

ساختمانهای بتنی دیوار باربر و مقایسه فنی و اقتصادی آنها

آرزو امدادی
محمد هادی جلیلی

یکی از مهم ترین مواردی که در امر بهینه سازی و صرفه جویی مصرف سوخت به چشم می خورد، فرهنگ سازی میان کسانی است که به نوعی در میزان مصرف انرژی در ساختمان نقش دارند. یکی از مهمترین این گروه ها انبوه سازان مسکن هستند. به دلیل این که صرفه جویی و بهینه سازی هر چند اندک در یک واحد مسکونی به دلیل انبوه سازی، در مجموع، مقادیر قابل توجهی صرفه جویی در هزینه تمام شده در بر خواهد داشت این گروه از دست اندرکاران صنعت ساختمان تمایل بیشتری نسبت به کاربرد فناوریهای جدید در ساختمان دارند. یکی از معمول ترین روش های انبوه سازی مسکن استفاده از دیوارهای باربر به صورت پیش ساخته یا درجا ریز است. در این مقاله روش های مختلف عایق سازی حرارتی این نوع ساختمانها بررسی می شود. این روشها بر پایه افزایش مقاومت حرارتی اعضای سازه ای قرار دارند و به طور عمده به دو بخش تقسیم می شوند.

در روش اول از عایق های حرارتی مختلف به صورت لایه ای در کنار اجزای سازه ای و یا مدفون در آن استفاده می شود. روش دوم مبتنی بر استفاده از مصالح سازه ای است که خواص عایق حرارتی را دارا هستند. مصالح اصلی مورد استفاده در این بخش بتن سبک است. این مصالح علاوه بر ایفای نقش سازه ای در دیوار به عنوان عایق حرارتی نیز عمل می کنند. علاوه بر این که به دلیل سبکی، در کاهش نیروی زلزله موثر بر سازه نقش عمده ای دارند.

در نهایت هزینه تمام شده برای عایق سازی ساختمان طبق ملزومات آیین نامه (مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان) در هر دو رویکرد بررسی می شود.

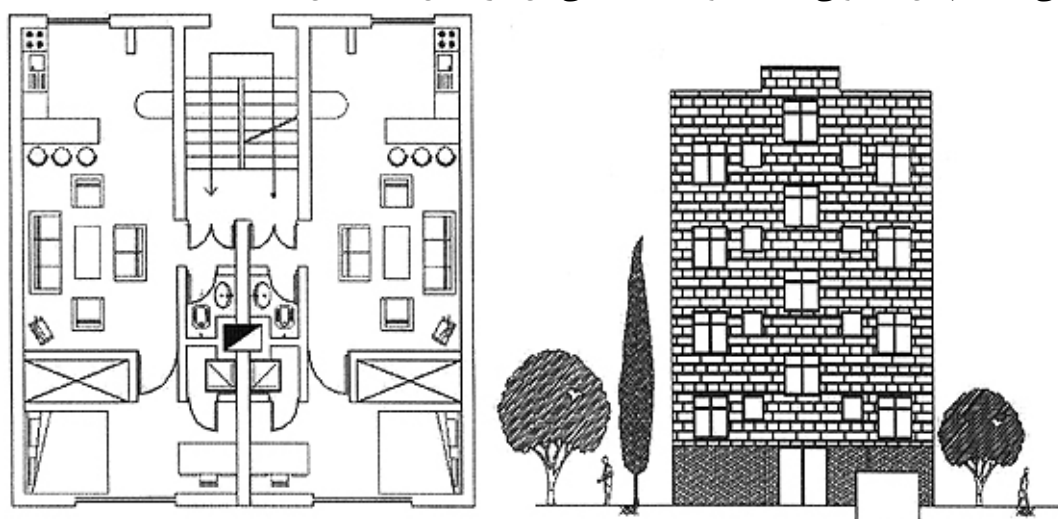
مصرف انرژی در بخش خانگی در سال ۷۹ معادل ۲۱۰ میلیون بشکه نفت خام بوده است که در مجموع بخش خانگی ۳۴٪ مصرف انرژی را به خود اختصاص داده است که درصد بالایی از آن برای تامین دمای آسایش مورد استفاده قرار می گیرد. رفتار آگاهانه خانواده ها و درک اهمیت انرژی در اقتصاد امروز می تواند کاهش رشد مصرف در بخش خانگی را در برداشته باشد. از طرفی سوخت فرآورده های نفتی و ایجاد آلودگی هوا و تخریب محیط زیست از جمله عواملی هستند که باعث می شود با دید وسیع تری به موضوع بهینه سازی مصرف سوخت در بخش ساختمان نگاه شود.

