

جمهوری اسلامی ایران

معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور

# آیین نامه طراحی و اجرای سازه های فولادی سرد نورد (بخش غیر سازه)

نشریه شماره ۶۱۳

معاونت نظارت راهبردی

امور نظام فنی

Nezamfanni.ir



بسمه تعالی

معاون برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور

|        |            |
|--------|------------|
| شماره: | ۹۲/۷۶۸۸    |
| تاریخ: | ۱۳۹۲/۰۲/۰۳ |

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران

موضوع: آیین نامه طراحی و اجرای سازه‌های فولادی سردنورد (بخش غیر سازه)

به استناد آیین نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی، موضوع ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (موضوع تصویب نامه شماره ۴۲۳۳۹/ت/۳۳۴۹۷ هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۶۱۳ امور نظام فنی، با عنوان «آیین نامه طراحی و اجرای سازه‌های فولادی سردنورد (بخش غیر سازه)» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود تا از تاریخ ۱۳۹۲/۵/۰۲ به اجرا درآید.

رعایت مفاد این نشریه برای دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر

الزامی است.

بهرز مرادی

## اصلاح مدارک فنی

### خواننده گرامی:

امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط‌های مفهومی، فنی، ابهام، ابهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این‌رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی

مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

- ۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.
  - ۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.
  - ۳- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.
  - ۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.
- کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت. پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

**نشانی برای مکاتبه:** تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی‌علیشاه، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت

راهبردی رییس جمهور، امور نظام فنی، مرکز تلفن ۳۳۲۷۱

**Email:** info@nezamfanni.ir

**web:** http://nezamfanni.ir

## بسمه تعالی

### پیشگفتار

نظام فنی و اجرایی کشور (مصوبه شماره ۴۲۳۳۹/ت ۳۳۴۹۷ هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیات وزیران) به کارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری در قیمت تمام شده طرح‌ها را مورد تاکید جدی قرار داده است و این امور به استناد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و نظام فنی اجرایی کشور وظیفه تهیه و تدوین ضوابط و معیارهای فنی طرحهای توسعه‌ای کشور را به عهده دارد.

ایجاد ساختمان‌های ایمن که تأمین‌کننده آسایش، بهداشت و صرفه اقتصادی فرد و جامعه باشد از اهداف اصلی مهندسان است. انتخاب صنعتی‌سازی ساختمان‌ها به عنوان روشی تجربه شده و نظام‌مند جهت نیل به این هدف، مدنظر عوامل دخیل در ساختمان‌سازی بوده است. دستیابی به گزینه‌ای که علاوه بر رعایت مقررات ملی و ضوابط فنی از مشخصه سرعت و دقت کافی در اجرا برخوردار باشد، مطلوب و مناسب با نیازهای رو به تزاید مسکن است. از میان سیستم‌های ساختمانی برخی متناسب و همخوان با روش‌های تولید صنعتی‌بوده و مؤلفه‌های اجرایی آن‌ها در بستر مزبور توسعه یافته است. یکی از سیستم‌های ساختمانی که در سالیان اخیر توسعه مناسبی در سطح جهانی داشته است، سیستم ساختمانی فولادی سبک سرد نورد شده می‌باشد.

سیستم ساختمانی فولادی سبک سرد نورد شده از جمله سیستم‌هایی است که گرچه پیدایش آن ریشه در دغدغه‌های زیست محیطی و به تبع آن تعریف گزینه جایگزین برای ساختمان‌های چوبی داشته است، اما به تدریج جایگاه ویژه‌ای در میان سیستم‌های دارای ظرفیت تولید صنعتی یافته است. همگام با میل به توسعه صنعتی‌سازی ساختمان در کشور، انجام پروژه‌های تک‌سازی و انبوه‌سازی با قطعات فولادی سبک سردنورد شده نیز رواج یافته و با توجه به ظرفیت بالای تولید فولاد در کشور و مزیت‌هایی همچون انعطاف بالا، وزن کم سازه و متعلقات و روش تولید سریع باعث شده است که ساختمان‌های فولادی سبک سردنورد گزینه‌ای قابل اعتنا در صنعت ساختمان‌سازی کشور شود.

معاونت پژوهشی دانشگاه شیراز نظر به تحقیقات گسترده در خصوص این سیستم ساختمانی ضمن بررسی آئین‌نامه‌ها، دستورالعمل‌ها، استاندارد و ضوابط اجرایی معتبر بین‌المللی با رویکرد بومی‌سازی و ایجاد هماهنگی بین ضوابط طرح و اجرای این سیستم اقدام به تألیف و تدوین آئین‌نامه طراحی و اجرای ساختمان‌های فولادی سردنورد (بخش غیرسازه - نشریه شماره ۶۱۳) نموده است که بخش سازه‌ای این آیین‌نامه نشریه شماره ۶۱۲ می‌باشد. امید است این آیین‌نامه نیاز طراحان و مجریان این سیستم ساختمانی را تأمین نموده و شاهد اجرای صحیح این سیستم در ساخت و سازه‌های کشور باشیم. در پایان، از تلاش و جدیت جناب آقای مهندس غلامحسین حمزه مصطفوی و کارشناسان امور نظام فنی و همچنین جناب آقای دکتر فلاح و دیگر کارشناسان و متخصصان همکار در امر تهیه و نهایی نمودن این نشریه، تشکر و قدردانی می‌نماید. امید است شاهد توفیق روزافزون همه‌ی این بزرگواران در خدمت به مردم شریف ایران اسلامی باشیم.

معاون نظارت راهبردی

فروردین ۱۳۹۲

مجری طرح: دکتر محمد حسن فلاح

عضو هیأت علمی دانشگاه شیراز

اعضای کمیته تدوین بخش سازه:

- |                                                  |                                                    |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| ۱- دکتر سید رسول میرقادری (مسئول تدوین بخش سازه) | عضو هیأت علمی دانشگاه تهران                        |
| ۲- دکتر محمد زمان کبیر                           | عضو هیأت علمی دانشگاه امیر کبیر                    |
| ۳- دکتر غلامرضا قدرتی امیری                      | عضو هیأت علمی دانشگاه علم و صنعت ایران             |
| ۴- دکتر محمد خراسانی                             | دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مهندسی عمران     |
| ۵- دکتر حمید رضا رونق                            | عضو هیأت علمی دانشگاه کوییزلند                     |
| ۶- دکتر مهران زینلیان دستجردی                    | عضو هیأت علمی دانشگاه اصفهان، دانشکده مهندسی عمران |
| ۷- مهندس مسعود کریمیان                           | مدیرعامل موسسه تحقیقات سازه های فلزی سبک           |
| ۸- مهندس پژمان نمیرانیان                         | دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مهندسی عمران     |
| ۹- مهندس محمد صیاس                               | دانشگاه تهران، دانشکده فنی مهندسی عمران            |
| ۱۰- مهندس موسی اکبری                             | مهندسین مشاور                                      |
| ۱۱- دکتر محمد حسن فلاح                           | عضو هیأت علمی دانشگاه شیراز                        |

اعضای کمیته تدوین بخش معماری:

- |                                                |                                                |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| ۱- دکتر محمد حسن فلاح (مسئول تدوین بخش معماری) | عضو هیأت علمی دانشگاه شیراز                    |
| ۲- مهندس مسعود قاسمزاده                        | عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی |
| ۳- مهندس جاوید قنبری                           | دانشگاه تربیت مدرس (دانشجوی دکترای معماری)     |
| ۴- دکتر سعید بختیاری                           | عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی |
| ۵- مهندس ناصر اسدپور                           | مهندسین مشاور ره شهر                           |

اعضای کمیته تدوین بخش ایمنی در برابر آتش:

- |                                                           |                                                |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| ۱- دکتر سعید بختیاری (مسئول تدوین بخش ایمنی در برابر آتش) | عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی |
| ۲- مهندس مسعود قاسمزاده                                   | عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی |
| ۳- دکتر محمد حسن فلاح                                     | عضو هیأت علمی دانشگاه شیراز                    |
| ۴- دکتر بهروز کاری                                        | عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی |

اعضای کمیته تدوین بخش عملکرد حرارتی:

- |                                                    |                                                |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| ۱- دکتر بهروز کاری (مسئول تدوین بخش عملکرد حرارتی) | عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی |
| ۲- مهندس مسعود قاسمزاده                            | عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی |
| ۳- دکتر محمد حسن فلاح                              | عضو هیأت علمی دانشگاه شیراز                    |
| ۴- دکتر سعید بختیاری                               | عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی |

## اعضای کمیته تدوین بخش صدا‌بندی:

- ۱- مهندس محمد جعفر هدایتی (مسئول تدوین بخش صدا‌بندی)
  - ۲- مهندس مسعود قاسم‌زاده
  - ۳- دکتر محمد حسن فلاح
- عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
- عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
- عضو هیأت علمی دانشگاه شیراز

## اعضای کمیته تدوین ضوابط اجرایی و نقشه‌ها (پیوست‌ها):

- ۱- دکتر محمد حسن فلاح
  - ۲- مهندس مسعود کریمیان
  - ۳- مهندس مسعود قاسم‌زاده
  - ۴- دکتر حمید رضا رونق
  - ۵- دکتر محمد خراسانی
  - ۶- دکتر بهروز کاری
  - ۷- مهندس مارال پردلی بهروز
- عضو هیأت علمی دانشگاه شیراز
- مدیرعامل مرکز تحقیقات سازه‌های قاب فلزی سبک
- عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
- عضو هیأت علمی دانشگاه کوپن‌هاگن
- دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مهندسی عمران
- عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
- عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات سازه‌های قاب فلزی سبک

## همکار/مشاور بین‌المللی و داخلی:

- ۱- پروفسور روگر لایوب (Roger LaBoube)
  - ۲- دکتر سید مجتبی حسین علی پور
  - ۳- دکتر ستاری
- مدیر مرکز سازه‌های فلزی سردنورد دانشگاه میسوری رولا
- عضو مدیریت AISI ، رییس کمیته آموزش AISI
- رییس و عضو در کمیته‌های تدوین استانداردهای AISI
- عضو هیأت علمی دانشگاه شهید بهشتی
- عضو هیأت علمی دانشگاه کوپن‌هاگن استرالیا

## اعضای کمیته بازنگری و ویرایش نهایی :

- ۱- دکتر محمد حسن فلاح
  - ۲- مهندس مسعود قاسم‌زاده
  - ۳- دکتر محمد خراسانی
  - ۴- مهندس میثم امیرسادات
- عضو هیأت علمی دانشگاه شیراز
- عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
- دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مهندسی عمران
- دانشگاه شهید بهشتی (دانشجوی کارشناسی ارشد معماری)

## اعضای گروه هدایت و راهبری پروژه:

- آقای علیرضا توتونچی      معاون امور نظام فنی
- خانم فرزانه آقارمضانعلی      رئیس گروه امور نظام فنی
- آقای علیرضا فلسفی      کارشناس عمران امور نظام فنی

# فصل ۱

---

---

الزامات ایمنی در برابر آتش برای  
سیستم ساختمانی قاب سبک فولادی



### ۳-۱- کلیات و مبانی

#### ۳-۱-۱- تعاریف

آتش: در این مقررات، برای سادگی و اختصار، در برخی از عبارات از واژه "آتش" به جای "آتش‌سوزی" استفاده شده است و منظور از آن آتشی است که از کنترل خارج شده و برای انسان، موجودات زنده، ساختمان و محتویات آن زیان‌آور و خطرناک است (به عنوان مثال استفاده از عبارت "آتش استاندارد" به جای "آتش‌سوزی استاندارد" یا "مقاومت در برابر آتش" به جای "مقاومت در برابر آتش‌سوزی").

آتش استاندارد: یک منحنی استاندارد که افزایش دما بر حسب زمان را برای آزمایش‌های استاندارد مقاومت در برابر آتش مشخص می‌کند. آتش استاندارد در استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۰۵۵۱۰. ارائه شده است.

آتش‌بند منفذ پوسته‌ای: یک ماده، وسیله یا سیستم که به منظور مقاومت در برابر عبور شعله و حرارت از سوراخ‌های موجود در یک پوسته محافظ، برای یک مدت زمان مشخص تجویز شده توسط این مقررات، نصب می‌شود. این سوراخ‌ها ممکن است برای عبور کابل، سینی کابل، کانال، لوله و اجزای مشابه در داخل پوسته محافظ ایجاد شده باشد.

آتش‌بند منفذ سرتاسری: یک ماده یا سیستم که به منظور مقاومت در برابر پیشروی حریق از طریق منافذ، برای یک مدت زمان مشخص تجویز شده توسط این مقررات، نصب می‌شود. معیار درجه‌بندی F و T برای سیستم‌های آتش‌بند منفذ باید مطابق با استاندارد ASTM E814 یا سایر استانداردهای معتبر مورد تأیید مقام مسئول باشد. به تعاریف درجه‌بندی F و T مراجعه شود.

آتش‌بند منفذ: بر حسب مورد می‌تواند آتش‌بند منفذ سرتاسری یا پوسته‌ای باشد.

اجزای باربر: اعضای از ساختمان که بار مرده و زنده ساختمان را به شالوده‌ها انتقال می‌دهند.

ارتفاع ساختمان: فاصله قائم تراز زمین تا تراز بالاترین بام (توجه: برای ساختمان‌هایی که دارای چند بام با ارتفاع‌های مختلف باشند، ارتفاع ساختمان معادل ارتفاع متوسط بالاترین بام در نظر گرفته می‌شود).

ارتفاع طبقه: فاصله قائم از روی کف تمام‌شده طبقه مورد نظر تا روی کف تمام‌شده طبقه بالاتر است.

آزمایش مقاومت در برابر آتش: آزمایش عناصر و سیستم‌های ساختمانی در کوره‌های مخصوص و تحت یک منحنی استاندارد دما-زمان، تا به این وسیله مقاومت عنصر مورد نظر در برابر آتش تعیین شود. در آزمایش مقاومت در برابر آتش، سه مشخصه زیر در نمونه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد:

الف- پایداری: اینکه جزء مورد نظر پایداری خود را در برابر افزایش دما حفظ کرده، دچار گسیختگی و ریزش نشود.

ب- یکپارچگی: اینکه عنصر ساختمانی مورد نظر یکپارچگی خود را حفظ نموده، دچار ترک و شکاف نشود تا از انتقال حرارت و دود به فضاهای مجاور جلوگیری شود.

ج- نارسانایی: عنصر ساختمانی مورد نظر حتی‌الامکان عایق باشد تا موجب انتقال سریع حرارت به فضاهای مجاور نشود. پلکان: بخشی از مجموعه راه خروج شامل تعدادی پله با پاگردها و سکوه‌های لازم که در مجموع رفت و آمد از یک طبقه به طبقه دیگر را بدون تداخل و برخورد با مانع امکان‌پذیر می‌کند.

پله: تغییر در تراز ارتفاع، شامل یک یا چند مرتبه صعود.

پنجره آتش: در این مقررات به جای عبارت "پنجره مقاوم در برابر آتش"، اصطلاحاً از عبارت کوتاه‌تر "پنجره آتش" استفاده شده است و منظور از آن پنجره‌ای با ساختار و شیشه‌کاری مناسب است که بتواند محافظت لازم به منظور جلوگیری از انتقال آتش‌سوزی را، در حد الزامات مربوط، تأمین کند.

تأیید شده، تصویب شده:

۱- تأیید و تصویب مصالح، لوازم و تاسیسات ساختمانی، طرح‌ها، روش‌ها و ساختارها، یعنی تأیید و تصویب آن‌ها توسط مقامات قانونی مسئول، مراکز و آزمایشگاه‌های دارای صلاحیت قانونی که مطابق ضوابط، استانداردها و مقررات مربوطه، با انجام آزمایش و بررسی مستقیم یا غیر مستقیم صورت می‌گیرد، ۲- تأیید و تصویب تصرف، یعنی تأیید و تصویب یک یا چند نوع بهره‌گیری از بنا، که بنا به آن مقاصد مورد استفاده قرار خواهد گرفت، توسط مقامات دارای صلاحیت قانونی و مسئول که مطابق مقررات مربوطه با استناد به ارائه ادله دقیق و قاطع برای هماهنگی کامل ساختمان با مقررات اصولی در مورد آن تصرف یا تصرف‌ها انجام می‌شود.

تراز زمین: سطح مبنا که متوسط تراز زمین مجاور ساختمان در دیوارهای خارجی را نشان می‌دهد. اگر سطح زمین به صورت شیب‌دار از دیوارهای خارجی دور می‌شود، سطح مبنا باید در پائین‌ترین نقاط درون مساحت بین ساختمان و حد مالکیت زمین در نظر گرفته شود و یا در صورتی که فاصله حد مالکیت زمین از ساختمان بیش از ۱۸۰ سانتی‌متر باشد، باید بین ساختمان و نقطه‌ای در ۱۸۰ سانتی‌متری ساختمان در نظر گرفته شود.

تصرف: نوع بهره‌گیری از بنا یا بخشی از آن است که به مقاصد معلوم در دست بهره‌برداری بوده و یا قرار است به آن مقاصد مورد استفاده قرار گیرد (توضیح: از آن جایی که در یک ساختمان با کاربری مشخص، فضاهای با انواع بهره‌برداری‌های متفاوت وجود دارد، استفاده از کلمه کاربری به جای تصرف، دقیق نیست. به عنوان مثال در یک ساختمان با کاربری هتل انواع تصرف‌های مسکونی، تجمعی، انبار و سایر تصرف‌ها وجود دارد).

تغییرات: هرگونه دگرگونی یا تغییر و تبدیل در ساختمان، در راه‌های خروج از ساختمان و در تاسیسات مکانیکی و برقی ساختمان که به قصد افزایش ساختمان نباشد.

حیات: فضای باز بدون سقف و بدون تصرف که از دو یا چند طرف با دیوارهای خارجی بنا محصور باشد و اگر از همه طرف به دیوارهای خارجی بنا محصور شود، در آن صورت به آن حیات داخلی گفته می‌شود.

خانه: فضای زندگی حداکثر با دو طبقه ارتفاع که به منظور سکونت یک یا دو خانوار در نظر گرفته شده باشد. خودکار: اصطلاح "خودکار" در مورد تجهیزات محافظت در برابر حریق، برای وسایل و دستگاه‌هایی به کار می‌رود که در اثر واکنش به برخی از محصولات احتراق، خود به خود و بدون دخالت انسان عمل کنند.

خیابان: هر نوع راه عبور و مرور عمومی در فضای باز، اعم از کوچه، خیابان یا بلوار که دست کم دارای ۹ متر عرض بوده و به نحوی طرح شده باشد که امکان استفاده واحدهای آتش‌نشانی برای خاموش کردن آتش‌سوزی را فراهم آورد. معابر داخل فضاهای بسته و تونل‌ها اگرچه مورد استفاده عبور و مرور عمومی قرار گرفته و ماشین‌رو باشند، به عنوان خیابان ملحوظ نمی‌شوند.

در آتش: مجموعه‌ای از عناصر شامل لنگه در، چارچوب، یراق‌الات و دیگر اجزایی که مجموعاً یک درجه مشخص از محافظت در برابر آتش را تأمین می‌کند. در این مقررات به جای عبارت "سیستم در مقاوم در برابر آتش"، اصطلاحاً از عبارت کوتاه‌تر "در آتش" استفاده شده است.

در بادبزی: دری مجهز شده به یک وسیله دو محوری که چنان طراحی شده تا در هنگام باز شدن، باعث حرکت بادبزی شود.

در خود بسته‌شو: یک در محافظت‌شده در برابر آتش که مجهز به سیستمی است که باعث بسته شدن خود به خود در، پس از باز شدن آن می‌شود.

در خودکار بسته‌شو: یک در محافظت‌شده در برابر آتش که مجهز به سیستمی است که به هنگام آتش‌سوزی، در اثر واکنش به برخی از محصولات احتراق (مانند دود) یا از طریق گرفتن فرمان از محلی دیگر، باعث بسته شدن در می‌شود.

در/دریچه آتش کف: مجموعه‌ای از لنگه در یا دریچه، چارچوب، یراق‌الات و دیگر اجزای نصب شده در سطح افقی، که مجموعاً یک درجه مشخص از محافظت در برابر آتش را در یک منفذ، داخل یک کف دارای درجه‌بندی مقاومت در برابر آتش تأمین می‌کند.

درجه محافظت در برابر آتش: مدت زمانی که یک بازشوی محافظت شده (مانند یک در آتش)، مطابق با آزمون استاندارد قادر به محبوس کردن آتش باشد. درجه‌بندی محافظت در برابر آتش بر حسب ساعت یا دقیقه بیان می‌شود. درجه‌بندی F: مدت زمانی که یک سیستم آتش‌بند مطابق آزمایش ASTM E814، پیشروی آتش از طریق منفذ را محدود می‌کند.

درجه‌بندی T: مدت زمانی که سیستم آتش‌بند منفذ، شامل عنصر نفوذکننده، حداکثر افزایش دما به سمت مخالف حریق از طریق منفذ را به ۱۶۳ درجه سلسیوس محدود می‌سازد، در صورتی که آزمون براساس استاندارد ASTM E814 انجام شود.

درز: گشودگی خطی داخل یک عنصر ساختمانی، مانند درز انبساط، که برای حرکت مستقل ساختمان در صفحات مختلف (ناشی از حرارت، زمین‌لرزه، باد و یا هرگونه نیروی دیگر) طراحی شده است. چنانچه درز در یک عنصر ساختمانی دارای درجه‌بندی مقاومت در برابر آتش وجود داشته باشد، باید از سیستم درزبندی مقاوم در برابر آتش استفاده کرد (برای مثال مراجعه کنید به بند ۳-۱۸-۳)

دمپر (یا دریچه) آتش / دود: دمپر دارای استاندارد یا گواهینامه فنی معتبر، نصب شده در کانال‌ها و گشودگی‌های انتقال هوا که با دریافت علامت از سیستم کشف حریق بسته می‌شود و در برابر عبور هوا/دود مقاومت می‌کند. این وسیله طوری نصب می‌شود که به طور خودکار عمل کرده و در صورت لزوم بتوان آن را از یک ایستگاه فرماندهی در ساختمان در محلی دور از دمپر کنترل نمود (در این مقررات به جای عبارت "دمپر مقاوم در برابر آتش/دود"، اصطلاحاً از عبارت کوتاه‌تر "دمپر آتش/دود" استفاده شده است).

دمپر (یا دریچه) آتش: دمپر دارای استاندارد یا گواهینامه فنی معتبر، نصب شده در کانال‌ها و گشودگی‌های انتقال هوا یا سیستم‌های کنترل دود که به محض کشف حرارت به صورت خودکار مسدود شده، مانع عبور هوا می‌شود و عبور شعله را محدود می‌کند. دمپرهای آتش براساس استفاده در سیستم‌های استاتیکی (که در صورت وقوع آتش‌سوزی به صورت خودکار متوقف می‌شوند) یا در سیستم‌های دینامیکی (که در طی مدت آتش‌سوزی به کار خود ادامه می‌دهند) طبقه‌بندی می‌شوند. دمپرهای آتش نوع دینامیکی برای بسته‌شدن تحت ادامه جریان هوا آزمایش و درجه‌بندی می‌شود (در این مقررات به جای عبارت "دمپر مقاوم در برابر آتش"، اصطلاحاً از عبارت کوتاه‌تر "دمپر آتش" استفاده شده است). دمپر (یا دریچه) دود: دمپر دارای استاندارد یا گواهینامه فنی معتبر، نصب شده در کانال‌ها و گشودگی‌های انتقال هوا که برای مقاومت در برابر عبور هوا و دود طراحی شده است. این دمپرهای طوری نصب می‌شود که به طور خودکار و تحت کنترل سیستم کشف دود عمل کرده و در صورت لزوم بتوان آن را از یک ایستگاه فرماندهی دور در ساختمان کنترل نمود (در این مقررات به جای عبارت "دمپر مقاوم در برابر عبور دود"، اصطلاحاً از عبارت کوتاه‌تر "دمپر دود" استفاده شده است).

دمپر (یا دریچه): دریچه قابل تنظیم بر روی کانال‌های هوا و داکت‌ها. دوربند خروج: جزئی از خروج که از بقیه فضاها داخل ساختمان یا سازه به وسیله ساختار دارای درجه‌بندی مقاومت در برابر آتش و محافظت‌کننده‌های بازشو جدا شده است و مسیر عبور محافظت‌شده‌ای را به سمت یک تخلیه خروج یا به یک معبر عمومی تأمین می‌کند (همچنین مراجعه کنید به تعریف راه خروج).

دوربند شفت: دیوارهای تشکیل دهنده مرزهای (بدنه) اطراف یک شفت (همچنین مراجعه کنید به تعریف شفت).  
دیوار جان پناه: بخش امتداد یافته دیوارهای خارجی بنا در بام که به منظور فراهم نمودن ایمنی و تفکیک همسایگی اجرا می شود.

دیوار جداکننده آتش: دیوار جداکننده ای که برای جلوگیری از گسترش آتش سوزی از یک طرف به طرف دیگر دیوار طراحی شده و بازشوهای آن در برابر آتش محافظت شده است.

دیوار مشترک: دیواری که در مرز مالکیت دو ساختمان برای بهره گیری مشترک ساخته می شود.  
راه خروج: مسیر ممتد و بدون مانعی که برای رسیدن از هر نقطه ساختمان به یک معبر عمومی در نظر گرفته شود. راه خروج از سه بخش مجزا و مشخص "دسترس خروج"، "خروج" و "تخلیه خروج" تشکیل شده است.  
راه پله: مراجعه کنید به پلکان.

راهرو: قسمتی از راه خروج که در بین ردیف های اصلی صندلی ها، نشیمن ها، میزها و سایر مبلمان موجود در فضاهای تجمعی، رد می شود و امکان عبور از میان آنها و یا دسترسی به آنها را فراهم می کند.

سیستم درزبندی آتش: مجموعه ای از مواد یا فراورده های ویژه که برای ایجاد مقاومت در برابر عبور آتش، داخل درزهای ساخته شده درون یا بین مجموعه های ساختمانی دارای درجه بندی مقاومت در برابر آتش قرار گرفته اند. این سیستم ها باید براساس یکی از استانداردهای UL 2079 یا ASTM E1966 طراحی، آزمایش و از نظر مقاومت در برابر آتش درجه بندی شده باشند (در این مقررات به جای عبارت "درزبندی مقاوم در برابر آتش، اصطلاحاً از عبارت کوتاه تر درزبندی آتش" استفاده شده است).

شفت: فضای محصور امتداد یافته بین یک یا چند طبقه از یک ساختمان که به صورت عمودی گشودگی های طبقه ها در بر می گیرد، مانند جعبه پلکان، جعبه اسانسور و داکت های تاسیساتی.  
شیب راه: سطح تردد که دارای شیبی بیشتر از ۵ درصد است.

طبقه خیابان: طبقه ای از بنا که از کف خیابان یا محوطه خارج بنا حداکثر با شش پله قابل دسترس باشد. در مواردی که دو یا چند طبقه ساختمان بتوانند در اثر تغییرات تراز مستقیماً به خیابان یا محوطه اطراف راه یابند، ساختمان به همان تعداد دارای طبقه خیابان خواهد بود. به همین ترتیب، چنانچه هیچ یک از طبقات بنا نتوانند با شرایط یاد شده امکان دسترسی به خیابان و محوطه خارج داشته باشند، ساختمان بدون "طبقه خیابان" منظور می شود.  
طبقه: بخشی از ساختمان که بین دو کف تمام شده متوالی قرار دارد (همچنین مراجعه کنید به تعاریف واژه های زیرزمین و نیم طبقه).

عنصر ساختمانی درجه بندی شده (یا دارای درجه بندی) از نظر مقاومت در برابر آتش: یک عنصر ساختمانی (مانند دیوار، سقف یا غیره) که مطابق با مقررات، دارای یک مقدار الزامی مشخص مقاومت در برابر آتش است.

عنصر نفوذکننده: عنصری مانند لوله، کابل یا غیره که از طریق یک منفذ به درون یک عنصر ساختمانی دارای درجه بندی از نظر مقاومت در برابر آتش نفوذ کرده است (به فصل ۳-۸ و قسمت ۳-۸-۱۲ مراجعه شود).

فاصله مجزاسازی حریق: عبارت از فاصله اندازه گیری شده از نمای ساختمان تا نزدیکترین خط داخلی مالکیت زمین، یا تا خط وسط خیابان، کوچه یا معبر عمومی، و یا تا یک خط فرضی بین دو ساختمان موجود در یک ملک یا یک زمین مشترک است. این فاصله باید نسبت به دیوار ساختمان تحت زاویه قائمه اندازه گیری شود.

فضای پیرامونی: فضای باز پیرامون یک عنصر نفوذکننده است.

کریدور: یک جزء محصور (بسته) از "دسترس خروج" که یک مسیر عبور به یک خروج را فراهم می کند.

که در آن  $t$  = زمان آزمایش بر حسب دقیقه و  $T$  = دمای کوره بر حسب درجه سلسیوس در زمان  $t$  است. مانع آتش: یک عنصر ساختمانی افقی (مانند سقف) یا قائم (مانند دیوار) با درجه‌بندی مقاومت در برابر آتش که برای جلوگیری از گسترش آتش‌سوزی طراحی شده و دارای بازشوهای محافظت شده در برابر آتش است. مانع دود: یک پوسته پیوسته قائم یا افقی، مانند دیوار یا سقف که برای محدود کردن حرکت دود طراحی و ساخته شده است.

محوطه باز: فضایی که تصرفی در آن صورت گرفته و به وسیله ساختمان محصور نشده باشد. اندازه و محل محوطه باز باید به گونه‌ای باشد که به هنگام بروز آتش‌سوزی، مأموران آتش‌نشانی و ایمنی بتوانند به آن دسترسی داشته و از آن استفاده کنند. محوطه باز باید در تمام اوقات شبانه‌روز از هرگونه موانع خالی باشد.

مساحت ساختمان: مساحتی که در میان دیوارهای خارجی بدون در نظر گرفتن شفت‌های تهویه و حیاط‌ها قرار گرفته است. فضاهایی از ساختمان که در حد فاصل دیوارهای اطراف ساختمان قرار ندارند، در صورتی که درون تصویر افقی بام یا کف بالایی قرار داشته باشند، باید در محاسبه مساحت ساختمان در نظر گرفته شوند.

مساحت کف (سطح اشغال)، ناخالص: مساحت کف واقع در داخل دیوارهای خارجی ساختمان مورد نظر، بدون مساحت کانال‌های قائم تهویه و محوطه‌های باز، و بدون کم کردن مساحت کریدورها، راه‌پله‌ها، کمد‌ها، ضخامت دیوارهای داخلی، ستون‌ها یا سایر قسمت‌های برجسته نمایان.

مساحت کف، خالص: مساحت سطح اشغال شده واقعی که شامل مساحت قسمت‌های فرعی بدون متصرف، مانند کریدورها، راه‌پله‌ها، سرویس‌های بهداشتی، اتاق تاسیسات مکانیکی و کمد‌ها نمی‌شود.

مسدودکننده حریق: مصالح ساختمانی نصب شده برای مقاومت در برابر عبور آزاد شعله به دیگر نواحی ساختمان از میان فضاهای پنهان.

مقاومت در برابر آتش: عبارت است از خواصی از مصالح، مجموعه یا سیستم ساختمانی که از عبور حرارت زیاد، گازهای داغ یا شعله تحت شرایط کاربرد جلوگیری کرده یا آن را به تأخیر می‌اندازد.

درجه مقاومت در برابر آتش: مدت زمانی که یک جزء، مجموعه یا سیستم ساختمانی قادر به ادامه وظیفه عملکردی خود در شرایط آتش استاندارد باشد (مدت زمانی که یک جزء یا مجموعه ساختمانی قادر است یک آتش‌سوزی با شدت استاندارد را در فضای وقوع محبوس کرده، یا به عملکرد سازه‌ای خود تحت شرایط آتش استاندارد ادامه دهد و یا هر دو). این مدت زمان براساس نتایج آزمون‌های استاندارد یا مقادیر داده شده در راهنماهای مصوب تعیین می‌شود.

منحنی استاندارد دما-زمان (برای آزمایش مقاومت در برابر آتش): منحنی دما بر حسب زمان مربوط به کوره‌های آزمایش مقاومت در برابر آتش است، که ممکن است در استانداردهای کشورهای مختلف، متفاوت باشد. طبق استاندارد بین‌المللی ISO 834 این منحنی از رابطه زیر تبعیت می‌کند:

منطقه حریق: بخشی از فضای داخل ساختمان که از اطراف و از سقف و کف به وسیله اجزای ساختمانی مقاوم در برابر آتش (مانند دیوارهای مانع آتش، دیوارهای جداکننده آتش و سیستم‌های کف/سقف مقاوم در برابر آتش) محدود شود. منطقه حریق با بررسی و اندازه‌گیری عرض، طول و ارتفاع حریق احتمالی ارزیابی می‌شود.

منفذ پوسته‌ای: گشودگی ایجاد شده در داخل یک سمت یک عنصر (پوسته دیوار، کف یا سقف).

منفذ سرتاسری: یک گشودگی (فضای باز) که به طور کامل از یک سر عنصر تا سر دیگر آن عبور می‌کند.

هتل: بنایی که اتاق‌های آن به منظور سکونت مسافران مورد استفاده قرار گیرد. این تعریف، شامل متل و سایر بناهایی که قصد ارائه امکانات سکونتی موقت را دارند، نیز می‌شود.

هوابند: هرگونه مصالح، ابزار یا وسیله ساختمانی دارای استاندارد یا گواهینامه فنی که برای محدود کردن جریان هوا در داخل فضاهای باز در قسمت‌های پنهان اجزای ساختمان، مانند فضاهای دسترسی و بازدید تاسیسات، مجموعه‌های کف - سقف یا بام - سقف و اتاق‌های زیرشیروانی نصب شده باشد.

واحد تصرف: به معنای حداکثر مساحت مجاز کف به ازای یک نفر بهره‌بردار (متصرف) است.

### ۳-۱-۲- انتظارات عملکردی ایمنی در برابر آتش

هر ساختمانی، با هر نوع سیستم ساختمانی، باید به نحوی ساخته شود، که ضوابط و مقررات ایمنی در برابر آتش در آن رعایت شود. انتظارات عملکردی ایمنی در برابر آتش به صورت عبارات کیفی در این قسمت ارائه شده است. برای الزامات کامل ایمنی در برابر آتش به مبحث سوم مقررات ملی ساختمان و سایر مدارک مصوب ایمنی در برابر آتش مراجعه شود.

#### ۳-۱-۲-۱- کشف و اعلام به موقع حریق

ساختمان باید به نحوی طراحی و ساخته شود که در صورت وقوع آتش‌سوزی، ساکنان و افراد داخل ساختمان در همان مراحل اولیه از آن مطلع شوند تا بتوانند واکنش مناسبی را به موقع از خود نشان دهند. برای این منظور، در صورت نیاز، باید از سیستم‌های مناسب کشف و اعلام حریق استفاده شود.

#### ۳-۲-۱- طراحی مسیرهای خروج

ساختمان باید به نحوی طراحی و ساخته شود که در صورت وقوع آتش‌سوزی، مسیرهایی برای فرار از ساختمان به محل امنی در خارج از آن وجود داشته باشد. این مسیرها باید به صورت امن و مؤثر در تمام اوقات و برای کلیه افراد به شکل مناسب و عادلانه قابل استفاده باشد.

#### ۳-۲-۱-۳- جلوگیری از گسترش داخلی و خارجی آتش‌سوزی

برای جلوگیری از گسترش آتش‌سوزی در داخل ساختمان لازم است تا نازک‌کاری‌های داخلی از خواص مناسبی در برابر آتش برخوردار بوده و به علاوه اجزای ساختاری (نظیر دیوارها) مانع از گسترش آتش‌سوزی به فضاهای مجاور شود (منظور از نازک‌کاری‌های داخلی، مصالح نازک‌کاری روی هرگونه جداکننده، دیوار، سقف یا دیگر ساختارهای داخلی است).

#### الف- گسترش داخلی حریق (نازک‌کاری‌ها)

- به منظور جلوگیری از گسترش آتش‌سوزی در داخل ساختمان، نازک‌کاری‌های داخلی باید:
- (۱) در صورت قابل اشتعال بودن، شدت رهایش گرمای ناشی از سوختن آنها قابل قبول باشد، و
  - (۲) در برابر پیشروی سطحی شعله مقاومت لازم را دارا باشند.

#### ب- گسترش داخلی حریق (ساختاری)

- سازه ساختمان باید به گونه‌ای طراحی و ساخته شود که در صورت وقوع آتش‌سوزی، پایداری آن به مدت مناسبی حفظ شود.
- دیوار بین واحدهای مستقل باید چنان طراحی و ساخته شود که در برابر گسترش آتش‌سوزی از یک واحد به واحدهای مجاور مقاومت نماید.
- ساختمان باید به نحوی طراحی و ساخته شود که در آن امکان پیشروی پنهان آتش و دود در فضاهای ناپیدای موجود در داخل ساختار وجود نداشته باشد.

- بازشوهای نصب شده در داخل عناصر دارای درجه‌بندی مقاومت در برابر آتش، باید به طور مناسب محافظت شوند، تا یکپارچگی عنصر در برابر حریق حفظ شود.

### ج- گسترش خارجی حریق

- دیوارهای خارجی باید در برابر پیشروی شعله‌های آتش بر روی دیوار و گسترش آتش‌سوزی از یک ساختمان به ساختمان دیگر، متناسب با ارتفاع، کاربری و موقعیت ساختمان مقاومت نمایند. برای این منظور لازم است دیوارهای خارجی ساختمان به گونه‌ای ساخته شوند که خطر افروزش آنها، در صورت قرار گرفتن در معرض یک منبع حرارت بیرونی کم باشد و در صورت اشتعال، گرمای کمی آزاد کرده و پیشروی شعله بر روی سطوح آنها محدود باشد.

همچنین لازم است که مساحت سطوح محافظت نشده موجود در جدار خارجی ساختمان (مانند پنجره‌ها) محدود شود، به طوری که مقدار حرارتی که ممکن است از بیرون به داخل (یا برعکس) بتابد، با توجه به فاصله بین دیوار خارجی ساختمان و مرزهای اطراف، محدود باشد.

- بام ساختمان باید متناسب با کاربری و موقعیت ساختمان، در برابر پیشروی حریق بر روی بام و گسترش از یک ساختمان به ساختمان مجاور مقاومت نماید. برای این منظور لازم است بام ساختمان طوری ساخته شود که خطر پیشروی شعله بر روی آن بر اثر منابع اشتعال خارجی محدود شود.

**یادآوری:** موارد فوق باید به گونه‌ای صورت گیرد که از پیشروی آتش‌سوزی از یک ساختمان به ساختمانی خارج از مرز مالکیت آن، یا برعکس، جلوگیری شود. سطح الزامات به کاربری ساختمان، فاصله آن از مرز مالکیت، و برای برخی موارد به ارتفاع بستگی دارد.

### ۳-۱-۲-۴- سیستم‌های خاموش کننده آتش

هر ساختمان یا بخشی از آن باید متناسب با نوع تصرف فضاها و ابعاد آن به سیستم‌های خاموش کننده دستی و خودکار مجهز باشد تا امکان خاموش کردن آتش، به ویژه در مراحل ابتدایی آن، وجود داشته و از گسترش سریع حریق جلوگیری شود.

