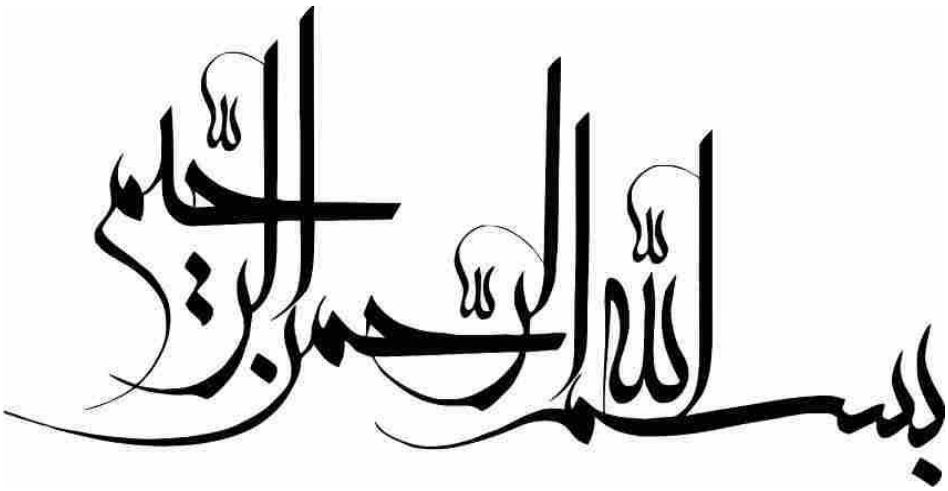

بسم الله الرحمن الرحيم

راهنمای تجویزی برای اعضای بتنی و بنایی به منظور تأمین الزامات آئین‌نامه‌ای مقاومت در برابر آتش

مجریان: سعید بختیاری - ارسلان کلالی

مشاور: محمد شکرچی‌زاده

همکار: مسعود جمالی آشتیانی

مجموعه مدارک فنی پشتیبان مقررات ملی ساختمان

شماره نشر: ض- ۹۰۹

چاپ اول:آذر ۱۳۹۹

سرشناسه : بختیاری، سعید، ۱۳٤٦
عنوان و نام پدیدآور : راهنمای تجویزی برای اعضای بتنی و بنایی به منظور تامین الزامات آیین‌نامه‌ای مقاومت در برابر آتش/مجریان سعید بختیاری ، ارسلان کلالی ؛ مشاور محمد شکرچی‌زاده ، همکار مسعود جمالی‌آشتیانی.
مشخصات نشر : مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی ۱۳۹۹.
مشخصات ظاهری : ۱۰۲ص
فروست : مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، شماره نشر: ض- ۹۰۹
شابک : ۸-۲۸۵-۱۱۳-٦۰۰-۹۷۸
وضعیت فهرستنویسی : فیپا
موضوع : مصالح ساختمانی -- خواص حرارتی
موضوع : Building materials -- Thermal properties
موضوع : اندودکاری
موضوع : Plastering
شناسه افزوده : کلالی، ارسلان، ۱۳٦۰
شناسه افزوده : شکرچی‌زاده، محمد، ۱۳۳۹
شناسه افزوده : جمالی آشتیانی، مسعود، ۱۳۵۹ -
شناسه افزوده : Shekarchizadeh, Mohammad
شناسه افزوده : مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
شناسه افزوده : Road, Housing and Urban Development Research Center
رده بندی کنگره : TA٤۱۸/۵۲
رده بندی دیویی : ٦۲۰/۱۱۲۹٦
شماره کتابشناسی ملی : ۷٤٤٦۱٦٦
وضعیت رکورد : فیپا

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

نام کتاب: راهنمای تجویزی برای اعضای بتنی و بنایی به منظور تأمین الزامات آئین‌نامه‌ای مقاومت در برابر آتش
مجریان: سعید بختیاری - ارسلان کلالی
همکار: مسعود جمالی آشتیانی
مشاور: محمد شکرچی‌زاده
شماره نشر: ض- ۹۰۹
ناشر: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
نوبت چاپ: اول
تیراژ: ۵۰۰جلد
قطع: وزیری
لیتوگرافی، چاپ و صحافی: اداره انتشارات و چاپ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
قیمت: ۱۸۰۰۰۰ ریال
شابک: ۸-۲۸۵-۱۱۳-٦۰۰-۹۷۸ **ISBN**: 978-600-113-285-8

مسئولیت صحت دیدگاه‌های علمی بر عهده نگارندگان محترم می‌باشد.
کلیهٔ حقوق چاپ و انتشار اثر برای مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی محفوظ است.

نشانی ناشر: تهران، بزرگراه شیخ فضل ا... نوری، روبروی فاز ۲ شهرک فرهنگیان، خیابان نارگل، خیابان شهید علی مروی، خیابان حکمت صندوق پستی: ۱۳۱٤۵-۱٦۹٦ تلفن: ٦-۸۸۲۵۵۹٤۲ دورنگار: ۸۸۳۸٤۱۳۲
پست الکترونیکی: pub@bhrc.ac.ir فروش الکترونیکی: http:// pub.bhrc.ac.ir

پیش‌گفتار (سخن ناشر)

محافظت ساختمان‌ها در برابر آتش‌سوزی از ابعاد ایمنی جانی، مالی و منافع ملی از ضروری‌ترین نیازها و الزامات در طرح و اجرای ساختمان‌ها می‌باشد. یکی از پیش نیازهای محافظت ساختمان‌ها در برابر حریق، تامین مقاومت در برابر آتش مورد نیاز اجزای ساختمانی است. مطابق ویرایش سوم مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران تحت عنوان «حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق»، لازم است هر ساختمان در یکی از ساختارهای تعریف شده در این مبحث از نظر مقاومت در برابر آتش قرار گیرد. بسته به نوع ساختار نیز محدودیت‌های ارتفاع و مساحت ساختمان مشخص می‌شود. در هر نوع ساختار نیز لازم است حداقل مقاومت اجزای ساختمان مانند ستون‌ها، دیوارها، تیرها و سقف‌ها، در مقابل حریق تأمین شود.

با توجه به اینکه حجم قابل توجهی از ساختمان‌ها در کشور از نوع بتنی می‌باشند، در این راهنما، سازه‌های بتن‌آرمه مورد توجه قرار گرفته است. الزامات مربوط به تعیین مقاومت در برابر آتش اعضا و سازه‌های بتنی و بنایی ارائه شده است. روش‌های محاسباتی برای تعیین مقاومت در برابر آتش دیوارها، کف‌ها، بام‌ها و ستون‌های بتنی و هم چنین، دیوارها، نعل درگاه‌ها و ستون‌های بنایی ارائه شده است. هم چنین روش‌هایی برای تعیین الزامات پوشش محافظ بتنی، محافظت ستون‌های فولادی سازه‌ای با مصالح بتنی یا بنایی و ستون‌های فولادی سازه‌ای توخالی پرشده با بتن، در نظر گرفته شده است. روش‌هایی برای تعیین مقاومت در برابر آتش اضافی تأمین شده به وسیله مصالح نازک‌کاری در سازه‌های بتنی یا بنایی نیز معرفی می‌شود.

بنابراین با در نظر گرفتن این راهنما و رعایت یکسری ضوابط تجویزی در مرحله طراحی و اجرای یک سازه بتن‌مسلح مانند رعایت حداقل ابعاد اعضای بتن‌مسلح، رعایت حداقل ضخامت پوشش بتنی میلگردهای فولادی اعضای بتنی، رعایت یکسری جزئیات در آرماتورگذاری اعضای بتنی و ...، می‌توان بعد از ساخت سازه بتنی، از رسیدن به زمان مقاومت در برابر آتش مورد نیاز اطمینان حاصل نمود. باید در نظر داشت در این راهنما در

مواردی، بین بتن معمولی ساخته شده با سنگدانه‌های کربناتی و سیلیسی تمایز قائل شده است. اگر نوع سنگدانه در مرحله طراحی معلوم نباشد، باید شرایط سختگیرانه‌تر یعنی حداکثر ضخامت لازم برای عضو و پوشش بتنی میلگرد در نظر گرفته شود.

محمد شکرچی‌زاده
رئیس مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

فهرست مطالب

عنوان **شماره صفحه**

فصل ۱- کلیات ۱
۱-۱- دامنه کاربرد ۱
۱-۲- روش‌های جایگزین ۲
فصل ۲- نمادگذاری و تعاریف ۳
۲-۱- نمادگذاری ۳
۲-۲- تعاریف ۶
فصل ۳ - استانداردها و آئین‌نامه‌های مورد ارجاع ۱۵
فصل ٤ - بتن ۲۱
۴-۱-کلیات ۲۱
۴-۲- دیوارها، کف‌ها و بام‌های بتنی ۲۱
۴-۲-۷- محافظت درزهای بین پانل‌های دیواری و دال‌های بتنی پیش ساخته ۳۱
۴-۳- پوشش محافظ بتنی مسلح کننده فولادی (کابل یا آرماتور فولادی) ۳۴
۴-۳-۱- کلیات ۳۴
۴-۳-۱-۳- پوشش برای مسلح کننده خمشی پیش تنیده ۳۸
۴-۴- روش‌های تحلیلی برای محاسبه مقاومت در برابر آتش و پوشش محافظ بتنی اعضای خمشی . ۴۰
۴-۴-۱- دال‌های یک‌طرفه و تیرهای مقید نشده با تکیه‌گاه ساده ۴۰
۴-۴-۲- تیرها و دال‌های پیوسته ۴۲
۴-۴-۲-۳- روش محاسبه برای تیرهای پیوسته ۵۳
۴-۵- ستون‌های بتن مسلح ۶۶
۴-۵-۱- ستون‌ها با مقاومت فشاری طراحی (f_c') برابر یا کمتر از ۸۳ مگاپاسکال ۶۶
۴-۵-۲- ستون‌ها با مقاومت فشاری طراحی (f_c') بیشتر از ۸۳ مگاپاسکال ۶۷
۴-۵-۳- حداقل پوشش بتنی میلگردها ۶۸

۴-۶- ستون‌های فولادی سازه‌ای محافظت شده با بتن ۶۸
۴-۷- ستون‌های فولادی سازه‌ای توخالی پر شده با بتن ۷۵
فصل ۵ - مصالح بنایی سیمانی ۷۷
۵-۱- کلیات ۷۷
۵-۲- ضخامت معادل ۷۹
۵-۳- مجموعه‌های دیواری بنایی سیمانی ۸۰
۵-۴- ستون‌های بنایی سیمانی مسلح شده ۸۳
۵-۵- نعل درگاه‌های بنایی سیمانی مسلح شده ۸۳
۵-۶- ستون‌های فولادی سازه‌ای محافظت شده با مصالح بنایی سیمانی ۸۳
فصل ٦ - مصالح بنایی آجری و سفالی رسی ۸۹
۶-۱-کلیات ۸۹
۶-۲ ضخامت معادل ۸۹
۶-۳- مجموعه‌های دیواری بنایی آجری و سفالی رسی ۹۱
۶-۳-۲- دیوارهای تک لایه ۹۱
۶-۳-۳- دیوارهای چندلایه ۹۲
۶-۳-۴- اثر مصالح اندودکاری بر روی مقاومت در برابر آتش ۹۲
۶-۴- ستون‌های بنایی رسی مسلح ۹۳
۶-۵- نعل درگاه‌های بنایی رسی مسلح ۹۳
۶-۶- درزهای انبساط یا انقباض ۹۳
۶-۷- ستون‌های فولادی سازه‌ای محافظت شده با مصالح بنایی رسی ۹۳
۶-۷-۱- محاسبه مقاومت در برابر آتش ۹۳
فصل ۷ - اثرات مصالح اندودکاری (نازک‌کاری) بر روی مقاومت در برابر آتش..... ۹۷
۷-۱- کلیات ۹۷
۷-۲- روش محاسبه ۹۷
۷-۲-۱- در معرض قرارگیری آتش ۹۷
۷-۳- نصب و اجرای اندودکاری‌ها ۱۰۱

۷-۳-۱- تخته گچی ۱۰۱
۷-۳-۱-۳- امتداد تخته گچی ۱۰۲
۷-۳-۲- ملات‌ها ۱۰۲

چکیده:

مقاومت در برابر آتش اجزای ساختمانی، یک الزام مهم در طراحی ایمن ساختمان در مقابل حریق است. در حالی که ملاحظات طراحی سازه‌ای برای سازه‌های بتنی و بنایی در شرایط دمای محیط به ترتیب در مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران یا ACI 318M و مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان ایران یا TMS 402/ACI 530/ASCE 5 بیان شده است، این آئین‌نامه‌ها اثر آتش بر روی سازه‌های بتنی و بنایی را در نظر نمی‌گیرند. راهنمای حاضر، طراحی و روش‌های تحلیلی برای تعیین مقاومت در برابر آتش اعضای بتنی و بنایی و مجموعه‌های ساختمانی را دربرمی‌گیرد. در جایی که در الزامات طراحی بین این دستورالعمل و مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران (یا ACI 318M) یا مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان ایران (یا TMS 402/ACI 530/ASCE 5) تفاوت‌هایی وجود دارد، مانند ضخامت پوشش محافظ فولاد مسلح‌کننده، سخت‌گیرانه‌ترین الزامات باید اعمال شود.

فصل ۱
کلیات

۱-۱- دامنه کاربرد

این دستورالعمل روش‌های قابل قبول برای تعیین مقاومت در برابر آتش سیستم‌های بتنی و بنایی و اجزای سازه‌ای شامل دیوارها، دال‌های کف و بام، تیرها، ستون‌ها، نعل درگاه‌ها و هم چنین محافظت در مقابل حریق با مصالح بنایی برای ستون‌های فولادی سازه‌ای را تشریح می‌کند. این روش‌ها باید برای اهداف طراحی و تحلیل استفاده شوند و باید بر اساس در معرض قرارگیری آتش و معیارهای پذیرش قابل قبول استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۲۰۵۵ معادل با استاندارد BS EN 1363-1 باشند. این دستورالعمل برای سیستم‌های کف یا بام عرشه فولادی مرکب قابل استفاده نیست.

کاربرد اصلی مد نظر برای این دستورالعمل، تعیین الزامات طراحی برای اجزای بتنی و بنایی به منظور مقاومت در برابر آتش و فراهم کردن محافظت در برابر آتش است. رواداری‌های قابل قبول در ضوابط برای بتن باید بر اساس اطلاعات ارائه شده در ACI 117M باشد. سازه‌های بنایی نیز باید منطبق با مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان ایران باشند.

ضوابط این دستورالعمل، مقاومت در برابر آتش را بر اساس محاسبه و استفاده از نموگرام‌ها، استخراج می‌کند. مقاومت در برابر آتش مربوط به یک عضو یا سیستم، در صورتی که به وسیله روش‌های محاسباتی در این دستورالعمل یا مطابق بند ۱-۲، تعیین شود، قابل قبول فرض می‌شود.

۱-۲- روش‌های جایگزین

علاوه بر روش‌هایی که در این دستورالعمل ارائه شده است، سایر روش‌هایی که بر اساس آتش و معیارهای پذیرش قابل قبول مشخص شده در استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۲۰۵۵ معادل با BS EN 1363-1 باشند، به منظور ارزیابی مقاومت در برابر آتش سیستم‌ها و اجزای سازه‌ای بتنی و بنایی، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. اگر مدل‌های کامپیوتری استفاده می‌شود، باید بر اساس فرمول‌های شناخته شده باشند و به وسیله سوابق و ادبیات موجود به منظور اثبات دقت آنها، تأیید شوند. روش‌های جایگزین عبارتند از:

انجام آزمون - مصالح و سیستم‌های ساختمانی آزمون شده مطابق با الزامات مندرج در استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۲۰۵۵ یا BS EN 1363-1، باید مطابق با نتایج و شرایط این آزمون‌ها، از نظر مقاومت در برابر آتش طبقه‌بندی شوند.

تأیید از طریق عملکرد گذشته - کاربرد درجات مقاومت در برابر آتش به اجزا و سیستم‌هایی که در گذشته استفاده شده است و عملکرد درست آن اثبات شده، مجاز است. این موارد باید به تائید مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی برسد.

سایر روش‌ها - ضوابط این دستورالعمل مانع استفاده از فناوری‌های جدید برای ایمنی جانی و محافظت از اموال در ساختمان‌ها و سازه‌ها نمی‌شود. مشخصات این فناوری‌ها باید به تائید مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی برسد.

فصل ۲
نمادگذاری و تعاریف

۲-۱- نمادگذاری

A_1، A_2 و A_n : ضریب هوا برای هر فضای هوایی پیوسته که یک عمق ۱۳ تا ۹۰ میلی‌متری داخل لایه‌ها دارد؛

$A_{ps}(mm^2)$: مساحت مقطع کابل‌های پیش تنیده؛

$A_s(mm^2)$: مساحت مقطع میلگرد طولی کششی غیر پیش تنیده؛

$A_{st}(mm^2)$: مساحت مقطع ستون فولادی؛

$a(mm)$: عمق بلوک تنش فشاری مستطیلی معادل در بتن در مقاومت خمشی اسمی؛

$a_\theta(mm)$: عمق بلوک تنش فشاری مستطیلی معادل در بتن در دمای بالا؛

$B(mm)$: حداقل بعد ستون بتنی مستطیلی؛

$b(mm)$: عرض دال یا تیر بتنی؛

$b_f(mm)$: عرض بال؛

$C(kN)$: نیروی فشاری ناشی از بار مرده و زنده بدون ضریب؛

$C_c(kJ/kg.K)$: گرمای ویژه بتن در دمای محیط؛

$d(mm)$: عمق مؤثر، فاصله مرکز میلگردهای کششی تا دورترین تار فشاری یا عمق ستون فولادی؛

$D(mm)$: برای ستون‌های فولادی سازه‌ای توخالی، قطر خارجی برای ستون‌های دایره‌ای، بعد خارجی برای ستون‌های مربعی و حداقل بعد خارجی برای ستون‌های مستطیلی؛

$D_c(kg/m^3)$: چگالی بتن خشک شده در آون؛

$d_{ef}(mm)$: فاصله مرکز میلگردهای کششی تا دورترین تار فشاری بتنی که دمای نقطه‌ای از $760\ ^{o}C$ تجاوز نمی‌کند.

$d_{l}(mm)$: ضخامت لایه در معرض آتش بتن؛

$d_{st}(mm)$: عرض ستون؛

$f_{c}(MPa)$: مقاومت فشاری اندازه‌گیری شده استوانه‌های بتنی در دمای محیط؛

$f'_{c}(MPa)$: مقاومت فشاری مشخصه بتن؛

$f'_{c\theta}(MPa)$: مقاومت فشاری کاهش یافته بتن در دمای بالا؛

$f_{ps}(MPa)$: تنش در فولاد پیش تنیده در مقاومت خمشی اسمی؛

$f_{ps\theta}(MPa)$: تنش کاهش یافته فولاد پیش تنیده در دمای بالا؛

$f_{pu}(MPa)$: مقاومت کششی مشخصه کابل‌های پیش تنیده؛

$f_{y}(MPa)$: مقاومت تسلیم مشخصه فولاد مسلح کننده غیر پیش تنیده؛

$f_{y\theta}(MPa)$: مقاومت تسلیم کاهش یافته فولاد مسلح کننده غیر پیش تنیده در دمای بالا؛

$H(mm)$: ارتفاع مشخصه واحد بنایی؛

$H_{s}(kJ/m.K)$: ظرفیت حرارتی ستون فولادی در دمای محیط؛

$h(mm)$: ضخامت متوسط پوشش بتنی؛

$KL(m)$: طول مؤثر ستون؛

$K_{c}(kcal/m.hr.^{o}C)$: هدایت حرارتی بتن در دمای اتاق؛

$K_{cm}(kcal/m.hr.^{o}C)$: هدایت حرارتی مصالح بنایی سیمانی در دمای اتاق؛

$L(mm)$: طول مشخصه واحد بنایی یا بعد داخلی محافظت به شکل جعبه با بتن مستطیلی برای ستون فولادی؛

$l(m)$: دهانه خالص بین تکیه‌گاه‌ها؛

$M(N.m)$: لنگر ناشی از کل بار سرویس بر روی عضو؛

$M_{n}(N.m)$: ظرفیت خمشی اسمی مقطع؛

$M_{n\theta}(N.m)$: ظرفیت خمشی اسمی مقطع در دمای بالا؛

$M^{+}_{n\theta}(N.m)$: ظرفیت خمشی اسمی مثبت مقطع در دمای بالا؛

$M^{-}_{n\theta}(N.m)$: ظرفیت خمشی اسمی منفی مقطع در دمای بالا؛

$M_{x1}(N.m)$: حداکثر مقدار لنگر مثبت باز توزیع شده در فاصله x_1؛

$m_c(\%)$: درصد رطوبت در بتن؛

$p(mm)$: طول محیط داخلی سیستم محافظ بنایی سیمانی؛

$p_s(mm)$: طول محیط در معرض گرمای ستون فولادی؛

$R(hr)$: طول زمان مقاومت در برابر آتش سیستم؛

$R_m(min)$: طول زمان مقاومت در برابر آتش سیستم؛

$R_o(min)$: طول زمان مقاومت در برابر آتش در محتوای رطوبتی صفر؛

$R_1, R_2, R_n(hr)$: طول زمان مقاومت در برابر آتش لایه ۱، ۲ و ...، n، به ترتیب؛

$s(mm)$: فاصله مرکز تا مرکز آیتم‌ها مانند کنگره‌ها یا منحنی‌ها؛

$t(min)$: زمان؛

$t_e(mm)$: ضخامت معادل یک مقطع بتنی کنگره‌دار یا منحنی شکل؛

$t_{e2}(mm)$: ضخامت معادل t_e، محاسبه شده از طریق تقسیم مساحت خالص مقطع به عرض پانل؛

$t_{min}(mm)$: ضخامت حداقل؛

$t_{tot}(mm)$: کل ضخامت دال؛

$t_w(mm)$: ضخامت جان؛

$T(mm)$: ضخامت مشخصه واحد بنایی سیمانی و بنایی رسی؛

$T_e(mm)$: ضخامت معادل واحد بنایی، بنایی سیمانی و بنایی رسی؛

$T_{ea}(mm)$: ضخامت معادل سیستم بنایی سیمانی؛

$T_{ef}(mm)$: ضخامت معادل نازک‌کاری‌ها؛

$u(mm)$: ضخامت متوسط بتن بین مرکز فولادهای مسلح‌کننده اصلی و سطح در معرض آتش؛

$u_{ef}(mm)$: یک مقدار اصلاح شده از u به منظور انطباق با هندسه تیر در جایی که سطوح بتنی از سه طرف در معرض آتش قرار می‌گیرند؛

$V_n(mm^3)$: حجم خالص واحد بنایی؛

$W(kg/m)$: جرم متوسط ستون فولادی؛

$w(N/m)$: مجموع بارهای سرویس مرده و زنده بدون ضریب؛

$w_c\ (kg/m^3)$: چگالی بتن؛

$w_{cm}(kg/m^3)$: چگالی محافظت کننده بنایی؛

$x_0(m)$: فاصله نقطه عطف تا مکان اولین تکیه‌گاه داخلی، اندازه‌گیری شده بعد از باز توزیع لنگر؛

$x_1(m)$: فاصله نقطه‌ای که حداکثر لنگر مثبت باز توزیع شده اتفاق می‌افتد از: (الف) تکیه‌گاه خارجی برای تیر پیوسته روی یک تکیه‌گاه و (ب) هر تکیه‌گاه، جایی که تیر بر روی دو تکیه‌گاه، پیوسته است؛

$x_2(m)$: در دهانه پیوسته، فاصله بین دو نقطه عطف مجاور؛

θ : اندیس پایین که دلالت بر تغییرات پارامتر ناشی از دمای بالا دارد؛

ρ : نسبت مسلح کننده (درصد آرماتور) (A_s/bd)؛

ρ_g : نسبت کل مساحت مسلح‌کننده به مساحت مقطع ستون؛

ω_p : شاخص مسلح کننده برای تیر بتنی مسلح شده با فولاد پیش تنیده؛

$\omega_{p\theta}$: شاخص مسلح کننده برای تیر بتنی مسلح شده با فولاد پیش تنیده در دمای بالا؛

ω_r : شاخص مسلح کننده برای تیر بتنی مسلح شده با فولاد غیر پیش تنیده؛

ω_θ : شاخص مسلح کننده برای تیر بتنی در دمای بالا؛

ψ : ضریب اصلاح منعکس‌کننده نوع پرکننده ستون.

۲-۲- تعاریف

اصطلاحات زیر برای استفاده عمومی در این دستورالعمل، تعریف می‌شوند.

میلگرد، فولاد با آلیاژ مقاومت بالا: مسلح کننده منطبق با الزامات ASTM A722M یا مطابق مشخصات مندرج در مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران یا آئین‌نامه بتن ایران؛
عنصر مانع آتش: یک عضو ساختمانی که به عنوان یک مانعی در مقابل گسترش آتش عمل می‌کند (برای مثال، دیوارها، کف‌ها و بام‌ها)؛
تیر: یک عضو سازه‌ای قرار گرفته تحت بار محوری و خمش که خمش غالب است؛
بتن با سنگدانه کربناتی: بتن ساخته شده با سنگدانه درشت متشکل از اساساً کربنات کلسیم یا ترکیبی از کربنات کلسیم و منیزیوم (برای مثال، سنگ آهک یا دولومیت)؛
پتوی الیاف سرامیکی: مصالح پشم معدنی عایق کننده ساخته شده از الیاف آلومینا- سیلیکا با چگالی ٦٥ تا ۱۳۰ کیلوگرم بر متر مکعب؛
بتن سلولی: یک محصول چگالی پایین متشکل از سیمان پرتلند، سیلیس سیمان، پوزولان سیمانی، پوزولان آهکی، خمیرهای سیلیس آهکی یا خمیرهایی شامل ترکیبی از این عناصر که یک ساختار همگن توخالی یا سلولی دارد که در اثر ترکیبات شیمیایی تولید کننده گاز یا عوامل تولید کننده حباب ایجاد می‌شود (برای بتن‌های سلولی شامل عناصر چسباننده علاوه بر سیمان پرتلند، از عمل‌آوری به روش اتوکلاو معمولاً استفاده می‌شود)؛

مصالح سیمانی: پوزولان‌ها و سیمان‌های هیدرولیکی؛
واحد بنایی رسی: واحد (قطعه یا بلوک) توپر یا توخالی (آجر یا سفال) متشکل از رس یا سنگ رس که به فرم واحدهای منشوری، در آمده و تحت عملیات حرارت در دماهای بالا (پخت) قرار می‌گیرد و مطابق با الزامات استانداردهای ملی ایران به شماره ۷، ۱۱٦۲ و ۷۱۲۲ یا ASTM در استانداردهای C34، C56، C62، C126، C212، C216، C652 و C1088 می‌باشد.

