مقاومت و کارایی بتن مسلح شده با الیاف فولادی و پلی پروپیلن(PP) و صرفه اقتصادی آن در اجرا

علیرضا مسعودی[1] و رضا چراغی پور*[2]

[1] دانشجوی دوره کاردانی مهندسی عمران دانشگاه شهید کرانی سیرجان Alirezamasudi1234@gmail.com

[2] مدرس گروه مهندسی عمران دانشگاه شهید کرانی سیرجان Reza.cheraghipoor@gmail.com

چکیده

این مقاله به بررسی مقاومت بتن های مسلح شده با الیاف فولادی و پلی پرو پیلن (PP) و صرفه اقتصادی آن در اجرا می پردازد، این نوع الیاف به عنوان یک ماده افزودنی جهت تقویت و مسلح کردن بتن و مخلوط های سیمانی و گچی می باشد که مصرف این نوع الیاف باعث افزایش مقاومت خمشی ، کششی ، برشی و سایشی می شود . مزیت عمده الیاف پلی پروپیلن این است که هنگام مخلوط شدن با بتن باعث ته نشین شدن و افزایش وزن بتن نمی شود و محیط قلیایی را از بین می برد. نمونه تاریخی استفاده از بتن الیافی را می توان استفاده از کاهگل در بنای ساختمان بکار برد .در واقع بتن الیافی نوع جدید این تکنولوژی میباشد که الیاف طبیعی و مصنوعی جدید،جانشین کاه و سیمان و بعنوان جانشین گل بکار رفته در ترکیب کاهگل میباشند . از دیگر کاربردهای بتن الیافی می توان در ساخت سازه های بلند مرتبه ،پل های با دهانه بزرگ ،سازه های دریایی ،مصالح زیر اساس برای روسازی جاده ها و کف سالن های صنعتی ،تونل ها ،دال ها ، ساخت پناهگاه ها ، ساخت باند فرودگاهها ، انبار های نگهداری مواد منفجره و همچنین در مرمت و تعمیر ساختمان های فرسوده استفاده وسیع به عمل آورد. الیاف پلی پروپیلن از طریق پلیمریزاسیون پروپیلن به صورت یک پلیمر خطی تهیه می گردد که به اختصار P.P نامیده می شوند. پلی پروپیلن دارای دمای ذوب بالا (۱۶۵-۱۷۵) درجه سانتی گراد در مقایسه با پلی اتیلن می باشد که به صورت یک تولید جانبی در تولید اتیلن که به روش شکستن مولکول های نفت در صنعت پتروشیمی شکل میگیرد،گاز مایع حاوی پلی پروپیلن دیگر ماده این منبع را تشکیل میدهد که ماده اولیه الیاف پلی پروپیلن (3CH=CHCH) است.

واژگان کلیدی: الیاف فلزی،مقاومت بتن،پلی پروپیلن، اقتصادی بودن

۱ـ مقدمه

امروزه بتن به عنوان یکی از پر مصرف ترین مصالح ساختمانی در جهان شناخته شده است.اقتصادی بودن ، در دسترس بودن اجزا تشکیل دهنده ، مقاومت خوب آن در مقابل آتش سوزی و عوامل جوی ، قابلیت قرارگیری در شکل ها قالب های مختلف و همچنین مقاومت فشاری بالا عواملی است که سبب مقبولیت عمومی در استفاده بتن به عنوان یک ماده ساختمانی میگردد. (طاحونی،۱۳۸۶) و از طرفی بتن تحت نیروی کششی بسیار آسیب پذیر میباشد که این ضعف در عمل به وسیله ی میلگرد ها و فولاد های پیش تنیدگی جبران میشود. استفاده از میلگرد در همه جا امکان پذیر نبوده یا از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نمی باشد. به منظور ایجاد شرایط ایزوتوپی و کاهش ضعف شکنندگی و تردی بتن تا حد امکان ، در چند دهه ی اخیر استفاده از الیاف که در تمام حجم بتن به صورت یکنواخت پراکنده می شود متداول شده است . هم اکنون از بتن الیافی در کاربرد های مختلف از قبیل رو سازی جاده ها و کف سالن های صنعتی ، پل ها ، تونل ها ، دال ها ، ساخت پناهگاه ها ، انبار های نگهداری مواد منفجره ، ساخت باند فرودگاه ها و همچنین در مرمت و تعمیر ساختمان های فرسوده می توان استفاده وسیع به عمل آورد [۲ـ۴] .

