بررسی عملکرد حرارتی تکنولوژی ساختمانی قالب های عایق ماندگار *(ICFs)* وتاثیر آن بر کاهش مصرف انرژی در ساختمان

محسن مزروعی [i]

چکیده

در این مقاله به بررسی میزان مصرف بالای انرژی در ساختمان به سبب رشد فزاینده جمعیت واستفاده از شیوه های سنتی ساخت در کشور و به بررسی تکنولوژی ساختمانی قالب های عایق ماندگار (ICFs) وتاثیر آن در کاهش مصرف انرژی به علت عایق بودن ومیزان بالای مقاومت حرارتی آن به سبب وجود دولایه پلی استایرن پرداخته می شود.

کلمات کلیدی: تکنولوژی قالب عایق ماندگار(ICFs)، مصرف انرژی، مقاومت حرارتی، صرفه جویی.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۶/۱۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۱/۲/۲۰

[i] نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران ومدیریت ساخت واحد علوم و تحقیقات، m.mazrouei@srbiau.ac.ir

۱- مقدمه

رشد سریع جمعیت در سه دهه اخیرونیازکشوربه مسکن ازیک طرف وهمچنین آمار بالای مصرف انرژی درکشور وتبعات منفی اقتصادی وزیست محیطی آن ازطرف دیگر، لزوم تجدیدنظر درروشهای معمول ساخت درکشور را روشن می سازد. در این راستا مرکزتحقیقات مسکن اقدام به دادن تاییدیه به روشهای جدید که به اصطلاح روشهای صنعتی سازی می باشد نموده است که تکنولوژی ساختمانی قالب های عایق ماندگار (ICFs) یکی از آنها است.

برای رسیدن به این هدف در برنامه چهارم توسعه کشور، حرکت به سمت تولید صنعتی ساختمان به عنوان یک راهبرد اصلی پیش‌بینی گردید و به استناد بند د تبصره ۶ قانون بودجه سال ۱۳۸۶ که هم‌اکنون تبدیل به «قانون ساماندهی و حمایت از تولید و عرضه مسکن؛ مصوب سال ۱۳۸۷» شده است امکان اجرایی شدن برنامه صنعتی‌سازی ساختمان در کشور فراهم شده است.

بر اساس هرم جمعیتی موجود در کشور، تا سال ۱۳۹۱ جریان فزاینده تقاضا بر بازار مسکن کشور حاکم خواهد بود. با توجه به تقاضای ناشی از خانوارهای جدید و کاهش تقاضای ناشی از مرگ و میر و میزان تخریب و نوسازی واحدهای مسکونی کل نیاز سالانه بخش مسکن به تولید واحدهای مسکونی از یک میلیون و دویست و هشتاد و پنج هزار واحد در سال ۱۳۸۶ به یک میلیون و ششصد و هشتاد و پنج هزار واحد در سال ۱۳۹۱ بالغ خواهد شد [۱].

مصرف انرژی در واحدهای تجاری و خانگی حدود ۴۰ درصد کل میزان مصرف انرژی کشور است و بر اساس آمارهای موجود به طور میانگین سالانه ۱/۶ درصد به میزان مصرف انرژی در کشور افزوده می‌شود و بخش حرارتی با مصرف ۴۵ درصد بیشترین سهم را درمصرف

Archive of SID
www.SID.ir

انرژی به خود اختصاص داده است. هم اکنون میزان شدت مصرف انرژی در ایران حدود ۵/۴ برابر بیش از متوسط جهانی است، عدم رعایت الزامات اجرای ساختمانها از لحاظ مصرف انرژی، وجود مصالح غیراستاندارد و غیرمنطبق با شرایط اقلیمی مناطق مختلف کشور از مهمترین دلایل مصرف زیاد انرژی در ساختمان ها در کشور است. مجموع انرژی نهایی مصرف شده در کشور بیش از ۵۰ میلیارد دلار در سال است و با توجه به اینکه ۴۰ درصد انرژی مصرفی در کشور در بخش خانگی و تجاری مصرف می شود، لذا سالانه می توان حداقل ۶ میلیارد دلار صرفه جویی در صورت اجرای صحیح مبحث ۱۹ و جلوگیری از هدررفت انرژی گرمایشی در ساختمانها انتظار داشت [۲].

