تأثير محل قرارگيري عايق حرارتي در جدارهاي ساختماني بر بارهاي سرمايش و گرمايش سالیانه منازل مسكوني در شرايط اقليمي ايران

مهدي معرفت[1] - بهروز محمد كاري[2] - عبدالسلام ابراهيم پور[1]

۱- دانشگاه تربيت مدرس، بخش مهندسي مكانيك

۲- مركز تحقيقات ساختمان و مسكن - بخش مصالح و فرآورده‌هاي ساختماني

چكيده

قرار دادن عايق در ساختارهاي ساختماني باعث كاهش بارهاي سرمايش و گرمايش مي‌شود. علاوه بر ضخامت عايق، محل قرارگيري عايق نيز در ساختارهاي ساختماني مهم مي‌باشد. قرارگيري عايق در داخل يا خارج يك ساختار از نظر ميزان كاهش در بارهاي ساختمان اثرات متفاوتي دارد . در اين تحقيق ۵ سانتيمتر عايق (به صورت يك تكه كامل يا به صورت ۲ تكه ۲/۵ سانتيمتري) در نقاط مختلف ديوارها و سقف‌هاي بتني (به ضخامت ۲۰ سانتيمتر) يك ساختمان قرار داده مي‌شود و اثر قرار گيري اين عايق بر بارهاي ساختمان بررسي مي‌شود. اين بررسي براي سه شهر تهران(معتدل)، تبريز(سرد) و اهواز(گرم) انجام شده است. نتايج نشان مي‌دهند كه براي شهرهاي مورد نظر قرار دادن عايق در ساختارهاي ساختماني بار كل سالیانه را در حدود٦٤-٧٢ درصد كاهش خواهد داد و ميزان اين كاهش به موقعيت قرارگيري عايق در جدار ساختماني بستگي دارد.

واژه‌هاي كليدي : *بهينه سازي مصرف انرژي، عايق‌كاري حرارتي ، محل قرارگيري عايق حرارتي، جدار پوسته خارجي ساختمان، بارهاي حرارتي ساختمان*

۱- مقدمه

براي صرفه جويي در مصرف انرژي و محدود كردن انتقال گرما، تمامي اجزاي تشكيل دهنده پوسته (جدار) خارجي كه از يك طرف با فضاهاي كنترل شده و از يك طرف ديگر با فضاي خارج و يا فضاهاي كنترل نشده در تماس هستند طبق ضوابط تعيين شده در مبحث ۱۹ مقررات ملي ساختمان از لحاظ خصوصيات حرارتي بايد كنترل شده باشند. [1]

عايق كاري جدار خارجي روش اصلي كاهش بارهاي حرارتي و برودتي ساختمان است. عايق كاري حرارتي مي‌تواند از داخل، خارج، يا به صورت لايه‌اي در ميان عناصر ساختماني اجرا شود يا مصالح تشكيل دهنده عنصر ساختماني به تنهايي داراي ضريب هدايت حرارتي اندك بوده و مانند عايق حرارتي عمل نمايد (عايق حرارتي همگن).

عايق كاري از داخل براي به حداقل رساندن اينرسي حرارتي ساختمان انجام مي شود. به عنوان مثال ، براي ساختمان هاي با استفاده منقطع مناسب ترين نوع محسوب مي شود. عايق كاري از خارج ، اينرسي حرارتي ساختمان را به حداكثر مي رساند و باعث مي شود كه نوسان هاي دماي داخل ساختمان كاهش يابد و تنظيم دما به آساني انجام پذيرد. اين روش نيز ، به طور مثال ، براي ساختمان هايي با استفاده مداوم (مسكوني و غيره) بسيار مناسب است.

عايق كاري حرارتي از تلفات حرارت در زمستان مي كاهد و دريافت حرارت در تابستان را نيز محدود مي كند. به اين ترتيب به تأمين آسايش در سراسر سال كمك مي كند.

استفاده از عايق حرارتي و موادي شبيه به آن در ساختمان‌ها در سال هاي اخير به طور محسوسي افزايش يافته است و اين افزايش اكثرا مربوط به مناطقي با نياز گرمايي يا سرمايي زياد مي باشد. استفاده از عايق حرارتي در ساختمان، علاوه بر كاهش مصرف انرژي، در اكثر موارد باعث بهتر شدن شرايط آسايش در اتاق ها نيز خواهد شد.

به دليل افزايش تعداد ساختمانهايي كه در آنها از ساختارهاي با مواد سنگين و يا عايق استفاده مي شود ، ضروري است كه اندازه و نحوه پخش جرم حرارتي و همچنين محل قرار گيري عايق حرارتي بهينه شود. از مقايسه چندين ديوار با مقاومت حرارتي مشابه مشخص مي شود كه بعضي از تركيبات استفاده شده در ديوارها از لحاظ حرارتي و ذخيره انرژي و در نتيجه بارهاي ساليانه از بقيه بهتر مي باشند.

