

دیوارهای ساختمانی ساخته شده با بتن سبک در کاهش مصرف سوخت و هزینه تمام شده

نیکلاس علی لیبر

مهدی نعمتی چاری

حسین دور محمدی

دانشجویان کارشناسی عمران دانشکده فنی تهران

یکی از مهمترین مواردی که باعث اتلاف انرژی حرارتی مهمترین مواردی که باعث اتلاف انرژی حرارتی در ساختمانی می شود عدم عایق بندی مناسب دیوارهای ساختمانی است . می توان گفت بخش اعظمی از اعضای حائل بین داخل و خارج ساختمانی را دیوارها تشکیل می دهند که در صورت استفاده بجا و درست از مصالح مناسب می توان مقاومت حرارتی آنها را تا حد چشمگیری افزایش داد و در نتیجه از اتلاف انرژی به مقدار زیادی جلوگیری نمود .

در این مقاله ابتدا مقاومت حرارتی دیوارهای ساخته شده با مصالح معمول در ایران بررسی می شود و سپس نقش روی مختلف عایق سازی مانند استفاده از بتن های سبک گازی ، بلوک بتنی سبک پلی استایرنی و بتن های سبک و نیمه سبک ساخته شده با لیکا و پوکه معدنی در افزایش مقاومت حرارتی دیوارها و سقف ها بررسی می شود . در نهایت افزایش هزینه ناشی از عایق کاری با هزینه صرفه جویی شده ناشی از کاهش مصرف سوخت مقایسه می گردد .

در گذشته در مناطق سردسیر ایران برای خانه سازی مرسوم بوده که علاوه بر در نظر گرفتن مسائل سازه ای برای گرم نگه داشتن فضای داخلی خانه ها ، ضخامت دیوارها را افزایش

می دادند . رفته رفته به علت افزایش هزینه مصالح و هزینه های اجرایی تنها حداقل های سازه ای مورد توجه قرار گرفت و حتی می توان شاهد معماری های نامتناسب با اقلیم موجود در مناطق مختلف ایران بود که بر اتلاف انرژی می افزود .

در موارد دیگر نیز به علت نامناسب بودن پوشش سقف , دیواره ها , جدار درها و پنجره ها , هر چند مقدار قابل ملاحظه ای سوخت و یا انرژی الکتریکی مصرف می شود , آسایش لازم فراهم نمی گردد . اگر چه ایران در حال حاضر از لحاظ انرژی های فسیلی مشکلی احساس نمی کند , اما در آینده ای نه چندان دور , مصرف بی رویه انرژی مشکل ساز خواهد شد .

انتقال حرارت از جدار ساختمان بین دو فضای داخل و خارج آن , از فضای گرمتر به فضای سردتر به سه صورت انجام می پذیرد :

۲. انتقال

۳. تابش

که قسمت اعظم جابجایی حرارت از طریق انتقال (از جدا کننده هایی مثل دیوار و یا سقف) صورت می گیرد . برای این منظور , راه حل های مختلفی همچون استفاده از دیوارهای دو جداره , استفاده از عایق هایی چون لایه های پشم شیشه , پلی اورتان و ... در دیوار پیشنهاد شده است .

در اینجا استفاده از بتن نیمه سبک و سبک با مصالحی چون لیکا , پوکه معدنی , پلی استایرن و بتن گازی سبک مورد بررسی قرار می گیرد . استفاده از این مصالح دارای مزایا و معایبی است .

از مزایای آن می توان به نقش زیاد این نوع بتن در سبک سازی و کاهش ابعاد المان های باربر , کاهش نیروی زلزله (ایران کشور زلزله خیزی می باشد) , سهولت جابجایی , نصب قطعات پیش ساخته سبک و ... اشاره کرد .

از طرفی دارای معایبی چون قیمت اولیه بالا , عدم دسترسی به مصالح سبک در تمام نقاط کشور و نیاز به تکنولوژی ساخت نسبتاً خاص , می باشد. در این مقاله ایژبتدا خواص سبکدانه های لینکا , پوکه پلی استایرن و بتن ساخته شده با آن بررسی می شود , سپس اثرات استفاده از دیوار ساخته شده با این مصالح در عایق سازی ساختمان بررسی می گردد .

