

## بررسی برخی از ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی چندسازه الیاف پلی‌پروپیلن/چوب/سیمان

### چکیده

در این تحقیق ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی چندسازه جدید الیاف پلی‌پروپیلن/الیاف چوب/سیمان مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور، الیاف پلی‌پروپیلن در سطوح مختلف ۰، ۲، ۳ و ۴ درصد وزنی به چندسازه الیاف چوب-سیمان با نسبت وزنی ۱۵ به ۸۵ و در حضور ۳٪ کلرید کلسیم (بر اساس وزن خشک چندسازه) اضافه شده و سپس کلیه ویژگی‌های فیزیکی (جذب آب، واکنشیدگی ضخامت بلندمدت) و مکانیکی (مدول الاستیسیته، مقاومت خمشی و مقاومت به ضربه) نمونه‌های ساخته شده مطابق روش‌های استاندارد ASTM مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس یافته‌های این تحقیق، استفاده از الیاف پلی‌پروپیلن تأثیر مثبتی روی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی چندسازه‌های چوب-سیمان داشته است بطوریکه افزایش میزان الیاف پلی‌پروپیلن (از ۰ به ۴٪) میزان جذب آب و واکنشیدگی ضخامت نمونه‌های مورد مطالعه را به طور معنی‌داری کاهش داد. نتایج آزمون مکانیکی چندسازه‌های مورد مطالعه نیز نشان داد که چندسازه‌های حاوی ۴٪ الیاف پلی‌پروپیلن بیشترین میزان مقاومت خمشی و مقاومت به ضربه را دارا می‌باشند؛ درحالی‌که کمترین میزان این مقاومت‌ها مربوط به سیمان خالص است. همچنین نتایج آزمون خمشی نشان داد که چندسازه‌های چوب-سیمان بدون الیاف پلی‌پروپیلن بیشترین میزان مدول الاستیسیته را دارا می‌باشند.

**واژگان کلیدی:** چندسازه چوب-سیمان، الیاف پلی‌پروپیلن، الیاف چوب، ویژگی‌های مکانیکی.

حامد یونسی کردخیلی<sup>۱\*</sup>  
رضا نقدی<sup>۲</sup>  
عباس هنریخش رئوف<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه سمنان

<sup>۲</sup> استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه سمنان

<sup>۳</sup> استاد، دانشکده مهندسی مواد و متالورژی، دانشگاه سمنان

مسئول مکاتبات:

[hamed.younesi@semnan.ac.ir](mailto:hamed.younesi@semnan.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۲/۱۵

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۸/۲۴

### مقدمه

خستگی و مقاومت به ضربه ضعیفی هستند، از این رو امروزه افزودن الیاف تقویت‌کننده طبیعی (مانند الیاف چوب و الیاف باگاس) [۳، ۲] و سنتزی (مانند الیاف شیشه و الیاف کربن) به ترکیب سیمان به منظور افزایش ویژگی‌های مکانیکی صفحات سیمانی امری متداول به شمار می‌آید [۴]. استفاده از الیاف سنتزی در صنعت سیمان علی‌رغم دارا بودن مزایای متعدد مانند بهبود قابل توجه در ویژگی‌های فیزیکی (کاهش میزان جذب آب و واکنشیدگی

صفحات سیمانی یکی از مهم‌ترین فرآورده‌های ساختمانی محسوب می‌شوند که قدمت تولید و مصرف آن‌ها به حدود صدسال پیش بازمی‌گردد [۱]. این صفحات در انواع کاربردهای ساختمانی مانند پوشش سقف، کف پوش و دیواره‌های داخلی و خارجی ساختمان‌ها استفاده می‌شوند. علی‌رغم مزیت‌های متعدد ورقه‌های سیمانی، این صفحات دارای استحکام کششی، حد دوام

تحقیقات گذشته نشان داده است که در بین انواع مختلف الیاف سنتزی متداول مورد استفاده در صنعت سیمان (مانند الیاف شیشه و الیاف کربن)، الیاف پلی‌پروپیلن به دلیل قیمت پایین، چقرمگی بالا و مقاومت در برابر ترک خوردگی نتایج بهتری را در بهبود ویژگی‌های پانل‌های سیمانی نشان دادند [۱۷،۱۶]. Bagherzadeh و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که افزودن ۳٪ الیاف پلی‌پروپیلن به طول ۱۲ میلی‌متر، موجب افزایش ۳۰ درصدی مقاومت خمشی و ۲۷ درصدی مقاومت کششی چندسازه‌های بر پایه سیمان می‌گردد [۱۸]. نتایج تحقیقات Tonoli و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که افزودن الیاف پلی‌پروپیلن نقش مهمی در بهبود خواص مکانیکی چندسازه الیاف سیسال - سیمان ایفا می‌کند بطوریکه افزودن ۱/۷٪ الیاف پلی‌پروپیلن منجر به افزایش معنی‌دار مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی این چندسازه‌ها می‌گردد [۱۹]. در تحقیقات قبلی به منظور ارتقای ویژگی‌های مختلف فیزیکی و مکانیکی چندسازه‌های چوب-سیمان از الیاف شیشه و نانولوله‌های کربنی استفاده شد [۴،۳]. در تحقیق حاضر، برای نخستین بار بررسی تأثیر استفاده توأم از هر دو نوع الیاف طبیعی (الیاف چوب) و مصنوعی (الیاف پلی‌پروپیلن) بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی چندسازه‌های بر پایه سیمان مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به اینکه در مقایسه با الیاف چوب، الیاف پلی‌پروپیلن گران‌تر ولی دارای ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی برتری است؛ لذا انتظار می‌رود ترکیب این دو الیاف و تهیه چندسازه‌های هیبریدی الیاف چوب/پلی‌پروپیلن/سیمان می‌تواند منجر به تولید چندسازه جدیدی با ارزش افزوده بالاتر گردد.

