



طراحی و ساخت فونداسیون‌های سطحی محافظت‌شده

در برابر یخ‌زدگی

انجمن مهندسين عمران آمريكا

SEI/ASCE 32-01

این استاندارد از واحدهای سیستم بین‌المللی (SI) و واحدهای مرسوم استفاده می‌کند

مترجمین:

دکتر محمدصابر مرادی

مهندس علی پولادی

فهرست مطالب

۱- طراحی و ساخت فونداسیون‌های سطحی محافظت‌شده در برابر یخ‌زدگی.....	۱۱
۱.۱ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها.....	۱۳
۱.۲ مراجع.....	۱۴
۲- نمادها، واحدها و تعاریف.....	۱۵
۲ نمادها و واحدها.....	۱۷
۲.۱ تعاریف.....	۱۷
۳- اصول طراحی.....	۲۱
۳ کلیات.....	۲۳
۳.۱ ظرفیت باربری.....	۲۳
۳.۲ زهکشی.....	۲۳
۳.۳ تراکم.....	۲۴
۳.۴ محافظت از عایق‌کاری.....	۲۴
۳.۵ محافظت در برابر موریانه‌ها.....	۲۴
۳.۶ فونداسیون‌ها روی زمین یا مصالح پرکننده غیرمستعد یخ‌زدگی.....	۲۴
۳.۷ پی‌های کم‌عمق با عایق‌بندی برای جلوگیری از یخ‌زدگی زمین.....	۲۵
۴- روش ساده‌شده طراحی <i>FPSF</i> برای ساختمان‌های گرم‌شونده با پی‌های دال‌روی‌زمین.....	۲۷
۴. مقدمه.....	۲۹
مرحله ۱: انتخاب شاخص طراحی یخ‌زدگی هوا برای سایت، <i>F100</i>	۲۹
مرحله ۲: تعیین مقدار <i>R</i> عایق، ابعاد، و عمق پی.....	۲۹
مرحله ۳: انتخاب انواع عایق، محاسبه ضخامت‌ها و تأمین محافظت.....	۳۰
۵- روش طراحی <i>FPSF</i> برای ساختمان‌های گرم‌شده.....	۳۳
۵.۱ فونداسیون‌های دال روی زمین.....	۳۵
مرحله ۱: انتخاب شاخص طراحی هوای یخ‌زدگی سایت، <i>F100</i>	۳۵
مرحله ۲: تعیین مقدار مقاومت حرارتی برای دال کف، <i>Rf</i>	۳۶
مرحله ۳: انتخاب مقدار مقاومت حرارتی لازم برای عایق دیوار عمودی، <i>Rv</i>	۳۷
مرحله ۴: انتخاب نوع عایق عمودی، محاسبه ضخامت و ارائه محافظت.....	۳۷
مرحله ۵: انتخاب عمق فونداسیون یا عایق‌بندی بال افقی برای دیوارها.....	۳۷
مرحله ۶: انتخاب نوع عایق افقی، محاسبه ضخامت و ارائه محافظت.....	۳۷
مرحله ۷: انتخاب عمق فونداسیون یا عایق‌افقی بال‌ها در گوشه‌ها.....	۳۸
مرحله ۸: بررسی بار فشاری روی عایق‌های افقی.....	۳۸
۵.۲ فونداسیون‌های فضای خزننده بدون تهویه.....	۳۸
مرحله ۱: بررسی ملاحظات مهم طراحی.....	۳۸
مرحله ۲: روش دقیق برای ساختمان‌های گرم شده را دنبال کنید.....	۳۹

