

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی



جمهوری اسلامی ایران
وزارت راه و شهرسازی

مشخصات مکانیکی و دوام سامانه‌های مرکب نمای عایق حرارتی بیرونی

دکتر سهراب ویسجه

(عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی)

فاطمه جعفرپور

ناهید خدابنده

فهیمة فیروزیار

گزارش تحقیقاتی

شماره نشر: گ- ۶۸۶

چاپ اول: ۱۳۸۲

عنوان و نام پدیدآور	: مشخصات مکانیکی و دوام سامانه‌های مرکب نمای عایق حرارتی بیرونی سهراب ویسه ... و دیگران؛ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی.
مشخصات نشر	: تهران: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری	: ۱۶۸ص: مصور، جدول، نمودار.
فروست	: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی. گزارش تحقیقاتی: شماره نشر گ-۶۸۶
شابک	: ۹-۸۶-۵۳۹۲-۶۰۰-۹۷۸
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیا
یادداشت	: سهراب ویسه، فاطمه جعفرپور، ناهید خدابنده، فهیمه فیروزیار.
یادداشت	: کتابنامه: ص. ۱۳۳.
موضوع	: سیستم‌های نماسازی و عایق‌کاری خارجی
موضوع	: عایق‌ها و عایق‌سازی حرارتی
شناسه افزوده	: ویسه، سهراب، ۱۳۳۹-
شناسه افزوده	: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۹۲/م۵ TH۲۲۳۸/۷
رده‌بندی دیویی	: ۶۹۸
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۰۴۸۴۰

مصوبه شماره ۹۲/۶۶ چاپ کتاب، شورای علمی انتشارات مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

مشخصات مکانیکی و دوام سامانه‌های مرکب نمای عایق حرارتی بیرونی

دکتر سهراب ویسه، فاطمه جعفرپور، ناهید خدابنده، فهیمه فیروزیار

شماره نشر: گ - ۶۸۶ چاپ اول: ۱۳۹۲

ناشر: انتشارات مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

تنظیم برای چاپ: نسرين مقدس

شمارگان: ۵۰۰ نسخه

بها: ۳۰۰۰۰ ریال

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

مسئولیت صحت دیدگاه‌های علمی بر عهده نگارندگان محترم می‌باشد.

کلیه حقوق چاپ و انتشار اثر به ناشر تعلق دارد.

نشانی: تهران، بزرگراه فضل، ل.نوری، روبروی فاز ۲ شهرک فرهنگیان، خیابان نارگل، خیابان شهید علی مروی،

خیابان حکمت صندوق پستی: ۱۶۹۶-۱۳۱۴۵

تلفن: ۸۸۲۵۵۹۴۲-۶ دورنگار: ۸۸۲۵۵۹۴۱

پست الکترونیکی: president@bhrc.ac.ir صفحه الکترونیکی: <http://www.bhrc.ac.ir>

پیشگفتار

امروزه با توجه به افزایش بهای انرژی و لزوم صرفه‌جویی در مصرف سوخت از یک سو و توجه به سبک‌سازی و کاهش هزینه‌های ساخت با استفاده از شیوه‌های تولید صنعتی ساختمان از سوی دیگر، نسل جدیدی از نماها در دنیا رواج یافته است. یکی از متداول‌ترین انواع نماهای جدید در کشورهای صنعتی، سامانه‌های مرکب عایق حرارتی بیرونی است.

این سامانه‌ها عموماً برای نماسازی سطوح بیرونی دیوارها و در همان حال عایق‌کاری حرارتی ساختمان به کار می‌رود و متشکل از یک لایه عایق حرارتی (معمولاً تخته پلی‌استایرن) است که سطح آن با لایه‌هایی از مواد خاص اندود می‌شود. مزایای سامانه‌های مرکب عایق حرارتی بیرونی شامل افزایش عمر مفید ساختمان، افزایش سرعت ساخت، کاهش وزن ساختمان به دلیل سبکی این سامانه، صرفه‌جویی زیاد در مصرف انرژی هنگام بهره‌برداری از ساختمان، آسایش حرارتی و حفاظت بهتر در برابر دماهای زیاد تابستانی، زیبایی و امکان عایق‌کاری حرارتی ساختمان‌های موجود است.

