جمهوری اسلامی ایران

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

آیین‌نامه طراحی و اجرای سازه‌های فولادی سرد نورد(بخش غیر سازه)

نشریه شماره ۶۱۳

معاونت نظارت راهبردی

امور نظام فنی

Nezamfanni.ir

۱۳۹۲

بسمه تعالی

معاون برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	شماره:	۹۲/۷۶۸۸
	تاریخ:	۱۳۹۲/۰۲/۰۳

موضوع : **آیین نامه طراحی و اجرای سازه‌های فولادی سرد نورد (بخش غیر سازه)**

به استناد آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی، موضوع ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (موضوع تصویب‌نامه شماره ۴۲۳۳۹/ت۳۳۴۹۷هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۶۱۳ امور نظام فنی، با عنوان « **آیین نامه طراحی و اجرای سازه‌های فولادی سرد نورد (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.

بهروز مرادی

ش ش: ۲۰۷۸۵

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، ایهام 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.*

٤- *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 صفی علیشاه، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، امور نظام فنی ، مرکز تلفن ۳۳۲۷۱

Email:info@nezamfanni.ir **web: http://nezamfanni.ir**

بسمه‌تعالی

پیشگفتار

نظام فنی و اجرایی کشور (مصوبه شماره۴۲۳۳۹/ ت ۳۳۴۹۷ ه 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 تولیدسریع 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 سیستم‌ساختمانی 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 تإلیف و تدوین آئین‌نامه طراحی و اجرای ساختمان‌های فولادی سرد نورد(بخش غیرسازه- نشریه شماره۶۱۳) نموده است که بخش سازه‌ای این آیین‌نامه نشریه شماره۶۱۲ می‌باشد. امید است این آیین‌نامه نیاز طراحان و مجریان این سیستم ساختمانی را تأمین نموده و شاهد اجرای صحیح این سیستم در ساخت و سازهای 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 هیات 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 ره‌شهر

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)	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

اعضای کمیته تدوین ضوابط اجرایی و نقشه ها(پیوست ها):

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

همکار/مشاور بین المللی و داخلی:

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

اعضای کمیته بازنگری و ویرایش نهایی :

۱- دکتر محمد حسن فلاح	عضو هیأت علمی دانشگاه شیراز
۲- مهندس مسعود قاسم زاده	عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
۳- دکتر محمد خراسانی	دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مهندسی عمران
۴- مهندس میثم امیرسادات	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
اقای 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

اتش: در این مقررات، برای سادگی و اختصار، در برخی از عبارات از واژه "اتش" به جای "اتش‌سوزی" استفاده شده است و منظور از ان اتشی است که از کنترل خارج شده و برای انسان، موجودات زنده، ساختمان و محتویات ان زیان‌اور و خطرناک است (به عنوان مثال استفاده از عبارت "اتش استاندارد" به جای "اتش‌سوزی استاندارد" یا "مقاومت در برابر اتش" به جای "مقاومت در برابر اتش‌سوزی").

اتش استاندارد: یک منحنی استاندارد که افزایش دما بر حسب زمان را برای ازمایش‌های استاندارد مقاومت در برابر اتش مشخص می‌کند. اتش استاندارد در استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۰۵۵۱. ارائه شده است.

اتش‌بند 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.

اتش‌بند 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 اتش‌بند منفذ باید مطابق با استاندارد ASTM E814 یا سایر استانداردهای معتبر مورد تائید مقام مسئول باشد. به تعاریف درجه‌بندی F و T مراجعه شود.

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

اجزای باربر: اعضایی 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.

ازمایش مقاومت در برابر اتش: ازمایش عناصر و سیستم‌های ساختمانی در کوره‌های مخصوص و تحت یک منحنی استاندارد دما-زمان، تا به این وسیله مقاومت عنصر مورد نظر در برابر اتش تعیین شود. در ازمایش مقاومت در برابر اتش، 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 سکوهای لازم که در مجموع رفت و امد 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 اتش: در این مقررات به جای عبارت "پنجره مقاوم در برابر اتش"، اصطلاحا از عبارت کوتاه‌تر "پنجره اتش" استفاده شده است و منظور از ان پنجره‌ای با ساختار و شیشه‌کاری مناسب است که بتواند محافظت لازم به منظور جلوگیری از انتقال اتش‌سوزی را، در حد الزامات مربوط، تامین کند.

