INSO
14792
1st. Edition
Dec.2012

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

استاندارد ملی ایران
۱۴۷۹۲
چاپ اول
آذر۱۳۹۱

کارایی حرارتی ساختمان‌ها– انتقال حرارت از طریق زمین– روش‌های محاسباتی

Thermal performance of buildings – Heat transfer via the ground –Calculation methods

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

« کارایی حرارتی ساختمان‌ها– انتقال حرارت از طریق زمین– روش‌های محاسباتی»

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
ترکمن، لیلا (فوق لیسانس 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)	
ترکمن، بهاره (فوق لیسانس مهندسی برق)	عضو سازمان نظام مهندسی استان قزوین
جسور، یاشار (فوق لیسانس مهندسی عمران)	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 (فوق لیسانس 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
۴ روش‌های محاسباتی ۴
۵ مشخصه‌های حرارتی ۵
۶ دمای داخلی و داده‌های آب و هوایی ۶
۷ آهنگ جریان حرارتی و قابلیت انتقال حرارت ۷
۸ پارامترهای کاربردی در محاسبات ۸
۹ محاسبات قابلیت انتقال حرارتی ۹
پیوست الف(الزامی)، محاسبه آهنگ جریان حرارتی از زمین ۱۸
پیوست ب(الزامی)، قالب بتونی کف ساختمان با عایق‌کاری لبه ۲۳
پیوست پ(الزامی)، آهنگ جریان حرارتی برای اتاق‌ها ۲۸
پیوست ت(الزامی)، شبیه‌سازی دینامیکی ۲۹
پیوست ث(الزامی)، تهویه زیر کف آزاد ۳۰
پیوست ج(اطلاعاتی)، ضریب انتقال حرارت متناوب ۳۳
پیوست چ(اطلاعاتی)، مشخصه‌های گرمایی زمین ۳۷
پیوست ح(اطلاعاتی)، اثرات جریان آب های زیرزمینی ۳۹
پیوست خ(اطلاعاتی)، بلوک‌های روی طبقه هم‌کف با سیستم های گرمایشی یا سرمایشی جاسازی شده ۴۱
پیوست د(اطلاعاتی)، سردخانه ها ۴۲
پیوست ذ(اطلاعاتی)، مثال های عملی ۴۳
پیوست ر(اطلاعاتی)، کتابنامه ۵۳

پیش گفتار

استاندارد" کارایی حرارتی ساختمان‌ها – انتقال حرارت از طریق زمین – روش‌های محاسباتی" که پیش نویس آن درکمیسیون های مربوط توسط شرکت طرح ابتکار انرژی تهیه و تدوین شده و در سیصدوچهل و هشتمین اجلاس کمیتهٔ ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده های ساختمانی مورخ۹۰/۱۰/۱۵ 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 13370: 2007, Thermal performance of buildings – Heat transfer via the ground – calculation methods

کارایی حرارتی ساختمان‌ها – انتقال حرارت از طریق زمین – روش‌های محاسباتی

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین روش‌هایی برای محاسبه ضرایب انتقال حرارت و آهنگ انتقال حرارت اجزاء ساختمانی(مانند قالب بتونی روی طبقه هم‌کف، کف آزاد و زیرزمین) در تماس حرارتی با زمین است. این استاندارد برای اجزاء ساختمان یا بخشی از آن‌ها، که زیرسطوح افقی و در داخل دیوارهای مرزی واقع شده‌اند و برای قالب بتونی روی طبقه هم‌کف، کف آزاد و زیرزمین بدون گرمایش در ارتفاع سطح داخلی کف ساختمان کاربرد دارد.

یادآوری- در برخی موارد، سیستم ابعادی خارجی مرز را در پایین‌ترین سطح کف ساختمان و هم چنین برای زیرزمین‌های با گرمایش، در ارتفاع سطح خارجی زمین تعریف می‌کند.

این استاندارد شامل محاسبات بخش حالت پایای انتقال حرارت(آهنگ متوسط سالیانه جریان حرارتی) و بخش ناشی از تغییرات متناوب سالیانه دما می‌باشد(تغییرات فصلی آهنگ جریان حرارتی با متوسط سالیانه). این تغییرات فصلی به صورت ماهیانه به دست آمده‌اند که به جز کاربرد آن در شبیه‌سازی دینامیکی پیوست "ت" این استاندارد را برای بازه‌های زمانی کوچک تر از آن ها استفاده نمی‌کند.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد به آن ها 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 ۶۷۴۴، ساختمان روش محاسبه اجزاء و جدارها و مقاومت حرارتی و ضریب کلی انتقال حرارت

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ....(دست تدوین)، پل های حرارتی در بناهای ساختمانی – قابلیت انتقال حرارت خطی – روش های ساده شده و مقادیر تعریف شده

۲-۳ استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۵۹۶، پل حرارتی در ساختمان‌سازی - جریان حرارتی و دماهای سطحی – محاسبات

۲-۴ استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۲۷۶، عایق حرارتی - کمیت های فیزیکی و تعاریف

2-5 ISO 10456, Building materials and products– Hygrothermal properties– Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values

۳ اصطلاحات، تعاریف، نمادها و یکاها

۳-۱ اصطلاحات و تعاریف

در متن این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کارمی‌رود.

۳-۱-۱

قالب بتونی روی زمین

ساختار کف که به طور مستقیم روی تمام سطح زمین واقع شده است.

۳-۱-۲

کف آزاد

ساختار کفی که در پایین‌ترین سطح از زمین واقع شده است و یک خلاء هوایی بین کف و زمین را نتیجه می‌دهد.

یادآوری- این خلاء هوایی همچنین فضای زیر کف یا فضای خزش نامیده می‌شود که ممکن است با تهویه یا بدون تهویه باشد و از فضای مسکونی جدا باشد.

۳-۱-۳

زیر زمین

بخش قابل استفاده از ساختمان که تمام یا بخشی از آن زیر سطح آزاد زمین قرار دارد.

یادآوری- این فضا می تواند با گرمایش یا بدون گرمایش باشد.

۳-۱-۴

ضخامت معادل

(مقاومت گرمایی) ضخامتی از زمین (رسانندگی گرمایی واقعی زمین را دارد) که مقاومت گرمایی معادل جزء مورد نظر را دارد.

۳-۱-۵

ضریب انتقال حرارتی حالت پایا

جریان حرارتی حالت پایا تقسیم بر اختلاف دمای محیط داخلی و خارجی است.

۳-۱-۶

ضریب انتقال حرارت متناوب داخلی

دامنه نوسانات جریان حرارتی متناوب تقسیم بر دامنه نوسانات داخلی در یک چرخه سالانه است.

۷-۱-۳

ضریب انتقال حرارت متناوب خارجی

دامنه نوسانات جریان حرارتی متناوب تقسیم بر دامنه نوسانات خارجی در یک چرخه سالانه است.

۸-۱-۳ بعد مشخصه طبقه

مساحت طبقه تقسیم بر نصف محیط آن است.

۹-۱-۳

اختلاف فاز

اختلاف زمانی بیشینه و کمینه بین یک دمای دوره‌ای و به تبع آن آهنگ بیشینه و کمینه جریان حرارتی می باشد

۳-۲ یکاها و نمادها

نماد	کمیت	یکا
A	مساحت طبقه	m^2
B'	بعد مشخصه طبقه	m
c	ظرفیت گرمایی ویژه زمین غیر منجمد	J/(kg.K)
d_g	ضخامت کل معادل – زمین زیر کف آزاد	m
d_t	ضخامت کل معادل – قالب بتنی روی کف زمین	m
d_w	ضخامت معادل کل – دیوار زیر زمین	m
H_g	ضریب انتقال حرارت پایای زمین	W/K
h	ارتفاع سطح طبقه از کف آزاد زمین	m
P	پیرامون در معرض کف طبقه	m
Q	مقدار گرما	J
R	مقاومت گرمایی	$m^2.K/W$
R_f	مقاومت گرمایی کف ساختمان	$m^2.K/W$
R_{si}	مقاومت گرمایی داخلی	$m^2.K/W$
R_{se}	مقاومت گرمایی خارجی	$m^2.K/W$
U	قابلیت انتقال حرارت بین پیرامون داخلی و خارجی	$W/(m^2.K)$
U_{bf}	قابلیت انتقال حرارت کف زیر زمین	$W/(m^2.K)$
U_{bw}	قابلیت انتقال حرارت دیوارهای زیر زمین	$W/(m^2.K)$
U'	قابلیت انتقال حرارت موثر برای کل زیرزمین	$W/(m^2.K)$
w	ضخامت دیوارهای خارجی	m
z	عمق کف زیرزمین زیر سطح زمین	m
Φ	آهنگ جریان حرارتی	W
λ	رسانندگی گرمایی زمین غیر منجمد	W/(m.K)
ρ	چگالی زمین غیر منجمد	Kg/m^3
θ	دما	ºC
Ψ_g	قابلیت انتقال حرارت خطی در محل اتصال دیوار/کف	W/(m.K)
$\Psi_{g,e}$	قابلیت انتقال حرارت خطی مربوط به عایق لبه	W/(m.K)

۴ روش‌های محاسباتی

انتقال حرارت از طریق زمین به صورت زیر تعریف می‌شود:

- جریان حرارتی مرتبط با مساحت کف که به ساخت طبقه بستگی دارد؛
- جریان حرارتی مرتبط با محیط کف که به پل‌سازی حرارتی در لبه طبقه بستگی دارد؛
- جریان حرارتی متناوب سالانه که به محیط طبقه بستگی دارد، ناشی از اینرسی حرارتی زمین می‌باشد.

الف) محاسبه عددی سه بعدی که نتایج را مستقیماً برای طبقه مورد نظر ارائه می‌کند. محاسبات باید مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۵۹۶ باشد. نتایج تنها برای کف واقعی که ابعاد آن مدل‌سازی شده باشد، کاربرد دارد.

ب) محاسبه عددی دو بعدی، برای کف طبقه با طول بی‌نهایت و عرضی معادل بعد مشخصه طبقه کاربرد دارد(مساحت کف تقسیم بر نصف محیط). محاسبات باید مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۵۹۶ انجام شود. نتایج برای طبقات مدل سازی شده‌ای که بعد مشخصه دارند، قابل کاربرد است.

یادآوری- بیشترین جریان‌های حرارتی معمولاً در نزدیکی لبه‌های کف اتفاق می‌افتد و در اغلب موارد با تبدیل وضعیت سه بعدی به دو بعدی که در آن عرض ساختمان به عنوان بعد مشخصه محسوب می‌شود، مرتکب خطای کوچکی می‌شویم.

ج) مساحت مرتبط با انتقال حرارت محاسبه شده توسط رابطه داده شده در این استاندارد (طبق بند ۹) همراه با انتقال حرارت مربوط به لبه که از محاسبات عددی دو بعدی مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۵۹۶ به‌دست آمده است.

د) مساحت مرتبط با انتقال حرارت محاسبه شده توسط معادله داده شده در این استاندارد (طبق بند ۹) همراه با ضرایب به دست آمده مرتبط با لبه است، به عنوان مثال مطابق جدول گردآوری شده در استاندارد ملی ایران شماره 14683.

بخش پایای انتقال حرارت در بندهای "ج" و "د" از معادله ۱ به‌دست می‌آید:

$$H_g = AU + P\psi_g \qquad (۱)$$

که در آن:

Ψ_g از محاسبات عددی در بند ج یا جدول مقادیر روش بند "د" به دست می‌آید.

در هر دو مورد، روش برای کف طبقه با شکل یا اندازه ای به کارمی‌رود. U به اندازه کف بستگی دارد، اما Ψ_gمستقل از ابعاد کف است. معادله ۱ برای موردی که زیرزمین گرم می‌شود و برای مورد عملی در پیوست «ب» (بند ب—۱) اصلاح می‌شود(به بند ۹-۳-۴ مراجعه شود).

برای جریان حرارتی متناوب سالانه به بند ۷-۳ و پیوست "الف" مراجعه شود.

۵ مشخصه‌های حرارتی

۵-۱ مشخصه‌های حرارتی زمین

مشخصه‌های حرارتی زمین ممکن است در قوانین بین‌المللی یا اسناد دیگر تعیین شده باشد و از این مقادیر معلوم در موارد لزوم استفاده می‌شود. موارد دیگربه شرح زیر است:

الف) اگر مقادیر به‌کاررفته برای موقعیت واقعی، میانگین عمق معادل تا عرض ساختمان و با در نظر گرفتن میزان رطوبت نرمال، معلوم باشد؛

ب) اگر نوع خاک مشخص شده باشد، از مقادیر جدول ۱ استفاده می شود؛

ج) در غیر این صورت λ =۰٫۲ [W/m.k] و $\rho c = ۲\times۱۰^{۶}$ $(J/m^3.k)$ استفاده شود.

یادآوری- در پیوست "چ" اطلاعات مربوط به محدوده مقادیر مشخصه‌های زمین ذکر شده است.

جدول ۱- مشخصه ها حرارتی زمین

نوع	توضیح	رسانندگی گرمایی λ W/(m.K)	ظرفیت گرمایی در واحد حجم ρc J/(m^3.K)
۱	خاک رس یا گل	۱/۵	۳×۱۰^۶
۲	شن یا ماسه	۲/۰	۲×۱۰^۶
۳	سنگ همگن	۳/۵	۲×۱۰^۶

۵-۲ مشخصه‌های حرارتی مواد ساختمان

برای مقاومت گرمایی مصالح ساختمانی مقادیر مناسب طراحی که در استاندارد ISO 10456 تعریف شده است، استفاده شود. مقاومت گرمایی مصالح ساختمانی به‌کاررفته در زیر سطح آزاد زمین باید رطوبت و شرایط دمایی مورد به‌کار رفته را منعکس کند.

اگر رسانندگی گرمایی بیان شده است، مقاومت گرمایی را با تقسیم کردن ضخامت بر رسانندگی گرمایی به دست آورید.

یادآوری - ظرفیت گرمایی مواد ساختمانی استفاده شده در ساخت کف طبقه در مقایسه با زمین کوچک و قابل صرف‌نظر کردن است.

۵-۳ مقاومت‌های سطح

مقادیر مقاومت سطح باید با استاندارد ملی ایران شماره ۶۷۴۴ مطابقت داشته باشد.

R_{si} برای بالا و پایین فضای زیر کف به‌کارمی‌رود.

۶ دمای داخلی و داده‌های آب و هوایی

۶-۱ دمای داخلی

اگر دمای متفاوتی در اتاق‌ها یا فضاهای مختلف روی کف طبقه وجود داشته باشد از متوسط فضایی باید استفاده شود. این متوسط با وزن‌دهی به دمای هر فضا تقسیم بر مساحت همان فضا که در تماس با زمین است به دست می‌آید.

برای محاسبه آهنگ جریان‌های حرارتی، موارد زیر مورد نیاز است:

الف) دمای متوسط داخلی سالانه؛

ب) اگر تغییرات در دمای داخلی شامل دامنه تغییرات دمای داخلی از متوسط سالانه باشد، این دامنه بصورت نصف اختلاف مقدار کمینه و بیشینه متوسط دماهای هر ماه تعریف می‌شود.

۶-۲ داده‌های آب و هوایی

برای محاسبه آهنگ جریان‌های حرارتی استاندارد، موارد زیر مورد نیاز است:

الف) دمای متوسط خارجی سالانه؛

ب) اگر تغییرات در دمای خارجی شامل دامنه تغییرات دمای خارجی از متوسط سالانه باشد، این دامنه به صورت نصف اختلاف مقدار کمینه و بیشینه متوسط دماهای هر ماه تعریف می‌شود؛

پ) برای کف آزاد که تهویه به طور طبیعی انجام می‌شود، سرعت متوسط باد در ارتفاع ۱۰ متری از سطح خارجی زمین اندازه‌گیری می‌شود. اگر دمای سطح زمین معلوم یا قابل تخمین باشد، به جای دمای هوای خارجی، با در نظر گرفتن تأثیرات برف، جذب انرژی خورشیدی روی سطح زمین و یا تشعشع امواج با طول موج بلند به آسمان صاف قابل استفاده خواهد بود. در چنین مواردی R_{se} باید از تمام روابط حذف شود.

۷ آهنگ جریان حرارتی و قابلیت انتقال حرارت

۷-۱ قابلیت انتقال حرارت

قابلیت انتقال حرارت برای طبقات و زیرزمین‌ها با مولفه‌های حالت پایای انتقال حرارت متناسب است. روش‌های محاسباتی در بند ۹ برای انواع گوناگون کف و زیر زمین ارائه شده است. در معادله، بعد مشخصه کف و ضخامت و معادل عایق کف استفاده می‌شود(به بند ۸ مراجعه شود).

اگر ضریب انتقال حرارت اتلافی برای زمین نیاز باشد، آن را معادل ضریب انتقال حرارت حالت پایای زمین، H_g، محاسبه شده در معادله ۱ در نظر گرفته می‌شود.

۷-۲ پل‌های حرارتی در لبه کف طبقه

بر اساس یک کف عایق شده که مستقل از هرگونه اثر متقابل بین کف و دیوار است، معادله آن تعیین می‌شود. همچنین مشخصه ها حراتی یکنواخت برای خاک فرض می‌شود(به جز تأثیرات ناشی از عایق‌کاری لبه) در عمل، اتصال دیوار با کف برای قالب بتونی روی طبقه هم کف با این حالت ایده‌آل مطابقت ندارد و تأثیرات پل حرارتی افزایش می‌یابد. به همین خاطر باید در محاسبات مربوط به کل گرمای تلف شده از ساختمان با استفاده از قابلیت انتقال حرارت خطی، Ψ_g در نظر گرفته شود.