لیکا (دانه های رسی منبسط شده)

لیکا دانه های مدور و سبک رسی منبسط شده می باشد که در کوره های گردان و در حرارت حدود ۱۲۰۰ درجه سانتی گراد تولید می شود . این دانه ها در حال حاضر در بیش از ۳۰ کشور جهان با نام های تجاری گوناگون تولید و عرضه می گردد .

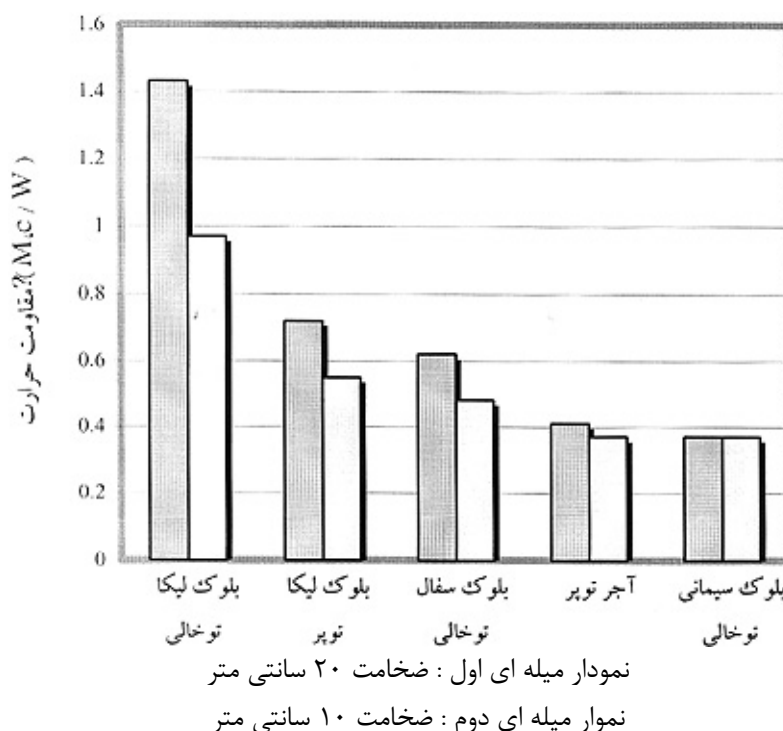
دانه های لیکا به شکل تقریباً مدور و دارای سطحی زیر و ناهموار است . قشر میکروسکوپی خارجی آن دارای خلل و فرج ریز و قهوه ای رنگ و داخل دانه ها به شکل بافت سلولی و سیاه رنگ می باشد .

دانه های لیکا دارای ویژگی های مهمی است از جمله : وزن کم , عایق حرارت , عایق صوت, باز دارنده نفوذ رطوبت , مقاومت در برابر یخ زدگی , تراکم ناپذیری تحت فشار ثابت و دائمی, فساد ناپذیری , مقاومت در برابر آتش و PH نزدیک به نرمال (حدود ۷) .

این دانه ها کاربردهای مختلفی دارند مانند : استفاده در شیب بندی کف ها و بام ها , پرکننده فضاهای خالی در راهسازی و ابنیه ژئوتکنیکی , کشاورزی و محیط زیست و بالاخره از همه مهمتر , ساخت بلوک بتنی سبک و نیمه سبک .

بتن لیکا از مخلوط کردن دانه های لیکا با سیمان و آب به دست می آید . افزایش ماسه , بافت بتن را پیوسته تر کرده و تخلخل آن را کاهش می دهد . با این عمل , حجم هوای بتن کاهش و استحکام ساختار بتن افزایش می یابد . این نوع بتن , بتن نیمه سبک نامیده می شود .

مقایسه مقاومت حرارتی مصالح گوناگون با بلوک های لیکا :



دانه های لیکا با قابلیت هدایت حرارتی پایین در حدود ۰/۱ تا ۰/۱۷ وات بر متر بر درجه , نقش موثری در جلوگیری از انتقال حرارت ایفا می کنند . [۵]

از لحاظ اقتصادی بلوک های لیکا به صورت تو خالی (سبک) از ابعاد ۶۲ × ۲۵ × ۲۰ تا ۴۲×۲۰×۲۰ سانتی متر به قیمت های ۲۵۰۰ تا ۳۵۰۰ ریال برای هر بلوک موجود است . [۱۶]

