Archive of SID

نشریه علمی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۳۵ شماره ۴، صفحه ۳۷۵-۳۶۲، (۱۳۹۹)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/IJWPR.2021.351532.1630
شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-913.1399.35.362.73.4.1575.1606

اثر دانسیته و نسبت اختلاط خرده‌چوب صنعتی به سیمان بر خواص مکانیکی و فیزیکی چندسازه چوب سیمان

محمد غفرانی[1*] و انوشه فاضلی[2]

۱*- مسئول مکاتبات، استاد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده مهندسی مواد و فناوری‌های نوین، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران، ایران، پست الکترونیک:ghofrani@sru.ac.ir

۲ - دانشجوی دکترا، گروه تکنولوژی و مهندسی چوب، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

تاریخ دریافت: مرداد ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: دی ۱۳۹۹

چکیده

در این پژوهش اثر دانسیته اسمی در دو سطح ۸۰۰ و ۱۱۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب و نسبت اختلاط خرده‌چوب صنعتی به سیمان در دو سطح ۲۵٪ به ۷۵٪ و ۳۵٪ به ۶۵٪ بر خواص مکانیکی و فیزیکی چندسازه چوب سیمان بررسی شد. پس از ساخت چندسازه ها، مقادیر دانسیته واقعی محاسبه شد. مدول‌الاستیسیته و مقاومت خمشی تخته‌ها مطابق با استاندارد EN 310، چسبندگی داخلی مطابق با استاندارد EN 319، جذب آب و واکشیدگی ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری برابر استاندارد EN 317 و مقاومت به آتش طبق استاندارد ISO 11925 اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد با افزایش دانسیته، خواص خمشی شامل مدول‌الاستیسیته و مدول‌گسیختگی و همچنین مقاومت چسبندگی داخلی نمونه‌ها در اثر افزایش فشردگی و سطح تماس کافی بین الیاف و ماتریس سیمان بهبود یافت. به‌طوری‌که با افزایش نسبت سیمان، مدول‌الاستیسیته نمونه‌ها افزایش معنی‌داری یافت. مدول‌گسیختگی به‌طور معکوس با افزایش نسبت سیمان تغییر کرد. افزایش نسبت اختلاط چوب به سیمان، منجر به پوشش ناکافی ذرات چوب توسط سیمان و کاهش مقاومت در برابر نیروهای کششی اعمال شده در آزمون چسبندگی داخلی شد. به‌نحوی‌که با افزایش دانسیته، ثبات ابعاد نمونه‌ها افزایش یافت. تغییر در نسبت اختلاط چوب به سیمان، اثر معنی‌داری بر ثبات ابعاد نمونه‌ها داشت؛ به‌طوری‌که افزایش نسبت اختلاط چوب به سیمان، موجب افزایش جذب آب و واکشیدگی ضخامت نمونه‌ها شد. مقاومت به آتش نمونه‌ها با افزایش دانسیته و افزایش نسبت سیمان افزایش یافت. ویژگی‌های مکانیکی چندسازه‌های چوب سیمان ساخته شده در این پژوهش، با مقادیر قید شده در استاندارد EN 634-2 مطابقت داشت.

واژه‌های کلیدی: چندسازه چوب سیمان، خواص خمشی، چسبندگی داخلی، ثبات ابعاد.

مقدمه

امروزه مطالعات در زمینه چندسازه‌های چوب سیمان یا به‌عبارت‌دیگر چندسازه‌های حاصل از اختلاط مواد لیگنوسلولزی و سیمان، بسیار گسترده شده و این چندسازه-ها در بسیاری از کشورهای دنیا به شکل صفحات فشرده، کاربرد صنعتی دارد. صفحات فشرده با اتصالات سیمانی در اشکال و قالب‌های مختلف و در مقیاس زیاد تولید می‌شود. صفحات فشرده چوب سیمان امتیازات زیادی دارد که آنها را با سایر صفحات فشرده رقابت‌پذیر می‌کند. این محصولات ثبات ابعاد بالایی داشته و در برابر آتش و تخریب زیستی مقاومت می‌کند. امتیاز بزرگ این فراورده‌ها، عدم استفاده از آزبست و هرگونه مواد سمی و فرار هنگام ساخت است.

www.SID.ir

Archive of SID

چندسازه‌های چوب سیمان اگرچه از چندسازه‌های با اتصالات رزینی سنگین‌ترند، اما نسبت به بتن سبک‌تر بوده، بنابراین در ساخت‌وساز به‌ویژه سازه‌های پیش‌ساخته و در اعضایی مانند دیوارهای غیر باربر به‌کار می‌روند (Ramirez-Coretti *et al*., 1998; Ajayi & Badejo, 2005). چوب سیمان، امتیازات مواد غیرآلی و آلی را همزمان دارد. مشکل اصلی که بر تولید انبوه آن اثر می‌گذارد، اثر بازدارنده چوب‌بر گیرایی سیمان و جرم ویژه بالای محصول است (Menezzi *et al*., 2007). ازاین‌رو به‌منظور افزایش سازگاری دو ماده آلی و معدنی، شتاب‌دهنده‌هایی مانند کلسیم کلرید، منیزیم کلرید، سولفات آلومینیم، کلرید آلومینیم، سیلیکات سدیم و غیره در ساخت آنها به‌کار می‌رود (Silva *et al*., 2005). با اضافه کردن مواد لیگنوسلولزی به خمیر سیمان، واکنش هیدراتاسیون سیمان کاهش و زمان گیرایی آن افزایش می‌یابد. تسریع واکنش هیدراتاسیون سبب تولید حرارت بیشتر و کاهش زمان گیرایی آن می‌شود (Rangavar *et al*., 2016). عناصر چوبی در اندازه و شکل‌های مختلف مانند خرده‌چوب، رشته چوب (اکسلسیور)، تراشه و فیبر برای ساخت پانل چوب سیمان به‌کار می‌روند (Frybort *et al*., 2008). یکی از دلایلی که تولید این نوع چندسازه‌ها را در سال‌های اخیر با اهمیت کرده است، مسائل زیست‌محیطی می‌باشد؛ زیرا تولید چنین فراورده‌هایی علاوه بر آنکه ارزش افزوده به ضایعات چوبی می‌دهد، از باقی ماندن آن در محیط جلوگیری می‌کند (Wolfe & Gjinolli, 1999). مشکلات زیست‌محیطی ناشی از دفع محصولات چوبی حفاظت شده، موجب بروز دل‌مشغولی‌های فزاینده شده است. دفع محصولات به‌صورت خاکچال کمتر مورد قبول است و باید راه‌های جایگزینی پیدا شود. یکی از رویکردهای ممکن برای استفاده دوباره از این ضایعات، استفاده از آن در ساخت صفحات فشرده چوب سیمان می‌باشد (Zhou & Kamdem, 2002). مواد لیگنوسلولزی از قبیل گرده‌بینه، الوار، ضایعات حاصل از چوب‌بری، لوله‌بری و روکش‌گیری به‌عنوان مواد اولیه به‌کار رفته‌اند (Badejo, 1988; Sandermann, 1970 ;Simatupang *et al*., 1978). Ogunjobi و همکاران (۲۰۱۹) اقدام به ساخت تخته خرده سیمان با استفاده از خاک‌اره و سیمان پرتلند با نسبت‌های اختلاط ۳: ۱، ۱: ۱ و ۱: ۳ کردند. نتایج تحقیق آنان نشان داد که سیمان بیشتر در نسبت اختلاط خاک‌اره به سیمان ۱: ۳ موجب پوشش حفره‌های خالی موجود در چوب شده و سبب جذب آب کمتر گردید. بیشترین جذب آب و واکشیدگی ضخامت در نسبت اختلاط خاک‌اره به سیمان ۳: ۱ و کمترین جذب آب و واکشیدگی ضخامت در نسبت اختلاط خاک‌اره به سیمان ۱: ۳ مشاهده شد. نتایج بررسی‌های مکانیکی نشان داد از آنجایی که خواص مکانیکی ناشی از گیرایی سیمان می‌باشد، بیشترین مدول‌الاستیسیته و مدول‌گسیختگی در نسبت اختلاط خاک اره به سیمان ۱: ۳ و کمترین مدول‌الاستیسیته و مدول‌گسیختگی در نسبت اختلاط خاک‌اره به سیمان ۳: ۱ بود. Castro و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی اثر اندازه ذرات چوب در سه سطح ذرات کوچک (۱/۴ تا ۲/۳۶ میلی‌متر)، متوسط (۲/۳۶ تا ۴ میلی‌متر) و ذرات درشت (۴ تا ۹/۵۲ میلی‌متر) و نسبت‌های اختلاط چوب به سیمان در سه سطح ۱: ۲,۷۵، ۱: ۲ و ۱: ۱,۵ پرداختند. نتایج مطالعات آنان حکایت از آن داشت که در فراورده‌های ساخته شده با ذرات چوبی کوچک‌تر، مدول‌الاستیسیته و مدول‌گسیختگی و چسبندگی داخلی بالاتری مشاهده شد. به‌طوری‌که با افزایش نسبت سیمان، مدول‌الاستیسیته و مدول‌گسیختگی بالاتر و جذب آب کمتری مشاهده شد. ذرات کوچک‌تر، با داشتن سطح ویژه بالاتر، آب بیشتری جذب کردند. علاوه بر آن، ذرات کوچک‌تر واکشیدگی ضخامت کمتری نسبت به ذرات درشت نشان دادند. Golbabaei و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی استفاده از سیمان و ذرات باگاس در چهار سطح ۹۰ به ۱۰، ۵۸ به ۱۵، ۸۰ به ۲۰ و ۷۵ به ۲۵ و کلسیم کلرید در دو سطح ۳ و ۵ درصد در ساخت کامپوزیت تقویت شده سیمان- الیاف چوب پرداختند. نتایج تحقیقات آنان نشان داد که بیشترین مدول‌الاستیسیته و مدول‌گسیختگی در نسبت ۹۰ به ۱۰ و بیشترین واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت در

