Archive of SID

فصلنامه علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۳۰، شماره ۴، صفحه ۵۷۷-۵۶۷، (۱۳۹۴)

اثر نانو ولاستونیت بر روی خصوصیات ریزساختاری، مکانیکی و فیزیکی چندسازه الیاف چوب- سیمان

علی حسن‌پورتیچی[۱]، بهزاد بازیار[۲*]، حبیب‌الله خادمی اسلام[۳]، حسین رنگ‌آور[۴] و محمد طلایی‌پور[۵]

۱- دانشجوی دکترا، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران

۲*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران

پست الکترونیک: BAZYAR@srbiau.ac.ir

۳- دانشیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران

۴- استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران

۵- استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۴ تاریخ پذیرش: آبان۱۳۹۴

چکیده

در این مطالعه امکان استفاده از نانو ولاستونیت در سه سطح (۰، ۳ و ۶ درصد وزنی سیمان) و درصد اختلاط ماده لیگنوسلولزی به سیمان در سه سطح ۱۰ به ۹۰، ۲۰ به۸۰ و ۳۰ به ۷۰ بر خواص ریزساختاری، مکانیکی و فیزیکی چندسازه ساخته‌شده از الیاف خمیرکاغذ کرافت مورد بررسی قرار گرفت. به‌این‌ترتیب با احتساب ۹ تیمار، در مجموع ۲۷ تخته آزمایشگاهی ساخته شد. خواص مکانیکی و فیزیکی نمونه‌ها مطابق استاندارد DIN-EN-۶۳۴ شامل مقاومت فشاری، چسبندگی داخلی، واکشیدگی ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب و دانسیته اندازه‌گیری شدند. تصاویر میکروسکوپی SEM برای بررسی خواص ریزساختاری چندسازه از نمونه‌ها گرفته شد. نتایج نشان داد با افزایش میزان نانو ولاستونیت در تخته‌ها، مقاومت فشاری، چسبندگی داخلی و دانسیته افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش نانو ولاستونیت، ثبات ابعادی تخته‌ها در مقایسه با نمونه بدون نانو افزایش یافت. همچنین در تصاویر SEM بهبود ریزساختاری تخته‌ها با افزودن نانو ولاستونیت مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: الیاف کرافت، سیمان، مقاومت فشاری، نانو ولاستونیت.

مقدمه

هدف اصلی تولید پانل‌های چوب سیمان یا فراورده کامپوزیت با اتصال معدنی، ترکیب ذرات آلی مانند چوب و مواد لیگنوسلولزی با اتصال‌دهنده‌های معدنی از قبیل سیمان، گچ و غیره است. فراورده‌های چوب سیمان که امروزه در بیشتر کشورهای جهان تولید می‌گردد دارای خواص کاربردی مطلوبی مانند مقاومت به عوامل جوی، آتش‌گیری و تخریب توسط عوامل بیولوژیکی و سبکی وزن بوده و از پایداری ابعاد بالایی برخوردار هستند. این محصولات قابلیت تولید در ابعاد بزرگ‌تر را داشته، دارای سطوح صاف و متراکم بوده، ویژگی و خواص کاربردی آنها در قسمت‌های مختلف یک صفحه، یکنواخت است. از دیگر عواملی که

www.SID.ir

Archive of SID

باعث شده محصولات چندسازه با اتصال معدنی مورد توجه صنعت ساختمان و محققان و صنعتگران قرار گیرد، عدم انتشار گاز فرم‌آلدئید است که گازی سرطان‌زا می‌باشد و در بسیاری از محصولات ساختمانی وجود دارد. به‌علاوه، تولید این چندسازه در کشورهای فاقد امکانات لازم برای تولید رزین‌های سنتزی، امکان تولید فراورده‌های کامپوزیت را با اتصال معدنی می‌دهد. علاوه بر امکان تولید پانل‌های مسطح در پرس‌های معمولی، با استفاده از قالب‌های مناسب می‌توان محصولات دیگری از قبیل بلوک‌های چوب سیمان، بلوک‌های؟ شکل و قطعات فرم‌دار را نیز تولید کرد. 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 به سرعت مورد استفاده‌های 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 (Ciullo, 1997).

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

Haghighi و همکاران (۲۰۱۳) قابلیت کندسوزکنندگی نانو ولاستونیت در چوب نراد را مورد مطالعه قرار داده‌اند. نتایج این تحقیق 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 ریخت‌شناسی چندسازه چوب پلاستیک مورد بررسی قرار داد. نتایج پژوهش او نشان داد با افزایش درصد میکرو ولاستونیت 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 ساخته‌شده از کارتن کهنه و پوست برنج را بررسی کرد و دریافت که تخته‌های ساخته‌شده از پوسته برنج با ۲ درصد نانوسیلیس بهترین خواص کاربردی را دارند.

