تفاوتهای مهم برخی خواص تخته گچ مسلح با دو نوع الیاف طبیعی (باگاس و چوب)

Archive of SID

Important Differences in Some Properties of Gypsumboard Reinforced with Two Types of Natural Fibers (Bagasse and Wood)

محمد پورجوزی* [۱]، قنبر ابراهیمی [۲]

۱- گیلان، شهرک ولیعصر جوکا، پردیس ۳ دانشکده فنی دانشگاه تهران (صنایع سلولوزی)، صندوق پستی ۴۳۸۴۱/۱۱۹

۲- کرج، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، صندوق پستی ۳۱۵۸۵/۴۳۱۴

دریافت: ۸۰/۹/۲۱، پذیرش: ۸۱/۴/۳۰

چکیده

الیاف لیگنو سلولوزی (مثل چوب) برای بهبود مقاومت خمشی و جلوگیری از شکست ناشی از تردی تخته گچها بکار می‌روند. کامپوزیت حاصل به تخته فیبرگچی موسوم است. دو نوع الیاف، باگاس و چوب حاصل از کارخانه تخته فیبر در پنج درصد وزنی متفاوت (۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰) نسبت به گچ برای تولید نمونه‌های تخته فیبر گچی مورد استفاده قرار گرفتند. از گچ ساختمانی با درصد بیشتری از بتا همی هیدرات استفاده شد. فرایند ساخت از نوع نیمه خشک بود و نسبت وزنی آب به گچ ۰/۴ در نظر گرفته شد. فرایند اختلاط دو مرحله‌ای شامل اختلاط خشک الیاف با گچ که منجر به یک مخلوط همگن شد و در مرحله بعدی افزایش مداوم آب به مخلوط اولیه بود. سپس، مخلوط قالب بندی و متراکم شد تا آبدار شدن گچ شروع شود و در نهایت نمونه‌ها خشک شدند(دارای رطوبت ۱ تا ۲ درصد). برای اندازه‌گیری خواص تخته‌ها، آزمایشهای مکانیکی شامل خمش ایستا، چسبندگی داخلی، فشار موازی سطح الیاف بر طبق استاندارد ASTM D ۱۰۳۷-۸۲ و نیز آزمایشهای فیزیکی شامل جذب آب و تورم در ۲ و ۲۴ ساعت اندازه‌گیری شد. تخته‌های ساخته شده از الیاف چوب نسبت به تخته‌های ساخته شده از باگاس از نظر خواص مکانیکی در سطح پایینتری بودند، ولی بین دو نوع الیاف باگاس و چوب در خواص فیزیکی تفاوت معنی داری مشاهده نشد. همچنین، در بین درصدهای وزنی مختلف الیاف به گچ در هر دو نوع تفاوت خاصی دیده نشد، ولی در ۲۰ درصد وزنی الیاف چوب و ۱۵ درصد وزنی الیاف باگاس بهترین خواص فیزیکی و مکانیکی حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: تخته فیبر گچی، کامپوزیت، پیوند دهنده معدنی، الیاف طبیعی، باگاس

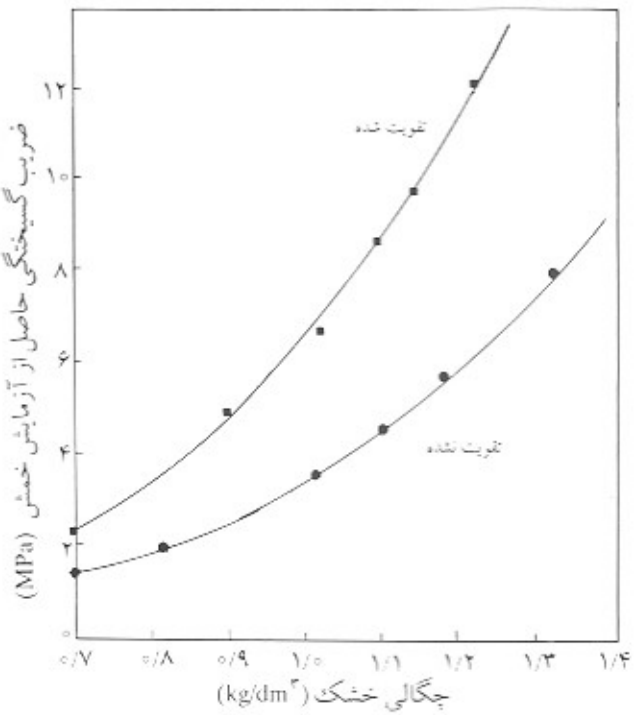
Key Words: gypsum fiberboard, composite, inorganic binder,natural fibers, bagasse