### ۳-۱-۲-۵- تسهیلات برای دسترسی و عملیات نیروهای آتش‌نشان

- ساختمان باید به نحوی طراحی و ساخته شود که تسهیلات لازم برای عملیات نیروهای آتش‌نشان هنگام عملیات در ساختمان فراهم باشد. مقام قانونی مسئول بر حسب نیاز و متناسب با شرایط ساختمان، می‌تواند نصب این امکانات و تسهیلات (مانند شبکه لوله‌های آماده و حلقه‌های شلنگ‌های آتش‌نشانی) را خواستار شود. همچنین، باید راه‌های دسترسی کافی برای ورود به ساختمان و در درون آن برای نیروهای آتش‌نشان به منظور انجام عملیات امداد و خاموش‌سازی حریق وجود داشته باشد.

- محوطه ساختمان باید به نحوی طراحی و ساخته شود که نیروهای آتش‌نشان بتوانند ماشین‌الات و تجهیزات مورد نیاز خود را به نحو مناسب به نزدیک ساختمان برسانند. زمین محوطه باید مقاومت مکانیکی لازم برای تحمل وزن ماشین‌الات آتش‌نشانی در حین عملیات را داشته باشد و دچار نشست یا ریزش نشود.

- فضاهای زیر زمین در ساختمان باید به نحو مناسب به تجهیزات تهویه و تخلیه دود ناشی از آتش‌سوزی مجهز شده باشد.

### ۳-۱-۳- دسته‌بندی تصرف ساختمان‌ها

در این قسمت دسته‌بندی اصلی ساختمان‌ها و فضاهای آنها از نظر نوع تصرف و ضوابط لازم برای تعیین و کنترل آنها ارائه شده است. این کار به این علت صورت می‌گیرد که فضاهای با تصرف‌های مختلف از نظر خطر آتش‌سوزی با یکدیگر متفاوت هستند و به طور طبیعی سطح الزامات ایمنی در برابر آتش برای آنها متفاوت است. سطح الزامات ایمنی در برابر آتش در ساختمان با قاب فولادی سبک (و فضاهای داخل آن) نیز در برخی موارد به نوع تصرف و کاربری ساختمان بستگی دارد که در بخش‌های مربوط به خود آمده است.

در این آیین‌نامه ساختمان‌ها از نظر نوع تصرف به ۱۰ گروه اصلی تقسیم شده‌اند. که بعضی از آنها دارای زیرگروه‌هایی نیز هستند. از آن جایی که مواد خطرناک دارای شرایط ویژه‌ای بوده و به تقسیم‌بندی‌های خاص نیاز دارند و با توجه به تنوع زیاد انواع مواد شیمیایی، مواد منفجره، انواع مواد اولیه مورد استفاده در صنایع و سایر موارد مشابه، تعاریف و الزامات ارائه شده در این آیین‌نامه برای ساختمان‌های مخاطره‌آمیز، فقط در حد نیاز آورده شده است. امکان ارائه تمام الزامات ایمنی مربوط به ساختمان‌های مخاطره‌آمیز با جزئیات مربوط به آنها در این آیین‌نامه وجود ندارد، بنابراین برای طراحی ایمن این نوع ساختمان‌ها باید از مراجع و ضوابط تخصصی استفاده شود.

در بسیاری از ساختمان‌ها بیش از یک تصرف وجود دارد که از آن جمله می‌توان وجود فضاهای تجمعی احتمالی در ساختمان‌های اداری، آموزشی و مسکونی، یا وجود فضاهای مختلف مسکونی، اداری، تجاری و تجمعی در هتل‌ها و بسیاری موارد دیگر را نام برد. بنابراین نیاز است تا الزامات خاص برای هر یک از آنها به نحو مناسب پیش‌بینی شده و ساختمان در کل از ایمنی کافی در برابر آتش‌سوزی برخوردار باشد. روش این کار در بخش ۳-۱-۳-۴ تحت عنوان تصرف‌های مختلط ارائه شده است.

#### ۳-۱-۳-۱- گروه‌های تصرف

تمام بناها باید بر حسب نوع عملکرد و بهره‌برداری، دست کم در یکی از تصرف‌های ده‌گانه زیر ثبت شوند.

۱- تصرف‌های مسکونی/ اقامتی: گروه‌های م-۱، م-۲ و م-۳

۲- تصرف‌های آموزشی: گروه ۱

۳- تصرف‌های درمانی/ مراقبتی: گروه‌های د-۱، د-۲، د-۳ و د-۴

۴- تصرف‌های تجمعی: گروه‌های ت-۱، ت-۲، ت-۳، ت-۴ و ت-۵

۵- تصرف‌های حرفه‌ای/ اداری: گروه ح

۶- تصرف‌های کسبی/ تجاری: گروه ک

۷- تصرف‌های صنعتی: گروه‌های ص-۱ و ص-۲

۸- تصرف‌های انباری: گروه‌های ن-۱ و ن-۲

۹- تصرف‌های مخاطره‌آمیز: خ

۱۰- تصرف‌های متفرقه: گروه ف

برای شرح دقیق گروه‌های تصرف و زیرگروه‌های آنها به آخرین ویرایش مبحث سوم مقررات ملی ساختمان و یا نشریه شماره ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن (دستورالعمل محافظت ساختمان‌ها در برابر آتش) مراجعه شود.

جدول راهنمای حروف اختصاری تصرف‌ها در زیر ارائه شده است، تا کاربران به نحو ساده‌تری بتوانند، نوع تصرف ساختمان‌های مختلف رایج را یافته و با تقسیم‌بندی‌های ارائه شده در این مقررات تطبیق دهند.

جدول ۱-۳- راهنمای حروف اختصاری تصرف‌ها

| حرف اختصاری | نوع تصرف         | زیر گروه‌ها | مثال                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------|------------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ا           | آموزشی / فرهنگی  | -           | دوره‌های تحصیلی ابتدایی تا دبیرستان                                                                                                                                                                                                                      |
| ت           | تجمعی            | ت-۱         | کاربری تجمعی برای ارائه یا تماشای اجراهای نمایشی یا تصاویر متحرک، مانند سینما، تئاتر و استودیوهای رادیویی و تلویزیونی                                                                                                                                    |
|             |                  | ت-۲         | صرف غذا یا نوشیدنی مانند سالن‌های ضیافت، رستوران‌ها، تریاها و باشگاه‌ها                                                                                                                                                                                  |
|             |                  | ت-۳         | مکان‌های نیایش، جشن، سرگرمی یا کاربری‌های تجمعی که در سایر گروه‌های تصرف (ت) قرار نگرفته باشند، مانند مسجد، سالن سخنرانی، دادگاه، نمایشگاه، باشگاه ورزشی یا استخر سرپوشیده بدون تماشاچی، کتابخانه، موزه، سالن انتظار در ترمینال‌های مسافرتی.             |
|             |                  | ت-۴         | استادیوم‌ها و مجموعه‌های ورزشی سرپوشیده                                                                                                                                                                                                                  |
|             |                  | ت-۵         | پارک‌های تفریحی و استادیوم‌های سرباز                                                                                                                                                                                                                     |
| ح           | حرفه‌ای / اداری  | -           | دفاتر اداری، بانک‌ها، شعب پست، آزمایشگاه، کلینیک‌ها و مطب‌های پزشکی، آزمایشگاه تشخیص طبی، دفاتر مهندسی، دانشگاه، پاسگاه نیروهای انتظامی                                                                                                                  |
| خ           | مخاطره‌آمیز      | خ-۱         | اماکن حاوی مواد منفجره                                                                                                                                                                                                                                   |
|             |                  | خ-۲         | اماکن حاوی مایعات قابل اشتعال یا قابل سوختن در ظروف باز یا ظروف بسته با فشار نسبی بیشتر از ۱۰۳ کیلوپاسکال، غبار قابل سوختن و گازهای قابل اشتعال                                                                                                          |
|             |                  | خ-۳         | اماکن حاوی مایعات قابل اشتعال یا قابل سوختن در ظروف بسته با فشار نسبی کمتر از ۱۰۳ کیلوپاسکال، الیاف قابل سوختن، سیالات سرمازای اکسیدکننده، جامدات قابل اشتعال و مواد واکنش‌دهنده با آب                                                                   |
|             |                  | خ-۴         | اماکن حاوی مواد خورنده و مواد سمی                                                                                                                                                                                                                        |
|             |                  | خ-۵         | کارخانه‌های تولید نیمه‌هادی‌ها                                                                                                                                                                                                                           |
| د           | درمانی / مراقبتی | د-۱         | مراکز مراقبت شبانه‌روزی به علت شرایط روحی یا سایر دلایل در یک محیط مسکونی از افرادی که می‌توانند در موقعیت اضطراری بدون کمک فیزیکی دیگران واکنش لازم را از خود نشان دهند، مانند مراکز توان‌بخشی، مراکز نگهداری از آسیب‌دیدگان اجتماعی و مراکز ترک اعتیاد |
|             |                  | د-۲         | خدمات شبانه‌روزی پزشکی، جراحی، روانپزشکی و                                                                                                                                                                                                               |

| حرف اختصاری | نوع تصرف          | زیرگروه‌ها | مثال                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------|-------------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             |                   |            | پرستاری                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|             |                   | د-۳        | زندانه‌ها، بازداشتگاه‌ها، ندامتگاه‌ها و اندرزگاه‌ها، دارالتادیبها                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|             |                   | د-۴        | اسایشگاه‌های ویژه مراقبت شخصی برای بیش از پنج نفر افراد بالغ برای کمتر از ۲۴ ساعت، مراکز ویژه نگهداری بیش از پنج کودک با سن کمتر از ۳ سال به مدت کمتر از ۲۴ ساعت (مانند مهد کودک‌ها)                                                                                                                                                                                                                      |
| ص           | صنعتی             | ص-۱        | صنایع تولید ابزار، وسایل ورزشی، وسایل نقلیه موتوری، دوچرخه‌سازی، ماشین‌های اداری، فرش، موکت، پوشاک، ماشین‌های ساختمانی و کشاورزی، حشره‌کش، شوینده، لامپ، صنایع الکترونیک، صنایع غذایی، پخت نان و شیرینی، مبلمان و روکش مبلمان، خشکشویی‌ها، صنایع چرم، صنایع کاغذ، صنایع پلاستیک، تولید کفش، نساجی‌ها، دخانیات، صنایع چوب و کابینت                                                                         |
|             |                   | ص-۲        | صنایع تولید: مصالح بنایی، گداز فلزات، محصولات شیشه، گچ، شکل‌دهی فلزات و نوشابه‌های غیرالکلی                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| ف           | متفرقه            | -          | اصطبل، گلخانه، پارکینگ شخصی                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| ک           | کسبی/<br>تجاری    | -          | فروشگاه‌ها، بازارها و بازارچه‌ها، داروخانه‌ها، تعمیرگاه‌های اتومبیل                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| م           | مسکونی/<br>اقامتی | م-۱        | هتل‌ها، متل‌ها و مسافرخانه‌ها                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|             |                   | م-۲        | بناهای اقامتی، اقامتگاه‌های غیرموقت سازمانی، خوابگاه‌ها و اقامتگاه‌های تفریحی شراکتی                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|             |                   | م-۳        | مسکونی برای مراقبت شبانه‌روزی از افراد بین ۶ تا ۱۶ نفر                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| ن           | انباری            | ن-۱        | انبار: کاغذ، کتاب، کیف و پوشاک، بامبو و خیزران، الوار، چرم، خز، انواع کفش، مقوا و جعبه مقوایی، پشم، طناب، مبلمان، چسب، کف‌پوشهای لینولئوم، غلات، ابریشم، صابون، شکر، تایر، تنباکو، دخانیات، روکش و پرکننده مبلمان، شمع                                                                                                                                                                                    |
|             |                   | ن-۲        | انبار: مواد غیر قابل سوختن مانند کیسه‌های سیمان، گچ، آهک، لبنیات در بسته‌بندی‌های مقوایی بدون واکس، باتری‌های خشک، سیم‌پیچ‌های الکتریکی، موتورهای برقی، قوطی‌های خالی، اغذیه در بسته‌بندی‌های غیرقابل سوختن، میوه و سبزیجات در بسته‌بندی‌های غیر پلاستیکی، غذای منجمد، شیشه، ظروف شیشه‌ای خالی یا دارای مایعات غیرقابل سوختن، تخته گچی، رنگدانه‌های خنثی، کابینت فلزی، میز فلزی با روکش و تزئینات پلاستیک |

| حرف اختصاری | نوع تصرف | زیرگروه‌ها | مثال                                                                    |
|-------------|----------|------------|-------------------------------------------------------------------------|
|             |          |            | قطعات فلزی، اینه، پارکینگ اتومبیل، چینی، اجاق، ماشین ظرف شویی یا خشک‌کن |

### ۳-۱-۳-۲- جداسازی فضاهای فرعی حادثه‌خیز

فضاهای فرعی حادثه‌خیز داخل یک نوع تصرف، باید تحت همان نوع تصرف فضایی که در آن قرار گرفته‌اند، تقسیم‌بندی شده و مطابق با جدول ۳-۲ از سایر قسمت‌ها جدا و محافظت شوند. فضای فرعی که به این شکل جداسازی و محافظت می‌شود، باید در همان گروه تصرف اصلی قرار داده شوند.

برای فضاهای فرعی داخل واحدهای مسکونی (مثل انبار داخل واحد) نیازی به مطابقت با این بند نیست. چنانچه در جدول ۳-۲ جداسازی مقاوم در برابر آتش الزامی شده باشد، فضای فرعی حادثه‌خیز باید به وسیله دیوارهای مانع آتش از سایر قسمت‌های ساختمان جدا شود. چنانچه در جدول یاد شده، تامین سیستم اطفای حریق خودکار بدون نیاز به دیوارهای مانع آتش خواسته شده باشد، در این صورت لازم است که فضای فرعی به وسیله ساختارهایی که اجازه عبور دود را ندهند، از سایر قسمت‌های ساختمان جدا شود. جداکننده‌ها نباید به کف کاذب یا سقف کاذب ختم شوند، بلکه باید از کف اصلی تا زیر سقف (یا بام) اصلی مقاوم در برابر آتش، امتداد داشته باشند. درهای این قسمت‌ها باید از نوع "خود بسته شو" یا "خودکار بسته شو"ی متصل به تشخیص‌دهنده دود باشند. درها باید با استانداردهای درهای مقاوم در برابر آتش مطابقت نموده و فاقد دریچه هوا باشند.

### ۳-۱-۳-۳- فضاهای جنبی

#### الف- فضاهای جنبی تجمعی

چنانچه مساحت فضاهای جنبی تجمعی ۷۰ متر مربع یا کمتر از آن باشد، نیازی به جداسازی ندارند. برای فضاهای جنبی تجمعی در تصرف‌های آموزشی نیز نیازی به جداسازی نیست.

#### ب- سایر فضاهای جنبی

برای جداسازی فضاهای جنبی که در تصرف گروه (خ) قرار می‌گیرند، باید از دیوارهای مانع آتش مطابق با شرایط بند ۳-۱-۴ ب استفاده شود. فضاهای فرعی حادثه‌خیز باید مطابق با بند ۳-۱-۳-۲ از سایر قسمت‌های ساختمان جداسازی شوند. برای سایر فضاهای جنبی به شرطی که بیش از ۱۰ درصد مساحت کف طبقه را تصرف نکرده باشند، نیازی به جداسازی با دیوارهای مانع آتش نیست.

جدول ۳-۲- محافظت فضای فرعی حادثه‌خیز

| اتاق یا فضا                                                                                                    | مقاومت اجزای جداکننده در برابر آتش یا سایر تمهیدات محافظتی |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| موتورخانه‌هایی با ظرفیت بیش از ۱۲۰ کیلووات (حدود ۴۰۰۰۰۰ بی‌تی‌یو بر ساعت)                                      | یک‌ساعت یا تامین سیستم خودکار اطفای حریق در فضا            |
| اتاق دیگ بخار (بویلر) با فشار بیش از یک اتمسفر (حدود ۱۵ پی‌اس‌ای) و توان بیش از ۷/۵ کیلووات (حدود ۱۰ اسب‌بخار) | یک‌ساعت یا تامین سیستم خودکار اطفای حریق در فضا            |
| اتاق تجهیزات سرد کننده                                                                                         | یک‌ساعت یا تامین سیستم خودکار اطفای حریق در فضا            |
| پارکینگ اتومبیل                                                                                                | دو ساعت                                                    |
| اتاق کوره زباله‌سوز                                                                                            | دو ساعت و تامین سیستم خودکار اطفای حریق در فضا             |

| اتاق یا فضا                                                                                          | مقاومت اجزای جداکننده در برابر آتش یا سایر تمهیدات محافظتی                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| کارگاه رنگ که جزو گروه مخاطره‌آمیز نبوده و در دسته تصرف ساختمان‌های صنعتی واقع نشده باشد             | دو ساعت یا یک ساعت با تامین سیستم خودکار اطفای حریق در فضا                                                                                                        |
| ازمایشگاه‌ها و فروشگاه‌های واقع در گروه تصرف‌های (ا) و (د-۲)                                         | یک‌ساعت یا تامین سیستم خودکار اطفای حریق در فضا                                                                                                                   |
| اتاق‌های ماشین لباس‌شویی با مساحت بیش از ۹ متر مربع                                                  | یک ساعت                                                                                                                                                           |
| اتاق‌های انباری با مساحت بیش از ۹ متر مربع                                                           | یک ساعت                                                                                                                                                           |
| سلول‌های بازداشتگاه‌های گروه (د-۳)                                                                   | یک ساعت                                                                                                                                                           |
| اتاق‌های انباشت زباله و ضایعات با مساحت بیش از ۹ متر مربع                                            | یک ساعت                                                                                                                                                           |
| اتاق‌های حاوی سیستم‌های باتری اسیدی-سربی با ظرفیت بیش از ۴ لیتر، برای ژنراتورهای برق اضطراری یا دائم | دیوار و سقف/کف یک ساعت مقاومت در برابر آتش برای گروه‌های (ح)، (ص)، (خ)، (ن)، و (ف). دیوار و سقف/کف دو ساعت مقاومت در برابر آتش برای گروه‌های (ت)، (ا)، (د) و (م). |

### ۳-۱-۳-۴- تصرف‌های مختلط

چنانچه یک ساختمان برای دو یا بیش از دو کاربری استفاده شود که در یک گروه تصرف قرار نمی‌گیرند، ساختمان یا بخش مورد نظر از آن باید مطابق با ضوابط مذکور در بند الف یا ب این قسمت یا ترکیبی از آنها طراحی شود. استثناءها:

۱. فضاهای فرعی حادثه خیز که باید مطابق با جدول ۳-۲ از سایر فضاها جداسازی شوند.

۲. فضاهای جنبی مطابق با ضوابط بخش ۳-۱-۳-۳.

### الف- کاربری‌های جداسازی نشده

در این روش، برای تعیین حداقل نوع ساختار قابل قبول برای ساختمان، ابتدا هر بخش از ساختمان باید به طور جداگانه براساس کاربری آن دسته‌بندی شود. سپس، نوع ساختار لازم برای ساختمان با توجه به نوع تصرف‌ها و اندازه‌های مورد نظر و محدودیت‌های ارتفاع و مساحت که در فصل سوم داده شده است، مشخص شود. به این ترتیب که در هر بار فرض شود که کل ساختمان به طور کامل مربوط به یکی از تصرف‌های مورد نظر است. سپس باید محدودکننده‌ترین ضوابط از نظر نوع ساختار، که برای این تصرف‌ها به دست آمده است، برای کل ساختمان ملاک قرار گیرد. سایر ضوابط برای هر فضا به طور جداگانه و براساس نوع تصرف آن تعیین شود. به جداسازی بین تصرف‌های مختلف (طبق جدول ۳-۲) نیاز نیست، اما جداسازی‌هایی که در بخش‌های دیگر مقررات خواسته شده است، باید انجام شود (مانند دوربندی شفت‌ها طبق ضوابط قسمت ۳-۲). برای ضوابط تکمیلی برای کاربری‌های جداسازی نشده، به آخرین ویرایش مبحث سوم مقررات ملی ساختمان مراجعه شود.

### ب- کاربری‌های جداسازی شده

در این روش، هر قسمت از ساختمان باید براساس تصرف آن به صورت جداگانه دسته‌بندی شده و به طور کامل با دیوارها و اجزای افقی مانع آتش، با مقاومت خواسته شده در جدول ۳-۳، از سایر قسمت‌ها جدا شود. هر منطقه حریق باید با ضوابط مربوط به تصرف خود مطابقت داشته باشد. هر منطقه حریق باید به تناسب با نوع تصرف و نوع ساختار خود با

محدودیت‌های ارتفاعی داده شده در قسمت ۳-۳ مطابقت داده شود. به عنوان مثال چنانچه بالاترین طبقه‌ای که تصرف اداری در آن وجود دارد، طبقه چهارم باشد، برای مطابقت محدودیت ارتفاعی این تصرف، به ساختارهایی نیاز داریم که ۴ طبقه برای تصرف اداری را مجاز بدانند. همچنین در هر طبقه باید مساحت ساختمان به گونه‌ای باشد که مجموع نسبت‌های مساحت کف برای تمام تصرف‌ها تقسیم بر مساحت مجاز آنها بیش از یک نشود. با کنترل این دو موضوع (اول: محدودیت ارتفاع برای هر تصرف و دوم: کوچک‌تر از یک بودن مجموع نسبت‌های مساحت کف به مساحت مجاز برای تمام تصرف‌ها در هر طبقه)، حداقل نوع قابل قبول ساختار برای کل ساختمان تعیین می‌شود.

استثناءها:

۱- در همه ساختمان‌ها، به غیر از تصرف (۵-۲)، در صورتی که ساختمان به طور کامل به شبکه بارنده خودکار مجهز باشد، می‌توان مقاومت در برابر آتش تعیین شده در جدول ۳-۳ الف و ب را به میزان یک ساعت کاهش داد، به شرطی که اولاً درجه مقاومت در برابر آتش از یک ساعت کمتر نشود و ثانیاً از مقاومت لازم برای کف طبقه براساس نوع ساختار نیز کمتر نشود.

۲- چنانچه یک ساختمان با تصرف (ف) دارای پارکینگ مسقف چسبیده به آن باشد و پارکینگ فوق از حداقل دو طرف کاملاً باز باشد، و از بالای آن نیز برای هیچ گونه کاربری استفاده نشود، نیازی به جداسازی پارکینگ از ساختمان طبق ضوابط فوق نیست.

جدول ۳-۳ (الف) - مقاومت جدا کننده‌ها برای جداسازی تصرف‌ها (بر حسب ساعت)

[illegible]

[illegible]

دسته بندی کامل ساختارها از نظر ایمنی در برابر آتش در نشریه شماره ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن داده شده است. برای ساختارهای LSF نیازی به ارائه دسته بندی کامل نیست و این نوع ساختار می تواند در یکی از دو دسته نوع ۱ یا ۲ قرار گیرد. حداقل درجه بندی مقاومت در برابر آتش اجزای ساختمان باید مطابق با مقادیر تعیین شده در جدول ۳-۴ و حداقل درجه بندی مقاومت در برابر آتش برای دیوارهای خارجی باید مطابق با مقادیر جدول ۳-۵ باشد. هر یک از ساختارهای نوع ۱ و ۲ دارای دو زیرگروه (الف) و (ب) هستند که گروه (الف) دارای درجه مقاومت بیشتری از (ب) در برابر آتش است. حداقل نوع ساختار قابل قبول برای یک ساختمان بستگی به نوع تصرف و ابعاد آن دارد و با توجه به اطلاعات داده شده در این قسمت و قسمت ۳-۳ تعیین می شود. برای ساختمان های با اهمیت بیشتر و ابعاد بزرگ تر،

برای اجزای ساختمان به مقاومت بیشتر در برابر آتش (به عبارت دیگر به انواع ساختارهای مقاوم‌تر در برابر آتش) نیاز است.

### ۳-۲-۱-۲-۲-۳ ساختارهای نوع ۱ و ۲ (غیر قابل سوختن مقاوم در برابر آتش)

ساختارهای نوع ۱ و ۲ از دسته‌های ساختمانی هستند که اجزای ساختمانی فهرست شده در جدول ۳-۴ در آنها از مصالح نوع غیر قابل سوختن باشند که ساختارهای LSF نیز جزو آن قرار می‌گیرد (تعیین قابلیت سوختن مصالح ساختمانی باید براساس استاندارد شماره ۲-۷۲۷۱ ایران صورت گیرد). اجزای ساختمانی ساختار نوع ۱ نسبت به ساختار نوع ۲ دارای درجه مقاومت بالاتری در برابر آتش است و به این علت محدودیت‌های ابعادی آن (که در قسمت ۳-۳ ارائه شده است) کمتر است.

جدول ۳-۴- الزامات درجه‌بندی مقاومت در برابر آتش برای اجزای ساختمان (ساعت)

| نوع ۲                  |         | نوع ۱ |      | جزء ساختمان                                           |
|------------------------|---------|-------|------|-------------------------------------------------------|
| ب                      | الف (پ) | ب     | الف  |                                                       |
| -                      | ۱       | ۲(ب)  | ۳(ب) | قاب سازه‌ای(الف) شامل استاده‌ها، تیرهای اصلی و خرپاها |
| -                      | ۱       | ۲     | ۳    | دیوارهای باربر خارجی (ث)<br>دیوارهای باربر داخلی      |
| -                      | ۱       | ۲(ب)  | ۳(ب) |                                                       |
| -                      | -       | -     | -    | دیوارها و جداکننده‌های غیر باربر داخلی(ت)             |
| به جدول ۳-۵ مراجعه شود |         |       |      | دیوارها و جداکننده‌های غیر باربر خارجی                |
| -                      | ۱       | ۲     | ۲    | ساختار سقف سازه‌ای شامل تیرها و تیرچه‌های تکیه‌گاهی   |
| -                      | ۱       | ۱     | ۱/۵  | ساختار بام شامل تیرها و تیرچه‌های تکیه‌گاهی           |

(الف) قاب سازه‌ای شامل ستون، تیرهای اصلی، خرپاها و تیرهای کناری که ارتباط مستقیم به ستون‌ها و اعضای مهاربندی دارند و برای تحمل بارهای ثقلی طراحی شده‌اند، در نظر گرفته می‌شود. اعضای پانل‌های کف یا سقف که هیچگونه اتصال مستقیم به ستون‌ها ندارند باید به عنوان اعضای ثانویه و نه بخشی از قاب سازه‌ای در نظر گرفته شوند.

(ب) تکیه‌گاه‌های بام: درجه‌بندی مقاومت در برابر آتش قاب سازه‌ای و دیوارهای باربر در برابر آتش را در جایی که تنها یک بام را تحمل می‌کند، می‌توان به اندازه یک ساعت کاهش داد.

(پ) به جز برای دیوارهای خارجی می‌توان یک شبکه بارنده خودکار استاندارد را جانشین ساختار با درجه‌بندی یک ساعت مقاومت در برابر آتش نمود، مشروط بر آنکه وجود این شبکه در قسمت‌های دیگر مقرات ساختمان الزامی نشده باشد یا برای افزایش مساحت مجاز مورد استفاده قرار نگرفته باشد.

(ت) درجه مقاومت در برابر آتش نباید کمتر از زمان لازم در بخش‌های دیگر این دستورالعمل باشد.

(ث) درجه مقاومت در برابر آتش نباید کمتر از زمان تعیین شده براساس فاصله بین ساختمان‌ها باشد (به جدول ۳-۵ مراجعه شود).

جدول ۳-۵- الزامات درجه‌بندی مقاومت دیوارهای خارجی در برابر آتش (بر حسب ساعت) براساس فاصله مجزاسازی حریق (\*)

| فاصله مجزاسازی حریق (متر)               | نوع ساختار                       | گروه (خ) ** | گروه‌های (ص-۱)، (ک) و (ن-۱) | گروه‌های (ت)، (ح)، (ل)، (ص-۲)، (د)، (م)، (ن-۲) و (ف) |
|-----------------------------------------|----------------------------------|-------------|-----------------------------|------------------------------------------------------|
| کمتر از ۱/۵                             | همه                              | ۳           | ۲                           | ۱                                                    |
| برابر یا بیشتر از ۱/۵ و کمتر از ۳/۰     | ۱-الف<br>بقیه                    | ۳<br>۲      | ۲<br>۱                      | ۱<br>۱                                               |
| برابر یا بیشتر از ۳/۰ و کمتر از ۹/۰ متر | ۱-الف و ۱-ب<br>۲-ب و ۵-ب<br>بقیه | ۲<br>۱<br>۱ | ۱<br>۰<br>۱                 | ۱<br>۰<br>۱                                          |
| ۹/۰ متر و بیش از آن                     | همه                              | ۰           | ۰                           | ۰                                                    |

\* دیوارهای خارجی باربر باید با الزامات مقاومت در برابر آتش جدول ۳-۴ نیز مطابقت داشته باشند.

\*\* برای ضوابط طراحی و الزامات ایمنی ساختمان‌های گروه (خ) به نشریه ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن و این‌نامه‌های تخصصی مراجعه شود.

### ۳-۲-۲- الزامات مقاومت در برابر آتش

هدف از این بخش ارائه الزامات مقاومت اجزای سیستم ساختمانی قاب سبک فولادی در برابر آتش است، به گونه‌ای که از گسترش آتش‌سوزی از محل وقوع به فضاهای مجاور و یا از ساختمانی به ساختمان‌های مجاور جلوگیری شده و نیز پایداری اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای ساختمان در برابر آتش بر حسب نیاز تا یک زمان معین و منطقی حفظ شود. میزان مقاومت مورد نیاز در برابر آتش برای اجزای اصلی ساختمان، پیش از هر چیز به ابعاد ساختمان بستگی دارد. بنابراین، ابتدا باید براساس ابعاد مورد نظر برای ساختمان و مطابقت آن با الزامات قسمت ۳-۳، نوع ساختار قابل قبول تعیین شده، سپس با مراجعه به جدول‌های ۳-۴ و ۳-۵، حداقل درجه مقاومت لازم در برابر آتش برای اجزای اصلی ساختمان تعیین شود. به علاوه الزامات بیان شده در این بخش، بر حسب نیاز طرح، باید رعایت شود. از آن جا که وجود هر گونه بازشو، منفذ یا فضای خالی پنهان محافظت نشده در درون ساختار اجزای ساختمانی و یا هر گونه ارتباطات محافظت نشده بین فضاهای مجاور، نقطه ضعفی برای مقاومت سیستم در برابر آتش بوده و می‌تواند مسیرهایی را برای گسترش آتش‌سوزی ایجاد کند، بنابراین لازم است تا این قبیل فضاها به صورت کنترل شده، طراحی و در صورت نیاز به وسیله تمهیدات مناسب (مانند استفاده از مصالح مناسب یا سیستم‌های آتش‌بند) محافظت شوند که الزامات مربوط به آن در نشریه شماره ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ارائه شده است.

### ۳-۲-۲-۱- روش درجه‌بندی مقاومت در برابر آتش

تا زمان تدوین کامل استانداردهای ملی ایران و تجهیز آزمایشگاه‌های لازم، درجه‌بندی مقاومت در برابر آتش برای اجزای ساختمان که براساس یکی از روش‌های زیر صورت گیرد، قابل قبول است:

الف- گواهینامه‌های فنی و نتایج آزمون از مراکز علمی و آزمایشگاه‌های معتبر در کشورهای دیگر، منوط به ارائه مدارک، مستندات و تضمین‌های قابل قبول و اطمینان‌بخش (هم از نظر مواد و مصالح و هم از نظر روش اجرا) می‌تواند از طرف مقام قانونی مسئول، مورد پذیرش قرار گیرد.



که در آن:

$A$  = مساحت واقعی بازشوهای محافظت شده،

$a$  = مساحت مجاز بازشوهای محافظت شده،

$A_u$  = مساحت واقعی بازشوهای محافظت نشده،

$a_u$  = مساحت مجاز بازشوهای محافظت نشده.

یادآوری: ساختمان‌هایی که دیوار خارجی آنها الزامی به مقاومت در برابر آتش ندارد، می‌توانند بازشوهای محافظت نشده نامحدود داشته باشند.

جدول ۳-۶- حداکثر مساحت بازشوها براساس درصد مساحت دیوار خارجی

| فاصله مجزاسازی حریق (متر) |                           |                           |                           |                           |                         |                     | نوع بازشو   |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------|-------------|
| بزرگ‌تر از ۹              | بزرگ‌تر از ۷/۵ تا ۹ (الف) | بزرگ‌تر از ۶ تا ۷/۵ (الف) | بزرگ‌تر از ۴/۵ تا ۶ (الف) | بزرگ‌تر از ۳ تا ۴/۵ (الف) | بزرگ‌تر از ۱/۵ تا ۳ (ب) | بزرگ‌تر از ۱ تا ۱/۵ |             |
| بدون محدودیت              | ٪۷۰                       | ٪۴۵                       | ٪۲۵                       | ٪۱۵                       | ٪۱۰                     | غیر مجاز            | محافظة نشده |
| بدون محدودیت              | بدون محدودیت              | بدون محدودیت              | ٪۷۵                       | ٪۴۵                       | ٪۲۵                     | غیر مجاز            | محافظة شده  |

الف) مساحت بازشوها در یک پارکینگ باز با فاصله مجزاسازی حریق بزرگ‌تر از ۳ متر، نیازی به محدود شدن ندارد.  
 ب) برای تصرف‌های خطرناک، بازشوهای محافظت‌نشده برای بازشوهای با فاصله مجزاسازی حریق برابر یا کمتر از ۴/۵ متر مجاز نیست.

#### ج-۱- تاثیر وجود شبکه بارنده خودکار

در ساختمان‌هایی که به طور کامل به شبکه بارنده خودکار استاندارد مجهز باشند، حداکثر مساحت مجاز بازشوهای محافظت نشده در تمام تصرف‌ها به غیر از تصرف‌های گروه (خ)، می‌تواند با مقادیر مندرج در جدول ۳-۶ برای بازشوهای محافظت شده یکسان در نظر گرفته شود.

#### ج-۲- وضعیت طبقه اول

در تصرف‌های به جز گروه (خ)، برای بازشوهای محافظت نشده در طبقه اول دیوارهای خارجی رو به خیابان با فاصله مجزاسازی حریق بیش از ۳ متر یا رو به فضای باز متصرف‌نشده نیاز به اعمال محدودیت نیست. فضای باز مورد اشاره، باید در محدوده همان ملک یا برای استفاده عمومی بوده و نباید عرض کمتر از ۶/۰ متر داشته باشد. این فضا باید به منظور دسترسی نیروهای آتش‌نشانی به خیابان راه داشته باشد.

#### د- جداسازی قائم بازشوها

چنانچه بازشوهای دو طبقه متوالی در فاصله افقی ۱/۵ متر یا کمتر از یکدیگر بوده و بازشوی واقع در طبقه پائین‌تر از نوع محافظت شده نباشد، بازشوهای موجود در دیوار خارجی طبقه‌های مجاور باید به طور قائم جداسازی شوند تا از پیشروی آتش به بیرون ساختمان جلوگیری شود. چنین بازشوهایی باید به طور قائم از یکدیگر حداقل به اندازه ۹۰ سانتی‌متر فاصله داشته باشند و بین آن‌ها یک دیوار خارجی، تیر اصلی پیرامونی<sup>۱</sup> یا دیگر اعضای مشابه با درجه یک ساعت مقاومت در برابر آتش باشد، یا این که به وسیله یک مانع (به عنوان مثال بیرون‌زدگی کف) که به طور افقی حداقل به اندازه ۷۵ سانتی‌متر از دیوار خارجی بیرون زده باشد، جدا شوند. این مانع باید دارای درجه مقاومت حداقل یک ساعت در برابر آتش باشد.

استثناءها:

<sup>۱</sup> Spandrel Girder

۱- ساختمان‌های با ارتفاع سه طبقه یا کمتر،

۲- ساختمان‌هایی که به طور کامل به سیستم شبکه بارنده خودکار مجهز باشند،

۳- پارکینگ‌های باز.

#### ه- دیوار جان‌پناه

تعبیه دیوار جان‌پناه در بام در امتداد دیوارهای خارجی الزامی است. دیوار جان‌پناه باید درجه مقاومت در برابر آتش یکسانی با درجه مورد نیاز برای دیوار زیر آن داشته باشد و مصالح آن در سمت مجاور سطح بام (شامل مصالح درپوش‌ها و مشابه) باید تا ارتفاع ۴۵ سانتی‌متر از نوع غیر قابل سوختن باشد. ارتفاع جان‌پناه از نقطه تلاقی سطح بام نباید کمتر از ۷۵ سانتی‌متر باشد.

استثناء: در صورتی که به علت فاصله مجزاسازی حریق، طبق جدول ۳-۵ ضرورتی به مقاوم بودن دیوار خارجی در برابر آتش نباشد، لزومی به تعبیه دیوار جان‌پناه در امتداد دیوار خارجی نیست.

#### ۳-۲-۴- دیوارهای داخلی

مقاومت در برابر آتش دیوارهای داخلی باید بر حسب نوع ساختار ساختمان (جدول ۳-۴) و ضوابط این قسمت باشد. انواع دیوارهای داخلی معرفی شده در این مبحث عبارتند از:

دیوار مانع آتش: دیوارهایی که برای جدا کردن شفت‌ها، گذرگاه‌های خروج، خروج‌های افقی، فضاهای فرعی، جدا کردن تصرف‌های گوناگون یا جدا کردن یک تصرف تکی به مناطق مختلف حریق، از آن‌ها استفاده می‌شود.

دیوار جداکننده آتش: دیوار جداکننده‌ای که برای جلوگیری از گسترش آتش‌سوزی از یک طرف به طرف دیگر دیوار طراحی شده و بازشوهای آن در برابر آتش محافظت شده است. از دیوار جداکننده آتش برای جدا کردن واحدهای مسکونی موجود در یک ساختمان، دیوارهای جداکننده واحدهای مجزای خواب در ساختمان‌های گروه (م-۱)، تصرف هتل، (م-۲)، و (د-۱)، دیوارهای جداکننده واحدهای مستقل در ساختمان‌های تجاری و بازارهای سرپوشیده، و دیوار کریدورهایی که مقاومت در برابر آتش برای آن‌ها طبق فصل راه‌های خروج مبحث سوم مقررات ملی ساختمان الزامی است و نیز برای جداسازی سرسرای اسانسور استفاده می‌شود.

الزامات مربوط به این دیوارها و اجزای سیستم به شرح زیر است:

#### الف- دیوارهای مانع آتش

موانع آتش که مطابق مبحث سوم مقررات ملی ساختمان برای جدا کردن شفت‌ها، گذرگاه‌های خروج، خروج‌های افقی، یا فضاهای فرعی، جدا کردن تصرف‌های گوناگون یا تقسیم کردن یک تصرف تکی به مناطق مختلف حریق، یا برای جدا کردن هر گونه فضاهای دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند، باید مطابق با این قسمت باشند:

#### الف-۱- پیوستگی

دیوارهای مانع آتش باید از بالای کف زیرین تا زیر صفحه سقف سازه‌ای بالایی پیوسته بوده و به طور مطمئن به آن‌ها متصل باشد. این دیوارها باید به طور پیوسته در میان فضاهای پنهان مثل فضای بالای سقف کاذب امتداد داشته باشند. ساختار تکیه‌گاه دیوار مانع آتش (مجموعه کف-سقف و ستون‌های مربوط) باید محافظت شود، به طوری که قادر به تامین درجه‌بندی مقاومت در برابر آتش الزامی برای مانع آتش تحت حمایت باشد، مگر برای دیوارهای مانع آتش با مقاومت یک ساعت که برای جداسازی فضاهای فرعی حادثه خیز در ساختمان‌های نوع ۲-ب استفاده می‌شوند. فضاهای خالی قائم

داخل دیوار مانع آتش (در صورت وجود) باید در تراز هر طبقه آتش‌بندی شود. دیوار دوربند شفت‌ها می‌توانند در بالای دوربند تمام شود.