بتن مسلح الیافی در حقیقت نوعی کامپوزیت است که یکپارچگی و پیوستگی مناسبی داشته و امکان استفاده از بتن به عنوان یک ماده شکل پذیر را فراهم می آورد امروزه در دنیا انواع بسیار متنوعی ازالیاف برای کاربرد های گوناگون در بتن وجود دارد که از پرکاربرد ترین آن ها می توان به الیاف فولادی و الیاف پلی پروپیلن (PP) اشاره کرد .اولین آزمایش ها برای مسلح کردن بتن همراه باالیاف فولادی توسط Baston و Ramuldi در دهه ی ۱۹۶۰ در کشور آمریکا صورت گرفت که قبل از آن در دهه ی ۱۹۵۰ آزمایش هایی توسط شوروی شده بود . بعد ازآن تحقیقات ، کاربرد های صنعتی بسیار زیادی درباره بتن مسلح با الیاف فولادی صورت گرفته است [۵] . الیاف فولادی دارای مدول الاستیسیته و کرنش شکست بالایی بوده که با توجه به قابلیت شکل پذیری مناسب و مقاومت کششی بالا از مناسب ترین و اقتصادی ترین نوع الیاف به حساب می آید . این نوع الیاف به اشکال ظاهری گوناگون (مستقیم ، انتهای قلاب دار و دندانه دار و...) جهت بهبود رفتار بتن قابل ساخت است و همچنین اختلاط آن هابا دیگر مواد بتن به سهولت انجام پذیر است [۶] . با افزوده کردن الیاف فولادی به بتن خواص مکانیکی آن نظیر استحکام ، شکل پذیری ، دوام و عملکرد تحت بار دینامیکی و ضربه بهبود می یابد [۷ـ۹] . الیاف فولادی ، انرژی شکست تحت بار ضربه را تقریبا ۲/۵ برابر برای بتن با مقاومت معمولی و تقریبا ۳/۵ برابر برای بتن با مقاومت بالا افزایش می دهد [۱۰] . این مزیت سبب می شود که الیاف فولادی نسبت به بقیه نوع الیاف ها کاربرد بیشتر داشته باشد .الیاف پلی پروپیلن (PP) نیز با توجه به ارزان بودن آن نسبت به سایر نوع الیاف ها از پر مصرف ترین الیاف مصنوعی مورد استفاده در بتن محسوب می شوند و عمدتا جهت کنترل ترک های پلاستیک در بتن به کار می رود [۱۱ـ۱۳] . کاهش ترک ها وجلوگیری از گسترش آن ها ، خاصیت شیمیایی ثابت ، غیر آهنربایی ، وزن کم ،کاهش نفوذ پذیری در بتن از مزایای الیاف پلی پرو پیلن می باشد . همچنین در برابر بسیاری از مواد خورنده مانند اسید ها و باز ها مقاوم است و تخریب نمی شود ، الیاف پلی پرو پیلن موثر ترین الیاف در کاهش خسارات ناشی از آتش سوزی دربتن می باشد که حتی در درصد های مصرف پایین نیز باعث کاهش میزان خسارت می شود [۱۴ـ ۱۵] .