### مواد و روش‌ها

سیمان پرتلند تجارتي نوع I از شرکت سیمان تهران تهیه شده و به عنوان ماده زمینه (ماتریس) برای تولید چندسازه‌های سیمانی استفاده گردید. الیاف چوب مورد استفاده با ضریب لاغری الیاف چوب  $50 \pm 6$  نیز از ابتدای خط تولید کارخانه MDF خزر واقع در شهرستان آمل تهیه و قبل از استفاده به عنوان تقویت کننده در ساخت چندسازه، در اون با دمای  $100 \pm 3$  درجه

ضخامت) و مکانیکی (افزایش مقاومت‌های خمشی، کششی و ضربه) پانل‌های سیمانی دارای معایبی از قبیل عدم سازگاری با محیط زیست، گران بودن، ایجاد حساسیت‌های پوستی و خوردگی دستگاه‌های تولیدی (مخصوصاً در مورد الیاف شیشه) است. به همین منظور، استفاده از الیاف طبیعی در صفحات سیمانی توجه محققان زیادی را به سمت خود جلب کرده است [۵،۳].

با ورود الیاف طبیعی به عنوان فاز تقویت کننده در صفحات سیمانی گروهی از چندسازه‌ها موسوم به چندسازه‌های چوب-سیمان تولید شدند. چندسازه‌های چوب-سیمان به دلیل وجود خصوصیات کاربردی مناسب از جمله نداشتن مشکل فرمالدهید، مقاومت بالا در برابر آتش، عایق بودن در برابر صوت و حرارت و دانسیته پایین مورد توجه صنایع مختلف از جمله صنعت ساختمان قرار گرفته‌اند [۱۰-۶]. Khorami و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که با افزودن الیاف چوب به سیمان خالص ویژگی‌های خمشی چندسازه‌های سیمانی به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد [۱]. بر اساس تحقیقات Shawia و همکاران (۲۰۱۴)، مقاومت خمشی چندسازه‌های سبوس برنج-سیمان حدود ۷۰٪ بیشتر از صفحات سیمانی بدون تقویت کننده است؛ همچنین نتایج آنالیز هدایت حرارتی آن‌ها نشان داد که این چندسازه‌ها از مقاومت مناسبی در برابر سوختن برخوردار هستند [۱۱]. علی‌رغم مزایای متعدد چندسازه‌های چوب-سیمان، این گروه از پانل‌ها نیز معایبی از قبیل متغیر بودن کیفیت پانل بسته به گونه چوبی، مشکل آبگیری طولانی‌مدت، آسیب پذیری در مقابل رطوبت، قارچ‌ها و حشرات و خواص مکانیکی ضعیف تر در مقایسه با پانل‌های تقویت شده با الیاف مصنوعی مانند الیاف کربن یا الیاف شیشه را دارا می‌باشند [۱۲،۱۳].

تاکنون راه کارهای متعددی به منظور بهبود ویژگی‌های چندسازه‌های چوب-سیمان و تولید چندسازه سیمانی با ویژگی‌های برتر گزارش شده است [۵، ۱۴]. یکی از راه‌های غلبه بر معایب چندسازه‌های چوب-سیمان و بهبود ویژگی‌های مکانیکی آن‌ها، استفاده از الیاف مصنوعی در ترکیب این چندسازه‌ها و تولید چندسازه‌های هیبریدی از الیاف طبیعی و سنتزی است [۱۵،۳]. نتایج

قالب‌های حاوی دوغاب، مطابق روش Khorrami و همکاران (۲۰۰۹) از دستگاه پمپ خلأ استفاده شد [۱]. جهت مترکم کردن کیک، از پرس سرد با فشار پرس ۳۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع در دمای اتاق استفاده شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ روز در دمای محیط نگهداری شدند. لازم به ذکر است که به‌منظور جلوگیری از برگشت ضخامت نمونه‌ها، از روش کاهش تدریجی فشار استفاده شد بطوریکه چندسازه ساخته‌شده در ۱۰ روز ابتدایی زیر وزنه‌ای به اندازه ۱۴ کیلوگرم و در ۱۴ روز انتهایی تحت بار ۷ کیلوگرمی قرار گرفتند. در انتها پس از حذف بار، نمونه‌ها در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ ساعت در آن آزمایشگاهی خشک گردید.

سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت کاملاً خشک گردید. همچنین الیاف پلی‌پروپیلن از کارخانه ایران ریسه تهیه شد. دانسیته الیاف پلی‌پروپیلن مورد استفاده  $0.91 \text{ g/cm}^3$ ، ضریب لاغری آن ۲۶۰ و مدول الاستیسیته این الیاف پلیمری ۵ گیگا پاسکال بوده است.

سپس ترکیب‌های متفاوتی از الیاف پلی‌پروپیلن، الیاف چوب، سیمان و کلرید کلسیم مطابق جدول ۱ تهیه شد و مخلوط حاصل در درون قالب‌های مکعب مستطیلی با حجم  $105 \times 225 \times 75 \text{ mm}^3$  به‌منظور انجام آزمون خمشی، قالب  $60 \times 20 \times 75 \text{ mm}^3$  برای آزمون ضربه و قالب  $105 \times 90 \times 75 \text{ mm}^3$  به‌منظور انجام آزمون جذب آب ریخته شد (نسبت سیمان به آب ۲ به ۱ در نظر گرفته شد). در مرحله بعد به‌منظور خروج سریع‌تر آب اضافی از

جدول ۱- ترکیب کامپوزیت هیبریدی مورد مطالعه

کد	الیاف چوب (%)	الیاف پلی‌پروپیلن (%)	سیمان (%)	کلرید کلسیم (%)
C	-	-	۱۰۰	-
CW15	۱۵	-	۸۲	۳
CW13P2	۱۳	۲	۸۲	۳
CW12P3	۱۲	۳	۸۲	۳
CW11P4	۱۱	۴	۸۲	۳

ASTM C67-03a با استفاده از دستگاه DARTEC انجام شد. آزمون مقاومت به ضربه IZOD نمونه‌ها مطابق با استاندارد ASTM D1037 با استفاده از دستگاه مدل سننام انجام پذیرفت. کلیه آزمایش‌ها مکانیکی مورداشاره در این تحقیق در آزمایشگاه‌های دانشگاه سمنان انجام شد.

### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در این تحقیق با توجه به نوع تیمارهای در نظر گرفته شده، به‌منظور مقایسه ویژگی‌های مختلف تخته‌ها با یکدیگر از طرح آماری کاملاً تصادفی متعادل تحت آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه (ANOVA) استفاده شده و در صورت معنی‌دار شدن، از آزمون مقایسه میانگین دانکن به‌منظور انتخاب مؤثرترین تیمارها بهره گرفته شد.

### اندازه گیری جذب آب و واکنشیدگی ضخامت

#### بلندمدت نمونه‌ها

به‌منظور اندازه‌گیری میزان جذب آب و واکنشیدگی ضخامت چندسازه‌های تولیدی، پنج نمونه از هر تیمار تهیه و به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای  $3 \pm 100$  درجه سانتی‌گراد خشک شدند. سپس نمونه‌های خشک‌شده به مدت دو هفته (۳۳۶ ساعت) در آب با دمای  $2 \pm 20$  درجه سانتی‌گراد غوطه‌ور شدند. وزن و ضخامت نمونه‌ها در دفعات مختلف در طی زمان غوطه‌وری به ترتیب با دقت  $0.001$  گرم و  $0.01$  میلی‌متر اندازه‌گیری گردید. درصد جذب آب و واکنشیدگی ضخامت تخته‌ها طبق استاندارد ASTM C67-03a اندازه‌گیری شد.

#### آزمون‌های مکانیکی

آزمون خمش سه نقطه‌ای نمونه‌ها بر اساس استاندارد

نتایج و بحث

جذب آب و واکنشیدگی ضخامت

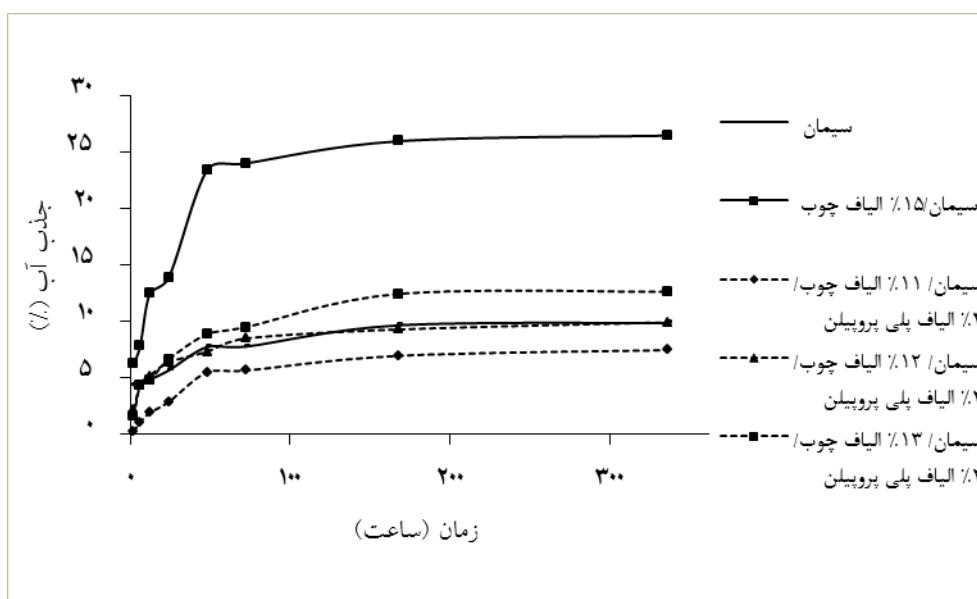
آنالیز واریانس داده‌های حاصل از اندازه‌گیری خواص مختلف چندسازه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که افزودن الیاف پلی- پروپیلن تأثیر معنی‌داری روی بهبود

ویژگی‌های جذب آب و واکنشیدگی ضخامت صفحات سیمانی دارا است (جدول ۲)؛ بطوریکه چندسازه‌های حاوی ۴٪ الیاف پلی پروپیلن، کمترین میزان جذب آب و واکنشیدگی ضخامت را در بین کلیه چندسازه‌های مورد مطالعه نشان دادند (شکل‌های ۱ و ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس ویژگی‌های مختلف ماده مرکب مورد مطالعه

نتایج آماری		میزان F و معنی‌دار بودن				df	ویژگی
۳/۹۲۱**	۵/۶۵*	۲۳/۰۶۲*	۳/۰۱*	۲/۳۳**	۴	جذب آب حداکثر (%)	
۵/۱۴۳**	۶/۸۱**	۳/۸۷*	۶/۴۳**	۸/۸۵*	۴	واکنشیدگی ضخامت حداکثر (%)	
۶/۵۳۸*	۱۲/۱۳*	۳/۳۱۱**	۵/۹۷*	۴/۷۱**	۴	مدول الاستیسیته (MPa)	
۱۸/۳۴**	۵۲/۶۱*	۱۳/۴۹*	۳۱/۵۵**	۲۵/۱۶**	۴	مقاومت خمشی (MPa)	
۱۲/۷۸**	۳۵/۸۳**	۷/۴۲**	۱۷/۶۰**	۲۸/۳۸**	۴	مقاومت به ضربه (J/m <sup>2</sup> )	