مسلح کننده سیمی سرد کشیده: سیم فولادی ساخته شده از میله‌هایی که به روش نورد گرم از شمش فولادی گرفته شده و به صورت سرد، کشیده و باریک شده است.

بلوک بنایی سیمانی: یک واحد (بلوک) توخالی یا توپر ساخته شده از بتن با سیمان پرتلند یا سیمان آمیخته که اغلب با ارجاع به نوع سنگدانه معدنی به کار رفته، مشخص می‌شود (برای مثال، بلوک سبک وزن یا ماسه–شنی) و مطابق با الزامات استانداردهای ملی ایران به شماره ۱–۷۰، ۱۶۲۱۱ و ۲۲۳۶۷ یا ASTM در استانداردهای C55، C73، C90، C129، C744 و C1634 می‌باشد.

دال یا تیر پیوسته: یک دال یا تیر که به عنوان یک واحد بر روی سه تکیه‌گاه یا بیشتر در یک جهت امتداد می‌یابد.

دمای بحرانی: دمای فولاد مسلح کننده در اعضای خمشی مقید نشده در حین قرارگیری در معرض آتش، زمانی که مقدار مقاومت خمشی اسمی عضو به مقدار لنگر ناشی از بارهای سرویس اعمالی به آن عضو، کاهش می‌یابد.

معیارهای پذیرش آتش: شرایط پذیرش برای یک آزمون آتش مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱–۱۲۰۵۵ یا BS EN 1363-1؛
مدت زمان مقاومت در برابر آتش: زمان سپری شده‌ای که یک ماده یا سیستم، قادر به مقاومت در برابر آتش می‌باشد. در خصوص اجزای ساختمان که در این دستورالعمل در نظر گرفته شده، باید به وسیله روش‌ها و معیارهای مندرج در استاندارد ملی ایران به شماره ۱–۱۲۰۵۵ یا BS EN 1363-1 تعیین شود.

مقاومت در برابر آتش: خصوصیت یک ماده یا سیستم در تحمل آتش یا محافظت در مقابل آن می‌باشد. در خصوص اجزای ساختمان، به وسیله توانایی آن عضو در محصور (حبس) کردن آتش یا ادامه عملکرد سازه‌ای مربوطه در حین آتش یا هر دو، شناسایی می‌شود.

درجه مقاومت در برابر آتش: یک اصطلاح تعریف شده در آئین‌نامه‌های ساختمانی است که معمولاً بر اساس زمان مقاومت در برابر آتش است. درجات مقاومت در برابر آتش به وسیله آئین‌نامه‌های ساختمانی برای انواع مختلف ساختارها و تصرف‌ها، تعیین می‌شود که معمولاً بر حسب ساعت یا نیم ساعت ارائه می‌شود.

تخته الیاف شیشه: تخته عایق از نوع الیاف شیشه مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۸۱۱۶ یا ASTM C612؛

تخته گچی نوع FR: یک محصول تولید شده در کارخانه مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۱٤٤۷۸ یا ۱٤۸۱۸ یا ASTM C1369M که نوع FR آن از یک هسته گچی شامل مواد معدنی ویژه ساخته شده که دو طرف آن با کاغذ صاف، روکش شده است و مقاوم در مقابل حریق است.

معیار کارایی نارسانایی: یک معیار پذیرش در استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۲۰۵۵ یا BS EN 1363-1 است که افزایش دما در سطح غیر در معرض حریق را به یک مقدار متوسط ۱٤۰ درجه سلسیوس برای تمامی نقاط اندازه‌گیری و یک حداکثر مقدار ۱۸۰ درجه سلسیوس در هر نقطه اندازه‌گیری، محدود می‌کند.
آجر یا سفال رسی توخالی: واحدهای بنایی رسی که در آنها مساحت خالص مقطع در هر صفحه موازی سطح، کمتر از ۷۵ درصد کل مساحت اندازه‌گیری شده مقطع در همان صفحه است.

فولاد نورد گرم: فولادی که برای میلگردهای مسلح کننده یا اعضای سازه‌ای فولادی استفاده می‌شود.

معیار یکپارچگی: یک معیار پذیرش در استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۲۰۵۵ یا BS EN 1363-1 است که از عبور کافی شعله یا گازهای داغ به منظور اشتعال بالشتک پنبه‌ای قبل از دوره زمانی مقاومت در برابر آتش مورد نظر، جلوگیری می‌کند. این اصطلاح هم چنین برای آزمون جریان لوله آب آتش‌نشانی یک دیوار در معرض آتش نیز به کار می‌رود.
رنگ پف‌کننده: یک پوشش پاششی که به گرما در دمای تقریبی ۱۵۰ درجه سلسیوس واکنش نشان می‌دهد و به یک ساختار متخلخل سلولی، معمولاً با ۱۰ تا ۱۵ برابر ضخامت اولیه‌اش تبدیل می‌شود.

تیرچه: یک تیر نسبتاً لاغر که در فواصل نزدیک به هم قرار می‌گیرند و دال‌های کف یا بام را نگه می‌دارند (به مسلح کننده نیاز ندارد به استثنای آنچه که برای تنش‌های دما و جمع‌شدگی لازم است)، هم چنین یک عضو سازه‌ای افقی است که صفحات به شکل عرشه را نگه می‌دارد.
بتن با سنگدانه سبک: بتنی که از سنگدانه‌های منطبق با استاندارد ملی ایران به شماره ٤٩٨٥ یا استانداردهای ASTM C330M یا ASTM C331M ساخته می‌شود.

تخته معدنی: تخته ساخته شده از عایق الیاف معدنی مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ٨١١٦ یا ASTM C726.

بتن با وزن معمولی: بتن شامل سنگدانه‌هایی که مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۳۰۲ یا ASTM C33M هستند.

بتن پرلیتی: بتن عایق سبک غیرسازه‌ای با چگالی تقریبی ٤٨٠ کیلوگرم بر متر مکعب که از ترکیب سنگدانه پرلیتی مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ١٤٤٢٢ یا ASTM C332 با دوغاب سیمان پرتلند ساخته می‌شود.

بتن غیر مسلح: بتن سازه‌ای بدون مسلح کننده یا با مسلح کننده بـه مقـدار کمتـر از حـداقل مقدار مشخص شده در ACI 318M برای بتن مسلح؛

بتن مسلح: بتن سازه‌ای مسلح شده با مقداری نه کمتر از حداقل مقدار مشخص شـده بـرای فولاد پیش تنیده یا غیر پیش تنیده در مبحث نهم مقـررات ملـی سـاختمان ایـران یـا ACI 318M.

مصالح بنایی مسلح: مصالح بنایی که فولاد مسلح‌کننـده آن بـرای تحمـل نیروهـای کششـی استفاده می‌شود.

بتن نیمه سبک: بتن ساخته شده از ترکیب سنگدانه‌های سبک (رس، شیل، سرباره، خاکسـتر بادی منبسط شده) و سنگدانه‌های معمولی که وزن مخصوص نهایی آن بین ۱۶۸۰ تـا ۱۹۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۱۷۷۳۳ یا ASTM C567M می‌باشد.

بتن با سنگدانه سیلیسی: بتن ساخته شده از سنگدانه‌های معمولی کـه دارای اجزایـی اساسـاً متشکل از سیلیس یا سیلیکات (مانند کوارتز یا گرانیت) هستند.

آجر رسی توپر: واحدهای رسی که مساحت خالص مقطـع در هـر صـفحه مـوازی سـطح، حداقل ۷۵ درصد مساحت کل مقطع اندازه‌گیری شده در همان سطح است.

الیاف معدنی پاششی: ترکیبی از الیاف معدنی و چسباننده‌های غیر آلی که در حـین پاشـش، آب به آن اضافه می‌شود.

در معرض قرارگیری آتش استاندارد: رابطه دما–زمان تعریف شده به وسیله اسـتاندارد ملـی ایران به شماره ۱-۱۲۰۵۵ یا BS EN 1363-1؛

آزمون آتش استاندارد: آزمون مشخص شده به وسیله استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۲۰۵۵ یا BS EN 1363-1؛

نقطه انتهایی (معیار) دمای فولاد: یک معیار پذیرش در استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۲۰۵۵ یا BS EN 1363-1 که دماهای حدی فولاد برای طبقه‌بندی مجموعه مقید نشده را تعریف می‌کند.
کابل: مجموعه‌ای از سیم‌ها که حول یک سیم مرکزی یا هسته، پیچیده شده‌اند.

بتن سازه‌ای: بتن غیرمسلح یا مسلح در یک عضو که بخشی از یک سیستم سازه‌ای مورد نیاز برای انتقال بارهای ثقلی، جانبی یا هر دو در طول یک مسیر بار به زمین، می‌باشد. حداقل مقاومت فشاری این بتن، ۱۷ مگا پاسکال است.
معیار سازه‌ای: معیار پذیرش در استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۲۰۵۵ یا BS EN 1363-1 که بیان می‌کند نمونه باید بار وارده را بدون فروپاشی، تحمل کند.

تاندون: یک مجموعه متشکل از یک جزء تحت کشش (مانند سیم، میلگرد، لوله، کابل یا مجموعه‌ای از این اجزا) که به منظور اعمال تنش فشاری در بتن پیش تنیده استفاده می‌شود که شامل اجزای مربوطه برای مهار جزء تحت کشش نیز می‌باشد.

مصالح بنایی غیرمسلح: مصالح بنایی که مقاومت کششی آن در نظر گرفته می‌شود و از مقاومت فولاد مسلح کننده در صورت وجود، صرنظر می‌شود.

مصالح سیمانی ورمیکولیتی: مصالح شامل ورمیکولیت ترکیب شده در کارخانه که با اضافه شدن آب به آن، مخلوطی مناسب برای پاشش ایجاد می‌شود.

بتن ورمیکولیتی: بتنی که سنگدانه آن متشکل از ورمیکولیت ورقه ورقه شده است.

گروت: گروت پایه سیمانی با اجزای تشکیل‌دهنده معدنی مطابق با نشریه شماره ۵۵ سازمان برنامه و بودجه یا استاندارد ASTM C476.

فصل ۳
استانداردها و آئین‌نامه‌های مورد ارجاع

آئین‌نامه بین‌المللی ساختمان (IBC 2015)؛

- آئین‌نامه‌های مؤسسه بتن آمریکا:

ضوابط رواداری‌ها برای ساختمان و مصالح بتنی و تفسیر (ACI 117M-10)؛
الزامات آئین‌نامه‌ای ساختمانی برای بتن سازه‌ای و تفسیر (ACI 318M-11)؛
الزامات آئین‌نامه‌ای برای تعیین مقاومت در برابر آتش ساختارهای بتنی و بنایی (ACI 216.1M-14)؛

- مؤسسه آمریکایی ساختمان‌های فولادی

ضوابط برای ساختمان‌های فولادی سازه‌ای (ANSI/AISC 360-10)

- استانداردهای ASTM

ضوابط استاندارد برای میلگردهای فولادی مقاومت بالای بدون روکش در بتن پیش تنیده (ASTM A722/A722M-12)؛
ضوابط استاندارد برای سنگدانه‌های بتن (ASTM C33/C33M-13)؛
ضوابط استاندارد برای دیوار سفالی رسی باربر (ASTM C34-13)؛
ضوابط استاندارد برای آجر سیمانی ساختمانی (ASTM C55-14)؛

ضوابط استاندارد برای سفال رسی غیر باربر سازه‌ای (ASTM C56-13)

ضوابط استاندارد برای آجر ساختمانی (واحدهای بنایی توپر ساخته شده از رس) (ASTM C62-13a)؛

ضوابط استاندارد برای آجر سیلیکات کلسیم (ASTM C73-10)؛

ضوابط استاندارد برای واحدهای بنایی سیمانی باربر (ASTM C90-14)؛

ضوابط استاندارد برای سفال نما، آجر نما و واحدهای بنایی توپر رسی سازه‌ای (ASTM C126-14)؛

ضوابط استاندارد برای واحدهای بنایی سیمانی غیرباربر (ASTM C129-14)؛

روش‌های آزمون استاندارد برای نمونه‌گیری و آزمون واحدهای بنایی سیمانی و واحدهای مربوطه (ASTM C140/C140M-14a)؛

ضوابط استاندارد برای کاشی رسی نمای سازه‌ای (ASTM C212-14)؛

ضوابط استاندارد برای آجر نما (واحدهای بنایی توپر ساخته شده از رس) (ASTM C216-14)؛

ضوابط استاندارد برای سنگدانه‌های سبک بتن سازه‌ای (ASTM C330/C330M-14)؛

ضوابط استاندارد برای سنگدانه‌های سبک واحدهای بنایی سیمانی (ASTM C331/C331M-14)؛

ضوابط استاندارد برای سنگدانه‌های سبک بتن عایق (ASTM C332-09)؛

ضوابط استاندارد برای عایق حرارتی پر کننده متراکم نشده ورمیکولیتی ((ASTM C516-08 (2013))؛

ضوابط استاندارد برای عایق پر کننده متراکم نشده پرلیتی ((ASTM C549-06 (2012))؛

روش استاندارد آزمون برای تعیین چگالی بتن سبک سازه‌ای (ASTM C567/C567-14)؛

ضوابط استاندارد برای عایق حرارتی بلوکی و تخته‌ای الیاف معدنی (ASTM C612-14)؛

ضوابط استاندارد برای آجر توخالی (واحدهای بنایی توخالی ساخته شده از رس) (ASTM C652-14)؛

ضوابط استاندارد برای تخته عایق بام پشم معدنی (ASTM C762-12)؛

ضوابط استاندارد برای واحدهای بنایی سیلیکات کلسیم و سیمانی (ASTM C744-14)؛

ضوابط استاندارد برای واحدهای آجری نازک نما ساخته شده از رس (ASTM C1088-14)؛

ضوابط استاندارد برای تخته گچی (ASTM C1396/C1396M-14)؛

ضوابط استاندارد برای آجر لعاب‌دار (واحدهای آجری تک پخته شده) (ASTM C1405-14)؛

ضوابط استاندارد برای آجر سیمانی ساختمانی (ASTM C1634-11)؛

روش‌های آزمون استاندارد برای آزمون‌های آتش اجزا و مصالح ساختمانی (ASTM E119-12a)؛

ضوابط استاندارد برای گروت برای کارهای بنایی (ASTM C476-20)؛

- انجمن بنایی آمریکا

الزامات آئین‌نامه‌ای ساختمانی برای سازه‌های بنایی (TMS 402-13/ACI 530-13/ASCE 5-13)؛

ضوابط برای سازه‌های بنایی (TMS 602-13/ACI 530.1-13/ASCE 6-13)؛

- استانداردهای اروپایی

آزمون‌های مقاومت در برابر آتش، بخش ۱: الزامات عمومی (BS EN 1363-1:2012)؛

- آیین‌نامه‌ها و مقررات ملی ساختمان ایران

مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران تحت عنوان «حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق»؛

مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان ایران تحت عنوان «طرح و اجرای ساختمان‌های با مصالح بنایی»؛

مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران تحت عنوان «طرح و اجرای ساختمان‌های بتن آرمه»؛

مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ایران تحت عنوان «طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی»؛

نشریه شماره ۱۲۰ سازمان برنامه و بودجه تحت عنوان «آئین‌نامه بتن ایران (آبا)»؛

نشریه شماره ۵۵ سازمان برنامه و بودجه تحت عنوان "مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی»؛

- استانداردهای ملی ایران

استاندارد ملی ایران به شماره ۷ تحت عنوان «آجر رسی- ویژگی‌ها و روش‌های آزمون»؛

استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۷۰ تحت عنوان «مصالح ساختمانی- بلوک سیمانی باربر- ویژگی‌ها»؛

استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۷۰ تحت عنوان «بلوک سیمانی توخالی- قسمت دوم: روش‌های آزمون»؛

استاندارد ملی ایران به شماره ۳۰۲ تحت عنوان «سنگدانه‌های بتن- ویژگی‌ها»؛

استاندارد ملی ایران به شماره ۱۱۶۲ تحت عنوان «خاک–خاک رس جهت ساخت آجر رسی– ویژگی‌ها و روش‌های آزمون"؛

استاندارد ملی ایران به شماره ٤۹۸۵ تحت عنوان «سنگدانه سبک برای بتن سازه‌ای– ویژگی‌ها»؛

استاندارد ملی ایران به شماره ۷۱۲۲ تحت عنوان «مصالح ساختمانی ـ آجرهای رسی سبک غیرباربر با سوراخ‌های افقی و پنل‌های آجری رسی سبک غیرباربر با سوراخ‌های افقی- ویژگی‌ها»؛

استاندارد ملی ایران به شماره ۸۱۱٦ تحت عنوان «فرآورده‌های عایق‌کاری حرارتی برای ساختمان - فرآورده‌های کارخانه‌ای پشم معدنی-ویژگی‌ها»؛

استاندارد ملی ایران به شماره ۱۱۸٦۹ تحت عنوان «عایق حرارتی پتویی الیاف معدنی برای کاربردهای تجاری و صنعتی - ویژگی‌ها»؛

استاندارد ملی ایران به شماره ۱٤٤۲۲ تحت عنوان «سنگدانه-سنگدانه سبک جهت استفاده در بتن‌های عایق - ویژگی‌ها»؛

استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۱٤٤۷۸ تحت عنوان «گچ-صفحات روکش‌دار گچی مسلح شده با الیاف-تعاریف-الزامات و روش‌های آزمون-قسمت ۲- صفحات روکش‌دار گچی الیافی»؛

استاندارد ملی ایران به شماره ۱٤۸۱۸ تحت عنوان «گچ- صفحات روکش‌دار گچی- تعاریف، الزامات و روش‌های آزمون»؛

استاندارد ملی ایران به شماره ۱٦۲۱۱ تحت عنوان «آجر نمای بتنی-ویژگی‌ها»؛

استاندارد ملی ایران به شماره ۱۷۵٤٦ تحت عنوان «پرلیت نرم پر کننده عایق-ویژگی‌ها»؛

استاندارد ملی ایران به شماره ۱۷۷۳۳ تحت عنوان «تعیین چگالی بتن سبک سازه‌ای- روش آزمون»؛

استاندارد ملی ایران به شماره ۲۲۳٦۷ تحت عنوان «آجر ماسه آهکی- ویژگی».

فصل ٤
بتن

٤-١-کلیات

مقاومت در برابر آتش اعضا و سیستم‌های بتنی طراحی شده مطابق با ACI 318M یا مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران با بتن سازه‌ای مسلح یا غیرمسلح، باید بر اساس ضوابط این فصل تعیین شود. دیوارها، کف‌ها و بام‌های بتنی باید الزامات حداقل ضخامت برای اهداف مقاومت در برابر حریق موانع آتش را برآورده کنند. بتن دارای مسلح کننده فولادی باید هم چنین الزامات پوشش محافظ این مسلح کننده‌ها در این فصل را به منظور اهداف حفظ مقاومت در برابر آتش، برآورده کند.

این دستورالعمل در مواردی، بین بتن معمولی ساخته شده با سنگدانه‌های کربناتی و سیلیسی تمایز قائل شده است. اگر نوع سنگدانه معلوم نباشد، حداکثر ضخامت لازم برای عضو و پوشش میلگرد باید در نظر گرفته شود.

٤-٢- دیوارها، کف‌ها و بام‌های بتنی

برای دیوارهای باربر یا غیر باربر بتنی، دال‌های کف و دال‌های بام به منظور تأمین درجات مقاومت در برابر آتش یک الی چهار ساعت، باید حداقل مقادیر ضخامت معادل مندرج در جدول ٤-٢ رعایت شود. برای دیوارها و دال‌های توپر با سطوح تخت، ضخامت معادل باید مطابق با بند ٤-٢-١ تعیین شود. ضخامت معادل دال‌ها یا دیوارهای توخالی، یا دال‌ها، دیوارها یا سایر المان‌های مانع آتش با سطوح غیر تخت، باید مطابق با بندهای ٤-٢-٢ تا

٤-۲-٤ تعیین شود. حداقل ضخامت پوشش محافظ بتنی مسلح کننده فولادی باید مطابق با بند ٤-۳ تعیین شود.

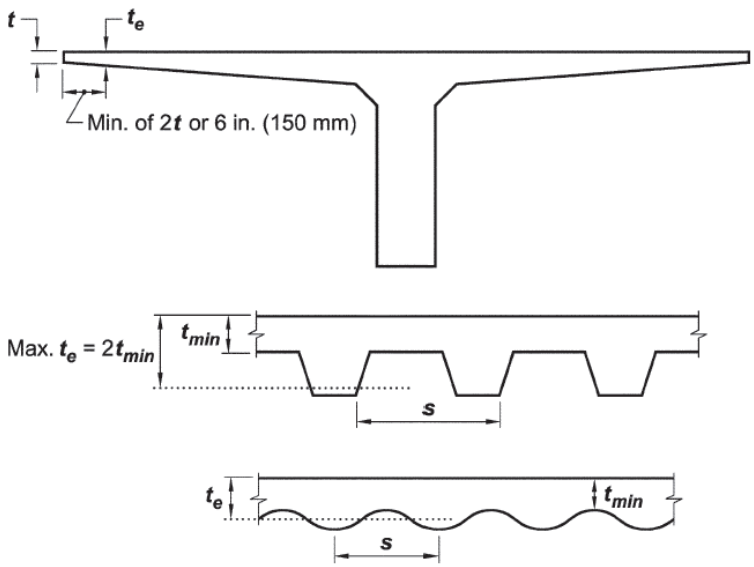
جدول ٤-۲- مقاومت در برابر آتش دیوارها، کف‌ها و بام‌های بتنی تک لایه

نوع سنگدانه	حداقل ضخامت معادل (میلی‌متر) برای تامین درجه مقاومت در برابر آتش				
	یک ساعت	یک و نیم ساعت	دو ساعت	سه ساعت	چهار ساعت
سیلیسی	۹۰	۱۱۰	۱۲۵	۱۵۵	۱۷۵
کربناتی	۸۰	۱۰۰	۱۱۵	۱٤۵	۱۷۰
نیمه سبک	۷۰	۸۵	۹۵	۱۱۵	۱۳۵
سبک	٦۵	۸۰	۹۰	۱۱۰	۱۳۰

٤-۲-۱- دیوارها و دال‌های توپر با سطوح تخت - برای دیوارها و دال‌های توپر با سطوح تخت، ضخامت واقعی باید به عنوان ضخامت معادل در نظر گرفته شود.

٤-۲-۲- دیوارها و دال‌های بتنی توخالی - برای دیوارها و دال‌های ساخته شده با پانل‌های توخالی پیش ساخته بتنی که مقطع هسته‌های توخالی در کل طول ثابت است، ضخامت معادل باید از طریق تقسیم مساحت خالص مقطع بر عرض پانل محاسبه شود. اگر همه هسته‌های توخالی با گروت یا مصالح پر کننده متراکم نشده مانند پرلیت، ورمیکولیت یا رس، شیل، سرباره منبسط شده، پر شوند، مقاومت در برابر آتش دیوار یا دال باید با مقدار مربوط به دیوار یا دال توپر با همان نوع بتن، یکسان در نظر گرفته شود.

٤-۲-۳- پانل‌های لبه‌دار - برای دیوارهای بال‌دار و پانل‌های کف و بام که بال‌ها نازک می‌شوند، ضخامت معادل باید در فاصله دو برابری حداقل ضخامت یا ۱۵۰ میلی‌متر از نقطه حداقل ضخامت بال (هر کدام که کمتر است)، تعیین شود (به شکل ٤-۲-۳ توجه شود).



شکل ٤-٢-٣- ضخامت معادل پانل‌های لبه‌دار، کنگره‌دار و موجی شکل

٤-٢-٤- پانل‌های کنگره‌دار یا موجی شکل - ضخامت معادل (t_e) اجزای تشکیل‌دهنده پانل‌ها با سطوح کنگره‌دار یا موجی شکل، باید به روش زیر محاسبه شود:

٤-٢-٤-١- اگر فاصله مرکز تا مرکز کنگره‌ها یا قوس‌ها (S)، از چهار برابر حداقل ضخامت بیشتر باشد، ضخامت معادل t_e برابر حداقل ضخامت پانل با صرفنظر از کنگره‌ها یا قوس‌ها خواهد بود (شکل ٤-٢-٣).

٤-٢-٤-٢- اگر فاصله مرکز تا مرکز کنگره‌ها یا قوس‌ها، مساوی یا کمتر از دو برابر حداقل ضخامت باشد، ضخامت معادل t_e باید با تقسیم مساحت خالص مقطع بر عرض پانل تعیین شود. حداکثر ضخامت مورد استفاده برای محاسبه مساحت خالص مقطع نباید از دو برابر حداقل ضخامت بیشتر باشد.

