

کدچکیده: 167-F    کد مقاله: C    نویسنده مسئول: محمد جواد مهرانی    تلفن: ۰۹۱۳۸۰۳۷۲۲۱

## " روشی ساده برای تعیین ضریب انتقال حرارت بتن های عایق "

دکتر محمد رئیسی<sup>۱</sup>، محمد جواد مهرانی<sup>۲</sup>، سعید نوری<sup>۳</sup>

۱. عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خمینی شهر، اصفهان

۲. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خمینی شهر، باشگاه پژوهشگران جوان، اصفهان

۳. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خمینی شهر، اصفهان

ایمیل: raeesi@iaukhsh.ac.ir

ایمیل: mj.mehrani@iaukhsh.ac.ir

ایمیل: Saeed\_n69@yahoo.com

### چکیده

صرفه جویی در مصرف انرژی یکی از مسائل مهم در صنعت ساختمان است. عایق کاری حرارتی مناسب، از راهکارهای جلوگیری از اتلاف انرژی می باشد. امروزه استفاده از بتن های سبک عایق، یکی از روش های عایق سازی حرارتی کف ساختمان و دیوارها است. ضریب هدایت گرمایی (ضریب انتقال حرارتی)، یکی از پارامترهای مهم در انتخاب این نوع بتن ها برای عایق سازی است. در این مقاله روشی آزمایشگاهی و در عین حال ساده (بر اساس فرمول تجربی فوریه در بررسی جریان حرارتی) برای بدست آوردن ضریب انتقال حرارت انواع بتن سبک توضیح داده شده است. همچنین این آزمایش برای نمونه بر روی دو نوع بتن سبک پرلیتی و بتن سبک پلی استایرنی با شرایط و چگالی های یکسان انجام شده است. نتایج بدست آمده نشان می دهد که بتن سبک پرلیتی ضریب انتقال حرارتی کمتری نسبت به بتن سبک پلی استایرنی دارد بنابراین برای عایق کاری ساختمان بخصوص عایق کاری دیوارها مناسب تر است.

واژه های کلیدی: ضریب انتقال حرارت، بتن سبک، عایق سازی، مصرف انرژی

## مقدمه

افزایش مصرف انرژی و رشد فزاینده آن در کنار منابع محدود آن توجه به ضرورت صرفه جویی در مصرف انرژی را تاکید می کند. از سوی دیگر، استفاده از منابع انرژی فسیلی باعث ایجاد پیامدهای زیست محیطی گوناگون در کوتاه مدت و درازمدت خواهد شد. به این مطلب باید، محدودیت های اقتصادی برای بهره برداری از منابع انرژی را نیز اضافه کرد. کمبود منابع انرژی امری است که امروزه به وضوح به چشم می خورد و ادامه روند فعلی مصرف انرژی این موضوع را به بحران تبدیل خواهد کرد. این واقعیت در مجموع از واضح ترین دلایلی است که می توان برای ضروری بودن صرفه جویی در مصرف انرژی بیان کرد. بخش ساختمان و مسکن با مصرف بیش از ۴۰٪ انرژی، بزرگترین مصرف کننده انرژی در ایران می باشد. میانگین مصرف انرژی ساختمان ها در ایران بیش از ۲/۵ برابر متوسط مصرف جهانی است این در حالی است که ساختمان های استان تهران بیش از ۴۰٪ دی اکسید کربن استان را تولید می کنند. کاهش مصرف انرژی در بخش ساختمان و مسکن از نقطه نظر اقتصادی و زیست محیطی امری ضروری و تاثیر بسزایی بر کل مصرف انرژی کل کشور خواهد داشت [۱].

