DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijwpr.2016.105933

فصلنامه علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران

جلد ۳۱، شماره ۲، صفحه ۳۴۸-۳۳۶، (۱۳۹۵)

بررسی تأثیر نوع سیمان بر هیدراتاسیون سیمان و خواص چندسازه چوب سیمان ساخته شده از ساقه آفتابگردان

حسین رنگ‌آور[۱*]، ابوالفضل کارگرفرد[۲] و محمدصالح حسینی‌فرد[۳]

۱* – نویسنده مسئول، دانشیار، گروه صنایع چوب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران

پست الکترونیک: rangavar@srttu.edu

۲– دانشیار، بخش تحقیقات علوم چوب و فراورده های آن، مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳– دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، مازندران

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۴

چکیده

در این تحقیق تأثیر سیمان پرتلند نوع ۲ و ۳ و همچنین استفاده از ساقه آفتابگردان (*Helianthus Annuus*) به دو شکل مغززدایی‌شده و دارای مغز و در درصدهای اختلاط مختلف نسبت به جرم خرده چوب صنوبر (*Populus alba*) به‌ترتیب با نسبت‌های ۱۰۰: ۰، ۷۵: ۲۵، ۵۰: ۵۰، ۲۵: ۷۵ و ۰: ۱۰۰ در ساخت چندسازه چوب سیمان بررسی شد. خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ساخته‌شده و اثر نوع ماده لیگنوسلولزی (ساقه آفتابگردان و صنوبر) و نوع سیمان (پرتلند نوع ۲ و ۳) در زمان گیرایی سیمان بررسی گردید. نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق نشان داد که مواد لیگنوسلولزی سبب کاهش واکنش هیدراتاسیون و افزایش زمان گیرایی سیمان شد. در این مورد ساقه آفتابگردان در مقایسه با خرده چوب صنوبر تأثیر بیشتری بر افزایش زمان گیرایی سیمان داشت. تخته‌های ساخته‌شده با سیمان پرتلند نوع ۳ دارای مقاومت‌های مکانیکی و خواص فیزیکی (کاهش جذب آب و واکشیدگی ضخامت) بهتری در مقایسه با تخته‌های ساخته‌شده با سیمان پرتلند نوع ۲ بودند. استفاده از ساقه آفتابگردان و افزایش مقدار آن نسبت به خرده چوب صنوبر سبب کاهش خواص مکانیکی و افزایش میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت تخته‌ها بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری گردید. به‌طوری‌که بهترین ویژگی‌های مورد مطالعه را تخته‌های ساخته‌شده با ۱۰۰ درصد خرده چوب صنوبر داشتند. از سوی دیگر استفاده از ساقه آفتابگردان مغززدایی‌شده سبب بهبود ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها در مقایسه با تخته‌های ساخته شده با ساقه آفتابگردان مغززدایی‌نشده شد. به‌طورکلی می‌توان بیان کرد که استفاده از ساقه آفتابگردان مغززدایی‌شده به میزان ۲۵ درصد نسبت به جرم خرده چوب صنوبر به همراه سیمان پرتلند نوع ۳ در ساخت تخته‌های چوب سیمان، دارای ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی مناسبی برای بکارگیری این تخته‌ها در مصارف داخلی ساختمان هستند.

واژه‌های کلیدی: ساقه آفتابگردان، خصوصیات فیزیکی و مکانیکی، هیدراتاسون سیمان، زمان گیرایی.

مقدمه

نیاز به مصالح سبک و در عین‌حال مستحکم از ضرورت-های خانه‌سازی صنعتی می‌باشد. پانل‌ها و صفحات چوب سیمان یا فراورده‌های کامپوزیتی با اتصال معدنی یکی از مصالحی است که می‌تواند این نیاز را پاسخگو باشد. توسعه فناوری پانل‌های چوب سیمان در هر منطقه به قابلیت در تأمین

مواد اولیه موردنیاز آن یعنی چوب یا مواد لیگنوسلولزی و سیمان مربوط می‌شود. با توجه به افزایش جمعیت و تقاضا برای مواد مرکب چوبی به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه که با محدودیت منابع جنگلی مواجه‌اند، لزوم بکارگیری سایر منابع لیگنوسلولزی مانند مواد حاصل از پسماند گیاهان کشاورزی در ساخت این‌گونه فراورده‌ها امری اجتناب‌ناپذیر است (Karade, 2010; Rowell, *et al*., 1991). به‌طوری‌که استفاده از پسماند گیاهان کشاورزی در ساخت فراورده‌های مرکب چوبی با توجه به دوره رشد کوتاه، امکان برداشت سالانه، سهولت عمل‌آوری و هزینه پایین آن نسبت به درختان جنگلی باعث کاهش هزینه‌های تولید می‌گردد (Rowell, *et al*., 1991).

در مورد استفاده از پسماند گیاهان کشاورزی در ساخت فراورده‌های مرکب چوبی تحقیقات گسترده‌ای انجام شده است.

Sedan و همکاران (۲۰۰۸)، در بررسی خواص مکانیکی سیمان تقویت‌شده با الیاف شاهدانه بیان کردند که با افزودن الیاف تا حد معینی (۱۶ درصد حجم کل مواد جامد)، مقاومت خمشی افزایش یافته و همزمان تیمار قلیایی الیاف باعث بهبود مقاومت خمشی و بهبود چسبندگی شبکه سیمان – الیاف شده است.

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

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

Khorami و Sobhani (۲۰۱۳)، جایگزینی الیاف آزبست را با سه نوع الیاف باگاس، ساقه گندم و اکالیپتوس در چندسازه فیبر– سیمان مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق الیاف پسماند گیاهان کشاورزی سبب بهبود خواص خمشی و جذب انرژی شده است. همچنین در تحقیق دیگری توسط Fernandez و Taja (۲۰۰۰) از نسبت‌های سیمان به کاه برنج ۶۰ به ۴۰ و ۵۰ به ۵۰ برای ساخت چندسازه الیاف–سیمان استفاده کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که تخته‌های ساخته‌شده با نسبت ۶۰: ۴۰ سیمان به کاه برنج کمترین مقدار واکشیدگی ضخامت و بیشترین مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته را داشتند.

Ashori و همکاران (۲۰۱۱)، تأثیر مخلوط دو گونه چوبی (اکالیپتوس و صنوبر) را بر خواص مکانیکی و حرارت هیدراتاسیون تخته‌های پشم چوب سیمان مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که گونه چوبی صنوبر سازگاری بهتری با ماتریس سیمان دارد و با افزایش نسبت صنوبر به اکالیپتوس حرارت هیدراتاسیون سیمان افزایش و خواص مکانیکی تخته‌های ساخته شده بهبود می‌یابد.

