INSO
14793
1st. Edition
Dec .2012

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱۴۷۹۳
چاپ اول
آذر۱۳۹۱

پل های حرارتی در سازه‌های ساختمانی– قابلیت انتقال حرارت خطی– روش های ساده شده و مقادیر پیش فرض

Thermal bridges in building construction – Linear thermal transmittance –Simplified methods and default values

ICS:91.120.10

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است .

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان ، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود وکوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود .پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود .بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1] ،کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور ، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود .

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2 - International Electrotechnical Commission
3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)
4 - Contact point
5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« پل های حرارتی در سازه‌های ساختمانی– قابلیت انتقال حرارت خطی– روش های ساده شده و مقادیر پیش فرض »

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
ترکمن، لیلا (فوق‌لیسانس مهندسی مکانیک)	اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی آذربایجان شرقی
دبیر:	
رنجبر، سید فرامرز (دکترای مهندسی مکانیک)	دانشگاه تبریز
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
آذریان، پیمان (لیسانس فیزیک)	شرکت طرح ابتکار انرژی
ترکمن، بهاره (فوق‌لیسانس مهندسی برق)	عضو سازمان نظام مهندسی استان قزوین
جسور، یاشار (فوق‌لیسانس معماری و شهرسازی)	شرکت بازرسی پارس بینش
خوشروان، اسماعیل (دکترای مهندسی مکانیک)	دانشگاه تبریز
شرقی، عبدالعلی (دکترای مهندسی عمران)	دانشگاه شهید بهشتی
عرفان، روزبه (لیسانس مهندسی عمران)	شرکت مهندسین مشاور شیب راه
علیزاده، فریبرز (فوق‌لیسانس معماری)	شرکت مهندسین مشاور شیب راه
فرشی حق رو، ساسان (فوق‌لیسانس مهندسی عمران)	اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی آذربایجان شرقی

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد ج
پیش گفتار د
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ اصطلاحات،تعاریف،نمادها و یکاها ۲
۳-۱ تعاریف و اصطلاحات ۲
۳-۲ نمادها و یکاها ۳
۳-۳ زیرنویس‌ها ۳
۴ تاثیر پل های حرارتی روی انتقال حرارت کل ۳
۴-۱ ضریب انتقال حرارت جابجایی ۳
۴-۲ انتقال حرارت خطی ۴
۴-۳ ابعاد داخلی و خارجی ۴
۵ تعیین قابلیت انتقال حرارت خطی ۵
۵-۱ روش‌های موجود و دقت قابل قبول ۵
۵-۲ محاسبات عددی ۵
۵-۳ کارنماهای پل‌های حرارتی ۵
۵-۴ روش‌های محاسباتی دستی ۶
۵-۵ مقادیر تعریف شده برای قابلیت انتقال حرارت خطی ۷
پیوست الف(مقادیر پیش فرض در انتقال حرارت خطی) ۸
پیوست ب (نمونه‌ای از کاربرد مقادیر انتقال حرارت خطی در محاسبه ضریب انتقال حرارت) ۲۲

پیش گفتار

استاندارد"پل های حرارتی در سازه‌های ساختمانی – قابلیت انتقال حرارت خطی – روش‌های ساده شده و مقادیر پیش فرض" که پیش نویس آن درکمیسیون های مربوط توسط شرکت طرح ابتکار انرژی تهیه و تدوین شده و در سیصدو چهل و هشتمین اجلاس کمیتهٔ ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۰/۱۰/۱۵ مورد تصویب قرار گرفته است ، اینک به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ ، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود .

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های ملی و جهانی در زمینهٔ صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت . بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و ماخذی که برای تهیهٔ این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO 14683: 2007, Thermal bridges in building construction- Linear thermal transmittance– Simplified methods and default values

« پل‌های حرارتی در سازه‌های ساختمانی– قابلیت انتقال حرارت خطی– روش‌های ساده شده و مقادیر پیش فرض »

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد ارائه روش‌های ساده شده‌ای برای محاسبه جریان حرارتی از پل‌های حرارتی خطی که در اتصالات اجزای ساختمانی رخ می‌دهد، می‌باشد.

این استاندارد نیازهای مرتبط با کارنماهای پل‌های حرارتی و روش‌های محاسبه دستی را تعیین می‌کند.

مقادیر تعریف شده در پیوست «الف» جهت اطلاع داده شده است.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد به آنها ارجاع داده شده است . بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می شود .

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد ، اصلاحیه ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست . در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آنها ارجاع داده شده است ، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه های بعدی آن ها مورد نظر است .

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۵۹۶، پل حرارتی در ساختمان‌سازی - جریان حرارتی و دماهای سطحی - محاسبات

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۲۷۶، عایق حرارتی- کمیت‌های فیزیکی و تعاریف

۳ اصطلاحات ، تعاریف ، نمادها و یکاها

۳-۱ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف داده شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۲۷۶ اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به‌کار می‌رود:

۳-۱-۱

پل حرارتی خطی

پل حرارتی با یک سطح مقطع یکنواخت در امتداد یکی از سه محور متعامد.

۳-۱-۲

پل حرارتی نقطه ای

پل حرارتی متمرکز که تاثیرش می تواند با یک انتقال حرارت نقطه‌ای بیان شود.

۳-۱-۳

قابلیت انتقال حرارت خطی

آهنگ جریان حرارتی در حالت پایا تقسیم بر طول و اختلاف دمای محیط در دو طرف پل حرارتی؛

یادآوری- انتقال حرارت خطی کمیتی است که تاثیر پل حرارت خطی را روی کل جریان حرارتی توصیف می‌کند.

۳-۱-۴

قابلیت انتقال حرارت نقطه ای

آهنگ جریان حرارتی در حالت پایا تقسیم بر اختلاف دمای محیط در دو طرف پل حرارتی؛

یادآوری- انتقال حرارت نقطه‌ای کمیتی است که تاثیر پل حرارتی نقطه‌ای را روی کل جریان حرارتی توصیف می‌کند.

۳-۱-۵

ضریب انتقال حرارت جابجایی

آهنگ جریان حرارتی ناشی از انتقال حرارت از بدنه ساختمان تقسیم بر اختلاف دمای بین محیط در دو طرف ساختمان؛

۲-۳ نمادها و یکاها

نماد	کمیت	یکا
A	سطح	m^2
b	عرض	m
d	ضخامت	m
H_T	ضریب انتقال حرارت جابجایی	W/K
H_D	ضریب انتقال حرارت جابجایی مستقیم	W/K
H_U	ضریب انتقال حرارت جابجایی فضاهای غیر مشروط	W/K
l	طول	m
R	مقاومت گرمایی	$m^2.K/W$
R_{se}	مقاومت سطح خارجی	$m^2.K/W$
R_{si}	مقاومت سطح داخلی	$m^2.K/W$
U	قابلیت انتقال حرارت	$W/(m^2.K)$
θ	دمای سلسیوس	°C
λ	رسانندگی گرمایی طرح	W/(m.K)
Φ	آهنگ انتقال گرما	W
Ψ	قابلیت انتقال حرارت خطی	W/(m.K)
χ	قابلیت انتقال حرارت نقطه‌ای	W/K

۳-۳ زیر نویس ها [1]

تعریف	زیرنویس
خارجی	e
داخلی	i
فوق داخلی	o_i

۴ تاثیر پل‌های حرارتی روی انتقال حرارت کل

۱-۴ ضریب انتقال حرارت جابجایی

بین محیط داخلی و خارجی با دمای θ_i و θ_e ،آهنگ انتقال حرارت گرمای جابجایی از فضای ساختمان، φ از معادله ۱ به دست می آید:

$$\varphi = H_T(\theta_i - \theta_e) \qquad (۱)$$

که در آن:

ضریب انتقال حرارت جابجایی ، H_T با استفاده از معادله۲ محاسبه شده است:

1- Subscripts

$$H_T = H_D + H_g + H_U \quad (۲)$$

که در آن:

H_D: ضریب انتقال حرارت مستقیم از فضای ساختمان، که با معادله ۳ تعریف می‌شود؛

H_g: ضریب انتقال حرارت زمین، که مطابق ISO 13370 محاسبه می شود؛

H_U: ضریب انتقال حرارت از فضای غیر مشروط، که مطابق استاندارد ISO 13789 محاسبه می‌شود.

