فصلنامه علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۳۲، شماره ۳، صفحه ۴۶۱-۴۵۰ (۱۳۹۶)
شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/IJWPR.2017.110393.1404

امکان استفاده از روزنامه باطله در تولید آجر الیاف سیمان سبک

فرداد گلبابائی[1*]، امیر نوربخش[2]، ابوالفضل کارگرفرد[2] و رضا حاجی‌حسنی[3]

۱*_ نویسنده مسئول، کارشناس ارشد، بخش تحقیقات علوم چوب و فراورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران، پست الکترونیک: golbabaei.f@gmail.com

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 صنایع چوب وکاغذ، بخش تحقیقات علوم چوب و فراورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹۶

چکیده

در این تحقیق نقش تقویت الیاف روزنامه باطله در ساخت تخته‌سیمان مورد بررسی قرار گرفته است. این بررسی برای اعمال دو عامل متغیر یعنی الیاف روزنامه باطله و کلرید کلسیم طراحی شده است. تخته الیاف سیمان با دانسیته ۰/۷ کیلوگرم بر مترمکعب با استفاده از نسبت‌های الیاف/سیمان ۱۰:۹۰، ۱۵/۸۵، ۲۰/۸۰ و ۲۵/۷۵ و کلرید کلسیم با ۳٪ و ۵٪ به‌عنوان شتاب‌دهنده تولید و مورد بررسی قرار گرفت. تخته‌ها حداقل در چهار تکرار برای هر ترکیب از متغیرها ساخته شده و خواص مکانیکی و فیزیکی آنها مورد ارزیابی قرار گرفت. تجزیه‌وتحلیل آماری نشان داد که اثر مقدار الیاف روزنامه باطله و مقدار کلرید کلسیم در مدول گسیختگی و واکشیدگی در ۲۴ ساعت تخته الیاف سیمان‌های تولید شده در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده است. نتایج نشان داد که با افزایش مقدار کلریدکلسیم مقاومت به خمش استاتیک افزایش و واکشیدگی ضخامت کاهش می‌یابد. تمام خواص تخته الیاف سیمان‌ها با تغییر مقدار کلرید کلسیم از ۳٪ به ۵٪ بهبود یافته است. مدول گسیختگی و مدول‌الاستیسیته تخته‌ها با افزایش مقدار درصد الیاف روزنامه باطله کاهش می‌یابد و حداکثر مقدار آن در استفاده از ۱۰٪ الیاف روزنامه باطله به‌دست‌آمده است. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش میزان الیاف روزنامه باطله افزایش قابل‌توجهی در جذب آب و واکشیدگی الیاف در ضخامت رخ می‌دهد. افزایش میزان الیاف روزنامه باطله از ۱۰٪ به ۲۵٪ خواص مقئمت به خمش را کاهش و واکشیدگی ضخامتی را به میزان قابل‌توجهی افزایش می‌دهد. با بررسی نتایج به‌دست‌آمده مطلوب‌ترین شرایط هنگامی به دست می‌آید که مقدار الیاف روزنامه باطله و کلرید کلسیم به ترتیب ۱۰٪ و ۵٪ باشد.

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

مقدمه

نیاز به مصالح سبک و در عین‌حال 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

Archive of SID
www.SID.ir

مواجه‌اند، لزوم به‌کارگیری سایر منابع لیگنوسلولزی مانند مواد حاصل از پسماند گیاهان کشاورزی ضایعات و مانند روزنامه باطله در ساخت این‌گونه فراورده‌ها امری اجتناب‌ناپذیر است (Karade, 2010; Rowell, *et al.*, 1991).

البته تلاش بیشتر محققان در استفاده از این مواد و تولید مصالح سبک‌تر می‌باشد، به‌طوری‌که انسان در محیط زندگی خود با پدیده‌های طبیعی زیادی برخورد می‌کند که جلوی بروز برخی از آنها را نمی‌تواند بگیرد اما با بکار بردن برخی امکانات می‌تواند اثرات آنرا کمتر کند. 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 داغدار کردن انسان بوده است. به‌گونه‌ای که انسان چون خود را در مقابل آن عاجز و درمانده دیده، آن را به پدیده‌های ماوراء طبیعت و خشم خدایان بر انسان دانسته است؛ اما درواقع آنچه در اثر زلزله به انسان آسیب می‌رساند شدت زلزله نبوده بلکه این مصالح ساختمانی است که با ریختن بر روی سروصورت مردم آنها را مجروح و یا از بین می‌برد. نیاز به مصالح سبک و در عین‌حال 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 همانطورکه 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 انجام شده که به برخی از آنها اشاره می‌شود.

