



## مطالعه کامپوزیت‌های چوب پلاستیک جهت ایجاد امکان ارزیابی و توسعه کاربرد آنها در نمای ساختمان‌ها

آزاده عسکری نژاد<sup>۱\*</sup>، سهراب ویسه<sup>۲</sup>

۱. استادیار، شیمی، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران

۲. استادیار، مهندسی معدن، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران

\* تهران، بزرگراه شیخ فضل... نوری، فاز ۲ شهرک فرهنگیان، خیابان نارگل، خیابان شهید علی مروی، خیابان حکمت، صندوق پستی: ۱۶۹۶-۱۳۱۴۵

E-mail: [azadaskarnejad@gmail.com](mailto:azadaskarnejad@gmail.com)

### چکیده

کامپوزیت‌های چوب پلاستیک (Wood Plastic Composites)، به اختصار WPC مواد کامپوزیتی تشکیل شده از الیاف چوب طبیعی و پلاستیک هستند. چوب پلاستیک‌ها دارای مزایای قابل توجهی هستند که تمایل به استفاده از آن‌ها در قسمت‌های مختلف ساختمان از جمله کف، در، پنجره، نما و غیره را در سال‌های اخیر افزایش داده است. از جمله مزایای این محصولات، چوب مصرفی در آن است. با توجه به اینکه این چوب می‌تواند خاک اره و یا حتی ضایعات سایر محصولات چوبی باشد، نیازی به استفاده از منابع چوبی جدیدی برای تولید آنها نیست. همچنین، پلاستیک‌های بازیافتی نیز منبع خوبی برای استفاده در چوب پلاستیک‌های معمولی‌تر است. به منظور ترویج این محصول برای استفاده در نمای ساختمان‌ها بررسی استانداردها و تهیه شیوه‌نامه‌های ارزیابی و اجرای این محصول ضروری به نظر می‌رسد. در این مقاله، ضمن معرفی و بررسی تحقیقات صورت گرفته در رابطه با این محصول، استانداردهای ویژگی‌ها و روش‌های آزمون مرتبط با آن مورد مطالعه قرار گرفته و الزامات آن تعیین می‌شوند.

### کلیدواژگان

کامپوزیت چوب پلاستیک، نمای ساختمان، ارزیابی، ویژگی‌ها

## Study of Wood Plastic Composites to Enable the Evaluation and Development of their Application in the Facade of Buildings

Azadeh Askarnejad<sup>1\*</sup>, Sohrab Veisheh<sup>2</sup>

1. Department of Construction Materials, Road, Housing, and Urban Development Research Center, Tehran, Iran

2. Department of Construction Materials, Road, Housing, and Urban Development Research Center, Tehran, Iran

\* P.O. Box: 13145-1696, Tehran, Iran, E-mail: [azadaskarnejad@gmail.com](mailto:azadaskarnejad@gmail.com)

### Abstract

Wood Plastic Composite (WPC) is a composite material composed of natural wood and plastic fibers. WPCs have significant advantages that have increased the tendency to use them in various parts of buildings, including floors, doors, windows, facades, etc. in recent years. One of the advantages of these products is the wood used in them. As this wood can be sawdust or even waste of other wood products, there is no need to use new wood resources to produce them. Recycled plastics are also good sources for use in more conventional WPCs. In order to promote this product for use in the facades of buildings, it is necessary to review the standards and prepare procedures for the evaluation and implementation of this product. In this article, while introducing and reviewing the research done in relation to this product, the standards of characteristics and related test methods are studied and its requirements are determined.

### Keywords

Wood Plastic Composite, Building Facade, Evaluation, Specifications

### ۱- مقدمه

۱- زیبا و دلپذیر شدن جلوه ظاهری و بیرونی ساختمان و در نهایت دورنما و منظره مناسب و قابل قبول شهر یا محلی که ساختمان در آن واقع شده است.

