

تهیه بتن سبک با استفاده از الیاف کاغذ روزنامه باطله

فرداد گل‌بابائی^۱، امیر نوربخش^۲، ابوالفضل کارگرد^۳، رضا حاجی حسنی^۳

- ۱- دانشجوی دکتری، صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، عضو هیات علمی، بخش تحقیقات علوم چوب و فراورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
- ۲- دانشیار، بخش تحقیقات علوم چوب و فراورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
- ۳- دکتری، بخش تحقیقات علوم چوب و فراورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

golbabaei.f@gmail.com

چکیده

در این تحقیق، امکان استفاده از کاغذ روزنامه باطله در ساخت پانل‌های بتن-الیاف مورد بررسی قرار گرفته است. عواملی که در این تحقیق مد نظر بودند شامل نسبت الیاف به سیمان در چهار سطح ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۵ درصد میزان کلرید کلسیم به‌عنوان ماده افزودنی تسریع‌کننده‌گیرایی در دو سطح (۳ و ۵ درصد) براساس وزن خشک سیمان در نظر گرفته شدند. خواص مورد بررسی شامل خمش استاتیک که در آن مدول گسیختگی مورد بررسی قرار گرفت و همچنین میزان واکنشیدگی ضخامت طبق استاندارد DIN۶۸۷۶۳ اندازه‌گیری شد. نتایج این بررسی نشان داد که تخته‌های ساخته شده با ۱۰ درصد الیاف روزنامه باطله همراه با استفاده از ۵ درصد کلرید کلسیم دارای بیشترین مقاومت و کمترین واکنشیدگی ضخامت بودند که بهترین شرایط استفاده از الیاف روزنامه باطله را در تولید این محصول نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی: الیاف چوب سیمان، روزنامه باطله، اتصال معدنی، کامپوزیت.

۱. مقدمه

نیاز به مصالح سبک و در عین حال مستحکم از ضرورت‌های خانه‌سازی صنعتی می‌باشد. پانل‌ها و صفحات چوب سیمان یا فراورده‌های کامپوزیتی با اتصال معدنی یکی از مصالحی است که می‌تواند این نیاز را پاسخگو باشد. توسعه فناوری پانل‌های چوب سیمان در هر منطقه به قابلیت در تأمین مواد اولیه موردنیاز آن یعنی چوب یا مواد لیگنوسلولزی و سیمان مربوط می‌شود. با توجه به افزایش جمعیت و تقاضا برای مواد مرکب چوبی به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه که با محدودیت منابع جنگلی مواجه‌اند، لزوم بکارگیری سایر منابع لیگنوسلولزی مانند مواد حاصل از پسماند گیاهان کشاورزی ضایعات ومانند روزنامه باطله در ساخت این‌گونه فراورده‌ها امری اجتناب‌ناپذیر است (Karade, 2010; Rowell, et al., 1991). تلاش بیشتر

محققان در استفاده از این مواد و تولید مصالح سبکتر می‌باشد انسان در محیط زندگی خود با پدیده‌های طبیعی زیادی بر خورد می‌کند که جلوی بروز برخی از آنها را نمی‌تواند بگیرد اما با بکار بردن برخی امکانات می‌تواند اثرات آنرا کمتر نماید در این میان زلزله از پدیده‌های طبیعی است که در طول تاریخ حیات بشر بارها انسان را به وحشت انداخته و باعث تخریب شهرها و روستاهای زیاد همراه با تلفات انسانی شدید و داغ دار نمودن انسان بوده است. به گونه‌ای که انسان چون خود را در مقابل آن عاجز و درمانده دیده، آن را به پدیده‌های ماوراء طبیعت و خشم خدایان برانسان دانسته است. اما در واقع آنچه که در اثر زلزله به انسان آسیب می‌رساند شدت زلزله نبوده بلکه این مصالح ساختمانی است که با ریختن بر روی سرو صورت مردم آنها را مجروح و یا از بین می‌برد. نیاز به مصالح سبک و در عین حال مستحکم از ضرورت‌های خانه‌سازی صنعتی می‌باشد. پانل‌ها و صفحات چوب و یا الیاف سیمان یا فراورده‌های کامپوزیتی با اتصال معدنی یکی از مصالحی است که می‌تواند این نیاز را پاسخگو باشد. توسعه فناوری پانل‌های چوب سیمان در هر منطقه به قابلیت در تأمین مواد اولیه موردنیاز آن یعنی چوب یا همانطور که در این تحقیق بررسی شده روزنامه باطله که در واقع همان مواد لیگنوسلولزی است و سیمان مربوط می‌شود. در این زمینه نیز تحقیقات چندی در ایران صورت گرفته که به برخی از آنها اشاره می‌گردد.