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

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

Sandermann و Kohler (۱۹۶۴) در تحقیقی بیان کردند، زمانی که آب به سیمان اضافه می‌شود طی واکنش‌های 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. هنگامی که 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.

www.SID.ir

Archive of SID

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 مدول‌گسیختگی 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 در۴۰ درجه سانتی‌گراد بهترین مقادیر بودند.

هدف از این تحقیق، بررسی و مقایسه خواص کاربردی صفحات چوب سیمان ساخته‌شده از الیاف کرافت و نیز تعیین مقدار بهینه نانو ولاستونیت در ساخت این چندسازه است.

مواد و روش‌ها

در این بررسی الیاف کرافت مورد استفاده از کارخانه صنایع چوب و کاغذ مازندران تهیه شده است. نوع سیمان بکار رفته نیز پرتلند نوع ۲ و ساخت کارخانه سیمان آبیک قزوین بود. مشخصات الیاف و سیمان مصرف شده در این تحقیق به‌ترتیب در جدول ۱ و ۲ آورده شده است. مواد افزودنی شامل نانو ولاستونیت و کلرید کلسیم بود که به‌ترتیب از شرکت تولید فراورده‌های صنعتی و معدنی ورد و MERCK آلمان تهیه شده است. اجزای تشکیل‌دهنده نانو ولاستونیت به‌کار رفته در جدول ۳ ذکر شده است.

عوامل متغیر در این بررسی شامل:

نسبت الیاف کرافت به سیمان در سه سطح (۹۰:۱۰، ۸۰:۲۰ و ۷۰:۳۰ درصد) و مقدار نانو ولاستونیت در سه سطح (۰، ۳ و ۶ درصد وزن سیمان) بود.

جدول ۱- مشخصات الیاف کرافت مورد استفاده

طول الیاف	pH	سفیدی	درصد خاکستر	نوع فرایند	رطوبت	چگالی خشک
۱-۱/۵mm	۱۳	٪۷٤	٪۱۲	کرافت	٪۱۰	۰/۸gr.cm^{۲}

جدول ۲- مشخصات سیمان مورد استفاده

ماده	درصد
آهک (Cao)	٦۷ تا ٦۰
سیلیس (Sio_2)	۲۵ تا ۱۷
اکسید آلومینیم (Al_2o_3)	۸ تا ۳
اکسید آهن (Fe_2o_3)	٦ تا ۰/۵
اکسید منیزیم (Mgo)	٤ تا ۰/۱
سولفات (So_3)	۳ تا ۱

در ساخت تخته‌ها، از کلرید کلسیم به مقدار ۵ درصد وزنی سیمان استفاده شد. آب، نانو ولاستونیت و کلرید کلسیم با نسبت‌های مشخص با دستگاه مخلوط‌کن ترکیب و به مواد لیگنوسلولزی و سیمان افزوده شدند. سپس کیک به‌طور یکنواخت داخل قالبی با ابعاد ۴×۲۷×۳۵ سانتیمتر ریخته شد و بعد توسط 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 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 ۹۰ تا ۹۵ درصد به مدت ۲۰ روز نگه‌داری شدند. پس‌ازاین مدت تخته‌ها کناره‌بری شدند

www.SID.ir

Archive of SID

و به مدت ۲۸ روز در اتاق کلیما با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۵ درصد قرار گرفتند.

جدول۳- اجزای تشکیل‌دهنده نانو ولاستونیت

ترکیبات نانو ولاستونیت	نسبت اختلاط (٪)
SiO_2	۴۶/۹۶
CaO	۳۹/۷
PH	۹/۸
Fe_2O_3	۲/۷۹
Al_2O_3	۳/۹۵
TiO_2	۰/۲۲
K_2O	۰/۰۴
MgO	۱/۳۹
Na_2O	۰/۱۶
SO_3	۰/۰۵

خواص مکانیکی و فیزیکی چندسازه شامل مقاومت چسبندگی داخلی، مقاومت فشاری، واکشیدگی ضخامت و دانسیته مورد بررسی قرار گرفت. آزمون چسبندگی داخلی، واکشیدگی ضخامت بر طبق آیین‌نامه DIN EN-634, Part1,2 و آزمون مقاومت فشاری مطابق استاندارد ASTM (C39-91) انجام شد.

آزمایش چسبندگی داخلی با استفاده از ماشین آزمایش UNIVERSAL واقع در کارخانه آمل روکش با سرعت بارگذاری ۱۰ میلی‌متر در دقیقه و مقاومت فشاری با استفاده از دستگاه Wolpert-5TUZ واقع در دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل انجام شد.

میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)

برای انجام عکس‌برداری SEM نمونه به ابعاد ۱×۱ سانتی‌متر برش زده شد. سپس نمونه‌ها با طلا پوشش داده شدند و بعد با استفاده از دستگاه میکروسکوپ الکترونی مدال AIS2100Seron Technology واقع در دانشگاه صنعتی امیرکبیر به‌منظور بررسی ریزساختار مورد بررسی قرار گرفتند.