۲- کاهش اتلاف انرژی در تمام فصول سال؛ چراکه نما در ساختمان نقش یک عایق حرارتی و برودتی را بازی می‌کند، که هم از هدر رفتن انرژی تولیدی سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی ساختمان ممانعت می‌کند و هم می‌تواند بر حسب جنس، رنگ و میزان سطحی که دارد،

امروزه یکی از عناصر با اهمیت در ساخت‌وساز، نمای ساختمان است که به‌طور قابل توجهی در ظاهر ساختمان و همچنین شهر تأثیرگذار است. از دلایل اصلی ایجاد نما برای ساختمان محافظت از سازه در برابر عوامل بیرونی و فیزیکی، مانند: نور خورشید، باد، باران و شرایط جوی نامناسب است. موارد زیر را می‌توان به‌عنوان دلایل و اهداف اصلی ناماسازی در ساختمان‌ها نام برد:

چوب پلاستیک‌ها پس از استفاده به آسانی در چرخه بازیافت قرار می‌گیرند و در ساخت آن‌ها از مواد خام ارزان و فراوان استفاده می‌شود [۲]. از آنجایی که مصالح مورد استفاده در نمای ساختمان‌ها در معرض اثرهای فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی ناشی از شرایط محیطی طبیعی هستند، بررسی این اثرها بر طول عمر کامپوزیت‌های چوب پلاستیک در سال‌های اخیر مورد توجه بوده است. برای مثال، باری که وزش باد بر روی نمای ساختمان اعمال می‌کند، می‌تواند به  $4 \text{ KN/m}^2$  برسد [4]. رطوبت و تغییرات دما اثرهای فیزیکی مهمی هستند که بر نمای ساختمان‌ها تأثیر می‌گذارند. اعمال چرخه‌های یخ‌زدن و آب شدن بر روی مصالح نما مقاومت آن‌ها را در برابر تغییرات دمایی نشان می‌دهد. از آنجا که پلیمرهای موجود در کامپوزیت‌های چوب پلاستیک نسبت به نور حساس هستند و فیبرهای طبیعی موجود در آن‌ها آب دوست دارند، رطوبت و پرتو فرابنفش خورشید که از اجزای اصلی هوازدهی طبیعی هستند، برای کامپوزیت‌های چوب پلاستیک دارای اهمیت بالایی هستند و نه تنها خواص مکانیکی، بلکه ظاهر آن‌ها را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهند [5].

تاکنون مطالعات زیادی در خصوص استفاده از کامپوزیت‌های چوب پلاستیک در نمای ساختمان‌ها انجام شده است [6,7]. در مطالعات دوام کامپوزیت‌های چوب پلاستیک در اکثر موارد تمرکز بر روی مدول گسیختگی در خمش و کشش است و هوازدهی و تخریب کامپوزیت‌های چوب پلاستیک در شرایط محیطی بر اثر گذر زمان به آسیب پیوند بین فیبرها و پلاستیک‌ها و تورم فیبرها و ترک خوردگی مخلوط نسبت داده می‌شود. براساس تحقیقات اخیر، نوع مواد اولیه و افزودنی‌ها بر پیوند اجزای کامپوزیت‌های چوب پلاستیک و در نتیجه عملکرد آن‌ها در برابر آزمون‌های رطوبت و هوازدهی مصنوعی مؤثر هستند [۵]. بنابراین، انتخاب محصول پروفیل کامپوزیت چوب پلاستیک تولید شده با فرمولاسیون بهینه برای استفاده در سطوح خارجی ساختمان از اهمیت بالایی برخوردار است. به منظور انتخاب محصول مناسب، آگاهی از استانداردهای ویژگی‌های محصول و فراهم آوردن تجهیزات مورد نیاز برای انجام دادن آزمون‌ها و ترویج اطلاعات و الزامات محصول ضروری است. در این مقاله ضمن معرفی کامپوزیت‌های چوب پلاستیک و کاربردهای مختلف آنها، به ویژگی‌های الزامی آنها و روش‌های آزمون مطابق با استانداردهای موجود پرداخته شده است و آزمون‌های انجام شده بر روی این محصول که بر عملکرد و خواص فیزیکی و دوام آنها مؤثر هستند، گزارش شده است.