۴-۲ انتقال حرارت خطی

ضریب انتقال حرارت جابجایی شامل سهم پل‌های حرارتی مطابق معادله۳ محاسبه می شود:

$$H_D = \sum_h A_i U_i + \sum_k l_k \psi_k + \sum_j \chi_j \quad (۳)$$

که در آن:

Ai : مساحت جزء iام از فضای ساختمان، بر حسب m^2؛

U_i : قابلیت انتقال حرارت جزء iام از فضای ساختمان، بر حسب $w/(m^2.k)$؛

l_k : طول پل حرارتی kام، بر حسب m؛

Ψ_k: قابلیت انتقال حرارت خطی پل حرارتی خطی kام، بر حسب $W/(m.k)$؛

χ_j: قابلیت انتقال حرارت خطی پل حرارتی نقطه ای j ام، بر حسب W/ k.

در حالت کلی تاثیر پل‌های حرارتی نقطه‌ای(که در محل تقاطع پل‌های حرارتی خطی حاصل می‌شود) قابل صرفنظر کردن است و می‌توان جمله مربوط به انتقال حرارت نقطه‌ای را از معادله ۳ حذف کرد. اگرچه پل-های حرارتی نقطه‌ای مشخصی وجود دارند که قابلیت انتقال حرارت نقطه‌ای آن‌ها باید مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۵۹۶ محاسبه شود.

پل‌های حرارتی خطی معمولا در موقعیت‌های زیر در فضای ساختمان اتفاق می‌افتد:

- در محل اتصال بین اجزاء خارجی(گوشه دیوارها، دیوار با سقف، دیوار با کف)؛
- در محل اتصال دیوارهای داخلی با دیوارهای خارجی و سقف‌ها؛
- در محل اتصال طبقات میانی و دیوارهای خارجی؛
- در ستون‌های داخل دیوارهای خارجی؛
- اطراف درها و پنجره‌ها.

۴-۳ ابعاد داخلی و خارجی

سه سیستم ابعادی وجود دارد که معمولا مورد استفاده قرار می‌گیرد:

- ابعاد داخلی، فاصله بین سطوح داخلی هر اتاق در یک ساختمان(شامل ضخامت بخش‌های داخلی نمی‌شود)؛
- ابعاد داخلی سرتاسر، فاصله داخلی بین سطوح بخش خارجی ساختمان(شامل ضخامت بخش‌های داخلی هم می‌شود)؛

- ابعاد خارجی، فاصله بین سطوح خارجی در اجزاء خارجی ساختمان؛
- این ابعاد در ISO 13789 به تفصیل شرح داده شده‌اند.

ممکن است هر یک از این سیستم‌های ابعادی مورد استفاده قرار گیرد، بهتر است سیستم انتخاب شده برای تمام بخش‌های ساختمان مورد استفاده قرار گیرد. مقادیر قابلیت انتقال حرارت خطی به سیستم استفاده شده بستگی دارد، یعنی به مساحت‌هایی که برای جریان حرارتی یک بعدی در محاسبه $\sum A_i U_i$ در معادله ۳ به کار می‌رود، اما ضریب کل انتقال حرارت، H_T با در نظر گرفتن تاثیر همه پل‌های حرارتی به دست می‌آید.

۵ تعیین قابلیت انتقال حرارت خطی

۵-۱ روش‌های موجود و دقت قابل قبول

با انتخاب یک روش مشخص، دقت آن باید در نحوه محاسبه کل انتقال حرارت با احتساب طول پل‌های حرارتی خطی منعکس شود. روش‌های ممکن برای محاسبه ψ شامل محاسبات عددی با دقت ٪۵±، کارنماهای پل حرارتی با دقت ٪۲۰±، محاسبات دستی با دقت ٪۲۰± و مقادیر قراردادی با دقت ٪صفر تا ٪۵۰ هستند.

روش‌ها در بندهای ۵-۲ تا ۵-۵ به تفصیل شرح داده شده‌اند.

زمانی که جزئیات طراحی نشده‌اند اما ابعاد و فرم اصلی ساختمان مانند مساحت اجزاء متفاوت فضای ساختمان از قبیل سقف‌ها، دیوارها و طبقات تعیین شده‌اند فقط یک برآورد تقریبی از پل‌های حرارتی در اتلاف حرارت کل می‌توان داشت.

زمانی که اطلاعات کافی در اختیار است، مقادیر دقیق‌تری برای ψ در هر پل حرارتی خطی با مقایسه جزئیات مخصوص که در تطابق قابل قبولی با نمونه‌های موجود کارنماهای پل‌های حرارتی باشد، به دست می‌آید. هم چنین روش‌های محاسباتی دستی می‌توانند در این مراحل مورد استفاده قرار گیرند.

زمانی که تمام جزئیات معلوم باشند، کلیه روش‌های محاسبه ψ ممکن است مورد استفاده قرار گیرند، از جمله محاسبات عددی که دقیق‌ترین مقادیر برای ψ را ارائه می‌کند.

۵-۲ محاسبات عددی

قابلیت انتقال حرارت خطی، ψ بایستی مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۲۵۹۶ محاسبه شود.

تمام محاسبات مربوط به قابلیت انتقال حرارت خطی، ψ باید بر اساس سیستم ابعادی که در آن تعریف شده است، ارائه شود.

۵-۳ کارنماهای پل حرارتی

نمونه‌های مربوط به جزئیات ساختمان در کارنماهای پل‌های حرارتی اساسا پارامترهای ثابتی هستند(به عنوان مثال مواد و ابعاد ثابت)، بنابراین انعطاف کمتری نسبت به محاسبات دارند. در حالت کلی، نمونه‌های

موجود در کارنماها به طور دقیق با جزئیات مورد نظر عملی هم‌خوانی ندارند و استفاده از مقادیر موجود در کارنماها برای ψ در نمونه عملی یک عدم اطمینان ایجاد می‌کند. با این وجود مقادیر ψ از کارنماها مورد استفاده قرار می‌گیرد، ابعاد و خواص حرارتی نمونه‌های موجود در کارنماها در برخی موارد به جزئیات نمونه عملی موردنظر شبیه هستند و در برخی موارد از لحاظ خواص حرارتی تطابق قابل قبولی با مورد عملی ندارند.

محاسبات عددی بر اساس مقادیر قابلیت انتقال حرارت خطی موجود در کارنماها باید مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۲۵۹۶ باشد.

هم چنین کارنماها باید شامل اطلاعات زیر باشند:

الف) راهنمایی واضح در خصوص این که مقادیر ψ چگونه از اطلاعات موجود در کارنما استخراج شده است;

.ب) ابعاد جزئیات و مقادیر قابلیت انتقال حرارت بخش‌های همگن هر جزء؛

ج) مقاومت صفحات داخلی و خارجی مورد استفاده در محاسبه مقادیر داده شده در کارنما.

یادآوری ۱- زمانی که جزئیات مربوط به پل حرارتی به طور کامل طراحی نشده‌اند، کارنماهای چاپ شده نمونه‌های مفیدی برای طراح فراهم می‌کند. اگرچه از کارنماهای با انعطاف بیشتر که دارای سیستم ابعادی شناور هستند و در آن‌ها ابعاد و جنس ماده به طور دقیق قابل تغییر است می‌توان استفاده کرد، که در این حالت دقت محاسبات با دقت محاسبات عددی قابل مقایسه خواهد بود.