\*\* معنی‌داری در سطح ۱٪؛ \* معنی‌داری در سطح ۵٪



شکل ۱- روند جذب آب کامپوزیت‌های مورد مطالعه

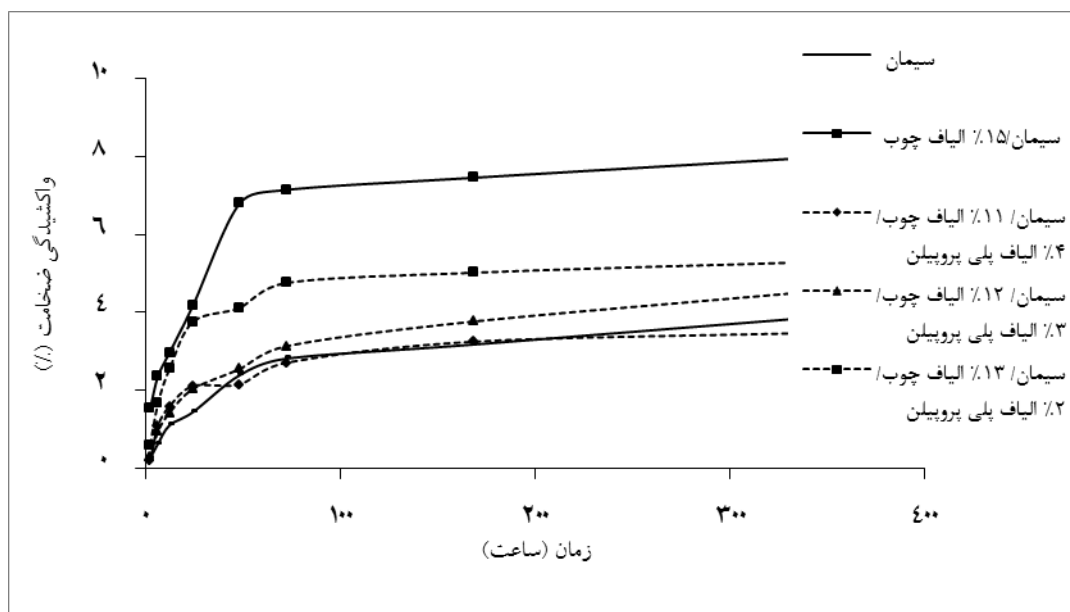
را می‌توان با پدیده انتشار<sup>۱</sup> توضیح داد [۴]. در ابتدای زمان غوطه‌وری مولکول‌های آب با پدیده انتشار (حرکت توده‌ای) و با سرعت زیاد به درون مجراها، منافذ، دیواره‌های سلولی الیاف چوب و فضاهای خالی چندسازه وارد می‌شوند

شکل‌های ۱ و ۲ نشان می‌دهند که میزان جذب آب و واکنشیدگی ضخامت نمونه‌های مورد مطالعه در ابتدای زمان غوطه‌وری با سرعت بیشتری افزایش می‌یابد ولی با گذشت زمان از این سرعت کاسته می‌شود. مقدار بالای جذب آب و واکنشیدگی ضخامت اولیه نمونه‌ها در ابتدای زمان غوطه‌وری

<sup>1</sup>-Diffusion

موجود، سرعت این پدیده کاهش می‌یابد [۲۰].

در حالی که با گذشت زمان و پر شدن نسبی فضاهای خالی



شکل ۲- روند واکشیدگی ضخامت کامپوزیت‌های مورد مطالعه

سیمان در مقایسه با سیمان خالص گردند. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که در چندسازه‌های حاوی ۳،۲ و ۴ درصد الیاف پلی پروپیلن، میزان جذب آب نمونه به‌طور قابل توجهی کمتر از نمونه‌های حاوی ۱۵٪ الیاف چوب است (شکل‌های ۱ و ۲). علت این امر را می‌توان به پر شدن فضاهای خالی و حفرات در چندسازه‌های مورد مطالعه توسط الیاف پلی پروپیلن نسبت داد که از نفوذ آب به بخش‌های عمیق‌تر چندسازه جلوگیری می‌کند. همچنین جایگزینی الیاف چوب با آبدوست با الیاف پلی پروپیلنی که ذاتاً آب‌گریز است تأثیر زیادی در کاهش میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت نمونه‌های مورد مطالعه داشته است. ماهیت آب‌گریزی ذاتی الیاف پلی پروپیلن به دلیل نبود گروه‌های عاملی واکنشی با آب در ساختار آن است.

