

بررسی خواص کششی و خمشی گچ تقویت شده با الیاف خرما

Investigation of tensile and flexural properties of date palm fiber reinforced gypsum

عباسعلی اعظمی^{۱*}، محمد صالح احمدی^۲، پدram پیوندی^۳

*۱. دانشجوی دکتری تکنولوژی نساجی، دانشگاه یزد، azami213@stu.yazd.ac.ir

۲. استادیار دانشکده نساجی، دانشگاه یزد ms.ahmadi@yazd.ac.ir

۳. استادیار دانشکده نساجی، دانشگاه یزد peivandi@yazd.ac.ir

چکیده

گچ به علت ارزانی، سبکی، منابع گسترده، شکل پذیری مناسب و ظاهر عالی یکی از مصالح ساختمانی منحصر به فرد به شمار می رود. البته این ماده دارای رفتاری شکننده با مدول الاستیک کم است، بنابراین بسیار مستعد ترک خوردگی است و استحکام خمشی و کششی پایینی دارد. لیف خرما نیز یکی از الیاف گیاهی است که می تواند به عنوان تقویت کننده در مصالح ساختمانی و کامپوزیت ها مورد استفاده قرار گیرد از این رو استفاده از این لیف در کاربردهای جدید، بازارهای تازه ای را برای آنچه که به طور معمول ضایعات در نظر گرفته می شود باز خواهد کرد. این مقاله به بررسی تاثیر کاربرد الیاف خرما، بر مقاومت کششی و خمشی می پردازد. برای این منظور نمونه هایی از ملات گچ خالص و ملات گچ تقویت شده با درصدهای وزنی مختلف از الیاف خرما ساخته و آزمون های کششی و خمشی بر روی آن ها انجام شد. نتایج آزمایشات نشان می دهد که افزایش درصد وزنی لیف خرما منجر به بهبود مقاومت کششی و خمشی گچ می گردد. افزودن ۱/۵ درصد وزنی لیف خرما به گچ به ترتیب سبب ۱۲/۳ و ۱۰/۲ درصد افزایش در مقاومت کششی و خمشی می شود.

واژگان کلیدی: گچ، الیاف خرما، کامپوزیت، مقاومت خمشی، مقاومت کششی

۱- مقدمه

گچ که بیشتر در ساختمان های مسکونی و تجاری استفاده می شود، ملاتی تندگیر است و افزایش حجمی که بعد از مصرف و قبل از سخت شدن پیدا می کند، کلیه خلل و فرج سطح کار را پر کرده و مانع از رشد و نمو میکروپها و باکتری ها در خود می شود و همچنین اندوده گچ خواص آکوستیکی بسیار خوبی دارد و کمتر تولید پژواک می نماید. ضریب انتقال حرارتی گچ کم است و در برابر آتش نسبتاً پایدار است و بر حسب خواص و ضخامت می تواند تا زمان معینی از گسترش آن جلوگیری کند. گچ به دلیل سبکی، قیمت ارزان، فراوانی، کاربرد آسان، شکل پذیری مناسب و ظاهر بسیار عالی به عنوان یکی از مصالح ساختمانی منحصر به فرد بشمار می رود اما این ماده شکننده و دارای مدول الاستیک کم است، بنابراین بسیار مستعد ترک خوردگی است و استحکام خمشی پایینی دارد [۱]. بیجن و همکاران در سال ۱۹۹۲ گچ را با استفاده از الیاف شیشه تقویت کردند و نشان دادند این عمل سبب بهبود خواص مکانیکی گچ می شود [۲]. سینگ و همکاران در سال ۱۹۹۲ به بررسی اثر طول و مقدار الیاف شیشه در کامپوزیت گچ پرداختند. نتایج کار آن ها نشان داد که حداکثر مقاومت کششی کامپوزیت با استفاده از ۴٪ وزنی الیاف شیشه به طول ۵۰ میلی متر به دست می آید [۳]. تحقیقات بسیاری بر روی خواص گچ تقویت شده با مواد افزودنی مختلف صورت گرفته است. مهندسی و همکاران در سال ۲۰۱۱ به بررسی خاصیت کششی گچ تقویت شده با مخلوط تصادفی الیاف کوتاه PP و PPTA پرداختند و نشان دادند خاصیت کششی گچ به صورت قابل توجهی بهبود یافته است [۴]. سلیمیان و

همکاران به بررسی خواص مکانیکی ملات گچ تقویت شده با پارچه های شبکه ای پرداختند. نتایج کار آنها نشان داد که در تمام نمونه هائی که پارچه در آن بکار رفته است مقاومت کششی و خمشی افزایش یافته است [۵].