عوامل تأثيرگذارمتعددي بر بارهاي سرمايي و گرمايي وجود دارند كه مي توان آنها را به دو گروه اصلي زير تقسيم بندي نمود:

الف) عوامل مربوط به فرم كالبدي ساختمان مانند محل قرارگيري و ميزان انتقال تابش خورشيدي از جدارهاي نورگذر و همچنين مشخصات حرارتي جدارهاي غيرنورگذر ساختمان

ب) پارامترهاي مربوط به داده هاي اقليمي و منطقه‌اي

ابتدا داده هاي منطقه اقليمي كه ساختمان در آن است مشخص مي شود و سپس طراحي ساختار ساختمان طوري انتخاب مي شود كه از لحاظ حرارتي بهترين حالت را داشته باشد. محاسبه بارهاي سرمايي و گرمايي موضوع مورد توجه محققين زيادي مي‌باشد. در ادامه به چند مورد از آخرين تحقيقات اشاره مي‌شود.

در سال ۱۹۹۹ آقايان سولماز و آنسال [2] ضخامت بهينه عايق‌هاي مختلف در ساختمان‌هاي آمريكا را براي سه شهر مختلف مورد بررسي قرار دادند.

در سال ۲۰۰۰ توسط آقاي آسان [3] محل بهينه قرارگيري عايق، براي يك ديوار مركب چند لايه و شرايط مرزي متغير با زمان را مورد بررسي قرار داده است. او براي اين كار ٤ سانتيمتر عايق در نقاط مختلفي از ديوار ۲۰ سانتيمتري قرار داد(به صورت يك تكه و يا به صورت ۲ قسمت ۲ سانتيمتري).

در سال ۲۰۰۲ نيز آقايان كاسكا و كاسني [4] اثر محل قرارگيري عايق حرارتي در يك ساختمان مسكوني براي ٦ ناحيه مختلف آمريكا و با استفاده از برنامه DOE 2 را بر بارهاي سرمايشي و گرمايشي ساختمان، مورد بررسي قرار داد.

در اكثر ساختمانهاي متداول و معمولي در ايران ، به كار بردن يك لايه عايق حرارتي به ضخامت ۵ سانتي متر در ديوارها باعث كاهش حدود ۷۰ درصد انتقال حرارت از ديوار مي‌گردد. بنابراين با اطمينان مي توان گفت كه عدم استفاده از عايقهاي حرارتي در جداره هاي خارجي ساختمان ، علاوه بر آنكه تأمين شرايط آسايش حرارتي را با دشواري‌هايي روبرو مي‌سازد، باعث مصرف بي رويه انرژي به منظور گرمايش و سرمايش نيز مي‌شود.[5]

همچنين بنا به مرجع [5] از آنجا كه در ايران اغلب ساختمانها با جدارهاي سنگين بنا مي شوند، بنابراين استفاده صحيح از عايق حرارتي در اين ساختمان ها باعث خواهد شد كه خواص فيزيكي وحرارتي مصالح آنها مفيد تر واقع شود و از ازدياد بارهاي ساليانه جلوگيري شود.

در يك تحقيق قبلي [6] مقدار ضخامت عايق بهينه براي ساختمان ها در شرايط اقليمي ايران بدست آمد. علاوه بر ضخامت عايق، محل قرارگيري عايق نيز در ساختارهاي ساختماني مهم مي‌باشد. دراين مقاله اثرات موقعيت قرارگيري عايق در يك جدار از نظر ميزان كاهش در بارهاي ساختمان ساليانه بررسي مي‌شود.

۲- روش محاسبه

در اين تحقيق ۵ سانتيمتر عايق (به صورت يك تكه كامل يا به صورت ۲ تكه ۲/۵ سانتيمتري) در نقاط مختلف ديوارها و سقف يك ساختمان قرار داده شد و اثر قرار گيري اين عايق بر بارهاي حرارتي ساليانه ساختمان بررسي گرديده‌است. اين بررسي براي سه شهر تهران (به عنوان شهر معتدل)، تبريز (به عنوان شهر سرد) و اهواز (به عنوان يك شهر گرم) انجام شده است. ساختمان مورد نظر به صورت مكعب در نظر گرفته شده و همچنين از انتقال حرارت كف نيز صرفنظر شده است . البته بايد توجه شود كه اين ساختمان به صورت مداوم مورد استفاده قرار گرفته شده است. در اين تحقيق، براي محاسبه بارهاي سرمايي و گرمايي از برنامة Opaque[7] استفاده شده است.