یادآوری۲- ترجیحا ، کارنما اطلاعاتی در مورد چگونگی تغییرات قابلیت انتقال حرارت خطی با تغییرات رسانندگی گرمایی یا ابعاد اجزاء ساختمانی که شامل پل‌های حرارتی نیز می‌شود، فراهم می‌کند که این تغییرات در ابعاد یا رسانندگی می‌توانند با ضرایبی متناسب با این تغییرات روی قابلیت انتقال حرارت خطی اعمال شوند.

۵-۴ روش های محاسباتی دستی

یک روش محاسباتی دستی باید اطلاعات زیر را ارائه دهد:

الف) انواع جزئیات ساختاری مورد استفاده؛

ب) محدودیت ابعادی برای حالتی که روش صحیح است؛

ج) محدودیت‌های رسانندگی گرمایی مواد مورد استفاده؛

د) مقادیر مقاومت صفحه مورد استفاده؛

ح) تخمینی از دقت(به عنوان مثال بیشترین خطا).

یادآوری- روش‌های محاسباتی دستی مختلفی وجود دارند که برای محاسبات مذکور نیاز به کامپیوترهای جیبی کوچک یا برنامه‌های کامپیوتری ساده می‌باشد. اگرچه یک معیار کلی درباره دقت این محاسبات ارائه نشده است به دلیل این که اغلب محاسبات دستی تنها برای نوع مشخصی از پل حرارتی مورد استفاده قرار می‌گیرد(به عنوان مثال: ساختمان‌ها با ورق‌های فلزی) به همین دلیل در محدوده معینی از کاربردها، محاسبات دستی مشخصی ممکن است دقت بسیار خوبی داشته باشد اما در خارج از محدوده مورد نظر بسیار غیر دقیق باشد.

۵-۵ مقادیر تعریف شده برای قابلیت انتقال حرارت خطی

جداول مقادیر تعریف شده برای قابلیت انتقال حرارت خطی ممکن است مطابق قوانین موجود در این استاندارد ارائه شده باشند. هم چنین جداول باید دلایل واضحی از کاربردی بودن مقادیری که حاوی آن‌ها هستند، ارائه کنند و باید بر اساس محاسباتی باشند که تاثیر پل‌های حرارتی را نادیده نگیرند.

جدول الف-۲ مقادیر تعریف شده‌ای برای حالتی که پارامترها بدترین حالت را توصیف می‌کنند، ارائه کرده است. این مقادیر می‌توانند در غیاب بسیاری از داده‌های ویژه برای پل حرارتی مورد نظر به‌کاررروند.

جدول الف-۲ هر جا که مقتضی باشد، به منظور پوشش دادن جزئیات ساختمانی که به طور معمول استفاده می‌شود، عمومیت داده شده یا جایگزین شده است.

پیوست الف

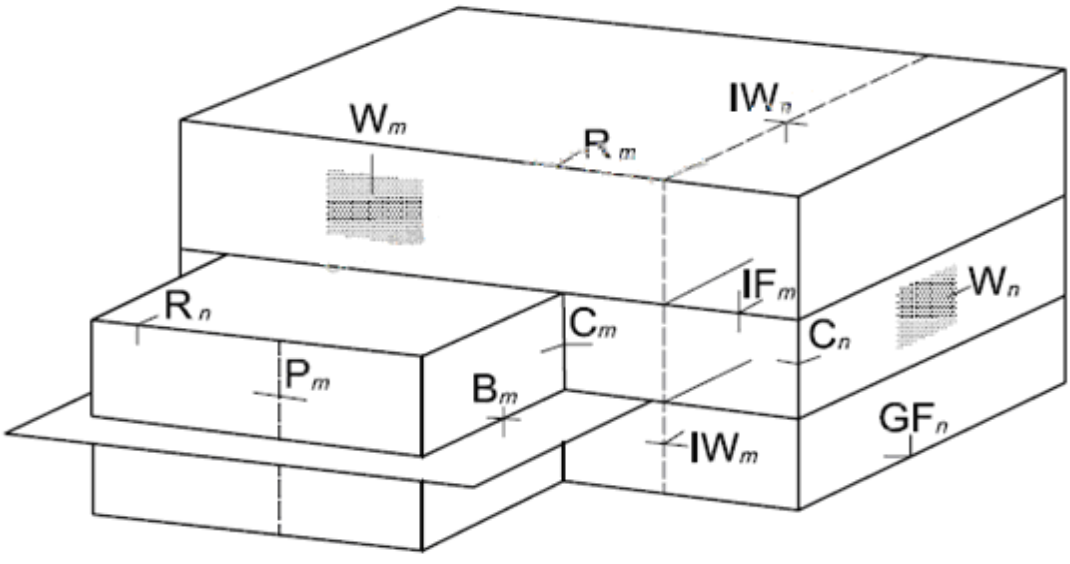
(اطلاعاتی)

مقادیر پیش فرض در انتقال حرارت خطی

در جدول الف-۲ مقادیر قراردادی ψ برای انواع پل حرارتی دو بعدی در یک محدوده که اغلب با آن مواجهیم ارائه شده است و برای محاسبات از داده‌های موجود در جدول الف-۱ استفاده می‌شود. از این مقادیر زمانی استفاده می‌شود که مقادیر عملی ψ مجهول است یا جزئیاتی برای پل حرارتی مورد نظر در اختیار نباشد یا جایی که برای تعیین انتقال حرارت کل در یک دقت مورد نظر، مقادیر تخمینی مناسبی برای ψ مد نظر باشد. در شکل الف-۱ نمادهای R، B، C، GF، IF، IW، P و W به موقعیت پل حرارتی دلالت می‌کنند.

یادآوری ۱- مقادیر تعریف شده بر اساس مدل‌سازی دو بعدی مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۲۵۹۶ می‌باشد که معمولا بیشترین تاثیر پل‌سازی حرارتی را ارائه می‌کنند. مقادیر قراردادی تنها برای بررسی انتقال حرارت معتبر است و برای بررسی دمای بحرانی صفحه برای جلوگیری از چگالش روی صفحه معتبر نمی‌باشد.

شکل الف-۱ موقعیت عمومی یکی از رایج‌ترین گونه‌های پل حرارتی دو بعدی را نمایش می‌دهد. حروف بزرگ برای هر پل حرارتی، نوع پل حرارتی مذکور را نشان می‌دهد و هر اندیس هم به یک پل حرارتی معین اشاره دارد. به عنوان مثال IW_n به پل حرارتی در محل تماس فضای خارجی با یک دیوار داخلی و IW_m به پل حرارتی دیگری از همان نوع اشاره دارد. قابلیت پل‌های حرارتی در یک طراحی ساختمانی ویژه با ارجاع به شکل الف-۱ می توانند تعریف شوند و مقادیر قراردادی مناسب برای قابلیت انتقال حرارت خطی در هر مورد در جدول الف-۲ آورده شده است.



راهنما :

B_m ،C_m ،C_n ،GF_n ،IF_m ،IW_m ،IW_n ،P_m ،R_n ،R_n ،W_m ،W_n

شکل الف ۱ – نمایی از ساختمان که موقعیت و نوع پل‌های حرارتی رایج را مطابق طرح داده شده در جدول الف ۲ نمایش می‌دهد

جدول الف-۲ جزئیات مربوط به هر پل حرارتی ترکیبی با نوع و چهار موقعیت قراردادی لایه عایق را نمـایش می‌دهد. لایه عایق اصلی می تواند در چهار موقعیت:

الف) خارجی؛

ب) میانی؛

ج) داخلی؛

د) هر مجرا؛

بخش بدون پل اجزاء مهم ساختمانی واقع شود. بند «د» مربوط به جاهایی است که اجزاء ساختمان، ساخت سازه‌ای سبک وزن یا دیوار قالب چوبی باشد.