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 یافته است.

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) نشان دادند 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.

Khorami و همکاران (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 (۲۰۰۰) از نسبت‌های سیمان به کاه برنج ۶۰ به ۴۰ و۵۰ 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 مدول‌الاستیسیته را داشتند.

Archive of SID

www.SID.ir

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 آنان 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 آنان بیان کرد که تیمار الیاف توسط این مواد شیمیایی سبب بهبود ویژگی‌های مکانیکی چندسازه ساخته‌شده می‌شود.

Sorn و همکاران (۲۰۰۳) در تحقیقی با عنوان چندسازه‌های سیمانی تقویت‌شده با الیاف به روش اکسترودی برای ساختمان‌های مسکونی، بیان کردند که تکنولوژی جدید اکستروژن برای تولید چندسازه‌های سیمانی تقویت‌شده با الیاف کارآیی بالایی دارند و می‌توان به‌وسیله این روش تخته‌هایی با دوام بیشتر، هزینه نگهداری کمتر، ایمنی بیشتر و مقاومت در برابر خطرات محیطی بهبودیافته تولید کرد.

Jenifer و همکاران (۲۰۰۳) در بررسی اثر تیمارسطحی الیاف کاغذ روزنامه باطله و خمیر کرافت رنگ‌بری شده با سلیکات سدیم و پتاسیم روی خصوصیات مکانیکی چندسازه‌های الیاف – سیمان دریافتند که تیمار شیمیایی الیاف قبل از ساخت چندسازه باعث بهبود مقاومت فشاری و خمشی چندسازه می‌شود.

Stevulova و همکاران (۲۰۱۶) چگالی کامپوزیت با فیبر را تحت تاثیر جایگزینی پرکننده‌ها مورد بررسی قرارداده و گزارش نموده که مقاومت فشاری کامپوزیت با ۲٪ از جایگزینی پرکننده به ۱۸ مگاپاسکال می‌رسد.

Ashori و همکاران (۲۰۱۱) در این مطالعه، اثر الیاف کاغذهای روزنامه بازیافت در مخلوط سیمان را بررسی کردند. تجزیه‌وتحلیل آماری نشان داد که تفاوت بین مقادیر میانگین الیاف کاغذهای روزنامه بازیافت و CaCl2 در میان هریک از گروه‌های مورد مقایسه معنی‌دار بوده است. نتایج آزمون نشان داد که CaCl2 باعث افزایش خواص مکانیکی و فیزیکی محصول می‌شود. تمام خواص محصول با افزایش CaCl2 از ۳٪ به ۵٪ افزایش یافته است. پارگی و مدول‌الاستیسیته محصول با افزایش مقدار الیاف کاغذهای روزنامه بازیافی، حداکثر میزان خود را در اثر افزایش ۱۰٪ الیاف به‌دست آورد. افزایش الیاف به‌طور قابل‌توجهی میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت را افزایش داده است. البته افزایش الیاف کاغذهای بازیافتی روزنامه از ۱۰٪ تا ۲۰٪، بر هر دو خاصیت مکانیکی و فیزیکی را به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌دهد. بهترین شرایط ساخت در افزایش ۱۰٪ الیاف کاغذهای بازیافتی روزنامه و ۵٪ CaC12 بوده است.