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

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

Pehanich و همکاران (۲۰۰۴) بـه بررسـی اثـر تیمارهـای مختلف (سیلیکات سدیم، سیلیکات پتاسیم و سیلان) روی الیـاف کاغذ روزنامه و کرافت رنگ‌بری نشده در ساخت چندسازه الیاف سیمان ساخته شده با سیمان پرتلند نوع ۳ پرداختنـد. نتـایج بیـان کرد که تیمـار الیـاف توسـط ایـن مـواد شـیمیایی سـبب بهبـود ویژگی‌های مکانیکی چندسازه ساخته‌شده می‌شود.

به‌منظور رسیدن به مقاومت‌های بالا در زمان‌های اولیه سخت شدن و باز کردن سریع قالب‌ها و همچنین قابل دردسـترس بـودن مواد اولیه تولید تـرجیح داده شـد کـه در ایـن تحقیـق از سـیمان پرتلند نوع ۲ و ۳ استفاده شود. سیمان پرتلند نوع ۲ نـوع اصـلاح شده‌ای از سیمان استاندارد است که برای افزایش مقاومت بـتن در مقابل تهاجم سولفات‌ها بوده و در مقایسه بـا نـوع ۱ مرغـوب‌تـر می‌باشد و به سیمان اصلاح شده معروف است. سیمان پرتلند نـوع ۳ بـه سـیمان زودگیـر معـروف اسـت و بـرای ایجـاد مقاومـت زودهنگام بکار می‌رود. این سیمان ریزتر آسـیاب شـده و نسـبت به بقیه سیلیکات تری کلسیم بیشتری دارد.

ساقه گیـاه آفتـابگردان (*Helianthus Annuus*) بـه‌عنـوان یکی از منابع لیگنوسلولزی حاصل از پسماند گیاهان کشاورزی است که در حال حاضر در ۲۲ استان کشـور کشـت مـی‌شـود. استان آذربایجان‌غربی و گلستان از منـاطق عمـده کشـت ایـن محصول می‌باشند. آفتابگردان در ایران حدود یک سوم از سطح زیر کشت دانه‌های روغنی را به خود اختصاص داده است. وزن خشک ساقه آفتابگردان در هکتار تحـت تـأثیر تـراکم کاشـت می‌باشد و در تراکم‌های ۶۰، ۷۰، ۸۰ و ۹۰ هزار بوته در هکتار بـه‌ترتیـب ۲/۷۴۳، ۲/۹۵۷، ۳/۰۱۴ و ۳/۸۲۶ تـن در هکتـار ساقه خشک آفتابگردان بـه‌عنـوان پسـماند حاصـل مـی‌گـردد (Rahmanivasokalaei *et al*., 2010). طبـق آخـرین آمـار منتشره از سوی وزارت جهاد کشـاورزی سـطح کـل برداشـت آفتابگردان در کشور ۵۲۷۲۳ هکتار مـی‌باشـد (Agricultural Statistics Year Book 2009-2010)؛ بنـابراین کـل پسـماند ساقه آفتابگردان در طی سال زراعی مـذکور حـداقل ۱۴۴۶۱۹ تن و حداکثر ۲۰۱۷۱۸ تن می‌باشد.

با توجه به کمبود منابع جنگلی و پسماند قابل‌ملاحظه سـاقه آفتابگردان در کشور و همچنین نیاز به مصالح سبک مناسب در راستای خانه‌سازی صنعتی، ایـن تحقیـق نیـز بـه‌منظـور تولیـد مصالح ساختمانی با خواص کاربردی مطلوب و هزینـه کـم بـا استفاده از پسماند ساقه آفتابگردان انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از دو نوع ماده لیگنوسلولزی شـامل خـرده چوب صنوبر و ساقه آفتابگردان در سـاخت چندسـازه چـوب سـیمان اسـتفاده شـد. سـاقه آفتـابگردان از مـزارع شهرسـتان مرودشت تهیه گردید و به‌وسیله دستگاه خرمن‌کوب خـرد شـد. سپس توسط دستگاه پوشال کن حلقوی در مرکز تحقیقات البرز کرج از نوع Pallamnn PZ8 به ذرات مناسب برای اسـتفاده در چندسـازه چـوب سـیمان تبـدیل گردیـد و در دو نـوع سـاقه آفتابگردان مغززدایی‌شده و مغززدایی‌نشده تفکیـک شـد. خـرده چوب مورد استفاده از گونه صنوبر به‌وسیله دسـتگاه کـف رنـد کارگاهی تهیه شد. مواد لیگنوسلولزی برای ساخت تخته‌هـا تـا رطوبت تعادل ۳ درصد توسط خشک‌کن آزمایشگاهی خشـک شدند. همچنین ترکیبات شیمیایی و مشخصات فیزیکـی خـرده چوب‌های مورد نظر در جدول ۱ و ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- ترکیبات شیمیایی صنوبر و ساقه آفتابگردان

ترکیبات (٪)	صنوبر	ساقه آفتابگردان مغززدایی‌نشده	ساقه آفتابگردان مغززدایی‌شده
سلولز	۵۰/۴۲	۳۸/۳۰	۴۶/۱۹
لیگنین	۲۲/۶۵	۲۲/۷۳	۲۱/۳۵
همی سلولز	۲۰/۳۷	۲۲/۲۴	۲۱/۴۴
خاکستر	۱/۶۳	۱۰/۳۴	۶/۲۲
درصد مواد استخراجی محلول در الکل-استون	۴/۹۳	۶/۳۹	۴/۸۰
درصد مواد استخراجی محلول در سود ۱٪	۱۴/۷۴	۲۳	۲۰/۴۰

جدول ۲- مشخصات فیزیکی خرده چوب‌های صنوبر و ساقه آفتابگردان

نوع ماده چوبی	ضخامت تراشه‌ها (mm)	عرض تراشه‌ها (mm)	طول تراشه‌ها (mm)	چگالی (gr/cm^3)
صنوبر	۰/۳۲ تا ۰/۴	۴/۵ تا ۷	۲۰ تا ۴۴	۰/۳۹
ساقه آفتابگردان مغززدایی‌نشده	۰/۴ تا ۰/۹۵	۵ تا ۹/۳	۱۶ تا ۳۷	۰/۲۷
ساقه آفتابگردان مغززدایی‌شده	۰/۳۵ تا ۰/۸۸	۴/۳ تا ۹/۸	۱۷/۵ تا ۴۱	۰/۳۵