فهرست مطالب

۵.۳	زیرزمین‌های با دسترسی مستقیم به بیرون (Walk-out Basements).....	۳۹
مرحله ۱:	ملاحظات مهم طراحی را مرور کنید	۴۰
مرحله ۲:	روش دقیق برای ساختمان‌های گرم‌شده	۴۰
۶-	روش طراحی FPSF برای ساختمان‌های گرم‌نشده.....	۴۱
۶.۱	فونداسیون دال روی زمین	۴۳
مرحله ۱:	انتخاب شاخص طراحی یخ‌زدگی هوا، F_{100} ، و دمای میانگین سالانه	۴۴
مرحله ۲:	تعیین محل قرارگیری عایق زمین	۴۴
مرحله ۳:	انتخاب مقدار R مورد نیاز برای عایق زمین، R_g	۴۴
مرحله ۴:	انتخاب نوع عایق زمین، محاسبه ضخامت و ارائه محافظت	۴۴
مرحله ۵:	بررسی بار فشاری روی عایق زمینی	۴۶
۶.۲	دیوار پیوسته پی	۴۶
۶.۳	فونداسیون ستونی.....	۴۶
۷-	شرایط طراحی ویژه برای FPSF (فونداسیون محافظت‌شده در برابر یخ‌زدگی).....	۴۷
۷.۱	مناطق کوچک بدون گرمایش در ساختمان‌های گرم‌شده	۴۹
۷.۲	مناطق بزرگ بدون گرمایش در ساختمان‌های گرمایش‌دار	۵۰
۷.۳	ساختمان‌های نیمه‌گرم	۵۰
۷.۴	پل‌های سرد (Cold-Bridges)	۵۲
۸-	پیوست الف	۵۳
الف.	داده‌های طراحی	۵۵
الف.۱.	هدف	۵۵
الف.۲.	ویژگی‌های مواد	۵۵
الف.۱.	ویژگی‌های خاک	۵۵
الف.۲.	مواد عایق	۵۵
الف.۲.	ویژگی‌های حرارتی اسمی برای مصالح رایج ساختمانی	۵۷
الف.۳.	داده‌های اقلیمی	۵۸
الف.۴.	طراحی عایق‌سازی پایه	۶۲
	توضیحات	۶۵
	مقدمه	۶۵
ج.۱.	محدوده و محدودیت‌ها	۶۹
ج.۲.	منابع	۷۲
ج.۳.	نمادها، واحدها و تعاریف	۷۴
ج.۴.	اصول طراحی	۷۴
ج.۴.۱.	کلیات	۷۴

فهرست مطالب

ج.۴.۱.۱. ظرفیت باربری	۷۵
ج.۴.۱.۲. زهکشی	۷۶
ج.۴.۱.۳. تراکم	۷۶
ج.۴.۱.۴. محافظت از عایق	۷۶
ج.۴.۱.۵. محافظت در برابر مورانه‌ها	۷۷
ج.۴.۲. فونداسیون‌ها روی زمین‌ها یا مصالح پرکننده غیرمستعد یخ‌زدگی	۷۸
ج.۴.۳. پی‌های عایق‌بندی‌شده برای جلوگیری از یخ‌زدگی زمین	۷۸
ج.۵. روش ساده‌شده طراحی FPSF برای ساختمان‌های گرم‌شده	۷۹
ج.۶. روش طراحی FPSF برای ساختمان‌های گرم‌شده	۷۹
ج.۷. روش طراحی FPSF برای ساختمان‌های بدون سیستم گرمایشی	۸۰
ج.۸. شرایط طراحی ویژه	۸۰
ج.الف. پیوست الف	۸۰
ج.الف.۱. هدف	۸۰
ج.الف.۲. ویژگی‌های مواد	۸۱
ج.الف.۲.۱. ویژگی‌های خاک	۸۱
ج.الف.۲.۲. مواد عایق‌کاری	۸۱
ج.الف.۲.۳. ویژگی‌های حرارتی اسمی برای مصالح رایج ساختمانی	۸۲
ج.الف.۳. داده‌های اقلیمی	۸۲
ج.الف.۴. داده‌های طراحی عایق‌بندی فونداسیون	۸۳

چکیده

این استاندارد به طراحی و ساخت فونداسیون‌های سطحی محافظت‌شده در برابر یخ‌زدگی در مناطقی که تحت تأثیر یخ‌زدگی فصلی زمین قرار دارند، می‌پردازد. نیازهای عایق‌کاری فونداسیون برای محافظت از ساختمان‌های گرم‌شده و گرم‌نشده در برابر پدیده‌ی بالازدگی (*frost heave*) به‌صورت گام‌به‌گام و با ارجاع به جداول طراحی، نقشه‌های اقلیمی و سایر داده‌های ضروری ارائه شده‌اند تا یک طراحی کامل برای محافظت در برابر یخ‌زدگی فراهم شود. مزایای این فناوری شامل بهبود کارایی ساخت‌وساز نسبت به روش‌های سنتی، افزایش بهره‌وری انرژی، کاهش اختلال در ناحیه و ارتقای محافظت در برابر یخ‌زدگی است. یک بخش تفسیری نیز برای ارائه‌ی اطلاعات زمینه‌ای و بینش‌های فنی مهم گنجانده شده است.