یادآوری- قابلیت انتقال حرارت خطی به سیستم ابعادی تعریف شده برای ساختمان بستگی دارد (به استاندارد ISO 13789 مراجعه شود).

کل گرمای تلف شده از یک ساختمان براساس یک سطح جداکننده، به شرح زیر محاسبه شده است:

- در ارتفاع سطح داخلی کف طبقه برای قالب بتونی روی طبقات همکف، کف آزاد و زیر زمین بدون گرمایش؛ یا
- در ارتفاع سطح خارجی زمین برای زیر زمین با گرمایش.

یادآوری- در برخی موارد، سیستم‌های ابعادی خارجی، مرز را در سطحی پایین‌تر از کف طبقه تعریف می‌کنند.

برای قابلیت انتقال حرارت خطی اجزاء روی سطح جداکننده باید براساس استانداردهای مناسب از قبیل استاندارد ملی ایران به شماره ۶۷۴۴ ارزیابی شود.

۷-۳ محاسبه آهنگ جریان حرارتی

انتقال حرارت از طریق زمین می تواند به صورت سالانه و فقط با به کاربردن ضریب انتقال حرارت پایای زمین و یا بر اساس ضرایب متناوب ماهانه یا فصلی که اینرسی حرارتی زمین را در نظر می‌گیرد، محاسبه شود. معادلات مربوط در پیوست "الف" داده شده است.

۷- ۴ تأثیر آب زمین

آب زمین تأثیر ناچیزی روی انتقال حرارت دارد مگر این که در عمق کمی از سطح زمین بوده و آهنگ جریان بالایی داشته باشد. با چنین شرایطی به ندرت مواجه می شویم و در اغلب موارد نیازی به محاسبه تأثیرات آب زمین وجود ندارد.

زمانی که عمق آب زیر سطح آزاد زمین و آهنگ جریان معلوم باشد، ضریب انتقال حرارت حالت پایای زمین، H_g، در یک ضریب G_w ضرب خواهد شد.

یادآوری- مقادیر گویای G_w در پیوست "ح" داده شده است.

۷-۵ موارد خاص

روش‌های ارائه شده در این استاندارد برای شرایط زیر و با اصلاحات مذکور در پیوست مربوط نیز قابل استفاده است:

- آهنگ جریان‌های حرارتی برای اتاق‌های اختصاصی (به پیوست "پ" مراجعه شود)؛
- برای استفاده در برنامه‌های شبیه‌سازی دینامیک (به پیوست "ت" مراجعه شود).

یادآوری- این استاندارد هم‌چنین برای قالب بتونی روی طبقات هم‌کف با یک سیستم گرمایشی جاسازی شده (به پیوست "خ" مراجعه شود) و برای سردخانه‌ها (به پیوست "د" مراجعه شود) کاربرد دارد.

۸ پارامترهای کاربردی در محاسبات

۸- ۱ بعد مشخصه کف طبقه

به دلیل در نظر گرفتن طبیعت سه بعدی جریان حرارتی زمین، معادله زیر براساس بعد مشخصه، B'، بیان می‌شود که بصورت مساحت طبقه تقسیم بر نصف محیط تعریف می‌شود:

$$B' = \frac{A}{0.5P} \qquad (۲)$$

یادآوری- برای کف با طول نامحدود، B'، عرض کف محسوب می‌شود، برای کف مربعی، B' نصف طول یک طرف خواهد بود.

جزئیات مخصوص پی، به عنوان مثال عایق کاری لبه کف، به عنوان اصلاح جریان حرارتی در محیط بحث شده است.

در مورد زیرزمین‌ها، B' از سطح و محیط کف زیرزمین که شامل دیوارهای زیر زمین نمی‌شود محاسبه شده است و جریان حرارتی از زیرزمین شامل یک جمله اضافی مربوط به محیط و عمق کف زیرزمین پائین‌تر از سطح آزاد زمین می‌شود.

در این استاندارد، P محیط در معرض کف است و شامل کل طول دیوارهای خارجی که ساختمان گرم‌شونده را از محیط خارجی یا فضای بدون گرمایش در بیرون بدنه عایق‌کاری شده جدا می‌کند، می‌باشد. بنابراین:

- برای کل ساختمان، P محیط کل ساختمان و A سطح کل طبقه هم‌کف است؛
- برای محاسبه گرمای تلف شده از بخش‌های یک ساختمان(به عنوان مثال آپارتمان‌های شخصی در یک ردیف از خانه‌ها)، P شامل طول دیوارهای خارجی که فضای گرم‌شونده را از محیط خارجی جدا می‌کند، شامل می‌شود که در برگیرنده طول دیوارهای جداکننده بخش مورد نظر از بخش‌های دیگر گرمایشی ساختمان نخواهد بود در حالی که A، مساحت طبقه هم‌کف مورد بررسی است؛
- فضاهای غیر گرمایشی خارج از بدنه عایق‌کاری شده ساختمان (از قبیل ایوان، پارکینگ یا انباری) شامل محاسبات P و A نمی‌شود(اما طول دیوار مابین بخش گرمایشی و فضای غیرگرمایشی شامل محاسبات محیط می‌شود و اتلافات حرارتی زمین ارزیابی می‌شوند و فضاهای غیر گرمایشی ارائه نشده‌اند).

۸-۲ ضخامت معادل

مفهوم ضخامت معادل برای ساده‌سازی اصطلاح قابلیت انتقال حرارتی معرفی شده است. مقاومت گرمایی با ضخامت معادل آن بیان می‌شود که بیانگر ضخامتی از زمین است که همان مقدار مقاومت گرمایی را دارد.

- d_t ضخامت معادل کف طبقات است؛
- dw ضخامت معادل دیوارهای زیرزمین است که زیر سطح آزاد زمین است.

ضرایب انتقال حالت پایای زمین با نسبت ضخامت معادل به بعد مشخصه کف طبقه مرتبط است و ضرایب انتقال حرارت متناوب با نسبت ضخامت معادل به عمق نفوذ متناوب مرتبط است.

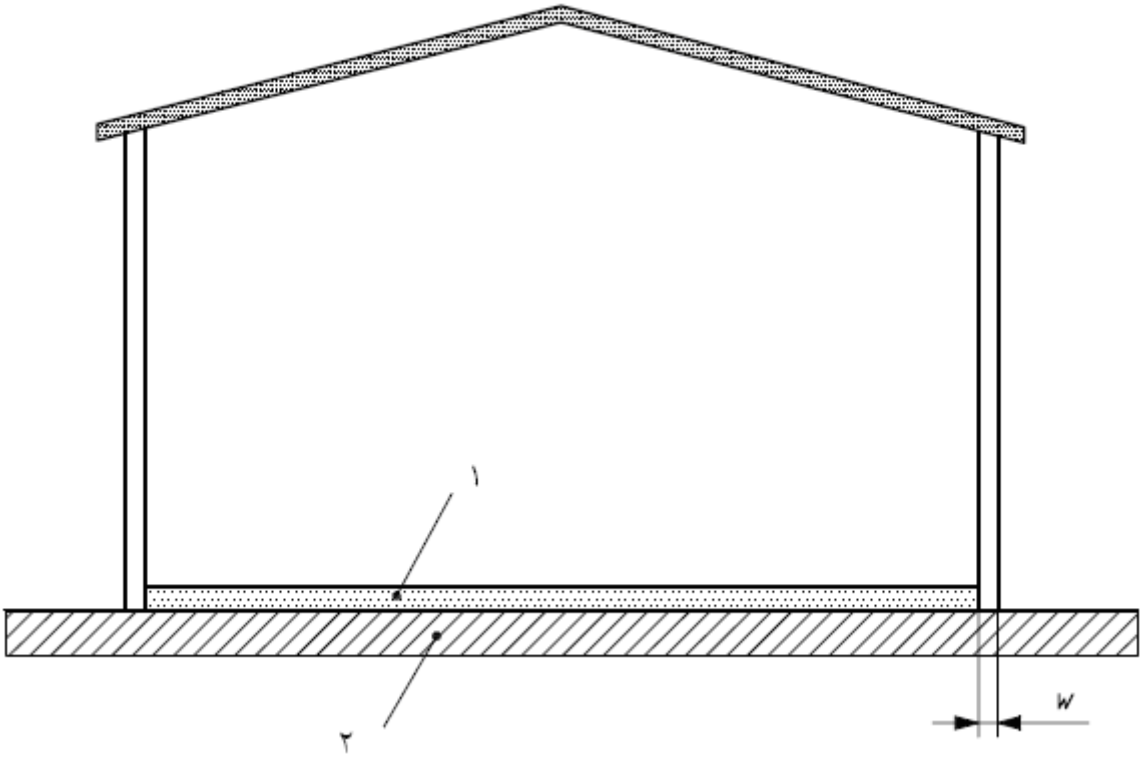
۹ محاسبات قابلیت انتقال حرارتی

۹-۱ قالب بتونی روی طبقه هم کف

قالب بتونی روی طبقات هم‌کف، هر کفی را که دارای یک لایه در تماس با سطح زمین باشد، همه مساحت آن را بپوشاند یا نپوشاند و در نزدیک ارتفاع سطح خارجی زمین واقع شده باشد، شامل می شود. (به شکل ۱ مراجعه کنید) این کف تخت ممکن است:

- بدون عایق؛ یا
- روی تمام سطح بطور یکسان عایق شده (بالا، زیر یا داخل قالب بتونی) باشد.

اگر کف، لبه‌های عایق کاری شده افقی یا عمودی دارد قابلیت انتقال حرارت خطی با استفاده از روش موجود در پیوست "ب" قابل اصلاح است.



راهنما :

۱ قالب کف

۲ زمین

w ضخامت دیوارهای خارجی

شکل ۱ –شمای قالب بتونی روی طبقه همکف

قابلیت انتقال حرارت به بعد مشخصه کف طبقه و کل ضخامت معادل، d_t (به بند ۸-۲مراجعه شود) که با معادله۳ تعریف می‌شود، بستگی دارد[به بند ۸-۱ و معادله۳مراجعه شود].

$$d_t = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se}) \qquad (۳)$$

که در آن:

w کل ضخامت دیوارها، که شامل همه لایه‌ها می‌شود؛

R_f مقاومت گرمایی طبقه هم کف، که شامل تمام لایه‌های عایق‌کاری شده فوقانی، تحتانی و داخل کف طبقه است و شامل تمام موارد مربوط به کف می‌شود؛

و نمادهای دیگر که در بند ۳-۲ تعریف شده است.

از مقاومت گرمایی قالب‌های بتونی متراکم و کف پوش‌های نازک می توان صرف‌نظر کرد. برای هسته زیر کف، رسانندگی گرمایی معادل زمین فرض شده است که مقاومت گرمایی آن شامل محاسبات نمی‌شود.
بااستفاده از معادلات ۴ و ۵ قابلیت انتقال حرارت محاسبه می‌شودکه به عایق حرارتی کف طبقه بستگی دارد. اگر $d_t<B'$ (برای طبقات عایق کاری نشده و در حد متوسط عایق‌کاری شده)،

$$U = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_t} \ln\left(\frac{\pi B'}{d_t} + 1\right) \qquad (۴)$$

اگر $d_t \geq B'$ (طبقاتی که به خوبی عایق‌کاری شده‌اند)،

$$U = \frac{\lambda}{0.457 \times B' + d_t} \qquad (۵)$$

که در آن:

یادآوری ۱- برای طبقاتی که به خوبی عایق‌کاری شده‌اند به ترتیب می‌توان نوشت:

$$U_g = \frac{1}{(R_f + R_{si} + R_{se} + w/\lambda) + R_g}$$

که R_g مقاومت گرمایی موثر زمین است که با معادله زیر بیان می‌شود:

$$R_g = \frac{0.457 \times B'}{\lambda}$$

قابلیت انتقال حرارتی، اگر بیانگر نتیجه پایانی باشد باید تا دو رقم اعشار گرد شود. محاسبات میانی در نهایت تا سه رقم اعشار باید در نظر گرفته شوند.

یادآوری ۲- قابلیت انتقال حرارت ممکن است برای طبقات بزرگ مقدار کوچکی باشد بنابراین محاسبات تا ارقام اعشاری بیشتر مورد نیاز است.

ضریب انتقال حرارت حالت پایای زمین بین محیط داخلی و خارجی با استفاده از معادله ۱ به‌دست می‌آید.

۹-۲ کف آزاد

کف آزاد به هر نوع کفی که جدا از تماس با زمین باشد، گفته می‌شود. به عنوان مثال چوب ساختمانی یا تیرچه بلوک (به شکل ۲مراجعه شود) این عبارت به طرح‌های متعارف کف آزادی که فضای زیر کف طبقه به طور طبیعی با هوای خارجی تهویه شود، اطلاق می‌شود. برای تهویه مکانیکی فضای زیر کف یا برای میزان تهویه به پیوست "ث" مراجعه کنید.

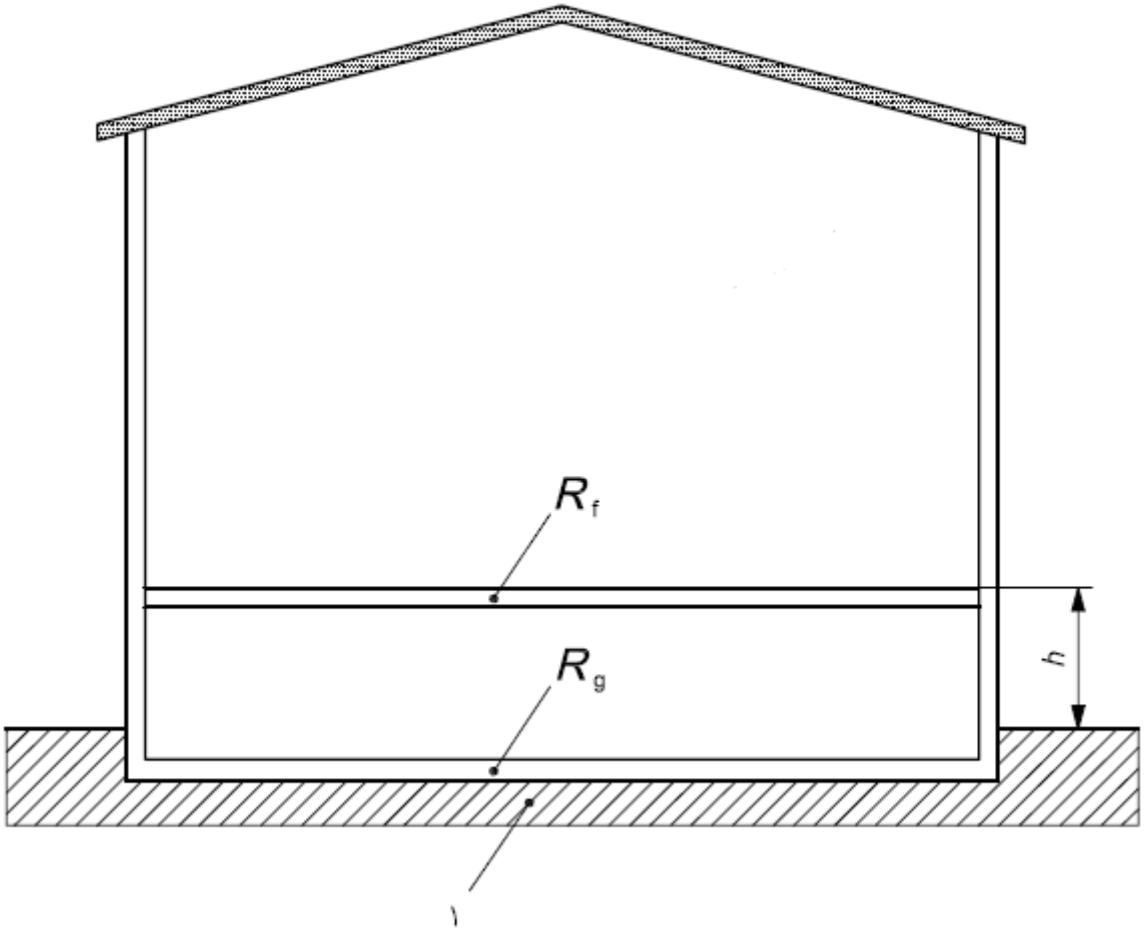
قابلیت انتقال حرارت از معادله۶ به دست می‌آید:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{U_f} + \frac{1}{U_g + U_x} \qquad (۶)$$

که در آن :

U_f قابلیت انتقال حرارت بخش آزاد کف(بین محیط داخلی و فضای زیر کف) بر حسب $W/m^2.k$ ؛

$U_g=\frac{1}{R_g}$ قابلیت انتقال حرارت معادل بین فضای زیر کف و بیرون، شامل انتقال حرارت از طریق دیوارها و فضای زیر کف و تهویه از فضای زیر کف بر حسب $W/m^2.k$ می باشد.