مقدمه

در دهه اخیر تلاشهای فراوانی در سراسر دنیا برای ساخت کامپوزیت از ذرات چوب (الیاف یا خرده‌ها) با پیوند دهنده‌های معدنی مثل سیمان و گچ انجام شده است. دو بخش اصلی این کامپوزیتها، یعنی ذرات چوب و پیوند دهنده‌های معدنی به دلیل ماهیت خاص خود، خواص ویژه‌ای را در محصول نهایی ایجاد می‌کنند. هدف از

* مسئول مکاتبات، پیام نگار: M-pourjouzi@yahoo.com

www.SID.ir

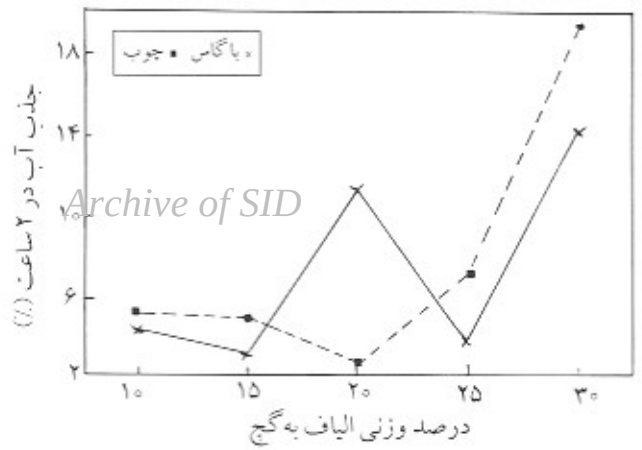


شکل ۱- ضریب گسیختگی حاصل از آزمایش خمش برای گچ تقویت شده و تقویت نشده در برابر چگالی.

بکارگیری مواد چوبی کاهش چگالی، کاهش ترکها و ایجاد مواضع واکنش است و هدف از بکارگیری پیوند دهنده معدنی بهبود مقاومت در برابر اشتعال، کاهش صدمات زیست‌شناختی و بهبود هوازدگی(weathering) است. بطور خلاصه کامپوزیت حاصل از این دو بخش (مواد چوبی و پیوند دهنده‌های معدنی) دارای مقاومت در برابر گرمای زیاد است و سبکتر از موادی است که فقط از پیوند دهنده‌های معدنی تشکیل یافته اند[۱].

گچ به‌دلیل ارزان بودن و نیز تولید فراوان حتی به عنوان محصول فرعی سایر صنایع و از طرف دیگر، به علت داشتن زمان آبدار شدن کوتاهتر (درحدود ۳۰ دقیقه) و نداشتن تاثیرات جنبی برذرات چوبی درمقایسه باسیمان درساخت محصولات کامپوزیت چوب‌وگچ مورد توجه فراوان قرار گرفته است. با استفاده ازالیاف چوب وگچ به عنوان پیوند دهنده و به کمک فرایندهای مخصوص، اوراق یا تخته‌هایی ساخته می‌شوند که تحت عنوان تخته گچ تقویت شده با الیاف یاتخته فیبرگچی(gypsum fiberboard) نامیده می‌شوند. توزیع یکنواخت الیاف در این تخته‌ها موجب تقویت آنها می‌شود[۲].

محصول نهایی بعد از آبدار شدن گچ شکننده است و مقاومت کمی در مقابل تنش وارده دارد، از این رو الیاف آلی (مثل چوب، باگاس یا کاه ...) برای بهبود مقاومت و کاهش شکنندگی و تقویت خمش از جمله مدول کشسانی و ضریب گسیختگی



Archive of SID

شکل ۲-تغییرات جذب آب پس از ۲ساعت برای تخته‌های‌دارای الیاف چوب و الیاف باگاس با درصدهای وزنی متفاوت الیاف به گچ.

(modulus of rupture) بکارگرفته می‌شوند. موفقیت در این آمیختگی‌بستگی به نوع موادتقویت کننده و همچنین به‌مقدار و پیوند آن با ماده پرکننده گچ دارد. طبق شکل ۱ تخته گچ تقویت شده مقاومت خمشی بیشتری در مقایسه با تخته تقویت نشده دارد[۳].