#### الف-۲- دوربند الزامی شفت‌ها

گشودگی‌های میان مجموعه کف - سقف باید به وسیله دوربند شفت مطابق شرایط مندرج در این بخش محافظت شوند. استثناءها:

- ۱- برای بازشوهایی که کاملاً در درون یک واحد مسکونی مستقل قرار گرفته و چهار طبقه یا کمتر را به هم وصل می‌کنند به دوربند شفت نیازی نیست.
- ۲- برای منافذ لوله، سیم، کابل، کانال هوا و هواکش محافظت شده قسمت ۳-۲-۲-۶ به دوربند شفت نیازی نیست.
- ۳- برای مدخل‌های کانال‌های محافظت شده مطابق قسمت ۳-۲-۲-۶ به دوربند شفت نیازی نیست.
- ۴- برای گشودگی‌های موجود در کف که مطابق با ضوابط خاص اتریوم‌ها و پاساژهای تجاری سرپوشیده مذکور در فصل دوازدهم از نشریه ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن باشند.
- ۵- برای دودکش‌های بنایی که گشودگی‌های دور آن‌ها به وسیله مسدودکننده حریق، با مصالح تایید شده برای مقاومت در برابر عبور شعله و فراورده‌های احتراق، محافظت شده باشد.
- ۶- در کلیه تصرف‌ها به غیر از گروه‌های تصرف (د-۲) و (د-۳) برای گشودگی کفی که واجد شرایط زیر باشد نیازی به دوربند شفت نیست:
  - ۱-۶. بیش از دو طبقه را به یکدیگر مرتبط نکند.
  - ۲-۶. بخشی از سیستم راه خروج الزامی نباشد.
  - ۳-۶. در میان ساختار ساختمان پنهان نباشد.
  - ۴-۶. در گروه‌های (د) و (م) به کریدور باز نشود.
  - ۵-۶. در هیچ تصرفی در طبقات بدون شبکه بارنده خودکار به کریدور باز نشود.
  - ۶-۶. از گشودگی‌های کف طبقه که به کف طبقات دیگر سرویس می‌دهد به وسیله ساختاری مطابق با دوربند شفت الزامی جدا شده باشد.
۷. برای رمپ اتومبیل در پارکینگ‌های باز و بسته که مطابق ضوابط و مقررات مربوطه ساخته شده باشند، به دوربند شفت نیازی نیست.
۸. برای گشودگی‌های کف بین یک نیم‌طبقه و کف طبقه پائینی به دوربند شفت نیازی نیست.
۹. برای درزهای محافظت شده توسط یک سیستم مقاوم در برابر آتش مطابق قسمت ۳-۲-۲-۷، به دوربند شفت نیازی نیست.
۱۰. هر جای دیگری که در این ایین نامه یا نشریه شماره ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن مجاز شناخته شده باشد.

#### الف-۳- درجه‌بندی مقاومت در برابر آتش برای دیوار شفت‌ها

در صورتی که شفت چهار طبقه یا بیشتر را به هم مرتبط کند، دوربند شفت باید حداقل دو ساعت و در صورتی که کمتر از چهار طبقه را به هم مرتبط کند، حداقل باید یک ساعت مقاومت در برابر آتش داشته باشد. درجه مقاومت در برابر آتش دوربند شفت باید حداقل برابر با درجه کفی باشد که به آن نفوذ کرده است، اما ضرورتی ندارد که بیشتر از ۲ ساعت باشد.

**الف-۴- دیوارهای خارجی دوربند شفت‌ها**

در جایی که دیوارهای خارجی به عنوان بخشی از دوربند شفت مورد نیاز عمل می‌کنند، این دیوارها باید مطابق شرایط مندرج در بند ۳-۲-۲-۳ برای دیوارهای خارجی باشند و نیازی به اعمال الزامات مقاومت در برابر آتش دوربندها برای آن‌ها نیست.

**الف-۵- دوربندهای شوت زباله و لباس**

یک دوربند شفت حاوی شوت زباله یا لباس نباید برای هیچ منظور دیگری استفاده شود و باید مطابق شرایط مندرج در بند الف-۳ همین قسمت دوربندی شود. بازشوهای شفت، شامل بازشوهای آن از طریق اتاق‌های دسترسی و انتهایی، باید مطابق این بند و بند ۳-۲-۲-۸ محافظت شوند. بازشوهای به شوت‌ها نباید در کریدورهای دسترس خروج قرار داشته باشند. در بازشوی شوت باید از نوع خودبسته‌شو یا خودکار بسته‌شوی متصل به کاشف دود باشد.

**ب- دیوار جداکننده آتش**

دیوارهای مندرج در زیر باید با شرایط این بند منطبق باشند:

- ۱- دیوارهای جداکننده واحدهای مسکونی موجود در یک ساختمان.
- ۲- دیوارهای جداکننده واحدهای مجزای خواب در هتل‌ها، خوابگاه‌ها، اقامتگاه‌ها، مراکز توان‌بخشی و نظایر آن.
- ۳- دیوارهای جداکننده واحدهای مستقل در ساختمان‌های تجاری، بازارها و بازارچه‌های سرپوشیده و نظایر آن.
- ۴- دیوارهای کریدورهایی که وجود آن‌ها طبق مبحث سوم مقررات ملی ساختمان الزامی است.

**ب-۱- درجه‌بندی مقاومت در برابر آتش برای دیوارهای جدا کننده آتش**

درجه مقاومت در برابر آتش دیوارهای جداکننده آتش باید حداقل یک ساعت باشد. استثناء: دیوارهای کریدور که مبحث سوم مقررات ملی ساختمان درجه مقاومت دیگری برای آن‌ها مجاز اعلام شده باشد.

**ب-۲- پیوستگی**

دیوار جداکننده آتش باید از بالای مجموعه کف در پایین تا زیر مجموعه سقف/بام یا سقف/کف دارای درجه‌بندی مقاومت در برابر آتش در بالا امتداد یافته و به طور ایمن به آن‌ها متصل شوند. چنانچه جداکننده در بالای سقف کاذب و تا زیر سقف سازه‌ای بالا امتداد نداشته باشد (یعنی در زیر سقف کاذب قطع شده باشد)، فضای بین سقف کاذب و سقف سازه‌ای بالا در امتداد خط تیغه باید با مسدودکننده‌های حریق پر شود. ساختار تکیه‌گاهی (مجموعه کف-سقف و ستون‌ها در پایین دیوار) باید برای تامین درجه مقاومت الزامی در برابر آتش دیوار محافظت شود.

**۳-۲-۵- ساختارهای افقی**

ساختارهای سقف-کف یا سقف-بام که لازم است دارای درجه‌بندی مقاومت در برابر آتش باشند، باید با ضوابط این قسمت مطابقت داشته باشند. ساختارهای کف و بام باید بر حسب ساختار ساختمان از مصالح مجاز ساخته شوند.

یادآوری: ساختارهای LSF جزو ساختارهای غیر قابل سوختن (نوع ۱ یا ۲) محسوب می‌شوند، در صورتی که ساختارهای افقی به کار رفته در این ساختمان‌ها غیر از LSF باشد، می‌تواند نوع ساختار را تغییر دهد و باید به این موضوع توجه نمود (به نشریه شماره ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن مراجعه شود).

#### الف- درجه مقاومت در برابر آتش

درجه مقاومت مجموعه‌های سقف-کف و سقف-بام در برابر آتش نباید کمتر از مقدار الزامی بر حسب نوع ساختار ساختمان مورد نظر باشد. مجموعه‌های سقف-کف که واحدهای مسکونی در یک ساختمان یا واحدهای خواب در تصرف‌های گروه (م-۱)، تصرف هتل، (م-۲) و (د-۱) را از هم جدا کند، باید دارای درجه حداقل یک ساعت در برابر آتش باشد.

#### ب- نصب دریچه‌های دسترسی

ایجاد و نصب دریچه‌های دسترسی در سقف‌هایی که دارای درجه‌بندی مقاومت در برابر آتش الزامی هستند، در صورتی مجاز است که مقاومت در برابر آتش برای دریچه‌های دسترسی مطابق با ضوابط این آیین نامه برآورده شود.

#### ج- پیوستگی

ساختارهای افقی باید پیوسته و بدون بازشو، منفذ، یا درز باشند، به جز مواردی که در بخش‌های دیگر آیین نامه مجاز هستند. وجود نورگیرها و دیگر منافذ در بام درجه‌بندی شده از نظر مقاومت در برابر آتش مجاز است، به شرطی که یکپارچگی سازه‌ای بام حفظ شود.

استفاده از نورگیرهای محافظت نشده در ساختار بامی که باید در برابر آتش مقاوم باشد، مجاز نیست. سازه نگه‌دارنده ساختار افقی باید محافظت شود تا درجه مقاومت در برابر آتش الزامی تامین شود.

#### ۳-۲-۶- گشودگی‌های انتقال هوا و منافذ

در مواردی که از داخل دیوارها یا سقف/کف‌های دارای درجه بندی مقاومت در برابر آتش، برای عبور لوله‌ها یا کابل‌ها از نصب کانال‌ها یا غلاف‌های تاسیساتی استفاده شده باشد، این کانال‌ها یا غلاف‌ها باید به طور مطمئن و ایمن به مجموعه که در آن قرار می‌گیرند، متصل شوند. فضای بین کانال تاسیسات و اجزای موجود در آن و نیز هر گونه فضای بین کانال و مجموعه سقف-کف که کانال در آن مستقر شده است، باید مطابق این بخش محافظت شود. عایق‌بندی و پوشش‌های درون یا روی کانال عبور داده شده، نباید به مجموعه ساختمانی نفوذ کند، مگر آن که مصالح خاص مورد استفاده به عنوان بخشی از مجموعه، آزمایش شده باشند.

#### الف- درجه‌بندی مقاومت در برابر آتش

منافذ درون دیوارها یا سقف/کف‌های با درجه‌بندی مقاومت در برابر آتش که به علت نصب کانال‌ها و گشودگی‌های انتقال هوا ایجاد شده اند، باید به وسیله دمپرهای ضد آتش محافظت شوند. منافذ وارد شده به داخل، یا عبور کرده از درون دیوارهای مانع آتش، دیوارهای جداکننده آتش یا سقف/کف‌های دارای درجه بندی مقاومت در برابر آتش باید مطابق الزامات این قسمت باشند.

### الف-۱- منافذ سرتاسری یا پوسته‌ای

منافذ از هر دو نوع سرتاسری (یعنی منافذی که از سطح یک سمت ساختار تا سمت دیگر آن نفوذ کرده باشد) یا پوسته‌ای در دیوارهای با درجه مقاومت در برابر آتش باید با یکی از دو بند زیر مطابقت نمایند.

#### الف-۱-۱- آزمایش کل مجموعه

در این روش باید نتیجه آزمایش معتبر برای کل مجموعه دیوار (شامل منفذ یا منافذ موجود در آن) ارائه شود. اجرای منافذ در دیوار باید عیناً با جزئیات اجرایی که در آزمایش استاندارد انجام شده و درجه الزامی مقاومت در برابر آتش را کسب کرده است، صورت بگیرد.

#### الف-۱-۲- استفاده از سیستم آتش‌بند

روزنه‌های نفوذی (سرتاسری یا پوسته‌ای) باید به وسیله یک سیستم آتش‌بند مناسب پر شوند. سیستم آتش‌بند باید دارای نتیجه آزمایش استاندارد بوده و درجه‌بندی  $F$  آن کمتر از درجه مقاومت در برابر آتش دیوار مورد نظر نباشد.

### الف-۲- اجزای نفوذی غیرقابل سوختن

وجود اجزای نفوذی غیر قابل سوختن که حداکثر از سه طبقه عبور می‌کنند مجاز است، مشروط بر آن که فضای پیرامونی اطراف جزء نفوذی با مصالح غیر قابل سوختن پر شود، به طوری که در برابر عبور آزاد شعله و محصولات احتراق مقاومت کند.

### الف-۳- اجزای نفوذی

وجود اجزای نفوذی که حداکثر از دو طبقه عبور می‌کنند مجاز است، مشروط بر آنکه فضای پیرامونی اطراف جزء نفوذی با مصالح مناسب پر شود، به نحوی که بتواند در برابر عبور آزاد شعله و محصولات احتراق مقاومت کند.

### ۳-۲-۲-۷- سیستم‌های درزبندی آتش

درزهای موجود در داخل یا بین دیوارها، مجموعه‌های کف یا سقف-کف، مجموعه‌های بام یا سقف-بام باید به وسیله سیستم تأیید شده درزبند مقاوم در برابر آتش محافظت شوند.

استثناها: سیستم درزبندی آتش در موارد زیر لازم نیست:

۱- کف‌های درون یک واحد مسکونی مستقل

۲- کف‌ها در جاهایی که درز به وسیله دیوار دوربند مطابق بند الف-۲-قسمت ۳-۲-۴ محافظت شده باشد.

۳- کف‌های داخل اتریوم‌هایی که مطابق با ضوابط خاص اتریوم‌ها مذکور در فصل دوازدهم از نشریه ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن طراحی و اجرا شده باشند و فضای مجاور اتریوم در محاسبه ظرفیت کنترل دود اتریوم، در نظر گرفته شده باشد.

۴- کف‌ها درون سازه پارکینگ‌های باز

۵- کف‌های نیم طبقه

۶- درزهای درون دیوارهایی که مجاز به داشتن گشودگی‌های محافظت نشده هستند.

۷- بام‌هایی که وجود گشودگی در آن‌ها مجاز است.

۸- درزهای کنترلی با عرض حداکثر ۱۶ میلی‌متر که نتیجه آزمایش یا مدرک فنی معتبر خاصی برای اثبات عدم تضعیف مقاومت کف در برابر آتش به وسیله آن‌ها ارائه شود.

#### الف- نصب سیستم درزبند آتش

سیستم‌های درزبندی آتش باید به طور ایمن داخل یا روی درز، در تمام طول آن نصب شود به طوری که بر اثر تحمل حرکات و جابجایی‌های ساختمان جابجا یا آزاد نشده یا آسیب نبینند و در مقابل عبور آتش و گازهای داغ مقاومت کنند.

#### ب- معیارهای آزمایش آتش

سیستم‌های درزبندی مقاوم در برابر آتش باید مطابق الزامات استانداردهای قابل قبول آزمایش شوند. تا هنگام تدوین استانداردهای ملی ایران و ایجاد آزمایشگاه‌های لازم در داخل کشور، استانداردهای زیر می‌توانند مورد استناد قرار گیرند:

- استاندارد UL 2079

- استاندارد ASTM E1966

- سایر استانداردهای معتبر بین‌المللی با ارائه مدارک فنی معتبر و موافقت مقام قانونی مسئول.

برای سیستم‌های درز دیوار غیرمتقارن باید آزمایش در کوره از هر دو طرف صورت گرفته و کمترین مقدار به دست آمده به عنوان درجه مقاومت در برابر آتش اعلام شود. چنانچه شواهد کافی نشان دهد که طرف آزمایش شده دارای مقاومت کمتر در برابر آتش است، در صورت پذیرش مقام مسئول، نیازی به انجام آزمایش طرف مخالف نیست. استثناء: برای دیوارهای خارجی با فاصله مجزاسازی حریق بزرگ‌تر از ۱/۵ متر، سیستم درز باید فقط برای طرف داخلی مورد آزمایش قرار گیرد.

#### ج- محل تلاقی دیوار تیغه‌ای با کف

در جاهایی که کف یا مجموعه سقف-کف باید دارای مقاومت در برابر آتش باشد، درز یا فضای خالی ایجاد شده در محل تلاقی دیوار تیغه‌ای خارجی و مجموعه کف مزبور، باید با مصالح مورد تایید درزبندی شود تا از گسترش آتش‌سوزی بین طبقات و داخل ساختمان جلوگیری شود. چنین مصالحی باید به طور ایمن نصب شده و قادر به جلوگیری از عبور شعله و گازهای داغ باشند.

#### ۳-۲-۸- محافظت بازشوها

محافظت از بازشوها طبق مبحث سوم مقررات ملی ایران لازم است. در مواردی که هنوز ضوابط مقاومت در برابر آتش برای بازشوها در مبحث سوم ارائه نشده است، ضوابط نشریه شماره ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن مورد استفاده قرار گیرد. درجه‌بندی محافظت مجموعه‌های درها و کرکره‌های آتش باید با الزامات جدول ۳-۷ مطابقت نمایند.

جدول ۳-۷- درجه بندی محافظت بازشوها در برابر آتش

| نوع مجموعه                                                   | درجه الزامی مقاومت در برابر آتش (ساعت) | حداقل مقاومت الزامی در و کرکره آتش (ساعت) |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|
| دیوارهای مانع آتش با درجه مقاومت در برابر آتش بیش از یک ساعت | ۴                                      | ۳                                         |
|                                                              | ۳                                      | ۳                                         |
|                                                              | ۲                                      | ۱/۵                                       |
|                                                              | ۱/۵                                    | ۱/۵                                       |
| موانع آتش دارای درجه الزامی یک ساعت مقاومت در برابر آتش:     |                                        |                                           |
| دیوارهای گذرگاه‌های خروج                                     | ۱                                      | ۱                                         |
| سایر موانع آتش                                               | ۱                                      | ۰/۷۵                                      |
| دیوارهای جداکننده آتش:                                       |                                        |                                           |
| دیوارهای کریدورها                                            | ۱                                      | ۰/۳۳                                      |
|                                                              | ۰/۵                                    | ۰/۳۳                                      |
| سایر دیوارهای جداکننده آتش                                   | ۱                                      | ۰/۷۵                                      |
| دیوارهای خارجی                                               | ۳                                      | ۱/۵                                       |
|                                                              | ۲                                      | ۱/۵                                       |
|                                                              | ۱                                      | ۰/۷۵                                      |

### ۳-۲-۲-۹- فضاهای پنهان

در فضاهای پنهان ساختارهای قابل سوختن باید مسدودکننده‌های حریق مطابق الزامات این بخش نصب شوند. مسدودکننده‌های حریق باید منطبق با بندهای زیر باشند.

#### الف- مسدود کردن حریق

در ساختارهای قابل سوختن، مسدود کننده‌های حریق باید برای انسداد گشودگی‌های پنهان (اعم از قائم و افقی) نصب شده و مانع مؤثری بین فضای کف‌ها، بین طبقه بالا و بام یا فضای زیر بام ایجاد کنند. مسدود کننده‌های حریق باید در محل‌های تعیین شده در بخش‌های الف-۱ تا الف-۴ زیر نصب شوند.

#### الف-۱- فضاهای پنهان دیوار

در فضاهای پنهان دیوارها و جداکننده‌های ستونکی<sup>۲</sup> مسدودکننده‌های حریق باید به طور قائم در فواصل ۳۰۰ سانتی‌متری نصب شوند.

<sup>۲</sup> Stud walls

**الف-۲- ارتباط بین فضاهای افقی و قائم**

مصالص مسدودکننده حریق باید در محل‌های تلاقی بین فضاهای پنهان دیوارهای ستونکی و فضاهای پنهان افقی ایجاد شده توسط مجموعه‌ای از خرپاها یا تیرچه‌های<sup>۳</sup> سقف، و نیز در محل تلاقی بین هرگونه فضاهای پنهان قائم و افقی نظیر زیر طاق‌ها و جاهای مشابه نصب شود.

**الف-۳- گشودگی‌های کف و سقف**

در جایی که محافظت فضای پیرامونی مطابق استثناء ۵ بند الف-۲ قسمت ۳-۲-۴ خواسته شده باشد، مسدودکننده حریق باید در گشودگی‌های دور دریچه‌های تهویه، لوله‌ها، کانال‌ها، دودکش‌ها و شومینه‌ها در تراز سقف و کف با مصالح تایید شده برای مقاومت در برابر عبور شعله و فراورده‌های احتراق نصب شود.

**الف-۴- فضاهای پنهان تکیه‌گاه کف چوبی**

در جایی که تکیه‌گاه‌های چوبی برای کفپوش چوبی بر روی کف‌های بنایی یا بتنی با درجه‌بندی مقاومت در برابر آتش استفاده می‌شود، فضای خالی بین سازه کف و زیر کفپوش چوبی باید با مصالح مقاوم در برابر عبور شعله و فراورده‌های احتراق، پر شود به طوری که هیچگونه فضای باز زیر کفپوش بیشتر از ۹ مترمربع مساحت نداشته باشد. چنین فضایی زیر جداکننده‌های دائمی باید کاملاً پر شود، به طوری که هیچگونه ارتباط بین اتاق‌های مجاور از زیر کف برقرار نباشد.

**ب- مصالح مسدود کننده حریق**

تخته‌های گچی، تخته‌های سیمانی مسلح به الیاف و تخته‌های پشم سنگ یا پشم سرباره که در محل به طور مطمئن نصب شده باشند، به عنوان مسدود کننده‌های حریق می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. تخته‌های پشم معدنی غیر صلب برای استفاده به عنوان مسدود کننده افقی در فواصل ۳۰۰ سانتی‌متری (مذکور در الف-۱ همین قسمت) در دیوارهای ساخته شده از ستونک‌های موازی مجاز است. پیوستگی مسدود کننده‌های حریق باید تامین شود.

**ب-۱- دیوارهای با ستونک دوتایی<sup>۴</sup>**

لایه‌های پشم سنگ یا پشم سرباره می‌توانند به عنوان مصالح مسدود کننده حریق در دیوارهای ساخته شده با ستونک‌های موازی استفاده شوند.

<sup>۳</sup> Joists<sup>۴</sup> Double stud wall

### ۳-۳- محدودیت‌های ارتفاع و مساحت ساختمان‌ها از نظر مقاومت در برابر آتش

#### ۳-۳-۱- هدف و دامنه کاربرد

مقررات این بخش باید برای کنترل ارتفاع و مساحت تمام ساختمان‌هایی که از این پس ساخته می‌شوند و یا ساختمان‌های موجود که قسمتی به آن‌ها اضافه می‌شود، به کار رود. محدودیت‌های ابعاد، بر حسب نوع ساختار و تصرف ساختمان متفاوت است. اساس این فصل را جدول شماره ۳-۸ تشکیل می‌دهد و در آن محدودیت ارتفاع، تعداد طبقات و مساحت برای انواع تصرف‌ها داده شده است. در ساختار نوع ۱-الف، به علت نوع مصالح و درجه مقاومت اجزای آن در برابر آتش، محدودیت ابعاد اعمال نمی‌شود و در صورت رعایت تمام ضوابط مربوطه، مجاز است که ساختمان با هر ارتفاع و مساحت مورد نیاز طراحی و ساخته شود. در مواردی که محدودیت ابعاد وجود دارد، در صورت استفاده از شبکه بارنده خودکار، می‌توان مساحت مجاز را افزایش داد که ضوابط آن در فصل چهارم از نشریه شماره ۴۴۴ بیان شده است. اعدادی که در جدول ۳-۸ برای مساحت داده شده، مربوط به حداکثر مساحت به ازای یک طبقه است. روش تعیین حداکثر مساحت زیربنا (مجموع مساحت کل طبقات) در بند ۳-۳-۲ آمده است.

#### ۳-۳-۲- محدودیت‌های کلی مساحت و ارتفاع

ارتفاع و مساحت ساختمان به ساختار و تصرف‌های موجود در آن بستگی دارد و به جز موارد استثناء که در این بخش گفته خواهد شد، نباید از محدودیت‌های ذکر شده در جدول ۳-۸ تجاوز کند.

توضیح:

در ردیف اول جدول ۳-۸، نوع ساختار ساختمان بیان شده است، که در واقع نشان دهنده حداقل مقاومت اجزای ساختمان مورد نظر در برابر آتش است (به فصل دوم مراجعه شود). در ردیف بعد، حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان بر حسب متر داده شده است. به عنوان مثال، برای ساختار نوع (۱-الف) محدودیتی برای ارتفاع تعیین نشده است و این نوع ساختار را می‌توان با رعایت الزامات بیان شده در این آیین‌نامه، با هر ارتفاعی ساخت. یا مثلاً، حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان برای ساختار نوع (۳-ب) معادل ۱۵ متر داده شده است.

در ردیف‌های بعدی، حداکثر تعداد مجاز طبقات و نیز حداکثر مساحت مجاز هر کف، بر حسب متر مربع، برای تصرف‌های مختلف بیان شده است. بنابراین به عنوان مثال، اگر یک بنای مسکونی آپارتمانی (م-۲) با ساختار نوع (۲-ب) ساخته شود، حداکثر ابعاد مجاز آن طبق جدول ۳-۸ به شرح زیر است:

حداکثر ارتفاع مجاز: ۱۵ متر

حداکثر تعداد مجاز طبقات روی تراز زمین: ۴ طبقه

حداکثر مساحت مجاز کف: ۱۴۷۵ متر مربع

حداکثر مساحت زیربنا (مجموع مساحت کل طبقات) برای این ساختمان برابر با ۴۴۲۵ متر مربع است.

جدول ۳-۸- مقادیر مجاز ارتفاع ۱ و مساحت ۲ ساختمان ۳ برای ساختارهای نوع ۱ و ۲

| تصرف |       | حد مجاز ارتفاع و مساحت ساختمان بر حسب نوع ساختار |      |       |      |
|------|-------|--------------------------------------------------|------|-------|------|
|      |       | نوع ۱                                            |      | نوع ۲ |      |
|      |       | الف                                              | ب    | الف   | ب    |
| ت ۱  | طبقات | م.ن                                              | ۵    | ۳     | ۲    |
|      | مساحت | م.ن                                              | م.ن  | ۱۵۰۰  | ۸۰۰  |
| ت ۲  | طبقات | م.ن                                              | ۱۱   | ۳     | ۲    |
|      | مساحت | م.ن                                              | م.ن  | ۱۵۰۰  | ۹۰۰  |
| ت ۳  | طبقات | م.ن                                              | ۱۱   | ۳     | ۲    |
|      | مساحت | م.ن                                              | م.ن  | ۱۵۰۰  | ۹۰۰  |
| ت ۴  | طبقات | م.ن                                              | ۱۱   | ۳     | ۲    |
|      | مساحت | م.ن                                              | م.ن  | ۱۵۰۰  | ۹۰۰  |
| ت ۵  | طبقات | م.ن                                              | م.ن  | م.ن   | م.ن  |
|      | مساحت | م.ن                                              | م.ن  | م.ن   | م.ن  |
| ح    | طبقات | م.ن                                              | ۱۱   | ۵     | ۴    |
|      | مساحت | م.ن                                              | م.ن  | ۳۵۰۰  | ۲۱۰۰ |
| ا    | طبقات | م.ن                                              | ۵    | ۳     | ۲    |
|      | مساحت | م.ن                                              | م.ن  | ۲۴۵۰  | ۱۳۵۰ |
| ص ۱  | طبقات | م.ن                                              | ۱۱   | ۴     | ۲    |
|      | مساحت | م.ن                                              | م.ن  | ۲۳۰۰  | ۱۵۰۰ |
| ص ۲  | طبقات | م.ن                                              | ۱۱   | ۵     | ۳    |
|      | مساحت | م.ن                                              | م.ن  | ۳۵۰۰  | ۲۱۰۰ |
| د ۱  | طبقات | م.ن                                              | ۹    | ۴     | ۳    |
|      | مساحت | م.ن                                              | ۵۱۰۰ | ۱۷۵۰  | ۹۲۵  |
| د ۲  | طبقات | م.ن                                              | ۴    | ۲     | ۱    |
|      | مساحت | م.ن                                              | م.ن  | ۱۴۰۰  | ۱۰۰۰ |
| د ۳  | طبقات | م.ن                                              | ۴    | ۲     | ۱    |
|      | مساحت | م.ن                                              | م.ن  | ۱۴۰۰  | ۹۲۵  |
| د ۴  | طبقات | م.ن                                              | ۵    | ۳     | ۲    |
|      | مساحت | م.ن                                              | ۵۶۰۰ | ۲۴۵۰  | ۱۲۰۰ |
| ک    | طبقات | م.ن                                              | ۱۱   | ۴     | ۴    |
|      | مساحت | م.ن                                              | م.ن  | ۲۰۰۰  | ۱۱۵۰ |
| م ۱  | طبقات | م.ن                                              | ۱۱   | ۴     | ۴    |
|      | مساحت | م.ن                                              | م.ن  | ۲۲۲۵  | ۱۴۷۵ |

| حد مجاز ارتفاع و مساحت ساختمان بر حسب نوع ساختار |      |       |     | تصرف                                    |      |
|--------------------------------------------------|------|-------|-----|-----------------------------------------|------|
| نوع ۲                                            |      | نوع ۱ |     |                                         |      |
| ب                                                | الف  | ب     | الف |                                         |      |
| 4                                                | 4    | 11    | م.ن | طبقات                                   | م 2- |
| 1475                                             | 2225 | م.ن   | م.ن | مساحت                                   |      |
| 4                                                | 4    | 11    | م.ن | طبقات                                   | م ۳- |
| 1475                                             | 2225 | م.ن   | م.ن | مساحت                                   |      |
| 3                                                | 4    | 11    | م.ن | طبقات                                   | ن 1- |
| 1625                                             | 2400 | 4450  | م.ن | مساحت                                   |      |
| 4                                                | 5    | 11    | م.ن | طبقات                                   | ن 2- |
| 2400                                             | 3625 | 7350  | م.ن | مساحت                                   |      |
| 2                                                | 4    | 5     | م.ن | طبقات                                   | ف    |
| 800                                              | 1750 | 3300  | م.ن | مساحت                                   |      |
| 15                                               | 20   | 50    | م.ن | حد مجاز ارتفاع ساختمان از تراز زمین (m) |      |

۱- محدودیت مساحت به صورت محدودیت مساحت کف طبقه (زیر اشغال)، بر حسب متر مربع تعیین شده است. برای محدودیت مساحت کل ساختمان به توضیحات قسمت ۳-۳-۲ مراجعه شود.

۲- در مورد محدودیت‌های ابعادی ساختمان‌های گروه مخاطره‌آمیز، به نشریه ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن و این‌نامه‌های تخصصی مراجعه شود.

### ۳-۴- مقاومت در برابر آتش برای تعدادی جزئیات LSF

#### ۳-۴-۱- کلیات

ورق‌های نسبتاً نازک فولاد گالوانیزه، چارچوب اصلی ساختمان‌های LSF را از نظر سازه‌ای تشکیل می‌دهند. این ورق‌ها در برابر آتش دارای مقاومت کمی بوده و از این نظر باید محافظت شوند، در غیر این صورت ساختارهای از نوع LSF در برابر آتش به سرعت دچار تغییر شکل شده، فرو خواهند ریخت. محافظت این ساختارها در برابر آتش به وسیله تخته‌های گچی که بر روی چارچوب فولادی نصب می‌شوند، قابل تأمین است. ضمن اینکه به این صورت جدار دیوار یا سیستم سقف نیز شکل گرفته، جداسازی بین فضاهای مجاور مطابق با طرح معماری صورت می‌گیرد. برای رسیدن به مقاوت‌های کم در برابر آتش، می‌توان از تخته‌های گچی معمولی استفاده نمود، اما برای تأمین مقامت‌های بیشتر باید از تخته‌های مقاوم در برابر آتش استفاده کرد. لازم به ذکر است که گاهی از سایر تخته‌های محافظ از جنس چوب، سیمان یا سیلیکات کلسیم نیز استفاده می‌شود، اما گچ در بین مواد فوق از خواص بهتری برخوردار بوده و بسیار رایج‌تر است. تخته گچی علاوه بر عملکرد محافظتی در برابر آتش، به شرط استفاده از جزئیات اجرایی صحیح، می‌تواند خواص صوتی و حرارتی مناسبی را نیز تأمین کند.

آزمایش‌های متعدد آتش بر روی سیستم‌های LSF شامل سیستم‌های دیوار و کف در کشورهای مختلف صورت گرفته و نتایج آن در دسترس است. این سیستم‌ها توانسته‌اند مقاومت لازم در برابر آتش را تأمین کنند. بدیهی است که هر چه ارتفاع ساختمان بیشتر و یا کاربری آن مهم‌تر باشد، به مقاومت بیشتری در برابر آتش نیاز خواهد بود که این به معنای

استفاده از تمهیدات بیشتر محافظتی (عمدتا به معنای استفاده از تخته‌های گچی ضخیم‌تر یا استفاده از چند لایه تخته گچی) است. موضوع مهم دیگر، چگونگی اجرا و استفاده از اجزا و اتصالات مناسب می‌باشد. به عنوان مثال، برای تامین مقاوت‌های بالاتر نیاز به اتصالات قویتر و کم کردن فاصله بین اتصالات است.

در این فصل، نتایج تعدادی از آزمون‌های مقاومت در برابر آتش انجام شده در کشورهای دیگر، به عنوان راهنمایی برای طراحی مقاوم در برابر آتش آورده شده است. بدیهی است که در هر مورد اطمینان از انطباق جزئیات مورد نظر، با واقعیت اجرا، به عهده طراح و دستگاه‌های نظارتی است. همچنین در صورت امکان، و بخصوص برای طرح‌های خاص و مهم، انجام آزمایش واقعی مقاومت در برابر آتش بر روی جزئیات مورد نظر توصیه می‌شود.

### ۳-۴-۲- توصیه‌های عمومی برای اجرای تخته‌های گچی مقاوم در برابر آتش در سیستم LSF

نحوه اجرای تخته‌های گچی مقاوم در برابر آتش مقداری متفاوت با اجرای تخته‌های معمولی است. در زیر توصیه‌هایی در این زمینه ارائه شده است:

ابتدا تخته‌های مقاوم در برابر آتش یا نوع X به طور عمود بر اعضای قاب سقف و سپس به قاب دیوار نصب می‌شوند. سعی می‌شود تا از تخته‌هایی با حداکثر طول قابل دسترس استفاده شود تا تعداد درزها به حداقل برسد. تخته‌ها به صورت لب به لب اما بدون فشار دادن به یکدیگر نصب می‌شوند.

رانرهای<sup>۵</sup> فولادی مربوط به تخته‌های کف و سقف با اتصالات مناسب به وادارها یا سایر عناصر سازه‌ای وصل می‌شوند. فاصله اتصالات از انتها پنج سانتی‌متر و با یکدیگر ۶۰ سانتی‌متر (مرکز به مرکز) است. وادارها به صورت قائم و با فواصل ۶۰ سانتی‌متر از یکدیگر نصب می‌شوند، به طوری که طرف باز آنها همگی به یک سمت باشد.

طراح باید با توجه به ابعاد تخته‌ها، محل‌های درز کنترلی را تعیین کند. به عنوان مثال در جایی که سقف با یک عنصر سازه‌ای مجاور است یا ابعاد آن در هر جهت از ۹ متر بیشتر باشد، به یک درز کنترلی نیاز خواهد بود.

یک مساله مهم در سیستم LSF و از جمله برای نصب تخته‌های گچی مقاوم در برابر آتش، استفاده از انواع مناسب قطعات، اتصالات، پیچ‌ها و ابزار مناسب است. بنابراین، برای توسعه این سیستم در کشور نیاز به شناخت دقیق این ابزار و قطعات است. پیچ‌ها دارای ابعاد و شکل‌های استاندارد هستند و باید از نوع گالوانیزه (یا سایر انواع قابل قبول مقاوم به خوردگی) باشند.

در ادامه به تعدادی از جزئیات مقاوم در برابر آتش پرداخته می‌شود.

در بسیاری از اوقات برای کاهش انتقال صوت و حرارت فضای مجوف داخل دیوار را با عایق و به خصوص پشم‌های معدنی پر می‌کنند. وجود عایق‌های معدنی در سیستم دیوار و نیز کف/سقف، مقاومت سیستم در برابر آتش از نظر یکپارچگی و نارسانایی را افزایش می‌دهد، اما با این کار ممکن است پایداری مکانیکی سیستم در برابر آتش تا حدودی کاهش یابد. این موضوع به خصوص برای سیستم‌های باربر صدق می‌کند. اگر چه این کاهش پایداری در اغلب اوقات تقریباً اندک و در حد چند دقیقه است، با این وجود طراح باید نسبت به آن آگاه بوده، آن را در نظر داشته باشد. عایق‌های حرارتی پلیمری مانند اسفنج پلی‌استایرن را اگر چه می‌توان با تمهیدات محافظتی مناسب در سیستم استفاده کرد، اما در هر حال کمکی به بهبود مقاومت در برابر آتش نکرده، ضمن آن که ممکن است رفتار سیستم در برابر آتش را تا حدودی تضعیف کنند. اصولاً استفاده از این نوع عایق در سیستم LSF با توجه به رفتار ضعیف آن‌ها در برابر آتش و مخاطرات احتمالی توصیه نمی‌شود.

<sup>5</sup> Runners

### ۳-۴-۳- جزئیات اجرایی نمونه دارای درجه بندی مقاومت در برابر آتش با استفاده از نتایج آزمایشگاهی

#### خارج از کشور

#### ۳-۴-۳-۱- دیوار LSF

##### الف- یک نمونه دیوار LSF با دو ساعت مقاومت در برابر آتش

سیستم قاب فولادی با استفاده از وادارهای ۸/۹ سانتی متری (۳/۵ اینچ) نصب شده و پشم سنگ با ضخامت ۷/۵ سانتی متر درون آن قرار داده می شود. تخته گچی مقاوم در برابر آتش (نوع X) با ضخامت ۱/۹ سانتی متر (۰/۷۵ اینچ) به صورت قائم به قاب فولادی نصب می شود. تخته های گچی باید با استفاده از پیچ های با طول ۳۲ میلی متر (۱/۲۵ اینچ) از نوع S یا S-12 با فواصل قائم ۲۰ سانتی متری و فواصل افقی ۳۰ سانتی متری (در طول قاب میانی) نصب شوند.

##### ب- یک نمونه دیوار LSF با سه ساعت مقاومت در برابر آتش

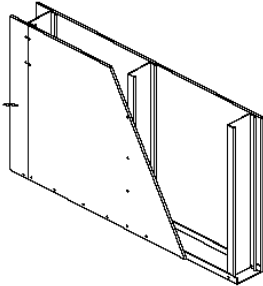
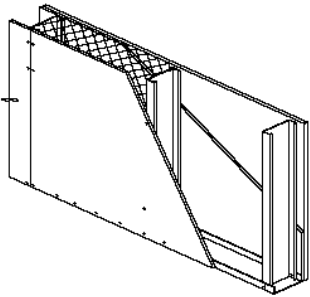
سیستم قاب فولادی نصب شده و پشم سنگ درون آن قرار داده می شود. یک لایه تخته گچی مقاوم در برابر آتش (نوع X) با ضخامت ۱/۹ سانتی متر (۰/۷۵ اینچ) به صورت قائم به قاب فولادی نصب می شود. از پیچ های با طول ۳۲ میلی متر (۱/۲۵ اینچ) از نوع S یا S-12 با فواصل ۶۰ سانتی متر در طول قاب برای نصب استفاده می شود. تخته های طرف مخالف به نحوی نصب می شوند که محل درزها در دو طرف با هم اختلاف داشته باشد. سپس تخته های گچی رویه از نوع مقاوم در برابر آتش به صورت افقی با لبه های عمود بر قاب فولادی نصب می شوند. برای نصب تخته های رویه به قاب فولادی از پیچ های با طول ۵۷ میلی متر (۲/۲۵ اینچ) و با فواصل ۳۰ سانتی متری استفاده می شود. پیچ های تخته های رویه به نحوی نصب شوند که یک فاصله ۲/۵ سانتی متری با محور پیچ های تخته های زیری داشته باشند. تخته رویی به تخته زیری با استفاده از پیچ های نوع G با طول ۳۸ میلی متر (۱/۵ اینچ) محکم می شوند. این پیچ ها روی محوری با فاصله ۲/۵ سانتی متر از درز افقی نصب می شوند. تخته های رویه طرف مخالف به نحوی نصب می شوند که محل درزها در دو طرف با هم ۶۰ سانتی متر اختلاف داشته باشد.