تایید شده، تصویب شده:

۱- تائید و تصویب مصالح، لوازم و تاسیسات ساختمانی، طرح‌ها، روش‌ها و ساختارها، یعنی تائید و تصویب ان‌ها توسط مقامات قانونی مسئول، مراکز و ازمایشگاه‌های دارای صلاحیت قانونی که مطابق ضوابط، استانداردها و مقررات مربوطه، با انجام ازمایش و بررسی مستقیم یا غیر مستقیم صورت می‌گیرد، ۲- تائید و تصویب تصرف، یعنی تائید و تصویب یک یا چند نوع بهره‌گیری از بنا، که بنا به ان 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 ان 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 ان است که به مقاصدی معلوم در دست بهره‌برداری بوده و یا قرار است به ان مقاصد مورد استفاده قرار گیرد (توضیح: از ان 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.

حیاط: 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 ان صورت به ان حیاط داخلی گفته می‌شود.

خانه: فضای زندگی حداکثر با دو طبقه ارتفاع که به منظور سکونت یک یا دو خانوار درنظر 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 اتش‌نشانی برای خاموش کردن اتش‌سوزی را فراهم اورد. معابر داخل فضاهای بسته و تونل‌ها اگرچه مورد استفاده عبور و مرور عمومی قرار گرفته و ماشین‌رو باشند، به عنوان خیابان ملحوظ نمی‌شوند.

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

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

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

در خودکار بسته‌شو: یک در محافظت‌شده در برابر اتش که مجهز به سیستمی است که به هنگام اتش‌سوزی، 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 اتش کف: مجموعه‌ای از لنگه در یا دریچه، چارچوب، یراق‌آلات و دیگر اجزای نصب شده در سطح افقی، که مجموعا یک درجه مشخص از محافظت در برابر اتش را در یک منفذ، داخل یک کف دارای درجه‌بندی مقاومت در برابر اتش تامین می‌کند.

درجه محافظت در برابر اتش: مدت زمانی که یک بازشوی محافظت شده (مانند یک در اتش)، مطابق با ازمون استاندارد قادر به محبوس کردن اتش باشد. درجه‌بندی محافظت در برابر اتش بر حسب ساعت یا دقیقه بیان می‌شود.

درجه‌بندی F: مدت زمانی که یک سیستم اتش‌بند مطابق ازمایش ASTM E814، پیشروی اتش از طریق منفذ را محدود می‌کند.

درجه‌بندی T: مدت زمانی که سیستم اتش‌بند منفذ، شامل عنصر نفوذکننده، حداکثر افزایش دما به سمت مخالف حریق از طریق منفذ را به ۱۶۳ درجه سلسیوس محدود می‌سازد، در صورتی که ازمون 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 اتش وجود داشته باشد، باید از سیستم درزبندی مقاوم در برابر اتش استفاده کرد (برای مثال مراجعه کنید به بند ۳-۱۸-۳)

دمپر (یا دریچه) اتش/ 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 ان را از یک ایستگاه فرماندهی در ساختمان در محلی دور از دمپر کنترل نمود (در این مقررات به جای عبارت "دمپر مقاوم در برابر اتش/دود"، اصطلاحا از عبارت کوتاه‌تر "دمپر اتش/دود" استفاده شده است).