## ۲- ویژگی‌های مواد کامپوزیت چوب پلاستیک

اجزای تشکیل‌دهنده کامپوزیت‌های چوب پلاستیک عبارتند از: پلیمر پایه، پرکننده‌ها و تقویت‌کننده‌ها، عوامل سازگارکننده، مواد شیمیایی شروع‌کننده و سایر مواد افزودنی.

در مواد تقویت شده با ذرات، فاز تقویت‌کننده به صورت ذره‌هایی است که ابعاد آن‌ها در همه جهات برابر است و در نتیجه خواص کامپوزیت حاصل مستقل از جهت خواهد بود. اضافه کردن مواد ذره‌ای به پلیمرها سختی، مقاومت به سایش، زبری سطح و خواص گرمایی ماده حاصل را بهبود می‌بخشد. در مواد تقویت‌شده با الیاف، ابعاد فاز تقویت‌کننده در همه جهات یکسان نیست و طول الیاف بیشتر از ابعاد مقطع عرضی آن است. میزان بهبود خواص مکانیکی کامپوزیت‌های حاصل از این روش به شدت تحت تأثیر سطح مشترک بین الیاف و ماده زمینه است.

باعث دفع و انعکاس گرما در فصل تابستان خصوصاً در مناطق گرمسیری شود، و عکس همین عملکرد را در فصل زمستان برای جذب انرژی خورشیدی و گرم شدن ساختمان‌ها در مناطق سردسیری ایفا نماید.

۳- نمای ساختمان به عنوان عایق صوتی ایده‌ال و مناسب؛ کاملاً واضح و روشن است که نمای ساختمان نقش بسیار مهمی در کاهش ورود میزان آلودگی‌های صوتی و صداهای آزاردهنده محیط بیرون به فضای داخلی ساختمان‌های اداری و مسکونی و غیره دارد که این مسأله در ابرشهرهای با آلودگی‌های بالای صوتی بیشتر نمود پیدا می‌کند.

۴- کمک به افزایش دوام و پایداری ساختمان‌ها در برابر شرایط نامساعد جوی و محیطی، مانند: زلزله، باد، باران اسیدی و رطوبت‌های خورنده، یخبندان، گازهای اسیدی موجود در هوای آلوده شهرهای بزرگ، پرتوهای مضر خورشید مثل اشعه ماوراء بنفش، گرد و خاک‌ها و دوده‌های حاوی مواد شیمیایی و در نتیجه افزایش عمر مفید ساختمان [۱].

از این رو انتخاب مصالح مناسب برای نمای ساختمان که در ضمن سبک بودن، دوام بالایی در برابر شرایط محیطی داشته باشد از اهمیت بالایی برخوردار است.

عنوان کامپوزیت‌های چوب پلاستیک (WPC) معمولاً برای مواد یا تولیدات ساخته شده از یک یا چند فیبر طبیعی یا پودر و یک یا مخلوطی از پلیمرها، به کار برده می‌شود. فیبرها و پودرهای طبیعی از منابع گیاهی متفاوت (مانند چوب، کنف، سیسال، کنف هندی مورد استفاده در گونی‌بافی، کنف و برنج) به دست می‌آیند و همه گونه‌های پلیمری (استفاده نشده یا بازیافت شده) مانند پلی وینیل کلراید (PVC)، پلی پروپیلن (PP) و پلی اتیلن (PE) مورد استفاده قرار می‌گیرند.

کامپوزیت‌های چوب پلاستیک در دسته‌بندی پلاستیک‌های تقویت‌شده با الیاف و یا گونه خاصی از چوب قرار نمی‌گیرند و باید به عنوان موادی متفاوت با ویژگی‌های اختصاصی خود در نظر گرفته شوند.