٤-٢-٤-٣- اگر فاصله مرکز تا مرکز کنگره‌ها یا قوس‌ها بیش از دو برابر حداقل ضخامت و کمتر از چهار برابر حداقل ضخامت باشد، ضخامت معادل t_e باید به وسیله معادله زیر تعیین شود:

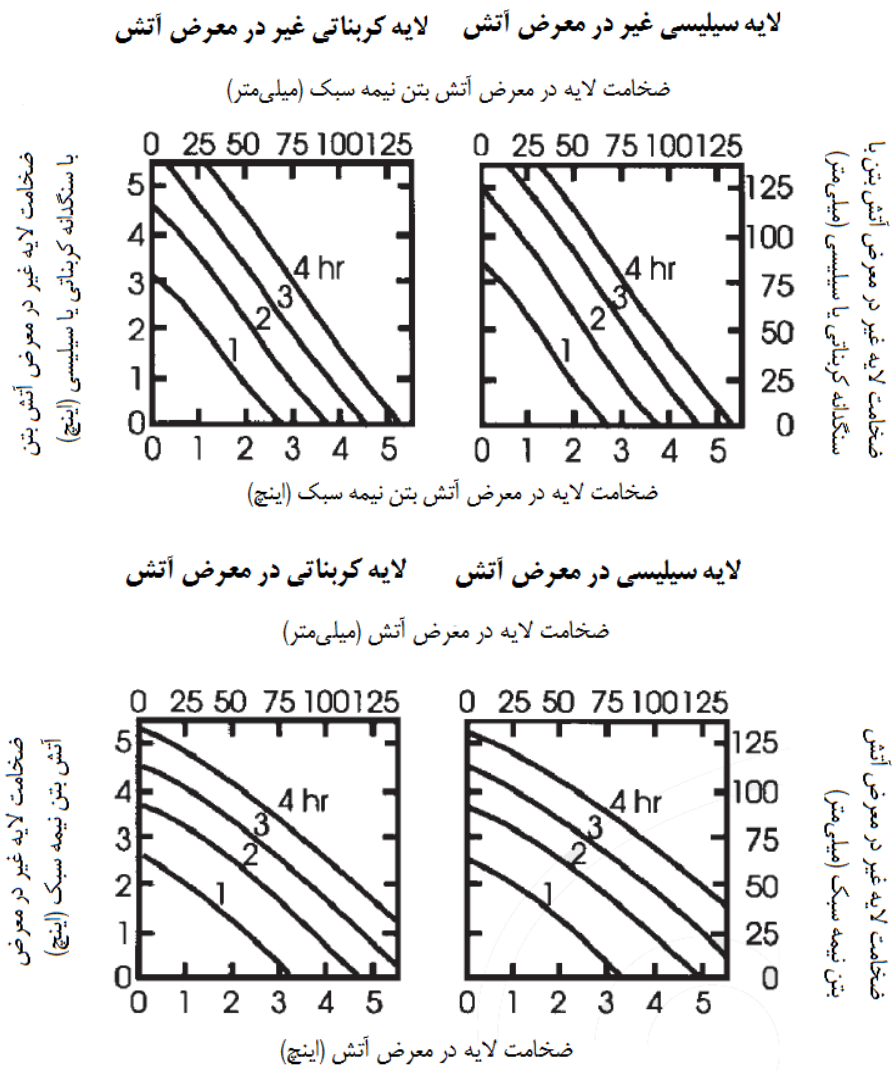
معادله (٤-۲-٤-۳)

$$t_e=t_{min}+[(4t_{min}/S)-1](t_{e2}-t_{min})$$

در این رابطه، t_e، ضخامت معادل یک مقطع بتنی کنگره‌دار یا موجی شکل (mm)، t_{min}، حداقل ضخامت (mm)، S، فاصله مرکز تا مرکز کنگره‌ها یا قوس‌ها (mm) و t_{e2}، t_e محاسبه شده مطابق با بند ٤-۲-٤-۲ است (mm).

٤-۲-٥- دیوارها، کف‌ها و بام‌های چند لایه – برای دیوارها، کف‌ها و بام‌ها متشکل از دو یا چند لایه از انواع مختلف بتن یا مصالح بنایی یا هر دو، مقاومت در برابر آتش باید مطابق با روش‌های گرافیکی یا عددی مندرج در بندهای ٤-۲-٥-۱، ٤-۲-٥-۲ یا ٤-۲-٥-۳ تعیین شود. مقاومت در برابر آتش کف‌ها و بام‌های بتنی عایق‌کاری شده باید مطابق با بند ٤-۲-٦ تعیین شود.

٤-۲-٥-۱- راه‌حل‌های گرافیکی و تحلیلی - برای دیوارها، کف‌ها و بام‌های توپر متشکل از دو لایه از انواع مختلف بتن، مقاومت در برابر آتش باید با استفاده از شکل ٤-۲-٥-۱ یا معادله ٤-۲-٥-۲-الف یا معادله ٤-۲-٥-۲-ب تعیین شود. محاسبات مجزای مقاومت در برابر آتش با فرض اینکه هر وجه المان در معرض آتش بوده، باید انجام شود. مقاومت در برابر آتش باید کمترین مقدار باشد مگر آنکه طور دیگری در مبحث سوم مقررات ملی ساختمان ایران مجاز باشد. برای کف‌ها و بام‌ها، سطح زیرین باید در معرض آتش فرض شود.



شکل ٤-۲-٥-۱- مقاومت در برابر آتش دیوارها، کف‌ها و بام‌های بتنی دو لایه

٤-۲-٥-۲- راه‌حل عددی - برای دال‌های کف و بام و دیوارهای ساخته شده از یک لایه بتن معمولی و یک لایه بتن نیمه سبک یا سبک، که ضخامت هر لایه، ۲۵ میلی‌متر یا بیشتر است، مقاومت در برابر آتش مجموعه، مجاز است تا با استفاده از یکی از روابط زیر تعیین

شود (هنگامی که هر دو وجه در معرض آتش است، کمترین مقدار مقاومت در برابر آتش، ملاک عمل است):

الف) هنگامی که لایه در معرض آتش، بتن معمولی است:

معادله (٤-٢-٥-٢- الف) $R=t_{tot}^2/5660-d_l t_{tot}/11320+8.7/t_{tot}$

در این رابطه، R، مقاومت در برابر آتش مجموعه است (ساعت)، t_{tot}، کل ضخامت دال است (میلی‌متر) و d_l، ضخامت لایه بتنی در معرض آتش است (میلی‌متر).

ب) هنگامی که لایه در معرض آتش، بتن سبک یا نیمه سبک است:

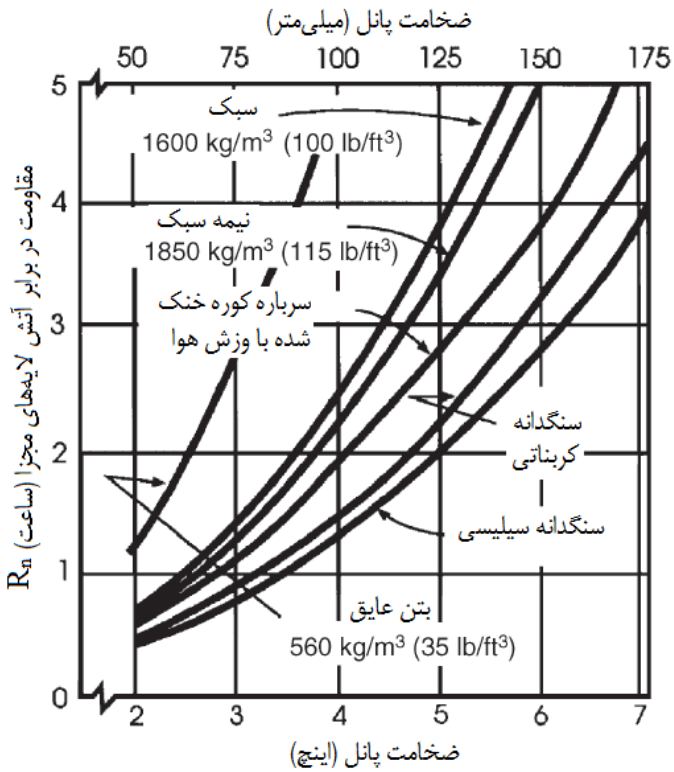
معادله (٤-٢-٥-٢- ب) $R=t_{tot}^2/10240+d_l t_{tot}/5120-d_l^2/10240+6.4/t_{tot}$

٤-٢-٥-٣- راه‌حل عددی جایگزین - مقاومت در برابر آتش دیوارها، کف‌ها و بام‌ها که معیارهای بند ٤-٢-٥-١ را برآورده نمی‌کنند و از دو لایه یا بیشتر از انواع مختلف بتن، یا از لایه‌های بتن، مصالح بنایی سیمانی، مصالح بنایی رسی یا ترکیبی از آنها تشکیل می‌شوند، به وسیله معادله (٤-٢-٥-٣) باید تعیین شود.

معادله (٤-٢-٥-٣) $R=(R_1^{0.59}+R_2^{0.59}+\ldots+R_n^{0.59}+A_1+A_2+\ldots+A_n)^{1.7}$

در این رابطه، R_1، R_2 و R_n به ترتیب مقاومت در برابر آتش لایه‌های ۱، ۲ و n (ساعت) است و $A_1=A_2=A_n=0.3$، ضریب هوا برای هر فضای خالی هوایی پیوسته با عمق ۱۳ تا ۹۰ میلی‌متر در بین لایه‌هاست (ساعت).

مقادیر R_n برای لایه‌های مجزا به منظور استفاده در رابطه (٤-٢-٥-٣) از جدول ٤-٢ یا شکل ٤-٢-٥-٣ برای مصالح بتنی، از جدول ٥-١الف برای مصالح بنایی سیمانی و جدول ٦-٣-١ برای مصالح بنایی رسی تعیین می‌شود. درون‌یابی بین مقادیر در این جداول مجاز است. رابطه (٤-٢-٥-٣) در نظر نمی‌گیرد که کدام لایه در معرض آتش است.

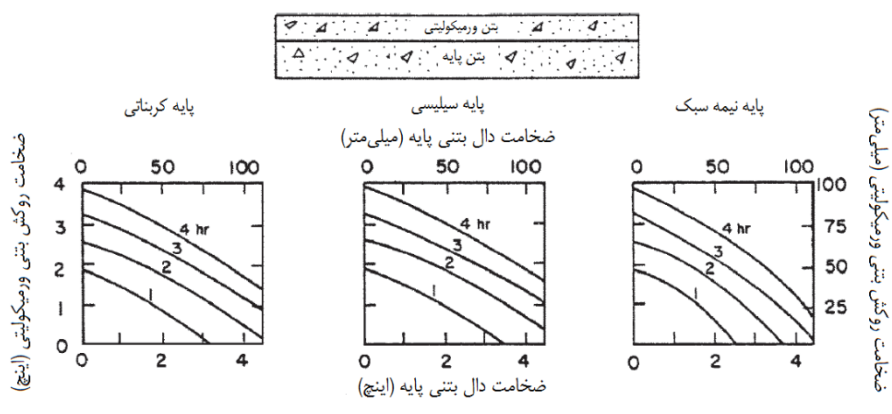


شکل ٤-٢-٥-٣- اثر ضخامت دال و نوع سنگدانه بر روی مقاومت در برابر آتش صفحات بتنی بر اساس افزایش ۱۲۰ درجه سلسیوسی دما در سطح غیر در معرض آتش

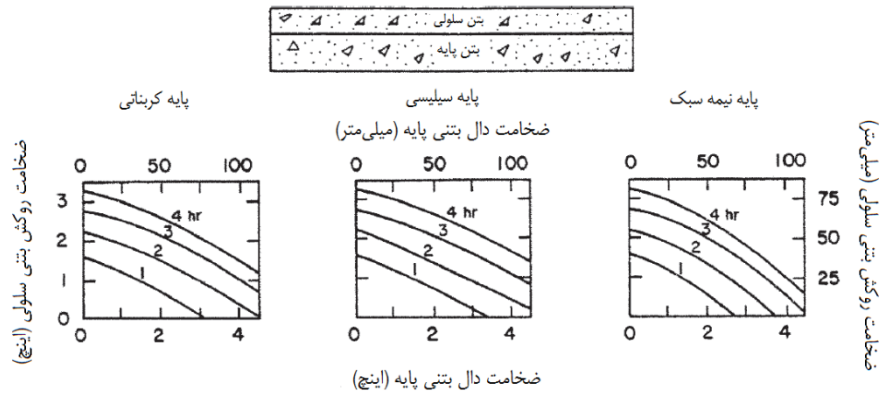
٤-٢-٥-٤- پانل‌های ساندویچی - مقاومت در برابر آتش پانل دیواری بتنی پیش‌ساخته متشکل از یک هسته فوم پلیمری با دو لایه بتن در طرفین، باید با استفاده از رابطه (٤-٢-

۵-۳) تعیین شود. برای فوم پلیمری با ضخامت بیش از ۲۵ میلی‌متر، $R_n^{0.59}=0.22$ در معادله (٤-۲-۵-۳) در نظر گرفته شود. اگر ضخامت کل فوم پلیمری از ۲۵ میلی‌متر کمتر باشد، از سهم آن در مقاومت در برابر آتش باید صرفنظر شود. فوم پلیمری در دو طرف باید با بتن با حداقل ضخامت ۲۵ میلی‌متر محافظت شود.

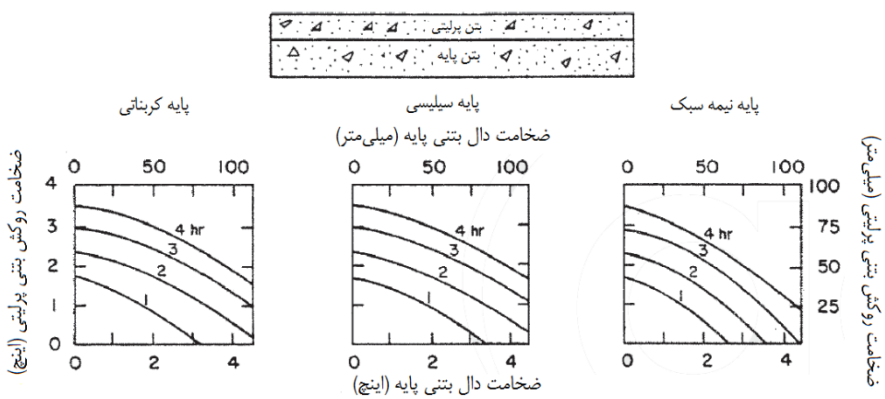
٤-۲-٦- کف‌ها و بام‌های عایق‌کاری شده - مقاومت در برابر آتش کف‌ها و بام‌های متشکل از یک دال اصلی بتنی با یک لایه رویی از جنس بتن سلولی، پرلیتی یا ورمیکولیتی یا تخته‌های عایق حرارتی همراه با آسفالت‌کاری بام، باید با توجه به شکل ٤-۲-٦-الف یا شکل ٤-۲-٦-ب تعیین شود. اگر آسفالت‌کاری بام بر روی لایه رویی بتن عایق‌کننده سبک یا نیمه سبک، اجرا شود، مجاز خواهد بود که ۱۰ دقیقه به مقاومت در برابر آتش تعیین شده مطابق شکل ٤-۲-٦-الف یا ٤-۲-٦-ج اضافه شود.



(الف)

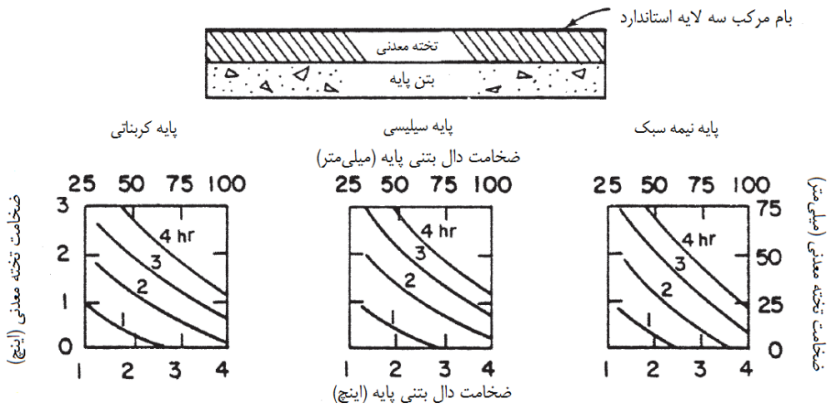


(ب)

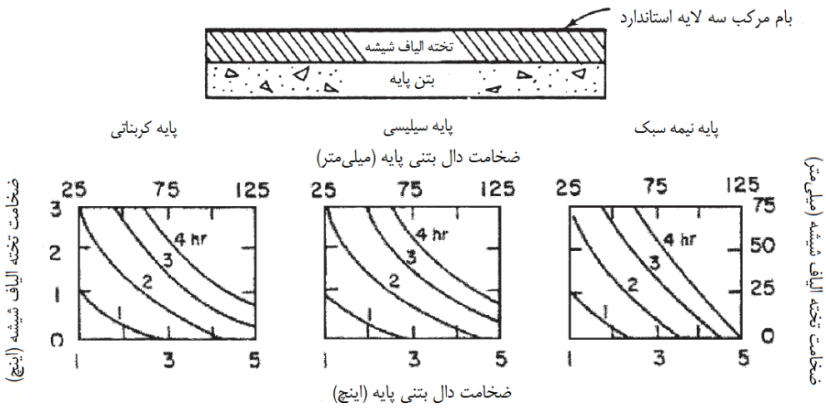


(ج)

شکل ٤-٢-٦- الف- مقاومت در برابر آتش دال اصلی بتنی همراه با یک لایه بتن عایق‌کننده ($480\ kg/m^3$)

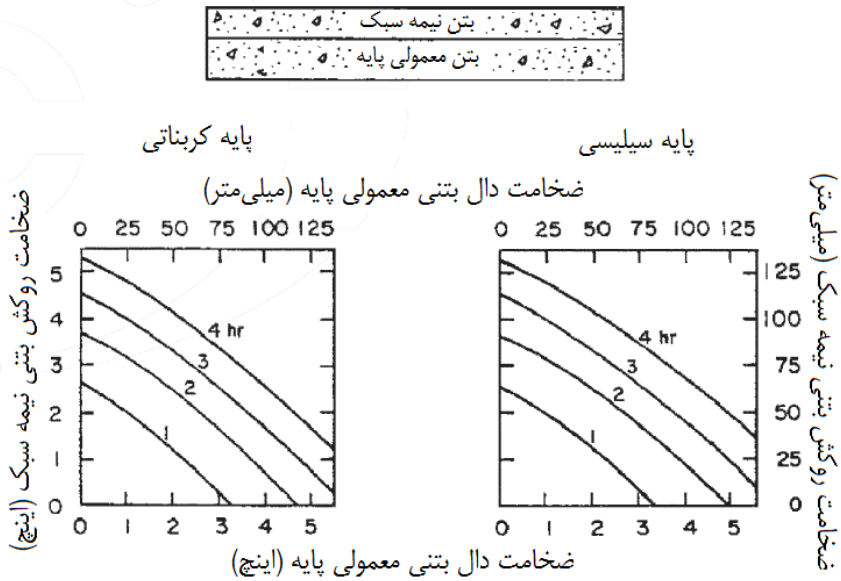


(الف)



(ب)

شکل ٤-٢-٦-ب- مقاومت در برابر آتش بام‌های بتنی همراه با تخته عایق حرارتی



شکل ٤-٢-٦- ج- مقاومت در برابر آتش دال اصلی بتنی معمولی همراه با یک لایه بتن نیمه سبک

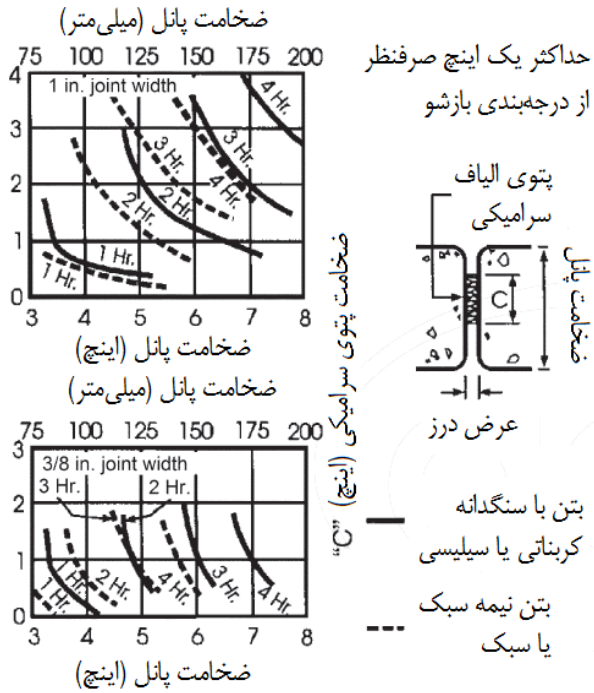
٤-٢-٧- محافظت درزهای بین پانل‌های دیواری و دال‌های بتنی پیش ساخته

هنگامی که درزهای بین پانل دیواری بتنی لازم است که طبق بند ٤-٢-٧-١ عایق‌کاری شود، این عمل باید مطابق با بند ٤-٢-٧-٢ انجام شود. درزهای بین دال‌های بتنی پیش ساخته باید مطابق با بند ٤-٢-٧-٣ محافظت شود.

٤-٢-٧-١- درزها در دیوارهایی که باید عایق‌کاری شوند – درزهای ساخته شده درون یا بین دیوارها باید بر اساس ضوابط فصل ۳-۸ از مبحث سوم مقررات ملی ساختمان محافظت شوند. در جایی که گشودگی‌ها طبق ضوابط مبحث سوم، مجاز نیستند یا لازم است محافظت شوند، ضوابط بند ٤-٢-٧-٢ برای تعیین ضخامت مورد نیاز برای عایق‌کاری درز باید رعایت شود. درزهای بین پانل‌های دیواری بتنی که طبق بند ٤-٢-٧-٢، عایق‌کاری نمی‌شوند، باید به عنوان گشودگی محافظت نشده در نظر گرفته شده و با

ضوابط مبحث سوم انطباق داده شود. در جایی کـه درصـد بازشـوهای محافظـت نشـده در دیوارهای خارجی، محدود می‌شود، درزهای عایق‌کاری نشده در دیوارهـای خـارجی بایـد همراه با سایر بازشوهای محافظت نشده در نظر گرفته شود. به منظور تعیـین درصـد مجـاز بازشوها، درزهای عایق‌کاری نشده در دیوارهای خارجی بایـد همـراه بـا سـایر بازشـوهای محافظت نشده در نظر گرفتـه شـود. بـه منظـور تعیـین درصـد مجـاز بازشـوها، درزهـای عایق‌کاری شده مطابق با بند ٤-٢-٧-٢، نباید به عنوان گشودگی در نظر گرفته شوند.

٤-٢-٧-٢- ضخامت عایق الیاف سرامیکی – ضخامت عایق پتویی الیـاف سـرامیکی مـورد نیاز برای عایق‌کاری درزها با عرض ۱۰ و ۲۵ میلی‌متر بین پانـل‌هـای دیـواری بتنـی بـرای حفظ درجات مقاومت در برابر آتش یک الی چهار سـاعت، بایـد مطـابق شـکل ٤-٢-٧-٢ باشد. برای درزها با عرض بین ۱۰ و ۲۵ میلی‌متر، ضخامت عایق به وسیله درون‌یـابی قابـل تعیین است. سایر سیستم‌های اصلاح درز که مقاومت در برابر آتش مورد نیاز را تأمین کند، به شرط دارا بودن گواهی یا نظریه فنی از مقام قـانونی صـدور گواهینامـه فنـی قابـل قبـول است.



شکل ٤-۲-۷-۲- محافظت درزها با الیاف سرامیکی

٤-۲-۷-۳- درزهای بین دال‌های پیش ساخته – صرف نظر کردن از درزهای بین دال‌های بتنی پیش ساخته مجاور در محاسبه ضخامت معادل دال مجاز است، به شرطی که یک لایه بتنی رویه با ضخامت بیش از ۲۵ میلی‌متر اجرا شود. در جایی که این لایه بتنی رویه اجرا نمی‌شود، درزها باید تا یک عمق حداقل برابر یک سوم ضخامت دال، با گروت پر شوند. در حالت سقف‌های تو خالی (دال‌های بتنی با سوراخ‌های دایره‌ای)، ضخامت گروت نیاز نیست تا از مجموع ضخامت لایه‌های بالایی و پایینی بتن تجاوز کند. کاربرد عایق پتویی الیاف سرامیکی مطابق بند ٤-۲-۷-۲ نیز مجاز است.

٤-۲-۸- اثرات مصالح نازک‌کاری بر روی مقاومت در برابر آتش - استفاده از مصالح نازک‌کاری به منظور افزایش مقاومت در برابر آتش، مجاز است. اثر مصالح نازک‌کاری با توجه به قرارگیری بر روی سطح در معرض آتش یا سطح غیر در معرض آتش، باید مطابق با ضوابط فصل ۷ ارزیابی شود.

٤-۳- پوشش محافظ بتنی مسلح کننده فولادی (کابل یا آرماتور فولادی)

تعیین پوشش محافظ در این بخش بر اساس معیار سازه‌ای است. مجموعه‌هایی که باید به عنوان موانع آتش عمل کنند، باید معیار انتقال حرارت را نیز برآورده کنند و مطابق ضوابط بخش ٤-۲ باشند.

٤-۳-۱- کلیات

حداقل پوشش بتنی بر روی مسلح کننده فولادی طولی پایینی (مسلح کننده مربوط به لنگر مثبت در دهانه‌های ساده) برای دال‌های کف و بام و تیرها، باید با استفاده از روش‌های توصیف شده در بندهای ٤-۳-۱-۱ تا ٤-۳-۱-۳ تعیین شود. هم چنین پوشش بتنی نباید کمتر از مقدار مورد نیاز در مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران یا ACI 318M باشد. به منظور تعیین حداقل پوشش بتنی، دال‌ها و تیرها لازم است مطابق جدول ٤-۳-۱ به عنوان مقید شده یا مقید نشده، دسته‌بندی شوند.

جدول ٤-۳-۱- دسته‌بندی اعضای سازه‌ای: مقید شده و مقید نشده

مقید نشده	
اعضای متکی به دیوار*	سیستم‌های تک دهانه و دهانه‌های انتهایی با تکیه‌گاه ساده در سیستم‌های چند دهانه مانند اجزای بتنی یا پیش‌ساخته†
مقید شده	
اعضای متکی به دیوار*	دهانه‌های داخلی سیستم‌های چند دهانه: ۱- سیستم‌های دال بتنی درجا ریز؛ ۲- بتن پیش ساخته هنگاهی که با انبساط حرارتی بالقوه به وسیله ساختار مجاور، مقابله می‌شود.‡
قاب‌بندی بتنی	۱- تیرهای محکم شده به طور مطمئن به اعضای قاب‌بندی؛ ۲- سیستم‌های کف یا بام درجا ریز (مانند سیستم‌های تیر/دال، دال‌های تخت، تیرچه‌های بتنی و دال‌های وافل) که سیستم کف یا بام با اعضای قاب‌بندی ریخته می‌شود؛ ۳- دهانه‌های داخلی و خارجی سیستم‌های پیش‌ساخته با اتصالات درجا ریز که منجر به قیدی معادل با شرایط شماره ۱ می‌شود. ٤- سیستم‌های کف یا بام پیش‌ساخته که اعضای سازه‌ای به این سیستم‌ها محکم می‌شوند و با انبساط حرارتی بالقوه سیستم‌های کف یا بام به وسیله سیستم قاب‌بندی ساختار کف یا بام مجاور، مقابله می‌شود.‡

* اعضای متکی به دیوار به اجزای باربر قرار گرفته روی دیوارها مربوط است.

† سیستم‌های کف و بام، هنگامی که با یا بدون تیرهای کلاف‌بندی به دیوارها متصل می‌شوند، مقید شده هستند به شرطی که دیوارها به گونه‌ای طراحی و جزئیات‌بندی شده باشند که با فشار حرارتی ناشی از سیستم کف یا بام، مقابله کنند.