Sedan و همکاران (۲۰۰۸)، در بررسی خواص مکانیکی سیمان تقویت‌شده با الیاف شاهدانه بیان کردند که با افزودن الیاف تا ۱۶٪، باعث افزایش مقاومت خمشی و همزمان تیمار قلیایی الیاف باعث بهبود مقاومت خمشی و بهبود چسبندگی شبکه سیمان - الیاف شده است.

Abdolalisarbandi و همکاران (۲۰۱۲)، در پژوهشی اثر مقادیر مختلف نانو سیلیس و الیاف باگاس بر مقاومت خمشی و ویژگی‌های فیزیکی چندسازه الیاف- سیمان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنان نشان داد که میزان نانو سیلیس و الیاف باگاس بر روی مقاومت خمشی و سایر ویژگی‌های فیزیکی تأثیر معنی‌داری دارد. مقاومت خمشی تخته‌ها با افزودن الیاف باگاس تا ۴ درصد نسبت به جرم سیمان افزایش یافته و بیشتر از ۴ درصد کاهش می‌یابد.

Golbabaei و همکاران (۲۰۱۳)، به بررسی ویژگی‌های چوب سیمان تهیه‌شده از پسماندهای گیاهان کشاورزی پرداختند. در این تحقیق تخته‌های ساخته‌شده با کلش برنج، کاه گندم و ساقه پنبه به‌عنوان عوامل متغیر و تخته سیمان با خرده چوب صنوبر به‌عنوان شاهد مورد توجه قرار گرفت. نتایج حکایت از آن داشت که تخته چوب سیمان ساخته‌شده با خرده چوب صنوبر در مقایسه با تخته‌های ساخته‌شده با ساقه پنبه، کاه گندم و کلش برنج خصوصیات خمشی بهتری دارند.

Hassanpoor و همکاران (۲۰۱۵) نتایج تحقیق نشان می‌دهد که چسبندگی داخلی و مقاومت فشاری در تخته حاوی نانو ولاستونیت در مقایسه با تخته‌های فاقد نانو افزایش یافته است، به‌طوری‌که بیشترین چسبندگی داخلی (۱/۶Mpa) و مقاومت فشاری (۱۰/۸۵Mpa) مربوط به تخته‌های حاوی ۱۰ درصد الیاف کرافت و ۶ درصد نانو ولاستونیت می‌باشد.

Sobhani و Khorami (۲۰۱۳)، جایگزینی الیاف آزبست را با سه نوع الیاف باگاس، ساقه گندم و اکالیپتوس در چندسازه فیبر- سیمان مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق الیاف پسماند گیاهان کشاورزی سبب بهبود خواص خمشی و جذب انرژی شده است.

همچنین در تحقیق دیگری توسط Fernandez و Taja (۲۰۰۰) از نسبت‌های سیمان به کاه برنج ۶۰ به ۴۰ و ۵۰ به ۵۰ برای ساخت چندسازه الیاف-سیمان استفاده کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که تخته‌های ساخته‌شده با نسبت ۶۰:۴۰ سیمان به کاه برنج کمترین مقدار واکشیدگی ضخامت و بیشترین مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته را داشتند. Ashori و همکاران (۲۰۱۱)، تأثیر مخلوط دو گونه چوبی (اکالیپتوس و صنوبر) را بر خواص مکانیکی و حرارت هیدراتاسیون تخته‌های پشم چوب سیمان مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که گونه چوبی صنوبر سازگاری بهتری با ماتریس سیمان دارد و با افزایش نسبت صنوبر به اکالیپتوس حرارت هیدراتاسیون سیمان افزایش و خواص مکانیکی تخته‌های ساخته شده بهبود می‌یابد.

