فصلنامه علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۳۳، شماره ۳، صفحه ۴۶۵-۴۵۳ (۱۳۹۷)
شناسه دیجیتال (DOI):10.22092/IJWPR.2018.120242.1454

بررسی اثر نانو ژل ولاستونیت بر روی خواص کاربردی چوب سیمان ساخته شده از الیاف کاه برنج

علی حسن‌پور تیچی[1*] و بهزاد بازیار[2]

۱*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده شهید هاشمی‌نژاد، دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان مازندران، ایران
پست الکترونیک: hasanpoortichi@gmail.com

۲- استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۷

چکیده

در این مطالعه اثر نانو ژل ولاستونیت در سه سطح (۰، ۵ و ۱۰ درصد وزنی سیمان) و نسبت اختلاط ماده لیگنوسلولزی به سیمان در سه سطح ۱۰ به ۹۰، ۲۰ به ۸۰ و ۳۰ به ۷۰ بر خواص ریزساختاری، مکانیکی، فیزیکی و بیولوژیکی چندسازه ساخته شده از کاه برنج بررسی شد. به‌این‌ترتیب با احتساب ۹ تیمار، درمجموع ۲۷ تخته آزمایشگاهی ساخته شد. خواص مکانیکی و فیزیکی نمونه‌ها مطابق استاندارد DIN-EN-۶۳۴ شامل مقاومت خمشی، مدول‌الاستیسیته، چسبندگی داخلی، جذب آب پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه وری در آب، دانسیته و مقاومت به قارچ اندازه‌گیری شدند. تصاویر میکروسکوپی SEM برای بررسی خواص ریزساختاری چندسازه از نمونه‌ها تهیه شد. نتایج نشان داد با افزایش نانو ژل ولاستونیت در تخته‌ها مقاومت خمشی، مدول‌الاستیسیته، چسبندگی داخلی و دانسیته به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین با افزایش نانو ژل ولاستونیت، ثبات ابعادی تخته‌ها و مقاومت به قارچ در مقایسه با نمونه بدونِ نانو افزایش یافت. نتایج میکروسکوپ الکترونی پویشی نیز نشان داد که هیدروکسید کلسیم پس از افزودن نانو ژل ولاستونیت باعث تشکیل ژل کلسیم سیلیکات هیدراته شد.

واژه‌های کلیدی: سیمان، کاه برنج، دانسیته، نانو ژل ولاستونیت.

مقدمه

رشد کامپوزیت‌های چوب سیمان در هر کشور به توانایی تأمین مواد اولیه مورد نیاز آن یعنی چوب یا مواد لیگنوسلولزی و سیمان مرتبط است. با توجه به اینکه در کشورهای درحال‌توسعه که منابع جنگلی محدود بوده و در نقطه مقابل با افزایش جمعیت و تقاضای این کشورها برای مواد مرکب چوبی، استفاده از سایر منابع لیگنوسلولزی مانند پسماند کشاورزی یک امری بدیهی است (Karade,2010; Rowell *et al.*, 1991). به‌طوری‌که استفاده از پسماند کشاورزی در ساخت کامپوزیت چوبی با توجه به دوره رشد کوتاه، امکان برداشت سالانه، سهولت عمل‌آوری و هزینه پایین آن نسبت به درختان جنگلی باعث کاهش هزینه تولید می‌گردد (Rowell *et al.*, 1991). هدف اصلی تولید پانل های چوب سیمان یا فراورده کامپوزیت با اتصال معدنی، ترکیب ذرات آلی مانند چوب و مواد لیگنوسلولزی با اتصال دهنده‌های معدنی از قبیل سیمان، گچ و غیره است. فراورده های چوب سیمان که امروزه در بیشتر کشورهای جهان تولید می‌گردد دارای خواص کاربردی مطلوبی مانند مقاومت به عوامل جوی، آتش و عوامل بیولوژیکی و سبکی وزن در مقایسه با سایر مصالح ساختمانی بوده و از پایداری ابعاد بالایی برخوردار هستند. همچنین در ابعاد بزرگ‌تر تولید می شوند؛ دارای سطوح صاف و متراکم، فاقد معایب متمرکز،

Archive of SID
www.SID.ir

ویژگی و خواص کاربردی آنها در قسمت‌های مختلف یک صفحه یکنواخت است. یکی دیگر از عواملی که باعث شده چندسازه با اتصال معدنی توجه صنعت ساختمان، محققان و صنعتگران را موجب شود، عدم انتشار گاز فرم‌آلدئید به‌عنوان یک گاز سرطان‌زا می‌باشد. به‌علاوه، تولید این چندسازه‌ها به کشورهای فاقد امکانات لازم برای تولید رزین‌های سنتزی امکان تولید فراورده‌های کامپوزیتی را با اتصال معدنی می‌دهد. علاوه بر تولید پانل‌های مسطح در پرس‌های معمولی، با استفاده از قالب‌های مناسب می‌توان محصولات دیگری از قبیل بلوک‌های سیمانی، آجر و قطعات فرم‌دار را نیز تولید نمود. سابقه تولید صفحه‌های چوب سیمان به سال ۱۹۱۴ می‌رسد. به همین منظور، تحقیقات گسترده‌ای در جهت استفاده از مواد افزودنی مختلف برای افزایش سازگاری مواد لیگنوسلولزی با سیمان پرتلند انجام شده است.

از لحاظ شیمیایی نانو ولاستونیت یک کلسیم متاسیلیکات با فرمول $CaSiO_3$ می‌باشد که در دهه ۱۹۵۰ شناخته شده و به‌سرعت مورد استفاده گوناگون قرار گرفته است. ویژگی اصلی نانو ولاستونیت که آن را برای پلاستیک مناسب کرده است، شامل رنگ سفید، جذب رطوبت اندک، پایداری حرارتی مناسب، ضریب انبساط حرارتی اندک، سختی نسبتاً زیاد و pH ۹/۸ می‌باشد.

Hassanpoortichi و همکاران (۲۰۱۵) اثر نانو ولاستونیت بر روی کامپوزیت چوب سیمان ساخته شده از الیاف خمیر کرافت را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنان نشان داد با افزایش نانو ولاستونیت مقاومت فشاری، چسبندگی داخلی و دانسیته افزایش یافته است.

Boshehrian و Hosseini (۲۰۱۱) در پژوهشی تحت عنوان تأثیر ذرات نانو سیلیس بر خواص ملاط سیمان قابل استفاده برای بتون‌آرمه بیان نمودند که نانو سیلیس سبب بهبود رفتارهای فیزیکی و مکانیکی بتون‌های حاصل در مقایسه با نمونه‌های بدون این ذرات گردیده است.

Hassanpoortichi و همکاران (۲۰۱۵) تأثیر نانو ولاستونیت بر خواص بیولوژیکی چوب سیمان را مورد پژوهش قرار دادند. نتایج آنان نشان داد با افزایش نانو ولاستونیت وزن نمونه‌هایی که در معرض قارچ قرار گرفته‌اند در مقایسه با نمونه شاهد(بدون نانو) کاهش کمتری داشته است.