www.SID.ir

Archive of SID

نسبت ۷۵ به ۲۵ مشاهده شد. Rangavar و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی تأثیر نوع سیمان بر هیدراتاسیون سیمان و خواص چندسازه چوب سیمان ساخته شده از ساقه آفتابگردان با نسبت‌های اختلاط ۱۰۰:۰، ۷۵: ۲۵، ۵۰: ۵۰، ۷۵:۲۵ و ۰: ۱۰۰ نسبت به خرده‌چوب صنوبر پرداختند. نتایج آنان نشان داد که مواد لیگنوسلولزی سبب کاهش واکنش هیدراتاسیون و افزایش زمان گیرایی سیمان شد. ساقه آفتابگردان در مقایسه با خرده‌چوب صنوبر تأثیر بیشتری بر افزایش زمان گیرایی سیمان داشت. استفاده از ساقه آفتابگردان و افزایش مقدار آن نسبت به خرده‌چوب صنوبر، سبب کاهش خواص مکانیکی و افزایش میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت تخته‌ها گردید. Ashori و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از تراشه‌های صنوبر و سیمان با نسبت‌های اختلاط ۴۰: ۶۰، ۶۰: ۴۰ و ۷۰: ۳۰ و کلسیم کلرید در دو سطح ۳ و ۷ درصد، فراورده مرکب چوب سیمان ساخته و به مطالعه خواص فیزیکی و مکانیکی آن پرداختند. نتایج حکایت از آن داشت که مقاومت خمشی و مقاومت به ضربه با افزایش میزان چوب تا ۴۰ درصد افزایش یافت؛ اما افزایش بعدی در نسبت چوب، موجب افت مقاومت‌ها گردید. همچنین افزایش میزان چوب اثر منفی بر چسبندگی داخلی داشت. Enayati و همکاران (۲۰۱۲) ویژگی‌های بلوک‌های چوب سیمان ساخته شده از خاک‌اره با نسبت خاک‌اره به سیمان ۲۸: ۷۲، ۳۵: ۶۵ و ۴۲: ۵۸ و ماده افزودنی کلرید کلسیم و کلرید منیزیم در دو سطح ۳ و ۵ درصد را بررسی کردند. نتایج آنان نشان داد که تفاوت در نسبت‌های مختلف خاک‌اره به سیمان باعث تفاوت در خواص فیزیکی و مکانیکی بلوک‌ها گردید. به‌طوری‌که با افزایش درصد خاک‌اره در ساختار بلوک‌های آزمونی، واکشیدگی ضخامت به‌طور مشخص افزایش و در نسبت ۴۲ درصد مقدار این ویژگی به بیش از دو برابر مقدار آن در بلوک‌های حاوی ۲۸ درصد خاک‌اره رسید. با افزایش درصد خاک‌اره، مقاومت فشاری بلوک‌ها در اثر افزایش فشردگی افزایش یافت. Singh و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از الیاف نارگیل، صفحه فشرده سیمان- الیاف ساختند. نتایج مطالعات آنان نشان داد که با افزایش میزان الیاف، دانسیته تخته‌ها کاهش و جذب آب و مقاومت به ضربه افزایش یافت. Ajayi و Badejo (۲۰۰۵) اثر دانسیته تخته تراشه سیمان با استفاده از تراشه‌های دو گونه مختلف پهن‌برگ را بر خواص خمشی و چسبندگی داخلی بررسی کردند. تخته‌ها با نسبت اختلاط ثابت سیمان به چوب ۲: ۱ در سه دانسیته ۱۰۰۰، ۱۱۰۰ و ۱۲۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب و ۱/۵٪ کلسیم کلرید و با تراشه‌هایی با طول ۵۰ میلی‌متر و ضخامت ۲/۵ میلی‌متر ساخته شد. نتایج نشان داد که مدول‌گسیختگی تخته‌ها بر خلاف چسبندگی داخلی، با دانسیته همبستگی مثبت نشان داد. مدول‌گسیختگی تخته‌ها، در گونه‌های چوبی و دانسیته‌های مختلف، تفاوت معنی‌داری نشان داد؛ اما چسبندگی داخلی در دانسیته‌های مختلف تفاوت معنی‌داری نداشت. Golbabaei و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از کلش برنج، کاه گندم، ساقه چوبی پنبه و صنوبر تخته‌های چوب سیمان تهیه و خواص آن را بررسی کردند. یافته‌های آنان حکایت از آن داشت که تخته سیمان تهیه شده از صنوبر به‌عنوان شاهد بیشترین مقاومت به خمش استاتیک در حد الاستیک را نشان داد. Marzuki و همکاران (۲۰۱۱) خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب سیمان سه لایه در چهار نسبت چوب به سیمان ۱: ۱/۷۵، ۱: ۲، ۱: ۲/۲۵و ۱: ۲/۵را به همراه ترکیبی از آلومینیم سولفات و سدیم سیلیکات به‌عنوان شتاب‌دهنده گیرایی سیمان مطالعه کردند. برای لایه میانی تخته، ذرات چوب با اندازه ۲ میلی-متر و برای لایه‌های سطحی، ترکیبی از ۱ و ۰/۵ میلی‌متر در نظر گرفته شد. طبق یافته‌های آنان میزان بهینه مدول‌گسیختگی در نسبت چوب به سیمان ۱:۱/۷۵ و میزان بهینه مدول‌الاستیسیته در نسبت چوب به سیمان ۱: ۲,۵ ملاحظه شد. Hassanpoor Tichi و همکاران (۲۰۱۵) اثر نانوولاستونیت بر روی خصوصیات ریزساختاری، مکانیکی و فیزیکی چندسازه الیاف چوب سیمان با درصدهای اختلاط ماده لیگنوسلولزی به سیمان ۱۰ به ۹۰، ۲۰ به ۸۰ و ۳۰ به ۷۰ را بررسی کردند. نتایج تحقیقات آنان نشان داد با افزایش میزان نانوولاستونیت، مقاومت فشاری، چسبندگی