Torkaman و همکاران (۲۰۱۴)، به بررسی استفاده از الیاف ضایعاتی چوب و خاکستر پوست برنج در بلوک‌های بتنی سبک پرداختند. نتایج مورد بررسی نشان داد که استفاده از خاکستر سبوس برنج به‌عنوان پسماند کشاورزی موجب بهبود خواص بلوک‌های ساخته‌شده می‌شود.

ساخت چندسازه چوب سیمان با استفاده از چوب‌آلات کاج تیمار شده به آرسنات، مس و کروم (CCA) توسط Wolfe و Gjinolli در سال ۱۹۹۹ مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق به‌منظور کاهش زمان گیرایی سیمان و رسیدن به مقاومت‌های بالا در زمان‌های اولیه سخت شدن از سیمان پرتلند نوع ۳ استفاده شد. نتایج نشان داد که محصول ساخته شده دوام موردنظر را برای برنامه‌های ساخت‌وساز و دوره‌های ذوب و انجماد دارد.

Pehanich و همکاران (۲۰۰۴) به بررسی اثر تیمارهای مختلف (سیلیکات سدیم، سیلیکات پتاسیم و سیلان) روی الیاف کاغذ روزنامه و کرافت رنگ‌بری نشده در ساخت چندسازه الیاف سیمان ساخته شده با سیمان پرتلند نوع ۳ پرداختند. نتایج بیان کرد که تیمار الیاف توسط این مواد شیمیایی سبب بهبود ویژگی‌های مکانیکی چندسازه ساخته‌شده می‌شود.

Sorn و همکاران (۲۰۰۳) در تحقیقی تحت عنوان چند سازه‌های سیمانی تقویت شده با الیاف به روش اکستروژدی برای ساختمانهای مسکونی، بیان کردند که تکنولوژی جدید اکستروژن برای تولید چندسازه‌های سیمانی تقویت شده با الیاف کارایی بالایی دارند و می‌توان بوسیله این روش تخته‌هایی با دوام بیشتر، هزینه نگهداری کمتر، ایمنی بیشتر، مقاومت در برابر خطرات محیطی بهبود یافته تولید کرد.

Jenifer و همکاران (۲۰۰۳) در بررسی اثر تیمار سطحی الیاف کاغذ روزنامه باطله و خمیر کرافت رنگ‌بری شده با سیلیکات سدیم، پتاسیم، روی خصوصیات مکانیکی چند سازه‌های الیاف - سیمان دریافتند که تیمار شیمیایی الیاف قبل از ساخت چند سازه باعث بهبود مقاومت فشاری و خمشی چند سازه می‌شود.

Stevulova و همکاران (۲۰۱۶) چگالی هر کامپوزیت با فیبر در یک محدوده باریک (۱۹۶۸-۱۹۲۱ کیلوگرم / M3 در ۲٪ و ۵٪ جایگزینی پرکننده) بررسی شد. کائوچو و مواد مرکب با بازیافتی الیاف کاغذ از ضایعات شخصیت افزایش در ارزش های مقاومت خمشی تا ۱۴٫۹ درصد در مقایسه با خمیر چوب به حال نمونه ملات. مقاومت فشاری کامپوزیت با ۲٪ از جایگزینی پرکننده به ۱۸ مگاپاسکال رسیده است. با این حال، ۵٪ جایگزینی پرکننده باعث کاهش ارزش مقاومت فشاری ۷/۵٪ در مقایسه با نمونه های حاوی خمیر چوب پس از ۲۸ روز از سخت شدن شده است

Ashori و همکاران (۲۰۱۱) در این مطالعه، اثر تقویت کاغذهای روزنامه بازیافت (RNP) در مخلوط سیمان بررسی شده است. تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که تفاوت بین مقادیر میانگین RNP و $CaCl_2$ محتویات در میان هر یک از گروه