جدول ۳- ترکیبات شیمیایی و مشخصات فیزیکی سیمان

مشخصات	سیمان پرتلند نوع ۲	سیمان پرتلند نوع ۳
ترکیبات شیمیایی (درصد وزنی)		
SiO_2	۲۱/۹۰	۲۱/۵۵
Al_2O_3	۴/۸۶	۵/۲۰
Fe_2O_3	۳/۳۰	۳/۲۰
CaO	۶۳/۳۲	۶۴/۲۴
MgO	۱/۱۵	۱/۱۰
SO_3	۲/۱۰	۱/۴۰
LOI	۲/۴۰	۱/۷۰
مواد دیگر	۰/۹۷	۱/۶۱
کلینکرها		
C_3S	۴۷/۹۸	۵۴/۱۷
C_2S	۲۶/۶۱	۲۰/۹۴
C_3A	۷/۳۰	۸/۲۳
C_4AF	۱۰/۰۴	۹/۷۴
مواد دیگر	۸/۰۷	۶/۹۲
سطح ویژه (cm^2/gr)	۳۰۵۰	۳۵۴۰

جدول ۴- عوامل متغیر و سطوح مصرف آنها در شرایط مختلف ساخت تخته

عوامل متغیر	تعداد سطوح	سطوح
نوع سیمان	۲	۱= پرتلند تیپ ۲ ۲= پرتلند نوع ۳
درصد اختلاط ساقه آفتابگردان با خرده چوب صنوبر	۵	۱= ۱۰۰ درصد صنوبر ۲= ۲۵ درصد ساقه آفتابگردان ۳= ۵۰ درصد ساقه آفتابگردان ۴= ۷۵ درصد ساقه آفتابگردان ۵= ۱۰۰ درصد ساقه آفتابگردان
نوع آفتابگردان	۲	۱= مغز زدایی نشده ۲= مغز زدایی شده

سیمان مورد استفاده در این تحقیق پرتلند نوع ۲ و ۳ بود که از کارخانه سیمان مازندران تهیه گردید. مشخصات فیزیکی و ترکیبات شیمیایی سیمان پرتلند نوع ۲ و ۳ در جدول ۳ ارائه شده است. عوامل متغیر در نظر گرفته در این تحقیق در جدول ۴ آورده شده است. در این تحقیق برای خنثی کردن اثر مواد لیگنوسلولزی در افزایش زمان گیرایی سیمان و همچنین برای سرعت بخشیدن به عمل هیدراتاسیون از کلرید کلسیم شرکت مرک آلمان با خلوص بالای ۹۹ درصد به میزان ۵ درصد جرم سیمان استفاده شد.

برای ساخت تخته‌های چوب سیمان با چگالی خشک gr/cm^3 ۱، مقدار آب مورد استفاده ۴۰ درصد جرم سیمان در نظر گرفته شد. نسبت سیمان به ذرات چوب و آفتابگردان در ساخت تخته‌ها ۷۰ به ۳۰ بود. برای ساخت نمونه‌های آزمونی ابتدا مواد لیگنوسلولزی طبق جدول ۴ در نسبت‌های مناسب وزن شد، سپس آب حاوی کلرید کلسیم با مواد لیگنوسلولزی مخلوط و سیمان به آن اضافه گردید. مخلوط به‌دست‌آمده در یک قالب چوبی به ابعاد ۴۰×۴۰ سانتیمتر به‌صورت یکنواخت فرم داده شد. کیک فرم داده‌شده به‌وسیله پرس سرد تا ضخامت ۱۶ میلی‌متر فشرده گردید و به مدت ۲۴ ساعت تحت‌فشار به‌وسیله لقمه‌های فولادی نگه‌داشته شدند. برای گیرایی و سخت شدن کامل سیمان، تخته‌های تولیدی به مدت ۲۸ روز در اتاق کلیما با رطوبت نسبی حدود ۶۵ درصد و دمای ۲۰±۲C° نگهداری گردیدند. از ترکیب عوامل متغیر و سطوح آنها ۱۸ تیمار حاصل گردید که از هریک ۳ تکرار و درمجموع ۵۴ تخته ساخته شد.

برای تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ساخته‌شده از استانداردEN استفاده شد. به همین منظور واکشیدگی ضخامت و جذب آب بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب طبق استاندارد317 EN، چسبندگی داخلی برابر استاندارد 319 EN و مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته تخته‌ها طبق استاندارد 310 EN اندازه‌گیری شدند.

برای تعیین تأثیر نوع ماده لیگنوسلولزی (ساقه آفتابگردان و صنوبر) و کلرید کلسیم بر زمان گیرایی سیمان از دستگاه ویکات نیدل مطابق استاندارد ASTM C191-82 استفاده شد.

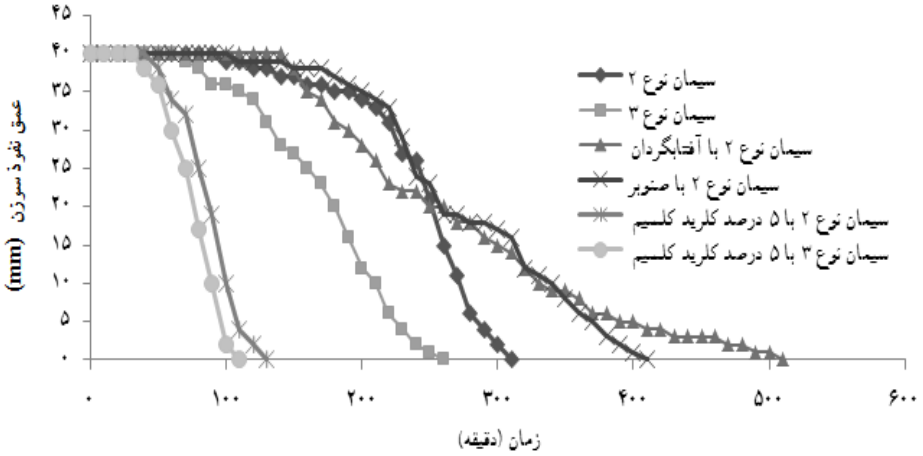
تجزیه‌وتحلیل نتایج حاصل شده با نرم‌افزار SPSS انجام شد. برای این منظور نتایج در قالب طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از آزمون آماری فاکتوریل در سطح اعتماد ۹۵ درصد مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج

تأثیر نوع سیمان (پرتلند نوع ۲ و ۳) و ماده لیگنوسلولزی (آفتابگردان و صنوبر) بر زمان گیرایی سیمان

همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، زمان‌گیرش اولیه و نهایی سیمان پرتلند نوع ۳ به‌ترتیب بعد از ۶۰ و ۲۶۰ دقیقه حاصل گردید که در مقایسه با سیمان پرتلند نوع ۲ (۹۰ و ۳۱۰ دقیقه) کمتر می‌باشد. از سوی دیگر افزودن ۵ درصد کلرید کلسیم نسبت به جرم سیمان باعث افزایش واکنش هیدراتاسیون و کاهش محسوس زمان‌گیرش اولیه و نهایی در سیمان پرتلند نوع ۲ و ۳ شد. در بررسی تأثیر نوع ماده لیگنوسلولزی (آفتابگردان و صنوبر) بر زمان گیرایی سیمان، نتایج نشان داد که پسماند ضایعات آفتابگردان تأثیر بیشتری در به تأخیر انداختن گیرایی سیمان در مقایسه با خرده چوب صنوبر دارد. به‌طوری‌که شروع گیرایی و زمان‌گیرش کامل خمیر سیمان حاوی پودر آفتابگردان به‌ترتیب بعد از ۱۵۰ و ۵۱۰ دقیقه و برای خمیر سیمان صنوبر بعد از ۹۰ و ۴۱۰ دقیقه به‌دست آمد.