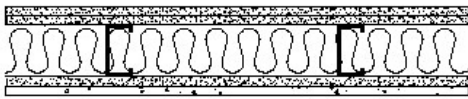
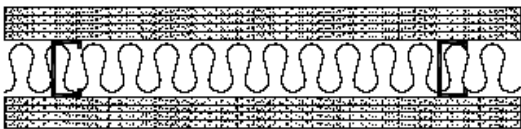
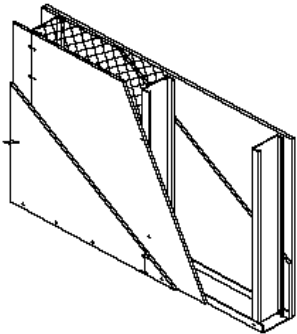
چند نمونه دیگر از جزئیات اجرایی مقاوم در برابر آتش در جدول ۳-۹ ارائه شده است.

یادآوری: توجه شود که جزئیات ارائه شده، در حد اطلاعات ارائه شده در گزارش های از مون خارجی بوده، لزوماً کامل نیست. همچنین مواد و مصالحی که در آنها مشخص شده اند با توجه به مواد و مصالح مشروح در گواهی نامه های فنی خارجی بوده است که لزوماً کیفیت آنها با کیفیت مصالح داخلی یکسان نیست.

جدول ۳-۹- چند نمونه جزئیات اجرایی مقاوم در برابر آتش برای دیوارهای باربر و غیرباربر LSF

| شرح سیستم                                                                                                                                                                                                                         | جزئیات                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>دیوار غیر باربر، وادارهای ۶۴ × ۳۵ × ۰/۵ م. با فاصله مرکز به مرکز ۱۵۰ م.</p> <p>تخته گچی زیرین با ضخامت ۱۲/۷ یا ۱۵/۹ م. در هر طرف</p> <p>تخته گچی رویه با ضخامت حداقل ۱۵/۹ م. در هر طرف،</p> <p>مقاومت در برابر آتش: ۲ ساعت</p> |  |

| شرح سیستم                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | جزئیات                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>دیوار غیر باربر، وادارهای 350S162-18 با بال حداقل ۲۱ م.م. و لبه برگشتی حداقل ۶ م.م.، با فواصل حداکثر ۶۰۰ م.م.، تخته گچی با ضخامت حداقل ۱۶ م.م. مقاومت در برابر آتش: یک ساعت</p>                                                                                                                                                                   |    |
| <p>دیوار غیر باربر، وادارهای 362S125-18 (پهنای جان ۹۲، عرض بال ۳۲ م.م. و لبه برگشتی بال حداقل ۸ م.م.) با فواصل ۴۰۰ م.م.، تخته گچی با ضخامت حداقل ۱۶ م.م. در یک طرف، یک لایه ۱۲/۵ م.م. پلی استایرن اکستروود و یک لایه تخته سیمانی ۱۲/۵ م.م. در طرف دیگر، ۷۵ م.م. عایق تخته ای یا پتویی از جنس پشم سنگ یا پشم سرباره، مقاومت در برابر آتش: یک ساعت</p> |  |
| <p>دیوار غیر باربر، وادارهای ۸۹ × ۳۲ × ۰/۵ م.م. با فاصله مرکز به مرکز ۶۱۰ م.م. ۷۶ م.م. پشم معدنی در وسط یک لایه تخته گچی ۱۹/۱ م.م. در هر طرف</p>                                                                                                                                                                                                     |  |
| <p>دیوار باربر، وادارهای ۹۲ × ۳۵ × ۰/۹ م.م. با فاصله ۶۰۰ م.م. یک لایه تخته گچی نوع X با ضخامت ۱۵/۹ م.م. در هر طرف، مقاومت در برابر آتش: یک ساعت</p>                                                                                                                                                                                                  |  |

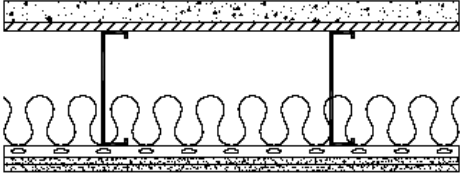
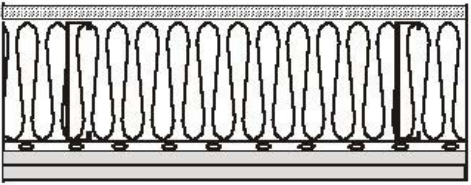
| شرح سیستم                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | جزئیات                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>دیوار باربر، وادارهای <math>۹۲ \times ۳۵</math> ×<br/> <math>۰/۹</math> م.م. با فاصله (mm) ۶۰۰،<br/>         دو لایه تخته گچی نوع X با<br/>         ضخامت <math>۱۵/۹</math> م.م. در هر طرف،<br/>         مقاومت در برابر آتش: دو ساعت<br/>         (محدودیت بارگذاری برای مقاومت<br/>         دو ساعت: حداکثر ۶۰٪ بار طرح)</p>                                                  |    |
| <p>دیوار باربر دابل، وادارهای <math>۹۲ \times ۴۱</math> ×<br/> <math>۰/۸</math> م.م. با فاصله ۴۰۰ م.م.،<br/>         حداقل فاصله قائم دو ردیف وادارها:<br/>         ۷ میلی‌متر،<br/>         دو لایه تخته گچی نوع X با<br/>         ضخامت <math>۱۲/۷</math> م.م. در هر طرف،<br/>         مقاومت در برابر آتش: یک ساعت</p>                                                          |    |
| <p>دیوار باربر، وادارهای <math>۸۹ \times ۲۰</math> م.م.،<br/>         با فواصل مرکز به مرکز ۴۰۰ م.م.،<br/> <math>۷۵</math> م.م. پشم معدنی در وسط، یک<br/>         طرف با دو لایه تخته گچی <math>۱۵/۹</math><br/>         م.م. طرف دیگر لایه زیری تخته<br/> <math>۱۵/۹</math> م.م و لایه رویی تخته <math>۱۲/۷</math><br/>         م.م.<br/>         مقاومت در برابر آتش: ۲ ساعت</p> |  |
| <p>دیوار باربر، وادارهای <math>۸۹ \times ۲۰</math> م.م.،<br/>         با فواصل ۶۰۰ م.م.،<br/>         چهار لایه تخته گچی <math>۱۲/۷</math><br/>         میلی‌متر در هر طرف، عایق پشم<br/>         معدنی: اختیاری<br/>         مقاومت در برابر آتش: ۳ ساعت</p>                                                                                                                      |  |
| <p>دیوار باربر داخلی، وادارهای<br/>         33-125S350 با فواصل ۶۰۰ م.م.،<br/>         تخته گچی <math>۱۲/۷</math> میلی‌متر در هر<br/>         طرف، عایق پشم معدنی در وسط<br/>         مقاومت در برابر آتش: ۱/۵ ساعت</p>                                                                                                                                                            |  |

## ۳-۴-۲- سیستم‌های کف و سقف

رفتار کف و سقف سیستم LSF در برابر آتش مشابه با رفتار دیوارهای این سیستم است، با این تفاوت که در اینجا جزئیات اجرایی و مشخصات اتصالات مهم‌تر و حساس‌تر است، زیرا تخته‌های گچی افقی در سقف بیشتر از تخته‌های دیوار در معرض ریزش هستند. چند نمونه جزئیات اجرایی مقاوم در برابر آتش برای سیستم کف LSF در جدول ۱۰-۳ آورده شده است.

یادآوری: توجه شود که جزئیات ارائه شده، در حد اطلاعات ارائه شده در گزارش‌های ازمون خارجی بوده، لزوماً کامل نیست. همچنین مواد و مصالحی که در آن‌ها مشخص شده‌اند، با توجه به مواد و مصالح مشروح در گواهی‌نامه‌های فنی خارجی بوده است. که لزوماً کیفیت آن‌ها با کیفیت مصالح داخلی یکسان نیست.

جدول ۱۰-۳- چند نمونه سیستم کف و سقف LSF مقاوم در برابر آتش

|                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | <p>لایه‌ها از بالا به پایین:</p> <p>بتن رویه با ضخامت ۳۸ م.م. روی تخته نئوپان ۱۶ م.م.،</p> <p>تیرچه فولادی: پهنای ۲۰۳ م.م. و ضخامت ۱/۲۲</p> <p>با فواصل ۴۰۶ م.م.، پروفیل‌های ارتجاعی<sup>۶</sup> با فواصل مرکز به مرکز ۴۰۶ م.م.،</p> <p>عایق پشم شیشه: ضخامت ۹۰ میلی‌متر،</p> <p>دو لایه تخته گچی ۱۲/۷ م.م. نوع X در طرف سقف،</p> <p>مقاومت در برابر آتش: یک ساعت</p> |
|  | <p>لایه‌ها از بالا به پایین:</p> <p>یک لایه تخته بالای کف، تیرچه‌های فولادی کف،</p> <p>لایه عایق در وسط، پروفیل‌های ارتجاعی با فاصله مرکز به مرکز ۴۰۶ م.م.، دو لایه تخته گچی نوع X هر یک با ضخامت ۱۲/۷ م.م.،</p> <p>مقاومت در برابر آتش: مطابق جدول ۱۱-۳</p>                                                                                                          |

<sup>6</sup> Resilient Channel

جدول ۳-۱۱- مقدار مقاومت در برابر آتش سیستم‌های کف و سقف خشک با کف تخته‌ای

| مقاومت در برابر آتش (دقیقه) | تخته زیر سقف |                        | عایق        |          | تخته بالای کف |            | تیرچه فولاد سرد نورد شده |                 |                 | ردیف |
|-----------------------------|--------------|------------------------|-------------|----------|---------------|------------|--------------------------|-----------------|-----------------|------|
|                             | ضخامت (م.م)  | نوع                    | ضخامت (م.م) | نوع      | ضخامت (م.م)   | نوع        | فاصله تیرچه‌ها (م.م)     | عمق تیرچه (م.م) | ضخامت ورق (م.م) |      |
| ۷۴                          | هرلایه ۱۲/۷  | دو لایه تخته گچی نوع X | -           | -        | ۱۵/۹          | تخته چندلا | ۴۰۶                      | ۲۰۳             | ۱/۲۲            | ۱    |
| ۶۸                          | هرلایه ۱۲/۷  | دو لایه تخته گچی نوع X | ۹۰          | پشم شیشه | ۱۵/۹          | تخته چندلا | ۴۰۶                      | ۲۰۳             | ۱/۲۲            | ۲    |
| ۶۹                          | هرلایه ۱۲/۷  | دو لایه تخته گچی نوع X | ۹۰          | پشم شیشه | ۱۵/۹          | تخته چندلا | ۶۱۰                      | ۲۰۳             | ۱/۲۲            | ۳    |

## منابع

۱. ایین‌نامه محافظت ساختمان‌ها در برابر آتش، انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، نشریه شماره ض-۴۴۴، ۱۳۸۵.
۲. پاول استولارد و جان ابرامز. "اصول ایمنی حریق در ساختمان‌ها". ترجمه عبدالصمد زرین‌قلم و سعید بختیاری، انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، نشریه شماره ۲۵۴، تهران، چاپ سوم: ۱۳۸۴.
۳. مبحث سوم مقررات ملی ساختمان، ۱۳۸۰.
4. International Building Code, 2009.
5. Scharff, Robert. "Drywall construction handbook". McGraw-Hill, New York, 1995.
6. ASTM C1396/C 1396 M. "Standard specification for gypsum board". ASTM, Philadelphia, 1998.
7. ISO 6308. "Gypsum plasterboard-specification". International organization for standardization, Switzerland, 1980.
8. DIN 18180. "Gypsum plasterboard: Types, requirments and testing". Deutsches Institut für Normung, Berlin, 1989.
9. Canadian Sheet Steel Building Institute, Residential Steel Framing, Installation Manual, CSSBI, Ontario, 1999.
10. Scharff, Robert. "Residential steel framing handbook". McGraw-Hill Book Company, 1996.

### ۳-۳- محدودیت‌های ارتفاع و مساحت ساختمان‌ها از نظر مقاومت در برابر

#### آتش

#### ۳-۳-۱- هدف و دامنه کاربرد

مقررات این بخش باید برای کنترل ارتفاع و مساحت تمام ساختمان‌هایی که از این پس ساخته می‌شوند و یا ساختمان‌های موجود که قسمتی به آن‌ها اضافه می‌شود، به کار رود. محدودیت‌های ابعاد، بر حسب نوع ساختار و تصرف ساختمان متفاوت است. اساس این فصل را جدول شماره ۳-۸ تشکیل می‌دهد و در آن محدودیت ارتفاع، تعداد طبقات و مساحت برای انواع تصرف‌ها داده شده است. در ساختار نوع ۱-الف، به علت نوع مصالح و درجه مقاومت اجزای آن در برابر آتش، محدودیت ابعاد اعمال نمی‌شود و در صورت رعایت تمام ضوابط مربوطه، مجاز است که ساختمان با هر ارتفاع و مساحت مورد نیاز طراحی و ساخته شود. در مواردی که محدودیت ابعاد وجود دارد، در صورت استفاده از شبکه بارنده خودکار، می‌توان مساحت مجاز را افزایش داد که ضوابط آن در فصل چهارم از نشریه شماره ۴۴۴ بیان شده است. اعدادی که در جدول ۳-۸ برای مساحت داده شده، مربوط به حداکثر مساحت به ازای یک طبقه است. روش تعیین حداکثر مساحت زیربنا (مجموع مساحت کل طبقات) در بند ۳-۳-۲ آمده است.

#### ۳-۳-۲- محدودیت‌های کلی مساحت و ارتفاع

ارتفاع و مساحت ساختمان به ساختار و تصرف‌های موجود در آن بستگی دارد و به جز موارد استثناء که در این بخش گفته خواهد شد، نباید از محدودیت‌های ذکر شده در جدول ۳-۸ تجاوز کند.

توضیح:

در ردیف اول جدول ۳-۸، نوع ساختار ساختمان بیان شده است، که در واقع نشان دهنده حداقل مقاومت اجزای ساختمان مورد نظر در برابر آتش است (به فصل دوم مراجعه شود). در ردیف بعد، حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان بر حسب متر داده شده است. به عنوان مثال، برای ساختار نوع (۱-الف) محدودیتی برای ارتفاع تعیین نشده است و این نوع ساختار را می‌توان با رعایت الزامات بیان شده در این آیین‌نامه، با هر ارتفاعی ساخت. یا مثلاً، حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان برای ساختار نوع (۳-ب) معادل ۱۵ متر داده شده است.

در ردیف‌های بعدی، حداکثر تعداد مجاز طبقات و نیز حداکثر مساحت مجاز هر کف، بر حسب متر مربع، برای تصرف‌های مختلف بیان شده است. بنابراین به عنوان مثال، اگر یک بنای مسکونی آپارتمانی (م-۲) با ساختار نوع (۲-ب) ساخته شود، حداکثر ابعاد مجاز آن طبق جدول ۳-۸ به شرح زیر است:

حداکثر ارتفاع مجاز: ۱۵ متر

حداکثر تعداد مجاز طبقات روی تراز زمین: ۴ طبقه  
 حداکثر مساحت مجاز کف: ۱۴۷۵ متر مربع  
 حداکثر مساحت زیربنا (مجموع مساحت کل طبقات) برای این ساختمان برابر با ۴۴۲۵ متر مربع است.

جدول ۳-۸- مقادیر مجاز ارتفاع ۱ و مساحت ۲ ساختمان ۳ برای ساختارهای نوع ۱ و ۲

| حد مجاز ارتفاع و مساحت ساختمان بر حسب نوع ساختار |      |       |     |       | تصرف |
|--------------------------------------------------|------|-------|-----|-------|------|
| نوع ۲                                            |      | نوع ۱ |     |       |      |
| ب                                                | الف  | ب     | الف |       |      |
| 2                                                | 3    | 5     | م.۰ | طبقات | ت 1_ |
| 800                                              | 1500 | م.۰   | م.۰ | مساحت |      |
| 2                                                | 3    | 11    | م.۰ | طبقات | ت 2_ |
| 900                                              | 1500 | م.۰   | م.۰ | مساحت |      |
| 2                                                | 3    | 11    | م.۰ | طبقات | ت 3_ |
| 900                                              | 1500 | م.۰   | م.۰ | مساحت |      |
| 2                                                | 3    | 11    | م.۰ | طبقات | ت 4_ |
| 900                                              | 1500 | م.۰   | م.۰ | مساحت |      |
| م.۰                                              | م.۰  | م.۰   | م.۰ | طبقات | ت 5_ |
| م.۰                                              | م.۰  | م.۰   | م.۰ | مساحت |      |
| 4                                                | 5    | 11    | م.۰ | طبقات | ح    |
| 2100                                             | 3500 | م.۰   | م.۰ | مساحت |      |
| 2                                                | 3    | 5     | م.۰ | طبقات | ا    |
| 1350                                             | 2450 | م.۰   | م.۰ | مساحت |      |
| 2                                                | 4    | 11    | م.۰ | طبقات | ص 1_ |
| 1500                                             | 2300 | م.۰   | م.۰ | مساحت |      |
| 3                                                | 5    | 11    | م.۰ | طبقات | ص 2_ |
| 2100                                             | 3500 | م.۰   | م.۰ | مساحت |      |
| 3                                                | 4    | 9     | م.۰ | طبقات | د 1_ |
| 925                                              | 1750 | 5100  | م.۰ | مساحت |      |

| حد مجاز ارتفاع و مساحت ساختمان بر حسب نوع ساختار |      |       |     |                                         | تصرف |
|--------------------------------------------------|------|-------|-----|-----------------------------------------|------|
| نوع ۲                                            |      | نوع ۱ |     |                                         |      |
| ب                                                | الف  | ب     | الف |                                         |      |
| 1                                                | 2    | 4     | م.ن | طبقات                                   | د 2  |
| 1000                                             | 1400 | م.ن   | م.ن | مساحت                                   |      |
| 1                                                | 2    | 4     | م.ن | طبقات                                   | د 3  |
| 925                                              | 1400 | م.ن   | م.ن | مساحت                                   |      |
| 2                                                | 3    | 5     | م.ن | طبقات                                   | د 4  |
| 1200                                             | 2450 | 5600  | م.ن | مساحت                                   |      |
| 4                                                | 4    | 11    | م.ن | طبقات                                   | ک    |
| 1150                                             | 2000 | م.ن   | م.ن | مساحت                                   |      |
| 4                                                | 4    | 11    | م.ن | طبقات                                   | م 1  |
| 1475                                             | 2225 | م.ن   | م.ن | مساحت                                   |      |
| 4                                                | 4    | 11    | م.ن | طبقات                                   | م 2  |
| 1475                                             | 2225 | م.ن   | م.ن | مساحت                                   |      |
| 4                                                | 4    | 11    | م.ن | طبقات                                   | م 3  |
| 1475                                             | 2225 | م.ن   | م.ن | مساحت                                   |      |
| 3                                                | 4    | 11    | م.ن | طبقات                                   | ن 1  |
| 1625                                             | 2400 | 4450  | م.ن | مساحت                                   |      |
| 4                                                | 5    | 11    | م.ن | طبقات                                   | ن 2  |
| 2400                                             | 3625 | 7350  | م.ن | مساحت                                   |      |
| 2                                                | 4    | 5     | م.ن | طبقات                                   | ف    |
| 800                                              | 1750 | 3300  | م.ن | مساحت                                   |      |
| 15                                               | 20   | 50    | م.ن | حد مجاز ارتفاع ساختمان از تراز زمین (m) |      |

- ۱- محدودیت مساحت به صورت محدودیت مساحت کف طبقه (زیر اشغال)، بر حسب متر مربع تعیین شده است. برای محدودیت مساحت کل ساختمان به توضیحات قسمت ۳-۳-۲ مراجعه شود.
- ۲- در مورد محدودیت‌های ابعادی ساختمان‌های گروه مخاطره‌آمیز، به نشریه ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن و این‌نامه‌های تخصصی مراجعه شود.

### ۳-۴- مقاومت در برابر آتش برای تعدادی جزئیات LSF

#### ۳-۴-۱- کلیات

ورق‌های نسبتاً نازک فولاد گالوانیزه، چارچوب اصلی ساختمان‌های LSF را از نظر سازه‌ای تشکیل می‌دهند. این ورق‌ها در برابر آتش دارای مقاومت کمی بوده و از این نظر باید محافظت شوند، در غیر این صورت ساختارهای از نوع LSF در برابر آتش به سرعت دچار تغییر شکل شده، فرو خواهند ریخت. محافظت این ساختارها در برابر آتش به وسیله تخته‌های گچی که بر روی چارچوب فولادی نصب می‌شوند، قابل تامین است. ضمن اینکه به این صورت جدار دیوار یا سیستم سقف نیز شکل گرفته، جداسازی بین فضاهای مجاور مطابق با طرح معماری صورت می‌گیرد. برای رسیدن به مقاوت‌های کم در برابر آتش، می‌توان از تخته‌های گچی معمولی استفاده نمود، اما برای تامین مقام‌های بیشتر باید از تخته‌های مقاوم در برابر آتش استفاده کرد. لازم به ذکر است که گاهی از سایر تخته‌های محافظ از جنس چوب، سیمان یا سیلیکات کلسیم نیز استفاده می‌شود، اما گچ در بین مواد فوق از خواص بهتری برخوردار بوده و بسیار رایج‌تر است. تخته گچی علاوه بر عملکرد محافظتی در برابر آتش، به شرط استفاده از جزئیات اجرایی صحیح، می‌تواند خواص صوتی و حرارتی مناسبی را نیز تامین کند.

آزمایش‌های متعدد آتش بر روی سیستم‌های LSF شامل سیستم‌های دیوار و کف در کشورهای مختلف صورت گرفته و نتایج آن در دسترس است. این سیستم‌ها توانسته‌اند مقاومت لازم در برابر آتش را تامین کنند. بدیهی است که هر چه ارتفاع ساختمان بیشتر و یا کاربری آن مهم‌تر باشد، به مقاومت بیشتری در برابر آتش نیاز خواهد بود که این به معنای استفاده از تمهیدات بیشتر محافظتی (عمدتاً به معنای استفاده از تخته‌های گچی ضخیم‌تر یا استفاده از چند لایه تخته گچی) است. موضوع مهم دیگر، چگونگی اجرا و استفاده از اجزا و اتصالات مناسب می‌باشد. به عنوان مثال، برای تامین مقاوت‌های بالاتر نیاز به اتصالات قویتر و کم کردن فاصله بین اتصالات است.

در این فصل، نتایج تعدادی از آزمون‌های مقاومت در برابر آتش انجام شده در کشورهای دیگر، به عنوان راهنمایی برای طراحی مقاوم در برابر آتش آورده شده است. بدیهی است که در هر مورد اطمینان از انطباق جزئیات مورد نظر، با واقعیت اجرا، به عهده طراح و دستگاه‌های نظارتی است. همچنین در صورت امکان، و بخصوص برای طرح‌های خاص و مهم، انجام آزمایش واقعی مقاومت در برابر آتش بر روی جزئیات مورد نظر توصیه می‌شود.

### ۳-۴-۲- توصیه‌های عمومی برای اجرای تخته‌های گچی مقاوم در برابر آتش در

#### سیستم LSF

نحوه اجرای تخته‌های گچی مقاوم در برابر آتش مقداری متفاوت با اجرای تخته‌های معمولی است. در زیر توصیه‌هایی در این زمینه ارائه شده است:

ابتدا تخته‌های مقاوم در برابر آتش یا نوع X به طور عمود بر اعضای قاب سقف و سپس به قاب دیوار نصب می‌شوند. سعی می‌شود تا از تخته‌هایی با حداکثر طول قابل دسترس استفاده شود تا تعداد درزها به حداقل برسد. تخته‌ها به صورت لب به لب اما بدون فشار دادن به یکدیگر نصب می‌شوند.

رانرهای<sup>۵</sup> فولادی مربوط به تخته‌های کف و سقف با اتصالات مناسب به وادارها یا سایر عناصر سازه‌ای وصل می‌شوند. فاصله اتصالات از انتها پنج سانتی‌متر و با یکدیگر ۶۰ سانتی‌متر (مرکز به مرکز) است. وادارها به صورت قائم و با فواصل ۶۰ سانتی‌متر از یکدیگر نصب می‌شوند، به طوری که طرف باز آنها همگی به یک سمت باشد.

طراح باید با توجه به ابعاد تخته‌ها، محل‌های درز کنترلی را تعیین کند. به عنوان مثال در جایی که سقف با یک عنصر سازه‌ای مجاور است یا ابعاد آن در هر جهت از ۹ متر بیشتر باشد، به یک درز کنترلی نیاز خواهد بود.

یک مساله مهم در سیستم LSF و از جمله برای نصب تخته‌های گچی مقاوم در برابر آتش، استفاده از انواع مناسب قطعات، اتصالات، پیچ‌ها و ابزار مناسب است. بنابراین، برای توسعه این سیستم در کشور نیاز به شناخت دقیق این ابزار و قطعات است. پیچ‌ها دارای ابعاد و شکل‌های استاندارد هستند و باید از نوع گالوانیزه (یا سایر انواع قابل قبول مقاوم به خوردگی) باشند.

در ادامه به تعدادی از جزئیات مقاوم در برابر آتش پرداخته می‌شود.

در بسیاری از اوقات برای کاهش انتقال صوت و حرارت فضای مجوف داخل دیوار را با عایق و به خصوص پشم‌های معدنی پر می‌کنند. وجود عایق‌های معدنی در سیستم دیوار و نیز کف/سقف، مقاومت سیستم در برابر آتش از نظر یکپارچگی و نارسایی را افزایش می‌دهد، اما با این کار ممکن است پایداری مکانیکی سیستم در برابر آتش تا حدودی کاهش یابد. این موضوع به خصوص برای سیستم‌های باربر صدق می‌کند. اگر چه این کاهش پایداری در اغلب اوقات تقریباً اندک و در حد چند دقیقه است، با این وجود طراح باید نسبت به آن آگاه بوده، آن را در نظر داشته باشد. عایق‌های حرارتی پلیمری مانند اسفنج پلی‌استایرن را اگر چه می‌توان با تمهیدات محافظتی مناسب در سیستم استفاده کرد، اما در هر حال کمکی به بهبود مقاومت در برابر آتش نکرده، ضمن آن که ممکن است رفتار سیستم در برابر آتش را تا

<sup>5</sup> Runners

حدودی تضعیف کنند. اصولاً استفاده از این نوع عایق در سیستم LSF با توجه به رفتار ضعیف آن‌ها در برابر آتش و مخاطرات احتمالی توصیه نمی‌شود.

### ۳-۴-۳- جزئیات اجرایی نمونه دارای درجه‌بندی مقاومت در برابر آتش با

استفاده از نتایج آزمایشگاهی خارج از کشور

۳-۴-۳-۱- دیوار LSF

#### الف- یک نمونه دیوار LSF با دو ساعت مقاومت در برابر آتش

سیستم قاب فولادی با استفاده از وادارهای ۸/۹ سانتی‌متری (۳/۵ اینچ) نصب شده و پشم سنگ با ضخامت ۷/۵ سانتی‌متر درون آن قرار داده می‌شود. تخته گچی مقاوم در برابر آتش (نوع X) با ضخامت ۱/۹ سانتی‌متر (۰/۷۵ اینچ) به صورت قائم به قاب فولادی نصب می‌شود. تخته‌های گچی باید با استفاده از پیچ‌های با طول ۳۲ میلی‌متر (۱/۲۵ اینچ) از نوع S یا S-12 با فواصل قائم ۲۰ سانتی‌متری و فواصل افقی ۳۰ سانتی‌متری (در طول قاب میانی) نصب شوند.

#### ب- یک نمونه دیوار LSF با سه ساعت مقاومت در برابر آتش

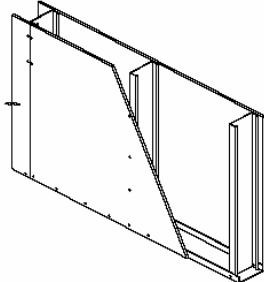
سیستم قاب فولادی نصب شده و پشم سنگ درون آن قرار داده می‌شود. یک لایه تخته گچی مقاوم در برابر آتش (نوع X) با ضخامت ۱/۹ سانتی‌متر (۰/۷۵ اینچ) به صورت قائم به قاب فولادی نصب می‌شود. از پیچ‌های با طول ۳۲ میلی‌متر (۱/۲۵ اینچ) از نوع S یا S-12 با فواصل ۶۰ سانتی‌متر در طول قاب برای نصب استفاده می‌شود. تخته‌های طرف مخالف به نحوی نصب می‌شوند که محل درزها در دو طرف با هم اختلاف داشته باشد. سپس تخته‌های گچی رویه از نوع مقاوم در برابر آتش به صورت افقی با لبه‌های عمود بر قاب فولادی نصب می‌شوند. برای نصب تخته‌های رویه به قاب فولادی از پیچ‌های با طول ۵۷ میلی‌متر (۲/۲۵ اینچ) و با فواصل ۳۰ سانتی‌متری استفاده می‌شود. پیچ‌های تخته‌های رویه به نحوی نصب شوند که یک فاصله ۲/۵ سانتی‌متری با محور پیچ‌های تخته‌های زیری داشته باشند. تخته رویی به تخته زیری با استفاده از پیچ‌های نوع G با طول ۳۸ میلی‌متر (۱/۵ اینچ) محکم می‌شوند. این پیچ‌ها روی محوری با فاصله ۲/۵ سانتی‌متر از درز افقی نصب می‌شوند. تخته‌های رویه طرف مخالف به نحوی نصب می‌شوند که محل درزها در دو طرف با هم ۶۰ سانتی‌متر اختلاف داشته باشد.

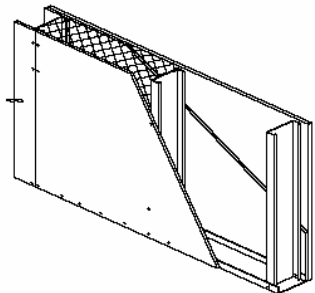
چند نمونه دیگر از جزئیات اجرایی مقاوم در برابر آتش در جدول ۳-۹ ارائه شده است.

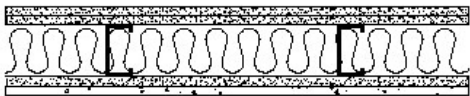
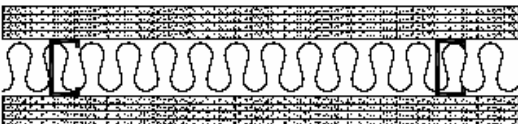
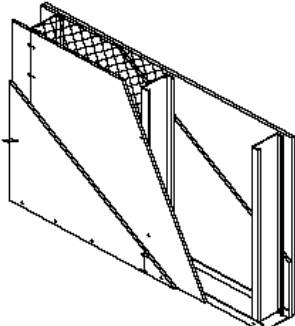
یادآوری: توجه شود که جزئیات ارائه شده، در حد اطلاعات ارائه شده در گزارش‌های ازمون خارجی بوده، لزوماً کامل نیست. همچنین مواد و مصالحی که در آن‌ها مشخص شده‌اند با توجه به مواد و مصالح

مشروح در گواهینامه‌های فنی خارجی بوده است که لزوماً کیفیت آن‌ها با کیفیت مصالح داخلی یکسان نیست.

جدول ۳-۹- چند نمونه جزئیات اجرایی مقاوم در برابر آتش برای دیوارهای باربر و غیرباربر LSF

| شرح سیستم                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | جزئیات                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>دیوار غیر باربر، وادارهای <math>۶۴ \times ۳۵ \times ۰/۵</math> م.م. با فاصله مرکز به مرکز <math>۱۵۰</math> م.م.</p> <p>تخته گچی زیرین با ضخامت <math>۱۲/۷</math> یا <math>۱۵/۹</math> م.م. در هر طرف</p> <p>تخته گچی رویه با ضخامت حداقل <math>۱۵/۹</math> م.م. در هر طرف،</p> <p>مقاومت در برابر آتش: ۲ ساعت</p> |   |
| <p>دیوار غیر باربر، وادارهای 350S162- 18 با بال حداقل ۲۱ م.م. و لبه برگشتی حداقل ۶ م.م. با فواصل حداکثر ۶۰۰ م.م.</p> <p>تخته گچی با ضخامت حداقل ۱۶ م.م.،</p> <p>مقاومت در برابر آتش: یک ساعت</p>                                                                                                                     |  |

| شرح سیستم                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | جزئیات                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>دیوار غیرباربر، وادارهای 362S125-18 (پهنای جان ۹۲، عرض بال ۳۲ م.م. و لبه برگشتی بال حداقل ۸ م.م.) با فواصل ۴۰۰ م.م.</p> <p>تخته گچی با ضخامت حداقل ۱۶ م.م. در یک طرف، یک لایه ۱۲/۵ م.م. پلی استایرن اکستروژد و یک لایه تخته سیمانی ۱۲/۵ م.م. در طرف دیگر، ۷۵ م.م. عایق تخته‌ای یا پتویی از جنس پشم سنگ یا پشم سرباره، مقاومت در برابر آتش: یک ساعت</p> |    |
| <p>دیوار غیرباربر، وادارهای ۸۹ × ۳۲ × ۰/۵ م.م. با فاصله مرکز به مرکز ۶۱۰ م.م.</p> <p>۷۶ م.م. پشم معدنی در وسط یک لایه تخته گچی ۱۹/۱ م.م. در هر طرف</p>                                                                                                                                                                                                    |   |
| <p>دیوار باربر، وادارهای ۹۲ × ۳۵ × ۰/۹ م.م. با فاصله ۶۰۰ م.م.</p> <p>یک لایه تخته گچی نوع X با ضخامت ۱۵/۹ م.م. در هر طرف، مقاومت در برابر آتش: یک ساعت</p>                                                                                                                                                                                                |  |
| <p>دیوار باربر، وادارهای ۹۲ × ۳۵ × ۰/۹ م.م. با فاصله (mm) ۶۰۰</p> <p>دو لایه تخته گچی نوع X با ضخامت ۱۵/۹ م.م. در هر طرف، مقاومت در برابر آتش: دو ساعت (محدودیت بارگذاری برای مقاومت دو ساعت: حداکثر ۶۰٪ بار طرح)</p>                                                                                                                                     |  |

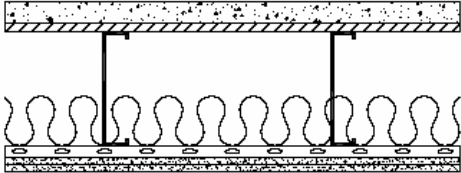
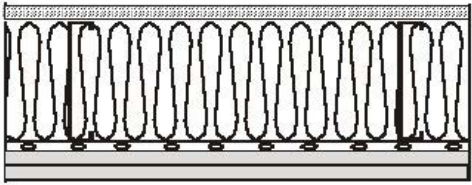
| شرح سیستم                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | جزئیات                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>دیوار باربر دویل، وادارهای <math>۹۲ \times ۴۱</math> ×<br/> <math>۰/۸</math> م.م. با فاصله <math>۴۰۰</math> م.م. حداقل<br/>         فاصله قائم دو ردیف وادارها: <math>۷</math> میلی متر،<br/>         دو لایه تخته گچی نوع X با ضخامت<br/> <math>۱۲/۷</math> م.م. در هر طرف،<br/>         مقاومت در برابر آتش: یک ساعت</p>                                                                       |    |
| <p>دیوار باربر، وادارهای <math>۸۹ \times ۲۰</math> م.م. ، با<br/>         فواصل مرکز به مرکز <math>۴۰۰</math> م.م.، <math>۷۵</math><br/>         م.م. پشم معدنی در وسط، یک طرف با<br/>         دو لایه تخته گچی <math>۱۵/۹</math> م.م.، طرف<br/>         دیگر لایه زیری تخته <math>۱۵/۹</math> م.م و لایه<br/>         رویی تخته <math>۱۲/۷</math> م.م<br/>         مقاومت در برابر آتش: ۲ ساعت</p> |    |
| <p>دیوار باربر، وادارهای <math>۸۹ \times ۲۰</math> م.م.، با<br/>         فواصل <math>۶۰۰</math> م.م.،<br/>         چهار لایه تخته گچی <math>۱۲/۷</math> میلی متر در<br/>         هر طرف، عایق پشم معدنی: اختیاری<br/>         مقاومت در برابر آتش: ۳ ساعت</p>                                                                                                                                       |   |
| <p>دیوار باربر داخلی، وادارهای<br/> <math>350S125-33</math> با فواصل <math>۶۰۰</math> م.م.،<br/>         تخته گچی <math>۱۲/۷</math> میلی متر در هر طرف،<br/>         عایق پشم معدنی در وسط<br/>         مقاومت در برابر آتش: <math>۱/۵</math> ساعت</p>                                                                                                                                              |  |

## ۳-۴-۲- سیستم‌های کف و سقف

رفتار کف و سقف سیستم LSF در برابر آتش مشابه با رفتار دیوارهای این سیستم است، با این تفاوت که در اینجا جزئیات اجرایی و مشخصات اتصالات مهم‌تر و حساس‌تر است، زیرا تخته‌های گچی افقی در سقف بیشتر از تخته‌های دیوار در معرض ریزش هستند. چند نمونه جزئیات اجرایی مقاوم در برابر آتش برای سیستم کف LSF در جدول ۳-۱۰ آورده شده است.

یادآوری: توجه شود که جزئیات ارائه شده، در حد اطلاعات ارائه شده در گزارش‌های ازمون خارجی بوده، لزوماً کامل نیست. همچنین مواد و مصالحی که در آن‌ها مشخص شده‌اند، با توجه به مواد و مصالح مشروح در گواهی‌نامه‌های فنی خارجی بوده است. که لزوماً کیفیت آن‌ها با کیفیت مصالح داخلی یکسان نیست.