این بتن از طریق اختلاط و پخت مواد اولیه ای چون ماسه سیلیسی ، آهک ، شیمان ، پودر آلومینیوم و آب تولید می شود . رنگ سفید ، دارای وزن مخصوصی در حدود $600 \frac{kg}{m^3}$ و مقاومت فشاری ۳۰ تا ۳۵ کیلو گرم بر سانتی متر مربع می باشد . بتن گازی بر سبکی ، از مقاومت مناسبی در برابر آتش سوزی و انتقال حرارت و صوت برخوردار است . یکی دیگر از ویژگی های مهم بتن گازی مورد مصرف قرار گرفتن ضایعات آن به عنوان پوکه می باشد ، در حالی که ضایعات زیاد آجر عملاً بدون مصرف می ماند .

عیق بودن بتن سبک گازی در برابر گرما و سرما ، علاوه بر صرفه جویی چشمگیر در فضای تاسیساتی و سطح حرارتی - برودتی ، موجب کاهش در مصرف انرژی لازم برای سرمایش و گرمایش ساختمان در آینده خواهد شد .

متأسفانه ، تکنولوژی ساخت این بتن در همه جای کشور موجود نیست و ممکن است در نگاه اول ، هزینه حمل آن زیاد به نظر برسد . اما با توجه به مزایایی که دارد ، مصالح مناسبی جهت استفاده در ساختمان می باشد.

از جمله مراکزی که در ایران به تولید بتن گازی سبک می پردازد ، کارخانه هیلکس است. از لحاظ اقتصادی محصولات این کارخانه به صورت بلوک هایی با ابعاد $10 \times 25 \times 60$ تا $30 \times 25 \times 60$ سانتی متر متر و وزنی بین ۹ تا ۲۷ کیلو گرم در قیمت های ۲۷۶۱ تا ۶۸۵۷ ریال عرضه می شود . [۱۷]

پلی استایرن یک ماده شیمیایی است که در سالهای اخیر به عنوان جایگزین همه با بخشی از سنگدانه در بتن ذهن مهندسين عمران را به خود مشغول ساخته و در همین زمینه گزارش هایی ارائه و تحقیقاتی نیز انجام شده است .

در ساخت بتن با پلس استایرن ، دو نوع سبکدانه پلی استایرنی قابل استفاده است :

-

۲- سبک دانه پلی استایرنی که از خرد کردن قطعات ساخته با پلی استایرن به دست آمده و دارای اشکال نامنظمی است .

,

.

چگالی بتن سبک ساخته شده با پلی استایرن می تواند از حدود 300 Kg/m^3 تا 1600 Kg/m^3 متغیر باشد. [۲] حد پائین این محدوده برای حالتی است که همه سنگ دانه با پلی

استایرن جایگزین و حد بالای آن هم برای حالتی است که درصدی از سنگ دانه با پلی استایرن جایگزین شود. در همین رابطه باید توجه شود که چون مقاومت فشاری بتن با چگالی آن نسبت مستقیم دارد، چنانچه درصد پلی استایرن زیاد باشد، به علت چگالی کم و بالتبع مقاومت پائین، نمی توان از آن برای ساخت قطعات باربر استفاده نمود و فقط قطعات جدا کننده و غیر باربر قابل استفاده می باشد.

مزایای بتن سبک پلی استایرنی عبارتند از:

۲- از نظر عایق حرارتی از دیگر انواع بتن سبک عایق تر است؛ زیرا پلی استایرن از دیگر موادی که به عنوان سبک دانه استفاده می شود، مقاومت حرارتی زیادتری دارد.

۳- در گذشته به علت اینکه پلی استایرن در ایران تولید نمی شده و از خارج وارد می شد، قیمت این مصالح گران و از نظر اقتصادی به صرفه نبود. ولی امروزه به دلیل تولید آن در کشورمان قیمت آن ارزان و از لحاظ اقتصادی به صرفه است.

:

۱- اجرای سخت: اجرای بتن پلی استایرنی به چند دلیل مشکل و پردردسر است: اول اینکه چون دانه ها سبک هستند، در هوا پخش می شوند که از نظر آلودگی و مزاحمت در کار، دردسر ساز است. دوم اینکه چون دانه ها دارای بار الکتریکی می باشند، ملات به سطح دانه ها خوب نمی چسبد و سوم اینکه نمی توان این بتن را با روش های معمول کوبیده و ویبره نمود (دانه ها به علت سبکی به بالای مخلوط آمده و مخلوط، ناهمگن می گردد) و ساخت بتن همگن مشکل است. البته برای همگن کردن آن یکسری مواد افزودنی همگن کننده، تولید و بکار گرفته شده که تا حدودی این مشکل را حل نموده است.