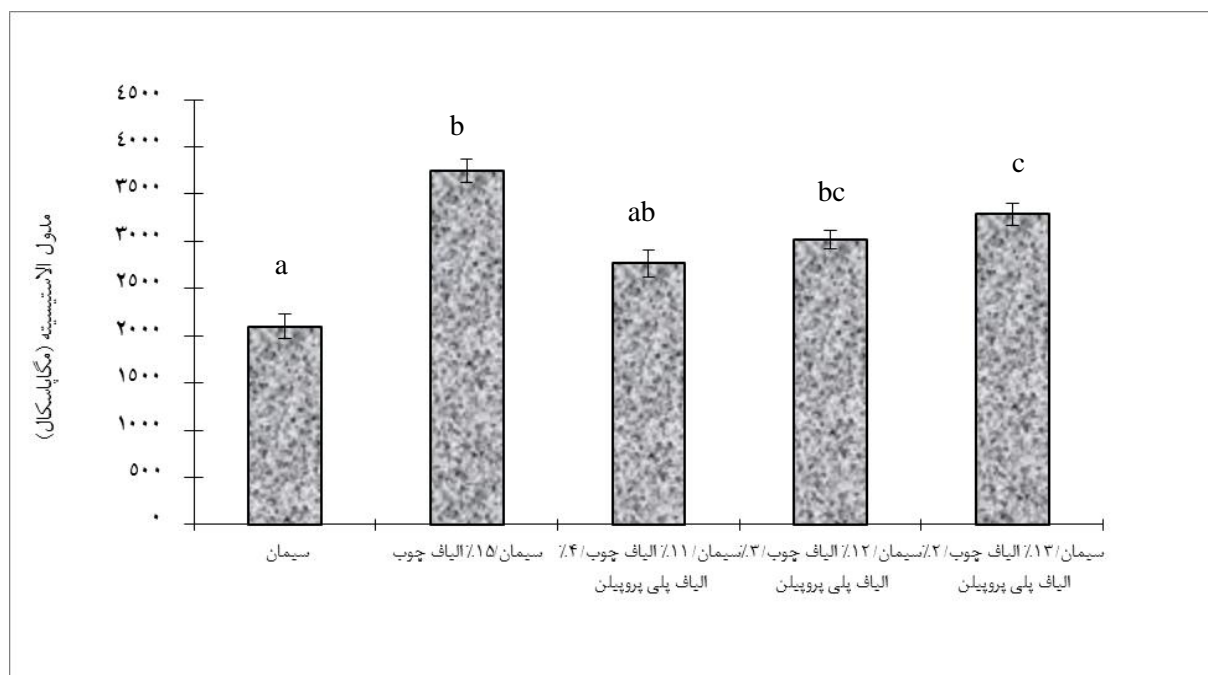
### ویژگی‌های مکانیکی

مدول الاستیسیته کامپوزیت‌های مورد مطالعه در شکل ۳ نشان داده شده است. گروه‌بندی دانکن نتایج حاصل از بررسی مدول الاستیسیته تخته‌ها نشان می‌دهد که مدول الاستیسیته چندسازه‌های حاوی ۱۵٪ الیاف چوب به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر چندسازه‌ها است و

از سوی دیگر شکل‌های ۱ و ۲ نشان می‌دهند که با افزودن ۱۵ درصد الیاف چوب به سیمان، میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت نمونه‌های مورد مطالعه به ترتیب ۱۶۹ و ۱۰۶ درصد بیشتر از نمونه‌های شاهد (سیمان خالص) است. جذب آب چندسازه‌های چوبی در درجه اول به واسطه حضور حفره‌ها و منافذ موجود بین اجزای آن‌ها است که جایگاه مناسبی برای ورود مولکول‌های کوچک آب به درون آن‌ها و افزایش میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت آن‌ها به شمار می‌آیند. از سوی دیگر از آنجایی که مواد لیگنوسولوزی مانند الیاف چوب ماهیتاً مواد رطوبت‌پذیر و آب‌دوست هستند و دارای گروه‌های واکنش‌پذیر OH در سلولز و همی سلولز می‌باشند می‌توانند رطوبت زیادی را از محیط اطراف خود جذب کنند که این امر یک عامل بازدارنده در گسترش کاربرد چوب و چندسازه‌های چوبی مانند چوب-سیمان (مخصوصاً در محیط‌های بیرون از ساختمان) به شمار می‌آید؛ بنابراین طبیعت نم‌پذیر چوب باعث می‌شود که مولکول‌های آب به بخش آمورف ساختار سلولزی الیاف چوب وارد شوند و فاصله بین زنجیره‌های سلولزی را افزایش دهند و بدین ترتیب موجب تغییر ابعاد و واکشیدگی ضخامت بیشتر چندسازه چوب -

ماهیتاً سفتی و مدول الاستیسیته پایینی دارد درحالی‌که الیاف چوب به‌طور ذاتی دارای مدول الاستیسیته نسبتاً بالایی است [۲۲]. لذا با افزودن الیاف چوب به سیمان، سفتی و در نتیجه مدول الاستیسیته آن افزایش می‌یابد. بالاتر بودن مدول الاستیسیته چندسازه‌های چوب-سیمان نسبت به کامپوزیت‌های هیبریدی را می‌توان به بالاتر بودن مدول الاستیسیته الیاف چوب (حدود ۱۰ گیگا پاسکال) نسبت به الیاف پلی‌پروپیلن (حدود ۵ گیگا پاسکال) نسبت داد [۲۳]. افزایش میزان مدول الاستیسیته ورقه‌های سیمانی با افزایش الیاف طبیعی و الیاف پلی‌پروپیلن توسط محققان زیادی گزارش شده است [۵،۳].

بین چندسازه‌های حاوی ۳ و ۴٪ الیاف پلی‌پروپیلن اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (شکل ۳). از سوی دیگر شکل ۳ نشان می‌دهد که مدول الاستیسیته چندسازه‌های حاوی ۲، ۳ و ۴ درصد الیاف پلی‌پروپیلن به ترتیب ۱۲، ۱۹ و ۲۶ درصد نسبت به نمونه‌های شاهد (بدون الیاف پلی‌پروپیلن) کمتر است بطوریکه چندسازه‌های چوب-سیمان دارای ۱۵٪ الیاف چوب دارای بیشترین میزان مدول الاستیسیته (حدود ۳۸۰۰ مگا پاسکال) و ورقه سیمانی خالص بدون الیاف تقویت‌کننده کمترین مقدار مدول الاستیسیته را نشان دادند (حدود ۲۱۰۰ مگا پاسکال). مدول الاستیسیته یک ماده مرکب وابسته به مدول الاستیسیته تک تک اجزاء آن است [۲۱]. سیمان



