

بهره گیری از تکنولوژی ساختمانهای چوبی جهت افزایش بهره وری انرژی در ساختمانها

مهندس سید حسین یثربی - مدیر گروه مهندسی عمران دانشگاه آزاد اسلامی تبریز
احدا... اعظمی - دانشجوی سال آخر رشته معماری، مقطع کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی تبریز

ساختمانهای چوبی معمولاً "عایق حرارتی خیلی خوبی دارند و عموماً" ساختارشان جهت پاسخگویی به استانداردهای بالا در خصوص مصرف انرژی پایین سازگار می شوند. از طرفی اجتناب از پلهای حرارتی با سهولت بیشتری در ساختمانهای با اسکلت چوبی نسبت به ساختمانهای با ساختار سنگین و سخت امکان پذیر می باشد.

در حال حاضر لازم است توجهی نسبت به اجتناب از این قبیل پلهای حرارتی که ممکن است به مشکلات رطوبتی منجر شوند انجام گیرد.

دستیابی به یک سطح بالای محفوظیت هوایی در پوشش ساختمان جنبه مهمی برای ساختمانهای با بهره وری انرژی قلمداد می شود. محفوظیت از هوای پوشش ساختمان شرط اساسی جهت جلوگیری از فساد و پوسیدگی بواسطه رطوبت در ساختمان است. در این مقاله سعی می شود با مطرح کردن شاخص ترین راههای نشت با کمک آزمایشهای محفوظیت هوایی ساختمان با اسکلت چوبی و اثرات آن بر مصرف انرژی در قالب چند نمونه مطالعاتی (case study)، راهکارهای لازم ارائه شود.

واژه های کلیدی: اسکلت چوبی؛ بهره وری انرژی؛ محفوظیت از هوا

مقدمه

در حالت کلی انرژی مصرفی مورد استفاده جهت گرمایش ساختمانها ضرورتی پذیرفته شده است. از طرفی ساختمانهای چوبی به طور معمول متضمن استاندارد بالایی از عایق حرارتی می باشند بطوری که

اجتناب از پلهای حرارتی در ساختمانهای چوبی با سهولت بیشتری نسبت به ساختمانهای با ساختار سنگین و یکپارچه انجام می‌گیرد.

در ساختمانهای چوبی خوب اتلاف گرمایی ناشی از پلهای حرارتی ناچیز می‌باشد. لکن کاهش خطر مشکلات رطوبتی ناشی از پلهای حرارتی مطلب دیگری است. لذا ضروری به نظر می‌رسد که توجهات بیشتری نسبت به جلوگیری از زوج دماهای سطحی پایین و معین معطوف شود. در غیر اینصورت احتمال دارد در اثر چگالش بخار آب حالت پوسیدگی و فساد در آن قسمت بوجود آید.

از اینرو پوشش جهت محفوظیت هوایی ساختمان از برترین گزینه‌ها در جلوگیری از پوسیدگی ناشی از رطوبت اضافی محسوب می‌شود. هر شکافی در پوشش ساختمان می‌تواند منجر به جابجایی مقدار بیشتری بخار به درون ساختار بنا شود.

در ساختمانهایی که روی هم رفته مصرف انرژی کمتری دارند اتلاف حرارتی مربوط به تهویه و نفوذ هوا بخش قابل توجهی از کل اتلاف انرژی را به خود اختصاص می‌دهد. جدا از دیگر جنبه‌ها، ضرورت کاهش اتلاف گرمایی ناشی از تهویه اغلب به نصب و استقرار سیستم‌های تهویه ای منجر می‌شود. از دیگر مواردی که استفاده از سیستم تهویه ای مطلوب را توجیه پذیر میکند می‌توان به کیفیت هوا، نوفه و یا حساسیت نسبت به آلودگی محیطی اشاره کرد. در ضمن سیستم‌های تهویه ای به یک پوشش ساختمانی محفوظ از هوا نیاز دارند.