استانداردها

در آوریل ۱۹۸۰، هیئت مدیره قوانین ASCE برای کمیته‌های استاندارد را تصویب کرد تا بر نوشتن و نگهداری استانداردهای توسعه‌یافته توسط انجمن نظارت کند. تمامی این استانداردها از طریق فرآیند اجماع استانداردها که توسط گروه مدیریت *F (MGF)*، آیین‌نامه‌ها و استانداردها مدیریت می‌شود، توسعه یافته‌اند. فرآیند اجماع شامل رای‌گیری توسط کمیته استاندارد متعادل متشکل از اعضای انجمن و غیراعضا، رای‌گیری توسط اعضای ASCE به‌طور کلی، و رای‌گیری توسط عموم مردم است. تمامی استانداردها با همان فرآیند در بازه‌های زمانی حداکثر ۵ سال به‌روزرسانی یا تأیید مجدد می‌شوند. استانداردهای زیر منتشر شده‌اند:

- *ANSI/ASCE 1-82 N-725* راهنمای طراحی و تحلیل سازه‌های خاکی مرتبط با ایمنی هسته‌ای
- *ANSI/ASCE 2-91* اندازه‌گیری انتقال اکسیژن در آب تمیز
- *ANSI/ASCE 3-91* استاندارد طراحی سازه‌های دال‌های کامپوزیت و *ANSI/ASCE 9-91* روش استاندارد برای ساخت و بازرسی دال‌های کامپوزیت
- *ASCE 4-98* تحلیل لرزه‌ای سازه‌های هسته‌ای مرتبط با ایمنی
- الزامات آیین‌نامه ساختمان برای سازه‌های بنایی (*ACI 530-99/ASCE 5-99/TMS 402-99*) و مشخصات سازه‌های بنایی (*ACI 530.1-99/ASCE 6-99/TMS 602-99*)
- *ASCE 7-98* حداقل بارهای طراحی برای ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها
- *ANSI/ASCE 8-90* مشخصات استاندارد برای طراحی اعضای سازه‌ای فولادی ضدزنگ نورد سرد
- *ANSI/ASCE 9-91* که همراه با *ASCE 3-91* فهرست شده است
- *ASCE 10-97* طراحی سازه‌های انتقال فولادی شبکه‌ای
- *SEI/ASCE 11-99* راهنمای ارزیابی وضعیت سازه‌ای ساختمان‌های موجود
- *ANSI/ASCE 12-91* راهنمای طراحی زهکشی زیرسطحی شهری
- *ASCE 13-93* دستورالعمل‌های استاندارد برای نصب زهکشی زیرسطحی شهری
- *ASCE 14-93* دستورالعمل‌های استاندارد برای بهره‌برداری و نگهداری زهکشی زیرسطحی شهری

- ASCE 15-98 روش استاندارد برای طراحی مستقیم لوله‌های بتنی پیش‌ساخته مدفون با استفاده از نصب‌های استاندارد (SIDD)
- ASCE 16-95 استاندارد برای طراحی بار و ضریب مقاومت (LRFD) سازه‌های چوبی مهندسی‌شده
- ASCE 17-96 سازه‌های هوایی
- ASCE 18-96 دستورالعمل‌های استاندارد برای آزمایش انتقال اکسیژن در فرآیند
- ASCE 19-96 کاربردهای سازه‌ای کابل‌های فولادی برای ساختمان‌ها
- ASCE 20-96 دستورالعمل‌های استاندارد برای طراحی و نصب شمع‌های فونداسیون
- ASCE 21-96 استانداردهای سیستم‌های جابجایی خودکار افراد — بخش ۱
- ASCE 21-98 استانداردهای سیستم‌های جابجایی خودکار افراد — بخش ۲
- SEI/ASCE 23-97 مشخصات تیرهای فولادی سازه‌ای با بازشوهای وب
- SEI/ASCE 24-98 طراحی و ساخت مقاوم در برابر سیل
- ASCE 25-97 دستگاه‌های قطع گاز خودکار فعال‌شده توسط زلزله
- ASCE 26-97 روش استاندارد برای طراحی مقطع‌های جعبه‌ای بتنی پیش‌ساخته مدفون
- ASCE 27-00 روش استاندارد برای طراحی مستقیم لوله‌های بتنی پیش‌ساخته برای جکینگ در ساخت‌وساز بدون ترانسه
- ASCE 28-00 روش استاندارد برای طراحی مستقیم مقاطع جعبه‌ای بتنی پیش‌ساخته برای جکینگ در ساخت‌وساز بدون ترانسه
- EWRI/ASCE 33-01 توافقنامه جامع مدیریت بین‌المللی کیفیت آب مرزی
- EWRI/ASCE 34-01 دستورالعمل‌های استاندارد برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی