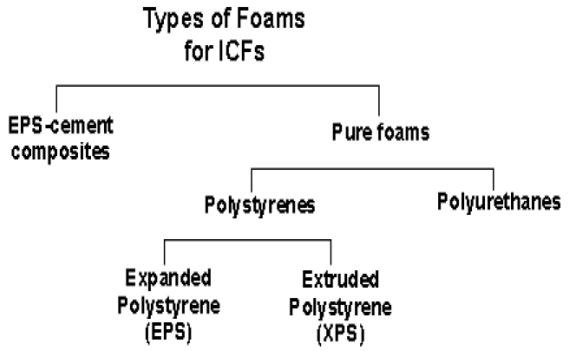
۲- بررسی سیستم

تکنولوژی ساختمانی قالب های عایق ماندگار[1] (ICFs)، قالب هایی هستند که بتن تازه را برای همیشه دربرمی گیرندوبرای همیشه در کار می مانند.اصولا مزیت ماندگار ماندن قالب در کار به واسطه مبارزه با شرایط محیطی از جمله خوردگی ومحافظت بتن ویا خاصیت عایق بودن آنها می باشد.

به طور غالب مصالح تشکیل دهنده قالب های عایق ماندگار چهار حالت میتوانند باشند. شامل قالب های از جنس پلی یورتان، قالبهای ازجنس پلی استایرن منبسط شده قالب گیری شده[2](EPS) و پلی استایرن منبسط شده اکسترود شده(XPS) [3] ویا به صورت قالب های تشکیل شده از ترکیب EPS وسیمان(کامپوزیت)[5] باشند.

EPS معمولاً کمترین قیمت را دارد وعایق خوبی در مقابل نفوذ هواست. XPS درمقایسه با EPS گران تر ومیزان ۲۵ درصد عایق بالاتر و تا حدودی مقاومت بیشتری در برابر آب دارد. EPS وXPS هردو از پلاستیک مشابه (پلی استایرن) ساخته شده اند ولیکن با فرآیند ساخت متفاوت، قالب های ترکیبی از سیمان و EPS(کامپوزیت) به علت داشتن سیمان مقاومت بیشتری دارندو تا اندازه ای برای بریدن وشکل دادن به زحمت بیشتری نیاز دارند و عایق بودن آنها اندکی کمتر است [۵].

جنس این قالب ها عمدتا از جنس پلی استایرن کندسوز می باشد.



شکل (۱)- مصالح تشکیل دهنده قالب های عایق ماندگار

قالب ها از نظر شکل داخلی ومقطع به طور کلی به دو دسته قالبهای تخت وقالب های با مقطع متغیر که شامل سیستم شبکه کلوچه ایی شکل(شبکه ای دوبعدی بدون حفره) و سیستم شبکه توری شکل(شبکه ای دوبعدی حفره دار) تقسیم بندی کرد. از مشکلات سیستم های با مقطع متغیراحتمال پر نشدن تمام مجرا های افقی قالب ها بوسیله بتن و عدم ایجاد یکپارچگی در سازه دیوار است .این نوع **(ICFs)** در صورت رخداد حریق و سوختن پلی استایرن، مانع مناسبی برای جلوگیری از عبور شعله نیست و موجب گسترش آن می شود؛ استفاده از این نوع قطعات در سالهای اخیر در جهان بسیار محدود شده و با ایجاد تغییراتی عملکرد آنها از این نظر بهبود یافته است، در قطعات بهبود یافته از این نوع سعی شده است قسمت عایق میانی حذف شده و اتصال قالب های دوطرف با استفاده از یک شبکه الیاف پلیمری، شیشه ای یا فلزی صورت گیرد[۶].

۲-۱- رفتار لرزه ای وسازه ای سیستم

عناصر باربر اصلی در ساختمان های ساخته شده با سیستم (ICFs) دیوارهای باربر (دیوار های برشی) و سقف های تیرچه بلوک یا دال های تخت نسبتاً نازک (در مقایسه با ساختمان های بتن مسلح متعارف) هستند. در این ساختمان ها، نقش دیوارهای سازه ای، به عنوان عناصر اصلی مقاوم در برابر بارهای جانبی و نیز اعضای اصلی (در ترکیب بادال سقف) برای تحمل و انتقال بارهای قائم (به علت فقدان تیرها و ستون ها) ،بسیار حائز اهمیت است[۷]. **مدل** سازی تحلیلی دیوارهای پانلی مبتنی بر روش اجزای محدود بوده وبوسیله المان های

[1] Insulating Concrete Forms
[2] Molded Expanded Polystyrene
[3] Extruded Expanded Polystyrene
[5] EPS-cement composites

Archive of SID
www.SID.ir

ایزوپارامتریک غشایی انجام می شود [۳]. یکپارچگی ایجاد شده در دیوار و سقف بتن در جا، عملکرد لرزه ای مناسبی برای سیستم (ICFs) به همراه دارد و باعث پیوستگی افقی و عمودی اجزای سازه به یکدیگر می شود. این پیوستگی و یکنواختی سبب می شود، که تشکیل نواحی پلاستیک در اعضا و نقاط بحرانی سازه، مانند اتصالات دیوارها به سقف ها یا اطراف بازشوها به تعویق افتاده و این سیستم ساختمانی عملکرد لرزه ای مناسبی از خود بروز دهد، به گونه ای که حتی انتظار رفتار ارتجاعی در خلال حرکت های نسبتاً قوی زمین از سیستم (ICFs) یکپارچه به دلیل توزیع جرم و سختی تقریباً یکنواخت، انتظاری دور از واقعیت نیست.