درمان) در مقایسه معنی دار بوده است. نتایج آزمون نشان داد که CaCl_2 باعث افزایش خواص مکانیکی و فیزیکی محصول می‌شود. تمام خواص محصول با افزایش CaCl_2 از ۳٪ به ۵٪ افزایش یافته است. پارگی و مدول الاستیسیته محصول با افزایش مقدار RNP، حداکثر میزان بهبودی در اثر افزایش ۱۰٪ الیاف به دست آمد. همچنین نتایج نشان داد با افزایش الیاف بطور قابل توجهی میزان جذب آب افزایش یافته و واکنشیدگی ضخامت رخ داده است. افزایش فیبر RNP از ۱۰٪ تا ۲۰٪ هر دو خواص مکانیکی و فیزیکی، بطور قابل توجهی کاهش می‌یابد. شرایط بهینه به دست آمد هنگامی که محتویات RNP و CaCl_2 ۱۰٪ و ۵٪ بود.

۲. مواد اولیه

۲-۱-سیمان

سیمان‌ها مواد چسبنده‌ای هستند که قابلیت چسباندن ذرات به یکدیگر و بوجود آوردن جسم یک پارچه از ذرات متشکله را دارند. سیمان در بتن کاربرد دارد و وظیفه آن صرفاً چسباندن دانه‌ها به یکدیگر است و به خودی خود تاثیری در مقاومت و باربری ندارد. از این رو بتن خوب بتنی است که وقتی نمونه‌ای از آن شکسته شود، دانه‌های سنگی آن از وسط شکسته شده و سیمان‌ها پاره نشود. سیمان‌ها دارای ریشه آهکی می‌باشند. به عبارت دیگر ماده اصلی تشکیل دهنده آنها آهک و ماده اولیه اصلی آنها سنگ آهک است. بنابراین اساس سیمان ترکیبی است از اکسید کلسیم (آهک) با سایر اکسیدها نظیر اکسید آلومینیوم، اکسید سیلیسیم، اکسید آهن، اکسید منیزیم و اکسیدهای قلیایی که میل ترکیب با آب داشته و در مجاورت هوا و در زیر آب به مرور سخت می‌گردد و دارای مقاومت می‌شود. این سیمان تا حدی کندگیر بوده و تا حدی در مقابل حمله‌ی سولفات‌ها مقاوم است. در نتیجه برای ساختن کانالهای فاضلاب و غیره مناسب است. درجه حرارت تولید شده‌ی این نوع سیمان نسبت به سیمان نوع یک کمتر است در نتیجه برای بتن‌ریزی در هوای گرم مناسب است. مصرف این نوع سیمان برای سازه‌هایی که مورد حمله شدید سولفات‌ها هستند مجاز نیست. (سیمان مصرفی در بدنه اصلی برج میلاد از نوع ۲ است به اضافه‌ی مواد افزودنی شامل روان کننده، دیرگیرکننده و مواد هوازا) برای ساخت این نوع سیمان سعی می‌شود تا حد ممکن از مقدار S_2C و A_2C کاسته و بر مقدار S_2C بیفزاید.

۲-۲-روزنامه باطله

کاغذ روزنامه بطور معمول از مخلوطی از خمیر کاغذ مکانیکی و پر بازده سوزنی برگان (برای تأمین ویژگی‌هایی مانند بالک، ماتی و چاپ پذیری) و خمیر شیمیایی الیاف بلند رنگبری شده یا نیمه رنگبری شده (برای تأمین مقاوم تها ی لازم) تولید می‌گردد. در کشورهای فاقد چوب سوزنی برگان، کاغذ روزنامه عمدتاً بر پایه تولید خمیر کاغذ

