

## بررسی تاثیر کاربرد پسماندهای لیگنوسلولزی (سبوس و ساقه برنج) بر ویژگی‌های فرآورده چندسازه "چوب-سیمان"

میثم مهدی‌نیا<sup>۱\*</sup>، مینا احمدی<sup>۲</sup>، آرش فرج پور<sup>۲</sup>، اصغر تابعی<sup>۲</sup> و سعید کامرانی<sup>۱</sup>

۱) گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. \* رایانامه نویسنده مسئول:

Meysammehdini@gmail.com

۲) گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آستارا، آستارا، ایران.

تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۲/۱۰

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۰/۲۳

### چکیده

این تحقیق به منظور بررسی تاثیر کاربرد پسماندهای لیگنوسلولزی سبوس و ساقه برنج بر ویژگیهای فرآورده چندسازه "چوب-سیمان" (CB) انجام گرفته است. بدین منظور، تخته‌هایی از چوب صنوبر و اختلاط چوب صنوبر و کلش برنج با سیمان پرتلند تیپ ۲ ساخته شد. همچنین از خاکستر سبوس برنج به عنوان ماده پوزولانی در سه سطح (۰، ۲ و ۴ درصد) استفاده شد. جهت ارزیابی خواص کاربردی نمونه‌ها، مقاومت خمشی (MOR)، مدول الاستیسیته (MOE)، مقاومت برشی و میزان جذب آب (WA) و واکنشیدگی ضخامت (TS) پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب بر اساس استانداردهای DIN68763 و ISO16983 اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که با تغییر ماده لیگنوسلولزی از کلش برنج به مخلوط کلش و صنوبر، ویژگی‌های مکانیکی بهبود می‌یابد ولی جذب آب و واکنشیدگی ضخامت افزایش می‌یابد. همچنین نتایج نشان داد زمانی که از ۴ درصد خاکستر سبوس برنج استفاده شد، بیشترین مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته، مقاومت برشی و کمترین واکنشیدگی ضخامت و جذب آب بعد از ۲ و ۲۴ ساعت را در آب به دست آمد.

**واژه‌های کلیدی:** چوب صنوبر، کلش برنج، خاکستر سبوس برنج، ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی.

### مقدمه

چوب‌های کم ارزش دارند (دوست حسینی، ۱۳۸۶). امروزه با توجه به رشد جمعیت و در پی آن افزایش تقاضا برای محصولات صنایع چوب و کاغذ در جهان، این صنعت روز به روز در حال گسترش می‌باشد. منابع تأمین ماده اولیه این کارخانجات در ایران بیشتر از طریق جنگل‌ها و سرشاخه‌های جنگلی می‌باشد. با توجه به عواملی نظیر افزایش رشد

فرآورده‌های چندسازه یا صفحات فشرده چوبی شامل انواع تخته فیبر، تخته خرده چوب، پانل‌های چوبی با اتصالات معدنی و فرآورده‌های قالبی خرده چوب می‌باشند که در مقایسه با کاغذ و تخته لایه قدمت چندانی نداشته و در ردیف فرآورده‌های نسبتاً جدید چوبی قرار می‌گیرند. صنایع تولید کننده پانل‌های چوبی تاکید ویژه‌ای بر مصرف پسماندها و

صورتی که با بکارگیری تکنولوژی‌های جدید برای فرآوری بقایای گیاهی می‌توان استفاده‌های متعددی از آنها نمود. لذا با یک مدیریت صحیح می‌توان این سرمایه عظیم را که در اثر عدم آگاهی کشاورزان با سوزاندن این کاه و کلش به تلی از خاکستر تبدیل می‌گردد را در موارد فوق استفاده نمود (تولی، ۱۳۸۷).

کلش برنج از جمله ضایعات محصولات کشاورزی است که توان مناسبی برخوردار می‌باشد. سطح زیر کشت برنج در کشور حدود ۶۰۰۰۰۰ هکتار است که حدود ۷۰ درصد از این مقدار در دو استان مازندران و گیلان واقع شده است. مقدار کلش قابل استحصال از دو استان مازندران و گیلان به طور متوسط بالغ بر ۱۰۰۰۰۰۰ تن است که رقم قابل ملاحظه‌ای می‌باشد. (سایت اطلاعات برنج؛ تولی، ۱۳۸۷). بنابراین تحقیقات گسترده‌ای در سال‌های اخیر جهت به کارگیری مواد نامرغوب جنگلی و ضایعات حاصل از برداشت محصولات کشاورزی در ساخت فرآورده‌های مرکب چوبی انجام گرفته است.

چندسازه‌های چوب-سیمان از جمله محصولات چوبی هستند که ذرات چوب در پروسه تولید آن به کمک سیمان پرتلند به یکدیگر متصل می‌شوند. این فرآورده‌ها به علت دارا بودن خصوصیات کاربردی بارز از جمله مقاومت در برابر آتش، پایداری ابعادی، مقاومت در برابر عوامل زیستی و عدم انتشار گاز فرمالدهید برخلاف چندسازه‌های با اتصال مصنوعی، در دهه‌های اخیر مورد توجه صنعت ساختمان و دیگر صنعتگران قرار گرفته است (دوست حسینی، ۱۳۸۶). همچنین از این محصولات اغلب در مکان‌هایی که نیاز به سطح مقاوم در برابر سایش و بادوام است مانند سقف و یا دیوار پوش‌ها استفاده می‌شود (Wolfe, 1966).

