

بررسی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی پانلهای الیاف-سیمان ساخته شده از کاغذ باطله

تقی طبرسا^۱، سیدمحمدحسینی^{۲*} و ایمان ولی‌زاده^۳

۱- دانشیار دانشکده چوب و جنگل دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری، دانشکده چوب و جنگل دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

پست الکترونیک: Qwe.hosseini@yahoo.com

۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشکده چوب و جنگل دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۰

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۰

چکیده

در این مطالعه، امکان استفاده از کاغذ روزنامه باطله در ساخت پانلهای الیاف-سیمان مورد بررسی قرار گرفته است. عوامل متغیر در این بررسی شامل نسبت الیاف به سیمان در سه سطح (۹۰ به ۱۰ درصد، ۸۵ به ۱۵ درصد و ۸۰ به ۲۰ درصد)، میزان کلرید کلسیم به عنوان ماده افزودنی تسریع‌کننده گیرایی در دو سطح (۳ و ۵ درصد) براساس وزن خشک سیمان در نظر گرفته شدند. پس از ساخت تخته‌ها، مدول گسیختگی و میزان واکنش‌پذیری ضخامت طبق استاندارد DIN ۶۸۷۶۳ ارزیابی شد. نتایج این بررسی نشان داد که تخته‌های ساخته شده با نسبت سیمان به الیاف ۹۰ به ۱۰ با مصرف ۵ درصد کلرید کلسیم دارای بیشترین مقاومت خمشی و کمترین میزان واکنش‌پذیری ضخامت در ۲۴ ساعت غوطه‌وری بوده‌اند.

واژه‌های کلیدی: کاغذ باطله، فرآورده الیاف-سیمان، کلرید کلسیم.

مقدمه

مقایسه با سایر چندسازه‌های چوبی با اتصال‌دهنده‌های چسب‌های مصنوعی دارای پایداری ابعادی بهتر، مقاومت بیشتر در برابر آتش، مقاومت بالاتر در برابر حمله قارچ‌ها می‌باشند و همچنین انتشار گاز فرمالدئید مضر برای انسان را نیز بر خلاف چسب‌های مصنوعی به همراه ندارند. از دیگر فواید بسیار مهم این فرآورده‌ها امکان استفاده از ضایعات کاغذ باطله در تولید اینچنین فرآورده‌ها است. با توجه به کاهش شدید سطح جنگلهای کشور و مشکلات زیست‌محیطی و اقتصادی حاصل، شاید بتوان الیاف

با رشد فزاینده جمعیت، توسعه صنعتی و تکامل جوامع انسانی تقاضا برای محصول‌های متنوع چوبی در کشور روزافزون می‌باشد. با توجه به کمبود منابع سلولزی در کشور، برای پاسخ به این تقاضای فزاینده، تولید فرآورده‌های چوبی متنوع و جدید با خواص کاربردی بهتر و عمر مصرف بیشتر امری اجتناب‌ناپذیر است. چندسازه‌های با اتصال سیمانی نظیر پانلهای الیاف-سیمان از جمله فرآورده‌های ساختمانی هستند که در

بازیافتی حاصل از بازیافت کاغذ روزنامه باطله که به علت مصرف موقت و عدم بازیافت کامل آن بخش قابل توجهی از ضایعات کشور را به خود اختصاص می‌دهد به‌عنوان ماده اولیه در ساخت پانل‌های الیاف-سیمان مورد استفاده قرار داد. یکی از مسائل حائز اهمیت در مورد خواص کاربردی چندسازه‌های الیاف سیمان مسئله مربوط به گیرایی سیمان است که در طی واکنش‌های شیمیایی موسوم به هیدراتاسیون ارزیابی می‌گردد. عوامل زیادی از قبیل فرایندهای خمیرسازی، تکنیک‌های ساخت، رنگبری الیاف، نسبت الیاف به سیمان و میزان مواد افزودنی به‌عنوان تسریع‌کننده گیرایی و محدودکننده اثرهای منفی ترکیب‌های چوب بر میزان گیرایی سیمان (دوست حسینی و همکاران، ۱۹۹۶) و نهایتاً خواص نهایی فرآورده مؤثرند. بدین منظور این مطالعه علاوه بر بررسی امکان استفاده از الیاف کاغذ روزنامه باطله، اثر نسبت الیاف به سیمان و میزان کلریدکلسیم به‌عنوان مؤثرترین ماده افزودنی تسریع‌کننده گیرایی (دوست حسینی و همکاران، ۱۹۹۶) بر خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه‌های الیاف سیمان مورد بررسی قرار گرفته است. در این راستا دوست حسینی و همکاران (۱۹۹۶) در بررسی اثر کلریدکلسیم بر خواص تخته‌های چوب سیمان از گونه صنوبر دریافتند که افزایش کلرید کلسیم از ۳ به ۵ درصد باعث بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها می‌گردد.