موارد اصلی کاربرد کامپوزیت‌های چوب پلاستیک در تولید تخته الواری، دیوارپوش، پوشش‌دهنده و مبلمان مخصوص حصارکشی و نرده است. کامپوزیت‌های چوب پلاستیک با روش‌های متفاوتی مانند اکستروژن، قالب‌گیری انتقالی یا قالب‌گیری تزریقی تولید می‌شوند [۲]. محتویات فیبرهای طبیعی و پلیمرهای به کار رفته، به کاربرد و روش‌های مورد استفاده جهت تولید بستگی دارد. مزایای استفاده از کامپوزیت‌های چوب پلاستیک شامل موارد زیر هستند:

- ۱- کاملاً ضد آب و ضد رطوبت هستند.
- ۲- عایق تمامی اشعه‌های رادیو مغناطیسی، سرما و گرما به‌شمار می‌روند.
- ۳- در برابر نفوذ و جذب هرگونه باکتری و میکروب مقاوم هستند.
- ۴- در شرایط آب و هوایی مختلف انبساط و انقباض ندارند.
- ۵- با اینکه وزن آن‌ها بسیار سبک است، مقاومت مکانیکی بسیار بالایی دارند.
- ۶- در برابر نفوذ جانورانی مانند موربانه و مورچه بسیار مقاوم هستند.
- ۷- دارای ویژگی‌های حرارتی مناسب هستند.
- ۸- مقاومت به سایش بالا دارند.

این مواد می‌توانند به شکل دلخواه قالب‌گیری شوند و به لحاظ ظاهری و قابلیت رنگ‌پذیری و پرداخت تنوع زیادی دارند.

دارند. چوب پلاستیک علاوه بر جلوه طبیعی و مطلوب مقاومت بسیار بالایی در برابر انواع شرایط آب و هوایی و خواص مکانیکی مطلوبی دارد. همچنین، دوام طولانی و عمر بالای این محصول باعث می‌شود بدون صرف هزینه مراقبت و تعمیر و نگهداری و اتلاف انرژی به محصولی قابل اطمینان برای استفاده در انواع پروژه‌های ساختمانی تبدیل شود. شکل ۱ پروفیل‌های چوب پلاستیک را پیش و پس از اجرا نشان می‌دهد.



الف- پروفیل‌های چوب پلاستیک پیش از اجرا



ب- پروفیل‌های چوب پلاستیک پس از اجرا

شکل ۱ پروفیل‌های چوب پلاستیک: الف- پیش و ب- پس از اجرا

کامپوزیت‌های چوب پلاستیک در دسته کامپوزیت‌های شامل پلاستیک‌های تقویت‌شده با ذرات چوب قرار می‌گیرند.

کامپوزیت‌های چوب پلاستیک ویژگی‌های هر دو ماده اصلی تشکیل‌دهنده را با هم دارند. سختی و مقاومت این مواد بین چوب و پلاستیک است و چگالی این مواد به طور کلی از هر دوی آنها بالاتر است.

یکی از مزایای بزرگ کامپوزیت‌های چوب پلاستیک این است که می‌توان در تولید آنها از پلاستیک‌های ضایعاتی و خاکاره، پوشال و غیره استفاده کرد.

پلیمرهای مورد استفاده در ساخت کامپوزیت‌های چوب پلاستیک پلیمرهای گرما نرم هستند که شامل طبقه مهمی از مواد هستند که قادرند بدون تغییر در ساختار شیمیایی یا سایر خصوصیات دوباره قالب‌گیری شوند. پلی اتیلن، پلی پروپیلن، پلی استایرن و پلی وینیل کلراید مهم‌ترین پلیمرهای گرما نرم هستند. تا زمانی که فرآیندهای تولید، ساختار پلیمرهای گرما نرم را تغییر ندهند، این مواد قابل بازیافت هستند [۸].

ویژگی‌های الزامی و تکمیلی مواد چوب پلاستیک بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۱۹۹۰۵ در جدول ۱ ارائه شده‌اند [۲].