دمپر (یا دریچه) اتش: 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 اتش براساس استفاده در سیستم‌های استاتیکی (که در صورت وقوع اتش‌سوزی به صورت خودکار متوقف می‌شوند) یا در سیستم‌های دینامیکی (که در طی مدت اتش‌سوزی به کار خود ادامه می‌دهند) طبقه‌بندی می‌شوند. دمپرهای اتش نوع دینامیکی برای بسته‌شدن تحت ادامه جریان هوا ازمایش و درجه‌بندی می‌شود (در این مقررات به جای عبارت "دمپر مقاوم در برابر اتش"، اصطلاحا از عبارت کوتاه‌تر "دمپر اتش" 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 دمپرها طوری نصب می‌شود که به طور خودکار و تحت کنترل سیستم کشف دود عمل کرده و در صورت لزوم بتوان ان را از یک ایستگاه فرماندهی دور در ساختمان کنترل نمود (در این مقررات به جای عبارت "دمپر مقاوم در برابر عبور دود"، اصطلاحا 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 فضاهای داخل ساختمان یا سازه به وسیله ساختار دارای درجه‌بندی مقاومت در برابر اتش و محافظت‌کننده‌های بازشو جدا شده است و مسیر عبور محافظت‌شده‌ای را به سمت یک تخلیه خروج یا به یک معبر عمومی تامین می‌کند (همچنین مراجعه کنید به تعریف راه خروج).

دوربند شفت: دیوارهای تشکیل‌دهنده مرزهای (بدنه) اطراف یک شفت (همچنین مراجعه کنید به تعریف شفت).
دیوار جان‌پناه: بخش امتداد یافته دیوارهای خارجی بنا در بام که به منظور فراهم نمودن ایمنی و تفکیک همسایگی اجرا می‌شود.
دیوار جداکننده اتش: دیوار جداکننده‌ای که برای جلوگیری از گسترش اتش‌سوزی از یک طرف به طرف دیگر دیوار طراحی شده و بازشوهای ان در برابر اتش محافظت شده است.
دیوار مشترک: دیواری که در مرز مالکیت دو ساختمان برای بهره‌گیری مشترک ساخته می‌شود.
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.
راه‌پله: مراجعه کنید به پلکان.
راهرو: قسمتی از راه خروج که در بین ردیف‌های اصلی صندلی‌ها، نشیمن‌ها، میزها و سایر مبلمان موجود در فضاهای تجمعی، رد می‌شود و امکان عبور از میان انها و یا دسترسی به ان‌ها را فراهم می‌کند.
سیستم درزبندی اتش: مجموعه‌ای از مواد یا فراورده‌های ویژه که برای ایجاد مقاومت در برابر عبور اتش، داخل درزهای ساخته شده درون یا بین مجموعه‌های ساختمانی دارای درجه‌بندی مقاومت در برابر اتش قرار گرفته‌اند. این سیستم‌ها باید براساس یکی از استانداردهای UL 2079 یا ASTM E1966 طراحی، ازمایش و از نظر مقاومت در برابر اتش درجه‌بندی شده باشند (در این مقررات به جای عبارت "درزبندی مقاوم در برابر اتش، اصطلاحا از عبارت کوتاه‌تر درزبندی اتش" استفاده شده است).
شفت: فضای محصور امتداد یافته بین یک یا چند طبقه از یک ساختمان که به صورت عمودی گشودگی‌های طبقه‌ها در بر می‌گیرد، مانند جعبه پلکان، جعبه اسانسور و داکت‌های تاسیساتی.
شیب‌راه: سطح تردد که دارای شیبی بیشتر از ۵ درصد است.
طبقه خیابان: طبقه‌ای 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 مستقیما 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 می‌شود.
طبقه: بخشی از ساختمان که بین دو کف تمام شده متوالی قرار دارد (همچنین مراجعه کنید به تعاریف واژه‌های زیرزمین و نیم‌طبقه).
عنصر ساختمانی درجه‌بندی‌شده (یا دارای درجه‌بندی) از نظر مقاومت در برابر اتش: یک عنصر ساختمانی (مانند دیوار، سقف یا غیره) که مطابق با مقررات، دارای یک مقدار الزامی مشخص مقاومت در برابر اتش است.
عنصر نفوذکننده: عنصری مانند لوله، کابل یا غیره که از طریق یک منفذ به درون یک عنصر ساختمانی دارای درجه‌بندی از نظر مقاومت در برابر اتش نفوذ کرده است (به فصل ۳-۸ و قسمت ۳-۸-۱۲ مراجعه شود).
فاصله مجزاسازی حریق: عبارت از فاصله اندازه‌گیری 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 اندازه‌گیری 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 می‌کند.