جدول ۳-۱۰- چند نمونه سیستم کف و سقف LSF مقاوم در برابر آتش

|                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | <p>لایه‌ها از بالا به پایین:</p> <p>بتن رویه با ضخامت ۳۸ م.م. روی تخته نئوپان ۱۶ م.م.،</p> <p>تیرچه فولادی: پهنای ۲۰۳ م.م. و ضخامت ۱/۲۲ با فواصل ۴۰۶ م.م.، پروفیل‌های ارتجاعی با فواصل مرکز به مرکز ۴۰۶ م.م.،</p> <p>عایق پشم شیشه: ضخامت ۹۰ میلی‌متر،</p> <p>دو لایه تخته گچی ۱۲/۷ م.م. نوع X در طرف سقف،</p> <p>مقاومت در برابر آتش: یک ساعت</p> |
|  | <p>لایه‌ها از بالا به پایین:</p> <p>یک لایه تخته بالای کف، تیرچه‌های فولادی کف، لایه عایق در وسط، پروفیل‌های ارتجاعی با فاصله مرکز به مرکز ۴۰۶ م.م.، دو لایه تخته گچی نوع X هر یک با ضخامت ۱۲/۷ م.م.،</p> <p>مقاومت در برابر آتش: مطابق جدول ۳-۱۱</p>                                                                                              |

جدول ۳-۱۱ - مقدار مقاومت در برابر آتش سیستم‌های کف و سقف خشک با کف تخته‌ای

| مقاومت در برابر آتش (دقیقه) | تخته زیر سقف |                        | عایق        |          | تخته بالای کف |            | تیرچه فولاد سرد نورد شده |                 |                 | ردیف |
|-----------------------------|--------------|------------------------|-------------|----------|---------------|------------|--------------------------|-----------------|-----------------|------|
|                             | ضخامت (م.م)  | نوع                    | ضخامت (م.م) | نوع      | ضخامت (م.م)   | نوع        | فاصله تیرچه‌ها (م.م)     | عمق تیرچه (م.م) | ضخامت ورق (م.م) |      |
| ۷۴                          | هرلایه ۱۲/۷  | دو لایه تخته گچی نوع X | -           | -        | ۱۵/۹          | تخته چندلا | ۴۰۶                      | ۲۰۳             | ۱/۲۲            | ۱    |
| ۶۸                          | هرلایه ۱۲/۷  | دو لایه تخته گچی نوع X | ۹۰          | پشم شیشه | ۱۵/۹          | تخته چندلا | ۴۰۶                      | ۲۰۳             | ۱/۲۲            | ۲    |
| ۶۹                          | هرلایه ۱۲/۷  | دو لایه تخته گچی نوع X | ۹۰          | پشم شیشه | ۱۵/۹          | تخته چندلا | ۶۱۰                      | ۲۰۳             | ۱/۲۲            | ۳    |

## منابع

۱. این نامه محافظت ساختمان‌ها در برابر آتش، انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، نشریه شماره ض-۴۴۴، ۱۳۸۵.
۲. پاول استولارد و جان ابرامز. "اصول ایمنی حریق در ساختمان‌ها". ترجمه عبدالصمد زرین‌قلم و سعید بختیاری، انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، نشریه شماره ۲۵۴، تهران، چاپ سوم: ۱۳۸۴.
۳. مبحث سوم مقررات ملی ساختمان، ۱۳۸۰.
4. International Building Code, 2009.
5. Scharff, Robert. "Drywall construction handbook". McGraw-Hill, New York, 1995.
6. ASTM C1396/C 1396 M. "Standard specification for gypsum board". ASTM, Philadelphia, 1998.
7. ISO 6308. "Gypsum plasterboard-specification". International organization for standardization, Switzerland, 1980.
8. DIN 18180. "Gypsum plasterboard: Types, requirments and testing". Deutsches Institut für Normung, Berlin, 1989.
9. Canadian Sheet Steel Building Institute, Residential Steel Framing, Installation Manual, CSSBI, Ontario, 1999.
10. Scharff, Robert. "Residential steel framing handbook". McGraw-Hill Book Company, 1996.

## فصل ۲

---

الزامات طراحی سیستم‌های قاب‌های  
سبک فولادی از دید عملکرد حرارتی



## ۴-۱- کلیات

سیستم‌های نوین ساختمانی زمانی دارای توجیه فنی هستند که به تمامی انتظارات تعریف شده در مقررات ملی ساختمان و استانداردهای ملی جوابگو باشند.

مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان با هدف بهینه‌سازی مصرف انرژی تنظیم شده است. در این مبحث، ساختمان‌ها به چهار گروه تقسیم می‌شوند. رعایت مقررات تعریف‌شده در این مبحث برای ساختمان‌های گروه ۱ تا ۳ الزامی است. LSF در زمره سیستم‌هایی است که می‌تواند عملکرد حرارتی قابل قبولی داشته باشد، مشروط بر این که جزئیات اجرایی مناسبی برای آن در نظر گرفته شود.

در این بخش، ضوابط مطرح در خصوص عایق‌کاری حرارتی جدارهای پوسته خارجی معرفی می‌شود، و با تجزیه و تحلیل عملکرد انواع مختلف جدارهای خشک در شرایط مختلف، راهکارهای بهبود وضعیت، برای دستیابی به اثربخشی حداکثر عایق‌کاری حرارتی ارائه می‌شود.

## ۴-۱-۱- تعاریف

تعریف اصطلاحات به کار رفته در این فصل به شرح زیر است:

اببندی: جلوگیری از ورود آب ناشی از بارندگی، از طریق پوسته یا درزهای عناصر تشکیل‌دهنده آن.

اینرسی حرارتی: قابلیت کلی پوسته خارجی و جدارهای داخلی در ذخیره انرژی، باز پس دادن آن و تاثیرگذاری بر نوسان‌های دما و بار گرمایی و سرمایی فضاهای کنترل‌شده ساختمان. اینرسی حرارتی ساختمان با استفاده از جرم سطحی مفید ساختمان گروه‌بندی می‌شود (ر.ک. به پیوست ۱ مقررات ملی ساختمان).

بازشو: همه سطوح قابل باز شدن در پوسته ساختمان، که برای دسترسی، تامین روشنایی، دید به خارج، خروج گاز حاصل از سوخت، تهویه و تعویض هوا ایجاد می‌گردند؛ مانند درها، پنجره‌ها و نورگیرها.

پل حرارتی: نقاطی از ساختمان که، به علت ناپیوستگی عایق حرارتی پوسته خارجی، مقاومت حرارتی در آنها کاهش می‌یابد و باعث افزایش موضعی میزان انتقال حرارت می‌شود.

پوسته خارجی: تمام سطوح پیرامونی ساختمان، اعم از دیوارها، سقف‌ها، کف‌ها، بازشوها، سطوح نورگذر و مانند آنها، که از یک طرف با فضای خارج یا فضای کنترل نشده، و از طرف دیگر با فضای کنترل‌شده داخل ساختمان در ارتباط هستند. پوسته خارجی در تمام موارد الزاماً با پوسته کالبدی ساختمان یکی نیست، زیرا پوسته کالبدی ممکن است دربرگیرنده فضاهای کنترل‌نشده نیز باشد. پوسته خارجی ساختمان همچنین شامل عناصری است که، در وجه خارجی خود، مجاور خاک و زمین هستند.

تکانه‌های حرارتی: تغییر شدید دما در یک بازه زمانی کوتاه، ناشی از تغییرات شدید دمای خارج یا تابش خورشید.

جدار نورگذر (شفاف یا نیمه شفاف): جداری که ضریب عبور نور مرئی آن بزرگ‌تر از ۰.۵ است. جدار نورگذر بر دو نوع شفاف و مات است و شامل پنجره‌ها، نماها و درهای خارجی نورگذر، نورگیرها و مشابه آنهاست.

چگالش (میعان) عمقی و سطحی: تبدیل فاز آب (بخار آب به آب) در داخل جدار یا بر روی یکی از سطوح داخلی یا خارجی. چگالش می‌تواند در داخل (عمق) جدار یا یکی از سطوح داخلی یا خارجی آن صورت گیرد.

دیوار: بخشی از پوسته خارجی یا داخلی غیرنورگذر ساختمان که عمودی است، یا با زاویه بیش از ۶۰ درجه نسبت به سطح افقی قرار گرفته است.

ساختمان مستقل کم‌ارتفاع: ساختمانی حداکثر دو طبقه که از چهار طرف با ساختمان‌های مجاور فاصله دارد، یا دارای فصل مشترکی با مساحت کم‌تر از ۱۵ متر مربع با آنهاست. در این مبحث، هر جا به اختصار عبارت «ساختمان مستقل» ذکر شود، منظور «ساختمان مستقل کم‌ارتفاع» است.

ساختمان غیرمستقل: در این مبحث، هر ساختمانی که در قالب تعریف «ساختمان مستقل کم‌ارتفاع» نگنجد، ساختمان غیرمستقل شناخته می‌شود.

ضریب انتقال حرارت طرح: ضریب انتقال حرارت طرح ساختمان، یا بخشی از آن، برابر است با مجموع انتقال حرارت از جدارهای فضاهای کنترل‌شده، در صورتی که اختلاف دمای داخل و خارج برابر یک درجه کلوین باشد. واحد مورد استفاده برای ضریب انتقال حرارت  $[W/K]$  است. در روش کارکردی، این ضریب با ضریب انتقال حرارت مرجع مقایسه می‌شود.

ضریب انتقال حرارت خطی ( $\Psi$ ): ضریب انتقال حرارت خطی بخشی یک بعدی از پوسته خارجی ساختمان برابر است با توان حرارتی منتقل شده از یک متر طول آن عنصر، در صورتی که اختلاف دمای داخل و خارج برابر یک درجه کلوین باشد. واحد مورد استفاده برای ضریب انتقال حرارت خطی  $[W/m.K]$  است.

ضریب انتقال حرارت سطحی ( $U$ ): ضریب انتقال حرارت سطحی بخشی از پوسته خارجی ساختمان برابر است با توان حرارتی منتقل شده از سطحی از آن با مساحت یک مترمربع، در صورتی که اختلاف دمای داخل و خارج برابر یک درجه کلوین باشد. واحد مورد استفاده برای ضریب انتقال حرارت  $[W/m^2.K]$  است.

ضریب انتقال حرارت سطحی مرجع ( $\hat{U}$ ): ضریب انتقال حرارت سطحی مرجع، ضریب انتقال حرارت سطحی انواع مختلف جدارهای تشکیل‌دهنده پوسته خارجی ساختمان (مانند دیوار، سقف، کف، جدار نورگذر، در) است، که در این مبحث برای محاسبه ضریب انتقال حرارت مرجع به کار می‌رود. واحد ضریب انتقال حرارت سطحی مرجع  $[W/m^2.K]$  است.

ضریب انتقال حرارت مرجع ( $\hat{H}$ ): ضریب انتقال حرارت مرجع، حداکثر ضریب انتقال حرارت مجاز ساختمان یا بخشی از آن است، و با استفاده از روابط ارائه‌شده در این مبحث محاسبه می‌شود. واحد مورد استفاده برای ضریب انتقال حرارت  $[W/K]$  است.

ضریب هدایت حرارت ( $\lambda$ ): مقدار حرارتی که در یک ثانیه از یک متر مربع عنصری همگن به ضخامت یک متر، در حالت پایدار، می‌گذرد، در زمانی که اختلاف دمای دو سطح طرفین عنصر برابر یک درجه کلوین است. واحد ضریب هدایت حرارت  $[W/m.K]$  است.

عایق (عایق حرارت): مصالح یا سیستم مرکبی که انتقال گرما را از محیطی به محیطی دیگر به طور مؤثر کاهش دهد. در مواردی، عایق حرارت می‌تواند، علاوه بر کاهش انتقال حرارت، کاربردهای دیگری نیز مانند باربری، صدابندی داشته باشد. در این مبحث، کلمه «عایق» معادل عایق حرارت به کار می‌رود. تحت شرایط ویژه، هوا نیز می‌تواند عایق حرارت محسوب شود.

عایق حرارت قابل استفاده در ساختمان به عایقی اطلاق می‌شود که دارای ضریب هدایت حرارت کمتر یا مساوی  $0.065 W/m.K$  و مقاومت حرارتی مساوی یا بیشتر از  $0.5 m^2.K/W$  باشد.

عایق کاری حرارتی (گرمابندی): استفاده از عایق‌های حرارتی برای محدود کردن میزان انتقال حرارت در اجزای ساختمانی. سیستم عایق کاری حرارتی باید دو شرط زیر را دارا باشد:

- مقاومت حرارتی کل پوسته خارجی به همراه عایق حرارتی از حد مشخص‌شده‌ای بیشتر باشد؛

- ضریب هدایت حرارتی عایق مصرفی از حد مشخص شده‌ای بیشتر نباشد.

در برخی موارد، با انتخاب مناسب مصالح مورد نیاز در پوسته خارجی، می‌توان مقاومت حرارتی یادشده در مقررات را بدون استفاده از عایق حرارتی تامین کرد.

عایق کاری حرارتی از داخل: عایق کاری حرارتی اجزای ساختمانی، که با افزودن یک لایه عایق حرارت در سمت داخل صورت می‌گیرد.

عایق کاری حرارتی از خارج: عایق کاری حرارتی اجزای ساختمانی، که با افزودن یک لایه عایق حرارت در سمت خارج صورت می‌گیرد.

عایق کاری حرارتی به صورت «میان قاب (تودلی)»: نصب قطعات عایق حرارتی به صورت منقطع در بین استاداها.

عایق کاری حرارتی پیرامونی: عایق کاری حرارتی با عرضی محدود در کف روی خاک، در مجاورت و امتداد دیوارهای پوسته خارجی ساختمان.

عایق کاری حرارتی همگن: نوعی عایق کاری حرارتی که در آن مصالح ساختمانی مصرف شده، اعم از سازه‌ای و غیر سازه‌ای، در بخش اعظم ضخامت پوسته خارجی (دیوار، سقف، کف)، مقاومت حرارتی زیادی داشته باشد.

فضای کنترل شده: بخش‌هایی از فضای داخل ساختمان، از فضای زیستی و غیر آن، که به علت عملکرد خاص، به طور مداوم تا دمایی برابر، بالاتر یا پایین‌تر از دمای زیست‌گاه گرم یا سرد می‌شوند.

فضای کنترل نشده: بخش‌هایی از فضای ساختمان که تعریف فضای کنترل شده در بر گیرنده آنها نیست (همانند درز انقطاع هوا بند شده بین دو ساختمان، راه پله‌ها، دالان‌ها و پارکینگ‌هایی که فاقد پایانه‌های گرمایشی و سرمایشی‌اند).

کف: عنصر ساختمانی افقی که در بالا با فضایی کنترل شده، و در پایین با خاک، فضای کنترل نشده یا فضای خارجی در تماس است. کف بخشی از پوسته خارجی ساختمان محسوب می‌شود.

لایه اب‌بندی: لایه‌ای که برای محافظت دیوارها و سقف‌های شیب‌دار در برابر ورود آب بارندگی در نظر گرفته می‌شود.

لایه بخاربندی: لایه‌ای که برای جلوگیری از بروز میعان، در داخل جدار و در طرف گرم عایق حرارتی یا در دو طرف آن در نظر گرفته می‌شود.

محفظه گرم محافظت شده<sup>۱</sup>: دستگاه اندازه‌گیری ضریب انتقال حرارت جدارهای ساختمانی، مطابق استانداردهای بین‌المللی.

مقاومت حرارتی: نسبت ضخامت لایه به ضریب هدایت حرارتی آن. مقاومت حرارتی جدار متشکل از چند لایه مساوی با مجموع مقاومت‌های هر یک از لایه‌هاست.

مقاومت حرارتی مشخص کننده قابلیت عایق بودن یک یا چند لایه از پوسته یا کل پوسته از نظر حرارتی است. مقاومت حرارتی با R نمایانده می‌شود و واحد آن  $[m^2.K/W]$  است.

نشت هوا: ورود یا خروج هوا در ساختمان، از منافذ و مجراهایی غیر از محل‌هایی که برای تعویض هوا پیش‌بینی شده است.

هوا بندی: جلوگیری از ورود و خروج هوا، از طریق پوسته یا درزهای عناصر تشکیل دهنده آن.

<sup>1</sup> Guarded Hot Box

#### ۴-۱-۲- انتظارات عملکرد حرارتی ساختمان

عملکرد حرارتی اجزای تشکیل دهنده ساختمان باید به گونه‌ای باشد که انتظارات تعیین شده در خصوص میزان مصرف انرژی در ساختمان و شرایط اسایش حرارتی ساکنین و بهره‌برداران آن برآورده شود. در خصوص میزان مصرف انرژی، ضوابطی در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان تعریف شده است که لازم است در فاز طراحی و اجرا رعایت شود.

#### ۴-۱-۲-۱- ضوابط تعیین شده در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان

در فصل دوم مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان (صرفه‌جویی در مصرف انرژی) ضوابط مربوط به پوسته خارجی ساختمان مطرح شده است. برای تعیین میزان حداقل مقاومت حرارت یا میزان حداکثر ضریب انتقال حرارت دو روش طراحی وجود دارد:

- روش کارکردی (روش الف)

- روش تجویزی (روش ب)

لازم به توضیح است گروه ساختمان از نظر صرفه‌جویی در مصرف انرژی به عوامل ویژه اصلی بستگی دارد. این عوامل عبارتند از:

- کاربری ساختمان

- گونه‌بندی جغرافیایی نیاز انرژی گرمایی-سرمایی سالانه محل استقرار ساختمان

- سطح زیربنای مفید ساختمان

- نوع شهر محل استقرار ساختمان

نحوه تعیین گروه‌های مربوط به کاربردی، گونه‌بندی جغرافیایی، سطح زیر بنا و نوع شهر محل استقرار در پیوست‌های مبحث ۱۹ مشخص شده است. تعیین گروه ساختمان از نظر صرفه‌جویی در مصرف انرژی نیز در پیوست ۵ مقررات ملی تشریح شده است.

#### ۴-۱-۲-۲- گروه ساختمان و روش‌های تعیین میزان عایق‌کاری حرارتی حداقل

با توجه به عوامل ویژه اصلی تعیین شده در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، گروه ساختمان از نظر مصرف انرژی مشخص می‌شود. میزان عایق‌کاری حرارتی حداقل مورد نیاز در جدارهای پوسته خارجی به گروه ساختمان و روش طراحی در نظر گرفته شده بستگی دارد.

در ادامه، تفاوت‌های اصلی بین روش‌های طراحی و میزان حداقل عایق در حالت‌های مختلف مشخص می‌شود.

#### الف- روش کارکردی (روش الف)

این روش در تمامی حالات قابل استفاده است و مبنای آن میزان کل انتقال حرارت از جدارهای پوسته خارجی ساختمان است. در نتیجه، در صورت طراحی مطابق این روش، محدودیتی در خصوص مقاومت حرارتی یا ضریب انتقال حرارت هر یک از اجزا مطرح نیست، و باید مجموعه جدارها جوابگوی انتظارات تعیین شده باشد. به عبارت دیگر، پایین بودن مقاومت حرارتی بخشی از جدارها را می‌توان با افزایش مقاومت دیگر جدارها جبران نمود. بدیهی است نامتعادل بودن

مقاومت‌های حرارتی باعث می‌شود که در نهایت، میزان عایق مورد استفاده افزایش یابد، و در نهایت افزایش هزینه‌های عایق‌کاری حرارتی را به دنبال داشته باشد.

#### ب- روش تجویزی (روش ب)

این روش در مورد ساختمان‌های مسکونی ۱ تا ۹ طبقه، به صورت منفرد یا مجتمع و با زیربنای کمتر از ۲۰۰۰ مترمربع، و ساختمان‌های گروه ۳، از نظر صرفه‌جویی در مصرف انرژی، قابل استفاده است. در این روش، حداقل مشخصات حرارتی قابل قبول جدارهای پوسته خارجی، براساس گروه ساختمان از نظر میزان صرفه‌جویی در مصرف انرژی، در دو مجموعه راه‌حل فنی زیر ارائه می‌شود و لازم‌الاجراست: راه‌حل‌های فنی ب-۱) مجموعه راه‌حل‌های فنی، با بهره‌گیری از پنجره‌های برتر که برای ساختمان‌های دارای شرایط استفاده از روش تجویزی و واقع در گروه‌های ۱، ۲ یا ۳ از نظر صرفه‌جویی در مصرف انرژی، در نظر گرفته شده است. راه‌حل‌های فنی ب-۲) مجموعه راه‌حل‌های فنی، با بهره‌گیری از پنجره‌های ساده که برای ساختمان‌های دارای شرایط استفاده از روش تجویزی و واقع در گروه‌های ۲ یا ۳ از نظر صرفه‌جویی در مصرف انرژی، در نظر گرفته شده است. مطابق مجموعه راه‌حل‌های فنی ب-۱، جدارهای نورگذر ساختمان باید به لحاظ مشخصات حرارتی از انواع برتر این جدارها باشند؛ در حالی که براساس مجموعه راه‌حل‌های فنی ب-۲، استفاده از پنجره‌های ساده نیز مجاز است، ولی دیوارهای ساختمان باید مقاومت حرارتی بیشتری نسبت به مجموعه راه‌حل‌های فنی ب-۱ داشته باشند.

در هر یک از مجموعه راه‌حل‌های فنی، الزامات زیر در مورد مشخصات حرارتی جدارهای ساختمان تعیین شده است:

- حداقل مقاومت حرارتی دیوارها، در دو حالت مجاورت دیوار با فضای خارج یا فضای کنترل‌نشده، و براساس نحوه عایق‌کاری حرارتی (خارجی، داخلی، میانی، همگن)؛
- حداقل مقاومت حرارتی بام، در دو حالت مجاورت بام با فضای خارج یا فضای کنترل‌نشده، و براساس نحوه عایق‌کاری حرارتی بام و دیوارهای ساختمان؛
- رده‌بندی کیفی جدارهای نورگذر ساختمان؛
- حداقل مقاومت حرارتی کف مجاور هوا، در دو حالت مجاورت کف با فضای خارج یا فضای کنترل‌نشده، و براساس نحوه عایق‌کاری حرارتی کف مجاور هوا و دیوارهای ساختمان؛
- روش قابل قبول عایق‌کاری حرارتی کف روی خاک (سراسری یا پیرامونی) و حداقل مقاومت حرارتی عایق حرارتی مورد استفاده.

در این روش باید به اثر دو عامل مهم زیر در تعیین میزان عایق حرارتی مورد نیاز توجه داشت:

#### نخست- اثر بهره‌گیری مناسب از نور خورشید

در صورتی که ساختمان دارای شرایط استفاده از روش تجویزی، مطابق پیوست ۳ مبحث ۱۹ دارای نیاز غالب گرمایی و قادر به بهره‌گیری مناسب از انرژی خورشیدی باشد، می‌توان حداقل مقاومت‌های حرارتی ارائه‌شده در راه‌حل‌های فنی را با ضریب ۰/۹۵ کاهش داد.

#### دوم- اثر بهره‌گیری از سایه‌بان مناسب

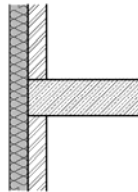
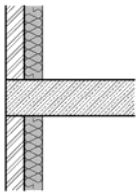
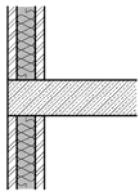
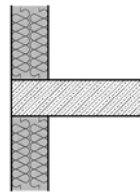
در صورتی که ساختمان دارای شرایط استفاده از روش تجویزی، مطابق پیوست ۳ مبحث ۱۹ با نیاز غالب سرمایی باشد و تمامی جدارهای نورگذر پوسته خارجی ساختمان نیز سایه‌بان‌های معین‌شده در مبحث ۱۹ را داشته باشند، می‌توان حداقل مقاومت‌های حرارتی ارائه‌شده در راه‌حل‌های فنی را با ضریب ۰/۹ کاهش داد.

## ۴-۱-۲-۳- راه‌حل‌های فنی عمومی در شرایط استاندارد عوامل ویژه فرعی طرح

در این راه‌حل‌ها در شرایط استاندارد، حداقل مقاومت‌های حرارتی  $\hat{R}$  برحسب  $[m^2.K/W]$  درمورد جدارهای پوسته خارجی ساختمان ارائه شده است. لازم به ذکر است این راه‌حل‌ها مختص یک یا چند سیستم نیست، و تمامی روش‌های اجرا را پوشش می‌دهد.

## الف- مجموعه راه‌حل‌های فنی تجویزی ب-۱ (با پنجره برتر)

در راه‌حل‌های ارائه شده در مبحث نوزده مقررات ملی ساختمان، چهار حالت دیوار در نظر گرفته شده است. دیوارهای سیستم LSF با توجه به ویژگی‌های جدار و نحوه عایق‌کاری حرارتی جزو دیوارهای با عایق حرارتی همگن محسوب می‌شوند.

| دیوار مجاور فضای کنترل نشده | دیوار مجاور فضای خارج                                                                |                                                                                     |                                                                                    |                                                                                    |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|                             | عایق حرارتی خارجی                                                                    | عایق حرارتی داخلی                                                                   | عایق حرارتی میانی                                                                  | عایق حرارتی همگن                                                                   |
|                             |  |  |  |  |

در این حالت، مقادیر حداقل مقاومت حرارتی دیوار به شرح زیر است:

حداقل مقاومت حرارتی دیوار  $\hat{R}$  برحسب  $[m^2.K/W]$ :

| گروه ۱ | گروه ۲ | گروه ۳ |
|--------|--------|--------|
| ۲/۱    | ۱/۴    | ۱/۱    |
| ۱/۰    | ۰/۸    | ۰/۷    |

دیوار مجاور فضای خارج

دیوار مجاور فضای کنترل نشده

حداقل مقاومت حرارتی بام یا سقف  $[m^2.K/W]$ :

در صورتی که بام ساختمان با استفاده از پروفیل‌های فولادی سرد فرم‌داده شده با پوشش سبک باشد، عایق حرارتی بام از داخل، و عایق حرارتی دیوار داخلی یا همگن در نظر گرفته می‌شود. در صورت وجود بام سنگین و عایق کاری حرارتی از خارج، عایق حرارتی بام یا سقف از خارج و عایق حرارتی دیوار از داخل فرض می‌شود.

| بام یا سقف مجاور فضای کنترل نشده | بام یا سقف مجاور فضای خارج       |                                   |                                  |                                   |
|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
|                                  | عایق حرارتی داخلی بام یا سقف     |                                   | عایق حرارتی خارجی بام یا سقف     |                                   |
|                                  | با عایق کاری داخلی یا همگن دیوار | با عایق کاری خارجی یا میانی دیوار | با عایق کاری داخلی یا همگن دیوار | با عایق کاری خارجی یا میانی دیوار |
|                                  |                                  |                                   |                                  |                                   |

برای حالت کلی (کاربرد سقف‌های سبک)، مقاومت حداقل عایق حرارتی بام یا سقف در زیر ارائه شده است:

حداقل مقاومت حرارتی بام  $\hat{R}$  برحسب  $[m^2.K/W]$ :

| گروه ۱ | گروه ۲ | گروه ۳ |
|--------|--------|--------|
| ۲/۱    | ۱/۶    | ۱/۴    |
| ۱/۰    | ۰/۸    | ۰/۷    |

بام یا سقف مجاور فضای خارج

بام یا سقف مجاور فضای کنترل نشده

حداقل مقاومت حرارتی کف مجاور هوا  $[m^2.K/W]$ :

در صورتی که کف ساختمان از نوع سبک باشد، عایق کاری حرارتی کف از داخل و عایق کاری دیوار از نوع داخلی یا همگن در نظر گرفته می‌شود. در حالت عایق کاری حرارتی کف سنگین از خارج، عایق کاری حرارتی کف از خارج و عایق کاری حرارتی دیوار از نوع داخلی یا همگن در نظر گرفته می‌شود.

| کف مجاور فضای کنترل نشده | کف مجاور فضای خارج                  |                                      |                                     |                                      |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
|                          | عایق حرارتی داخلی کف                |                                      | عایق حرارتی خارجی کف                |                                      |
|                          | با عایق کاری داخلی<br>یا همگن دیوار | با عایق کاری خارجی<br>یا میانی دیوار | با عایق کاری داخلی<br>یا همگن دیوار | با عایق کاری خارجی<br>یا میانی دیوار |
|                          |                                     |                                      |                                     |                                      |

حداقل مقاومت حرارتی کف  $\hat{R}$  بر حسب  $[m^2.K/W]$ :

| گروه ۳ | گروه ۲ | گروه ۱ |                          |
|--------|--------|--------|--------------------------|
| ۱/۳    | ۱/۵    | ۲/۱    | کف مجاور فضای خارج       |
| ۰/۶    | ۰/۷    | ۰/۹    | کف مجاور فضای کنترل نشده |

در زیر ضخامت‌های حداقل عایق حرارتی مورد نیاز، با فرض ۳۰ درصد کاهش مقاومت حرارتی<sup>۲</sup> ناشی از وجود وادارهای فلزی ارائه شده است:

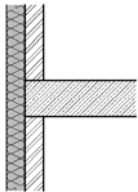
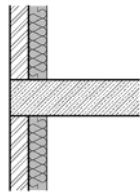
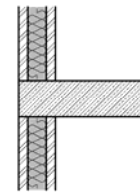
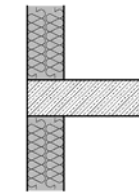
| ضخامت عایق حرارتی (سانتیمتر) | مقاومت حرارتی $[m^2.K/W]$ |
|------------------------------|---------------------------|
| ۲                            | ۰.۳۸                      |
| ۴                            | ۰.۷۳                      |
| ۶                            | ۱.۰۸                      |
| ۸                            | ۱.۴۳                      |
| ۱۰                           | ۱.۷۸                      |
| ۱۲                           | ۲.۱۳                      |
| ۱۴                           | ۲.۴۸                      |
| ۱۶                           | ۲.۸۳                      |

همانگونه که ملاحظه می‌شود، در روش طراحی تجویزی، در صورتی که عایق به صورت منقطع بین وادارها کار گذاشته شود، ضخامت‌های حداقل طبق مقررات ملی زیاد خواهند بود. برای کاهش ضخامت عایق حرارتی، یا باید بخش قابل توجهی از عایق به صورت یکسره و در نتیجه بیرون وادارها نصب شود.

<sup>۲</sup> میزان کاهش مقاومت حرارتی به عوامل مختلفی از جمله ابعاد، شکل و ضخامت پروفیل، ضخامت عایق حرارتی، و مشخصات فنی تخته‌های دو طرف دیوار بستگی دارد. مقدار مطرح شده موردی است و قابل تعمیم به دیگر حالات نمی‌باشد.

ب- مجموعه راه‌حل‌های فنی تجویزی ب-۲ (با پنجره ساده)

در راه‌حل‌های ارائه شده، چهار حالت دیوار در نظر گرفته شده است، که دیوارهای سیستم LSF جزو دیوارهای با عایق حرارتی همگن محسوب می‌شوند.

| دیوار مجاور فضای کنترل نشده | دیوار مجاور فضای خارج                                                               |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
|                             | عایق حرارتی خارجی                                                                   | عایق حرارتی داخلی                                                                 | عایق حرارتی میانی                                                                 | عایق حرارتی همگن                                                                  |
|                             |  |  |  |  |

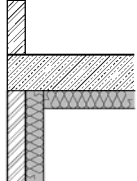
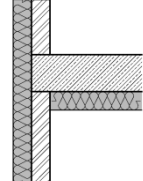
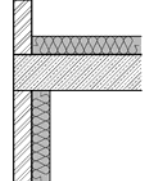
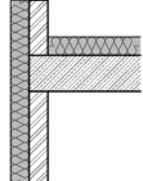
در این حالت، مقادیر حداقل مقاومت حرارتی دیوار به این شرح است:

حداقل مقاومت حرارتی دیوار  $\hat{R}$  بر حسب  $[m^2.K/W]$ :

| گروه ۳ | گروه ۲   | درصد سطح جدارهای نورگذر<br>نسبت به دیوارهای خارجی |                       |
|--------|----------|---------------------------------------------------|-----------------------|
| ۴/۶    | غیر مجاز | ۲۱-۲۵                                             | دیوار مجاور فضای خارج |
| ۲/۸    | غیر مجاز | ۱۶-۲۰                                             |                       |
| ۲/۱    | ۴/۱      | ۱۱-۱۵                                             |                       |
| ۱/۹    | ۲/۸      | ۱۰ و کمتر                                         |                       |
| ۰/۷    | ۰/۸      | دیوار مجاور فضای کنترل نشده                       |                       |

حداقل مقاومت حرارتی بام یا سقف  $[m^2.K/W]$ :

در صورتی که بام ساختمان با استفاده از پروفیل‌های فولادی سرد فرم‌داده شده با پوشش سبک باشد، عایق حرارتی بام از داخل، و عایق حرارتی دیوار داخلی یا همگن در نظر گرفته می‌شود. در صورت وجود بام سنگین و عایق‌کاری حرارتی از خارج، عایق حرارتی بام یا سقف از خارج و عایق حرارتی دیوار از داخل فرض می‌شود.

| بام یا سقف مجاور فضای کنترل نشده | بام یا سقف مجاور فضای خارج                                                        |                                                                                   |                                                                                    |                                                                                     |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|                                  | عایق حرارتی داخلی بام یا سقف                                                      |                                                                                   | عایق حرارتی خارجی بام یا سقف                                                       |                                                                                     |
|                                  | با عایق کاری داخلی<br>یا همگن دیوار                                               | با عایق کاری خارجی<br>یا میانی دیوار                                              | با عایق کاری داخلی<br>یا همگن دیوار                                                | با عایق کاری خارجی<br>یا میانی دیوار                                                |
|                                  |  |  |  |  |

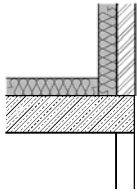
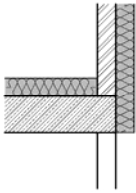
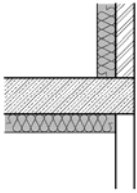
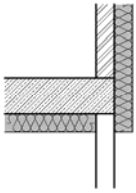
برای حالت کلی (کاربرد سقف‌های سبک)، مقاومت حداقل عایق حرارتی بام یا سقف در زیر ارائه شده است:

حداقل مقاومت حرارتی بام  $\hat{R}$  بر حسب  $[m^2.K/W]$ :

| گروه ۳ | گروه ۲ | گروه ۱ |                                  |
|--------|--------|--------|----------------------------------|
| ۱/۶    | ۱/۶    | ۲/۱    | بام یا سقف مجاور فضای خارج       |
| ۰/۷    | ۰/۸    | ۱/۰    | بام یا سقف مجاور فضای کنترل نشده |

حداقل مقاومت حرارتی کف مجاور هوا  $[m^2.K/W]$ :

در صورتی که کف ساختمان از نوع سبک باشد، عایق کاری حرارتی کف از داخل و عایق کاری حرارتی دیوار از نوع داخلی یا همگن در نظر گرفته می‌شود. در حالت عایق کاری حرارتی کف سنگین از خارج، عایق کاری حرارتی کف از خارج و عایق کاری حرارتی دیوار از نوع داخلی یا همگن در نظر گرفته می‌شود.

| کف مجاور فضای کنترل نشده | کف مجاور فضای خارج                                                                |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|                          | عایق حرارتی داخلی کف                                                              |                                                                                   | عایق حرارتی خارجی کف                                                              |                                                                                     |
|                          | با عایق کاری داخلی<br>یا همگن دیوار                                               | با عایق کاری خارجی<br>یا میانی دیوار                                              | با عایق کاری داخلی<br>یا همگن دیوار                                               | با عایق کاری خارجی<br>یا میانی دیوار                                                |
|                          |  |  |  |  |

حداقل مقاومت حرارتی کف  $\hat{R}$  بر حسب  $[m^2.K/W]$ :

| گروه ۳ | گروه ۲ | گروه ۱ |                          |
|--------|--------|--------|--------------------------|
| ۱/۳    | ۱/۵    | -      | کف مجاور فضای خارج       |
| ۰/۶    | ۰/۷    | -      | کف مجاور فضای کنترل نشده |

#### ۳-۱-۴- مشخصات فنی حرارتی اجزای تشکیل دهنده سیستم ساختمانی LSF

تعیین عملکرد حرارتی یک سیستم ساختمانی زمان میسر است که شناخت دقیقی در خصوص مشخصات فنی اجزای تشکیل دهنده سیستم وجود داشته باشد.

در سیستم‌های قاب‌های سبک فولادی، اجزای تشکیل دهنده دیوارهای خارجی همان‌گونه که در گزارش‌های پیشین عنوان شده است، از سه یا چهار جزء اصلی تشکیل می‌شود:

- پروفیل‌های سرد نورد شده عمودی و افقی که نقشی تعیین کننده در ایستایی دیوار دارند،
- تخته‌های گچی، سیمانی، مشتق از چوب و یا مشابه، که به عنوان پوشش بر دو طرف دیوار نصب می‌شوند،
- عایق حرارتی احتمالی که در بین دو تخته گچی یا مشابه آن قرار می‌گیرد
- لایه‌های اببندی و بخاربندی که بسته به شرایط طرح بین لایه‌های مختلف در نظر گرفته می‌شوند.

از دید حرارتی، گچ به کار رفته در تخته‌های گچی ضریب هدایت حرارت کمی دارد و طبق مقادیر ارائه شده در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان بین  $0.35^\circ$  و  $0.50^\circ$  برآورد می‌شود. ولی ضخامت لایه‌های گچی به قدری کم است که در نهایت، لایه گچی تاثیر چندانی بر روی مقاومت حرارتی کل سیستم ندارد.

این امر در مورد صفحات پایه چوبی و سیمانی یا مشابه آنها (صفحات منیزومی، ...) نیز صادق است. ضرایب هدایت مصالح مختلفی که در این سیستم به کار می‌رود به شرح جدول ۴-۱ است.<sup>۳</sup>

<sup>۳</sup> مقادیر ارائه شده در جدول مطابق داده‌های پیوست ۷ ویرایش دوم مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان (سال ۸۹) است. بدیهی است در صورت بازبینی مبحث ۱۹، مقادیر باید مطابق ویرایش جدید مبحث جدید بازبینی شوند.

جدول ۴-۱- مقادیر عددی ضرایب هدایت حرارتی مصالح متداول

| نام مصالح                                                                                         | چگالی<br>(کیلوگرم بر متر مکعب)                               | ضریب هدایت حرارت<br>(وات بر متر کلوین)    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| ورق فولادی گالونیزه                                                                               | ۷۷۸۰                                                         | ۵۲                                        |
| صفحات (تخته‌های) گچی<br>با روکش مقوایی عادی<br>با روکش مقوایی ضداتش و تقویت شده<br>با الیاف معدنی | ۷۵۰ تا ۹۰۰<br>۸۰۰ تا ۱۰۰۰                                    | ۰/۲۵<br>۰/۲۵                              |
| صفحات (تخته‌های) سیمانی<br>الیافی<br>سلولزی                                                       | ۱۸۰۰ تا ۲۲۰۰<br>۱۴۰۰ تا ۱۸۰۰<br>۱۴۰۰ تا ۱۸۰۰<br>۱۰۰۰ تا ۱۴۰۰ | ۰/۹۵<br>۰/۶۵<br>۰/۴۶<br>۰/۳۵              |
| صفحات (تخته‌های) چندلا                                                                            | ۷۵۰ تا ۹۰۰                                                   | ۰/۲۴                                      |
|                                                                                                   | ۶۰۰ تا ۷۰۰                                                   | ۰/۲۱                                      |
|                                                                                                   | ۵۰۰ تا ۶۰۰                                                   | ۰/۱۷                                      |
|                                                                                                   | ۴۵۰ تا ۵۰۰                                                   | ۰/۱۵                                      |
|                                                                                                   | ۳۵۰ تا ۴۵۰                                                   | ۰/۱۳                                      |
|                                                                                                   | ۲۵۰ تا ۳۵۰                                                   | ۰/۱۱                                      |
|                                                                                                   | کمتر از ۲۵۰                                                  | ۰/۰۹                                      |
|                                                                                                   | کمتر از ۶۵۰                                                  | ۰/۱۳                                      |
| صفحات با تراشه‌های پولکی جهت یافته<br>(OSB)                                                       | ۶۵۰ کمتر از                                                  | ۰/۱۳                                      |
| پشم سنگ                                                                                           | ۱۵ تا ۲۵<br>۲۵ تا ۴۰<br>۴۰ تا ۱۰۰                            | ۰/۰۵۰<br>۰/۰۴۴<br>۰/۰۴۲                   |
| پشم شیشه                                                                                          | ۱۵ تا ۲۰<br>۲۰ تا ۳۰<br>۳۰ تا ۴۰<br>۴۰ تا ۸۰<br>۸۰ تا ۱۲۰    | ۰/۰۴۴<br>۰/۰۴۱<br>۰/۰۳۹<br>۰/۰۳۸<br>۰/۰۳۹ |

#### ۴-۲- عملکرد حرارتی سیستم و دستورالعمل طراحی

بررسی دقیق عملکرد حرارتی سیستم ساختمانی LSF نقاط قوت و ضعف، و همچنین باید‌ها و نبایدهایی که باید در طراحی مد نظر قرار گیرد را مشخص می‌کند.

در این قسمت، پس از طرح ویژگی‌های خاص عملکرد حرارتی سیستم LSF، اصولی که باید در طراحی ملاک عمل قرار گیرد ارائه می‌شود.