راهنما :

۱ قالب کف طبقه

h ارتفاع سطح کف طبقه از سطح آزاد خارجی ساختمان

R_f قابلیت انتقال حرارت کف ساختمان

R_g مقاومت گرمایی موثر زمین

شکل ۲- شمای کف آزاد

محاسبه U_f باید شامل تمام پل سازی‌های حرارتی مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۶۷۴۴ یا روش عددی باشد. برای سطوح با قابلیت انتشار پایین روی سطح پایینی کف، مقاومت صفحه را می توان با استفاده از روش ارائه شده در استاندارد ملی ایران شماره ۶۷۴۴ اصلاح کرد. مقاومت صفحه برای جریان حرارتی رو به پایین در مورد ساختمان با گرمایش و مقاومت صفحه برای جریان حرارتی رو به بالا در مورد ساختمان با سرمایش کاربرد دارد.

U_g از معادلات ۲ و ۷ و ۸ به دست می‌آید:

$$d_g = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se}) \quad (۷)$$

$$U_g = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_g} \ln\left(\frac{\pi B'}{d_g} + 1\right) \quad (۸)$$

که در آن ها:

R_g مقاومت گرمایی عایق کاری روی فضای زیر کف است.

اگر فضای زیر کف تا یک عمق متوسط بیشتر از ۰/۵ متر زیر سطح آزاد زمین امتداد داشته باشد، U_g باید مطابق معادله ۲ محاسبه شود.

اگر عایق کاری لبه برای فضای اطراف ستون زیر کف به کار رود، U_g باید مطابق معادله ۳ اصلاح شود. U_x از معادله ۹ به دست می‌آید:

$$U_x = 2 \times \frac{hU_w}{B'} + 1450 \times \frac{\varepsilon \upsilon f_w}{B'} \quad (۹)$$

که در آن:

h ارتفاع سطح بالایی از سطح آزاد خارجی زمین، بر حسب متر؛

U_w قابلیت لنتقال حرارت دیوارهای فضای زیر کف بالاتر از سطح آزاد زمین، به واحد $W/m^2.k$، که مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۶۷۴۴ محاسبه می‌شود؛

ε نسبت مساحت دهانه تهویه به محیط فضای زیر طبقه؛

υ سرعت متوسط باد در ارتفاع ۱۰ متری ؛

f_w ضریب استحفاظی باد است.

اگر h در فضای پیرامون طبقه تغییر کند مقدار متوسط آن در معادله ۹ باید استفاده شود.

پیوست "ث" معادلات مربوط به محاسبه دمای متوسط فضای زیر کف را ارائه می‌کند.

ضریب استحفاظی باد در ارتفاع ۱۰ متری نسبت به سطح زمین مجاور آن دارد (بدون مانع فرض می‌شود)، مقادیر نمونه در جدول ۲ داده شده است.

جدول ۲ – مقادیر استحفاظی باد

موقعیت	مثال	ضریب استحفاظی باد f_ω
سرپوشیده	مرکز شهر	۰.۰۲
حد واسط	حومه شهر	۰.۰۵
روباز	مناطق روستایی	۰.۱

ضریب انتقال حرارت پایای زمین بین پیرامون های داخلی و خارجی با استفاده از معادله ۱ به دست می آید.

۹ -۳ زیر زمین با گرمایش

۹-۳-۱ کلیات

روش‌های ارائه شده برای زیر زمین‌ها در مورد ساختمان‌هایی که یک بخش مسکونی آن‌ها زیر سطح آزاد زمین قرار دارد به کارمی‌رود(به شکل ۳مراجعه کنید). اساس روش مشابه حالت قالب روی زمین است، اما با توضیحات زیر:

- عمق، z، کف زیر زمین پایین‌تر از سطح آزاد زمین؛
- امکان وجود لایه‌های عایق‌کاری در سطوح متفاوت که در دیوارهای زیر زمین و کف زیرزمین به‌کارمی‌رود.

اگر z در اطراف محیط ساختمان تغییر کند، مقدار متوسط آن باید در محاسبات استفاده شود.

یادآوری ۱- اگر $z=0$، فرمول برای حالت ارائه شده در بند ۹-۱ ساده می‌شود.

این استاندارد به طور مستقیم ساختمانی را که دارای یک طبقه روی زمین و یک زیر زمین است پوشش نمی‌دهد، اگر چه یک تقریب برای گرمای اتلافی از زمین در چنین در ساختمانی را می‌توان با در نظر گرفتن ساختمانی با یک زیر زمین روی کل مساحتش با عمقی معادل نصف عمق واقعی بخش زیر زمین به دست آورد.

یادآوری۲- در مورد زیر زمین‌هایی که تا یک حد گرم می‌شوند در بند ۹-۵ بحث شده است.

روش‌های توصیف شده، کل جریان حرارتی زیرزمین که از طریق زمین(به عنوان مثال از طریق کف زیرزمین، دیوارهای زیر زمین زیر سطح آزاد زمین) دفع می‌شود را ارائه می‌کند.

یادآوری۳- بخش‌هایی از دیوارها بالاتر از سطح زمین با قابلیت انتقال حرارتی آن ها مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۶۷۴۴ مشخص می‌شود.

۹-۳-۲ کف زیر زمین

برای محاسبه U_{bf} بعد مشخصه کف زیر زمین با استفاده از معادله ۳ به دست می‌آید که در محاسبه ضخامت معادل کل، d_t، شامل هر نوع عایق‌کاری کف زیرزمین می‌شود که از معادله ۱۰ به دست می‌آید:

$$d_t = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se}) \qquad (۱۰)$$

که در آن:

w ضخامت کل دیوارهای ساختمان تا سطح آزاد زمین، شامل تمام لایه‌ها؛

R_f مقاومت گرمایی کف طبقه شامل تمام لایه‌های عایق‌کاری فوقانی، تحتانی و یا داخل کف طبقه و هر آنچه که کف را می‌پوشاند؛

و نمادهای دیگر در بند ۳-۲ تعریف شده است.

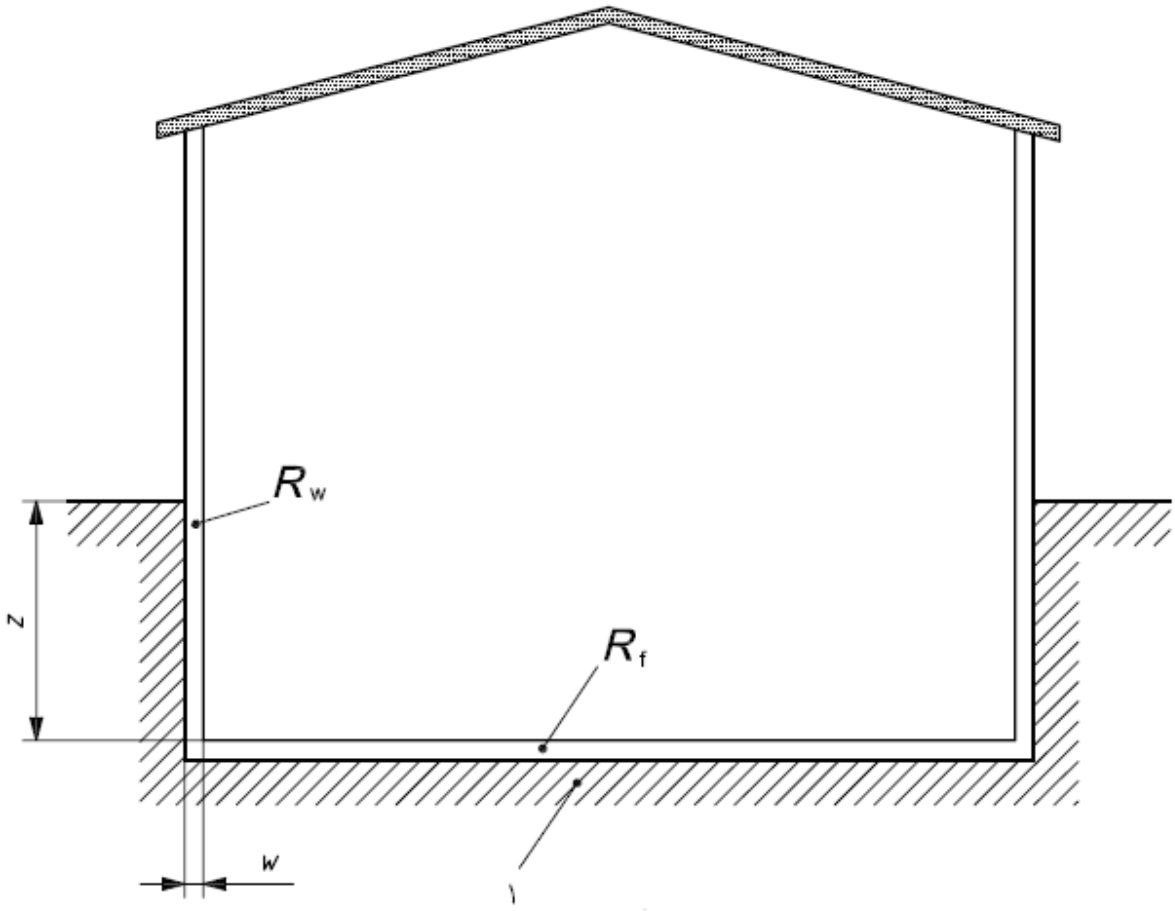
مقاومت گرمایی قالب‌های بتونی متراکم و کف‌های نازک پوششی قابل صرفنظر کردن است. هسته سخت زیر کف فرض می‌شود که رسانندگی گرمایی برابر زمین دارد و از مقاومت گرمایی آن باید صرفنظر شود. از روابط ۱۱ و ۱۲ با توجه به عایق‌کاری حرارتی کف زیر زمین استفاده می شود،

اگر $(d_t+0.5z)<B'$ (برای کف زیر زمین بدون عایق یا تا یک حد عایق‌کاری شده است):

$$U_{bf} = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_t + 0.5z} \ln\left(\frac{\pi B'}{d_t + 0.5z} + 1\right) \qquad (۱۱)$$

اگر $(d_t+0.5z)\geq B'$ (برای کف زیر زمین که بطور کامل عایق‌کاری شده است):

$$U_{bf} = \frac{\lambda}{0.457B' + d_t + 0.5z} \qquad (۱۲)$$



راهنما :

۱ کف طبقه

R_f مقاومت گرمایی کف ساختمان

R_w مقاومت گرمایی دیوارهای زیر زمین شامل تمام لایه‌ها

w ضخامت دیوارهای خارجی

z عمق کف زیر زمین از سطح آزاد زمین

شکل ۳- شمایی از ساختمان با زیر زمین گرم شونده

۹-۳-۳ دیوارهای زیر زمین

U_{bw} به کل ضخامت دیوارهای، d_w، بستگی دارد که در معادله ۱۳ داده شده است.

$$d_w = \lambda(R_{si} + R_w + R_{se}) \qquad (۱۳)$$

که در آن:

R_w مقاومت گرمایی دیوارهای زیر زمین است که شامل تمام لایه‌ها می‌شود؛

و نمادهای دیگر در بند۳-۲ تعریف شده است.

U_{bw} از معادله ۱۴ به دست می‌آید:

$$U_{bw} = \frac{2\lambda}{\pi z}\left(1 + \frac{0.5d_t}{d_t + z}\right)\ln\left(\frac{z}{d_w} + 1\right) \qquad (۱۴)$$

معادله ارائه شده برای U_{bw} هم شامل d_w و هم d_t می‌شود و برای $d_w \geq d_t$ صحیح است که در اغلب موارد با آن مواجهیم. اگر $d_w < d_t$ در این صورت d_t باید در معادله با d_w جابجا شود.

۹-۳-۴ ضریب انتقال حرارت از کل زیر زمین

قابلیت انتقال حرارت موثر، توصیف کننده تمام بخش‌های زیر زمین در تماس با زمین است:

$$U' = \frac{(AU_{bf}) + (zPU_{bw})}{A + (zP)} \qquad (۱۵)$$

ضریب انتقال حرارت حالت پایای زمین بین محیط داخلی و خارجی در معادله ۱۶ داده شده است (به بند ۴مراجعه کنید)

$$H_g = (AU_{bf}) + (zPU_{bw}) + (p\psi_g) \qquad (۱۶)$$

یادآوری - معادله ۱۶ بیانگر جریان حرارتی از کل زیرزمین است. انتقال حرارت از کف و دیوارهای زیر زمین در رابطه به هم پیوسته اند و به همین دلیل دو جمله اول در معادله ۱۶ به ترتیب برای انتقال حرارت از کف و دیوارها در نظر گرفته شده است.

۹-۴ زیرزمین بدون گرمایش

معادله داده شده در این بخش برای زیرزمین بدون گرمایش است که تهویه آن از بیرون انجام می‌شود. قالبیت انتقال حرارت بین محیط داخلی و خارجی، U، در معادله ۱۷ داده شده است:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{U_f} + \frac{A}{(AU_{bf}) + (zPU_{bw}) + (hPU_w) + (0.33 \times nV)} \qquad (۱۷)$$

که در آن:

U_f قابلیت انتقال حرارت کف زیرزمین (بین محیط داخلی و زیرزمین)؛

U_w قابلیت انتقال حرارت دیوارهای زیرزمین بالاتر از سطح آزاد زمین؛

n آهنگ تهویه هوای زیر زمین، تغییرات هوا در هر ساعت؛

V حجم هوای زیر زمین؛

در غیاب معادله‌های خاص محاسباتی مقدار $n=۰/۳$ برای تغییرات هوا در هر ساعت قابل استفاده است؛

U_f و U_w مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۶۷۴۴ محاسبه شود، از مقادیر مقاومت صفحه که در بند ۵-۳ مشخص شده است استفاده شود؛

U_{bf} و U_{bw} مطابق بند ۹-۳ محاسبه شود.

یادآوری- دمای متوسط در زیر زمین مطابق روش ارائه شده در پیوست"ث" قابل محاسبه است.

ضریب انتقال حرارت حالت پایای زمین بین محیط داخلی و خارجی با استفاده از معادله ۱ به دست می‌آید.

۹-۵ زیر زمین با گرمایش جزئی

آهنگ جریان حرارتی برای زیرزمین با گرمایش جزئی با روش زیر قابل محاسبه است:

الف) آهنگ جریان حرارتی برای زیرزمین با گرمایش کامل محاسبه شود؛

ب) آهنگ جریان حرارتی برای زیرزمین بدون گرمایش محاسبه شود؛

پ) ترکیبی از آهنگ جریان حرارتی بندهای الف و ب به تناسب مساحت بخش‌های با گرمایش و بدون گرمایش زیرزمین که در تماس با زمین هستند، برای محاسبه آهنگ جریان حرارتی برای زیرزمین با گرمایش جزئی استفاده می‌شود.

پیوست الف

(الزامی)

محاسبه آهنگ جریان حرارتی از زمین

الف-۱ روش‌های محاسباتی

سه روش برای محاسبه آهنگ جریان حرارتی، ϕ، فراهم شده است که در زیر به آن‌ها اشاره شده است. کاربر روش مناسب را با توجه به دقت محاسباتی مورد نیاز یا روش مناسب برای محاسبه آهنگ جریان حرارتی انتخاب می‌کند:

الف) محاسبه آهنگ جریان حرارتی به طور مجزا برای هر ماه (به بند الف-۲ مراجعه کنید)؛

ب) محاسبه آهنگ جریان حرارتی متوسط طی فصل گرمایش(به بند الف-۴ مراجعه کنید)؛

پ) محاسبه متوسط سالانه آهنگ جریان حرارتی زمین.

الف-۲ محاسبه آهنگ جریان حرارتی ماهانه با استفاده از تغییرات سینوسی دما

به منظور در نظر گرفتن تأثیرات بزرگ اینرسی گرمایی زمین، انتقال حرارت بصورت حالت پایا یا بخش متوسط به همراه یک بخش متناوب سالانه ارائه می‌شود. بخش حالت پایا با اختلاف بین دمای متوسط سالانه داخلی و دمای متوسط سالانه خارجی متناسب است. بخش متناسب با دامنه تغییرات دماهای داخلی و خارجی حول مقادیر متوسط مربوطه شان متناسب است.