که در ان t = زمان ازمایش بر حسب دقیقه و T = دمای کوره بر حسب درجه سلسیوس در زمان t است.

مانع اتش: یک عنصر ساختمانی افقی (مانند سقف) یا قائم (مانند دیوار) با درجه‌بندی مقاومت در برابر اتش که برای جلوگیری از گسترش اتش‌سوزی طراحی شده و دارای بازشوهای محافظت شده در برابر اتش 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 ان صورت گرفته و به وسیله ساختمان محصور نشده باشد. اندازه و محل محوطه باز باید به گونه‌ای باشد که به هنگام بروز اتش‌سوزی، ماموران اتش‌نشانی و ایمنی بتوانند به ان دسترسی داشته و از ان 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 صورتی‌که درون تصویر افقی بام یا کف بالایی قرار داشته باشند، باید در محاسبه مساحت ساختمان درنظر 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 کم‌کردن 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 ازاد شعله به دیگر نواحی ساختمان از میان فضاهای پنهان.

مقاومت در برابر اتش: 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 ان را به تاخیر می‌اندازد.

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

منحنی استاندارد دما-زمان (برای ازمایش مقاومت در برابر اتش): منحنی دما بر حسب زمان مربوط به کوره‌های ازمایش مقاومت در برابر اتش 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 اتش (مانند دیوارهای مانع اتش، دیوارهای جداکننده اتش و سیستم‌های کف/سقف مقاوم در برابر اتش) 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 ان عبور می‌کند.

هتل: بنایی که اتاق‌های ان 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 ـ سقف یا بام ـ 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 اتش

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

۳-۱-۲-۱- کشف و اعلام به موقع حریق

ساختمان باید به نحوی طراحی و ساخته شود که در صورت وقوع اتش‌سوزی، ساکنان و افراد داخل ساختمان در همان مراحل اولیه از ان 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.

۳-۱-۲-۲- طراحی مسیرهای خروج

ساختمان باید به نحوی طراحی و ساخته شود که در صورت وقوع اتش‌سوزی، مسیرهایی برای فرار از ساختمان به محل امنی در خارج از ان 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.

۳-۱-۲-۳- جلوگیری از گسترش داخلی و خارجی اتش‌سوزی

برای جلوگیری از گسترش اتش‌سوزی در داخل ساختمان لازم است تا نازک‌کاری‌های داخلی از خواص مناسبی در برابر اتش برخوردار بوده و به علاوه اجزای ساختاری (نظیر دیوارها) مانع از گسترش اتش‌سوزی 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 اتش‌سوزی در داخل ساختمان، نازک‌کاری‌های داخلی باید:
۱) در صورت قابل اشتعال بودن، شدت رهایش گرمای ناشی از سوختن انها 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 اتش‌سوزی، پایداری ان به مدت مناسبی حفظ شود.
- دیوار بین واحدهای مستقل باید چنان طراحی و ساخته شود که در برابر گسترش اتش‌سوزی از یک واحد به واحدهای مجاور مقاومت نماید.
- ساختمان باید به نحوی طراحی و ساخته شود که در ان امکان پیشروی پنهان اتش و دود در فضاهای ناپیدای موجود در داخل ساختار وجود نداشته باشد.

- بازشوهای نصب شده در داخل عناصر دارای درجه‌بندی مقاومت در برابر اتش، 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 اتش بر روی دیوار و گسترش اتش‌سوزی 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 انها، در صورت قرار گرفتن در معرض یک منبع حرارت بیرونی کم باشد و در صورت اشتعال، گرمای کمی ازاد کرده و پیشروی شعله بر روی سطوح انها محدود باشد.

همچنین لازم است که مساحت سطوح محافظت نشده موجود در جدار خارجی ساختمان (مانند پنجره‌ها) محدود شود، به طوری‌که 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 ان بر اثر منابع اشتعال خارجی محدود شود.