Haghighi و همکاران (۲۰۱۳) قابلیت کندسوزکنندگی نانوولاستونیت را در چوب نراد مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آنان نشان می‌دهد که با افزایش غلظت نانو ولاستونیت مقاومت به آتش و ثبات ابعادی تخته‌ها افزایش یافته است.

Khosrviyan (۲۰۰۹) اثر ولاستونیت در ابعاد میکرو و نانو را بر خواص مکانیکی، فیزیکی، حرارتی و ریخت شناسی چندسازه چوب پلاستیک مورد بررسی قرار داد. نتایج او نشان داد که با افزایش درصد میکروولاستونیت و همین‌طور نانو ولاستونیت در چندسازه، واکشیدگی ضخامت و جذب آب کاهش یافت؛ ولی پایداری حرارتی، درصد کریستالی شدن و مقاومت در برابر آتش چندسازه با افزایش درصد ولاستونیت در هر دو اندازه آن افزایش یافت.

Mohammad Kazemi (۲۰۱۰) در تحقیقی اثر نانو سیلیس در چهار سطح ۰، ۱، ۲ و ۳ درصد (نسبت به وزن سیمان) بر خواص کاربردی صفحات چوب- سیمان ساخته شده از کارتن کهنه و پوست برنج را بررسی و نشان داد که تخته‌های ساخته شده از پوسته برنج با ۲ درصد نانوسیلیس بهترین خواص کاربردی را داشتند.

Doosthoseini و Yazdi (۱۹۹۶) در بررسی تأثیر چهار نوع ماده افزودنی شامل کلرید کلسیم، سیلیکات سدیم (آب شیشه)، سولفات آلومینیوم و سولفات آهن بر روی خواص کاربردی صفحه‌های ساخته شده از چوب صنوبر و سیمان گزارش کردند که تخته‌های ساخته شده با ۵ درصد کلرید کلسیم دارای خواص فیزیکی و مکانیکی مطلوبی بوده‌اند.

Luyt و همکاران (۲۰۰۹) نانوولاستونیت را به‌عنوان پرکننده در ساخت نانو کامپوزیت استفاده کردند و مشاهده نمودند که نانوولاستونیت دمای کریستالی شدن را در ماتریکس کاهش داده و باعث بهبود پایداری حرارتی می شود.

Archive of SID

www.SID.ir

Sandermann و Kohler (۱۹۶۴) در تحقیقی عنوان نمودند، زمانی که آب به سیمان اضافه می‌شود طی واکنش های هیدراتاسیون، حرارت تولید می‌شود. در مرحله اولیه هیدراتاسیون، دی و تری سیلیکات کلسیم به ژل $Ca_3Si_2O_7.3H_2O$ و هیدروکسید کلسیم تبدیل می‌شود. هنگامی‌که آب و چوب به سیمان افزوده می‌شود pH مخلوط چوب و سیمان تقریباً تا ۱۲/۵ افزایش می‌یابد که تجزیه و انحلال اجزای تشکیل‌دهنده چوب به‌ویژه کربوهیدرات‌های با وزن مولکولی پایین و مواد استخراجی درون‌چوب را امکان‌پذیر می‌کند. این ترکیبات مانع گیرایی و هیدراتاسیون سیمان شده و باعث کاهش مقاومت چندسازه الیاف- سیمان می‌شوند.

Wen و همکاران (۲۰۰۶) بر اساس نتایج حاصل از بررسی خواص مکانیکی تخته خرده چوب- گچ تقویت‌شده با نانو سیلیس، افزودن ۳ درصد نانو سیلیس برای بهبود مدول گسیختگی تخته‌ها در ۳۰ یا ۴۰ درجه سانتی‌گراد را بهترین مقدار می‌دانند. همچنین این مقدار برای بهبود مقاومت چسبندگی داخلی تخته‌ها در ۳۰ درجه سانتی‌گراد و مقدار نانو سیلیس در ۴۰ درجه سانتی‌گراد بهترین مقادیر بودند.

هدف از این تحقیق بررسی و مقایسه خواص کاربردی صفحات چوب سیمان ساخته شده از الیاف حاصل از کاه برنج و نیز تعیین مقدار بهینه نانوولاستونیت در ساخت این پانل‌هاست.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق کاه برنج از زمین‌های کشاورزی شهرستان بابل جمع‌آوری و در هوای آزاد خشک‌شده است. سپس به‌منظور تولید الیاف به آزمایشگاه صنایع چوب و کاغذ مازندران فرستاده شده است. طول الیاف کاه برنج ۰/۹mm و پهنای آن ۳۱μm بود (Halvarsson *et al.*, 2009). همچنین سیمان استفاده شده در این تحقیق، سیمان پرتلند نوع ۲ محصول شرکت سیمان آبیک بوده که آزمون‌های لازم برای شناخت ویژگی‌های آن بر اساس استاندارد ۳۹۸ ایران انجام و مورد تأیید قرار گرفت. مواد افزودنی شامل نانو ژل ولاستونیت و کلرید کلسیم که به‌ترتیب از شرکت تولید فراورده‌های صنعتی و معدنی ورد و MERCK آلمان تهیه شده است. برای کشت محیط مطلوب برای رشد قارچ، از محیط کشت مالت اکستراکت آگار(Malt extract agar) استفاده شد. همچنین در این تحقیق از قارچ مولد پوسیدگی سفید (Versicolor Trametes) به‌عنوان عامل مخرب زنده استفاده گردید.

اجزای تشکیل‌دهنده در جدول ۱ و شکل میکروسکوپی نانو ژل ولاستونیت به‌کاررفته در شکل ۱ نشان داده‌شده است.

عوامل متغیر در این بررسی شامل:

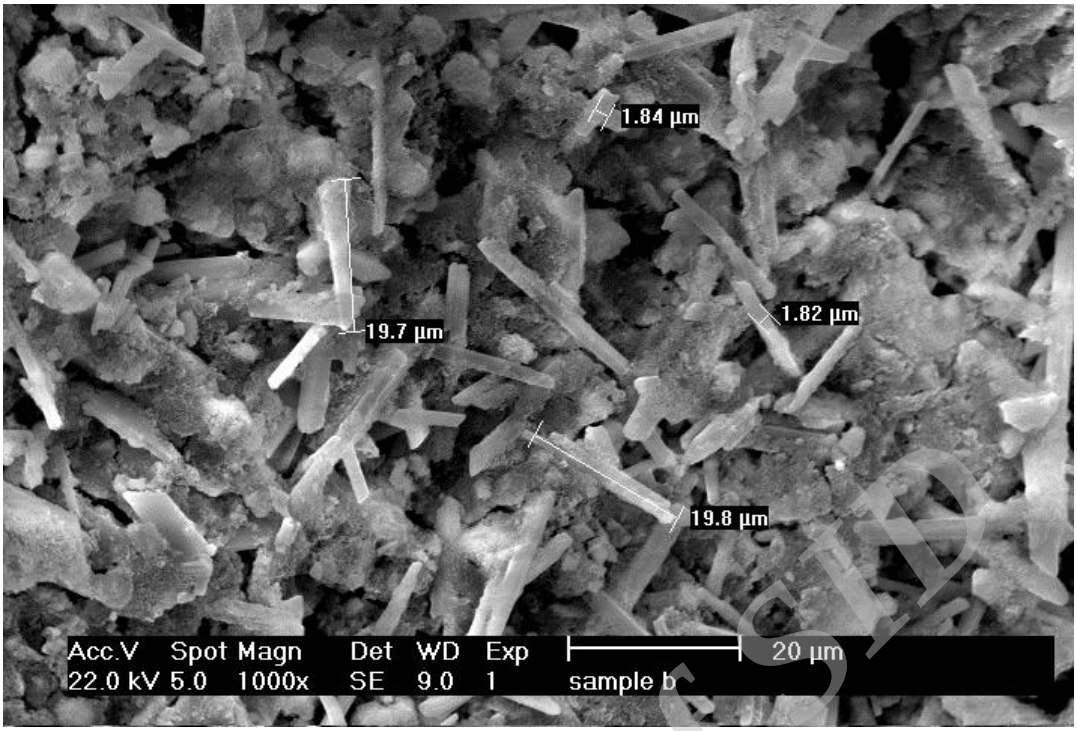
نسبت الیاف کاه برنج به سیمان در سه سطح (۱۰:۹۰، ۲۰: ۸۰ و ۳۰:۷۰ درصد) و مقدار نانو ژل ولاستونیت در سه سطح (۰، ۵ و ۱۰ درصد وزن سیمان) بود.