یکی از وظایف مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، پژوهش‌های کاربردی در مورد صرفه‌جویی در مصرف انرژی در ساختمان است. مهم‌ترین اقدامی که در این زمینه باید انجام شود، عایق‌کاری جدارهای غیرشفاف بیرونی ساختمان است. یکی از روش‌های عایق‌کاری حرارتی این جدارها سامانه‌های نمای بیرونی مرکب عایق حرارتی است. در این گزارش نتایج به‌دست آمده از دو پروژه با عنوان‌های "بررسی مشخصات مکانیکی سامانه‌های نمای بیرونی مرکب عایق حرارتی و تدوین استاندارد مربوط و ارائه رهنمودهای کاربردی" و "بررسی دوام سامانه‌های نمای مرکب عایق حرارتی و اندود بیرونی و ارائه دستورالعمل اجرای این نوع نماها به زیرکار" ارائه می‌گردد.

امید است با استفاده از این نوع تحقیقات، بتوان قدم‌های بزرگ و مؤثری در آگاه‌سازی عمومی و گسترش صرفه‌جویی در مصرف انرژی در بخش خانگی برداشت.

سید محمود فاطمی عقدا

رئیس مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

س.....	چکیده
ف.....	مقدمه
۱.....	فصل اول: ادبیات فنی سامانه‌های عایق حرارتی مرکب بیرونی
۱-۱.....	۱-۱ تاریخچه
۲-۱.....	۲-۱ واژه‌شناسی
۳-۱.....	۳-۱ تعریف
۴-۱.....	۴-۱ کاربرد
۵-۱.....	۵-۱ انواع سامانه و اجزای آن
۶-۱.....	۶-۱ طبقه‌بندی از نظر نصب
۷-۱.....	۷-۱ الزامات سامانه
۸-۱.....	۸-۱ مزایای سامانه‌های مرکب عایق حرارتی بیرونی
۹-۱.....	۹-۱ عایق‌کاری حرارتی و توزیع دما در دیوار
۱-۹-۱.....	۱-۹-۱ انتقال حرارت و توزیع دما
۲-۹-۱.....	۲-۹-۱ مشخصات پروفیل دما در دیوار در حالت بدون عایق حرارتی
۳-۹-۱.....	۳-۹-۱ مشخصات پروفیل دما در دیوار در حالت با عایق حرارتی
۴-۹-۱.....	۴-۹-۱ میعان بخار درون دیوارها
۵-۹-۱.....	۵-۹-۱ تنش در سازه ساختمان
۶-۹-۱.....	۶-۹-۱ آسایش
۷-۹-۱.....	۷-۹-۱ صرفه‌جویی در مصرف انرژی
۸-۹-۱.....	۸-۹-۱ جمع‌بندی
۱۰-۱.....	۱۰-۱ محدودیت‌های سامانه‌های مرکب عایق حرارتی بیرونی
۱۱-۱.....	۱۱-۱ استفاده از نانوروکش‌ها در سامانه