www.SID.ir

Archive of SID

داخلی و دانسیته افزایش یافت. همچنین با افزایش نانوولاستونیت، ثبات ابعادی تخته‌ها در مقایسه با نمونه بدون نـانو افـزایش یافـت. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر دانسیته‌ها و نسبت‌های اختلاط مختلف خرده‌چوب صنعتی به سیمان بر خواص مکانیکی شامل خواص خمشی و مقاومت چسبندگی داخلی و خواص فیزیکی شامل جذب آب، واکشیدگی ضخامت و مقاومت به آتش چندسازه‌های چوب سیمان انجام شد. خرده‌چوب صنعتی مورد استفاده، ترکیبی از چوب‌های جنگلی و باغی بود. خرده‌چوب صنعتی یکی از ضایعات مهم کارخانه‌های صنایع چوب بوده و به دلیل در دسترس بودن و هزینه اندک در مقایسه با سیمان، موجب کاهش هزینه‌های تولید شده و از سوی دیگر استفاده از این خرده‌چوب‌ها از لحاظ حفظ انرژی و مسائل زیست-محیطی حائز اهمیت می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مواد مورد استفاده در این پژوهش شامل خرده‌چوب صنعتی از شرکت صنعت چوب شمال با ضخامت ۰/۱± ۰/۸ میلی‌متر بود. خرده‌چوب‌ها مخلوطی از چوب‌های جنگلی شمال کشور (گونه‌های چوبی راش، ممرز و نمدار) و چوب‌های باغی (خرده چوب‌های حاصل از هرس درختان میوه) بود. سیمان مورد استفاده در ساخت چندسازه‌ها، سیمان پرتلند نوع ۲ ساخت کارخانه سیمان آبیک و کلرید کلسیم محصول شرکت مرک آلمان بود.

از آنجایی که قندهای موجود در چوب از گیرایی سیمان ممانعت به‌عمل می‌آورد، باید قبل از ساخت کامپوزیت غلظتشان کم شود (Ajayi & Badejo, 2005). به این منظور خرده‌چوب‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر با دمای°C ۲۰ شست‌وشو داده شد. سپس خرده-چوب‌ها برای رسیدن به رطوبت ۱۲٪، به مدت ۳ هفته در رطوبت نسبی ۵±۶۵٪ و دمای °C ۲۰ قرار داده شدند. شتاب‌دهنده کلسیم کلرید به‌منظور کاهش اثر بازدارندگی چوب بر گیرایی سیمان و افزایش سرعت هیدراتاسیون، به مقدار ۵٪ وزنی سیمان با آب مخلوط و به خرده‌چوب-ها اضافه گردید. سیمان پرتلند نوع ۲ با نسبت‌های اختلاط خرده‌چوب به سیمان ۲۵٪ به ۷۵٪ و ۳۵٪ به ۶۵٪، با استفاده از همزن دستی با خرده‌چوب مخلوط شد. دانسیته اسمی چندسازه‌ها در دو سطح ۸۰۰ و ۱۱۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب لحاظ شد. مواد به‌دست آمده در قالبی به ابعاد ۴۰×۴۰ سانتی‌متر مربع ریخته شد. مواد حاصل با استفاده از گیره‌های فولادی، به مدت ۲۴ ساعت تحت پرس سرد با فشار ۳۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع قرار گرفت و ضخامت نهایی تخته‌ها ۱۵ میلی‌متر تعیین شد. پس از گیرایی اولیه، به‌منظور تکمیل گیرایی و کاهش سرعت خشک شدن سیمان، تخته‌ها به مدت ۲۸ روز در کلیما با دمای °C ۲۰±۲ و رطوبت نسبی۹۰٪ قرار داده شد. پس‌ازآن، به‌منظور متعادل‌سازی رطوبت، تخته‌ها به مدت ۲۸ روز در رطوبت نسبی ۵±۶۵٪ و دمای °C ۲۰±۲ قرار گرفت. به‌منظور تعیین دانسیته نمونه‌ها، جرم و حجم نمونه‌های خشک‌شده با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم و کولیس با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه گیری و بعد دانسیته مطابق رابطه زیر محاسبه شد.

رابطه دانسیته $\mathbf{D = M / V}$

D : دانسیته (کیلوگرم بر متر مکعب)، M : جرم خشک نمونه‌ها (کیلوگرم)،V : حجم خشک نمونه‌ها (متر مکعب)

جدول ۱- مشخصات سیمان مورد استفاده

نوع ترکیب شیمیایی	میزان (٪)
اکسید کلسیم (CaO_2)	۶۰-۶۷
دی‌اکسید سیلیسیم (SiO_2)	۱۷-۲۵
اکسید منیزیم (MgO)	۰/۱-۴
اکسید آلومینیوم (Al_2O_3)	۳-۸
اکسید آهن (Fe_2O_3)	۰/۵-۶
سولفات (SO_4)	۱-۳
اکسید سدیم و پتاسیم	۰/۵-۱/۳

www.SID.ir

Archive of SID

مدول‌الاستیسیته و مقاومت خمشی تخته‌ها طبق استاندارد EN 310، چسبندگی داخلی طبق استاندارد EN 319، جذب آب و واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت برابر استاندارد EN 317 و مقاومت به آتش طبق استانداردISO 11925 اندازه‌گیری شد.

تحلیل آماری نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، با روش آنالیز واریانس دوطرفه و با استفاده از آزمون مدل خطی تعمیم یافته (GLM)[1] در نرم‌افزار مینی‌تب ۱۷ با سطح اعتماد ۹۵٪ انجام شد. میانگین تیمارها با آزمون تعقیبی اختلاف معنی‌دار حقیقی[2] (HSD) مقایسه شد.