۲ـ پیشینه تحقیق

کمیته ۵۴۴ انجمن بتن آمریکا (ACI) اولین گزارش خود را در خصوص بتن الیافی در سال ۱۹۷۳منتشر نمود که در سال های اخیر مورد باز بینی مجدد قرار گرفته است [۵].اولین پروژه ایی که توسط پیمانکار ودر ازای دریافت مبلغ معلوم و قرار داد مشخصی صورت گرفته (خارج از محیط های آزمایشگاهی به عنوان یک پروژه واقعی) مربوط به اجرای دال به ابعاد ۷/۶×۲۲/۹ متر به ضخامت میانگین ۴/۹ سانتی متر بود که در سال ۱۹۷۲ در آمریکا انجام شد.پس از اجرای دال ،سطحی صاف وعاری از الیاف و با حداقل ترک ممکن بدست آمد که در سال های بعد نیز در برابر باران ، یخبندان و گرما مقاومت خوبی از خود نشان داد [۱۶].

در طول چند دهه ی اخیر تحقیقاتی متعددی در مورد در زمینه بتن مسلح شده با الیاف صورت گرفته است که در این قسمت به چند مورد اشاره میکنیم .

Nili و Afroughsabet [۱۷] تاثیر نرمه سیلیس و الیاف فولادی، بر مقاومت ضربه ای و خواص مکانیکی بتن را بررسی کردند. نتایج آزمایشات نشان می دهد که با افزودن الیاف فولادی ،مقاومت کششی و خمشی بهبود می یابد وهمچنین با اضافه کردن الیاف فولادی به نمونه های حاوی نرمه سیلیس ، مقاومت ضربه ای و شکل پذیری بتن به طور قابل ملاحظه ای افزایش می یابد .

در سال ۲۰۰۳ «یائو»و همکاران ، بتن حاوی الیاف فولادی کربنی پلی پروپیلن با درصد های مختلف را در مورد آزمایش مقاومت خمشی قرار دادند. نتایج آزمایش ها نشان میدهد که در هر صورت اضافه کردن الیاف، بتن را نسبت به بتن معمولی مقاوم تر وشکل پذیرتر می سازد بیشترین مقاومت خمشی مربوط به الیاف فولادی است که این مسئله نشان دهنده خواص مناسب این نوع الیاف است در حالی که دیگر الیاف ها یک تغییر اساسی همانند الیاف فولادی در مشخصات بتن ایجاد نکرده اند اما ترکیب الیاف فولادی با الیاف کربنی منجر به بیشترین مقاومت شده است [۱۸].

فلدمن در مقاله ای نشان داد که استفاده از الیاف فولادی علاوه بر افزایش کرنش خرابی ،جذب انرژی در بتن را نیز افزایش می دهد. در یکی از موارد استفاده از این الیاف جذب انرژی نمونه درمعرض هوا قرار گرفته تا ۴۰ درصد نسبت به نمونه بتن معمولی بیشتر شده است [۱۹].

در سال ۲۰۰۶ یوتسون و همکاران برای مشخص نمودن اثر الیاف فولادی آزمایش هایی را بر روی این نوع از بتن الیافی انجام دادند. این آزمایش ها نشان داد که الیاف ریزتر مقاومت فشاری را بیشتر افزایش می دهند . همچنین نسبت سطح الیاف پارامتر با اهمیتی در بررسی الیاف است بطوریکه با بیشتر شدن نسبت سطح الیاف مقاومت کششی بیشتری در بتن الیافی ایجاد می شود. یک موضوع دیگر افزایش مقاومت خمشی در الیاف با ابعاد بزرگ تر است [۲۰].

در سال ۲۰۱۴ رابی و همکاران آزمایش هایی را بر روی بتن الیافی با ترکیب الیاف فولادی و پلی پروپیلن انجام دادند. دراین آزمایش تلاش شد تا مقاومت فشاری ، کششی و خمشی بتن الیافی مورد بررسی قرار گیرد . نتایج نشان می دهند ترکیب ۰/۲۵ درصد الیاف پلی پروپیلن و ۰/۷۵ درصد الیاف فولادی بهترین نتایج مقاومتی را حاصل می نمایدکه در واقع با این ترکیب بیشترین مقاومت فشاری، کششی و خمشی حاصل شده است. از طرفی استفاده

از الیاف فولادی بیشتر بدون شک منجر به ایجاد رفتار مقاوم تر و تردتر مصالح می شودکه این موضوع قبلا هم شناسایی شده بود[۲۱].