پیش‌گفتار

مطالب ارائه‌شده در این انتشارات بر اساس اصول مهندسی شناخته‌شده تهیه شده‌اند. انتشار این سند به‌عنوان تضمین یا تأییدی از سوی انجمن مهندسان عمران آمریکا (ASCE) یا هر فرد دیگری که نام آن در اینجا ذکر شده است، مبنی بر مناسب بودن این اطلاعات برای هرگونه استفاده عمومی یا خاص یا تضمین عدم نقض هرگونه حق اختراع، در نظر گرفته نشده است. ASCE هیچ مسئولیتی در قبال استفاده از اطلاعات موجود در این سند نمی‌پذیرد.

سپاس‌گزاری‌ها

انجمن مهندسان عمران آمریکا (ASCE) از تلاش‌های کمیته استاندارد فونداسیون‌های سطحی محافظت‌شده در برابر یخ‌زدگی (Frost-Protected Shallow Foundation Standard Committee) وابسته به مؤسسه مهندسی سازه (SEI) قدردانی می‌کند. این کمیته از افراد با زمینه‌های گوناگون، از جمله مهندسی مشاوره، پژوهش، آزمایش، تولید، ساخت‌وساز، آموزش، دولت و بخش خصوصی تشکیل شده است. ویرایش اول این استاندارد در سال ۱۹۹۵ آغاز شد و اطلاعاتی از منابع مختلف راه همان‌طور که در سند ذکر شده است، در بر می‌گیرد. این استاندارد از طریق فرآیند اجماع‌محور و با رعایت رویه‌های مؤسسه مهندسی سازه ASCE و با رأی‌گیری تهیه شده است. افرادی که در کمیته استاندارد فونداسیون‌های سطحی محافظت‌شده در برابر یخ‌زدگی خدمت کرده‌اند، عبارتند از:

جنیفر اوتری	توماس ال. ساووی	جرالد دی. اید، رئیس کمیته
اسکات جی. میلر	جی ایچ. کراندل	چیا-کیانگ تان
شوتا باگاده	استیو اسکالکو	ویلیام فری‌بورن
ریچارد ای. موریس	لری اس. دانیلوک	گای تایتلی
فرانک برگ	هربرت اسلون	جی. رابرت فولر
جو پاسما	ماروین دیویدسون	لری او. تراکسل
تاد برگ‌استروم	فرد سوننبرگ	توماس آر. گریلی
جیمز ای. راسبرگ	آرت دی‌گتانو	ویلیام دی. وال
چین چی سی. چانگ	پیتر استورر	سوزان هرن‌بروک
جان پی. زارلینگ	توماس جی. کزوینسکی	

trnbook.ir

بخش اول

۱- طراحی و ساخت فونداسیون‌های سطحی محافظت‌شده در برابر یخ‌زدگی

۱.۱ دامنه کاربرد و محدودیت‌ها

این استاندارد به طراحی و ساخت فونداسیون‌های سطحی محافظت‌شده در برابر یخ‌زدگی می‌پردازد تا از آسیب‌های ناشی از یخ‌زدگی در آب‌وهوای سرد با یخ‌زدگی فصلی زمین جلوگیری کند. بر اساس این استاندارد، فونداسیون سطحی محافظت‌شده در برابر یخ‌زدگی، فونداسیونی است که تا عمق طراحی‌شده برای یخ‌زدگی امتداد نمی‌یابد، اما در برابر اثرات یخ‌زدگی محافظت می‌شود. این استاندارد برای ساختمان‌هایی که روی زمین‌های مستعد یخ‌زدگی با فونداسیون دال‌روی‌زمین یا فونداسیون کف معلق ساخته می‌شوند، کاربرد دارد. این استاندارد برای ساختمان‌هایی که روی زمین‌های همیشه‌یخ‌زده (permafrost) قرار دارند، مناطق با میانگین دمای سالانه هوای بیرون کمتر از ۳۲ درجه فارنهایت (۰ درجه سانتی‌گراد)، یا مناطق با شاخص طراحی یخ‌زدگی هوا بیشتر از ۴۵۰۰ درجه-روز فارنهایت (۶۰۰۰۰ درجه-ساعت سانتی‌گراد) اعمال نمی‌شود.