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی مورد مطالعه در این تحقیق در جدولهای ۵ و ۶ آورده شده است.



شکل ۱- تعیین زمان‌گیرش سیمان با سوزن ویکات

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس خواص مکانیکی تخته‌های آزمونی

عوامل متغیر		مقاومت خمشی (MPa)	مدول‌الاستیسیته (MPa)	چسبندگی داخلی (MPa)
	df	F	F	F
مقدار آفتابگردان	۴	۱۲۰/۵۷**	۳۳۰**	٤٦٦/٥٩**
نوع سیمان	۱	۱۲۰/۷٤**	۵۱/۷۳**	۹۱/۸۷**
نوع آفتابگردان	۱	٤۲/۱۵**	۱۸/۸۳**	۳۸/۸۳**
مقدار آفتابگردان × نوع سیمان	۴	۷/۷۲**	۱۵/۵۸**	۱/۸۲ns
نوع سیمان × نوع آفتابگردان	۱	۱٤/۸۳**	۰/۱۸ns	۲/۳٦ns
مقدار آفتابگردان × نوع آفتابگردان	۴	۸/۹۰**	۲/۱۷ns	۱۱/۱٦**
نوع سیمان × مقدار آفتابگردان × نوع آفتابگردان	۴	۳/۱۱*	۲/۸۹*	۳/۲۳*

**: معنی‌دار در سطح ۱ درصد، *: معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ns: عدم معنی‌دار در سطح ۵ درصد

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس خواص فیزیکی تخته‌های آزمونی

عوامل متغیر		واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت (درصد)	واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت (درصد)	جذب آب ۲ ساعت (درصد)	جذب آب ۲۴ ساعت (درصد)
	df	F	F	F	F
مقدار آفتابگردان	۴	٦٤/٤۳**	۱۲۲/۲۰**	۱۱۸/۵۷**	٤۱۲/۸۲**
نوع سیمان	۱	۲۱/۳۳**	۰/٦٦ns	٦/۷٦**	۸۹/۸۳**
نوع آفتابگردان	۱	۲/٦۸ns	۱۱/۵۷**	۲/٦٤ns	۸/۹۳*
مقدار آفتابگردان × نوع سیمان	۴	۱۷/۷۳**	۲/۵۷*	۱/۲۱ns	۲/۸٦*
نوع سیمان × نوع آفتابگردان	۱	۵/۸۵*	۸/۲۱**	۰/۸۸ns	۰/٦۵ns
مقدار آفتابگردان × نوع آفتابگردان	۴	۱۵/۱۷**	۱/٤۷ns	۱/۹۵ns	۱/٤۹ns
نوع سیمان × مقدار آفتابگردان × نوع آفتابگردان	۴	۱۸/۰۲**	۲/۸۹*	۱/۰۳ns	۰/۱ns

خصوصیات مکانیکی

همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود تأثیر مستقل درصد اختلاط آفتابگردان با خرده چوب صنوبر، نوع سیمان و نوع آفتابگردان (مغززدایی‌شده و مغززدایی‌نشده) بر خواص مکانیکی در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. مقایسه میانگین‌های خواص اندازه‌گیری شده و گروه‌بندی دانکن آنها در جدول‌های ۷، ۸ و ۹ آورده شده است. نتایج حاصل از اثر مستقل درصد اختلاط ساقه آفتابگردان با خرده چوب بر روی کلیه خواص مورد بررسی در جدول ۷ ارائه شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود با افزایش مقدار ساقه آفتابگردان مقاومت خمشی، مدول‌الاستیسیته و چسبندگی داخلی کاهش می‌یابد و بیشترین مقاومت‌های مکانیکی را تخته‌های ساخته شده با ۱۰۰ درصد خرده چوب صنوبر کسب کردند. نتایج مربوط به اثر نوع سیمان (پرتلند نوع ۲ و ۳) بر خواص مکانیکی تخته‌ها (جدول ۸) نشان داد که مقاومت‌های مکانیکی تخته‌های ساخته‌شده با سیمان پرتلند نوع ۳ نسبت به نوع ۲ بیشتر می‌باشد و گروه‌بندی آنها از طریق آزمون دانکن آنها را در دو گروه متفاوت (A و B) قرار داده است. جدول ۹ نتایج حاصل از اثر مستقل نوع ساقه آفتابگردان و گروه‌بندی میانگین‌ها را بر کلیه خواص مورد مطالعه در این تحقیق نشان می‌دهد. بر این اساس بیشترین مقادیر مقاومت‌های مکانیکی تخته‌ها، مربوط به استفاده از ساقه آفتابگردان مغززدایی‌شده می‌باشد.

جدول ۷- تأثیر مستقل درصد اختلاط ساقه آفتابگردان با خرده چوب صنوبر و گروه‌بندی میانگین‌ها بر ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی

درصد اختلاط ساقه آفتابگردان_خرده چوب صنوبر	۰-۱۰۰	۲۵-۷۵	۵۰-۵۰	۷۵-۲۵	۱۰۰-۰
مقاومت خمشی (MPa)	۵/۳۸D	۶/۸۴ C	۶/۹۷C	۸/۷۵B	۱۰/۲۴A
مدول‌الاستیسیته (GPa)	۲/۱۸۸E	۲/۸۶۲D	۳/۰۸۷C	۳/۴۹۱B	۴/۶۵۷A
چسبندگی داخلی (MPa)	۰/۱۴E	۰/۲۰۲D	۰/۲۸۱C	۰/۳۴۶B	۰/۴۴۰A
واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت (درصد)	۱/۴۱A	۱/۱۲B	۱/۰۷BC	۰/۹۸C	۰/۵۰D
واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت (درصد)	۳/۹۹A	۳/۰۵B	۲/۸۵B	۲/۱۶C	۱/۴۴D
جذب آب ۲ ساعت (درصد)	۱۴/۰۶A	۱۳/۰۲B	۱۰/۴۶C	۹/۰۱D	۷/۷۸E
جذب آب ۲۴ ساعت (درصد)	۳۱/۱۸A	۲۸/۵۳B	۲۳/۸۲C	۲۰/۶۹D	۱۷/۹۵E

