مقایسه مقاومت بین بتن های حاوی الیاف برای تولید ورق های بتنی با مقاومت بالا

[1]مهراد آرام ، [1]جعفر رادکانی ، [1]محمد مهدی رحیمی آلاشتی
[1] کارشناس عمران - مهندسین مشاور ره پی طرح
, e_mail:info@rahpeytarh.com

چکیده:

درحال حاضر اهمیت مقاوم سازی لرزه ای ساختمانها در مناطق لرزه خیز بر کسی پوشیده نیست . با توجه به اینکه ساختمانهای بتن آرمه موجود عموماً بر اساس آیین نامه های قدیمی بدون در نظر گرفتن اثر نیروهای زلزله طراحی و ساخته شده اند و آیین نامه های جدید لرزه ای را برآورده نمی کنند لذا این ساختمانها باید مورد مقاوم سازی قرار گیرند . تحقیق در خصوص ، یا ضوابط استفاده از ماده HPFRCC به عنوان یکی از مناسبترین روشهای مقاوم سازی موضعی اعضای ساختمانهای بتن آرمه از اهمیت خاصی برخوردارمی باشد . برای تعمیر ساختمانهای بتن آرمه آسیب دیده در اثر زلزله و یا برای اجرای مقاوم سازی لرزه ای ساختمانهای بتن آرمه موجود از روشهای مختلفی می توان استفاده نمود . در رابطه با ترمیم و یا تقویت اعضای بتن آرمه در حال حاضر دو روش استفاده از ورقهای فولادی و استفاده از ورقهای FRP مطرح می باشند . هرکدام از این دو روش دارای نکات ضعف و قوت خاص خود می باشند . از نکات ضعف هر دو روش می توان به ناهمگون بودن این مواد با بتن آرمه و ناهماهنگی در خصوصیات و رفتار آنها اشاره نمود ، تحقیقات اولیه نشان داده است که ماده جدید HPFRCC که اساساً یک بتن مقاومت بالا با الیاف فولادی ، شیشه ای ، آرامیدوکربنی است که هماهنگی رفتاری مناسبتری با بتن داشته ، و از نظر مقاومت خمشی و برشی در حد دو ماده دیگر (استفاده از ورق های فولادی ویا FRP) می توانند مقاومت بتن آرمه را افزایش دهند . در این مقاله سعی بر مقایسه کامل بین بتن های حاوی الیاف های فوق از نظر مقاوت فشاری و کششی برای تولید ورق های بتنی با مقاومت بالا شده که در نتیجه نمونه های حاوی الیاف فولادی نتایج مقاومت کششی و فشاری بهتری نسبت به بقیه نمونه ها برای تولید این ورق ها داشته است .

واژه های کلیدی :
مقاوم سازی ، ورق بتنی ، الیاف فولادی ، الیاف شیشه ، الیاف آرامید

مقدمه:

هر چند از ابتدای پیدایش بتن، تحول اندکی در آن بوجودآمده ولی طیف وسیعی از کاربرد بتن عملاً بیانگر این مطلب است که مزایای بیشماری که این نوع مصالح از آن برخوردار است، (ارزان , قابل دسترس , دارای مقاومت و...)سایر موارد آن را تحت الشعاع قرار می دهد .

به منظور ایجاد شرایط همگن و نیز کاهش ضعف شکنندگی جسم بتن تا حد ممکن، در چند دهه اخیر از رشته های نازک و نسبتاً درازی که در تمام حجم بتن، بطور همگن و در هم پراکنده می گردد، استفاده می شود .

برای تقویت ماتریسهای سیمانی تا کنون الیاف مختلفی از قبیل فولادی، شیشه ای، نایلون، پلی پروپیلین، آزبستی، کربن، کولار، بلبو و ... استفاده شده است.