۲-۱- برنامه **Opaque**

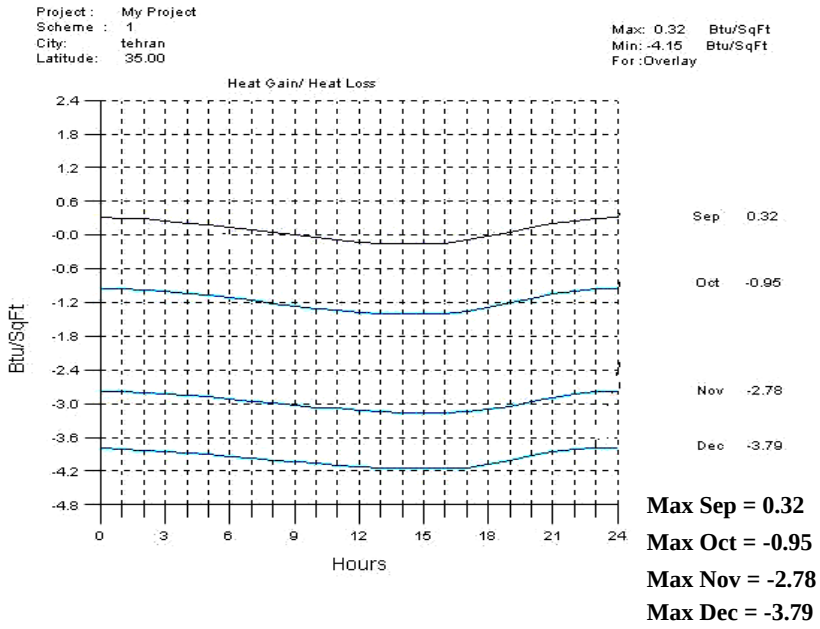
Opaque يك برنامه كامپيوتري مي‌باشد كه براي طراحي پوشش‌هاي مختلف ساختماني يك بنا تدوين شده است. در اين برنامه مي‌توان با ورود دماهاي حداكثر و حداقل هر ماه و همچنين جهت

و طول جغرافيايي محل، اثرات پوشش‌هاي مختلف ساختماني را بر دما و يا بارهاي ساختمان بررسي نمود. بعد از وارد كردن داده‌هاي اقليمي محل جغرافيايي مورد نظر، مشخصات لايه‌هاي مختلف ديوار تعيين مي‌شود. نحوه انتخاب لايه‌هاي مختلف كاملا اختياري بوده و امكانات مختلف براي طراحي در دسترس مي باشد.

اين برنامه قادر است نمودارهاي دماي هواي خارج، بارهاي سرمايش و گرمايش و ميزان تشعشعات نفوذي را ارائه كند. همچنين با وارد كردن خصوصيات حرارتي هر ماده مورد نظر مي‌توان پوشش دلخواهي را به برنامه معرفي نمود. شكل ١ نمونه‌اي از نتايج اين برنامه را نشان مي‌دهد.

٢-٢- مدل رياضي به كار رفته در برنامه

در طول يك روز دماي هواي خارج ساختمان و همچنين تشعشع‌هاي خورشيدي رسيده به سطح يك ساختار ساختماني متفاوت مي‌باشد. براي بررسي لحظه‌اي اين دو اثر، رابطه‌اي سينوسي براي تغييرات دما با زمان به صورت زير تعريف مي‌شود:



شكل ١ - نمونه‌اي از نتايج اجراي برنامه **Opaque** كه تغييرات بارهاي سرمايش و گرمايش بر حسب ساعت در تهران را در ماههاي مختلف نشان مي‌دهد.

$$T_{sa}(t) = \frac{|T_{max} - T_{min}|}{2} \sin\left(\frac{2\pi t}{p} - \frac{\pi}{2}\right) + \frac{|T_{max} - T_{min}|}{2} + T_{min} \qquad (١)$$

در اين معادله $T_{sa}(t)$ به عنوان تركيبي از دماي هواي خارج و تشعشع خورشيدي بيان مي‌شود و T_{max} و T_{min} دماهاي ماكزيمم و مينيمم ماهيانه يا روزانه مي‌باشند و همچنين t زمان مي‌باشد .
با توجه به شكل ۲، معادله ناپايدار يك بعدي در طول يك ديوار به صورت زير مي‌باشد:

$$k\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}=\rho C_p\frac{\partial T}{\partial t} \qquad (۲)$$

كه در اين معادله T دما و k ضريب هدايت حرارتي و ρ دانسيته و C_p ظرفيت حرارتي ساختار مورد نظر مي‌باشد.
براي حل اين معادله دو شرط مرزي و يك شرط اوليه مورد نياز مي‌باشند. شرايط مرزي در دو طرف ديوار به صورت زير بيان مي‌شوند:

$$k\left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)_{x=0}=h_i\left[T_{x=0}(t)-T_i\right] \qquad (۳)$$

$$k\left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)_{x=L}=h_o\left[T_{sa}(t)-T_{x=L}(t)\right] \qquad (٤)$$

در اين معادلات h_i , h_o ضرايب انتقال حرارت در دو سطح داخلي و خارجي مي‌باشند.
براي شرط اوليه نيز از حل پايدار معادله ۲ استفاده شده است. [8]

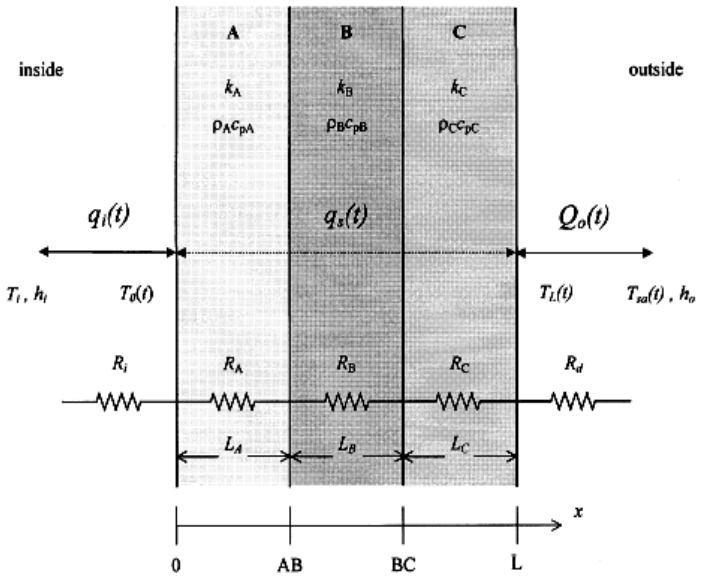


Fig. 3. The schematic of the problem geometry.