تجزیه‌وتحلیل آماری

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از تجزیه واریانس و آزمون چند دامنه‌ای دانکن (DMRT) و مقایسه آماری نتایج حاصل از ارزیابی خواص فیزیکی و مکانیکی در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با بکارگیری آزمون فاکتوریل (CRD) انجام شد. تأثیر مستقل و متقابل هریک از عوامل متغیر بر خواص مورد بررسی در سطوح اعتماد ۵ و ۱ درصد بررسی گردید.

نتایج

جدول شماره ۴ نتایج تجزیه واریانس اثر عوامل متغیر بر خواص مکانیکی و فیزیکی تخته‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس اثر عوامل متغیر بر خواص مکانیکی و فیزیکی تخته‌ها

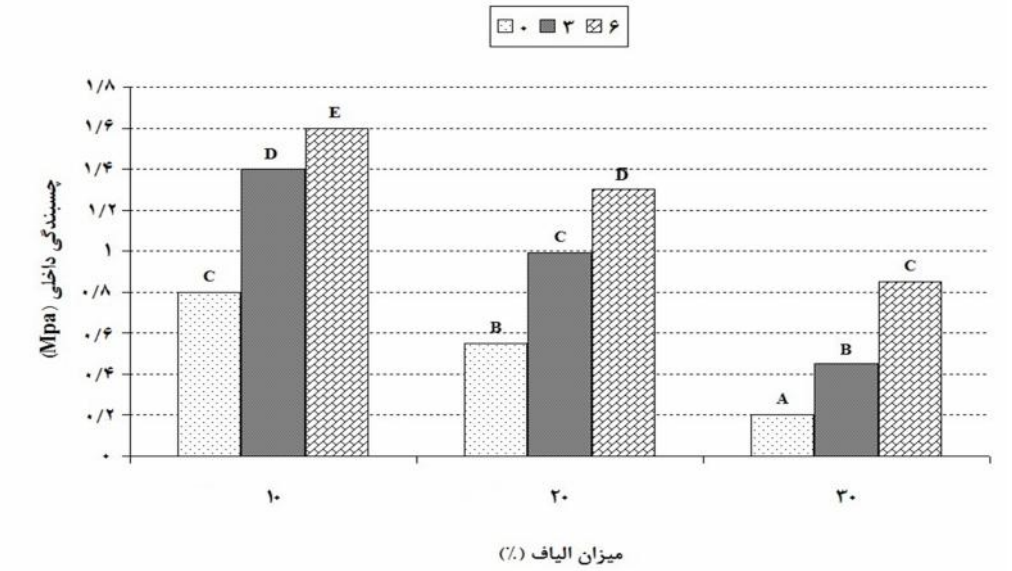
منبع تغییرات	چسبندگی داخلی		مقاومت فشاری		دانسیته		واکشیدگی ضخامت			
							۲ ساعت		۲۴ ساعت	
	Df	f	df	F	df	f	df	f	df	f
نسبت الیاف به سیمان	۲	۶۴۸/۵**	۲	۳۵۱۰/۱**	۲	۵۵۷/۴۲**	۲	۴۸۶/۴**	۲	۴۷۴/۳**
مقدار نانو ولاستونیت	۲	۵۹۳/۴**	۲	۲۴۸/۴**	۲	۱۰۱/۱**	۲	۸۷۴**	۲	۱۷۵۲/۳**
نسبت الیاف به سیمان × مقدار نانو ولاستونیت	۴	۱۲/۶**	۴	۷۹/۹**	۴	۳/۱۷۳*	۴	۳۰/۱**	۴	۳۷/۸**

**: معنی‌داری در سطح ۱٪ *: معنی‌داری در سطح ۵٪

www.SID.ir

Archive of SID

براساس نتایج تجزیه واریانس اثر مستقل میزان نانو ولاستونیت بر روی چسبندگی داخلی در سطح ۱٪ معنی‌دار می‌باشد (جدول ۴). اثر متقابل درصد الیاف و غلظت نانو ولاستونیت بر روی چسبندگی داخلی به همراه گروه‌بندی دانکن در شکل ۱ نشان داده شده است. تخته‌هایی که با نانو ولاستونیت تیمار شده‌اند در مقایسه با تخته‌های بدون تیمار دارای چسبندگی داخلی بالاتری می‌باشند، به‌طوری‌که بالاترین مقدار چسبندگی داخلی برابر با ۱/۶MPa و مربوط به تخته‌های ساخته‌شده با ۱۰٪ الیاف و ۶ درصد نانو ولاستونیت بوده است که در مقایسه با نمونه شاهد ۵۰ درصد افزایش را نشان می‌دهد (شکل ۱). به‌علاوه، تخته‌های ساخته‌شده با ۷۰٪ سیمان و نانو از کمترین مقاومت چسبندگی داخلی برخوردار است (شکل۱). با توجه به نتایج حاصل از تحلیل آماری، اثر درصد اختلاط الیاف و نانو بر روی مقاومت فشاری در سطح ۱٪ معنی‌دار می‌باشد (جدول۴). اثر متقابل درصد الیاف و غلظت نانو ولاستونیت بر روی مقاومت فشاری به همراه گروه‌بندی دانکن در شکل ۲ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت نانو ولاستونیت مقاومت فشاری افزایش یافت (شکل ۲). به‌نحوی‌که بیشترین مقدار مقاومت فشاری در تخته حاوی ۶ درصد نانو ولاستونیت و ۱۰ درصد الیاف خمیر کرافت مشاهده شد که در مقایسه با نمونه شاهد ۲۹/۹۵ درصد افزایش یافته است. نتایج همچنین نشان دادند که بین سه غلظت ۰، ۳ و ۶ درصد نانو از نظر چسبندگی داخلی و مقاومت فشاری اختلاف معنی‌داری وجود دارد و از لحاظ آماری به‌ترتیب در ۵ و ۷ گروه قرار گرفته‌اند.