مواد اولیه

سیمان

سیمان‌ها مواد چسبنده‌ای هستند که قابلیت چسباندن ذرات به یکدیگر و به‌وجود آوردن جسم یکپارچه از ذرات متشکله را دارند. سیمان در بتن کاربرد دارد و وظیفه آن فقط

Archive of SID
www.SID.ir

چسباندن دانه‌ها به یکدیگر است و به‌خودی‌خود تأثیری در مقاومت و باربری ندارد. ازاین‌رو 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. به‌عبارت‌دیگر ماده اصلی تشکیل‌دهنده آنها آهک و ماده اولیه اصلی آنها سنگ‌آهک است؛ بنابراین اساس سیمان ترکیبی است از اکسید کلسیم (آهک) با سایر اکسیدها مانند اکسید آلومینیوم، اکسید سیلیسیم، اکسید آهن، اکسید منیزیم و اکسیدهای قلیایی که میل ترکیب با آب داشته و در مجاورت هوا و در زیرآب به‌مرور سخت می‌گردد و دارای مقاومت می‌شود. این سیمان تا حدی کندگیر بوده و تا حدی در مقابل حمله سولفات‌ها مقاوم است. در نتیجه برای ساختن کانال‌های فاضلاب و غیره مناسب است. درجه حرارت تولیدشده 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 موردحمله شدید سولفات‌ها هستند مجاز نیست (سیمان مصرفی در بدنه اصلی برج میلاد از نوع ۲ است به‌اضافه مواد افزودنی شامل روان کننده، دیرگیرکننده و مواد هوازا). برای ساخت این نوع سیمان سعی می‌شود تا حد ممکن از مقدار S_3C و A_3C کاسته و بر مقدار S_2C افزوده شود.

روزنامه باطله

کاغذ روزنامه به‌طورمعمول از مخلوطی از خمیرکاغذ مکانیکی و پربازده سوزنی‌برگان (برای تأمین ویژگی‌هایی مانند بالک، ماتی و چاپ‌پذیری) و خمیر شیمیایی الیاف بلند رنگبری شده یا نیمه رنگبری شده (برای تأمین مقاومت‌های لازم) تولید می‌گردد. در کشورهای فاقد چوب سوزنی‌برگان، کاغذ روزنامه عمدتاً بر پایه تولید خمیرکاغذ پربازده CTMP و CMP چوب پهن‌برگان بومی و واردات خمیر شیمیایی الیاف بلند ساخته می‌شود که به‌عنوان‌مثال می‌توان به تولید کاغذ روزنامه در صنایع چوب و کاغذ مازندران که تنها تولیدکننده کاغذ روزنامه در کشور ماست، اشاره کرد. در این کشورها تأمین چوب موردنیاز به دلیل تخریب و کاهش سطح جنگل‌ها و عدم توسعه جنگل‌کاری‌ها و نیز تأمین ارز مورد نیاز برای واردات خمیرکاغذ شیمیایی الیاف بلند، با محدودیت‌هایی مواجه است.

با عنایت به توسعه کشت نیشکر در جنوب ایران و با توجه به نتایج مطالعات انجام‌شده در مقیاس جهانی در مورد استفاده از باگاس در تولید کاغذ روزنامه، در این تحقیق که برای اولین بار در ایران انجام‌شده است، امکان استفاده از خمیر شیمیایی باگاس در ترکیب خمیرکاغذ CMP چوب پهن‌برگان برای تولید کاغذ روزنامه در مقیاس آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داده است که کاغذ حاصل از اختلاط تا ۳۰٪ خمیرکاغذ شیمیایی باگاس در ترکیب با خمیرکاغذ CMP پهن‌برگان در محدوده قابل‌قبول خصوصیات فیزیکی و نوری، دارای ویژگی‌های مقاومتی بهتر و مطلوب‌تر از ترکیب اصلی کارخانه (۸۳٪ خمیرکاغذ CMP پهن‌برگان و ۱۷٪ خمیر الیاف بلند وارداتی) بوده است. به‌عبارت‌دیگر، در صورت استفاده از خمیر شیمیایی باگاس در ترکیب خمیر CMP پهن‌برگان، ضمن تولید کاغذ روزنامه قابل‌قبول، در مصرف خمیرکاغذ CMP و در نتیجه مصرف چوب پهن‌برگان و نیز در مصرف خمیرکاغذ شیمیایی الیاف بلند وارداتی کاهش و صرفه‌جویی قابل‌توجهی ایجاد خواهد شد. کاغذ روزنامه، کاغذی ارزان‌قیمت است که به‌شکل رول و ورق یافت می‌شود. قدرت جذب بالا داشته و معمولاً برای چاپ روزنامه با ماشین افست و لترپرس استفاده می‌شود.