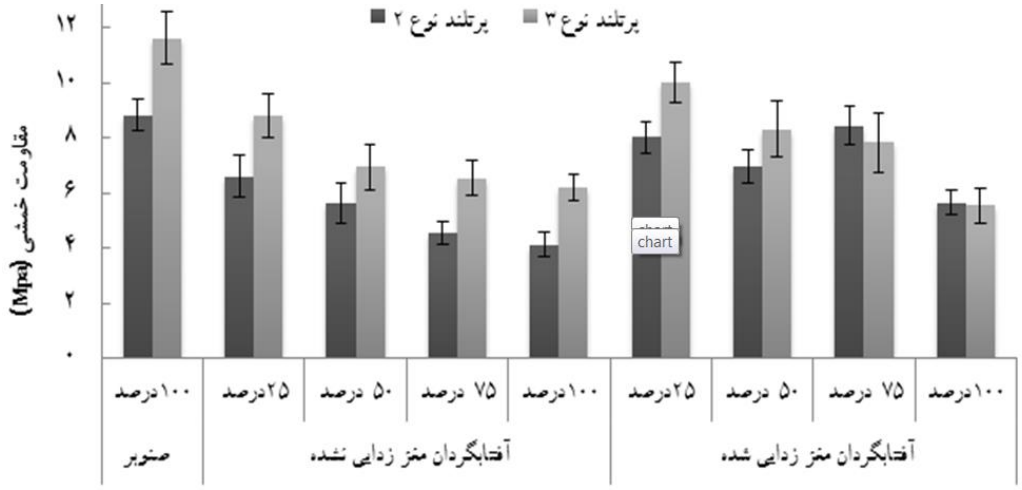
جدول ۸- تأثیر مستقل نوع سیمان و گروه‌بندی میانگین‌ها بر ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی

نوع سیمان پرتلند	نوع ۲	نوع ۳
مقاومت خمشی (MPa)	۶/۸B	۸/۴۸A
مدول‌الاستیسیته (GPa)	۳/۰۹۶B	۳/۴۱۹A
چسبندگی داخلی (MPa)	۰/۲۵۸B	۰/۳۰۶A
واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت (درصد)	۱/۱۰ A	۰/۹۳۸B
جذب آب ۲ ساعت (درصد)	۱۱/۱۵A	۱۰/۵۸B
جذب آب ۲۴ ساعت (درصد)	۲۵/۶۱A	۲۳/۳۶B

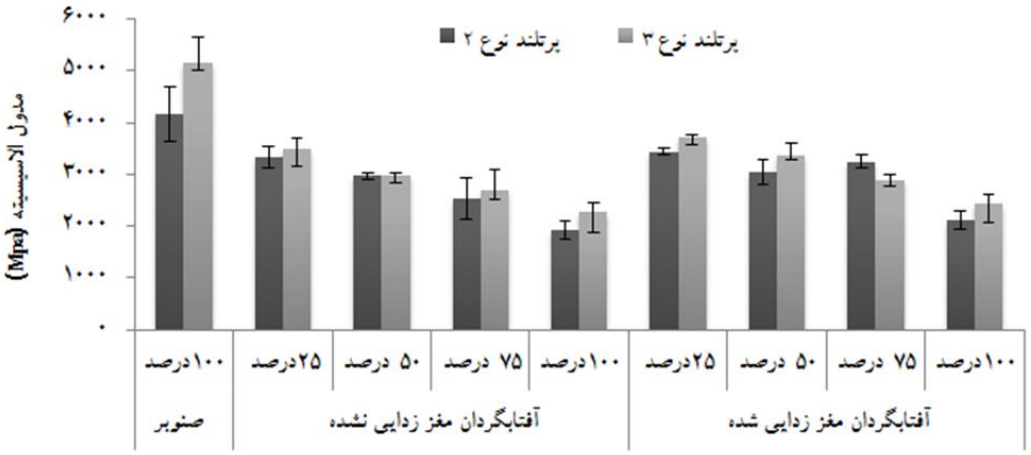
جدول ۹- تأثیر مستقل نوع ساقه آفتابگردان و گروه‌بندی میانگین‌ها بر ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی

نوع ساقه آفتابگردان	مغززدایی‌نشده	مغززدایی‌شده
مقاومت خمشی (MPa)	۷/۱۴B	۸/۱۴A
مدول‌الاستیسیته (GPa)	۳/۱۶B	۳/۳۵۵A
چسبندگی داخلی (MPa)	۰/۲۶۷B	۰/۲۹۷A
واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت (درصد)	۲/۸۳A	۲/۵۷B
جذب آب ۲۴ ساعت (درصد)	۲۴/۸۴۱A	۲۲/۱۳B

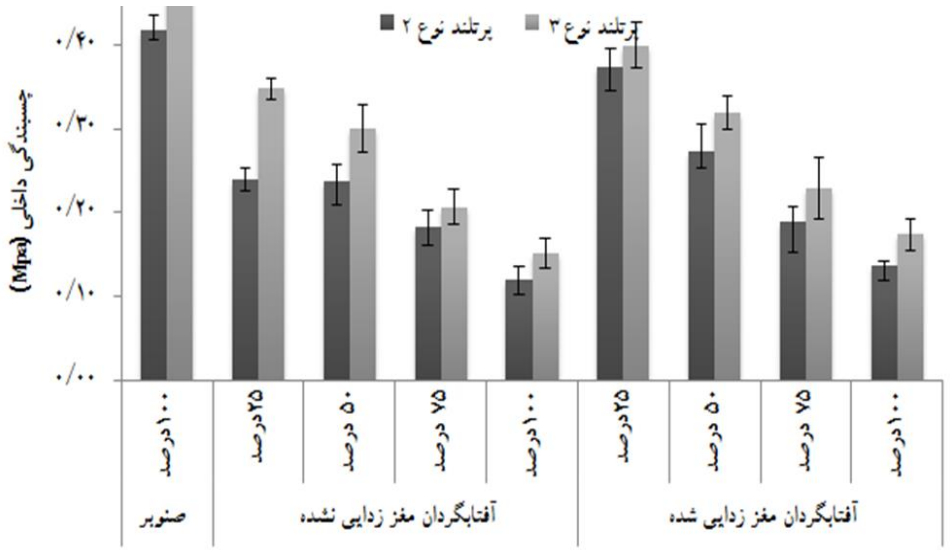
تجزیه واریانس اثر متقابل درصد اختلاط ساقه آفتابگردان با خرده چوب، نوع سیمان و نوع آفتابگردان (جدول ۵) نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر خواص مکانیکی تخته‌ها وجود دارد. شکل‌های ۲، ۳ و ۴ تأثیر متقابل درصد اختلاط ساقه آفتابگردان، نوع سیمان و نوع آفتابگردان را به‌ترتیب بر روی مقاومت خمشی، مدول‌الاستیسیته و چسبندگی داخلی نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین مقاومت خمشی، مدول‌الاستیسیته و چسبندگی داخلی مربوط به تخته‌هایی است که با ۱۰۰ درصد خرده چوب صنوبر و سیمان پرتلند نوع ۳ ساخته‌شده است. از سوی دیگر در بین تخته‌های ساخته‌شده با مخلوط ساقه آفتابگردان و خرده چوب صنوبر، بیشترین مقاومت خمشی، مدول‌الاستیسیته و چسبندگی داخلی را تخته‌های ساخته‌شده با ۲۵ درصد ساقه آفتابگردان مغززدایی‌شده و سیمان پرتلند نوع ۳ داشتند.