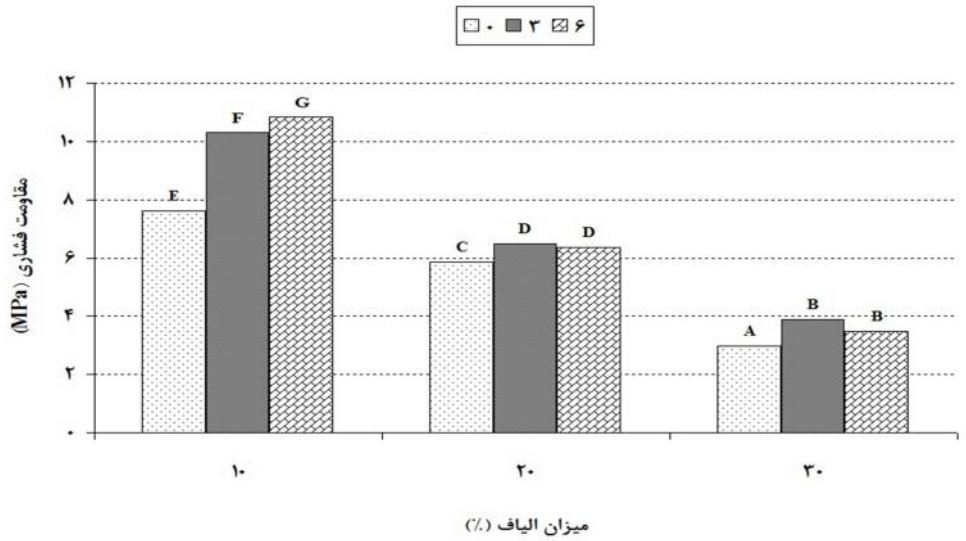
شکل ۱- اثر متقابل درصد الیاف و غلظت نانو ولاستونیت بر روی چسبندگی داخلی به همراه گروه‌بندی دانکن

نتایج مربوط به تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر روی واکشیدگی ضخامت در سطح ۱٪ معنی‌دار می‌باشد (جدول ۴). نتایج نشان داد با افزایش غلظت نانو ولاستونیت، میزان واکشیدگی ضخامت تخته‌های ساخته‌شده با این ماده کاهش می‌یابد. بیشترین مقدار واکشیدگی ضخامت هم در ۲ ساعت و هم در ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب مربوط به تخته‌های فاقد نانو ولاستونیت می‌باشد. همان‌گونه که مشاهده شد کمترین مقدار واکشیدگی ضخامت پس از ۲ ساعت غوطه‌وری در نمونه ساخته‌شده با غلظت ۶ درصد نانو و ۱۰ درصد الیاف کرافت مشاهده شد (۱/۳۹۷ درصد) که در مقایسه با نمونه شاهد ۴۳/۶۶ درصد کاهش یافت. کمترین و بیشترین واکشیدگی