این تخته‌ها از مدتها قبل در چند کشور برای ساختمان سازی تولید شده‌اند. قدیمی‌ترین تکنولوژی ساخت تخته فیبرگچی در سوئیس طی سالهای ۱۹۴۰ تا ۱۹۴۵ ابداع شده است، زمانی که به علت کمبود سیمان و آزبست پژوهشگران دریافتند که از گچ و الیاف چوب به ترتیب برای جایگزینی سیمان و آزبست می‌توانند استفاده کنند. نحوه اختلاط دو بخش گچ و چوب با آب برای آبدار شدن گچ و نیز میزان مصرف آب از آن زمان تاکنون تغییرات زیادی پیدا کرده است تا محصولات با کیفیت بهتر و فرایندهای با مصرف انرژی کمتر و غیر آلوده کننده ساخته شوند[٤].

در مقایسه با تخته‌های با پیوند دهنده‌های آلی، تخته فیبر و تخته خرده چوب گچی مقدار پیوند دهنده بیشتری لازم دارد (جدول ۱)، زیرا سطح مخصوص سیستمهای معدنی در حدود ۱۰۰۰ مرتبه

جدول ۱- موازنه مواد برای ساخت تخته خرده چوب و تخته فیبر.

نوع تخته	نسبت وزنی	چگالی تخته
تخته خرده چوب با پیوند دهنده گچ	(۰/۱۵-۰/۳۰):۱	۰/۹-۱/۳
تخته فیبر با پیوند دهنده گچ	(۰/۱۰-۰/۲۵):۱	۰/۹-۱/۳
تخته خرده چوب با رزینهای معمولی	(۸-۱۵):۱	۰/۵-۰/۸
تخته فیبر با رزینهای معمولی	(۳۰-٤۸):۱	۰/۳-۰/۹

www.SID.ir

جدول ۲-تاثیر افزودن ۰/۵ درصد سریش نسبت به وزن گچ در زمان گیرایی گچ [۵].

تاثیر افزودن سریش	زمان گیرایی گچ (دقیقه)	
	شروع گیرایی	پایان گیرایی
بدون سریش	٤	۱۰
با سریش	۲۰	۳۰

کوچکتر از رزینهای مصنوعی کلویدی است. از طرف دیگر، پیوند ماده تقویت کننده و ماده پر کننده گچ بر اساس اثر متقابل مکانیکی است، در صورتی که پیوندهای شیمیایی ویژگی کامپوزیت بر اساس رزین و مواد تقویت کننده است. در نتیجه، فیبر و تخته خرده چوب گچی به علت چگالی زیادتر گچ، سنگینتر از تخته خرده چوب و تخته فیبر معمولی است[۲].

تخته گچهای تقویت‌شده با الیاف‌یا خرده چوب صرفنظر از نوع ساخت بطور موفقیت آمیزی برای کاربردهای نهایی درون ساختمان مفیدند. برخی از خواص مفید این نوع تخته‌ها عبارتنداز[۱]:

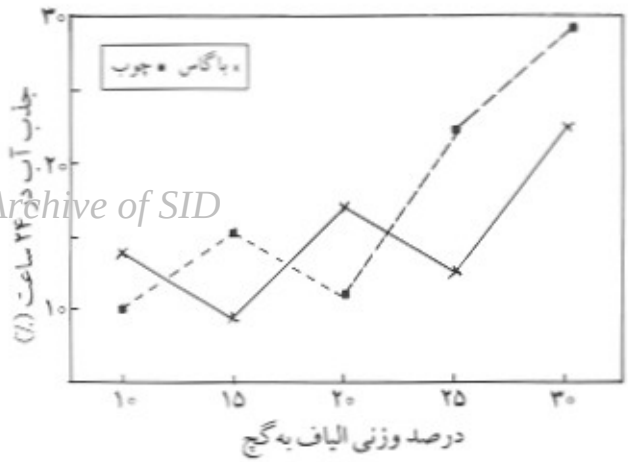
۱- فقدان آثار جنبی فیزیولوژیک،
۲- مقاومت در برابر اشتعال،
۳- عامل تنظیم کننده برای آب و هوای محیط اتاق،
٤- تغییر ابعاد خیلی کم،
۵- هزینه‌های کم (تولید و مصرف).