## بتن سبک

بتن های سبک از اهمیت ویژه ای برخوردار هستند چراکه یکی از معایب مهم ساختمانهای بتنی وزن بسیار زیاد آنها می باشد که با میزان تخریب ساختمان در اثر زلزله نسبت مستقیم دارد. اگر بتوانیم تیغه های جدا کننده و پانل ها را از بتن سبک بسازیم علاوه بر صرفه جویی در مصرف انرژی به دلیل مقاومت گرمایی بالای آنها نسبت به بتن معمولی، وزن ساختمان و در نتیجه آن تخریب ساختمان توسط زلزله مقدار زیادی کاهش می یابد. از معمولترین سنگدانه های مورد مصرف در این نوع بتن های سبک می توان به پرلیت و پلی استایرن اشاره کرد که در تحقیق حاضر تمرکز اصلی بر روی همین بتن های سبک غیر سازه ای ساخته شده است. دلیل انتخاب این دو نوع بتن سبک برای آزمایش انتقال حرارت آن است که این دو نوع بتن عایق های حرارتی مناسبی هستند و کاربردهای فراوانی در صنعت، خصوصا صنعت ساختمان سازی برای عایق سازی می توانند داشته باشند. پرلیت سبکدانه مصنوعی سنگ آتشفشان شیشه ای با ترکیب ریولیتی است که ساختاری بی شکل و غیر کریستالی دارد و نوع منبسط آن سفید رنگ است. نزدیک به ۷۵ درصد آن اکسید سیلیسیم است که در حدود ۳ تا ۵ درصد آب به صورت حبس شده در خود دارد و در اثر حرارت بین ۹۰۰ تا ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد آب حبس شده در آن به صورت بخار در می آید و خروج این آب حبس شده از داخل ذرات نرم شده سنگ پرلیت سبک می شود که حجم آن از ۴ تا ۲۰ برابر افزایش یابد. بتن ساخته شده از پرلیت، ۲۰ برابر بتن های معمولی عایق حرارتی است. همچنین عایق بسیار خوبی در مقابل آتش می باشد [۲ و ۳]. و بتن ساخته شده از پلی استایرن، به دلیل عایق بودن حرارتی قابل قبول و نسبتا بالا و همچنین مقاومت حرارتی زیاد، کاربردهای فراوانی مانند ساخت دیوارهای نازک عایق، بلوک های باربر و... را دارا می باشد. انبساط این محصول در اثر وجود مقداری گاز پنتان است که به صورت حل نشده هنگام تولید در داخل آن محبوس می شود و این گاز در اثر حرارت ناشی از بخار آب از داخل دانه های پلی استایرن انبساطی خارج و باعث انبساط آن میگردد [۴ و ۵].

## ضریب انتقال حرارت

ضریب انتقال حرارت بیان کننده ی نرخ انتقال حرارت بین یک سطح جامد و سیال اطراف به روش همرفت می باشد. همرفت یکی از روش های انتقال گرما است که نه تنها در داخل یک سیال بلکه بین دو جسم که یکی از آن ها سیال باشد نیز اتفاق می افتد. حرکت سیال می تواند طبیعی و یا با اعمال نیروی خارجی باشد [۶]. هر چند در بسیاری از موارد، برآوردهای اولیه برای تعیین تخمینی ضریب انتقال گرمایی وجود دارد، اما برای یک طراحی دقیق و صحیح، همواره محاسبه ی ضریب انتقال گرمایی با درصد خطای کمتر ضروری است. همچنین یک نوع ماده از کارخانه های مختلف ممکن است عملکردهای متفاوتی داشته باشد. از طرف