با توجه به اینکه عملکرد الیاف در ماتریس سیمانی بستگی به مشخصات فیزیکی و مکانیکی الیاف به کار برده شده دارد در این قسمت سعی شده است که ویژگیهای معرف الیاف مناسب در بتن شناسایی گردد. این ویژگیهای مهم شامل شکل و اندازه الیاف، نسبت ظاهری، خاصیت و ضریب ارتجاعی، قابلیت پیوستگی ماتریس، خصوصیات بین سطوح، بافت سطحی، ضریب پواسون، ضریب کششی، کرنش پذیری و نحوه قرار گرفتن الیاف در ماتریس می باشد.[1]

درسالهای اخیر بحث تعمیر و استحکام ساختارهای موجود در بین مهندسین عمران رایج است. علل اولیه برای مقاوم نمودن تعمیر ساختارها عبارتند از:

۱- بالا بردن استحکام برای افزایش مقاومت درزیر بارهای باقیمانده

۲- جلوگیری از شکست که منجر به ایجاد یک جزء نامناسب می گردد

۳- بازگرداندن ظرفیت تحمل بار برای جلوگیری از غلبه بار، زمین لرزه و عوامل دیگر که باعث فرسایش یا سایش می گردند.

کاربردالیاف به منظور بهبود بخشیدن به خواص بتن کاربرد وسیع را در سازه های بتنی و بتن مسلح پیدا کرده است. دلیل کاربرد گسترده این الیاف، مزایای بی شمار فنی و اقتصادی در جسم بتن می باشد. اثرات مثبت کاربرد الیاف ، در بتن به شرح زیر می باشد.

۱- افزایش مقاومت خمشی ۲- افزایش مقاومت برشی ۳- افزایش مقاومت کششی ۴-افزایش مقاومت در برابر بارهای دینامیکی بویژه بارهای ضربه ای۵- افزایش در میزان جذب انرژی ۶- افزایش مقاومت مقطع در قبال ترک خوردگی ۷- کاهش در میزان انقباض، خزش و سایش سطحی [2]

تاریخچه الیاف

در زمانهای گذشته، از الیاف جهت تقویت ملاتهای ترد و شکننده استفاده می شد که مشهورترین و پرطرفدارترین آن که به علت ارزانی قابل دسترسی بوده و هست، کاه می باشد که برای تقویت آجرهای خشتی و ملات کاهگل در اندودها در قبال ترک خوردگی که بعد از خشک شدن بوجود می آید، بکاررفته و در حال حاضر نیز ارزانترین نوع ملات در مناطق روستایی کشور است.

استفاده از کاه و مخصوصاً موی دم اسب و یا بز در بناهای قدیمی ایران بخصوص گنبدها سابقه طولانی و تاریخی دارد که بصیرت و اطلاع صاحبان فن را در مورد الیاف نشان می دهد. کاربرد الیاف فولادی از اواسط قرن اخیر آغاز گردیده و تاریخ دقیقی در مورد استفاده از این روش در دسترس نیست ولی افراد مختلف با استفاده از روشها متفاوتی نظیر کاربرد تکه های سیم یا بریده های فلز در داخل بتن، امتیاز این نوع روش را به نام خود به ثبت رسانده اند.

کاربرد گسترده بتن با الیاف از اواسط سال ۱۹۶۰ برای روسازی جاده ها، کف سالن های صنعتی، جداره کوره ها و ... انجام گرفته است.مهمترین الیافی که بطور وسیع استفاده می شود الیاف شیشه ای است که تجارب کاربرد این نوع الیاف همزمان با شوروی و انگلستان درسال ۱۹۵۰ در آمریکا آغاز شد. کاربرد این تکنیک عمدتاً با استفاده از عمل اسپری الیاف شیشه ای و خمیر پرمایه سیمان از دو مجرا که به طور همزمان بر روی یک سطح پاشیده می شود انجام می گیرد.[3]

بتن مسلح به الیاف فولادی

درسالهای اخیر تحقیقات وسیعی انجام گرفته و سعی شده است که به مشخصات بتن با افزودن الیاف فولادی بهبود بخشیده شود. در حال حاضر بتن مسلح با الیاف فولادی به عنوان یکی از مصالح ساختمانی جدید و کاملاً متفاوت و با مشخصات منحصر به فرد از نظر مقاومت، قابلیت کششی و طاقت در مقابل گسیختگی مطرح می باشد.[1]

مصالح اصلی بتن مسلح با الیاف همانند بتن معمولی است. مصالحی که کیفیت آنها بالاست در بتن الیافی نیز قابل استفاده است و خواص بتن سخت شده تابعی از روشهای بتن ریزی و متراکم کردن خمیر بتن خواهد بود.

