

بررسی بتن های نوین در صنعت ساختمانی

دکتر داوود پوریان ،امیر عظیمی

دانشگاه آزاد اسلامی واحد صفادشت – گروه عمران

چکیده :

امروزه با پیشرفت علوم در تمام زمینه ها شاهد آن هستیم که در حوزه ی عمران و صنعت ساختمانی نیز مهندسان به پیشرفت های چشمگیری دست یافته اند از جمله این پیشرفت ها می توان به پیشرفت در مورد مصالح ساختمانی اشاره کرد مانند بتن که به عنوان یکی از مهمترین و اصلی ترین مصالح در صنعت ساختمانی به شمار می رود . بتن ها دارای نقاط ضعفی می باشند که همواره باعث شده تا مهندسان به دنبال راهی برای برطرف کردن این نقاط ضعف در بتن باشند. که بتوانند از این مصالح مهم و پر کار برد بیشترین استفاده را ببرند که بتن بتواند بیشترین کارایی را در همه ی ابعاد ساختمانی از خود نشان دهد . در این تحقیق به بررسی و معرفی برخی از مهمترین بتن های نوین از جمله بتن های الیافی و بتن های خود تراکم و بتن عبور دهنده نور که هر کدام دارای ویژگی های خاصی می باشند که در صنعت ساختمانی بسته به نوع و کاربری ساختمان و انتظارات ما از آن ساختمان استفاده می شوند .

مقدمه :

بتن به عنوان یک ماده ی پرکاربرد و مهم در صنعت ساختمانی نیازمند انعطاف پذیری بیشتری نسبت به کاربردهای ساختمان دارد مثلا سرعت در اجرا یا مقاومت در برابر کشش توسط بتن که بتن الیافی این ویژگی را ایجاد می نماید . و یا در مکانی که به علت ازدیاد آرماتور و یا عدم استفاده از ویبره نمی توان از بتن های معمولی استفاده نمود از ویژگی خود تراکمی بتن خودمتراکم استفاده می شود که نیاز به ویبره کردن ندارد و یا در یک بنای بتنی که نیازمند زیبایی و هنری بودن سازه هستیم از بتن لایتراکان یا همان عبوردهنده ی نور می توان استفاده نمود .

بتن الیافی :

تکنولوژی بتن الیافی نمونه دیگری از کاربرد کامپوزیت ها به عنوان یک فن آوری نوین در صنعت ساخت و ساز می باشد. بدین منظور مطلب حاضر سعی در معرفی این تکنولوژی خواهد داشت . با بکارگیری الیاف تقویت کننده داخل مخلوط بتن، مقاومت کششی و فشاری آن، فوق العاده افزایش می یابد. الیاف این نوع بتن از مواد الاستیک و بسیار مقاوم ساخته شده است.

یکپارچگی و پیوستگی مناسبی داشته و امکان استفاده از بتن به عنوان یک ماده شکل پذیر جهت تولید سطوح مقاوم پړانحنا 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

در این نوع بتن از الیاف هایی از جنس فولاد که می تواند جایگزین آرماتورهای کششی در بتن شود و یا الیاف هایی از جنس شیشه استفاده می گردد. برای اضافه کردن الیاف به بتن باید توجه داشت که الیاف باید به صورت خشک و در حین میکس کردن مخلوط بتن به بتن افزوده شود . این امر موجب می شود تا به راحتی در کارگاه های ساختمانی نیز از بتن الیافی استفاده شود

از جمله مزیت هایی که برای این نوع بتن می توان نام برد : مقاومت در برابر تنش های خستگی .مقاومت در برابر ضربه قابلیت کششی و تغییر شکل زیاد نسبت به بتن های معمولی . قابلیت باربری بعد از ترک خوردن .جذب انرژی بیشتر نسبت به بتن معمولی



یکی از کاربردهای مهم بتن الیافی در عرشه های پل می باشد که در فصل سرما برای ذوب کردن یخ روی پل ها از نمک پاشی استفاده می شود و نمک ها باعث از بین رفتن بتن پل می شود اما با استفاده از بتن الیافی که در آن الیاف باعث بسته نگه داشتن ترک های داخلی بتن شده و نمی گذارد نمک به داخل بتن نفوذ کند. از این بتن برای تعمیر آب روهای خروجی و حوضچه های آرامش و سرریز ها به دلیل مقاومت خوب آن استفاده میشود.