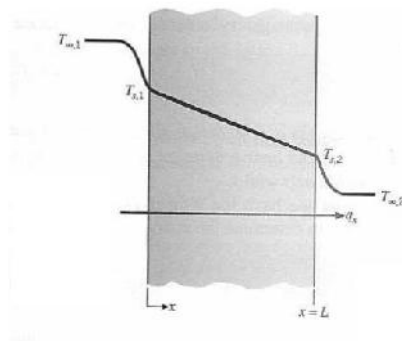
دیگر به کمک ضریب انتقال حرارت تنها می‌توان توزیع درجه حرارت یک بعدی را در مبدل حرارتی محاسبه نمود چراکه تاکنون تحقیقات قابل توجهی در تعیین توزیع درجه حرارت دو بعدی در مبدل حرارتی صفحه‌ای به روش حل دقیق انجام نشده است [۷]. تعیین ضریب هدایت حرارتی جامدات به این نحو است که اختلاف دما به عنوان یک نیروی محرکه سبب انتقال گرما می‌شود. هرگاه در یک محیط یا میان دو محیط اختلاف دما وجود داشته باشد و دمای محیط‌ها یکسان نباشد، انتقال گرما رخ می‌دهد. در محیط ساکنی که شیب دما وجود داشته باشد، برای انتقال گرمایی که در محیط روی می‌دهد از واژه‌ی رسانش و برای انتقال گرمای بین سطح و سیالی متحرک، که دمای آن‌ها با هم متفاوت است، از واژه‌ی جابجایی استفاده می‌شود. نوع سوم انتقال گرما تشعشع گرمایی است [۸]. در روش جابجایی، حرکت مولکول‌ها و ارتعاشات مولکول‌ها سبب انتقال گرما نیز می‌شود و انتقال گرما در پدیده‌ی جابجایی حاصل ترکیب دو نوع انتقال گرمای رسانش و گرمای ناشی از این حرکت دست جمعی مولکول‌ها است. در پدیده‌ی جابجایی باید سیال دارای حرکت باشد و از طرفی دمای سطح و سیال با یکدیگر تفاوت داشته باشند، اگر سیال دارای حرکت نباشد مکانیسم انتقال حرارت بیشتر توسط رسانش صورت می‌گیرد هرچند که جابجایی طبیعی نیز باید مورد توجه قرار گیرد و اگر دماها برابر باشند به علت نبودن گرادیان دمایی هیچ گونه انتقال حرارتی انجام نمی‌گیرد. جابجایی را می‌توان بنا به نحوه انجام فرایند به دو دسته‌ی اجباری و یا آزاد تقسیم کرد. اگر جابجایی توسط وسایل مکانیکی مانند فن (هیتر)، پمپ و یا توربین انجام شود جابجایی را اجباری و اگر اختلاف چگالی سبب این جابجایی شود آن را آزاد می‌نامند. در برخی مواقع ممکن است ترکیبی از هر دو فرایند را با هم داشته باشیم و از هر دو استفاده کنیم یعنی نرخ انتقال توسط جابجایی آزاد کم بوده و برای افزایش نرخ انتقال حرارت از جابجایی اجباری استفاده شود [۶ و ۹].

### انتقال حرارت در دیواره ی مسطح جامدات

هدایت حرارتی به طور نسبی به اندازه و محل قرارگیری منفذها، ترکیب شیمیایی اجزای جامد تشکیل دهنده، بافت آن‌ها و درجه حرارت آن‌ها بستگی دارد [۱۰]. در تحلیل رسانش در یک بعد معروف‌ترین و کاربردی‌ترین رابطه، قانون فوریه است. اختلاف درجه حرارت باعث انتقال حرارت می‌شود که مقدار آن را با رابطه فوریه بدست می‌آوریم. نمونه‌ی ساده‌ای از مسائل انتقال حرارت، انتقال حرارت یک بعدی حالت ماندگار (پایدار) از میان یک دیواره مسطح می‌باشد که در آن شیب دما و جریان حرارت با زمان تغییر نمی‌کند و سطح مقطعی که حرارت از میان آن جریان می‌یابد، یکسان می‌باشد و در نتیجه به صورت زیر در می‌آید [۶ و ۱۱].

$$\frac{Q_k}{A} \int_0^x dx = - \int_{T_1}^{T_2} KdT \quad (1)$$

از علامت منفی که به معنی اتلاف انرژی است صرف نظر کرده و کران‌های انتگرال با توجه به (شکل شماره ۱) تعیین می‌شود



شکل ۱- توزیع دما در یک دیواره تخت

دما در صفحه سمت چپ ( $x=0$ ) مقدار یکنواخت  $T_1$  و دما در صفحه سمت راست ( $x=L$ ) مقدار یکنواخت  $T_2$  را دارا می‌باشد. اگر  $K$  مستقل از دما  $T$  باشد، بعد از انتگرال گیری از رابطه بالا می‌توانیم نرخ جابجایی گرمایی از میان یک دیواره را به صورت زیر بدست آوریم.

$$Q_k = \frac{AK}{L} (T_1 - T_2) = \frac{\Delta T}{L/AK} = \frac{\Delta T}{R_k} \quad (2)$$

در این معادله اختلاف دمای  $\Delta T$  میان دو طرف دیواره، پتانسیل محرکی است که جریان حرارت را سبب می‌گردد. کمیت  $L/AK$  نیز معادل با مقاومت گرمایی  $R_k$  است که دیواره در مقابل جریان گرمایی از خود نشان می‌دهد و هر جسمی که مقاومت گرمایی بیشتری از خود نشان دهد، عایق حرارتی بهتری است [۱۲].

