ترکیب آن با فولاد ( مسلّح کردن بتن ) و ایجاد خاصیّت تاب خمشی مطرح شد و از همان موقع ، استفاده از موادّ و ترکیبات شیمیایی ، برای بهبود خواصّ آن مورد توجّه قرار گرفت . حاصل تحقیقیاتی که در این زمینه صورت گرفت این نتیجه را در بر داشت که جایگزینی مناسبی ، با موادّ پلیمری انجام شده است و با به کارگیری آنها به روش های مختلف ، خواصّ بتن ارتقا می یابد . ( این تحقیقات بیشتر در ژاپن ، آمریکا و روسیه انجام شده است ) . در این رابطه خانواده بتن های پلیمری ، بهترین خاصیّت ها را از خود نشان دادند . خواصّ این نوع بتن ، برتر از بتن های سیمانی بود و گاهی خواصّ منحصر به فردی از خود نشان می دهد . با توجّه به نیاز بیشتر به استحکام در سازه ها و برتری های این نوع بتن ، بتن پلیمری مورد علاقه دانشمندان واقع شد و با وجود آنکه مدّت زیادی از اختراع آن نمی گذرد و علیرغم قیمت بالایی نیز که داراست مورد استقبال روزافزون قرار گرفته است . بتن های پلیمری از حدود سال ۱۹۵۰ وارد بازار شده اند و پیش بینی می شود در طیّ دهه پیش رو ، مصرفشان ۱۰ برابر شود . کاربرد این نوع پلیمرها به دو شاخه استفاده جامد و استفاده غیر جامد تقسیم می شود . در حالت جامد محصولات پلیمری به جای فولاد جایگزین می شوند و بتن را مسلّح می کنند که در این حالت ، پلیمر به صورت رشته ، شبکه و یا میلگرد در بتن استفاده می شود . در حالت غیر جامد با تزریق پلیمر های پودری و مایع ، در دوام بتن بهبود حاصل می شود .

در کشور ما کار خاصّی روی بتن پلیمری صورت نگرفته است و هنوز در سطح یک موضوع تحقیقاتی برای دانشجویان
باقی مانده است ، موضوعی که منابع تحقیق آن نیز غالباً خارجی هستند .

بتن های پلیمری ( Polymer Concrete ) حالت جامد :

اکثر موادّ و مصالح طبیعی به دلیل ناپیوستگی های سطحی و ترکیباتی که در خود دارند ، دارای مقاومت لازم برای تحمّل تنش های زیاد نیستند و لازم است تا با موادّ دیگری مسلّح شوند . دانشمندان به دنبال موادّی هستند که در ضمن مسلّح کردن بتن ، دارای وزن کمتر ، مقاومت بیشتر در برابر عوامل جوّی ، رفتار بهتر در بارگذاری های متناوب باشد و بتواند مقاومت خود را در دماهای بالا مثل دمای کوره حفظ کند و .....از این قبیل.

یکی از مشهورترین این مصالح ، کامپوزیت های پلیمری می باشند . اوّلین باری که کامپوزیت ها در بنا استفاده شد در زمان جنگ جهانی دوّم بود . در آن زمان بر روی ساختمان هایی که باید رادار نصب می کردند ، استفاده از سازه های فلزّی و یا حتّی بتن آرمه ، مشکل ایجاد می کرد ، با مسلّح کردن بتن توسّط کامپوزیت

های بتنی ، این مشکل برطرف شد . همچنین در همان بحبوحه جنگ بعضی از قسمت های هواپیماهای جنگی را از پلی استرهایی که با رشته های شیشه تقویت شده بودند می ساختند .

در ساختمان های مسکونی از کامپوزیت هایی با فیبر شیشه ای یا پلی استر استفاده می شد . ( سازه کامپوزیتی GPR ) ، دو ساختمان استثنایی با سازه کامپوزیتی ساخته شده است که یکی سازه گنبدی شکل در بن غازی ( ۱۹۶۸ ) و دیگری سقف فرودگاه دبی ( ۱۹۷۲ ) است که تأثیر محسوسی بر استفاده از این نوع سازه ها داشته است .