شکل ۲- تأثیر متقابل درصد اختلاط آفتابگردان با خرده چوب صنوبر، نوع آفتابگردان و نوع سیمان روی مقاومت خمشی



شکل ۳- تأثیر متقابل درصد اختلاط آفتابگردان با خرده چوب صنوبر، نوع آفتابگردان و نوع سیمان روی مدول‌الاستیسیته



شکل ۴- تأثیر متقابل درصد اختلاط آفتابگردان با خرده چوب صنوبر، نوع آفتابگردان و نوع سیمان روی چسبندگی داخلی

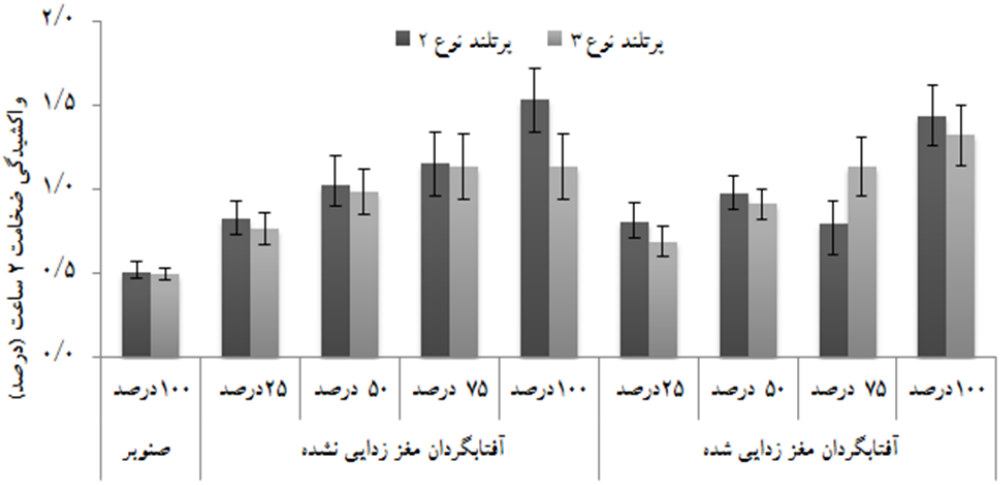
خصوصیات فیزیکی

تأثیر مستقل هریک از عوامل متغیر بر خواص فیزیکی تخته‌های ساخته‌شده (جدول تجزیه واریانس) نشان داد که اثر مستقل درصد اختلاط ساقه آفتابگردان با خرده چوب بر کلیه خواص فیزیکی در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. همان‌طور که در جدول ۷ مشاهده می‌شود در اثر افزایش میزان ساقه آفتابگردان نسبت به خرده چوب صنوبر در تخته‌های ساخته شده واکشیدگی ضخامت و جذب آب پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب افزایش می‌یابد. همچنین هریک از سطوح مختلف تأثیر میزان ساقه آفتابگردان بر واکشیدگی ضخامت و جذب آب پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب در گروه‌بندی میانگین‌ها با آزمون دانکن در گروه‌های متفاوت قرارگرفته‌اند.

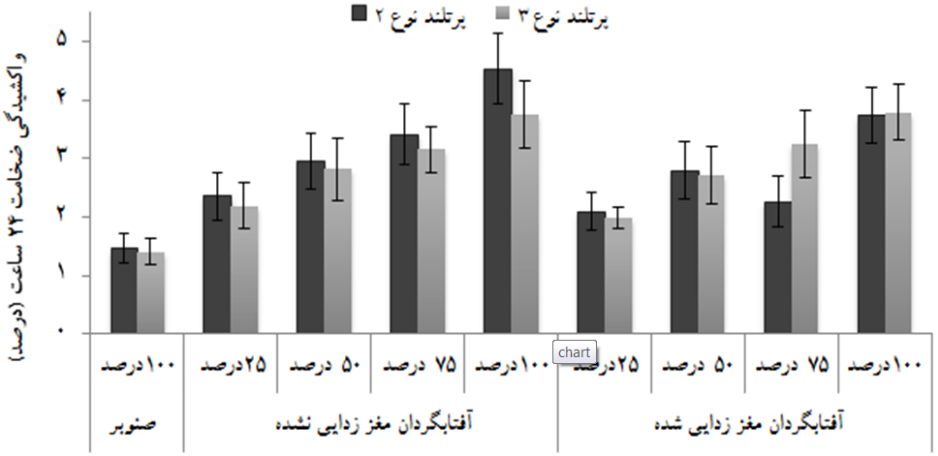
نتایج مربوط به اثر نوع سیمان بر واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ ساعت و همچنین جذب آب بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب در سطح ۱ درصد معنی‌دار بوده است (جدول ۶). میانگین خصوصیات فیزیکی ذکر شده به همراه گروه‌بندی آنها به روش دانکن در جدول ۸ آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود بهترین خواص فیزیکی (واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت و جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت) مربوط به تخته‌های ساخته‌شده با سیمان پرتلند نوع ۳ می‌باشد.

همان‌طور که در جدول آنالیز واریانس مشاهده می‌شود (جدول ۶) اثر مستقل نوع آفتابگردان (مغززدایی‌شده و مغززدایی‌نشده) بر واکشیدگی ضخامت و جذب آب پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب به‌ترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. جدول ۹ نشان می‌دهد که کمترین میزان واکشیدگی ضخامت را تخته‌های ساخته‌شده با ساقه آفتابگردان مغززدایی‌شده داشتند.