در ادامه مثالی از یک پل حرارتی شاخص و قابل انتقاد در ساختمانهای با اسکلت چوبی مطرح می‌شود لکن توجه عمده ما بر روی محفوظیت هوایی پوشش ساختمان با ساختار چوبی معطوف می‌شود. همچنین نتایج آزمایشات تنظیم فشار هوای داخل چند نمونه مطالعاتی ارائه می‌شود.

پلهای حرارتی

اتلاف حرارت کلی ناشی از پلهای حرارتی، در ازاء عایق بیشتر تغییر قابل توجهی نمی‌یابد. شکل ۱ مرتبه اهمیت اتلاف حرارتی ناشی از پلهای حرارتی را برای ۲ ساختمان نشان می‌دهد. در سمت چپ عایق سازی با استاندارد پایین با گرمایشی سالانه (تقریباً $60 \text{ kwh/m}^2\text{a}$) و در سمت راست یک استاندارد عایق کاری رایج که برای ساختمان با انرژی کم (تقریباً $60 \text{ kwh/m}^2\text{a}$) کفایت می‌کند دیده می‌شود. شکلها مربوط به ساختمانی با ساختار سخت و یکپارچه می‌باشند. در کل اتلاف حرارت اضافی به سبب پلهای حرارتی در یک ساختمان چوبی با طراحی دقیق خیلی کم است.

ساختارهای خیلی خوب می‌توانند حاصل کاهش اتلاف حرارتی بواسطه کاهش پلهای حرارتی با مرتبه ۲ درصد در ساختمانهای با مصرف انرژی کم باشند. ممکن است در صورتی که ساختارهای نامتوالی

زیادی انتخاب شوند، اتلاف حرارت اضافی ناشی از پلهای حرارتی $\Psi = \frac{\vartheta_{\text{surface, inside}} - \vartheta_{\text{amb.}}}{\vartheta_{\text{air, inside}} - \vartheta_{\text{amb.}}}$ پلهای حرارتی می‌توانند با دمای سطح بدون اندازه مشخص شوند

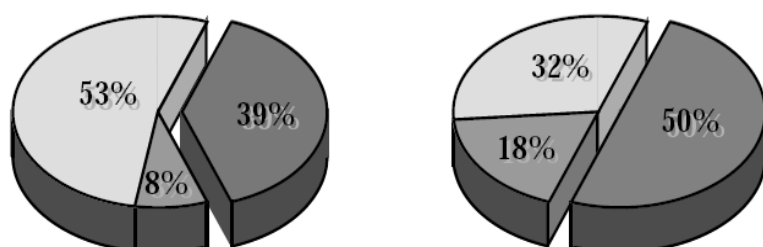
برای جلوگیری از چگالش بخار، دمای سطح فاقد اندازه بایستی در نامعادله زیر جواب دهد:

$$\Psi > \frac{(109.8 + \vartheta_{a,i}) \varphi^{0.1247} - 109.8 - \vartheta_{amb.}}{\vartheta_{a,i} - \vartheta_{amb.}}$$

برای مثال، به ازای $v_{a,i}=20^{\circ}\text{C}$ ، $\Phi = 0.5\%$ (۵۰٪ رطوبت نسبی)، $\vartheta_{amb}=-10^{\circ}\text{C}$ ، از نامعادله فوق مقدار $\Psi > 0.642$ حاصل می شود.

خاطر نشان می گردد که دمای سطوح در حد ۷۵ تا ۸۰ درصد دمای تعادل به علت چگالش در کمترین زمان ممکن می تواند به پدیده قارچی منجر می شود. از اینرو لازم است توجهات بیشتری نسبت به جلوگیری از چنین پلهای حرارتی که می توانند مشکلات رطوبتی را باعث شوند صورت می گیرد. شکل ۲ جزئیات نوعی از پیوندگاه مابین دیوار چوبی و کف بتنی یک ساختمان را نشان می دهد.