#### ۴-۲-۱- اثر پل‌های حرارتی

به‌طور کلی، در سیستم LSF، با توجه به این نکته که فاصله بین صفحات داخلی و خارجی دیوار را می‌توان با عایق حرارتی پر کرد، در اکثر موارد، دستیابی به انتظارات تعیین‌شده در زمینه عایق‌کاری حرارتی می‌تواند بدون افزایش بی‌رویه ضخامت دیوار محقق شود. ولی وجود وادارها و رانرهای ساخته شده با ورق‌های فولادی گالوانیزه باعث ایجاد پل‌های حرارتی قابل توجه و به تبع آن، کاهش اثربخشی لایه عایق حرارتی می‌شود.

ورق‌های سرد نورد شده با وجود ضخامت کم و فاصله زیاد از یکدیگر (معمولاً ۴۵، ۶۰ یا ۹۰ سانتیمتر) پل حرارتی قابل توجهی ایجاد می‌نمایند، که باید حتماً در بیان حرارتی سیستم در نظر گرفته شود.

در صورتی که بادبندی این سیستم توسط عناصر C شکل ساده، به‌صورت «میان‌قاب (تودلی)» صورت گیرد، میزان پل‌های حرارتی به نحو چشمگیری افزایش می‌یابد.

از نظر اجرایی، ساده‌ترین روش جبران کاهش مقاومت حرارتی ناشی از پل‌های حرارتی افزایش ضخامت و در نتیجه مقاومت حرارتی عایق است، تا حدی که اثر پل‌های حرارتی جبران شود. این روش اثر پل‌های حرارتی را کاهش نمی‌دهد و حتی در اکثر موارد مقدار آن افزایش نیز می‌یابد و باعث می‌شود عایق‌های حرارتی با ضخامت‌های بالا مورد استفاده قرار گیرد که از نظر اقتصادی فاقد توجیه قوی است.

با توجه به این نکته که اجزای فلزی پل‌های حرارتی قابل ملاحظه‌ای را در این سیستم ایجاد می‌نمایند، امکان محاسبه ضرایب انتقال حرارت با در نظر گرفتن مقاومت لایه‌ها به صورت سری میسر نمی‌باشد و لازم است تاثیر پل‌های حرارتی در محاسبات لحاظ شود.

تعیین مقادیر عددی پل‌های حرارتی می‌تواند به روش‌های مختلف صورت گیرد:

- با استفاده از روش منطقه‌ای و ضرایب منطقه‌ای<sup>۴</sup>
- با استفاده از جداول ارائه شده برای گونه‌های مختلف دیوارهای خارجی (به صورت پارامتریک)
- با شبیه‌سازی انتقال حرارت به صورت دو یا سه بعدی، به کمک نرم‌افزارهای تخصصی
- با اندازه‌گیری ضریب انتقال حرارت در آزمایشگاه، با استفاده از دستگاه محفظه گرم محافظت شده<sup>۵</sup>.

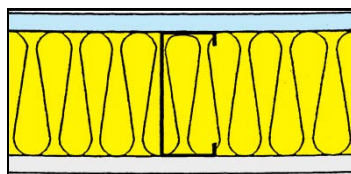
دقت مقادیر ارائه شده در دو روش اول بالا نیست و برای نمونه، برای روش اول بین ۲ تا ۱۵ درصد تغییر می‌کند. در صورتی که دقت زیادی مدنظر باشد، لازم است پس از تعیین ضریب هدایت حرارت اجزای مختلف تشکیل دهنده این سیستم، با استفاده از شبیه‌سازی عددی و نرم‌افزارهای تخصصی موجود در این زمینه، ضریب انتقال حرارت تعیین شود، یا این که نمونه واقعی دیوار در آزمایشگاه ساخته شود، و توسط یکی از روش‌های استاندارد معتبر (نظیر محفظه گرم محافظت‌شده در نظر گرفته شده، ضریب انتقال حرارت سطحی متوسط دیوار اندازه‌گیری شود).

#### ۴-۲-۱-۱- کاهش انتقال حرارت در اجزای فلزی

مؤثرترین اقداماتی که برای کاهش اثر اجزای فلزی بر روی ضریب انتقال حرارت مجموعه می‌توان انجام داد به شرح زیر می‌باشد:

4 Zone method - ASHRAE Fundamentals- Calculating Overall Thermal transmittance  
5 Guarded hot box apparatus

- کاهش ضخامت ورق‌های سرد نورد شده. این اقدام در اکثر موارد به دلیل انتظارات سازه‌ای از اجزای فلزی عملی نمی‌باشد. در ضمن، کاهش ضخامت ورق تاثیر اندکی بر مقدار انتقال حرارت دارد.
  - اضافه کردن چند خم کوچک در مقطع پروفیل برای طولانی کردن مسیر جریان حرارت
  - اضافه کردن شیارها و بریدگی‌های عمود بر جهت مسیر جریان حرارت.
- سومین نوع اقدام، مؤثرترین روش محسوب می‌شود و مطالعات و تحقیقات متعددی در این زمینه انجام شده است.

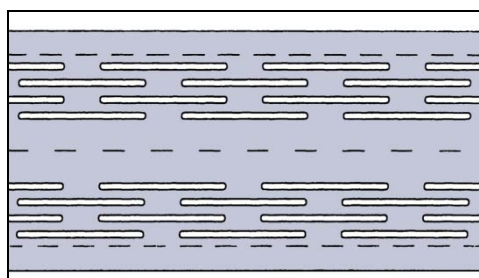


شکل ۴-۱- مقطع دیوار LSF با عایق حرارتی میانی (تودلی)

- در روش اجرای عایق حرارتی به صورت «میان قاب»، کاهش پل‌های حرارتی ناشی از عناصر سازه‌ای فولادی می‌تواند به روش‌های زیر صورت گیرد:
- کاهش ضخامت ورق و استفاده از الیاف‌های با ضریب هدایت حرارت کم (این اقدام در اکثر موارد، به دلیل محدودیت‌های سازه‌ای و هزینه‌ای قابل انجام نیست)،
  - طولانی کردن مسیر جریان حرارت با ایجاد خم‌های متعدد در جان پروفیل،
  - ایجاد سوراخ‌های لوبیایی برای تبدیل مسیر مستقیم انتقال حرارت به یک مسیر پیچ در پیچ



شکل ۴-۲- طولانی کردن مسیر جریان حرارت با ایجاد خم‌های متعدد در جان پروفیل



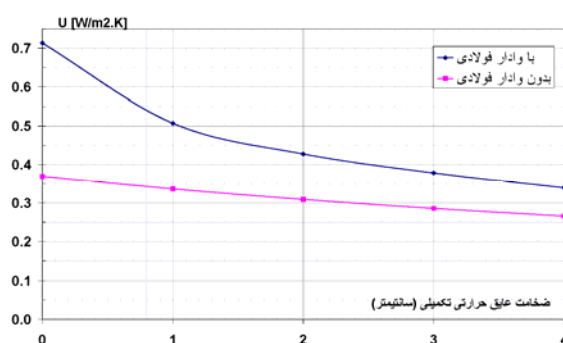
شکل ۴-۳- ایجاد سوراخ‌های لوبیایی برای تبدیل مسیر مستقیم انتقال حرارت به یک مسیر پیچ در پیچ

۴-۲-۱-۲-۲- قرار دادن یک لایه نازک سراسری عایق حرارتی در یکی از طرفین جدار

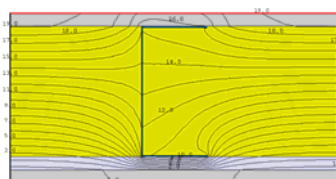
با توجه به کاهش قابل توجه اثربخشی عایق حرارتی ناشی از پل‌های حرارتی قاب فولادی، توصیه می‌شود عایق حرارتی صرفاً به صورت لایه‌ای داخلی در فضای بین استادها و رانرها در نظر گرفته نشود، و به جای آن یا همراه با آن، لایه‌ای در طرف رو به داخل یا خارج دیوار پیش‌بینی شود.

در عمل، مشاهده می‌شود که در لایه بیرونی دیوار از یک لایه نازک از جنس پلی‌استایرن استفاده می‌شود. این اقدام اثر موضعی پل‌های حرارتی را به طور چشمگیری کاهش می‌دهد. در عمل، افزودن یک لایه سراسری یکپارچه پلی‌استایرن منبسط (یا یک عایق حرارتی پلیمری مشابه با مقاومت حرارتی بیش از  $0.9 \text{ [m}^2 \cdot \text{K/W}]$  در جدار، باعث می‌شود مقاومت حرارتی کلی دیوار بیش از  $1.1 \text{ [m}^2 \cdot \text{K/W}]$  افزایش یابد. میزان این تغییر قابل توجه است، و انجام این کار از توجیهی قوی برخوردار است. البته، لازم است در خصوص امکان اضافه کردن این لایه عایق حرارتی مکمل پلیمری حتماً به تبعات آن در خصوص عملکرد جدار در برابر حریق توجه ویژه‌ای معطوف شود.

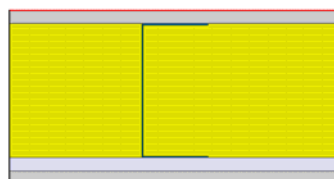
در نمودار زیر، برای یک دیوار با  $10$  سانتیمتر عایق پشم‌شیشه بین وادارهای  $10$  سانتیمتری، و یک لایه تکمیلی از جنس پلی‌استایرن منبسط، با ضخامتی بین  $0$  تا  $4$  سانتیمتر، ضرایب انتقال حرارت مجموعه دیوار ارائه شده است. نکته مهمی که در این نمودار مشاهده می‌شود این است که با افزایش ضخامت لایه عایق حرارتی تکمیلی، تاثیر آن بر تغییر ضریب انتقال حرارت کاهش می‌یابد، و در نتیجه، افزایش بی‌رویه ضخامت عایق حرارتی تکمیلی، هم از بعد اقتصادی، و هم از بعد اجرایی فاقد توجیه قوی است.



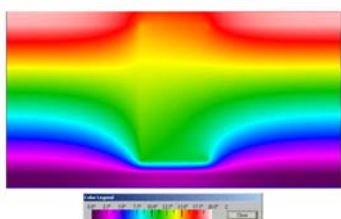
شکل ۴-۴- تغییرات ضریب انتقال حرارت دیوار با ضخامت لایه عایق حرارتی تکمیلی



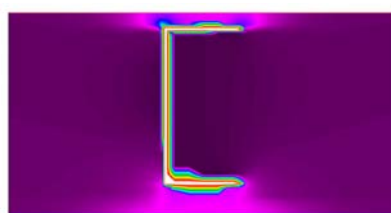
شکل ۴-۶- پروفیل‌های همدمایی در دیوار



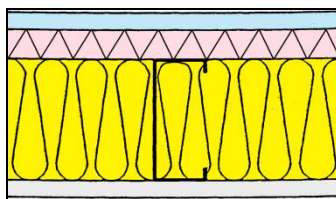
شکل ۴-۵- مقطع دیوار با عایق تکمیلی ۱ سانتی‌متری



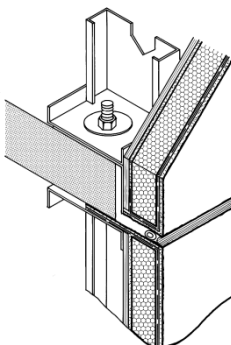
شکل ۴-۸- پروفیل‌های رنگی همدمایی در دیوار



شکل ۴-۷- پروفیل‌های هم‌شاری در دیوار

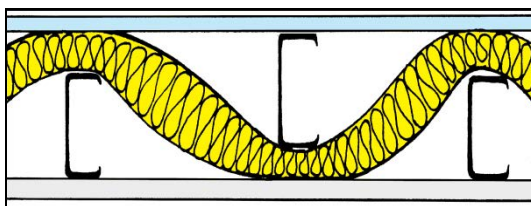


شکل ۴-۹- مقطع دیوار LSF با عایق حرارتی میانی (تودلی) همراه با یک لایه عایق حرارتی تکمیلی



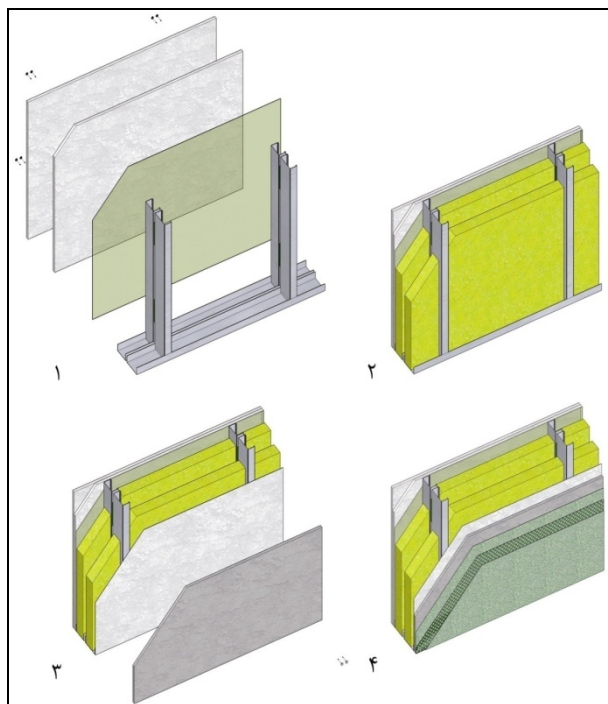
شکل ۴-۱۰- دیوار LSF با یک لایه عایق حرارتی سراسری در طرف خارج که بر روی لبه خارجی سقف امتداد یافته است.

در این روش اجرا، نحوه اتصال صفحات گچی یا سیمانی به قاب فلزی از اهمیت خاصی برخوردار است. یکی از دیگر راه‌های مطرح، افزایش تعداد وادارها و اجرای عایق حرارتی به شکل یکسره و سینوسی است. این امر باعث می‌شود که در هیچ نقطه‌ای از دیوار، وادارها به‌طور همزمان با صفحات پوششی داخلی و خارجی در ارتباط نباشند. برای اجرای عایق‌کاری با استفاده از این روش، لازم است رانرهای عریضی در نظر گرفته شود تا امکان جا دادن استادهای جابجا فراهم شود. وجود یک ردیف رانر باعث می‌شود پل‌های حرارتی در بخش فوقانی و تحتانی دیوار پابرجا بماند.

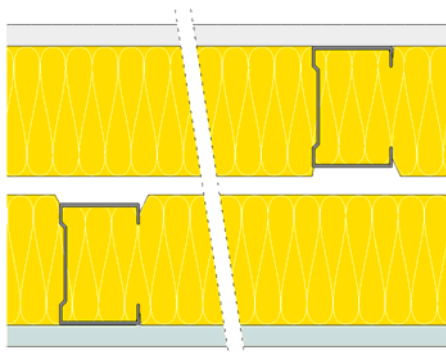


شکل ۴-۱۱- مقطع دیوار LSF با عایق حرارتی سینوسی

در مواردی که لازم است دیواری با حد بالای مقاومت حرارتی اجرا شود، اقدام به اجرای دو ردیف قاب مستقل می‌شود. بدیهی است که در اجرا باید تمهیدات لازم برای جلوگیری از چسبیدن موضعی وادارها در نظر گرفته شود، تا اثر پل‌های حرارتی به حداقل ممکن کاهش یابد. این امر می‌تواند با در نظر گرفتن چسب‌های اسفنج‌دار، به عنوان فاصله‌گذار، بین استادهای دو ردیف قاب، یا با اجرای استادهای غیر هم‌راستا با عایق حرارتی سینوسی صورت گیرد.



شکل ۴-۱۲- دیوار LSF با دو ردیف قاب هم‌راستا (همراه با عایق اسفنجی فاصله‌گذار)



شکل ۴-۱۳- مقطع افقی دیوار LSF با دو ردیف قاب غیر هم‌راستا

#### ۴-۲-۲- هوابندی و جلوگیری از نشت هوا

در زمینه عایق‌کاری حرارتی پوسته خارجی ساختمان، لازم است علاوه بر عایق‌کاری حرارتی جدارها، نشت هوای ناخواسته را نیز به حداقل ممکن کاهش داد. این امر در سیستم‌های خشک اهمیت بیشتری دارد، زیرا درزبندی اجزایی که به‌صورت خشک در کنار یکدیگر نصب می‌شوند مشکل‌تر از حالتی است که جدار از داخل و خارج با یک لایه اندود پوشیده می‌شود.

در اکثر موارد، هوابندی کلی جدار، با اضافه کردن یک لایه نازک پلیمری و تامین هم‌پوشانی و درزبندی مناسب بین لایه‌های مجاور صورت می‌گیرد. بدیهی است عدم اجرای مناسب این لایه، یا آسیب دیدن آن، باعث می‌شود از طرفی مصرف انرژی به‌طور بی‌رویه‌ای افزایش یابد، و از طرف دیگر، با ایجاد چگالش، و رشد انواع میکروارگانیسم‌ها، عملکرد مناسب دیوار تحت‌الشعاع قرار گیرد، و مشکلات جدی برای سلامتی ساکنین و بهره‌برداران ایجاد شود.

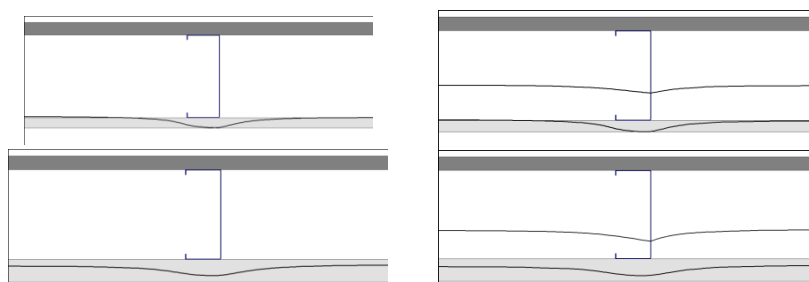
#### ۴-۲-۳- جلوگیری از بروز چگالش (میعان) عمقی و سطحی

یکی از مهمترین مسائلی که باید در مورد این سیستم مورد توجه دقیق قرار گیرد، برطرف کردن مخاطرات ناشی از میعان می‌باشد. با توجه به وجود امکان جریان هوا در داخل این سیستم، لازم است راه‌های ورود هوا به این سیستم کاملاً مسدود شود. خطر جدی میعان نیز در شرایط زیر به‌صورت جدی مطرح خواهد بود:

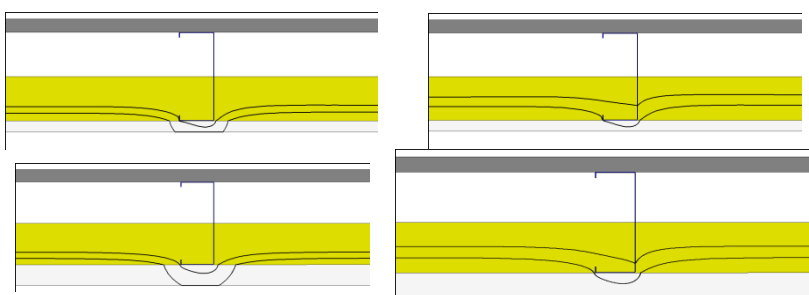
- چگالش یا میعان عمقی، در صورت هوابند نبودن و عدم پیش‌بینی لایه‌های بخاربند مناسب،
  - چگالش سطحی، در مناطق سردسیر، در طرف رو به داخل دیوار، در حالتی که قاب فولادی دیوار ساده و عایق حرارتی به‌صورت «میان‌قاب» در نظر گرفته شده باشد،
  - چگالش سطحی، در مناطق گرم‌سیر، در طرف رو به خارج دیوار، در حالتی که قاب فولادی دیوار ساده و عایق حرارتی به‌صورت «میان‌قاب» در نظر گرفته شده باشد.
- برای جلوگیری از بروز چگالش یا میعان عمقی، لازم است محاسبات براساس روش ارائه شده در پیوست ۲ راهنمای اجرایی مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان انجام شود.
- در مورد مخاطرات بندهای دوم و سوم بالا، پیش‌بینی مخاطرات چگالش سطحی با انجام شبیه‌سازی دوبعدی جدار و ترسیم خط همدمای مربوط به دمای شب‌نیم صورت می‌گیرد.
- در شکل‌های ۴-۱۴ تا ۴-۱۶، پروفیل‌های همدمای نقاط شب‌نیم در شرایط داخلی ۲۰ درجه سلسیوس و شرایط رطوبت نسبی متوسط (۵۰ درصد) و زیاد (۶۴ درصد) برای سه حالت عایق‌کاری حرارتی دیوار و دو ضخامت تخته گچی (۱۲/۵ و ۲۵ میلی‌متر) نشان داده شده است.

سه حالت در نظر گرفته شده برای عایق‌کاری حرارتی دیوار خشک عبارتند از:

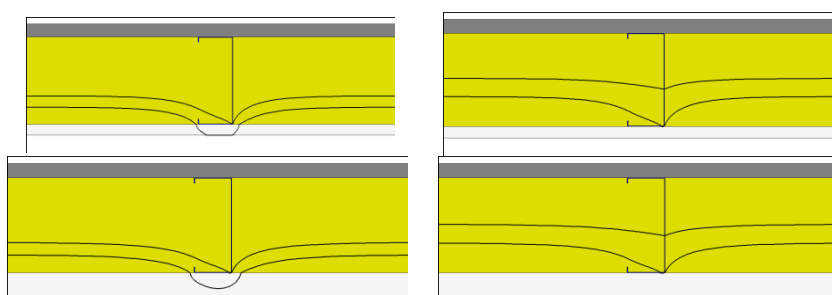
- بدون عایق حرارتی
  - با ۵۰ میلی‌متر عایق حرارتی در طرف رو به داخل
  - با ۱۰۰ میلی‌متر عایق حرارتی (بدون لایه هوا)
- شکل‌های سمت بالا در هر مجموعه، برای هر حالت عایق‌کاری حرارتی بررسی شده مربوط به ضخامت ۱۲/۵ میلی‌متر تخته گچی و شکل‌های پایین مربوط به ضخامت ۲۵ میلی‌متر هستند.
- شکل‌های سمت راست در هر مجموعه، شبیه‌سازی مربوط به شرایط سرد (دمای خارج برابر صفر درجه سلسیوس) و شکل‌های سمت چپ، مربوط به شرایط بسیار سرد (دمای خارج برابر ۱۰- درجه سلسیوس) است.
- با توجه به این نتایج، اصول زیر برای پیشگیری از بروز چگالش سطحی ارائه می‌شود:
- دیوار خشک بدون عایق حرارتی، علاوه بر این که ضریب انتقال حرارتی زیادی دارد، خطرات جدی چگالش سطحی نیز دارد. در نتیجه، در صورتی که برای ساختمان‌های با نیاز انرژی کم در نظر گرفته شود، حتماً باید دارای یک یا چند لایه گچی با ضخامت کل برابر یا بیش از ۲۵ میلی‌متر باشد.
  - کاربرد دیوارهای با عایق حرارتی به ضخامت ۵۰ میلی‌متر یا کمتر، در مناطق بسیار سرد، توصیه نمی‌شود، زیرا حتی با لایه گچی به ضخامت ۲۵ میلی‌متر دچار چگالش سطحی می‌شود.
  - در صورت کاربرد عایق حرارتی با ضخامت ۱۰۰ میلی‌متر یا بیشتر، و لایه گچی به ضخامت ۲۵ میلی‌متر یا بیشتر، در مناطق بسیار سرد، خطر چگالش سطحی مرتفع می‌شود.
  - کاربرد دیوارهای با دو قاب مستقل خطر بروز میعان را کاملاً رفع می‌کند. البته، در این حالت ضخامت کل عایق حرارتی نباید کمتر از ۵۰ میلی‌متر باشد.



شکل ۴-۱۴- پروفیل‌های همدمايي برای دیوار بدون عایق حرارتی در شرایط سرد (سمت راست) و بسیار سرد (سمت چپ)



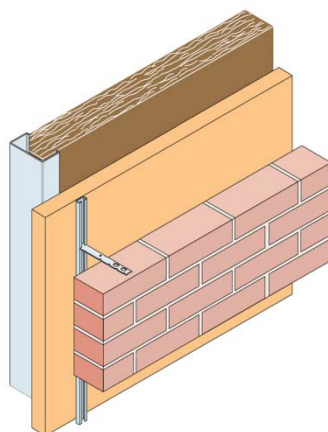
شکل ۴-۱۵- دیوار با ۵۰ میلی‌متر عایق حرارتی در طرف رو به داخل در شرایط سرد (سمت راست) و بسیار سرد (سمت چپ)



شکل ۴-۱۶- دیوار با ۱۰۰ میلی‌متر عایق حرارتی (بدون لایه هوا) در شرایط سرد (سمت راست) و بسیار سرد (سمت چپ)

#### ۴-۲-۴- اب‌بندی و جلوگیری از نفوذ آب بارندگی

با توجه به این نکته که نصب اجزای دیوار، به طور عمده، به روش‌های خشک است، عدم اجرای اصولی مراحل مختلف کار می‌تواند منجر به ایجاد مشکلات اب‌بندی جدار خارجی شود. در نتیجه، لازم است جزییات اجرایی لازم در نظر گرفته شود، تا در طول دوره بهره‌برداری از ساختمان، مشکلات ناشی از ورود آب باران کاملاً مرتفع شود. توصیه می‌شود برای اب‌بندی از روش‌هایی استفاده شود که نیاز حداقل به اقدامات تعمیر و نگهداری داشته باشد. برای دستیابی به این هدف، می‌توان برای نما از قطعاتی استفاده کرد که با هم‌پوشانی اب‌بندی نما را تامین می‌کنند. این امر باعث می‌شود که ضمن تامین شرایط لازم برای اب‌بندی نما، امکان تنفس دیوار کماکان محفوظ بماند. در ضمن، برای مناطقی که دارای بارندگی‌های شدید و مداوم هستند، لازم است حتماً از دیوارهای نوع ۳ (مطابق گروه‌بندی تعیین شده در پیوست راهنمای اجرایی مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان) استفاده شود. این کار با در نظر گرفتن یک لایه هوای تهویه‌شده بین پوشش نهایی نما و لایه عایق حرارتی صورت می‌گیرد.



شکل ۴-۱۷- نمونه دیوار LSF با لایه هوای تهویه شده

#### ۴-۲-۵- کنترل اثرات ناشی از تکانه‌های حرارتی

با توجه به جرم بسیار کم پوشش خارجی و وجود لایه عایق حرارتی در پشت آن، تغییرات روزانه و سالیانه دما در سطح نما بسیار شدید است، و در نتیجه، اثرات ناشی از تکانه‌های حرارتی می‌تواند بسیار مخرب باشد. لازم برای جلوگیری از خرابی، باید تمهیدات لازم برای تضمین دوام نما در نظر گرفته شود.

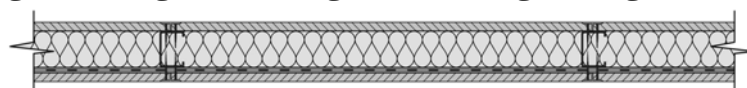
یکی از راه‌های ممکن برای تامین این خصوصیت، اجرای نما با استفاده از قطعات در ابعاد کوچک یا متوسط است. از طرف دیگر، برای حفظ آب‌بندی نما، لازم است پیش‌بینی‌های لازم در طراحی صورت گیرد. برای نمونه، اجرای قطعات نما با هم‌پوشانی لازم، می‌تواند آب‌بندی نما در دراز مدت را تضمین کند.

#### ۴-۳- عملکرد حرارتی برخی جزئیات متداول برای جدارهای سیستم LSF

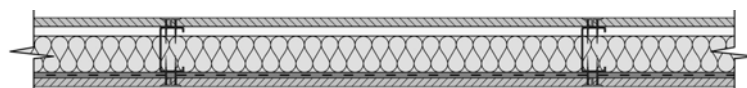
##### ۴-۳-۱- عملکرد حرارتی برخی جزئیات متداول برای دیوار خشک

##### ۴-۳-۱-۱- دیوار خشک ساده (همراه یا بدون لایه هوا)

همان‌گونه که در بخش‌های قبلی نیز مطرح شد، در این نوع دیوارها، اثر پل‌های حرارتی قابل توجه است. در نتیجه، در نظر گرفتن یک لایه نازک عایق حرارتی تکمیلی و یا یک اسفنج چسب‌دار یا نوار سیلیکون عایق حرارتی، بین استاد و یکی از پوشش‌ها (داخلی یا خارجی) به‌طور محسوسی مقاومت حرارتی را افزایش می‌دهد.



شکل ۴-۱۸- مقطع دیوار خشک ساده (بدون لایه هوا)



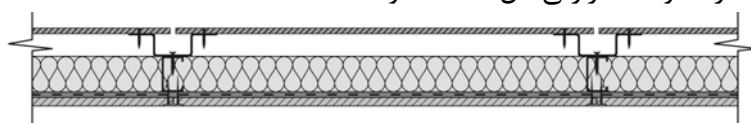
شکل ۴-۱۹- مقطع دیوار خشک ساده (با لایه هوا)

بخش اعظم داده‌های ارائه شده در جدول ۲ مربوط به این نوع دیوارهای ساده است.

#### ۴-۳-۱-۲- دیوار خشک همراه با لایه هوای تهویه شده

در این نوع دیوارهای خشک، لایه هوای تهویه شده عملکرد حرارتی دیوار را پیچیده می‌کند. با توجه به این نکته که داده‌های عددی در خصوص این نوع دیوارها یافت نشده است، توصیه می‌شود برای محاسبه مقاومت حرارتی به شرح زیر اقدام شود:

- مقاومت حرارتی دیوار خشک ساده با مقاومت حرارتی مساوی ملاک عمل قرار گیرد.
- مقاومت پوشش بیرونی در محاسبات کل جدار لحاظ نشود، و مقدار آن که برای دیوار خشک ساده در نظر گرفته شده است از مقاومت حرارتی کل کاسته شود.

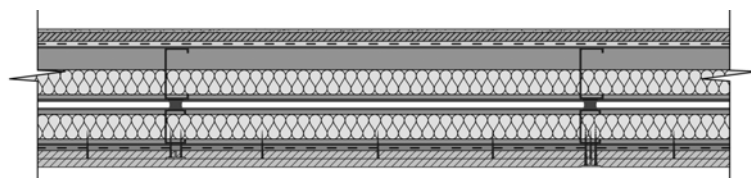


شکل ۴-۲۰- مقطع دیوار خشک همراه با لایه هوای تهویه شده

#### ۴-۳-۱-۳- دیوار خشک دو قابه

در این نوع دیوارها، سهم پل‌های حرارتی ناشی از وادارها بسیار ناچیز است. در جدول ارائه شده در بخش نتایج، مقاومت یک نوع دیوار دو قابه داده شده است.

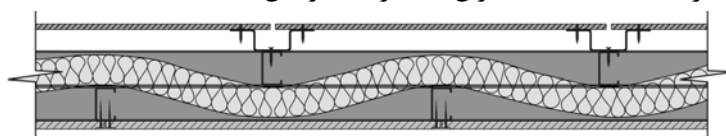
در صورتی که دیواری با مشخصاتی غیر از مورد قید شده در جدول مد نظر باشد، محاسبات مقاومت حرارتی بدون احتساب اثر وادارها انجام می‌شود، و نتیجه به دست آمده به میزان ۲ درصد افزایش داده می‌شود.



شکل ۴-۲۱- مقطع دیوار خشک دو قابه با وادارهای هم‌راستا

#### ۴-۳-۱-۴- دیوار خشک با عایق حرارتی سینوسی

در این نوع دیوار نیز اثر پل‌های حرارتی کم است. با توجه به این نکته که در اجرا، امکان فشردگی موضعی عایق حرارت بین وادار و صفحه پوشش دهنده داخلی و یا خارجی وجود دارد، لازم است پس از محاسبه مقاومت حرارتی (بدون در نظر گرفتن اثر وادارها)، مقدار محاسبه شده به میزان ۱۰ درصد افزایش یابد.



شکل ۴-۲۲- مقطع دیوار خشک با عایق حرارتی سینوسی

#### ۴-۳-۲- عملکرد حرارتی برخی جزییات متداول برای سقف سبک خشک

در اکثر موارد، ساختمان‌هایی که با این سیستم طراحی می‌شوند دارای سقف شیب‌دار هستند. در این ساختمان‌ها، عایق کاری سقف می‌تواند در امتداد سطح شیب‌دار و یا روی سقف کاذب صورت گیرد. در صورت عایق کاری سقف کاذب،

لازم است امکان تهویه این فضا پیش‌بینی شود تا رطوبت احتمالی داخل این فضا به سرعت دفع شود. در تمامی حالات، مقاومت حرارتی سقف با استفاده از الگوی ارائه شده برای دیوارهای خشک محاسبه می‌شود. در صورتی که عایق حرارتی روی سقف کاذب نصب شود، با توجه به این که هیچ نیرو و فشار مضاعفی (به غیر از بار ثقلی خود عایق حرارتی) به آن اعمال نمی‌شود، محدودیتی در مورد مشخصات مکانیکی عایق حرارتی معدنی وجود ندارد. نکته دیگری که باید در اینجا به آن اشاره کرد این است که در این روش، اگر عایق حرارتی در سقف بین طبقات استفاده شود، با مقاصدی به غیر از عایق کاری حرارتی خواهد بود، و از نظر حرارتی تغییر چندانی در عملکرد جدار و ساختمان نخواهد داشت.

#### ۴-۳-۳- عملکرد حرارتی برخی جزئیات متداول برای کف سبک خشک

برای کف ساختمان نیز حالت‌های مختلفی را می‌توان در نظر گرفت. کف می‌تواند روی گرده‌رو و به صورت کاملاً تهویه شده باشد. در این صورت، عایق کاری حرارتی کف از اهمیت زیادی برخوردار خواهد بود، و باید به صورت سراسری اجرا شود.

حالت دیگر، پیش‌بینی یک گرده‌رو بدون تهویه، یا با تهویه کم است. در این حالت، انتقال حرارت از کف در دو مرحله، اول به طرف گرده‌رو، و سپس از گرده‌رو به طرف خارج انجام می‌شود. در نتیجه، ساده‌ترین و ارزان‌ترین راه عایق کاری، ادامه عایق دیوار تا شالوده پیرامون ساختمان است. البته باید در اینجا به این نکته اشاره کرد که این روش مخاطراتی را نیز با خود به همراه دارد، از جمله خطر افزایش رطوبت هوا در این فضا، و در نتیجه، ایجاد امکان رشد انواع میکروارگانیسم‌ها و حشرات.

در خصوص کف‌های روی هوا نیز مقاومت حرارتی با استفاده از الگوی ارائه شده برای دیوارهای خشک محاسبه می‌شود. حالت آخر، اجرای کف روی خاک (یا بلوک‌ها) است. در این حالت نیازی به عایق کاری تمامی سطح کف وجود ندارد، و کافی است عایق کاری دیوارها تا پی ادامه یابد، یا اینکه یک عایق پیرامونی، در زیر کف در نظر گرفته شود. الگوی محاسبه ضریب انتقال حرارت خطی مربوط به عایق کاری حرارتی کف روی خاک در پیوست ۹ مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان ارائه شده است.

#### ۴-۳-۴- نتایج ارائه شده برای برخی جزئیات اجرایی جدارهای سیستم LSF

در جدول زیر، مقادیر مقاومت حرارتی برای انواع مختلف جدار، با قاب ساده یا دو قاب، با مقاطع مختلف برای وادار و مقاومت‌های متفاوت برای عایق حرارتی، همراه یا بدون لایه عایق تکمیلی سراسری ارائه شده است.