‡ برای مثال، مقابله با انبساط حرارتی بالقوه، کافی در نظر گرفته می‌شود هنگامی که:

الف) از یک لایه رویه بتنی پیوسته استفاده شود؛

ب) فضای بین انتهای اجزای پیش‌ساخته یا بین انتهای اجزای پیش‌ساخته و وجه قائم تکیه‌گاه‌ها، با بتن یا ملات پر شود؛

ج) فضای بین انتهای اجزای پیش‌ساخته و وجه قائم تکیه‌گاه‌ها، یا فضای بین انتهای قطعات سقفی توپر یا هالوکور، از ۰/۲۵ درصد طول اعضای بتنی معمولی یا ۰/۱ درصد طول اعضای بتنی سبک سازه‌ای تجاوز نکند.

٤-۳-۱-۱- پوشش برای مسلح کننده در دال - حداقل ضخامت پوشش بتنی بر روی مسلح کننده مربوط به لنگر مثبت (فولاد پایین مقطع) برای انواع مختلف دال‌های کف و بام بتنی به منظور تأمین مقاومت در برابر آتش یک تا چهار ساعت، باید مطابق با مقادیر مندرج در جدول ٤-۳-۱-۱ باشد. جدول ٤-۳-۱-۱ برای سیستم‌های تیر/دال یک یا دو طرفه درجا ریز یا دال‌های تخت یا توخالی پیش ساخته با سطوح زیرین تخت، قابل کاربرد است.

جدول ٤-۳-۱-۱- حداقل پوشش مسلح کننده در دال‌های کف و بام بتنی

نوع سنگدانه	ضخامت پوشش*† مسلح کننده برای درجه مقاومت در برابر آتش مربوطه (میلی‌متر)					
	مقید شده	مقید نشده				
	٤ ساعت یا کمتر	۱ ساعت	۱/۵ ساعت	۲ ساعت	۳ ساعت	٤ ساعت
مسلح‌کننده غیر پیش تنیده						
سیلیسی	۲۰	۲۰	۲۰	۲۵	۳۰	٤۰
کربناتی	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۳۰	۳۰
نیمه سبک	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۳۰	۳۰
سبک	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۳۰	۳۰
مسلح‌کننده پیش تنیده						
سیلیسی	۲۰	۳۰	٤۰	٤۵	٦۵	۷۰
کربناتی	۲۰	۲۵	۳۵	٤۰	۵۵	۵۵
نیمه سبک	۲۰	۲۵	۳۵	٤۰	۵۰	۵۵
سبک	۲۰	۲۵	۳۵	٤۰	۵۰	۵۵

* هم چنین باید الزامات حداقل پوشش بند ٤-۳-۱ رعایت شود.

† اندازه‌گیری شده از سطح بتن تا نزدیکترین سطح مسلح‌کننده طولی.

٤-۳-۱-۲- پوشش برای مسلح کننده خمشی غیر پیش تنیده در تیرها - حداقل ضخامت پوشش بتنی بر روی مسلح کننده فولادی طولی غیر پیش تنیده پایینی برای تیرهای مقید شده و مقید نشده با عرض‌های مختلف به منظور تأمین مقاومت در برابر آتش یک تا چهار ساعت، باید مطابق با مقادیر مندرج در جدول ٤-۳-۱-۲ باشد. مقادیر جدول ٤-۳-۱-۲ برای تیرهای مقید شده باید برای تیرهایی با فواصل مرکز تا مرکز بیش از ۱/۲ متر به کار رود. برای تیرها و تیرچه‌های مقید شده با فواصل مرکز تا مرکز کمتر از ۱/۲ متر، ۲۰ میلی‌متر پوشش برای تأمین الزامات مقاومت در برابر آتش چهار ساعت یا کمتر، مجاز است. پوشش برای تیرها با عرض‌های میانی در جدول، باید به وسیله درون‌یابی خطی تعیین شود.

جدول ٤-۳-۱-۲- حداقل پوشش مسلح کننده در تیرهای غیر پیش تنیده

نوع قید	عرض تیر (میلی‌متر)	ضخامت پوشش مسلح کننده برای درجه مقاومت در برابر آتش مربوطه (میلی‌متر)				
		۱ ساعت	۱/۵ ساعت	۲ ساعت	۳ ساعت	٤ ساعت
مقید شده	۱۲۵	۲۰	۲۰	۲۰	۲۵	۳۰
	۱۷۵	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
	≥۲۵۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
مقید نشده	۱۲۵	۲۰	۲۵	۳۰	غیر مجاز	غیر مجاز
	۱۷۵	۲۰	۲۰	۲۰	٤۵	۷۵
	≥۲۵۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۵	٤۵

پوشش بتن برای یک میلگرد مسلح کننده تک، حداقل ضخامت بتن بین سطح میلگرد و سطح در معرض آتش تیر است. برای تیرها با چندین میلگرد مسلح کننده، مقدار پوشش در جدول ٤-۳-۱-۲، متوسط حداقل پوشش میلگردهای مسلح کننده تکی است. برای میلگردهای مسلح کننده گوشه (میلگردهای مسلح کننده با فاصله مساوی از زیر و بغل

تیر)، حداقل پوشش مورد استفاده در محاسبه باید نصف مقدار واقعی باشد. پوشش واقعی برای هر میلگرد مسلح کننده مجزا نباید کمتر از نصف مقدار نشان داده شده در جدول ٤-٣-١-٢ یا ٢٠ میلی‌متر، هر کدام که بیشتر است، باشد.

٤-٣-١-٣- پوشش برای مسلح کننده خمشی پیش تنیده

برای تیرها و واحدهای بتنی T شکل مقید شده و مقید نشده (جدول ٤-٣-١)، حداقل ضخامت پوشش بتنی بر روی مسلح کننده فولادی طولی پایینی به منظور تأمین یک تا چهار ساعت مقاومت در برابر آتش، باید مطابق با مقادیر مندرج در جداول ٤-٣-١-٣-الف و ٤-٣-١-٣-ب باشد. مقادیر ارائه شده در جدول ٤-٣-١-٣-الف مربوط به اعضا با سنگدانه کربناتی، سیلیسی یا نیمه سبک است که عرضی بیش از ٢٠٠ میلی‌متر دارند. مقادیر ارائه شده در جدول ٤-٣-١-٣-ب مربوط به اعضای پیش تنیده با همه نوع سنگدانه و اندازه عرض که مساحت مقطع بیش از ٢٦٠٠٠ میلی‌متر مربع است. در صورت اختلاف در مقادیر جداول ٤-٣-١-٣-الف و ٤-٣-١-٣-ب، استفاده از مقادیر کوچکتر، مجاز است. مقدار پوشش در جدول ٤-٣-١-٣-الف یا ٤-٣-١-٣-ب باید یک متوسط وزن‌دار باشد که مطابق با ضوابط بند ٤-٣-١-٢ و با جاگذاری کابل به جای میلگرد، محاسبه می‌شود. حداقل پوشش برای میلگرد فولادی طولی غیر پیش تنیده پایین مقطع در تیرهای پیش تنیده، باید مطابق با بند ٤-٣-١-٢ تعیین شود.

جدول ٤-۳-۱-۳- الف- حداقل پوشش مسلح کننده در تیرهای بتنی پیش تنیده با عرض ۲۰۰ میلی‌متر یا بیشتر

نوع قید	نوع سنگدانه	عرض تیر (میلی‌متر)	ضخامت پوشش مسلح کننده برای درجه مقاومت در برابر آتش مربوطه (میلی‌متر)				
			۱ ساعت	۱/۵ ساعت	۲ ساعت	۳ ساعت	٤ ساعت
مقید شده*	کربناتی یا سیلیسی	۲۰۰	٤۰	٤۰	٤۰	٤٥	٦٥
		≥۳۰۰	٤۰	٤۰	٤۰	٤۰	٥۰
	نیمه سبک	۲۰۰	٤۰	٤۰	٤۰	٤۰	٥۰
		≥۳۰۰	٤۰	٤۰	٤۰	٤۰	٤۰
مقید نشده	کربناتی یا سیلیسی	۲۰۰	٤۰	٤٥	٦٥	†۱۲٥	غیر مجاز
		≥۳۰۰	٤۰	٤۰	٥۰	٦٥	۷٥
	نیمه سبک	۲۰۰	٤۰	٤۰	٥۰	۸٥	غیر مجاز
		≥۳۰۰	٤۰	٤۰	٤۰	٥۰	٦٥

* مقادیر جدول برای تیرهای مقید شده، برای تیرها با فواصل مرکز تا مرکز بیش از ۱/۲ متر به کار می‌رود.

† برای تیرها با عرض ۲۰۰ میلی‌متر، کاربردی نیست و فقط برای درون‌یابی، نشان داده شده است.

جدول ٤-۳-۱-۳-ب- حداقل پوشش مسلح کننده در تیرهای بتنی پیش تنیده با هر اندازه عرض

نوع قید	نوع سنگدانه	10^3×مساحت (میلی‌متر مربع)*	ضخامت پوشش مسلح کننده برای درجه مقاومت در برابر آتش مربوطه (میلی‌متر)				
			۱ ساعت	۱/۵ ساعت	۲ ساعت	۳ ساعت	٤ ساعت
مقید شده	همه	۲٦≤A≤۹۷	٤۰	٤۰	٥۰	٦٥	غیر مجاز
	کربناتی یا سیلیسی	۹۷≤A≤۱۹٤	٤۰	٤۰	٤۰	٤٥	٦٥
		۱۹٤≤A	٤۰	٤۰	٤۰	٤۰	٥۰
	سبک یا نیمه سبک	۹۷≤A	٤۰	٤۰	٤۰	٤۰	٥۰
مقید نشده	همه	۲٦≤A≤۹۷	٥۰	٦٥	غیر مجاز	غیر مجاز	غیر مجاز
	کربناتی یا سیلیسی	۹۷≤A≤۱۹٤	٤۰	٤٥	٦٥	غیر مجاز	غیر مجاز
		۱۹٤≤A	٤۰	٤۰	٥۰	†۷٥	†۷٥
	سبک یا نیمه سبک	۹۷≤A	۴۰	۴۰	۵۰	†۷۵	†۱۰۰

* در محاسبه مساحت مقطع برای مقاطع T شکل، مساحت بال باید به مساحت جان اضافه شود و کل عرض بال نباید از سه برابر عرض متوسط جان تجاوز کند.

† تمهیدات کافی در مقابل ریزش به وسیله خاموت‌های قلابدار یا U شکل باید تامین شود که فاصله آنها نباید بیشتر از عمق عضو بوده و پوشش ۲۵ میلی‌متری داشته باشند.

٤-٤- روش‌های تحلیلی برای محاسبه مقاومت در برابر آتش و پوشش محافظ بتنی اعضای خمشی

به جای استفاده از روش‌های توصیف شده در بخش ٤-۳، روش‌های محاسباتی در این بخش به منظور تعیین مقاومت در برابر آتش و کفایت پوشش محافظ بتنی در اعضای خمشی بتنی بر اساس منحنی دما–زمان آتش در استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۲۰۵۵ معادل با BS EN 1363-1 قابل استفاده است. ضوابط این بخش صریحاً اثرات قید در مقابل انبساط حرارتی را در نظر نمی‌گیرند، ولی استفاده از روش‌های تحلیل و طراحی جامعی که اثرات باز توزیع تنش و قید در مقابل انبساط حرارتی را در نظر می‌گیرند، مجاز است. در هیچ حالتی، ضخامت پوشش محافظ بتنی نباید کمتر از مقدار مورد نیاز در مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران یا ACI 318M باشد.

٤-٤-١- دال‌های یک‌طرفه و تیرهای مقید نشده با تکیه‌گاه ساده

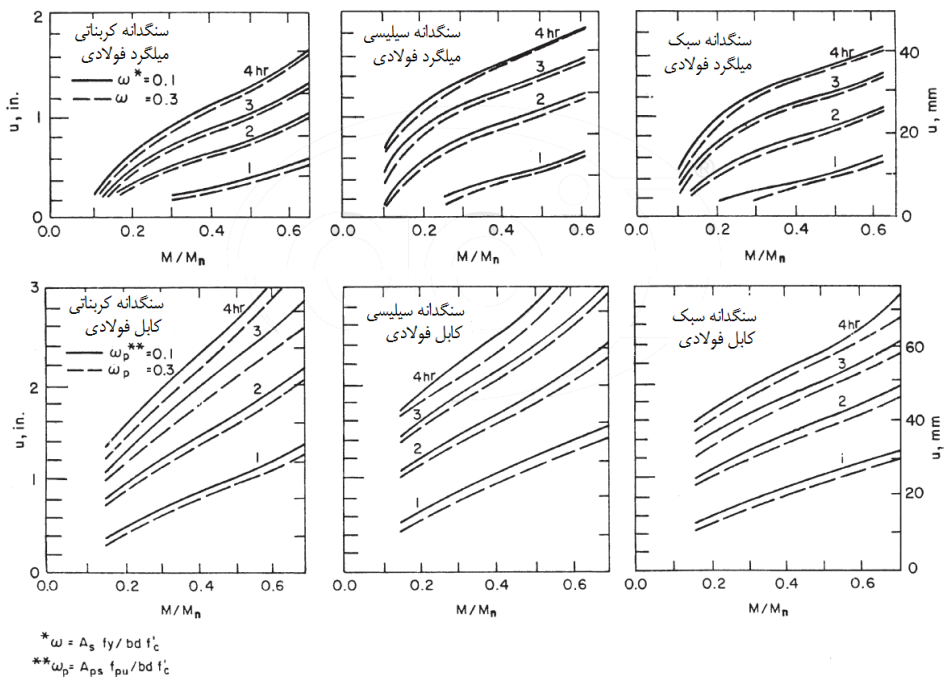
براساس معیار (نقطه انتهایی) سازه‌ای، مقاومت در مقابل آتش یک عضو خمشی مقید نشده با تکیه‌گاه ساده به قرار زیر است:

معادله (٤-٤-١) $M_n \geq M_{n\theta} \geq M$

در این رابطه، M_n، ظرفیت خمشی اسمی مقطع (N.m)، $M_{n\theta}$، ظرفیت خمشی اسمی مقطع در دمای بالا (N.m) و M، خمش ناشی از کل بار سرویس بر روی عضو (N.m) است.

فرض کنید لنگر ناشی از کل بار سرویس بدون ضریب، در کل دوره مقاومت در برابر آتش، ثابت است. باز توزیع لنگرها یا در نظرگیری اثرات قید حرارتی، در تعیین مقاومت در برابر آتش اعضای طبقه‌بندی شده به عنوان غیرمقید با تکیه‌گاه ساده، مجاز نیست.

٤-٤-١-١- روش محاسبه برای دال‌ها - شکل ٤-٤-١-١ باید برای تعیین مقاومت در برابر آتش سازه‌ای یا مقدار پوشش بتنی **u**، تا مرکز مسلح کننده فولادی دال‌های بتنی، مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ٤-٤-١-١- مقاومت در برابر آتش دال‌های بتنی که به نوع سنگدانه، نوع فولاد مسلح کننده، مقدار لنگر و u (تعریف شده در بند ٢-١) وابسته است.

٤-٤-١-٢- روش محاسبه برای تیرها با تکیه‌گاه ساده - همان روش مورد استفاده برای دال‌ها در بند ٤-٤-١-١، باید برای تیرها نیز لحاظ شود با این اختلاف که هنگام تعیین

مقدار متوسط u برای تیرهای دارای میلگردها یا کابل‌های گوشه، u مؤثر (u_{ef}) باید استفاده شود که برابر نصف مقدار واقعی u است. شکل ٤-٤-١-١ باید با u_{ef} محاسبه شده، استفاده شود.

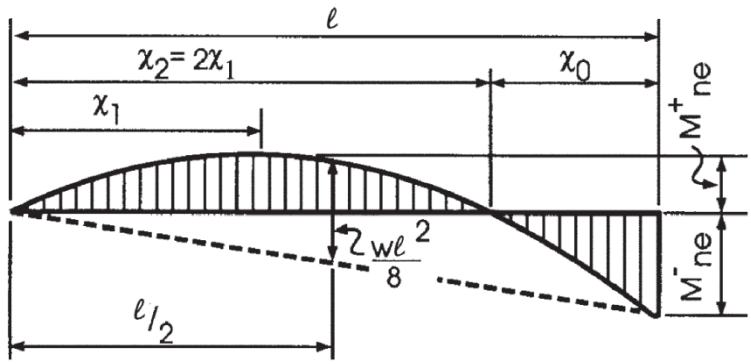
٤-٤-٢- تیرها و دال‌های پیوسته

برای روش مورد استفاده در این بخش، معیار محافظت در برابر آتش برای دال‌ها یا تیرهای پیوسته، باید باز توزیع تنش را که در حین دوره مقاومت در برابر آتش رخ می‌دهد، در نظر بگیرد.

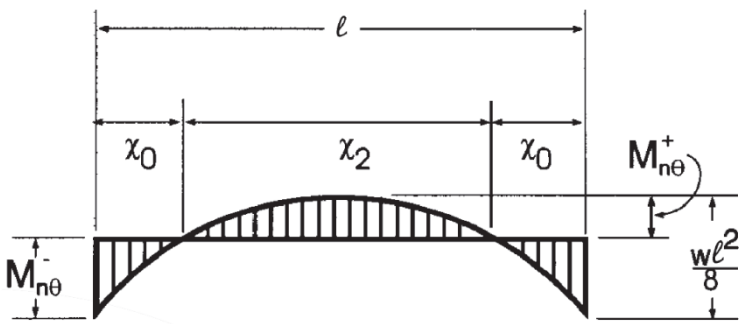
بر اساس معیار سازه‌ای، مقاومت در برابر آتش اعضای خمشی پیوسته باید به کمک رابطه زیر تعیین شود:

معادله (٤-٤-٢) $M_{n\theta}^{+}=M_{x1}$

یعنی هنگامی که $M_{n\theta}^{+}$، ظرفیت خمش اسمی مثبت مقطع در دماهای بالا به M_{x1}، حداکثر مقدار لنگر مثبت باز توزیع شده در فاصله x_1، برسد. برای دال‌ها و تیرهایی که بر روی یک تکیه‌گاه پیوسته هستند، این فاصله از تکیه‌گاه خارجی اندازه‌گیری می‌شود. برای پیوستگی روی دو تکیه‌گاه، فاصله x_1 از هر تکیه‌گاه باید اندازه‌گیری شود (شکل ٤-٤-٢الف و ٤-٤-٢ب). مقدار $M_{n\theta}^{+}$ باید مطابق با بند ٤-٤-٢-٢-١ محاسبه شود. مقادیر مورد نیاز و موجود $M_{n\theta}$ باید مطابق با بندهای ٤-٤-٢-٢-٢ و ٤-٤-٢-٢-٤ تعیین شود.



شکل ٤-٤-٢-الف- دیاگرام لنگر اعمالی باز توزیع شده در شرایط گسیختگی برای یک عضو خمشی تحت بار یکنواخت پیوسته بر روی یک تکیه‌گاه



شکل ٤-٤-٢- ب- دیاگرام لنگر اعمالی باز توزیع شده در شرایط گسیختگی برای یک عضو خمشی تحت بار یکنواخت متقارن پیوسته بر روی دو تکیه‌گاه

٤-٤-٢-١- جزئیات مسلح کردن - عضو باید با گونه‌ای طراحی شود که کشش خمشی بر طراحی حاکم باشد. مسلح کننده لنگر منفی باید به اندازه کافی بلند باشد تا باز توزیع کامل لنگر و تغییر در مکان نقاط عطف را فراهم کند. طول مورد نیاز برای مسلح کننده مربوط به لنگر منفی، باید با این فرض تعیین شود که دهانه مورد نظر، تحت حداقل بار محتملش قرار دارد و دهانه‌های مجاور تحت حداکثر بار سرویس بدون ضریب هستند. جزئیات

مسلح کردن باید الزامات مربوطه مندرج در ACI 318M-11 و الزامات بند ٤-٤-٢-٢ این دستورالعمل را برآورده کنند.

٤-٤-٢-١-١- به منظور جلوگیری از گسیختگی فشاری در منطقه لنگر منفی، شاخص مسلح کننده کششی مربوط به لنگر منفی (ω_θ) نباید از ٠/٣ تجاوز کند. در محاسبه ω_θ، از بتن با دمای بالاتر از ٧٦٠ درجه سلسیوس باید صرف نظر شود. در این حالت یک d_{ef} کاهش یافته به جای d باید استفاده شود که برای مسلح کننده غیر پیش تنیده داریم:

معادله (٤-٤-٢-١-١- الف) $\omega_\theta=\rho f_{y\theta}/f_{c\theta}'=A_s f_{y\theta}/bd_{ef}f_{c\theta}'$

برای مسلح کننده پیش تنیده:

معادله (٤-٤-٢-١-١- ب) $\omega_{\rho\theta}=A_{ps}f_{ps\theta}/bd_{ef}f_{c\theta}'$

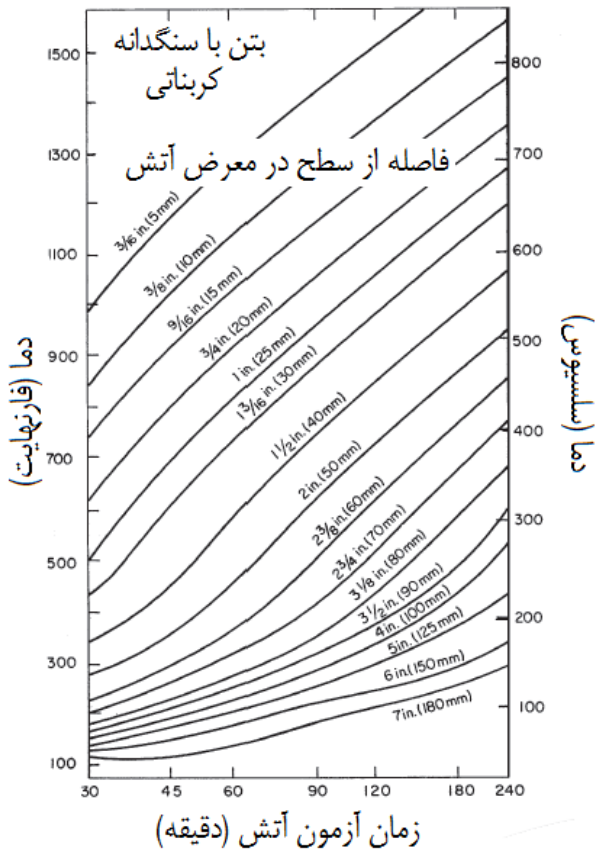
در این روابط، ρ، نسبت مسلح کننده (A_s/bd)، $f_{y\theta}$، مقاومت تسلیم کاهش یافته فولاد مسلح کننده غیر پیش تنیده در دمای بالا (MPa)، $f_{c\theta}'$، مقاومت فشاری کاهش یافته بتن در دمای بالا (MPa)، A_s، مساحت مقطع مسلح کننده کششی طولی غیر پیش تنیده (mm^2)، b، عرض دال یا تیر بتنی (mm)، d_{ef}، فاصله مرکز مسلح کننده کششی تا دورترین تار فشاری بتن در نقطه‌ای که دما از ٧٦٠ درجه سلسیوس تجاوز نمی‌کند (mm)، $\omega_{\rho\theta}$، شاخص مسلح کننده برای تیر بتنی مسلح شده با فولاد پیش تنیده در دمای بالا، A_{ps}، مساحت مقطع کابل‌های پیش تنیده (mm^2) و $f_{ps\theta}$، تنش در فولاد پیش تنیده در دمای بالا (MPa) است.

٤-٤-٢-١-٢- هنگامی که تحلیل در بند ٤-٤-٢-١ نشان می‌دهد که لنگر منفی در کل طول دهانه امتداد می‌یابد، حداقل ٢٠ درصد مسلح کننده مربوط به لنگر منفی در دهانه باید

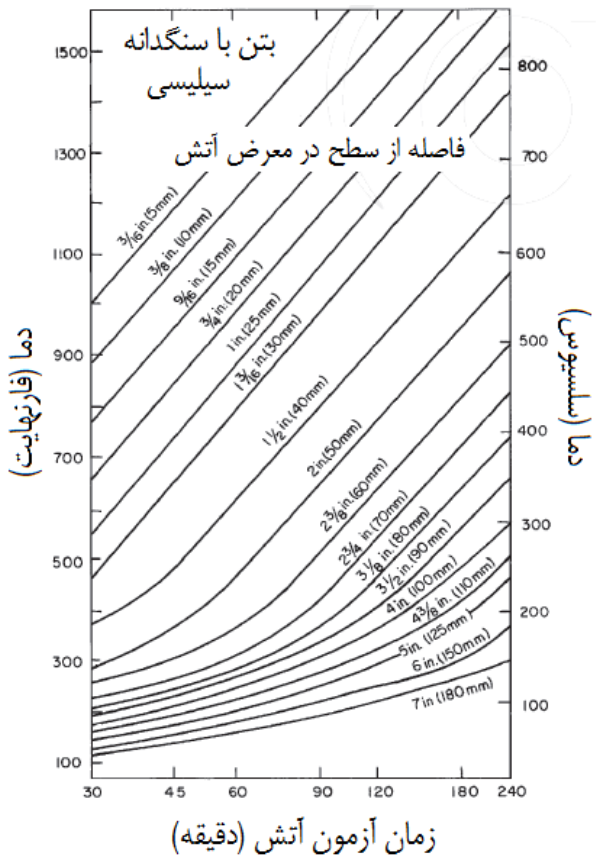
در کل طول دهانه امتداد یابد تا امکان باز توزیع لنگر منفی و تغییر محل نقاط عطف را فراهم کند.

٤-٤-٢-٢- روش محاسبه برای دال‌های پیوسته - روش‌های بند ٤-٤-٢-٢-١ باید برای تعیین مقاومت در برابر آتش سازه‌ای و پوشش محافظ بتنی برای پیوستگی بر روی یک تکیه‌گاه، مورد استفاده قرار گیرند. برای پیوستگی بر روی دو تکیه‌گاه، روش‌های بند ٤-٤-٢-٢-٣ باید استفاده شود.