اسماعیلی و همکاران اثر الیاف خرما را بر خصوصیات مکانیکی خشت مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج تحقیق آنها وجود یک درصد الیاف خرما و پانزده درصد آهک برای شرایط محیطی ۳۵ درصد رطوبت ، بهترین حالت ممکن برای نمونه های خشتی تقویت شده با آهک و الیاف خرما را بوجود می آورد [۶].

"سورندرا و همکاران افزایش استحکام کششی و انعطاف پذیری گچ مسلح شده بوسیله الیاف بریده شیشه را در مقاله خود گزارش دادند [۷]. لی و همکارانش افزایش قابل توجهی را در خصوصیات مکانیکی گچ در کامپوزیت گچ-کتان مشاهده نمودند [۸]. در سال ۲۰۰۳ گمو و همکارانش استفاده از الیاف کوتاه طبیعی و یا مصنوعی را برای افزایش تنش فشاری در حین خشک شدن گچ و یا اضافه کردن گچ با غلظت و اندازهی دانهی کنترل شده ، برای استحکام بخشی موثر به گچ همراه با الیاف ، پیشنهاد نمودند [۹].

با عبور از قرن بیستم و کاهش منابع تجدید ناپذیر ، نیاز به مصالحی که دوستدار محیط زیست هستند، بیشتر احساس می شود. لذا تاکنون تحقیقات زیادی بر روی خواص مکانیکی و عملکرد فیزیکی مصالح و مواد کامپوزیتی تسلیح شده با الیاف طبیعی صورت گرفته است. الیاف طبیعی مانند الیاف خرما ، کتان، سیسال ، کنف، بامبو و نارگیل علاوه بر این مزیت دارای برتری های دیگری همچون هزینهی کمتر ، فراوانی منابع و زیست تخریب پذیر بودن، می باشد. در برخی کشورهای عربی به دلیل تولید بالای خرما ، تحقیقات بسیاری بر روی الیاف نخل خرما و استفاده از آن در کامپوزیتها صورت گرفته است .کشور ایران بر طبق آمار جهانی سال ۲۰۱۲ بعد از مصر دومین کشور تولید کننده خرما می باشد [۱۰]. بنابراین الیاف خرما که به دور تنه درخت تنیده شده اند در کشور ما به وفور یافت می شود . متاسفانه به دلیل اینکه تاکنون کاربرد خاصی از این نوع لیف طبیعی در نظر گرفته نشده است بخش قابل توجهی از آن به صورت ضایعات سوزانده می شود.

ساختار لیف خرما استوانه ای شکل و متشکل از ساختار چند سلولی است. چگالی این الیاف حدود ۶۰٪ کمتر از الیاف شیشه است [۱۱]. در دمای ۲۸ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۵۰٪ ، جذب رطوبت الیاف حاصل از برگ درخت خرما ۱۰/۶۷٪ و الیاف حاصل از بافت اطراف ساقه درخت ۹/۵۵٪ است [۱۲].

خواص میانگین الیاف خرما در جدول (۱) نشان داده شده است. مدول کششی الیاف خرما کمتر از تمامی الیاف گیاهی به جز لیف نارگیل است [۱۱].

جدول ۱: خواص مکانیکی الیاف نخل خرما [۱۱].

قطر μm	چگالی gr/cm^3	ازدیاد طول٪	مقاومت کششی aPM	مدول یانگ aPG
۱۰۰-۱۰۰۰	۰,۹-۱,۲	۲-۱۹	۱۷۰-۲۷۵	۵-۱۲

رفتار تنش - کرنش الیاف خرما شبیه به سایر الیاف طبیعی است و هنگامی که تحت تنش واقع می شود مانند ماده ویسکوالاستیک رفتار می کند [۱۱].