از رابطه‌ی (۲) به راحتی می‌توان ضریب انتقال حرارت  $K$  را به دست آورد

$$(3)$$

$$K = \frac{Q_k}{A \frac{\Delta T}{L}}$$

مقاومت گرمایی که دیواره در مقابل جریان گرمایی از خود نشان می‌دهد نیز با استفاده از رابطه‌ی (۴) بدست می‌آید.

$$(4)$$

$$R_k = \frac{L}{AK}$$

در این روابط:

$Q_k$  = مقدار حرارت منتقل شده، ( W )

$K$  = ضریب انتقال حرارت، ( W/m.C° )

$A$  = سطحی که انتقال حرارت از آن یا به آن صورت گرفته است، ( m<sup>2</sup> )

$\Delta T$  = اختلاف دما بین دو طرف سطح دیوار ( C° )

$L$  = ضخامت دیواره ( m )

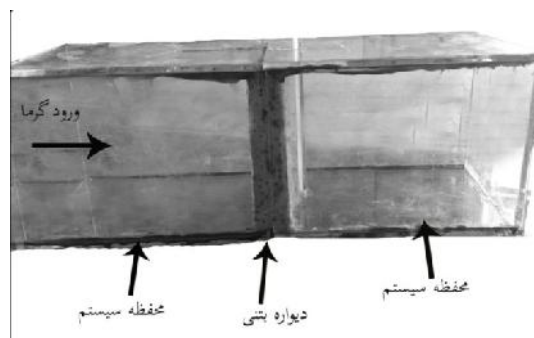
$R_k$  = مقاومت گرمایی (  $\frac{C^\circ}{W}$  )

### شرح آزمایش و ساختمان دستگاه

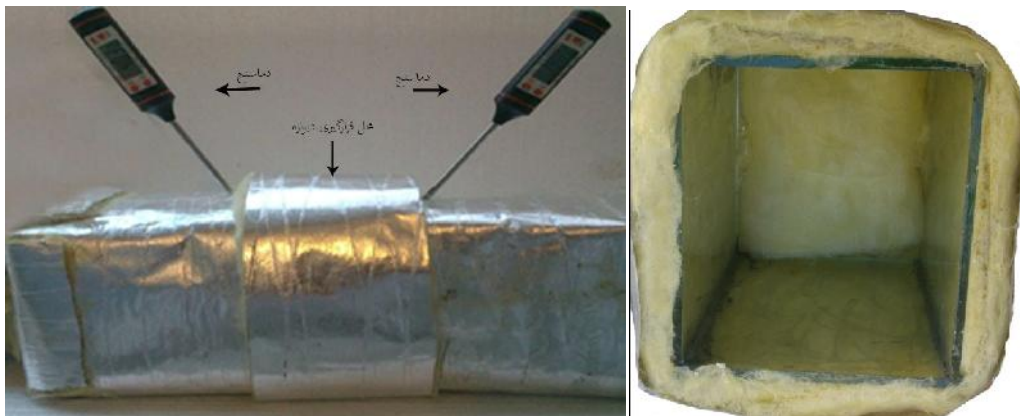
در تحقیق حاضر یک دستگاه ساده جهت تعیین ضریب انتقال حرارت نمونه‌های بتنی طراحی گردید. که در این بخش مشخصات دستگاه طراحی شده توصیف می‌گردد.

در تحلیل رسانش یک بعدی فرض بر این است که گرما فقط در یک جهت و در جهت فقط یک محور منتقل می‌گردد و از انتقال گرما در سایر راستاها صرف نظر می‌شود. همچنین این آزمایش بر اساس انتقال گرما به روش جابجایی انجام شده که جابجایی اجباری (به وسیله هیتر) انجام گرفته است [۱۳]. برای شبیه سازی منبع گرمایی می‌بایست یک مقدار مشخص انرژی به جسم داده شود که این مقدار را با هیتر تامین می‌کنیم. با توجه به فرمول ( $Q=V.I$ ) و با استفاده از دستگاه وات متر، مقدار ولتاژ و جریان متناظر آن را می‌توان یافت و با ضرب این دو در هم مقدار گرما را یافت [۱۲]. در این آزمایش از یک هیتر صنعتی (که توان آن قابل تنظیم بود) با توان اسمی ۶۰ وات استفاده شد و با یافتن ولتاژ و جریان آن به توان اسمی ۳۰/۶ وات رسیدیم. همچنین می‌توان برای تامین منبع گرمایی از آب جوش استفاده کرد و با استفاده از فرمول سرمایش نیوتون ( $q=hA(\Delta T)$ ) مقدار گرمای منتقل شده به دیواره ( $q$ ) را حساب کرد.  $\Delta T$  در این فرمول اختلاف دمای آب جوش و دیواره‌ی بتنی است و  $h$  ضریب ثابت جابجایی نام دارد [۱۴]. اما چون دیواره‌های بتنی مخصوصا بتن پرلیتی قابلیت جذب آب دارند، و با جذب آب خود خطایی در یافتن شار گرمایی بوجود می‌آورد پس هیتر گزینه مناسب‌تری برای تامین گرمای سیستم است.