شكل ۲ - ساختار ديوار ساختماني

٣- تركيبات مورد بررسي قرار گرفته شده

در اين تحقيق تركيبات اصلي ديوار و سقف ساختمان از داخل به خارج به صورت زير در نظر گرفته شده است:

اندود گچ + بتن + اندود خارجي

عايق در نظر گرفته شده نيز پشم شيشه (glass wool) مي‌باشد كه به صورتهاي زير در ميان ديوار يا سقف قرار مي‌گيرد:

١- اندود خارجي (1.9 cm) + لايه‌بتني (20 cm) + عايق حرارتي (5 cm) + اندود گچ (1.3 cm)

٢- اندود خارجي (1.9 cm) + لايه‌بتني (10 cm) + عايق حرارتي (5 cm) + لايه‌بتني (10 cm) + اندود گچ (1.3 cm)

٣- اندود خارجي (1.9 cm) + عايق حرارتي (5 cm) + لايه‌بتني (20 cm) + اندود گچ (1.3 cm)

٤- اندود خارجي (1.9 cm) + عايق حرارتي (2.5 cm) + لايه‌بتني (20 cm) + عايق حرارتي (2.5 cm) + اندود گچ (1.3 cm)

٥- اندود خارجي (1.9 cm) + لايه‌بتني (10 cm) + عايق حرارتي (2.5 cm) + لايه‌بتني (10 cm) + عايق حرارتي (2.5 cm) + اندود گچ (1.3 cm)

٦- اندود خارجي (1.9 cm) + عايق حرارتي (2.5 cm) + لايه‌بتني (10 cm) + عايق حرارتي (2.5 cm) + لايه‌بتني (10 cm) + اندود گچ (1.3 cm)

٧- حالت بدون عايق: اندود خارجي (1.9 cm) + لايه بتني (20 cm) + اندود گچ (1.3 cm)

براي هر يك از حالات بالا نيز لايه‌اي از فيلم هوا با مقاومت حرارتي برابر با $\left[m^2.K/W \right]$ $\frac{1}{h_o}=0.17$, $\frac{1}{h_i}=0.61$ در نظر گرفته شده است.

اين حالت‌ها براي ديوار با چهار جهت (شرقي- غربي– شمالي – جنوبي) و سقف در سه شهر تهران ، تبريز و اهواز بررسي مي‌شود و در آخر بهترين حالت قرارگيري عايق در هر شهر و همچنين بدترين ديوار از نظر انتقال حرارت مشخص مي‌شود.

٤- نتايج

٤-١- نتايج براي ديوارها و سقف

جدول‌هاي ١ و ٢ نتايج به دست آمده از محاسبات براي سقف و ديوار با جهت‌هاي مختلف (شرقي، غربي، جنوبي، شمالي) به صورت بارهاي سرمايش و گرمايشي و همچنين بار كل سالیانه سه شهر مورد نظر را نشان مي‌دهند.

با توجه به اين جداول ديده مي‌شود كه براي هر سه شهر بار كل در ديوار شمالي و سقف بيشتر از هر كدام از ديوارها مي‌باشد. اين امر نشان دهنده اين است كه ديوار با جهت شمالي و سقف بيشترين حرارت خورشيدي را در مناطق مختلف اقليمي ايران را جذب مي‌نمايد.

نتايج بارهاي سرمايشي و گرمايشي چهار ديوار و همچنين سقف را با هم جمع نموده و بار كل ساختمان را بدست مي‌آوريم. در شكل ۳ ميزان كل بارهاي حرارتي ساختمان در سه شهر تهران، تبريز و اهواز براي حالت بدون عايق نشان داده شده است.

با توجه به اين شكل ديده مي‌شود كه بار گرمايي- سرمايي كل شهرهاي تهران و اهواز به يكديگر نزديك مي‌باشد و اين به اين دليل است كه در مورد شهر تهران بار گرمايشي زياد و بار سرمايشي كم مي‌باشد ولي در شهر اهواز عكس اين قضيه صادق است. همچنين در شهر تبريز بار سرمايشي كم مي‌باشد ولي بار گرمايشي خيلي زياد است.