یانکووست و همکاران در سال ۱۹۹۷ در بررسی خصوصیات کلی کمپوزیتهای چوب سیمان با استفاده از excelsior میزان مقاومت خمشی را ۵/۵ مگاپاسکال بدست آوردند.

فرناندز و همکاران در سال ۱۹۹۹ در بررسی امکان استفاده از لجن کارخانه‌های استفاده‌کننده از کاغذ باطله

دریافتند که افزایش نسبت سیمان به الیاف از نسبت ۵۰/۵۰ درصد به ۶۰/۴۰ درصد باعث افزایش مدول گسیختگی و کاهش واکنشیدگی ضخامت تخته‌ها می‌گردد. کیوایکسو در سال ۲۰۰۱ اثر شتاب‌دهنده‌های قلیایی بر روی خواص سیمان را مورد بررسی قرار داد در این تحقیق از سیمان پرتلند نوع ۱ و ۸-۰ درصد شتاب‌دهنده قلیایی آلومینات سدیم و خمیرسیمان با نسبت ۵۰/۵۰ استفاده شد و نتایج آزمایش و اندازه‌گیری مقاومت‌های مکانیکی به روش التراسونیک نشان داد که استفاده از شتاب‌دهنده‌های قلیایی حتی با مقدار کم (۳درصد) زمان گیرایی سیمان را به طور مؤثری به چندین دقیقه کاهش می‌دهد.

مدجو و همکاران در سال ۲۰۰۲ به بررسی امکان استفاده از مخلوط خاک، سیمان و باگاس برای ساخت چندسازه الیاف سیمان پرداختند و اقدام به ساخت تخته‌ها با شرایط ساخت ۱۵۰ گرم خاک، ۱۰ درصد سیمان براساس وزن خاک و ۱۰ درصد باگاس تیمار شده با آب گرم برای حذف قندها و ۱۵۰ گرم خاک با ۱۰ درصد سیمان براساس وزن خاک و ۱۰ درصد الیاف باگاس تیمار نشده نمودند. نتایج نشان داد که PH سوسپانسیون همراه با باگاس تیمار شده بعد از ۱۵ دقیقه ۱۲/۰۱ بوده و باگاس تیمار شده هیچ تأثیر معکوسی بر روی هیدراتاسیون سیمان نداشته است، اما PH سوسپانسیون همراه با باگاس تیمار نشده در حدود ۱۱/۸ بوده و به مقدار کمی بر روی هیدراتاسیون سیمان اثر معکوس داشته است.

همچنین آنها در همان سال در بررسی امکان ساخت تخته‌ها از تفاله نیشکر و سیمان در ۳ سطح (۱۰، ۱۵ و ۳۰ درصد) باگاس به این نتیجه رسیدند که با افزایش مقدار باگاس از سطح بالای ۱۰ درصد مقاومت فشاری تخته‌ها کاهش می‌یابد.