نتایج

تحلیل واریانس نتایج مربوط به اندازه‌گیری خواص مکانیکی و فیزیکی نمونه‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- تحلیل واریانس (عدد P) اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر خواص مکانیکی و فیزیکی

منابع تغییرات	مدول الاستیسیته	مدول گسیختگی	چسبندگی داخلی	جذب آب ۲ ساعت	جذب آب ۲۴ ساعت	واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت	واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت	زمان شعله‌وری	کاهش جرم
دانسیته	۰/۴۵۸	۰/۶۳۷	۰/۷۵۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۴۱	۰/۱۶۰	۰/۴۷۳	۰/۹۰۲
نسبت اختلاط	۰/۰۲۱	۰/۰۰۰	۰/۳۱۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۰/۰۲۸
نسبت اختلاط × دانسیته	۰/۹۰۶	۰/۹۸۳	۰/۹۷۲	۰/۹۵۹	۰/۳۸۷	۰/۵۲۵	۰/۶۱۰	۰/۸۸۴	۰/۹۸۰

میانگین مقادیر مربوط به اندازه‌گیری دانسیته واقعی چندسازه‌های چوب سیمان در جدول ۳ نشان داده شده است. طبق یافته‌های حاصل از این پژوهش، بیشترین مقدار دانسیته واقعی در نمونه‌های ساخته شده با نسبت اختلاط خرده‌چوب به سیمان ۲۵ به ۷۵ و دانسیته ۱۱۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب و کمترین دانسیته واقعی در نمونه‌های ساخته شده با نسبت اختلاط خرده‌چوب به سیمان ۳۵ به ۶۵ و دانسیته ۸۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب مشاهده شد.

جدول ۳- اثر دانسیته اسمی و نسبت اختلاط خرده‌چوب به سیمان بر دانسیته واقعی

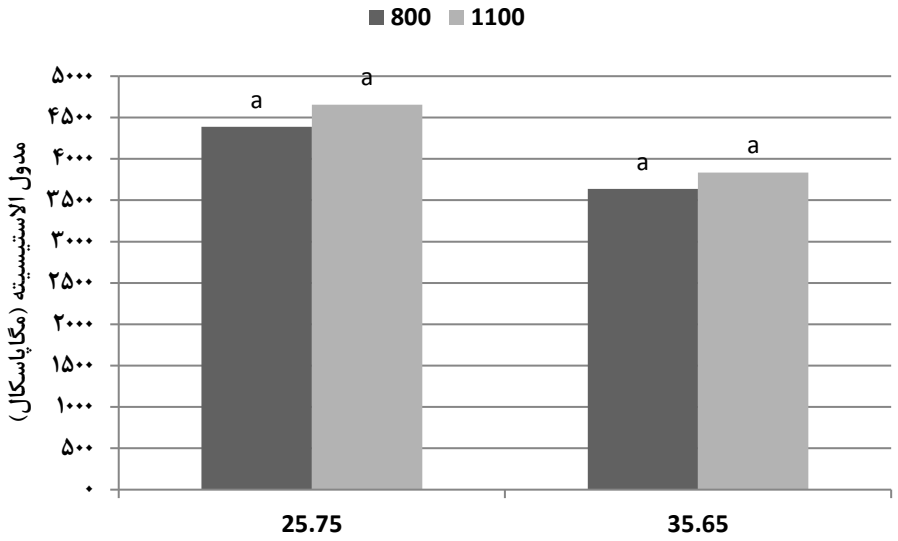
		نسبت اختلاط ۲۵ به ۷۵	نسبت اختلاط ۳۵ به ۶۵
دانسیته اسمی (کیلوگرم بر مترمکعب)	۸۰۰	۸۱۶	۸۰۳
	۱۱۰۰	۱۱۲۲	۱۰۷۰

1- General Linear Model
2 - Honestly Significant Difference test

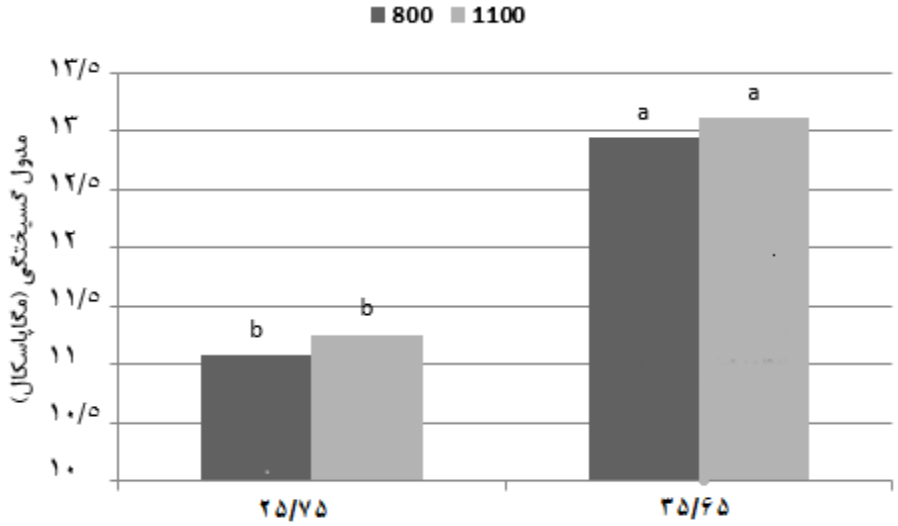
www.SID.ir

Archive of SID

نتایج تحلیل واریانس با سطح اعتماد ۹۵٪ نشان داد که با افزایش دانسیته، مدول‌الاستیسیته نمونه‌ها افزایش یافت. همان‌طور که در جدول ۲ مشخص شده است، اثر مستقل دانسیته بر مدول‌الاستیسیته نمونه‌ها معنی‌دار نبود. اثر مستقل نسبت اختلاط خرده‌چوب با سیمان بر مدول‌الاستیسیته اختلاف معنی‌دار نشان داد، به‌طوری‌که با افزایش نسبت سیمان، مدول‌الاستیسیته نمونه‌ها افزایش چشمگیری یافت. بیشترین و کمترین مدول‌الاستیسیته به میزان ۴۶۵۶/۸ مگاپاسکال و ۳۶۳۸ مگاپاسکال به‌ترتیب در نمونه‌های ساخته شده با نسبت اختلاط خرده‌چوب به سیمان ۲۵ به ۷۵ و دانسیته ۱۱۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب و نمونه‌های ساخته شده با نسبت اختلاط خرده‌چوب به سیمان ۳۵ به ۶۵ و با دانسیته ۸۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب مشاهده شد (شکل ۱).