یک نکته مهم در مورد تخته گچهای تقویت شده با مواد لیگنو سلولوزی این است که آنها بر خلاف تخته سیمان قلیایی نیستند و بنابراین نیاز به چسبهای گران و مقاوم در برابر قلیا یا اندود کردن سطحی ندارند. با استفاده از تخته گچهای تقویت شده با مواد لیگنو سلولوزی انواع سیستمهای سطح مثل (روکش چوب، کاغذ تزئینی و ورقهای نازک پلاستیکی) ایجاد می‌شود و کیفیت پیوند رضایت بخشی با چسبهای تجاری موجود بدست می‌آید[۲].

تجربی

مواد

گچ مورد استفاده در تمام آزمایشها گچ ساختمانی سمنان بود که حجم بیشتری از آن را بتا همی هیدرات تشکیل می‌دهد. ابتدا، ذرات درشت گچ با الک با مش ٤۰ جداسازی و ذرات ریز برای ساخت نمونه آماده شد. از آنجا که عموما گیرایی گچهای ایران نسبتا سریع است، در این پژوهش از سریش به عنوان تاخیرانداز گیرایی گچ



شکل۳- تغییرات جذب آب پس از ۲٤ ساعت برای تخته‌های دارای الیاف چوب و الیاف باگاس بادرصدهای وزنی متفاوت الیاف به گچ.

استفاده شد. در اثر افزودن ۰/۵ درصد سریش نسبت به وزن گچ، تغییرات زمان گیرایی گچ طبق جدول ۲ خواهد بود.

در این پژوهش، از الیاف مورد استفاده در کارخانه تولید تخته فیبر(حسن رود گیلان) به روش‌تر از گونه انجیلی (parotia persica) با طول متوسط الیاف ۱۲۵۰ میکرون استفاده شد. الیاف بعد از حمل به آزمایشگاه خشک شدند(دارای رطوبت ۸ تا۱۰درصد). سپس با الک با مش ۸ جداسازی انجام شد و الیاف بهم چسبیده از یکدیگر جدا شدند.الیاف باگاس‌ازنوع(Sugar Cane-Sacharum Officinanum) نیز که از خرد کردن ساقه باگاس بدست آمده و قبلا در کارخانه تولید شکر مغز زدایی شده بود با طول متوسط الیاف ۱۳۰۰-۱۲۵۰ میکرون برای مقایسه با الیاف تخته فیبر مورد استفاده قرار گرفت.

دستگاهها

در این پژوهش، آزمایشهای مکانیکی با دستگاه instron مدل ٤٤٦۵ و آزمایشهای فیزیکی نیز در آزمایشگاه توسط کولیس و ترازوهای آزمایشگاهی انجام گرفت.

روشها

از الیاف چوب و باگاس نسبت به گچ در پنج درصد وزنی ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ (جمعا ۱۰ ترکیب) استفاده شد. با توجه به اینکه با هر ترکیب ٦ تخته برای تکرار آزمایش ساخته شد، جمعا حدود ٦۰عدد تخته بدست آمد. تخته‌های نهایی دارای ابعاد ۲۰×٤سانتی‌متر باضخامت اسمی(۱۲/۷میلی‌متر، ۰/۵ اینچ) و چگالی اسمی ۱/۱بودند.

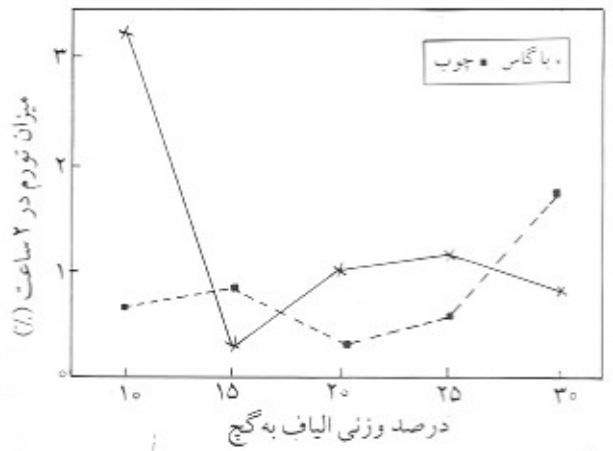
فرایند مورد استفاده در ساخت تخته‌ها فرایند نیمه خشک (نسبت وزنی آب به گچ ۰/٤) بود و فرایند تر که در ساخت تخته گچهای

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۳- ویژگیهای فیزیکی و مکانیکی تخته‌های کامپوزیت الیاف -گچ با دو نوع الیاف و پنج درصد وزنی الیاف به گچ.