کاغذ روزنامه باطله در اندازه‌های کوچک بریده شد. کاغذهای خرد شده به مدت ۲۴ ساعت در آب غوطه‌ور گردید، سپس برای جداسازی الیاف کاغذ خیس‌انده شده، ابتدا بوسیله مخلوط‌کن آزمایشگاهی همزده شد. پس از آن جهت تکمیل عمل خمیرسازی و جداسازی کامل الیاف از یکدیگر سوسپانسیون الیاف مجدداً بوسیله ری‌فاینر آزمایشگاهی (PFI Mill) پالایش گردید. پس از آن آگیری الیاف بازیافتی بر روی توری‌های سیمی انجام شد و الیاف تا درصد خشکی مورد نیاز خشک گردید. ابتدا کلریدکلسیم در آب حل گردیده و محلول کلریدکلسیم بر روی الیاف بازیافتی اسپری شد. پس از آن سیمان پرتلند نوع ۱ با الیاف بازیافتی براساس مقدار مورد نظر به طور کامل با یکدیگر مخلوط گردید. برای تشکیل کیک، مخلوط تهیه شده در داخل قالب‌هایی (با ابعاد داخلی ۴۰cm×۴۰cm) ریخته شد. بعد از تشکیل کیک قالب‌ها برداشته شده و شابلون‌هایی به ضخامت ۱۵mm در دو طرف کیک قرار داده شد و کیک آماده شده تا ضخامت ۱۵ میلیمتر پرس گردید (فشار پرس ۲ مگاپاسکال، پرس سرد با دمای معمولی، سرعت بسته شدن پرس ۴/۵ میلیمتر بر ثانیه و به مدت ۳ دقیقه). پس از پرس تخته‌ها به مدت ۲۴ ساعت در شرایط قیدگذاری شده باقی‌ماند. بعد از ۲۴ ساعت قیدها برداشته شده و برای گیرایی نهایی تخته‌ها به مدت ۲۸ روز در اتاق کلیماتیزه (دما ۲۳ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی محیط ۵۰ درصد) قرار داده شدند.

تهیه نمونه های آزمونی

تخته‌ها برای تهیه نمونه‌های مورد نیاز برای تعیین مدول گسیختگی، واکنشیدگی ضخامت، مقدار رطوبت و

سورن در سال ۲۰۰۳ در تحقیقی تحت عنوان چندسازه‌های سیمانی تقویت شده با الیاف به روش اکستروژن برای ساختمان‌های مسکونی، بیان کرد که تکنولوژی جدید اکستروژن برای تولید چندسازه‌های سیمانی تقویت شده با الیاف کارآیی 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.

جنیفر و همکاران در سال ۲۰۰۳ در بررسی اثر تیمارسطحی الیاف کاغذ روزنامه باطله و خمیر کرافت رنگبری شده با سلیکات‌سدیم و پتاسیم روی خواص مکانیکی چندسازه‌های الیاف - سیمان دریافتند که تیمار شیمیایی الیاف قبل از ساخت چندسازه باعث بهبود مقاومت فشاری و خمشی چندسازه می‌شود.

مواد و روشها

در این مطالعه برای ساخت تخته‌های الیاف سیمان از سیمان پرتلند نوع ۱ (سیمان معمولی که در ساختمان‌سازی استفاده می‌شود) به‌عنوان عامل اتصال‌دهنده و الیاف حاصل از بازیافت کاغذ روزنامه باطله به‌عنوان ماده اولیه و همچنین از کلریدکلسیم به‌عنوان تسریع‌کننده گیرایی سیمان استفاده شد. عوامل متغیر این تحقیق عبارتند از: نسبت سیمان به الیاف در سه سطح (۹۰ به ۱۰ درصد، ۸۵ به ۱۵ درصد و ۸۰ به ۲۰ درصد)، میزان کلریدکلسیم 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 ۶ وضعیت ساخت حاصل شد که از هر وضعیت ۳ تکرار و در مجموع ۱۸ تخته ساخته شد. در این تحقیق مقداری از

بیشتر و قویتر بین الیاف و سیمان می‌شود (مسلمی، ۱۹۸۰). 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 بدست آمده با نتایج دیگر محققان هم‌خوانی دارد (هانگ چن، ۱۹۸۸؛ فرناندز و همکاران، ۱۹۹۹ و مدجو و همکاران، ۲۰۰۲).

در مورد اثر مستقل میزان کلریدکلسیم بر مقاومت خمشی همان‌طور که در تجزیه و تحلیل‌های آماری مشاهده شد میزان کلریدکلسیم در سطح اطمینان ۹۹ درصد اثر معنی‌داری بر مدول گسیختگی تخته داشته است، به طوری که مقدار مدول گسیختگی تخته‌های ساخته شده با مصرف ۳ درصد کلریدکلسیم ۱/۱۴ مگاپاسکال بوده است و هنگامی که کلریدکلسیم به ۵ درصد افزایش پیدا کرد مقاومت خمشی به ۱/۴۴ مگاپاسکال افزایش یافت (شکل ۲)

دانشیته براساس استاندارد DIN ۶۸۷۶۳ 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 تجزیه و تحلیل واقع و توسط آزمون دانکن میانگین‌ها گروه‌بندی شدند.