مصالح ساختمانی مختلف کاربردهای مختلفی در صنعت ساختمان دارند. انتخاب نوع مصالح مورد استفاده در یک ساختمان و همچنین روش اجرای کار به امکانات موجود، در دسترس بودن مصالح و فناوری ساخت، سابقه کاربرد و در نهایت هزینه تمام شده بستگی دارد. اگر انتخاب مصالح بر اساس روشهای علمی و با دقت انجام شود، می تواند ضررها را به حداقل ممکن برساند. به عنوان مثال استفاده نادرست از مصالح ساختمانی و یا استفاده نکردن از عایقهای حرارتی مناسب در ساختمانها باعث اتلاف مقدار زیادی انرژی و سوخت می شود.

امروزه در حدود مقادیر زیادی از هزینه های مصرفی، مربوط به مصرف سوخت می باشد که می توان با استفاده از عایقهای حرارتی تا حد زیادی در این هزینه ها صرفه جویی کرد. عایقکاری کمک می کند که مصرف سوخت بهینه تر انجام پذیرد. انتخاب مناسب عایقهای حرارتی در ساختمان باعث به کار رفتن تأسیسات کوچکتر حرارتی و استفاده کمتر از سوختهای فسیلی خواهد شد و این گامی بزرگ در جهت تمیز نگه داشتن محیط زیست خواهد بود. هم اکنون که ارزش سوخت و به خصوص سوخت های فسیلی مشخص گردیده و این ماده حیاتی به عنوان یکی از سرمایه های اصلی کشور محسوب می شود، بهینه سازی مصرف آن بایستی بطور جدید در اولویت طرح های ملی قرار گرفته تا علاوه بر جلوگیری از مصرف بی رویه سوخت، هزینه های این بخش کاهش یابد.

در این مقاله یک ساختمان با دیوار باربر از نظر عایقکاری حراری مورد بررسی قرار می گیرد. ابتدا اتلاف انرژی این ساختمان وقتی که عایقکاری نشده باشد به دست می آید سپس ملزومات آیین نامه مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان در آن ارضا می شود. برای ارضای این ملزومات چند روش مختلف عایق سازی بررسی می گردد. پس از آن مقدار انرژی صرفه جویی شده ناشی از عایقکاری در واحد نمونه تعیین می شود و با توجه به هزینه های صرفه جویی شده ناشی از کاهش مصرف انرژی ، دوره بازگشت سرمایه هزینه شده به دست می آید.

سازه ای که برای مطالعه در نظر گرفته شده، یک ساختمان مسکونی دیوار باربر چهار طبقه می باشد. این ساختمان به صورت جنوبی و دارای دو واحد در هر طبقه با زیر بنای هر واحد $55m^2$ و یک پارکینگ در طبقه همکف است. محل احداث این ساختمان در شهر تهران حوالی نمایشگاه می باشد. پلان معمولی طبقات و نمای شمالی آن در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل (۱) - پلان معماری طبقات و نمای شمالی ساختمان نمونه

برای محاسبه میزان صرفه جویی لازم عوامل ویژه اصلی بر اساس مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان تعیین می گردد. این عوامل ویژه اصلی عبارتند از:

" "

:

-

.

:

-

.

:

-

.