جدول ۱ ویژگی‌های الزامی و تکمیلی مواد چوب پلاستیک

کاربرد داخلی	کاربرد خارجی	روش آزمون	ویژگی‌ها
الزامی	الزامی	استاندارد ملی ایران به شماره ۷۰۹۰-۱	چگالی
الزامی	الزامی	استاندارد ملی ایران به شماره ۶۸۴۵-۱	دمای تغییر شکل حرارتی
الزامی	الزامی	استاندارد ملی ایران به شماره ۹۲۷۷-۱	مدول خمشی
الزامی	الزامی	استاندارد ملی ایران به شماره ۲۴۸۹	واکشی‌دگی و جذب آب
تکمیلی	الزامی	استاندارد ملی ایران به شماره ۱۸۴۶۳	مقاومت در برابر بازیدیومیست‌ها
تکمیلی	الزامی	CEN/TS 15083-2	مقاومت در برابر ریزقارچ‌های فاسدکننده موجود در خاک
تکمیلی	الزامی	استاندارد ملی ایران به شماره ۱۲۱۹۴	مقاومت در برابر ریزقارچ‌های رنگ‌زدا
تکمیلی	الزامی	PrEN 15458	مقاومت در برابر خزه‌های رنگ‌زدا
تکمیلی	الزامی	استاندارد ملی ایران به شماره ۶۹۸۳	انبساط حرارتی خطی

۳- ویژگی‌های پروفیل‌های کامپوزیت چوب پلاستیک مورد استفاده در نمای ساختمان‌ها

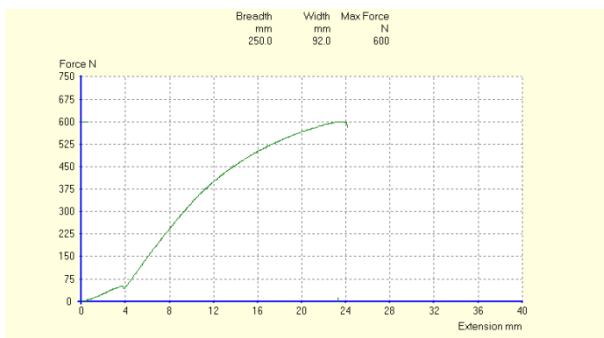
کامپوزیت‌های چوب پلاستیک علاوه بر اینکه به لحاظ دوام جایگزین مناسبی برای نماهای چوبی هستند، در حفظ منابع طبیعی نیز تأثیر قابل توجهی

۴- آزمون تعیین خواص خمشی پروفیل‌های چوب پلاستیک [۱۰]  
 با توجه به اینکه یکی از ویژگی‌های الزامی پروفیل‌های چوب پلاستیک خواص خمشی آن‌هاست، شرح این آزمون که بر روی نمونه‌ای از پروفیل کامپوزیت چوب پلاستیک تولید شده در ایران انجام شده است، ارائه می‌شود. شکل ۲ دستگاه مورد استفاده و نحوه انجام دادن آزمون اندازه‌گیری مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته را نشان می‌دهد. برای بررسی مقاومت خمشی و تعیین مدول الاستیسیته نمونه‌های کامپوزیت چوب پلاستیک، پنج نمونه با ابعاد ارائه شده در جدول ۳ به مدت ۲۴ ساعت در شرایط محیطی با رطوبت ۵۰٪ و دمای ۲۳ °C قرار داده شدند و سپس، مورد آزمون مقاومت خمشی با سرعت بارگذاری ۵ mm/min قرار گرفتند.



شکل ۲ دستگاه تعیین خواص خمشی

برای هر پنج نمونه نمودار نیرو نسبت به تغییر مکان به دست آورده شد (شکل ۳) و ماکزیم نیروی اعمال شده به نمونه که موجب شکست آن شد نیز اندازه‌گیری گردید. بر اساس نمودار مقدار تغییر مکان تحت بار ۲۵۰ نیوتن برای نمونه مورد آزمون به‌طور متوسط ۸ میلی‌متر است و مقدار به‌دست آمده با مقدار قابل قبول آورده شده در جدول ۲ که باید کمتر یا مساوی ۵ میلی‌متر باشد مقایسه گردید و مشخص شد که نمونه مورد آزمون با معیار الزامی این محصول مطابقت ندارد.



شکل ۳ نمودار نیرو- تغییر مکان

ویژگی‌های الزامی پروفیل‌های چوب پلاستیک بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۵-۱۹۹۰۵ در جدول ۲ ارائه شده‌اند [۹].