روش‌ها

در این مطالعه برای ساخت تخته‌های الیاف سیمان از سیمان پرتلند نوع ۲ به‌عنوان عامل اتصال‌دهنده و الیاف حاصل از بازیافت کاغذ روزنامه باطله به عنوان ماده اولیه و همچنین از کلرید کلسیم به‌عنوان تسریع‌کننده گیرایی سیمان استفاده شد. عوامل متغیر این تحقیق

Archive of SID

www.SID.ir

شامل: 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 تخته‌های 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 درمجموع ۳۲ تخته ساخته شد.

شکل ۱- مراحل تهیه الیاف از روزنامه باطله

در این تحقیق کاغذ روزنامه باطله در داخل ظرفی به مدت ۲۴ ساعت در آب غوطه‌ور گردید، سپس برای جداسازی الیاف کاغذ خیس‌شده، آنگاه با یک دفیبراتور صفحه‌ای الیاف از هم جداسازی شدند و پس‌ازآن آبگیری الیاف بازیافتی بر روی توری‌های سیمی انجام شد و الیاف تا درصد خشکی مورد نیاز خشک گردید. به منظور دفیبره کردن الیاف که در اثر رطوبت بهم چسبیده شده‌اند از یک سیستم پنوماتیکی در داخل یک محفظه استفاده گردید، در نتیجه الیاف از هم بازشدند، در این مرحله ابتدا کلرید کلسیم در آب حل شده و محلول کلرید کلسیم و آب را با سیمان و بعد با درصد الیاف بر اساس مقدار مورد نظر به‌طور کامل با یکدیگر مخلوط شد. برای تشکیل کیک، مخلوط تهیه شده در داخل قالب‌هایی (با ابعاد داخلی ۲۰cm×۲۰cm) ریخته شد. کیک آماده شده در دو ضخامت ۱۵ و ۵۰ میلیمتر پرس گردید (نوع پرس سرد با دمای معمولی بود). پس از پرس تخته‌ها به مدت ۲۴ ساعت در شرایط قیدگذاری‌شده باقی ماند. بعد از ۲۴ ساعت قیدها برداشته شده و برای گیرایی نهایی تخته‌ها به مدت ۲۸ روز در اتاقک شیشه‌ای که می‌توان شرایط دما و رطوبت را در داخل آن کنترل کرد در دمای ۳۲ و رطوبت ۶۰ درصد قرار داده شد تا سیمان به گیرایی نهایی خود برسد.

تهیه نمونه‌های آزمونی

بعداز آماده‌سازی تخته‌ها و طی مراحل گیرایی سیمان، برای تهیه نمونه‌های آزمونی برای خمش استاتیک، واکشیدگی ضخامت، مقدار رطوبت و دانسیته بر

Archive
www.SID.ir

اساس استاندارد DIN ۶۸۷۶۳ با یک اره گرد بریده شدند. بررسی آماری نتایج مربوط به ویژگی‌های مکانیکی تخته‌های تیمارهای مختلف بوسیله آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی و با استفاده از تکنیک تجزیه واریانس مورد تجزیه‌وتحلیل واقع و توسط آزمون دانکن میانگین‌ها گروه‌بندی شدند.

نتایج

نمونه‌های آزمایشی با رعایت کلیه شرایط پیش‌بینی‌شده در اجرای طرح تحقیقاتی در تکرارهای در نظر گرفته‌شده تهیه گردید و برای رسیدن به استقامت لازم مدت ۲۸ روز در اتاق شیشه‌ای در شرایط رطوبت اشباع قرار داده شد و آزمایش مکانیکی خمش استاتیک بر روی نمونه‌ها انجام گردید.