Wolfe و همکاران (۱۹۹۶) مطالعه‌ای را جهت ارزیابی خصوصیات مکانیکی چند سازه‌های چوب

جمعیت و افزایش تقاضا، فقیر پوشش جنگلی در ایران، ممنوعیت واردات گرده بینه با پوست، لزوم توجه به سایر منابع لیگنوسلولزی نظیر پسماندهای کشاورزی و جایگزینی گیاهان غیر چوبی مثل باگاس، کلزا، گندم و غیره امری اجتناب ناپذیر می‌باشد (عزیزی، ۱۳۸۵).

با وجود این‌که چوب هنوز نقش اصلی را در تامین الیاف سلولزی بر عهده دارد، انتظار می‌رود مصرف الیاف منابع کشاورزی در قرن بیست و یکم گسترش بیشتری پیدا کند. سرعت این گسترش به رشد صنایع سلولزی در جهان و رشد مصرف الیاف بازیافتی بستگی خواهد داشت. منابع جنگلی کشور ایران نیز در بعد تجاری و صنعتی به مناطق جنگلی شمال محدود گشته و به لحاظ بافت نامناسب گونه‌ها، کندی رشد، روند تخریبی حاکم بر جنگل‌ها و عدم امکان بهره‌برداری مناسب و با کیفیت نمی‌تواند به عنوان تنها قطب تامین مواد اولیه در صنایع سلولزی مطرح گردد. تولید قابل توجه محصولات زراعی در استان‌های مختلف کشور به‌خصوص در شمال ایران و ضایعات حاصل از آنها با توجه به مطالعات انجام شده می‌تواند به عنوان جایگزینی مناسب برای چوب به منظور تولید و تامین الیاف سلولزی، مورد توجه قرار گیرد (عزیزی، ۱۳۸۵).

بر اساس آمارهای موجود در ایران تقریباً نیمی از پسماندهای کشاورزی بدون این‌که به مصرف برسند در مراحل مختلف از بین می‌روند. سوزاندن بقایای گیاهی عوارض ناخوشایندی را بر جای گذاشته و سلامت محیط زیست را به خطر انداخته است. باقی ماندن بقایای گیاهی پس از برداشت محصول نیز معطل بزرگی برای کاشت محصولات بعدی شده است. امروزه بقایای گیاهی به علت ناآشنایی بسیاری از کشاورزان برای رها و آزاد کردن زمین به منظور کشت بعدی سوزانده شده یا دور ریخته می‌شوند، در

سیمان ساخته شده با ترکیب سیمان و چوب‌های تراشه‌ای کم ارزش برای کاربردهای مهندسی انجام دادند. نتایج آنها حاکی از این بود که چند سازه‌های چوب سیمان حاصل قابلیت کاربردهای ساختمانی را دارند. برخلاف مقاومت نسبتاً کم آنها در مقایسه با دیگر مصالح ساختمانی به نظر می‌رسید که این چندسازه‌ها مقاومت کافی و پایداری خمشی خوبی جهت به کارگیری به عنوان بخش داخلی و پرکننده پانل‌های دیواری داشتند. Ganesan و همکاران (۲۰۰۷) نیز با بهره‌گیری از مواد زائد کشاورزی مثل خاکستر باگاس به عنوان مواد پوزولانی در ترکیب با سیمان توانستند که مقاومت اولیه را افزایش، نفوذ آب را کاهش و باعث کنترل کلرید در ترکیب شوند.

دوست حسینی و یزدی (۱۳۷۴) تاثیر چهار نوع ماده افزودنی کلرید کلسیم، آب شیشه، سولفات آلومینیوم و سولفات آهن را بر کیفیت اتصال سیمان پرتلند با خرده چوب صنوبر مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که استفاده از کلرید کلسیم به عنوان کاتالیزور نسبت به سایر مواد نتایج بهتری می‌دهد. همچنین افزایش ماده مقدار افزودنی از ۳ تا ۵ درصد موجب بهبود ویژگی‌های کاربردی شده است. طبرسا و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی خود روی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب سیمان ساخته شده از تراورس بازیافتی راه آهن، از دو سطح درجه حرارت (۲۵ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد) و سه سطح ماده افزودنی کلرید کلسیم (۳، ۵ و ۷ درصد وزن خشک سیمان) استفاده کردند. نتایج این پژوهشگران نشان داد که ویژگی‌های مکانیکی شامل مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی و ویژگی‌های فیزیکی شامل جذب آب همراه با واکنشیدگی ضخامت تخته‌های ساخته شده با ۷ درصد کلرید کلسیم و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بیشترین مقدار را دارند. تابعی و همکاران (۱۳۹۰) با مطالعه ویژگی‌های

فیزیکی و مکانیکی چوب‌سیمان ساخته شده از اختلاط خاک اره صنوبر با سیمان پرتلند در سطوح مختلف اختلاط چوب به صنوبر (۱ به ۲ و ۳ به ۲) با این نتیجه رسیدند که تخته‌های تولید شده با نسبت چوب به سیمان ۳ به ۲ مقاومت فشاری بالاتری دارند. همچنین مقاومت فشاری نمونه‌های خیس ۴۵ درصد کمتر از نمونه‌های خشک بود.

گلبابایی و همکاران (۱۳۹۲) نیز در تحقیق خود بر روی چوب سیمان حاصل از پسماندهای کشاورزی انواع مواد لیگنوسلولزی (کلش برنج، کاه گندم، ساقه چوبی پنبه) به این نتیجه رسیدند که تخته‌های ساخته شده با ساقه پنبه بیشترین مقاومت مکانیکی را داشتند. تحقیق حاضر به منظور بررسی پتانسیل استفاده از سبوس برنج به عنوان ماده پوزولانی و کلش برنج و چوب صنوبر در ساخت تخته‌های چوب سیمان صورت گرفت.