۲- مقاومت کم در برابر آتش: بتن پلی استایرنی به علت ضعف پلی استایرن در مقابل آتش دارای مقاومت آتش سوزی پایین می باشد.

۳- جمع شدگی و خزش بتن پلی استایرنی زیاد است، به طوری که معمولاً استانداردهای لازم را برآورده نمی کند. در این مورد نیز چنانچه از خاکستر بادی یا میکروسیلیس استفاده شود تا حدودی این خواص بهبود می یابد.

در ادامه، جداول و نمودارهای مربوط به طرح اختلاط های سه نمونه بتن پلی استایرنی با چگالی های ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب، بدون خاکستر بادی و با خاکستر بادی، و

همچنین مقدار آب، مقاومت و دانسیته، جمع شدگی، کمیت R و هدایت حرارتی، برای مقایسه و درک بهتر مطالب، ارائه شده است. [۲]

Matrerial	P600	PF600	P800	PF800	P1000	PF1000
Cement $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$	350	230	400	270	450	300
Fly Ash $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$	-	120	-	130	-	150
Sand $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$	-	-	180	180	340	340
Polystyrene $\left(\frac{l}{m^3}\right)$	1000	1000	900	900	850	450
Water $\left(\frac{l}{m^3}\right)$	180	180	180	180	180	180
Water Demand $\left(\frac{l}{m^3}\right)$	116	98	123	111	152	143

-

Concrete	Age			
	7 Days		28 Days	
	Strength (MPa)	Wet Density (kg/m ³)	Strength (MPa)	Wet Density (kg/m ³)
P600	0.5	530	0.8	550
PF600	0.6	480	0.7	520
P800	3.2	820	3.8	820
PF800	1.4	760	2.1	760
P1000	5.5	1020	6.7	1040
PF1000	3.0	980	4.6	990

-

Concrete	56-Day shrinkage(Micro strain)
P600	2690
PF600	2290
P800	1840
PF800	1630
P1000	1300
PF1000	1260

-

Concrete	R-value $3\% \pm m^{20} C/W$ (	Conductivity $3\% \pm m^{20} C/W$ (
P600	0.746	0.134
PF600	0.755	0.132
P800	0.456	0.219
PF800	0.462	0.216
P1000	0.325	0.308
PF1000	0.342	0.292

* برای قطعه با ضخامت ۱۰۰ mm

جدول ۴- مقادیر R و λ برای آزمون‌های بتن سبک پلی استایرنی

این سنگ به رنگ سفید مایل به زرد تا خاکستری روشن با منافذ باز و بسته نامنظم و سطح ظاهری ناصاف و گوشه دار است. پوک‌های معدنی در اثر انباشته شدن خاکسترهای آتشفشانی و آهسته سرد شدن آنها همراه با انبساط ناشی از حباب‌های بوجود آمده توسط بخار و گازهای موجود در آن بوجود می‌آید. این سنگ در اطراف کوه‌های آتشفشانی و بخصوص در حوالی چشمه‌های آب معدنی دیده می‌شود. معادن آن بسیار غنی بوده و در بسیاری از نقاط ایران موجود است. در ایران می‌توان از پوک‌های معدنی بستان آباد تبریز و ملارد و زینه (واقع در جاده هزاره، از توابع آمل واقع در استان مازندران) نام برد.