شکل ۲- الیاف تهیه شده از روزنامه باطله

شکل ۳- مخزن شیشه‌ای با چرخش آب برای تأمین رطوبت اشباع

www.SID.ir

شکل۴- نمونه‌های آزمونی تهیه شده

مقاومت خمشی

نتایج به‌دست‌آمده مورد آنالیز آماری قرار گرفت که نتایج آنالیز تجزیه واریانس مربوط به مدول‌گسیختگی تخته‌ها نشان داد که نسبت الیاف به سیمان در سطح اطمینان ۱٪ اثر معنی‌داری بر روی مدول‌گسیختگی تخته‌ها داشته است، به‌طوری‌که ملاحظه شد که با ترکیب ۱۰٪ الیاف به ۹۰٪ وزنی سیمان تخته‌های ساخته شده دارای بیشترین مدول‌گسیختگی و به‌میزان ۱/۹۵ مگاپاسکال بوده‌اند. از یکسو اینکه سطح پایین الیاف با سطح بالای سیمان باعث افزایش اتصال‌دهنده سیمان پرتلند می‌گردد که مقدار بالاتر سیمان باعث افزایش فراورده‌های 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 درنهایت با ایجاد اتصال محکم‌تر و قوی‌تر بین الیاف و سیمان مقاومت خمشی تخته افزایش یافته است. از سوی 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).

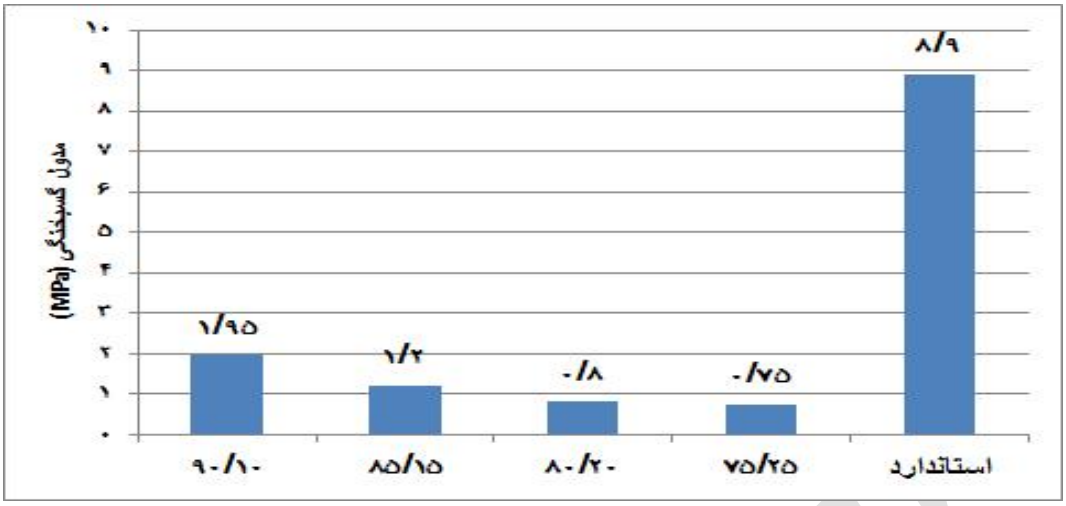
جدول ۱- تجزیه واریانس مربوط به مدول‌گسیختگی (MOR)

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	نسبت F	
اثر مستقل نسبت الیاف و سیمان (A)	۴/۴۴۱	۳	۱/۷۴۸	۵۲/۰۲۲	**
اثر مستقل مواد افزودنی (B)	۰/۳۲۱	۱	۰/۳۴	۱۰/۴۸	**
اثر متقابل نسبت الیاف با سیمان و مواد افزودنی (AB)	۰/۲۱۷	۳	۰/۰۶۶	۱/۲۸۹	NS
خطا	۰/۶۲۱	۱۴	۰/۴۳		
کل	۴۴/۵۴	۲۰			