این استاندارد شامل سازه‌های گرم‌شده، گرم‌نشده و نیمه‌گرم‌شده می‌شود که بر اساس حداقل میانگین دمای ماهانه داخلی مورد انتظار در طول عمر مفید ساختمان طبقه‌بندی می‌شوند. برای استفاده از این استاندارد، ساختمان باید مطابق با جدول ۱ طبقه‌بندی شود.

این استاندارد مانع از قضاوت و عمل متخصصان در طراحی فونداسیون و پیشگیری از آسیب‌های ناشی از یخ‌زدگی نمی‌شود، و همچنین مانع از رعایت ملاحظات طراحی دیگر یا الزامات محلی مقررات ساختمان نمی‌گردد. الزامات ساختاری، به جز محافظت در برابر یخ‌زدگی، باید مطابق با مقررات ساختمان یا روش‌های طراحی پذیرفته‌شده باشد و در این استاندارد گنجانده نشده است.

جدول ۱. طبقه‌بندی ساختمان بر اساس دمای هوای داخلی

طبقه‌بندی حرارتی	حداقل میانگین ماهانه‌ی دمای هوای داخلی، T
گرم‌شده	$T \geq 63^{\circ} F (17^{\circ} C)$
نیمه‌گرم‌شده	$41^{\circ} F (5^{\circ} C) < T < 63^{\circ} F (17^{\circ} C)$
گرم‌نشده	$T \leq 41^{\circ} F (5^{\circ} C)$

۱.۲ مراجع

- 1) American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). *Handbook of Fundamentals*, Atlanta, GA. (1997)
- 2) American Society for Testing and Materials (ASTM). ASTM C578-95. *Standard Specification for Rigid, Cellular Polystyrene Thermal Insulation*, West Conshohocken, PA. (1995)
- 3) American Society for Testing and Materials. ASTM D422-63 (90). *Test Method for Particle-Size Analysis of Soils*, West Conshohocken, PA. (1990)
- 4) American Society for Testing and Materials. ASTM D2487-93. *Standard Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)*, West Conshohocken, PA. (1993)

tnbook.ir

بخش دوم

۲- نمادها، واحدها و تعاریف

۲ نمادها و واحدها

نمادها و واحدهای مورد استفاده در این استاندارد در جدول ۲ آورده شده‌اند. ضرایب تبدیل واحدها نیز در جدول ۳ ارائه شده‌اند. در این استاندارد، واحدهای انگلیسی همراه با تبدیل نرم به واحدهای SI (که در پرانتز نشان داده شده‌اند) استفاده شده‌اند.

۲.۱ تعاریف

تأیید شده (Approved): مورد پذیرش مسئول ساختمان در حوزه قضایی به‌عنوان نتیجه بررسی‌ها، تحلیل‌ها، آزمایش‌ها یا ترکیبی از این روش‌های ارزیابی یا بر اساس اصول پذیرفته‌شده یا تجربه محلی.

شاخص انجماد هوا (Air-Freezing Index - AFI): از جمع درجه‌روزهای بالاتر و پایین‌تر از ۳۲ درجه فارنهایت (۰ درجه سلسیوس) که برای یک چرخه سالانه ثبت شده‌اند، محاسبه می‌شود. شاخص انجماد هوا برای یک زمستان مشخص، بیشترین تفاوت بین حداکثر مجموع درجه‌روزهای انجماد ثبت‌شده در ابتدای فصل زمستان و حداقل مجموع ثبت‌شده در طول زمستان است.

پل‌های سرد (Cold-Bridges): ناپیوستگی‌هایی در عایق‌کاری که مسیرهای هدایت حرارتی ایجاد کرده و احتمال آسیب ناشی از یخ‌زدگی را افزایش می‌دهند.