دماهای داخلی و خارجی فرض می‌شوندکه به طور سینوسی حول مقادیر متوسط سالیانه شان به صورت زیر تغییر می‌کنند:

$$\theta_{i,m} = \overline{\theta}_i - \hat{\theta}_i \cos\left(2\pi \frac{m-\tau}{12}\right) \qquad \text{(الف-۱)}$$

$$\theta_{e,m} = \overline{\theta_e} - \hat{\theta}_e \cos\left(2\pi \frac{m-\tau}{12}\right) \qquad \text{(الف-۲)}$$

که در آن‌ها:

$\theta_{i,m}$ دمای داخلی متوسط ماهانه برای ماه mام، بر حسب °C؛

$\overline{\theta}_I$ دمای داخلی متوسط سالانه، بر حسب °C؛

$\hat{\theta}_i$ دامنه تغییرات دمای متوسط داخلی ماهانه، بر حسب K (در بند۶-۱ تعریف شده است)؛

$\theta_{e,m}$ دمای خارجی متوسط ماهانه برای ماه mام، بر حسب °C؛

$\overline{\theta}_e$ دمای خارجی متوسط سالانه، بر حسب °C؛

$\hat{\theta}_e$ دامنه تغییرات دمای متوسط خارجی ماهانه، بر حسب K (دربند ۶-۲ تعریف شده است)؛

m شماره ماه مورد نظر، (m=1 برای ژانویه تا m=۱۲ برای دسامبر)؛

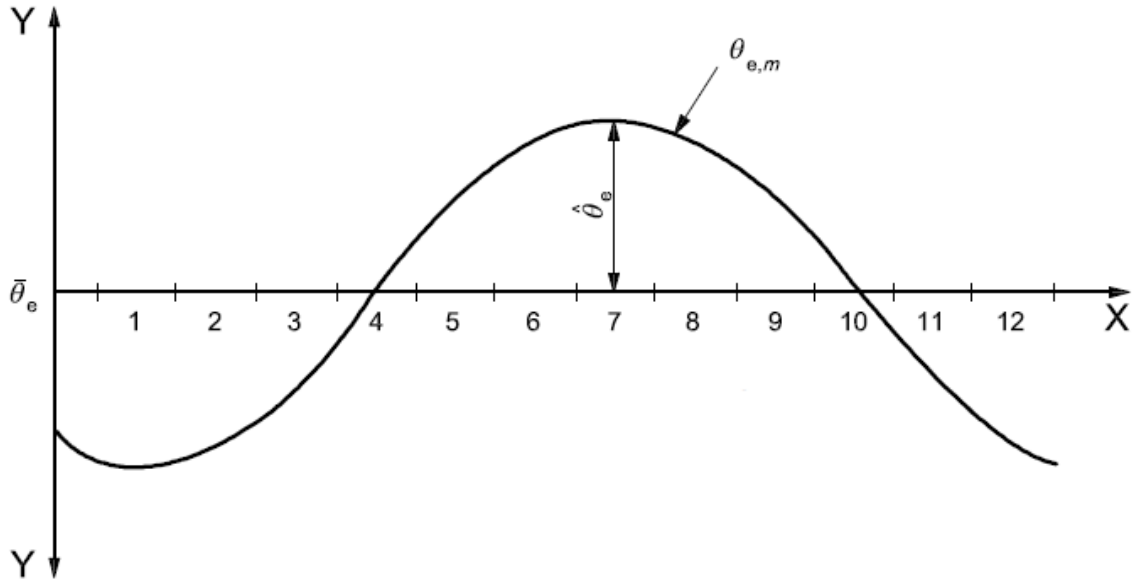
τ شماره ماهی است که در آن ماه با کمترین دمای خارجی مواجه هستیم(اگر مقتضی باشد τ ممکن است بصورت یک عدد اعشاری بیان شود)؛

τ باید با توجه به دمای خارجی متوسط هر ماه تعیین شود، شامل نوسانات کوچک دمایی نمی‌شود که می‌تواند بر اساس اطلاعات آب و هوایی منطقه یا موقعیت مورد نظر باشد که در تمام ماه‌ها یا بخشی از یک ماه وابسته به اطلاعات موجود اعلام می‌شود.

یادآوری ۱ - با انتخاب τ=1 فرض شود دمای کمینه در اواسط ماه ژانویه و دمای بیشینه در اواسط ماه ژوئن اتفاق می‌افتد و بالعکس برای τ=7.

یادآوری ۲- تنها دمای متوسط سالانه و دامنه نوسانات سالانه نیاز به محاسبه دارند. این مقادیر را می توان از مقادیر ماهانه استخراج کرد.

در شکل الف-۱ تعاریف $\overline{\theta}_e$ و $\hat{\theta}_e$ به صورت شکل نشان شده است که به طور مشابه برای داخلی هم تعریف می‌شود.



راهنما:

محور x شماره ماه، m (m=1 برای ژانویه و m=12 برای دسامبر)

محور y دما، θ

$\overline{\theta}_e$ دمای خارجی متوسط سالانه

$\hat{\theta}_e$ دامنه نوسانات دمای خارجی متوسط ماهانه

$\theta_{e,m}$ دمای خارجی متوسط ماهانه برای ماه mام

شکل الف-۱ - شرح تغییرات دمای خارجی طی یک سال (در نیم‌کره شمالی)

آهنگ میانگین جریان حرارتی در ماه mام از معادله زیر به دست می‌آید:

$$\phi_m = H_g(\overline{\theta_i} - \overline{\theta_e}) - H_{pi}\hat{\theta}_i \cos\left(2\pi \frac{m-\tau+\alpha}{12}\right) + H_{pe}\hat{\theta}_e \cos\left(2\pi \frac{m-\tau-\beta}{12}\right) \qquad \text{(الف-۳)}$$

که در آن:

H_g ضریب انتقال حرارت حالت پایای زمین، بر حسب W/k؛

H_{pi} ضریب انتقال حرارت متناوب داخلی، بر حسب W/k؛

H_{pe} ضریب انتقال حرارت متناوب خارجی، بر حسب W/k؛

α تقدم زمانی سیکل جریان حرارتی در مقایسه با دمای داخلی آن، در ماه‌ها؛

β تأخیر زمانی سیکل جریان حرارتی در مقایسه با دمای خارجی آن، در ماه‌ها؛

H_{pi} و H_{pe} شامل تأثیر پل سازی حرارتی در لبه کف طبقات می‌شود. اگر بدون تأثیر مربوط به لبه‌ها در انتقال حرارت محاسبه شوند، جمله ψ_g .P باید به هر کدام از آن‌ها اضافه شود.

یادآوری ۳- سیکل جریان حرارتی متناوب باعث تقدم تغییرات دمایی داخلی و تأخر تغییرات دمای خارجی می‌شود. در این استاندارد α و β هر دو عددی مثبت هستند. تقدم/ تأخر در معادله بند الف-۳ در نظر گرفته شده‌اند.

پیوست «ج» روش‌های تقویتی محاسبه ضرایب H_{pi} و H_{pe} و اختلاف فازهای α و β را ارائه می‌کند. فرمول موجود در پیوست «ج» برای H_{pe} در مواردی که انتقال حرارت مرتبط با لبه نداریم هم کاربرد دارد. برای جزئیات محاسباتی مربوط به H_{pe}،به استاندارد ملی ایران به شماره ۱۲۵۹۶ مراجعه کنید.

در معادله الف-۳ فرض می‌شود که تغییرات سالانه دمای داخلی از قبیل θ_i در زمستان کمتر از تابستان است. در کاربردهای وارونه، $\hat{\theta}_i$ باید مقداری منفی به حساب آید.

یادآوری ۴- برای محاسبات براساس فرض دمای ثابت داخلی،$\theta_i = 0$ و H_{pi} نیاز به بررسی ندارد.

الف-۳ آهنگ جریان حرارتی ماهانه با استفاده از دماهای میانگین ماهانه

زمانی که دماهای داخلی و خارجی متوسط ماهانه معلوم هستند، آهنگ جریان حرارتی ماهانه از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$\phi_m = H_g(\overline{\theta_i} - \overline{\theta_e}) - H_{pi}(\overline{\theta_i} - \theta_{i,m}) + H_{pe}(\overline{\theta_e} - \theta_{e,m}) \qquad \text{(الف-۴)}$$

که در آن مقادیر اختلاف فاز α و β صفر فرض شده‌اند.

الف -۴ آهنگ جریان حرارتی میانگین در فصل گرمایش یا فصل سرمایش

برای محاسبات انتقال حرارت فصلی، تأثیر اختلاف فاز بین جریان حرارتی و تغییرات دمایی معمولاً قابل چشم‌پوشی است. آهنگ متوسط جریان حرارتی زمین در فصل گرمایش از متوسط جمله کسینوسی در معادله الف-۳ قابل محاسبه است:

$$\overline{\phi} = H_g(\overline{\theta_i} - \overline{\theta_e}) - \gamma H_{pi}\hat{\theta}_i + \gamma H_{pe}\hat{\theta}_e \qquad \text{(الف-۵)}$$

که مقدار γ، به طول فصل گرمایش بستگی دارد که از معادله الف-۶ به دست می آید:

$$\gamma = \frac{12}{n\pi}\sin\left(\frac{n\pi}{12}\right)$$ (الف-۶)

که n شماره ماه ها در فصل سرمایش است.

در معادله(الف-۵) فرض می شود که تغییرات سالانه دمای داخلی از قبیل θ_i در زمستان کمتر از تابستان است. در کاربردهای وارون، $\hat{\theta}_i$ باید مقداری منفی محسوب شود.

یادآوری- برای محاسبات براساس فرض دمای ثابت داخلی $\theta_i = 0$ و H_{pi} نیاز به محاسبه ندارد.

کاربرد معادله (الف-۵) برای محاسبات اتلاف حرارت ماهانه هم کاربرد دارد، در مواردی که تغییرات در اتلافات زمین بین ماه ها مورد نیاز نیست این حالت باعث می شود اتلافات حرارتی زمین به صورت یک عبارت ثابت ظاهر شود که موجب زیاد برآورد کردن اتلافات در انتهای فصل گرمایش و ناچیز فرض کردن اتلافات در میانه های فصل گرمایش می شود.

آهنگ میانگین جریان حرارتی در فصل سرمایش به طور مشابه به دست می آید:

$$\overline{\phi} = H_g(\overline{\theta_i} - \overline{\theta_e}) + \gamma H_{pi}\hat{\theta}_i - \gamma H_{pe}\hat{\theta}_e$$ (الف-۷)

γ از معادله (الف-۶) با استفاده از تعداد ماه ها، n، در فصل سرمایش به دست می‌آید.

الف- ۵ متوسط سالانه آهنگ جریان حرارتی

اگر $\hat{\theta}_i$ و $\hat{\theta}_e$ یا طول فصل گرمایش معلوم نباشد یا اگر اتلافات زمین به طور تقریبی مورد نیاز باشد، آهنگ جریان حرارتی می تواند به صورت یک جمله ثابت معادل بخش حالت پایا محسوب شود:

$$\overline{\phi} = H_g(\overline{\theta_i} - \overline{\theta_e})$$ (الف-۸)

این فرض اغلب یک تقریب مناسب است، مخصوصاً اگر فصل گرمایش طولانی یا $\hat{\theta}_i$ و $\hat{\theta}_e$ تأثیر عکس روی جریان حرارتی داشته باشد.

الف-۶ آهنگ جریان حرارتی بیشینه ماهانه

آهنگ جریان حرارتی بیشینه ماهانه از معادله زیر به دست می آید:

$$\phi_{\max} = H_g(\overline{\theta_i} - \overline{\theta_e}) + H_{pe}\hat{\theta}_e$$ (الف-۹)

یادآوری- این اصطلاح با یک دمای داخلی ثابت و بیشترین سهم تغییرات دمای خارجی متناظر است.

الف-۷ ضریب انتقال حرارت ماهانه زمین

ضریب انتقال حرارت زمین، $H_{g,m}$، در ماه mام از معادله زیر به دست می‌آید:

$$H_{g,m} = \frac{\phi_m}{\theta_{i,m} - \theta_{e,m}}$$ (الف-۱۰)

الف-۸ کل انتقال حرارت طی فصل گرمایش یا فصل سرمایش

کل انتقال حرارت از طریق زمین برابراست با انتگرال آهنگ جریان حرارتی که بصورت مجموع مقادیر ماهانه ظاهر می شود.

$$Q = \sum_{m=m_1}^{m_2} Q_m \qquad \text{(الف-۱۱)}$$

$$Q_m = 86400 \times N_m \phi_m \qquad \text{(الف-۱۲)}$$

که در آن:

Q کل انتقال حرارت، بر حسب J؛

Q_m انتقال حرارت در ماه mام، بر حسب J؛

N_m تعداد روزهای ماه mام؛

Φ_m آهنگ انتقال حرارت در ماه mام، بر حسب W؛

m_1 اولین ماه در فصل گرمایش یا سرمایش؛

m_2 آخرین ماه در فصل گرمایش یا سرمایش؛

۸۶۴۰۰ تعداد ثانیه ها در یک روز است.

در مورد آهنگ جریان حرارتی متوسط با استفاده از معادله الف-۴ یا الف-۷ داریم:

$$Q = 86400 \times N\phi \qquad \text{(الف-۱۳)}$$

که N تعداد کل روزهای فصل گرما است.

پیوست ب
(الزامی)
قالب بتونی کف ساختمان با عایق کاری لبه

ب-۱ کلیات

قالب بتونی کف ساختمان می تواند عایق کاری لبه هم داشته باشد که به صورت افقی یا عمودی در امتداد محیط کف واقع می شود. معادله ارائه شده در پیوست برای حالتی که پهنا یا عمق عایق کاری لبه، D، در مقایسه با عرض ساختمان کوچک است، قابل کاربرد می باشد.

روش های عددی ممکن است به عنوان روش دیگری مورد استفاده قرار گیرند. زمانی که محاسبات عددی قابلیت انتقال حرارت خطی تأثیرات هر گونه عایق کاری لبه را هم در نظر می گیرد، محاسبات مطابق این پیوست شامل آن نخواهد بود.

تأثیر عایق کاری لبه به صورت قابلیت انتقال حرارت خطی، $\psi_{g,e}$ ظاهر می شود که مطابق بند ب-۲ برای عایق کاری لبه افقی و مطابق بند ب-۳ برای عایق کاری لبه قائم به دست می آید. پی کم چگالی ساختمان که رسانندگی گرمایی کمتری نسبت به خاک دارد مشابه عایق کاری لبه رفتار می کند. $\psi_{g,e}$ مقداری کوچکتر از صفر دارد.

اگر جزئیات پی ساختمان بیشتر از یک تکه عایق کاری لبه داشته باشد(عمودی یا افقی، به صورت داخلی یا خارجی) $\psi_{g,e}$ با روش زیر برای هر عایق کاری لبه به طور مجزا محاسبه می شود و از عایق کاری که بیشترین کاهش در اتلاف حرارت به دست می آید استفاده می شود.

یادآوری ۱- معادله داده شده در این پیوست تقریب خوبی از تأثیر افزودن عایق کاری لبه به طبقات بدون عایق ارائه می‌کند. از تأثیر افزودن عایق‌کاری لبه به یک طبقه عایق‌کاری شده صرفنظر شده است. اما با این حال می توان استفاده کرد.

تأثیر عایق‌کاری لبه حداقل برابر مقدار پیش بینی شده است.

روابط ب-۵ و ب-۶ شامل ضخامت معادل اضافی ااز عایق‌کاری لبه، d' می شود که با معادله زیر تعریف می‌شود:

$$d' = R'\lambda \qquad (ب-۱)$$

که R' قابلیت انتقال حرارت اضافی است که توسط عایق‌کاری لبه(یا پی ساختمان) تعریف می‌شود، یعنی اختلاف بین قابلیت انتقال حرارتی عایق‌کاری لبه و آن بخش از خاک که جایگزین آن شده است.

$$R' = R_n - \frac{d_n}{\lambda} \qquad (ب-۲)$$

که در آن:

R_n قابلیت انتقال حرارت عایق‌کاری لبه افقی یا عمودی (یا پی ساختمان) است بر حسب $m^2.k/W$؛

d_n ضخامت عایق کاری لبه (یا پی ساختمان)، بر حسب m.

زمانی که از $\psi_{g,e}$ در محاسبات استفاده می شود، معادله ۱ در این استاندارد به صورت زیر اصلاح می شود:

$$H_g = (AU) + P(\psi_g + \psi_{g,e}) \quad \text{(ب-۳)}$$

برای محاسبات حالت پایا، تأثیر عایق کاری لبه می تواند با قابلیت انتقال حرارت کف طبقه در معادله ب-۴ ترکیب شود.

$$U = U_O + \frac{2\psi_{g,e}}{B'} \quad \text{(ب-۴)}$$

که در آن:

U_o قابلیت انتقال حرارت کف طبقه بدون عایق‌کاری لبه است.

در چنین مواردی معادله ۱ برای محاسبات حالت پایای ضریب انتقال حرارت زمین به‌کار می‌رود.

یادآوری ۲- هر نوع عایق کاری سرتاسر کف طبقه در محاسبه U_0 در نظر گرفته می شود.

یادآوری ۳- هم ψ_g و هم $\psi_{g,e}$ در H_{pi} و H_{pe} در نظر گرفته می شوند.