*: معنی دار ۵٪ **: معنی دار ۱٪ NS : بی معنی

Archive of SID

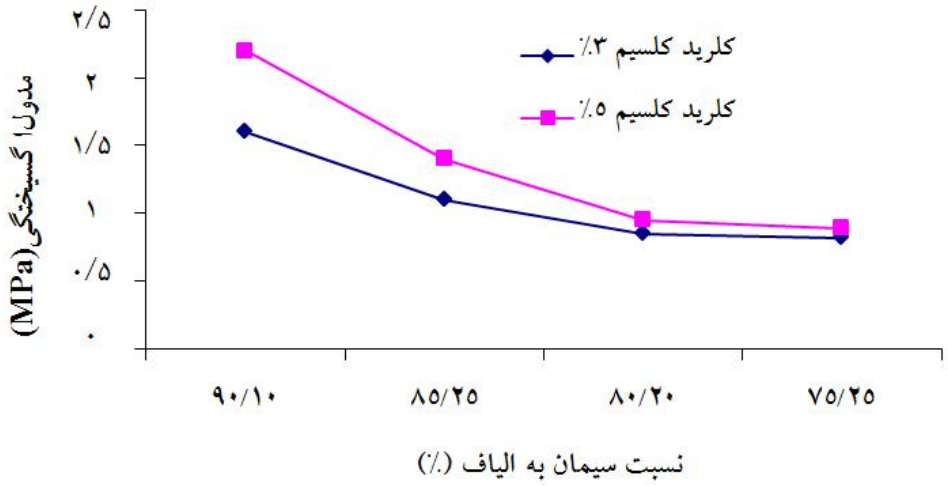
www.SID.ir



شکل ۵ – اثر مستقل نسبت الیاف سیمان بر مدول گسیختگی

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

با بررسی نتایج حاصل از تجزیه‌وتحلیل‌های آماری مشخص شد که تأثیر متقابل نسبت الیاف سیمان و میزان کلریدکلسیم اثر معنی‌داری روی مدول‌گسیختگی تخته‌ها ندارد. اگرچه اثر متقابل عوامل متغیر بر مدول‌گسیختگی تخته‌ها معنی‌دار نیست اما همان‌طور که در شکل ۶ ملاحظه می‌شود در سطوح ثابت نسبت الیاف سیمان افزایش مقدار کلریدکلسیم از سطح ۳ درصد به ۵



شکل ۶– اثر متقابل نسبت سیمان به الیاف و میزان مواد افزودنی بر مدول گسیختگی

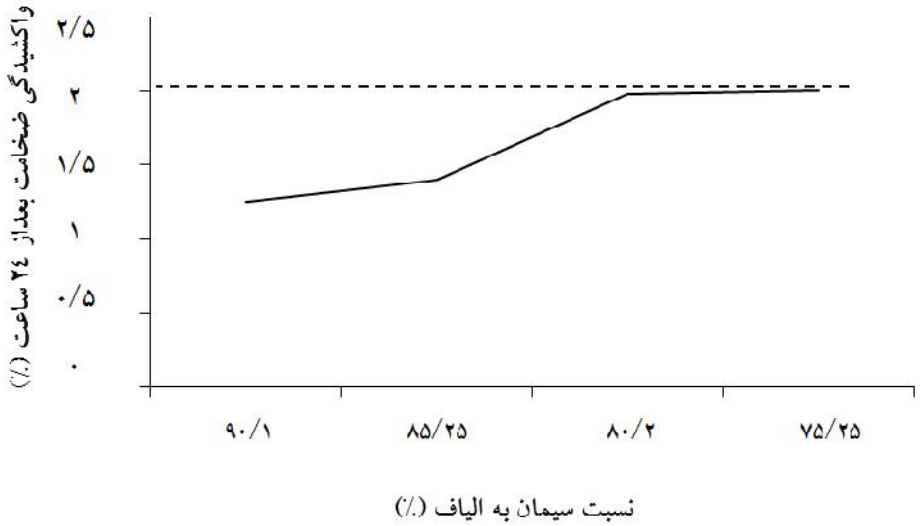
www.SID.ir

درصد باعث بهبود مدول‌گسیختگی تخته‌ها شده است. به‌طوری‌که در نسبت سیمان الیاف ۹۰ به ۱۰ با افزایش کلریدکلسیم مصرفی در تخته مدول‌گسیختگی 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. بنابراین 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 و اختلاط مناسب سیمان با الیاف نسبت داد.