شاخص انجماد هوا طراحی (Design Air-Freezing Index - F_{100}): شاخص انجماد هوا با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله که در این استاندارد برای محافظت از پی‌های ساختمان در برابر آسیب‌های ناشی از یخ‌زدگی استفاده می‌شود.

عمق یخ‌زدگی طراحی (Design Frost Depth): حداقل عمقی که در آن دمای خاک در طول یک رویداد زمستانی شدید بالاتر از نقطه انجماد باقی می‌ماند. این مقدار بر اساس تحلیل، مقررات محلی یا تجربه تعیین می‌شود.

مقاومت حرارتی مؤثر (r_{eff} - Effective Thermal Resistivity): مقاومت حرارتی تعدیل‌شده برای استفاده طولانی‌مدت در شرایط مرطوب و زیرزمینی. در این استاندارد معمولاً به‌عنوان مقاومت حرارتی مؤثر بر اینچ (R) مؤثر بر اینچ) اشاره می‌شود.

مقاومت حرارتی مؤثر (R_{eff} - Effective Thermal Resistance): مقدار R تعدیل‌شده برای استفاده طولانی‌مدت در شرایط مرطوب و زیرزمینی.

جدول ۲. نمادها و واحدها

نماد	توضیحات	واحدهای SI	واحدهای انگلیسی
D_h	عرض عایق بال افقی در طول دیوارها	m	ft or in
D_{hc}	عرض عایق بال افقی در گوشه‌ها	m	ft or in
D_g	عرض عایق زیرزمینی فراتر از محیط یک ساختمان بدون گرمایش	m	ft or in
F_{100}	دوره برگشت میانگین ۱۰۰ ساله AFI	$^{\circ}C-hr$	$^{\circ}F-day$
h	ارتفاع کف از سطح تمام‌شده زمین	m	ft or in
h_f, h_{fc}	عمق پی از دیوارها یا گوشه‌ها	m	ft or in
h_v	عمق عایق دیوار عمودی در خاک (حداقل عمق پی)	m	ft or in
L_1, L_2, L_3	طول بخش غیرگرم ساختمان که در غیر این صورت گرم است	m	ft or in
L_c	طول عایق گوشه‌ای (در امتداد دیوار)	m	ft or in
MAT	دمای متوسط سالانه هوا	$^{\circ}C$	$^{\circ}F$
R_f	مقدار R برای ساختار یا مجموعه کف/صفحه	$m^2 - ^{\circ}K/W$	$hr - ft^2 - ^{\circ}F/Btu$
R_v	مقدار R مورد نیاز برای عایق دیوار عمودی	$m^2 - ^{\circ}K/W$	$hr - ft^2 - ^{\circ}F/Btu$
R_h	مقدار R مورد نیاز برای عایق بال افقی	$m^2 - ^{\circ}K/W$	$hr - ft^2 - ^{\circ}F/Btu$
R_{hc}	مقدار R مورد نیاز برای عایق بال افقی در گوشه‌ها	$m^2 - ^{\circ}K/W$	$hr - ft^2 - ^{\circ}F/Btu$
R_g	مقدار R مورد نیاز برای عایق زیرزمینی برای ساختمان‌های بدون گرمایش	$m^2 - ^{\circ}K/W$	$hr - ft^2 - ^{\circ}F/Btu$
R_{eff}	مقدار R مؤثر (مقاومت حرارتی) یک ماده عایق در شرایط استفاده	$m^2 - ^{\circ}K/W$	$hr - ft^2 - ^{\circ}F/Btu$
r_{eff}	مقاومت مؤثر (R_{eff} به ازای هر اینچ) یک ماده عایق در شرایط استفاده	$m - ^{\circ}K/W$	$hr - ft^2 - ^{\circ}F/Btu$

برآمدگی یخبندان (Frost Heave): گسترش خاک که عمدتاً به دلیل تشکیل عدسی‌های یخ در خاک رخ می‌دهد. خاک یخ‌زده در زیر یک فونداسیون می‌تواند باعث حرکت رو به بالای فونداسیون و/یا نشست ناشی از تضعیف خاک پس از ذوب شدن یخ شود.