جدول آنالیز واریانس (جدول ۶) نشان می‌دهد که اثر متقابل درصد اختلاط ساقه آفتابگردان، نوع سیمان و نوع آفتابگردان بر واکشیدگی ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب به‌ترتیب در سطح اعتماد ۱ و ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. تأثیر متقابل درصد اختلاط ساقه آفتابگردان، نوع سیمان و نوع آفتابگردان بر روی واکشیدگی ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب به‌ترتیب در شکل ۵ و ۶ نشان داده شده است. با توجه به شکل‌های مزبور مشاهده می‌شود که تخته‌های ساخته‌شده با خرده چوب صنوبر (شاهد) و سیمان پرتلند نوع ۳ کمترین مقدار واکشیدگی ضخامت را داشتند. در بین تخته‌های ساخته‌شده با پسماند ساقه آفتابگردان استفاده از ۲۵ درصد ضایعات ذکر شده به‌صورت مغززدایی‌شده و سیمان پرتلند نوع ۳ بهترین ویژگی‌های فیزیکی را داشتند.



شکل ۵- تأثیر متقابل درصد اختلاط آفتابگردان با خرده چوب صنوبر، نوع آفتابگردان و نوع سیمان روی واکشیدگی ضخامت در ۲ ساعت غوطه‌وری در آب



شکل ۶- تأثیر متقابل درصد اختلاط آفتابگردان با خرده چوب صنوبر، نوع آفتابگردان و نوع سیمان روی واکشیدگی ضخامت در ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب

بحث

نتایج حاصل از بررسی زمان گیرایی سیمان نشان داد که زمان‌گیرش سیمان پرتلند نوع ۳ سریع‌تر از پرتلند نوع ۲ می‌باشد. ازآنجایی‌که سیمان پرتلند نوع ۳ دارای درصد بالاتر، تری کلسیم سیلیکات ($3CaO\ SiO_2$) و ذرات تشکیل‌دهنده آن ریزتر از سیمان پرتلند نوع ۲ می‌باشد (جدول ۳)، در نتیجه باعث تسریع در واکنش هیدراتاسیون و سبب تولید حرارت بیشتر (ناشی از واکنش هیدراتاسیون) و در نتیجه کاهش زمان گیرایی می‌شود. همچنین استفاده از ماده افزودنی کلرید کلسیم سبب کاهش چشمگیر زمان گیرایی سیمان پرتلند نوع ۲ و ۳ شده است، به‌طوری‌که زمان گیرایی سیمان به‌ترتیب بعد از ۱۳۰ و ۱۱۰ دقیقه کامل شد. نتایج فوق با تحقیقات Nazerian و Sadeghiipanah (۲۰۱۳)، در مورد اثر افزودنی‌های مختلف بر هیدراتاسیون سیمان مطابقت دارد. از سوی دیگر با اضافه کردن مواد لیگنوسلولزی به خمیر سیمان واکنش هیدراتاسیون سیمان

کاهش و زمان گیرایی افزایش می‌یابد. به‌عبارت‌دیگر حضور ذرات لیگنوسلولزی مانع فرایند هیدراتاسیون سیمان می‌شود. با توجه به اینکه طبیعت مواد استخراجی موجود در ذرات لیگنوسلولزی اسیدی می‌باشد، بنابراین باعث کاهش PH محیط سیمان شده و تغییراتی در پایداری و انحلال ترکیبات هیدراته (سیلیکات‌های کلسیم) به وجود می‌آید که سبب کاهش واکنش هیدراتاسیون سیمان و افزایش زمان گیرایی می‌شود. نتایج Aggarwal و Sing (۱۹۹۰) مؤید بررسی فوق می‌باشد. در بین مواد لیگنوسلولزی مورد استفاده در این تحقیق، ساقه آفتابگردان نسبت به صنوبر تأخیر بیشتری در واکنش هیدراتاسیون و افزایش زمان گیرایی ایجاد می‌کند. ساقه آفتابگردان در رسته گیاهان غیرچوبی قرار دارد و درصد مواد هیدرولیز شونده قلیایی و مواد استخراجی آن در مقایسه با صنوبر بیشتر است (جدول ۱)، به همین دلیل تأثیر بیشتری را در جلوگیری از فرایند هیدراتاسیون سیمان دارد. این نتایج با بررسی‌های انجام شده توسط Ashori و همکاران (۲۰۱۱) و Nazerian و Sadeghiipanah (۲۰۱۳)، تطابق دارد.

نتایج این بررسی نشان داد که با افزایش میزان پسماند ساقه آفتابگردان نسبت به خرده چوب صنوبر در ساخت تخته‌ها سبب کاهش خواص مکانیکی آنها گردید. به‌طوری که مناسب‌ترین خواص مورد مطالعه مربوط به تخته‌های ساخته‌شده با ۱۰۰ درصد خرده چوب صنوبر بود. همی‌سلولز و مواد استخراجی موجود در ذرات لیگنوسلولزی باعث تأخیر در هیدراتاسیون سیمان و کاهش مقاومت‌های مکانیکی تخته‌های چوب سیمان می‌شود و ازآنجایی‌که ساقه آفتابگردان نسبت به خرده چوب صنوبر مقدار همی‌سلولز و مواد استخراجی (ترکیبات قندی) بیشتری دارد. از این‌رو با جذب کلسیم در اثر هیدرولیز قلیایی سبب کاهش محصولات هیدراتاسیون (کلسیم سیلیکات هیدراته) شده، در نتیجه ترکیبات قندی به‌دلیل رسوب بر روی دانه‌های سیمان سبب تأخیر در واکنش هیدراتاسیون و در نهایت کاهش خواص فیزیکی و مکانیکی می‌شود (Vaickelionis&Vaickelioniene,2006; Sedan*et al.*, 2008). از سوی دیگر وجود مغز در ساقه آفتابگردان که عمدتاً از سلول‌های پارانشیمی می‌باشد در کاهش مقاومت‌های مکانیکی تخته‌های چوب سیمان نقش بسزایی دارد، به‌طوری که مغززدایی خرده‌های آفتابگردان سبب بهبود خواص مکانیکی تخته‌های ساخته‌شده گردید. همچنین خرده چوب صنوبر به‌دلیل ضریب‌کشیدگی بیشتر نسبت به ساقه آفتابگردان سبب بهبود خواص مکانیکی تخته‌ها شد. نتایج حاصل از تأثیر نوع سیمان بر خواص تخته‌های چوب سیمان نشان داد که سیمان پرتلند نوع ۳ به‌دلیل وجود میزان بالاتر کلسیم سیلیکات و تسریع در فرایند هیدراتاسیون سیمان باعث بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها در مقایسه با نوع ۲ می‌شود (جدول ۳).

