



خواص فیزیکی و حرارتی ملات‌های سبک با سبکدانه‌های رس و پرلیت منبسط شده و پومیس

سهراب ویسه*

* عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، بزرگراه شیخ فضل‌الله نوری
veiseh@bhrc.ac.ir

چکیده

ملات سبک مخلوطی است از سیمان، سبکدانه و آب که در صورت لزوم برای رسیدن به خواص مورد نظر مواد افزودنی به آن اضافه می‌شود. در این پژوهش سبکدانه‌های مختلف شامل: سبکدانه طبیعی پامیس، و سبکدانه‌های مصنوعی شامل رس منبسط شده و پرلیت منبسط در ساخت نمونه‌های سبک مورد استفاده قرار گرفت. در این پژوهش خواص فیزیکی و حرارتی و سایر مشخصات انواع ملات‌های سبک ساخته شده با سبکدانه‌های مختلف بررسی شدند. ابتدا کیفیت مواد و مصالح مورد استفاده در ساخت ملات‌های سبک ارزیابی شد. سپس آزمون‌های آزمایشگاهی برای تعیین خواص فیزیکی- مکانیکی و حرارتی این ملات‌ها با مواد و ترکیب‌بندی مختلف انجام شد. نتایج به دست آمده از آزمون‌ها بررسی و نسبت اختلاط بهینه انتخاب شد. آزمایش‌ها نشان داد که بسته به سبکدانه و میزان مورد استفاده مقاومت مکانیکی، ضریب هدایت حرارتی، جذب آب و ضریب جذب آب موئینه ملات‌ها تحت تأثیر قرار می‌گیرند. ضریب هدایت حرارتی همه انواع ملات منتخب از ضریب هدایت حرارتی نمونه شاهد (ماسه- سیمان) کمتر است. میزان کاهش ضریب هدایت حرارتی نسبت به نمونه شاهد از ۷۵ تا ۹۲ درصد متغیر است.

واژه‌های کلیدی

ملات سبک، پرلیت، لیکا، پومیس

Physical and Thermal Properties of Lightweight Mortars with Expanded Clay and Perlite and Pumice Aggregates

Sohrab Veiseh*

Scientific Board Member, Road, Housing and Urban Development Research Center, P.O. Box 13145-1696, Tehran, Iran
* TeleFax: +9821-88384185, E-mail: veiseh@bhrc.ac.ir

Abstract

Lightweight mortar is a mixture of cement, lightweight aggregate and water. If necessary, additives are added to achieve the desired properties. In this study, different lightweight aggregates including Pumice natural lightweight aggregates as well as synthetic lightweight aggregates including expanded clay and expanded perlite were used in preparing lightweight mortar samples. First, the quality of materials used in light mortar was evaluated. Then, the physical and thermal properties and other properties of different types of lightweight mortar samples made with different aggregates were investigated. Laboratory tests were then carried out to determine the physical- mechanical and thermal properties of these mortars with different materials and compositions. The results of the tests were evaluated and the optimal proportion was selected. Experiments showed that depending on the type and amount of the lightweight aggregates used, mechanical strength, the thermal conductivity, water absorption and capillary water absorption coefficient of the mortars were affected. The thermal conductivity of all selected mortars is lower than the thermal conductivity of the control sample (sand- cement). The reduction of thermal conductivity varies from 75 to 92% compared to the control sample.

Keywords

Lightweight Mortar, Perlite, Leca, Pumice

۱- مقدمه

الشاریف^۱ و همکاران (۲۰۰۵) نتایج حاصل از تحقیق در مورد تأثیر سبکدانه‌های خشک و پیش تر شده بر ریزساختار و دوام ملات و مقایسه آن با ملات با سنگدانه متداول را ارایه کردند. ملات‌های سبکدانه مورد آزمون در مقایسه با سنگدانه معمول مقاومت عالی در برابر سولفات‌ها نشان دادند [۱]. لنزون تورس^۲ و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که آزمون‌های مقاومت

استفاده از مصالح سبک اهمیت روزافزونی یافته است. یکی از این مصالح ملات سبک است که ترکیبی از سبکدانه‌ها، مواد چسباننده، آب و در صورت نیاز مواد افزودنی است. از اصلی‌ترین ویژگی‌های ملات سبک می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

نخست: چگالی کم و در نتیجه کاهش بار مرده ساختمان و دوم: ضریب هدایت حرارتی کم و در نتیجه بهبود عایقکاری حرارتی در دیوارهای خارجی ساختمان.

¹ Elsharief

² Torres

سنگ طبیعی پرلیت ساخته می‌شود. پوکه معدنی پامیس نوعی شیشه‌ای آتشفشانی به رنگ روشن است که در ساخت ملات بیش از انواع دیگر مورد مصرف قرار گرفته است. کیفیت این سبکدانه‌ها با انجام دادن آزمون‌های لازم ارزیابی شد. با نسبت‌های مختلف سبکدانه‌ها، ماسه، سیمان، آهک و مواد افزودنی نمونه‌های آزمایشی ساخته شد. آزمون‌های آزمایشگاهی برای تعیین خواص فیزیکی- مکانیکی و حرارتی این ملات‌ها انجام شد. نتایج به دست آمده از آزمون‌ها بررسی و سهم‌بندی بهینه انتخاب شد.