#### مواد و روش‌ها

چوب صنوبر مورد نیاز در این پژوهش از تراشه چوب صنوبر حاصل از دستگاه رنده و گندگی با محدوده ضخامت ۰/۳ تا ۲ میلی‌متر استفاده شد. همچنین ساقه برنج مورد استفاده از مزارع اطراف شهرستان رضوان‌شهر واقع در استان گیلان تهیه گردید. ساقه‌ها در این مطالعه به طول‌هایی میانگین ۱۰-۵ سانتی‌متر خرد شدند. سیمان مصرفی از نوع تیپ ۲ از کارخانه خزر تهیه شد. از سبوس برنج نیز بعد از تبدیل به خاکستر به عنوان ماده تقویت کننده (پوزولان) استفاده گردید. پوزولان ماده‌ای است با ترکیب سیلیسی یا سیلیسی و آلومینومی که در حالت عادی خاصیت چسبندگی ندارد ولی در حضور رطوبت با هیدروکسید کلسیم سیمان واکنش داده و موجب تولید ماده‌ای چسبناک می‌شود. سبوس برنج برای تهیه پوزولان از کارخانه‌های برنج‌کوبی تهیه و

۳۰×۳۸×۱/۸ سانتی‌متر ریخته و به صورت یکنواخت در داخل قالب پخش شد.

سپس نمونه‌ها داخل دستگاه پرس سرد به مدت ۲۴ ساعت با فشار پرس ۶۰ کیلونیوتن قرار گرفتند. نمونه‌ها در ادامه برای ۲۸ روز در هوای آزاد قرار گرفته تا عمل هیدراتاسیون به طور کامل انجام گرفته و مقاومت نهایی حاصل شود (شکل ۲). برش تخته‌ها بعد از مشروط‌سازی در محیط کلیماتیزه بر اساس استانداردهای مورد نظر انجام شد.

آزمون‌های مکانیکی شامل آزمون‌های خمشی و برشی مطابق با استاندارد DIN آلمان به شماره ۶۸۷۶۳ توسط دستگاه Instron مدل ۴۴۸۶ (ظرفیت بار ۳۰۰ کیلو نیوتن، سرعت بارگذاری ۰/۰۵ تا ۴۰۰ میلی‌متر بر دقیقه، با سرعت بارگذاری ۱۰ میلی‌متر بر دقیقه انجام گرفت. آزمون‌های فیزیکی نیز شامل واکنش‌دهی ضخامت و جذب آب بر اساس آئین نامه اجرایی استاندارد ISO-16983 صورت گرفت. نمونه‌هایی به ابعاد ۵×۵ سانتی‌متر به این منظور تهیه و برای ۲ و ۲۴ ساعت در آب غوطه‌ور گردیدند. تعداد تکرار در تمام آزمون‌های فیزیکی و مکانیکی ۵ بار بود.

### نتایج

دانشیه تخته‌های ساخته شده با کلش برنج ۰/۵۸ و تخته‌های ساخته شده با مخلوط صنوبر و کلش برنج ۰/۵۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب به دست آمد که از نظر آماری این اختلاف معنی‌دار نبود. با تغییر ماده لیگنوسولزی مورد استفاده از مخلوط کلش برنج و صنوبر به کلش برنج مقاومت و مدول الاستیسیته کاهش یافت (شکل ۳). میانگین مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته برای نمونه‌های ساخته شده با مخلوط ذرات کلش برنج و صنوبر به ترتیب برابر با ۰/۸۸ و ۲۸۹/۲۶ مگاپاسگال بود که با تغییر ماده

سپس به طور کامل سوزانده شد. بعد از اینکه این مواد به طور کامل سوخته و یکدست شد در ترکیب کامپوزیت به عنوان ماده پوزولانی استفاده شد.

پوزولان در این تحقیق با سطوح صفر، ۲ و ۴ درصد و همچنین نسبت چوب به سیمان ۴۰ به ۶۰ درصد (ساقه برنج و مخلوط صنوبر و ساقه برنج) عوامل متغیر تحقیق بودند. عوامل ثابت نیز شامل کلرید کلسیم به عنوان ماده تسریع کننده در سطح ثابت ۳ درصد (براساس وزن خشک سیمان)، نوع سیمان (پرتلند نوع ۲)، ضخامت چندسازه چوب‌سیمان (۱۸ میلی متر)، فشار پرس ۶۰ کیلونیوتن، زمان پرس ۲۴ ساعت برای تمام تیمارها ثابت در نظر گرفته شد. تعداد ۶ تیمار در مجموع مطابق جدول ۱ ساخته شد. در این بررسی ابتدا اقدام به جداسازی مواد استخراجی محلول در آب تراشه‌های چوب صنوبر و ساقه برنج گردید. بدین منظور از روش آب گرم استفاده شد. تراشه‌ها ابتدا به مدت ۲ ساعت در آب جوش با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد جوشانده شدند. سپس مواد استخراجی با آب سرد به دقت شستشو گردیدند. تراشه‌ها پس از آن در محیط بیرون قرار گرفته تا خشک و در نهایت به رطوبت ۱۲-۸ درصد رسد.