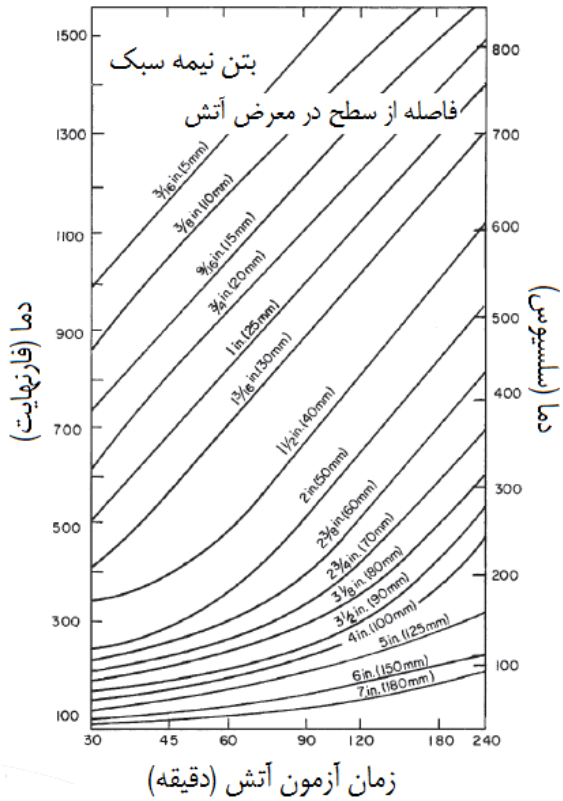
٤-٤-٢-٢-١- تعیین مقاومت در برابر آتش سازه‌ای یا مقدار مسلح کننده فولادی برای حالت پیوستگی بر روی یک تکیه‌گاه - دمای بتن و فولاد در منطقه حداکثر لنگر مثبت از شکل ٤-٤-٢-٢-١الف قابل تعیین است که بستگی به سنگدانه بتن، درجه مقاومت در برابر آتش مورد نیاز و زمان فرض شده قرارگیری در معرض آتش استاندارد ملی ایران به شماره ١-١٢٠٥٥ معادل با BS EN 1363-1 دارد.



شکل ٤-٤-٢-٢-١- الف-١- دماها داخل دال‌ها در حین آزمون آتش BS EN 1363-1 - بتن با سنگدانه کربناتی



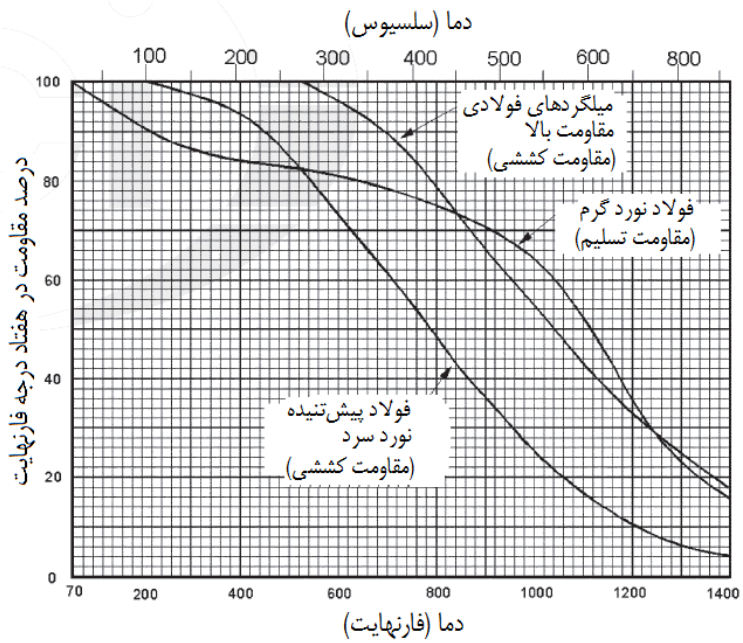
شکل ٤-٤-٢-٢-١-الف-٢- دماها داخل دال‌ها در حین آزمون آتش BS EN 1363-1 - بتن با سنگدانه سیلیسی



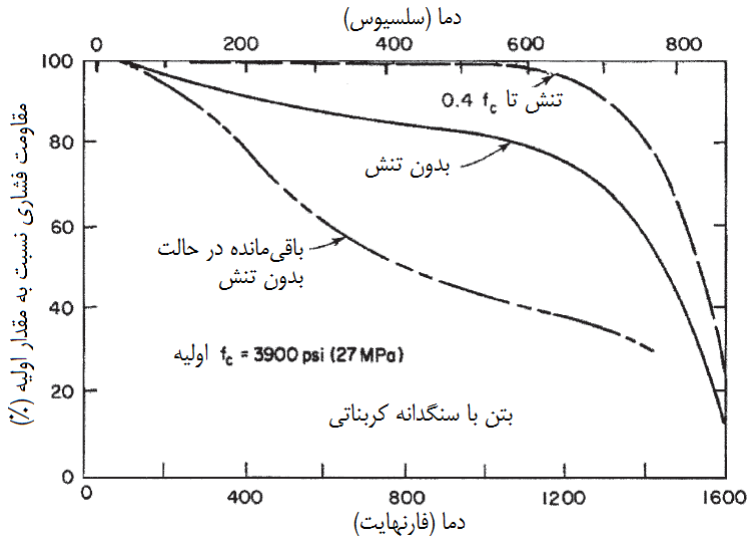
شکل ٤-٤-٢-٢-١- الف-٣- دماها داخل دال‌ها در حین آزمون آتش BS EN 1363-1 - بتن با سنگدانه نیمه سبک

ظرفیت خمشی مثبت باید از طریق رابطه $M_{n\theta}^{+}=A_s f_{y\theta}(d-a_\theta/2)$ برای حالت مسلح کننده غیر پیش تنیده و از طریق رابطه $M_{n\theta}^{+}=A_{ps} f_{ps\theta}(d-a_\theta/2)$ برای حالت مسلح کننده پیش تنیده تعیین شود که در این روابط، $f_{y\theta}$، مقاومت کاهش یافته مسلح کننده غیر پیش تنیده در دماهای بالا (مگاپاسکال) و $f_{ps\theta}$، تنش کاهش یافته مسلح کننده پیش تنیده در دماهای بالا (مگاپاسکال) است که از شکل ٤-٤-٢-٢-١-ب تعیین می‌شود، $a_\theta=A_s f_{y\theta}/0.85f_{c\theta}'b$ برای حالت مسلح کننده غیر پیش تنیده و $a_\theta=A_{ps} f_{ps\theta}/0.85f_{c\theta}'b$ برای حالت مسلح کننده پیش تنیده است و $f_{c\theta}'$، مقاومت فشاری کاهش یافته بتن در منطقه فشار خمشی است که

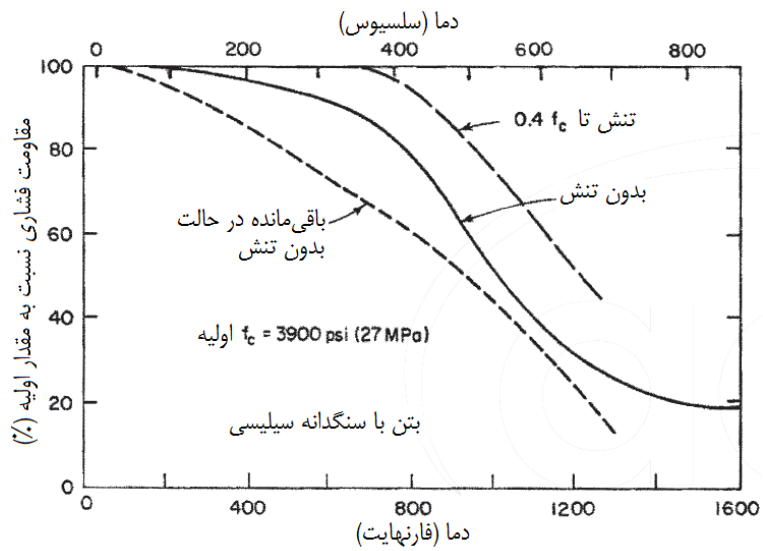
بستگی به دمای بالا و نوع سنگدانه بتن داشته و از شکل ٤-٤-٢-٢-١ج تعیین می‌شود (مگاپاسکال). از طرف دیگر، استفاده از شکل ٤-٤-١-١ برای تعیین ظرفیت خمشی موجود $M_{n\theta}^{+}$ به عنوان درصدی از M_n^{+} مجاز است.



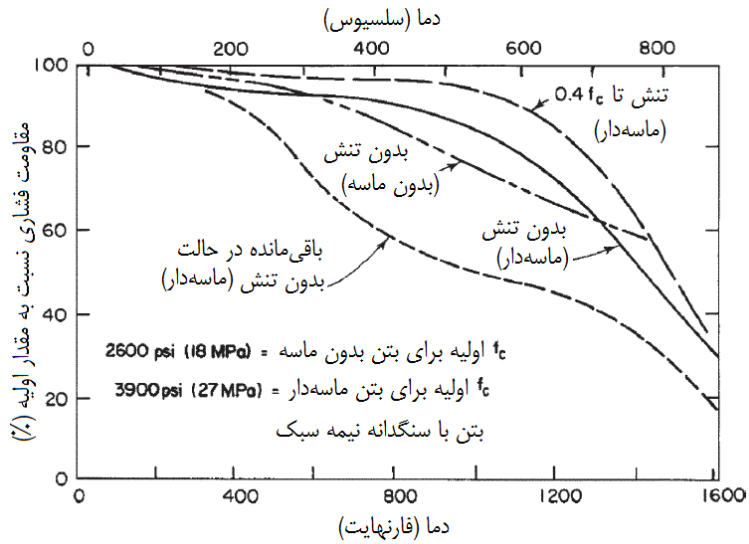
شکل ٤-٤-٢-٢-١-ب- مقاومت میلگرد و کابل فولادی مسلح کننده خمشی در دماهای بالا



شکل ٤-٤-٢-٢-١-ج-١- مقاومت فشاری بتن با سنگدانه کربناتی در دماهای بالا و مقاومت باقی مانده در حالت بارگذاری نشده بعد از خنک شدن



شکل ٤-٤-٢-٢-١-ج-٢- مقاومت فشاری بتن با سنگدانه سیلیسی در دماهای بالا و مقاومت باقی مانده در حالت بارگذاری نشده بعد از خنک شدن



شکل ٤-٤-٢-٢-١-ج-٣- مقاومت فشاری بتن نیمه سبک در دماهای بالا و مقاومت باقی مانده در حالت بارگذاری نشده بعد از خنک شدن

٤-٤-٢-٢-٢- طراحی مسلح کننده مربوط به لنگر منفی - مسلح کننده منفی مربوط به لنگر منفی و مکان نقطه عطف به منظور محاسبه طول مهاری‌اش باید به روش زیر محاسبه شود.

$\omega_\theta \leq 0.3$ مطابق بند ٤-٤-٢-١-١ باید محاسبه شود و مسلح کننده فشاری باید افزایش یابد یا مقطع تغییر کند اگر لازم است.

برای بار گسترده یکنواخت w (شکل ٤-٤-٢-الف):

معادله (٤-٤-٢-٢-٢- الف) $M_{x1}=(wlx_1)/2-(wx_1^2)/2-(M_{n\theta}^- x_1)/l=M_{n\theta}^+$

معادله (٤-٤-٢-٢-٢- ب) $M_{n\theta}^-=(wl^2)/2-wl^2(2M_{n\theta}^+/wl^2)^{1/2}$

معادله (٤-٤-٢-٢-٢- ج) $x_1=l/2-M_{n\theta}^-/wl$

معادله (٤-٤-٢-٢-٢- د) $x_0=2M_{n\theta}^-/wl$

که در این روابط، M_{x1}، حداکثر مقدار لنگر مثبت باز توزیع شده (N.m) در فاصله x_1 (m)، w، مجموع بارهای سرویس مرده و زنده بدون ضریب (N/m)، l، دهانه خالص بین تکیه‌گاه‌ها (m) و $M_{n\theta}^-$، ظرفیت خمشی منفی اسمی مقطع در دمای بالا (N.m) است.
فاصله x_0 باید تعیین شود هنگامی که حداقل بار سرویس یکنواخت پیش‌بینی شده w اعمال می‌شود.
ظرفیت خمشی منفی موجود باید به صورت زیر محاسبه شود:

معادله (٤-٤-٢-٢-هـ) $M_{n\theta}^-=0.001A_sf_{y\theta}(d_{ef}-a_\theta/2)$

٤-٤-٢-٢-٣- تعیین مقاومت در برابر آتش سازه‌ای یا مقدار مسلح کننده فولادی برای حالت پیوستگی بر روی دو تکیه‌گاه - همان روش مندرج در بند ٤-٤-٢-٢-١ برای دال‌های پیوسته بر روی یک تکیه‌گاه باید در تعیین مقاومت دربرابر آتش سازه‌ای و پوشش محافظ بتنی مسلح کننده فولادی مثبت، استفاده شود.

٤-٤-٢-٢-٤- طراحی مسلح کننده مربوط به لنگر منفی – مسلح کننده مورد نیاز مربوط به لنگر منفی و مکان نقاط عطف به منظور محاسبه طول مهاری‌اش باید به روش زیر تعیین شود.
$\omega_\theta \leq 0.3$ باید محاسبه شود (بند ٤-٤-٢-١-١) و مسلح کننده فشاری باید افزایش یابد یا مقطع تغییر کند اگر لازم است.
برای یک بار گسترده یکنواخت w:

معادله (٤-٤-٢-٢-الف) $M_x^1=(wx_2^2)/8=M_{n\theta}^+$

معادله (٤-٤-٢-٢-ب) $x_2=(8M_{n\theta}^+/w)^{1/2}$

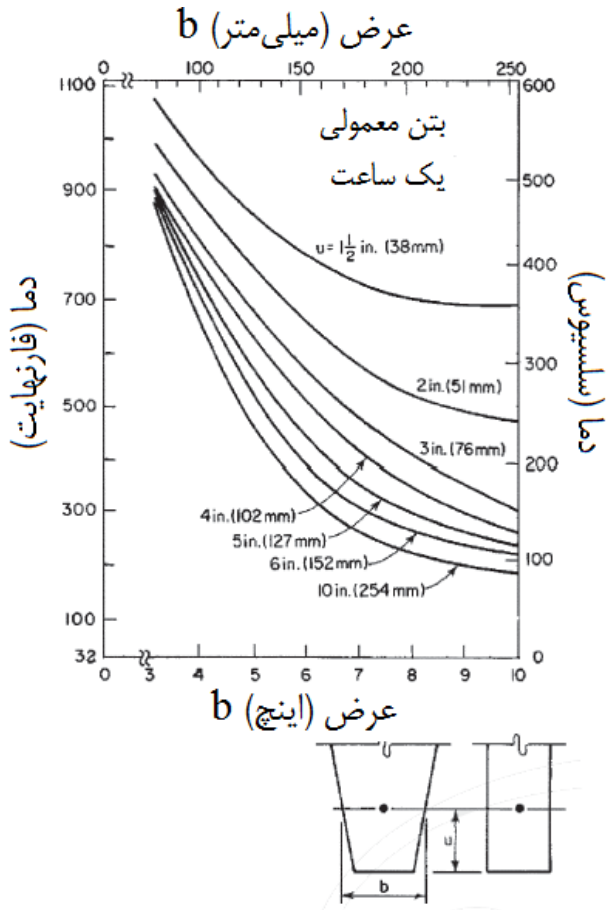
که در این معادلات $M_{n\theta}^{-}=(wl^2)/8-M_{n\theta}^{+}$، $x_0=(l-x_2)/2$ و x_2 فاصله بین نقاط عطف مجاور در دهانه پیوسته (m) است.

فاصله x_0 باید زمانی تعیین شود که حداقل بار سرویس یکنواخت پیش‌بینی شده اعمال می‌شود.

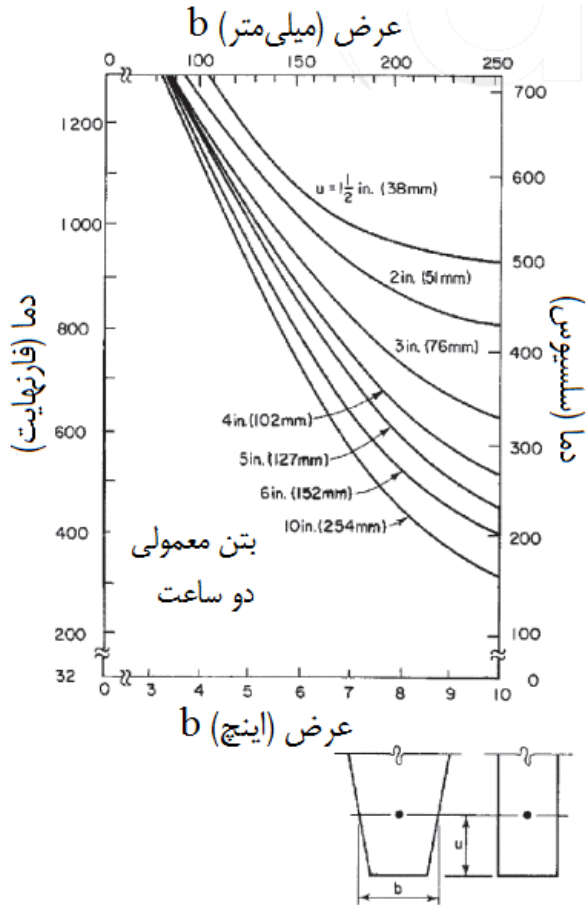
٤-٤-٢-٣- روش محاسبه برای تیرهای پیوسته

روش محاسبه باید مشابه روش بند ٤-٤-٢-١ برای دال‌های پیوسته بر روی یک تکیه‌گاه یا مشابه روش بند ٤-٤-٢-٣ برای دال‌های پیوسته بر روی دو تکیه‌گاه، همراه با تفاوت‌های زیر باشد.

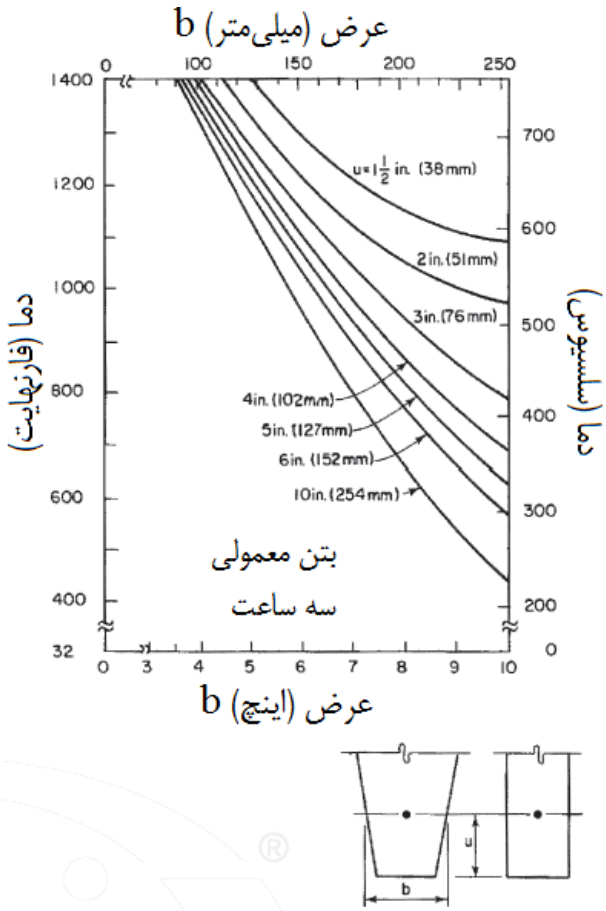
شکل‌های ٤-٤-٢-٣- الف تا ٤-٤-٢-٣- ز برای تعیین دمای بتن و فولاد باید استفاده شوند همان طور که در بند ٤-٤-٢-١ توصیف شده است. به منظور محاسبه یک مقدار u متوسط، u مؤثر باید با در نظر گرفتن فاصله میلگردها یا کابل‌های گوشه تا سطوح خارجی تیر برابر نصب فاصله واقعی، استفاده شود.



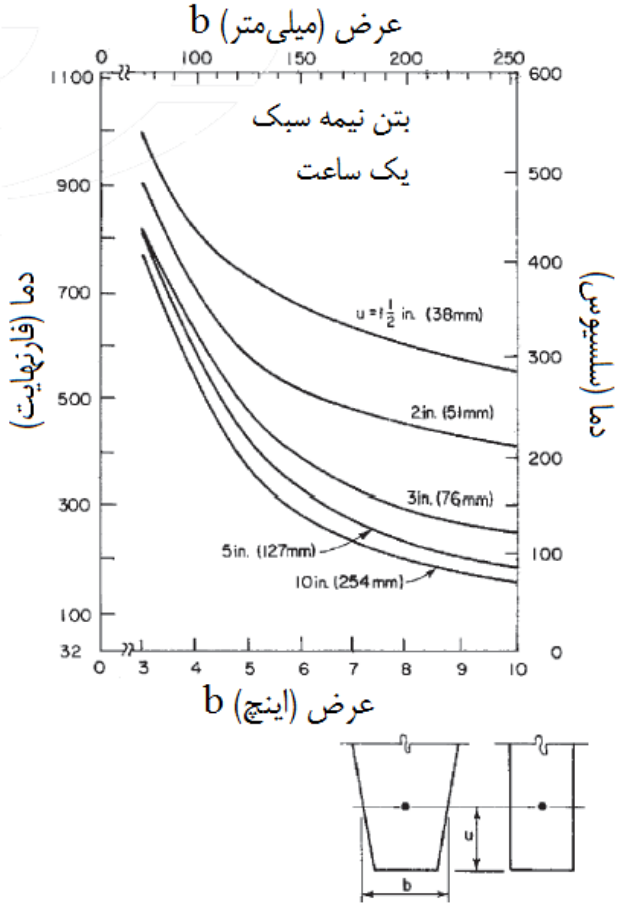
شکل ٤-٤-٢-٣-الف- دماها در واحدهای بتنی معمولی مستطیلی و مخروطی برای یک ساعت در معرض آتش بودن



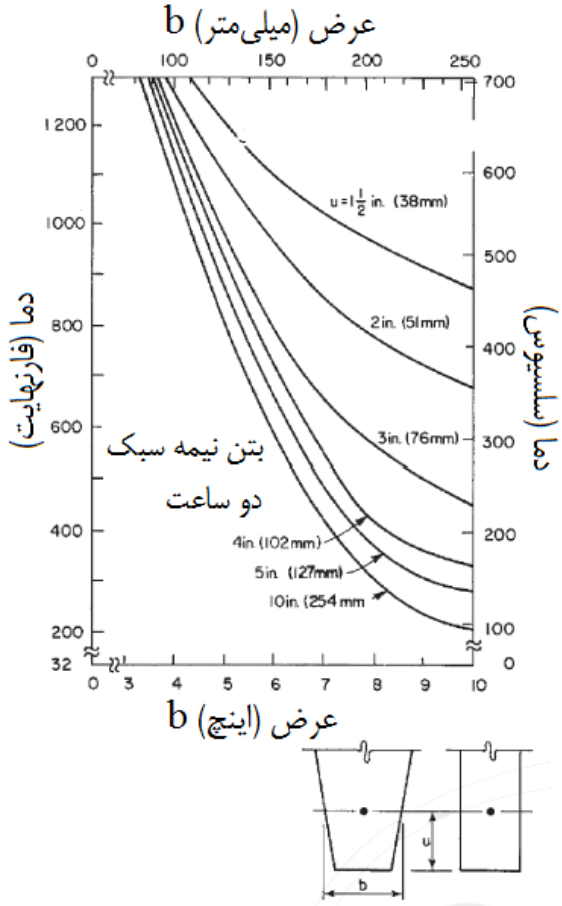
شکل ٤-٤-٢-٣- ب- دماها در واحدهای بتنی معمولی مستطیلی و مخروطی برای دو ساعت در معرض آتش بودن



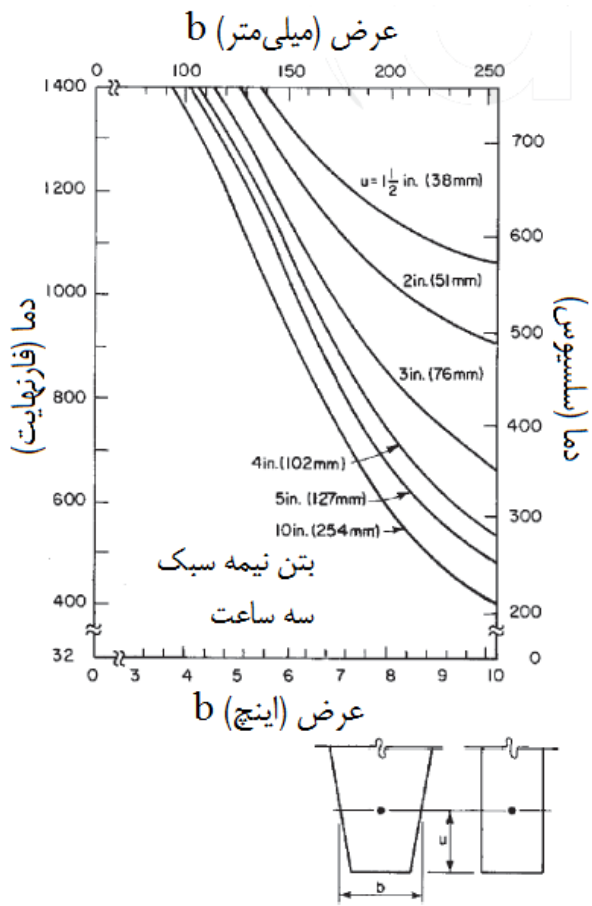
شکل ٤-٤-٢-٣- پ- دماها در واحدهای بتنی معمولی مستطیلی و مخروطی برای سه ساعت در معرض آتش بودن



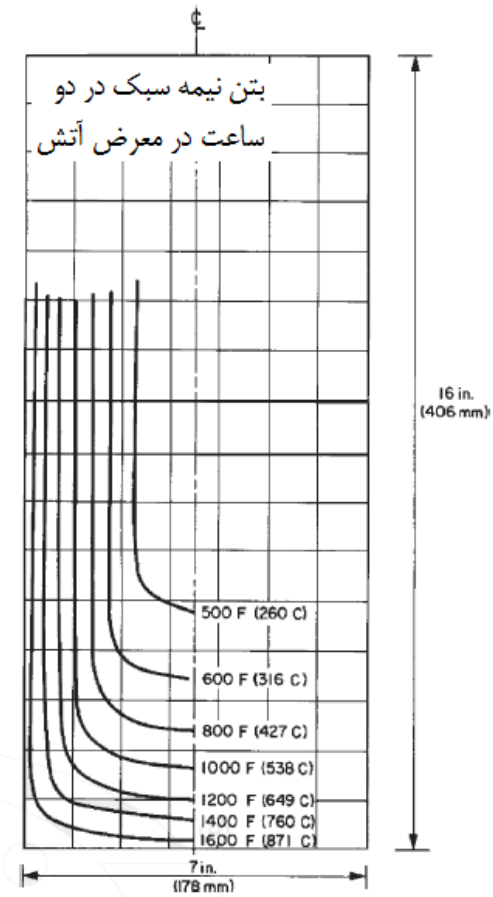
شکل ٤-٤-٢-٣- ت- دماها در واحدهای بتنی نیمه سبک مستطیلی و مخروطی برای یک ساعت در معرض آتش بودن