بتن الیافی ترکیبی است که شامل یک کالبد بتنی مرکب از سیمان، مصالح سنگی و آب و همچنین درصدی از الیاف کوتاه که بطور درهم و کاملاً اتفاقی و در جهات مختلف در مخلوط پراکنده شده که وجود الیاف فولادی مشخصات بتن را نسبت به حالت خالص بهبود می بخشد. در این بررسی شبکه های آرماتور، تورهای بافته شده و یا آرماتورهای نازک و دراز نمی تواند به عنوان الیافهای پراکنده و منفرد در بتن تلقی گردد.[14]

مزایای بتن الیافی

بتن معمولی یک ماده نسبتاً ترد وشکننده است ، درحالیکه بتن الیافی چون دارای مقاومت زیادتر و خاصیت جلوگیری از ترک خوردگی را داراست، لذا نسبت به بتن معمولی برتریت دارد.

مزایای بتن الیافی در مقایسه با بتن معمولی را، می توان بطور خلاصه به شرح زیر بیان داشت:

۱- مقاومت بسیار عالی در مقابل ضربه

۲- قابلیت کشش عالی (ظرفیت زیاد تغییر شکل نسبی)

۳- قابلیت باربری زیاد بعد از ترک خوردگی

۴- مقاومت کششی، خمشی وبرشی زیاد

۵- طاقت خیلی زیاد

الیاف فولادی

پارامتر مناسب که یک رشته از الیاف را تعریف می کند نسبت ظاهری می باشد که نسبت طول الیاف به قطر معادل الیاف است. مقدار نسبت های ظاهری (l/d) معمولاً بین ۳۰ تا ۱۵۰ به طولهای 0.6 cm تا 7.5 cm است. الیاف فولادی صنعتی معمولاً از نسبت (l/d) حداکثر تا ۱۲۵ برخوردار هستند.

الیاف فولادی دارای شکل و قطرهای متفاوتی بوده و نحوه ساخت آنها نیز متفاوتی باشد. در روش ریخته گری ، الیاف با شکل هلالی و با سطوح صاف بدست می آید. الیاف فولادی که بطریقه ماشینکاری تولید می شود، دارای شکل هلالی، مثلثی، تاب خورده و باریک سطح صاف و سطح دیگر زبر می باشد.

الیاف فولادی با مقطع دایره ای معمولاً در قطرهای 0.25 mm تا 0.6 mm هستند. الیاف با مقطع مستطیلی (نواری) نیز با 0.15 mm تا 0.5 mm ضخامت و 0.25 mm و 0.9 mm عرض تولید می شوند. (عکس شماره ۱)

بطور کلی کیفیت بتن الیافی می تواند به عامل های عمده زیر بستگی داشته باشد:

۱- نسبت های مخلوط بتن

۲- مشخصات هندسی الیاف فولادی

۳- نسبت طول به قطر الیاف (l/d)

۴- مهار مکانیکی و زبری سطح الیاف

۵- مشخصات فیزیکی و جنس الیاف فولادی [5]

عکس شماره ۱توده از الیاف فولادی

الیاف آرامید

الیاف آرامید که در حدود سالهای ۱۹۷۰معرفی شد، ترکیب آلی حلقوی از کربن، هیدروژن، اکسیژن و نیتروژن می‌باشد. دانسیته کم و استحکام کششی بالا در این الیاف، موجب تشکیل یک ساختار چقرمه ومقاوم به ضربه با سفتی حدود نصف الیاف کربن می‌شود. الیاف آرامید در ابتدا به منظور جایگزینی فولاد در تایرهای رادیال ساخته شدند و بعدا کاربردهای دیگری پیدا کردند. جلیقه ضد گلوله از موفقیت آمیزترین کاربردهای الیاف آرامید می‌باشد .

آرامید در دو ساختار زنجیر-راست مشهور به کولار و زنجیر-خم مشهور به Nomex وجود دارد

●ساختار شیمیایی کولار

الیاف آرامید در شکلهای مختلف وجود دارند و همانند الیاف شیشه و کربن می‌توانند در ساخت کامپوزیتها مورد استفاده قرار گیرند.

الیاف آرامید به دلیل سبکی، پایداری حرارتی خوب و چقرمگی عالی، مورد توجه قرار گرفته‌اند.