برای سنجش دمای سطح دو طرف دیواره‌های بتنی، از دماسنج قلمی دیجیتال استفاده کردیم. ساز و کار این دما سنج به این گونه است که با استفاده از سنسوری که در انتهای آن است دما را می‌سنجد و جهت تعیین دما، سنسور دماسنج‌ها به مرکز سطح دوطرف دیواره‌ی بتنی متصل شد تا تنها دمای سطح را بدون در نظر گرفتن دمای محیط نشان دهد. برای جلوگیری از انتقال حرارت تابشی، سیستم را با پشم شیشه مطابق شکل (۳) عایق کردیم که مانع از برخورد هوا به آن شود. همچنین برای جلوگیری از اتلاف انرژی بین دیواره‌ی بتنی و شیشه‌ها و کاهش خطای آزمایش نیز از پشم شیشه استفاده شد چراکه پشم شیشه برای دمایی کمتر از ۳۰۰ درجه سانتیگراد عایق حرارتی بسیار خوبی است [۱۵ و ۱۶].



شکل ۲- تصویر شماتیک سیستم قبل از عایق بندی با پشم شیشه



شکل ۳- نمای داخل سیستم (سمت راست) تصویر کامل سیستم آزمایش (سمت چپ)

این آزمایش برای مقایسه ضریب هدایت گرمایی دیواره های بتنی مختلف نیز بکار می رود. روند آزمایش به این صورت است که ابتدا دیواره ی بتنی بین دو محفظه شیشه ای (عایق شده توسط پشم شیشه) قرار میگیرد (شکل ۲) و با عایق کاری کامل توسط پشم شیشه از اتلاف حرارتی بین دیواره و محفظه ها جلوگیری می شود. (یک طرف محفظه به اندازه دهانه هیتر برای ورود آن باز می باشد و طرف دیگر آن بسته و عایق شده است که در شکل (۳) سمت راست انتهای بسته ی آن قابل مشاهده است). سپس از طرف باز محفظه، هیتر را داخل میکنیم و با توان مشخصی که قبلا اندازه گرفتیم، آن را روشن میکنیم. (به دلیل اینکه فاصله دهانه هیتر با دیواره بتنی کم است و دیگر دیواره های محفظه تماما عایق شده، اتلاف آن ناچیز است). سنسور دماسنج ها را به مرکز سطح دوطرف دیواره متصل میکنیم تا دما را در هر لحظه بدست آوریم. همچنین میله دماسنج را تا نوک آن با پشم شیشه عایق میکنیم تا تنها دمای سطح بتن را بدون در نظر گرفتن دمای محیط مشخص کند و خطای آن به حداقل برسد. پس از گذشت زمان مشخصی (حدودا ۳۰ دقیقه) که دمای یک طرف دیواره به حد قابل قبولی بالا رفت و انتقال حرارت آغاز شد، شروع به قرائت دماسنج ها و بدست آوردن اختلاف آنها می کنیم. در زمان های مشخص،  $\Delta T$  های یکسانی بدست می آید که با داشتن بقیه پارامتر ها همچون توان هیتر، مساحت دیواره و ضخامت می توان ضریب انتقال حرارت از یک دیواره ی بتنی نمونه را بدست آورد. لازم به ذکر است که ضریب بدست آمده از این آزمایش برای دیواره بتنی است که نسبت مساحت دیواره به ضخامت آن برابر ۰/۵ می باشد.