مبانی نظری قابلیت اعتماد و نیز مشاهدات پس از زلزله های گذشته، گویای این مطلب است که هر چه تعداد اعضای سازه ای مشارکت کننده در باربری(نامعینی) بیش تر و عملکرد آن ها غیر وابسته (مانند سیستم های موازی، نه سیستم های سری) باشد، رفتار لرزه ای سازه مناسب تر و مطلوب تر خواهد بود[۸].

۲-۲- بررسی عملکرد حرارتی سیستم

ضریب هدایت حرارت (λ)

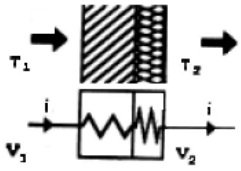
مقدار حرارتی که در یک ثانیه از یک متر مربع عنصری همگن به ضخامت یک متر، در حالت پایدار عبور می کند و اختلافی برابر یک درجه کلوین بین دمای دو سطح طرفین عنصر ایجاد نماید.

مقاومت حرارتی (R)

مقاومت حرارتی، قابلیت عایق بودن (از نظر حرارتی)یک یا چند لایه از جدار و یا کل جدار را مشخص می کند. مقاومت حرارتی یک لایه همگن برابر است با نسبت ضخامت لایه به ضریب هدایت حرارتی آن

$$R = d/\lambda \quad [\ m^2.K/_J] \qquad (۱)$$

با توجه به این رابطه مشخص می شود که هر چه ضریب حرارتی یک ماده کمتر باشد، ضخامت کمتری از این ماده مقاومت حرارتی ثابتی خواهد داشت همچنین مقاومت حرارتی کل یک جدار چند لایه (شکل (۲)) برابر است با مجموع مقاومت های حرارتی تک تک لایه های تشکیل دهنده آن جدار. اگر جدار از لایه های متعدد تشکیل شده باشد، مقاومت حرارتی آن برابر است با مجموع مقاومت حرارتی لایه های تشکیل دهنده آن، یا به عبارت دیگر $R=\sum Ri$ خواهد بود[۴].

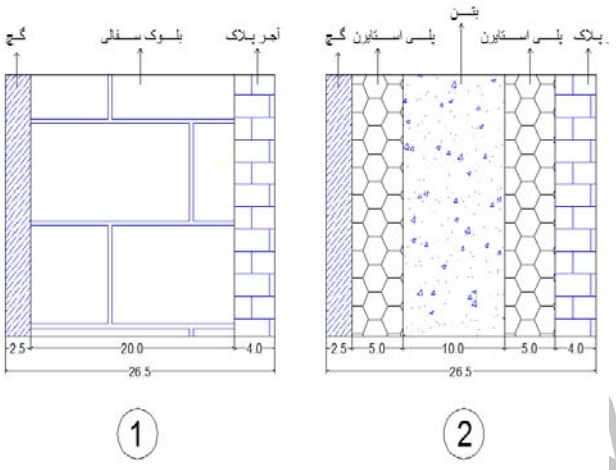


$$R_T=(R_1+R_2+\ldots+R_n)$$

$$R= (d_1/\lambda_1)+(d_2/\lambda_2)+\ldots+ (d_n/\lambda_n)$$

شکل (۲)- مقاومت حرارتی کل یک جدار چند لایه

برای مقایسه میزان عایق بودن سیستم ساختمانی قالب های عایق ماندگار (ICFs)، به مقایسه میزان مقاومت حرارتی یک دیوارساخته شده با تکنولوژی (ICFs) به ضخامت۲۶/۵ سانتی متر با یک دیوار سفالی معمول با همین ضخامت مطابق با شکل (۳) می پردازیم.



شکل (۳)- مقایسه میزان مقاومت حرارتی یک دیوارساخته شده با تکنولوژی (ICFs) با یک دیوار سفالی معمول

- **محاسبه مقاومت حرارتی حالت (۱)**

$$R_T=(R_1+R_2+\ldots+R_n)$$

$$R= (d_1/\lambda_1)+(d_2/\lambda_2)+\ldots+ (d_n/\lambda_n)$$

(۲)

$$R1 = \frac{0.025}{0.5}(\text{گچ}) + 0.39(\text{بلوک سفالی}) + 0.03(\text{آجر بلاک}) = 0.47 \qquad (۳)$$