فونداسیون کم‌عمق محافظت‌شده از یخبندان (FPSF - Frost-Protected Shallow Foundation): فونداسیون‌هایی که با عایق‌کاری مطابق با این مقررات، از برآمدگی یخبندان محافظت می‌شوند. عایق‌کاری به منظور کاهش نفوذ یخ به زیر فونداسیون و کاهش جریان گرما از زیر فونداسیون انجام می‌شود، که این امر امکان

استفاده از عمق‌های کم‌تر برای فونداسیون را بدون افزایش خطر آسیب ناشی از یخبندان فراهم می‌کند. استفاده از خاک‌های غیرحساس به یخبندان نیز در برخی کاربردها گنجانده شده است.

عایق‌کاری زمین (Ground Insulation): عایق‌کاری که به صورت افقی در زیر فونداسیون گسترش می‌یابد تا یک لایه عایق برای ساختمان ایجاد کند.

شاخص میانگین دوره بازگشت یخ‌زدگی هوا (Mean Return Period Air-Freezing Index): یک تخمین احتمالی از میانگین تعداد سال‌هایی که بین وقوع تعداد معینی از روزهای درجه‌یخ‌زدگی در فصل زمستان سپری می‌شود؛ دوره بازگشت ۱۰۰ ساله به این معناست که این رویداد در ۱٪ از سال‌ها (۱/۱۰۰) رخ می‌دهد، احتمال وقوع سالانه آن ۱٪ است، یا به طور متوسط هر ۱۰۰ سال یک بار اتفاق می‌افتد.

میانگین دمای سالانه هوا (Mean Annual Air Temperature - MAT): میانگین تمام دماهای متوسط روزانه هوای بیرون (حداقل به اضافه حداکثر دمای روزانه تقسیم بر دو) در یک یا چند سال.

دوره بازگشت میانگین (Mean Return Period یا Mean Recurrence Interval): یک تخمین احتمالی از میانگین تعداد سال‌هایی که بین وقوع یک رویداد با شدت مشخص سپری می‌شود ($1/p$)، که در آن p احتمال وقوع رویداد در یک دوره مشخص است.

خاک غیرحساس به یخبندان (Non-Frost-Susceptible Soil): خاکی که در طول یخ‌زدگی، جدایش قابل توجه یخ (یعنی تشکیل عدسی‌های یخ) را نشان نمی‌دهد. به طور کلی، خاک‌های دانه‌ای با کمتر از ۶٪ جرمی که از الک شماره ۲۰۰ (۰/۰۷۴ میلی‌متر) عبور می‌کنند، حساسیت کم‌تری به یخبندان دارند، در حالی که لای‌ها و رس‌ها یا ماسه‌ها و شن‌های ریزدانه (یعنی خاک‌های دانه‌ای) با محتوای ریزدانه بالا، معمولاً حساسیت متوسط تا بالایی به یخبندان دارند.

جدول ۳. تبدیل واحدها

طول	۱ متر = ۱۰۰ سانتیمتر = ۳.۲۸ فوت = ۳۹.۴ اینچ
جرم	۱ کیلوگرم = ۲.۲ پوند (۰.۰۶۸۳ اسلاگ)
وزن	۱ نیوتن = ۰.۲۲۵ پوند-نیرو
مساحت	۱ مترمربع = ۱۰,۰۰۰ سانتی مترمربع = ۱۰.۸ فوت مربع = ۱۵۵۰ اینچ مربع
حجم	۱ مترمکعب = 1×10^6 سانتی مترمکعب = ۳۵.۳ فوت مکعب = 6.1×10^4 اینچ مکعب
چگالی	۱ کیلوگرم بر مترمکعب = ۰.۰۶۲۴ پوند-جرم بر فوت مکعب (pcf)
فشار	۱ کیلوپاسکال = ۰.۱۴۵ پوند-نیرو بر اینچ مربع (psi) = ۲.۰۸ پوند-نیرو بر فوت مربع (psf)
دما	$^{\circ}F$ فارنهایت = $1.8 (^{\circ}C \text{ سانتی‌گراد} + 32)$
شاخص یخ‌زدگی	۱ درجه سانتی‌گراد - ساعت = ۰.۰۷۵ درجه فارنهایت - روز
خواص حرارتی:	
• مقاومت	۱ مترمربع-درجه کلونین بر وات = ۵.۶۸ فوت مربع-درجه فارنهایت بر بی‌تی‌یو {مقدار R }
• مقاومت ویژه	۱ متر-درجه کلونین بر وات = ۰.۱۴۴ فوت مربع-درجه فارنهایت بر (بی‌تی‌یو. اینچ) $\{R/in\}$