مدرسی و همکاران [۲۲] تاثیر آب خلیج فارس بر خواص مقاومتی بتن حاوی الیاف پلی پروپیلن را بررسی کردند، برای ساخت بتن از مصالح سنگی سیلیس و سیمان پرتلند تیپ ۵ استفاده شد. نتایج آزمایشات نشان می دهد که مقاومت فشاری بتن با افزودن الیاف پلی پروپیلن کاهش می یابد و با افزایش میزان الیاف، تاثیر سوی شرایط مخرب خلیج فارس بر مقاومت فشاری بتن کمتر می شود. همچنین شرایط محیطی خلیج فارس باعث کاهش مقاومت خمشی بتن می شود اما با افزودن ۳ کیلوگرم الیاف پلی پروپیلن به هر متر مکعب بتن می توان تاثیر سوء شرایط محیطی خلیج فارس را بر مقاومت خمشی بتن خنثی کرد .

۳ـ صرفه اقتصادی بتن های الیافی

دکتر خالو [۲۳] بتن الیافی در حقیقت نوعی کامپوزیت است که به کارگیری الیاف تقویت کننده داخل مخلوط بتن ،مقاومت کششی وفشاری آن فوق العاده افزایش می یابد. این ترکیب کامپوزیتی ،یکپارچگی و پیوستگی مناسبی داشته و امکان استفاده ازبتن به عنوان یک ماده شکل پذیر جهت تولید سطوح مقاوم پرانحنا را فراهم می آورد. بتن الیافی از قابلیت جذب انرژی بالایی نیز برخوردار است و تحت اثر بار های ضربه ای به راحتی از هم پاشیده نمی شود . شاهد تاریخی این فناوری، کاربرد کاهگل در بنای ساختمان است. درواقع بتن الیافی نوع پیشرفته این تکنولوژی می باشد که الیاف طبیعی و مصنوعی جدید، جانشین کاه وسیمان جانشین گل به کار رفته در ترکیب کاهگل شده اند.

امروزه با استفاده از انواع الیاف شیشه ،پلی پروپیلن، فولاد و بعضا کربن تولید انواع بتن های کامپوزیتی در کاربرد مختلف صنعتی ممکن گردیده و به کارگیری آن هادر کشور های پیشرفته دنیا مورد قبول بخش ساختمان و عمران واقع شده است. اما ازآن جایی که نحوه قرار گرفتن الیاف داخل بتن کاملا تصادفی می باشد از این بتن معمولا نمی توان به نحو مطلوبی در ساخت تیر ها و ستون ها بهره گرفت ودراین 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 ناکار آمدی یک تکنولوژی جدید در نقاط ضعف خود نباید مانع نادیده گرفتن کاربرد های مناسب آن در نقاط قوت آن و عدم توجه به آن گردد.

باید اعتراف کرد که استفاده از بتن الیافی در همه موارد از بتن سنتی به صرفه تر نمی باشد. اما براساس بر آورد هایی که توسط بعضی از متخصصین کشور انجام گرفته، 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 جواب گوی کار نیست، هزینه استفاده از بتن الیافی نسبت به مشابه سنتی خود کمتر می باشد. علاوه بر سادگی و سرعت عمل بالاتر مزیتهای نامبرده شده از جمله مزیتهای تکنولوژی بتن الیافی است.

٤ـ آزمایشات انجام شده

در یک آزمایش مقاومت ضربه ای بتن بدون الیاف پلی پروپیلن با که اندازه ی قالب بتن cm ۴۵ ×۴۵ و ضخامت mm ۱۵ و با نیروی ۹۱N نیوتن و با سرعت m/s ۵/۲۶ به قالب برخورد کرد که با ضربه اول خورد شد ولی در آزمایش بعد بتن با الیاف پلی پروپیلن با همین اندازه های بالا و نیروی مشخص شده به قالب برخورد می کند که نه تنها خورد نمی شود بلکه ۱۹mm از مکان اولیه به پایین کشش داردکه مواد تشکیل دهنده قالب دوم دارای پلی پروپیلن فیبردار درشت به میزان ۱۰۰ درصد که اندازه فیبر ها بین mm ۰/۷۵ تا ۹۵/ ۰ و طول فیبرها بین mm ۴۵ تا ۵۵ و نسبت پیشنهادی مقدار فیبر بین ۴ تا ۵ کیلو گرم بر مترمکعب می باشد که در شکل (۱) و(۲) طرز قرار گیری نمونه آزمایش و آزمایش بدون الیاف و با الیاف را به ترتیب نشان می دهد.