اکثر این سازه ها دارای سازه اصلی بتن مسلّح بود و برای ساخت پانل ها از GPR (Glass Polymer Reinforced ) بهره می برد ، همانند سازه قوسی فضاکار زمین فوتبال شهر منچستر (۱۹۸۰ ) ، مهمّترین کاربردهای GPR به قرار زیر است :

۱- ساختمان هایی که تحت اثر خوردگی شدید هستند .

۲- سازه های پیشرفته رادارها .

۳- ساختمان هایی که کنترل کیفیّت آنها مهم است .

۴- ماهواره ها .

۵- آنتن های بزرگ .

مهمّ ترین دلایل افزایش استفاده از کامپوزیت ( Composite ) :

۱ – وزن کم ۲- قابلیّت ایجاد معماری های زیبا ۳- مقاومت در برابر شرایط جوّی ۴- خواصّ ضدّ خوردگی

۵ – وجود سازه هایی که در آنها نباید از فلز استفاده کرد .

امروزه بسیاری از پل های بتن آرمه به دلیل وجود کلر در آب دریا ، تخریب شده اند که بتن پلیمری این نقیصه را ندارد و خورده نمی شود ، محصولات پلیمری در حالت جامد بیشتر به صورت میلگرد و شبکه مورد استفاده قرار می گیرند .

انواع بتن های پلیمری ( حالت غیر جامد ) :

پیش از بیان انواع بتن های پلیمری لازم است با فرآیند پلیمریزاسیون بیشتر آشنا شویم :

پلیمریزه شدن : از اتّصال واحد های مونومر به یکدیگر ، رشته یا شبکه های مولکولی سطحی یا فضایی تشکیل می شود که دارای وزن مولکولی بالایی هستند و به آنها پلی مر می گویند ، این فرآیند را پلیمریزه شدن می گویند .

انواع بتن های پلیمری بدین قرارند :

۱- بتن های باردار شده توسّط پلیمر ( PIC ) : شامل بتن پورتلند پیش ریخته شده است که توسّط یک سیستم مونومری باردار گردیده است ( آماده واکنش است ) و متعاقباً در محلّ ، پلیمریزه می شود .

۲- بتن های پلیمر – سیمان (PCC) : شامل یک مونومر است که به مخلوط آبی بتن تازه افزوده می شود و متعاقباً در محلّ، پلیمریزه می شود .

۳- بتن های پلیمری (PC) : شامل یک سیستم مخلوط از سنگریزه ( Aggregate ) و پرکننده ( Filler) در مونومر می باشد که متعاقباً در محلّ ، پلیمریزه می شود .

۴- بتن های پلیمر – گوگرد (PSC ) : شامل یک سیستم مخلوط از بتن های گوگردی است که توسّط پلیمر ها اصلاح خواصّ پیدا کرده باشد .

نحوه تولید بتن پلیمری (حالت غیر جامد ) :

بتن های پلیمری از ۸۰ تا ۹۵ درصد پرکننده های معدنی و گاهی آلی تشکیل شده اند و حدود ۵ تا ۲۰ درصد بایندر پلیمری نیز

بتن را نگاه می دارد ( بایندر ( Binder ) به معنای پیوند دهنده یا متّصل کننده است و منظور همان محلول مونومر است که پس از فرآیند پلیمریزاسیون بتن را نگاه می دارد ) ، خواصّ بتن های پلیمری برتر از بتن های سیمانی است .

با انتخاب : الف ) بایندر مناسب ب) نوع و میزان مناسب پرکننده ج ) به کار بردن افزودنی های مناسب

می توان طیف وسیعی از بتن های پلیمری را با خواصّ فیزیکی ، مکانیکی ، دینامیکی ، الکتریکی ، حرارتی ، شیمیایی ، تزئینی و ... تهیّه کرد . در صورتیکه این طیف وسیع برای بتن های سیمانی وجود ندارد . از مجموعه موادّ رایج به عنوان بایندر پلیمری سه نوع رایج ترند که عبارتند از : ۱ –اپوکسی ( Epoxy ) ۲- پلی استر ۳ – پلی یورتان

از پرکننده های رایج نیز دو نوع رایج ترند که عبارتند از : ۱ – سیلیس (Silica) ۲- کربنات کلسیم

بر اساس آزمایش هایی از نوع برزیلی ، نتایج زیر حاصل شد :

۱ – نمونه های بتن پلیمری با بایندر اپوکسی و پلی استر ، استحکاک بالاتری دارند .