۲- مواد مورد استفاده

در این تحقیق، استفاده از سبکدانه در ملات سبک بررسی شد و با ملات ساخته شده با سنگدانه معمولی (شاهد) مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج مطالعات آزمایشگاهی انجام شده بر روی مواد اولیه شامل چسباننده‌ها و سنگدانه‌های مورد استفاده در پروژه و انواع ۲۶ طرح اختلاط ملات‌های ساخته شده شامل ملات تازه و ملات سخت شده مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت و به صورت زیر جمع‌بندی شد.

۲-۱- چسباننده‌ها

چسباننده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل سیمان پرتلند و آهک هیدراته است.

سیمان: در این تحقیق از سیمان نوع ۲ کارخانه سیمان تهران مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۳۸۹ با عنوان "ویژگی‌های سیمان پرتلند" استفاده شد. با توجه به نتایج آزمون‌های شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی انجام شده، این سیمان از کیفیت خوبی برای ساخت ملات سبک برخوردار بود.

آهک هیدراته: در این تحقیق از آهک هیدراته کارخانه آهک ساوه مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۴۷۳۵ با عنوان "آهک هیدراته برای مصارف بنایی" استفاده شد. نتایج آزمون‌های انجام شده بر روی نمونه آهک هیدراته این کارخانه از جمله درصد خلوص آهک ۸۶ درصد نشان داد که این آهک دارای کیفیت مناسب برای ساخت ملات سبک بود.

سنگدانه: سنگدانه‌های مورد استفاده در پروژه شامل سبکدانه پرلیت منبسط شده با دو نوع دانه‌بندی ریز و درشت، پوکه معدنی (پومیس)، سبکدانه لیکای معمولی (گردگوشه)، لیکای شکسته (تیزگوشه) و ماسه ملاتی ۰-۲ میلی‌متر است. نتایج دانه‌بندی کلیه سنگدانه‌های مورد استفاده با حدود مجاز رده‌های ۱، ۲ و ۳ استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۵۱۴ با عنوان سنگدانه‌های ملات بنایی- ویژگی‌ها، مقایسه شد.

ماسه ملاتی: با توجه به نتایج آزمون‌های انجام شده نمونه ماسه ملاتی (طبیعی) با حدود مجاز رده ۱، ۲ و ۳ استاندارد ملی یاد شده مطابقت دارد.

سبکدانه پرلیت: با توجه به نتایج آزمون‌های انجام شده نمونه پرلیت ریزدانه تقریباً با حدود مجاز رده ۱، ۲ و ۳ استاندارد ملی یاد شده مطابقت دارد.

پوکه معدنی (پومیس): با توجه به نتایج آزمون دانه‌بندی پوکه معدنی مورد استفاده در این پروژه در مقایسه با ویژگی استاندارد ملی فوق این سبکدانه با حدود مجاز رده‌های ۱، ۲ و ۳ مطابقت دارد.

سبکدانه لیکا: نتایج آزمون‌ها نشان داد که نمونه‌های لیکای تیزگوشه و لیکای گردگوشه با حدود مجاز رده ۱ استاندارد ملی یاد شده مطابقت دارند.

فشاری کوتاه مدت در نمونه‌های آهک و سیمان نشان داد که شیشه منبسط تا حدی فعالیت پوزولانی دارد [۲].

ایلت^۱ (۲۰۱۰) نشان داد که خواص ملات‌های پومیس شامل مدت کارایی، زمان گیرش، غلظت ملات تازه، وزن حجمی ملات سخت شده و سرعت پالس اولتراسونیک مقادیر کمتری نسبت به ملات‌های سنگ آهک دارد. خصوصیات ملات پومیس که مقادیر بالاتری نسبت به ملات سنگ آهک نشان می‌دهد شامل جذب آب، ضریب جذب آب مویینه، جمع‌شدگی خشک شدن، مقاومت خمشی و مقاومت فشاری است [۳].

گدا^۲ و همکاران (۲۰۱۰) نتایج بررسی تجربی در مورد استفاده از ضایعات فوم پلی اورتان صلب با مخلوط‌های بر پایه سیمان را برای تولید ملات سبک آرایه دادند. نتایج نشان داد که افزایش مقدار پلی یورتان باعث کاهش چگالی و خواص مکانیکی و در همان حال افزایش کارایی، نفوذپذیری و مقدار هوای ملات می‌شود. این نتایج نشان داد که خواص ملات تولید شده با پلی یورتان بازیافتی مشابه ملات سبک ساخته شده با مواد متداول است [۴].

اسپیز^۳ و همکاران (۲۰۱۳) روش‌شناسی طراحی مخلوط ملات‌های سبک بر پایه سیمان را آرایه دادند. در این پژوهش سبکدانه شیشه منبسط به عنوان ماده سبک‌کننده مورد استفاده قرار گرفت [۵].

کرامر^۴ و همکاران (۲۰۱۳) پاسخ مکانیکی ملات‌های سبک را تحت بارگذاری ضربه‌ای در خمش، شرح دادند. آنها از پرلیت منبسط به عنوان سبکدانه استفاده کردند تا ملات‌هایی با چگالی 1000 kg/m^3 تا 2000 kg/m^3 را مورد آزمون قرار دهند [۶].