پربازده CTMP و CMP چوب پهن برگان بومی و واردات خمیر شیمیایی الیاف بلند ساخته می شود که به عنوان مثال می توان به تولید کاغذ روزنامه در صنایع چوب و کاغذ مازندران که تنها تولید کننده کاغذ روزنامه در کشورما است، اشاره نمود. در این کشورها تأمین چوب مورد نیاز بدلیل تخریب و کاهش سطح جنگلها و عدم توسعه جنگلک اریها و نیز تأمین ارز مورد نیاز برای واردات خمیر کاغذ شیمیایی الیاف بلند، با محدودیت هایی مواجهه است . با عنایت به توسعه کشت نیشکر در جنوب ایران و با توجه به نتایج مطالعات انجام شده در مقیاس جهانی در خصوص استفاده از باگاس در تولید کاغذ روزنامه، در این تحقیق که برای اولین بار در ایران انجام شده است، امکان استفاده از خمیر شیمیایی باگاس در ترکیب خمیر کاغذ CMP چوب پهن برگان برای تولید کاغذ روزنامه در مقیاس آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت. خمیر کاغذ شیمیایی سودای باگاس با بازده حدود ۴۷٪ (تهیه شده در شرایط بهینه تولید در آزمایشگاه) تا شفافیت حدود ۶۰٪ با یک مرحله پراکسید هیدروژن رنگبری گردید و تاثیر درجات مختلف اختلاط تا ۳۰٪ آن در تولید شده در صنایع چوب و کاغذ مازندران (با و بدون استفاده از خمیر الیاف بلند وارداتی CMP) ترکیب خمیر بر روی ویژگی های کاغذ حاصله بررسی شد. نتایج حاصله نشان داده است که کاغذ حاصل از اختلاط تا ۳۰٪ خمیر کاغذ شیمیایی باگاس در ترکیب با خمیر کاغذ CMP پهن برگان در محدوده قابل قبول خصوصیات فیزیکی و نوری، دارای ویژگی های مقاومتی بهتر و مطلوب تر از ترکیب اصلی کارخانه (۸۳٪ خمیر کاغذ CMP پهن برگان و ۱۷٪ خمیر الیاف بلند وارداتی) بوده است. به عبارت دیگر، در صورت استفاده از خمیر شیمیایی باگاس در ترکیب خمیر CMP پهن برگان، ضمن تولید کاغذ روزنامه قابل قبول، در مصرف خمیر کاغذ CMP و در نتیجه مصرف چوب پهن برگان و نیز در مصرف خمیر کاغذ شیمیایی الیاف بلند وارداتی کاهش و صرفه جوئی قابل توجهی ایجاد خواهد شد. کاغذ روزنامه، کاغذی ارزان قیمت است که به شکل رول و ورق یافت می شود . قدرت جذب بالا داشته و معمولا برای چاپ روزنامه با ماشین افست و لترپرس استفاده می شود.



۱- مراحل خیساندن روزنامه باطله و دفیبره کرده با دستگاه دفیبراتور

۳. روش تحقیق

در این مطالعه برای ساخت تخته های الیاف سیمان از سیمان پرتلند نوع ۲ به عنوان عامل اتصال دهنده و الیاف حاصل از بازیافت کاغذ روزنامه باطله به عنوان ماده اولیه و همچنین از کلرید کلسیم به عنوان تسریع کننده گیرایی سیمان استفاده شد. عوامل متغیر این تحقیق عبارتند: نسبت سیمان به الیاف در سه سطح (۹۰ به ۱۰ درصد، ۸۵ به ۱۵ درصد، ۸۰ به ۲۰ درصد و ۷۵ به ۲۵ درصد)، میزان کلرید کلسیم مصرفی در دو سطح (۳ و ۵ درصد) و بقیه عوامل برای همه تخته های تولیدی ثابت در نظر گرفته شد. با توجه به عوامل متغیر و سطوح مربوطه ۸ وضعیت ساخت حاصل شد که از هر وضعیت ۴ تکرار و در مجموع ۳۲ تخته ساخته شد.

در این تحقیق کاغذ روزنامه باطله در داخل ظرفی به مدت ۲۴ ساعت در آب غوطه ور گردید، سپس برای جداسازی الیاف کاغذ خیسانده شده، سپس با یک دفیپراتور صفحه ای الیاف از هم جداسازی شدند و پس از آن آبیگری الیاف بازیافتی بر روی توری های سیمی انجام شد و الیاف تا درصد خشکی مورد نیاز خشک گردید. بمنظور دفییره کردن الیاف که در اثر رطوبت بهم چسبیده شده اند از یک سیستم پنوماتیکی در داخل یک محفظه استفاده گردید در نتیجه الیاف از هم باز شدند در این مرحله ابتدا کلرید کلسیم در آب حل گردیده و محلول کلرید کلسیم و آب را با سیمان و سپس با درصد الیاف بر اساس مقدار مورد نظربه طور کامل با یکدیگر مخلوط گردید. برای تشکیل کیک، مخلوط تهیه شده در داخل قالب هایی (با ابعاد داخلی ۲۰cm×۲۰cm) ریخته شد. کیک آماده شده تا ضخامت ۱۵ میلیمتر پرس گردید نوع پرس سرد با دمای معمولی استفاده شد. پس از پرس تخته ها به مدت ۲۴ ساعت تحت شرایط قید گذاری شده باقی ماند. بعد از ۲۴ ساعت قیدها برداشته شده و جهت گیرایی نهایی تخته ها به مدت ۲۸ روز در اتاقک شیشه ای که می توان شرایط دما و رطوبت را در داخل آن کنترل کرد تحت دمای ۳۲ و رطوبت ۶۰ درصد قرار داده شد تا سیمان به گیرایی نهایی خود برسد.