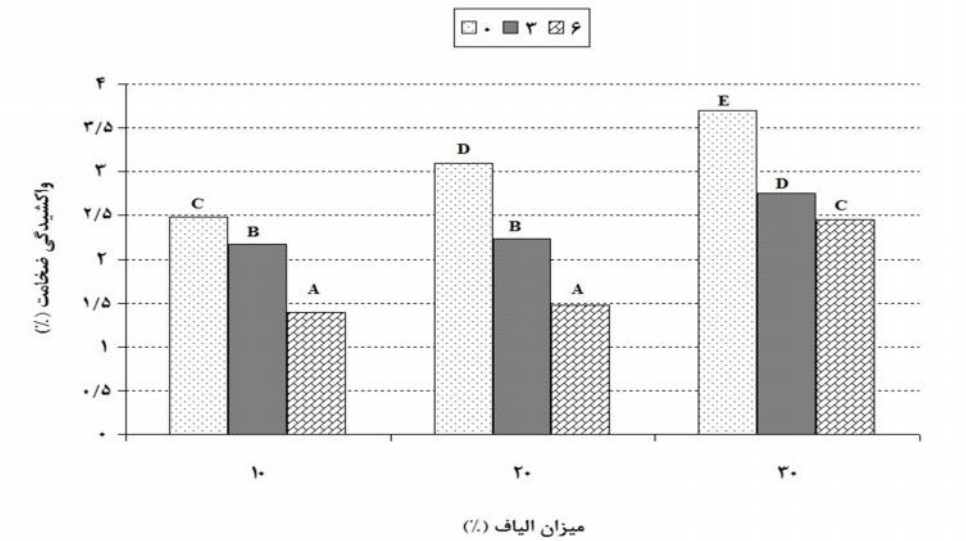
www.SID.ir

Archive of SID

ضخامت پس از ۲۴ ساعت به‌ترتیب در تخته‌های حاوی ۶ درصد نانو و ۱۰ درصد الیاف (۱/۶ درصد) و ۰ درصد نانو و ۳۰ درصد الیاف (۴/۲۶ درصد) مشاهده شد. اثر متقابل درصد اختلاط الیاف و غلظت نانو ولاستونیت بر روی واکشیدگی ضخامت بعد ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب به همراه گروه‌بندی دانکن در شکل ۳ و ۴ نشان داده شده است. نتایج نشان دادند که بین سه غلظت ۰، ۳ و ۶ درصد نانو از نظر واکشیدگی ضخامت هم در ۲ و هم در ۲۴ ساعت اختلاف معنی‌داری وجود دارد و از لحاظ آماری در گروه‌های مختلف قرار گرفته‌اند.



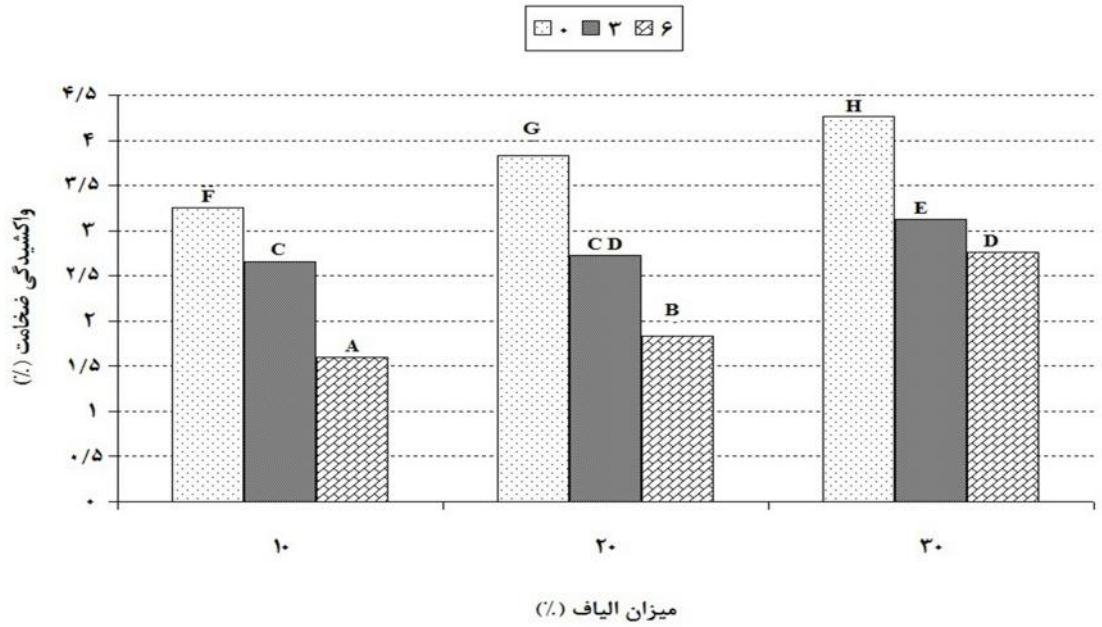
شکل ۲- اثر متقابل درصد الیاف و غلظت نانو ولاستونیت بر روی مقاومت فشاری به همراه گروه‌بندی دانکن



شکل ۳- اثر متقابل درصد الیاف و غلظت نانو ولاستونیت بر روی واکشیدگی ضخامت بعد ۲ ساعت غوطه‌وری در آب به همراه گروه‌بندی دانکن