۲- نمونه های  بتن پلیمری با بایندر پلی یورتان ، ازدیاد طول بسیار زیادی دارند . (  تعریف اپوکسی و .... در همین مقاله گفته خواهد شد . )

بایندر های پلیمری ۹۰٪ کلّ قیمت بتن را شامل می شوند . با وجود این ، قیمت بتن های پلیمری ، بسیار کمتر از
پلاستیک هاست . انتخاب مناسب بایندر و پر کننده مناسب ، می تواند سبب هر یک از حالات زیر شود :

۱ – بتن هایی با دی الکتریک بالا  ۲ – برعکس بتن هایی با هدایت الکتریکی بالا  ۳ – قطعاتی مناسب برای ایجاد خلاء و ..

تغییر خواصّ بتن پلیمری بر حسب تغییر پرکننده ها :

پرکننده ها از دو دسته تشکیل می شوند : ۱- جزء زبر ( دانه بندی درشت )  ۲- جزء نرم ( دانه بندی ریز )

پرکننده های سبک وزن شامل  سه دسته سنگ های رسی سبک ، پرلیت و سنگ پا ( Pumice ) می شوند و پر کننده های سنگین شامل ۴ دسته قطیر ، هماتیت ، ایلمنیت ، باریت می شوند .

از این موادّ برای تولید بتن های پلیمری با وزن مخصوص بین ۶۴۰ تا ۵۲۰۰ کیلوگرم بر متر مکعّب می توان استفاده کرد . پرکننده های بسیار نرم برای کاهش حجم خالی بتن به کار برده می شود . مانند پودر سیلیس ، کربنات کلسیم ، خاکستر ، کائولین . میکا تالک ،تری هیدرات آلومینا ، سولفات کلسیم و سیمان پورتلند . پر کننده ها می توانند سبک باشند مانند

دانه های شیشه ای سوراخ دار ، سرامیک یا گلوله های پلاستیک .

با استفاده از پرکننده های هادی مثل کربن یا پودرهای فلزّی ، می توان بتن را از نظر الکتریکی رساناتر کرد ، افزودنی هایی مثل فیبرهای شیشه ای ،آلی و فلزّی برای اصلاح استحکام ضربه ای ، خمشی و همچنین برای کاهش پدیده انقباض ناشی از پخت به کار می رود . عوامل تر کننده باعث کاهش سطحی زیرین مایع و سهولت ترشدگی سطوح پرکننده می شود . جهت تأمین رنگ و همچنین گاهی اوقات به منظور پایداری در مقابل نور از رنگدانه ها استفاده می شود .

با افزودن لاتکس های  SBR  و اپوکسی به بتن معمولی به عنوان بتن سیمان پرتلند ، پلی مری استفاده شده است که باعث بهبود خواصّ مهندسی و پایایی بتن می شود و همچنین با افزودن رزین های پلی اسراسیترن و اپکسی به مصالح سنگی به عنوان بتن پلیمری که در مورد رزین پلی اسراسیترن، خواصّ مهندسی و پایایی بتن به طور چشمگیری بهبود می یابد .

آشنایی با انواع بایندرها :

رزین ( Resin ) : به مادّه آلی جامد یا نیمه جامد یا شبه جامدی گفته می شود که اغلب دارای وزن مولکولی نامشخّص امّا بالایی بوده و وقتی در معرض تنش قرار می گیرد تمایل به جریان دارد .

اپوکسی : اپوکسی نوعی رزین است ، این نوع رزین دارای قطعاتی گرم و نرم است که با گرما آب می شوند .

رزین های اپوکسی : نوع مایع آن از چسبندگی خوبی به الیاف شیشه برخوردارند .

لاتکس : شیر آب محتوی مونومر که برای تولید پلی مر استفاده می شود . ( SBR )

خواصّ رزین های اپوکسی :

۱- مقاومت در برابر خوردگی (Corrosion ) بسیار زیاد . ۲- زمان پخت کم . ۳- زمان کم برای رسیدن به استحکام ساختمانی . ۴ –چسبندگی خیلی خوب به سطوح فلزّی . ۵- مقاومت سایشی ( Abrasion Resistance ) بالا. ۶ – استحکام مکانیکی بالا . ۷ – مقاومت در برابر موادّ شیمیایی مخرّب .