جدول ۴-۲ مقادیر مقاومت حرارتی برای انواع مختلف جدار سیستم LSF

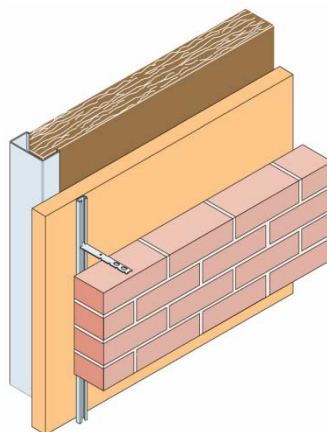
| مقاومت حرارتی        |                   |        | توضیحات                                             |         |                    | پوشش داخلی |          |                    | عایق حرارتی بین وادارها |          |                          | ایجاد وادار |       |      | عایق حرارتی تکمیلی    |         |                    | پوشش خارجی |       |                    |
|----------------------|-------------------|--------|-----------------------------------------------------|---------|--------------------|------------|----------|--------------------|-------------------------|----------|--------------------------|-------------|-------|------|-----------------------|---------|--------------------|------------|-------|--------------------|
| انرژی دمای<br>حرارتی | مجموع<br>کل دیوار | ایزوله |                                                     | جنس     | ضخامت<br>$\lambda$ | Ri         | جنس      | ضخامت<br>$\lambda$ | Rins                    | جنس      | ضخامت<br>به محور<br>محور | جنس         | ضخامت | بال  | Re2                   | جنس     | ضخامت<br>$\lambda$ | Re1        | جنس   | ضخامت<br>$\lambda$ |
| (%)                  |                   |        |                                                     |         | (mm)               | (W/m.K)    |          | (mm)               | (m <sup>2</sup> .K/W)   |          | (mm)                     | (mm)        | (mm)  | (mm) | (m <sup>2</sup> .K/W) | (W/m.K) | (mm)               | (mm)       | (mm)  | (mm)               |
| ۲۲)                  | ۱.۳۹              | ۲۰۵۰   |                                                     | نخه گچی | ۱۲.۵               | -۰.۵۰      | پشم شیشه | ۱۹.۴               | ۱.۹۴                    | پشم شیشه | ۶۰                       | ۱۰۰         | ۹۰    | ۴۰.۵ |                       |         |                    | ۰.۶۰       | ۱۲.۵  | ۱۲.۵               |
| ۲۰)                  | ۱.۶۴              | ۲۰۵۰   | هیراد با پروریل فاصل افقی فولادی                    | نخه گچی | ۱۲.۵               | -۰.۵۰      | پشم شیشه | ۱۹.۴               | ۱.۹۴                    | پشم شیشه | ۶۰                       | ۱۰۰         | ۹۰    | ۴۰.۵ |                       |         |                    | ۰.۶۰       | ۱۲.۵  | ۱۲.۵               |
| ۹)                   | ۲.۵۵              | ۲۸۰۷   |                                                     | نخه گچی | ۱۲.۵               | -۰.۵۰      | پشم شیشه | ۱۹.۴               | ۱.۹۴                    | پشم شیشه | ۶۰                       | ۱۰۰         | ۹۰    | ۴۰.۵ | -۰.۷۵                 | -۰.۳۳   | ۲۵.۰               | XPS        | ۰.۶۰  | ۱۲.۵               |
| ۱۵)                  | ۲.۰۱              | ۲۳۶۹   |                                                     | نخه گچی | ۱۲.۵               | -۰.۵۰      | پشم شیشه | ۱۹.۴               | ۱.۹۴                    | پشم شیشه | ۶۰                       | ۱۰۰         | ۹۰    | ۴۰.۵ | -۰.۷۹                 | -۰.۳۳   | ۲۵.۰               | XPS        |       |                    |
| ۱۲)                  | ۲.۴۱              | ۲۳۶۸   |                                                     | نخه گچی | ۱۲.۵               | -۰.۵۰      | پشم شیشه | ۱۹.۴               | ۱.۹۴                    | پشم شیشه | ۶۰                       | ۱۰۰         | ۹۰    | ۴۰.۵ | -۰.۷۵                 | -۰.۳۳   | ۲۵.۰               | XPS        |       |                    |
| ۵)                   | ۲.۴۴              | ۲۵۰۵   |                                                     | نخه گچی | ۱۲.۵               | -۰.۵۰      | پشم شیشه | ۱۹.۴               | ۱.۹۴                    | پشم شیشه | ۶۰                       | ۱۰۰         | ۹۰    | ۴۰.۵ | -۱.۵۱۵                | -۰.۳۳   | ۲۵.۰               | XPS        |       |                    |
| ۱۲)                  | ۲.۴۵              | ۲۳۶۸   |                                                     | نخه گچی | ۱۲.۵               | -۰.۵۰      | پشم شیشه | ۱۹.۴               | ۱.۹۴                    | پشم شیشه | ۶۰                       | ۱۰۰         | ۹۰    | ۴۰.۵ | -۰.۷۵                 | -۰.۳۳   | ۲۵.۰               | XPS        | -۰.۵۰ | ۱۲.۵               |
| ۸)                   | ۲.۵۴              | ۲۳۶۸   | هیراد با پروریل فاصل افقی فولادی                    | نخه گچی | ۱۲.۵               | -۰.۵۰      | پشم شیشه | ۱۹.۴               | ۱.۹۴                    | پشم شیشه | ۶۰                       | ۱۰۰         | ۹۰    | ۴۰.۵ | -۰.۷۵                 | -۰.۳۳   | ۲۵.۰               | XPS        |       |                    |
| ۲۸)                  | ۱.۴۸              | ۲۰۵۰   | هیراد با نور چسب سلیکونی                            | نخه گچی | ۱۲.۵               | -۰.۵۰      | پشم شیشه | ۱۹.۴               | ۱.۹۴                    | پشم شیشه | ۶۰                       | ۱۰۰         | ۹۰    | ۴۰.۵ |                       |         |                    | ۰.۶۰       | ۱۲.۵  | ۱۲.۵               |
| ۴۱)                  | ۱.۲۰              | ۲۰۵۰   |                                                     | نخه گچی | ۱۲.۵               | -۰.۵۰      | پشم شیشه | ۱۹.۴               | ۱.۹۴                    | پشم شیشه | ۶۰                       | ۱۰۰         | ۹۰    | ۴۰.۵ |                       |         |                    | ۰.۶۰       | ۱۲.۵  | ۱۲.۵               |
| ۲۱)                  | ۲.۱۸              | ۲۳۶۸   |                                                     | نخه گچی | ۱۲.۵               | -۰.۵۰      | پشم شیشه | ۱۹.۴               | ۱.۹۴                    | پشم شیشه | ۶۰                       | ۱۰۰         | ۹۰    | ۴۰.۵ | -۰.۷۵                 | -۰.۳۳   | ۲۵.۰               | XPS        |       |                    |
| ۲۹)                  | ۱.۳۶              | ۲۰۵۰   | هیراد با نور چسب سلیکونی                            | نخه گچی | ۱۲.۵               | -۰.۵۰      | پشم شیشه | ۱۹.۴               | ۱.۹۴                    | پشم شیشه | ۶۰                       | ۱۰۰         | ۹۰    | ۴۰.۵ |                       |         |                    | ۰.۶۰       | ۱۲.۵  | ۱۲.۵               |
| ۱۱)                  | ۲.۴۴              | ۲۳۶۸   |                                                     | نخه گچی | ۱۲.۵               | -۰.۵۰      | پشم شیشه | ۱۹.۴               | ۱.۹۴                    | پشم شیشه | ۶۰                       | ۱۰۰         | ۹۰    | ۴۰.۵ | -۰.۷۵                 | -۰.۳۳   | ۲۵.۰               | XPS        |       |                    |
| ۱)                   | ۲.۴۴              | ۲۳۶۰   | دو قاب با 22 میلیمتر فاصله هوا و دو ریف عایق حرارتی | نخه گچی | ۱۲.۵               | -۰.۵۰      | پشم شیشه | ۱۹.۴               | ۱.۹۴                    | پشم شیشه | ۶۰                       | ۱۰۰         | ۹۰    | ۴۰.۵ | -۰.۲۰                 |         |                    | air        | ۰.۶۰  | ۱۲.۵               |
| ۲۹)                  | ۱.۳۸              | ۲۳۶۰   |                                                     | نخه گچی | ۱۲.۵               | -۰.۵۰      | پشم شیشه | ۳.۳۵               | ۳.۳۵                    | پشم شیشه | ۶۰                       | ۱۰۰         | ۱۵۰   | ۴۰.۵ |                       |         |                    | ۰.۶۰       | ۱۲.۵  | ۱۲.۵               |
| ۲۱)                  | ۲.۸۵              | ۴۱۵۸   |                                                     | نخه گچی | ۱۲.۵               | -۰.۵۰      | پشم شیشه | ۳.۳۵               | ۳.۳۵                    | پشم شیشه | ۶۰                       | ۱۰۰         | ۱۵۰   | ۴۰.۵ | -۰.۷۵                 | -۰.۳۳   | ۲۵.۰               | XPS        |       |                    |
| ۲۸)                  | ۳.۰۱              | ۴۱۵۸   | عایق تکمیلی با فویل آلومینیوم                       | نخه گچی | ۱۲.۵               | -۰.۵۰      | پشم شیشه | ۳.۳۵               | ۳.۳۵                    | پشم شیشه | ۶۰                       | ۱۰۰         | ۱۵۰   | ۴۰.۵ | -۰.۷۵                 | -۰.۳۳   | ۲۵.۰               | PIC        |       |                    |
| ۳۷)                  | ۲.۱۸              | ۲۳۶۰   | هیراد با پروریل فاصل افقی فولادی 20 میلیمتری        | نخه گچی | ۱۲.۵               | -۰.۵۰      | پشم شیشه | ۱۹.۴               | ۳.۳۵                    | پشم شیشه | ۱۲۰                      | ۱۰۰         | ۱۵۰   | ۴۰.۵ | -۰.۷۵                 | -۰.۳۳   | ۲۵.۰               | XPS        |       |                    |
| ۱۲)                  | ۲.۴۸              | ۲۳۶۸   |                                                     | نخه گچی | ۱۲.۵               | -۰.۵۰      | پشم شیشه | ۱۹.۴               | ۱.۹۴                    | پشم شیشه | ۶۰                       | ۱۰۰         | ۹۰    | ۴۰.۵ | -۰.۷۵                 | -۰.۳۳   | ۲۵.۰               | XPS        |       |                    |
| ۲۰)                  | ۲.۷۵              | ۲۳۶۸   |                                                     | نخه گچی | ۱۲.۵               | -۰.۵۰      | پشم شیشه | ۳.۴۴               | ۳.۴۴                    | پشم شیشه | ۶۰                       | ۱۰۰         | ۹۰    | ۴۰.۵ | -۰.۷۵                 | -۰.۳۳   | ۲۵.۰               | XPS        |       |                    |
| ۱۲)                  | ۲.۷۷              | ۲۳۶۵   |                                                     | نخه گچی | ۱۲.۵               | -۰.۵۰      | پشم شیشه | ۳.۴۹               | ۳.۴۹                    | پشم شیشه | ۶۰                       | ۱۰۰         | ۹۰    | ۴۰.۵ | -۰.۷۵                 | -۰.۳۳   | ۲۵.۰               | XPS        | -۰.۴۸ | ۱۹                 |

## منابع

- 1-. Scharff, Robert. "Drywall construction handbook". McGraw-Hill, New York, 1995.
- 2-. ASTM C1396/C 1396 M. "Standard specification for gypsum board". ASTM, Philadelphia, 1998.
- 3-. ISO 6308. "Gypsum plasterboard-specification". International organization for standardization, Switzerland, 1980.
- 4-. DIN 18180. "Gypsum plasterboard: Types, requirments and testing". Deutsches Institut für Normung, Berlin, 1989.
- 5-. Prescriptive Method for Connecting Cold-Formed Steel Framing to Insulating Concrete Form Walls in Residential Construction, U.S. Department of Housing and Urban Development, The Steel Framing Alliance, The Portland Cement Association, The Insulating Concrete Form Association, Building Works, Inc., Cambridge, MA, February 2003
- 6-. Report on: Thermal Performance of Lightweight Steel Framed Homes, Lightweight Steel Framing, technical bulletin, , CSSBI (Canadian Sheet Steel Building Institute), Volume 5, Number 1, July 1999
- 7-. Report on: Lightweight Steel Framing Construction Techniques, CSSBI, Volume 6, Number 1, March 2001
- 8-. ASTM C1396/C 1396 M. "Standard specification for gypsum board". ASTM, Philadelphia, 1998.
- 9-. Technical note: Thermal design guide for exterior walls, publication RG-9405, steel in residential construction advisory group, American Iron & Steel Institute (AISI), january 1995
- 10-. Scharff, Robert. "Drywall construction handbook". McGraw-Hill, New York, 1995.
- 11-. Scharff, Robert. "Residential steel framing handbook". McGraw-Hill Book Company, 1996
- 12-. Canadian Sheet Steel Building Institute, Residential Steel Framing, Installation Manual, CSSBI, Ontario, 1999.
- ۱۳-مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان – صرفه‌جویی در مصرف انرژی (ویرایش سوم)، وزارت مسکن و شهرسازی – معاونت نظام مهندسی و اجرای ساختمان – ۱۳۸۹
- 14-. Warnock, A.C.C., Private Communication, Sound Transmission Estimates for Steel-Framed Wall Assemblies, Institute for Research in Construction, National Research Council of Canada, Ottawa, Ontario, Canada, July 28, 2003.
- 15-. Schallschutz mit Knauf, 1991.
- 16-. DURABILITY OF COLD-FORMED STEEL FRAMING MEMBERS, American Iron and Steel Insitute, October 1996

- 17-. Report on: durability, Lightweight Steel Framing, technical bulletin, , CSSBI (Canadian Sheet Steel Building Institute), Volume 2, Number 2, March 1999
- 18-. Report on: Life Cycle Assessment of Steel Framed Homes, Lightweight Steel Framing, technical bulletin, , CSSBI (Canadian Sheet Steel Building Institute), Volume 3, Number 1, March 1999
- 19-. Prescriptive Method For Residential Cold-Formed Steel Framing, Year 2000 Edition, North American Steel Framing Alliance, Publication NT3.00, NASFA, October 2000.
- 20-. Report on: Life Cycle Assessment of Steel Framed Homes, Lightweight Steel Framing, technical bulletin, , CSSBI (Canadian Sheet Steel Building Institute), Volume 3, Number 2, July 1999

شود. این کار با در نظر گرفتن یک لایه هوای تهویه شده بین پوشش نهایی نما و لایه عایق حرارتی صورت می گیرد.



شکل ۴-۱۷- نمونه دیوار LSF با لایه هوای تهویه شده

#### ۴-۲-۵- کنترل اثرات ناشی از تکانه های حرارتی

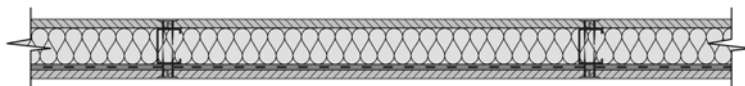
با توجه به جرم بسیار کم پوشش خارجی و وجود لایه عایق حرارتی در پشت آن، تغییرات روزانه و سالیانه دما در سطح نما بسیار شدید است، و در نتیجه، اثرات ناشی از تکانه های حرارتی می تواند بسیار مخرب باشد. لازم برای جلوگیری از خرابی، باید تمهیدات لازم برای تضمین دوام نما در نظر گرفته شود. یکی از راه های ممکن برای تامین این خصوصیت، اجرای نما با استفاده از قطعات در ابعاد کوچک یا متوسط است. از طرف دیگر، برای حفظ اب بندی نما، لازم است پیش بینی های لازم در طراحی صورت گیرد. برای نمونه، اجرای قطعات نما با هم پوشانی لازم، می تواند اب بندی نما در دراز مدت را تضمین کند.

### ۳-۴- عملکرد حرارتی برخی جزئیات متداول برای جدارهای سیستم LSF

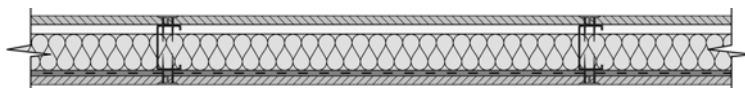
#### ۱-۳-۴- عملکرد حرارتی برخی جزئیات متداول برای دیوار خشک

##### ۱-۱-۳-۴- دیوار خشک ساده (همراه یا بدون لایه هوا)

همان‌گونه که در بخش‌های قبلی نیز مطرح شد، در این نوع دیوارها، اثر پل‌های حرارتی قابل توجه است. در نتیجه، در نظر گرفتن یک لایه نازک عایق حرارتی تکمیلی و یا یک اسفنج چسبدار یا نوار سیلیکون عایق حرارتی، بین استاد و یکی از پوشش‌ها (داخلی یا خارجی) به‌طور محسوسی مقاومت حرارتی را افزایش می‌دهد.



شکل ۴-۱۸- مقطع دیوار خشک ساده (بدون لایه هوا)



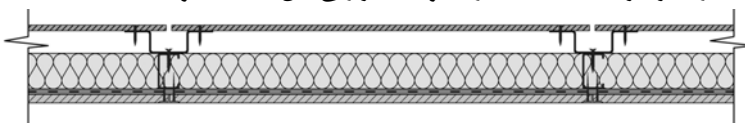
شکل ۴-۱۹- مقطع دیوار خشک ساده (با لایه هوا)

بخش اعظم داده‌های ارائه شده در جدول ۲ مربوط به این نوع دیوارهای ساده است.

##### ۲-۱-۳-۴- دیوار خشک همراه با لایه هوای تهویه شده

در این نوع دیوارهای خشک، لایه هوای تهویه شده عملکرد حرارتی دیوار را پیچیده می‌کند. با توجه به این نکته که داده‌های عددی در خصوص این نوع دیوارها یافت نشده است، توصیه می‌شود برای محاسبه مقاومت حرارتی به شرح زیر اقدام شود:

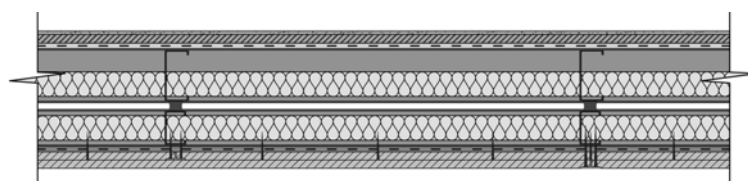
- مقاومت حرارتی دیوار خشک ساده با مقاومت حرارتی مساوی ملاک عمل قرار گیرد.
- مقاومت پوشش بیرونی در محاسبات کل جدار لحاظ نشود، و مقدار آن که برای دیوار خشک ساده در نظر گرفته شده است از مقاومت حرارتی کل کاسته شود.



شکل ۴-۲۰- مقطع دیوار خشک همراه با لایه هوای تهویه شده

### ۴-۳-۱-۳- دیوار خشک دو قابه

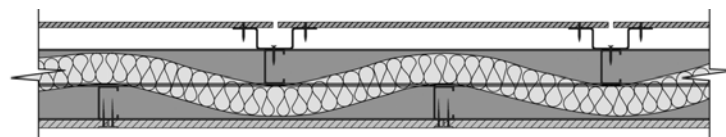
در این نوع دیوارها، سهم پل‌های حرارتی ناشی از وادارها بسیار ناچیز است. در جدول ارائه شده در بخش نتایج، مقاومت یک نوع دیوار دو قابه داده شده است. در صورتی که دیواری با مشخصاتی غیر از مورد قید شده در جدول مد نظر باشد، محاسبات مقاومت حرارتی بدون احتساب اثر وادارها انجام می‌شود، و نتیجه به دست آمده به میزان ۲ درصد افزایش داده می‌شود.



شکل ۴-۲۱- مقطع دیوار خشک دو قابه با وادارهای هم‌راستا

### ۴-۳-۱-۴- دیوار خشک با عایق حرارتی سینوسی

در این نوع دیوار نیز اثر پل‌های حرارتی کم است. با توجه به این نکته که در اجرا، امکان فشردگی موضعی عایق حرارتی بین وادار و صفحه پوشش دهنده داخلی و یا خارجی وجود دارد، لازم است پس از محاسبه مقاومت حرارتی (بدون در نظر گرفتن اثر وادارها)، مقدار محاسبه شده به میزان ۱۰ درصد افزایش یابد.



شکل ۴-۲۲- مقطع دیوار خشک با عایق حرارتی سینوسی

### ۴-۳-۲- عملکرد حرارتی برخی جزییات متداول برای سقف سبک خشک

در اکثر موارد، ساختمان‌هایی که با این سیستم طراحی می‌شوند دارای سقف شیب‌دار هستند. در این ساختمان‌ها، عایق‌کاری سقف می‌تواند در امتداد سطح شیب‌دار و یا روی سقف کاذب صورت گیرد. در صورت عایق‌کاری سقف کاذب، لازم است امکان تهویه این فضا پیش‌بینی شود تا رطوبت احتمالی داخل این فضا به سرعت دفع شود. در تمامی حالات، مقاومت حرارتی سقف با استفاده از الگوی ارائه شده برای دیوارهای خشک محاسبه می‌شود.

در صورتی که عایق حرارتی روی سقف کاذب نصب شود، با توجه به این که هیچ نیرو و فشار مضاعفی (به غیر از بار ثقیل خود عایق حرارتی) به آن اعمال نمی‌شود، محدودیتی در مورد مشخصات مکانیکی عایق حرارتی معدنی وجود ندارد.

نکته دیگری که باید در اینجا به آن اشاره کرد این است که در این روش، اگر عایق حرارتی در سقف بین طبقات استفاده شود، با مقاصدی به غیر از عایق‌کاری حرارتی خواهد بود، و از نظر حرارتی تغییر چندانی در عملکرد جدار و ساختمان نخواهد داشت.

#### ۴-۳-۳- عملکرد حرارتی برخی جزییات متداول برای کف سبک خشک

برای کف ساختمان نیز حالت‌های مختلفی را می‌توان در نظر گرفت. کف می‌تواند روی گربه‌رو و به صورت کاملاً تهویه‌شده باشد. در این صورت، عایق‌کاری حرارتی کف از اهمیت زیادی برخوردار خواهد بود، و باید به صورت سراسری اجرا شود.

حالت دیگر، پیش‌بینی یک گربه‌رو بدون تهویه، یا با تهویه کم است. در این حالت، انتقال حرارت از کف در دو مرحله، اول به طرف گربه‌رو، و سپس از گربه‌رو به طرف خارج انجام می‌شود. در نتیجه، ساده‌ترین و ارزان‌ترین راه عایق‌کاری، ادامه عایق دیوار تا شالوده پیرامون ساختمان است. البته باید در اینجا به این نکته اشاره کرد که این روش مخاطراتی را نیز با خود به همراه دارد، از جمله خطر افزایش رطوبت هوا در این فضا، و در نتیجه، ایجاد امکان رشد انواع میکروارگانیسم‌ها و حشرات.

در خصوص کف‌های روی هوا نیز مقاومت حرارتی با استفاده از الگوی ارائه شده برای دیوارهای خشک محاسبه می‌شود.

حالت آخر، اجرای کف روی خاک (یا بلوک‌کاذب) است. در این حالت نیازی به عایق‌کاری تمامی سطح کف وجود ندارد، و کافی است عایق‌کاری دیوارها تا پی ادامه یابد، یا اینکه یک عایق پیرامونی، در زیر کف در نظر گرفته شود.

الگوی محاسبه ضریب انتقال حرارت خطی مربوط به عایق‌کاری حرارتی کف روی خاک در پیوست ۹ مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان ارائه شده است.

#### ۴-۳-۴- نتایج ارائه شده برای برخی جزییات اجرایی جدارهای سیستم LSF

در جدول زیر، مقادیر مقاومت حرارتی برای انواع مختلف جدار، با قاب ساده یا دو قاب، با مقاطع مختلف برای وادار و مقاومت‌های متفاوت برای عایق حرارتی، همراه یا بدون لایه عایق تکمیلی سراسری ارائه شده است.

جدول ۴-۲ مقادیر مقاومت حرارتی برای انواع مختلف جدار سیستم LSF

| مقاومت حرارتی        |                   |        | نوعیحات                                               |                     |         | پوشش داخلی |         |      | عایق حرارتی بین وادارها |     |                          | ایجاد وادار |      |        | عایق حرارتی تکمیلی  |         |       | پوشش خارجی |                     |         |       |           |
|----------------------|-------------------|--------|-------------------------------------------------------|---------------------|---------|------------|---------|------|-------------------------|-----|--------------------------|-------------|------|--------|---------------------|---------|-------|------------|---------------------|---------|-------|-----------|
| اثر پله‌ای<br>حرارتی | مجموع<br>کل دیوار |        |                                                       | Ri                  | λ       | ضخامت      | جنس     |      | Rins                    | جنس | فاصله<br>محور<br>به محور | ضخامت       | جان  | بال    | Re2                 | λ       | ضخامت | جنس        | Re1                 | λ       | ضخامت | جنس       |
| (%)                  |                   |        |                                                       | (m <sup>2</sup> KW) | (W/m.K) | (mm)       |         |      | (m <sup>2</sup> KW)     |     | (mm)                     | (mm)        | (mm) | (mm)   | (m <sup>2</sup> KW) | (W/m.K) | (mm)  |            | (m <sup>2</sup> KW) | (W/m.K) | (mm)  |           |
| ۲۲٪                  | ۱.۲۹              | ۲۰-۵۰  |                                                       | -۰.۵۰               | -۰.۵۵   | ۱۲.۵       | نخه گچی | ۱.۹۲ | پشم شیشه                | ۶۰  | ۱۰۰                      | ۹۰          | ۲۰.۵ |        |                     |         |       |            | ۰.۶۰                | ۰.۲۱    | ۱۲.۵  | نخه چسبلا |
| ۲۰٪                  | ۱.۶۴              | ۲۰-۵۰  | همراه با پروریل فاصل افقی فولادی                      | -۰.۵۰               | -۰.۵۵   | ۱۲.۵       | نخه گچی | ۱.۹۲ | پشم شیشه                | ۶۰  | ۱۰۰                      | ۹۰          | ۲۰.۵ |        |                     |         |       |            | ۰.۶۰                | ۰.۲۱    | ۱۲.۵  | نخه چسبلا |
| ۹٪                   | ۳.۵۵              | ۲۸-۷   |                                                       | -۰.۵۰               | -۰.۵۵   | ۱۲.۵       | نخه گچی | ۱.۹۲ | پشم شیشه                | ۶۰  | ۱۰۰                      | ۹۰          | ۲۰.۵ | -۰.۷۵۸ | -۰.۲۲               | ۲۵.۰    | XPS   |            | ۰.۶۰                | ۰.۲۱    | ۱۲.۵  | نخه چسبلا |
| ۱۵٪                  | ۳.۰۱              | ۲.۶۹۸  |                                                       | -۰.۵۰               | -۰.۵۵   | ۱۲.۵       | نخه گچی | ۱.۹۲ | پشم شیشه                | ۶۰  | ۱۰۰                      | ۹۰          | ۲۰.۵ | -۰.۲۷۹ | -۰.۲۲               | ۱۲.۵    | XPS   |            |                     |         |       |           |
| ۱۲٪                  | ۳.۴۱              | ۲.۶۹۸  |                                                       | -۰.۵۰               | -۰.۵۵   | ۱۲.۵       | نخه گچی | ۱.۹۲ | پشم شیشه                | ۶۰  | ۱۰۰                      | ۹۰          | ۲۰.۵ | -۰.۷۵۸ | -۰.۲۲               | ۲۵.۰    | XPS   |            |                     |         |       |           |
| ۵٪                   | ۳.۲۲              | ۲.۵۰-۵ |                                                       | -۰.۵۰               | -۰.۵۵   | ۱۲.۵       | نخه گچی | ۱.۹۲ | پشم شیشه                | ۶۰  | ۱۰۰                      | ۹۰          | ۲۰.۵ | -۱.۵۱۵ | -۰.۲۲               | ۲۵.۰    | XPS   |            |                     |         |       |           |
| ۱۲٪                  | ۲.۶۵              | ۲.۶۹۸  |                                                       | -۰.۵۰               | -۰.۵۵   | ۱۲.۵       | نخه گچی | ۱.۹۲ | پشم شیشه                | ۶۰  | ۱۰۰                      | ۹۰          | ۲۰.۵ | -۰.۷۵۸ | -۰.۲۲               | ۲۵.۰    | XPS   |            | ۰.۶۰                | ۰.۲۵    | ۱۲.۵  | نخه گچی   |
| ۸٪                   | ۲.۵۲              | ۲.۶۹۸  | همراه با پروریل فاصل افقی فولادی                      | -۰.۵۰               | -۰.۵۵   | ۱۲.۵       | نخه گچی | ۱.۹۲ | پشم شیشه                | ۶۰  | ۱۰۰                      | ۹۰          | ۲۰.۵ | -۰.۷۵۸ | -۰.۲۲               | ۲۵.۰    | XPS   |            |                     |         |       |           |
| ۲۸٪                  | ۱.۶۸              | ۲۰-۵۰  | همراه با نوار جنب سبیلگونی                            | -۰.۵۰               | -۰.۵۵   | ۱۲.۵       | نخه گچی | ۱.۹۲ | پشم شیشه                | ۶۰  | ۱۰۰                      | ۹۰          | ۲۰.۵ |        |                     |         |       |            | ۰.۶۰                | ۰.۲۱    | ۱۲.۵  | نخه چسبلا |
| ۴۱٪                  | ۱.۲۰              | ۲۰-۵۰  |                                                       | -۰.۵۰               | -۰.۵۵   | ۱۲.۵       | نخه گچی | ۱.۹۲ | پشم شیشه                | ۶۰  | ۱۰۰                      | ۹۰          | ۲۰.۵ |        |                     |         |       |            | ۰.۶۰                | ۰.۲۱    | ۱۲.۵  | نخه چسبلا |
| ۲۱٪                  | ۲.۱۸              | ۲.۶۹۸  |                                                       | -۰.۵۰               | -۰.۵۵   | ۱۲.۵       | نخه گچی | ۱.۹۲ | پشم شیشه                | ۶۰  | ۱۰۰                      | ۹۰          | ۲۰.۵ | -۰.۷۵۸ | -۰.۲۲               | ۲۵.۰    | XPS   |            |                     |         |       |           |
| ۲۹٪                  | ۱.۶۶              | ۲۰-۵۰  | همراه با نوار جنب سبیلگونی                            | -۰.۵۰               | -۰.۵۵   | ۱۲.۵       | نخه گچی | ۱.۹۲ | پشم شیشه                | ۶۰  | ۱۰۰                      | ۹۰          | ۲۰.۵ |        |                     |         |       |            | ۰.۶۰                | ۰.۲۱    | ۱۲.۵  | نخه چسبلا |
| ۱۱٪                  | ۲.۴۴              | ۲.۶۹۸  |                                                       | -۰.۵۰               | -۰.۵۵   | ۱۲.۵       | نخه گچی | ۱.۹۲ | پشم شیشه                | ۶۰  | ۱۰۰                      | ۹۰          | ۲۰.۵ | -۰.۷۵۸ | -۰.۲۲               | ۲۵.۰    | XPS   |            |                     |         |       |           |
| ۱٪                   | ۲.۲۴              | ۲.۲۷۰  | دو قاب با 22 میلی‌متر فاصله هوا و دو رینت عایق حرارتی | -۰.۵۰               | -۰.۵۵   | ۱۲.۵       | نخه گچی | ۱.۹۲ | پشم شیشه                | ۶۰  | ۱۰۰                      | ۹۰          | ۲۰.۵ | -۰.۲۲۰ |                     |         | air   |            | ۰.۶۰                | ۰.۲۱    | ۱۲.۵  | نخه چسبلا |
| ۲۹٪                  | ۱.۶۸              | ۲.۶۶۰  |                                                       | -۰.۵۰               | -۰.۵۵   | ۱۲.۵       | نخه گچی | ۲.۲۵ | پشم شیشه                | ۶۰  | ۱۰۰                      | ۱۵۰         | ۲۰.۵ |        |                     |         |       |            | ۰.۶۰                |         |       |           |
| ۳۱٪                  | ۲.۸۵              | ۲.۱۵۸  |                                                       | -۰.۵۰               | -۰.۵۵   | ۱۲.۵       | نخه گچی | ۲.۲۵ | پشم شیشه                | ۶۰  | ۱۰۰                      | ۱۵۰         | ۲۰.۵ | -۰.۷۵۸ | -۰.۲۲               | ۲۵.۰    | XPS   |            |                     |         |       |           |
| ۲۸٪                  | ۳.۰۱              | ۲.۱۵۸  | عایق تکمیلی یا فویل آلومینیوم                         | -۰.۵۰               | -۰.۵۵   | ۱۲.۵       | نخه گچی | ۲.۲۵ | پشم شیشه                | ۶۰  | ۱۰۰                      | ۱۵۰         | ۲۰.۵ | -۰.۷۵۸ | -۰.۲۲               | ۲۵.۰    | PIC   |            |                     |         |       |           |
| ۳۷٪                  | ۳.۱۸              | ۲.۶۶۰  | همراه با پروریل فاصل افقی فولادی 20 میلی‌متری         | -۰.۵۰               | -۰.۵۵   | ۱۲.۵       | نخه گچی | ۲.۲۵ | پشم شیشه                | ۱۲۰ | ۱۰۰                      | ۱۵۰         | ۲۰.۵ |        |                     |         |       |            | ۰.۶۰                | ۰.۲۱    | ۱۲.۵  | نخه چسبلا |
| ۱۲٪                  | ۲.۳۸              | ۲.۶۹۸  |                                                       | -۰.۵۰               | -۰.۵۵   | ۱۲.۵       | نخه گچی | ۱.۹۲ | پشم شیشه                | ۶۰  | ۱۰۰                      | ۹۰          | ۲۲.۵ | -۰.۷۵۸ | -۰.۲۲               | ۲۵.۰    | XPS   |            |                     |         |       |           |
| ۲۰٪                  | ۳.۷۵              | ۲.۴۴۸  |                                                       | -۰.۵۰               | -۰.۵۵   | ۱۲.۵       | نخه گچی | ۲.۶۶ | پشم شیشه                | ۶۰  | ۱۰۰                      | ۹۰          | ۲۰.۵ | -۰.۷۵۸ | -۰.۲۲               | ۲۵.۰    | XPS   |            |                     |         |       |           |
| ۱۲٪                  | ۳.۷۷              | ۲.۱۲۵  |                                                       | -۰.۵۰               | -۰.۵۵   | ۱۲.۵       | نخه گچی | ۲.۲۶ | پشم شیشه                | ۶۰  | ۱۰۰                      | ۹۰          | ۲۰.۵ | -۰.۷۵۸ | -۰.۲۲               | ۲۵.۰    | XPS   |            | ۰.۶۰                | ۰.۲۸    | ۱۹    | اندود گچ  |

## منابع

- 1-. Scharff, Robert. "Drywall construction handbook". McGraw-Hill, New York, 1995.
- 2-. ASTM C1396/C 1396 M. "Standard specification for gypsum board". ASTM, Philadelphia, 1998.
- 3-. ISO 6308. "Gypsum plasterboard-specification". International organization for standardization, Switzerland, 1980.
- 4-. DIN 18180. "Gypsum plasterboard: Types, requirments and testing". Deutsches Institut für Normung, Berlin, 1989.
- 5-. Prescriptive Method for Connecting Cold-Formed Steel Framing to Insulating Concrete Form Walls in Residential Construction, U.S. Department of Housing and Urban Development, The Steel Framing Alliance, The Portland Cement Association, The Insulating Concrete Form Association, Building Works, Inc., Cambridge, MA, February 2003
- 6-. Report on: Thermal Performance of Lightweight Steel Framed Homes, Lightweight Steel Framing, technical bulletin, , CSSBI (Canadian Sheet Steel Building Institute), Volume 5, Number 1, July 1999
- 7-. Report on: Lightweight Steel Framing Construction Techniques, CSSBI, Volume 6, Number 1, March 2001
- 8-. ASTM C1396/C 1396 M. "Standard specification for gypsum board". ASTM, Philadelphia, 1998.
- 9-. Technical note: Thermal design guide for exterior walls, publication RG-9405, steel in residential construction advisory group, American Iron & Steel Institute (AISI), january 1995
- 10-. Scharff, Robert. "Drywall construction handbook". McGraw-Hill, New York, 1995.

- 11-. Scharff, Robert. "Residential steel framing handbook". McGraw-Hill Book Company, 1996
- 12-. Canadian Sheet Steel Building Institute, Residential Steel Framing, Installation Manual, CSSBI, Ontario, 1999.
- ۱۳-مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان – صرفه‌جویی در مصرف انرژی (ویرایش سوم)، وزارت مسکن و شهرسازی – معاونت نظام مهندسی و اجرای ساختمان – ۱۳۸۹
- 14-. Warnock, A.C.C., Private Communication, Sound Transmission Estimates for Steel-Framed Wall Assemblies, Institute for Research in Construction, National Research Council of Canada, Ottawa, Ontario, Canada, July 28, 2003.
- 15-. Schallschutz mit Knauf, 1991.
- 16-. DURABILITY OF COLD-FORMED STEEL FRAMING MEMBERS, American Iron and Steel Insitute, October 1996
- 17-. Report on: durability, Lightweight Steel Framing, technical bulletin, , CSSBI (Canadian Sheet Steel Building Institute), Volume 2, Number 2, March 1999
- 18-. Report on: Life Cycle Assessment of Steel Framed Homes, Lightweight Steel Framing, technical bulletin, , CSSBI (Canadian Sheet Steel Building Institute), Volume 3, Number 1, March 1999
- 19-. Prescriptive Method For Residential Cold-Formed Steel Framing, Year 2000 Edition, North American Steel Framing Alliance, Publication NT3.00, NASFA, October 2000.
- 20-. Report on: Life Cycle Assessment of Steel Framed Homes, Lightweight Steel Framing, technical bulletin, , CSSBI (Canadian Sheet Steel Building Institute), Volume 3, Number 2, July 1999

## فصل ۳

---

الزامات صدا بندی سیستم ساختمانی  
قاب های سبک فولادی LSF

## ۵-۱- کلیات

مسائل اکوستیکی در یک ساختمان را می‌توان به دو گروه تقسیم کرد: نخست: کنترل نوفه<sup>۱</sup> یا صدای ناخواسته و یا به عبارت دیگر، الودگی صوتی که از منابع مختلف (مانند وسایل نقلیه، سیستم تهویه و...) به فضای مورد نظر، مثل یک اتاق کار نفوذ می‌کند، دوم: فراهم نمودن شرایط اکوستیک داخلی یک فضا است، که به منظور صداسازی مطلوب می‌باشد. برای کنترل نوفه، ابتدا باید حداکثر نوفه قابل تحمل در فضای مورد نظر مشخص شود. این ارقام در این‌نامه‌های اکوستیکی هر کشور ارائه شده است. پس از آن باید نوفه منطقه‌ای که ساختمان در آنجا ساخته می‌شود، مشخص شود. این نوفه که بیشتر ناشی از نوفه ترافیک است، باید توسط اجزای ساختمانی (دیوار، پنجره و...) کاهش یابد. این کاهش باید به حدی باشد که به ارقام ارائه شده در این‌نامه‌های اکوستیکی کشور برسد. در این صورت، داشتن اطلاعات از صدابندی جداکننده‌ها، الزامی است.

بنابراین از ابتدای مراحل ساخت ساختمان که شامل انتخاب سایت، انتخاب محل ساختمان در سایت و حتی ترتیب استقرار فضاهای داخلی ساختمان می‌باشد، باید تاثیر مسائل پیچیده اکوستیکی را در نظر گرفت. با درک برخی از مبانی پایه اکوستیکی و چگونگی کنترل صدا توسط اجزای ساختمانی، می‌توان از بسیاری از مشکلات جلوگیری کرد و یا حداقل در مراحل اولیه آن را حل نمود و باعث کاهش هزینه‌های بازسازی گردید. در حقیقت اگر برای یک ساختمان تمام شده که در آن ساکن گردیده‌اند، مشکل نوفه یا الودگی صوتی وجود داشته باشد، تنها راه حل ممکن اصلاح و بازسازی است که با صرف هزینه بیشتری انجام خواهد شد.

سیستم سازه‌ای LSF که با استفاده از آن پانل‌های دیواری و سقفی ساخته می‌شود، باید از نظر صدابندی هوابرد و کوبه‌ای جوابگوی مقادیر ارائه شده در مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان باشند.

### ۵-۱-۱- تعاریف

صدا: موج مکانیکی طولی است که در گازها، مایعات و جامدات منتشر می‌شود. گسترهٔ بسامدی امواج صوتی قابل شنیدن، بین ۲۰ تا ۲۰۰۰۰ هرتز است. به تعبیر ساده‌تر، صدا را می‌توان به صورت حرکات موجی در یک فراگیر کشسان و یا به عنوان محرک حس شنوایی تعریف کرد.

جداکننده ساده: جداکننده ساده به جداکننده‌ای گفته می‌شود که در مقطع، از یک یا چند لایه تشکیل شده است و چگالی سطحی (جرم واحد سطح) آن در تمام نقاط یکسان است. مانند دیوار ساخته شده LSF، دیوار اجری با اندود گچ و خاک یا دیوار دوجداره اجری.

تراگسیل صدای هوابرد: هرگاه جداکننده‌ای به وسیله امواج صوتی هوابرد به ارتعاش درآید، نحوه انتقال یافتن صدای اولیه به فضای مورد نظر را تراگسیل صدای هوابرد از طریق آن جداکننده گویند. مانند صدای ناشی از تلویزیون که از یک واحد مسکونی به واحد مسکونی دیگر انتقال می‌یابد.

شاخص کاهش صدا، R: این شاخص بیانگر میزان صدابندی جداکننده در برابر صدای هوابرد است (اصطلاح "افت تراگسیل صدا" (TL) که هم‌چنان در کشورهای انگلیسی زبان مورد استفاده قرار می‌گیرد، معادل با "شاخص کاهش صدا" است). شاخص کاهش صدا یا افت تراگسیل صدا از معادله (۱) برحسب دسی بل تعیین می‌شوند:

$$TL یا R = 10 \log \frac{W_1}{W_2} = 10 \log \frac{1}{\tau} dB \quad (۱)$$

که در آن:

$W_1$ : توان صدای فرودی بر روی جداکننده تحت آزمون؛

$W_2$ : توان صدای تراگسیل شده از طریق آزمون؛

$\tau$ : ضریب تراگسیل جداکننده.

یادآوری: در آزمایشگاه صدابندی، این کمیت براساس استاندارد ملی ایران ۸۵۶۸-۳ و در شرایط میدانی براساس استاندارد ملی ایران ۸۵۶۸-۴ به دست می‌آید. اندازه‌گیری صدابندی نمای ساختمان براساس استاندارد ملی ایران ۸۵۶۸-۵ انجام می‌شود.

شاخص کاهش صدای وزن‌یافته،  $R_w$ : شاخص کاهش صدای وزن‌یافته، کمیتی تک‌عددی برای درجه‌بندی صدابندی جداکننده در برابر صدای هوابرد است که براساس نتایج اندازه‌گیری‌های شاخص کاهش صدا در بسامد بندهای یک‌سوم هنگامی به دست می‌آید. مقدار این کمیت، برابر است با مقدار نمودار مبنا در بسامد ۵۰۰ هرتز، پس از لغزاندن آن به روشی که در استاندارد ملی ایران ۸۸۳۴-۱ مشخص شده است.