به منظور خروج مواد استخراجی موجود در ساقه برنج، از روش آب سرد استفاده شد. ساقه‌ها بدین ترتیب به مدت ۴۸ ساعت در آب سردی غرقاب شدند که به مدت هر ۶ ساعت آب محیط تعویض گردید. ساقه‌ها بعد از ۴۸ ساعت به خوبی با آب سرد شسته شد. ساقه‌های برنج (کلش) تا رسیدن به رطوبت تعادل در فضای آزاد قرار گرفتند (شکل ۱).

برای ساخت کامپوزیت مورد نظر، ابتدا کلرید کلسیم در داخل آب حل گردید. سپس سیمان و مواد چوبی و غیرچوبی مورد نظر با محلول تهیه شده به مدت ۱۵ دقیقه با هم مخلوط گردید. یک تشکیل شده در نهایت داخل قالب مکعب مستطیلی به ابعاد

مخلوط کلش و صنوبر به کلش برنج به مقدار قابل توجهی کاهش یافت. مقاومت برشی با تغییر ماده لیگنوسلولزی از مخلوط صنوبر و کلش به کلش از ۰/۰۲۴ به ۰/۰۱۷ مگاپاسکال کاهش یافت (شکل ۴).

لیگنوسلولزی به کلش برنج به ترتیب به ۰/۶۵ و ۲۲۶/۸۵ مگاپاسکال کاهش یافته است.

مقاومت برشی نیز همانند اثر ماده لیگنوسلولزی بر مقاومت‌های خمشی، با تغییر ماده لیگنوسلولزی از



شکل ۱. ساقه برنج (سمت راست) و تراشه چوب صنوبر (سمت چپ) بعد از خروج مواد استخراجی



شکل ۲. نمونه تخته چوب‌سیمان (سمت راست)، نمونه تخته چوب و ساقه برنج‌سیمان (وسط)، نمونه ساقه برنج‌سیمان (چپ)

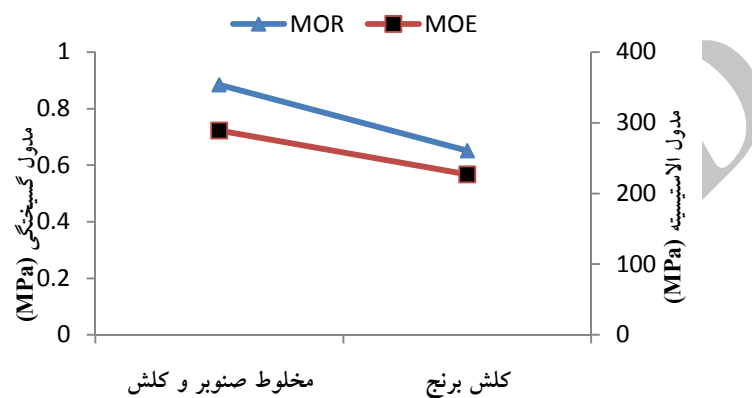
جدول ۱. تیمارهای فرآورده چند سازه چوب سیمان و ساقه برنج

تیمار	چوب صنوبر	کلش برنج	سیمان	پوزولان	کلرید کلسیم
I	۰	۴۰	۶۰	۰	۳
II	۰	۴۰	۶۰	۲	۳
III	۰	۴۰	۶۰	۴	۳
IV	۲۰	۲۰	۶۰	۰	۳
V	۲۰	۲۰	۶۰	۲	۳
VI	۲۰	۲۰	۶۰	۴	۳

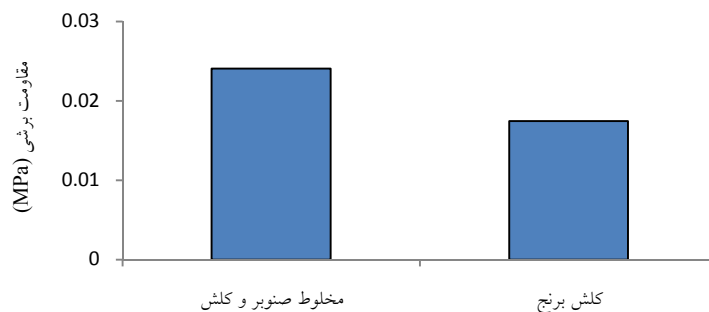
ساعت غوطه‌وری برای نمونه‌های ساخته شده با کلش برنج به ترتیب برابر ۳۳/۷۸ و ۴۸/۹۲ درصد بود که این مقدار برای نمونه‌های ساخته شده با مخلوط صنوبر و کلش به ترتیب به ۴۴/۵۷ و ۵۶/۳۹ درصد

جذب آب و واکنش‌پذیری ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری برای نمونه‌های ساخته شده با کلش برنج کمتر از نمونه‌های ساخته شده با مخلوط کلش و صنوبر بود (اشکال ۵ و ۶). جذب آب پس از ۲ و ۲۴