ب-۲ عایق کاری افقی لبه

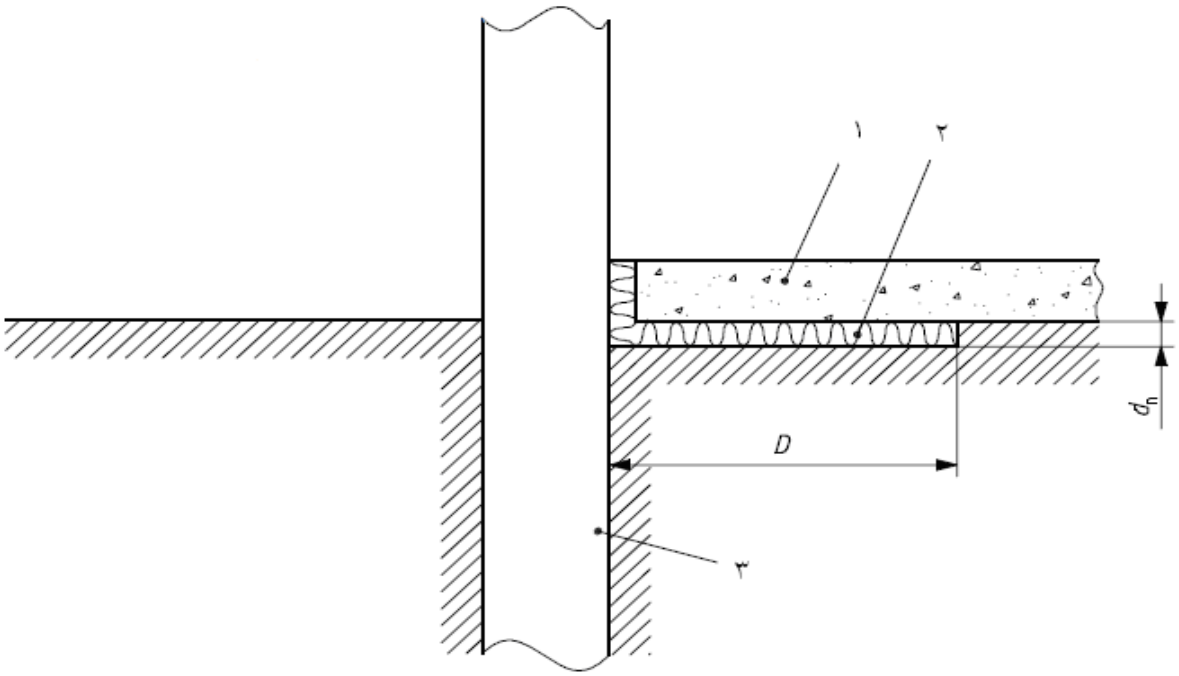
معادله ب-۵ در عایق‌کاری سطوح افقی در امتداد محیط کف طبقه به‌کار می‌رود(به شکل ب-۱مراجعه کنید):

$$\psi_{g,e} = -\frac{\lambda}{\pi}\left[\ln\left(\frac{D}{d_t}+1\right) - \ln\left(\frac{D}{d_t + d'}+1\right)\right] \quad \text{(ب-۵)}$$

که در آن:

D پهنای عایق‌کاری افقی لبه، بر حسب متر؛

d' در معادله ب-۱ تعریف شده است.



راهنما

۱ کف طبقه

۲ عایق کاری افقی لبه

۳ دیوار پی ساختمان

d_n ضخامت عایق کاری لبه (یا پی ساختمان)

D پهنای عایق کاری افقی لبه

شکل ب-۱ شمای عایق‌کاری افقی لبه

شکل ب-۱ عایق کاری لبه زیر قالب بتونی را نشان می دهد. معادله ب-۵ برای عایق‌کاری افقی لبه روی قالب بتونی یا خارج ساختمان به‌کار می‌رود.

ب-۳ عایق‌کاری عمودی لبه

معادله ب-۶ برای عایق‌کاری عمودی مکان‌هایی در زیر ساختمان و در امتداد محیط کف طبقه به‌کار می‌رود. (به شکل ب-۲ مراجعه کنید) و برای ماده پی ساختمان با رسانندگی گرمایی کمتر از زمین(به شکل ب-۳مراجعه کنید).

$$\psi_{g,e} = -\frac{\lambda}{\pi}\left[\ln\left(\frac{2D}{d_t}+1\right) - \ln\left(\frac{2D}{d_t + d'}+1\right)\right] \qquad \text{(ب-۶)}$$

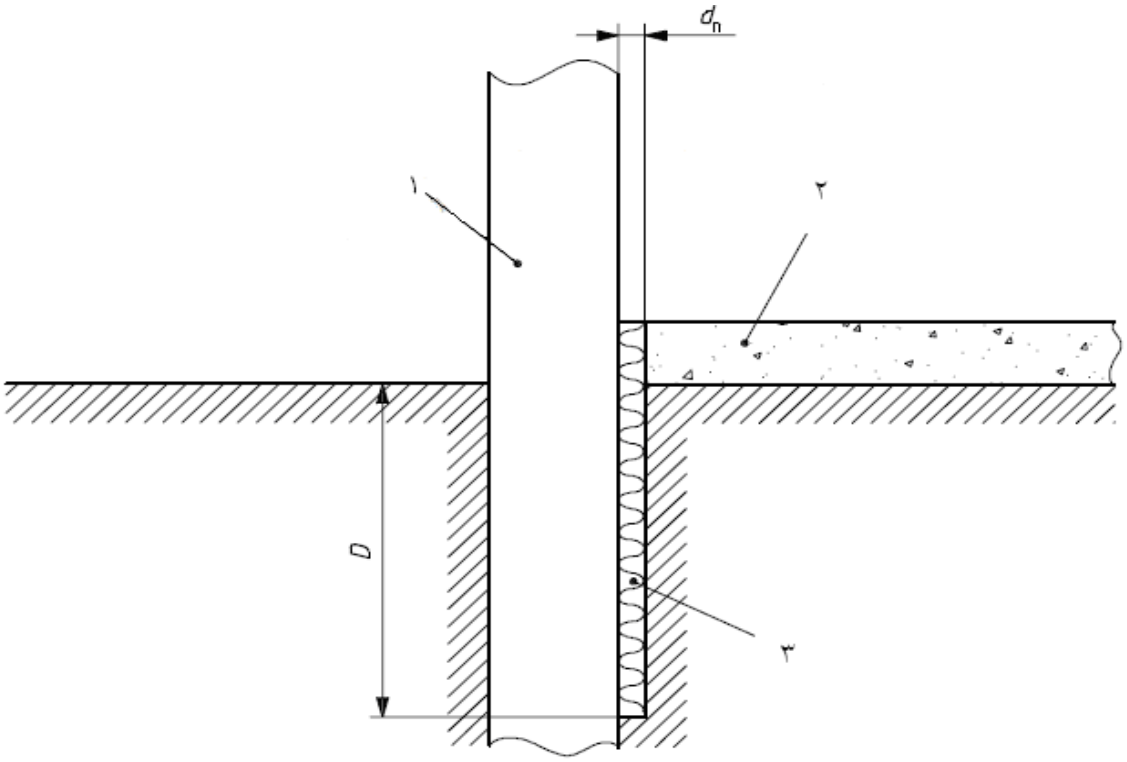
که در آن:

D عمق عایق‌کاری عمودی لبه (یا پی ساختمان) زیر سطح آزاد زمین، بر حسب متر؛

d' در معادله ب-۱ تعریف شده است.

شکل ب-۲ عایق‌کاری لبه داخل دیوار پی ساختمان را نشان می‌دهد.

معادله ب-۶ هم چنین برای عایق‌کاری لبه در بیرون یا داخل دیوار پی به کار می‌رود.



راهنما

۱ دیوار پی

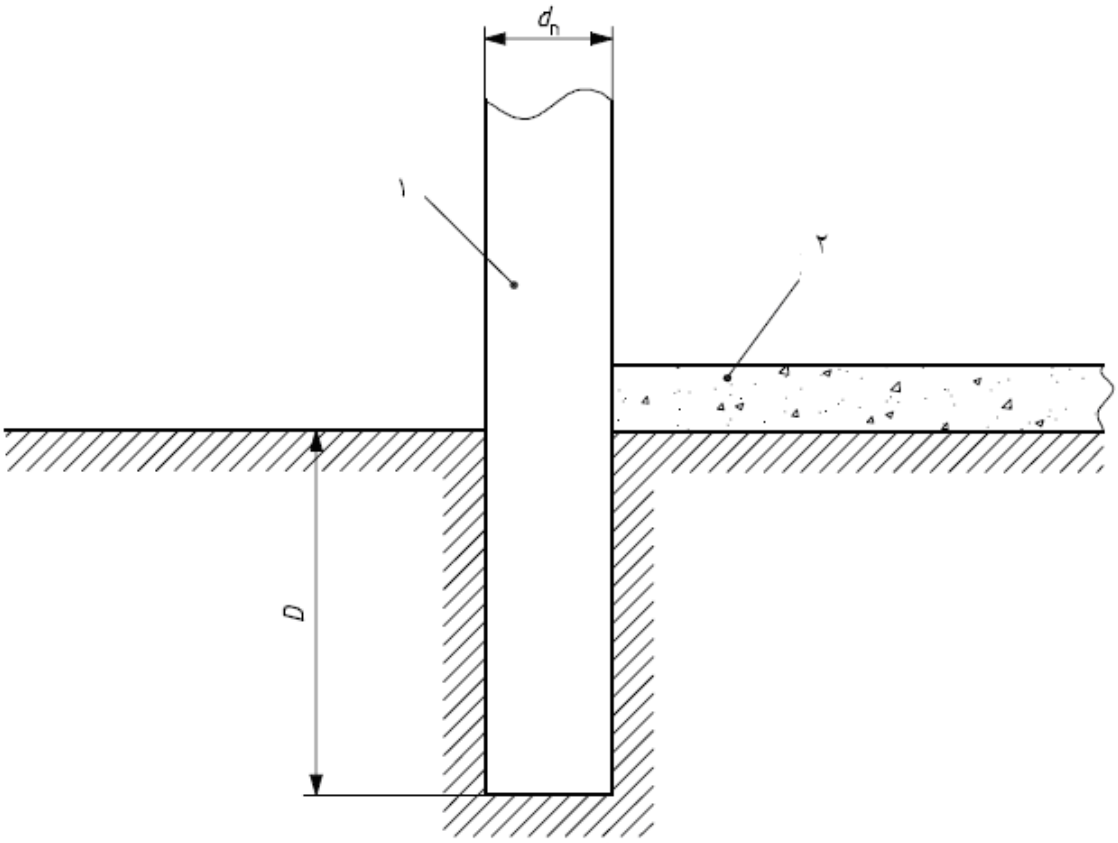
۲ کف طبقه

۳ عایق‌کاری عمودی لبه

d_n ضخامت عایق‌کاری لبه (یا پی ساختمان)

D عمق عایق‌کاری عمودی لبه (یا پی ساختمان)

شکل (ب-۲) عایق‌کاری عمودی لبه (لایه عایق‌کاری)



راهنما

۱- دیوار پی ساختمان با چگالی پایین با $\lambda_n<\lambda$

۲- کف طبقه

d_n ضخامت عایق‌کاری لبه (یا پی ساختمان)

D عمق عایق‌کاری عمودی لبه (یا پی ساختمان) زیر سطح آزاد زمین

شکل ب-۳- عایق‌کاری عمودی لبه (پی ساختمان با چگالی پایین)

پیوست پ
(الزامی)
آهنگ جریان حرارتی برای اتاق‌ها

معادله های ارائه شده در این استاندارد، انتقال حرارت از کل کف ساختمان را تعیین می‌کند. موقعی که آهنگ جریان حرارتی از اتاق‌هایی مورد نظر باشد که تعدادی از آن‌ها دارای دیوار خارجی بوده و بقیه فاقد این دیوارها هستند، انتقال حرارت کل طبقه به دو قسمت تقسیم می‌شود. این تقسیم‌بندی با در نظر گرفتن اتاق‌های دارای دیوارهای خارجی(اتاق‌های واقع در گوشه‌های ساختمان) و اتاق‌های فاقد این دیوارها(اتاق‌های واقع در بخش مرکزی ساختمان) صورت می‌پذیرد.

برای به دست آوردن میزان انتقال حرارت اتاق‌ها باید در محاسبات، نقش دیوارها و سایر اجزاء این اتاق‌ها در نظر گرفته شود.

برای این منظور آهنگ جریان حرارت حالت پایا را برای کل طبقه، ϕ_t محاسبه کرده و سپس مقدار حاصله به دو قسمت تقسیم می شود:

انتقال حرارت از گوشه‌های ساختمان، ϕ_e؛

انتقال حرارت از نواحی مرکزی ساختمان، ϕ_m.

$$\phi_e = \phi_t \frac{A_e}{A_m \frac{b + d_t}{0.5 \times B' + d_t} + A_e} \quad (پ-۱)$$

$$\phi_m = \phi_t - \phi_e \quad (پ-۲)$$

$$q_e = \frac{\phi_e}{A_e} \quad (پ-۳)$$

$$q_m = \frac{\phi_m}{A_m} \quad (پ-۴)$$

که در آن‌ها:

q_e چگالی آهنگ جریان حرارتی برای اتاق‌های واقع در گوشه‌های ساختمان؛

q_m چگالی آهنگ جریان حرارتی برای اتاق‌های مرکزی ساختمان؛

A_e مجموع مساحت اتاق‌های واقع در گوشه‌های ساختمان؛

A_m مجموع مساحت اتاق‌های واقع در بخش مرکزی ساختمان؛

b عرض متوسط اتاق‌های واقع در گوشه‌های ساختمان؛

B' بعد مشخصه کل طبقه که در بند الف-۱ تعریف شده است.

انتقال حرارت متناوب، ناشی از تغییرات دمای فصلی، فقط برای اتاق‌های واقع در گوشه‌های ساختمان در نظر گرفته می‌شود.

پیوست ت

(الزامی)

شبیه‌سازی دینامیکی

این پیوست شامل انتقال حرارت از ساختمان به زمین می‌باشد که در آن از روش تحلیل گذرا برای محاسبه جریان حرارت یا دمای ساختمان با پله‌های زمانی یک ساعت یا کمتر استفاده شده است.

کف ساختمان با زمین به عنوان یک جزء واحد در نظر گرفته شده است که این جزء شامل کف ساختمان و ۰/۵ متر از عمق زمین و یک لایه مجازی می‌باشد.

لایه مجازی طوری در نظر گرفته شده است که متوسط میزان جریان حرارتی سالانه صحیح باشد. این لایه دارای مقاومت حرارتی R_v بوده و میزان ظرفیت گرمایی آن قابل صرفنظر است. مقدار R_v از معادله ت-۱ قابل محاسبه است:

$$R_v = \frac{1}{U} - R_{si} - R_f - R_g \qquad (ت-۱)$$

که در آن:

U انتقال حرارت حالت پایای کف ساختمان با در نظر گرفتن تأثیرات زمین، که مقدار آن با روش ارائه شده در این استاندارد یا روش عددی با شرایط مرزی معلوم یا با استفاده از روش‌های این استاندارد قابل محاسبه است؛

R_{si} مقاومت حرارتی سطح داخلی ساختمان؛

R_f مقاومت حرارتی کل لایه های کف ساختمان؛

R_g مقاومت حرارتی ۰/۵ متر از سطح زمین است.

برای مدل‌سازی گرمایی، لایه مجازی به ضخامت ۰/۱ متر در نظر گرفته می‌شود که میزان هدایت گرمایی آن $\frac{0.1}{Rv}$ می باشد. چگالی این لایه و ظرفیت گرمایی ویژه آن باید صفر یا مقدار خیلی کوچک باشد. (چگالی کوچک‌تر از $1\ kg/m^3$ و گرمای ویژه کوچک‌تر از $1\ kg/m^3$)

شرط مرزی در قسمت پایینی لایه مجازی، دمای مجازی، θ_v، است.

θ_v برای هر ماه از سال از معادله زیر قابل تعیین است:

$$\theta_{v,m} = \theta_{i,m} - \frac{\phi_m}{AU} \qquad (ت-۲)$$

که در آن ϕ_m از پیوست "الف" محاسبه می شود.

یادآوری - این محاسبه شامل انتقال حرارت گوشه‌ها نیز می باشد.

معادله ت-۲ معمولاً تقریب‌های مناسبی را به دست می‌دهد. بطور متناوب، θ_v با استفاده از روش عددی با پله‌های زمانی مختلف قابل محاسبه است:

$$\theta_{v,t} = \theta_{i,t} - \frac{\phi_t}{AU} \qquad (ت-۳)$$

که در آن ϕ_t در زمان t با استفاده از روش عددی به دست می‌آید.

پیوست ث
(الزامی)
تهویه زیر کف آزاد

ث-۱ اصطلاحات عمومی برای دمای متوسط و قابلیت انتقال حرارت

گرمای ورودی از طریق کف آزاد به فضای زیر کف، از فضای زیر کف به محیط به سه طریق انتقال می یابد:

الف) از طریق زمین؛

ب) از طریق دیوار (بالای سطح زمین) فضای زیر کف؛

ج) از طریق تهویه فضای زیر کف.

از تعادل حرارتی حالت پایای جریان های حرارتی فوق دمای متوسط فضای زیر کف به صورت زیر به دست می آید:

$$\bar{\theta}_{us} = \frac{AU_f\bar{\theta}_i + \dot{V}c_p\bar{\theta}_v + (AU_g + hPU_w)\bar{\theta}_e}{AU_f + \dot{V}c_p\rho + AU_g + hPU_w} \qquad (ث-۱)$$

که در آن:

$\bar{\theta}_{us}$ دمای میانگین سالانه در فضای زیر کف، بر حسب °C ؛

$\bar{\theta}_i$ دمای متوسط داخلی سالانه، بر حسب °C ؛

$\bar{\theta}_e$ دمای متوسط خارجی سالانه، بر حسب °C ؛

$\bar{\theta}_v$ دمای متوسط سالانه هوای تهویه، بر حسب °C ؛

U_f قابلیت انتقال حرارت بخش آزاد کف طبقه، بر حسب $W/m^2.k$؛

U_w قابلیت انتقال حرارت دیوارهای فضای زیر کف (بالاتر از سطح زمین)، بر حسب $W/m^2.k$؛

V آهنگ تغییرات حجمی هوا، بر حسب m^3/s؛

h ارتفاع کف آزاد بالاتر از سطح آزاد زمین، بر حسب متر؛

c_p ظرفیت گرمایی ویژه هوا در فشار ثابت، بر حسب $J/kg.k$

ρ چگالی هوا، بر حسب kg/m^3.

اگر عمق فضای زیر کف از سطح آزاد زمین، z، از ۰٫۵ متر تجاوز نکندU_g باید با استفاده از روش بند ۹-۲ به دست آید.