با استفاده از مشخصات و ابعاد ساختمان خواهیم داشت:

$$A_w = 396 \text{ m}^2$$

$$A_f = 11.1 \times 11.4 = 126.5 \text{ m}^2$$

$$A_r = 11.1 \times 11.4 = 126.5 \text{ m}^2$$

$$A_g = 11.1 \times 14.7 \times 2 \times 0.30 = 98 \text{ m}^2$$

$$A_D = 2.1 \times 1.5 \times 2 = 6.3 \text{ m}^2$$

$$P = 2 \times (11.1 + 11.4) = 45 \text{ m}^2$$

با توجه به عوامل اصلی موثر در مصرف انرژی در این ساختمان که به آن اشاره شد مقادیر U مرجع از آئین نامه به دست می آید.

ضریب انتقال حرارت مرجع ($\hat{H}$) برابر خواهد بود با :

$$\hat{H} = 396 \times 0.88 + 126.5 \times 0.38 + 126.5 \times 0.57 + 98 \times 1.83 + 98 \times 2.4 + 6.3 \times 4.41 = 912 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

با توجه به مشخصات ساختمان نمونه ضرایب انتقال حرارت اجزای آن به دست می آید. نحوه تعیین ضریب انتقال حرارت اجزای ساختمان به این صورت است که مقاومت حرارتی هر یک از جدارهای تشکیل دهنده اجزای ساختمان، R ، تعیین می شود سپس مقاومت حرارتی کل از جمع مقاومت حرارتی اجزا به دست می آید. ضریب انتقال حرارت برابر عکس مقاومت حرارتی می باشد.

$$U = 1/R$$

$$R = t/\lambda$$

مشخصات سقف و دیوار در واحد نمونه به صورت زیر می باشد:

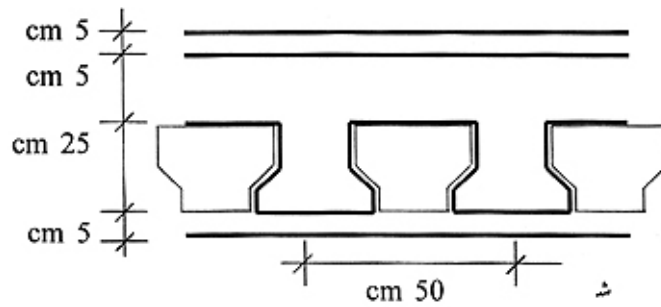
سقف تیرچه بلوک سفالی :

ضخامت بدنه سفالی بلوک : 10-8 mm

ضخامت بلوک : 25 cm

آسفالت بام : 5 cm

گچ و خاک : 3 cm



شکل (2): سقف تیرچه بلوک سفالی

مشخصات دیوار :

3 cm :

20 cm :

آجر نما : 3 cm

جزئیات محاسبه R، برای سقف و دیوارها در جدول (۱) آورده شده است. مقادیر U با استفاده از جدول (۱) برابر خواهد شد با:

$$: R_F = \sum R_i = .66 \Rightarrow U_F = \frac{1}{R_F} = 1.52 W / m^2 C$$

$$\text{دیوار} : R_W = \sum R_i = .114 + .086 + .17 + .03 = .4 \Rightarrow U_W = \frac{1}{R_W} = 2.5 W / m^2 C$$

$$U_G = 4.2$$

$$U_D = 4.41$$

$$U_P = 1.83$$

پس ضریب انتقال حرارت ساختمان نمونه برابر خواهد شد با :

$$H = 2,5 \times 396 + 2 \times 1,52 \times 126,5 + 4,2 \times 98 + 6,3 \times 4,41 + 45 \times 1,83 = 2357 W/^{\circ}C$$

R= t/ λ (m ² .°c/W)	ضخامت (m)	λ W/ m.°c	
0.35	-	--	بلوک سفالی
0.07	0.05	0.7	پوشش بام (آسفالت خالص)
0.1	0.03	0.3	گچ اندود
0.09	-	-	لایه هوای داخل
0.05	-	-	لایه هوای خارج
R= 0.66	--	--	مجموع برای سقف
			دیوار بتنی
0.114	0.20	1.75	بتن

0.086	0.03	0.35	گچ و خاک
0.17	-	-	هوای اطراف
0.03	-	-	آجرنما
$R = 0.4$	--	--	مجموع برای دیوار

جدول (۱) - جزئیات محاسبه R، برای سقف و دیوارها ساختمان بدون عایق

ساختمان عایق بندی شده :

عایق بندی سقف : با استفاده از یک سقف کاذب گچی و عایق پلی استایرن و یک لایه هوا سقف را عایق بندی می کنیم.