الیاف کولار از زنجیرهای مولکولی طولانی پلی پارا فنیلن ترفتال آمید، تولید شده‌اند. آرایش یافتگی بالای زنجیرها به همراه اتصال خوب بین آنها، تلفیق منحصر به فردی از خواص را ایجاد می‌نماید که برخی از آنها عبارتند از:

۱- استحکام کششی بالا و وزن کم

۲ -ازدیاد طول کم در پارگی

۳ -چقرمگی خوب

۴ -مدول بالا

۵ -پایداری ابعاد عالی

۶ -مقاومت پارگی بالا

۷-جمع شدگی حرارتی کم

۸ - خزش بسیار کم

۹- مقاومت سایش و اصطکاک عالی

پس از سنتز، پلیمر آرامیدی در محلول اسید سولفوریک حل می‌شود و بعد تبدیل به الیاف می‌شود. قطر الیاف در حد چند میکرون است و مورفولوژی نهایی با اعمال حرارت در دمای C ۱۵۰ تاC۵۵۰ بدست می‌آید. کولارها بسته به درجه آرایش یافتگی مولکولی، سفتی‌های متفاوت دارند. کولار ۲۹ به عنوان سیم تایر و کولار ۴۹ در کابلهای زیر آب استفاده می‌شوند.

کولارها تقویت کننده ممتازی در صنایع فضایی محسوب می‌شوند. در سالهای اخیر کولار ۱۴۹ نوع سفت تر کولارها معرفی شده است.

همچنین کولارها به دلیل کاربرد در پرتابه‌ها و حفاظت حرارتی آنها و بدلیل چقرمگی و توانایی در جذب انرژی شهرت دارند
ساختار ناهمگون پلیمر در جهت طولی، به الیاف استحکام کششی بسیار زیادی می‌دهد. نیروی اعمالی توسط باندهای قوی شیمیایی زنجیرهای پلیمری تحمل می‌شود. زنجیرهای پلیمری مجاور هم در یک ناحیه کریستال توسط بر هم کنش واندروالس و پیوندهای هیدروژنی که نسبت به باندهای شیمیایی نسبتا ضعیف ترند و راحتتر جدا می‌شوند، کنار هم نگاه داشته می‌شوند. بنابراین الیاف در جهت عرضی خواص مکانیکی ضعیفی دارند.
مدول کششی و قدرت استحکامی کولار به طور تقریبی قابل مقایسه با الیاف شیشه می باشد. البته اغلب دانسیته ان حدودا نصف الیاف شیشه است. لذا با تخمین اولیه میتوان الیاف کولار را به عنوان جایگزین خوبی برای الیاف شیشه ای که وزن پایین تری از انها مد نظر است در نظر گرفت.[7]

●الیاف شیشه

الیاف شیشه مشهورترین تقویت کننده مورد استفاده در صنعت کامپوزیت می‌باشد و انواع مختلفی از آن بصورت تجاری وجود دارند که برخی از آنها عبارتند از:

E، S،C،ECR،AR. ترکیبات شیمیایی این الیاف با هم متفاوت است و هر کدام برای کاربرد خاصی مناسب است.

تقریباً ۹۰ درصد الیاف مورد استفاده در کامپوزیتهای مهندسی الیاف شیشه می‌باشد. الیاف شیشه استحکام و سختی مناسبی دارد، خواص مکانیکی خود را در دماهای بالا حفظ می کند، مقاومت رطوبت و خوردگی مناسبی دارد و نسبتاً ارزان است .

●فرآیند تولید الیاف شیشه را می‌توان بصورت زیر خلاصه نمود:

۱- آماده سازی مواد خام: بیش از نیمی از مواد اولیه مورد استفاده ماسه سیلیس است و قسمت اصلی هر نوع الیاف شیشه را تشکیل می‌دهد. سایر اجزاء شامل مقادیر ناچیز سایر ترکیبات شیمیایی می‌باشند.

۲- بخش اختلاط (Batch House): در اینجا مواد با هم مخلوط شده برای قسمت کوره آماده می‌شوند. اصطلاحا به این توده مخلوط، Batch گفته می‌شود.

۳- کوره: دمای کوره به اندازه کافی زیاد است تا ماسه و سایر اجزاء را ذوب کند و بصورت شیشه مذاب در آورد. سطح داخلی کوره با آجرهای مخصوصی ساخته شده است که در دوره‌های زمانی مشخص تعویض می‌شوند.

۴- بخش Bushing: شیشه مذاب روی سینی‌های پلاتینی مقاوم حرارتی متعدد، جریان پیدا می‌کند. در این سینی‌ها هزاران روزنه وجود دارد که بوشینگ نامیده می‌شوند.