پرسلانیت به عنوان سبکدانه با جایگزینی بخشی از سنگدانه ریز استفاده شد. در این پژوهش با درصد‌های متفاوت (۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد) پرسلانیت ملات سبک ساخته شد. نتایج نشان می‌دهد خواص ملات سیمان به ویژه در درصد جایگزینی ۱۰٪ بهبود می‌یابد (زیاد^۵، ۲۰۱۸) [۷].

پژوهش‌های زیادی در مورد استفاده از مواد ضایعاتی مختلفی چه به صورت مواد افزودنی چسباننده و چه به صورت سنگدانه در ملات انجام شده است. این مواد شامل سرپاره کوره آهن‌دازی آسیاب شده [۸]، خاکستر بادی [۹]، دوده سیلیسی [۱۰]، شیشه [۱۱-۱۴]، لجن کاغذسازی [۱۵]، لاستیک، الیاف تایر میکرونیزه و آسیاب شده، ضایعات سیم برق [۱۶]، پلی استایرن منبسط [۱۷]، پرلیت منبسط [۱۸ و ۱۹]، خاکستر پوسته برنج [۲۰]، خاکستر کاه گندم [۲۱] و خاکستر باگاس نیشکر [۲۲] است.

پومیس که پوکه معدنی به رنگ روشن از نوع شیشه‌ای آتشفشانی با چگالی انبوهی در حدود 900 kg/cm^3 تا 500 kg/cm^3 است، بیش از انواع دیگر مورد مصرف قرار گرفته است. منابع سبکدانه‌های طبیعی و مصنوعی در ایران برای استفاده در بتن و ملات سبک توسط ویسه و همکاران بررسی شده است [۲۳].

هدف از اجرای این پروژه بررسی خواص، مشخصات فنی و چگونگی ساخت انواع گوناگون ملات سبک با کاربردهای مختلف بود. در این پژوهش از سبکدانه‌های رس منبسط، پرلیت منبسط و پامیس برای ساخت نمونه‌های ملات استفاده شد. سبکدانه‌های رس منبسط با انبساط املاح‌های رس در کوره‌های با دمای بالا تولید می‌شود. پرلیت منبسط با حرارت دادن دانه‌های

¹ Ilter

² Gadea

³ Spiesz

⁴ Kramar

⁵ Ziyad

۳- ساخت نمونه‌های ملات سبک با طرح اختلاط مختلف

پس از مطالعات و بررسی‌های به عمل آمده، ملات‌های آزمایشگاهی با نسبت‌های اختلاط مختلف طراحی شد. علت انتخاب طرح‌های اختلاط در این پژوهش بررسی نقش سبکدانه‌های مختلف موجود در بازار بر خواص ملات تازه و سخت شده بود. سبکدانه‌های مورد بررسی شامل پوکه صنعتی (لیکا)، پرلیت و پوکه معدنی (پومیس) بود. برای شناخت تأثیر شکستگی سبکدانه

لیکا بر خواص ملات تازه و سخت شده سه نوع لیکای گردگوشه، تیزگوشه و مخلوط در آزمون‌ها استفاده شد. برای بررسی تأثیر اندازه دانه‌های پرلیت در آزمایش‌ها دو نوع پرلیت منبسط شده درشت و ریز به کار رفت. جمعا ۲۶ طرح اختلاط به همراه ملات شاهد (ماسه سیمان ۳ به ۱) ساخته شد (جدول ۱) و مورد آزمون قرار گرفت.

جدول ۱ اجزای تشکیل‌دهنده مخلوط‌های مختلف ملات (بر حسب درصد وزنی)