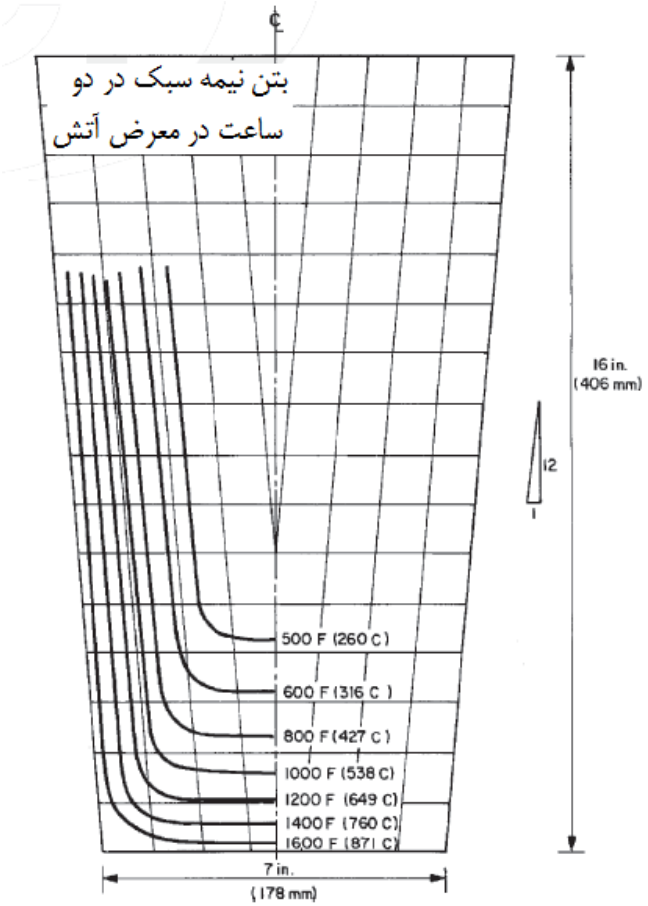
شکل ٤-٤-٢-٣- ث- دماها در واحدهای بتنی نیمه سبک مستطیلی و مخروطی برای دو ساعت در معرض آتش بودن



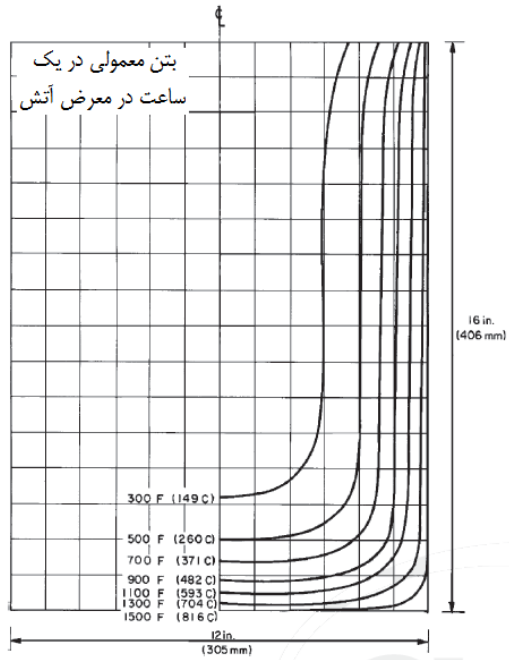
شکل ٤-٤-٢-٣- ج- دماها در واحدهای بتنی نیمه سبک مستطیلی و مخروطی برای سه ساعت در معرض آتش بودن



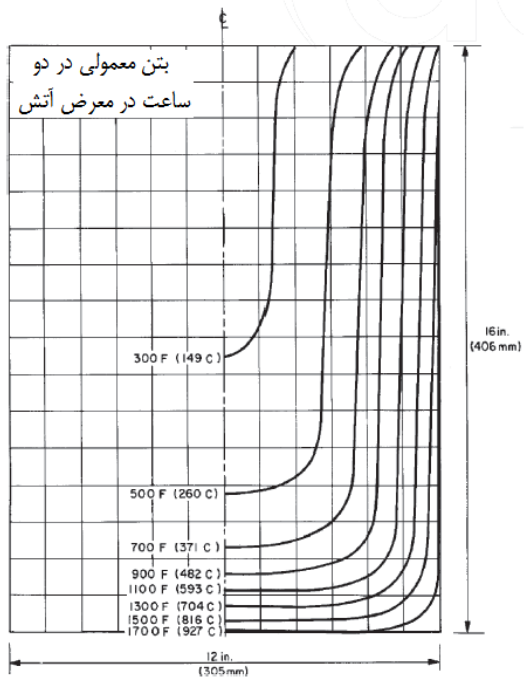
شکل ٤-٤-٢-٣- چ- توزیع دمایی اندازه‌گیری شده برای واحدهای بتنی نیمه سبک مستطیلی برای دو ساعت در معرض آتش بودن



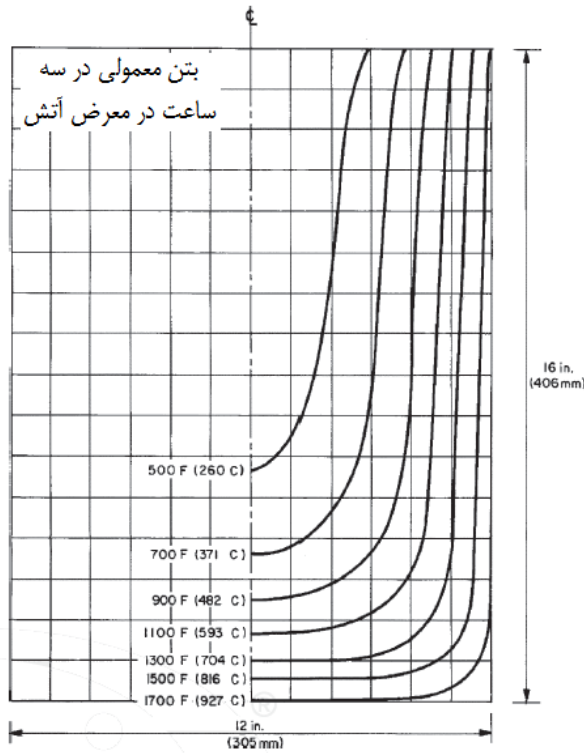
شکل ٤-٤-٢-٣- ح- توزیع دمایی اندازه‌گیری شده برای واحدهای بتنی نیمه سبک مخروطی برای دو ساعت در معرض آتش بودن



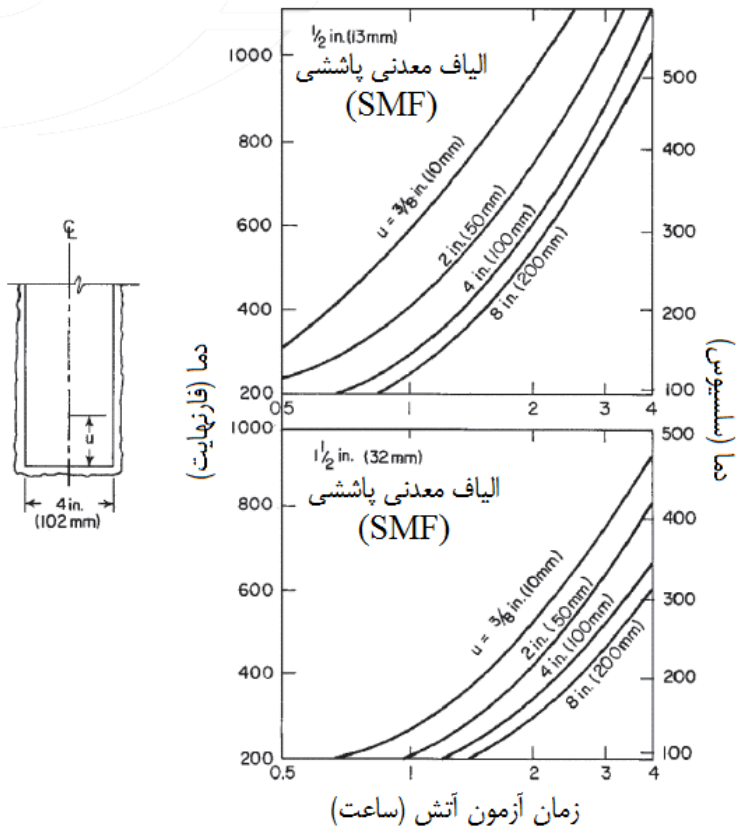
شکل ٤-٤-٢-٣- خ- توزیع دمایی اندازه‌گیری شده برای واحدهای بتنی معمولی مستطیلی برای یک ساعت در معرض آتش بودن



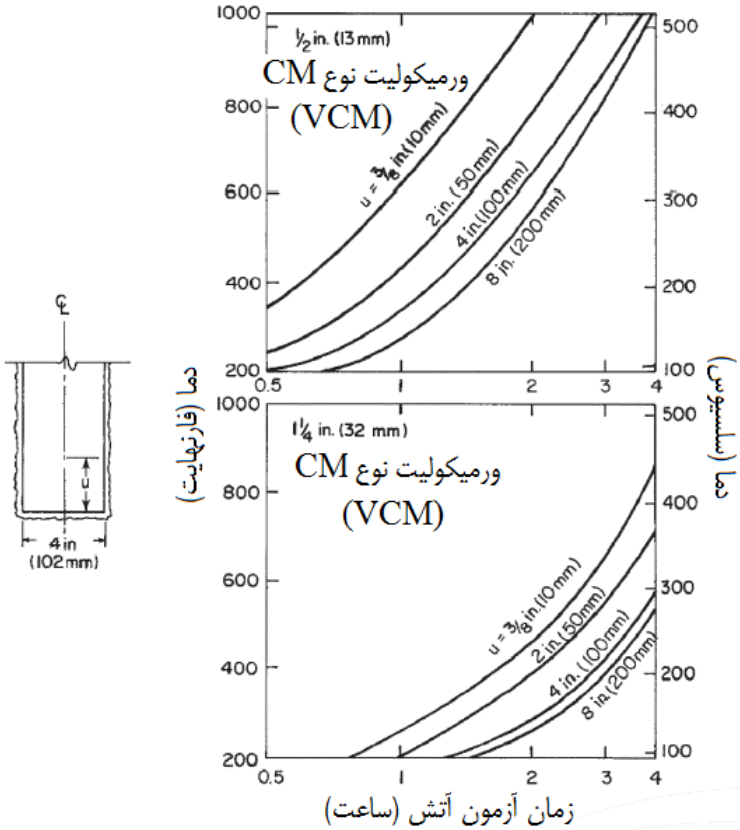
شکل ٤-٤-٢-٣- د- توزیع دمایی اندازه‌گیری شده برای واحدهای بتنی معمولی مستطیلی برای دو ساعت در معرض آتش بودن



شکل ٤-٤-٢-٣- ذ- توزیع دمایی اندازه‌گیری شده برای واحدهای بتنی معمولی مستطیلی برای سه ساعت در معرض آتش بودن



شکل ٤-٤-٢-٣- ر- دما در خط قائم مرکزی برای زمان‌های مختلف در معرض آتش بودن برای واحدهای مستطیلی با عرض ۱۰۰ میلی‌متر و پوشش شده با الیاف معدنی پاششی



شکل ٤-٤-٢-٣- ز- دما در خط قائم مرکزی برای زمان‌های مختلف در معرض آتش بودن برای واحدهای مستطیلی با عرض ۱۰۰ میلی‌متر و پوشش شده با ورمیکولیت نوع CM (VCM)

٤-٥- ستون‌های بتن مسلح

٤-٥-١- ستون‌ها با مقاومت فشاری طراحی (f_c') برابر یا کمتر از ۸۳ مگاپاسکال

حداقل اندازه بعد ستون‌های بتن مسلح با انواع مختلف بتن و مقاومت فشاری مشخصه مساوی یا کمتر از ۸۳ مگا پاسکال، برای درجات مقاومت در برابر آتش یک تا چهار ساعت باید مطابق با مقادیر مندرج در جداول ٤-٥-١-الف و ٤-٥-١-ب باشد.

جدول ٤-٥-١-الف- حداقل اندازه ستون بتنی

نوع سنگدانه	حداقل اندازه ستون برای درجه مقاومت در برابر آتش (میلی‌متر)				
	١ ساعت	١/٥ ساعت	٢ ساعت	٣ ساعت	٤ ساعت
کربناتی	٢٠٠	٢٣٠	٢٥٠	٢٨٠	٣٠٠
سیلیسی	٢٠٠	٢٣٠	٢٥٠	٣٠٠	٣٥٠
نیمه سبک	٢٠٠	٢١٥	٢٣٠	٢٦٥	٣٠٠

جدول ٤-٥-١- ب- حداقل اندازه ستون بتنی با قرارگیری در معرض آتش بر روی دو وجه موازی

نوع سنگدانه	حداقل اندازه ستون برای درجه مقاومت در برابر آتش (میلی‌متر)*				
	١ ساعت	١/٥ ساعت	٢ ساعت	٣ ساعت	٤ ساعت
کربناتی	٢٠٠	٢٠٠	٢٠٠	٢٠٠	٢٥٠
سیلیسی	٢٠٠	٢٠٠	٢٠٠	٢٠٠	٢٥٠
نیمه سبک	٢٠٠	٢٠٠	٢٠٠	٢٠٠	٢٥٠

* حداقل ابعاد برای ستون‌های مستطیلی با شرایط در معرض آتش بودن بر روی سه یا چهار وجه نیز قابل قبول است به شرطی که اندازه یک مجموعه از دو وجه موازی ستون، حداقل ٩٠٠ میلی‌متر باشد.

٤-٥-٢- ستون‌ها با مقاومت فشاری طراحی (f_c') بیشتر از ٨٣ مگاپاسکال

٤-٥-٢-١- حداقل اندازه بعد ستون‌های بتن مسلح با انواع مختلف بتن و مقاومت فشاری مشخصه بزرگتر از ٨٣ مگا پاسکال، برای درجات مقاومت در برابر آتش یک تا چهار ساعت باید ٦١٠ میلی‌متر باشد. با توجه به احتمال خطر انفجار (پکیدگی) در این نوع از بتن‌ها در دمای بالا، استفاده از الیاف PP توصیه می‌شود.

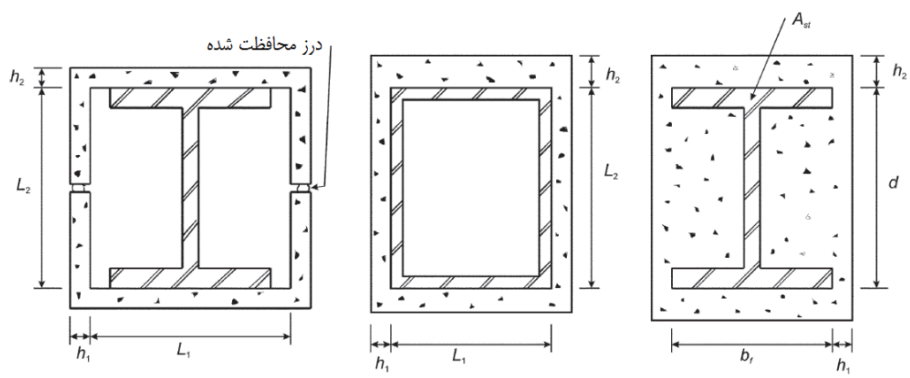
٤-٥-٢-٢- خاموت‌ها باید دارای قلاب‌هایی باشند که میلگردهای طولی را درگیر می‌کنند و شش برابر قطر وارد داخل حلقه خاموت می‌شوند. قلاب‌ها برای حلقه‌های مستطیلی باید حداقل دارای خم ١٣٥ درجه‌ای باشند. قلاب‌ها برای حلقه‌های دایره‌ای باید حداقل دارای خم ٩٠ درجه‌ای باشند.

٤-٥-٣- حداقل پوشش بتنی میلگردها

حداقل ضخامت پوشش بتنی برای میلگردهای طولی اصلی در ستون‌ها، صرف‌نظر از نوع سنگدانه مورد استفاده در بتن و مقاومت فشاری مشخصه بتن، نباید کمتر از ۲۵ میلی‌متر ضربدر تعداد ساعات مقاومت در برابر آتش مورد نیاز یا ۵۰ میلی‌متر، هر کدام که کمتر است، باشد.

٤-٦- ستون‌های فولادی سازه‌ای محافظت شده با بتن

مقاومت در برابر آتش ستون‌های فولادی سازه‌ای محافظت شده با بتن همان طور که در شکل ٤-٦ نشان داده شده، باید با استفاده از روابط (٤-٦-الف) و (٤-٦-ب) یا جداول ٤-٦-الف تا ٤-٦-د اگر ترکیب مناسبی از اندازه ستون و نوع و ضخامت بتن وجود دارد، تعیین شود. روابط (٤-٦-الف) و (٤-٦-ب) برای هر سه حالت نشان داده شده در شکل ٤-٦ قابل کاربرد است ولی حالت (ج) در شکل ٤-٦ نیازمند استفاده از رابطه (٤-٦-ج) نیز می‌باشد.



شکل ٤-٦- ستون‌های فولادی سازه‌ای محافظت شده با بتن: الف) پوشش ستون با بتن پیش ساخته، ب) ستون با مقطع توخالی مدفون در بتن، ج) ستون با مقطع بال پهن مدفون در بتن

معادله (٤-٦- الف)

$$R_m=R_0(1+0.03m_c)$$

معادله (٤-٦ - ب)

$$R_0=72.87(W/p_s)^{0.7}+0.10405(h^{1.6}/k_c^{0.2})\{1+30781[H_s/(w_c c_c h(L+h))]^{0.8}\}$$

در این روابط، پارامترها عبارتند از:

R_m: مقاومت در برابر آتش مجموعه (دقیقه)

R_0: مقاومت در برابر آتش در محتوای رطوبتی صفر (دقیقه)

m_c: محتوای رطوبتی معادل حجمی بتن (درصد)

W: جرم متوسط ستون فولادی (kg/m)

p_s: محیط تحت حرارت ستون فولادی (mm)

h: ضخامت متوسط پوشش بتنی (mm)

k_c: هدایت حرارتی بتن در دمای اتاق (kcal/m.hr.^oC)

H_s: ظرفیت حرارتی در دمای محیط ستون فولادی (kJ/m.K)

w_c: چگالی بتن (kg/m^3)

c_c: گرمای ویژه در دمای محیط بتن (kJ/kg.K)

L: اندازه بعد داخلی محافظت به شکل جعبه‌ای مستطیلی با بتن است (mm) که L برابر $(L_1+L_2)/2$ برای حالت محافظت با بتن پیش ساخته (شکل ٤-٦-الف) و حالت مقطع توخالی سازه‌ای مدفون در بتن (شکل ٤-٦-ب) یا برابر $(d+b_f)/2$ برای حالت مقطع فولادی بال پهن مدفون در بتن است (شکل ٤-٦-ج).

برای ستون‌های فولادی بال پهن به طور کامل مدفون در بتن که تمامی فضاهای داخلی پر شده است (شکل ٤-٦-ج)، ظرفیت حرارتی بتن در فضاهای داخلی به ظرفیت حرارتی ستون فولادی مطابق رابطه زیر باید اضافه شود:

معادله (٤-٦- ج)

$$H_s=0.46W+w_c c_c(b_f d-A_{st})\times 10^{-6}$$

که در این رابطه، b_f، عرض بال (mm)، d، ارتفاع مؤثر که فاصله از مرکز مسلح کننده کششی تا دورترین تار فشاری بوده یا عمق مقطع ستون فولادی است (mm) و A_{st}، مساحت مقطع ستون فولادی (mm^2) است.

هنگامی که اطلاعات مشخصی از مشخصات بتن موجود نیست، مقادیر مندرج در جدول ٤-٦- هـ باید مورد استفاده قرار گیرد. برای ستون‌های فولادی سازه‌ای مدفون در بتن با فضاهای داخلی پر شده (شکل ٤-٦-ج)، جداول ٤-٦-الف و ٤-٦- ب، برای تعیین ضخامت پوشش بتنی مورد نیاز برای درجات مختلف مقاومت در برابر آتش برای مقاطع بال پهن متداول، باید استفاده شود. ضخامت‌های بتن ارائه شده در این جداول، هم چنین می‌تواند برای ستون‌های فولادی سازه‌ای بزرگتر از مقاطع مندرج در جدول‌ها، استفاده شوند.

برای ستون‌های فولادی سازه‌ای محافظت شده با قطعات بتنی پیش ساخته همان طور که در شکل ٤-٦- الف، نشان داده شده، جدول ٤-٦-ج برای بتن معمولی و جدول ٤-٦-د برای بتن سبک سازه‌ای به منظور تعیین ضخامت پوشش بتنی برای درجات مختلف مقاومت در برابر آتش برای مقاطع بال پهن معمول، باید مورد استفاده قرار گیرد. ضخامت بتن مندرج در این جداول برای ستون‌های فولادی بزرگتر از مقاطع مشخص شده هم قابل کاربرد است.

هنگامی که محیط داخلی سیستم محافظ بتنی، مربعی نیست، L باید متوسط L_1 و L_2 در نظر گرفته شود. هنگامی که ضخامت پوشش بتنی، یکنواخت نیست، h باید متوسط h_1 و h_2 در نظر گرفته شود. درزها باید با پتوی الیاف سرامیکی با حداقل ضخامت ۲۵ میلی‌متر محافظت شوند و در هیچ حالتی هم نباید این ضخامت کمتر از نصف ضخامت پوشش محافظ ستون باشد (شکل ٤-٦-الف).

جدول ٤-٦- الف- حداقل پوشش برای ستون‌های فولادی مدفون در بتن معمولی* (شکل ٤-٦- ج) بر حسب میلی‌متر

شکل سازه‌ای	درجه مقاومت در برابر آتش (ساعت)				
	۱	۱/۵	۲	۳	٤
W360×347	۲۵	۲۵	۲۵	۳۸	٦٤
W360×262					
W360×196				۵۱	
W360×134			۳۸		
W360×91					۷٦
W360×72					
W360×64		۳۸		٦٤	
W310×226	۲۵	۲۵	۲۵	۵۱	٦٤
W310×143			۳۸		
W310×97					۷٦
W310×74		۳۸		٦٤	
W310×60					
W250×131	۲۵	۳۸	۳۸	۵۱	۷٦
W250×73				٦٤	
W250×67					
W250×58					۸۹
W250×49			۵۱		
W200×100	۲۵	۲۵	۳۸	٦٤	۷٦
W200×86		۳۸			
W200×71			۵۱		۸۹
W200×46				۷٦	
W200×31					
W200×27					۱۰۲
W150×37	۲۵	۳۸	۵۱	۷٦	–
W150×30		۵۱	۶۴		
W150×24					
W150×22	۳۸				
W150×14				۸۹	

* ضخامت‌ها در جدول بر اساس D_c=2320 kg/m^3، k_c=1.41 kcal/(m.hr.°C) و c_c=921 J/(kg.°C) هستند.

جدول ٤-٦- ب- حداقل پوشش برای ستون‌های فولادی مدفون در بتن سبک سازه‌ای* (شکل ٤-٦- ج) بر حسب میلی‌متر

شکل سازه‌ای	درجه مقاومت در برابر آتش (ساعت)				
	۱	۱/۵	۲	۳	٤
W360×347	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۳۸
W360×287				۳۸	
W360×110					۵۱
W360×91			۳۸	۵۱	٦٤
W360×64					
W310×97	۲۵	۲۵	۲۵	۳۸	۵۱
W310×79				۵۱	٦٤
W310×60			۳۸		
W250×167	۲۵	۲۵	۲۵	۳۸	۵۱
W250×131					
W250×89				۵۱	٦٤
W250×49			۳۸		
W200×52	۲۵	۲۵	۳۸	۵۱	٦٤
W200×42					
W200×36					۷٦
W200×27		۳۸		٦٤	

* ضخامت‌ها در جدول بر اساس D_c=1760 kg/m^3، k_c=0.521 kcal/(m.hr.°C) و c_c=879 J/(kg.°C) هستند.

**جدول ٤-٦- ج- حداقل پوشش برای ستون‌های فولادی محافظت شده با لایه‌های بتنی معمولی پیش ساخته*
(شکل ٤-٦- الف) بر حسب میلی‌متر**

شکل سازه‌ای	درجه مقاومت در برابر آتش (ساعت)				
	۱	۱/۵	۲	۳	٤
W360×347	۳۸	۳۸	۳۸	٦٤	۸۹
W360×314					
W360×262			۵۱		
W360×216				۷٦	
W360×162		۵۱	٦٤		
W360×147					
W360×91				۸۹	۱۰۲
W360×64					۱۱٤
W310×283	۳۸	۳۸	۳۸	٦٤	۸۹
W310×226			۵۱		
W310×179				۷٦	۱۰۲
W310×143					
W310×129		۵۱	٦٤		
W310×86				۸۹	
W310×60					۱۱٤
W250×167	۳۸	۳۸	۵۱	۷٦	۸۹
W250×131					۱۰۲
W250×115		۵۱	٦٤		
W250×80				۸۹	
W250×49					۱۱٤
W200×100	۳۸	۳۸	۵۱	۷٦	۱۰۲
W200×86		۵۱	٦٤	۸۹	
W200×71					۱۱٤
W200×42					
W200×31		٦٤	۷٦		
W200×27				۱۰۲	
W150×37	۳۸	۵۱	٦٤	۸۹	۱۱٤
W150×30			۷٦		
W150×24		٦٤		۱۰۲	
W150×18	۵۱				
W150×14					**۱۲۷**

* ضخامت‌ها در جدول بر اساس D_c=2320 kg/m^3، k_c=1.41 kcal/(m.hr.°C) و c_c=921 J/(kg.°C) هستند.