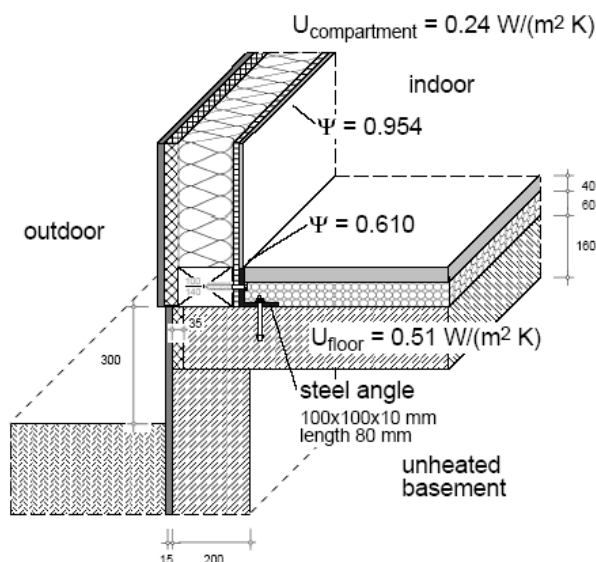
دمای پایین سطح بدون بعد $\Psi = 0.60$ نشان می دهد که این ساختار می تواند به پوسیدگی حاصل از رطوبت زدگی و پدیده قارچی در مجاورت کنج فولادی منجر شود.



heat loss through:

- ventilation/infiltration
- heat bridges
- conduction

شکل ۱- مقایسه اتلاف حرارت به سبب پلهای حرارتی برای ساختمانهای با استاندارد پایین عایق کاری (سمت چپ) و استاندارد بالای عایق کاری (سمت راست)



شکل ۲- نمونه ای از اتلاف حرارتی در نوعی پیوندگاه بین دیوار چوبی و کف بتنی

۳ - محفوظیت هوایی پوشش ساختمان

محفوظیت هوایی پوشش ساختمان از دو جنبه حائز اهمیت فراوان است :

الف) به جهت کاهش مصرف انرژی گرمایشی بناهایی که اتلاف حرارتی ناشی از تهویه و نفوذ هوا در آنها به حساب آورده می شود.

ب) به جهت لزوم توجه بیشتر برای دستیابی به یک پوشش ساختمانی محفوظ از هوا به منظور کاستن از جابجایی احتمالی بخار و به تبع آن فساد رطوبتی.

۱ - ۳ - استاندارد محفوظیت هوایی:

اگر چه تاکنون هیچ الزامی در سطوح بالاتر یا پایین تر جهت محفوظیت هوایی ساختمان ارائه نشده ، لیکن استاندارد جدید آلمان تحت عنوان DIN V4108 پیشنهاداتی را در خصوص چگونگی پوشش محفوظیت هوایی ساختمان ارائه کرده است (همه اعداد داده شده در حدود بالاتر بوده و از حدود پایین تر صرف نظر شده است).

طبق این استاندارد، ACH_{50} در مورد ساختمانهای با تهویه طبیعی (تهویه از طریق درب ها و پنجره ها) نبایستی بیشتر از $3/h$ باشد و در مورد ساختمانهایی با سیستم تهویه غیرطبیعی نیز نباید متجاوز از $1/h$ باشد .

از آنجایی که تعیین حجم مبنا برای محاسبه مقادیر ACH_{50} سنگین ، مایه زحمت و مستعد خطاست لذا یک مقدار با مشخصه متمایز جهت توصیف محفوظیت هوایی ساختمان پیشنهاد می شود که به صورت زیر تعریف می شود :

$VBV_{(50)} = \frac{\text{میزان جریان حجمی گاز در اختلاف فشار } 50 \text{ پاسکال}}{\text{مساحت طبقه اصلی ساختمان}}$

محاسبه و برآورد مساحت طبقه اصلی حداقل به خوبی در آلمان تعریف شده و لذا با خطای کمتر همراه است . با در نظرگیری اتاقی با متوسط ارتفاع $2/5$ متر و تغیر محدوده های داده شده برای محفوظیت هوایی ساختمان در شرایط ACH_{50} بیان حدود ذکر شده بالا برای محفوظیت هوایی ساختمان در شرایط NBV ممکن است .