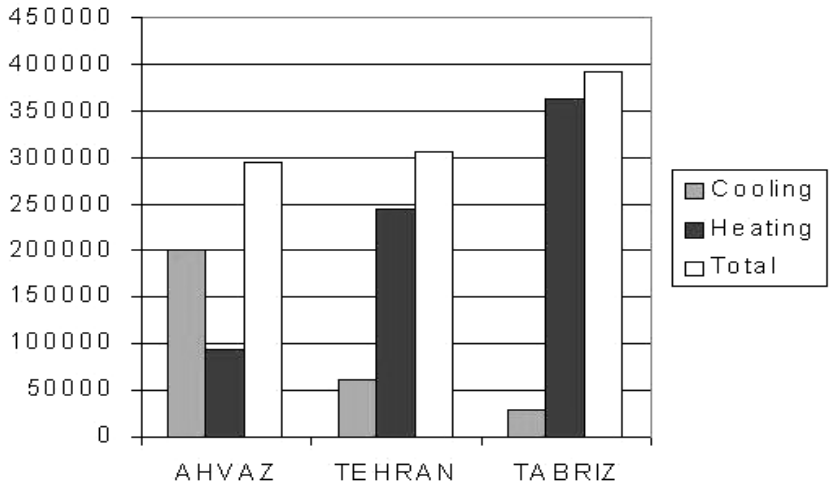
جدول ۱ - بارهاي حرارتي ساليانه براي ديوارهاي شرقي و شمالي در حالت‌هاي مختلف قرارگيري عايق $\left[W/m^2 \right]$

W/m2		East			North		
	Loads	Tehran	Tabriz	Ahvaz	Tehran	Tabriz	Ahvaz
Case 1	Cooling	4272	1826	11874	2766	953	10799
	Heating	14986	22236	5631	17337	24498	6946
	Total	19258	24062	17505	20103	25452	17746
Case 2	Cooling	4057	1805	12857	2769	950	10776
	Heating	15000	22246	5631	17214	24515	6936
	Total	19058	24052	18488	19984	25465	17712
Case 3	Cooling	3692	1873	12380	2946	967	10946
	Heating	16948	21963	4953	20120	24689	6977
	Total	20641	23837	17333	23067	25656	17923
Case 4	Cooling	4009	1798	12891	2742	960	10717
	Heating	15425	22260	5604	15187	24511	6871
	Total	19435	24058	18495	17929	25472	17589
Case 5	Cooling	3934	1761	12431	2704	907	10837
	Heating	15105	22164	5645	17258	24545	6943
	Total	19040	23925	18076	19963	25453	17780
Case 6	Cooling	4054	1788	12918	2749	947	10723
	Heating	14949	22232	5604	17245	24526	6926
	Total	19003	24021	18522	19994	25473	17649
Case 7	Cooling	13013	6125	41767	9845	6667	37730
	Heating	48580	70745	17681	50836	75661	20096
	Total	61594	76871	59448	60681	82328	57827

جدول ۲ - بارهاي گرمايشي براي ديوارهاي جنوبي،غربي و سقف در حالت‌هاي مختلف

قرارگيري عايق $\left[W/m^2 \right]$

W/m2		South			West			Roof		
	Loads	Tehran	Tabriz	Ahvaz	Tehran	Tabriz	Ahvaz	Tehran	Tabriz	Ahvaz
Case 1	Cooling	4922	1580	10285	4013	1791	12890	3073	1199	11167
	Heating	11722	19650	6350	15306	20870	5610	18243	25799	7740
	Total	16645	21231	16635	19319	22662	18501	21317	26998	18908
Case 2	Cooling	3781	1573	12611	4037	1812	12860	3042	1206	11307
	Heating	12795	19650	3761	15089	22256	5532	18192	26167	7733
	Total	16577	21224	16373	19126	24069	18393	21234	27373	19040
Case 3	Cooling	3893	1788	9235	4817	1914	11157	3253	1185	11266
	Heating	12864	19749	6009	15204	21950	7413	18328	25854	7611
	Total	16758	21537	15245	20021	23864	18570	21582	27039	18877
Case 4	Cooling	3812	1533	12557	3994	1788	12887	3294	1192	11177
	Heating	12936	19500	3750	15020	22326	5621	18233	25799	7774
	Total	16749	21033	16308	19015	24114	18508	21527	26992	18952
Case 5	Cooling	3767	1516	12588	4023	1766	12898	3018	1161	11130
	Heating	12942	19568	3774	14724	22212	5665	18171	25891	7825
	Total	16710	21084	16362	18747	23978	18563	21190	27053	18955
Case 6	Cooling	3805	1533	12605	4023	1778	11276	3011	1188	11157
	Heating	12956	19589	3735	15027	22338	5624	18212	25806	7781
	Total	16761	21122	16340	19050	24116	16901	21224	26995	18938
Case 7	Cooling	15156	5832	43102	13763	6905	41920	11020	4394	36793
	Heating	39246	62814	12860	46553	71123	17919	58682	83388	24644
	Total	54403	68647	55963	60317	78029	59840	69703	87783	61438



شكل ۳ - بارهاي حرراتي ساختمان براي شهرهاي مختلف در حالت بدون عايق $\left[W/m^2 \right]$