۵- تشکیل الیاف: جریان شیشه مذاب از درون بوشینگ‌ها بیرون کشیده می‌شود و تا قطر معین نازک می‌شوند، سپس توسط آب یا هوا خنک می‌شوند تا الیاف تشکیل شوند.

●آهار زنی: الیاف مو مانند، با یک مخلوط شیمیایی مایع کهSizing نامیده می‌شود، پوشش داده می‌شوند. آهار زنی به دو علت اصلی انجام می‌شود:

۱ـ برای محفوظ ماندن الیاف از سایش به یکدیگر در طی فرآیند ساخت و کار

۲ـ به منظور حصول اطمینان از چسبندگی الیاف به رزین

●دسته (strand): یک دسته از چند تاو (tow) تشکیل شده است و هر تاو بیانگر تعداد لیفهایی (fiber) است که از یک بوش ریسیده می‌شوند به عنوان مثال می‌تواند دویست لیف باشد. مجموعه‌ای از دسته‌ها، یک رشته (roving) نامیده می‌شود. یک تاب مختصر به رشته داده می‌شود تا کار کردن با آن آسانتر شود. برای کامپوزیتهای الیاف پیوسته، انتخاب نوع الیاف، بستگی به فرآیند شکل دهی و میزان آرایش یافتگی الیاف دارد.

تعداد تارهای (filament) یک رشته توسط تکس (tex) بیان می‌شود. به عنوان مثال ۶۰۰، ۱۲۰۰ ، ۲۴۰۰ .(۱tex =۱۰۰۰m/g) می‌توان رشته‌ها را خرد کرد (chopped) و برای تولید نمد شیشه (strand mat chopped) استفاده کرد. در این حالت از یک بایندر (binder) برای ثابت نگاه داشته شدن الیاف در کنار هم استفاده می شود. بایندر فوق به هنگام آغشته سازی الیاف با رزین خیس خوردگی (wet-out) را کنترل می کند و بنابراین آرایش اتفاقی الیاف در نمد حفظ می‌شود. انتخاب بایندر با توجه به کاربرد مواد انجام می گیرد و دوام یک قطعه کامپوزیتی می‌تواند متأثر از نوع بایندر باشد. [6]

مصالح استفاده شده در طرح

در این مقاله تلاش شده است که با ساخت نمونه های آزمایشگاهی و تکرار آنها با مواد گوناگون و طرح اختلاطهای مختلف به یک طرح اختلاط بهینه نزدیک شویم به طوری که نمونه، مقاومت فشاری و کششی بالا و همچنین شکل پذیری خوبی از خود نشان دهد. ضمناً باید یادآور شد که اقتصادی بودن نیز یکی از خواسته های مهم طرح می باشد که سعی شده است از مصالحی استفاده گردد که هم به وفور یافت گردد و هم از نظر قیمت اقتصادی و مناسب باشند.

در این پژوهش ابتدا نمونه های مختلف (از جمله نمونه های فشاری ۵×۵×۵ سانتیمتری و نمونه های پاپیونی) با طرح اختلاطهای متفاوت و فوق روان سازه جلنیم ۱۱۰و سیمان پرتلند پوزولانی تهران ساخته شدند و تحت آزمایش فشاری و کششی قرار میگرفتند .یادآور می شود که دیگر مصالح مورد استفاده در این پژوهش عبارتند از:

۱- ماسه کوارتزی ۲ –میکروسیلیس ۳- متاکائولن

فوق روان ساز(lit)	آب(lit)	متاکائولن(kg)	میکروسیلیس(kg)	ماسه کوارتزیتی(kg)	سیمان(kg)
8.5	۲۵۰	۱۱۰	۱۱۰	۸۹۰	۱۰۰۰

نتایج مربوط به نمونه های فشاری بدون الیاف

برای اینکه دستگاه قادر به شکستن نمونه های فشاری باشد لذا نمونه های فشاری به ابعاد ۵cm×۵×۵ انتخاب شده اند. دراینجا نتایج آزمایشات نمونه های فشاری با توضیحات کامل در جدولهای مربوطه آمده اند و در هر قسمت نمودار مربوط به آنها رسم گردیده است.