شکل (۱) طرز قرارگیری نمونه و آزمایش ضربه ای بدون الیاف شکل (۲) طرز قرار گیری نمونه و آزمایش ضربه ای با الیاف

جدول (۱) سایز و ابعاد الیاف ها

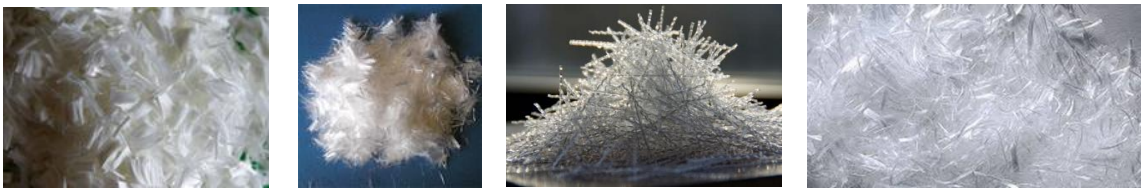
اندازه نمونه آزمایش ضربه ای (قطر و ارتفاع)	نوع الیاف	طول فیبر	اندازه فیبر ها	نسبت پیشنهادی مقدار فیبر	نیروی وارد بر نمونه	سرعت چکش	اندازه کشش نمونه از مکان اولیه
۴۵ × ۴۵ قطر ۱۵ mm ارتفاع	پلی پروپیلن فیبر دار درشت ۱۰۰ درصد	۴۵ تا ۵۵ mm	۰/۷۵ تا ۰/۹۵ mm	مقدار فیبر بین ۴ تا ۵ کیلوگرم بر متر مکعب m^3	۹۱N نیوتن	۵/۲۶ m/s متر بر ثانیه	از مکان اولیه به سمت پایین ۱۹mm کشش دارد

۵ـ الیاف فولادی و پلی پروپیلن

الیاف پلی پروپیلن هنگام مخلوط شدن با بتن باعث ته نشین شدن و افزایش وزن بتن نمی شود و محیط قلیایی را از بین می برد.که الیاف پلی پرو پیلن از طریق پلیمریزاسیون پروپیلن به صورت یک پلیمر خطی تهیه می گردد که به اختصار P.P نامیده می شوند این الیاف در سال ۱۹۶۰ در ایتالیا با نام تجاری مراگلون به صورت صنعتی تولید شده و به بازار عرضه گردیدند.پلی پروپیلن دارای دمای ذوب بالا (۱۶۵– ۱۷۵) درجه سانی گراد در مقایسه با پلی اتیلن می باشد که به صورت یک تولید جانبی در تولید اتیلن که به روش شکستن مولکول های نفت در صنعت پتروشیمی شکل میگیرد گاز مایع حاوی پلی پروپیلن ، دیگر ماده این منبع را تشکیل میدهد که ماده اولیه الیاف پلی پروپیلن ($3CH=CHCH$) است.

جنس الیاف فولادی از مفتول فولاد کم کربن با پوشش سطحی مس، شسته، گالوانیزه (سرد وگرم) می باشد قطر الیاف فولادی ۰/۴ و ۰/۷۵ میلی متر است و طول الیاف ۲۵ میلی متر که به طور میانگین در یک کیلو گرم بتن ۱۰۰۰۰۰ عدد ریخته میشود مطابق استاندارد ASTM A820,EN14889_1 که درشکل (۳)و(۴) نمونه های الیاف فولادی و پلی پروپیلن نشان می دهد .