اگر $z>0.5m$، روش‌ها، مشابه روش ارائه شده در بند ۹-۳ خواهد بود، بنابراین:

$$U_g = U_{bf} + \frac{zPU_{bw}}{A} \qquad (ث-۲)$$

که در آن:

U_{bf} و U_{bw} از بند ۹-۳ مشخص شده اند.

قابلیت انتقال حرارت کف طبقه (بین محیط داخلی و خارجی) در معادله ث-۳ داده شده است:

$$U = U_f \frac{AU_g + hPU_w + \dot{V}c_p\rho(\bar{\theta}_i - \bar{\theta}_v)/(\bar{\theta}_i - \bar{\theta}_e)}{AU_f + AU_g + hPU_w + \dot{V}c_p\rho} \qquad (ث-۳)$$

روابط ث -۲ و ث -۳ هم‌چنین برای زیر زمین بدون گرمایش هم به کار می‌روند.

ث -۲ آهنگ تهویه

V به واحد m^3/s برای طبقات با تهویه مکانیکی مشخص شده است.

برای طبقات با تهویه طبیعی:

$$\dot{V} = 0.59 \times \varepsilon \upsilon f_w P \qquad (ث-۴)$$

که در آن:

ε مساحت تهویه ورودی در واحد طول محیط، بر حسب m^2/s؛

υ سرعت باد طرح در ارتفاع ۱۰ متری، بر حسب m/s؛

f_w ضریب استحفاظی باد، که در بند ۹-۲ تعریف شده است.

برای محاسبات از مقادیر استاندارد زیر استفاده می شود:

c_p= ۱۰۰۰ (j/Kg.K) (در ۱۰C^o)

ρ =۱٫۲۳Kg/m^3 (در ۱۰C^o و فشار ۱۰۰Kpa)

ث -۳ تهویه طبیعی

در این مورد $\bar{\theta}_e = \bar{\theta}_v$ و با باز نویسی معادله ث-۳ به همراه معادله ث -۴ معادله بند ۹-۲ به دست می‌آید.

ث -۴ تهویه مکانیکی از داخل

در این مورد $\bar{\theta}_i = \bar{\theta}_v$ و از معادله ث-۳ داریم:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{U_f} + \frac{1 + \dot{V}c_p\rho / AU_f}{U_g + 2hU_w / B'} \qquad (ث-۵)$$

ث -۵ تهویه مکانیکی از بیرون

در این مورد، $\bar{\theta}_e = \bar{\theta}_v$ و از معادله ث-۳ داریم:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{U_f} + \frac{1}{U_g + 2hU_w / B' + \dot{V}c_p\rho / A} \qquad (ث-۶)$$

ث -۶ فضای بدون گرمایش زیر کف

در این مورد، $V=0$ و از معادله ث-۳ داریم:

$$\frac{1}{U}=\frac{1}{U_f}+\frac{1}{U_g+2hU_w/B'} \qquad \text{(ث-۷)}$$

ث -۷ زیر زمین های بدون گرمایش

معادله ث-۶ با معادله $Vc_p\rho=0.34\times nV$ به کار می‌رود.

پیوست ج
(اطلاعاتی)
ضریب انتقال حرارت متناوب

ج -۱ کلیات
این پیوست فرمول‌هایی برای محاسبه ضریب انتقال حرارت متناوب، H_{pi} وH_{pe} ارائه می کند که در پیوست "الف" تعریف شده است.

فرمول H_{pi} برای کف هایی به کار می رود که ساختار یکنواختی دارند و فرمول H_{pe} برای اتصال دیوارها و کف ساختمان در حالت ایده آل ارائه شده است. این فرمول ها برای کف های عایق کاری نشده و هم‌چنین برای کف‌های عایق شده با اتصال گرمایی قابل صرفنظر در لبه ها ارائه شده است. برای سایر موارد مقادیر با استفاده از روش عددی به دست می‌آیند(به استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۵۹۶ مراجعه کنید).

ج -۲ عمق نفوذ متناوب
ضرایب انتقال حرارت متناوب مربوط به عمق نفوذ متناوب، δ می باشند. δ برای جریان حرارت یک بعدی به صورت عمقی از زمین که نوسان دمای آن به میزان $\frac{1}{e}$ دمای سطح آزاد کاهش می یابد، تعریف می شود. (e=۲/۷۱۸) برای یک چرخه دمایی سالانه، δ از معادله زیر به دست می آید:

$$\delta = \sqrt{\frac{3.15\times10^{7}\times\lambda}{\pi\rho c}} \qquad (ج-۱)$$

یادآوری- $۳/۱۵\times۱۰^{۷}$ تعداد ثانیه ها در یک سال می باشد.

در جدول ج-۱ مقادیر تقریبی δ که ممکن است در این استاندارد مورد استفاده قرار گیرد، نشان داده شده است.

جدول ج-۱- عمق نفوذ متناوب

ردیف	توضیح	δ m
۱	ماسه بسیار ریز	۲/۲
۲	سنگریزه یا شن	۳/۲
۳	سنگ همگن	۴/۲

ج -۳ اختلاف فاز
معادلات ج-۲ و ج -۳ مقادیر تقریبی را برای اختلاف فاز بلوک های کف ساختمان ارائه می دهند:

$$\alpha = 1.5 - \frac{12}{2\pi}\arctan\left(\frac{d_t}{d_t+\delta}\right) \qquad (ج -۲)$$

$$\beta = 1.5 - 0.42 \times \ln\left(\frac{\delta}{d_t + 1}\right) \qquad (ج - ۳)$$

عایق‌کاری قالب‌های بتونی روی کف می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای باعث افزایش تأخیر زمانی در مقایسه با تغییرات دمای خارجی شود، مخصوصاً اگر به صورت عمودی یا خارج از ساختمان واقع شده باشد.
برای کف آزاد، تأثیرات کمتر است زیرا تهویه جریان گرما هیچ تأخیر زمانی ندارد. برای عمق‌های بزرگتر از δ، در روابط ج -۲ و ج -۳ به جای d_t از d_w استفاده می شود.
تقدم یا تاخر مختصر زمانی بین تغییرات دما و جریان حرارتی، تأثیرات قابل ملاحظه‌ای در محاسبات انرژی ایجاد نمی‌کند. در جدول ج -۲ نتایج اختلاف فاز برای نزدیک ترین ماه نشان داده شده است. این مقادیر برای بسیاری از اهداف محاسباتی معتبر می‌باشدو در عمل با حذف تقدم و تاخر زمانی خطای بسیار کمی حاصل می‌شود.

جدول ج-۲ – اختلاف فاز (در ماه)

β	α	نوع طبقه
۱	۰	قالب های روی زمین بدون عایق کاری گوشه ها
۱	۰	قالب های روی زمین با عایق کاری افقی داخلی
۲	۰	قالب های روی زمین با عایق کاری گوشه های عمودی یا خارج ساختمان
۰	۰	کف طبقات آزاد
۱	۰	زیرزمین(گرم یا سرد)

ج -۴ قالب های روی کف- بدون عایق یا تماماً عایق کاری شده

ج -۴-۱ تغییرات دمای داخلی

ضریب انتقال حرارت متناوب که وابسته به تغییرات دمای داخلی می باشد در یک چرخه سالانه از معادله زیر به دست می‌آید:

$$H_{pi} = A\frac{\lambda}{d_t}\sqrt{\frac{2}{(1+\delta/d_t)^2+1}} \qquad (ج - ۴)$$

ج -۴-۲ تغییرات دمای خارجی

ضریب انتقال حرارتی متناوب که وابسته به تغییرات دمای خارجی می باشد، در یک چرخه سالانه از معادله زیر به دست می‌آید:

$$H_{pe} = 0.37 \times P\lambda \ln\left(\frac{\delta}{d_t} + 1\right) \qquad (ج - ۵)$$

ج -۵ بلوک‌های بتونی روی زمین با عایق‌کاری گوشه‌ها

ج -۵-۱ تغییرات دمای داخلی

از عایق‌کاری لبه ها صرفنظر کرده و H_{ip} را از معادله ج -۴ به دست آورید.

ج -۵-۲ تغییرات دمای خارجی

H_{pe} از دو قسمت تشکیل شده است. یکی مربوط به گوشه کف و دیگری مربوط به قسمت میانی کف می‌باشد.

برای طبقات ساختمان شامل عایق‌کاری افقی گوشه‌ها

$$H_{pe} = 0.37 \times P\lambda \left[\left(1 - e^{-2D/\delta}\right) \ln\left(\frac{\delta}{d_t + d'} + 1\right) + e^{-2D/\delta} \ln\left(\frac{\delta}{d_t} + 1\right) \right] \qquad (ج - ۶)$$

که در آن:

D عرض گوشه‌های عایق‌بندی شده بطور افقی بر حسب متر است.

d_t مقدار تعریف شده در بند ۹-۱است.

d' مقدار تعریف شده در پیوست ب است.

برای طبقات ساختمان که گوشه های آن بطور عمودی عایق بندی شده است:

$$H_{pe} = 0.37 \times P\lambda \left[\left(1 - e^{-2D/\delta}\right) \ln\left(\frac{\delta}{d_t + d'} + 1\right) + e^{-2D/\delta} \ln\left(\frac{\delta}{d_t} + 1\right) \right] \qquad (ج - ۷)$$

که در آن:

D عمق عایق بندی شده عمودی گوشه ها (یا پی ساختمان) که در زیر سطح آزاد زمین قرار دارد، بر حسب m.

در صورتی که اجزاء پی ساختمان بیش از یک گوشه عایق بندی شده داشته باشد (عمودی، افقی،داخلی یا خارجی)، H_{pe} را از روابط فوق برای هر گوشه به صورت مجزا محاسبه کرده و کمترین مقدار حاصل، جواب مورد نظر است.

ج -۶ کف آزاد

ج -۶-۱ کلیات

در محاسبه ضرایب متناوب، مقادیر U_f، U_x، d_g در بند ۹-۲ تعریف شده اند

ج -۶-۲ تغییرات دمای داخلی

$$H_{pi} = A\left[\frac{1}{U_f} + \frac{1}{\lambda/\delta + U_x}\right]^{-1} \qquad (ج - ۸)$$

ج -۶-۳ تغییرات دمای خارجی

$$H_{pe} = U_f \frac{0.37 \times P\lambda \ln(\delta / d_g + 1) + U_x A}{\lambda / \delta + U_x + U_f} \qquad (ج - ۹)$$

ج -۷ زیر زمین با گرمایش

ج -۷-۱ تغییرات دمای داخلی

ضریب انتقال حرارت متناوب وابسته به تغییرات دمایی داخلی در یک چرخه سالانه، از دو بخش تشکیل شده است. یکی وابسته به کف زیرزمین و دیگری وابسته به دیوارهای آن می‌باشد.

$$H_{pi} = A\frac{\lambda}{d_t}\sqrt{\frac{2}{(1+\delta/d_t)^2+1}} + zP\frac{\lambda}{d_w}\sqrt{\frac{2}{(1+\delta/d_w)^2+1}} \qquad (ج - ۱۰)$$

ج -۷-۲ تغییرات دمای خارجی

ضریب انتقال حرارت متناوب، وابسته به تغییرات دمایی خارجی در یک چرخه سالانه، از دو بخش تشکیل شده است. یکی وابسته به کف زیرزمین و دیگری وابسته به دیوارهای آن می‌باشد.

$$H_{pe} = 0.37 \times P\lambda\left[e^{-\frac{z}{\delta}}\ln\left(\frac{\delta}{d_t}+1\right) + 2\left(1-e^{-z/\delta}\right)\ln\left(\frac{\delta}{d_w}+1\right)\right] \qquad (ج - ۱۱)$$

ج -۸ زیرزمین بدون گرمایش

ج -۸-۱ تغییرات دمای داخلی

$$H_{pi} = \left[\frac{1}{AU_f} + \frac{1}{(A+zP)\lambda/\delta + hPU_W + 0.33 \times nV}\right]^{-1} \qquad (ج - ۱۲)$$

ج -۸-۲ تغییرات دمای خارجی

$$H_{pe} = AU_f \frac{0.37 \times P\lambda(2-e^{-z/\delta})\ln(\delta/d_t+1) + hPU_w + 0.33 \times nV}{(A+zP)\lambda/\delta + hPU_w + 0.33 \times nV + AU_f} \qquad (ج - ۱۳)$$

پیوست چ

(اطلاعاتی)

مشخصه‌های گرمایی زمین

مشخصه ها گرمایی زمین به پارامترهای زیادی وابسته است. این پارامترها شامل چگالی، دمای آب اشباع، اندازه اجزاء تشکیل دهنده و نوع مواد معدنی اعم از ذرات منجمد و غیرمنجمد می‌باشد. به عنوان یک نتیجه، مشخصه ها گرمایی تغییرات قابل ملاحظه‌ای از یک محل نسبت به محل دیگر از خود نشان می‌دهند.

هم‌چنین در یک مکان خاص در عمق‌های متفاوت زمین، این تغییرات قابل توجه است. حتی این مشخصه ها با توجه به وجود رطوبت و یخ زدن و ذوب شدن آن نسبت به زمان نیز متغیر می‌باشند.

مقادیر مشخصه ها مورد نیاز برای محاسبات انتقال حرارت، باید برای زمین‌های نزدیک به محل ساختمان در بازه زمانی مورد نظر اندازه‌گیری شود (مثلاً در فصول گرمایشی).

جدول چ-۱، بازه تغییرت رسانندگی گرمایی را برای انواع زمین‌های غیر منجمد نشان می‌دهد. هم‌چنین در این بازه جدول مقادیر تعیین شده در بخش ۵-۱ قابل ملاحظه است.

جدول (چ - ۱) – رسانندگی گرمایی زمین

نوع زمین	چگالی خشک ρ (kg/m^3)	محتوی رطوبت u (kg/kg)	درجه اشباع ٪	رسانندگی گرمایی λ (W/m.k)	مقدار نمونه λ W/(m.K)
گل	۱۴۰۰ تا ۱۸۰۰	۰/۱ تا ۰/۳	۷۰ تا ۱۰۰	۱/۰ تا ۲/۰	۱/۵
خاک رس	۱۲۰۰ تا ۱۶۰۰	۰/۲۰ تا ۰/۴	۸۰ تا ۱۰۰	۰/۹ تا ۱/۴	۱/۵
تورب دار(کود گیاهی)	۴۰۰ تا ۱۱۰۰	۰/۰۵ تا ۲/۰۰	۰ تا ۱۰۰	۰/۲ تا ۰/۵	-
ماسه خشک	۱۷۰۰ تا ۲۰۰۰	۰/۰۴ تا ۰/۱۲	۲۰ تا ۶۰	۱/۱ تا ۲/۲	۲/۰
ماسه مرطوب	۱۷۰۰ تا ۲۱۰۰	۰/۱۰ تا ۰/۱۸	۸۵ تا ۱۰۰	۱/۵ تا ۲/۷	۲/۰
سنگ	۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰	الف	الف	۲/۵ تا ۴/۵	۳/۵
الف- معمولا بسیار کوچک (جرم۰/۰۳ > محتوی رطوبت) ، به جز برای سنگ متخلخل					

ظرفیت گرمایی در واحد حجم، ρc، از معادله زیر به دست می‌آید:

$$\rho c = \rho(c_s + c_w u) \qquad (چ - ۱)$$

که در آن:

c ظرفیت گرمایی ویژه زمین، بر حسب J/(kg.k؛

ρ چگالی خشک، بر حسب kg/m^3؛

C_S ظرفیت گرمایی ویژه مواد معدنی، بر حسب J/(kg.k)؛

C_w ظرفیت گرمایی ویژه آب، بر حسب J/(kg.k؛

u جرم رطوبت موجود نسبت به جرم کلی خاک غیر مرطوب، بر حسب kg/ kg.

برای بیشتر مواد معدنی $C_S \approx ۱۰۰۰$ J/(kg.k) و $C_w \approx ۴۱۸۰$ J/(kg.k) در دمای ۱۰ ℃ می باشد.

مقادیر تعیین شده برای ρc که در بند ۵-۱ تعیین شده است، از معادله چ-۱ به دست آمده اند که مقدار گرد شده آن‌ها به شرح زیر است:

خاک رس/ گل

$\rho c = ۱۶۰۰ \times (۱۰۰۰ + ۴۱۸۰ \times ۰/۲) = ۲/۹۴ \times ۱۰^۶ \rightarrow ۳ \times ۱۰^۶$

ماسه

$\rho c = ۱۸۰۰ \times (۱۰۰۰ + ۴۱۸۰ \times ۰/۰۵) = ۲/۱۸ \times ۱۰^۶ \rightarrow ۲ \times ۱۰^۶$

سنگ

$\rho c = ۲۵۰۰ \times ۸۰۰ = ۲/۰۰ \times ۱۰^۶ \rightarrow ۲ \times ۱۰^۶$

پیوست ح
(اطلاعاتی)
اثرات جریان آب‌های زیرزمینی

تأثیرات آب‌های زیرزمینی را می توان با ضرب کردن آهنگ انتقال حرارت حالت پایا در یک ضریب، G_w منظور کرد. برای تعیین این ضریب عمق سطح ایستایی آب و سرعت جریان آب‌های زیرزمینی مورد نیاز است. برای بلوک‌های بتونی روی طبقات هم‌کف و زیرزمین، G_w در ضریب انتقال گرمای حالت پایای زمین، H_g ضرب می‌شود. برای کف آزاد طبقات، G_w در قابلیت انتقال حرارت زمین، U_g ضرب می شود. ضریب G_w نباید در ضریب انتقال حرارت متناوب، H_{pi}، pH_{pe} ضرب شود.