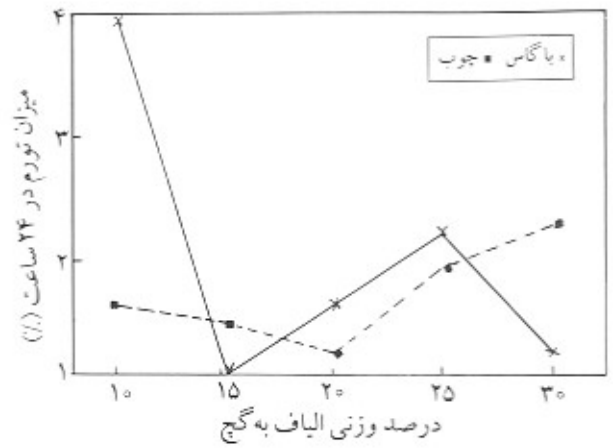
عوامل متغیر تخته‌های کامپوزیت / ویژگیهای اندازه‌گیری شده		درصدهای مختلف وزنی الیاف تخته فیبرنسبت به گچ					درصدهای مختلف وزنی الیاف باگاس نسبت به گچ				
		۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰
جذب آب پس از ۲ ساعت	درصد	۵/۳۱	٤/۹	۲/٦٤	٦/۸٤	۱۹	٤/۵	۳/۲۸	۱۱/۱۵	۳/۷۷	۱۳/۷۸
جذب آب پس از ۲٤ ساعت	درصد	۱۰/۱	۱۵/۲۱	۱۰/۸	۲۲/۱۸	۲۸/۸۲	۱۳/۹	۹/۳٦	۱٦/۹۹	۱۲/٤۷	۲۲/۳۲
تورم پس از ۲ ساعت	درصد	۰/٦٤	۰/۸	۰/۲۸	۰/۵٤	۱/٦۷	۳/۲٦	۰/۲۷	۰/۹۷	۱/۱	۰/۷٦
تورم پس از ۲٤ ساعت	درصد	۱/٦۲	۱/٤۷	۱/۲۱	۱/۸۸	۲/۲۲	۳/۹۵	۱/۰۵	۱/٦۳	۲/۱٦	۱/۱۹
ضریب گسیختگی	MPa	۰/٤۵۳	۰/٦۸۵	۰/۹۸۱	۰/۹۱٦	۰/۱۱	۲/۲۹	۳/۱٦	۲/۰۷	۲/٤	۲/۱۷
مدول کشسانی	MPa	٤۰۸/۳۷	۵۱٤/۷۳	٦۷۵/۳۲	۹۲٤/۵۵	۷۳۵/۸۸	۲۱٦٤/۷۲	۲٤۸۳/۸	۱۳۵۹	۱۸۳۲	۱۳۲۳
چسبندگی داخلی	MPa	۰/۲۵٦	۰/۲۸٤	۰/۲۰۷	۰/۲۰۹	۰/۱۳۵	۰/۸۱	۰/٤٦	۰/۳۸	۰/٤۵	۰/۲
فشار موازی سطح	MPa	۲/۰۳٦	۱/٤	۱/۷۹	۱/۷	۲/۱٤	۸/۰۳٤	٦/۵	٤/۲۷	٤/٤٤	٤/۳۷

Archive of SID
www.SID.ir

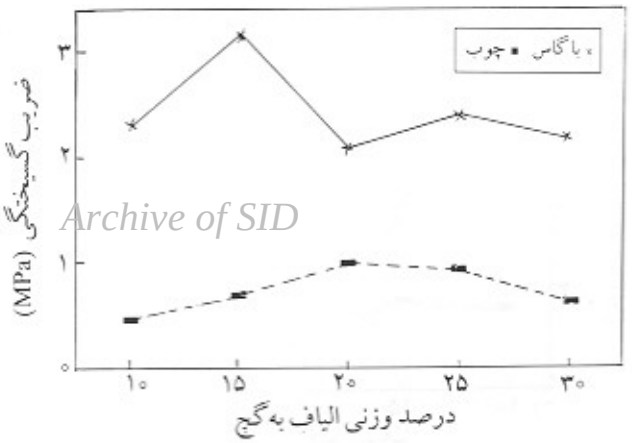


شکل ٤- تغییرات تورم پس از ۲ ساعت برای تخته‌های دارای الیاف چوب و الیاف باگاس با درصدهای وزنی متفاوت الیاف به گچ.