برای هر نوع پل حرارتی و موقعیت لایه عایق اصلی، جدول الف-۲ یک طرح کلی از جزئیات مقـادیر ψ، گـرد شده به نزدیک‌ترین مقدار ۰٫۰۵، بر اساس یکی از سه سیستم اندازه‌گیری شده ساختمانی لیست شده در بند ۴-۳ ارائه کرده است.

- ψ بر اساس ابعاد داخلی؛
- ψ_{oi} بر اساس ابعاد داخلی کلی؛
- ψ_e بر اساس ابعاد بیرونی.

در مورد ابعاد خارجی، اندازه گیری‌ها از انتهای کف طبقه یا انتهای لایه عایق می‌باشد(اگر در زیر کـف طبقـه باشد).

یادآوری ۲- در پیوست «ب» یک نمونه عملی از چگونگی استفاده از مقادیر ψ در محاسبه انتقال گرمای به هـدر رفتـه ارائـه شده است.

مقادیر قراردادی ψ در جدول الف-۲ بر اساس محاسبات عددی دو بعدی می باشد که از پارامترهـای جـدول الف-۱ استفاده شده است.

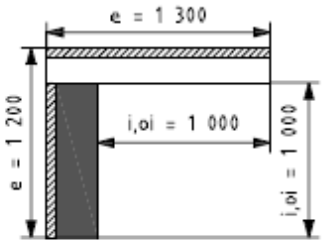
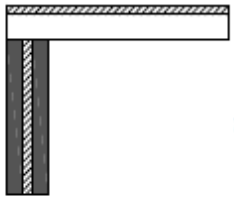
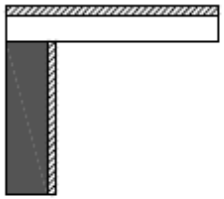
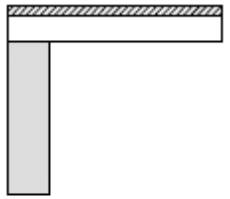
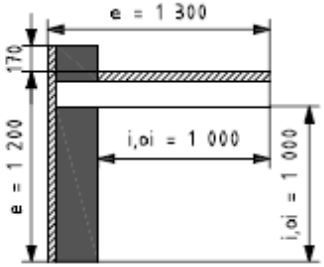
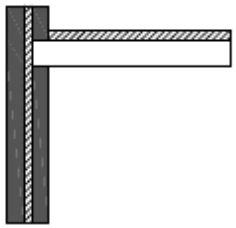
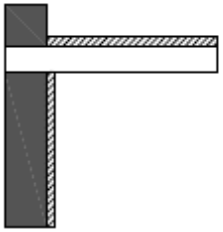
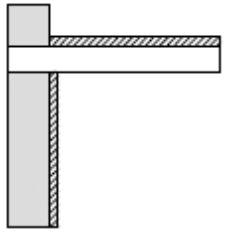
جدول الف-۱ پارامترهای به کار رفته برای محاسبه داده ها در جدول الف-۲

برای همه جزئیات:		$R_{si}=۰/۱۳m^2.KW$ $R_{se}=۰/۰۴m^2.KW$
برای دیوارهای خارجی: برای دیوارهای داخلی:		d=۳۰۰mm d=۲۰۰mm
برای دیوارها با یک لایه عایق:	• قابلیت انتقال حرارت • مقاومت گرمایی لایه عایق	U=۰/۳۴۳W/(m².K) R=۲/۵m²K/W
برای دیوارهای سبک وزن:		U=۰/۳۷۵W/(m².K)
برای طبقه هم کف:	• کف • رسانندگی گرمایی از زمین • مقاومت گرمایی از لایه عایق	d=۲۰۰mm λ=۲/۰W/(m.K) R=۲/۵m²K/W
برای طبقات میانی:		d=۲۰۰mm λ=۲/۰W/(m.K)
برای سقف‌ها:	• قابلیت انتقال حرارت • مقاومت گرمایی لایه عایق	U=۰/۳۶۵W/(m².K) R=۲/۵m²K/W
برای چارچوب‌ها در ورودی:		d=۶۰mm
برای ستون‌ها :		d=۲۰۰mm λ=۲/۰W/(m.K)

این پارامترها برای به‌دست‌آوردن مقادیر پیش فرض ψ انتخاب شده‌اند که به حالت بیشینه که در عمل مطلوب است، نزدیک می‌باشد و نسبت به زیاد برآورد کردن تاثیرات پل حرارتی جوانب احتیاط در نظر گرفته شده است، به عنوان مثال انتقال حرارت از پل‌های حرارتی حداقل گرفته نشده است.

ابعاد برحسب میلی متر ، انتقال حرارت خطی بر حسب W/((m.k)

دیوار	دیوارهای سبک وزن شامل دیوارهای یا سنگ کاری سبک وزن و قاب چوبی	لایه عایق	تیغه / ستون	قاب پنجره

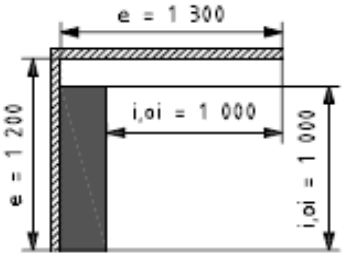
سقف ها			
 R1 Ψ_e = 0,55 Ψ_{oi} = 0,75 Ψ_i = 0,75	 R2 Ψ_e = 0,50 Ψ_{oi} = 0,75 Ψ_i = 0,75	 R3 Ψ_e = 0,40 Ψ_{oi} = 0,75 Ψ_i = 0,75	 R4 Ψ_e = 0,40 Ψ_{oi} = 0,65 Ψ_i = 0,65
 R5 Ψ_e = 0,60 Ψ_{oi} = 0,80 Ψ_i = 0,80	 R6 Ψ_e = 0,50 Ψ_{oi} = 0,70 Ψ_i = 0,70	 R7 Ψ_e = 0,65 Ψ_{oi} = 0,85 Ψ_i = 0,85	 R8 Ψ_e = 0,45 Ψ_{oi} = 0,70 Ψ_i = 0,70

جدول الف-۲ - مقادیر پیش فرض برای انتقال حرارت خطی

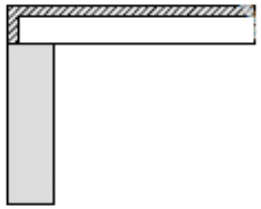
ابعاد بر حسب mm و انتقال حرارت خطی بر حسب W/(m.k)

قاب پنجره	ستون / تیغه	لایه عایق	دیوار سبک وزن شامل دیوارهای سنگ کاری سبک وزن و دیوارهای با قاب چوبی	دیوار