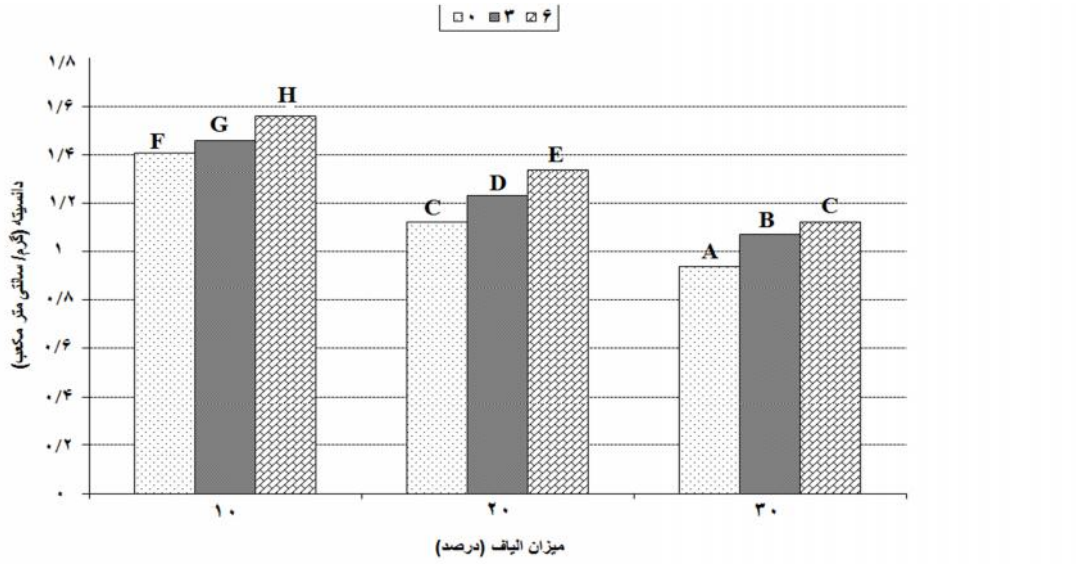
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- اثر متقابل درصد الیاف و غلظت نانو ولاستونیت بر روی واکشیدگی ضخامت بعد ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب به همراه گروه‌بندی دانکن

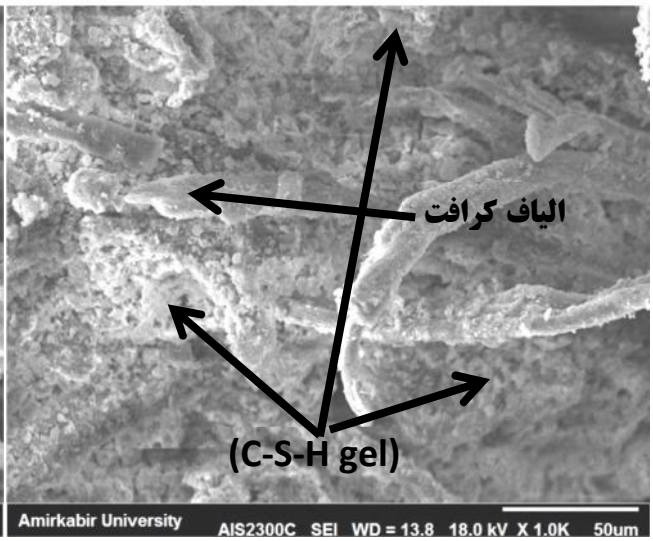
نتایج مربوط به تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر روی دانسیته تخته‌ها به‌ترتیب در سطح ۱٪ و ۵٪ معنی‌دار می‌باشد (جدول ۴). نتایج نشان داد با افزایش غلظت نانو ولاستونیت، دانسیته تخته‌های ساخته‌شده با این ماده افزایش می‌یابد. بیشترین مقدار دانسیته تخته‌ها مربوط به تخته‌های حاوی ۶ درصد نانو ولاستونیت می‌باشد؛ که در مقایسه با نمونه بدون نانو ۳۹ درصد افزایش یافت. همچنین کمترین مقدار دانسیته در تخته‌های بدون نانو که حاوی ۳۰٪ الیاف کرافت و ۷۰٪ سیمان است، مشاهده شده است (شکل ۵).



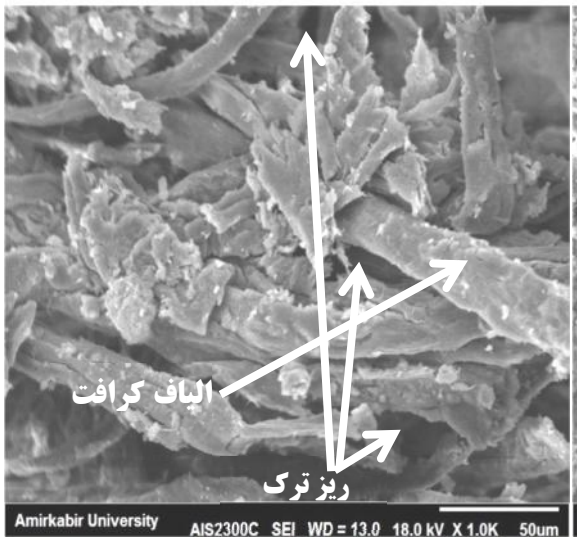
شکل ۵- اثر متقابل درصد الیاف و غلظت نانو ولاستونیت بر روی دانسیته تخته‌ها به همراه گروه‌بندی دانکن