معمولی بکار می‌رود مورد استفاده قرار نگرفت (اشاره می‌شود که در فرایند نیمه خشک در حدود۳۰ درصد از انرژی لازم برای خشک کردن تخته‌ها در مقایسه با فرایند تر صرفه جویی می‌شود). ابتدا، مقادیر دقیقی از الیاف خشک و گچ خشک ومقدار ۰/۵ درصد سریش به عنوان تاخیر دهنده توزین و به صورت خشک به کمک یک همزن با دور گردش قوی کاملا با هم مخلوط شدند و سپس، مقدار آب لازم به صورت ذرات ریز در حین هم زدن روی مخلوط خشک پاشیده شد. بدین ترتیب، مخلوط یکنواخت و همگن الیاف و گچ مرطوب بدست آمد. سپس، این مخلوط همگن در قالب فلزی به ابعاد ۲۰×٤۰ سانتی متر بدقت ریخته شد تا تغییرات ضخامت در تخته نهایی اتفاق نیفتد. سپس، کیک زیر پرس سرد با فشار حدود ۲±۲۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع قرار گرفت. با توجه به اینکه درصد الیاف به گچ مورد مصرف متفاوت است فشار وارد بر کیک



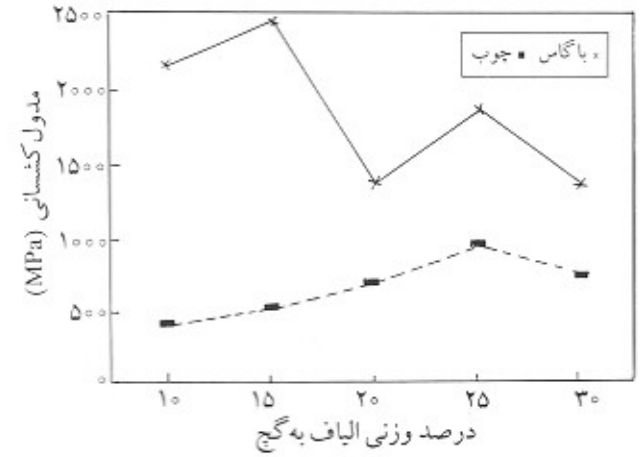
شکل ٥- تغییرات تورم پس از ٢٤ ساعت برای تخته‌های دارای الیاف چوب والیاف باگاس با درصدهای وزنی متفاوت الیاف به گچ.



Archive of SID

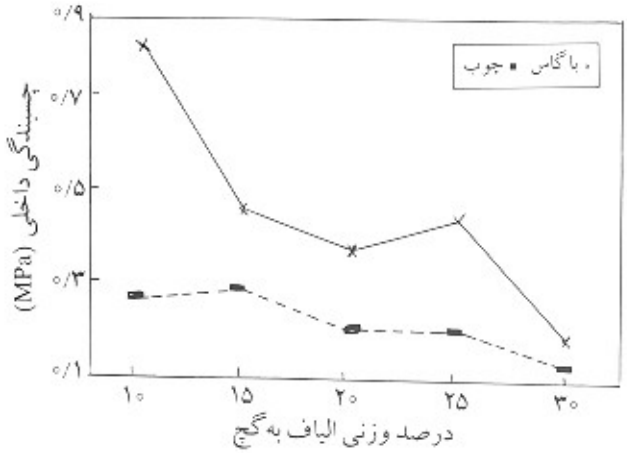
شکل ٦- تغییرات ضریب گسیختگی تخته‌های دارای الیاف چوب و الیاف باگاس با درصدهای وزنی متفاوت الیاف به گچ.

نمی‌تواند یکنواخت باشد. کیکهای با الیاف بیشتر برای متراکم شدن و رسیدن به چگالی مود نظر به فشار بیشتری نیاز دارند تا گچ قادر به مهار افزایش ضخامت تخته باشد. مدت زمان پرس ۱۵ دقیقه در نظر گرفته شد. بعد از پرس، تخته‌ها به مدت ۳۰ دقیقه برای انعقاد کامل در هوای آزاد نگهداری شدند. چون تخته‌ها بعد از تکمیل انعقاد دارای رطوبت بین ١٦ تا ۲۰ درصد بودند، بنابراین برای رسیدن به مقاومت مطلوب دوباره خشک شدند. برای این کار تخته‌ها در محلی با دمای۷۰ تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد و تهویه دائمی خشک شدند. خشک کردن تخته‌ها تا رطوبت یک تا دو درصد ادامه یافت و فقط آب موجود در بلورهای گچ باقی ماند. خشک کردن بیشتر باعث کاهش مقاومت تخته‌ها می‌شود. بعد از خشک کردن، نمونه‌ها برای آزمایشهای فیزیکی (جذب آب و تورم در ۲ و ٢٤ ساعت) و آزمایشهای مکانیکی (خمش ایستا، چسبندگی داخلی و فشار موازی