جدول ۱- اجزای تشکیل‌دهنده نانو ژل ولاستونیت

ترکیبات نانو ژل ولاستونیت	نسبت اختلاط (٪)
SiO2	۴۶/۹۶
CaO	۳۹/۷
pH	۹/۸
Fe2O3	۲/۷۹
Al2O3	۳/۹۵
TiO2	۰/۲۲
K2O	۰/۰۴
MgO	۱/۳۹
Na2O	۰/۱۶
SO3	۰/۰۵

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) از نانو ژل ولاستونیت

در ساخت تخته‌ها، کلرید کلسیم به مقدار ۵ درصد وزنی سیمان استفاده شد. آب، نانوولاستونیت و کلرید کلسیم با نسبت‌های مشخص با دستگاه مخلوط‌کن ترکیب و به مواد لیگنوسلولزی و سیمان اضافه گردید. سپس کیک به‌طور یکنواخت داخل قالبی با ابعاد ۴×۲۷×۳۵ سانتیمتر ریخته شد و بعد با پرس نوع Burkle- LA ۱۶۰ در شرایط سرد به مدت ۱۰ دقیقه در فشار ۳۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع تا رسیدن به ضخامت نهایی ۱۲ میلی‌متر تحت قید فشرده گردید. شایان ذکر است دانسیته کلیه تخته‌ها ۱/۱ گرم بر سانتیمتر مکعب در نظر گرفته شد. پس از پرس، تخته‌ها به مدت ۲۴ ساعت تحت قید قرار گرفتند. بعد از گیرایی اولیه، به‌منظور گیرایی نهایی و به حداقل رساندن سرعت خشک شدن، تخته‌ها در اتاقک مخصوصی با دمای حدود ۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی بالای ۹۰ درصد به مدت ۲۰ روز نگه‌داری شدند. پس‌ازاین مدت تخته‌ها کناره‌بری شدند و به‌مدت ۲۸ روز در اتاق کلیما با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۵ درصد قرار گرفتند.

سپس نمونه‌های آزمونی بر اساس استاندارد DIN EN – ۶۳۴، Part۱,۲ تهیه و خواص فیزیکی و مکانیکی آنها شامل مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته، چسبندگی داخلی، جذب آب و درصد کاهش وزن در معرض قارچ اندازه‌گیری شد.

به‌منظور بررسی مقاومت به پوسیدگی کامپوزیت چوب سیمان از استاندارد ASTM و آیین‌نامه D1413 اصلاح شده استفاده شد. قبل از انجام آزمون نمونه‌های چندسازه به ابعاد ۱۰ ×۱۰×۱۰میلی‌متر برش و در پنج چرخه جوشاندن در آب‌مقطر به مدت ۲ ساعت و خشک‌کردن در آون با دمای ۳±۱۰۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند. در پایان، درصد رطوبت اندازه‌گیری شد. ابتدا پودر مالت اکستراکت آگار با غلظت ۴۸ گرم بر لیتر با آب مخلوط گردید، سپس این محلول به مدت ۱ ساعت بر روی شعله آتش هود

Archive of SID
www.SID.ir

آزمایشگاهی قرار گرفت. در روز بعد قارچ مولد پوسیدگی سفید توسط پنس استریل شده به داخل ظروف حاوی مالت اکستراکت آگار منتقل شد. این ظروف به مدت ۲ هفته در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا قارچ تمامی سطوح محیط کشت را بپوشاند. پس‌ازآن که میسیلیوم قارچ تمامی سطوح محیط کشت را پوشاند، نمونه‌های آزمونی به داخل ظروف در زیر شعله ملایم آتش منتقل شدند. درنهایت ظروف حاوی قارچ و نمونه‌های چوب سیمان در داخل انکوباتور با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۵ درصد به مدت ۱۲ هفته نگهداری شدند. پس از ۱۲ هفته و خارج کردن نمونه‌ها از داخل ظروف کوله، میزان کاهش وزن (WL) تخته‌ها محاسبه گردید.

آزمایش مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی با استفاده از دستگاه UNIVERSAL واقع در کارخانه آمل روکش با سرعت بارگذاری ۱۰ میلی‌متر در دقیقه انجام شد.

میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)

برای انجام عکس‌برداری SEM نمونه را به ابعاد ۱×۱ سانتی‌متر برش و پس از نمونه‌برداری با طلا پوشش داده و مورد آزمون SEM قرار گرفت. در این تحقیق از دستگاه SEM واقع در دانشگاه امیرکبیر برای بررسی ریزساختاری چندسازه چوب سیمان استفاده شده است.

تجزیه‌وتحلیل آماری

برای تحلیل و بررسی داده‌ها از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی (CRD) و نرم‌افزار SPSS استفاده شد. گروه‌بندی میانگین‌ها نیز با آزمون چند دامنه دانکن (DMRT) انجام شد.

نتایج

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود تأثیر مستقل و متقابل درصد اختلاط الیاف کاه برنج با سیمان و نانو ولاستونیت بر روی مقاومت‌های مکانیکی تخته‌های ساخته شده در سطح ۱٪ معنی‌دار است.

شکل‌های ۲، ۳ و ۴ تأثیر متقابل درصد اختلاط کاه برنج با سیمان و نانو ولاستونیت به‌ترتیب بر روی مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی مربوط به تخته‌های ساخته شده با ۱۰٪ نانو ژل و ۱۰ درصد کاه برنج با ۹۰٪ سیمان است که مقدار آن برای مقاومت خمشی ۸/۸، مدول الاستیسیته ۴۰۷۷ و چسبندگی داخلی ۲/۳۲ مگاپاسگال می‌باشد. کمترین مقاومت مکانیکی در تخته‌های ساخته شده با ۰٪ نانو ولاستونیت و ۳۰٪ الیاف کاه برنج با ۷۰٪ سیمان مشاهده شده است. جدول ۲ تجزیه واریانس اثر عوامل متغیر را بر خواص مکانیکی و فیزیکی تخته‌ها نشان می دهد.