شکل (۳) نمونه الیاف های فولادی



شکل (۴) نمونه الیاف های پلی پروپیلن

در شکل (۵) نمونه ی بدست آمده یک بتن که با الیاف فولادی مخلوط شده است را نشان می دهد که برجستگی و گیرایی بالایی دارد و در شکل (۶) نمونه بدست آمده بتن با الیاف پلی پروپیلن مخلوط شده است را نشان می دهد .

شکل(۵) نمونه نهایی بتن همراه با الیاف فولادی

شکل(۶) نمونه نهایی بتن همراه با الیاف پلی پروپیلن

۶ـ نتیجه گیری

در این مقاله به بررسی مقاومت کششی بتن با الیاف فولادی و پلی پروپیلن آزمایشاتی با نمونه مستطیلی به ابعاد ۴۵×۴۵ به ضخامت ۱۵ میلی متر انجام شدکه آزمایش انجام شده مقاومت زمینه بتن ثابت در نظر گرفته شده است که در زیرنتایج بدست آمده به طور خلاصه بیان می شوند. در آزمایش ضربه ای که بر روی نمونه بتن بدون الیاف پلی پروپیلن انجام شد نمونه بتن در اولین ضربه چکش از هم پاشیده شد ولی بتن همراه با الیاف پلی پروپیلن پس از آزمایش بر روی نمونه بتن از مقاومت کششی بالایی برخور دار بوده که پس از ضربه چکش به سمت پایین ۱۹ میلی متر کشش داشته است که بتن از یکپارچگی بالایی داشته و همچنین الیاف مورد استفاده در بتن پلی پروپیلن فیبر دار درشت ۱۰۰ درصد بوده که اندازه فیبر ها بین ۰/۷۵ تا ۰/۹۵ میلی متر و طول فیبر ها بین ۴۵ تا ۵۵ میلی متر است. لازم به ذکر است که به دلیل مقاومت زمینه یکسان برای کلیه نمونه های بتن الیاف،نتایج بدست آمده در این مطالعات به خوبی اثرات تغییر در میزان مصرف الیاف را نشان می دهد. با این حال دربرخی از کاربرد های عملی به کارگیری بتن الیافی با کارایی مشخص مکن است مد نظر باشد که نیازمند مطالعات تکمیلی است.

۷ـ منابع و ماخذ

[۱] طاحونی ، ش.، "طراحی ساختمان های بتن مسلح"، انتشارات دانشگاه تهران ، چاپ هفتم، ۱۳۸۳.

[2] Manafpor,A.R.,Vazifehkhhah,N.,"Tensile Strength of Fibre Reinforced Concrete With Steel and Polyposiumon High Performance Concrete _ Design, Verification & Utilization, Rotorua, New Zealand, 2011.

[3] Beddar, M., "Development of steel Fiber Reinforced Concrete From Antiquity Untih the Present Day", Proceedings, Int'1 Conference Concrete: Constructin's Sustainable Option, Dundee, Uk,2008, pp 35_44.

[4] Clarke, J. L., "Design Guidance for FibreReinforced Concrete", Proceedings, Int'l Conference Concrete: Construction's Sustainable Option, Dundee, UK, 2008, pp 311-322.

[5] Darwish, F. A., Oliveira, T. M., Coura, C. G., Kitamura, S., Barbosa, M. T. G., Santos, W., "Influence of Fiber Ratio in the Size Effect",Proceedings,Int'1 Conference Concerte: Construction's sustainable option,Dundee,Uk,2008,pp,123-130

[۶] خالو،ع. ر.، "رفتار و کاربردهای بتن الیاف" ، مجموعه مقالات اولین کمفرانس تکنولوژی بتن الیافی ، دانشگاه صنعتی شریف ، ۴اسفند ۱۳۷۸، ۳۰-۱

[7] Sahin, Y., Koksal, F., "The Influences of Matrix and Steel Fibre Tensile Strengths on the Fracture Energy of High-Strength Concrete", Construction and Building Materials, 2011, 25, 1801-1806

Libre, N. A., Shekarchi, M., Mahoutian, M., Soroushian, P., "Mechanical Properties of Hybrid Fiber Reinforced Lightweight Aggregate Concrete Made with Natural
[8] Pumice", Construction and Building Materials, 2011, 25, 2458-2464