شکل ۷- تغییرات مدول کشسانی تخته‌های دارای الیاف چوب و الیاف باگاس با درصدهای وزنی متفاوت الیاف به گچ.

www.SID.ir



شکل ۸- تغییرات چسبندگی داخلی تخته‌های دارای الیاف چوب و الیاف باگاس با درصدهای وزنی متفاوت الیاف به گچ.

سطح) بر طبق استاندارد ASTM D۱۰۳۷-۸۲ بریده شدند.

نتایج و بحث

جدول ۳ ویژگیهای فیزیکی و مکانیکی تخته‌های کامپوزیتی الیاف - گچ با دو نوع الیاف چوب و باگاس در پنج درصد وزنی نسبت به گچ را نشان می‌دهد. داده‌های حاصل از اندازه‌گیری ویژگیهای فیزیکی و مکانیکی تجزیه وتحلیل آماری شد و در سطح اطمینان آماری (statistical confidence)۵ درصد مشاهدات زیر حاصل شد:

در جذب آب پس از ۲ ساعت غوطه وری، اختلاف معنی دار بین تخته‌های دارای دو نوع الیاف چوب و باگاس و پنج درصد وزنی الیاف به گچ مشاهده نشد، ولی در ۲۰ درصد وزنی الیاف چوب و ۱۵ در صد وزنی الیاف باگاس کمترین مقدار جذب آب مشاهده شد (شکل ۲).

در جذب آب پس از ۲٤ ساعت غوطه وری نیز بین تخته‌های دارای دو نوع الیاف و ۵ درصد وزنی الیاف به گچ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، اما در ۱۰ و ۲۰ در صد وزنی الیاف چوب و ۱۵ درصد وزنی الیاف باگاس کمترین مقدار جذب آب مشاهده شد (شکل ۳).

در تورم پس از ۲ ساعت غوطه وری در آب بین تخته‌های دارای دو نوع الیاف و پنج درصد وزنی الیاف به گچ اختلاف معنی داری مشاهده نشد، اما در ۱۵ درصد وزنی الیاف باگاس و ۲۰ درصد وزنی الیاف چوب کمترین مقدار تورم مشاهده شد (شکل ٤).

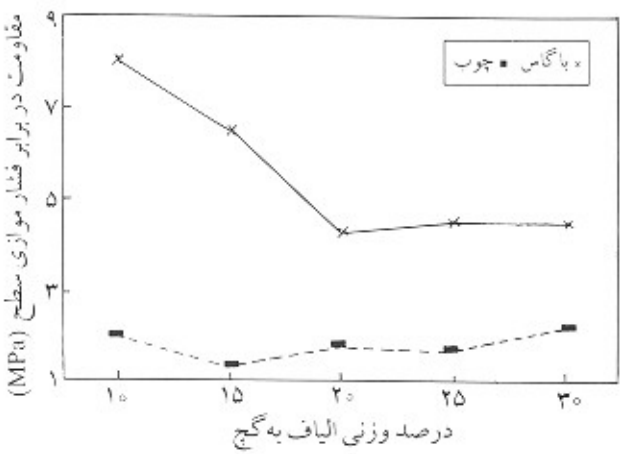
در تورم پس از ۲٤ ساعت غوطه وری در آب، بین تخته های دارای دو نوع الیاف و ۵ درصد وزنی الیاف به گچ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما در ۱۵ درصد وزنی الیاف باگاس و۲۰ درصد وزنی الیاف چوب کمترین مقدار تورم مشاهده شد (شکل ۵).

در ضریب گسیختگی اختلاف معنی‌دار بین تخته‌های دارای دو نوع الیاف مشاهده شد و تخته‌های دارای الیاف باگاس بطور معنی‌داری ضریب گسیختگی بیشتری نسبت به تخته‌های دارای الیاف چوب داشتند. بین درصدهای مختلف از هر نوع الیاف تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد، ولی در ۲۰ درصد وزنی الیاف چوب و ۱۵ درصد وزنی الیاف باگاس بیشترین مقادیر ضریب گسیختگی مشاهده شد (شکل ٦).