شکل ۱- اثر دانسیته و نسبت اختلاط خرده‌چوب به سیمان بر مدول‌الاستیسیته



شکل ۲- اثر دانسیته و نسبت اختلاط خرده‌چوب به سیمان بر مدول گسیختگی

www.SID.ir

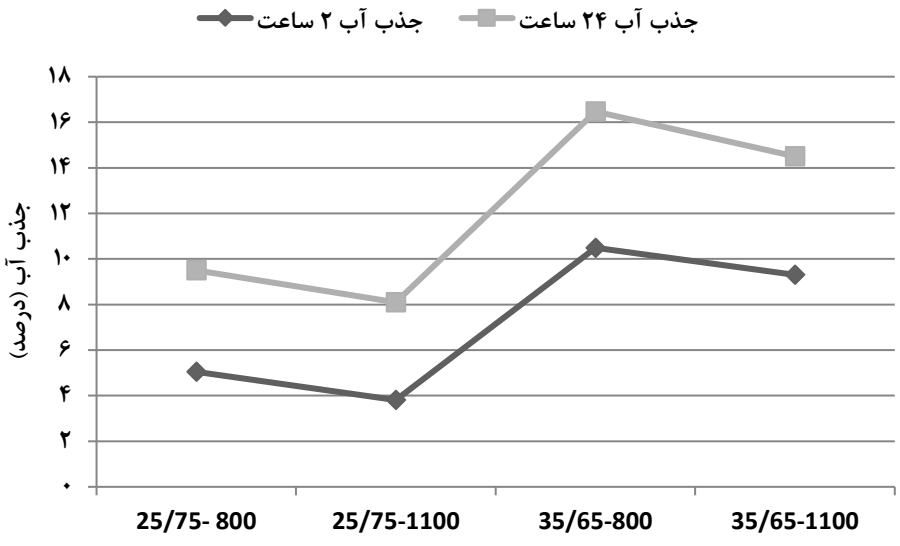
Archive of SID

نتایج نشان داد مدول‌گسیختگی در اثر افزایش دانسیته، افزایش یافت. همان‌طور که در جدول ۲ مشخص شده است، اثر مستقل نسبت اختلاط خرده‌چوب به سیمان بر مدول‌گسیختگی نمونه‌ها در سطح اعتماد ۹۵٪ اختلاف معنی‌دار نشان داد؛ به‌طوری‌که با افزایش نسبت سیمان، مدول‌گسیختگی نمونه‌ها کاهش چشمگیری یافت. بیشترین و کمترین مدول‌گسیختگی به میزان ۱۳/۱۱ مگاپاسکال و ۱۱/۰۸ مگاپاسکال به‌ترتیب در نمونه‌های ساخته شده با نسبت اختلاط خرده‌چوب به سیمان ۳۵ به ۶۵ و دانسیته ۱۱۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب و نمونه‌های ساخته شده با نسبت اختلاط ۲۵ به ۷۵ و با دانسیته ۸۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب مشاهده شد (شکل ۲).

تحلیل واریانس نتایج حاصل از آزمون چسبندگی داخلی نشان داد که اثر مستقل دانسیته و اثر مستقل نسبت اختلاط خرده‌چوب به سیمان با سطح اعتماد ۹۵٪ بر چسبندگی داخلی نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جدول ۲). بیشترین چسبندگی داخلی به میزان ۰/۶۰۸ مگاپاسکال در نمونه‌های ساخته شده با نسبت اختلاط خرده‌چوب به سیمان ۲۵ به ۷۵ و دانسیته ۱۱۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب و کمترین چسبندگی داخلی به میزان ۰/۵۷۰ مگاپاسکال در نمونه‌های ساخته شده با نسبت اختلاط خرده‌چوب به سیمان ۳۵ به ۶۵ و دانسیته ۸۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب مشاهده شد (جدول ۴).

جدول ۴- اثر دانسیته و نسبت اختلاط خرده‌چوب به سیمان بر چسبندگی داخلی

		نسبت اختلاط ۲۵ به ۷۵	نسبت اختلاط ۳۵ به ۶۵
دانسیته (کیلوگرم بر مترمکعب)	۸۰۰	۰/۵۹۸	۰/۵۷۰
	۱۱۰۰	۰/۶۰۸	۰/۵۷۸



شکل ۳- اثر دانسیته و نسبت اختلاط خرده‌چوب به سیمان بر جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت

www.SID.ir

Archive of SID

تحلیل واریانس نتایج نشان داد با سطح اعتماد ۹۵٪ اثر مستقل دانسیته و اثر مستقل نسبت اختلاط خرده‌چوب به سیمان بر جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت نمونه‌ها معنی‌دار بود (جدول ۲). همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده است، بیشترین جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت به میزان ۱۰/۴۹٪ و ۱۶/۴۷٪ در نمونه‌های ساخته شده با نسبت اختلاط خرده-چوب به سیمان ۳۵ به ۶۵ و دانسیته ۸۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب مشاهده شد. کمترین جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت به میزان ۳/۸۱٪ و ۸/۱۰٪ در نمونه‌های ساخته شده با نسبت اختلاط خرده‌چوب به سیمان ۲۵ به ۷۵ و دانسیته ۱۱۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمد.

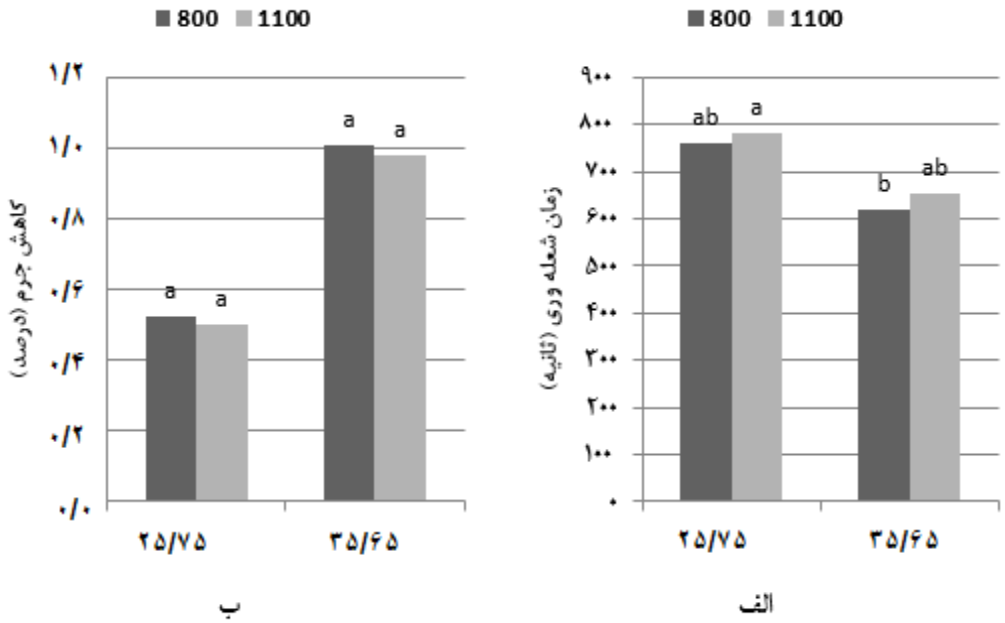
در بررسی آزمون واکشیدگی ضخامت، تحلیل واریانس نتایج نشان داد با سطح اعتماد ۹۵٪ اثر مستقل دانسیته و اثر مستقل نسبت اختلاط خرده‌چوب به سیمان بر واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت نمونه‌ها معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت به میزان ۱/۳۵٪ و ۲/۱۹٪ در نمونه‌های ساخته شده با نسبت اختلاط خرده-چوب به سیمان ۳۵ به ۶۵ و دانسیته ۸۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب مشاهده شد. کمترین واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت به میزان ۰/۸۰٪ و ۱٪ در نمونه‌های ساخته شده با نسبت اختلاط خرده‌چوب به سیمان ۲۵ به ۷۵ و دانسیته ۱۱۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب مشاهده شد (شکل ۴).

شکل ۴- اثر دانسیته و نسبت اختلاط خرده‌چوب به سیمان بر واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت

همان‌طور که در جدول ۲ مشخص شده است، اثر مستقل دانسیته نمونه‌ها بر زمان شعله‌وری و کاهش جرم در سطح اعتماد ۹۵٪ اختلاف معنی‌دار نشان نداد و اثر مستقل نسبت اختلاط خرده‌چوب به سیمان بر زمان شعله‌وری و کاهش جرم نمونه‌ها در سطح اعتماد ۹۵٪ اختلاف معنی‌دار نشان داد. مقاومت به آتش نمونه‌ها در اثر افزایش دانسیته، افزایش یافت. به‌نحوی‌که با افزایش نسبت سیمان، زمان شعله‌وری افزایش چشمگیر و کاهش جرم نمونه‌ها کاهش چشمگیری یافت (شکل ۵).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- اثر دانسیته و نسبت اختلاط خرده‌چوب به سیمان بر الف) زمان شعله‌وری و ب) کاهش جرم

بحث

عوامل بسیاری ازجمله گونه چوبی یا در نگاهی گسترده‌تر مواد لیگنوسلولزی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن، اندازه و شکل هندسی ذرات، نوع سیمان، مواد افزودنی (تسریع‌کننده و کند کننده‌های گیرایی سیمان)، نسبت اختلاط آب، دمای محیط و زمان گیرایی بر خواص صفحات فشرده چوب سیمان اثرگذارند. همه این عوامل و برهم‌کنش آنها با یکدیگر، موجب می‌شود که برآورد نظری از خواص صفحات فشرده چوب سیمان، دشوار شود (Jorge *et al.*, 2004).