خواص فیزیکی

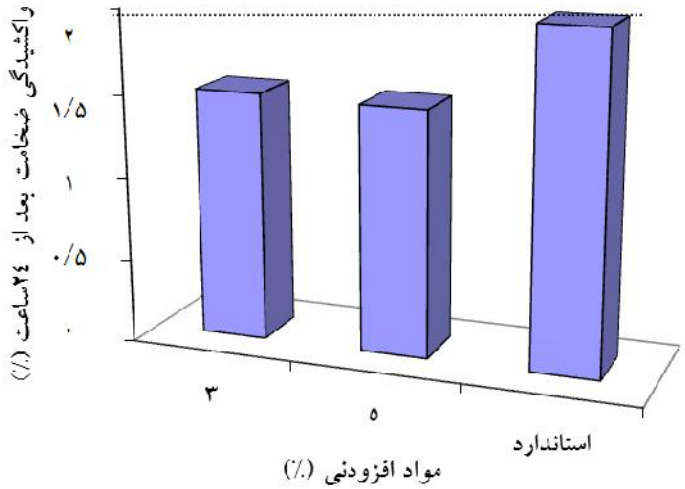
در بررسی اثر مستقل عوامل متغیر بر واکشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب، نتایج آنالیز آماری داده‌ها نشان داده که نسبت الیاف سیمان در سطح اطمینان ۱٪ اختلاف معنی‌داری بر روی واکشیدگی ضخامت تخته‌ها در ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب داشته است. همین‌طور که در شکل ۷ مشاهده می‌گردد کمترین مقدار واکشیدگی ضخامت حاصل از تخته‌های ساخته شده با نسبت سیمان به الیاف ۹۰ به ۱۰ درصد و به‌میزان ۱/۲ درصد می‌باشد. ازآنجایی‌که مقدار بالاتر سیمان باعث هم‌پوشانی مناسب الیاف توسط سیمان، محصول‌های هیدراسیون و ایجاد مانع محکم در برابر رسیدن آب به الیاف می‌شود، مقدار واکشیدگی ضخامت نسبت به سایر تخته‌ها کمتر می‌شود.

نتایج تجزیه‌وتحلیل‌های آماری بیانگر آن است که میزان کلریدکلسیم در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری بر روی واکشیدگی ضخامت تخته‌ها داشته است.



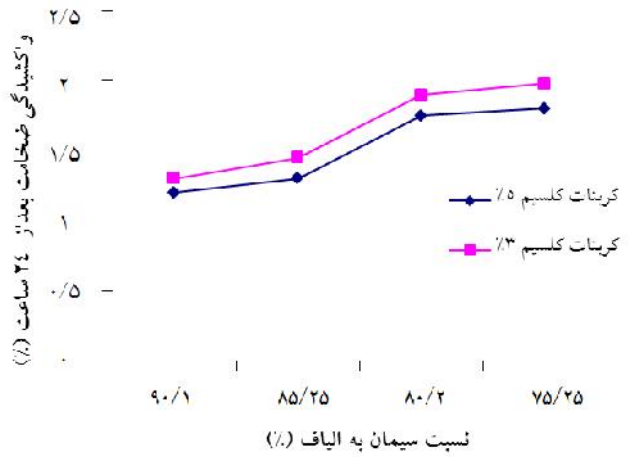
شکل ۷ – اثر مستقل نسبت سیمان به الیاف بر واکشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری

www.SID.ir



شکل ۸- اثر مستقل میزان مواد افزودنی بر واکشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری

همین‌طور که در شکل ۸ دیده می‌شود مقدار واکشیدگی ضخامتی تخته‌های ساخته شده با مصرف ۳ درصد کلریدکلسیم ۱/۵۳ درصد بوده است. به‌طوری‌که با افزایش کلریدکلسیم به ۵ درصد واکشیدگی ضخامتی به ۱/۴۵ درصد کاهش یافت. با بررسی نتایج حاصل از تجزیه واریانس درمی‌یابیم که تأثیر متقابل نسبت الیاف به سیمان و میزان کلریدکلسیم در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری نیست. به‌طوری‌که اثر متقابل نسبت الیاف سیمان و درصد مواد افزودنی بر روی واکشیدگی ضخامت تخته‌ها معنی‌دار نبوده است، اما در سطوح ثابت نسبت الیاف سیمان افزایش میزان مواد افزودنی با اثر بر روی گیرایی سیمان و خنثی کردن عوامل محدودکننده گیرایی اثر مثبت در کاهش میزان واکشیدگی ضخامت تخته‌ها داشته است (شکل ۹).