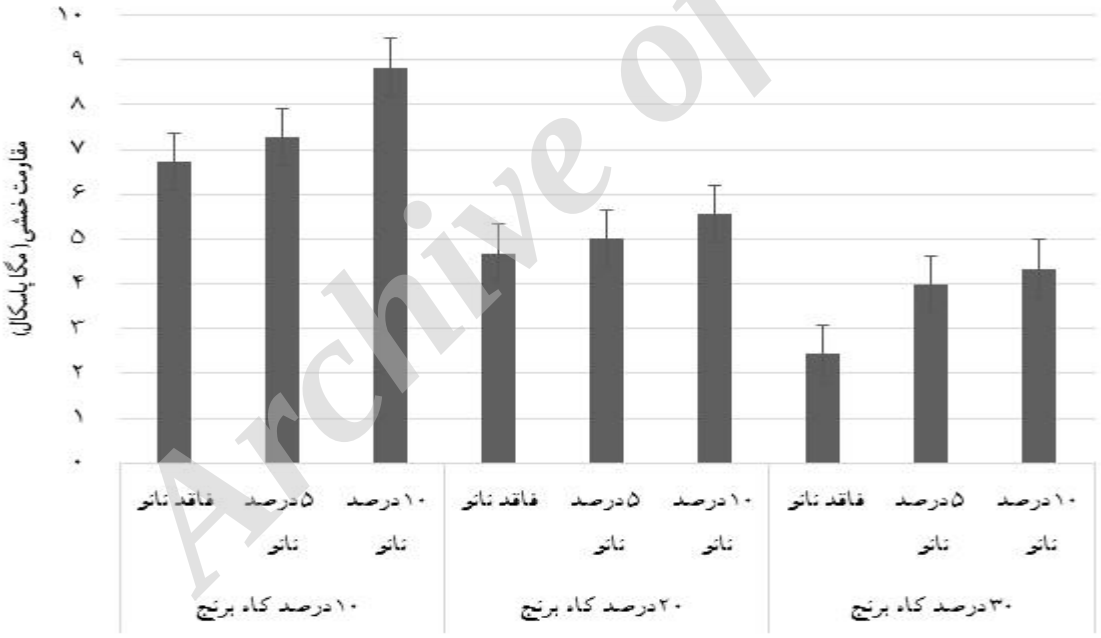
Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر عوامل متغیر بر خواص مکانیکی و فیزیکی تخته‌ها

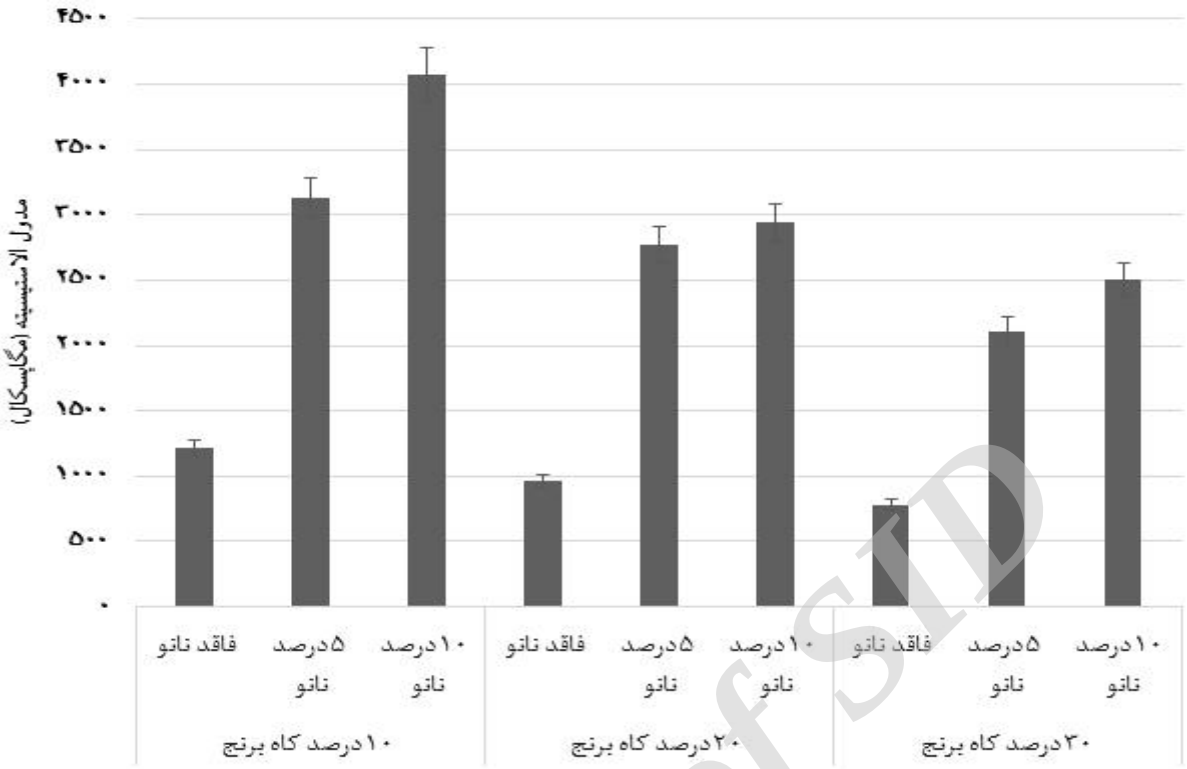
منبع تغییرات	درجه آزادی	مقاومت خمشی (MPa)	مدول الاستیسیته (MPa)	چسبندگی داخلی (MPa)	دانسیته (gr/cm3)	جذب آب (%) ۲ ساعت	جذب آب (%) ۲۴ ساعت	کاهش وزن (%)
نسبت الیاف به سیمان	۲	۲۵۹۲/۵۵**	۹۲۹/۴۳۴**	۲۷۴/۰۱۶**	۳۷/۰**	۳۷۳۵/۰**	۱۵۳۳۵/۱**	۵۱/۰۹**
مقدار نانو ولاستونیت	۲	۴۱۶/۴۲**	۵۲۳۸/۷۲۱**	۵۷۳/۶۷۳**	۸/۰۹۸*	۱۲۹۲/۹**	۶۶۳۴/۴۱**	۱۷۲/۲۳*
نسبت الیاف به سیمان × مقدار نانو ولاستونیت	۴	**۴۳/۹۲	۱۰۲/۱۸۷**	۶/۶۱۰**	۰/۴۷^{ns}	۶۱/۸۲۸**	۳۴۰/۸۴۹**	۱/۱۸۳ ^{ns}

**: معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد، *: معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد، ns: عدم معنی‌داری