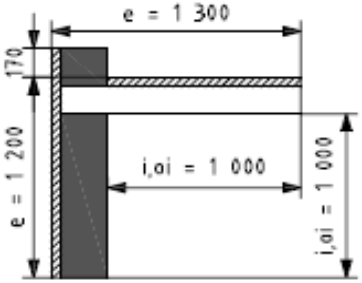
سقف ها – ادامه



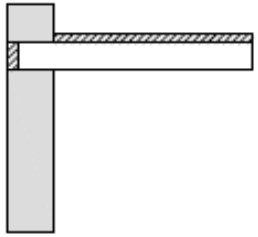
R9
Ψ_e = –0,05
Ψ_{oi} = 0,15
Ψ_i = 0,15



R10
Ψ_e = 0,00
Ψ_{oi} = 0,20
Ψ_i = 0,20

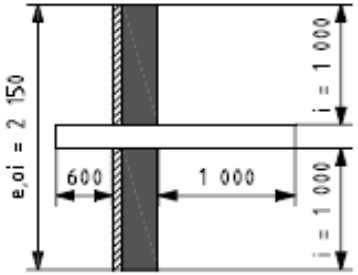


R11
Ψ_e = 0,05
Ψ_{oi} = 0,25
Ψ_i = 0,25

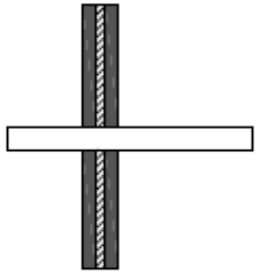


R12
Ψ_e = 0,15
Ψ_{oi} = 0,40
Ψ_i = 0,40

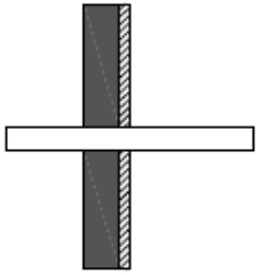
پالکن ها



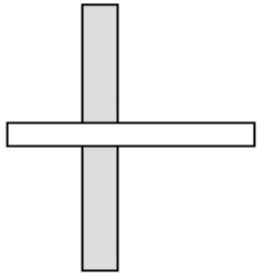
B1
Ψ_e = 0,95
Ψ_{oi} = 0,95
Ψ_i = 1,05



B2
Ψ_e = 0,95
Ψ_{oi} = 0,95
Ψ_i = 1,05



B3
Ψ_e = 0,90
Ψ_{oi} = 0,90
Ψ_i = 1,00

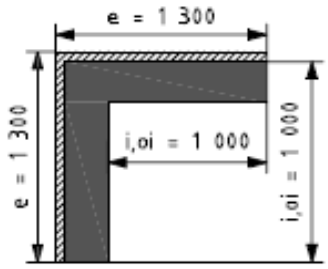
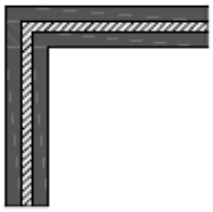
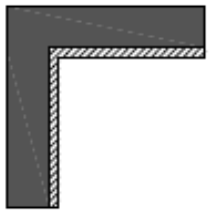
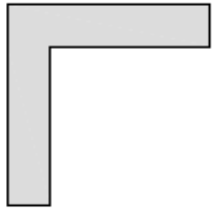
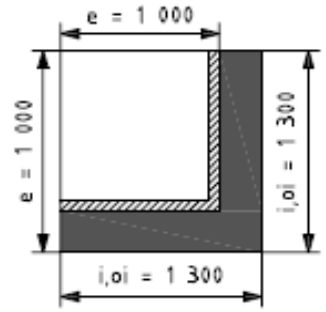
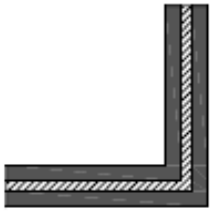
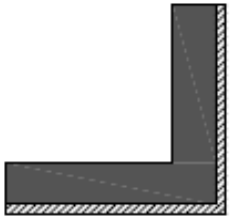
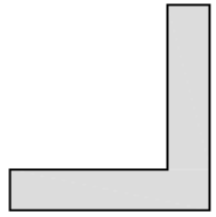


B4
Ψ_e = 0,70
Ψ_{oi} = 0,70
Ψ_i = 0,80

جدول الف ۲ – ادامه

ابعاد بر حسب mm و انتقال حرارت خطي بر حسب W/(m.k)

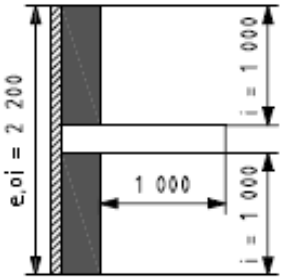
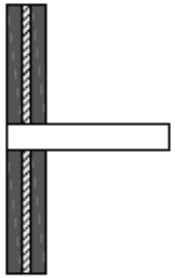
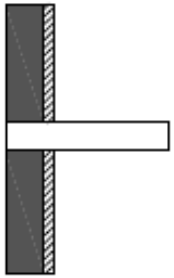
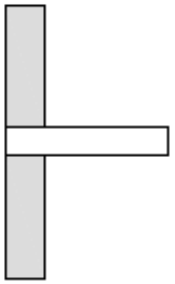
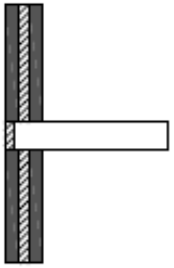
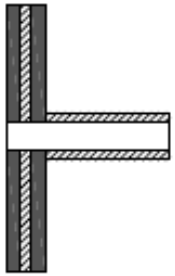
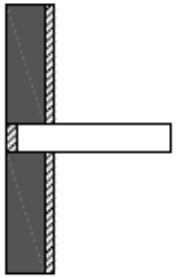
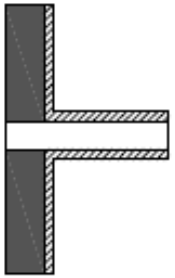
دیوار	دیوار سبک وزن شامل دیوارهای سنگ کاری سبک وزن و دیوارهای با قاب چوبی	لایه عایق	ستون / تیغه	قاب پنجره

Corners	گوشه ها			
				
C1 Ψ_e = –0,05 Ψ_{oi} = 0,15 Ψ_i = 0,15	C2 Ψ_e = –0,10 Ψ_{oi} = 0,10 Ψ_i = 0,10	C3 Ψ_e = –0,20 Ψ_{oi} = 0,05 Ψ_i = 0,05	C4 Ψ_e = –0,15 Ψ_{oi} = 0,10 Ψ_i = 0,10	
				
C5 Ψ_e = 0,05 Ψ_{oi} = –0,15 Ψ_i = –0,15	C6 Ψ_e = 0,15 Ψ_{oi} = –0,10 Ψ_i = –0,10	C7 Ψ_e = 0,15 Ψ_{oi} = –0,05 Ψ_i = –0,05	C8 Ψ_e = 0,10 Ψ_{oi} = –0,10 Ψ_i = –0,10	

جدول الف ۲ – ادامه

ابعاد بر حسب mm و انتقال حرارت خطی بر حسب W/(m.k)

قاب پنجره		ستون / تیغه		لایه عایق		دیوار سبک وزن شامل دیوارهای سنگ کاری سبک وزن و دیوارهای با قاب چوبی	دیوار

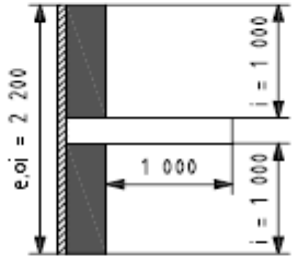
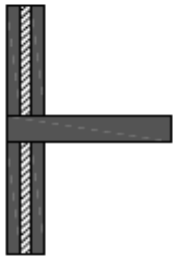
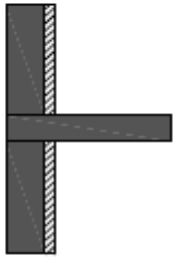
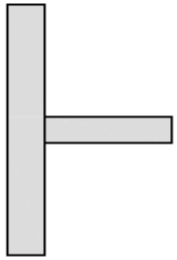
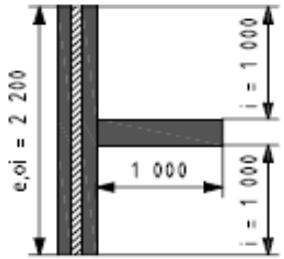
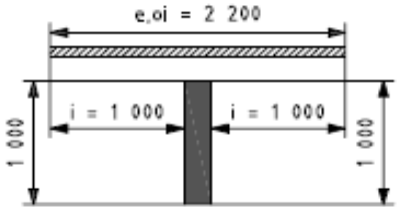
سقف های میانی			
			