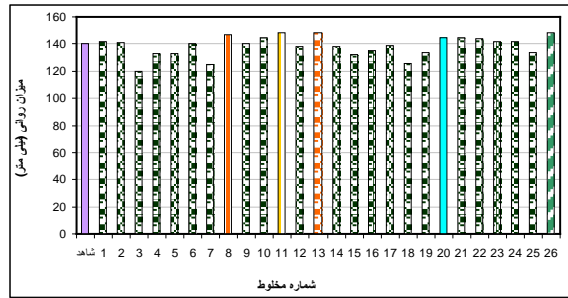
شماره مخلوط	سیمان	ماسه	آهک	لیکای گردگوشه	لیکای تیزگوشه	لیکای مخلوط	پرلیت منبسط ریز	پرلیت منبسط درشت	پومیس	روان‌ساز (% وزنی نسبت به سیمان)	SBR (% وزنی نسبت به سیمان)
شاهد	۲۳/۷	۷۶/۳	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۱	۱۲/۵	۸۰/۴	۷/۱	-	-	-	-	-	-	-	-
۲	۸/۵	۸۱/۹	۹/۶	-	-	-	-	-	-	-	-
۳	۳۶/۳	-	۱۰/۳	۵۳/۴	-	-	-	-	-	-	-
۴	۴۲/۹	-	۱۲/۱	۴۵/۰	-	-	-	-	-	-	-
۵	۴۴/۳	-	۱۲/۵	۳۷/۲	-	-	۶/۰	-	-	-	-
۶	۴۷/۴	-	-	۳۹/۸	-	-	۱۲/۸	-	-	-	-
۷	۲۶/۴	-	۱۵/۰	۴۴/۳	-	-	۱۴/۳	-	-	-	-
۸	۳۷/۵	-	۱۰/۶	-	۵۱/۹	-	-	-	-	-	-
۹	۳۹/۶	-	۱۱/۲	-	۴۳/۹	-	۵/۴	-	-	-	-
۱۰	۴۱/۸	-	۱۱/۸	-	۴۰/۷	۴۰/۷	۵/۷	-	-	-	-
۱۱	۳۹/۷	-	۱۱/۲	-	۳۳/۰	-	۱۶/۱	-	-	-	-
۱۲	۶۷/۹	-	۱۹/۲	-	-	-	۹/۲	۳/۷	-	-	-
۱۳	۴۶/۸	-	۲۶/۵	-	-	-	۱۹/۰	۷/۶	-	-	-
۱۴	۴۱/۷	-	۱۱/۸	-	۳۴/۷	-	۸/۵	۳/۴	-	-	-
۱۵	۴۳/۵	-	۱۲/۳	-	-	۳۱/۸	۸/۸	۳/۵	-	-	-
۱۶	۳۶/۴	-	۱۰/۳	۲۲/۹	۳۰/۳	-	-	-	-	-	-
۱۷	۲۶/۴	-	۱۵/۰	-	۵۸/۶	-	-	-	-	-	-
۱۸	۳۷/۵	-	-	-	۶۲/۵	-	-	-	-	-	-
۱۹	۳۱/۰	-	۸/۸	-	۶۰/۲	-	-	-	-	-	-
۲۰	۷۲/۵	-	-	-	-	-	۱۹/۶	۷/۹	-	۱/۲	۰/۸
۲۱	۴۷/۴	-	-	۳۹/۸	-	-	۱۲/۸	-	-	۱/۵	-
۲۲	۲۶/۴	-	۱۵/۰	۴۴/۳	-	-	۱۴/۳	-	-	۱/۵	-
۲۳	۱۸/۳	-	۱۰/۴	-	-	-	-	-	۷۱/۳	-	-
۲۴	۱۴/۳	-	۸/۱	-	-	-	-	-	۷۷/۶	-	-
۲۵	۲۸/۵	-	۸/۱	-	-	-	۵/۸	۲/۳	۵۵/۳	-	-
۲۶	۲۲/۴	-	۱۲/۷	-	-	-	۹/۱	۳/۶	۵۲/۲	-	-

نتایج به دست آمده از آزمون میزان روانی انواع ملات تازه با استفاده از میز جریان در شکل ۱ ارائه شده است.

برای آن که مخلوط‌های ساخته شده قابل مقایسه باشند لازم بود تا با تغییر مقدار آب، غلظت و مقدار روانی مخلوط‌ها در محدوده مشخصی قرار گیرند. محدوده روانی قابل قبول 140 ± 20 میلی‌متر تعیین شد. نتایج آزمون روانی (شکل ۱) نشان می‌دهد که حداکثر روانی نمونه‌های مخلوط تهیه شده ۱۴۸ میلی‌متر و حداقل ۱۲۰ میلی‌متر است. با تنظیم میزان روانی از طریق تنظیم مقدار آب اختلاط، مقایسه خواص مخلوط‌ها با یکدیگر امکان‌پذیر شد.



شکل ۳ دستگاه اندازه‌گیری مقاومت فشاری مورد استفاده در این پژوهش



شکل ۱ نمودار میزان روانی ملات تازه ۲۶ مخلوط آزمایشگاهی

۴- آزمون‌ها

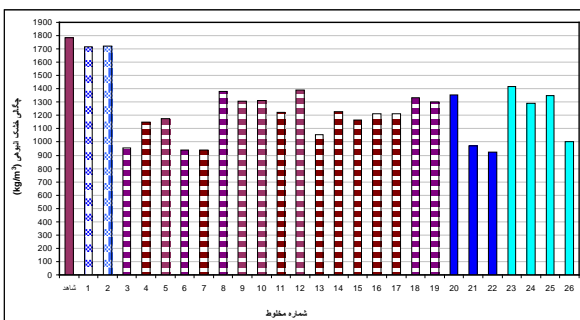
برای اندازه‌گیری ضریب هدایت حرارتی از روش جریان حرارت‌سنج استفاده شد. شکل ۴ دستگاه مربوط مورد استفاده در این پژوهش را نشان می‌دهد.



شکل ۴ دستگاه اندازه‌گیری ضریب هدایت حرارتی (به روش جریان حرارت‌سنج) مورد استفاده در این پژوهش

۴-۲-۱- چگالی خشک انبوهی

نمودار نتایج چگالی خشک انبوهی انواع ملات در شکل ۵ ارائه شده است. با توجه به نتایج آزمون‌های انجام شده، چگالی خشک انبوهی ۱۷ مخلوط از ۲۶ مخلوط ملات‌های ساخته شده برابر یا کمتر از 1300 kg/m^3 است.