جدول ۲ ویژگی‌های الزامی پروفیل‌های چوب پلاستیک

ویژگی‌ها	روش آزمون	الزامات
جرم خطی	EN 15534-1	مقادیر و رواداری باید توسط تولیدکننده مشخص شود.
ضخامت، پهنا و طول	EN 15534-1	مقادیر و رواداری باید توسط تولیدکننده مشخص شود.
انحراف از صافی سطح	EN 15534-1	مقادیر و رواداری باید توسط تولیدکننده مشخص شود.
فنجانی شدن	EN 15534-1	مقادیر و رواداری باید توسط تولیدکننده مشخص شود.
مقاومت به ضربه در برابر سقوط وزنه	EN 15534-1	حداکثر یک نمونه از ده نمونه دچار شکست شود.
ویژگی‌های مکانیکی	EN 15534-1	تغییر مکان تحت بار ۲۵۰ نیوتن کمتر یا مساوی ۵ میلی‌متر
مقاومت در برابر بار پدومیست‌ها	EN 15534-1	نتیجه آزمون گزارش شود.
مقاومت در برابر هوازدگی	EN 15534-1	معیارهای ظاهری توسط تولیدکننده تعیین شوند.
مقاومت در برابر رطوبت و هوازدگی	EN 15534-1	تغییر مکان تحت بار ۲۵۰ نیوتن کمتر یا مساوی ۶ میلی‌متر
جذب آب و واکنشیدگی ضخامت	EN 15534-1	مقدار میانگین واکنشیدگی ضخامت در ضخامت: $\geq 10\%$ در پهنا: $\geq 15\%$ در طول: $\geq 6\%$ مقدار میانگین جذب آب: $\geq 10\%$ وزنی
ویژگی‌های فیزیکی	EN 15534-1	ضریب انبساط حرارتی خطی $\leq 50 \times 10^{-6} \text{ k}^{-1}$

نمونه‌های پروفیل کامپوزیت چوب پلاستیک عرضه شده در بازار انجام شده است، کیفیت مواد چوب پلاستیک مورد استفاده تأثیر قابل توجهی در خواص فیزیکی و دوام این محصول دارد. یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی مقاومت خمشی این محصول است که در مورد نمونه مورد آزمون در این مقاله با معیارهای استاندارد مطابقت ندارد.

#### ۶- مراجع

- [1] ابراهیمی، ابوالفضل، و همکاران، "نمای ساختمان"، اولین کنفرانس ملی پژوهش‌های نوین در تمامی شاخه‌های علوم فنی و مهندسی
- [2] استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۹۹۰۵، کامپوزیت‌های چوب پلاستیک (WPC)- مواد چوب پلاستیک- ویژگی‌ها
- [3] ویسی، کبری، و همکاران، "کامپوزیت چوب پلاستیک و ویژگی‌های کاربردی آن در طراحی نوین ساختمان"، سومین همایش ملی اقلیم، ساختمان و بهینه‌سازی مصرف انرژی با رویکرد توسعه پایدار، اردیبهشت ۹۴
- [4] D. Friedrich, A. Luible, Measuring the wind suction capacity of plastics-based cladding using foil bag tests: A comparative study, *Journal of Building Engineering*, Vol 8, p. 152, 2016.
- [5] D. Friedrich, Comparative study on artificial and natural weathering of wood-polymer compounds: A comprehensive literature review, *Case Studies in Construction Materials*, Vol. 9, p. 196, 2018.
- [6] D. Friedrich, Effects from natural weathering on long-term structural performance of wood-polymer composite cladding in the building envelope, *Journal of Building Engineering*, Vol. 23, p. 68, 2019.
- [7] D. Friedrich, A. Luible, Standard-compliant development of a design value for wood-plastic composite cladding: An application-oriented perspective, *Case Studies in Structural Engineering*, Vol. 5, p. 13, 2016.
- [8] طهرانی دهکردی، مجید، و همکاران، "کامپوزیت چوب پلاستیک، دوست‌دار محیط زیست"، 2nd International E-Conference on Green Economics, 2015.
- [9] استاندارد ملی ایران شماره ۵-۱۹۹۰۵، کامپوزیت‌های ساخته شده از مواد سلولزی و پلاستیک‌های گرمانرم- قسمت ۵: پروفیل‌ها و صفحه‌های دیوارپوش- ویژگی‌ها
- [10] Composites made from cellulose-based materials and thermoplastics (usually called wood-polymer composites (WPC) or natural fibre composites (NFC)) - Part 1: Test methods for characterisation of compounds and products, BS EN 15534-1, 2014.