فصل دوم: بررسی دوام سامانه‌های نمای بیرونی مرکب عایق حرارتی.....	۳۱
۱-۲ کلیات.....	۳۱
۲-۲ نفوذپذیری بخار آب.....	۳۲
۱-۲-۲ مصالح زیرکار برای پوشش‌های خودایستا (فیلم آزاد).....	۳۲
۲-۲-۲ مصالح زیرکار برای پوشش‌های غیرخودایستا.....	۳۲
۳-۲ نفوذپذیری آب.....	۳۳
۴-۲ پایداری در برابر یخ‌زدگی.....	۳۳
۱-۴-۲ روش آزمون الف- (۶۰ چرخه یخ‌زدگی).....	۳۴
۲-۴-۲ روش آزمون ب- (۱۰ چرخه یخ‌زدگی).....	۳۴
۵-۲ پایداری پوشش‌ها در رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد.....	۳۵
۶-۲ دوام و چسبندگی مصالح نازک‌کاری (پوشش نهایی).....	۳۶
۱-۶-۲ تثبیت شرایط آزمون‌ها پیش از آزمون‌های دوام و چسبندگی.....	۳۶
۲-۶-۲ ارزیابی و تشخیص درجه پلیدشدگی (تاول‌زدگی).....	۳۸
۳-۶-۲ ارزیابی و تشخیص درجه ترک‌خوردگی.....	۴۰
۷-۲ نفوذپذیری دی‌اکسیدکربن.....	۴۴
۱-۷-۲ روش الف- روش وزن‌سنجی.....	۴۵
۲-۷-۲ روش ب- روش گاز حامل.....	۴۵
۸-۲ عمر سامانه‌های ETICS.....	۴۶
۹-۲ کثیف شدن.....	۴۹
۱۰-۲ مقاومت و پایداری.....	۵۱
۱۱-۲ ملاحظات نگهداری.....	۵۲
فصل سوم: طراحی و ساخت تجهیزات لازم برای آزمایش‌های مکانیکی ETICS.....	۵۵
۱-۳ مشخصات تجهیزات آزمایش ضربه.....	۵۵
۲-۳ مشخصات تجهیزات آزمایش فرورفتگی.....	۵۶
۳-۳ مشخصات تجهیزات آزمایش تعیین مقاومت بیرون کشیدن.....	۵۸
۴-۳ مشخصات تجهیزات آزمایش تعیین مقاومت کششی اتصال چسب و پوشش زیرین به عایق حرارتی.....	۵۹



فصل چهارم: آزمایش‌های خواص مکانیکی سامانه‌های عایق حرارتی مرکب بیرونی ۶۱

- ۱-۴ آزمون تخته‌های پلی استایرن منبسط مورد استفاده ۶۱
- ۱-۱-۴ آزمون اندازه‌گیری ابعاد آزمون با اندازه کامل ۶۳
- ۲-۱-۴ آزمون تعیین گونیا بودن ۶۸
- ۳-۱-۴ آزمون تعیین تخت بودن ۷۲
- ۴-۱-۴ آزمون تعیین چگالی ظاهری ۷۵
- ۵-۱-۴ آزمون تعیین رفتار فشاری ۷۷
- ۶-۱-۴ آزمون تعیین مقاومت خمشی ۸۰
- ۷-۱-۴ آزمون تعیین مقاومت کششی عمود بر سطوح ۸۶
- ۸-۱-۴ آزمون تعیین جذب آب کوتاه‌مدت با غوطه‌ورسازی جزئی ۸۸
- ۹-۱-۴ آزمون تعیین پایداری ابعادی در دما و رطوبت معین ۹۰
- ۱۰-۱-۴ آزمون خواص انتقال بخار آب ۹۳
- ۱۱-۱-۴ آزمون تعیین ضریب هدایت حرارتی ۹۸
- ۲-۴ آزمون شبکه‌های الیاف شیشه‌ای ۹۸
- ۳-۴ آزمون‌های سامانه مرکب عایق حرارتی بیرونی ۱۰۴
- ۱-۳-۴ ضریب هدایت حرارتی سامانه ۱۰۵
- ۲-۳-۴ آزمون مقاومت اتصال کششی چسب و پوشش ریرین به عایق حرارتی ۱۰۶
- ۳-۳-۴ آزمون مقاومت در برابر ضربه ۱۰۹
- ۴-۳-۴ مقاومت در برابر فرورفتگی ۱۱۱

فصل پنجم: تحلیل فنی - اقتصادی ۱۱۷

فصل ششم: رهنمودهای کاربردی انتخاب، طراحی و اجرای سامانه ۱۲۱

- ۱-۶ مقدمه ۱۲۱
- ۲-۶ رهنمودهای طراحی ۱۲۲
- ۳-۶ رهنمودهای اجرایی ۱۲۳
- ۴-۶ رهنمودهای نگهداری ۱۲۸



فصل هفتم: نتیجه‌گیری ۱۳۱

مراجع ۱۳۳

پیوست الف: استانداردهای سامانه مرکب عایق حرارتی بیرونی (ETICS) ۱۳۵

الف-۱ مقدمه ۱۳۵

الف-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۰۵۶: سال ۱۳۸۷، فراورده‌های عایق‌کاری حرارتی برای ساختمان‌ها - سیستم‌های مرکب عایق حرارتی بیرونی (ETICS) بر پایه پلی‌استایرن منبسط شده - ویژگی‌ها ۱۳۷