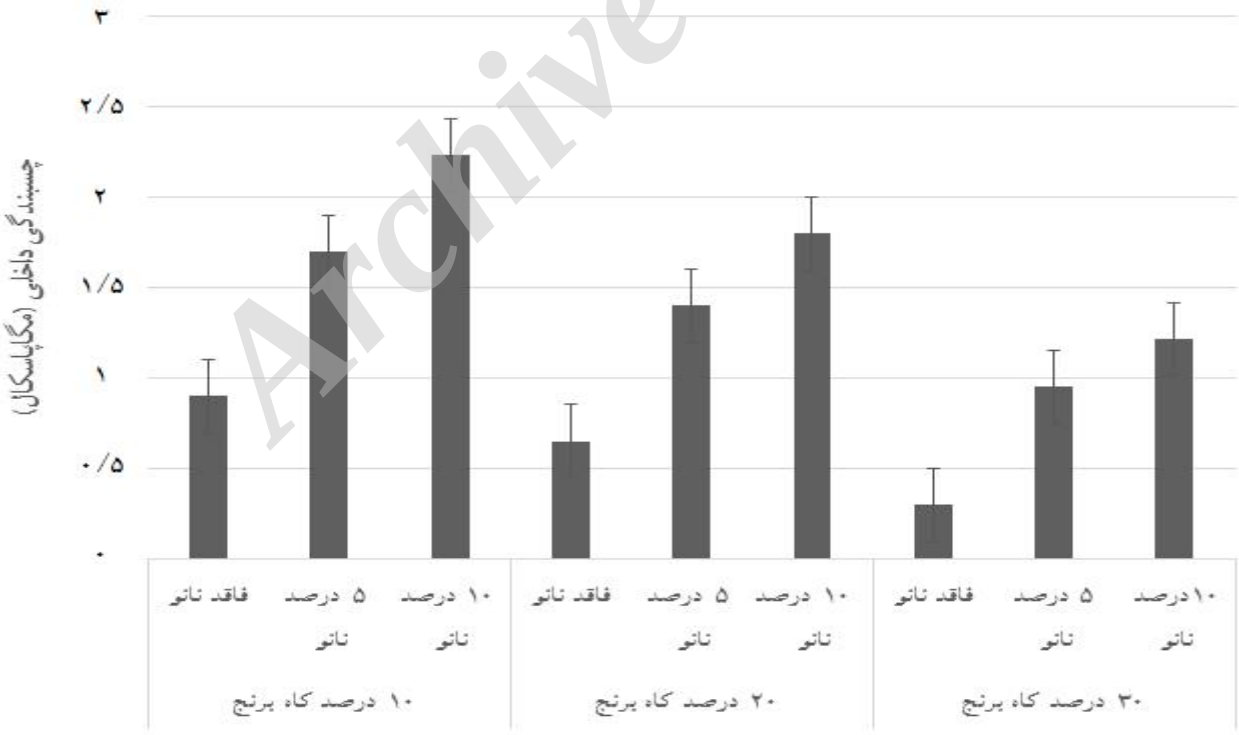


شکل ۲- اثر متقابل درصد الیاف و غلظت نانو ولاستونیت بر روی مقاومت خمشی

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۳- اثر متقابل درصد الیاف و غلظت نانو ولاستونیت بر روی مدول الاستیسیته

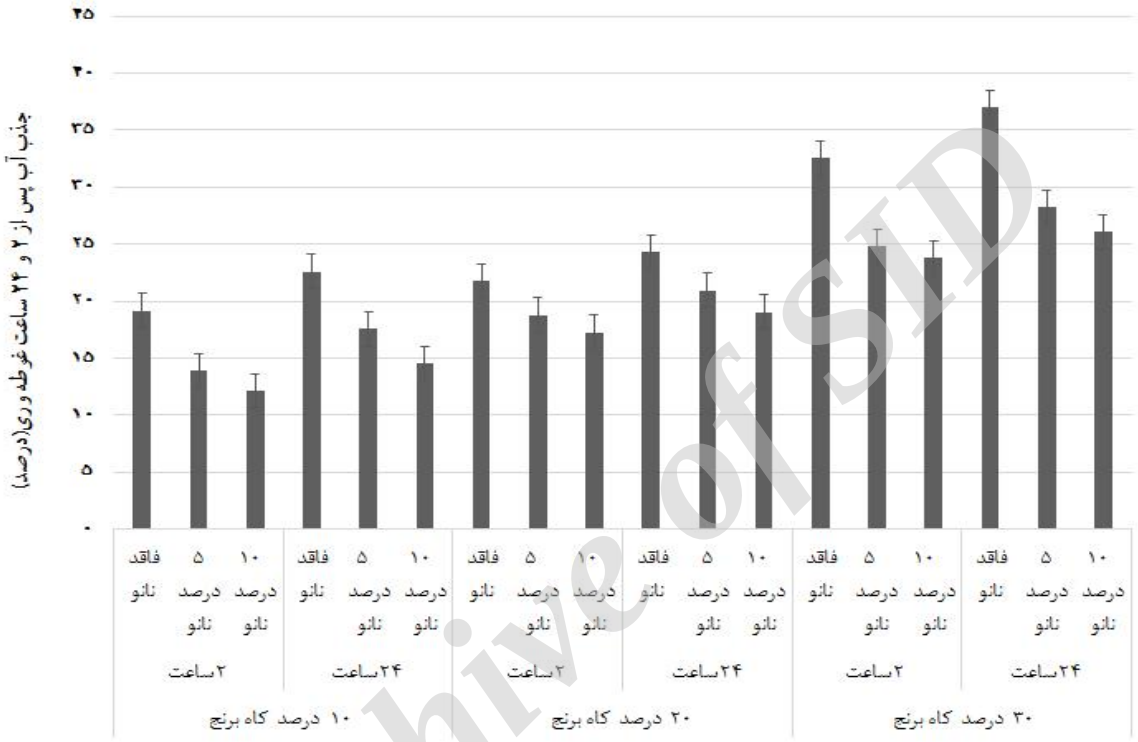


شکل ۴- اثر متقابل درصد الیاف و غلظت نانو ولاستونیت بر روی چسبندگی داخلی

Archive of SID

www.SID.ir

براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) و شکل ۵ و همچنین میانگین جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت تخته‌های ساخته شده، مشخص شد که اثر نانو ولاستونیت بر میزان جذب آب معنی‌دار است. نمونه‌های حاوی ۱۰ درصد نانو ولاستونیت دارای کمترین جذب آب بودند و با کاهش مقدار نانو ولاستونیت از ۱۰ به ۵ و صفر درصد، جذب آب به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. با توجه به شکل ۵ کمترین مقدار جذب آب مربوط به تخته‌های ساخته شده با ترکیب ۱۰ درصد نانو ولاستونیت، ۹۰ درصد سیمان و ۱۰ درصد کاه برنج است.