نتایج به‌دست‌آمده از تأثیر مقدار پسماند ساقه آفتابگردان در خواص فیزیکی چندسازه چوب سیمان نشان داد که استفاده از پسماند ساقه آفتابگردان در ساخت تخته‌ها سبب افزایش میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت تخته‌ها بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری می‌شود. در این مورد مغززدایی ساقه آفتابگردان سبب بهبود خواص ذکر شده گردید. با توجه به ساختار شیمیایی ساقه آفتابگردان و وجود همی‌سلولز و سلول‌های پارانشیمی بیشتر و چگالی پایین‌تر نسبت به خرده چوب صنوبر (سطح ویژه زیادتر در واحد وزن) سبب جذب آب بیشتر تخته‌ها شده (جدول ۱ و ۲)، در نتیجه واکشیدگی ضخامت و جذب آب تخته‌ها را افزایش داد.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق و مقایسه آن با استاندارد BS EN 634-2 می‌توان بیان کرد که فقط تخته‌های ساخته‌شده با ۱۰۰ درصد خرده چوب صنوبر تمامی ویژگی‌های استاندارد مربوط را داشتند. اما تخته‌های ساخته‌شده با ۲۵ درصد آفتابگردان مغززدایی‌شده و سیمان پرتلند نوع ۳ دارای ویژگی‌های مناسب‌تری نسبت به سایر تیمارها بودند و می‌توانند برای مصارف داخلی ساختمان (محیط‌های خشک) مورد استفاده قرار گیرند.

سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی (طبق قرارداد شماره ۱۱۵۳۸ مورخ ۹۴/۶/۱۰) انجام شده است؛ بنابراین از مسئولان و دستاندرکاران محترم دانشگاه قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

-AbdolaliSarbandi, M., Safdari, V., Sepidehdam, S.M.J. and Gangian, E., 2012. Effect of nano-silica and bagasee fibers on bending strength and physical properties of cement fiberboard. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 27(1): 167-177.

-Aggarwal, L. K. and Singh, J. 1990. Effect of plant fibre extractives on properties of cement. Cement and Concrete Composites, 12(2): 103-108.

-Ashori, A., Tabarsa, T., Azizi, K. and Mirzabeygi, R., 2011. Wood–wool cement board using mixture of eucalypt and poplar. Industrial Crops and Products, 34(1): 1146-1149.

-ASTM C191-82., Standard Test Method for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle. Annual Book of ASTM Standards (2004).

-EN 310, Wood-based panels - Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength. European committee for standardization (1993).

-EN 317, Particleboards and fiberboards - Determination of swelling in thickness after immersion in water. European committee for standardization (1993).

-EN 319, Particleboards and fiberboards - Determination of tensile strength perpendicular to the plane of the board. European committee for standardization (1993).

-Fernandez, E. C. and Taja-on, V.P., 2000. The use and processing of rice straw in the manufacture of cement-bonded fibreboard. Proceedings of a Workshop held in Canberra. Australia, 10 December: 49-54.

-Golbabaei, F., Hosseinkhani, H., Hajihassani, R. and Rashnv, A., 2013. Investigation on properties of wood-cement panels on agricultural residues. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 28 (3): 583-596.

-Karade, S.R., 2010. Cement-bonded composites from lignocellulosic wastes. Construction and building materials, 24(8): 1323-1330.

-Khorami, M. and Sobhani, J., 2013. An experimental study on the flexural performance of agro-waste cement composite boards. International Journal of Civil Engineering, 11(4): 207-216.

-Nazerian, M. andSadeghiipanah, V., 2013. Cement-bonded particleboard with a mixture of wheat straw and poplar wood. Journal of Forestry Research, 24(2): 381-390.

-Pehanich, J.L., Blankenhorn, P.R., and Silsbee, M.R., 2004. Wood fiber surface treatment level effects on selected mechanical properties of wood fiber–cement composites. Cement and Concrete Research, 34(1): 59-65.

-Rahmanivasokalaei, y., Mobasser, H. R., GhanbariMaliDareh, A., Andarkhor, A. and Dastan, S., 2010. Determination of the best distance and plant density Lakomka sunflower varieties in Mazandaran. Iranian Journal of Research in Crop Science, 7 (2): 29-36.

-Rowell, P.M., Youngquist, J.A. and Mcnatt, D., 1991. Agricultural fibers in composition panels. In Proceedings of the 27th International Particleboard Composite Materials Symposium.USA, 9-11 April: 301-314.

-Sedan, D., Pagnoux, C., Smith, A. and Chotard, T., 2008. Mechanical properties of hemp fibre reinforced cement: Influence of the fibre/matrix interaction. Journal of the European Ceramic Society, 28(1): 183-192.

-Torkaman, J., Ashori, A. and Momtazi, A.S., 2014. Using wood fiber waste, rice husk ash, and limestone powder waste as cement replacement materials for lightweight concrete blocks. Construction and Building Materials, 50(1): 432-436.

-Vaickelionis, G. and Vaickelioniene, R., 2006. Cement hydration in the presence of wood extractives and pozzolan mineral additives. Ceramics Silikaty, 50(2): 115-122.

-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.

Investigation on Effect of cement Types on the cement hydration and properties of wood-cement composites manufactured using sunflower stalk (*Helianthus Annuus*)

H. Rangavar [1*], A. Kargarfard[2] and MS. Hoseiny Fard[3]

1*- Corresponding author, Associate Prof., Wood Science and Technology Department, The Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran, E-mail: rangavar@srttu.edu
2- Associate Prof., Wood and forest products division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
3-M.Sc., Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

Received: Dec., 2014 Accepted: March, 2016

Abstract

In this study, the effect of type II and III Portland cement and using undepithed and depithed sunflower stalks particles (*Helianthus Annuus*) in the manufacturing of wood-cement composites were studied. Different mixing ratio of the poplar wood particles (*Populous alba*) 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 and 0:100 respectively were used. Physical and mechanical properties of boards were measured to determine the effect of lignocellulosic material (sunflower stalks andpoplar wood) and Portland cement type (II and III) on the cement setting time. The results of the study showed that the lignocellulosic material reduced the hydration reaction and increased cement setting time. In this regard, sunflower stalks particles in comparison with poplar wood particles increased cement setting time intensively. The boards made from type III Portland cement had better mechanical strength and physical properties (water absorption and thickness swelling) compared to type II Portland cement. In comparison with poplar wood particles usage, the use of sunflower stalks particles decreased the mechanical properties and increased the water absorption and thickness swelling after 2 and 24 h water immersion. Therefore the best characteristics were obtained in boards made from 100 percent poplar wood particles. In other hands, using depithed sunflower stalks particles improved the physical and mechanical characteristics. In general, it can be concluded that 25 percent depithed sunflower stalks particles relative to poplar wood particles with type III Portland cement in the manufactured wood-cement boards resulted suitable physical and mechanical properties for boards used in interior building applications.

Key words: Sunflower stalks, physical and mechanical properties, cement hydration, setting time.