الف-۳ استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۰۵۶: سال ۱۳۸۷، فراورده‌های عایق‌کاری حرارتی برای ساختمان‌ها - سیستم‌های مرکب عایق حرارتی بیرونی (ETICS) بر پایه پشم معدنی - ویژگی‌ها ۱۴۲

۱-۱ اجزاء سیستم	۳
۲-۱ جزئیات اجزایی سامانه مرکب عایق حرارتی بیرونی	۴
۳-۱ اجزاء سامانه ETICS	۶
۴-۱ پروفیل توزیع دما در داخل دیوار برحسب درجه سلسیوس	۱۹
۵-۱ مقدار فشار جزئی بخار آب	۲۰
۶-۱ خط شرایط آسایش حرارتی	۲۲
۷-۱ پروفیل دمای گذرا	۲۳
۸-۱ قطره آب بر روی سطح معمول و سطح آبگریز شده	۲۶
۹-۱ آبگریز کردن سطح مصالح	۲۷
۱۰-۱ نمودار کاهش وزن آزمون‌های ETICS پوشش داده شده با نانوروش‌ها	۲۹
۱-۲ چرخه‌های یخ‌زدن و آب شدن برای عمل‌آوری آزمون‌ها	۳۸
۲-۲ تاول‌زدگی با اندازه ۲ (S۲)	۳۹
۳-۲ تاول‌زدگی با اندازه ۳ (S۳)	۳۹
۴-۲ تاول‌زدگی با اندازه ۴ (S۴)	۴۰
۵-۲ تاول‌زدگی با اندازه ۵ (S۵)	۴۰
۶-۲ ترک‌خوردگی بدون مسیر مشخص (مساحت آزمون: ۱-۲ دسی‌متر مربع)	۴۲
۷-۲ ترک‌خوردگی با مسیر مشخص (مساحت آزمون: ۱-۲ دسی‌متر مربع)	۴۲
۸-۲ پوسته‌شدن بدون مسیر مشخص (مساحت آزمون: ۱-۲ دسی‌متر مربع)	۴۴
۹-۲ پوسته‌شدن با مسیر مشخص (مساحت آزمون: ۱-۲ دسی‌متر مربع)	۴۴
۱۰-۲ نمای شمالی مورد ۵۲ در جیسلینگن در سه زمان مختلف	۵۰
۱۱-۲ نماهای شرقی و جنوبی مورد ۵۴ در نیومارکت در ۲۰۰۴	۵۱
۱۲-۲ بخشی از نمای شمالی مورد ۵۱ در نورنبرگ، ۱۷ سال بعد از بازسازی	۵۱
۱۳-۲ ترک در دیوار و آسیب اندود در نمای غربی ساختمان	۵۲
۱۴-۲ نمونه‌ای از آسیب در سطوح پایینی نما در ساختمان	۵۲
۱-۳ آزمون 2J	۵۵
۲-۳ وسیله فرورفتگی	۵۷
۳-۳ مشخصات فک بالایی، ابعاد به میلی‌متر	۵۷
۴-۳ وسیله آزمون تعیین مقاومت بیرون کشیدن	۵۸
۵-۳ رابط	۵۹
۶-۳ فک بالایی	۵۹