۸ – چروکیدگی ( Shrinkage ) کم در حین پخت . ۹- عدم تولید محصولات فرّار جانبی در واکنش پخته شدن .

۱۰ – حفظ خواصّ و سازگاری حرارتی با فولاد در محدوده دمایی ۳۰ تا ۷۰ درجه سانتیگراد .

رزین اپوکسی مایعی است بی رنگ ، متمایل به زرد ، فرّار و سمّی که در دمای اتاق بخار می شود .

روشی برای تقویّت بتن های معمولی :

در بتن های پلیمری از تکنیک آغشته سازی بتن با پلیمر استفاده می شود . در این روش ، یک سیستم مونومری به داخل بتن سخت شده نفوذ می کند و پس از پلیمریزاسیون موجب انسداد مجاری و حفره های درون بدنه و اتّصال بیشتر اجزاء متشکّله و ارتقای بسیاری از خواصّ بتن خواهد شد . در این روش از مونومر های متیل متا کریلات و استایرن استفاده می شود . روش کار بدین ترتیب است که نمونه های بتن را خشک و تمیز نموده و سپس خنک می کنیم . بعد بتن را با سیستم مونومری آغشته می کنیم و پس از انجام پلیمریزاسیون کاتالیتی حرارتی ، بتن پلیمری آماده است . این بتن ، مقاومت فشاری و نفوذناپذیری اش افزایش پیدا کرده است .

مزایای بتن های پلیمری :

۱ – استحکام ۲- کرنش های فشاری ، خمشی ، کششی (چندین برابر ) ۳ – میرایی ۴ –عمر سرویس

۵ – مقاومت سایش و ضربه ای ۶ – مقاومت در برابر تغییرات جوّی ۷- مقاومت در برابر عوامل شیمیایی

۸ – مقاومت در برابر عوامل مخرّب محیطی ۹- مقاومت در برابر عوامل مخرّب صنعتی ۱۰- جذب آب کمتر

۱۱ – افت کمتر خواص ۱۲ – خواصّ فیزیکی و مکانیکی بهتر ۱۳ - دارای خواصّ تزئینی

| | |
|---|---|
| خاصّیت بتن پلیمری با بایندر اپوکسی و پلی استر | افزایش یا کاهش خاصّیّت نسبت به بتن سیمانی |
| استحکام فشاری | پنج و سه دهم برابر افزایش می یابد |
| استحکام کششی | پنج و هشت دهم برابر افزایش می یابد |
| استحکام خمشی | چهار برابر افزایش می یابد |
| کرنش فشاری | پنج و دو دهم برابر افزایش می یابد |
| کرنش خمشی | ده ها برابر افزایش می یابد |
| جذب آب | ۱۰ تا ۶۰ برابر کاهش می یابد |

جدول بالا به خوبی می تواند مزایای بتن پلیمری با بایندر اپوکسی و پلیستر را نسبت به بتن سیمانی نشان دهد ، علاوه بر این بتن پلیمری پلی یورتان دارای ازدیاد طول منحصر بفردی است . بتن های پلیمری در برابر شستشوی دائم مقاومند و فراورش و اجرای آسانی دارند .

موارد مصرف بتن های پلیمری :

۱ – روکش پل ها و جادّه ها ۲ – تعمیرکاریها ۳- سازه ساختمان هایی که در معرض خوردگی هستند .

۴ – پوشش دهی کف ساختمان های صنعتی ، ورزشی و ... ( مثلاً پلی یورتان با ازدیاد طول منحصر به فرد ، برای پوشش کف های مقاوم در برابر سر خوردن مناسب است . ) ۵- تولید پانل های مصنوعی و تزئینی در فضاهای مسکونی و اداری ( مثل سنگ مرمر مصنوعی ، انیکس پلیمری ، گرانیت مصنوعی ) ۶- درزگیر بتن ها ۷- ساخت سازه های زیرزمینی مثل فاضلاب های صنعتی ( مقاوم در برابر خوردگی ) ۸– ساخت آبشخورهای مورد نیاز در دامداری ها ( در مقابل موادّ آمونیاکی مقاوم و نسبت به محصولات سرامیکی ارزان ترند .) ۹ – ساخت مجسّمه ها ، گلدان های تزئینی و سایر اشکال آرشیتکتی مشابه سنگ ۱۰ – ساخت مخازن نگهداری موادّ شیمیایی ۱۱ – سازه محیط های دریایی