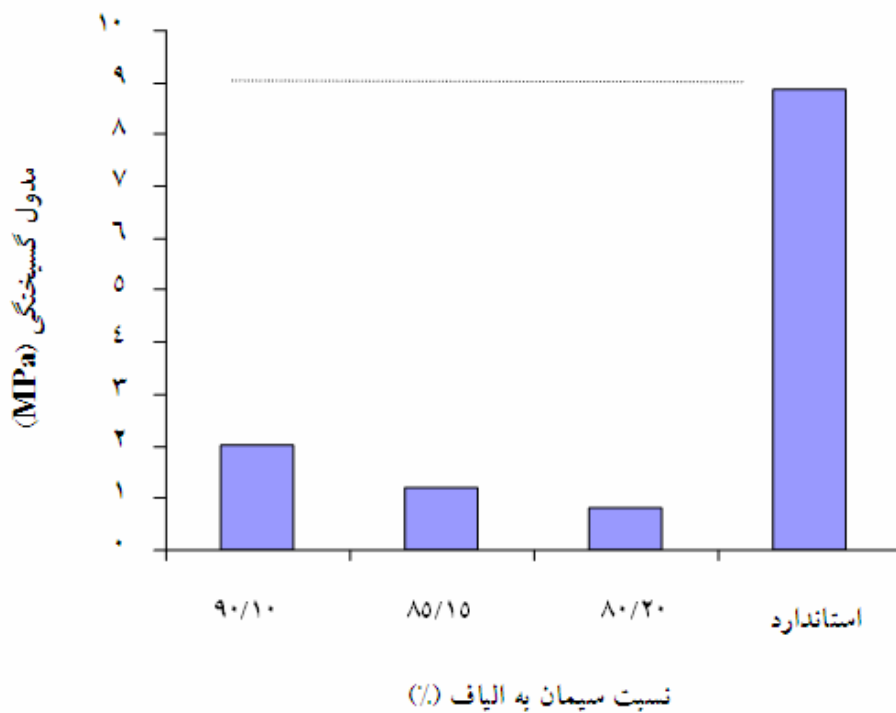
نتایج

مقاومت خمشی

نتایج آنالیز تجزیه واریانس مربوط به مدول گسیختگی تخته‌ها نشان داد که نسبت الیاف به سیمان در سطح اطمینان ۹۹ درصد اثر معنی‌داری بر روی مدول گسیختگی تخته‌ها داشته است، به طوری که در نسبت الیاف سیمان (۱۰ به ۹۰) تخته‌ها دارای بیشترین مدول گسیختگی و به میزان ۱/۸۸ مگاپاسکال بوده‌اند (شکل ۱). از یک طرف این‌که، سطح پایین الیاف با سطح بالای سیمان باعث افزایش اتصال‌دهنده سیمان پرتلند در ماتریکس 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

جدول ۱- تجزیه واریانس مربوط به مدول گسیختگی (MOR)

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	نسبت F	
اثر مستقل نسبت الیاف و سیمان (A)	۳/۴۹۶	۲	۱/۷۴۸	۴۱/۰۴۲	**
اثر مستقل مواد افزودنی (B)	۰/۴۰۴	۱	۰/۴۰۴	۹/۴۸	**
اثر متقابل نسبت الیاف با سیمان و مواد افزودنی (AB)	۰/۱۱۷	۲	۰/۰۵۸	۱/۳۶۸	NS
خطا	۰/۵۱۱	۱۲	۰/۴۳		
کل	۳۴/۸۴	۱۸			