- شکل ۲-۷ واصل
- شکل ۳-۸ شکل کلی دستگاه
- شکل ۳-۹ نمای سه بعدی از فک بالایی
- شکل ۴-۱ محل‌های اندازه‌گیری طول و عرض آزمون‌هایی که هم طول و هم عرض آنها کمتر یا برابر ۱/۵ متر است.
- شکل ۴-۲ محل‌های اندازه‌گیری طول و عرض یک آزمون که در آن طول برابر یا بیشتر
- شکل ۴-۳ مثالی از دستگاه مناسب برای تعیین ضخامت
- شکل ۴-۴ محل‌های اندازه‌گیری ضخامت
- شکل ۴-۵ مثالی از اندازه‌گیری گونیا بودن لبه طولی و عرضی و گونیا بودن لبه ضخامت
- شکل ۴-۶ مثالی از اندازه‌گیری گونیا بودن لبه طولی و عرضی
- شکل ۴-۷ مثالی از اندازه‌گیری گونیا بودن لبه ضخامت
- شکل ۴-۸ مثالی از اندازه‌گیری انحراف از خطی بودن لبه‌ها
- شکل ۴-۹ (الف) اندازه‌گیری انحراف از تخت بودن در طول (ب) اندازه‌گیری انحراف از تخت بودن در عرض
- شکل ۴-۱۰ محل حداکثر و حداقل فواصل
- شکل ۴-۱۱ نمودار نیرو - جابجایی ۵ آزمون عایق پلی‌استایرن منبسط
- شکل ۴-۱۲ اصول روش آزمون
- شکل ۴-۱۳ اصول دستگاه برای آزمون رفتار خمشی
- شکل ۴-۱۴ مثالی از یک نمودار خمیدگی-نیرو
- شکل ۴-۱۶ محل‌های اندازه‌گیری ابعاد
- شکل ۴-۱۵ دستگاه اندازه‌گیری انتقال بخار آب
- شکل ۴-۱۶ نمایی از آزمون‌های بریده شده که در ظرف جاری محلول خورنده قرار گرفته‌اند
- شکل ۴-۱۷ نمایی از دستگاه کشش، به همراه نحوه پوشش‌دهی فک‌ها با لاستیک و قرارگیری صحیح آزمون بین فک‌ها و نحوه صحیح رخ دادن پدیده پارگی در اثر آزمون کشش
- شکل ۴-۱۸ نمودار تغییر طول در برابر جابجایی برای آزمون‌های محصول الف (A) قرار داده شده در محیط معمولی (B) پس از قرارگیری در محیط خورنده به مدت ۲۴ ساعت
- شکل ۴-۱۹ نمودار تغییر طول در برابر جابجایی برای آزمون‌های ب (A) قرار داده شده در محیط معمولی (B) پس از قرارگیری در محیط خورنده به مدت ۲۴ ساعت
- شکل ۴-۲۰ وسایل آزمون کششی
- شکل ۴-۲۱ شکل جدا شدن لایه نما از روی عایق EPS (ب)
- شکل ۴-۲۲ نمودار آزمون کشش
- شکل ۴-۲۳ وسایل آزمون ضربه
- شکل ۴-۲۴ نحوه آزمایش آزمون 2J
- شکل ۴-۲۵ نمونه آسیب ایجاد شده در آزمون 10J
- شکل ۴-۲۶ دستگاه آزمون فرورفتگی



مشخصات مکانیکی و دوام سامانه‌های نمای بیرونی مرکب عایق حرارتی / ک

- کل ۴-۲۷. نمودار نتایج آزمون فرورفتگی نمونه‌ها..... ۱۱۲
- کل ۴-۲۸. فرورفتگی ایجاد شده بر روی نمونه الف..... ۱۱۲
- کل ۶-۱. دو گزینه برای حفاظت ساختمان در برابر آتش..... ۱۲۲
- کل ۶-۲. جزییات گزینه دو برای حفاظت ساختمان در برابر آتش..... ۱۲۳
- کل ۶-۳. تراز کردن پروفیل L..... ۱۲۴
- کل ۶-۴. قرار دادن چسب در تمامی پیرامون و چند کپه در قسمت مرکزی تخته..... ۱۲۴
- کل ۶-۵. نصب عایق فوم پلی استایرن از پایین به بالا..... ۱۲۵
- کل ۶-۶. قرار گرفتن تخته‌ها به صورت یکی در میان (آجرچین)..... ۱۲۵
- کل ۶-۷. الگوی گل‌میخ‌ها در طبقات بالا..... ۱۲۵
- کل ۶-۸. گل‌میخ‌ها..... ۱۲۶
- کل ۶-۹. کوبیدن میخ پلاستیکی اتصال با چکش..... ۱۲۶
- کل ۶-۱۰. پوشاندن گل‌میخ‌ها با انود زیرین..... ۱۲۶
- کل ۶-۱۱. تقویت کنج‌های پنجره‌ها با یک لایه مش در زیر لایه مش اصلی..... ۱۲۷
- کل ۶-۱۲. پروفیل کنج..... ۱۲۷
- کل ۶-۱۳. اجرای پوشش زیرین..... ۱۲۷
- کل ۶-۱۴. اجرای پوشش نهایی..... ۱۲۸
- کل الف-۱. اتصال آزمون به دستگاه مقاومت کششی..... ۱۴۷