از جمله موارد مصرف دیگر بتن الیافی در ساخت کف سالن های صنعتی و باند فرودگاه ها می توان اشاره نمود .

بررسی برخی از خواص فیزیکی بتن الیافی :

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 بتنی 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 بتن آرمه را در مقابل گسیختگی ناگهانی در ناحیه کششی تقویت می کند . این مزیت عمده الیاف فولادی در افزایش مقاومت برشی بتن است که باعث می شود از کاربرد خاموت بعنوان آرماتور برشی صرف نظر گردد.

مقاومت پیچشی :

مقاومت پیچشی بتن الیافی ۲ برابر بتن خالص می باشد.

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 .

قابلیت هدایت حرارتی :

الیاف فولادی ضریب هدایت حرارتی بتن را ۲۵ تا ۵۰ درصدافزایش می دهند. همچنین این الیاف باعث افزایش مقاومت بتن در تغییرات ناگهانی و زیاد درجه حرارت می شود.

آیا روی آوردن به تکنولوژی بتن الیافی در مقایسه با بتن های سنتی متداول، صرفه اقتصادی دارد؟

بر اساس برآوردهایی که توسط بعضی متخصصین کشور انجام گرفته است، در جاهایی که سرعت اجرای بالا مد نظر است و یا نیاز به پاشش بتن (شات کریت) روی سطوحی است که شبکه بندی های سنتی مشکل و زمان بر بوده یا جوابگوی کار نیست، هزینه استفاده از بتن الیافی نسبت به مشابه سنتی خود کمتر می باشد.

این مزیت ها، علاوه بر مزیت سادگی و سرعت عمل بالاتر موجود در تکنولوژی بتن الیافی است.

جدول مقایسه ی بتن دارای الیاف با بتن دارای آرماتور حرارتی :

الیاف پلی پروپیلن	آرماتور حرارتی
جلوگیری از ترک خوردگی	در صورت نصب مناسب میتواند مؤثر باشد.
جلوگیری از آب انداختگی و کمک به هیدراتاسیون	بی تأثیر
کاهش نفوذپذیری	بی تأثیر
پخش آسان در مخلوط بتن	نیاز به زمان اضافی برای نصب و نیروی کار بیشتر
عدم زنگ زدگی و خوردگی	امکان زنگ زدگی
افزایش مقاومت ضربه ای	بی تأثیر
افزایش مقاومت سایشی	بی تأثیر

بتن خود متراکم :

بتن خود تراکم بتنی است که تحت اثر وزن خود جاری شده و بدون نیاز به هر نوع ویبره ای به طور کامل قالب ها را پر می کند سیال و روان است (حتی با وجود میلگردهای متراکم) و حالت همگن بودن خود را حفظ نماید. در این نوع بتن بسیاری از مشکلات بتن معمولی نظیر جدا شدگی ، آب انداختن ، جذب آب ، نفوذپذیری و غیره وجود ندارد. بتن خود تراکم در طرح اختلاط و ساختارش تفاوت عمده ای با بتن معمولی ندارد . البته مواد خاصی جهت نیل به مشخصات ویژه این بتن در تولید آن مورد مصرف قرار می گیرد. این مواد عمدتاً شامل فوق روان کننده ها، مواد مضاف پوزولانی و فیلرها (پودر سنگ با قطر دانه های ریزتر از ۱۲۵ میکرون) می باشند

این بتن می تواند برای ساخت هر نوع سازه با ویژگیهای مطلوب دوام ، مقاومت و ... به کار رود . به لحاظ مقاومت فشاری ، کششی ، مدول الاستیسیته و ... با بتن های معمولی فرق نمی کند و تمامی پارامترها و فرمول های طراحی بتن معمولی اینجا نیز کاربرد دارد . بدلیل استفاده از مقادیر زیاد مواد پودری ، انقباض خمیری و خزش بیشتری را نسبت به بتن معمولی انتظار داریم لذا سرعت در شروع عملیات عمل آوری در بتن خود تراکم یک امر ضروری است . جهت بررسی خواص بتن تازه مهمترین فاکتور مطرح، روانی بتن می باشد که عموماً بوسیله آزمایش اسلامپ سنجیده می شود ولی در مورد بتن خود تراکم باید فاکتورهای بیشتری مورد بررسی قرار گیرد تا از توانایی بتن ساخته شده جهت تراکم خودکار اطمینان حاصل شود از جمله این موارد : روانی . توان عبور . مقاومت رد برابر جداسدگی سنگدانه ها . لزجت