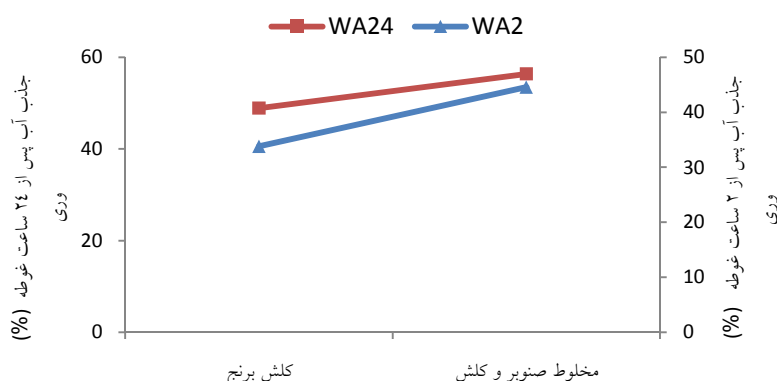
رسید. همچنین واکنشیدگی ضخامتی پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب برای نمونه‌های ساخته شده با کلس برنج به ترتیب برابر با ۳/۴۲ و ۴/۴۹ درصد بود که برای نمونه‌های ساخته شده از مخلوط صنوبر و کلس به ۵/۹۸ و ۷/۵۴ درصد رسید. مقاومت خمشی یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های پانل‌ها است که در مصارف مختلف دارای اهمیت ویژه است. نتیجه آزمایش‌ها نشان داد که اختلاف قابل توجهی بین سطوح متفاوت استفاده از پوزولان وجود دارد. میانگین مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته بر اساس نتایج این آزمون با افزایش میزان ماده پوزولانی از ۰ به ۴ درصد به ترتیب از ۰/۶۷ و ۱۷۱/۶۴ مگاپاسکال به ۰/۹۱ و ۳۲۷/۷۶ مگاپاسکال افزایش یافت (شکل ۷).



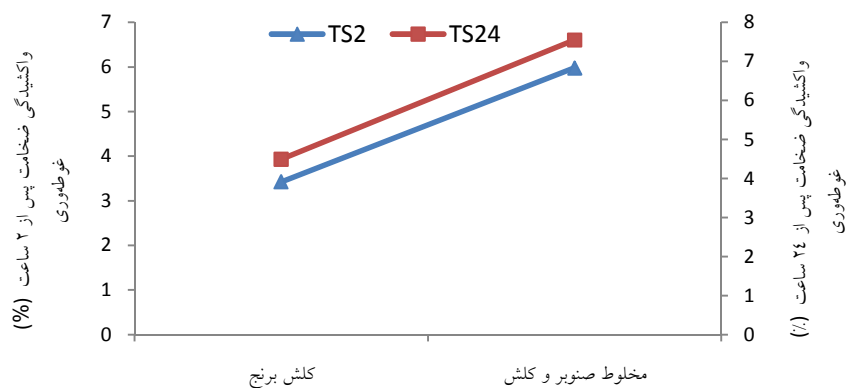
شکل ۳. اثر نوع ماده لیگنوسلولوزی بر مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته چوب‌های آزمایشی



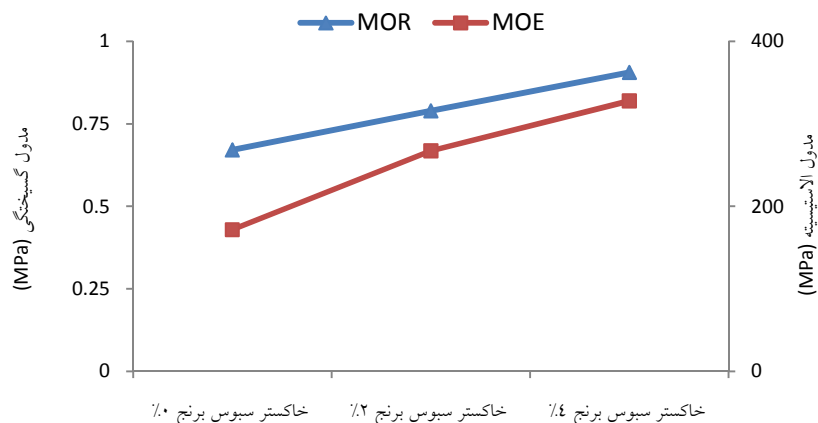
شکل ۴. اثر نوع ماده لیگنوسلولوزی بر مقاومت برشی تخته چوب‌های آزمایشی



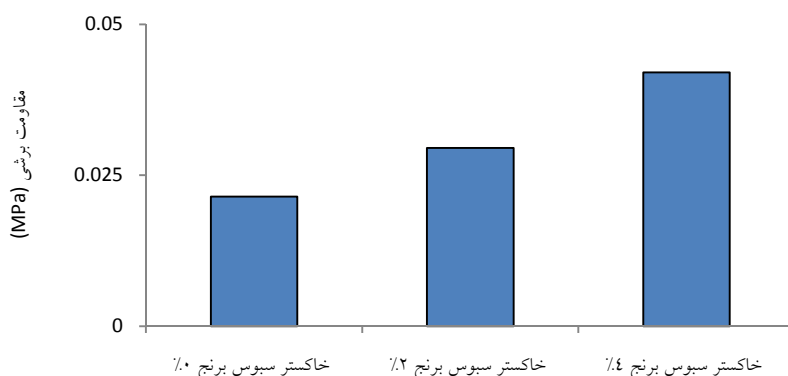
شکل ۵. اثر نوع ماده لیگنوسلولوزی بر جذب آب تخته چوب‌های آزمایشی پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری



شکل ۶. اثر نوع ماده لیگنوسلولزی بر واکشیدگی ضخامت تخته چوب‌های آزمایشی پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری



شکل ۷. اثر مقدار مصرف ماده پوزولانی بر مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته چوب‌های آزمایشی