شکل ۵- اثر متقابل درصد الیاف و غلظت نانو ولاستونیت بر روی جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت

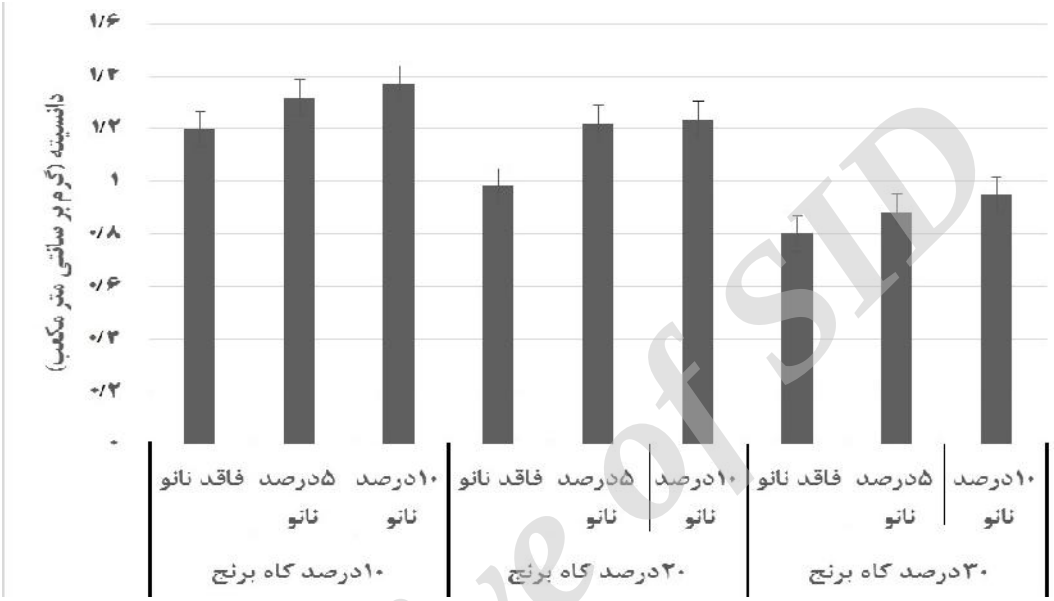
نتایج مربوط به تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر مستقل الیاف و نانو بر روی دانسیته به‌ترتیب در سطح ۱ درصد و۵ درصد معنی‌دار و اثر متقابل عوامل متغیر بر روی دانسیته تخته‌ها معنی‌دار نیست (جدول ۲). نتایج نشان داد با افزایش غلظت نانو ولاستونیت، دانسیته تخته‌های ساخته شده با این ماده افزایش می‌یابد. بیشترین مقدار دانسیته تخته ها مربوط به تخته‌های حاوی ۱۰ درصد نانو ولاستونیت بود؛ که در مقایسه با نمونه بدون نانو ۱۲ درصد افزایش یافت. همچنین کمترین مقدار دانسیته در تخته‌های بدون نانو که حاوی ۳۰ درصد کاه برنج و ۷۰ درصد سیمان بود، مشاهده شده است (شکل ۶).

کاهش وزن در اثر پوسیدگی

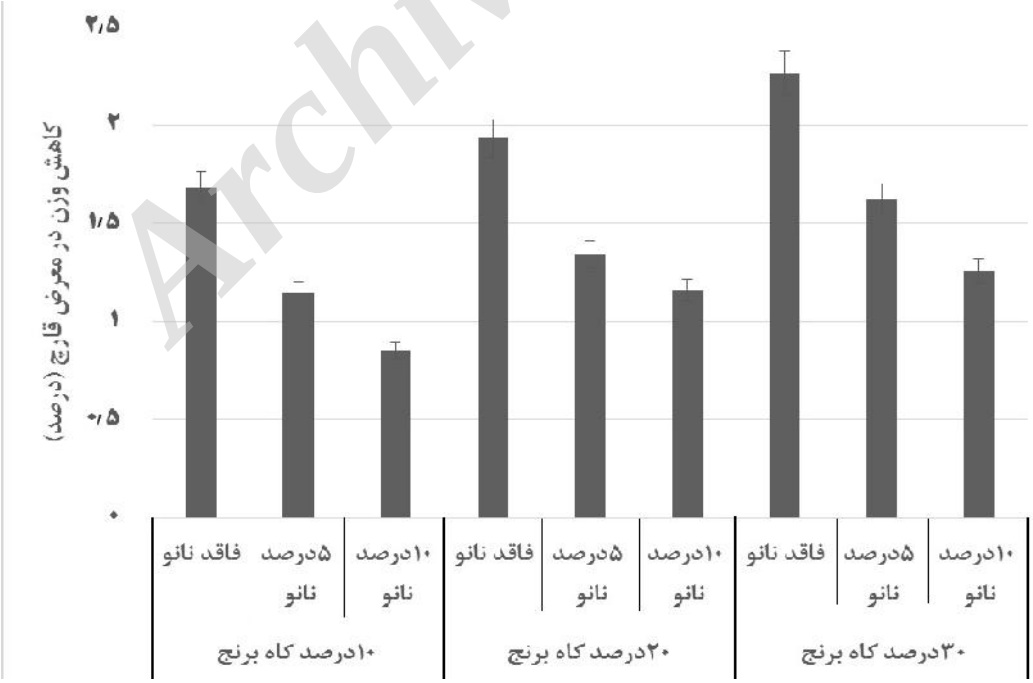
مقادیر درصد کاهش وزن نمونه‌های کامپوزیت ساخته شده با درصدهای مختلف نانو ولاستونیت و کاه برنج با سیمان، پس از ۱۲ هفته مجاورت با قارچ *T.versicolor* در شکل ۷ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود با افزایش میزان نانو ولاستونیت مقاومت به پوسیدگی

Archive of SID
www.SID.ir

تخته‌ها بیشتر می‌شود. جدول ۲ اثر مستقل و متقابل نانو، ماده لیگنوسلولزی و سیمان را بر مقاومت به پوسیدگی کامپوزیت چوب سیمان ساخته شده نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۲ مشخص است که اثر مستقل الیاف کاه برنج و نانو ولاستونیت بر روی مقاومت به پوسیدگی در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار است ولی اثر متقابل نانو و ماده لیگنوسلولزی بر روی مقاومت به پوسیدگی معنی‌دار نمی باشد. با توجه به شکل ۷ کمترین میزان کاهش وزن در اثر پوسیدگی حاصل از ترکیب ۱۰ درصد الیاف کاه برنج، ۹۰ درصد سیمان حاوی ۱۰ درصد نانو ولاستونیت و کمترین میزان مقاومت به پوسیدگی مربوط به تخته‌های فاقد نانو و ۳۰ درصد الیاف کاه برنج بوده است.



شکل ۶- اثر متقابل درصد الیاف و غلظت نانو ولاستونیت بر روی دانسیته



شکل ۷- اثر متقابل درصد الیاف و غلظت نانو ولاستونیت بر روی مقاومت به پوسیدگی

Archive of SID

www.SID.ir

بحث

در این تحقیق، به بررسی تأثیر نانو ولاستونیت بر خواص کامپوزیت‌های چوب سیمان ساخته شده از الیاف کاه برنج و سیمان پرداخته شد.