جدول ٤-٦- د- حداقل پوشش برای ستون‌های فولادی محافظت شده با لایه‌های بتنی سبک سازه‌ای پیش ساخته* (شکل ٤-٦- الف) بر حسب میلی‌متر

شکل سازه‌ای	درجه مقاومت در برابر آتش (ساعت)				
	۱	۱/۵	۲	۳	٤
W360×347	۳۸	۳۸	۳۸	۵۱	٦٤
W360×262					
W360×216				٦٤	۷٦
W360×196					
W360×162			۵۱		
W360×147				۷٦	۸۹
W360×101					
W360×64					
W310×283	۳۸	۳۸	۳۸	۵۱	٦٤
W310×226					
W310×202					۷٦
W310×158				٦٤	
W310×143					۸۹
W310×129			۵۱		
W310×97				۷٦	
W310×60					
W250×167	۳۸	۳۸	۳۸	۵۱	۷٦
W250×149				٦٤	
W250×131					
W250×115			۵۱		
W250×89				۷٦	۸۹
W250×58					
W250×49		۵۱			
W200×100	۳۸	۳۸	۳۸	٦٤	۷٦
W200×71			۵۱		
W200×52				۷٦	۸۹
W200×42		۵۱			
W200×27			٦٤		۱۰۲
W150×37	۳۸	۵۱	۵۱	۷٦	۸۹
W150×22			٦٤		۱۰۲
W150×14				۸۹	

* ضخامت‌ها در جدول بر اساس D_c=2320 kg/m^3، k_c=1.41 kcal/(m.hr.°C) و c_c=921 J/(kg.°C) هستند.

جدول ٤-٦- هـ - مشخصات حرارتی بتن

چگالی، Dc (kg/m^3)	هدایت حرارتی، kc (kcal/(m.hr.°C))	گرمای ویژه، cc (kJ/(kg.K))
۸۰۰	۰/۱٦۸	۰/۸۷۹
۹٦۰	۰/۲۰۵	۰/۸۷۹
۱۱۲۰	۰/۲۵۱	۰/۸۷۹
۱۲۸۰	۰/۳۰۷	۰/۸۷۹
۱٤٤۰	۰/۳۷۵	۰/۸۷۹
۱٦۰۰	۰/٤۵۸	۰/۸۷۹
۱۷٦۰	۰/۵٦۰	۰/۸۷۹
۱۹۲۰	۰/٦۸۳	۰/۸۷۹
۲۰۸۰	۰/۸۳۸	۰/۹۲۱
۲۲٤۰	۱/۰۲	۰/۹۲۱
۲٤۰۰	۱/۲٤	۰/۹۲۱

٤-۷- ستون‌های فولادی سازه‌ای توخالی پر شده با بتن

مقاومت در برابر آتش ستون‌های فولادی سازه‌ای توخالی پر شده با بتن، نشان داده شده در شکل ٤-۷، باید به وسیله معادله زیر تعیین شود:

$$R = \frac{5}{3} 10^{-5} \psi \frac{(f_c' + 20)}{(KL - 1)} D^2 \left(\frac{D}{C}\right)^{0.5}$$ معادله (٤-۷)

در این رابطه، R، مقاومت در برابر آتش مجموعه (ساعت)، ψ=0.07 برای ستون‌های دایره‌ای پر شده با بتن با سنگدانه سیلیسی، ψ=0.08 برای ستون‌های دایره‌ای پر شده با بتن با سنگدانه کربناتی، ψ=0.06 برای ستون‌های مربعی یا مستطیلی پر شده با بتن با سنگدانه سیلیسی، ψ=0.07 برای ستون‌های مربعی یا مستطیلی پر شده با بتن با سنگدانه کربناتی، f_c'، مقاومت فشاری مشخصه بتن (مگاپاسکال)، KL، طول مؤثر ستون (متر)، D، قطر خارجی برای ستون‌های دایره‌ای، بعد ضلع خارجی برای ستون‌های مربعی و حداقل بعد

ضلع خارجی برای ستون‌های مستطیلی (میلی‌متر) و C، نیروی فشاری ناشی از بار مرده و زنده بدون ضریب (کیلونیوتن) است.

استفاده از این رابطه به شرایط زیر محدود می‌شود:

۱- درجه مقاومت در برابر آتش مورد نیاز باید کمتر یا مساوی دو ساعت باشد.

۲- مقدار f'_c باید مساوی یا بیشتر از ۲۰ مگاپاسکال باشد.

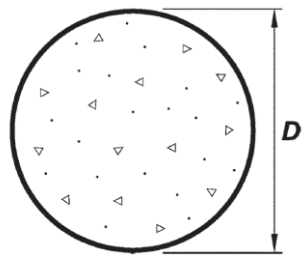
۳- مقدار f'_c نباید از ٤۰ مگاپاسکال تجاوز کند.

٤- طول مؤثر ستون باید حداقل ۲ متر بوده و از ٤ متر تجاوز نکند.

۵- مقدار D باید حداقل ١٤ میلی‌متر بوده و نباید از ۳۰۰ میلی‌متر برای ستون‌های مربعی و مستطیلی و ٤۰۰ میلی‌متر برای ستون‌های دایره‌ای تجاوز کند.

٦- مقدار C نباید از مقاومت طراحی هسته بتنی که مطابق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ایران یا ANSI/AISC 360 تعیین شده، بیشتر باشد.

دو سوراخ با قطر ۱۵ میلی‌متر به طور متقارن بر روی دو وجه مقابل در بالا و پایین ستون فولادی سازه‌ای توخالی باید تعبیه شود تا بخار شکل گرفته داخل ستون فولادی پر شده با بتن ناشی از تبخیر آب موجود در بتن، تخلیه شود.



شکل ٤-۷- ستون‌های فولادی سازه‌ای توخالی پر شده با بتن

فصل ۵
مصالح بنایی سیمانی

۵-۱- کلیات

مقاومت در برابر آتش ساختارهای بنایی سیمانی باید مطابق با ضوابط این فصل تعیین شود. حداقل ضخامت معادل ساختارهای بنایی سیمانی به منظور تأمین مقاومت در برابر آتش یک تا چهار ساعت باید مطابق با مقادیر مندرج در جداول ۵-۱الف، ۵-۱ب یا ۵-۱ج باشد. به استثنای جایی که ضوابط این فصل سخت‌گیرانه‌تر است، الزامات مصالح و ساخت سیستم‌های بنایی سیمانی شامل بلوک‌ها، ملات، گروت، مصالح درز کنترل و مسلح‌کننده‌ها باید مطابق با مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان ایران یا TMS 402/ACI 530/ASCE 5 و TMS 602/ACI 530.1/ASCE 6 باشد. مشخصات بلوک‌های بنایی سیمانی باید مطابق با استانداردهای مندرج در بخش تعاریف باشند.

جدول ۵-۱-الف- درجه مقاومت در برابر آتش مجموعه‌های بنایی سیمانی

نوع سنگدانه	حداقل ضخامت معادل T_{ea} برای درجه مقاومت در برابر آتش (میلی‌متر)*†						
	۳۰ دقیقه	٤٥ دقیقه	۱ ساعت	۱/٥ ساعت	۲ ساعت	۳ ساعت	٤ ساعت
سنگدانه کربناتی یا سیلیسی (غیر از سنگ آهک)	٥٠	٦٠	٧٠	٩٠	١٠٥	١٣٥	١٥٥
سنگ آهک، خاکستر آتشفشانی یا سرباره خنک شده در هوا	٥٠	٦٠	٧٠	٨٥	١٠٠	١٢٥	١٥٠
رس منبسط شده، شیل منبسط شده	٤٥	٥٥	٦٥	٨٥	٩٠	١١٠	١٣٠
سرباره منبسط شده یا پومیس	٤٠	٥٠	٥٥	٧٠	٨٠	١٠٠	١٢٠

* درجات مقاومت در برابر آتش بین درجات ساعتی مقاومت در برابر آتش لیست شده در جدول باید به وسیله درون‌یابی خطی بر اساس مقدار ضخامت معادل مجموعه بنایی سیمانی تعیین شود.

† حداقل ضخامت معادل مورد نیاز مربوط به درجه مقاومت در برابر آتش برای بلوک‌های ساخته شده از ترکیبی از سنگدانه‌ها، باید به وسیله درون‌یابی خطی بر اساس درصد خشک هر سنگدانه مورد استفاده در ساخت بلوک‌ها، تعیین شود.

جدول ۵-۱- ب- ستون‌های بنایی سیمانی مسلح

مقاومت در برابر آتش (ساعت)	۱	۲	۳	۴
حداقل ابعاد اسمی ستون (میلی‌متر)	۲۰۰	۲۵۰	۳۰۰	۳۵۰

جدول ۵-۱- ج- نعل‌درگاه‌های بنایی سیمانی مسلح

عرض اسمی نعل درگاه (میلی‌متر)	حداقل پوشش مسلح‌کننده طولی برای درجه مقاومت در برابر آتش (میلی‌متر)			
	۱ ساعت	۲ ساعت	۳ ساعت	٤ ساعت
۱۵۰	٤۰	۵۰	غم	غم
۲۰۰	٤۰	٤۰	٤۵	۷۵
۲۵۰ یا بیشتر	٤۰	٤۰	٤۰	٤۵

غم: بدون تحلیل دقیق، غیر مجاز است.

۵-۲- ضخامت معادل

ضخامت معادل ساختارهای بنایی سیمانی باید مطابق با ضوابط این بخش تعیین شود.

ضخامت معادل ساختارهای بنایی سیمانی، T_{ea}، باید به صورت زیر محاسبه شود:

مجموع ضخامت معادل بلوک بنایی سیمانی، T_e، تعیین شده مطابق بند ۵-۲-۱، ۵-۲-۲ یا ۵-۲-۳ به علاوه ضخامت معادل اندودکاری‌ها، T_{ef}، که مطابق فصل هفتم تعیین شده است.

معادله (۵-۲- الف) $$T_{ea}=T_e+T_{ef}$$

معادله (۵-۲- ب) $$T_e=V_n/LH$$

در این روابط، T_{ea}، ضخامت معادل مجموعه بنایی سیمانی (mm)، T_e، ضخامت معادل بلوک بنایی سیمانی (mm)، T_{ef}، ضخامت معادل اندودکاری‌ها (mm)، V_n، حجم خالص بلوک بنایی (mm^3)، L، طول مشخصه بلوک بنایی (mm) و H، ارتفاع مشخصه بلوک بنایی (mm) است.

V_n، L و H باید مطابق با روش‌های مندرج در استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۷۰ یا ASTM C140M تعیین شوند.

۵-۲-۱- ساختارهای بدون گروت یا با گروت‌ریزی جزئی - ضخامت معادل T_e یک مجموعه بنایی سیمانی بدون گروت یا با گروت‌ریزی جزئی باید برابر مقدار تعیین شده توسط رابطه (۵-۲ب) در نظر گرفته شود.

۵-۲-۲- ساختار با گروت‌ریزی کامل - ضخامت معادل T_e بلوک‌های بنایی سیمانی با گروت‌ریزی کامل باید برابر ضخامت بلوک، تعیین شده مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۷۰ یا ASTM C140M در نظر گرفته شود.

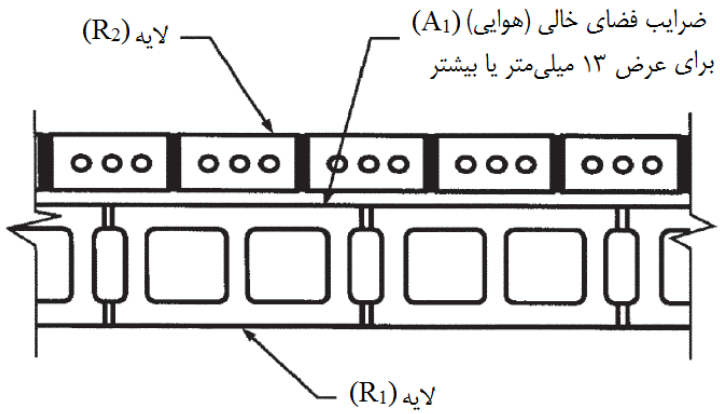
۵-۲-۳- فضاها و سلول‌های خالی (هوایی) پر شده با مصالح پر کننده متراکم نشده (loose) - ضخامت معادل T_e بلوک‌های بنایی سیمانی توخالی پر شده با مصالح متراکم نشده، باید برابر ضخامت بلوک، تعیین شده مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۷۰ یا ASTM C140M در نظر گرفته شود، هنگامی که مصالح پر کننده متراکم نشده شامل ماسه، شن، سنگ خرد شده یا سرباره مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۳۰۲ یا ASTM C33M، پومیس، اسکوریا، شیل منبسط شده، رس منبسط شده، سرباره منبسط شده، خاکستر بادی منبسط شده یا خاکستر آتشفشانی منبسط شده مطابق ASTM C331M، پرلیت مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۷۵٤٦ یا ASTM C549 یا ورمیکولیت مطابق ASTM C516، باشند.

۵-۳- مجموعه‌های دیواری بنایی سیمانی

حداقل ضخامت معادل انواع مختلف دیوارهای باربر یا غیر باربر بنایی سیمانی مسلح نشده یا مسلح شده به منظور تأمین درجات مقاومت در برابر آتش ۱ الی ٤ ساعت، باید مطابق جدول ۵-۱-الف باشد.

۵-۳-۱- مجموعه‌های دیواری تک لایه - درجه مقاومت در برابر آتش دیوارهای بنایی سیمانی تک لایه باید مطابق جدول ۵-۱-الف تعیین شود.

۵-۳-۲- مجموعه‌های دیواری چند لایه - مقاومت در برابر آتش دیوارهای چند لایه (شکل ۵-۳-۲) باید با استفاده از مقاومت در برابر آتش هر لایه و توجه به فضای خالی (هوایی) بین لایه‌ها، مطابق رابطه (٤-۲-۵-۳) محاسبه شود.



R_1: درجه مقاومت در برابر آتش لایه ۱

R_2: درجه مقاومت در برابر آتش لایه ۲

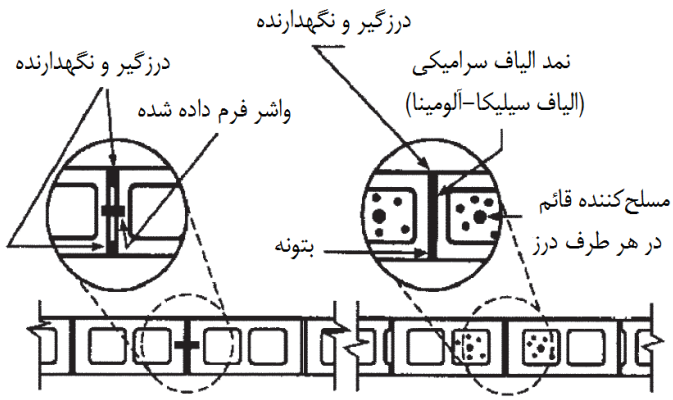
A_1: ضریب فضای خالی برابر ۰/۳

شکل ۵-۳-۲- دیوارهای چند لایه

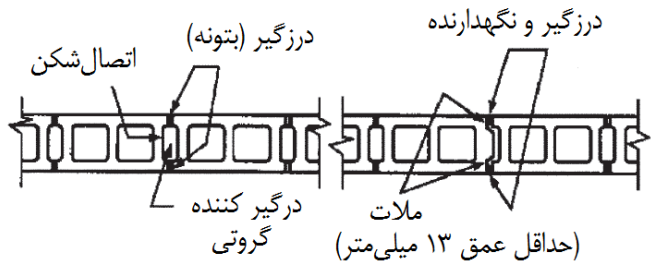
۵-۳-۳ - درزهای انبساط یا انقباض - درزهای انبساط یا انقباض در مجموعه‌های دیواری بنایی سیمانی با درجه مقاومت در برابر آتش که بازشوها مجاز نیستند یا در مجموعه‌های دیواری که بازشوها لازم است محافظت شوند، باید مطابق شکل ۵-۳-۳ باشند. مقدار پتوی الیاف سرامیکی (الیاف آلومینا سیلیکا) در جایی که طبق شکل ۵-۳-۳ لازم است، باید مطابق شکل ٤-۲-۷-۲ بوده و با استفاده از کل ضخامت مجموعه به قرار زیر تعیین شود:

الف) مجموعه‌های بنایی سیمانی با سنگدانه کربناتی یا سیلیسی، آهک، خاکستر آتشفشانی، یا سرباره خنک شده در هوا، باید الزامات منحنی‌های خط توپر در شکل ٤-٢-٧-٢ را برآورده کنند.

ب) مجموعه‌ای بنایی سیمانی با سنگدانه رس منبسط شده، شیل منبسط شده، سرباره منبسط شده یا پومیس باید الزامات منحنی‌های خط چین در شکل ٤-٢-٧-٢ را برآورده کنند.



درجه مقاومت در برابر آتش چهار ساعته درجه مقاومت در برابر آتش دو ساعته



درجه مقاومت در برابر آتش چهار ساعته درجه مقاومت در برابر آتش چهار ساعته

شکل ٥-٣-٣- درزهای انبساط یا ساخت در دیوارهای بنایی با حداکثر عرض ۱۳ میلی‌متر و دارای مقاومت در برابر آتش یک تا چهار ساعت. استثنا: حداکثر عرض درز در حالت نمد الیاف سرامیکی مطابق با شکل ٤-٢-٧-٢، ۲۵ میلی‌متر است.

۵-۳-٤- اثرات مصالح اندودکاری بر روی مقاومت در برابر آتش - استفاده از مصالح اندودکاری به منظور افزایش درجه مقاومت در برابر آتش دیوارهای بنایی قابل قبول است. اثرات مصالح اندودکاری، قرار گرفته بر روی سطح در معرض حریق یا سطح غیر در معرض حریق، باید مطابق ضوابط فصل ۷ ارزیابی شود.

۵-٤- ستون‌های بنایی سیمانی مسلح شده

مقاومت در برابر آتش ستون‌های بنایی سیمانی مسلح باید با استفاده از حداقل بعد ستون، مطابق الزامات جدول ۵-۱ب، تعیین شود. حداقل پوشش برای مسلح کننده طولی باید ۵۰ میلی‌متر باشد.

۵-۵- نعل درگاه‌های بنایی سیمانی مسلح شده

مقاومت در برابر آتش نعل درگاه‌های بنایی سیمانی باید براساس عرض اسمی نعل درگاه و حداقل پوشش مسلح کننده طولی، مطابق با جدول ۵-۱-ج تعیین شود.

۵-٦- ستون‌های فولادی سازه‌ای محافظت شده با مصالح بنایی سیمانی

مقاومت در برابر آتش ستون‌های فولادی سازه‌ای محافظت شده با مصالح بنایی سیمانی، باید با استفاده از روابط زیر تعیین شود:

معادله (۵-٦-الف)

$$R=0.417(A_{st}/p_s)^{0.7}+[1.744\times10^{-3}(T_{ea}^{1.6}/k_{cm}^{0.2})]\times [1+392.8\{(A_{st}/w_{cm}.T_{ea})/(0.25p+T_{ea})\}^{0.8}]$$

معادله (۵-٦- ب) (مقطع بال پهن) $p_s=2(b_f+d_{st})+2(b_f-t_w)$

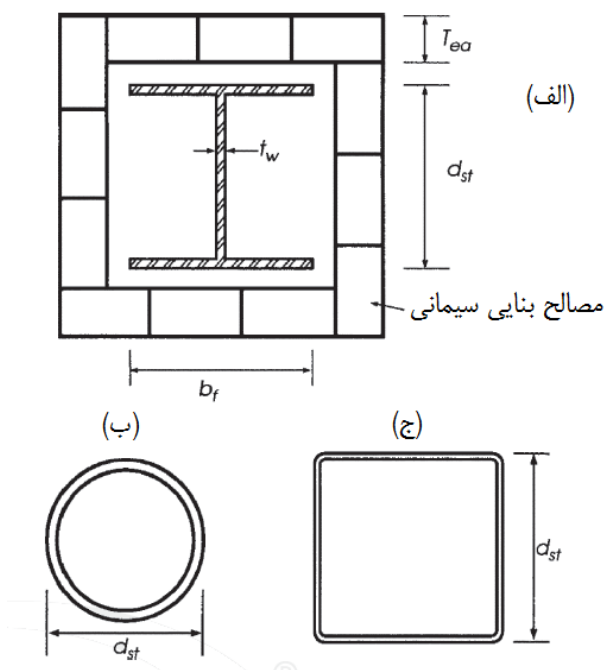
معادله (۵-٦-ج) (مقطع لوله‌ای) $p_s=\pi d_{st}$

معادله (۵-٦-د) (مقطع توخالی مستطیلی) $p_s=4d_{st}$

معادله (۵–٦– هـ)

$$k_{cm}=0.062e^{0.00125Wcm}$$

در این روابط، p_s مطابق با معادله (۵–٦–ب) تا (۵–٦–د) محاسبه می‌شود، k_{cm} مطابق با معادله (۵–٦–هـ) تعیین می‌شود، A_{st}، مساحت مقطع ستون فولادی است (mm^2)، k_{cm}، هدایت حرارتی مصالح بنایی سیمانی در دمای اتاق است ($kcal/m.hr.°C$) و w_{cm}، چگالی محافظت کننده بنایی سیمانی (kg/m^3) است. d_{st} در شکل ۵–٦ و t_w در شکل ۵–٦–الف، نمایش داده شده است. استفاده از معادله (۵–٦هـ) در معادله (۵–٦–الف) به منظور محاسبه هدایت حرارتی مصالح بنایی سیمانی، قابل قبول است.



شکل ۵–٦– مقاطع فولادی سازه‌ای محافظت شده با مصالح بنایی سیمانی

حداقل ضخامت معادل مورد نیاز بلوک‌های بنایی سیمانی برای درجات مختلف مقاومت در برابر آتش ستون‌ها با اندازه‌ها و اشکال معمول، در جدول ۵-٦ ارائه شده است.

جدول ۵-٦- مقاومت در برابر آتش ستون‌های فولادی محافظت شده با مصالح بنایی سیمانی

مقاطع فولادی I شکل بال پهن									
اندازه ستون	**چگالی مصالح بنایی سیمانی (kg/m^3)**	**حداقل ضخامت معادل T_e (mm) مجموعه محافظ بنایی سیمانی برای درجات مختلف مقاومت در برابر آتش**				**اندازه ستون**	**چگالی مصالح بنایی سیمانی (kg/m^3)**	**حداقل ضخامت معادل T_e (mm) مجموعه محافظ بنایی سیمانی برای درجات مختلف مقاومت در برابر آتش**			
		۱ ساعت	۲ ساعت	۳ ساعت	٤ ساعت			۱ ساعت	۲ ساعت	۳ ساعت	٤ ساعت
W360×122	۱۲۸۰	۱۹	۴۰	۵۹	۷۶	W250×101	۱۲۸۰	۱۸	۴۰	۵۹	۷۶
	۱۶۰۰	۲۳	۴۶	۶۷	۸۵		۱۶۰۰	۲۲	۴۶	۶۷	۸۶
	۱۷۶۰	۲۴	۴۹	۷۱	۹۰		۱۷۶۰	۲۴	۵۰	۷۱	۹۰
	۱۹۲۰	۲۶	۵۲	۷۴	۹۴		۱۹۲۰	۲۶	۵۲	۷۵	۹۴
W360×101	۱۲۸۰	۲۱	۴۳	۶۲	۸۰	W250×80	۱۲۸۰	۲۲	۴۵	۶۴	۸۲
	۱۶۰۰	۲۵	۴۹	۷۰	۸۹		۱۶۰۰	۲۶	۵۱	۷۲	۹۱
	۱۷۶۰	۲۷	۵۲	۷۴	۹۳		۱۷۶۰	۲۸	۵۴	۷۶	۹۵
	۱۹۲۰	۲۹	۵۵	۷۷	۹۷		۱۹۲۰	۳۰	۵۷	۷۹	۹۹

W360×79	۱۲۸۰	۲۳	۴۶	۶۶	۸۳	W250×49	۱۲۸۰	۲۳	۴۶	۶۶	۸۴
	۱۶۰۰	۲۷	۵۲	۷۳	۹۲		۱۶۰۰	۲۷	۵۳	۷۴	۹۲
	۱۷۶۰	۲۹	۵۵	۷۷	۹۶		۱۷۶۰	۲۹	۵۵	۷۷	۹۷
	۱۹۲۰	۳۱	۵۸	۸۰	۱۰۰		۱۹۲۰	۳۱	۵۸	۵۵	۱۰۱
W360×64	۱۲۸۰	۲۶	۴۹	۶۹	۸۷	W200×59	۱۲۸۰	۲۴	۴۷	۶۷	۸۵
	۱۶۰۰	۳۰	۵۵	۷۶	۹۵		۱۶۰۰	۲۸	۵۳	۷۴	۹۳
	۱۷۶۰	۳۰	۵۸	۸۰	۹۹		۱۷۶۰	۳۰	۵۶	۷۸	۹۷
	۱۹۲۰	۳۴	۶۰	۸۰	۱۰۰		۱۹۲۰	۳۰	۵۹	۸۱	۱۰۱
W310×107	۱۲۸۰	۲۱	۴۲	۸۳	۱۰۳	W200×46	۱۲۸۰	۲۷	۵۱	۷۱	۸۹
	۱۶۰۰	۲۳	۴۸	۶۹	۸۷		۱۶۰۰	۳۱	۵۷	۷۸	۹۷
	۱۷۶۰	۲۵	۵۱	۷۲	۹۱						
	۱۹۲۰	۲۷	۵۳	۷۶	۹۶						
W310×86	۱۲۸۰	۲۲	۴۵	۶۴	۸۲						
	۱۶۰۰	۲۶	۵۱	۷۲	۹۰						

	۱۷۶۰	۲۸	۵۴	۷۵	۹۵		۱۷۶۰	۳۳	۵۹	۸۱	۱۰۱
	۱۹۲۰	۳۰	۵۷	۷۹	۹۹		۱۹۲۰	۳۵	۶۲	۸۵	۱۰۵
W310×74	۱۲۸۰	۲۳	۴۶	۶۶	۸۳	W200×36	۱۲۸۰	۲۹	۵۳	۷۳	۹۱
	۱۶۰۰	۲۷	۵۲	۷۳	۹۲		۱۶۰۰	۳۳	۵۹	۸۰	۹۹
	۱۷۶۰	۲۹	۵۵	۷۷	۹۶		۱۷۶۰	۳۵	۶۱	۸۳	۱۰۳
	۱۹۲۰	۳۱	۵۸	۸۰	۱۰۰		۱۹۲۰	۳۶	۶۴	۸۷	۱۰۷
W310×60	۱۲۸۰	۲۶	۴۹	۶۹	۸۷	W200×27	۱۲۸۰	۳۱	۵۶	۷۶	۹۴
	۱۶۰۰	۳۰	۵۵	۷۶	۹۵		۱۶۰۰	۳۵	۶۱	۸۳	۱۰۲
	۱۷۶۰	۳۰	۵۸	۸۰	۹۹		۱۷۶۰	۳۶	۶۵	۸۶	۱۰۵
	۱۹۲۰	۳۴	۶۱	۸۳	۱۰۳		۱۹۲۰	۳۸	۶۶	۸۹	۱۰۹

نکته: در محاسبه مقادیر این جدول، فرض شده است که یک فاصله هوایی ۲۵ میلی‌متری بین مقطع فـولادی و مصـالح بنایی وجود دارد.