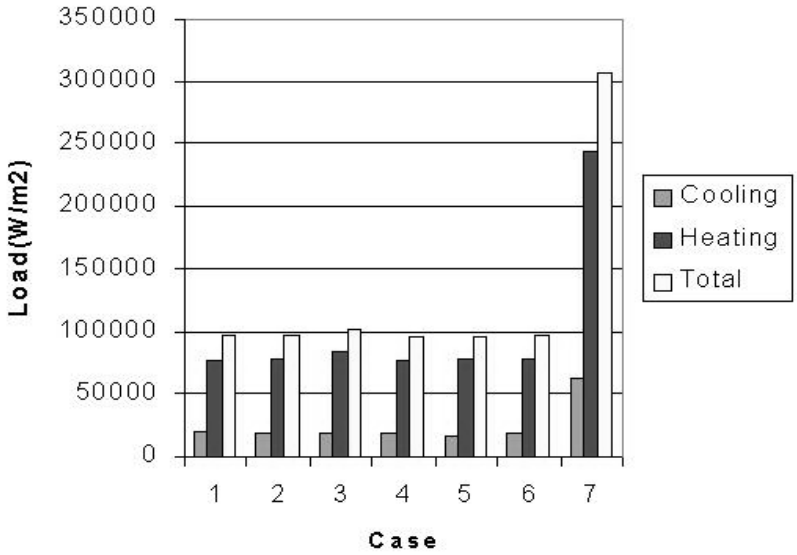
در شكل‌هاي ٤ تا ٦ نيز نتايج مربوط به بار كل گرمايي- سرمايي ساليانه ساختمان در حالت‌هاي مختلف عايق‌كاري جدارهاي عمودي و افقي در سه شهر مورد نظر نشان داده شده‌است. اين شكل‌ها مقدار بارهاي حرارتي در اثر قراردادن عايق در حالت‌هاي مختلف را نشان مي‌دهند.

با توجه به شكل ٤ كه در مورد شهر تهران مي‌باشد، قرار دادن عايق در حالت ٤ بيشترين ميزان كاهش بار كل را با خود به همراه دارد. همچنين بدترين حالت نيز در حالت ٣ با قرار دادن كل عايق (٥ سانتيمتر) در سطح خارجي جدار ساختماني بدست آمده است.

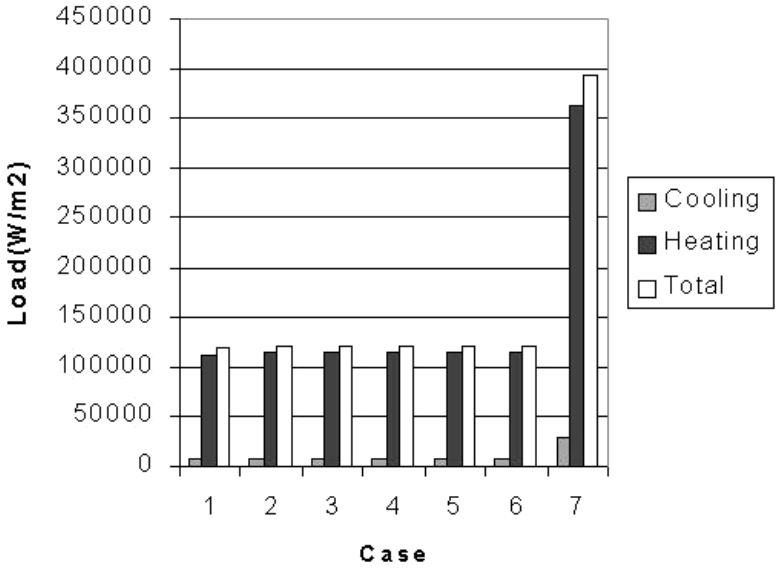
در ضمن، ديده مي‌شود حالت ٥ بيشترين كاهش در بار سرمايشي و همچنين حالت ٤ بيشترين كاهش در بار گرمايشي را به خود به همراه دارد.

با توجه به شكل٥ كه در مورد شهر تبريز مي‌باشد، ديده مي‌شود كه قرار دادن عايق در حالت ١ (٥ سانتيمتر در سطح داخلي) بهترين جواب، يعني بهترين كاهش در كل بار بدست آمده است و همچنين بدترين حالت نيز در حالت ٢ يعني قرار دادن كل عايق (٥ سانتيمتر) در وسط جدار ساختماني بدست آمده است.

همچنين ديده مي‌شود حالت ٥ بيشترين كاهش در بار سرمايشي و همچنين حالت ١ بيشترين كاهش در بار گرمايشي را نتيجه داده است.