شکل ۱- اثر مستقل نسبت الیاف سیمان بر مدول گسیختگی

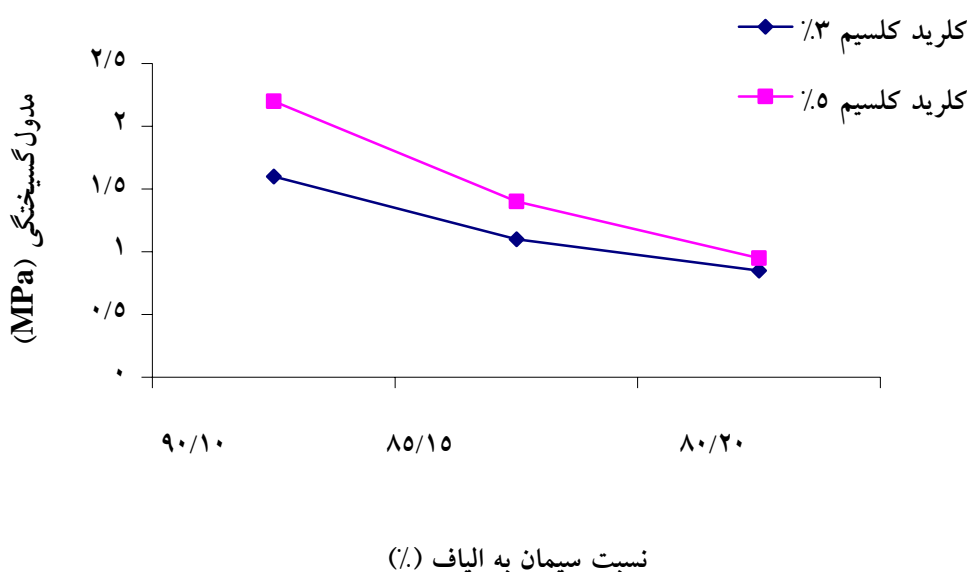


شکل ۲- اثر مستقل میزان مصرف کلرید کلسیم بر مدول گسیختگی

نسبت الیاف سیمان افزایش 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 و نسبت داد.

با توجه به اینکه کلریدکلسیم از انتشار مواد محدودکننده گیرایی سیمان (مواد فنّی، همی سلولزها و مواد استخراجی) در مرحله اول گیرش سیمان جلوگیری می‌کند (دوست حسینی و همکاران، ۱۹۹۶) در نتیجه هیدراسیون بهتر سیمان و تسریع گیرایی سیمان منجر به بهبود مدول گسیختگی تخته‌ها می‌شود.

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 ۳ ملاحظه می‌شود در سطوح ثابت



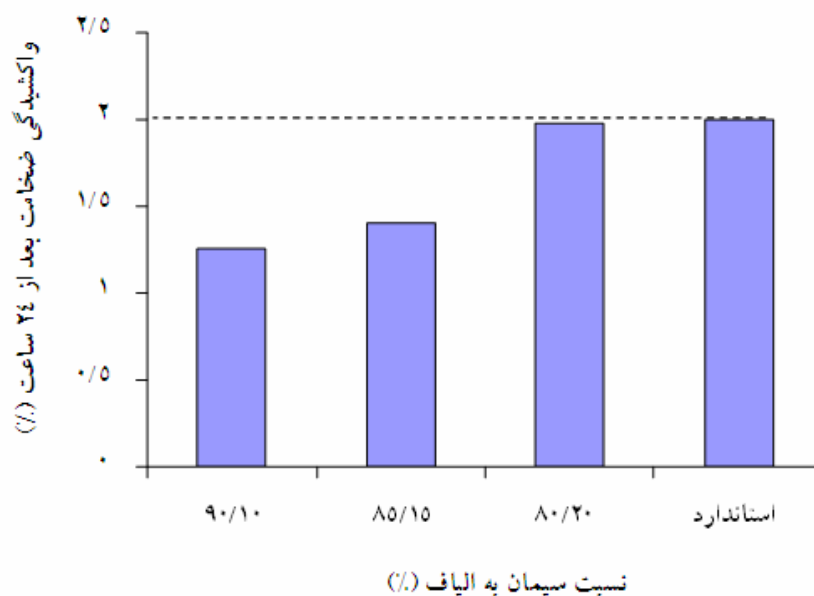
شکل ۳- اثر متقابل نسبت سیمان به الیاف و میزان مواد افزودنی بر مدول گسیختگی

خواص فیزیکی

میزان واکشیدگی ضخامت یکی از خواص مهم اوراق فشرده چوبی است که برای ارزیابی ثبات ابعاد آن مورد توجه قرار می‌گیرد. تخته‌های الیاف سیمان در تماس با رطوبت از پایداری ابعادی قابل توجهی برخوردارند.