۱۲ – ساخت سازه های زیر آب ۱۳- ساخت سر ریز های سد ۱۴ – دیواره آب بند سدها ۱۵ – دیواره تونل ها

۱۶ – بازسازی و سرعت در تعمیر ( برای سازه های بتنی و مخصوصاً سازه هایی که در شرایط خاص، مثلاًزیر آب قرار دارند . ) بتن معمولی همواره با مشکل خوردگی توسّط عوامل اکسیدکننده گازی و مایع روبرو است و دلیل آن مقاومت کم در برابر عوامل خورنده شیمیایی است . با جایگزینی کامل حامل آبی در بتن توسّط حامل پلیمری ، ترکیبی به دست می آید که دارای مقاومتی بالا در برابر عوامل خورنده شیمیایی ، بدون نیاز به حفاظت های شیمیایی است .

بتن پلیمری زمان کمی برای پخت و جذب آب نیاز داشته و نفوذپذیری کمی دارد . نحوه اختلاط این نوع بتن و لوازم مورد نیاز آن مانند بتن معمولی است و به سهولت قالب ریزی می شود . مجموعه این مزایا و آنچه قبلاً گفته شد سبب کاربردهای گوناگون و روزافزون این بتن ، علیرغم قیمت بالای آن شده است . باید در اینجا به استفاده خاصّ و اجباری از بتن پلیمری در شرایط غیر متعارف اشاره کنیم ، مثلاً در جاهایی که بتن در معرض موادّ شیمیایی قرار دارد و ممکن است پدیده کاوتیاسون رخ دهد یا در مکان هایی که ممکن است بتن دائماً در معرض کلر باشد و .....

انواع پلیمرهایی که برای مصارف بالا استفاده می شوند عبارتند از :

۱- اپوکتیک ها ۲- فورانها ( Furan ) ۳ – اکرلیک ها ۴ – پلیسترهای غیر اشباع ۵- وینیل استرها

انتخاب پلیمر مصرفی بر حسب مورد مصرف ( کارایی ) و قیمت آن انتخاب می شود.

استفاده از بتن های پلیمری در قطعات پیش ساخته و نماهای ساختمانی:

یکی از موارد استفاده از بتن های پلیمری ، تولید قطعات پیش ساخته و نماهای ساختمانی است که البتّه این قطعات ، معایب سنگ های طبیعی را ندارند ، سنگ های طبیعی که در صنعت ساختمان مورد استفاده قرار می گیرند اغلب دارای معایبی هستند که بعضی از آنها این چنین اند :

۱ – سنگ های طبیعی چگالی بالایی دارند . ۲- در اثر عوامل جوّی و موادّ شیمیایی تخریب پذیرند .

۳ – نفوذ پذیری و جذب آب بالایی دارند . ۴ –تهیّه آنها در ضخامت کم به دلیل شکنندگی بالایی که دارند ممکن نیست . ۵ – حمل و نقل آنها سخت است . ۶ – عایق صوت و حرارت نیستند .

بتن های پلیمری چگالی پایین ، خواصّ فیزیکی و مکانیکی سطح بالا را دارا هستند و امکان اعمال طرح های تزئینی متنوّع در آنها وجود دارد و جایگزینی مناسب برای سنگ های تزئینی و نماهای خارجی رایج خواهند بود. (مرمر ، گرانیت انیکس و .. )

با انتخاب موادّ اوّلیّه خاصّ برای تولید این نوع بتن تزئینی و فراورش مناسب ، سنگ نمای مصنوعی سبکی تولید خواهد شد که معایب سنگ های تزئینی طبیعی را نداشته و دارای خواصّ و برتری های ذیل می باشد :

۱ – چگالی ۱/۳ گرم بر سانتی متر مکعّب . ۲ – درصد جذب آب ۱۹٪ (یک شصتم بتن سبک و یک سی ام بتن معمولی )

۳ – قدرت چسبندگی بیشتر بر روی بتن سیمانی ۴ – مقاومت در برابر ضربه . ۵ –سازگاری حرارتی بسیار خوب در محدوده دمایی ۳۰ تا ۷۰ درجه سانتیگراد ۶ - مقاومت بسیار عالی در برابر شرایط محیطی شیمیایی ۷ – استحکام فشاری ، خمشی و کششی بالاتر . ۸ –تنوّع رنگ بسیار زیاد .