در جدول ح-۱ مقادیر G_w بر حسب تابعی از پارامترهای بی بعد، Z_w/B'، l_c/B'، d_t/B' داده شده است که

Z_w عمق سطح ایستایی آب‌های زیرزمینی، بر حسب متر؛

l_c طول محاسباتی که میزان حرارت عبوری به هدایت را به آب‌های زیرزمینی مربوط می‌کند، بر حسب متر است.

مقدار l_c از معادله زیر به دست می‌آید:

$$l_c = \frac{\lambda}{\rho_w c_w q_w} \qquad (ح - ۱)$$

که در آن:

q_w سرعت رانش متوسط آب های زیرزمینی، بر حسب m/s؛

ρ_w چگالی آب، بر حسب kg/m^3؛

C_w ظرفیت گرمایی ویژه آب، بر حسب J/(kg.k).

یادآوری ۱- $\rho_w C_w = ۴/۱۸ \times ۱۰^۶$ بر حسب $J/(m^3.k)$ در دمای ۱۰°C

یادآوری ۲- اگر $l_c >> B'$، جریان حرارتی هدایتی غالب است و اگر $l_c << B'$، جریان حرارتی آب‌های زیرزمینی غالب است.

جدول ح – ۱ – مقادیر G_w

Z_w/B'	L_c/B'	G_w		
		$d_t/B'=۰/۱$	$d_t/B'=۰/۵$	$d_t/B'=۱/۰$
۰/۰	۱/۰	۱/۰۱	۱/۰۱	۱/۰۰
۰/۰	۰/۲	۱/۱۶	۱/۱۱	۱/۰۷
۰/۰	۰/۱	۱/۳۳	۱/۲۰	۱/۱۳
۰/۰	۰/۰	–	۱/۷۴	۱/۳۹
۰/۵	۱/۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
۰/۵	۰/۱	۱/۰۶	۱/۰۴	۱/۰۲
۰/۵	۰/۰۲	۱/۱۱	۱/۰۷	۱/۰۵
۰/۵	۰/۰	۱/۲۰	۱/۱۲	۱/۰۸
۱/۰	۰/۱	۱/۰۵	۱/۰۳	۱/۰۲
۲/۰	۰/۰	۱/۰۲	۱/۰۱	۱/۰۰

پیوست خ

(اطلاعاتی)

بلوک‌های روی طبقه هم‌کف با سیستم‌های گرمایشی یا سرمایشی جاسازی شده

مطابق این استاندارد، آهنگ انتقال حرارت از کف ساختمانی که در آن سیستم گرمایش یا سرمایش یکنواختی جاسازی شده است، با اصلاحات زیر قابل محاسبه است:

دمای داخلی، T_i را با دمای متوسط سطح المنت، T_h جایگزین کنید.

در محاسبه d_t تنها مقاومت گرمایی زیر عنصرگرمایشی/سرمایشی، ضخامت دیوارها و مقاومت گرمایی سطح خارجی را منظور کنید.

اکثر دماهای متوسط سطح عناصر مشخص نیست. زیرا اکثراً دمای اتاق کنترل می شود و سیستم ممکن است نوبتی کار کند. (شب ها کمتر کار کند یا خاموش باشد). در چنین شرایطی دمای متوسط کف ساختمان به‌وسیله یکی از روش‌های زیر قابل تخمین است:

الف) اگر متوسط آهنگ گرمای ورودی یا خروجی از کف، φ_h معلوم باشد، ابتدا آهنگ جریان حرارتی از کف ساختمان را محاسبه کنید و آن را φ_1 بنامید (از دمای اتاق به عنوان دمای داخلی استفاده کنید) سپس از معادله زیر، برای محاسبه دمای متوسط سطح المنت،θ_h استفاده کنید:

$$\theta_h = \theta_i + R_i \frac{(\phi_h + \phi_1)}{A} \qquad (خ - ۱)$$

که در آن:

θ_i دمای متوسط اتاق، بر حسب °C ؛

R_i مقاومت گرمایی بین محیط داخلی و سطح المنت گرمایی، بر حسب m^2 .k/W؛

A مساحت کف ساختمان، بر حسبm^2.

ب) اگر متوسط آهنگ گرمای ورودی یا خروجی از کف معلوم نباشد، یک تعادل گرمایی در اتاق برقرار کنید (از اتلاف گرما به زمین صرفنظر کنید، تا گرمای خالص مورد نیاز، φ_2، به دست آید) سپس دمای متوسط سطح عنصر از معادله زیر قابل محاسبه است:

$$\theta_h = \theta_i + \frac{R_i \phi_2}{A} \qquad (خ - ۲)$$

پیوست د
(اطلاعاتی)
سردخانه‌ها

د-۱ سردخانه‌ها ساختمان‌هایی هستند که دمای داخلی آنها زیر صفر درجه سلسیوس نگه‌داشته می‌شود. لازم است از خاک زمین زیر سردخانه در برابر تورم در اثر یخزدگی محافظت شود. به این دلیل کف سردخانه عایق‌بندی شده و به آن گرما داده می‌شود تا اطمینان حاصل گردد که دمای آن بالای صفر درجه سلسیوس نگه داشته شده است($5°C$ دمای عمومی طراحی است).

د -۲ برای اهداف این استاندارد، محاسبات براساس دمای ثابت سطح زمین صورت گرفته است(در تابستان ممکن است دمای زمین بیشتر از دمای طراحی باشد که اثرات این تغییر دما قابل صرفنظر کردن است).
محاسبات برای موارد زیر نیاز است:

- تعیین اندازه عناصر گرمایی برای محافظت از یخزدگی؛
- تعیین اندازه دستگاه سردسازی؛
- انرژی سالانه مورد نیاز.

د -۳ انتقال حرارت مربوط به شرح زیر است:
الف) از عنصرگرمایی به محیط بیرون (از طریق زمین)؛
ب) از عنصرگرمایی به فضای یخچال.

د -۴ آهنگ جریان حرارت از زمین با روش استاندارد حاضر با اصلاحات زیر قابل محاسبه است:
الف) دمای داخلی θ_i را با دمای طراحی سطح زمین (مثلا $5°C$) جایگزین کنید؛
ب) در محاسبه d_t تنها مقاومت گرمایی زیر عنصرگرمایی، ضخامت دیوارها و مقاومت سطح خارجی را منظور کنید.

د -۵ آهنگ جریان حرارتی از عنصرگرمایی به فضای سرد سازی از معادله زیر قابل محاسبه است:

$$\phi_f = A(\theta_g - \theta_i)/(R_{si} - R_i) \qquad (د-۱)$$

که در آن:
φ_f آهنگ جریان حرارتی، به واحد W ؛
θ_i دمای داخلی طراحی سردخانه، بر حسب °C؛
θ_g دمای طراحی سطح زمین، بر حسب °C ؛
R_i مقاومت گرمایی تمام لایه های زمین، بین سطح عنصرگرمایی و کف داخل سردخانه بر حسب $m^2.K/W$ است.

پیوست ذ

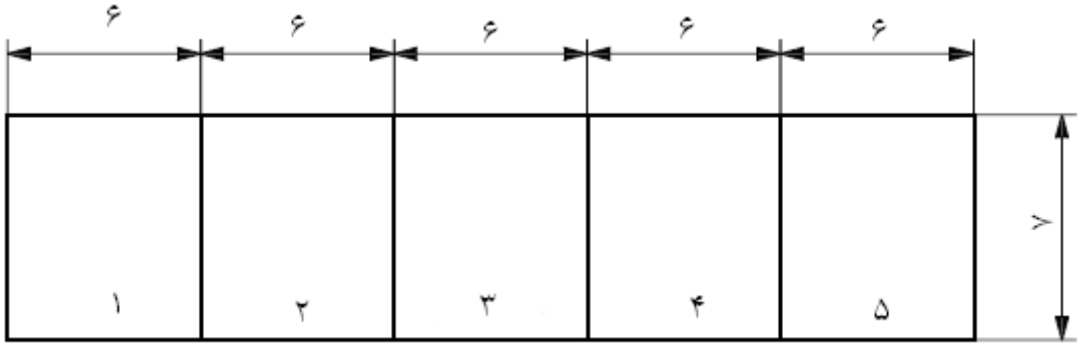
(اطلاعاتی)

مثال‌های عملی

ذ-۱ مثال ۱ : قالب بتونی روی زمین ، کف مستطیلی

ذ-۱-۱ تعاریف

شکل ذ -۱ یک بالکن (یا ردیف) پنج خانه‌ای را نشان می‌دهد با یک قالب بتونی روی کف از نـوع خـاک رس. ابعاد کف مشخص شده است. کف طبقه بدون عایق است، ضخامت دیوار ۰٫۳متر است.



راهنما :

۱، ۲، ۳، ۴، ۵ شماره خانه ها

شکل ک-۱- ردیفی از خانه‌ها

ضریب انتقال حرارت حالت پایای زمین، H_g، محاسبه شود.

الف) برای کل ساختمان (همه پنج خانه با هم)؛

ب) برای هر کدام از پنج خانه به‌طور مجزا؛

ج) مجموع نتایج حالت «ب» با حالت«الف» مقایسه شود.

ذ-۱-۲ کل ساختمان

$P = ۳۰+۷+۳۰+۷ = ۷۴m$ و $A = ۷ \times ۳۰ = ۲۱۰ m^2$

بنابراین

$$B' = \frac{210}{0.5 \times 74} = 5.676m$$

برای خاک رس

$\lambda = ۱٫۵ W/(m.k)$

بنابراین

d_t=۰/۳+ ۱/۵(۰/۱۷+۰+۰/۰۴)=۰/۶۱۵m

d_t<B′ بنابر این :

$$U = \frac{2\times 1.5}{3.142\times 5.676+0.615}\ln\left(\frac{3.142\times 5.676}{0.615}+1\right) = 0.1626\times\ln(30.00) = 0.553W/(m^2.K)$$

$$H_g = 0.553\times 210 = 116.1W/K$$

ذ-۱-۳ خانه های ۱ و ۵

P شامل طول دیوارهایی که بخش مورد نظر ساختمان را از هم جدا می‌کند، نمی‌شود. همان طوری‌که در بخش ۸-۱ توضیح داده شد:

P=۶+۷+۶=۱۹ m و A=۴۲m^2

بنابراین B'= ۴/۴۲۱

از قبل داشتیم:

d_t=۰/۶۱۵m

به دست می‌آوریم:

U=۰/۶۵۴$W/(m^2.k)$ و H_g=۲۷/۴W/K

ذ-۱-۴ خانه های ۲ ، ۳و ۴

P=۶+۶=۱۲ m و A=۴۲m^2

بنابراین

B′=۷/۰m

به دست می‌آوریم:

U=۰.۴۷۸$W/(m^2.k)$ و H_g=۲۰/۱W/K

ذ-۱-۵ مقایسه کل ساختمان با مجموع نتایج تک تک خانه ها

از مجموع H_g برای هر کدام از خانه ها داریم:

۲×۲۷/۴+۳×۲۰/۱=۱۱۵/۱W/K

که تا حدی با مقدار به دست آمده برای حالتی که کل ساختمان را مورد بررسی قرار دادیم، (۱۱۶/۱W/k)، متفاوت است، این اختلاف که کمتر از ۱٪ است، مقدار خطای ناشی از روش مورد استفاده برای بخش‌های ساختمان بطور مجزا در مقایسه با کل ساختمان است.

ذ -۲ نمونه ۲- قالب بتونی روی زمین- ساختمان L شکل، قابلیت‌های مختلف عایق‌کاری

ذ-۲-۱ تعاریف

شکل ذ-۲ یک اقامتگاه L شکل با w = ۰٫۳ m را نشان می دهد. خاک مربوط به نـوع دو اسـت. بنـابراین

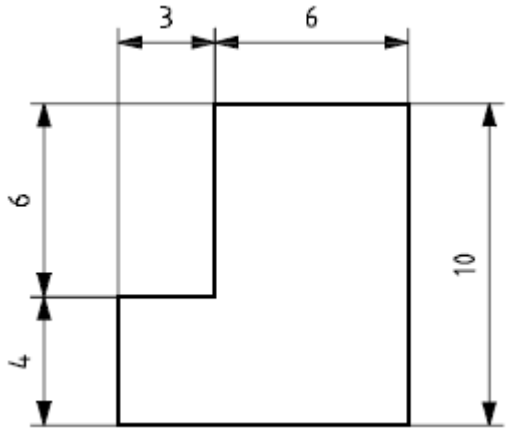
$\lambda = ۲٫۰ w/(m.k)$

P۱۰+۶+۶+۳+۴+۹=۳۸

مساحت به‌طور مرسوم از مجموع مساحت دو مستطیل به دست می‌آید:

$A=(۱۰\times۶)+(۳\times۴)=۷۲m^2$

$B'=۷۲٫۱۹=۳٫۷۸۹m$



شکل ک – ۲ : ساختمان L شکل

ذ-۲-۲ کف بدون عایق‌کاری (قابلیت انتقال حرارت کف قابل صرفنظر کردن است)

$d_t=۰٫۳+ ۲٫۰(۰٫۱۷+۰+۰٫۰۴)=۰٫۷۲m$

$$U = \frac{2\times 2.0}{3.142\times 3.789+0.72}\ln\left(\frac{3.142\times 3.789}{0.72}+1\right) = 0.91W/(m^2.K)$$

ذ-۲-۳ پی ساختمان با چگالی کم

پی ساختمان ۳۰۰ میلی‌متر ضخامت و ۶۰۰ میلی‌متر عمق دارد، با رسانندگی گرمـایی W/m.k ۰٫۲۵. بـرای این شرایط از روش مورد استفاده برای عایق‌کاری عمودی لبه استفاده می‌شود.

برای پی ساختمان

$$R' = \frac{0.3}{0.25} - \frac{0.3}{2.0} = 1.05 m^2 K / W$$
$$d' = R'.\lambda = 1.05 \times 2.0 = 2.1 m$$
$$D = 0.6 m$$
$$\psi_g = -\frac{2.0}{3.142}\left[\ln(2.667) - \ln(1.426)\right] = -0.400 W/(m.K)$$
$$U = 0.91 - 2 \times 0.400 / 3.789 = 0.70 W/(m^2.K)$$

ذ-۲-۴ لایه عایق کاری سرتاسر

کف ساختمان حاوی ۲۵ میلی‌متر لایه عایق‌کاری با رسانندگی گرمایی(W/(m.k ۰٫۰۴می باشد.

$$R_f = 0.025 / 0.04 = 0.625 m^2.K / W$$
$$d_t = 0.3 + 2.0(0.17 + 0.625 + 0.04) = 1.97 m$$
$$U = \frac{2 \times 2.0}{3.142 \times 3.789 + 1.97} \ln\left(\frac{3.142 \times 3.789}{1.97} + 1\right) = 0.56 W/(m^2.K)$$

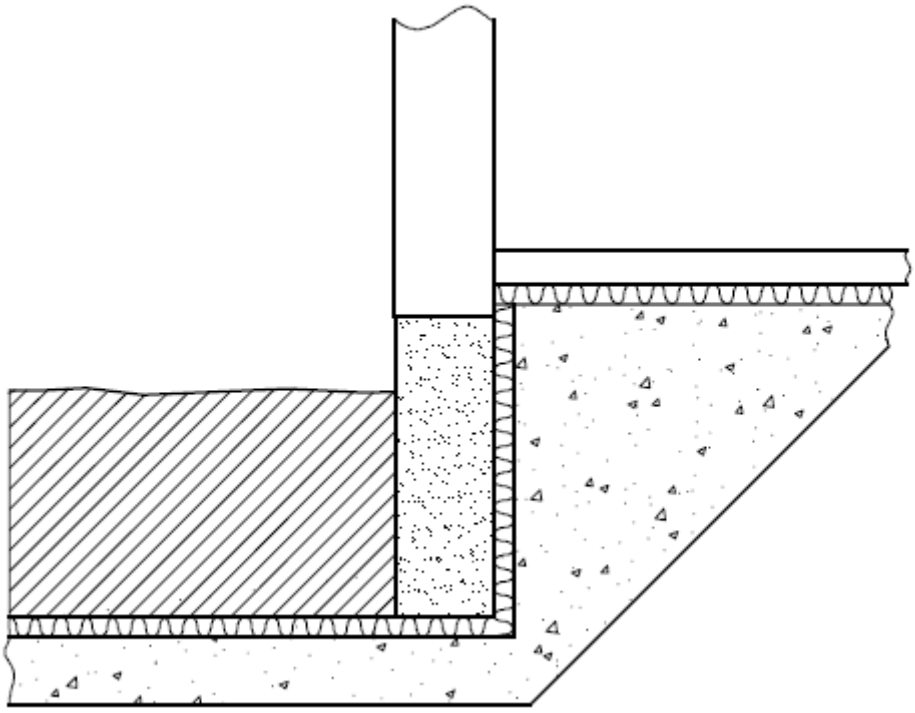
ذ-۲-۵ عایق‌کاری با مقاومت گرمایی بالا

کف ساختمان حاوی ۱۰۰ میلی‌متر لایه عایق‌کاری با رسانندگی گرمایی(W/(m.k ۰٫۰۴می باشد.

$$R_f = 0.1 / 0.04 = 2.5 m^2.K / W$$
$$d_t = 0.3 + 2.0(0.17 + 2.5 + 0.04) = 5.72 m$$
$$U = \frac{2.0}{0.457 \times 3.789 + 5.72} = 0.27 W/(m^2.K)$$

ذ-۲-۶ مثال قبلی با عایق کاری لبه (اقدامات اولیه برای جلوگیری از انجماد)

به منظور عایق‌کاری در بند ک-۲-۵، پی ساختمان توسط عایق‌کاری عمودی لبه روی سطح پی به عمق ۵۰۰ میلی متر محافظت شده است و تا زیر پی برای عایق‌کاری زمین به اندازه ۶۰۰ میلی‌متر از ساختمان امتداد داده شده است (به شکل ک-۳مراجعه کنید) عایق‌کاری لبه و عایق‌کاری ۷۵ میلی متر ضخامت با رسانندگی گرمایی طرح به اندازه ۰٫۰۵ می باشد که مقاومت گرمایی برابر ۱٫۵ m^2k/W به دست می‌آید. عایق‌کاری اضافی در گوشه‌ها برای جلوگیری از انجماد فراهم شده است که در محاسبات مربوط به اتلافات حرارتی نادیده گرفته شده است.