روانی در بتن خود متراکم : به قابلیت جریان یابی روان و آسان بتن تازه وقتی مانعی بر سر راه آن نباشد، روانی گویند این ویژگی با آزمایش جریان اسلامپ سنجیده می شود.

توان عبور: به توانایی بتن خود تراکم در جاری شدن و عبور از بین فضای کوچک شبکه آرماتور بدون توقف یا جدا شدگی توان عبور گویند. این ویژگی با آزمایش جعبه L سنجیده می شود .

مقاومت در برابر جدا شدگی : به توانایی بتن خود تراکم برای یکنواخت و همگن ماندن، طی مراحل حمل و بتن ریزی گویند .مقاومت در برابر جدا شدگی به وسیله آزمایش پایایی الک سنجیده می شود .

لزجت (ویسکوزیته) : به خاصیتی که باعث مقاومت در برابر جاری شدن سریع بتن می گردد گویند . بتن دارای لزجت پایین به سرعت جریان می یابد و توقف می کند ولی بتن با لزجت زیاد مدت زمان بیشتری حرکت می کند تا متوقف شود .این ویژگی بوسیله آزمایش قیف سنجیده می شود .

مزیت های استفاده از بتن خود متراکم :

اطمینان از تراکم بخصوص در مقاطعی که کاربرد لرزاننده دشوار است .جاگیری آسانتر در قالب و سطح تمام شده بهتر و کاهش نیروی انسانی و اجرای سریعتر خصوصاً در مورد مقاطع دیوار و ستون و آزادی عمل بیشتر در طراحی (امکان ایجاد مقاطع نازک تر) و کاهش آلودگی صوتی ناشی از عملیات ویبره

کارایی بتن خود متراکم :از نظر کارایی یک بتن خود تراکم مناسب دارای خواصی می باشد از جمله : در حالت معمولی دارای جریان اسلامی بیش از ۶۰۰ میلی متر و بدون جداشدگی ، حفظ روانی به مدت حداقل ۹۰ دقیقه

توانایی مقاومت در شیب ۳٪ در سطح افقی آزاد ، قابلیت پمپ شدن در لوله ها بطول حداقل ۱۰۰ متر و به مدت ۹۰ دقیقه و مقاومت فشاری ۲۸ روزه حدود ۲۵۰-۶۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع ، مقاومت در مقابل خوردگی تهاجم سولفات ها و کلریدها و انجماد و ذوب مطابق استاندارد ، کاهش خطر ترکهای حرارتی در مقایسه با بتن معمولی لرزانده شده

جدول ۱- مقایسه هزینه مصالح بتن خود تراکم و بتن معمولی (با مقاومت حدود $40MPa$)

مصارف	بتن معمولی مقدار	بتن خود تراکم مقدار	قیمت / تن (روپیه)	تفاوت هزینه (روپیه)
سیمان (kg)	۳۹۵	۳۰۰	۳۰۰۰	-۲۸۵
خاکستر بادی (kg)	۱۳۰	۱۷۰	۱۵۰۰	+۶۰
سنگدانه (۲۰mm) (kg)	۶۳۹	۸۴۲	۳۷۰	+۷۵/۱۱
سنگدانه (۱۰mm) (kg)	۴۶۲	۰	۳۷۰	-۱۷۰/۹۴
ماسه شکسته (kg)	۰	۲۳۵	۸۵۰	+۱۹۹/۷۵
ماسه معمولی (kg)	۶۶۰	۷۴۵	۹۰۰	+۷۶/۵
ماده افزودنی (PCE) (lit)	-	۴/۲۳	۱۴۰	+۵۹۲/۲
ماده افزودنی (VMA) (lit)	-	۱/۴۱	۴۰	+۵۶/۴
ماده افزودنی (SNF) (lit)	۵/۲۵	-	۳۳	-۱۷۳/۲۵
کل تفاوت قیمت				+۴۳۰/۷۷
در صد افزایش هزینه				٪۱۶/۸