وزن مخصوص پوک‌ها، کم و در حدود 7 kg/m^3 و از لحاظ حرارتی از مقاومت بالایی برخوردار است. نقطه ذوب آن بالا (۱۳۴۲ درجه سانتی گراد) و تا حرارت ۷۶۰ درجه سانتی گراد تغییر قابل ملاحظه‌ای در شکل و حجم آن ایجاد نمی‌شود. [۳]

موارد مصرف پوک‌های معدنی عبارت است از:

۱- جهت شیب بندی بامها و کف ساختمان (که سبب عایق شدن صوتی و حرارتی سقف می‌شود)

۲- تهیه بلوکهای سبک سقفی و دیواری، موزائیک سبک، برای قطعات سازه ای سبک و غیر سازه ای

۳- به عنوان عایق حرارت ردخانه ها، گرمخانه ها و پوشش لوله های حرارتی

با توجه به فرمول تجربی فوریه (Fourier) برای جریان حرارتی یک بعدی می‌توان معادله تجربی زیر را در نظر گرفت:

$$\frac{dq}{d\theta} = q = -\lambda A \frac{dt}{dx}$$

$\frac{dq}{d\theta}$: انتقال حرارت یا جریان حرارتی در زمان θ

A: مساحت جداری که حرارت در آن جریان دارد

dt: اختلاف درجه حرارت دو طرف جدار که موجب جریان حرارتی شده

dx: طول مسیر جریان حرارتی در داخل جدار در جهت جریان

λ : ضریب تناسب که موسوم به جریان حرارتی است

از علامت منفی که نشان دهنده اتلاف انرژی است می توان صرفنظر کرده و معامله را به صورت زیر در آورد:

$$q = \lambda A \frac{dt}{dx}$$

$$\lambda = \frac{q}{A} \times \frac{dx}{dt} \left[\frac{kcal}{h \times m \times ^\circ C} \right], \left[\frac{W}{m^{\circ} C} \right] \quad \text{و یا به عبارتی:}$$

,

:

$$q = A \times \frac{\lambda}{x} (T_i - T_e)$$

T_i : دمای داخل

T_e : دمای خارج جدار ساختمان

مقاومت حرارتی: عکس ضریب هدایت حرارتی را مقاومت حرارتی می نامند و هر جسمی که مقاومت حرارتی بیشتری داشته باشد، عایق حرارتی بهتری است.

$$U = \frac{1}{R} = \frac{\lambda}{x}$$

$$R = \frac{x}{\lambda}$$

به عبارت ساده می توان فرمول فوریه راه صورت زیر نوشت:

$$q = A \times \frac{T_i - T_e}{R} = AU(T_i - T_e)$$

مقاومت حرارتی که یک جدار مرکب که از روی آزمایش های مختلف بدست آمده مساوی

است با مجموع مقاومت های حرارتی هر یک از جداره های تشکیل دهنده آن و برابر است با:

$$\sum R = R_t = R_a + R_b + R_c + \dots$$

البته باید در نظر داشت در جریان حرارتی بین یک سیال (گاز - مایع) و یک جداره جامد،

لایه نازکی از یک سیال (هوا) وجود دارد که به صورت یک ورقه نسبتاً ساکن به سطح جدار متصل

است و به عنوان یک مقاومت اضافی در برابر جریان حرارتی عمل می نماید. ضخامت این لایه

عمدتاً از شرایط وزش محیط تاثیر می پذیرد و مقادیر مقاومت مربوط به آن در مبحث نوزدهم مقررات ملی موجود است .

برای تعیین میزان انرژی مصرفی ، می توان معادله بالا را به صورت زیر در نظر گرفت :

$$q = H \times T^*$$

که در آن :

H: ضریب انتقال حرارت .

T*: درجه روز سالیانه می باشد .

برای مصالح فوق ، مقدار جریان حرارتی (λ) به شرح زیر می باشد [۱۴]:

- لیکا : $W / m^{\circ}C$ $\lambda = 0.19$ وزن مخصوص $= 800 \frac{kg}{m^3}$

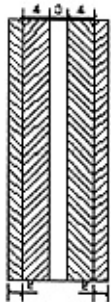
- بتن پلی استایرن : $W / m^{\circ}C$ $\lambda = 0.16$ وزن مخصوص $= 600 \frac{kg}{m^3}$

- بتن گازی : $W / m^{\circ}C$ $\lambda = 0.17$ وزن مخصوص $= 450 \frac{kg}{m^3}$

- پوکه معدنی : $W / m^{\circ}C$ $\lambda = 0.44$ وزن مخصوص $= 1200 \frac{kg}{m^3}$

در هر مورد ، ضریب انتقال حرارت سطحی (U) به صورت محاسبه زیر محاسبه می شود :

۱- بلوک لیکا مجوف با ابعاد نشان داده شده :