شکل ۴- نمونه دیواره ی مورد آزمایش

#### مصالح مورد استفاده در ساخت نمونه ها

- سیمان پرتلند تیپ I از کارخانه اصفهان با وزن مخصوص ۳/۱۵.
- ماسه آهکی ۵-۰ mm با وزن مخصوص ۲/۶۵ و با دانه بندی در محدوده استاندارد مطابق ASTM C33 5.
- ماده ی هوازا و فوق روان کننده از شرکت Fosroc با وزن مخصوص ۱/۰.
- پلی استایرن منبسط شده ۵-۰ mm با وزن مخصوص ۰/۰۳ و جذب آب ۱۴٪.
- پرلیت منبسط شده ۵-۱ mm با وزن مخصوص ۰/۴ و جذب آب ۴۷٪.

#### طرح های اختلاط

در این تحقیق برای نمونه ۳ طرح اختلاط برای بتن پرلیتی با چگالی های ۸۰۰ و ۸۸۰ و ۱۰۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب و ۱ طرح اختلاط بتن پلی استایرنی با چگالی ۸۰۰ کیلو گرم بر متر مکعب ساخته شد. مشخصات طرح های اختلاط در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات طرح اختلاط و مقاومت فشاری نمونه‌ها

نوع بتن	چگالی خشک Kg/m <sup>3</sup>	سیمان Kg/m <sup>3</sup>	w/c	آب Kg/m <sup>3</sup>	ماسه Kg/m <sup>3</sup>	سیکدانه Kg/m <sup>3</sup>	روان کننده/ هوازا	مقاومت فشاری ۷ روزه (Mpa)	مقاومت فشاری ۲۸ روزه (Mpa)
پرلیتی	۱۰۰۰	۴۵۰	۰/۳۵	۱۵۷/۵	۱۴۱/۵	۲۵۱	%۱	۷/۹۷	۹/۲۵
پرلیتی	۸۸۰	۴۵۰	۰/۳۵	۱۵۷/۵	---	۲۷۰	%۱	۶/۰۱	۷/۱۹
پرلیتی	۸۰۰	۴۰۰	۰/۳۸	۱۵۲	---	۲۴۸	%۱	۴/۹۵	۶/۰۵
پلی استایرنی	۸۰۰	۴۰۰	۰/۳۸	۱۵۲	---	۲۴۸	%۱	۵/۴۱	۵/۸۵

### نتایج بدست آمده

در تحقیق حاضر از دستگاه ساده‌ی طراحی شده برای تعیین ضریب انتقال حرارت ۴ طرح اختلاط فوق استفاده شده است. برای تعیین ضریب انتقال حرارت نمونه‌های بتنی به ابعاد ۲۰ × ۱۰۰ × ۱۰۰ mm ساخته شد و در داخل محفظه‌ی مورد نظر قرار گرفت و ضریب انتقال حرارت هر ۴ طرح اختلاط اندازه‌گیری شد. در جدول (۲) و (۳) نتایج بدست آمده از اندازه‌گیری ضریب انتقال حرارت هر ۴ طرح اختلاط ارائه شده است. با دقت در نتایج بدست آمده می‌توان نتایج زیر را استنتاج نمود.

### ۱- مقایسه ضریب انتقال حرارت بتن پرلیتی و پلی استایرنی

دو دیواره با ابعاد و شرایط یکسان شامل مساحت سطح ۰/۰۱ متر مربع و ضخامت ۰/۰۲ متر و چگالی ۸۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب ساخته شده و مورد آزمایش قرار گرفتند و نتایج آن در جدول (۲) قابل مشاهده است.

جدول ۲- مقادیر ضریب انتقال حرارت و مقاومت گرمایی نمونه‌ها

نوع بتن	حرارت منتقل شده (W)	اختلاف دمای دوطرف دیواره (C°)	ضریب انتقال حرارت (W/m.C°)	مقاومت گرمایی ( $\frac{m^2}{K}$ )
بتن پرلیتی (۸۰۰) (Kg/m <sup>3</sup> )	۳۰/۶	۹۲/۲۵	۰/۶۶۳	۳/۰۱
بتن پلی استایرنی (Kg/m <sup>3</sup> ۸۰۰)	۳۰/۶	۷۳/۸	۰/۸۲۹	۲/۴۱