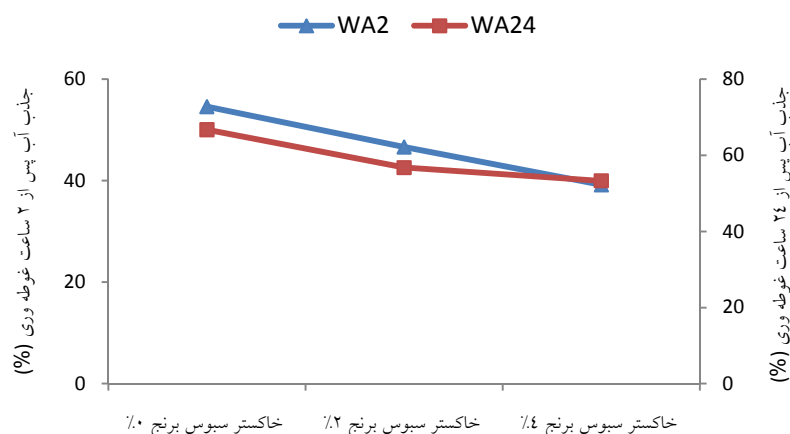
شکل ۸. اثر مقدار مصرف ماده پوزولانی بر واکشیدگی ضخامت تخته چوب‌های آزمایشی پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری

(شکل ۸). با افزایش ماده پوزولانی از ۰ به ۴ درصد میانگین مقاومت برشی از ۰/۰۲۱ مگاپاسکال به ۰/۰۴۲ افزایش یافت که این بهبود نسبت به نمونه

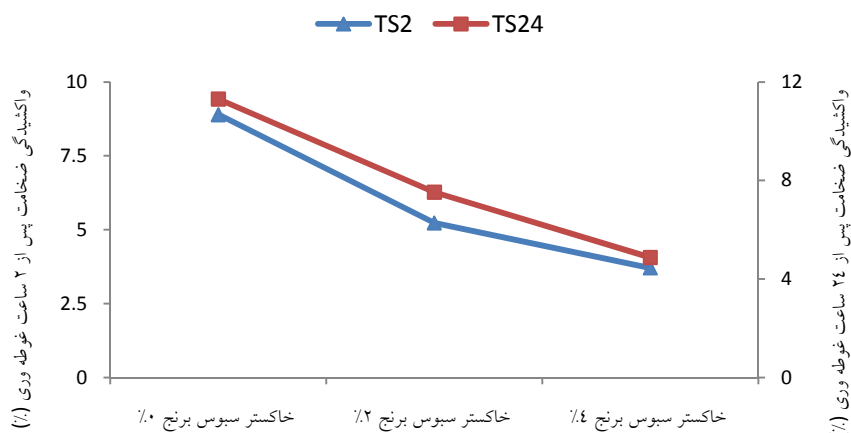
مقاومت برشی که برای تعیین کیفیت نمونه‌ها در برابر نیروی برشی استفاده می‌گردد، همچون مقاومت خمشی با افزایش مقدار ماده پوزولانی بهبود یافت

شاهد افزایشی ۱۰۰ درصدی را نشان داد. پوزولانی از ۰ به ۴ درصد پس از ۲ و ۲۴ ساعت به آزمون جذب آب و واکنش‌دهی نشان داد که اختلاف زیادی از لحاظ این متغیرها پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری بین سطوح مختلف استفاده از ماده پوزولانی وجود دارد. مقدار جذب آب با افزایش ماده

پوزولانی از ۰ به ۴ درصد پس از ۲ و ۲۴ ساعت به ترتیب از ۸/۸۹ و ۱۱/۳۰ به ترتیب از ۵۴/۵۸ و ۶۶/۷۵ درصد به ۳۹/۲۱ و ۵۳/۳۲ درصد کاهش یافت (شکل ۹) و واکنش‌دهی ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت به ترتیب از ۳/۷۱ و ۴/۸۷ درصد رسید (شکل ۱۰).



شکل ۹. اثر مقدار مصرف ماده پوزولانی بر جذب آب تخته چوب‌های آزمایشی پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری



شکل ۱۰. اثر مقدار مصرف ماده پوزولانی بر واکنش‌دهی ضخامت تخته چوب‌های آزمایشی پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری

### بحث و نتیجه‌گیری

برنج بودند، لذا با افزایش مقدار ذرات صنوبر مقاومت‌های خمشی کامپوزیت در این پژوهش افزایش یافت. در حالتی که ذرات ما فقط کلش برنج باشد، از آنجایی‌که این ذرات در برابر بار وارده راحت‌تر از ذرات صنوبر می‌شکنند، بنابراین مقاومت

نقش اصلی ذرات لیگنوسلولزی مورد استفاده در کامپوزیت‌های چوب-سیمان بهبود چکش خوری و ضربه پذیری می‌باشد (Pamirez-coertti *et al.*, 1998; Kurdowski & Nocuń-Wczelik, 1993). از آنجایی که ذرات صنوبر از نظر مقاومتی برتر از ذرات کلش



پایین‌تری در مقایسه با کامپوزیت چوب-سیمان ساخته شده با مخلوط صنوبر و کلش ایجاد گردید. علت کاهش مقدار جذب آب و واکنشیدگی ضخامتی در نمونه‌های ساخته شده با کلش برنج را می‌توان در ترکیبات تشکیل‌دهنده این مواد جستجو کرد. علت اصلی این کاهش وجود مواد و ترکیبات شدیداً آبگریز سیلیکاتی در کلش برنج می‌باشد (شکرانی و بخشی، ۱۳۸۹؛ Kurdowski & Nocuń-Wczelik, 1993). مقدار جذب آب و در نتیجه واکنشیدگی ضخامتی آن به علت وجود این ترکیبات سیلیکاتی در کلش برنج در مقایسه با صنوبر کمتر است و در نتیجه زمانی که از ذرات کلش برنج در ساخت کامپوزیت استفاده می‌شود مقدار جذب آب و واکنشیدگی ضخامت کمتری از خود نشان می‌دهند.