www.ketab.ir

فهرست جدول‌ها

صفحه

توان جدول

۱-۱ گروه‌بندی از نظر درجه در معرض بودن در برابر ضربه	۱۵
۱-۲ مقایسه نانوروکش‌ها و پوشش‌های رایج غیرنانویی	۲۵
۱-۲ درجه‌بندی کمیت ترک‌ها	۴۱
۲-۲ درجه‌بندی اندازه ترک‌ها	۴۱
۳-۲ مقیاس تعیین کمیت پرسته	۴۳
۴-۲ درجه‌بندی اندازه سطوح پوسته‌شده	۴۳
۵-۲ مشخصات ساختمان‌های مورد بررسی	۴۸
۶-۲ مدت زمان لازم برای بازسازی پوشش‌ها	۵۳
۱-۴ الزامات فراورده برای تخته‌های EPS	۶۲
۲-۴ کلاس‌های رواداری‌های ابعادی مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۹۵۰	۶۴
۳-۴ نتایج آزمون تعیین طول تخته‌های پلی‌استایرن منبسط مورد استفاده در ETICS	۶۵
۴-۴ نتایج آزمون تعیین عرض تخته‌های پلی‌استایرن منبسط مورد استفاده در ETICS	۶۵
۵-۴ نتایج اندازه‌گیری ضخامت فراورده پلی‌استایرن منبسط تخته‌ای مورد استفاده در ETICS	۶۸
۶-۴ نتایج آزمون تعیین گونیا بودن تخته‌های پلی‌استایرن منبسط در جهت طول و عرض	۷۱
۷-۴ نتایج آزمون تعیین گونیا بودن تخته‌های پلی‌استایرن منبسط در جهت ضخامت	۷۲
۸-۴ نتایج آزمون تعیین تخت بودن در جهت طول فراورده پلی‌استایرن منبسط	۷۴
۹-۴ نتایج آزمون تعیین تخت بودن در جهت عرض فراورده پلی‌استایرن منبسط	۷۴
۱۰-۴ نتایج تعیین چگالی فراورده پلی‌استایرن منبسط مورد استفاده در ETICS	۷۶
۱۱-۴ نتایج آزمایش رفتار فشاری پلی‌استایرن منبسط	۷۹
۱۲-۴ الزامات تنش فشاری در ۱۰ درصد تغییر شکل برای تراز اعلام شده	۸۰
۱۳-۴ نتایج آزمون مقاومت خمشی فراورده پلی‌استایرن منبسط	۸۵
۱۴-۴ ترازهای مقاومت خمشی	۸۶
۱۵-۴ نتایج آزمایش مقاومت کششی عمود بر سطح فراورده پلی‌استایرن منبسط	۸۸
۱۶-۴ الزامات مقاومت کششی عمود بر سطوح برای تراز اعلام شده	۸۸
۱۷-۴ نتایج آزمایش جذب آب فراورده پلی‌استایرن منبسط	۸۹
۱۸-۴ نتایج آزمون پایداری ابعادی در جهت طول فراورده پلی‌استایرن منبسط	۹۲
۱۹-۴ نتایج آزمون پایداری ابعادی در جهت ضخامت پلی‌استایرن منبسط	۹۲
۲۰-۴ نتایج آزمون پایداری ابعادی در جهت عرض فراورده پلی‌استایرن منبسط	۹۳
۲۱-۴ شرایط آزمایش انتقال بخار آب	۹۵
۲۲-۴ Δp مربوط به شرایط آزمایش	۹۶