عایق بندی دیوار : دیوار با فرض یک لایه عایق حرارتی که می تواند پشم شیشه، پلی استایرن، پلی یورتان و یا بتن سبک باشد عایق بندی می شود. محاسبات مقادیر R و U در جدول (۲) آمده است. برای آنکه ملزومات آیین نامه رعایت شود می توان مقاومت حرارتی سقف و دیوارها را به طور جداگانه یا توأمان افزایش داد. در این جا فرض می شود عایق بندی سقف ثابت باقی بماند و با توجه به آن ، مقدار عایق بندی دیوارها به نحوی تعیین شود که ضریب انتقال حرارت کل ساختمان برابر ضریب انتقال حرارت مرجع بشود.

با استفاده از جدول (۲) برای سقف داریم:

$$U_F = 1/R = 1/3.03 = 0.33$$

$R = t/\lambda \text{ (m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W)}$	ضخامت (m)	λ W/ m. $^\circ$ C	
1.4	-	--	بتن معمولی با ماسه رودخانه ای
0.11	0.04	0.35	گچ قطعات پیش ساخته شده با روکش مقوایی
0.7	-	-	پوشش نهایی بام (آسفالت)
0.09	-	-	لایه هوای داخل
0.05	-	-	لایه هوای خارج
0.17	0.01	0.058	
1.95	0.08	0.041	پلی استایرن
R=3.03	--	--	مجموع برای سقف

جدول (۲) - جزئیات محاسبه R، برای سقف عایق بندی شده

حداقل مقاومت حرارتی مورد نیاز برای دیوار برابر است با

$$H = U \times 396 + 2 \times 0.33 \times 126.5 + 4.2 \times 98 + 6.3 \times 4.41 + 45 \times 1.83 = 605 + U \times 396$$

$$605 + U \times 396 = 912 \Rightarrow U_{\max} = 0.77 \Rightarrow R_{\min} = 1/0.77 = 1.3$$

بر اساس محاسبات فوق ضخامت مورد نیاز برای عایق های مختلف را به منظور رسیدن به این حداقل مورد نظر، به دست می آید. این مقادیر در جدول زیر نمایش داده شده است . که البته ضخامت محاسبه شده ۵۲ سانتی متر برای بتن سبک تئوریک بوده و اجرایی نمی باشد.

نوع عایق	ضخامت مورد نیاز برای عایقکاری
پشم شیشه	۳ سانتی متر
پلی استایرن	۳/۵ سانتی متر
پلی یورتان	۳ سانتی متر
بتن با قالب بتن پلی استایرنی دائم	ضخامت قالب ۴ سانتی متر
بتن سبک سازه ای	ضخامت بتن دیوار، ۵۲ سانتی متر

() -

محاسبات اقتصادی:

با توجه به اختلاف ضریب انتقال حرارت ساختمان اولیه و پس از عایقکاری مقادیر انرژی صرفه جوئی شده در یک سال در ساختمان مورد نظر به دست می آید. برای محاسبه انرژی صرفه جویی شده اختلاف ضریب انتقال حرارت در روز- درجه گرمایش شهر تهران ضرب می شود. به دلیل دخالت عوامل مختلف مانند وجود پلهای حرارتی، کاهش بهره گیری از انرژی خورشیدی به دلیل عایقکاری و عواملی از این دست انرژی صرفه جویی شده محاسباتی باید به وسیله ضریبی (Cf) تصحیح گردد. با توجه به تحقیقات انجام شده توسط محققین نروژی [۲] این ضریب برای ساختمان مورد بحث حدود ۰,۷ تخمین زده می شود.