Yoon, Y. S., Yang, J. M., Lee, J. H., Lee, S. H., "Structural enhancement of High-Performance Concrete Members by Strategic Utilization of Steel fibers", The 9th International Symposium on High Performance Concrete – Design, Verification & Utilization, Rotorua,
[9] New Zealand, 2011

ACI Committee 544, "Guide for Specifying, Proportioning, Mixing, Placing and Finishing Steel Fiber Reinforced Concrete", American Concrete Institute (ACI), report No.
[10] ACI 544.3R-93, 1998.

Bencardino, F., Rizzuti, L., Spadea, Swamy, R.N.,"Experimental evaluation of fiber
[11] Reinforced Concrete Fracture Properties", Composites Part B: Engineering, 2010,41,17-24.

[۱۲] وظیفه خواه ، "تاثیرات اندازه نمونه آزمایش بر مقاومت کششی بتن الیافی "،پایان نامه کارشناسی ارشد ، دانشگاه ارومیه (۱۳۸۹).

[۱۳] باقری، ع. ر.، زنگانه ،ح.، شاهمرادی ،م.،"اثر الیاف پلیمری نسل جدید بر مقاومت ضربه ای بتن مسلح به الیاف" ، ششمین کنگره ملی مهندسی عمران ، دانشگاه سمنان ، ۱۳۹۰.

[۱۴] عطایی،ن، د.، "معرفی برخی ویژگی های الیاف پلی پروپیلن در بتن "، فصل نامه انجمن بتن ایران ،۱۳۸۷، ۱۷-۲۱.

Kim, J. S., Cho, C.H.,Cho,C.G., Yoo,M.H.,Cho,Y.H.,Lee,S.J.,"A Study on the Fire Resis tance Performance of High Strength Fiber Reinforcement Concerte", The 9th International Symmposium on High Performance Con Crete-Design,Verification & Utilization,
[15] Rotorua,New Zealand,2011.

Shah, S. P. Skadendahl, A., "Steel Fiber Reinforced Concrete", Elsevier Applied
[16] .Science Publishers, New York, 1986.

Nili, M., Afroughsabet, V., "Combined Effect of Silica Fume and Steel Fibers on the Impact Resistance and Mechanical Properties of
[17] .Concrete, International Journal of Impact Engineering, 2010, 37, 879-886.

Wu Yao, Jie Li, Keru Wu, "Mechanical Proper ties of hybrid Fiber-reinforcad concerte at low
[18] Fiber volume Fraction" J. Cement and concrete Research 33.27-30,2003.

Feldman, D. and Zheng, Z. "Synthetic fibres forfibre concrete composites". In High performancepolymers and polymer matrix composites:symposium held April 13-16, 1993, San Francisco,California, U.S.A. / editors, Ronald K. Eby et al.' inMaterials Research Society
[19] Symposia Proceedingsv. 305 .Materials Research Society,sburgh, pp: 123128.1993.

A. Bentur, S. Mindess, “Fibre ReinforcedCementitious Composites”, Elsevier, London, [20] pp:12-19,1990.

S. Ruby, G. Geethanjali, C.J. Varghese, P.M.Priya, “Influence of Hybrid Fiber on ReinforcedConcrete” International Journal of AdvancedStructures and Geotechnical ,Engineering.vol 03

[21] pp: 40-43, 2014.

[۲۲] مدرسی ، م. ح.، رهنما ،ح. فراهانی ،ا.، ''تاثیر آب دریا بر خواص بتن با الیاف پلی پروپیلن ''، ششمین کنگره ملی مهندسی عمران ، دانشگاه سمنان ،۱۳۹۰.

[۲۳] خالو ، ع. ر. افشاری ، م.، ''عملکرد دال های بتنی مسلح به الیاف فولادی تحت بارهای خمشی ''، ششمین کمفرانس بین المللی مهندسی عمران ،دانشگاه صنعتی اصفهان،۱۳۸۲.