- **محاسبه مقاومت حرارتی حالت (۲)**

$$R2 = \frac{0.025}{0.5}(\text{گچ}) + \frac{0.05}{0.047}(\text{پلی استایرن}) + \frac{0.1}{1.75}(\text{بتن}) + \frac{0.05}{0.047}(\text{پلی استایرن}) + 0.03(\text{آجر بلاک}) = 2.26$$

(۴)

Archive of SID
www.SID.ir

- **مقایسه میزان مقاومت حرارتی دو سیستم نسبت به همدیگر**

مقایسه مقاومت حرارتی حالت (۲) نسبت به حالت (۱) $= \frac{R2}{R1} = \frac{2.26}{0.47} \approx 4.8$ (۵)

با مقایسه این دو سیستم ساختمانی مشاهده می شود که مقاومت حرارتی دیوار ساخته شده با تکنولوژی قالب عایق ماندگار(ICFs)، ۴/۸ برابر مقاومت حرارتی دیوار ساخته شده با سیستم سنتی و مرسوم می باشد وبه همین میزان میتوان از اتلاف انرژی در ساختمان جلوگیری نمود.

۲-۳- عدم وجود لکه های سرد[1]

لایه پیوسته قالب در سراسر دیوار بتونی دما را در همه جای دیوار ثابت نگه می دارد. عملا لکه های سرد را که در قاب های معمولی اتفاق بیفتد را حذف می کند[۹].

۲-٤- جرم حرارتی[2]

جرم حرارتی (اینرسی حرارتی) به قابلیت ماده در ذخیره کردن انرژی وبازپس دادن آن، برای به حداقل رساندن نوسانات دماو بار گرمایی وسرمایی درفضاهای ساختمان است.

بتن خواص متعادل گرمایی جرم (اینرسی) گرمایی را می دهد. این رویداد نوسانات دمایی در طول زمان را از بین می برد. خانه ها تمایلی به بیش از حد گرم شدن یا ناگهانی سرد شدن بخاطر تغییر هوای بیرون وخاموش وروشن شدن دستگاه های تهویه را ندارند [۸].

۳- نتیجه

استفاده از تکنولوژی ساختمانی قالب های عایق ماندگار (ICFs)، دارای مزایایی نسبت به روش های ساخت سنتی می باشد که می توان از آن جمله سرعت بالا تر اجرا وکیفیت بالاتر را نام برد.آنچه که در این مقاله به آن پرداخته شد بررسی سیستم از دیدگاه کاهش مصرف انرژی ساختمان بود که با مقایسه و محاسبه آن با روش سنتی و معمول ساخت به این نتیجه می رسیم که این سیستم دارای ۴/۸ مقاومت حرارتی بالاتر می باشد که می تواند به همین میزان در اتلاف انرژی گرمایی ساختمان صرفه جویی کند وباعث کاهش هزینه های انرژی ساختمان واز دید ملی جلوگیری از اتلاف منابع طبیعی و کاهش آلودگی های ناشی از مصرف انرژی در ساختمان شود.

٤- مراجع

[۱] گزارش جمهور، ضمیمه تخصصی فصلنامه دولت، ششم فروردین ۱۳۸۷، شماره ۲۴ ، جهت گیری دولت نهم در بخش مسکن، رویکردها وبرنامه ها، تهیه وتدوین: معاونت امور مسکن و ساختمان وزارت مسکن وشهرسازی ومعاونت پژوهشی مرکز پژوهش واسناد.

[۲] فاطمی‌عقدا، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ، به نقل از باشگاه خبرنگاران دانشجویی ایران، ایسکانیوز، سوم اسفندماه ۱۳۸۸

[۳] کمیته تخصصی قالب عایق ماندگار،۱۳۸۹، راهنمای طراحی واجرای سیستم ساختمانی دیوار باربر بتن مسلح با قالب های عایق ماندگار ازجنس پلی استایرن منبسط شده، مرکز تحقیقات ساختمان ومسکن.

[۴] بختیاری،سعیدوهمکاران،اصول وروش های عایق کاری حرارتی براساس مبحث۱۹مقررات ملی،۱۳۸۸، مرکزتحقیقات مسکن.

[۵] Portland Cement Association, 18/9/2006, Homes: Plastic Foams for Concrete.

[۶] ICF industrial information forms, www.concrete-homes.org .

[۷] Brzev S., et al.(2004), the Web-Based World Housing Encyclopedia: Housing Construction in High Seismic Risk Areas of the world, 13t

[۸] Whittaker, A., Hart, G and Rojahn, C.(1999), Seismic Response Modification Factors, Journal of Structural Engineering, ASCE, 125(4), 438-444.

[۹] Concrete homes Technology Brief,No 6,Portland Cement Association, p2.

[1] Cold Spots
[2] Thermal Mass

Archive of SID
www.SID.ir