با توجه به اینکه در جستجوهای صورت گرفته توسط مؤلفین این مقاله، پژوهشی در زمینه تأثیر اضافه نمودن الیاف خرما بر خواص مکانیکی گچ مشاهده نگردید، در این پژوهش، هدف بررسی مقاومت کششی و خمشی گچ تقویت شده با الیاف خرما می باشد. برای این منظور نمونه هایی از ملات گچ و ملات گچ همراه با الیاف خرما ساخته شده است و آزمونهای کشش و خمش بر روی آنها صورت گرفته است.

۲- تجربی

۲-۱- مواد

گچ مورد استفاده در این مطالعه گچ تجاری مازندران سمنان است که برای پوشش داخلی ساختمان‌ها استفاده می‌شود. در این مطالعه از الیاف خرما موجود در نخلستانهای شهرستان بم استفاده شده است.

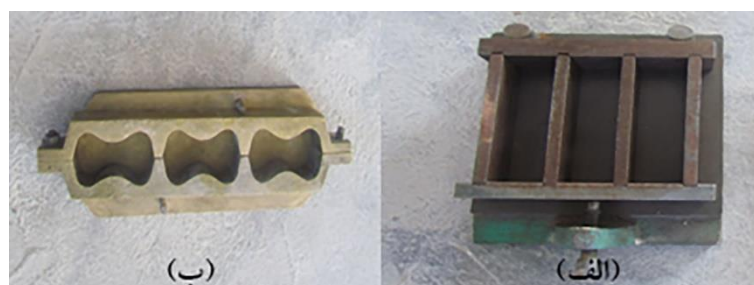
۲-۲- ساخت نمونه ها

الیاف اولیه خرما پس از گرد گیری و جداسازی ناخالصی ها و باز کردن الیاف به هم چسبیده به کمک دست به طول متوسط یک سانتی متر برش داده شد. در این کار هدف تقویت گچ به منظور استفاده در نمای داخلی ساختمان می باشد، لذا به منظور جلوگیری از کاهش کیفیت ظاهری گچ و حفظ ظاهر سفید رنگ آن اختلاط گچ با درصدهای وزنی کم الیاف مد نظر قرار گرفت. همچنین به همین دلیل طول برش الیاف خرما نیز کوتاه و در محدوده یک سانتیمتر انتخاب گردید. برای تهیه ملات گچ، نسبت مخلوط آب و گچ یک به یک در نظر گرفته شد. پودر گچ قبل از تهیه ملات از الک شماره ۵۰ عبور داده شد. برای تهیه مخلوط ملات، پودر گچ خشک به همراه الیاف خرما، به تدریج بر روی آب ریخته شد و با دست مخلوط شد تا خمیری یکدست حاصل شود. برای بررسی اثر درصد اختلاط، الیاف خرما با سه سطح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد وزنی (وزن الیاف به وزن پودر گچ) با گچ مخلوط شد. در جدول (۲)، کدهای تعریف شده برای نمونه های خام و نمونه های تقویت شده با الیاف خرما در درصدهای وزنی مختلف آورده شده است.

جدول ۲: کد گذاری نمونه ها

توضیحات	کد نمونه
گچ خام	A
گچ تقویت شده با الیاف خرما به نسبت ۰/۵ درصد	B
گچ تقویت شده با الیاف خرما به نسبت ۱ درصد	C
گچ تقویت شده با الیاف خرما به نسبت ۱/۵ درصد	D

برای ساخت نمونه‌های خمشی طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۶۹ از قالب‌های مکعبی شکل به ابعاد ۴۰×۴۰×۱۶۰ میلی‌متر استفاده شد [۱۳]. قالبهای خمشی مورد استفاده متشکل از یک قالب با جداره بازشونده است، هنگامی که اجزای قالب بسته شوند، یک قالب سه خانه را تشکیل می‌دهند. شکل (۱) نمایی از قالب‌های کششی و خمشی را نشان می‌دهد.