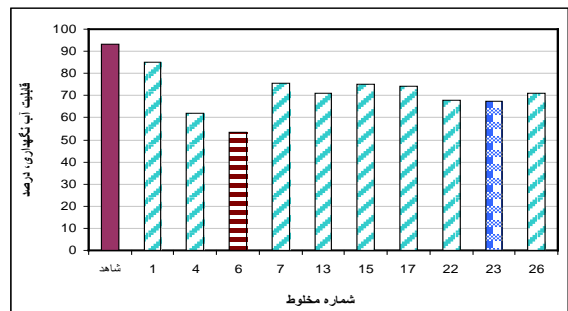
شکل ۵ نمودار ستونی چگالی خشک انبوهی انواع مخلوط ملات

چگالی خشک انبوهی کلیه مخلوط‌های ساخته شده از نمونه شاهد کمتر است. چگالی خشک انبوهی ۲۴ مخلوط از ۶۵۰ تا ۱۴۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب است. در حالی که چگالی خشک انبوهی ملات‌هایی که تنها از سیمان، آهک و ماسه تشکیل شده بیشتر از ۱۷۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب است.

۴-۱- خواص انواع ملات‌های تازه

در مورد خواص مخلوط ملات تازه آزمون قابلیت آب نگهداری مخلوط‌ها انجام شد.

قابلیت آب نگهداری ملات: نمودار نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری قابلیت آب نگهداری برخی از انواع ملات ساخته شده در شکل ۲ ارائه شده است.



شکل ۲ نمودار میزان قابلیت آب نگهداری برخی از انواع ملات منتخب

نتایج آزمایش‌ها نشان داد که ملات ماسه-سیمان و ملات ماسه-سیمان-آهک بالاترین قابلیت آب نگهداری را داشتند. سنگدانه لیکای گردگوشه و پرلیت ریز قابلیت آب نگهداری را کاهش دادند. بقیه مخلوط‌ها دارای قابلیت آب نگهداری تقریباً یکسان و مناسبی (بین ۷۰ تا ۸۰ درصد) بودند. نتایج نشان داد که به طور کلی استفاده از سبکدانه در ملات، قابلیت آب نگهداری را کاهش می‌دهد.

۴-۲- خواص انواع ملات‌های سخت شده

خواص انواع ملات سخت شده شامل چگالی خشک انبوهی، ضریب جذب آب مویینه، مقاومت چسبندگی اندود، مقاومت فشاری ۲۸ روزه، مقاومت خمشی ۲۸ روزه و ضریب هدایت حرارتی تعیین شد.

در شکل ۳ دستگاه اندازه‌گیری مقاومت فشاری مورد استفاده در این پژوهش نشان داده شده است.

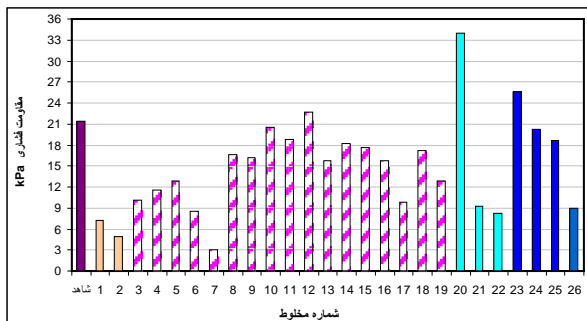
۲-۲-۴- مقاومت چسبندگی

میزان چسبندگی انواع ملات‌های ساخته شده سخت شده مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱۲-۹۱۵۰ با عنوان ملات بنایی- روش آزمون- قسمت دوازدهم: تعیین مقاومت چسبندگی ملات‌های آندودکاری بیرونی و داخلی سخت شده به مصالح زیرکار، تعیین شد. نمودار نتایج مقاومت چسبندگی انواع ملات در شکل ۶ ارائه شده است. مقاومت چسبندگی ۱۴ مخلوط سبک از مقاومت چسبندگی ملات شاهد بیشتر است. بیشترین مقاومت چسبندگی مربوط به طرح اختلاط‌های شماره ۱۷ (سیمان-۱- آهک هیدراته-۱- لیکای شکسته-۴) $1/29 \text{ N/mm}^2$ و طرح شماره ۱۸ (سیمان-۱- لیکای شکسته-۳) $1/23 \text{ N/mm}^2$ و طرح شماره ۱۱ (سیمان-۲- آهک هیدراته-۱- لیکای شکسته-۳- پرلیت ریزدانه-۳) $1/26 \text{ N/mm}^2$ و کمترین مقاومت چسبندگی مربوط به طرح اختلاط شماره ۲۰ (سیمان-۱- پرلیت ریزدانه و درشت دانه-۲) $0/26 \text{ N/mm}^2$ است.

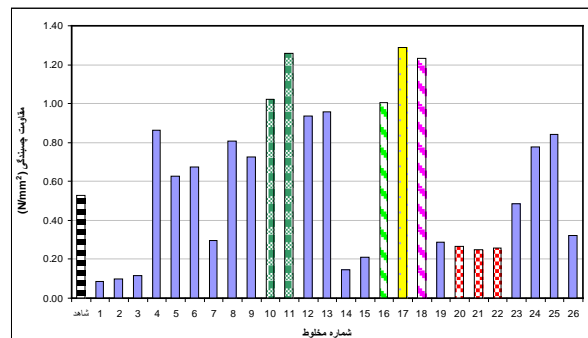
سنگدانه‌ها و در نتیجه ضریب جذب آب مویینه بیشتر از ملات ماسه سیمان متداول است. استفاده از روان‌ساز باعث کاهش تخلخل و در نتیجه افزایش تراکم و کم شدن میزان جذب آب شده است. استفاده از لیکای طبیعی باعث افزایش جذب آب مویینه شده است. پومیس به دلیل ساختار سلول بسته خود جذب آب مویینه کمتری نسبت به سایر مخلوط‌ها دارد.