IF1 Ψ_e = 0,00 Ψ_{oi} = 0,00 Ψ_i = 0,10	IF2 Ψ_e = 0,95 Ψ_{oi} = 0,95 Ψ_i = 1,05	IF3 Ψ_e = 0,90 Ψ_{oi} = 0,90 Ψ_i = 1,00	IF4 Ψ_e = 0,70 Ψ_{oi} = 0,70 Ψ_i = 0,80
			
IF5 Ψ_e = 0,60 Ψ_{oi} = 0,60 Ψ_i = 0,65	IF6 Ψ_e = 0,90 Ψ_{oi} = 0,90 Ψ_i = 1,00	IF7 Ψ_e = 0,70 Ψ_{oi} = 0,70 Ψ_i = 0,80	IF8 Ψ_e = 0,45 Ψ_{oi} = 0,45 Ψ_i = 0,60

جدول الف ۲ – ادامه

ابعاد بر حسب mm و انتقال حرارت خطی بر حسب W/(m.k)

قاب پنجره	سئون / تیغه	لایه عایق	دیوار سبک وزن شامل دیوارهای سنگ کاری سبک وزن و دیوارهای با قاب چوبی	دیوار

دیوارهای داخلی

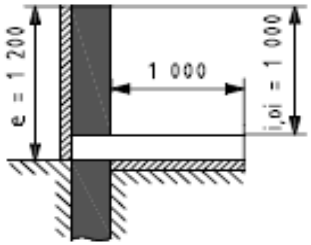
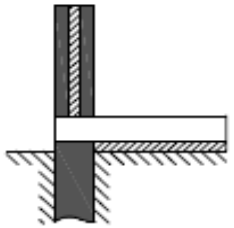
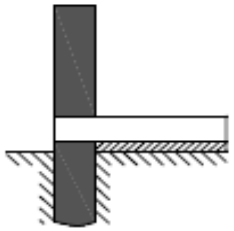
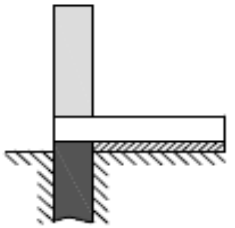
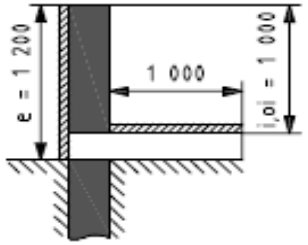
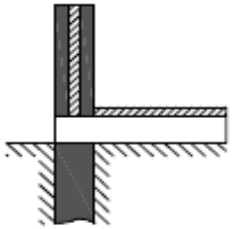
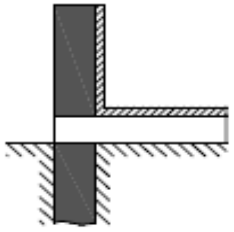
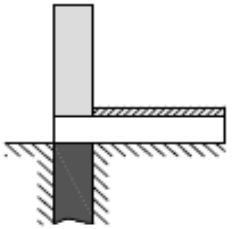
			
IW1 Ψ_e = 0,00 Ψ_{oi} = 0,00 Ψ_i = 0,10	**IW2** Ψ_e = 0,95 Ψ_{oi} = 0,95 Ψ_i = 1,05	**IW3** Ψ_e = 0,90 Ψ_{oi} = 0,90 Ψ_i = 1,00	**IW4** Ψ_e = 0,00 Ψ_{oi} = 0,00 Ψ_i = 0,20
			
IW5 Ψ_e = 0,00 Ψ_{oi} = 0,00 Ψ_i = 0,10	**IW6** Ψ_e = 0,00 Ψ_{oi} = 0,00 Ψ_i = 0,10		

جدول الف ۲ – ادامه

ابعاد بر حسب mm و انتقال حرارت خطی بر حسب W/(m.k)

قاب پنجره	ستون / تیغه	لایه عایق	دیوار سبک وزن شامل دیوارهای سنگ کاری سبک وزن و دیوارهای با قاب چوبی	دیوار

تخلال طبقات هم کف

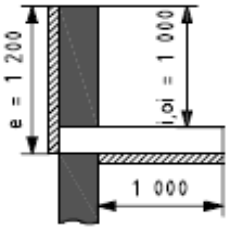
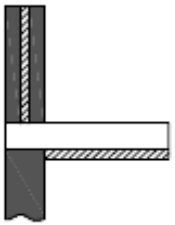
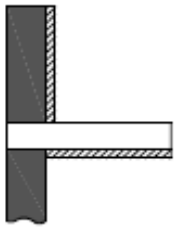
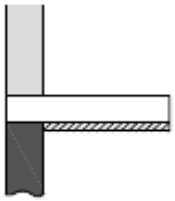
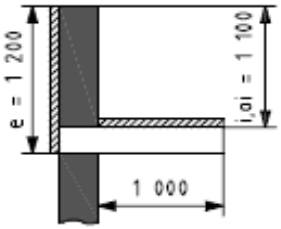
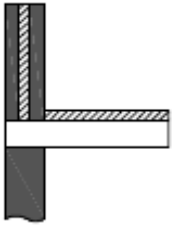
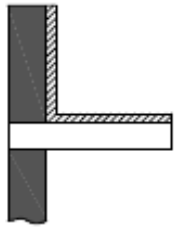
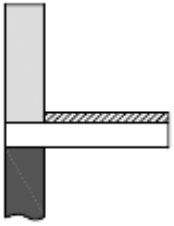
 GF1 $\Psi_e = 0,65$ $\Psi_{oi} = 0,80$ $\Psi_i = 0,80$	 GF2 $\Psi_e = 0,60$ $\Psi_{oi} = 0,75$ $\Psi_i = 0,75$	 GF3 $\Psi_e = 0,55$ $\Psi_{oi} = 0,70$ $\Psi_i = 0,70$	 GF4 $\Psi_e = 0,50$ $\Psi_{oi} = 0,65$ $\Psi_i = 0,65$
 GF5 $\Psi_e = 0,60$ $\Psi_{oi} = 0,75$ $\Psi_i = 0,75$	 GF6 $\Psi_e = 0,45$ $\Psi_{oi} = 0,60$ $\Psi_i = 0,60$	 GF7 $\Psi_e = -0,05$ $\Psi_{oi} = 0,10$ $\Psi_i = 0,10$	 GF8 $\Psi_e = 0,05$ $\Psi_{oi} = 0,20$ $\Psi_i = 0,20$

جدول الف ۲ – ادامه

ابعاد بر حسب mm و انتقال حرارت خطی بر حسب W/(m.k)

قاب پنجره	⊠	ستون / تیغه	□	لایه عایق	▨	دیوار سبک وزن شامل دیوارهای سنگ کاری سبک وزن و دیوارهای با قاب چوبی	▩	دیوار	■

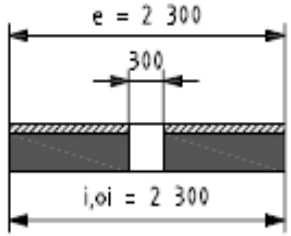
طبقات هم کف معلق

 GF9 Ψ_e = 0,75 Ψ_{oi} = 0,95 Ψ_i = 0,95	 GF10 Ψ_e = 0,65 Ψ_{oi} = 0,85 Ψ_i = 0,85	 GF11 Ψ_e = 0,55 Ψ_{oi} = 0,75 Ψ_i = 0,75	 GF12 Ψ_e = 0,50 Ψ_{oi} = 0,70 Ψ_i = 0,70
 GF13 Ψ_e = 0,60 Ψ_{oi} = 0,80 Ψ_i = 0,80	 GF14 Ψ_e = 0,45 Ψ_{oi} = 0,65 Ψ_i = 0,65	 GF15 Ψ_e = –0,10 Ψ_{oi} = 0,10 Ψ_i = 0,10	 GF16 Ψ_e = 0,00 Ψ_{oi} = 0,20 Ψ_i = 0,20