پوزولان‌ها مواد سیلیسی یا سلیسی و آلومینیومی هستند که در حالت عادی ویژگی سیمانی و چسبندگی ندارند اما زمانی که این مواد به ترکیبات کوچک‌تر شکسته می‌شوند، در حضور رطوبت، با کلسیم هیدروکسید در دمای محیط واکنش شیمیایی داده و موجب تولید موادی با ویژگی سیمانی و چسبندگی می‌شوند. زمانی که درصد این مواد در ترکیب کامپوزیت افزایش می‌یابد با توجه به این تعریف و یافته‌های محققان قبلی، از طریق واکنش این مواد با آهک آزاد موجود در محیط که در فرآیند هیدراتاسیون سیمان آزاد می‌شود، واکنش یافته و با قلیایی کردن محیط موجب بهبود واکنش سیمان با چوب‌های مختلف و افزایش مقاومت اتصالات آن می‌گردد (شکرانی و بخشی، ۱۳۸۹؛ Ganesan et al., 2007).

آزمون فیزیکی پانل‌ها به خصوص در مصارف خارج از ساختمان بسیار اهمیت دارد، زیرا جذب آب و واکنشیدگی ضخامت به عنوان یک عامل

محدودکننده در کاربرد نهایی پانل‌های چوب سیمان به شمار می‌آید. همانگونه که مشاهده شد افزایش مواد پوزولانی موجب کاهش جذب آب و واکنشیدگی ضخامت کامپوزیت چوب-سیمان شد. این کاهش می‌تواند به دلیل حضور مواد شدیداً آبگریز سیلیکاتی در ساختار مواد پوزولانی باشد. این مواد سیلیکاتی از یک طرف بخاطر داشتن ویژگی آبگریز بودن موجب کاهش جذب آب و واکنشیدگی ضخامت می‌شوند و از طرف دیگر به دلیل این که مواد پوزولانی موجب بهبود پیوندها در کامپوزیت می‌شوند. آب به راحتی نمی‌تواند به درون کامپوزیت نفوذ کند، که در نهایت موجب کاهش جذب آب و واکنشیدگی ضخامت کامپوزیت نهایی می‌شود (شکرانی و بخشی، ۱۳۸۹؛ Kurdowski & Nocuń-Wczelik, 1993).

با توجه به کمبود منابع جنگلی و همچنین طرح‌های صیانت از جنگل‌ها، کشور با چالش جدی تامین مواد اولیه چوبی برای تولید فرآورده‌های مختلف لیگنوسلولزی مواجه می‌باشد. از اینرو برای استفاده صنعتی از چوب گونه‌های تند رشد (مانند صنوبر و اکالیپتوس) و مواد لیگنوسلولزی و پسماندهای زراعی برای صنایع فعلی صنایع چوب و کاغذ باید با یک مدیریت قوی و تدوین شود. روش‌های مدرن در زمینه برداشت، جمع‌آوری، جدا سازی، انبار و حمل و نقل و همچنین ایجاد و گسترش فرهنگ استفاده از پسماندها در کشور از یک سو و از سوی دیگر احداث واحدهای تولیدی با فناوری جدید و قابلیت استفاده از پسماندها می‌تواند در این زمینه راهگشا باشد.

کلش (کاه) برنج در بین پسماندهای کشاورزی بخصوص در سه منطقه شمالی ایران می‌تواند جایگاه ویژه‌ای در صنعت چندسازه چوب-سیمان باشد که با میزان تولید به نسبت زیاد از قابلیت خوبی در بین سایر منابع لیگنوسلولزی در مناطق شمالی برخوردار

برنج مربوط به اختلاط چوب صنوبر و کلش با سیمان سطح پوزولان ۴ درصد می‌باشد.

#### منابع

تابعی، ا.، جمالزاده، م.، و پورایمان پرست، م.م. (۱۳۹۰) بررسی برخی از ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی چوب سیمان ساخته شده از اختلاط خاک اره صنوبر با سیمان پرتلند. مجله تحقیقات منابع طبیعی تجدید شونده، ۲(۴): ۱-۱۶.

تولی، ا. (۱۳۸۷) بررسی راه‌های استفاده از پسماندهای برنج بویژه کاه و کلش آن جهت توسعه پایدار. سومین کنگره بازیافت و استفاده از منابع آلی تجزیه پذیر. تهران: ۴۳۳-۴۳۹.

دوست حسینی، ک. (۱۳۸۶) تکنولوژی تولید و کاربرد کامپوزیت های چوبی. انتشارات دانشگاه تهران. تهران، ۷۰۸ صفحه.

دوست حسینی، ک. و یزدی، م. (۱۳۷۴) بررسی تاثیر مواد افزودنی بر کیفیت اتصال سیمان و تراشه های صنوبر. مجله منابع طبیعی ایران، ۸(۱): ۵۸-۷۳.

شکرانی، ح.، و بخشی، ن. (۱۳۸۹) بررسی آزمایشگاهی خواص خاکستر باگاس به عنوان جایگزین سیمان در مقایسه با سایر مواد پوزولانی. مجله علوم و تکنولوژی منابع طبیعی و کشاورزی، ۲۴: ۷۲-۸۸.