شکل ذ-۳- عایق‌کاری لبه برای جلوگیری از انجماد

مطابق پیوست «ب»، جمله مربوط به لبه، $\Psi_{g,e}$، نخست برای عایق‌کاری عمودی لبه و سپس برای عایق‌کاری زمین محاسبه شده است، برای محاسبه این که کدام یک تأثیر بیشتری در کاهش اتلافات حرارتی دارد.

مقاومت گرمایی اضافی برای عایق‌کاری لبه برابراست با:

$$R' = 1.5 - 0.075/2.0 = 1.46 m^2.K/W$$

بنابراین ضخامت معادل اضافی برابر خواهد بود با:

$$d' = 1.46 \times 2.0 = 2.92 m$$

برای عایق‌کاری عمودی:

$$\psi_g = -\frac{2.0}{3.142}\left[\ln\left(\frac{2\times 0.5}{5.72}+1\right) - \ln\left(\frac{2\times 0.5}{5.72+2.92}\right)+1\right] = -0.033 W/(m.K)$$

$$\psi_g = -\frac{2.0}{3.142}\left[\ln\left(\frac{0.6}{5.72}+1\right) - \ln\left(\frac{0.6}{5.72+2.92}\right)+1\right] = -0.021 W/(m.K)$$

Ψ_g برای عایق‌کاری عمودی تأثیر بیشتری خواهد داشت، بنابراین

$$U = 0.27 - 2\times 0.033/3.789 = 0.25 W/(m^2.K)$$

ذ-۲-۷ پل حرارتی در لبه کف ساختمان

عایق‌کاری کف طبقه مشابه بخش ذ-۲-۵ است اما در زیر قالب بتونی، بنابراین یک پل حرارتی از میان لبه قالب بتونی وجود دارد. (به شکل ذ-۴مراجعه کنید). از محاسبات عددی دو بعدی برای محاسبه قابلیت انتقال حرارت استفاده شده است.

مشابه بند ذ-۲-۵ داریم:

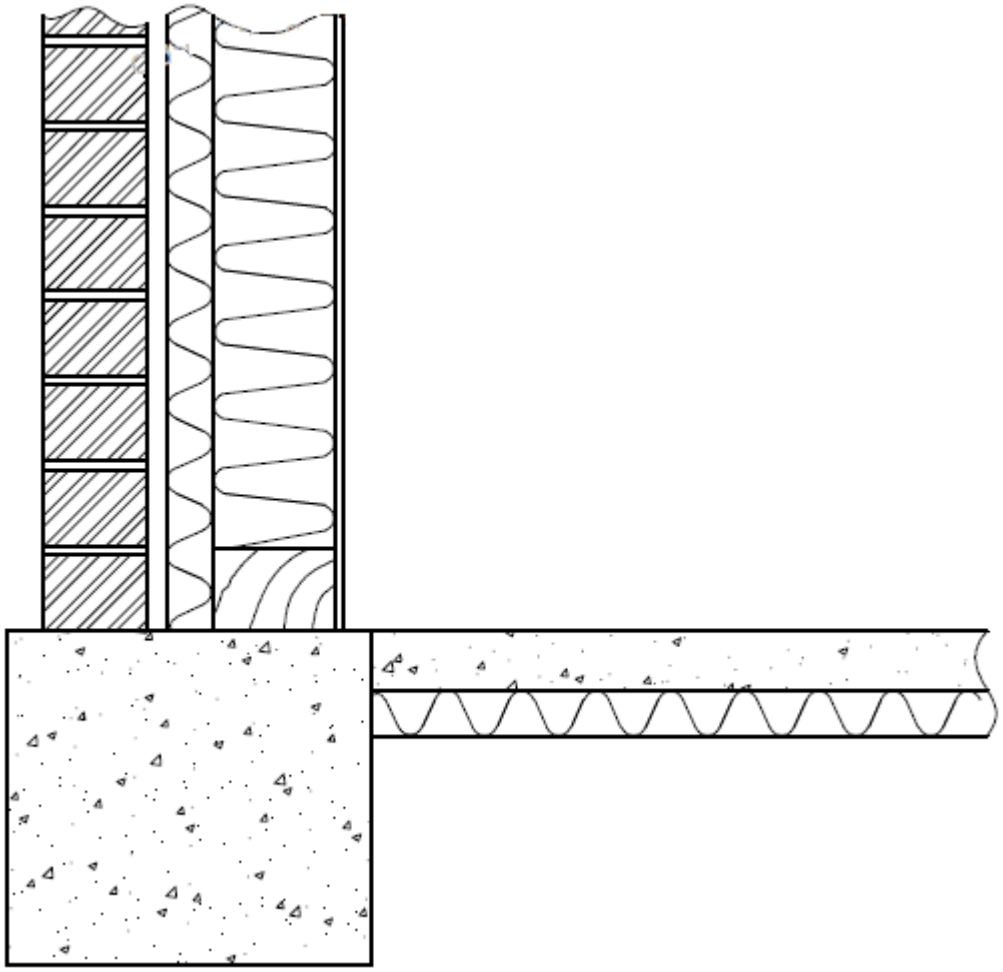
U_0=۰/۲۷W/(m^2.K)

از محاسبات عددی مطابق استاندارد ISO 10211 داریم:

Ψ_g=+۰/۰۷ W/(m.K)

آهنگ اتلاف حرارت برحسب تغییرات دما برای پل حراتی برابراست با:

H_g=۰/۲۷×۷۲+۰/۰۷×۳۸=۲۲/۱W/K



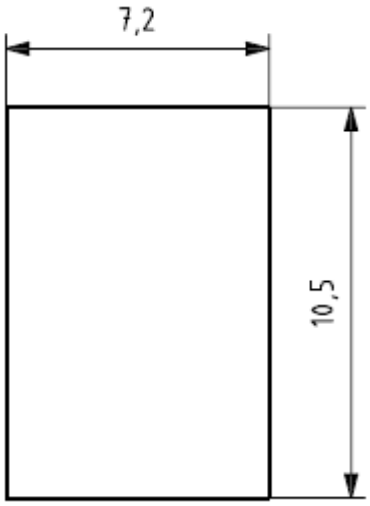
شکل ذ-۴- پل حرارتی در لبه کف ساختمان

ذ -۳ مثال ۳- کف آزاد

ذ -۳-۱ تعریف

شکل ذ-۵ یک کف آزاد مستطیلی به ابعاد ۱۰/۵×۷/۲متر نشان می دهد.

سرعت طراحی باد ۴۰m/s است. فضای ورودی تهویه در دیوار فضای زیر کف۰/۰۰۲ m^2/m است. ارتفاع کف طبقه از سطح زمین ۰/۳ m است ضخامت دیوار ۰/۳ m و خاک از نوع شماره ۱ است.



شکل ذ-۵- ابعاد آزاد

ذ-۳-۲ بدون عایق‌کاری

کف آزاد بدون عایق‌کاری است [U_f= ۲ W/m^2.k] و دیوارهای فضای زیر کف بدون عایق هستند. [U_w= ۱/۷W/m^2.k]

U_g با استفاده از ضخامت معادل کل برای کل فضای زیر کف محاسبه شده است. (بدون عایق‌کاری است (U_g=0

d_g=0.3+1.5(0.17+0+0.04)=0.615m

$$U_g = \frac{2\times 1.5}{3.142\times 4.271+0.615}\ln\left(\frac{3.142\times 4.271}{0.615}+1\right)=0.668W/(m^2.K)$$

$$U_x = \frac{2\times 0.3\times 1.7}{4.271}+\frac{1450\times 0.002\times 4.0\times 0.05}{4.271}=0.375W/(m^2.K)$$

بنابراین

$$U=\frac{1}{1/2.0+1/(0.668+0.373)}=0.69W/(m^2.K)$$

ذ-۳-۳ عایق‌کاری دیوارهای فضای زیر کف

دیوارهای فضای زیر کف عایق‌کاری شده‌اند به‌طوری‌که:

U_w=0.5W/(m^2.K)

$$U_x = \frac{2\times 0.3\times 0.5}{4.271}+0.136=0.206W/(m^2.K)$$

$$U=\frac{1}{1/2.0+1/(0.668+0.206)}=0.61W/(m^2.K)$$

ذ -۳-۴ عایق‌کاری کف آزاد

کف آزاد با مشخصات زیر عایق‌کاری شده است

$U_f=0.5W/(m^2.K)$

$U_x = 0.375W/(m^2.K)$

$$U = \frac{1}{1/0.5+1/(0.668+0.375)} = 0.34W/(m^2.K)$$

ذ -۴ مثال ۴- زیر زمین با گرمایش

زیرزمین مساحتی به ابعاد $۷/۵ \times ۱۰ m^2$ دارد و عمق آن از سطح آزاد زمین ۲/۵ m است. خاک از نوع شماره ۲ است. ضخامت دیوار در سطح زمین۰/۳ m است. کف زیر زمین عایق‌کاری نشده است. دیوارهای زیر زمین شامل ۳۰۰ mm [رسانندگی گرمایی ۱/۷ W/m.K] و ۵۰ mm عایق با رسانندگی گرمایی ۰/۰۳۵ W/ m.k هستند.

$P=35m$, $A=75m^2$, $B= 4.286m$, $z = 2.5\ m$

$R_f=0$, $R_w=0.05/0.035+0.3/1.7=1.605\ m^2.K/W$

$d_t=0.3+2.0(0.17+0+0.04)=0.72m$

$d_w=2.0(0.13+1.605+0.04)=3.550m$

$d_t+0.5z=0.66+1.25=1.91$

کمتر از B' است بنابراین :

$$U_{bf} = \frac{2\times 2.0}{3.142\times 4.286+0.72+1.25}\ln\left(\frac{3.142\times 4.286}{0.72+1.25}+1\right) = 0.533W/(m^2.K)$$

$$U_{bw} = \frac{2\times 2.0}{3.142\times 2.5}\left(1+\frac{0.5\times 0.72}{0.72+2.5}\right)\ln\left(\frac{2.5}{3.550}+1\right) = 0.302W/(m^2.K)$$

$$H_g = AU_{bf}+zPU_{bw} = 0.75\times 0.533+2.5\times 35\times 0.302 = 66.4W/K$$

$$U' = 66.4/(75+2.5\times 35) = 0.41W/(m^2.K)$$

ذ-۵ مثال ۵- آهنگ جریان حرارتی ماهانه

خانه شماره ۱ در مثال ۱ را در نظر بگیرید، با مقاومت گرمایی عایق $۱/۲۵ m^2.k/W$در کل کف ساختمان. دماهای خارجی متوسط ماهانه در جدول ذ-۱ مشخص شده‌اند.

جدول ذ-۱-میانگین دماهای خارجی ماهانه

ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
دما(°C)	۱/۳	۱/۸	۳/۷	۷/۶	۱۰/۳	۱۳/۵	۱۵/۴	۱۴/۲	۱۰/۴	۷/۳	۵/۹	۴/۳

اطلاعات با دقت کمی در مورد دمای خارجی موجود است. تخمین ها برای ماه ژانویه ۱۵°C و برای ماه جولای ۱۹°C هستند.

دماهای میانگین سالانه:

داخلی $\bar{\theta}_i \approx (15+19)/2 = 17.0°C$

خارجی $\bar{\theta}_e = 7.98°C$

نوسانات دمایی:

داخلی $\bar{\theta}_i \approx (19-15)/2 = 2.0K$

خارجی $\bar{\theta}_e = (15.4-1.3)/2 = 7.05K$

$P=19m$, $A=42m^2$, $B'=4.421m$, $\lambda=1.5W/(m.K)$, $d_t=2.49m$

$U_\circ= 0.345W/(m^2.K)$, $H_g=14.49W/K$

از جدول ج-۱ داریم ،۲٫۲ =δ.

$$H_{pi} = 42\times\frac{1.5}{2.49}\sqrt{\frac{2}{(1+2.2/2.49)^2+1}} = 16.78W/K$$

$$H_{pe} = 0.37\times19\times1.5\times\ln\left(\frac{2.2}{2.49}+1\right) = 6.68W/K$$

τ=۱، α=۰، β=۰ در نظر گرفته شود، حال آهنگ جریان حرارتی برای هر ماه به دست می‌آید(به جدول ذ-۲مراجعه کنید).

$$\phi_m = 14.49(17.0-7.98) - 16.78\times2.0\times\cos\left(6.284\times\frac{m-1}{12}\right) + 6.68\times7.05\times\cos\left(6.284\times\frac{m-2}{12}\right)$$

$$= 131 - 33.6\cos\left(6.284\times\frac{m-1}{12}\right) + 47.1\cos\left(6.284\times\frac{m-2}{12}\right)$$

جدول ذ-۲- آهنگ جریان حرارتی ماهانه

ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
جریان حرارتی W	۱۳۸	۱۴۹	۱۵۵	۱۵۴	۱۴۸	۱۳۶	۱۲۴	۱۱۳	۱۰۷	۱۰۷	۱۱۴	۱۲۵

اگر فصل گرمایشی از ابتدای ماه سپتامبر تا انتهای ماه می (۹ ماه) باشد، آهنگ جریان حرارتی متوسط در این بازه زمانی از داده های موجود در جدول ذ-۲ به دست می اید و برابراست با ۱۳۳W.

با استفاده از معادلات (الف-۴) و (الف-۵)، یعنی صرفنظر کردن از اختلاف فاز، آهنگ جریان حرارتی متوسط در طول فصل گرمایش برابر خواهد بود با(به جدول ذ-۳ مراجعه کنید):

$$\phi = 14.49(17.0-7.98) - 0.3\times16.78\times2.0 + 0.3\times6.68\times7.05 = 131-10+14 = 135W$$

اگر دمای داخلی ثابت و برابر ۲۰°C باشد، داریم:

$$\phi_m = 174 + 47.1\cos\left(6.284\frac{m-2}{12}\right)$$

جدول(ذ-۳) آهنگ جریان حرارتی ماهانه با صرفنظر کردن از اختلاف فاز

ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
جریان حرارتی W	۲۱۵	۲۲۱	۲۱۵	۱۹۸	۱۷۴	۱۵۱	۱۳۳	۱۲۷	۱۳۳	۱۵۱	۱۷۴	۱۹۸

میانگین جریان حرارتی از جدول ذ -۳ (سپتامبر تا می)= ۱۸۷ وات

از معادله الف-۴، میانگین جریان حرارتی (سپتامبر تا می)= ۱۸۸ وات

اختلاف فاز تأثیر ناچیزی روی میانگین جریان حرارتی در طول فصل گرمایش دارد.

پیوست ر

(اطلاعاتی)

کتابنامه

[1] ISO 13789, Thermal performance of buildings — Transmission and ventilation heat transfer
coefficients — Calculation method
[2] ANDERSON, B.R., Calculation of the steady-state heat transfer through a slab-on-ground floor. Building
and Environment, Vol. 26, No. 4, pp. 405-415 (1991)
[3] ANDERSON, B.R., The effect of edge insulation on the steady-state heat loss through a slab-on-ground
floor. Building and Environment, Vol. 28, No. 3, pp. 361-367 (1993)
[4] CLAESSON, J. and HAGENTOFT, C-E., Heat loss to the ground from a building — I. General theory.
Building and Environment, Vol. 26, No. 2, pp. 95-208 (1991)
[5] HAGENTOFT, C.-E. and CLAESSON, J., Heat loss to the ground from a building — II. Slab on the ground.
Building and Environment, Vol. 26, No. 4, pp. 395-403 (1991)
[6] HAGENTOFT, C.-E., Heat losses and temperature in the ground under a building with and without
ground water flow — I. Infinite ground water flow rate. Building and Environment, Vol. 31, No. 1,
pp. 3-11 (1996)
[7] HAGENTOFT, C.-E., Heat losses and temperature in the ground under a building with and without
ground water flow — II. Finite ground water flow rate. Building and Environment, Vol. 31, No. 1,
pp. 13-19 (1996)
[8] HAGENTOFT, C.-E., Steady-state heat loss for an edge insulated slab Part I. Building and Environment,
Vol. 37, No. 1, pp. 19-26 (2002)
[9] HAGENTOFT, C.-E., Periodic heat loss for an edge insulated slab Part II. Building and Environment, Vol. 37, No. 1, pp. 27-36 (2002)