شكل ٤ - ميزان كاهش بارهاي حرارتي در حالت‌هاي مختلف قرارگيري عايق در جدار ساختماني براي تهران $\left[W/m^2 \right]$



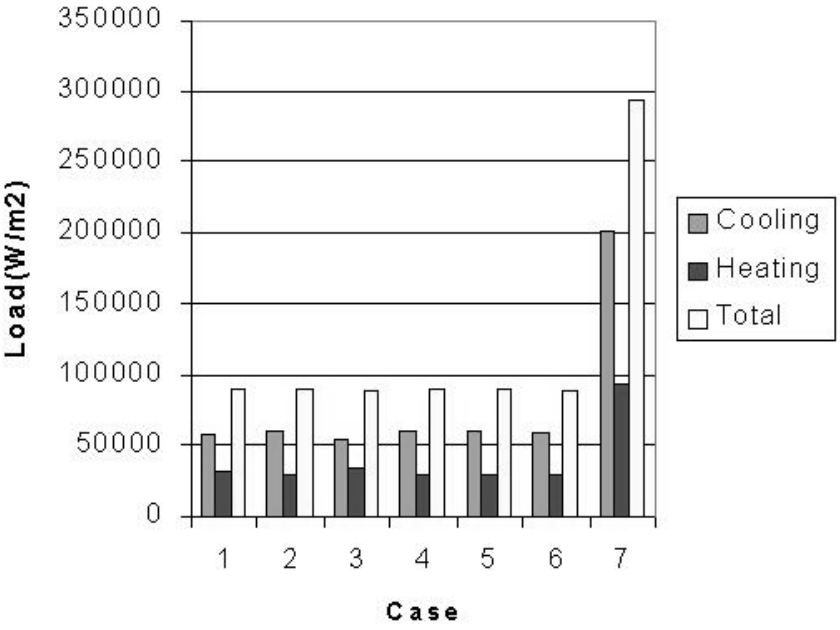
شكل ۵ - ميزان كاهش بارهاي حرارتي در حالت‌هاي مختلف قرارگيري عايق در جدار ساختماني براي تبريز $\left[W/m^2 \right]$

با توجه به شكل ٦ كه در مورد شهر اهواز مي‌باشد، ديده مي‌شود كه قرار دادن عايق در حالت ۳ (۵ سانتيمتر در سطح خارجي) بهترين جواب، يعني بهترين كاهش در كل بار بدست آمده است و همچنين بدترين حالت نيز حالت ۲ يعني قرار دادن كل عايق (۵ سانتيمتر) در وسط جدار ساختماني بدست آمده است.

همچنين ديده مي‌شود حالت ۳ بيشترين كاهش در بار سرمايشي و همچنين حالت ۲ بيشترين كاهش در بار گرمايشي را نتيجه داده است.

شكل ۷ و جدول ۳ مقدار كاهش در بارهاي حرارتي در اثر قراردادن عايق در حالت‌هاي مختلف را كه به صورت زير محاسبه شده است، نشان مي‌دهند.

(مقدار بار حرارتي در حالت بدون عايق حرارتي) / (مقدار بار حرارتي در هر حالت قرارگيري عايق حرارتي) -1 = ميزان بهبود



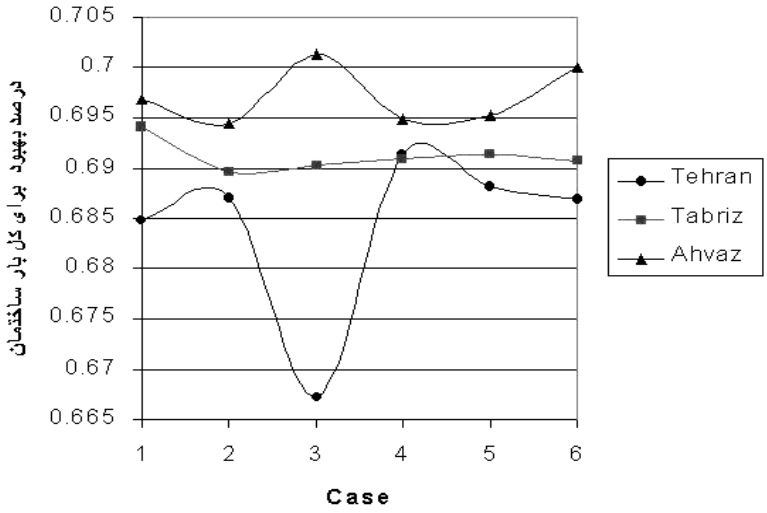
شكل ٦ - ميزان كاهش بارهاي حرارتي در حالت‌هاي مختلف قرارگيري عايق در جدار ساختماني براي اهواز $\left[W/m^2 \right]$

جدول ۳ - ميزان كاهش بارهاي حرارتي در حالت‌هاي مختلف قرارگيري عايق در جدارهاي ساختماني براي شهرهاي مختلف

	Tehran		
Case	Cooling	Heating	Total
1	0.696688	0.681852	0.684891
2	0.718344	0.678994	0.687052
3	0.703758	0.657789	0.667199
4	0.715717	0.685099	0.691369
5	0.72215	0.679363	0.688125
6	0.719061	0.678596	0.68688

	Tabriz		
Case	Cooling	Heating	Total
1	0.754353	0.689184	0.694136
2	0.754453	0.684285	0.68962
3	0.741688	0.686017	0.69025
4	0.756959	0.685489	0.690923
5	0.762339	0.68553	0.691367
6	0.758195	0.685228	0.690776

	Ahvaz		
Case	Cooling	Heating	Total
1	0.716781	0.653659	0.696805
2	0.699907	0.682478	0.694388
3	0.726869	0.64632	0.701375
4	0.700811	0.682178	0.694914
5	0.702534	0.679699	0.695305
6	0.708515	0.681652	0.700014