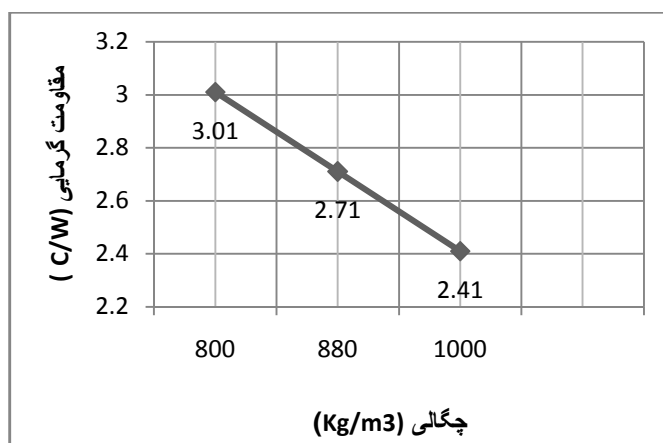
### ۲- مقایسه ضریب انتقال حرارت بتن پرلیتی در چگالی‌های مختلف

این آزمایش بر روی سه چگالی ۸۰۰ و ۸۸۰ و ۱۰۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب انجام گردید و هدف از این آزمایش بررسی رابطه بین چگالی و مقاومت گرمایی و ضریب انتقال حرارت در یک نوع بتن بود.

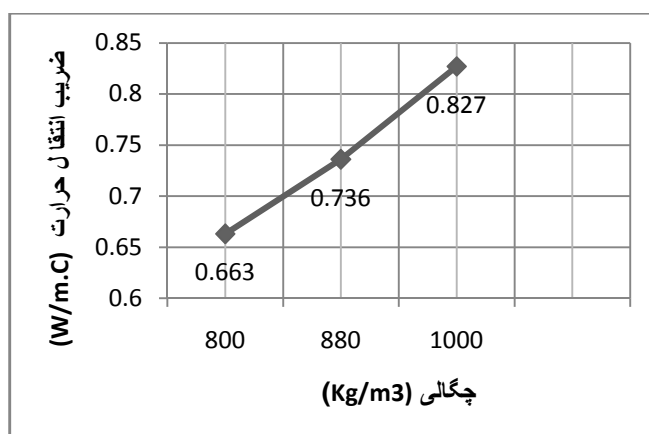
هر سه نمونه دیواره بتنی در شرایط یکسان و ابعاد یکسان با مساحت سطح ۰/۰۱ متر مربع و ضخامت ۰/۰۲ متر ساخته شدند و مورد آزمایش قرار گرفتند. در جدول (۳) مقادیر ضریب انتقال حرارت و مقاومت گرمایی نمونه‌ها قابل مشاهده است همچنین نمودارهای مقاومت گرمایی و ضریب انتقال حرارت بر حسب چگالی رسم گردید.

جدول ۳- مقادیر ضریب انتقال حرارت و مقاومت گرمایی نمونه‌ها

نوع بتن	حرارت منتقل شده (W)	اختلاف دمای دو طرف دیواره (C°)	ضریب انتقال حرارت (W/m.C°)	مقاومت گرمایی (C/W)
بتن پرلیتی ۸۰۰ Kg/m <sup>3</sup>	۳۰/۶	۹۲/۲۵	۰/۶۶۳	۳/۰۱
بتن پرلیتی ۸۸۰ Kg/m <sup>3</sup>	۳۰/۶	۸۳/۱۴	۰/۷۳۶	۲/۷۱
بتن پرلیتی ۱۰۰۰ Kg/m <sup>3</sup>	۳۰/۶	۷۴	۰/۸۲۷	۲/۴۱



نمودار ۱- نمودار مقاومت گرمایی-چگالی



نمودار ۲- نمودار ضریب انتقال حرارت-چگالی

لازم به ذکر است که تمامی آزمایشات و ساخت نمونه‌ها در محیط کارگاه عمران دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر انجام گردید



## نتیجه گیری

تعیین ضریب انتقال حرارت برای بتن هایی که قرار است به عنوان عایق از آنها استفاده شود، امری ضروری است. روش های ساده تری مانند روش ذکر شده نسبت به دستگاه های ضریب انتقال حرارت جامدات که در دسترس همگان نیز نیستند، برای به دست آوردن آن وجود دارد. همچنین با توجه به نتایج به دست آمده از آزمایش های انجام شده توسط این دستگاه و مقایسه آنها با ضرایب انتقال حرارت مصالح اعلام شده در جدول پیوست ۷ مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان و سایر نتایج بدست آمده از مقالات دیگر می توان دریافت که سازوکار دستگاه درست و با رعایت دقت و عایق سازی هرچه بهتر آن و به حداقل رساندن خطاهای احتمالی، نتایج مطلوبی را در اختیار میگذارد.