طبرسات، ت.، آموسی، ف.، و خزاغیان، ا. (۱۳۸۷) بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب سیمان ساخته شده از تراورس بازیافتی راه آهن. مجله منابع طبیعی و کشاورزی، ۱۵(۳): ۱-۹.

عزیزی، ح. (۱۳۸۵) بررسی استفاده از مخلوط کاه گندم و تراشه های روکش جهت تولید پانل های چوبی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۴۱ صفحه.

گلبابایی، ف.، حسینخانی، ح.، حاجی حسینی، ر. و رشنو، ا. (۱۳۹۲) بررسی ویژگی های چوب سیمان تهیه شده از پسماندهای کشاورزی. مجله تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران. ۲۸(۳): ۵۸۳-۵۹.

است. همچنین درصد ماده معدنی سیلیس در این باقیمانده گیاهی به اندازه‌ای است که قابل مصرف توسط دام نخواهد بود. لذا به دلیل این ویژگی می‌تواند در صنایع چندسازه مقبولیت داشته باشد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که به طور کلی استفاده از خاکستر سبوس برنج در ترکیب مواد چوب، سیمان و کلش می‌تواند ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی آن را بهبود دهد. خواص چند سازه چوب سیمان و ساقه برنج تحت شرایط ساخته شده در این تحقیق نشان داد که مقاومت مکانیکی با افزایش مقدار ماده پوزولانی (ماده تقویت کننده) افزایش پیدا می‌کند. علت این شرایط به علت فعالیت پوزولانی خوب خاکستر سبوس برنج است که با هیدروکسید کلسیم در فرآیند هیدراتاسیون سیمان آزاد واکنش یافته و با قلیایی کردن محیط موجب بهبود واکنش سیمان با چوب‌های مختلف و افزایش مقاومت اتصالات آن می‌گردد. از سوی دیگر حضور ماده پوزولانی باعث پر شدن منافذ موجود بین ذرات خمیرسیمان می‌شود. همچنین بین مقاومت پانل‌ها و اجزای تشکیل دهنده آن رابطه وجود دارد. با بکارگیری خاکستر سبوس برنج مقاومت‌های فیزیکی (واکشیدگی ضخامت و جذب آب) بهبود یافتند. نتایج حاصل از اندازه‌گیری واکشیدگی ضخامت و جذب آب نمونه‌ها بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب تخته‌ها نشان داد که حداقل جذب آب و واکشیدگی در شرایط استفاده از ۴ درصد ماده پوزولانی حاصل شده است. خاکستر سبوس برنج به دلیل وجود عوامل محدودکننده نظیر ترکیبات سیلیسی و خاصیت آبریزی بالا مانع از جذب آب شده و از طرفی اتصالات داخلی را بهبود بخشیده و آب به راحتی در بافت پانل نفوذ نمی‌کند. نتایج به دست آمده از این بررسی نشان داد که بهترین شرایط ساخت به منظور احراز بهترین ویژگی فیزیکی و مکانیکی برای پانل‌های چوب‌سیمان حاصل از کلش

- Ganesan, K., Rajagopal, K. and Thangavel, K. (2007) Evaluation of bagasse ash as supplementary cementations material. *Cement and Concrete Composites*, 29:515-524
- Kurdowski, W. and Nocuń-Wczelik, W. (1993) The tricalcium silicate hydration in the presence of active silica. *Journal of cement and concrete Research*, 13: 341-348
- Pamirez-coertti, A., Eckelment, C. and wolfed, R. (1998) Inorganic-bonded composite wood panel systems for low-cost housing: A Central American perspective. *Journal of Forest Products*, 48(4): 62-68.
- Wolfe, R.W. and Gjinolli, A. (1996) Assessment of cement-bonded wood composites as means of using low-valued wood for engineered applications. *Proceedings of the International Wood Engineering Conference*. New Oreland, October: 374-381.

Archive of SID

## Investigation on effect of lignocellulosic wastes (rice straw and husk) using wood-cement composite

Meysam Mehdinia<sup>\*1</sup>, Mina Janahmadi<sup>2</sup>, Arash Farajpoor<sup>3</sup>, Asghar Tabei<sup>3</sup> and Saeed Kamrani<sup>4</sup>

- 1) Wood and Paper Industry, Natural Resources Faculty, Gorgan University of Natural Resources and Agriculture Sciences, Gorgan, Iran, \*Corresponding Author Email Address: Meysammehdinia@gmail.com
- 2) Department of Wood and Paper Science, Natural Resources Faculty, Islamic Azad University, Astara Branch, Astara, Iran.

### Abstract

This research has been to study the effect of lignocellulosic wastes (rice husk ash [Pozollan] and rice straw) on properties of wood-cement composite. Accordingly, some boards using rice straw, mixture of poplar wood and rice straw, and cement (Portland type2) were prepared. Rice husk ash was also used as pozzolan in 3 levels of 0, 2% and 4% by weight. For evaluation of applied properties, bending strength, modulus of elasticity, shear strength, water uptake and thickness swelling were done in accordance with ISO-16983 and DIN-68763 standards. The results showed that, while lignocellulosic material switched from rice straw to mixture of poplar and rice straw, mechanical properties were improved, but physical properties were increased. In addition, the highest bending strength, modulus of elasticity, shear strength, and lowest water uptake and thickness swelling was obtained in 4% pozzolan treatment.

**Keywords:** Poplar wood, Rice straw, Rice husk ash, Physical and mechanical properties.