در این پژوهش با افزایش نسبت سیمان، دانسیته اندازه‌گیری شده نمونه‌ها افزایش یافت و در نمونه‌های با دانسیته اسمی بالاتر، دانسیته واقعی بیشتری مشاهده شد. مقاومت مکانیکی چندسازه‌ها رابطه مستقیمی با نوع، استحکام و میزان پیوندهای تشکیل‌شده بین مراحل تشکیل‌دهنده آن دارد. در کیفیت اتصال چندسازه‌های حاصل از ترکیب سیمان و سلولز، پیوندهای هیدروژنی نقش کلیدی را ایفا می‌کنند (Frybort *et al.*, 2008). در چندسازه‌های چوب سیمان، هرچه پیوند بین ذرات چوب و سیمان، بیشتر و محکم‌تر باشد، فراورده حاصل از مقاومت‌های مکانیکی بالاتری برخوردار خواهد بود (Semple & Evans, 2004). طبق اظهارات Olorunnisola (۲۰۰۹) فضای بین ذرات آلی و سیمان، عامل مهمی برای کنترل خواص کامپوزیت است.

در این پژوهش با افزایش دانسیته چندسازه‌ها، مدول‌الاستیسیته افزایش یافت. طبق یافته‌های Fuwape و همکاران (۲۰۰۷) مدول‌الاستیسیته تخته الیاف- سیمان، در تیمارهای با دانسیته بالاتر افزایش یافت؛ زیرا هرچه الیاف فشرده‌تر باشد، ظرفیت آن برای جلوگیری از شکست سیمان ترد بیشتر شده و به‌عبارتی موجب تأخیر در شکست می‌شود. طبق نتایج حاصل از این پژوهش، با افزایش نسبت سیمان در چندسازه‌ها، مدول‌الاستیسیته افزایش یافت. یافته‌های Castro و همکاران (۲۰۱۸) دلالت بر افزایش مدول‌الاستیسیته با افزایش نسبت سیمان داشت. طبق یافته‌های آنان، بالا بودن مدول‌الاستیسیته دال بر سفتی ماده بوده و سیمان عامل اصلی در این امر می‌باشد. مدول‌الاستیسیته پانل چوب سیمان، بستگی به مقدار کلی ماتریس سیمانی

www.SID.ir

Archive of SID

سفت و تراکم‌ناپذیر دارد (Pablo *et al.*, 1994). سفتی تابعی از نسبت اختلاط چوب به سیمان است، زیرا سیمان ذاتاً نسبت به چوب صلب‌تر است (Moslemi & Pfister 1987). نقش اصلی ذرات چوب در کامپوزیت‌های سیمانی، افزایش چقرمگی[1] است (Olorunnisola *et al.*, 2009). مواد با سفتی بیشتر، مدول بیشتری دارند و مواد با چقرمگی بیشتر، مدول کمتری دارند. صلبی سیمان بیشتر از چوب بوده و منجر به افزایش مدول‌الاستیسیته می‌شود (Fuwape & Oyagade, 1993). در اثر افزایش نسبت سیمان، مدول‌الاستیسیته به دلیل ایجاد پیوندهای قوی‌تری که به سیمان نسبت داده می‌شود، افزایش می‌یابد (Marzuki *et al.*, 2011). طبق استاندارد EN 634-2 حداقل مدول‌الاستیسیته پانل چوب سیمان، ۳۰۰۰ مگاپاسکال در نظر گرفته شده است. تخته‌های ساخته شده در این تحقیق حداقل مقادیر مدول‌الاستیسیته را داشتند.

طبق نتایج حاصل از این پژوهش، با افزایش نسبت خرده‌چوب، مدول‌گسیختگی نمونه‌ها افزایش یافت. با افزایش درصد چوب در تخته، مدول‌گسیختگی به دلیل افزایش تراکم و درهم‌رفتگی ذرات و کاهش تردی ناشی از مصرف سیمان افزایش یافت. خواص خمشی قبل از هر چیز، بستگی به تعداد فصل مشترک الیاف و فضای خالی بین آنها دارد (Pablo *et al.*, 1994). به‌نحوی‌که با افزایش دانسیته، فشردگی بالاتر رفته و پیوندهای بیشتری تشکیل‌شده و افزایش مدول‌گسیختگی را در پی خواهد داشت (Ajayi & Badejo, 2005). میزان بالای سیمان ممکن است سبب تردی تخته شده و مدول‌گسیختگی را کاهش دهد (Moslemi & Harmel, 1988; Marzuki *et al.*, 2011). همچنان که میزان چوب افزایش می‌یابد، تردی کاهش‌یافته و به این معنا می‌باشد که ظرفیت تغییر شکل ماده افزایش‌یافته و این پدیده ناشی از طبیعت فیبری چوب می‌باشد (Al Rim *et al.*, 1999). در میزان اختلاط چوب به سیمان بالا، تراکم کیک نسبت به الیاف افزایش می‌یابد و سبب افزایش مقاومت خمشی شده و درصورتی‌که میزان سیمان به چوب زیاد استفاده شود، میزان تراکم کاهش می یابد (Lee, 1984). استفاده الیاف در تولید چندسازه‌های الیاف- سیمان سبب بهبود خواص مکانیکی به‌ویژه مقاومت خمشی می‌گردد که دلیل آن را سطح تماس زیاد الیاف و ایجاد شبکه کارآمدتر ذکر کرده‌اند (Nasiri *et al.*, 2011). برابر استاندارد EN 634-2 برای ساخت پانل چوب سیمان، حداقل مدول‌گسیختگی ۹ مگاپاسکال در نظر گرفته شده است. با توجه به نتایج، مدول‌گسیختگی همه تخته‌های ساخته شده در آزمایش، از مقادیر ذکرشده در استاندارد بالاتر بود.

چسبندگی داخلی نمونه‌های ساخته شده در این پژوهش، با افزایش نسبت سیمان افزایش یافت. افزایش دانسیته موجب افزایش جرم واحد حجم تخته شده و این پدیده موجب افزایش تماس بین ذره‌ای و اتصال داخلی شده و به دلیل فشردگی بیشتر عناصری که موجب تمرکز تنش می‌شوند، توزیع تنش بهتری انجام خواهدشد (Fuwape & Oyagade, 1993). افزایش دانسیته موجب کاهش حجم حفره‌ها و افزایش فشردگی شده و اتصال داخلی را بالا می‌برد. طبق یافته‌های Ashori و همکاران (۲۰۱۲) در میزان چوب بیشتر، مقدار ماتریس سیمان کاهش یافته و موجب کاهش مقاومت اتصال و کاهش چسبندگی داخلی می‌شود. البته هرچه نسبت چوب در صفحه فشرده بالاتر باشد، تعداد پیوندهای بیشتری بین ذرات چوب تشکیل شده و این پدیده تماس سطح مشترک بین چوب و ماتریس را کاهش داده، بنابراین قابلیت چوب برای پیوند با ماتریس کاهش می‌یابد. طبق نتایج Lee (۱۹۸۴) هنگامی که نسبت سیمان به چوب کم باشد، چوب توسط سیمان پوشش کافی داده نخواهد شد و به اتصال ضعیف منجر می‌شود. برابر استاندارد EN 634-2 برای ساخت پانل چوب سیمان، حداقل چسبندگی داخلی ۰/۵ مگاپاسکال لحاظ شده است که مقادیر چسبندگی داخلی نمونه‌های ساخته شده در این پژوهش با مقادیر قید شده در استاندارد مطابقت داشت.