۴-۲-۴- مقاومت فشاری و مقاومت خمشی ۲۸ روزه

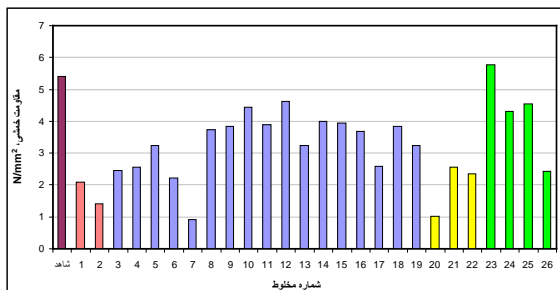
نتایج مقاومت فشاری و خمشی ۲۸ روزه ۲۶ نوع مخلوط ملات به ترتیب در شکل‌های ۸ و ۹ ارائه شده است. بیشترین مقاومت فشاری ۲۸ روزه مربوط به مخلوط ملات شماره ۲۰ (سیمان-۱- پرلیت ریزدانه ۱، پرلیت درشت دانه ۱ به نسبت حجمی و روانساز ۱/۵ درصد وزنی سیمان و ۱/۵ SBR درصد وزنی سیمان) با حدود 34 N/mm^2 است. مقاومت خمشی ۲۸ روزه این مخلوط نیز با حدود 7 N/mm^2 بیشترین مقاومت خمشی در بین ۲۶ ملات سبک و حتی ملات شاهد است. دلیل این امر استفاده کمتر از آب در مخلوط و افزایش مقاومت مکانیکی آن است.



شکل ۸ نمودار ستونی مقاومت فشاری ۲۸ روزه ۲۶ نوع مخلوط ملات سبک در مقایسه با ملات شاهد



شکل ۶ نمودار ستونی مقاومت چسبندگی انواع مخلوط ملات در مقایسه با ملات شاهد



شکل ۹ نمودار ستونی مقاومت خمشی ۲۸ روزه ۲۶ نوع مخلوط ملات سبک در مقایسه با ملات شاهد

در اکثر موارد استفاده از لیکای شکسته در مخلوط مقاومت چسبندگی را افزایش می‌دهد. افزودنی روان‌ساز نیز چنین اثری بر ملات سخت شده داشت. سنگدانه مخلوط‌های ۱ و ۲ ماسه طبیعی است و به دلیل وجود آهک در آنها در مقایسه با نمونه شاهد مقاومت چسبندگی کمتری نشان داده است.

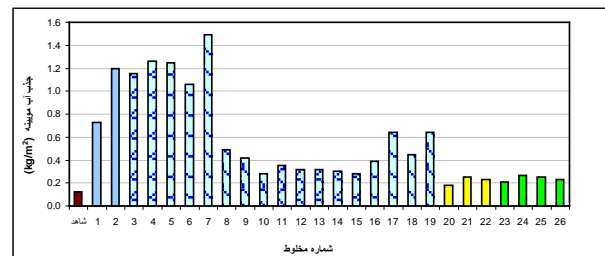
۳-۲-۴- جذب آب مویینه

نمودار نتایج جذب آب مویینه ۹۰ دقیقه انواع ملات در شکل ۷ ارائه شده است.

در مجموع مقاومت‌های مکانیکی به دست آمده از انواع مخلوط‌های ملات سبک از ملات شاهد کمتر است. این به دلیل سبک و متخلخل بودن دانه‌ها و در نتیجه استحکام کمتر آنهاست. آزمایش‌ها نشان داد که با افزایش چگالی مقاومت‌های مکانیکی نیز افزایش می‌یابد.

۵-۲-۴- ضریب هدایت حرارتی

نمودار نتایج به دست آمده از آزمون تعیین مقاومت حرارتی چند مخلوط انتخاب شده در شکل ۱۰ ارائه شده است. در شکل ۱۱ نمودار کاهش ضریب هدایت حرارتی ۱۳ نوع مخلوط نسبت به نمونه شاهد نشان داده شده است.



شکل ۷ نمودار ستونی ضریب جذب آب مویینه ۹۰ دقیقه ۲۶ نوع مخلوط ملات در مقایسه با ملات شاهد

ضریب جذب آب مویینه ۹۰ دقیقه نمونه‌های ملات سبک ساخته شده با سبکدانه‌های مختلف بیشتر از نمونه شاهد است. دلیل آن متخلخل بودن

شده است. مقاومت‌های مکانیکی کلیه مخلوط‌های ملات سبک از ملات شاهد به دلیل سبکی و تخلخل بیشتر و در نتیجه استحکام کمتر دانه‌ها، کمتر است. ضریب هدایت حرارتی همه انواع انتخاب شده که چگالی کمتری از نمونه شاهد دارند از ضریب هدایت حرارتی نمونه شاهد (ماسه-سیمان) بسیار کمتر است. بنابراین، ملات‌های سبک را می‌توان به‌عنوان یک گزینه مناسب جایگزین ملات‌های متداول برای ایجاد خواص عایق‌کاری حرارتی و در نتیجه صرفه‌جویی در مصرف انرژی استفاده کرد.