در بررسی اثر مستقل عوامل متغیر بر واکشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب، آنالیز داده‌ها نشان می‌دهد که نسبت الیاف سیمان در سطح اطمینان ۹۹ درصد اختلاف معنی‌داری بر روی واکشیدگی

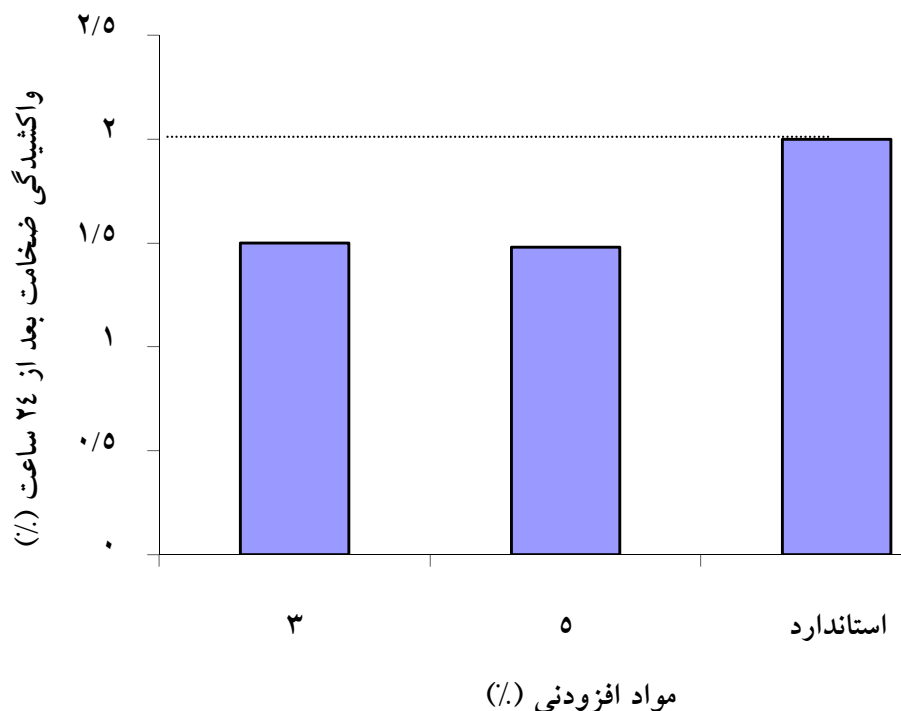
ضخامت تخته‌ها در ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب دارد. همین‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌گردد کمترین مقدار واکشیدگی ضخامت حاصل از تخته‌های ساخته شده با نسبت سیمان به الیاف ۹۰ به ۱۰ درصد و به میزان ۱/۲ درصد می‌باشد. از آنجایی که مقدار بالاتر سیمان باعث هم‌پوشانی مناسب الیاف توسط سیمان، محصول‌های هیدراسیون و ایجاد مانع محکم در برابر رسیدن آب به الیاف می‌شود، مقدار واکشیدگی ضخامت نسبت به سایر تخته‌ها کمتر می‌شود.



شکل ۴- اثر مستقل نسبت سیمان به الیاف بر واکشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری

معنی‌داری بر روی واکشیدگی ضخامت تخته‌ها داشته است.

نتایج تجزیه و تحلیل‌های آماری بیانگر آن است که میزان کلریدکلسیم در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف



شکل ۵- اثر مستقل میزان مواد افزودنی بر واکسیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری

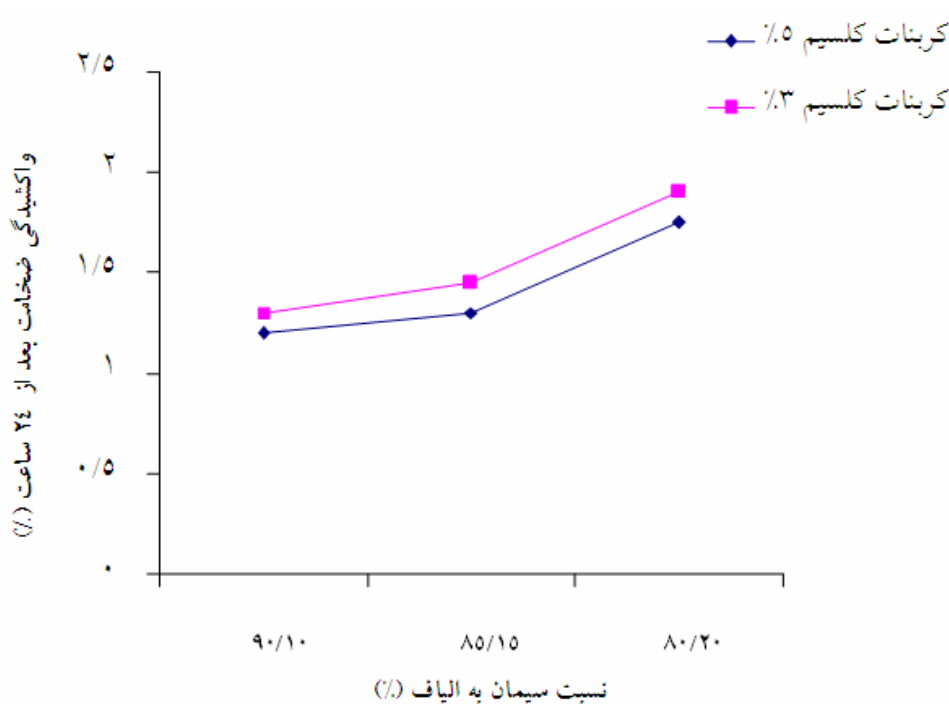
بحث

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 واکسیدگی 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 واکسیدگی ضخامت تخته‌ها شد. البته میزان بهینه ترکیب موادخام 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

همین‌طور که در شکل ۵ دیده می‌شود مقدار واکسیدگی ضخامت تخته‌های ساخته شده با مصرف ۳ درصد کلریدکلسیم ۱/۵۱ درصد بوده است. با افزایش کلریدکلسیم به ۵ درصد واکسیدگی ضخامت به ۱/۴۷ 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 نمی‌باشد. به طوری که اثر متقابل نسبت الیاف سیمان و درصد مواد افزودنی بر روی واکسیدگی ضخامت تخته‌ها معنی‌دار نبوده است، اما در سطوح ثابت نسبت الیاف سیمان افزایش میزان مواد افزودنی با اثر بر روی گیرایی سیمان و ختنی کردن عوامل محدودکننده گیرایی اثر مثبت در کاهش میزان واکسیدگی ضخامت تخته‌ها داشته است (شکل ۶).

در ساختمان به عنوان پوشش دیوارها، پشت بام و نماکاریها می توان توصیه نمود.

توجه به پایداری ابعادی بالای این فرآورده (کمتر از حد استاندارد) استفاده از این نوع فرآورده ها به منظور کاربرد



شکل ۶- اثر متقابل نسبت الیاف- سیمان و میزان مواد افزودنی بر واکنشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری

- Doosthoseini, K, 2001.wood composite materials, volume1 Publications of Tehran university (compilation).in Persian.
- Jenifer, 2003. Wood fiber surface treatment level effect on selected mechanical of wood fiber-cement composites. Forest Resources Laboratory.
- Mirshokrai,1995,Technology of pulp &paper (translation),volume 1&2,publication of Payamenoor university. in Persian
- Mohr,B.j and K.L,Kurtis,2003.Fiber cement composites for housing construction .Georgia institute of technology.
- Qixuate 2001, Effect of alkaline accelerator on cement composite properties. Faculty of Civil Engineering.

منابع مورد استفاده

- ASTM ,1979. Standard method of the properties of wood base fiber and particle panel material USA.
- Fernandes, E c., and Delgado ,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.
- Huang Chen , 1998.study on the manufacturing technology of cement bonded particle board using CCA-treated wood.
- K, Doosthosseini,1996.Effect of material added on connection quality of Portland cement with populus particleboard, magazine of Iran Natural Resources 48 (47-58).in Persian

Investigation on the properties of cement fiber board produced using waste paper

Tabarsa, T.¹, Hossieni, M.^{2*} and Valizadeh, E.³

1- Professor, Gorgan University of Agriculture and Natural Resources, Gorgan, Golestan.

2*- Corresponding author, M.S.c. student, Gorgan University of Agriculture and Natural Resources, Gorgan, Golestan.

Email: Qwe.hosseini@yahoo.com

3- M.S.c. student, Gorgan University of Agriculture and Natural Resources, Gorgan, Golestan

Received: May, 2011

Accepted: March, 2012

Abstract

This study was conducted to investigate the potential of waste newspaper application in cement fiber board production. Cement fiber board were produced using three levels of waste paper fibers and two levels of calcium chloride as additive material. After making the boards, the Modulus of Rupture (MOR) and thickness swelling after 24 hours immersion in water were determined based on DIN 68763. The results showed that boards made with cement: fiber ratio 90:10 and 5% calcium chloride exhibited the maximum modulus of rupture and minimum of thickness swelling (TS) after 24 hours. The results also showed that additive material had positive effect on physical and mechanical properties of boards.

Keywords: Fiber cement, waste paper, calcium chloride.