جدول ۱ را جهت مقادیر این حدود ملاحظه کنید.

ventilation strategy	ACH_{50}	NBV
natural ventilation	$\leq 3.0 \text{ h}^{-1}$	$\leq 7.5 \frac{\text{m}^3}{\text{h m}^2}$
ventilation system	$\leq 1.0 \text{ h}^{-1}$	$\leq 2.5 \frac{\text{m}^3}{\text{h m}^2}$

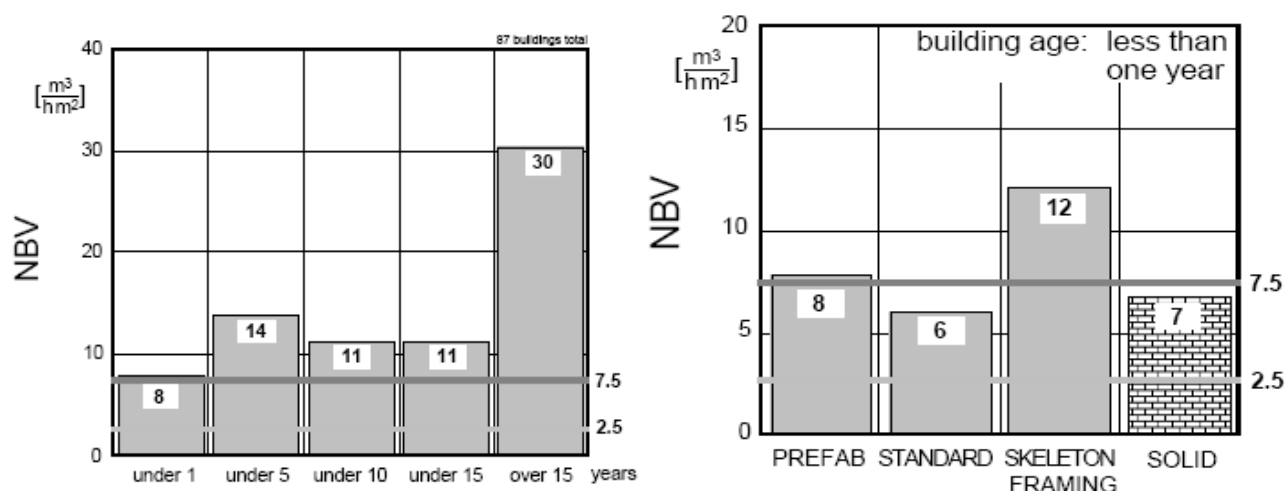
جدول ۱

۲-۳- نتایج اندازه گیری

نتایجی از آزمایشهای تنظیم فشار هوای داخلی چندین ساختمان چوبی در ادامه بحث ارائه می شود.

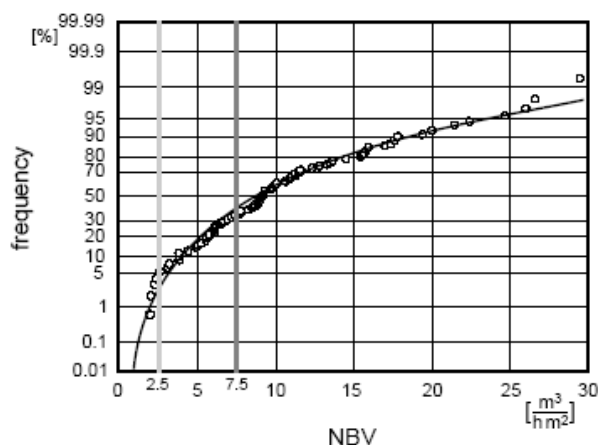
۲-۲-۳- ساختمانهای چوبی

شکل ۳ میانگین مقادیر NBV برای یک انتخاب از انواع ساختارهای چوبی در مقایسه با ساختمانهای سخت را نشان می دهد. همه ساختمانهای ذکر شده در شکل ۳ موقع تست شدن کمتر از یک سال عمر داشتند. شکل ۴ نتایج آزمایش را با ملاحظه عمر ساختمان نشان می دهد.