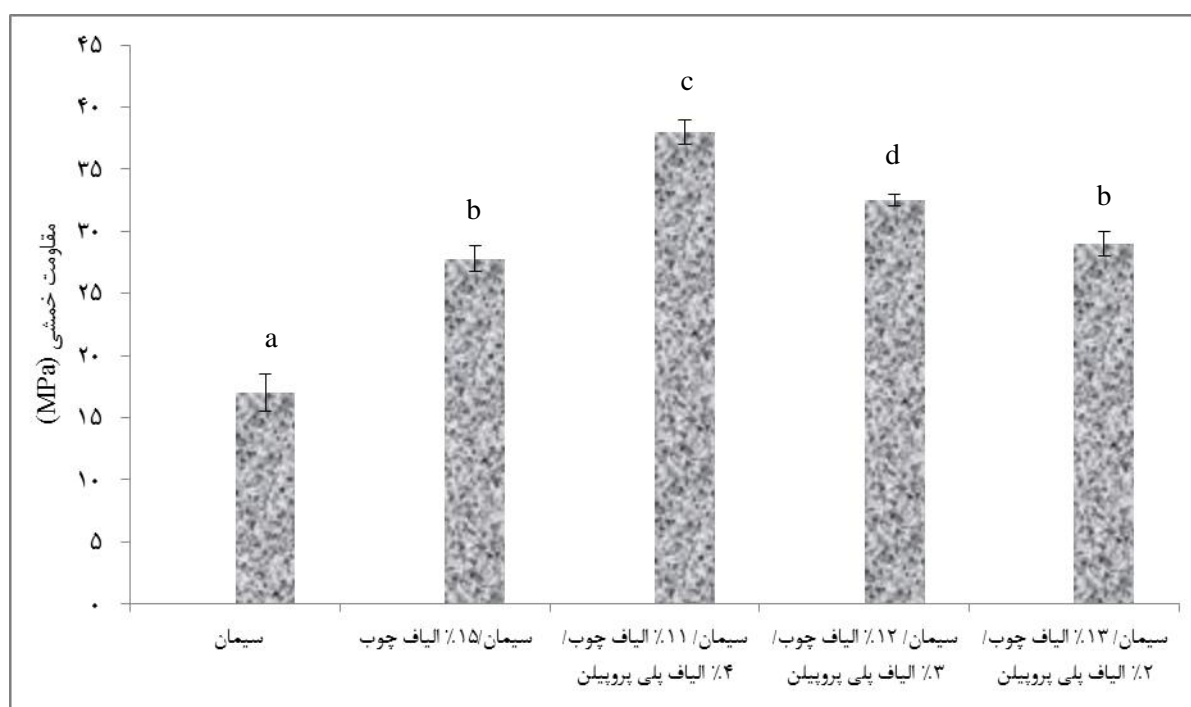
شکل ۳- مدول الاستیسیته کامپوزیت‌های مورد مطالعه

کلیه کامپوزیت‌های مورد مطالعه نشان دادند. مقایسه میانگین دانگن داده‌های حاصل از بررسی‌های خمشی نشان می‌دهد از لحاظ آماری بین مقاومت خمشی همه تخته‌های ساخته‌شده اختلاف معنی‌داری وجود دارد. نتایج تحقیقات گذشته نشان داده است که مقاومت خمشی یک ماده مرکب بستگی به نحوه اتصال و چسبندگی اجزای آن دارد [۲۱]. از آنجایی‌که الیاف پلی‌پروپیلن علاوه بر پر کردن فضاهای خالی، به علت دارا بودن ضریب لاغری

مقاومت خمشی کامپوزیت‌های مورد مطالعه نیز در شکل ۴ نشان داده شده است. همان‌طوری که شکل ۴ نشان می‌دهد کامپوزیت‌های هیبریدی حاوی الیاف پلی‌پروپیلن و الیاف چوب مقاومت خمشی بیشتری به ترتیب نسبت به کامپوزیت‌های الیاف چوب-سیمان و سیمان خالص دارا است بطوریکه کامپوزیت‌های هیبریدی دارای ۴٪ الیاف پلی‌پروپیلن و ۱۱٪ الیاف چوب بیشترین میزان مقاومت خمشی (حدود ۳۸ مگا پاسکال) را در بین

می‌شود که اجزا و ذرات بتن را در کنار یکدیگر نگه‌داشته و مانع از دور شدن و جدا شدن اجزا می‌گردند. Lohrasbi و همکاران (۲۰۱۰)، نشان دادند که افزودن الیاف پلی‌پروپیلن به بتن موجب افزایش ویژگی‌های خمشی و فشاری آن می‌شود [۲۴]. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که الیاف پلی‌پروپیلن قادر است مقاومت خمشی بتن را تا ۷٪ افزایش دهد. الیاف پلی‌پروپیلن با افزایش سطح تماس و کاهش تخلخل داخلی در کامپوزیت‌ها و کاهش تمرکز تنش‌های داخلی در کامپوزیت می‌تواند موجب تقویت کامپوزیت‌های بر پایه سیمان گردد [۲۵].

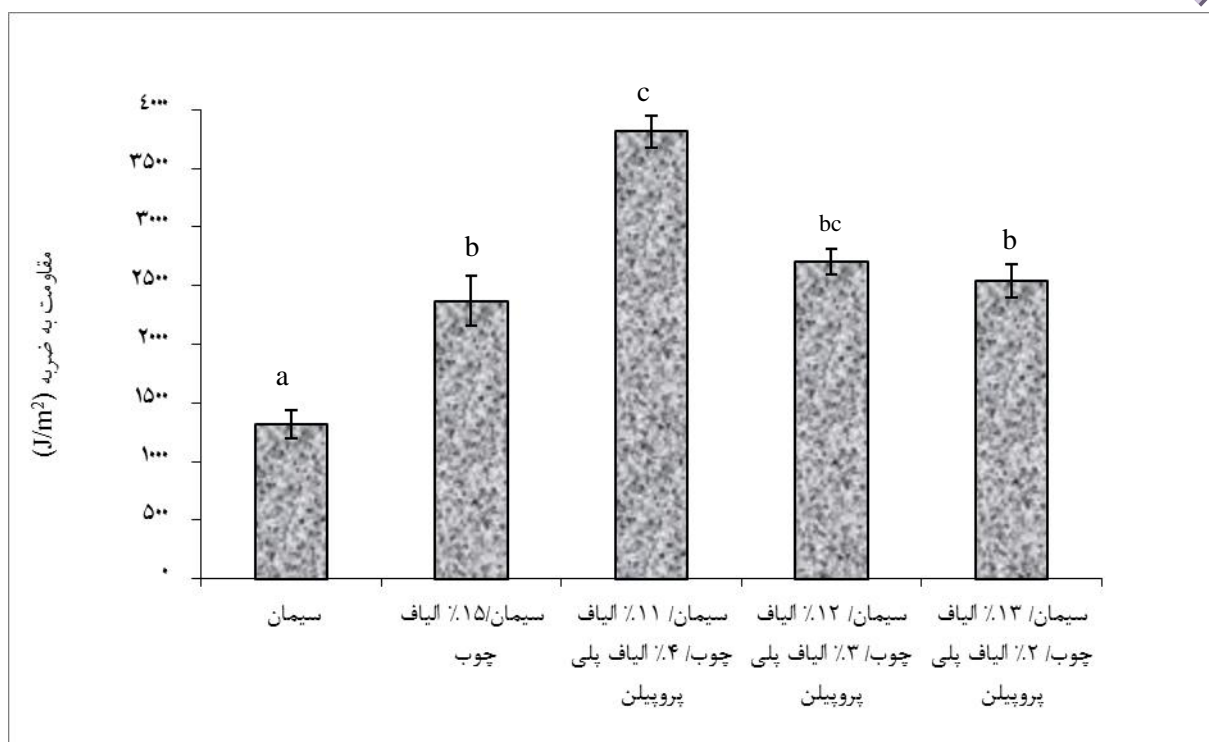
مناسب که نشان‌دهنده قدرت درهم‌رفتگی است قادر است اتصال مناسبی را با سیمان برقرار کند لذا منجر به بهبود خواص کامپوزیت‌های چوب-سیمان مورد مطالعه می‌شوند. از سوی دیگر، به صورت طبیعی در ساختار بتن حفره‌های بسیار کوچک اما به تعداد زیاد وجود دارد که در نتیجه این حفره‌ها به جدا شدن ذرات و اجزا بتن کمک کرده و منجر به شکسته شدن سریع‌تر بتن می‌گردند ولی در بتن‌های تقویت‌شده با الیاف چوب یا الیاف پلی‌پروپیلن، این الیاف‌ها قادرند در این منافذ و حفره‌های کوچک نفوذ کرده و هنگامی که بتن تحت بار خمشی قرار می‌گیرند باعث