عکس شماره ۲ نمونه های شکسته شده بدون الیاف

مقاومت فشاری(Mpa)	وزن(g)	نمونه	مقاومت فشاری(Mpa)	وزن(g)	نمونه	اندازه نمونه(Cm)
۲۴۲/۲	۳۶۵	۳	۲۵۰/۱	۳۷۰	۱	۵×۵×۵ نمونه
۲۴۸/۶	۳۶۸	۴	۲۵۳/۶	۳۶۹	۲	۵×۵×۵ نمونه

مقاومت فشاری(Mpa)	وزن(g)	نمونه	مقاومت فشاری(Mpa)	وزن(g)	نمونه	اندازه نمونه(Cm)
۱۱۹	۳۰۴	۳	۱۲۹	۳۰۸	۱	۵×۵×۵ نمونه
۱۲۲	۳۰۷	۴	۱۲۶	۳۰۵	۲	۵×۵×۵ نمونه

نتایج مربوط به نمونه های فشاری با الیاف فولادی

عکس شماره ۳ نمونه های شکسته شده با الیاف فولادی

نتایج مربوط به نمونه های فشاری با الیاف شیشه

مقاومت فشاری(Mpa)	وزن(g)	نمونه	مقاومت فشاری(Mpa)	وزن(g)	نمونه	اندازه نمونه(Cm)
۱۵۸/۷	۳۴۴	۳	۱۵۴	۳۴۲	۱	۵×۵×۵ نمونه
۱۴۲/۶	۳۴۶	۴	۱۵۹/۶	۳۴۶	۲	۵×۵×۵ نمونه

عکس شماره ۴ نمونه با الیاف شیشه

نتایج مربوط به نمونه های فشاری با الیاف آرامید

مقاومت فشاری(Mpa)	وزن(g)	نمونه	مقاومت فشاری(Mpa)	وزن(g)	نمونه	اندازه نمونه(Cm)
۱۷۱/۲	۳۵۰	۳	۱۶۰/۴	۳۴۸	۱	۵×۵×۵ نمونه
۱۶۸/۶	۳۵۱	۴	۱۶۳/۷	۳۴۷	۲	۵×۵×۵ نمونه

در نهایت بعد از ساختن نمونه های زیادی از نمونه ۵×۵×۵ cm فشاری پی بردیم که میکروسیلیس و الیاف و فوق روان سازومتاکائولن می تواند در افزایش مقاومت نمونه ها نقش بسزایی داشته باشد. البته جنس فوق روانساز نیز تا مقدار کمی می تواند در افزایش مقاومت نمونه نقش داشته باشد لذا در آخر سعی شد که به جای فوق روان ساز گلنیم ۵۱ از گلنیم ۱۱۰ که غلظت آن بیشتر و قوی تر می باشد .

نمونه های پاپیونی یا کششی:

برای صرفه جویی در وقت و هزینه کمتر سعی بر این شده است که نمونه های کششی برای طرح اختلاطهایی ساخته شود که آن طرح اختلاطها در نمونه های فشاری جواب قابل قبول داده اند. ولی با این وجود بازهم بر روی بعضی از طرح اختلاطهای دیگر نیز برای نمونه های کششی کار شده است. همانطور که از قسمت نمونه های فشاری دریافتیم، نوع الیاف و از طرفی نوع فوق روان کننده و وجود میکروسیلیس و متاکائولن تاثیر زیادی درمقاومت نمونه ها داشتند. با توجه به این موضوع نتایج آزمایشات انجام شده بر روی نمونه های کششی(پاپیونی) به قرار زیرند:

نتایج آزمایشگاهی مربوط به نمونه های کششی (پاپیونی) بدونه الیاف

اندازه نمونه	نمونه	وزن(g)	مقاومت کششی(kg)	نمونه	وزن(g)	مقاومت کششی(kg)
نمونه پاپیونی	۱	۱۲۰	۱۷۳	۳	۱۲۱	۱۵۴
نمونه پاپیونی	۲	۱۱۲	۱۳۸	۴	۱۱۹	۱۸۲

عکس شماره۶ نمونه های شکسته شده بدونه الیاف

نتایج آزمایشگاهی مربوط به نمونه های کششی (پاپیونی) با الیاف فولادی

اندازه نمونه	نمونه	وزن(g)	مقاومت کششی(kg)	نمونه	وزن(g)	مقاومت کششی(kg)
نمونه پاپیونی	۱	۱۳۵	۱۴۳۷	۳	۱۳۷	۱۳۲۸
نمونه پاپیونی	۲	۱۴۳	۱۵۲۵	۴	۱۳۳	۱۴۱۹