شکل ۹- اثر متقابل نسبت الیاف- سیمان و میزان مواد افزودنی بر واکشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری

Archive of SID

www.SID.ir

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 مدول‌گسیختگی و واکشیدگی ضخامت تخته‌ها داشته است. همچنین همه خواص چندسازه الیاف– سیمان به‌طور قابل‌توجهی تحت تأثیر مقدار کلریدکلسیم قرارگرفته است و افزایش میزان کلریدکلسیم از سطح ۳ درصد به ۵ درصد باعث بهبود مدول‌گسیختگی و واکشیدگی ضخامتی 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 مدول‌گسیختگی این فراورده‌ها نسبت به میزان استاندارد پایین است، اما با توجه به پایداری ابعادی بالای این فراورده (کمتر از حد استاندارد) استفاده از این نوع فراورده‌ها را به‌منظور کاربرد در ساختمان به‌عنوان پوشش دیوارها، پشت‌بام و نماکاری‌ها می‌توان توصیه کرد.

منابع مورد استفاده

-ASTM, 1979. Standard method of the properties of wood base fiber and particle panel material USA.

-Doosthosseini, K., 1996. Effect of material added on connection quality of Portland cement with populous particleboard, magazine of Iran Natural Resources 48 (47-58).in Persian

-Doosthoseini, K., 2001.Wood composite materials, volume1 Publications of Tehran university (compilation).in Persian.

-Fernandes, Ec., and Delgado, S., 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.

-Jenifer, e., 2003. Wood fiber surface treatment level effect on selected mechanical of wood fiber-cement composites. Forest Resources Laboratory.

-Huang Ch., 1998. Study on the manufacturing technology of cement bonded particle board using CCA-treated wood.

-However, M., 2012. The fiber-cement panel manufacture using waste paper, thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

-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)

-Tabarsa, T.1, Hossieni, M. and Valizadeh, E., 2012. Effect of nano- wollastonite on microscopic, mechanical and physical properties of cement-wood fibers composite

-Mirshokrai, A., 1995. Technology of pulp &paper (translation),volume 1&2,publication of Payamenoor university. in Persian

-Mohr, B.j. and Kurtis, K.L,2003. Fiber cement composites for housing construction.Georgia institute of technology.

-Moslemi, A., 1980. A new technique to classify the compatibility of wood with cement. Wood Science and Technology. Volume 24, Number 4, 345-354.

-Stevulova, N., Hospodarova, V. and Junak, J., 2016 Potential utilization of recycled waste paper fibres in cement CHEMINĖ TECHNOLOGIJA. 2016. Nr. 1(67)

- Qixuate, 2001, Effect of alkaline accelerator on cement composite properties. Faculty of Civil Engineering.

-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

Archive of SID

www.SID.ir

Investigation on the properties of cement-fiber board produced using waste newsprint

F. Golbabaei[1*], A. Nourbakhsh[2], A. Kargarfard[2] and R. Hajihassani[3]

1*-Corresponding author, M.Sc., Wood and forest products division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran, Email:golbabaei.f@gmail.com
2-Associate Prof., Wood and forest products division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
3-PhD., Wood and Paper Science, Wood and forest products division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: April, 2017 Accepted: Sep., 2017

Abstract

In this study, the reinforcing effect of recycled newsprint paper (RNP) in cement boards has been investigated. The experiment was designed to apply two variable factors, RNP and calcium chloride ($CaCl_2$). Cement-fiber boards with the density of 0.7 kg/m3 were manufactured using fiber/cement ratios of 10:90, 15:85, 20:80 and 25:75 (w/w) and 3% and 5% $CaCl_2$ as accelerator. Minimum four boards (replications) were fabricated for each combination of variables, and the mechanical and physical properties of the boards were evaluated. The statistical analysis showed that the effect of the RNP and $CaCl_2$ contents on modulus of rupture of cement fiber boards were significant at 1% significant level. The results showed that addition of $CaCl_2$ enhanced the mechanical properties of the boards. All properties of the boards were improved as the $CaCl_2$ content was increased from 3% to 5%. The modulus of rupture and modulus of elasticity of the boards decreased with addition of RNP, and the maximum values were obtained at RNP loading of 10%. The results also showed that as the fiber content was increased, significant increase in water absorption and thickness swelling occurred. Increasing RNP fiber content from 10% to 25% reduced both the mechanical and physical properties considerably. The optimum condition was obtained when the RNP and $CaCl_2$ contents were 10% and 5%, respectively.

Keywords: Fiber cement, waste paper, calcium chloride.

Archive of SID

www.SID.ir