طبق نتایج این پژوهش، ثبات ابعاد نمونه‌ها در اثر

1 - Ductility

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش نسبت سیمان افزایش یافت. مواد لیگنوسلولزی عموماً منجر به افزایش نم‌پذیری نمونه‌ها می‌شود. این پدیده به دلیل پیوندهای هیدروژنی مولکول‌های آب با گروه‌های هیدروکسیل آزاد دیواره سلولی و توزیع مولکول‌های آب در سطح مشترک ذرات چوب سیمان است؛ علاوه‌برآن وجود ساختارهای لوله‌ای متخلخل زیاد در چوب، نفوذ آب را به علت اثر مویینگی تسریع می‌کند (Ashori *et al*., 2012). تحقیقات Ogunjobi و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد که سیمان بیشتر موجب پوشش حفره‌های خالی موجود در چوب شده و سبب جذب آب کمتر می‌گردد. Savastano و همکاران (۲۰۰۰) بیان کردند همچنان که میزان فیبر افزایش می‌یابد، کاهش چشمگیر در دانسیته و افزایش جذب آب مشاهده می‌شود. بنابر اظهارات Fuwape و Oyagade (۱۹۹۳) با کاهش سطح پوشش سیمان بر ذرات چوب، پیوندهای بین ذرات کاهش یافته و فضا برای جذب آب بیشتر مهیا شده و احتمال ایجاد برگشت ضخامت افزایش یافت. با افزایش میزان سیمان، واکشیدگی ضخامت تخته‌ها بهبود یافت و این پدیده به این علت نسبت داده می‌شود که ماتریس سیمان پیوند خوبی با ذرات چوب برقرار کرده و الیاف را احاطه می‌کند (Marzuki *et al*., 2011). گیرایی سیمان اطراف ذرات چوب، انبساط ابعادی چوب را محدود کرده و موجب کاهش اتساع فراورده می‌گردد (Fuwape & Oyagade, 1993). برابر استاندارد EN 634-2 حداکثر واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت پانل چوب سیمان، ۱/۵٪ قید شده است. حداکثر واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت اندازه‌گیری شده در این تحقیق به میزان ۲/۱۹٪ بود، بنابراین با مقادیر استاندارد مطابقت نداشت.

نتایج بررسی مقاومت به آتش حکایت از آن داشت که در چندسازه‌های با دانسیته بالاتر، زمان شعله‌وری افزایش و درصد کاهش جرم کاهش یافت که این پدیده احتمالاً به تخلخل کمتر و دسترسی کمتر ذرات به اکسیژن نسبت داده می‌شود. علاوه‌برآن در چندسازه‌های ساخته شده با نسبت بیشتر الیاف، زمان شعله‌وری کمتر و درصد کاهش جرم بیشتری مشاهده شد که این امر به آتش‌گیر بودن مواد لیگنوسلولزی نسبت داده می‌شود. بنابر اظهارات Yu و همکاران (۲۰۱۶) وجود لایه هیدراته سیمان پرتلند بر سطوح ذرات چوبی، موجب بهبود مقاومت به آتش شده و هنگام قرار گرفتن چندسازه در معرض آتش، اثر ممانعتی سیمان پرتلند، مانع از احتراق ذرات چوب می‌شود. همچنین آنان بیان کردند که نسبت اختلاط سیمان به چوب بیشتر، موجب افزایش زمان شعله‌وری در مقایسه با نسبت اختلاط سیمان به چوب کمتر می‌شود که نتایج آنان با یافته‌های حاصل از این پژوهش مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری

ساخت صفحات فشرده، یکی از راهکارهای مهم برای استفاده از ضایعات چوبی می‌باشد. استفاده از الیاف چوبی در ساخت چندسازه‌های چوب سیمان، از سویی موجب کاهش دانسیته و کاهش تردی محصول شده و از سوی دیگر با توجه به بالاتر بودن هزینه سیمان در مقایسه با چوب، هزینه مواد اولیه را کاهش خواهد داد. در این پژوهش، تأثیر دانسیته و نسبت اختلاط خرده‌چوب صنعتی به سیمان بر خواص مکانیکی و فیزیکی چندسازه‌های چوب سیمان بررسی شد. نتایج حاصل از اندازه‌گیری دانسیته نمونه‌ها نشان داد با افزایش دانسیته، خواص خمشی و چسبندگی داخلی نمونه‌ها افزایش یافت. در اثر افزایش نسبت سیمان به خرده‌چوب، مدول‌الاستیسیته نمونه‌ها افزایش و مدول‌گسیختگی کاهش یافت. افزایش نسبت خرده‌چوب به سیمان، منجر به کاهش مقاومت چسبندگی داخلی شد. با افزایش دانسیته، ثبات ابعاد نمونه‌ها افزایش یافته و کاهش نسبت اختلاط خرده‌چوب به سیمان، موجب کاهش جذب آب و واکشیدگی ضخامت شد. با افزایش دانسیته و افزایش نسبت سیمان، مقاومت به آتش نمونه‌ها بهبود یافت. به‌طوری‌که چندسازه‌های چوب سیمان ساخته شده در این پژوهش، ملزومات قید شده در استاندارد اروپایی را دارا بوده و می‌تواند در کاربردهای متداول چوب سیمان همانند

www.SID.ir

Archive of SID

کف‌پوش، پوشش سقف و بام و دیوارهای حائل مورد استفاده قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