جدول ۲- مقایسه هزینه تولید و اجرای بتن خود تراکم و بتن معمولی

هزینه (مترمکعب)	بتن معمولی		بتن خود تراکم	
	تعداد کارگر	هزینه (پوند)	تعداد کارگر	هزینه (پوند)
بتن		۳۶/۹۰		۳۸/۵۳
مواد افزودنی		۳/۵۳		۸/۳۸
قالب و مونتاز	۲	۵/۰۴	۲	۵/۰۴
قالب گیری و تراکم	۴	۸/۴۰	۱	۳/۰۳
قالب برداری	۲	۷/۵۶	۲	۵/۰۴
پرداخت	۴	۱۸/۴۸	-	۰/۰۰
تعمیر و نگهداری و بهره ها		۱/۰۰		۰/۰۰
قیمت کل		۸۰/۹۱		۶۰/۰۲
درصد کاهش هزینه	٪۳۴/۸			

جدول ۳- طرح اختلاط SCC

مقدار	واحد	
۳۰/۵	درصد	نسبت آب به مصالح سیمانی
۲۰/۰	درصد	نسبت Fly Ash به مصالح سیمانی
۱۷۵	کیلو گرم در متر مکعب	آب
۴۵۷	کیلو گرم در متر مکعب	سیمان
۱۱۸	کیلو گرم در متر مکعب	Fly Ash
۸۴۰	کیلو گرم در متر مکعب	ماسه
۷۴۴	کیلو گرم در متر مکعب	شن
۱/۰	درصد	روان کننده

بتن عبوردهنده نور :

این متریال در سال ۲۰۰۱ توسط یک معمار مجارستانی اختراع شد و به ثبت رسید. این مخترع در سال ۲۰۰۴ شرکت خود را با نام لایتراکان تاسیس کرد و با توجه به نیاز و تمایل جامعه امروز به استفاده از مصالح جدید ساختمانی، از سال ۲۰۰۶ شرکت های بزرگ صنعتی به استفاده از این متریال روی آوردند.

بتن عبور دهنده نور، امروزه به عنوان یک متریال ساختمانی جدید با قابلیت استفاده بالا مطرح است. این متریال ترکیبی از فیبرهای نوری و ذرات بتن است و می تواند به عنوان بلوک ها و یا پانل های پیش ساخته ساختمانی مورد استفاده قرار گیرد. فیبر ها بخاطر اندازه کوچکشان با بتن مخلوط شده و ترکیبی از یک متریال دانه بندی شده را تشکیل می دهند.

هزاران فیبر نوری شیشه مانند، ماتریسی را بین سطوح اصلی هر قطعه به موازات یکدیگر تشکیل می دهند و سایه های طرف روشن در طرف تاریک قابل رویت می باشند.

از این نوع بتن می توان در ساخت دیوار ها . پوشش کف . طراحی داخلی و هنر استفاده کرد

کاربرد فیبرهای نوری در این نوع بتن :

هر گاه نور از محیط اول به محیط دوم که غلیظ تر است وارد شود دچار شکست میشود. و اگر نور از محیط غلیظ با بیش از زاویه حد به سطح آن برخورد کند سطح ماده همانند یک آینه تخت عمل می کند و نور بازتابش می کند. .

از این خاصیت در فیبرهای نوری استفاده شده است. فیبرنوری یک موج بر استوانه ای از جنس شیشه (یا پلاستیک) که دو ناحیه مغزی و غلاف با ضریب شکست متفاوت و دولایه پوششی اولیه و ثانویه پلاستیکی تشکیل شده است

فیبر های شیشه باعث نفوذ نور به داخل بلوک ها می شوند. جالب ترین حالت این پدیده نمایش سایه ها در وجه مقابل ضلع نور خورده است. همچنین رنگ نوری که از پشت این بتن دیده می شود ثابت است به عنوان مثال اگر نور سبز به پشت بلوک بتابد در جلوی آن سایه ها سبز دیده می شوند. هزاران فیبر شیشه ای نوری به صورت موازی کنار هم بین دو وجه اصلی بلوک بتنی قرار می گیرند.