فصل ٦
مصالح بنایی آجری و سفالی رسی

٦-١-کلیات

مقاومت در مقابل آتش مجموعه‌های بنایی رسی باید بر اساس ضوابط این فصل تعیین شوند. به استثنای جاهایی که ضوابط این فصل سختگیرانه‌تر هستند، الزامات مصالح، طراحی و ساخت مصالح بنایی رسی شامل بلوک‌ها، ملات، گروت، مصالح درز کنترل و مسلح‌کننده‌ها باید مطابق با TMS 402/ACI 530/ASCE 5 و TMS 602/ACI 530.1/ASCE 6 باشند. مشخصات واحدهای بنایی رسی باید باید مطابق با استانداردهای مندرج در بخش تعاریف باشند.

٦-٢ ضخامت معادل

ضخامت معادل مجموعه‌های بنایی رسی باید مطابق با ضوابط این بخش تعیین شوند.

٦-٢-١- ضخامت معادل ساختارهای بنایی متشکل از آجر توپر رسی باید برابر ضخامت واقعی بلوک بنایی باشد.

٦-٢-٢- ضخامت معادل ساختارهای بنایی متشکل از آجر یا سفال توخالی رسی باید برابر ضخامت معادل بلوک بنایی رسی، تعیین شده مطابق بند ٦-٢-٣، ٦-٢-٤، ٦-٢-٥ و معادله (٦-٢-٢) باشد.

$T_e=V_n/LH$ معادله (٦-٢-٢)

که در این رابطه، T_e، ضخامت معادل بلوک بنایی رسی (mm)، V_n، حجم خالص بلوک بنایی (mm^3)، L، طول مشخصه بلوک بنایی (mm) و H، ارتفاع مشخصه بلوک بنایی (mm) است.

٦-٢-٣- ساختارهای بدون گروت یا با گروت‌ریزی جزئی - ضخامت معادل T_e یک بلوک بدون گروت یا با گروت‌ریزی جزئی از جنس آجر یا سفال توخالی رسی باید برابر مقدار تعیین شده به وسیله معادله (٦-٢-٢) در نظر گرفته شود.

٦-٢-٤- ساختارها با گروت‌ریزی کامل - ضخامت معادل T_e یک بلوک با گروت‌ریزی کامل از جنس آجر یا سفال توخالی رسی باید برابر ضخامت واقعی بلوک در نظر گرفته شود.

٦-٢-٥- فضا و سلول‌های خالی پر شده با مواد پر کننده متراکم نشده - ضخامت معادل T_e یک بلوک آجری یا سفالی توخالی رسی که به طور کامل پر شده باید برابر ضخامت واقعی بلوک در نظر گرفته شود هنگامی که مصالح پرکننده متراکم نشده شامل ماسه، شن، سنگ خرد شده یا سرباره مطابق الزامات استاندارد ملی ایران به شماره ۳۰۲ یا ASTM C33M، پومیس، اسکوریا، شیل منبسط شده، رس منبسط شده، سرباره منبسط شده، خاکستر بادی منبسط شده یا خاکستر آتشفشانی منبسط شده مطابق با ASTM C331M،

پرلیت مطابق الزامات استاندارد ملی ایران به شماره ۱۷۵٤٦ یا ASTM C549 یا ورمیکولیت مطابق الزامات ASTM C516، باشند.

٦-۳- مجموعه‌های دیواری بنایی آجری و سفالی رسی

مقاومت در برابر آتش مجموعه‌های دیواری بنایی آجری و سفالی رسی باید مطابق با ضوابط این بخش تعیین شود.

٦-۳-۱- مصالح بنایی آجری و سفالی رسی پر شده و پر نشده - مقاومت در برابر آتش دیوارهای آجری و سفالی رسی باید از جدول ٦-۳-۱ با استفاده از روش محاسبه ضخامت معادل در بند ٦-۲، تعیین شود.

جدول ٦-۳-۱- مقاومت در برابر آتش دیوارهای بنایی رسی

نوع مصالح	حداقل ضخامت معادل برای درجه مقاومت در برابر آتش (میلی‌متر)*†‡			
	۱ ساعت	۲ ساعت	۳ ساعت	۴ ساعت
آجر رسی توپر§	۷۰	۹۵	۱۲۵	۱۵۰
آجر یا سفال توخالی پر نشده	۶۰	۸۵	۱۱۰	۱۲۵
آجر یا سفال توخالی گروت‌ریزی شده یا پر شده با مصالح مشخص شده در بند ۶-۲-۵	۷۵	۱۱۰	۱۴۰	۱۷۰

* ضخامت معادل، تعیین شده مطابق بند ۶-۲.

† مقاومت در برابر آتش محاسبه شده بین زمان‌های لیست شده، باید به وسیله درون‌یابی خطی تعیین شود.

‡ زمانی که اعضای قابل اشتعال به دیوار متصل می‌شوند، ضخامت مصالح توپر بین انتهای هر عضو و وجه مقابل دیوار یا بین مجموعه اعضا و وجوه مقابل دیوار نباید کمتر از ۹۳ درصد ضخامت نشان داده شده باشد.

§ بلوک‌هایی که مساحت خالص مقطع آجر سوراخ‌دار در هر صفحه موازی با سطح شامل سوراخ‌ها، حداقل ۷۵ درصد مساحت کل مقطع اندازه‌گیری شده در همان صفحه است.

٦-۳-۲- دیوارهای تک لایه

مقاومت در برابر آتش دیوارهای بنایی آجری و سفالی باید از جدول ٦-۳-۱ تعیین شود.

٦-٣-٣- دیوارهای چندلایه

مقاومت در برابر آتش دیوارهای چند لایه باید مطابق با ضوابط این بخش و جدول ٦-٣-١ تعیین شود.

٦-٣-٣-١- دیوارهای بنایی رسی چند لایه با لایه‌های غیر مشابه از لحاظ ابعادی - مقاومت در برابر آتش دیوارهای بنایی رسی چند لایه متشکل از دو یا چند لایه غیر مشابه از لحاظ ابعادی، باید بر اساس مقاومت در برابر آتش هر لایه باشد. رابطه (٤-٢-٥-٣) باید برای تعیین مقاومت در برابر آتش مجموعه دیوار استفاده شود.

٦-٣-٣-٢- دیوارهای چند لایه با مصالح غیر مشابه - برای دیوارهای چند لایه متشکل از دو یا چند لایه از مصالح غیر مشابه (بلوک‌های بتنی یا بنایی سیمانی)، مقاومت در برابر آتش لایه‌های غیر مشابه، R_n، باید مطابق بند ٤-٢ و شکل ٤-٢-٥-١ برای بتن و بند ٥-٣ و جدول ٥-١الف برای بلوک‌های بنایی سیمانی، تعیین شود. رابطه (٤-٢-٥-٣) باید برای تعیین مقاومت در برابر آتش مجموعه دیوار استفاده شود.

٦-٣-٣-٣- فضاهای خالی (هوایی) پیوسته - مقاومت در برابر آتش دیوارهای بنایی آجری و سفالی رسی چند لایه جدا شده با فضاهای هوایی پیوسته بین لایه‌ها، باید با استفاده از رابطه (٤-٢-٥-٣) تعیین شود.

٦-٣-٤- اثر مصالح اندودکاری بر روی مقاومت در برابر آتش

استفاده از مصالح اندودکاری به منظور افزایش درجه مقاومت در برابر آتش، قابل قبول است. اثرات مصالح اندودکاری، قرار گرفته بر روی وجه در معرض آتش یا وجه غیر در معرض آتش، باید مطابق ضوابط فصل ۷ ارزیابی شود.

٦-٤- ستون‌های بنایی رسی مسلح

مقاومت در برابر آتش ستون‌های بنایی رسی مسلح شده، باید بر اساس حداقل بعد در مقطع ستون، مطابق با الزامات جدول ٥-١- ب، باشد. حداقل پوشش برای مسلح کننده طولی باید ٥٠ میلی‌متر باشد.

٦-٥- نعل درگاه‌های بنایی رسی مسلح

مقاومت در برابر آتش نعل درگاه‌های بنایی رسی باید براساس عرض اسمی نعل درگاه و حداقل پوشش مسلح کننده طولی، مطابق با جدول ٥-١ج تعیین شود.

٦-٦- درزهای انبساط یا انقباض

درزهای انبساط یا انقباض در مجموعه‌های دیواری بنایی رسی با درجه‌بندی مقاومت در برابر آتش، باید مطابق با بند ٥-٣-٣ باشند.

٦-٧- ستون‌های فولادی سازه‌ای محافظت شده با مصالح بنایی رسی

٦-٧-١- محاسبه مقاومت در برابر آتش

به منظور محاسبه مقاومت در برابر آتش یک ستون فولادی سازه‌ای محافظت شده با مصالح بنایی رسی یا تعیین ضخامت مصالح بنایی رسی برای تأمین الزام مقاومت در برابر آتش، پیروی از روش‌های بند ٥-٦ قابل قبول است. در این محاسبات، هدایت حرارتی مصالح بنایی رسی باید مقادیر زیر در نظر گرفته شود:

برای چگالی $1920\ kg/m^3$: $k_{cm}=1.86\ kcal/(hr.m.°C)$

برای چگالی $2080\ kg/m^3$: $k_{cm}=3.35\ kcal/(hr.m.°C)$

حداقل ضخامت معادل مورد نیاز مصالح بنایی رسی برای تأمین مقاومت در برابر آتش چندین ستون با شکل و اندازه معمول، در جدول ٦-٧-١ نمایش داده شده است.

جدول ٦-٧-١- مقاومت در برابر آتش ستون‌های فولادی محافظت شده با مصالح بنایی رسی

مقاطع فولادی I شکل بال پهن									
اندازه ستون	چگالی مصالح بنایی رسی (kg/m^3)	حداقل ضخامت معادل T_e (mm) مجموعه محافظ بنایی رسی برای درجات مختلف مقاومت در برابر آتش				اندازه ستون	چگالی مصالح بنایی رسی (kg/m^3)	حداقل ضخامت معادل T_e (mm) مجموعه محافظ بنایی رسی برای درجات مختلف مقاومت در برابر آتش			
		۱ ساعت	۲ ساعت	۳ ساعت	٤ ساعت			۱ ساعت	۲ ساعت	۳ ساعت	٤ ساعت
W360×122	۱۹۲۰	۳۱	۶۱	۸۷	۱۰۹	W250×101	۱۹۲۰	۳۲	۶۲	۸۸	۱۱۰
	۲۰۸۰	۳۶	۶۹	۹۶	۱۲۰		۲۰۸۰	۳۷	۷۰	۹۷	۱۲۲
W360×101	۱۹۲۰	۳۴	۶۵	۹۰	۱۱۳	W250×80	۱۹۲۰	۳۶	۶۶	۹۲	۱۱۵
	۲۰۸۰	۳۸	۷۲	۹۹	۱۲۴		۲۰۸۰	۴۰	۷۳	۱۰۱	۱۲۶
W360×79	۱۹۲۰	۳۶	۶۷	۹۳	۱۱۵	W250×67	۱۹۲۰	۳۷	۶۸	۹۳	۱۱۶
	۲۰۸۰	۴۱	۷۴	۱۰۲	۱۲۶		۲۰۸۰	۴۱	۷۵	۱۰۳	۱۲۷

W360×64	۱۹۲۰	۲۰۸۰	W310×107	۱۹۲۰	۲۰۸۰	W310×86	۱۹۲۰	۲۰۸۰	W310×74	۱۹۲۰	۲۰۸۰	W310×60	۱۹۲۰	۲۰۸۰
	۳۹	۴۴		۳۴	۳۸		۳۶	۴۰		۳۶	۴۱		۳۹	۴۴
	۷۰	۷۷		۶۴	۷۱		۶۶	۷۳		۶۷	۷۴		۷۰	۷۷
	۹۶	۱۰۵		۸۹	۹۹		۹۲	۱۰۱		۹۳	۱۰۲		۹۶	۱۰۵
	۱۱۸	۱۲۹		۱۱۲	۱۲۳		۱۱۴	۱۲۵		۱۱۶	۱۲۷		۱۱۹	۱۳۰
W250×49	۱۹۲۰	۲۰۸۰	W200×59	۱۹۲۰	۲۰۸۰	W200×46	۱۹۲۰	۲۰۸۰	W200×36	۱۹۲۰	۲۰۸۰	W200×27	۱۹۲۰	۲۰۸۰
	۴۰	۴۵		۳۷	۴۲		۴۰	۴۵		۴۲	۴۷		۴۵	۴۹
	۷۲	۷۹		۶۹	۷۶		۷۲	۷۹		۷۴	۸۱		۷۵	۸۳
	۹۸	۱۰۷		۹۴	۱۰۴		۹۸	۱۰۷		۱۰۰	۱۲۲		۱۰۲	۱۱۱
	۱۲۰	۱۳۰		۱۱۷	۱۲۸		۱۲۰	۱۳۱		۱۲۲	۱۳۳		۱۲۵	۱۳۶

نکته: در محاسبه مقادیر این جدول، فرض شده است که یک فاصله هوایی ۲۵ میلی‌متری بین مقطع فولادی و مصالح بنایی وجود دارد.

فصل ۷
اثرات مصالح اندودکاری (نازک‌کاری) بر روی مقاومت در برابر آتش

۷-۱- کلیات

مقاومت در برابر آتش اضافی تأمین شده به وسیله مصالح اندودکاری نصب شده بر روی مجموعه‌های بتنی یا بنایی، باید مطابق با ضوابط این فصل تعیین شود. افزایش در مقاومت در برابر آتش مجموعه باید بر اساس توانایی مصالح اندودکاری در افزایش زمان رسیدن به معیار (نقطه انتهایی) انتقال گرما در یک آزمون آتش مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۲۰۵۵ یا BS EN 1363-1 باشد.

۷-۲- روش محاسبه

درجه مقاومت در برابر آتش دیوارها یا دال‌های بتنی درجا یا پیش ساخته یا دیوارهای بنایی سیمانی یا رسی با اندودکاری از نوع ملات یا تخته گچی نصب شده بر روی یک یا دو وجه دیوار یا دال، باید مطابق با این بخش تعیین شود.

۷-۲-۱- در معرض قرارگیری آتش

برای یک دیوار یا دال بدون اندودکاری در یک وجه یا دارای اندودکاری با انواع یا ضخامت‌های مختلف در هر وجه، روش‌های محاسباتی در بندهای ۷-۲-۲ و ۷-۲-۳ باید دنبال شود با فرض آنکه هر وجه دیوار یا دال، می‌تواند وجه در معرض آتش باشد. درجه

مقاومت در برابر آتش دیوار یا دال بـه همـراه انـدودکاری نبایـد بیشـتر از کمتـرین مقـدار محاسبه شده، در نظر گرفته شود به استثنای حالتی که مطـابق مبحـث سـوم مقـررات ملـی ساختمان ایران، دیوارها یا دال‌ها لازم است که از یک طرف در معرض آتش، درجـه بنـدی مقاومت در برابر آتش شوند.

۷-۲-۲- محاسبه برای وجه غیر در معرض آتش - هنگامی که اندودکاری بـر روی وجـه غیر در معرض آتش دال یا دیوار اجرا می‌شود، مقاومت در برابر آتش کل مجموعه باید بـه روش پیش‌رو تعیین شود. ضخامت اندودکاری در این حالت باید با ضرب کردن ضـخامت واقعی اندودکاری در ضریب مربوط از جدول ۷-۲-۲ تنظیم شود که بـه نـوع سـنگدانه در بلوک‌های بتنی یا بنایی سیمانی یا به نوع مصالح بنایی رسی بسـتگی دارد. ضـخامت تنظـیم شده اندودکاری باید به ضخامت واقعی یا معادل دال یا دیوار اضافه شود و سپس، مقاومـت در برابر آتش مجموعه بتنی یا بنایی با در نظر گرفتن اثر اندودکاری، از جدول ٤-۲، شـکل ٤-۲-٥-۱ یا شکل ٤-۲-٥-۳ برای مصالح بتنی، از جـدول ٥-۱الـف بـرای مصـالح بنـایی سیمانی یا از جدول ٦-۳-۱ برای مصالح بنایی رسی، تعیین شود.

جدول ۷-۲-۲- ضریب افزایش برای اندودکاری‌های اجرا شده بر روی سطح غیر در معرض آتش دال‌های بتنی و دیوارهای بنایی و سیمانی

نوع مصالح مورد استفاده در دال یا دیوار	نوع اندود (نازک‌کاری) اجرا شده بر روی دال یا دیوار			
	اندود ماسه و سیمان پرتلند*	اندود ماسه و گچ	اندود ورمیکولیت یا پرلیت و گچ	تخته گچی
دال یا دیوار بتنی				
بتن - سیلیسی، کربناتی، سرباره کوره خنک شده در هوا	۱	۱/۲۵	۱/۷۵	۳
بتن - نیمه سبک	۰/۷۵	۱	۱/۵	۲/۲۵
بتن - سبک، بتن عایق	۰/۷۵	۱	۱/۲۵	۲/۲۵
دیوار بنایی سیمانی				

بنایی سیمانی - سیلیسی، کربناتی، آهکی، خاکستر آتشفشان، سرباره کوره خنک شده در هوا	۱	۱/۲۵	۱/۷۵	۳
بنایی سیمانی - ساخته شده با ۸۰ درصد حجمی یا بیشتر از شیل، رس منبسط شده، سرباره منبسط شده یا پومیس	۰/۷۵	۱	۱/۲۵	۲/۲۵
دیوار بنایی رسی				
بنایی رسی - آجر توپر از رس یا شیل	۱	۱/۲۵	۱/۷۵	۳
بنایی رسی - آجر یا سفال توخالی از رس یا شیل	۰/۷۵	۱	۱/۵	۲/۲۵

* برای ملات ماسه و سیمان پرتلند با ضخامت ۱۶ میلی‌متر یا کمتر که مستقیم بر روی سطح غیر در معرض آتش دیوار بنایی یا سیمانی اجرا شده، ضریب افزایش باید یک در نظر گرفته شود.

۷-۲-۳- محاسبه برای وجه در معرض آتش - هنگامی که اندودکاری بر روی وجه در معرض آتش دال یا دیوار اجرا می‌شود، مقاومت در برابر آتش کل مجموعه باید به روش پیش‌رو تعیین شود. زمان اختصاص داده شده به اندودکاری در جدول ۷-۲-۳ باید به مقاومت در برابر آتش تعیین شده از جدول ٤-۲، شکل ٤-۲-۵-۳ یا شکل ٤-۲-۵-۱ برای مصالح بتنی تنها، جدول ۵-۱الف برای مصالح بنایی سیمانی، جدول ٦-۳-۱ برای مصالح بنایی رسی یا به مقاومت در برابر آتش تعیین شده مطابق با بند ۷-۲-۲ برای مجموعه‌های بتنی یا بنایی با اندودکاری اجرا شده بر روی وجه غیر در معرض آتش، اضافه شود.

جدول ۷-۲-۳- زمان اختصاص داده شده به مصالح اندودکاری اجرا شده بر روی وجه در معرض آتش دیوارهای بتنی یا بنایی

نوع اندودکاری (نازک‌کاری)	زمان (دقیقه)
تخته گچی	
۱۰ میلی‌متر	۱۰
۱۳ میلی‌متر	۱۵
۱۶ میلی‌متر	۲۰
دو لایه ۱۰ میلی‌متری	۲۵
یک لایه ۱۰ میلی‌متری و یک لایه ۱۳ میلی‌متری	۳۵
دو لایه ۱۳ میلی‌متری	۴۰
تخته گچی نوع FR	
۱۳ میلی‌متر	۲۵
۱۶ میلی‌متر	۴۰
اجرای مستقیم ملات ماسه و سیمان پرتلند*	
ملات ماسه و سیمان پرتلند بر روی مش فلزی	
۲۰ میلی‌متر	۲۰
۲۲ میلی‌متر	۲۵
۲۵ میلی‌متر	۳۰
ملات ماسه و گچ بر روی تخته گچی ۱۰ میلی‌متری	
۱۳ میلی‌متر	۳۵
۱۶ میلی‌متر	۴۰
۲۰ میلی‌متر	۵۰
ملات ماسه و گچ بر روی مش فلزی	
۲۰ میلی‌متر	۵۰
۲۲ میلی‌متر	۶۰
۲۵ میلی‌متر	۸۰

* به منظور تعیین مشارکت ملات ماسه و سیمان پرتلند در ضخامت معادل مصالح بتنی یا سیمانی برای کاربرد در جداول ۴-۲، ۵-۱الف یا ۶-۳-۱، استفاده از ضخامت واقعی ملات یا ۱۶ میلی‌متر، هر کدام که کوچکتر است، قابل قبول است.

۷-۲-٤- حداقل مقاومت در برابر آتش تأمین شده به وسیله مصالح بتنی یا بنایی - هنگامی که اندودکاری اجرا شده بر روی یک دال بتنی یا یک دیوار بتنی یا بنایی، در مقاومت در برابر آتش مشارکت دارد، مصالح بتنی یا بنایی به تنهایی نباید کمتر از نصف کل مقاومت در برابر آتش مورد نیاز را تأمین کنند. به علاوه، سهم در مقاومت در برابر آتش اندودکاری اجرا شده بر روی وجه غیر در معرض آتش دیوار نباید از نصف سهم مصالح بتنی یا بنایی تنها تجاوز کند.

۷-۳- نصب و اجرای اندودکاری‌ها

اندودکاری‌ها بر روی دال‌های بتنی و دیوارهای بتنی و بنایی که فرض می‌شود که در مقاومت در برابر آتش کل مشارکت دارند، باید مطابق با الزامات نصب مندرج در بندهای ۷-۳-۱ و ۷-۳-۲ و سایر الزامات مربوطه در آئین‌نامه ساختمانی باشند. ملات‌ها و موزائیک‌ها باید مستقیماً بر روی دال یا دیوار اجرا شوند. تخته‌های گچی می‌توانند بر روی قاب‌بندی فولادی یا چوبی نصب شده یا مستقیماً با ملات بر روی دیوارها اجرا شوند. موارد مطرح شده در بندهای ۷-۳-۱ و ۷-۳-۲، حالت کلی و عمومی داشته و جزئیات اجرایی مورد استفاده در کاربردهای واقعی، باید قبلاً آزمون شده و مورد تائید قرار گرفته باشد.

۷-۳-۱- تخته گچی

تخته گچی باید به دال‌های بتنی و دیوارهای بتنی و بنایی مطابق با الزامات این بخش یا طبق مقررات ملی ساختمان ایران یا استانداردهای ملی ایران متصل شود.

۷-۳-۱-۱- قاب‌بندی (شاسی‌کشی) - تخته گچی باید به اعضای قاب‌بندی چوبی یا فولادی که فواصل مرکز تا مرکز آن‌ها بیش از ٦۰۰ میلی‌متر نبوده، متصل شوند. نحوه اتصال تخته گچی باید مطابق با یکی از روش‌های مندرج در بند ۷-۳-۱-۱-۱ یا ۷-۳-۱-۱-۲ باشد.

۷-۳-۱-۱-۱- پیچ‌های خودکار دیوار خشک باید در فواصل حداکثر ۳۰ سانتی‌متری قرار گیرند و به میزان یک سانتی‌متر داخل ناودانی‌های قاب‌بندی فولادی افقی با فواصل مرکز تا مرکز حداکثر ٦۰ سانتی‌متر، فرو روند.

۷-۳-۱-۱-۲- میخ‌های تخته گچی باید در فواصل حداکثر ۳۰ سانتی‌متری قرار گیرند و به میزان ۲۰ میلی‌متر داخل چهار تراش‌های قاب‌بندی چوبی ۲۵×۵۰ میلی‌متری قرار گیرند که به مصالح بنایی با میخ‌های بتنی ۵۰ میلی‌متری محکم شده‌اند و در فواصل مرکز تا مرکز حداکثر ٤۰ سانتی‌متری قرار دارند.

۷-۳-۱-۲- اتصال با ملات به بتن و مصالح بنایی رسی - یک ملات پانل با ضخامت ۱۰ میلی‌متری حول محیط و امتداد قطرهای تخته گچی بریزید. بعد از اتصال تخته گچی به سطح مصالح بنایی، آن را با یک میخ بنایی برای هر ۰/۲ متر مربع از پانل، محکم کنید.

۷-۳-۱-۳- امتداد تخته گچی

تخته گچی باید به گونه‌ای نصب شود که بعد بلند آن موازی اعضای قاب‌بندی باشد و تمامی درزهای افقی و قائم آن، دارای تکیه‌گاه بوده و اندودکاری شوند. یک استثناء، تخته گچی نوع FR با ضخامت ۱۵ میلی‌متر است که می‌تواند به صورت افقی بر روی دیوارها نصب شده و درزهای افقی آن فاقد تکیه‌گاه باشد.

۷-۳-۲- ملات‌ها

ملات‌های متصل به سطح بتن یا مصالح بنایی به منظور افزایش مقاومت در برابر آتش، باید مطابق با ضوابط نشریه ۵۵ سازمان برنامه و بودجه کشور اجرا شوند.

Abstract:

Fire resistance of building elements is an important consideration in building design. While structural design considerations for concrete and masonry at ambient temperature conditions are addressed by 9rd subject of Iran's Building National Regulations or ACI 318M and 8rd subject of Iran's Building National Regulations or TMS 402/ACI 530/ASCE 5, respectively, these codes do not consider the impact of fire on concrete and masonry construction. This instruction contains design and analytical procedures for determining the fire resistance of concrete and masonry members and building assemblies. Where differences occur in specific design requirements between this standard and 9rd subject of Iran's Building National Regulations (or ACI 318M) and 8rd subject of Iran's Building National Regulations (or TMS 402/ACI 530/ASCE 5), as in the case of cover protection of steel reinforcement, the more stringent of the requirements shall apply.

Road, Housing and Urban Development Research Center

Prescriptive Guideline for Concrete and Masonry Members in order to Satisfy Fire Resistance Requirements

Saeed Bakhtiyari - Arsalan Kalali

Mohammad Shekarchi Zadeh

Masoud Jamali Ashtiani

BHRC Publication No.S-909
2020