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶- نمونه حاوی ۶٪ نانو ولاستونیت



شکل ۷- نمونه بدون حضور نانو ولاستونیت

بحث

نتایج نشان می‌دهد که چسبندگی داخلی و مقاومت فشاری در تخته حاوی نانو ولاستونیت در مقایسه با تخته‌های فاقد نانو افزایش یافته است، به‌طوری‌که بیشترین چسبندگی داخلی (۱/۶Mpa) و مقاومت فشاری (۱۰/۸۵Mpa) مربوط به تخته‌های حاوی ۱۰ درصد الیاف کرافت و ۶ درصد نانو ولاستونیت می‌باشد.

وقتی آب و چوب به سیمان افزوده می‌شوند، pH تا ۱۲/۵ افزایش می‌یابد که موجب تجزیه و انحلال اجزا تشکیل‌دهنده چوب به‌ویژه مواد استخراجی می‌شود، این مواد تا حدودی مانع گیرایی و کاهش حرارت هیدراتاسیون سیمان می‌شود (Kohler. 1964 & Sandermann). بنابراین به نظر می‌رسد زمانی که از نانو ولاستونیت در اختلاط استفاده می‌شود به دلیل وجود سیلیس Sio_2 زیاد باعث ایجاد تشکیل ژل کلسیم سیلیکات هیدراته شده، در نتیجه سبب افزایش حرارت هیدراتاسیون، سرعت گیرایی سیمان و مقاومت مکانیکی می‌گردد (Li *et al.*, 2004). همچنین سیلیس، هیدروکسید کلسیم آزاد شده در اثر هیدراتاسیون را به کربنات کلسیم تبدیل و واکنش گرمازایی هیدراتاسیون سیمان را تسریع می‌کند (Doosthoseini, 2007). از سوی دیگر، نانو ولاستونیت به دلیل دارا بودن سطح ویژه بالا، سبب فشردگی بیشتر تخته‌ها، ایجاد یک شبکه قوی و کارآمد بین ذرات سیمان و الیاف کرافت می‌گردد که این امر موجب بهبود چسبندگی داخلی و مقاومت فشاری چندسازه الیاف – سیمان می‌شود. این استدلال به‌وسیله اندازه‌گیری دانسیته تخته‌ها مورد تأیید قرار گرفته است.

در این رابطه، Soliman (۲۰۱۱) اعلام کرد که افزودن نانو ولاستونیت به بتن سبب افزایش حرارت هیدراتاسیون می‌شود و با توجه به اینکه افزایش درجه هیدراتاسیون سبب بهبود در ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی چندسازه می‌شود افزودن این ماده به چندسازه چوب- سیمان باعث بهبود مقاومت‌های آن شده است.

با بررسی تصاویر میکروسکوپ الکترونیکی به نظر می‌رسد با افزایش غلظت نانو ولاستونیت، حباب‌هایی که در اثر اختلاط سیمان با آب که در تخته‌ها باعث ترک‌های ریز می‌گردد کاهش یافته، در نتیجه تخلخل و ریزترک‌ها در چندسازه الیاف- سیمان کم می‌شود (شکل ۶) و این موضوع سبب افزایش مقاومت فشاری می‌شود. این نتیجه با تحقیق Hosseinpourpia و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت می‌کند. لازم به ذکر است که در تحقیق Hosseinpourpia و همکاران (۲۰۱۱) الیاف استفاده شده خمیر سولفیت می‌باشد. از آنجا

www.SID.ir

Archive of SID

که این الیاف حالتی اسیدی دارد، فرایند هیدراتاسیون سیمان را با مشکل مواجه می‌کند. البته در این تحقیق استفاده از الیاف کرافت، به دلیل دارا بودن pH قلیایی موجب افزایش سرعت هیدراتاسیون سیمان شده است. این کار منجر به بالاتر رفتن مقاومت فشاری در مقایسه با نتایج تحقیق یادشده می‌باشد.

نتایج همچنین حکایت از این دارد که با افزایش نانو ولاستونیت، واکشیدگی ضخامت تخته‌ها کاهش یافته و کمترین واکشیدگی ضخامت در نمونه‌های حاوی ۱۰ درصد الیاف و ۶ درصد نانو ولاستونیت مشاهده شده است (شکل ۳ و ۴). Khosrviyan (۲۰۰۹) در تحقیق انجام شده 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 و در نتیجه واکشیدگی ضخامت تخته‌های ساخته‌شده با نانو ولاستونیت می‌گردد. نتایج حاصل از تحقیق Boshehrian و Hosseini (۲۰۱۱) نیز نشان داده است که بکارگیری نانو سیلیس در سطح ۳٪ سبب کاهش ترک‌های ریز و تخلخل بتن شده و راه را برای ورود آب به فضای داخلی بتن کم می‌کند که منجر به کاهش جذب آب بتن می‌شود. در این رابطه، تحقیقات انجام شده توسط Haghighi و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد چوب نرادی که با نانو ولاستونیت اشباع شده است، دارای ثبات ابعادی بالاتری نسبت به نمونه‌های فاقد نانو می‌باشد که نتایج این تحقیق را مورد تأیید قرار می‌دهد. نتایج همچنین نشان می‌دهد با افزایش نانو ولاستونیت به ۶٪، دانسیته تخته‌ها افزایش یافته است که دلیل آن را می‌توان به سطح ویژه زیاد نانو ولاستونیت 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 الیاف کرافت و سیمان نسبت داد (شکل ۶).