لایه هوای خارجی : m^2C / W $R = 0.06$

لایه هوای خارجی: m^2C / W $R = 0.11$

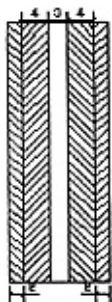
هوای محبوس در وسط: m^2C / W $R = 0.16$

گچ: m^2C / W $\lambda = 0.5$ $W / m^{\circ}C \Rightarrow R = 2 \times .02 / .5 = .08$

$$R_w = 2 \times \frac{0.02}{0.5} + 2 \times \frac{0.04}{0.19} + 0.16 + 0.11 + 0.06 = 0.08 + 0.42 + 0.16 + 0.11 + 0.06 = 0.83$$

$$U_w = \frac{1}{R_w} = 1.205 \quad W / m^2C$$

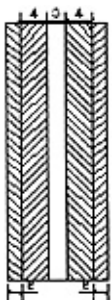
۲- بلوک پوکه:



$$R_w = 2 \times \frac{0.02}{0.5} + 2 \times \frac{0.04}{0.44} + 0.16 + 0.11 + 0.06 = 0.59 \quad \text{m}^2\text{C/W}$$

$$U_w = 1.695 \quad \text{W/m}^2\text{C}$$

۳- بلوک بتن پلی استایرنی:



$$R_w = 2 \times \frac{0.02}{0.5} + 2 \times \frac{0.04}{0.16} + 0.16 + 0.11 + 0.06 = 0.91 \quad \text{m}^2\text{C/W}$$

$$U_w = 1.099 \quad \text{W/m}^2\text{C}$$

۴- بلوک بتن گازی:



بلوکهای بتنی گازی، معمولاً به صورت توپر می باشند

و کل ضخامت دیوار را در بر می گیرند.

$$R_w = 2 \times \frac{0.02}{0.5} + \frac{0.15}{0.17} = 0.96 \quad \text{m}^2\text{C/W}$$

$$U_w = 1.099 \quad \text{W/m}^2\text{C}$$

در این قسمت، ضریب انتقال حرارتی سطحی، در مورد مصالح معمولی که در دیوارها استفاده می شود، محاسبه شده است.

۱- دیوار ۳۰ سانتی با آجر توپر:



با فرض ابعاد متداول در بلوک آجری به صورت:

- ضخامت ۵،۵ سانتی متر، عرض ۱۰ تا ۱۱ سانتی متر، طول ۲۰ تا ۲۲ سانتی متر

$$R = 0.2 \quad m^2 C / W$$

-

$$R = 0.17 \quad m^2 C / W \quad :$$

$$\lambda = 0.5 \quad W / m^2 C \Rightarrow R = .02 / .5 = .04 \quad m^2 C / W \quad \text{گچ} :$$

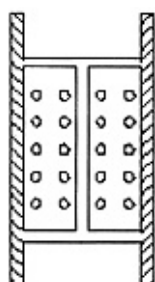
:

$$\lambda = 1.15 \quad W / m^2 C \Rightarrow R = .2 / 1.15 = .017 \quad m^2 C / W$$

$$R_w = .2 + .17 + .04 + .017 = .43 \quad m^2 C / W$$

$$U_w = 2.326 \quad W / m^2 C$$

۲- آجر سوراخدار:



وزن مخصوص ماده سفالی بین ۱۷۷۰ تا ۲۰۰۰

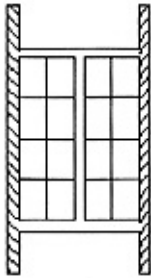
کلوگرم بر مترمکعب و درصد روزه ها بین ۲۵ تا ۴۰ درصد:

$$R = .28 \quad m^2 C / W$$

$$R_w = .28 + .17 + .04 + .017 = .507 \quad m^2 C / W$$

$$U_w = 1.972 \quad W / m^2 C$$

۳- بلوک سفالی (دیوار):



$$R_w = .39 + .17 + .04 + .017 = .617 \quad m^2 C / W$$

$$U_w = 1.621 \quad W / m^2 C$$

۴- بلوک سیمانی دیوار:



$$R_w = .19 + .17 + .04 + .017 = .417 \quad m^2 C / W$$

$$U_w = 2.400 \quad W / m^2 C$$

بنابراین همانطور که مشاهده می شود با استفاده از بتن سبک, مقاومت حرارتی تقریباً ۲ تا ۳ برابر نسبت به دیوارهای معمولی افزایش می یابد.