در مدول کشسانی بین تخته‌های دارای دو نوع الیاف اختلاف معنی‌دار مشاهده شد و تخته‌های دارای الیاف باگاس بطور معنی داری مدول کشسانی بیشتری در مقایسه با تخته‌های دارای الیاف چوب داشتند. بین درصدهای مختلف هر نوع الیاف تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، ولی در ۲۵ درصد وزنی الیاف چوب و ۱۵ درصد وزنی الیاف باگاس بیشترین مقادیر مدول کشسانی مشاهده شد (شکل ۷).

در چسبندگی داخلی اختلاف معنی‌دار بین تخته‌های دارای دو نوع الیاف مشاهده شد و تخته‌های دارای الیاف باگاس چسبندگی داخلی بیشتری در مقایسه با تخته‌های دارای الیاف چوب داشتند. بین درصدهای مختلف از هر نوع الیاف، تفاوت معنی‌دار در چسبندگی داخلی مشاهده نشد، ولی در ۱۵درصد وزنی الیاف چوب و ۱۰ درصد وزنی الیاف باگاس بیشترین مقادیر چسبندگی داخلی مشاهده شد (شکل ۸).

در مورد مقاومت در برابر فشار موازی سطح، تفاوت معنی‌دار بین تخته‌های دارای دو نوع الیاف مشاهده شد و تخته‌های دارای الیاف باگاس مقاومت به فشار بیشتری در مقایسه با تخته‌های دارای



شکل ۹- تغییرات فشار موازی سطح تخته‌های دارای الیاف چوب و الیاف باگاس با درصدهای وزنی متفاوت الیاف به گچ.

Archive of SID
www.SID.ir

الیاف چوب داشتند. بین درصدهای مختلف از هر نوع الیاف اختلاف معنی‌دار در مقامت در برابر فشار موازی سطح مشاهده نشد، ولی در ۳۰درصد وزنی الیاف چوب و ۱۰ درصد وزنی الیاف باگاس بیشترین مقـادیر مقاومت در برابر فشار مشاهده شد (شکل ۹).

نتیجه‌گیری

تخته‌های دارای دو نوع الیاف چوب و باگاس، در ویژگیهای فیزیکی تفاوت معنی‌داری نشان ندادند، اما در ویژگیهای مکانیکی تفاوت معنی‌دار مشهود بود و تخته‌های دارای الیاف باگاس بر تخته‌های دارای الیاف چوب برتری داشتند که علت آن سفتی الیاف باگاس و خواص سطحی و سایر خواص این الیاف در مقایسه با الیاف چوب مربوط است.

در ۲۰ درصد وزنی الیاف چوب و ۱۵درصد وزنی الیاف باگاس، مطلوبترین خواص فیزیکی و بهترین خواص مکانیکی مشاهده شد، زیرا در درصدهای وزنی الیاف به گچ باد شده پیوند دهنده گچ قابلیت پوشش کامل الیاف را داشته و پیوند مناسبتری بین الیاف و گچ ایجاد شده است و نقش تقویت کنندگی الیاف بیشتر مشهود است.

مراجع

1. Lipinsky E.S., "Potential Technologies for Effectively Bonding Wood with Inorganic Binders", In: Proceeding Fiber and Particleboards Bonded with Inorganic Binders. Moslemi A.A., (Ed). *Forest. Prod. Res. Soc*, Madison, Wis, 53– 58,1989.
2. Lempfer K., Hilbert .T. and Gunzerodt H., "Development of Gypsum – bonded Particleboard Manufacture in Europe", *Forest. Prod. J.*, **40**, 6, 37-40, 1989.
3. Sattler H, and Lempfer K, "Gypsum–bonded Particleboards and Fiberboard". In Proceeding Fiber and Particleboards Bonded with Inorganic Binders, Moslemi A.A., (Ed). *Forest. prod. Res. soc*., Madison, wis. , 19-25,1989.
4. Kraemer E.F.and Lepfer K. H "Gypsum Fiber Board History and Outlook", In: Proceeding of the Second International Inorganic Bonded Wood and Fiber Composite Materials Conference, Moscow, U.S.A, Idaho, 77-84, october 1990.
۵. جعفر پور فاطمه، "گچ"، انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، چاپ ششم، ۱۳۷۴.

www.SID.ir