$$\Delta H = H^1 - H^2 = 2357 - 912 = 1445W$$

$$\begin{aligned} \text{کل انرژی صرفه جویی شده} &= \Delta H \times 2236 \times C_f = 1445 \times 2236 \times 0.7 = 2261714 \text{ Day.W} \\ &= 2261714 \times 24 \times 3600 = 1.954 \times 10^{11} J \end{aligned}$$

هر متر مکعب گاز طبیعی حامل ۳۸.۶ مگا ژول و هر لیتر مواد نفتی حامل ۴۰.۸ مگاژول انرژی می باشد بنابراین انرژی صرفه جویی شده در یک سال در ساختمان مورد بحث معادل ۵۰۶۲ متر مکعب گاز و ۴۷۹۰ لیتر مواد نفتی می باشد . جدول ۴ دوره بازگشت سرمایه گذاری اولیه برای

عایقکاری ساختمان با توجه به نوع مصالح عایقکاری را نشان می دهد. برآورد قیمت با توجه به قیمت های بازار و تقریبی می باشد.

مقدار صرفه جویی گاز در یک سال (ریال)	هزینه عایق کاری در ساختمان نمونه	بازگشت سرمایه به سال	
500.000	2.000.000	4	پلی استایرن
500.000	1.700.000	3.4	پلی یورتان
500.000	1.500.000	3	پشم شیشه
500.000	4.500.000	9	قالب بتنی پلی استایرنی
500.000	300.000 (هزینه اضافه نسبت به بتن معمولی)	6	بتن سبک سازه ای

() -

نتیجه گیری :

استفاده از عایق کاری حرارتی برای کشور هزینه جویی های کلانی را در بر خواهد داشت که با توجه به رشد روز افزون مصرف سوخت در کشور در سالهای آینده امری ضروری و حیاتی به نظر می رسد. جا دارد که انبوه سازان مسکن و شرکت های ساختمانی از هم اکنون استفاده از عایق های حرارتی را در دستور کار خود قرار بدهند. البته لازمه این امر حمایت دولت از مسکن سازان و شرکت های تولید کننده عایق های حرارتی است. فرهنگ سازی و ایجاد تقاضا برای لزوم عایقکاری ساختمانها در عموم جامعه علی رغم هزینه های اولیه به ظاهر زیاد پس از گذشت چند سال باعث صرفه جویی های فراوانی خواهد شد. همانطور که در جدول [۴] ملاحظه شد استفاده از عایق کاری حرارتی دارای بار مالی اولیه ای می باشد که همین مسئله ممکن است باعث اجتناب از استفاده از این مصالح شود، البته این هزینه در مدت نسبتاً کوتاهی برگشت خواهد نمود که اگر بتوان با استفاده از تمهیداتی نظیر وام کم بهره از مقدار بار مالی اولیه کم کرد می توان امیدوار بود که در مدت زمانی کمی، دیگر ساختمانی بدون عایق کاری ساخته نخواهد شد.

منابع و مراجع :

- 1- “Optimizing insulation thickness for buildings life cycle cost” Applied Energy G 3 (1999) 115-124.
- 2- S. G. Park and D. H. Chisholm, “Polystyrene Aggregate Concrete”, Study Report No. 85 (1999)

3- Norwegian Standard NS 3031, Thermal Insulation, Calculation of the energy and power demand for heating and ventilation in building, oslo, 1987.

- : "

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

۶- کسمایی، مرتضی: "پهنه بندی اقلیمی ایران، مسکن و محیطهای مسکونی"، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، سال ۱۳۷۱

۷- 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

۸- 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

۹- سروش، تورج: "تعیین الگوریتم مناسب جهت ممیزی انرژی در واحد های مسکونی"، مجموعه مقالات اولین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در بخش ساختمان

۱۰- "اتلاف حرارت و میعان در ساختمان های متداول"، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

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

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

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