۳-۱- تهیه نمونه های آزمونی

بعد از آماده سازی تخته ها و طی مراحل گیرای سیمان برای تهیه نمونه های آزمونی برای خمش استاتیک، واکشیدگی ضخامت، مقدار رطوبت و دانسیته بر اساس استاندارد DIN ۶۸۷۶۳ با یک اره گرد بریده شدند. بررسی آماری نتایج مربوط به ویژگیهای مکانیکی تخته های تیمارهای مختلف بوسیله آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی و با استفاده از تکنیک تجزیه واریانس مورد تجزیه و تحلیل واقع و توسط آزمون دانکن میانگین ها گروه بندی شدند.



۲- دفیبر کردن با سیستم پنوماتیکی باعث جدا شدن کامل الیاف از هم می شود



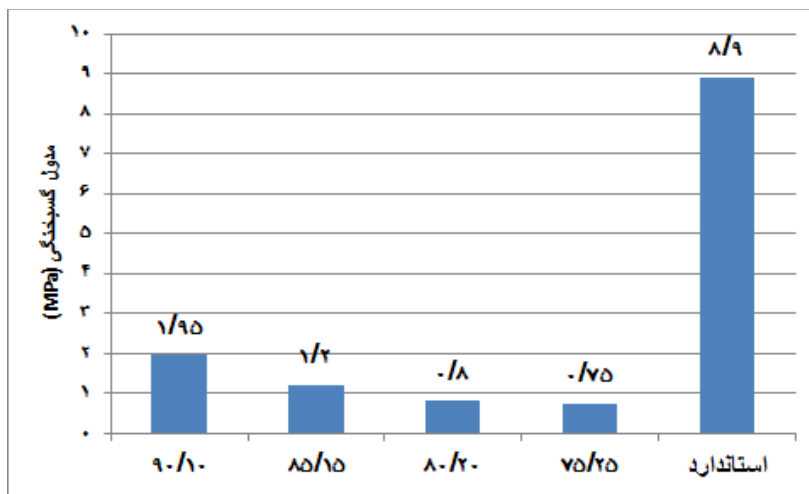
۳- مخزن شیشه‌ای با توانایی تنظیم شرایط رطوبتی و دما جهت رساندن نمونه ها به حداکثر گیرایی سیمان و نمونه ساخته شده

۴. نتایج

۴-۱- مقاومت خمشی

نتایج بدست آمده مورد آنالیز آماری قرار گرفت که نتایج آنالیز تجزیه واریانس مربوط به مدول گسیختگی تخته‌ها نشان داد که نسبت الیاف به سیمان در سطح اطمینان ۱٪ اثر معنی‌داری بر روی مدول گسیختگی تخته‌ها داشته است، به طوری که ملاحظه گردید که با ترکیب ۱۰٪ الیاف به ۹۰٪ وزنی سیمان تخته‌های ساخته شده دارای بیشترین مدول گسیختگی و به میزان ۱/۹۵ مگاپاسکال بوده‌اند. از یک طرف این‌که، سطح پایین الیاف با سطح بالای سیمان باعث افزایش اتصال‌دهنده سیمان پرتلند می‌گردد که مقدار بالاتر سیمان باعث افزایش فرآورده‌های هیدراتاسیون و رشد و توسعه بیشتر کریستال‌های سیمان در طول فرایند هیدراتاسیون در اطراف الیاف می‌گردد و منجر به اتصال بیشتر و قویتر بین الیاف و سیمان می‌شود (Moslemi, 1980). و در نهایت با ایجاد اتصال محکم‌تر و قویتر بین الیاف و سیمان مقاومت خمشی تخته افزایش یافته است. از طرف دیگر این‌که، همکشیدگی الیاف در هنگام خشک شدن و تمرکز تنش در سطح مشترک بین الیاف و سیمان در برگشت منجر به ایجاد ترکهای ریز می‌گردد که با افزایش مقدار الیاف این ترکها افزایش یافته و مقاومت‌ها کاهش می‌یابد. البته نتایج بدست‌آمده با نتایج دیگر محققان هم‌خوانی دارد.