نکته جالب این است که با وجود تمام محاسنی که ذکر شد ، این نوع تولیدات ، قیمت کمتری نسبت به سنگ های طبیعی دارند .

کاربرد بتن های پلیمری به عنوان صفحات ضدّ گلوله :

برای تولید صفحات ضدّ گلوله در صورتی که وزن و حجم ، عوامل محدود کننده ای نباشند ، بتن سیمانی در تهیّه و ساخت موانع ضدّگلوله به کار می رود . در صورتی که به جای سیمان از رزین پلیمری ، به عنوان حامل در ترکیب بتن استفاده شود ، مقاومت مکانیکی بتن افزایش چشمگیری می یابد و سرعت گیرش و پخت سازه مورد نظر به صورت محسوسی بالا می رود .

در این ترکیب پلیمری که شامل ۱۲ درصد رزین است ، ۳ درصد تقویت کننده شامل پودر و لاستیک الیاف کوتاه شیشه ، ایجاد خواهد شد ، این صفحه ضدّ گلوله ، برای ساخت هدفی با حدّ اقل ضخامت ۵ تا ۶ سانتی متر به کار می رود و می تواند گلوله ای با انرژی معادل ۲۴۰۰ ژول را مهار کند و کمترین خسارات را متحمّل شود .

کاربرد بتن های پلیمری سبک در ساخت تابلوهای ایمنی راه :

با توجّه به گسترش جادّه ها و ازدیاد مسافرت ها ، نیاز به علایم رانندگی هر روز بیش از پیش احساس می شود . این علایم عمودی و افقی هستند و نوع قائم آن از پایه و سر تابلو تشکیل شده است و عموماً از جنس فلز ساخته می شود ؛ با توجّه به اینکه مصرف این تابلوها در کشور بسیار زیاد است و فلزّ به کار رفته در آن ورقی و وارداتی و ارزبر است و از طرف دیگر منابع فراوان تولید بتن و سیمان در کشور وجود دارد ، مسئولین بر آن شدند تا از بتن سبک در تولید علائم ایمنی شهری بهره برداری کنند . این تابلو ها باید به گونه ای

باشند که اوّلاً در برابر عوامل جوّی و یخبندان مقاوم باشند ، ثانیاً از نظر اقتصادی ، مقرون به صرفه باشند و ثالثاً دارای سطحی صاف و بدون خلل و فرج باشند تا بتوان شبرنگ ها را بر روی آنها چسباند . از این رو در

حال حاضر به دستور سازمان مدیریّت و برنامه ریزی ، محقّقین در حال تحقیق در زمینه استفاده از بتن های پلیمری برای تولید پایه و سر تابلوهایی هستند که خاصیّت های مذکور را دارا باشند ، چنانچه بتوان به این مهم دست یافت ، حدود ۳۰ الی ۵۰ درصد کاهش هزینه نسبت به علایم فلزی خواهیم داشت و به عبارتی سالیانه حدود چندصد میلیون تومان کاهش هزینه خواهیم داشت .

نتیجه گیری :

با توجّه به آشنایی مختصری که در این مقاله نسبت به بتن پلیمری به دست آمد ، می توان پیش بینی کرد که در آینده از بتن پلیمری به صورت عمده ، هم در داخل ساختمان به عنوان تحمّل کننده بار و هم در خارج از ساختمان به عنوان نما استفاده خواهد شد ، بدون شک آنچه که باعث افزایش استفاده از بتن پلیمری شده است ، قابلیّت تغییر در خواصّ آن با تغییر دادن نوع و درصد پرکننده ها و بایندر های پلیمری است .

امید است دانشمندان و دانش پژوهان ایرانی از عرصه تحقیقاتی وارد عرصه ازمایشگاهی شوند تا بدین ترتیب صنعت ساختمان کشور بهبود فن آوری یابد

## منابع وماخذ


- ترمیم و تقویت سازه های مسلح با الیاف پلیمری مرکب نوشته ی علیرضا رهایی و آرش زمردیان
- وبسایت Wikipedia
- وبسایت FABIR
- وبلاگ خانه ی عمران