نتایج نشان داد که مقاومت‌های مکانیکی تخته‌ها با افزایش نانو ولاستونیت افزایش یافتند. با اضافه کردن مواد لیگنوسلولزی به خمیر سیمان واکنش هیدراتاسیون سیمان کاهش و زمان گیرایی افزایش می‌یابد. به‌عبارت‌دیگر وجود 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 (Rangavar *et al.*, 2016). نتایج این بررسی نشان داد که با افزایش میزان نانو ولاستونیت در تخته‌ها سبب بهبود خواص مکانیکی آنها گردید.

هنگامی‌که از نانو ولاستونیت در اختلاط استفاده می‌شود به علت وجود سیلیس (SiO_2) زیاد باعث ایجاد تشکیل ژل کلسیم سیلیکات هیدراته شده، درنتیجه سبب افزایش حرارت هیدراتاسیون، سرعت گیرایی سیمان و مقاومت مکانیکی می‌گردد(Li *et al.*, 2004) . همچنین سیلیس، هیدروکسید کلسیم آزاد شده در اثر هیدرتاسیون را به کربنات کلسیم تبدیل می‌کند و واکنش گرمازایی هیدراتاسیون سیمان را سرعت می‌بخشد (Doosthoseini, 2007). از سوی دیگر، نانو ولاستونیت به دلیل دارا بودن سطح ویژه بالا باعث ایجاد یک شبکه قوی و کارآمد بین ذرات سیمان و کاه برنج می‌گردد که موجب بهبود مقاومت خمشی و چسبندگی داخلی چندسازه الیاف – سیمان می شود. این نتایج با بررسی‌های انجام شده توسط Hassanpoor Tichi و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت دارد.

همچنین نتایج نشان می‌دهد که با افزایش نانو ولاستونیت جذب آب تخته‌ها کاهش یافته است. Khosrviyan (۲۰۰۹) در تحقیق انجام داده بر روی چوب پلاستیک به نتایج مشابهی دست یافته است که دلیل آن را می‌توان به آب‌دوست نبودن نانو ولاستونیت نسبت داد (Ciullo,1997) که موجب کاهش جذب آب تخته‌های ساخته شده با نانو ولاستونیت گردیده است. نتایج حاصل از تحقیق Hassanpoor Tichi و همکاران (۲۰۱۵) نیز نشان داده است که به‌کارگیری نانو ولاستونیت در سطح ۶٪ در کامپوزیت چوب سیمان، سبب کاهش ترک‌های ریز و تخلخل گردیده و راه را برای ورود آب به فضای داخلی تخته کم می‌کند که منجربه کاهش جذب آب و واکشیدگی ضخامت تخته‌ها می‌شود. در این رابطه تحقیقات انجام شده توسط Haghighi و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که چوب نرادی که با نانو ولاستونیت اشباع شده‌اند دارای ثبات ابعادی بالاتری نسبت به نمونه‌های فاقد نانو می‌باشند که نتایج این تحقیق را مورد تأیید قرار می‌دهد.

نتایج همچنین نشان می‌دهد با افزایش نانو ولاستونیت از ۰٪ به ۱۰٪، دانسیته تخته‌ها افزایش یافته است که دلیل آن را می‌توان به سطح ویژه زیاد نانو ولاستونیت (سطح تماس بیشتر با الیاف کاه برنج) نسبت داد که سبب فشردگی بیشتر و در نهایت منجر به دانسیته بالای تخته می‌گردد؛ بنابراین با اندازه‌گیری دانسیته تخته‌ها به این نتیجه رسیده‌ایم که تخته‌های دارای دانسیته بالا از مقاومت‌های مکانیکی و فیزیکی بالایی برخوردارند که دلیل این امر را می‌توان به فشردگی و اتصال محکم‌تر و قوی‌تر بین کاه برنج و سیمان نسبت داد (Hassanpoor Tichi *et al.*, 2015).

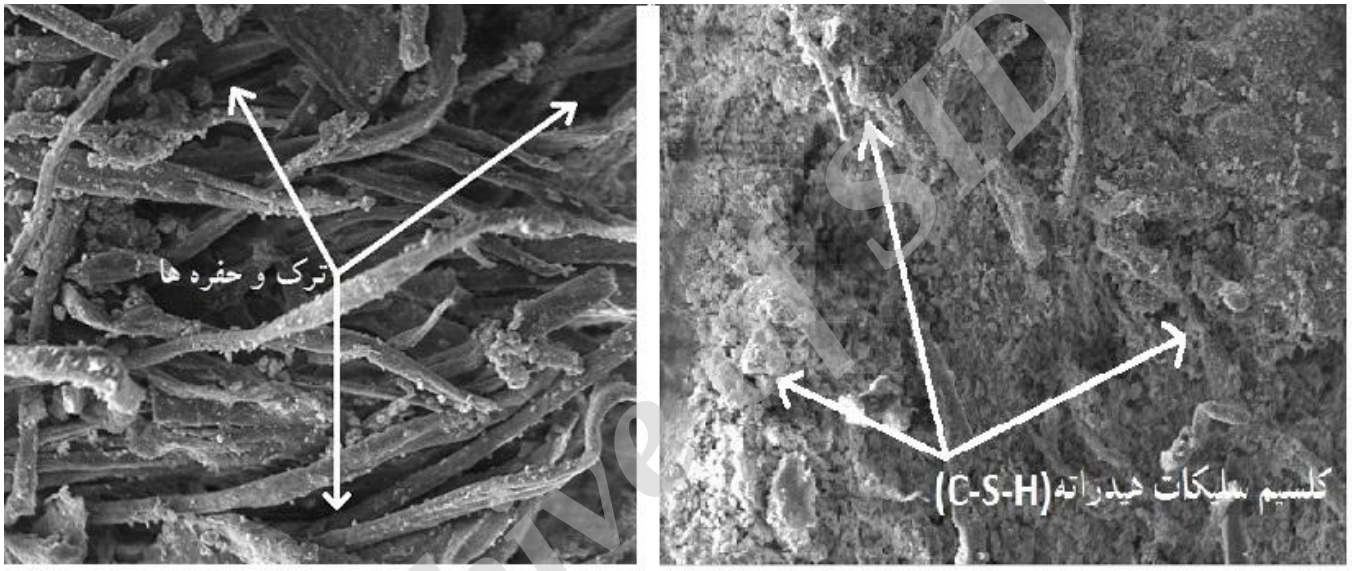
از آنجایی که نانو ولاستونیت سبب کاهش جذب آب در چندسازه می‌شود و یکی از شرایط لازم برای رشد و حمله قارچ رطوبت بالای ۲۰ درصد است، بنابراین افزایش درصد نانو ولاستونیت سبب افزایش مقاومت به پوسیدگی می‌شود. طبق گفته Schrip و همکاران (۲۰۰۸) ترک‌ها و منافذ راهی برای ورود ریسه‌های قارچ به درون چندسازه چوب سیمان هستند، بنابراین می‌توان گفت با کاهش فضای خالی امکان ورود ریسه‌های قارچ به داخل کامپوزیت سخت‌تر شده و مقاومت در برابر پوسیدگی بیشتر می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