بررسی ریزساختاری:

همان‌گونه که در شکل ۶ مشخص است، حضور نانو ولاستونیت (۶٪) در کنار الیاف کرافت (۱۰٪) سبب بهبود ریزساختاری چندسازه الیاف- سیمان شده است. بعلاوه اینکه تصاویر نشانگر بهبود چسبندگی بین الیاف و خمیر سیمان می‌باشد که می‌تواند به مقاومت فشاری و چسبندگی داخلی بالاتر این چندسازه منجر گردد. در همین راستا، شکل ۶ نیز گویای این مسئله می‌باشد که حضور نانو ولاستونیت و چسبندگی این ذرات با سطح الیاف از یک طرف و برقراری واکنش پوزولانی توسط نانو از طرف دیگر منجر به تولید مقادیری از ژل متراکم کلسیم سیلیکات هیدراته (C-S-H gel) بر روی الیاف کرافت 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 بهبود مقاومت فشاری و چسبندگی داخلی می‌گردد.

همان‌طور در شکل ۷ مشخص است، در نمونه‌های شاهد یعنی فاقد نانو ولاستونیت، ساختار چندسازه دارای تخلخل و ترک‌های ریز می‌باشد. این موضوع می‌تواند دلیلی برای مقاومت‌های مکانیکی و فیزیکی کمتر در مقایسه با نمونه‌های حاوی نانو ولاستونیت باشد. ترک‌های ریز ایجاد شده همچنین ممکن است سبب افزایش نفوذپذیری آب در تخته‌ها و افزایش واکشیدگی ضخامت نمونه‌های شاهد در مقایسه با نمونه‌های حاوی نانو ولاستونیت گردد. البته این ترک ریز سبب کاهش دانسیته تخته‌ها هم شده است.

سپاسگزاری

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

www.SID.ir

Archive of SID

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.
-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- generalequirements; German version.
- Hosseinpourpia, R., Varshoee, A., Soltani, M., Hosseini, P. and ZiaeiTabari. H., 2011. Production of waste bio-fiber cement-based composites reinforced with nano-SiO_2 particles as a substitute for asbestos cement composites. Journal Construction and Building Materials, 31: 105–111.
- Ciullo, P, A., 1997. Industrial minerals and their uses. Noyes, United States of America, 640p.
- 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.
- Mohammad Kazemi, F., 2010. Investigation of the effect of nano- SiO_2 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.
- 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 nanowollastonite 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-sio_2 filled gypsum particleboard. Trans. Nonferrous Metals Society of China 16s. 361-364.

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of nano- wollastonite on microscopic, mechanical and physical properties of cement-wood fibers composite

A. Hassanpoor Tichi[1] , B. Bazyar[2*], H. Khademieslam[3], H. Rangavar[4] and M. Talaeipour[5]

1- PhD Student, Department of Wood and Paper Sciences and Technology, Islamic Azad University (IAU), Tehran, Iran.
2*-CorrespondingAuthor, Assistant Prof., Department of Wood and Paper Science and Technology, Islamic Azad University(IAU), Tehran, Iran, E-mail: BAZYAR@srbiau.ac.ir
3-Associated Prof., Department of Wood and Paper Science and Technology, Islamic Azad University (IAU), Tehran, Iran
4-Assistant Prof.,Department of Wood and Paper Science and Technology, The Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran
5-Assistant Prof.,Department of Wood and Paper Science and Technology, Islamic Azad University(IAU), Tehran, Iran

Received: April, 2015 Accepted: Nov., 2015

Abstract

In this study the effect of nano- wollastonite usage in three level (0 , 3 and 6 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 and microscopic properties of composite made from kraft 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 compression strength, internal bonding (IB), thickness swelling after 2 and 24 hours immersion in the water and density were measured. Micro- structural properties of composites were evaluated by SEM images. The results showed that compression strength, internal bonding and density increased at higher levels of nano- wollastonite in the boards. By increasing the nano- wollastonite, dimensional stability was significantly improved in comparison to the control boards. SEM images showed that the micro- structure of the boards were improved by increasing the nano- wollastonite content.

Keywords: Kraft fibers, cement, strength, nano- wollastonite.

www.SID.ir