محاسبه وزن دیوارهای ذکر شده:

دیوارهای سبک:

۱- وزن بلوک در یک متر مربع:

$$= 2 \times 0.4m \times 880 \frac{kg}{m^3} \times 1.15 + 2 \times 0.02 \times 1600 \frac{kg}{m^3} = 81 + 64 = 145 \frac{kg}{m^2}$$

۲- وزن بلوک :

$$= 2 \times 0.04m \times 1200 \times 1.15 + 2 \times 0.02 \times 1600 = 96 + 64 = 160 \frac{kg}{m^2}$$

۳- وزن بلوک دیوار:

$$= 2 \times 0.14m \times 600 \times 1.15 + 2 \times 0.02 \times 1600 = 55 + 64 = 119 \frac{kg}{m^2}$$

- :

$$= 0.15 \times 450 + 2 \times 0.02 \times 1600 = 67.5 + 64 = 132 \frac{kg}{m^2}$$

دیوارهای معمولی :

$$1 - W = 0.105 \times 1800 \frac{kg}{m^3} + 2 \times 0.02m \times 1600 \frac{kg}{m^3} = 184 + 64 = 253 \frac{kg}{m^2}$$

$$2 - W = 0.105 \times 850 \frac{kg}{m^3} + 2 \times 0.02m \times 1600 \frac{kg}{m^3} = 89 + 64 = 153 \frac{kg}{m^2}$$

$$3 - W = 0.105 \times 2000 \frac{kg}{m^3} + 2 \times 0.02m \times 1600 \frac{kg}{m^3} = 210 + 64 = 274 \frac{kg}{m^2}$$

$$4 - W = 0.105 \times 2100 \frac{kg}{m^3} + 2 \times 0.02m \times 1600 \frac{kg}{m^3} = 210 + 64 = 274 \frac{kg}{m^2}$$

دیوارهای با مصالح سبک به طور متوسط ۶۰ درصد دیوارهای با مصالح معمول می باشد که اثر آن به خصوص در برآورد نیروی زلزله مؤثر است.

برای آنکه بتوانیم مقایسه ای بین میزان صرفه جوئی انرژی در صورت استفاده از هریک از عایقهای فوق در دیوار داشته باشیم، مقدار آن را در یک ساختمان با مشخصات زیر تعیین می کنیم:

-

- سطح زیر بنای هر طبقه $1200 m^2$

- سطح دیوارها :

- دیوارهای شمالی - جنوبی :

- (%) $\times \times \times = m^2$

- : []

$$T^* = 2236$$

درجه - روز

$H_w = U_w \times A_w (W/^{\circ}C)$	
381	
536	
348	
280	
735	
623	
512	
760	

()	(KW.h)		
68400	18997		
46800	12987		
25300	7030		
73220	20339		
38400	10679		
16800	4669		
---	---		
43300	12021		
74800	20768		
53100	14758		
31700	8801		
79600	22110		
87900	24417		
66300	18406		
44800	12450		
92700	25759		

مقایسه قیمت دیوارهای ساخته شده با دو نوع بتن سبک و دو نوع مصالح معمولی با توجه
 قیمت‌های شهریور ۱۳۸۱ در جدول زیر درج شده است. [۱۷]

× 11 × 5.5 21	25× 20 × 60	25× 10 × 20	49× 19 × 20	()
220	5434	720	3380	()
124.30	6.00	33.00	9.30	
2.0	18.0	4.0	10.5	()
27346	32604	23760	31434	
248.6	108.0	132.0	97.7	
547	652	475	629	()
27893	33256	24235	32063	
25	25	25	25	()
400	400	400	400	()
164	164	164	164	()
68.0	23.5	44.0	20.0	()
11152	3854	7216	3280	
124.2	42.9	80.3	36.5	
7771	6413	6413	3425	
71.3	60.0	60.0	30.3	
160000	160000	160000	160000	()
40000	40000	40000	40000	()
15	25	20	32	
16000	9600	12000	7500	
62816	53123	49864	46268	()
444.1	210.9	272.3	164.5	

بر اساس آمارهای موجود [۱۱] برای سرمایش و گرمایش خانه های مسکونی حدود ۸۰٪ انرژی مصرفی از مواد نفتی و بقیه از انرژی الکتریکی بدست می آید. با توجه به اینکه هر متر مکعب گاز طبیعی دارای انرژی معادل ۳۸,۶ مگا ژول، و هر لیتر مواد نفتی دارای انرژی معادل ۴۰,۸ مگاژول می باشد. حجم صرفه جویی گاز طبیعی و مواد نفتی سالیانه به صورت زیر می باشد.