جدول ۴-۲۲ نتایج آزمایش خواص انتقال بخار آب عایق حرارتی پلی استایرن منبسط.....	۲۲
جدول ۴-۲۴ نتایج آزمایش ضریب هدایت حرارتی فراورده پلی استایرن منبسط.....	۲۴
جدول ۴-۲۵ نتایج مقاومت حرارتی فراورده های پلی استایرن منبسط.....	۲۵
جدول ۴-۲۶ محلول های قلیایی آزمون.....	۲۶
جدول ۴-۲۷ نتایج به دست آمده برای مقاومت کششی آزمون های لیف شیشه ای محصول الف.....	۲۷
جدول ۴-۲۸ نتایج به دست آمده برای طول شدگی در نقطه شکست آزمون های لیف شیشه ای الف.....	۲۸
جدول ۴-۲۹ نتایج به دست آمده برای نسبت مقاومت کششی میانگین به طول شدگی میانگین در نقطه شکست آزمون های لیف شیشه ای محصول الف.....	۲۹
جدول ۴-۳۰ نتایج مقاومت کششی آزمون های لیف شیشه ای محصول ب.....	۳۰
جدول ۴-۳۱ نتایج به دست آمده برای طول شدگی در نقطه شکست آزمون های لیف شیشه ای محصول ب.....	۳۱
جدول ۴-۳۲ نتایج به دست آمده برای نسبت مقاومت کششی میانگین به طول شدگی میانگین.....	۳۲
در نقطه شکست آزمون های لیف شیشه ای محصول ب.....	۳۲
جدول ۴-۳۳ نتایج آزمایش ضریب هدایت حرارتی سامانه مرکب عایق حرارتی بیرونی (ETICS).....	۳۳
جدول ۴-۳۴ نتایج مقاومت حرارتی سامانه مرکب عایق حرارتی بیرونی بر پایه پلی استایرن منبسط.....	۳۴
جدول ۴-۳۵ نتایج آزمون کشش.....	۳۵
جدول ۴-۳۶ نتایج آزمون فرورفتگی بر روی نمونه های الف.....	۳۶
جدول ۴-۳۷ نتایج آزمون فرورفتگی بر روی نمونه های ب.....	۳۷
جدول ۴-۳۸ نتایج آزمون مقاومت بیرون کشیدن.....	۳۸
جدول الف-۱ الزامات فراورده برای تخته های EPS.....	۱
جدول الف-۲ ترازهای مقاومت در برابر ضربه.....	۲
جدول الف-۳ ترازهای مقاومت در برابر نفوذ.....	۳
جدول الف-۴ الزامات دوام و چسبندگی مصالح نازک کاری روی پوشش پایه.....	۴
جدول الف-۵ الزامات فراورده برای تخته های پشم معدنی.....	۵
جدول الف-۶ ترازهای مقاومت در برابر ضربه.....	۶
جدول الف-۷ ترازهای مقاومت در برابر نفوذ.....	۷
جدول الف-۸ الزامات دوام و چسبندگی مصالح پرداخت روی پوشش پایه.....	۸

رورت صرفه‌جویی در مصرف انرژی و سبک‌سازی ساختمان با استفاده از روش‌های پد صنعتی، سبب شده است مصالح جدید نماسازی در دنیا متداول شود. یکی از این مصالح، سامانه مرکب عایق حرارتی بیرونی (ETICS) است. سامانه ETICS ضمن ایجاد بی زیبا، باعث حفاظت ساختمان در برابر هوازگی می‌شود. استفاده از این نماها وزن ختمان را کم می‌کند و در نتیجه خسارات ناشی از زلزله نیز کاهش می‌یابد. با استفاده از سامانه‌های نما، می‌توان تا بیش از ۴۰ درصد در مصرف انرژی صرفه‌جویی کرد. چنین به واسطه حفاظت از دیوارهای بیرونی ساختمان و جلوگیری از نفوذ نم، عمر مفید ختمان‌ها افزایش می‌یابد.

سامانه‌ها بر دو نوع‌اند: بر پایه پلی‌استایرن منبسط و بر پایه پشم معدنی. هر یک از این ع به ترتیب متشکل از یک لایه عایق، یک لایه اندود زیرکار، یک لایه مش الیاف شیشه، یک اندود زیرکار و یک لایه اندود نمای نهایی است.