مقدار مدول الاستیسیته از طریق رابطه ۱ قابل محاسبه است که در آن  $E_m$  مدول الاستیسیته،  $l_1$  فاصله تکیه‌گاه‌ها،  $F_2-F_1$  اختلاف نیرو در دو نقطه نمودار،  $b$  عرض آزمون،  $h$  ضخامت آزمون،  $a_2-a_1$  اختلاف تغییر مکان در  $F_1$  و  $F_2$  هستند.

$$E_m = \frac{l_1^3 \cdot (F_2 - F_1)}{4 \cdot b \cdot h^3 \cdot (a_2 - a_1)} \quad \text{رابطه ۱}$$

مقدار مقاومت خمشی از رابطه ۲ قابل محاسبه است که در آن  $\sigma_m$  مقاومت خمشی و  $F_{max}$  ماکزیمم نیروی اعمال شده به نمونه است که موجب شکستن آن می‌شود.

$$\sigma_m = \frac{3 \cdot F_{max} \cdot l_1}{2 \cdot b \cdot h^2} \quad \text{رابطه ۲}$$

جدول ۳ ابعاد آزمون‌ها و نتایج به‌دست آمده از این آزمون را نشان می‌دهد.

جدول ۳ نتایج آزمون

طول آزمون (mm)	$l_2=(20 \times h)+100$	260
عرض آزمون (mm)	عرض پروفیل	90
ضخامت آزمون (mm)	h	8
فاصله تکیه‌گاه‌ها (mm)	$l_1 \geq 100$	160
مدول الاستیسیته ( $N/mm^2$ )	$E_m$	815
مقاومت خمشی ( $N/mm^2$ )	$\sigma_m$	23

#### ۵- نتیجه‌گیری

کامپوزیت‌های چوب پلاستیک یکی از مصالح ارزان و جدید در صنعت ساختمان به‌شمار می‌آیند. کامپوزیت‌های چوب پلاستیک با توجه به اینکه دارای خواصی چون دوست‌دار محیط زیست، دوام بالا در برابر رطوبت و هوازدگی، شکل‌پذیری خوب، رنگ‌پذیری خوب، مقاومت فشاری بالا، پایداری ابعاد، مقاومت در برابر قارچ‌زدگی و حمله حشرات، ویژگی‌های حرارتی بسیار خوب، قیمت پایین، سرعت اشتعال کم، مدول الاستیسیته بالا و مقاومت به سایش هستند، برای استفاده در نمای ساختمان‌ها نسبت به مصالح مشابه از جمله چوب مناسب‌تر هستند و هزینه تعمیر و نگهداری آن‌ها در بلند مدت نسبت به چوب و فلز کمتر است. علاوه بر ویژگی‌های مذکور، برای کارکردن با کامپوزیت‌های چوب پلاستیک از تجهیزات رایج مورد استفاده در صنایع چوب استفاده می‌شود. با وجود این، در صورتی که محصول مورد استفاده در نمای ساختمان دارای کیفیت لازم نباشد، دارای طول عمر مناسب نیست و بر اثر عوامل محیطی دچار تغییرات ساختاری و ظاهری خواهد شد. بنابراین، ارزیابی محصول پروفیل کامپوزیت چوب پلاستیک بر اساس استانداردهای مربوط و آگاهی از الزامات این محصول به منظور انتخاب محصول دارای دوام مناسب اهمیت بالایی دارد. بر اساس نتایج آزمون‌هایی که بر روی برخی