شکل ۵ فراوانی پخش مقادیر NBV برای ساختمانهای چوبی تحت آزمایش را مشخص می کند بعلاوه حدود بالاتر مقادیر NBV جهت ساختمانهای با تهویه طبیعی و سیستم های تهویه ای مکانیکی (غیرطبیعی) در جدول ۱ ارائه شده است.

مقادیر NBV واقع در سمت چپ خط $NBV = 2/5$ قابل قبول هستند در صورتی که مقادیر NBV واقع



در سمت راست خط $NBV = 7/5$ نسبت به حدود بالا مورد توجه واقع می شود.

مشخص می شود که ۳۰ درصد از ۸۷ ساختمان آزمایش شده از سطح محفوظیت هوایی کافی جهت ساختمانهای با تهویه طبیعی برخوردارند در صورتی که تنها ۵ درصد ساختمانهای تحت آزمایش دارای سیستم های تهویه ای از سطح بالای محفوظیت هوایی برخوردار بودند.

شکل ۵

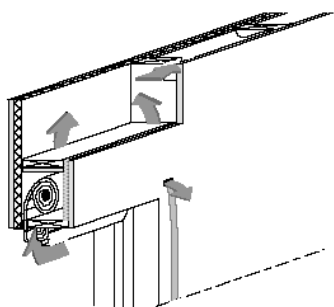
۳-۳- راههای شاخص نفوذ :

مباحثات بسیار با معماران و حرفه ایی های ساختمان در رابطه با آزمایشات تنظمی فشار هوای داخل نشان داده اند که همراهی و حل مسائل مربوط به آنچه که ساختمانهای چوبی را محفوظ از هوا می کند اغلب سخت و دشوار می باشد تا به امروز نیز می شد جلوی اشتباهات بسیاری را گرفت لیکن به جهت فقدان آگاهی های لازم از راههای نفوذ و نشت همچنان تکرار می شود .

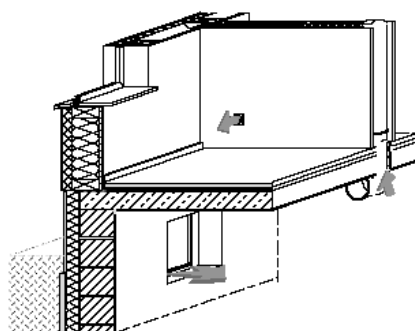
شکلهای ۶ تا ۸ سعی در کمک به فهم مسیرهای ممکن نشت در ساختمانهای چوبی دارند.

شکل ۶ برشی از دیوار لغاز یک ساختمان چوبی را نشان می دهد. صفحات پلاستیکی بکار رفته به عنوان لایه محفوظیت هوایی ، به پیش آمدگی لبه بام چسبانده نمی شوند. لکن از بستن این صفحات به دیوار کناری در روش محفوظیت هوایی غفلت می شود که این خود منجر به راحتی امکان نفوذ می شود. از آنجایی که داشتن تاسیسات لوله کشی در فضای میان دیوار لغاز و سقف طبیعی است لذا کل ساختمان به این مسیرهای نشت متصل می شوند.

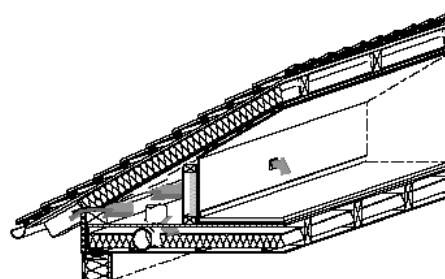
شکل ۶ نوع متداول دیگری از راههای نفوذی را از طریق طبقه زیرزمین نشان میدهد اغلب زیرزمین به عنوان یک فضای گرم نشده طراحی می شود پنجره های ساده با بازشوهای تهویه ای ثابت بکار گرفته می شوند لوله کشی به داخل و از اتاقهای زیرین هدایت می شود و چنانچه لوله کشی در محل نفوذ از سقف زیرزمین درزبندی نشود هوا از طریق دیوارهای تو رفته در قسمت گرم شده ساختمان جابه جا شود. شکل ۸ راه نفوذ دیگری را که به صورت شاخص برای ساختمانهای چوبی پیش ساخته مطرح می شود را نشان می دهد کرکره پنجره با ساختار دیوار هماهنگ شده و در واقع پنجره ای مشاهده نمی شود در این حالت امکان نشت های متعدد میسر می گردد.