نسبت فیبر ها بسیار کم و حدود ۴ درصد کل میزان بلوک ها است. علاوه بر این فیبر ها بخاطر اندازه کوچکشان با بتن مخلوط شده و تبدیل به یک جزء ساختاری می شوند بنابر این سطح بیرونی بتن همگن و یکنواخت باقی می ماند. در تئوری، ساختار یک دیوار ساخته شده با بتن عبور دهنده نور، می تواند تا چند متر ضخامت داشته باشد زیرا فیبر ها تا ۲۰ متر بدون از دست دادن نور عمل می کنند و در دیواری با این ضخامت باز هم عبور نور وجود دارد.

آیا از این نوع بتن می توان به عنوان یک ساختار باربر نیز استفاده نمود ؟

ساختارهای باربر هم می توانند از این نوع بتن ساخته شوند. زیرا فیبر های شیشه ای هیچ تاثیر منفی روی مقاومت بتن ندارند. بلوکهای بتن عبوردهنده نور می توانند در اندازه های متنوع و گوناگون تولید شوند .

دیواری که از این بلوک ها ساخته شده مقاومت بتن های رایج را داراست و با بهره گیری از خصوصیات فیبرهای نوری بسیار نازک، منظره دنیای خارج همانند نمایی از درختان، خانه ها و کسانی که از کنارش عبور می نمایند را به داخل ساختمان منعکس می کند

شیوه ساخت بلوک های بتن عبوردهنده نور به این صورت است :

برای اطمینان از اینکه دو سر فیبرهای نوری در سطوح مورد نظر برای انتقال نور قرار گرفته اند، قطعات بتنی در چندین مرحله ساخته می شوند، ابتدا لایه نازکی از بتن داخل قالبی باریک و بلند ریخته می شود، سپس لایه ای از فیبرهای نوری در طول قالب قرار می گیرد، پس از تکرارهای متوالی قطعه حاصله را می توان برش زد، مکعب های ساختمانی با رشته های درخشان و نازک نوری بوجود خواهد آمد.

مزایای بتن عبوردهنده نور :

اگر از این ماده به میزان بیشتری در بعضی نقاط ساختمان مثلا انبارها یا دفاتر استفاده شود می تواند نور بیشتری در روز برای این نواحی فراهم کند در نتیجه در مصرف الکتریسیته صرفه جویی می شود .

می توان دیوار هایی با هر ضخامتی ساخت زیرا می تواند تا ۲۰ متر نور را از خود عبور دهد .

استفاده از این محصول در راه پله های اضطراری می تواند مفید باشد . مثلا در هنگام حریق که ممکن است برق ساختمان قطع شود ، نور خارج می تواند به داخل راه یابد ، زیبایی ساختمان را چندین برابر می کند در حالیکه مقاومت بتن بدون هیچ تغییری باقی می ماند .

به دلیل استحکام زیاد ، می توان دیوارهای باربر را نیز از این ماده ساخت زیرا فیبرهای نوری هیچ تاثیر منفی روی مقاومت بتن ندارند .

می توان با استفاده از این محصول محصولات دیگری نیز تولید کرد. یکی از این محصولات لامپ لایتراکیوب است که در آن بلوکها با قرار گیری روی هم مکعبی را تشکیل می دهند که منبع نور در داخل آن قرار دارد و نور با عبور از بتن به بیرون ساطع می شود بنابراین در خلق فضاهای پویا و طراحی ها بسیار موثر می باشد.

قابلیت مسلح شدن دارند . در صورت نیاز شیارهایی در داخل آن تعبیه می شوند که در حین ساختن دیوارها ، میلگردها به صورت افقی یا عمودی در این شیارها قرار می گیرند و فیبرهای نوری به دلیل خاصیت انعطاف پذیری خود در اطراف میلگردها جمع می شوند و به این ترتیب میلگردها دیده نمی شوند .

برخلاف بتن معمولی که خاکستری رنگ است این بتن دارای رنگ های متنوعی است و بافت سطوح بیرونی آن نیز می تواند متنوع باشد .