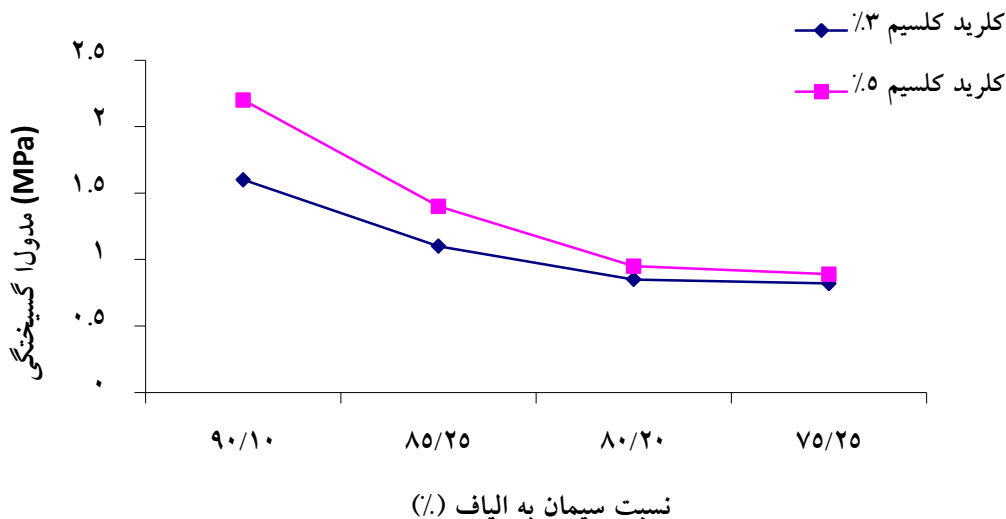
(Hang chan, 1988; Fernandez *et al.*, 1999; Madad-jo, 2002; Tabarsa *et al.*, 2012).



شکل ۱- اثر مستقل نسبت الیاف سیمان بر مدول گسیختگی

اثر میزان کلریدکلسیم بر مقاومت خمشی با توجه به آنالیز آماری مقدار ۳ درصد کلریدکلسیم اثر معنی‌داری بر مدول گسیختگی تخته‌ها داشته است، به طوری که مقدار مدول گسیختگی تخته‌های ساخته شده با مصرف ۳ درصد کلریدکلسیم ۱/۳۲ مگاپاسکال بوده است و هنگامی که کلریدکلسیم به ۵ درصد افزایش پیدا کرد مقاومت خمشی به ۱/۶۸ مگاپاسکال افزایش یافت.

با بررسی نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل‌های آماری مشخص شد که تأثیر متقابل نسبت الیاف سیمان و میزان کلریدکلسیم اثر معنی‌داری روی مدول گسیختگی تخته‌ها ندارد. اگرچه اثر متقابل عوامل متغیر بر مدول گسیختگی تخته‌ها معنی‌دار نمی‌باشد اما همان طور که در شکل ۲ ملاحظه می‌شود در سطوح ثابت نسبت الیاف سیمان افزایش



شکل ۲- اثر متقابل نسبت سیمان به الیاف و میزان مواد افزودنی بر مدول گسیختگی

مقدار کلریدکلسیم از سطح ۳ درصد به ۵ درصد باعث بهبود مدول گسیختگی تخته‌ها گردیده است. به طوری در نسبت سیمان الیاف ۹۰ به ۱۰ با افزایش کلریدکلسیم مصرفی در تخته مدول گسیختگی از ۱/۶۳ مگاپاسکال به ۲/۱۴ مگاپاسکال افزایش یافته است. همچنین این شکل نشان می‌دهد که افزایش مواد افزودنی تا حدودی اثر منفی افزایش الیاف را کاهش می‌دهد. شاید بتوان علت معنی‌دار نبودن اثر متقابل الیاف، سیمان و مواد افزودنی بر تخته‌ها را به عواملی از قبیل عدم یکنواختی پراکنش الیاف در تخته، اختلاط مناسب سیمان با الیاف نسبت داد.