عکس شماره ۷ نمونه کششی شکسته شده حاوی الیاف

نتایج آزمایشگاهی مربوط به نمونه های کششی (پاپیونی) با الیاف شیشه ای

مقاومت کششی(kg)	وزن(g)	نمونه	مقاومت کششی(kg)	وزن(g)	نمونه	اندازه نمونه
۸۲۲	۱۳۲	۳	۷۷۶	۱۲۸	۱	نمونه پاپیونی
۷۹۳	۱۳۱	۴	۷۴۰	۱۲۹	۲	نمونه پاپیونی

نتایج آزمایشگاهی مربوط به نمونه های کششی (پاپیونی) با الیاف آرامید

مقاومت کششی(kg)	وزن(g)	نمونه	مقاومت کششی(kg)	وزن(g)	نمونه	اندازه نمونه
۱۲۳۱	۱۳۳	۳	۱۱۱۲	۱۳۵	۱	نمونه پاپیونی
۱۱۷۶	۱۳۶	۴	۹۹۸	۱۳۹	۲	نمونه پاپیونی

نتیجه گیری :

۱- بتن پر مقاومت را با استفاده از روشهای معمولی و مصالح قابل دسترس می توان تهیه نمود .

۲- طبق نتایج بدست آمده استفاده از الیاف و پوزولان باعث بالاتر رفتن پارامتر های فیزیکی (مقاومت فشاری وکششی) بتن می شود.

۳- با افزایش مقاومت فشاری ، مقاومت خمشی و کششی چنین بتنهایی نیز افزایش می یابد .

۴- با توجه به مقایسه بین الیاف های مصرفی این نتیجه حاصل گردید که استفاده از الیاف فولادی از لحاظ مقاومتی بهتر،اقتصادی ونحوه اجرا آسان و بهینه تر می باشد

۵- با توجه به سخت بودن اجرای ورق های FRP در سراسر دنیا استفاده از ورق های HPFRCC مصلح به الیاف فولادی از هر لحاظ به صرفه تر است.

[1]AKBAR HAJIPOUR,PROF.MAHMOD REZA MAHERY ,MEHRAD ARAM, PRODUCING HIGH STRENGTH CONCRETE PLATES REINFORCED TO STEEL FIBERS TO PROTECT REINFORCED CONCRETE CONSTRUCTION.

[2] BURAK FELEKOG˘LU *, SELC¸UK TU RKEL, YIG˘IT ALTUNTAS,EFFECTS OF STEEL FIBER REINFORCEMENT ON SURFACE WEAR RESISTANCE OF SELF-COMPACTING REPAIR MORTARS, DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, DOKUZ EYLU¨ L UNIVERSITY, 35160 IZMIR, TURKEY2007.

[3] OSMAN U ¨ NALA, FUAT DEMIRB, TAYFUN UYGUNOG ˘ LUA,FUZZY LOGIC APPROACH TO PREDICT STRESS–STRAIN CURVES OF FIBER-REINFORCED CONCRETES IN COMPRESSION ,BUILDING AND ENVIRONMENT ,OCTOBER 2006
[4] CONCRETE TECHNOLOGY ,A.M. NEVILLE & J.J. BROOKS
[5] PULLOUT BEHAVIOUR OF FIBERS IN STEEL FIBER REINFORCED CONCRETE , BERND WEILER, CHRISTIAN GROSSE 2008
[6]DUCTILE DOUBLE-LAP JOINTS FROM BRITTLE GFRP LAMINATES AND DUCTILE ADHESIVES, PART II: NUMERICAL INVESTIGATION AND JOINT STRENGTH PREDICTION, JULIA DE CASTRO, THOMAS KELLER, COMPOSITES: PART B 39 (2008) 282–291
[7] THE STATIC BEHAVIOR OF A MODULAR FOAM-FILLED AFRP BRIDGE DECK WITH A STRONG WEB-FLANGE JOINT , GOANGSEUP ZI, BYEONG MIN KIM, YOON KOOG HWANG, YOUNG HO LEE C , COMPOSITE STRUCTURES 85 (2008) 155–163