شکل ۸



شکل ۷



شکل ۶

۴-۳- اجزاء نشت

داشتن اطلاعاتی از میزان نشت اجزاء و بخشهای ساختمان امری پسندیده است. گذشته از این آزمایشهای تنظیم فشار هوای داخلی بیانگر وجود یک میانگین ۲۴ درصدی از کل میزان نفوذ به علت نشت های در قمست بالاتر ساختمان و معمولاً فضای بام و یوارهای لغاز می باشد. در بعضی موارد بالای ۷۰ درصد از کل نشت ها می توانند مربوط به این بخش از ساختمان باشند همچنین مقدار متوسط ۲۰ درصدی از کل میزان نشت نیز به جهت نفوذها در طبقه زیرین یافت می شود.

۴- خلاصه

ساختمانهای چوبی به منظور تطابق با استانداردهای معرف انرژی پایین به خوبی سازگار می باشند لذا بایستی به منظور جلوگیری از پلهای حرارتی که می توانند به مشکلات رطوبتی منجر شوند اهمیت بیشتری قائل شد که این خود در ادامه بذل توجه بیشتری را جهت دستیابی به یک پوشش ساختمانی محفوظ از هوا طلب می کند. چنین امری در ملاحظه با جابجایی بخار و در نتیجه فساد رطوبتی حائز اهمیت است.

ساختمانهای با انرژی کم کیفیت سیستم های تهویه را بالا می برند که شرط اساسی برای چنین سیستم هایی یک پوشش ساختمانی محفوظ از هواست.

از بررسی ساختمانهای مورد آزمایش و تحقیق روی نشت های متداول و راههای نفوذ چنین استنباط می شود که تنها ۳۰ درصد آنها در محدوده پیشنهادی جهت ساختمانهای تهویه شده از راه پنجره و درب (تهویه طبیعی) قرار می گیرند. همچنین فقط ۵ درصد با حدود پیشنهادی برای ساختمانهای با سیستم های تهویه ای سازگارند.

بعلاوه از نتیجه آزمایشات چنین دریافت می شود که در بعضی موارد بالای ۷۰ درصد کل نفوذ به جهت درزهای موجود در بخش بالایی ساختمان و معمولاً فضای زیر بامی و دیوارهای لغاز می باشد همچنین یک مقدار متوسط ۲۰ درصدی از کل میزان نشت به علت درزهای مربوط به طبقه زیرین می باشد.

References

- 1-National Timber Development Council (2001) Environmentally Friendly housing using Timber.NSW: FWPRDC
- 2- Hartmann, P., M"uhlebach, H., and Steinemann, U. Retrofit-Planning-Tools for institutional and residential buildings with user influenced air infiltration. In 4th AIC Conference, Air Infiltration Reduction in existing Buildings (September 26-28 1983).
- 3-FAO (2002) Environmental and Energy Balances of Wood Products and Substitutes. Rome: FAO Forest & Wood Products Development Corporation (1997) Environmental Properties of Timber. NSW: FWPRDC
- 4- Hauser, G., and Stiegel, H. W"armebr"ucken. Informationsdienst Holz - Holzbau Handbuch Reihe 3 Teil 2 Folge 6, Entwicklungsgemeinschaft Holzbau (EGH) in der Deutschen Gesellschaft f"ur Holzforschung e.V., M"unchen, 1992.
- 5- Gei"ßler, A., and Hauser, G. Luftdichtheit von Holz h"ausern. bauen mit holz, H. 7 (Juli 1996), 562-568.
- 6- Hauser, G. W"armebr"uckenprobleme bei Geb"auden mit hoher W"armed"ammung. Deutsche Bauzeitschrift 37, H. 2 (1989), 193-196.
- 7-DIN 4108 "W"armeschutz im Hochbau". Teil 7 "Luftdichtheit von Bauteilen und Anschl"ussen",Entwurf, August 2000.