## منابع

- ۱- نصر الهی فرشاد، ضوابط معماری و شهرسازی کاهش دهنده مصرف انرژی ساختمان ها، نشست کمیته ملی انرژی ایران، ۱۷ اسفند ماه ۱۳۹۰، ص ۲ و ۳.
- ۲- کامل محمد احسان، ملاک پور محمد علی، مسعودی محمد جواد، جعفری آرمین، غلامرضا کاشی محسن، معرفی و مطالعه خواص و کاربردهای سبکدانه پرلیت، اولین کنفرانس ملی بتن سبک، پردیس فنی دانشگاه تهران، ۲۶ و ۲۷ بهمن ۱۳۹۰، ص ۱۲۷ نشریه.
- ۳- زندی یوسف، استفاده از پرلیت به عنوان مصالح بومی در سبک سازی وزن بتن همراه با افزایش مقاومت آن، اولین همایش بین المللی زلزله وسبک سازی ساختمان، قم، ۱۳۸۴، ص ۳.
- ۴- امدادی آرزو، لیبر نیکلاس علی، نعمتی چاری مهدی، دور محمدی حسین، اثرات عایق سازی حرارتی دیوارهای ساختمانی ساخته شده با بتن سبک در کاهش مصرف سوخت و هزینه تمام شده، اولین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در بخش ساختمان، تهران، ص ۱۲.
- ۵- رئیس محمد، مستوفی نژاد داوود، عمادی حامد، نیلی نیما، بررسی تاثیر پارامترهای مختلف بر مقاومت فشاری و چگالی بتن (EPS)، اولین کنفرانس ملی بتن سبک، پردیس فنی دانشگاه تهران، ۲۶ و ۲۷ بهمن ۱۳۹۰، ص ۲۰۸ نشریه.
- ۶- کریت فرانک، بوهن مارک، اصول انتقال حرارت، جواد ابولفضل اصفهانی، مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، فصل اول، ۱۳۸۴
- ۷- انصاری دزفولی امیررضا، مهربان مظفر علی، بررسی انتقال حرارت و تعیین ضریب انتقال حرارت کلی مبدا حرارتی صفحه ای جریان مخالف، شانزدهمین کنفرانس سالانه مهندسی مکانیک، کرمان، دانشکده فنی مهندسی دانشگاه شهید باهنر، ص ۳ و ۳۸۷
- 8-P.G Klemens, "theory of the Thermal Conductivity of Solids." In Thermal conductivity R;P Tye. Ed ,vol 1,p 24,Academic press, London,1969.
- 9-Holman,J.P ,Heat Transfer, McGraw-Hill Science/Engineering/Math; 10 edition (January 13, 2009.vol1.

"پنجمین کنفرانس سالیانه بتن ایران - تهران - ۱۵ مهرماه ۱۳۹۲"

۱۰- واقفی محمد، منتخب فاطمه ، نظیری سعیده ، ادیب آرش، مقایسه انواع بتن‌های سبک عایق با رویکرد صرفه جویی در مصرف انرژی، اولین کنفرانس بین المللی بتن‌های ناتراوا مخازن ذخیره آب شرب گیلان، بهمن ۱۳۸۹، ص ۸-۹.

۱۱- پ. این کروپرا فرانک، دویت دیوید-پ، مقدمه ای بر انتقال گرما، ویرایش چهارم، فصل اول و سوم.

12-Warren, Rohsenow, Handbook of Heat Transfer (McGraw-Hill Handbooks), New York, 3<sup>rd</sup> ed, 1998. s 3.

13- Fletcher, L.S "Recent Development in contact Conductance Heat Transfer" Fiftieth Anniv, Issue, vol 7, page 365.

14-L.S Fletcher "Imperfect Metal-to-Metal Contact" sec.502/5 in Heat Transfer and Fluid Flow Data Books, F.Kreith, ed, Genium, Schenectady, NY, 1991.

15- J.F Mallory, Thermal Insulation, Reinhold, New York, 13-17, 1969.

۱۶- اسلامی حسین، مصطفوی فاطمه، راهنمای حرارتی ساختمان، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۵، ۱۳۸۱.