شکل ۴- مقاومت خمشی کامپوزیت‌های مورد مطالعه

به ضربه کامپوزیت‌های چوب-سیمان می‌گردند (شکل ۵). مقاومت به ضربه کامپوزیت‌ها به تحمل آن‌ها در برابر ایجاد ترک و توانایی جذب انرژی آن‌ها بستگی دارد. از آنجایی که الیاف چوب و الیاف پلی‌پروپیلن از رشد و به وجود آمدن ترک‌ها جلوگیری می‌کنند و چنانچه ترک نیز شکل گیرد الیاف پلی‌پروپیلن با ایجاد پل‌های متعدد از گسترش ترک جلوگیری می‌کند لذا موجب بهبود مقاومت به ضربه بدون فاق کامپوزیت‌های چوب-سیمان می‌شود [۲۶].

از سوی دیگر مقاومت به ضربه کامپوزیت‌های ساخته‌شده در شکل ۵ نشان داده شده است. شکل ۵ نشان می‌دهد به‌طور کلی افزودن الیاف طبیعی و سنتزی موجب بهبود معنی‌دار خواص مقاومت به ضربه بتن می‌گردد. با افزودن ۱۵ درصد الیاف چوب به ورقه سیمانی مقاومت به ضربه آن حدود ۸۰٪ افزایش می‌یابد. افزودن الیاف پلی‌پروپیلن نیز موجب بهبود بیشتر مقاومت به ضربه کامپوزیت‌های چوب-سیمان گشته بطوریکه افزودن ۲، ۳ و ۴٪ الیاف پلی‌پروپیلن موجب افزایش معنی‌دار مقاومت



شکل ۵- مقاومت به ضربه کامپوزیت‌های مورد مطالعه

### نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر بررسی برخی از ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی چندسازه جدید الیاف پلی پروپیلن/الیاف چوب/سیمان مورد توجه قرار گرفت. نتایج این بررسی نشان داد که افزودن درصد کمی از الیاف پلی پروپیلن به ترکیب چندسازه الیاف چوب-سیمان، تأثیر فراوانی روی بهبود ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی آن‌ها گذاشته بطوریکه منجر به کاهش جذب آب و واکنشیدگی ضخامت و افزایش

مقاومت خمشی و مقاومت به ضربه چندسازه‌های چوب-سیمان می‌گردد. با توجه به اینکه الیاف چوب دارای قیمت پایین، دوستدار محیط‌زیست و ویژگی‌های مرفولوژیکی مناسبی است و الیاف پلی پروپیلن دارای قیمت گران‌تر ولی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی بهتری است لذا ترکیب این دو الیاف تقویت‌کننده و تولید چندسازه‌های هیبریدی از این دو به منظور تولید ماده‌ای با ویژگی‌های مناسب و قیمت ارزان توصیه می‌گردد.

### منابع

- [1] Khorrami, M., Amin Khalil Tabas, A. and Nourbakhsh, A., (2009). Increasing the flexural strength capacity of cement composite with natural fibres. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 24(2):206-218.
- [2] Banthia, N. and Nandakumar, N., 2003. Crack growth resistance of hybrid fiber reinforced cement composites. Cement and Concrete Composites, 25(1): 3-9.
- [3] Younesi Kordkheili, H., Etedali, S. and Niatzadeh, G., 2015. Effect of carbon nanotube on physical and mechanical properties of natural fiber/glass fiber/cement composites. Journal of Forestry Research, 26(1): 247-251.