شکل ۱: نمایی از قالبهای خمشی (الف) و کششی (ب).

در ابتدا سطح داخلی قالب‌ها روغنکاری گردید و سپس ملات ساخته شده در داخل قالب‌ها ریخته شد و با ضربه زدن به قالب‌ها از پر شدن آنها اطمینان حاصل گردید. سطح قالب‌ها صاف و بعد از زمان گیرش نهایی، نمونه‌ها از قالب جدا شدند.

۲-۳- عمل آوری نمونه ها

نمونه‌های ساخته شده پس از سخت شدن از قالب‌ها خارج شده و طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۶۹، به مدت هفت روز در دمای ۲۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۶۵ درصد قرار داده شدند. سپس نمونه‌ها در خشک کن با دمای ۴۰ درجه سلسیوس، جهت رسیدن به وزن ثابت، خشک شدند.

۲-۴- آزمون های کشش و خمش

آزمون‌های کشش و خمش توسط دستگاه مقاومت سنج ساخت شرکت Wykeham Farrance انجام پذیرفت. این دستگاه دارای دو فک است که فک پایینی ثابت و فک بالایی با نرخ ازدیاد طول ثابت حرکت می‌کند. فکهای مورد استفاده در آزمون‌های کشش و خمش در شکل (۲) نشان داده شده است. آزمون کشش بر اساس استاندارد ASTM ۱۹۰-۸۵ انجام گرفت [۱۴]. مقاومت شکست نمونه تحت بار کششی اندازه‌گیری شد. همچنین آزمون خمش مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۹۱۵۰ انجام شد [۱۵]. در این آزمون مقاومت خمشی نمونه اندازه‌گیری گردید. از هر نمونه ده آزمون تحت آزمون کشش و ده آزمون نیز تحت آزمون خمش قرار گرفت.



شکل ۲: فکهای کشش (راست) و خمش (چپ).

نمائی از دستگاه آزمون کشش و خمش در شکل (۳) نشان داده شده است. شکل (۴) برخی از نمونه‌های کششی و خمشی را پس از انجام آزمون‌ها نشان داده می‌دهد.



شکل ۳: دستگاه آزمون خمشی و کششی.



شکل ۴ : نمونه های کششی (الف) و خمشی (ب) پس از انجام آزمون.

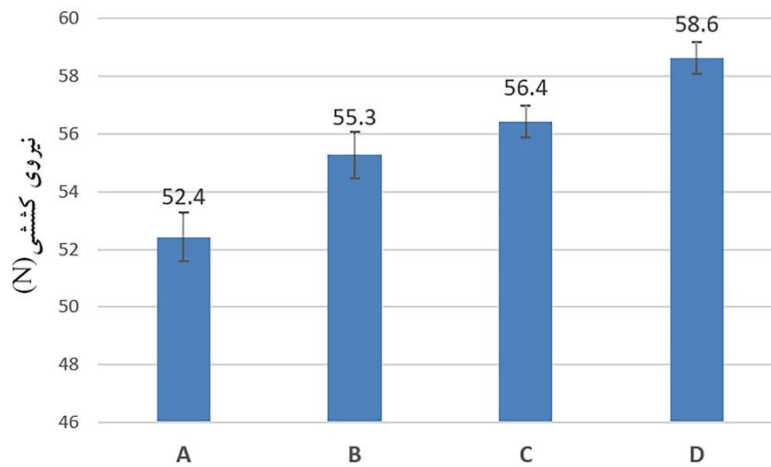
۴- نتایج و بحث

میانگین نیروی شکست کششی و خمشی نمونه‌ها در جدول (۳) نشان داده شده است. همچنین مقادیر نیروی شکست کششی نمونه‌ها در شکل (۵) و مقادیر نیروی خمشی آن‌ها در شکل (۶) مورد مقایسه قرار گرفته است. در این شکل میله‌های خطا^۱، نشان دهنده خطای استاندارد نمونه‌ها می‌باشند.