این گزارش خواص، مزایا، معایب، روش‌های آزمون و تجهیزات لازم، ویژگی‌ها و الزامات، ش‌های اجرا و رهنمودهای کاربردی سامانه‌های مرکب عایق حرارتی بیرونی شامل دو ع با عایق حرارتی پشم معدنی و پلی‌استایرن منبسط مورد بررسی قرار می‌گیرد. با احی و ساخت دستگاه‌ها و تجهیزات مربوط، آزمایش‌های خواص مکانیکی و دوام بر روی ع ETICS موجود در بازار ایران انجام شد. به کمک نتایج به دست آمده، خواص مکانیکی دوام این سامانه‌ها مورد بررسی و تحقیق قرار گرفت. علاوه بر این، استانداردهای مربوط این سامانه‌ها را گروه پژوهشگران این پروژه تهیه و تدوین کردند. در یکی از مراحل رای این پروژه، در نماسازی یکی از ساختمان‌های موجود در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی انواع مختلف این سامانه‌ها با جزییات اجرایی مختلف و مصالح متفاوت اجرا و بلا مورد بررسی قرار گرفت. اولین ساختمان با نماسازی ETICS در کشور، در شهر جدید ستگرد با نظارت عالیه این مرکز با موفقیت انجام شد. اخیراً این سامانه در نماسازی رژه‌های انبوه‌سازی رواج یافته است.

www.ketab.ir

مقدمه

عایق‌کاری حرارتی از خارج نقش قابل توجهی در میزان مصرف انرژی در ساختمان‌ها دارد و اغلب بهترین انتخاب برای بهبود عملکرد حرارتی ساختمان‌های موجود است. سامانه مرکب عایق حرارتی بیرونی (EIFICS) برای سطوح بیرونی دیوارها و یا زیرسقف‌های موجود یا جدید به منظور عایق‌کاری حرارتی به کار برده می‌شود. این نوع نما معمولاً متشکل از یک لایه عایق حرارتی، مانند تخته پلی‌استایرن است که سطح آن با ملات‌های پلیمری یا سیمانی مسلح اندود شده است. سامانه ETICS ضمن ایجاد نمایی زیبا، باعث حفاظت ساختمان در برابر هوازدهی می‌شود. رنگ‌های نما و بافت آن قابل تغییر بر حسب سلیقه خریدار است. همچنین به واسطه حفاظت از دیوارهای بیرونی ساختمان و جلوگیری از نفوذ نم، عمر مفید ساختمان‌ها نیز افزایش می‌یابد.

این سامانه باید از مقاومت مکانیکی و پایداری لازم برخوردار باشد. سامانه ETICS باید در برابر تنش ترکیبی ایجاد شده به وسیله جرم، مکش هوا، دما، رطوبت و جمع‌شدگی و همچنین بارهای تحت کاربرد معمول و غیره پایدار باشد. همچنین باید به گونه‌ای طراحی و به کار برده شود که الزامات مقاومت‌های مکانیکی و دوام را برآورده سازد. مقاومت کششی شبکه‌های الیاف شیشه باید مطابق استاندارد مربوط تعیین و الزامات مربوط باید برآورده شود. مقاومت بیرون کشیدن مربوط به سامانه ETICS متصل به رسانه اتصالات مکانیکی باید مطابق استاندارد مربوط، بدون استفاده از چسب، بین عایق و پشت‌کار تعیین شود. آزمایش‌های خواص مکانیکی عبارت‌اند از: ۱-مقاومت اتصال کششی ۲-مقاومت بیرون کشیدگی ۳-مقاومت در برابر ضربه ۴-مقاومت در برابر فرورفتگی.

در این پروژه با طراحی و ساخت دستگاه‌ها و تجهیزات مربوط، آزمایش‌های خواص مکانیکی و دوام انواع ETICS موجود در بازار ایران انجام شد. به کمک نتایج آزمایش‌ها

خواص مکانیکی مورد بررسی و تحقیق قرار گرفت. استانداردهای مرجع در این پروژه استانداردهای اروپایی است که تعدادی از آنها به دست گروه پژوهشگران این پروژه تهیه و تدوین شد.

در یکی از مراحل اجرایی این پروژه در نماسازی یکی از ساختمانهای موجود مرکز انواع مختلف این سامانه‌ها با جزییات اجرایی مختلف و مصالح متفاوت اجرا و مورد بررسی قرار گرفت. در پایان رهنمودهای لازم برای استفاده از این نوع نماسازی ارائه شد.

www.ketab.ir