- [4] Younesi Kordkheili, H., Farsi, M. and Rezazadeh, Z., 2013. Physical, Mechanical and Morphological Properties of Polymer Composites Manufactured from Carbon nanotubes and Wood Flour. *Composites Part B*, 44 (1): 750-755.
- [5] Younesi Kordkheili, H., Hiziroglu, S. and Farsi, M., 2012. Some of the physical and mechanical properties of cement composites manufactured from carbon nanotubes and bagasse fiber. *Materials & Design*, 33(1): 395-398.
- [6] Silva, F. d. A., Mobasher, B. and Filho, R. D. T., 2009. Cracking mechanisms in durable sisal fiber reinforced cement composites. *Cement and Concrete Composites*, 31(10): 721-730.
- [7] Tarkow, H., 1970. Effect of wood species on the hydration of portland cement. *Forest Products Journal*, 17(1): 30-32.
- [8] Govin, A., Peschard, A. and Guyonnet, R., 2006. Modification of cement hydration at early ages by natural and heated wood. *Cement and Concrete Composites*, 28(1): 12-20.
- [9] Wei, Y., Zhou, Y. and Tomita, B., 2000. Study of hydration behavior of wood cement-based composite II: effect of chemical additives on the hydration characteristics and strengths of wood-cement composites. *Journal of Wood Science*, 46(6): 444-45.
- [10] Al Rim, K., Ledhem, A., Douzane, O., Dheilily, R. M. and Queneudec, M., 1999. Influence of the proportion of wood on the thermal and mechanical performances of clay-cement-wood composites. *Cement and Concrete Composites*, 21(4): 269-276.
- [11] Shawia, N.B., Jabber, M.A. and Mamouri, A.F., 2014. Mechanical and physical properties of natural fiber cement board for building partitions. *Physical Sciences Research International*, 2(3): 49-53.
- [12] Pehanich, J. L., Blankenhorn, P. R. and Silsbee, M. R., 2004. Wood fiber surface treatment level effects on selected mechanical properties of wood fiber-cement composites. *Cement and Concrete Research*, 34(1): 59-65.
- [13] Soroushian, P., Won, J. P., Chowdhury, H. and Nossoni, A., 2003. Development of accelerated processing techniques for cement-bonded wood particleboard. *Cement and Concrete Composites*, 25(7): 721-727.
- [14] Jevtić, D. Zakić, D. and Savić, S., 2008. Modeling of properties of fiber reinforced cement composites. *Facta universitatis - series: Architecture and Civil Engineering*, 6(2): 165-172.
- [15] Walton, P. L. and Majumdar, A. J., 1975. Cement-based composites with mixtures of different types of fibres. *Composites*, 6(5): 209-216.
- [16] Alhozaimy, A. M., Soroushian, P. and Mirza, F., 1996. Mechanical properties of polypropylene fiber reinforced concrete and the effects of pozzolanic materials. *Cement and Concrete Composites*, 18(2): 85-92.
- [17] Badr, A., Ashour, A. F. and Platten, A. K., 2006. Statistical variations in impact resistance of polypropylene fibre-reinforced concrete. *International Journal of Impact Engineering*, 32(11): 1907-1920.
- [18] Bagherzadeh, R., Pakravan, H.R., Sadeghi, A.H., Latifi, M. and Merati A.A., 2012. An Investigation on Adding Polypropylene Fibers to Reinforce Lightweight Cement Composites (LWC). *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 7(4): 13-21.
- [19] Tonoli, G.H.D., Savastano, Jr., Santos, S.F., Dias, C.M.R., John, V.M. and Lahr F.A., 2011. Hybrid Reinforcement of Sisal and Polypropylene Fibers in Cement-Based Composites. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 23(2):177-187.
- [20] Fotsing, J.A.M. and Tchagang, C.W., 2005. Experimental determination of the diffusion coefficients of wood in isothermal conditions. *Int J Heat Mass Tran*, 41: 977-980.
- [21] Kazemi Najafi, S. and Younesi Kordkheili, H., 2011. Effect of sea water on water absorption and flexural properties of wood-polypropylene composites. *European Journal of Wood and Wood Products*, 69(4): 553-556.

- [22] Cai, Z. R. and Robert, J., 2010. Mechanical properties of wood-based composite materials. Wood handbook: wood as an engineering material: chapter 12. Centennial ed. General technical report FPL; GTR-190. Madison, WI : U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, p. 12.1-12.12.
- [23] Xu, G. and Hannant, D. J., 1992. Flexural behaviour of combined polypropylene network and glass fibre reinforced cement. *Cement and Concrete Composites* ,14(1): 51-61.
- [24] Lohrasbi, F. and Ghasemnia, A., 2010. Effect of polypropylene fiber length on compression and flexural properties of concrete. *Textile Science and Technology*, 4(1): 1-12
- [25] Santos, A. G. a., Rincón, J. M., Romero, M. and Talero, R., 2005. Characterization of a polypropylene fibered cement composite using ESEM, FESEM and mechanical testing. *Construction and Building Materials* ,19(5): 396-403.
- [26] Nili, M. and Afroughsabet, V., 2011. The long-term compressive strength and durability properties of silica fume fiber-reinforced concrete. *Materials Science and Engineering* , 531:107-111.

## Investigation on some of physical and mechanical properties of polypropylene fiber/ wood /cement composites

### Abstract

In this study, some of the physical and mechanical properties of polypropylene fiber/ wood fiber/ cement composites were investigated. For this aim, three levels of polypropylene fiber, namely 2 wt.%, 3 wt.% and 4 wt.% were mixed with 15 wt.% of wood fiber mixed with cement in a rotary type mixer. The samples were formed by cold press method. Then water absorption, thickness swelling, flexural modulus, flexural strength, and impact strength of the manufactured composites were evaluated according to ASTM standard methods. The results showed that polypropylene fiber exhibited a positive effect on physical and mechanical properties of the wood-cement composites. The physical test results indicated that the hybrid composites containing 4% PP fiber/11% wood fiber exhibited the lowest water absorption and thickness swelling values. The mechanical test results also indicated that greater flexural strength and impact strength can be achieved by addition of 4% polypropylene fiber to wood- cement composites. Also, the three point bending test results showed that the addition of PP fiber from 2 to 4% decreased flexural modulus of the wood- cement composites, continuously.

**Key words:** wood- cement composites, polypropylene fiber, wood fiber, mechanical strength.

**H. Younesi-Kordkheili**<sup>1\*</sup>

**R. Naghdi**<sup>2</sup>

**A. Honarbakhsh Raouf**<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Assistant Professor, Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, Semnan University, Semnan, Iran

<sup>2</sup> Assistant Professor, Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, Semnan University, Semnan, Iran

<sup>3</sup> Professor, Department of Materials Engineering, Semnan University, Semnan, Iran

Corresponding author:

[hamed.younesi@semnan.ac.ir](mailto:hamed.younesi@semnan.ac.ir)

Received: 2015/05/05

Accepted: 2015/11/15