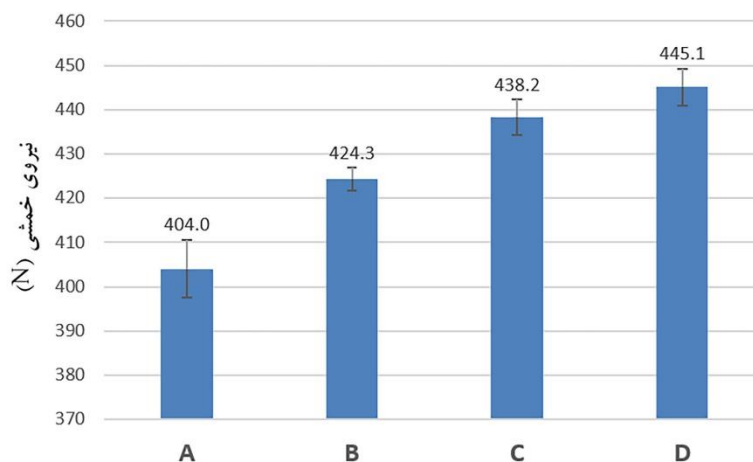
جدول ۳ : میانگین نتایج آزمون کششی روی کد نمونه های مختلف

انحراف معیار نیروی خمشی	میانگین نیروی خمشی (N)	انحراف معیار نیروی کششی	میانگین نیروی کششی (N)	کد نمونه
۲۰/۶	۴۰۴	۱/۳۶	۵۲/۲	A
۸/۱	۴۲۴/۳	۲/۱	۵۵/۳	B
۱۲/۱	۴۳۸/۲	۱	۵۶/۴	C
۱۲/۳	۴۴۵/۱	۲/۱	۵۸/۶	D

¹ Error bars



شکل ۵: مقادیر نیروی شکست کششی نمونه‌ها.



شکل ۶: مقادیر نیروی خمشی نمونه‌ها.

همانگونه که در جدول (۳) و شکل (۵) مشخص است افزایش درصد اختلاط الیاف خرما موجب افزایش نیروی شکست کششی نمونه‌ها می‌گردد. بر اساس مقادیر به دست آمده، اختلاط ۰/۵، ۱ و ۱/۵ الیاف خرما با گچ موجب افزایش نیروی کششی نمونه‌ها به ترتیب به میزان ۵/۹، ۸ و ۱۲/۳ درصد نسبت به نمونه گچ خام می‌گردد.

همچنین با توجه به جدول (۳) و شکل (۶) می‌توان دریافت که افزایش درصد اختلاط الیاف خرما موجب افزایش نیروی شکست خمشی نمونه‌ها نیز می‌گردد. در درصد‌های اختلاط ۰/۵، ۱ و ۱/۵ نیروی خمشی نمونه‌ها به ترتیب به میزان ۵، ۸/۵ و ۱۰/۲ درصد نسبت به نمونه گچ خام افزایش یافته است. لذا یافته‌های این پژوهش نشان دهنده تأثیر مثبت اختلاط لیف طبیعی خرما بر مقاومت کششی و خمشی گچ می‌باشد. البته همانگونه که ذکر شد در این کار با هدف تقویت گچ به منظور استفاده در نمای داخلی ساختمان، اختلاط گچ با درصد‌های وزنی کم الیاف مد نظر قرار گرفته است. ارزیابی چشمی نمونه‌های تولیدی نیز نشان می‌دهد در درصد اختلاط‌های مذکور ظاهر سفید رنگ گچ به منظور استفاده در نما حفظ گردیده است. لذا به نظر می‌رسد در صورتی که حفظ کیفیت ظاهری گچ در اولویت نباشد استفاده از درصد‌های اختلاط بالاتر موجب افزایش

چشمگیرتری در مقاومت کششی و خمشی نمونه‌ها گردد. البته این مسأله مستلزم انجام پژوهش‌های دیگری در این زمینه می‌باشد.