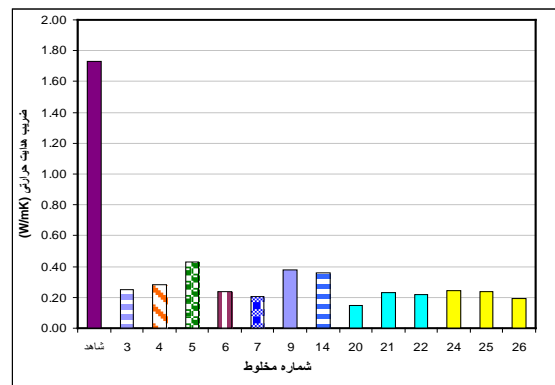
استفاده از سبکدانه پرلیت ریز و درشت به همراه روان‌ساز بهترین ضریب هدایت حرارتی را در بین مخلوط‌ها به دست داد. مخلوط‌هایی که دارای لیکا و پومیس هستند دارای مقاومت‌های مکانیکی بیشتری بودند. بنابراین در کاربردهایی که عایق‌کاری حرارتی اهمیت درجه اول دارد سبکدانه پرلیت منبسط شده و در کاربردهایی که مقاومت‌های مکانیکی اولویت دارد، سبکدانه لیکا و پومیس توصیه می‌شود.

۶- تشکر و قدردانی

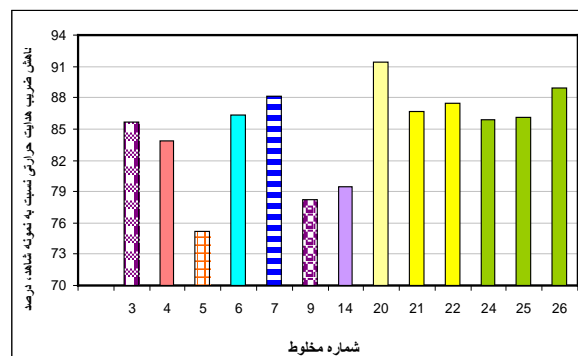
در این مقاله برخی دستاوردهای پروژه تحقیقاتی "بررسی ساخت ملات‌های سبک و بستر نازک با کاربردهای مختلف" ارائه شده است. این پروژه در چارچوب قراردادی بین سازمان مجری ساختمانها و تأسیسات دولتی و عمومی و مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی انجام شد. از حمایت مالی و معنوی مدیران سازمان مجری ساختمانها و تأسیسات دولتی و عمومی برای انجام دادن این پژوهش سپاسگزاری می‌شود.

۷- منابع

- [1] A. Elsharief, M. D. Cohen, J. Olek, Influence of lightweight aggregates on the microstructure and durability of mortars., *Cement and Concrete Research*, Volume 35, Issue 7, pp. 1368-1376, July 2005.
- [2] M. Lanzon Torres, P. A. Garcia-Ruiz, "Lightweight pozzolanic materials used in mortars: evaluation of their influence on density, mechanical strength and water absorption", *Cement and Concrete Composites*, Volume 31, Issue 2, pp. 114-119, February 2009.
- [3] O. Iler, "Use of Pumice in Mortar and Rendering of Lightweight Building Blocks", Eastern Mediterranean University, September 2010.
- [4] J. Gadea, A. Rodriguez, P. L. Campos, J. Garabito, V. Calderin, "Lightweight mortar made with recycled polyurethane foam", *Cement and Concrete Composites*, 32, pp. 672-677, 2010.
- [5] P. R. Spiesz, Q. Yu, H. J. H. Brouwers, Development of lightweight mortars targeted on the high strength, low density and low permeability, *1st International Conference on Advances in Cement and Concrete Technology in Africa (ACCTA 2013)*, Johannesburg, South Africa, January 28-30, 2013.
- [6] D. Kramar, V. Bindiganavile, "Impact response of lightweight mortars containing expanded perlite", *Cement and Concrete Composites*, 37, pp. 205-214, 2013.
- [7] A. Ziyad, The Effect of Using Lightweight Aggregate on Some Properties of Cement Mortar, *Iraqi Journal of Civil Engineering*, Vol. 12, No. 1, pp. 1-9, 2018.
- [8] S. J. Barnett, M. N. Soutsos, S. G. Millard, J. H. Bungey, Strength development of mortars containing ground granulated blast-furnace slag: Effect of curing temperature and determination of apparent activation energies, *Cement and Concrete Research*, Volume 36, Issue 3, pp. 434-440, March 2006.
- [9] A. K. H. Kwan, Y. Li, Effects of fly ash microsphere on rheology, adhesiveness and strength of mortar, *Construction and Building Materials*, Volume 42, pp. 137-145, May 2013.
- [10] G. A. Rao, Investigations on the performance of silica fume-incorporated cement pastes and mortars, *Cement and Concrete Research*, Volume 33, Issue 11, pp. 1765-1770, November 2003.