-Ajayi, B., and Badejo S.O.O. 2005. Efects of board density on bending strength and internal board of cement- bonded flake- boards. Journal of Tropical Forest Science.17 (2): 228-234.
-Al Rim, K., Ledhem, A., Douzane, O., Dheilly, 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: 269-276.
-Ashori, A., Tabarsa, T., Sepahvand, S. 2012. Cement-bonded composite boards made from poplar strands. Construction & Building Materials. 26: 131-134.
-Badejo, S.O.O. 1988. Effect of flake geometry on properties of cement-bonded particleboard from mixed tropical hardwoods. Wood Science and Technology. 22:357–370.
-Castro, V., Parchen, C., and Iwakiri, S. 2018. Particle sizes and wood/cement ratio effect on the production of vibro-compacted composites. Floresta e Ambiente. 25 (4): e20150213.
-Enayati, A.A., Nazerani Hooshmand, H., Doosthoseini, K., Jahan Latibari,A. and Rahimi, S. 2012. Evaluation of the properties of wood sawdust-cement perforated blocks. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research. 27 (2): 294-305.
-European Committee for Standardization – CEN. EN 634-2: Cement-bonded particleboards: specifications: part 2: requirements for OPC bonded particleboards for use in dry, humid and external conditions. Brussels: CEN; 2007.
-Frybort, S., Mauritz, R., Teischinger, A., and Mulle, U. 2008. Cement bonded composites – a mechanical review. Bioresources.3 (2): 602-626.
-Fuwape, J.A., and Oyagade, A.O. 1993. Bending strength and dimensional stability of tropical wood-cement particleboards. Bioresourece technology. 44: 77-79.
-Fuwape, J.A., Fabiyi, J.S., and Osuntuyi, E.O. 2007. Technical assessment of three layered cement-bonded boards produced from wastepaper and sawdust. Waste management. 27: 1611-1616.
-Golbabaei, F., Hosseinkhani, H., Hajihassani, R. and Rashnv, A. 2013.Investigation on properties of wood-cement panels based on Agricultural residues. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research. 28 (3): 583-596.
-Golbabaei, F., Salehi, K., and Hajihassani, R. 2019. Use of bagasse in the manufacture of reinforced wood-fiber cement composite. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research. 34 (2): 302-311.
-Hassanpoor Tichi, A., Bazyar, B., Khademieslam, H., Rangavar, H., and Talaeipour, M. 2015. Effect of nano- wollastonite on microscopic, mechanical and physical properties of cement-wood fibers composite. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research. 30 (4):567-577.
-Jorge, F.C., Pereira, C., and Ferreira, J. M. F. 2004. Wood-cement composites: a review. Holz Roh Werkst. 62:370–377.
-Lee, AWC. 1984. Effect of cement/wood ratio on bending properties of cement-bonded southern pine excelsior board. Wood and fiber science. 17: 361-364.
-Marzuki, A.R, Rahim, S., Hamidah, M., and Ahmad Ruslan R. 2011. Effects of wood:cement ratio on mechanical and physical properties of three-layered cement-bonded particleboards from Leucaena lecocephala. Journal of Tropical Forest Science. 23 (1): 67-72.
-Menezzi, C.H.S.D., Castro,V.G.D., and Mario Rabelo de Souza, M.R.D. 2007. Production and properties of a medium density wood-cement boards produced with oriented strands and silica fume. Maderas. Ciencia y tecnología. 9(2): 105-115.
-Moslemi, A.A, and Pfister, S.C. 1987. The influence of cement/wood ratio and cement type on bending strength and dimensional stability of wood-cement composite panels. Wood and Fiber Science. 19 (2): 165-175.
-Moslemi, A.A, and Harmel, M.P. 1988. Fiber and particleboard bonded with inorganic binders. Forest products research society, Madison.
-Nasiri, H., Varshoee, A., and Kargarfard, A. 2011. Investigation on the properties of cement-bagasse fiber composite as a structural material. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research. 26 (2): 291-299.
-Ogunjobi, K.M., Ajibade, M.A, Gakenou, O.F., and Gbande, S. 2019. Physical and mechanical properties of cement-bonded particle board produced from Anogeissus leiocarpus (DC.) Guill and Perr wood species. African Journal of Agriculture Technology and Environment. 8(1): 192-199.
-Olorunnisola, A.O. 2009. Effect of husk particle size and calcium chloride on strength and sorption properties of coconut husk-cement composites. Industrial Crops and Products. 29 (2-3): 495-501.
-Pablo, A., Geimer, R. L., and Wood, J. E. 1994. Accelerated pressing of low-density cement-bonded board, 4th International Inorganic-bonded Wood and Fiber Composite Materials, Spokane, WA, USA.

www.SID.ir

Archive of SID

Portland, Scientia forestalis. 68: 59-67.
-Simatupang, M.H., Schwarz, G.H., and Broker, F.W. 1978. Small scale plants for the manufacture of mineral- bonded wood composites. Special paper. 8th world forestry congress, FID-II/ 21-3, Jakarta, Indonesia.
-Singh, A., Singh, J., and Ajay, s. 2018. Properties of fiber cement boards for building partitions. International Journal of Applied Engineering Research. 13 (10): 8486-8489.
-Wolfe, R.W., and Gjinolli, A. 1999. Durability and strength of cement- bonded wood particle composites made from construction waste. Forest Products Journal. 49 (2): 24-31.
-Yu, Y., Hou, J., Dong, Z., Wang, C., Lu, F., and Song, P. 2016. Evaluating the flammability performance of Portland cement-bonded particleboards with different cement–wood ratios using a cone calorimeter. Journal of Fire Sciences. 34 (3): 199–211.
-Zhou, Y., and Kamdem, P. 2002. Effect of cement/wood ratio on the properties of cement-bonded particleboard using CCA-treated wood removed from service. Forest Products Journal. 52 (3):77-81.
-Ramirez-Coretti, A., Eckelman, C.A, and Wolfe, R.W. 1998. Inorganicbonded composite wood panel systems for low-cost housing: a Central American perspective. Forest Product Journal. 48 (4):62–68.
-Rangavar, H., Kargarfard, A., and Hoseiny Fard, M.S. 2016. Investigation on Effect of cement Types on the cement hydration and properties of wood-cement composites manufactured using sunflower stalk (Helianthus Annuus). Iranian Journal of Wood and Paper Science Research. 31 (2): 336-348.
-Sandermann, W. 1970. Technical processes for the production of wood-wool cement boards and their adaptation to the utilisation of agricultural residues. UNIDO ID/WG.83/4.
-Savastano, H., Warden, P.G., and Coutts, R.S.P. 2000. Brazilian waste fibers as reinforcement for cement composites. Cement and conceret composites. 22 (5): 379-384.
-Semple, K. E., and Evans, P.D. 2004. Wood-cement composites-suitability of western Australian mallee eucalypt, blue gum and melaleucase. Rural industries research and development corporation, Australia, 71 p.
-Silva, G.C., Latorraca, J. V. F. Teixeira, D. E. and Junior, G. B. 2005. Wood and bark composite production of Euca-lyptus urophylla and cement

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of Board density and industrial wood particles to cement ratio on mechanical and physical properties of wood cement composite boards

M. Ghofrani 1* and A. Fazeli 2

1*- Corresponding author, Professor, Department of Wood and Paper Sciences and Technology, Faculty of Materials Engineering and New Technologies, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran, Emai: ghofrani@sru.ac.ir
2-Ph.D. Student, Department of Wood Technology and Engineering, Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received: Aug, 2020 Accepted: Jan., 2021

Abstract

This study was carried out to investigate the effect of two board density levels of 800 kg/m3 and 1100 kg/m^3 and two levels of industrial wood to cement ratios of 25:75 and 35:65 on mechanical and physical properties of wood cement composites. Boards were produced and then the density of boards were calculated. The experimental boards were subjected to modulus of elasticity and modulus of rupture tests in accordance with EN 310. Internal bonding was evaluated according to EN 319. Water absorption and thickness swelling were evaluated after 2 and 24 hours immersion in water according to EN 317. Fire resistance was evaluated according to ISO 11925. Results indicated that bending properties of the boards, including modulus of elasticity and modulus of rupture, and internal bonding increased at higher density. That was attributed to the high compression and improved binding between fiber and cement matrix. Modulus of elasticity increased significantly as cement content was raised. Modulus of rupture values were inversely related to cement content. Increasing wood to cement ratio led to low internal bonding because the low amount of cement can be insufficient to cover the wood particles for effective bonding to resist the tensile forces applied during internal bonding test. As the board density increased, dimensional stability increased. Variations in the wood to cement ratio have been reported to significantly affect the dimensional stability of specimens. Water absorption and thickness swelling increased with the increase in wood to cement ratio. Fire resistance of specimens improved when the board density and cement content increased. All of the mechanical properties of boards produced in this study satisfied the EN 634-2 requirements.

Keywords: Wood cement composites, bending properties, internal bonding, dimensional stability.

www.SID.ir