۵. بحث

در این تحقیق که از الیاف بازیافتی کاغذ روزنامه باطله به‌عنوان ماده اولیه در ساخت پانل‌های الیاف-سیمان استفاده شد، نتایج نشان داد که نسبت الیاف به سیمان اثر معنی‌داری بر روی مدول گسیختگی و واکنش‌دهی ضخامت تخته‌ها داشته است. همچنین همه خواص چند سازه الیاف-سیمان به طور قابل توجهی تحت تأثیر مقدار کلریدکلسیم قرار گرفته است و افزایش میزان کلریدکلسیم از سطح ۳ درصد به ۵ درصد باعث بهبود مدول گسیختگی و واکنش‌دهی ضخامت تخته‌ها شد. البته میزان بهینه ترکیب مواد خام برای تولید چندسازه‌های الیاف-سیمان در این مطالعه نسبت الیاف به سیمان ۱۰ به ۹۰ درصد و مقدار ۵ درصد کلریدکلسیم بوده است، اگرچه مدول گسیختگی این فرآورده‌ها نسبت به میزان استاندارد پایین است، اما با توجه به پایداری ابعادی بالای این فرآورده (کمتر از حد استاندارد) استفاده از این نوع فرآورده‌ها به منظور کاربرد در ساختمان به‌عنوان پوشش دیوارها، پشت‌بام و نماکاریها می‌توان توصیه نمود.

مراجع

- [1] ASTM, (1979). Standard method of the properties of wood base fiber and particle panel material USA.
- [2] Doosthosseini, K., (1996). Effect of material added on connection quality of Portland cement with populus particleboard, magazine of Iran Natural Resources 48 (47-58).in Persian
- [3] Doosthosseini, K., (2001). Wood composite materials, volume1 Publications of Tehran university (compilation).in Persian.
- [4] Fernandes, E c., and Delga do, (1999).Cement bonded board from waste water treatment sludge of recycle paper mill. Department of Forest Product and Paper Science in the University of New Brunswick.
- [5] Jenifer, (2003). Wood fiber surface treatment level effect on selected mechanical of wood fiber-cement composites. Forest Resources Laboratory.
- [6] Huang Chen , 1998.study on the manufacturing technology of cement bonded particle board using CCA-treated wood.
- [7] However, M., (2012), The fiber-cement panel manufacture using waste paper, thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
- [8] Kolofta, J.L. and Miler, M.L., (1994). Effect of deinking on the recycle potential of papermaking fibers, Pulp and Paper Canada, 95: 8. 41-49. (In Persian)
- [9] Tabarsa, T.1, Hossieni, M.^{1*}, Valizadeh, E., (2012). Effect of nano- wollastonite on microscopic, mechanical and physical properties of cement-wood fibers composite
- [10] Mirshokrai, A., (1995),Technology of pulp &paper (translation),volume 1&2,publication of Payamenoor university. in Persian
- [11] Mohr, B.j and K.L, Kurtis, (2003).Fiber cement composites for housing construction .Georgia institute of technology.
- [12] Moslemi, A., (1980). A new technique to classify the compatibility of wood with cement. Wood Science and Technology. Volume 24, Number 4, 345-354.
- [13] Stevulova, N., Hospodarova, V., Junak, J., (2016). Potential utilization of recycled waste paper fibres in cement CHEMINĚ TECHNOLOGIJA. 2016. Nr. 1(67)
- [14] Qixuate 2001, Effect of alkaline accelerator on cement composite properties. Faculty of Civil Engineering.
- [15] Younguist, J.A., (1997). Properties of composite panels. WOOD HANDBOOK. Printed in 1999 by the Forest Products Society FSP catalogue no. 7269. Page 10-26