شکل ۱۰ نمودار ستونی ضریب هدایت حرارتی ۱۳ نوع مخلوط ملات سبک در مقایسه با نمونه شاهد



شکل ۱۱ نمودار کاهش ضریب هدایت حرارتی ۱۳ نوع مخلوط نسبت به نمونه شاهد

ضریب هدایت حرارتی همه نمونه‌های ملات سبک از ضریب هدایت حرارتی نمونه شاهد (ماسه-سیمان) کمتر است. میزان کاهش ضریب هدایت حرارتی نسبت به نمونه شاهد از ۷۵ تا ۹۲ درصد متغیر است. چنانچه در شکل ۱۱ دیده می‌شود نتایج آزمون‌ها نشان داد که استفاده از مخلوط شماره ۲۰ شامل سبکدانه‌های پرلیت ریز+پرلیت درشت+روان‌ساز، مخلوط شماره ۲۶ شامل سبکدانه‌های پرلیت ریز + پرلیت درشت + پومیس و مخلوط شماره ۷ شامل سبکدانه‌های لیکای گردگوشه + پرلیت ریز، به ترتیب ضریب هدایت حرارتی را به طور قابل ملاحظه‌ای بهبود می‌بخشند. به جز این، مخلوط‌های ساخته شده با سایر ترکیبات سبکدانه‌ها نیز تأثیر بسیار مطلوبی بر خواص عایق‌کاری حرارتی ملات‌ها داشتند.

۵- نتیجه‌گیری

نتایج مطالعات آزمایشگاهی انجام شده بر روی ۲۶ مخلوط ملات در مقایسه با ملات متداول به صورت زیر جمع‌بندی می‌شود:
چگالی خشک انبوهی کلیه مخلوط ملات‌های سبک ساخته شده کمتر است. استفاده از پرلیت و لیکای شکسته و مقادیر زیاد پومیس موجب افزایش چسبندگی می‌شود. ضریب جذب آب مویینه ۹۰ دقیقه نمونه‌های ملات سبک ساخته شده با سبکدانه‌های مختلف بیشتر از نمونه شاهد است. دلیل آن متخلخل بودن سبکدانه‌ها و در نتیجه ضریب جذب آب مویینه بیشتر از ملات ماسه سیمان متداول است. استفاده از روان‌ساز باعث کاهش تخلخل و در نتیجه افزایش تراکم و کم شدن میزان جذب آب نسبت به سایر مخلوط‌ها

- [11] A. Khmiri, M. Chaabouni, B. Samet, Chemical behaviour of ground waste glass when used as partial cement replacement in mortars, *Construction and Building Materials*, Volume 44, pp. 74-80, July 2013.
- [12] A. M. Matos, J. Sousa-Coutinho, Durability of mortar using waste glass powder as cement replacement, *Construction and Building Materials*, Volume 36, pp. 205-215, November 2012.
- [13] L. A. Pereira-de-Oliveira, J. P. Castro-Gomes, P. M. S. Santos, The potential pozzolanic activity of glass and red-clay ceramic waste as cement mortars components, *Construction and Building Materials*, Volume 31, pp. 197-203, June 2012.
- [14] V. Corinaldesi, G. Gnappi, G. Moriconi, A. Montenero, Reuse of ground waste glass as aggregate for mortars, *Waste Manage*, 25(2), pp. 197-201, 2005.
- [15] R. García, R. Vigil de la Villa, I. Vegas, M. Frías, M. I. Sánchez de Rojas, The pozzolanic properties of paper sludge waste, *Construction and Building Materials*, Volume 22, Issue 7, pp. 1484-1490, July 2008.
- [16] M. C. Bignozzi, A. Sacconi, F. Sandrolini, New polymer mortars containing polymeric wastes, Part 1, Microstructure and mechanical properties, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 2; 31(2), pp. 97-106, 2000.
- [17] D. S. Babu, K. Ganesh Babu, W. Tiong-Huan, Effect of polystyrene aggregate size on strength and moisture migration characteristics of lightweight concrete, *Cement and Concrete Composites*, 7;28(6), pp. 520-527, 2006.
- [18] M. Lanzón, P. A. García-Ruiz, Lightweight cement mortars: Advantages and inconveniences of expanded perlite and its influence on fresh and hardened state and durability, *Construction and Building Materials*, Volume 22, Issue 8, pp. 1798-1806, August 2008.
- [19] İ. B. Topçu, B. Işıkdag, Effect of expanded perlite aggregate on the properties of lightweight concrete, *Journal of Materials Processing Technology*, Volume 204, Issues 1-3, pp. 34-38, 11 August 2008.
- [20] A. N. Givi, S. A. Rashid, F. N. A. Aziz, M. A. M. Salleh, Contribution of rice husk ash to the properties of mortar and concrete: a review, *Journal of American science*, 6(3), pp. 157-165, 2010.
- [21] N. M. Al-Akhras, B. A. Abu-Alfoul, Effect of wheat straw ash on mechanical properties of autoclaved mortar, *Cement and Concrete Research*, Volume 32, Issue 6, pp. 859-863, June 2002.
- [22] K. Ganesan, K. Rajagopal, K. Thangavel, Evaluation of bagasse ash as supplementary cementitious material, *Cement and Concrete Composites*, 7;29(6), pp. 515-524, 2007.

۲۳- سهراب ویسه، میرصالح میرمحمدی، "منابع سبکدانه‌های طبیعی و مصنوعی در ایران"، *اولین کنفرانس ملی بتن سبک*، دانشکده فنی دانشگاه تهران، ۲۶-۲۷ بهمن ۱۳۹۰.