شكل ۷ - ميزان كاهش در بار كل ساختمان در هر سه شهر و حالت‌هاي مختلف قرارگيري عايق

جدول ۳ ميزان بهبود را براي شهرهاي مختلف و همچنين حالت‌هاي مختلف قرارگيري عايق نشان مي‌دهد و همچنين شكل ۷ نيز نمودار مقايسه ميزان بهبود بار كل ساختمان براي سه شهر مورد نظر را نشان مي‌دهد. با توجه به اين شكل ديده مي‌شود كه ميزان بهبود در شهر اهواز بهتر از دو شهر ديگر مي‌باشد و همچنين اين ميزان در شهر تبريز نيز بهتر از شهر تهران مي‌باشد. قرار دادن ۵ سانتيمتر عايق باعث كاهش بار بيشتري در شهر اهواز نسبت به ساير شهرها مي‌باشد و تأثير بيشتري داشته است.

٤-۲- جمع‌بندي و نتيجه‌گيري

مطالعات انجام شده در مورد يك نوع جدار (بتني) انجام شده است و روند نتايج به‌دست آمده قابل تعميم به ساير انواع جدارهاي متداول مي‌باشد. در ضمن، در محاسبات انجام شده، صرفاً ميزان انتقال حرارت سالانه مدنظر بوده و بدون در نظر گرفتن راندمان سيستم‌هاي گرمايي و سرمايي مي‌باشد. در نتيجه، جمع‌بندي‌هاي انجام شده در مورد بار گرمايي - سرمايي كل با مساوي فرض كردن راندمان‌هاي گرمايش و سرمايش انجام شده‌است.

با توجه به شكل‌ها، جدول‌ها و نتايج ارائه شده، بيشترين ميزان كاهش بار كل قابل دستيابي در حالت‌هاي زير است:

۱- حالت ٤ در مورد شهر تهران (۲/۵ سانتيمتر عايق حرارتي از داخل و ۲/۵ سانتيمتر از خارج)

۲- حالت ۱ در مورد شهر تبريز (۵ سانتيمتر عايق حرارتي از داخل)

۳- حالت ۳ در مورد شهر اهواز (۵ سانتيمتر عايق حرارتي از خارج)

٤-۳- كاربرد نتايج

وجود عايق حرارتي مناسب در جدارهاي ساختماني تأثير زيادي در ميزان بارهاي حرارتي ساليانه ساختمان‌ها دارد. استفاده از مقدار بهينه ضخامت عايق حرارتي و همچنين بهترين حالت قرارگيري اين عايق در جدارهاي ساختماني از نظر ميزان مصرف انرژي ساختمان مهم مي‌باشد. همچنين بهترين محل قرارگيري عايق در اقليم‌هاي مختلف نيز متفاوت مي‌باشد.

با توجه به موارد بالا پيشنهاد مي‌شود كه بعد از بدست آوردن ميزان بهينه ضخامت عايق حرارتي، با توجه به اقليم موردنظر محل بهينه قرارگيري اين عايق در جدار ساختماني نيز مورد بررسي قرارگيرد تا بتوان حداكثر استفاده را از قراردادن عايق در جدار ساختماني بدست آورد. در بعضي حالات تفاوت در ميزان صرفه‌جوئي انرژي تا ۲۰ درصد برآورد مي‌شود.

۵- منابع

۱- راهنماي مبحث نوزدهم، صرفه جويي در مصرف انرژي، جلد اول، عايق‌كاري حرارتي پوسته خارجي ساختمان‌ها، وزارت مسكن و شهرسازي، ۱۳۸۰

2- M.S.Soylemez, M.Unsal, “Optimum insulation thickness for refrigeration applications”, Energy Conversion and Management,1999,Vol 40,13-21

3-H.Asan, “Investigation of wall’s optimum insulation position from maximum time lag and minimum decrement factor point of view”, Energy and Buildings, Vol. 32,2000 197-203

4- Elisabeth Kossecka, Jan Kosny, “Influence of insulation configuration on heating and cooling loads in a continuously used building ”, Energy and Buildings , 2002, Vol 34, 231-321

۵- عبدالسلام ابراهيم پور، “راههاي كاهش مصرف انرژي در ساختمانها” ، سمينار كارشناسي ارشد مهندسي مكانيك، دانشگاه تربيت مدرس، دانشكده مهندسي مكانيك، ۱۳۸۰

٦- عبدالسلام ابراهيم پور، “بهينه‌سازي عايق‌كاري در ساختمان‌ها”، پايان‌نامه كارشناسي ارشد، دانشگاه تربيت مدرس، دانشكده مهندسي مكانيك، ۱۳۸۱

7- Murray Milne ,Department of Architecture and Urban Design, University of California, Los Angeles , Opaque software: http://www.aud.ucla.edu/energy-design-tools

8- M.Bojic, F.Yik, P.Sat , “Influence of thermal insulation position in building envelope on the space cooling of high-rise residential buildings in Hong Kong” Energy and Buildings, Vol. 33,2001,569-581