()	()	
194	733	
90	338	
256	970	
265	1001	

با توجه به محاسبات انجام شده مشاهده می شود در صورت استفاده از مصالح سبک ذکر شده، مقاومت حرارتی دیوارها دو تا سه برابر می گردد که این افزایش مقاومت حرارتی در دیوارها، برای واحد مسکونی دو طبقه، به تنهایی حدود 200 m^3 گاز در سال صرفه جویی به همراه می آورد. در صورت استفاده انبوه از این مصالح می تواند شاهد صرفه جویی چشمگیر در سوخته های فسیلی در هر سال بود.

از سوئی دیگر قیمت اجرای این دیوارها، تفاوت چندانی با دیوارهای معمولی ندارد و در ضمن در مناطق زلزله خیز در صورت کاهش وزن مرده سازه و بالتبع کاهش نیروی زلزله می توان ابعاد اجزاء سازه ای ساختمان را کوچکتر اختیار کرد و در مصرف مصالح سازه ای صرفه جویی به عمل آورد. بنابراین ممکن است استفاده از مصالح سبک باعث کاهش هزینه تمام شده ساختمان نیز بشود.

همانطور که پیداست استفاده از مصالح سبک بدون در برداشتن هزینه اضافی می تواند نقش مناسبی در عایق سازی حرارتی ساختمان ایفا کند. بدین روی بر مسؤولین امر است که با فرهنگ سازی مناسب در میان عموم سازندگان ساختمان نسبت به گسترش فرهنگ استفاده از مصالح سبک اهتمام بورزند.

مراجع:

- 1- "Optimizing insulation thickness for building using life cycle cost", Applied Energy G3 (1999) 115-124.
- 2- S. G. Park and D. H. Chisholm, "Polystyrene Aggregate Concrete", Study report No. 85 (1999)
- 3- "www.malarpumice.com", Malar Co

۵- محمدی تهرانی، فریبرز: “راهنمای جامع لیکا”، شرکت لیکا

۶- اسلامی، حسین؛ مصطفوی، فاطمه: “راهنمای حرارتی ساختمان”، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، سال ۱۳۸۱

۷- نجفی امین، هوشنگ: “طرح خانه های اقتصادی از نظر مصرف انرژی برای مناطق معتدل”، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، سال ۱۳۷۱

۸- کسمایی، مرتضی: “پهنه بندی اقلیمی ایران، مسکن و محیط های مسکونی”، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، سال ۱۳۷۱

۹- محمد کاری، بهروز؛ فیاض، ریما؛ صدر، فرامرز: “ممیزی انرژی دو ساختمان مسکونی در تهران”، مجموعه مقالات اولین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در بخش ساختمان

۱۰- محمد کاری، بهروز؛ کسمایی، مرتضی: “محاسبه روز درجات گرمایش و سرمایش و تعیین گروه بندی نقاط مختلف کشور از نظر نیاز به صرفه جویی در مصرف انرژی”، مجموعه مقالات اولین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در بخش ساختمان

۱۱- سروش، تورج: “تعیین الگوریتم مناسب جهت ممیزی انرژی در واحدهای مسکونی”، مجموعه مقالات اولین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در بخش ساختمان

۱۲- “اتلاف حرارت و میعان در ساختمان های متداول”، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

۱۳- مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، بارهای وارد بر ساختمان، سال ۱۳۸۱

۱۴- مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان، صرفه جویی در مصرف انرژی، سال ۱۳۸۱

۱۵- راهنمای مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان، جلد ۱، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان، وزارت مسکن و شهرسازی، سال ۱۳۸۱

۱۶- “مجموعه کاتالوگ های فرآورده های بتن سبک لیکا”، شرکت لیکا

۱۷- “راهنمای هبلکس”، شرکت کارخانجات بنای سبک قدس رضوی

۱۸- “راهنمای پوکه معدنی”، شرکت پوکه معدنی ملار