جدول الف ۲ – ادامه

ابعاد بر حسب mm و انتقال حرارت خطی بر حسب W/(m.k)

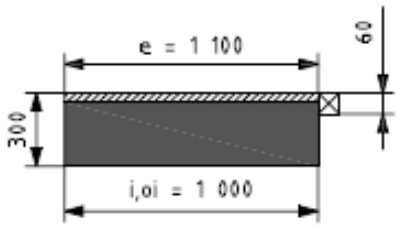
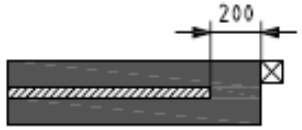
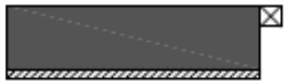
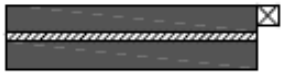
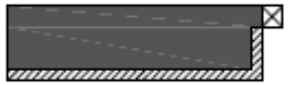
قاب پنجره	ستون / تیغه	لایه عایق	دیوار سبک وزن شامل دیوارهای سنگ کاری سبک وزن و دیوارهای با قاب چوبی	دیوار

ستون ها			
			
P1 Ψ_e = 1,30 Ψ_{oi} = 1,30 Ψ_i = 1,30	**P2** Ψ_e = 1,20 Ψ_{oi} = 1,20 Ψ_i = 1,20	**P3** Ψ_e = 1,15 Ψ_{oi} = 1,15 Ψ_i = 1,15	**P4** Ψ_e = 0,90 Ψ_{oi} = 0,90 Ψ_i = 0,90

جدول الف ۲ – ادامه

ابعاد بر حسب mm و انتقال حرارت خطي بر حسب W/(m.k)

قاب پنجره	سئون / تيغه	لايه عايق	ديوار سبک وزن شامل ديوارهای سنگ کاری سبک وزن و ديوارهای با قاب چوبی		ديوار

درها و پنجره هاي بازشو			
 W1 Ψ_e = 0,00 Ψ_{oi} = 0,00 Ψ_i = 0,00	 W2 Ψ_e = 1,00 Ψ_{oi} = 1,00 Ψ_i = 1,00	 W3 Ψ_e = 0,80 Ψ_{oi} = 0,80 Ψ_i = 0,80	W4 Ψ_e = 0,15 Ψ_{oi} = 0,15 Ψ_i = 0,15
 W5 Ψ_e = 0,40 Ψ_{oi} = 0,40 Ψ_i = 0,40	 W6 Ψ_e = 0,10 Ψ_{oi} = 0,10 Ψ_i = 0,10		

جدول الف ۲ – ادامه

ابعاد بر حسب mm و انتقال حرارت خطي بر حسب W/(m.k)

قاب پنجره	ستون / تيغه	لايه عايق	ديوار سبک وزن شامل ديوارهای سنگ کاری سبک وزن و ديوارهای با قاب چوبی	ديوار

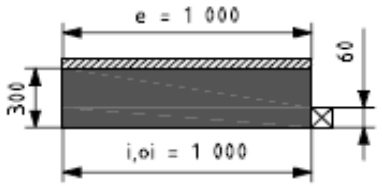
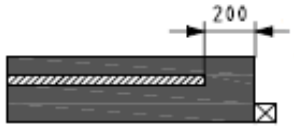
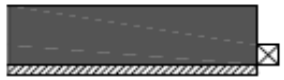
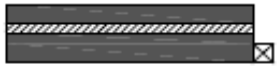
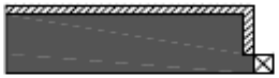
درها و پنجره های بازشو _ ادامه

W7 Ψ_e = 0,45 Ψ_{oi} = 0,45 Ψ_i = 0,45	W8 Ψ_e = 1,00 Ψ_{oi} = 1,00 Ψ_i = 1,00	W9 Ψ_e = 0,60 Ψ_{oi} = 0,60 Ψ_i = 0,60	W10 Ψ_e = 0,10 Ψ_{oi} = 0,10 Ψ_i = 0,10
W11 Ψ_e = 0,00 Ψ_{oi} = 0,00 Ψ_i = 0,00	W12 Ψ_e = 0,10 Ψ_{oi} = 0,10 Ψ_i = 0,10		

جدول الف ۲ – ادامه

ابعاد بر حسب mm و انتقال حرارت خطي بر حسب W/(m.k)

قاب پنجره		ستون / تيغه		لايه عايق		ديوار سبک وزن شامل ديوارهاي سنگ کاري سبک وزن و ديوارهاي با قاب چوبي		ديوار	

درها و پنجره هاي بازشو _ ادامه			
			
W13 Ψ_e = 0,80 Ψ_{oi} = 0,80 Ψ_i = 0,80	**W14** Ψ_e = 1,00 Ψ_{oi} = 1,00 Ψ_i = 1,00	**W15** Ψ_e = 0,00 Ψ_{oi} = 0,00 Ψ_i = 0,00	**W16** Ψ_e = 0,15 Ψ_{oi} = 0,15 Ψ_i = 0,15
			
W17 Ψ_e = 0,40 Ψ_{oi} = 0,40 Ψ_i = 0,40	**W18** Ψ_e = 0,20 Ψ_{oi} = 0,20 Ψ_i = 0,20		

جدول الف ۲ – ادامه

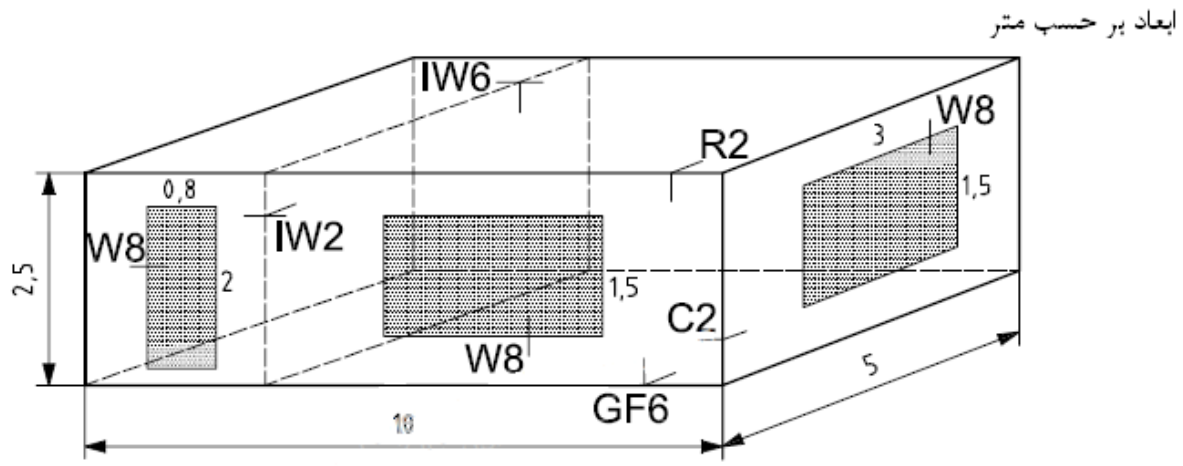
پیوست ب

(اطلاعاتی)

نمونه ای از کاربرد مقادیر قراردادی انتقال حرارت خطی در محاسبه ضریب انتقال حرارت

ب – ۱ نمونه ساختمانی

شکل ب – ۱، طرح شماتیکی از یک ساختمان یک طبقه با یک بام مسطح، یک دیوار جداکننده، دو پنجره و یک در روی دیوار خارجی را نشان می‌دهد. ابعاد داخلی سرتاسر اجزای ساختمان به متر هستند و موقعیت انواع پل حرارتی روی شکل مشخص شده است. IW_2، R_2 و ... مربوط به انواع پل حرارتی است که در جدول الف – ۲ آمده است.