تراگسیل صدای کوبه‌ای: هرگاه جداکننده‌ای در اثر کوبش به ارتعاش درآید، نحوه انتقال یافتن صدای اولیه به فضای مورد نظر را تراگسیل صدای کوبه‌ای از طریق آن جداکننده گویند. مانند صدای راه رفتن بر روی کف یک واحد مسکونی که به طبقه پایین واحد مسکونی دیگر منتقل شود

تراز فشار صدای کوبه‌ای معمول شده،  $L_n$ : این شاخص، بیانگر میزان تراز فشار صدای کوبه‌ای انتقال‌یافته از سقف است و از معادله (۲) برحسب دسی‌بل به دست می‌آید:

$$L_n = L_i + 10 \log \frac{A}{A_0} dB \quad (۲)$$

که در آن:

$L_i$ : تراز فشار صدای میانگین در یک بند یک‌سوم هنگامی در اتاق دریافت برحسب دسی‌بل؛

$A$ : سطح جذب معادل اندازه‌گیری شده در اتاق دریافت؛

$A_0$ : سطح جذب معادل مبنا، برابر با ۱۰ مترمربع.

یادآوری: در آزمایشگاه صدابندی، این کمیت براساس استاندارد ملی ایران ۸۵۶۸-۶ و در شرایط میدانی براساس استاندارد ملی ایران ۸۵۶۸-۷ به دست می‌آید. اندازه‌گیری کاهش تراگسیل صدای کوبه‌ای توسط کف‌پوش‌ها براساس استاندارد ملی ایران ۸۵۶۸-۸ انجام می‌شود

تراز فشار صدای کوبه‌ای معمول شده وزن‌یافته،  $L_{nw}$ : تراز فشار صدای کوبه‌ای معمول شده وزن‌یافته کمیتی است تک‌عددی برای درجه‌بندی صدابندی سقف در برابر صدای کوبه‌ای که براساس نتایج اندازه‌گیری‌های تراز فشار صدای کوبه‌ای معمول شده در بسامد بندهای یک‌سوم هنگامی به دست می‌آید.

با توجه به آنکه هر چقدر، میزان صدای تراگسیل شده کم‌تر باشد، صدابندی بهتری حاصل می‌شود، بنابراین کاهش  $L_{nw}$  بیانگر افزایش صدابندی در برابر صدای کوبه‌ای است.

شاخص تک‌عددی دیگری که برای بیان صدابندی سقف در برابر صدای کوبه‌ای به کار می‌رود، براساس استاندارد ASTM E989 درجه صدابندی کوبه‌ای، IIC است که مقدار آن از معادله (۳) به دست می‌آید:

$$IIC = 110 - L_{nw} \quad (۳)$$

با توجه به رابطه فوق افزایش IIC نشان‌دهنده افزایش صدابندی در برابر صدای کوبه‌ای است.

#### ۵-۱-۲- انتظارات عملکردی صدابندی در ساختمان

هر ساختمانی، با هر نوع سیستم ساختمانی، باید به نحوی طراحی و ساخته شود، که سلامت و اسایش ساکنان و همسایگان آن‌ها از نظر شرایط صوتی فضاهای مختلف فراهم شود. از این‌رو رعایت ضوابط و مقررات صدابندی هوابرد و کوبه‌ای در تمام ساختمان‌ها الزامیست. مقررات صدابندی هوابرد و کوبه‌ای تا حدودی در این قسمت ارائه شده است. برای الزامات کامل به مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان و سایر مدارک مصوب در این زمینه مراجعه شود.

#### ۵-۱-۳- عملکرد جداکننده‌ها از نظر صدابندی در ساختمان

جدارهایی که از نظر صدابندی هوابرد در یک ساختمان مورد بررسی قرار می‌گیرند، عبارتند از: نمای ساختمان، جدار بین فضاهای مستقل از هم، جدار بین راه‌پله یا راهرو از فضای موردنظر؛ بام، سقف بین طبقات و سقف بالای پیلوت؛ یا به‌طور کلی هر فضایی به‌دلیل کاربری خاص خود باید از نظر صدابندی از فضای مجاور جداسازی شود. هم‌چنین سقف بین طبقات از نظر صدابندی کوبه‌ای نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد.

#### ۵-۱-۴- ضوابط و مقررات صدابندی در ساختمان

مناطق مختلف شهری از نظر تراز نوفه محیطی: برای ارائه مقررات اکوستیکی برای انواع ساختمان‌های با کاربری‌های مختلف، مناطق مختلف شهری از نظر تراز نوفه محیطی تقسیم‌بندی شده است که ارقام آن در جدول ۵-۱ ارائه شده است.

جدول ۵-۱- منطقه‌بندی شهری از نظر تراز نوفه محیطی

| کاربری‌های مجاز                                                                                   | حداکثر تراز معادل صدای $L_{AeqT}$<br>به دسی‌بل |                      | نوع منطقه شهری<br>از نظر نوفه             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------------|
|                                                                                                   | از ۷ صبح تا<br>۱۰ شب                           | از ۱۰ صبح تا<br>۷ شب |                                           |
| مسکونی، مراکز جهانگردی و پذیرایی،<br>مراکز بهداشتی درمانی، مراکز فرهنگی<br>مراکز تجاری در حد محله | ۴۵                                             | ۵۵                   | با نوفه بسیار پایین<br>(سروصدای بسیار کم) |
| آموزشی، اداری<br>مختلط مسکونی، تجاری، اداری                                                       | ۵۰                                             | ۶۰                   | با نوفه پایین<br>(سروصدای کم)             |

| کاربری‌های مجاز                                                                  | حداکثر تراز معادل صدای $L_{AeqT}$ به دسی‌بل |                      | نوع منطقه شهری<br>از نظر نوفه              |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------|--------------------------------------------|
|                                                                                  | از ۱۰ شب تا<br>صبح ۷                        | از ۷ صبح تا<br>۱۰ شب |                                            |
| مجتمع‌های تجاری، بازار، نمایشگاه                                                 | ۵۵                                          | ۶۵                   | با نوفه معمولی<br>(سروصدای متوسط)          |
| ترمینال‌ها، انبارها، پارکینگ‌ها،<br>استادیوم‌های ورزشی، میدانی میوه<br>و تره‌بار | ۶۰                                          | ۷۰                   | با نوفه بالا<br>(سروصدای زیاد)             |
| صنعتی، نظامی، فرودگاه‌ها                                                         | ۶۵                                          | ۷۵                   | با نوفه بسیار بالا<br>(سروصدای بسیار زیاد) |

یادآوری ۱: مقادیر حداقل شاخص کاهش صدای وزن‌یافته ( $R_w$ ) تعیین‌شده برای جداکننده‌ها در جدول ۲ برای کاربری‌های مختلف، تنها در مناطق شهری که نوفه محیطی آن‌ها در روز برابر یا کمتر از ۶۵ دسی‌بل باشد، قابل قبول است. در صورتی که کاربری‌ها در مناطق شهری با نوفه محیطی بالا و بسیار بالا قرار گیرند، باید به ترتیب مقدار ۵ و ۱۰ دسی‌بل به مقادیر شاخص کاهش صدای وزن‌یافته تعیین‌شده برای پوسته خارجی آن‌ها، افزوده شود.

#### ۵-۴-۱-۱- حداقل شاخص کاهش صدای وزن‌یافته مورد نیاز برای جداکننده‌ها:

حداقل شاخص کاهش صدای وزن‌یافته مورد نیاز برای جداکننده‌ها در ساختمان‌های مختلف، براساس مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان، تحت عنوان "عایق‌بندی و تنظیم صدا" در جدول ۵-۲ ارائه شده است.

جدول ۵-۲- حداقل شاخص کاهش صدای وزن‌یافته مورد نیاز برای دیوارها در ساختمان

| حداقل شاخص<br>کاهش صدای<br>وزن‌یافته<br>( $R_w$ )<br>به دسی‌بل | عملکرد دیوار                                    | نوع ساختمان |
|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------|
| ۴۰                                                             | بین اتاق خواب و فضاهای بیرونی ساختمان           | مسکونی      |
| ۴۰                                                             | بین اتاق نشیمن و فضاهای بیرونی ساختمان          |             |
| ۳۵                                                             | بین آشپزخانه و فضاهای بیرونی ساختمان            |             |
| ۳۵                                                             | بین واحد مسکونی و راهرو عمومی                   |             |
| ۵۰                                                             | بین دو واحد مسکونی مجاور                        |             |
| ۴۵                                                             | بین اتاق مهمان و فضاهای بیرونی ساختمان          | هتل         |
| ۵۰                                                             | بین دو اتاق مهمان                               |             |
| ۴۰                                                             | بین کلاس درس نظری و فضاهای بیرونی ساختمان       | آموزشی      |
| ۳۵                                                             | بین کارگاه یا آزمایشگاه و فضاهای بیرونی ساختمان |             |

|    |                                               |                                          |
|----|-----------------------------------------------|------------------------------------------|
| ۵۰ | بین دو کلاس درس نظری                          |                                          |
| ۴۵ | بین کلیه اتاق‌های بخش بستری، مراقبت‌های ویژه، | بیمارستان‌ها و مراکز<br>بهداشتی و درمانی |
| ۵۰ | بین کلیه اتاق‌های بخش بستری، مراقبت‌های ویژه، |                                          |
| ۴۵ | بین اتاق‌های اداری و دفتری                    | اداری و تجاری                            |

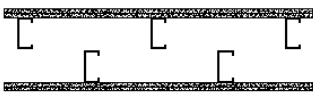
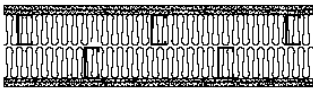
#### ۵-۴-۲- حداکثر تراز صدای کوبه‌ای تراگسیل شده از سقف میان طبقات در ساختمان‌ها:

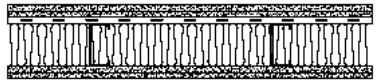
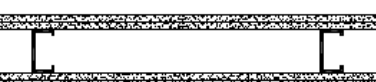
رعایت حداکثر تراز صدای کوبه‌ای معمول‌شده وزن یافته ( $L_{nw}$ ) به مقدار ۵۰ دسی‌بل در ساختمان‌های مسکونی الزامی است. مقادیر تراز صدای کوبه‌ای معمول شده از طرف آزمایشگاه‌های آکوستیک ارائه می‌شود.

#### ۵-۲- مشخصات صدابندی سیستم ساختمانی قاب فولادی سبک (LSF)

در این سیستم، سازه ساختمان با استفاده از پانل‌های دیواری و سقفی LSF ساخته می‌شود. این جدارها باید از نظر صدابندی هوابرد و کوبه‌ای جوابگوی مقادیر ارائه شده در مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان (جدول ۵-۲) باشند. بدین منظور مقادیر صدابندی بعضی از دیوارهای ساخته شده با این پانل‌ها در جداول ۵-۳ و ۵-۴ و مقادیر صدابندی کوبه‌ای بعضی از سقف‌های ساخته شده با این سیستم در جدول ۵-۵ ارائه شده است.

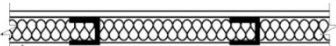
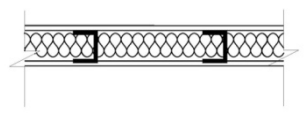
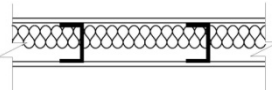
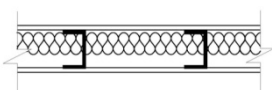
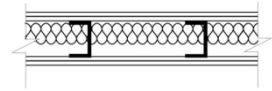
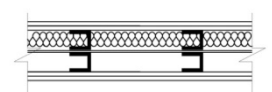
جدول ۵-۳- چند نمونه از جزئیات اجرایی برای دیوارهای باربر LSF

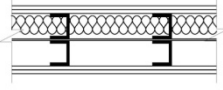
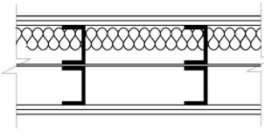
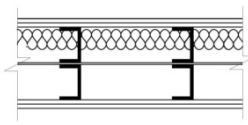
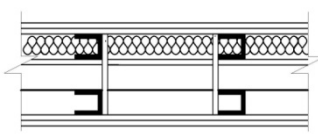
| شرح سیستم                                                                                                                                               | ضخامت کلی (mm) | جزئیات                                                                              | STC (dB) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| دیوار دوبل با وادارهای ۹۲×۹۱، میلیمتر با فاصله ۴۰۶ میلیمتر، دو لایه تخته گچی به ضخامت ۱۲/۷ میلیمتر در هر طرف                                            | ۲۳۵            |  | ۵۶       |
| دیوار دوبل با وادارهای ۹۲×۹۱، میلیمتر با فاصله ۴۰۶ میلیمتر با لایه الیاف معدنی به ضخامت ۹۰ میلیمتر، دو لایه تخته گچی به ضخامت ۱۲/۷ میلیمتر در هر طرف    | ۲۳۵            |  | ۶۴       |
| دیوار با وادارهای ۹۲×۹۱، میلیمتر به فاصله ۴۰۶ میلیمتر، پروفیل‌های ارتجاعی ۲ فلزی به فاصله ۴۰۶ میلیمتر، دو لایه تخته گچی به ضخامت ۱۲/۷ میلیمتر در هر طرف | ۱۴۳            |  | ۴۶       |
| دیوار با وادارهای ۹۲×۹۱، میلیمتر به فاصله ۴۰۶ میلیمتر، دو لایه تخته گچی به ضخامت ۱۲/۷ میلیمتر در هر طرف                                                 | ۱۴۳            |  | ۳۹       |

| STC (dB) | جزئیات                                                                              | ضخامت کلی (mm) | شرح سیستم                                                                                                                                                                                                         |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۵۷       |    | ۱۴۳            | دیوار با وادارهای ۹۲×۹۱/،<br>میلیمتر به فاصله ۶۱۰ میلیمتر،<br>پروفیل‌های ارتجاعی فلزی به<br>فاصله ۴۰۶ میلیمتر، لایه الیاف<br>معدنی به ضخامت ۹۰ میلیمتر،<br>دو لایه تخته گچی به ضخامت<br>۱۲/۷ میلیمتر در هر طرف    |
| ۵۵       |    | ۱۴۳            | دیوار با وادارهای ۹۲×۸۴/،<br>میلیمتر با فاصله ۴۰۶ میلیمتر،<br>پروفیل‌های ارتجاعی فلزی به<br>فاصله ۴۰۶ میلیمتر، لایه الیاف<br>معدنی به ضخامت ۹۰ میلیمتر،<br>دو لایه تخته گچی به ضخامت<br>۱۲/۷ میلیمتر در هر طرف    |
| ۵۵       |  | ۱۴۳            | دیوار با وادارهای ۹۲×۹۱/،<br>میلیمتر با فاصله ۴۰۶ میلیمتر،<br>پروفیل‌های ارتجاعی فلزی به<br>فاصله ۴۰۶ میلیمتر، لایه پشم<br>شیشه به ضخامت ۹۰ میلیمتر،<br>دو لایه تخته گچی به ضخامت<br>۱۲/۷ میلیمتر در هر طرف       |
| ۵۳       |  | ۱۴۳            | دیوار با وادارهای ۹۲×۹۱/،<br>میلیمتر با فاصله ۴۰۶ میلیمتر،<br>پروفیل‌های ارتجاعی فلزی به<br>فاصله ۴۰۶ میلیمتر، لایه عایق<br>سلولزی<br>به ضخامت ۹۰ میلیمتر،<br>دو لایه تخته گچی به ضخامت<br>۱۲/۷ میلیمتر در هر طرف |
| ۵۴       |  | ۱۴۳            | دیوار با وادارهای ۹۲×۹۱/،<br>میلیمتر با فاصله ۴۰۶ میلیمتر،<br>پروفیل‌های ارتجاعی فلزی به<br>فاصله ۴۰۶ میلیمتر، لایه الیاف<br>معدنی<br>به ضخامت ۹۰ میلیمتر،<br>دو لایه تخته گچی به ضخامت<br>۱۲/۷ میلیمتر در هر طرف |
| ۴۴-۴۰    |  | ۱۵۴            | دیوار با وادارهای ۹۲ میلیمتر با<br>فاصله ۶۱۰ میلیمتر،<br>دو لایه تخته گچی به ضخامت<br>۱۵/۹ میلیمتر در هر طرف                                                                                                      |

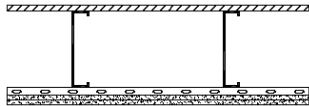
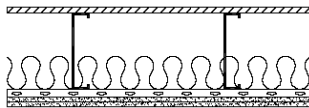
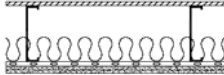
جدول ۵-۴- چند نمونه جزئیات اجرایی برای دیوارهای غیرباربر LSF

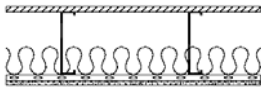
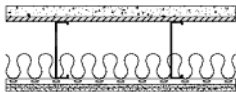
| شرح سیستم                                                                                                                                                                                                                                                   | ضخامت کلی (mm) | جزئیات اجرایی | STC (dB) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------|----------|
| دیوار با وادارهای $۹۰ \times ۳۰ \times ۰/۴۶$ میلیمتر با فاصله مرکز به مرکز $۶۰۰$ میلیمتر، دو لایه تخته گچی به ضخامت $۱۲/۷$ میلیمتر در هر طرف                                                                                                                | ۱۴۱            |               | ۴۷       |
| دیوار با وادارهای $۹۰ \times ۳۰ \times ۰/۴۶$ میلیمتر با فاصله مرکز به مرکز $۶۰۰$ میلیمتر، یک لایه تخته گچی به ضخامت $۱۲/۷$ میلیمتر در یک طرف، دو لایه تخته گچی به ضخامت $۱۲/۷$ میلیمتر در طرف دیگر                                                          | ۱۲۸            |               | ۴۳       |
| دیوار با وادارهای $۹۰ \times ۳۰ \times ۰/۴۶$ میلیمتر با فاصله مرکز به مرکز $۶۰۰$ میلیمتر، یک لایه تخته گچی به ضخامت $۱۲/۷$ میلیمتر در یک طرف، دو لایه تخته گچی به ضخامت $۱۲/۷$ میلیمتر در طرف دیگر، عایق پشم شیشه به ضخامت $۹۰$ میلیمتر در وسط              | ۱۲۸            |               | ۵۱       |
| دیوار با وادارهای $۹۰ \times ۳۰ \times ۰/۴۶$ میلیمتر با فاصله مرکز به مرکز $۶۰۰$ میلیمتر، یک لایه تخته گچی به ضخامت $۱۲/۷$ میلیمتر در یک طرف، دو لایه تخته گچی به ضخامت $۱۲/۷$ میلیمتر در طرف دیگر، عایق الیاف معدنی یا سلولزی به ضخامت $۹۰$ میلیمتر در وسط | ۱۲۸            |               | ۵۰       |
| دیوار با وادارهای $۹۲$ میلیمتر با فاصله مرکز به مرکز $۶۰۰$ میلیمتر، یک لایه تخته گچی به ضخامت $۱۲/۷$ میلیمتر در هر طرف و یک لایه تخته سیمانی به ضخامت $۶/۳۵$ میلیمتر بر روی تخته گچی در هر طرف                                                              | ۱۳۰            |               | ۵۴-۵۰    |

| شرح سیستم                                                                                                                                          | ضخامت کلی (mm) | جزئیات اجرایی                                                                       | STC (dB) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| دیوار با وادارهای ۵۰ میلی‌متر با فاصله ۶۲۵ میلی‌متر، عایق پشم شیشه به ضخامت ۴۰ میلی‌متر در وسط، یک لایه تخته گچی به ضخامت ۱۲/۵ میلی‌متر در هر طرف  | ۷/۵            |    | ۴۵       |
| دیوار با وادارهای ۷۵ میلی‌متر با فاصله ۶۲۵ میلی‌متر، عایق پشم شیشه به ضخامت ۶۰ میلی‌متر در وسط، یک لایه تخته گچی به ضخامت ۱۲/۵ میلی‌متر در هر طرف  | ۱۰             |    | ۴۵       |
| دیوار با وادارهای ۱۰۰ میلی‌متر با فاصله ۶۲۵ میلی‌متر، عایق پشم شیشه به ضخامت ۴۰ میلی‌متر در وسط، یک لایه تخته گچی به ضخامت ۱۲/۵ میلی‌متر در هر طرف | ۱۲/۵           |  | ۴۷       |
| دیوار با وادارهای ۱۰۰ میلی‌متر با فاصله ۶۲۵ میلی‌متر، عایق پشم شیشه به ضخامت ۶۰ میلی‌متر در وسط، یک لایه تخته گچی به ضخامت ۱۲/۵ میلی‌متر در هر طرف | ۱۲/۵           |  | ۴۸       |
| دیوار با وادارهای ۱۰۰ میلی‌متر با فاصله ۶۲۵ میلی‌متر، عایق پشم شیشه به ضخامت ۸۰ میلی‌متر در وسط، یک لایه تخته گچی به ضخامت ۱۲/۵ میلی‌متر در هر طرف | ۱۲/۵           |  | ۵۱       |
| دیوار با وادارهای ۱۰۵ میلی‌متر با فاصله ۶۲۵ میلی‌متر، عایق پشم شیشه به ضخامت ۴۰ میلی‌متر در وسط، دو لایه تخته گچی به ضخامت ۱۲/۵ میلی‌متر در هر طرف | ۱۵/۵           |  | ۶۱       |

| شرح سیستم                                                                                                                                      | ضخامت کلی (mm) | جزئیات اجرایی                                                                       | STC (dB) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| دیوار با وادارهای ۱۵۵ میلیمتر با فاصله ۶۲۵ میلیمتر، عایق پشم شیشه به ضخامت ۴۰ میلیمتر در وسط، دو لایه تخته گچی به ضخامت ۱۲/۵ میلیمتر در هر طرف | ۲۰/۵           |    | ۶۳       |
| دیوار با وادارهای ۲۰۵ میلیمتر با فاصله ۶۲۵ میلیمتر، عایق پشم شیشه به ضخامت ۴۰ میلیمتر در وسط، دو لایه تخته گچی به ضخامت ۱۲/۵ میلیمتر در هر طرف | ۲۵/۵           |    | ۶۳       |
| دیوار با وادارهای ۲۰۵ میلیمتر با فاصله ۶۲۵ میلیمتر، عایق پشم شیشه به ضخامت ۸۰ میلیمتر در وسط، دو لایه تخته گچی به ضخامت ۱۲/۵ میلیمتر در هر طرف | ۲۵/۵           |  | ۶۵       |
| دیوار با وادارهای ۱۷۰ میلیمتر با فاصله ۶۲۵ میلیمتر، عایق پشم شیشه به ضخامت ۴۰ میلیمتر در وسط، دو لایه تخته گچی به ضخامت ۱۲/۵ میلیمتر در هر طرف | ۲۲             |  | ۵۱       |

جدول ۵-۵- صدابندی کوبه‌ای چند نمونه از کف - سقف‌های LSF

| شرح سیستم از بالا به پایین                                                                                                                                                                                                               | ضخامت کلی (mm) | جزئیات اجرایی                                                                       | ICC (dB)                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| تخته چندلایه ۱۵/۹ میلیمتری،<br>تیرچه فولادی با پهنای ۲۰۳ میلیمتر و ضخامت ۱/۲۲ میلیمتر با فواصل ۴۰۶ میلیمتر، پروفیل‌های ارتجاعی ۳ با فواصل مرکز به مرکز ۴۰۶ میلیمتر،<br>دو لایه تخته گچی ۱۲/۷ میلیمتر                                     | ۲۵۶            |    | ۴۰<br>۶۰ (با فرش یا موکت) |
| تخته چندلایه ۱۵/۹ میلیمتری،<br>تیرچه فولادی با پهنای ۲۰۳ میلیمتر و ضخامت ۱/۲۲ میلیمتر با فواصل ۴۰۶ میلیمتر، پروفیل‌های ارتجاعی با فواصل مرکز به مرکز ۴۰۶ میلیمتر،<br>عایق پشم شیشه به ضخامت ۹۰ میلیمتر،<br>دو لایه تخته گچی ۱۲/۷ میلیمتر | ۲۵۶            |  | ۴۹<br>۶۹ (با فرش یا موکت) |
| تخته چندلایه ۱۵/۹ میلیمتری،<br>تیرچه فولادی با پهنای ۲۰۳ میلیمتر و ضخامت ۱/۲۲ میلیمتر با فواصل ۶۱۰ میلیمتر، پروفیل‌های ارتجاعی با فواصل مرکز به مرکز ۴۰۶ میلیمتر،<br>عایق پشم شیشه به ضخامت ۹۰ میلیمتر،<br>دو لایه تخته گچی ۱۲/۷ میلیمتر | ۲۵۶            |  | ۴۲<br>۶۲ (با فرش یا موکت) |

| شرح سیستم از بالا به پایین                                                                                                                                                                                                                                                                 | ضخامت کلی (mm) | جزئیات اجرایی                                                                       | ICC (dB)                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| <p>تخته چندلایه ۱۵/۹ میلیمتری،</p> <p>تیرچه فولادی با پهنای ۲۰۳ میلیمتر و ضخامت ۱/۲۲ میلیمتر با فواصل ۴۰۶ میلیمتر، پروفیل‌های ارتجاعی با فواصل مرکز به مرکز ۴۰۶ میلیمتر،</p> <p>عایق الیاف معدنی به ضخامت ۹۰ میلیمتر،</p> <p>یک لایه تخته گچی ۱۲/۷ میلیمتر</p>                             | ۲۴۳            |    | <p>۴۴</p> <p>۶۴ (با فرش یا موکت)</p> |
| <p>بتن رویه با ضخامت ۳۸ میلیمتر روی تخته چندلایه ۱۶ میلیمتری،</p> <p>تیرچه فولادی با پهنای ۲۰۳ میلیمتر و ضخامت ۱/۲۲ میلیمتر با فواصل ۴۰۶ میلیمتر، پروفیل‌های ارتجاعی با فواصل مرکز به مرکز ۴۰۶ میلیمتر،</p> <p>عایق پشم شیشه به ضخامت ۹۰ میلیمتر،</p> <p>دو لایه تخته گچی ۱۲/۷ میلیمتر</p> | ۲۵۶            |  | <p>۳۱</p> <p>۷۰ (با فرش یا موکت)</p> |

### ۳-۵- جمع‌بندی عملکردی صدابندی در ساختمان

از بررسی نتایج اندازه‌گیری صدابندی هوابرد دیوارهای ساخته شده با پانل‌های دیواری LSF می‌توان نتایج زیر را در جهت بهبود عملکرد صدابندی این سیستم ارائه نمود:

هرچه قدر عمق وادارها بیشتر شود صدابندی افزایش می‌یابد.

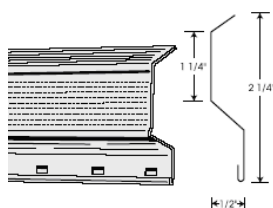
در صورت استفاده از الیاف معدنی یا سلولزی، صدابندی افزایش می‌یابد و در صورتی که ضخامت این الیاف بیشتر شود افزایش صدابندی نیز بیشتر خواهد شد.

افزایش فاصله مرکز به مرکز وادارها، تا حدودی صدابندی دیوار را در برابر صدای هوابرد افزایش می‌دهد.

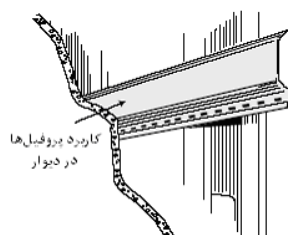
استفاده از چند لایه گچی به جای یک لایه، باعث افزایش صدابندی می‌شود.

در صورت استفاده از پروفیل‌های ارتجاعی فلزی (جزئیات جداول ۳-۵ و ۴-۵) بین لایه گچی و وادارها، صدابندی افزایش پیدا می‌کند.

توضیح آن‌که استفاده از پروفیل‌های ارتجاعی مطابق شکل‌های ۱-۵ و ۲-۵ یک روش بسیار مؤثر و کم‌هزینه برای کاهش تراگیل صدا از طریق دیوارها است. به‌ویژه برای دیوارهای ساختمان‌های چندواحدی، استودیوهای ضبط صدا و امثال آن‌ها مناسب است. این پروفیل‌ها مطابق با استانداردهای ASTM ساخته شده‌اند.



شکل ۱-۵- پروفیل ارتجاعی



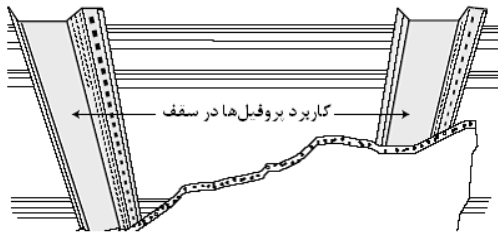
شکل ۲-۵- کاربرد پروفیل ارتجاعی در دیوار

استفاده از دیوار دابل صدابندی را افزایش خواهد داد و برای افزایش بیشتر صدابندی، باید در عمق وادارها مواد الیافی قرار گیرد.

با توجه به نتایج اندازه‌گیری‌های مندرج در جداول ۳-۵ و ۴-۵ و همچنین ضوابط ارائه شده در مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان، دیوارهایی که STC آن‌ها از ۵۰ دسی‌بل بیشتر است، برای دیوارهای خارجی و دیوار بین واحدهای مستقل در ساختمان‌های مسکونی قابل قبول هستند.

از بررسی نتایج اندازه‌گیری صدابندی کوبه‌ای سقف‌های ساخته شده با پانل‌های سقفی LSF می‌توان نتایج زیر را در جهت بهبود عملکرد صوتی سقف‌ها استخراج نمود:

- ۱- در صورت استفاده از الیاف معدنی یا سلولزی، صدابندی کوبه‌ای افزایش می‌یابد و در صورتی که ضخامت این الیاف‌ها بیشتر شود افزایش صدابندی نیز بیشتر خواهد شد.
- ۲- کاهش فاصله مرکز به مرکز وادارها، تا حدودی صدابندی سقف را در برابر صدای کوبه‌ای افزایش می‌دهد.
- ۳- در صورت استفاده از پروفیل‌های ارتجاعی فلزی (جزئیات جدول ۵-۵) بین لایه گچی و وادارها، صدابندی کوبه‌ای افزایش پیدا می‌کند.



شکل ۵-۳- کاربرد پروفیل‌های ارتجاعی در سقف

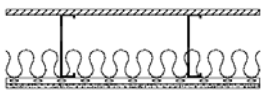
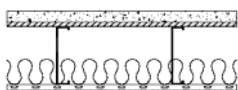
- ۴- در صورت مغروش کردن کف با پوشش‌های پُرزدار مثل موکت یا فرش، مقدار صدابندی افزایش می‌یابد.
- ۵- برای افزایش صدابندی کوبه‌ای سقف از کف شناور استفاده می‌شود.
- ۶- با توجه به نتایج اندازه‌گیری‌های مندرج در جدول ۵-۵ و همچنین ضوابط ارائه شده در مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان، سقف‌هایی که IIC آن‌ها از ۶۰ دسی‌بل بیشتر است، برای سقف بین طبقات در ساختمان‌های مسکونی قابل قبول هستند.

## منابع

۱- گزارش تحقیقاتی، "بررسی و ارزیابی چند سیستم مطرح در پروژه‌های انبوه‌سازی ساختمان‌های مسکونی - سیستم قاب سبک فولادی" انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، شماره نشریه: گ-۴۸۸، چاپ اول ۱۳۸۸

۲- دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان. "مقررات ملی ساختمان ایران، عایق بندی وتنظیم صدا"، انتشارات مدیریت، تهران چاپ دوم، ۱۳۹۰.

1. Warnock, A.C.C., Private Communication, Sound Transmission Estimates for Steel-Framed Wall Assemblies, Institute for Research in Construction, National Research Council of Canada, Ottawa, Ontario, Canada, July 28, 2003.
2. Gypsum Association, Washington, D.C., USA.
3. schallschutz mit Knauf, 1991.

| شرح سیستم از بالا به پایین                                                                                                                                                                                                                                                                                        | ضخامت کلی (mm) | جزئیات اجرایی                                                                      | ICC (dB)                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| <p>تخته چندلایه ۱۵/۹ میلیمتری،<br/>تیرچه فولادی با پهنای ۲۰۳<br/>میلیمتر و ضخامت ۱/۲۲<br/>میلیمتر با فواصل ۴۰۶ میلیمتر،<br/>پروفیل‌های ارتجاعی با فواصل<br/>مرکز به مرکز ۴۰۶ میلیمتر،<br/>عایق الیاف معدنی به ضخامت<br/>۹۰ میلیمتر،<br/>یک لایه تخته گچی ۱۲/۷<br/>میلیمتر</p>                                     | ۲۴۳            |   | ۴۴<br><br>۶۴ (با فرش یا<br>موکت) |
| <p>بتن رویه با ضخامت ۳۸ میلیمتر<br/>روی تخته چندلایه ۱۶<br/>میلیمتری،<br/>تیرچه فولادی با پهنای ۲۰۳<br/>میلیمتر و ضخامت ۱/۲۲<br/>میلیمتر با فواصل ۴۰۶ میلیمتر،<br/>پروفیل‌های ارتجاعی با فواصل<br/>مرکز به مرکز ۴۰۶ میلیمتر،<br/>عایق پشم شیشه به ضخامت<br/>۹۰ میلیمتر،<br/>دو لایه تخته گچی ۱۲/۷<br/>میلیمتر</p> | ۲۵۶            |  | ۳۱<br><br>۷۰ (با فرش یا<br>موکت) |

### ۳-۵- جمع‌بندی عملکردی صدابندی در ساختمان

از بررسی نتایج اندازه‌گیری صدابندی هوابرد دیوارهای ساخته شده با پانل‌های دیواری LSF می‌توان نتایج زیر را در جهت بهبود عملکرد صدابندی این سیستم ارائه نمود:

هرچقدر عمق وادارها بیشتر شود صدابندی افزایش می‌یابد.

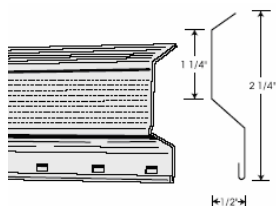
در صورت استفاده از الیاف معدنی یا سلولزی، صدابندی افزایش می‌یابد و در صورتی که ضخامت این الیاف بیشتر شود صدابندی نیز بیشتر خواهد شد.

افزایش فاصله مرکز به مرکز وادارها، تا حدودی صدابندی دیوار را در برابر صدای هوابرد افزایش می‌دهد.

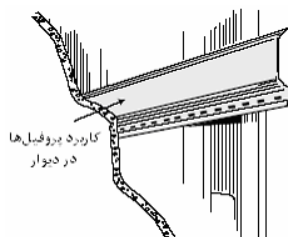
استفاده از چند لایه گچی به جای یک لایه، باعث افزایش صدابندی می‌شود.

در صورت استفاده از پروفیل‌های ارتجاعی فلزی (جزئیات جداول ۳-۵ و ۴-۵) بین لایه گچی و وادارها، صدابندی افزایش پیدا می‌کند.

توضیح آن‌که استفاده از پروفیل‌های ارتجاعی مطابق شکل‌های ۱-۵ و ۲-۵ یک روش بسیار مؤثر و کم‌هزینه برای کاهش تراکسیل صدا از طریق دیوارها است. به‌ویژه برای دیوارهای ساختمان‌های چندواحدی، استودیوهای ضبط صدا و امثال آن‌ها مناسب است. این پروفیل‌ها مطابق با استانداردهای ASTM ساخته شده‌اند.



شکل ۱-۵- پروفیل ارتجاعی



شکل ۲-۵- کاربرد پروفیل ارتجاعی در دیوار

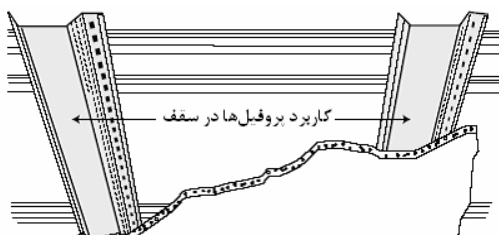
استفاده از دیوار دابل صدابندی را افزایش خواهد داد و برای افزایش بیشتر صدابندی، باید در عمق وادارها مواد الیافی قرار گیرد.

با توجه به نتایج اندازه‌گیری‌های مندرج در جداول ۳-۵ و ۴-۵ و همچنین ضوابط ارائه شده در مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان، دیوارهایی که STC آن‌ها از ۵۰ دسی‌بل بیشتر است، برای دیوارهای خارجی و دیوار بین واحدهای مستقل در ساختمان‌های مسکونی قابل قبول هستند. از بررسی نتایج اندازه‌گیری صدابندی کوبه‌ای سقف‌های ساخته شده با پانل‌های سقفی LSF می‌توان نتایج زیر را در جهت بهبود عملکرد صوتی سقف‌ها استخراج نمود:

۱- در صورت استفاده از الیاف معدنی یا سلولزی، صدابندی کوبه‌ای افزایش می‌یابد و در صورتی که ضخامت این الیاف‌ها بیشتر شود افزایش صدابندی نیز بیشتر خواهد شد.

۲- کاهش فاصله مرکز به مرکز وادارها، تا حدودی صدابندی سقف را در برابر صدای کوبه‌ای افزایش می‌دهد.

۳- در صورت استفاده از پروفیل‌های ارتجاعی فلزی (جزئیات جدول ۵-۵) بین لایه گچی و وادارها، صدابندی کوبه‌ای افزایش پیدا می‌کند.



شکل ۵-۳- کاربرد پروفیل‌های ارتجاعی در سقف

۴- در صورت مفروش کردن کف با پوشش‌های پُرزدار مثل موکت یا فرش، مقدار صدابندی افزایش می‌یابد.

۵- برای افزایش صدابندی کوبه‌ای سقف از کف شناور استفاده می‌شود.

۶- با توجه به نتایج اندازه‌گیری‌های مندرج در جدول ۵-۵ و همچنین ضوابط ارائه شده در مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان، سقف‌هایی که IIC آن‌ها از ۶۰ دسی‌بل بیشتر است، برای سقف بین طبقات در ساختمان‌های مسکونی قابل قبول هستند.

## منابع

- ۱- گزارش تحقیقاتی، " بررسی و ارزیابی چند سیستم مطرح در پروژه‌های انبوه‌سازی ساختمان‌های مسکونی  
- سیستم قاب سبک فولادی " انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، شماره نشریه: گ- ۴۸۸ ، چاپ اول ۱۳۸۸  
۲- دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان . " مقررات ملی ساختمان ایران ، عایق بندی و تنظیم صدا " ، انتشارات مدیریت ، تهران چاپ دوم ، ۱۳۹۰ .

1. Warnock, A.C.C., Private Communication, Sound Transmission Estimates for Steel-Framed Wall Assemblies, Institute for Research in Construction, National Research Council of Canada, Ottawa, Ontario, Canada, July 28, 2003.
2. Gypsum Association, Washington, D.C., USA.
3. schallschutz mit Knauf, 1991.

## خواننده گرامی

امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر پانصد عنوان نشریه تخصصی-فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در پایگاه اطلاع‌رسانی [nezamfanni.ir](http://nezamfanni.ir) قابل دستیابی می‌باشد.

## امور نظام فنی

**Islamic Republic of Iran**  
**Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision**

# **Coldformed Light Steel Structures Design and Construction Code(Non- structural)**

**No.613**

Office of Deputy for Strategic Supervision  
Department of Technical Affairs  
**nezamfanni.ir**

**2013**

## این نشریه

مباحث غیرسازه‌ای آئین‌نامه طراحی و اجرای سازه‌های فولادی سبک سرد نورد شده در سه فصل این نشریه به عنوان مرجع طرح و اجرای سازه‌های ساختمانی متشکل از قطعات ساخته‌شده از ورق‌های فولادی سبک سردنورد به ضخامت تا ۳ میلی‌متر از طریق خم‌کاری، ارائه شده است.

در این راهنما به جنبه‌های مختلف از جمله ایمنی در برابر آتش، عملکرد حرارتی و الزامات صدابندی پرداخته شده است. مباحث سازه‌ای این ضابطه در نشریه شماره ۶۱۲ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور ابلاغ شده است.