بررسی ریزساختاری

در بررسی عکس‌برداری میکروسکوپی از سطح تخته‌ها نتایج نشان داده است که با افزایش نانو ولاستونیت از صفر به ۱۰ درصد سبب بهبود چسبندگی بین الیاف و خمیر سیمان می‌گردد که می‌تواند منجر به مقاومت مکانیکی و فیزیکی بالاتر این چندسازه شود (شکل ۸- راست). در همین راستا شکل ۸ نیز گویای این مسئله می‌باشد که حضور نانو ولاستونیت و چسبندگی این ذرات با سطح الیاف از یکسو و برقراری واکنش پوزولانی توسط نانو از سوی دیگر منجر به تولید مقادیری از ژل متراکم کلسیم سیلیکات هیدراته بر روی الیاف می‌گردد. این تصاویر نشان می‌دهد که نانو ولاستونیت سبب اتصال محکم‌تر، شبکه قوی‌تر و کارآمد بین الیاف و سیمان شده و تخلخل و فضای خالی بین الیاف و سیمان را پر کرده است؛ در نتیجه سبب کاهش جذب آب و مانع ورود ریسه قارچ به داخل تخته‌ها شده است.



شکل ۸- تخته حاوی ۱۰ درصد نانو ژل ولاستونیت (راست) و تخته فاقد نانو (چپ)

سپاسگزاری

نویسندگان از جناب آقای محمدحسین وردی (مدیرعامل محترم شرکت تولید فراورده‌های صنعتی و معدنی ورد) که ماده نانوولاستونیت را تهیه نمودند صمیمانه قدردانی می‌نمایند. همچنین از مهندس شیخ کاظمی که در آزمایش‌های مکانیکی و فیزیکی کمک شایانی کردند، صمیمانه قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

-Boshehrian, A. and Hosseini, P., 2011. Effect of nano-SiO2 particles on properties of cement mortar applicable for ferrocement elements. Concrete Research Letters, 2(1): 15-20.
-Ciullo, P.A., 1997. Industrial minerals and their uses. Noyes, United States of America, 640p.
-Doosthoseini, K. and Yazdi, M., 1996. The effects of chemical additives on the binding quality of Portland cement and aspen particles. Iranian Journal of Natural Resources, 48 (1): 47-58.
-Doosthoseini, K., 2007. Wood composite materials manufacturing, applications. University of Tehran, Tehran, 648p.
-DIN EN standard, NO. 634, 1995. Cement-bonded Particleboards. Specifications- general requirements; German version.
-Haghighi, A., Taghiyari, H.R. and Karimi, A.N., 2013. Study on fire-retardant properties of nano-wollastonite in fir wood (Abies alba). Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 28(2):

Archive of SID
www.SID.ir

-Luyt, A.S., Dramicanin, M.D., Antic, Z. and Djokovic, V., 2009. Morphology, mechanical and thermalproperties of composites of polypropylene and nanostructured wollastonite filler. Polymer testing, 28: 348-356.

-Mohammad Kazemi, F., 2010. Investigation of the effect of nano- SiO2 on applied properties of wood-cement boards manufactured by old corrugated container(OCC) and rice husk. M. S. thesis, Department of Natural Resource, The University of Tehran, karaj, 84p.

-Rangavar, H., Kargarfard, A., and Hoseiny Fard, MS., 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. (In Persian)

-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.

-Sandermann, W. and Kohler, R., 1964. Studies on inorganic- bonded wood materials. Part 4: A short test of the aptitudes of woods for cement-bonded materials. Holzforschung, 18: 53-59.

-Soliman, A, M., 2011. Effect nano wollastonite for compression strength of concrete. Ph.D. thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, The University of Western Ontario London, Canada, 410p.

-Wen, L., Yu-he, D., Mei, Z., Ling, X. and Qian, F., 2006. Mechanical properties of nano-sio2 filled gypsum particleboard. Trans. Nonferrous Metals Society of China 16s. 361-364.

258-265.

-Halvarsson, S., Ediund, H. and Norgren, M., 2009. Manufacture of High-Performance Rice-Straw Fiberboards. Industrial & Engineering Chemistry Research, 49(3): 1428–1435

-Hosseinpourpia, R., Varshoee, A., Soltani, M., Hosseini, P. and Ziaei Tabari. H., 2011. Production of waste bio-fiber cement-based composites reinforced with nano-SiO2 particles as a substitute for asbestos cement composites. Journal Construction and Building Materials, 31: 105–111.

-Hassanpoortichi, A., Bazyar, B., Khademieslam, H., Rangavar, H. and Talaeipour, M., 2016. The effect of nano-wollastonite on biological, mechanical, physical, and microstructural properties of the composite made of wood-cement fiber. Journal of Fundamental and Applied Sciences, 8(35): 1466–1479.

-Hassanpoortichi, 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. 3(4): 567–577. (In Persian).

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

-Khosrviyan, B., 2009. The study of mechanical, physical, thermal and morphological properties of hybrid multi- structures and nano hybrid polypropylene wood flour/ wollastonite multi-structures. M.S. thesis, Department of Natural Resource, The University of Tehran, karaj, 103p.

-Li, H., Xiao, H. and Ou, J., 2004. A study on mechanical and pressure-sensitive properties of cement mortar with nanophase materials. Cement and Concrete Research, 34(3): 435-438.

Archive of SID

www.SID.ir

Investigation on effect of nano gel wollastonite on applied properties wood-cement composites manufactured from rice straw fibers

A. Hassanpoor Tichi [1*] and B. Bazyar [2]

1*-Corresponding Author, Assistant Prof, Dep. of Wood Science and Engineering, Technical Faculty of No. 2, Mazandaran Branch, Technical and Vocational University (TVU), Sari, Iran, email: hasanpoortichi@gmail.com
2- Assistant Prof, Dept. of Wood and Paper Science and Technology, Islamic Azad University (IAU), Tehran, Iran

Received: June, 2017 Accepted: Nov., 2017

Abstract

In this study, the effect of nano gel wollastonite dosage in three level (0, 5 and 10 percent per dry by weight of the cement) and the mixture ratios of lingocellulosic material to cement in three level (10:90, 20:80 and 30:70) on physical, mechanical, microscopic and biological properties of composite made from rice straw fibers- cement was investigated. Three replicates for each treatment and 27 experimental boards were manufactured. Specimens were prepared according to DIN- EN634 standard test methods to measure mechanical and physical properties. Mechanical and physical properties including static bending strength, modulus of elasticity, internal r bonding(IB),water absorption after 2 and 24 hours immersion in water , density and decay resistant (weight loss) were measured. Micro- structural properties of composites were evaluated by SEM images. The results showed that, bending strength, modulus of elasticity, internal bonding and density were significantly increased with increasing Nano gel wollastonite. Also, with increasing Nano gel wollastonite, dimensional stability and decay resistance were increased in comparison with the control sample. Results of scanning electron microscopy showed that the calcium hydroxide formed hydrated calcium silicate gel (C-S-H gel) after addition the Nano gel wollastonite. SEM images showed that the micro- structure of the boards was improved by increasing the nano- wollastonite content.

Keywords: Cement, rice straw, density, nano gel wollastonite.

Archive of SID

www.SID.ir