راهنما :

$W_8, R_2, IW_6, IW_2, GF_6, C_2$: انواع پل های حرارتی

شکل ب – ۱ - نمایی از یک ساختمان که ابعاد داخلی سرتاسر و موقعیت پل حرارتی را نمایش می‌دهد

ضریب انتقال حرارت جابجایی ، H_D (با صرفنظر کردن از پل‌های حرارتی نقطه‌ای) به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$H_D = \sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \psi_k \quad \text{ب – ۱}$$

ب – ۲ کاربرد ابعاد داخلی سرتاسر

ضریب انتقال حرارت بین انواع مختلف اجزاء مسطح ساختمان در جدول ب – ۱ محاسبه شده است. مقدار U برای هر جزء ساختمانی در مساحت خارجی سرتاسر جزء مورد نظر، A_{oi} ضرب شده و از مجموع آن‌ها ضریب کل انتقال حرارت از میان اجزاء ساختمانی حاصل می شود.

مقدار ضریب انتقال حرارت از میان پل‌های حرارتی دو بعدی در جدول ب–۲ داده شده است. مقدار ψ_{oi} برای هر پل حرارتی در طول آن پل ضرب شده و از مجموع حاصل ضرب آن‌ها ضریب کل انتقال حرارت از میان این پل‌های حرارتی حاصل می‌شود.

از جدول ب–۳ و ب–۴ داریم:

$$H_D = \sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \psi_k = ۱۰۹٫۵۲+۵۸٫۸۸=۱۶۸٫۴۰ \text{W/K}$$

با استفاده از ابعاد خارجی ضریب انتقال حرارت از میان پل‌های حرارتی، ٪۳۶ ضریب کل انتقال حرارت ساختمان خواهد بود.

ب – ۳ کاربرد ابعاد خارجی

با فرض ضخامت ۰٫۳ متر برای دیوار ، ۰٫۲۵ متر برای سقف و ۰٫۲۵ متر برای طبقات و افزودن این ابعاد به ابعاد داخلی سرتاسر، ابعاد خارجی ساختمان ۱۰٫۶ $\text{m}\times$۵٫۶ $\text{m}\times$۳٫۰m حاصل می‌شود. ضریب انتقال حرارت از میان اجزاء مسطح گوناگون ساختمان با استفاده از ابعاد خارجی در جدول ب–۳ محاسبه شده است. مقدار U برای هر جزء ساختمانی در مساحت خارجی، A_e، ضرب شده و از مجموع حاصل ضرب آن‌ها ضریب انتقال حرارت بین تمام اجزاء ساختمان حاصل می‌شود.

مقادیر ضریب انتقال حرارت بین پل‌های حرارتی با استفاده از ابعاد خارجی در جدول ب–۴ ارائه شده است.

مقدار ψ_e برای هر پل حرارتی در طول پل حرارتی مذکور، l_e ، ضرب و از مجموع حاصل ضرب آن‌ها ضریب انتقال حرارت بین پل‌های حرارتی حاصل می‌شود.

جدول ب – ۳ : ضریب انتقال حرارت بین اجزائ ساختمانی با استفاده از ابعاد خارجی سرتاسر

جزء ساختمانی	U $\text{W/(m}^2\text{.k)}$	A_e m^2	UA_e W/K
دیوار	۰٫۴	۸۶٫۶	۳۴٫۶۴
سقف	۰٫۳۰	۵۹٫۳۶	۱۷٫۸۱
طبقه هم کف[الف]	۰٫۳۵	۵۹٫۳۶	۲۰٫۷۸
پنجره	۳٫۵۰	۹٫۰	۳۱٫۵۰
در	۳٫۰۰	۱٫۶	۴٫۸۰
جمع			۱۰۹٫۵۲

الف– قابلیت انتقال حرارت طبقات مطابق ISO 13370 محاسبه شده است.

جدول ب–۴ : ضریب انتقال حرارت بین پل‌های حرارتی دو بعدی با استفاده از ابعاد خارجی سرتاسر

پل حرارتی	نوع پل حرارتی [الف]	Ψ_e W/(m.k)	l_e m	$\Psi_e l_e$ W/K
دیوار/ سقف	R2	۰/۵۰	۳۲/۴	۱۶/۲۰
دیوار / دیوار	C2	-۰/۱۰	۱۲/۰	-۱/۲۰
دیوار/طبقه هم کف	GF6	۰/۴۵	۳۲/۴	۱۴/۵۸
پارتیشن / دیوار	IW2	۰/۹۵	۶/۰	۵/۷۰
پارتیشن / سقف	IW6	۰/۰۰	۵/۶	۰/۰۰
	W8	۱/۰۰	۲۳/۶	۲۳/۶۰
	جمع			۵۸/۸۸
الف- از جدول الف-۲				

از جداول ب–۳ و ب–۴ داریم:

$$H_D = \sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \psi_k = ۱۰۹/۵۲ + ۵۸/۸۸ = ۱۶۸/۴۰ \text{ W/K}$$

با استفاده از ابعاد خارجی ضریب انتقال حرارت بین پل‌های حرارتی، ٪۳۶ ضریب کل انتقال حرارت ساختمان خواهد بود.

ب – ۴ استفاده از ابعاد داخلی سرتاسر مشابه حالت ب–۲ ، اما با دو پل حرارتی بهبود یافته

جدول ب- ۵ تاثیر بهبود یافتن تعدادی از پل‌های حرارتی را در مورد این نمونه عملی نشان می‌دهد(یعنی مقدارψکمتری دارند). پل حرارتی نوع IW5 جایگزین پل حرارتی IW2 و پل حرارتی نوع W11 جایگزین W8 شده است.

جدول ب – ۵ : ضریب انتقال حرارت بین پل‌های حرارتی دو بعدی با استفاده از ابعاد داخلی سرتاسر با دو پل IW5 و W11 که به ترتیب جایگزین IW2 و W8 شده‌اند

پل حرارتی	نوع پل حرارتی	Ψ_{oi} W/(m.k)	l_{oi} m	$\Psi_{oi} l_{oi}$ W/K
دیوار / سقف	R2	۰/۷۵	۳۰/۰	۲۲/۵۰
دیوار / دیوار	C2	۰/۱۰	۱۰/۰	۱/۰۰
دیوار / طبقه هم کف [الف]	GF6	۰/۶۰	۳۰/۰	۱۸/۰۰
پارتیشن / دیوار	IW5	۰/۰۰	۵/۰	۰/۰۰
پارتیشن / سقف	IW6	۰/۰۰	۵/۰	۰/۰۰
	W11	۰/۰۰	۲۳/۶	۰/۰۰
	جمع			۴۱/۵۰
الف– از جدول الف - ۲				

از جدول ب – ۱ و ب – ۵ داریم :

$$H_D = \sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \psi_k = ۹۴/۵۶ + ۴۱/۵۰ = ۱۳۶/۰۶ \text{W/K}$$

بهبود یافتن جزئیات مربوط به پل‌های حرارتی مذکور موجب کاهش ۴۱ درصدی(از ۶۹/۸۵W/K به ۴۱/۵۰W/K) ضریب انتقال حرارت بین پل های حرارتی و کاهش ۱۷ درصدی (از ۱۶۴/۴۱W/Kبه ۱۳۶/۰۶W/K) ضریب کل انتقال حرارت گردید.