۶- نتیجه گیری

در این پژوهش اثر درصد اختلاط الیاف خرما با گچ بر مقاومت کششی و خمشی این ماده مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور و با هدف تقویت گچ به منظور استفاده در نمای داخلی ساختمان، الیاف خرما با سه سطح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد وزنی (وزن الیاف به وزن پودر گچ) با گچ مخلوط شد و پس از تهیه ملات و قالبگیری مقاومت کششی و خمشی نمونه‌ها اندازه گیری شد و با خواص گچ خالص مقایسه گردید. نتایج نشان داد افزایش درصد اختلاط الیاف خرما موجب افزایش نیروی شکست کششی و خمشی نمونه‌ها می‌گردد. بر اساس مقادیر به دست آمده، اختلاط ۰/۵، ۱ و ۱/۵ الیاف خرما با گچ موجب افزایش نیروی کششی نمونه‌ها به ترتیب به میزان ۵/۹، ۸ و ۱۲/۳ درصد و همچنین افزایش نیروی خمشی آن‌ها به ترتیب به میزان ۵، ۸/۵ و ۱۰/۲ درصد نسبت به نمونه گچ خام می‌گردد.

مراجع

- [۱] کباری س. اجزا ساختمان و ساختمان، انتشارات قائم، ۱۳۷۰.
- [2] Bijen J, van der Plas C. Polymer-modified glass fibre reinforced gypsum. *Materials and Structures*. 25(2), 107-114. 1992.
- [3] Manjit S, Mridul Garg. Glass fibre reinforced water-resistant gypsum-based composites, *Cement and Concrete Composites*. 14(1), 23-32. 1992.
- [4] Mohandesi J A , Sangghaleh A, Nazari A, Pourjavad N. Analytical modeling of strength in randomly oriented PP and PPTA short fiber reinforced gypsum composites. *Computational Materials Science*. 50, 1619-1624. 2011.
- [۵] سلیمیان ، هادی زاده م ، زینی م. بررسی خواص مکانیکی ملات گچ تقویت شده با پارچه های شبکه ای، پروژه کارشناسی ارشد، دانشگاه یزد، یزد، ۱۳۹۲.
- [۶] اسماعیلی ع، قلعه نوئی م. اثر الیاف خرما و آهک به عنوان تثبیت کننده طبیعی بر خصوصیات مکانیکی خشت (در شرایط محیطی با ۳۵ درصد رطوبت). فصلنامه مسکن و محیط زیست، شماره ۱۳۸، ص ۶۱-۵۳، ۱۳۹۱.
- [7] Surenda P S, Baehr D. Properties of glass fiber reinforced gypsum sheet." *Journal of the Structural Diviision*, 103(1), 23-33.1997
- [8] Li G,Yu Y, Zhao Z, Li J.V, Li C. Properties study of cotton stalk fiber/gypsum composite." *Cement and Concrete Research*, 33(1), 43-46.2003.
- [9] Gmouh A, Eve S, Samdi A, Moussa R, Hamel J, Gomina M. Changes in plaster microstructural by pre-stressing or by adding gypsum grains: microstructural and mechanical investigation." *Materials Science and Engineering A*, 352(1-2), 325-332,2003.
- [10] Food and Agricultural Commodities Production. [Cited 2014 7 November], Available from: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.
- [11] Al-khannbash A, Al-Kabbi A, Hammami A. Date palm fibers as polymeric matrix reinforcement : fiber characterization. *Polymer composite*, 26(4) 486-497,2005.



**3.th International Congress on Civil Engineering , Architecture
and Urban Development
29-31 December 2015, Shahid Beheshti University , Tehran , Iran**

[12] Rao K M M, Mohana R K . Extraction and tensile properties of natural fibers :vakka , date and bamboo.
Composite Structural,77 , 288-295, 2007.

[۱۳] استاندارد ملی ایران شماره ۲۶۹. ویژگی ها و روش آزمون گچ ساختمانی، بخش یک : گچ تمیز کاری، تجدید نظر سوم، چاپ هشتم، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.

[۱۴] استاندارد ملی ایران شماره ۹۱۵۰. ملات بنائی روش آزمون قسمت یازدهم : تعیین مقاومت خمشی و فشاری ملات سخت شده ، چاپ اول ، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.

[15] ASTM C190-85 Method of test for tensile strength of hydraulic cement mortars.