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

۳-۱-۲-۴- سیستم‌های خاموش کننده اتش

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

۳-۱-۲-۵- تسهیلات برای دسترسی و عملیات نیروهای اتش‌نشان

- ساختمان باید به نحوی طراحی و ساخته شود که تسهیلات لازم برای عملیات نیروهای اتش‌نشان 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 اماده و حلقه‌های شلنگ‌های اتش‌نشانی) را خواستار شود. همچنین، باید راه‌های دسترس کافی برای ورود به ساختمان و در درون ان برای نیروهای اتش‌نشان به منظور انجام عملیات امداد و خاموش‌سازی حریق وجود داشته باشد.

- محوطه ساختمان باید به نحوی طراحی و ساخته شود که نیروهای اتش‌نشان 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 اتش‌نشانی 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 اتش‌سوزی مجهز شده باشد.

۳-۱-۳- دسته‌بندی تصرف ساختمان‌ها

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

در این ایین‌نامه ساختمان‌ها از نظر نوع تصرف به ۱۰ گروه اصلی تقسیم شده‌اند. که بعضی از ان‌ها دارای زیرگروه‌هایی نیز هستند. از ان 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 ایین‌نامه برای ساختمان‌های مخاطره‌امیز، فقط در حد نیاز اورده شده است. امکان ارائه تمام الزامات ایمنی مربوط به ساختمان‌های مخاطره‌امیز با جزئیات مربوط به انها در این ایین‌نامه 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 ان جمله می‌توان وجود فضاهای تجمعی احتمالی در ساختمان‌های اداری، اموزشی 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 انها به نحو مناسب پیش‌بینی شده و ساختمان در کل از ایمنی کافی در برابر اتش‌سوزی 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 اموزشی: گروه ا

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 مخاطره‌امیز: خ

۱۰- تصرف‌های متفرقه: گروه ف

برای شرح دقیق گروه‌های تصرف و زیرگروه‌های انها به اخرین ویرایش مبحث سوم مقررات ملی ساختمان و یا نشریه شماره ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن (دستورالعمل محافظت ساختمان‌ها در برابر اتش) 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 ۳-۱- راهنمای حروف اختصاری تصرف‌ها

حرف اختصاری	نوع تصرف	زیرگروه‌ها	مثال
ا	اموزشی/ 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، سرگرمی‌یا 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 ـ۵	پارک‌های تفریحی و استادیوم‌های سرباز
ح	حرفه‌ای/ اداری	-	دفاتر اداری، بانک‌ها، شعب پست، ارایشگاه، کلینیک‌ها و مطب‌های پزشکی، ازمایشگاه تشخیص طبی، دفاتر مهندسی، دانشگاه، پاسگاه نیروهای انتظامی
خ	مخاطره‌امیز	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 اب
		خ-۴	اماکن حاوی مواد خورنده و مواد سمی
		خ-۵	کارخانه‌های تولید نیمه‌هادی‌ها
د	درمانی/ مراقبتی	د ـ۱	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 اسیب‌دیدگان اجتماعی و مراکز ترک اعتیاد
		د ـ۲	خدمات شبانه‌روزی پزشکی، جراحی، روانپزشکی و

حرف اختصاری	نوع تصرف	زیرگروه‌ها	مثال
			پرستاری
		د ـ۳	زندان‌ها، بازداشتگاه‌ها، ندامتگاه‌ها و اندرزگاه‌ها، دارالتادیبها
		د ـ۴	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	ص‌ـ۱	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
		ص‌ـ۲	صنایع تولید: مصالح بنایی، گداز فلزات، محصولات شیشه، گچ، شکل‌دهی فلزات و نوشابه‌های غیرالکلی
ف	متفرقه	-	اصطبل، گلخانه، پارکینگ شخصی
ک	کسبی/ تجاری	-	فروشگاه‌ها، بازارها و بازارچه‌ها، داروخانه‌ها، تعمیرگاه‌های اتومبیل
م	مسکونی/ اقامتی	م ـ۱	هتل‌ها، متل‌ها و مسافرخانه‌ها
		م ـ۲	بناهای اپارتمانی، اقامتگاه‌های غیرموقت سازمانی، خوابگاه‌ها و اقامتگاه‌های تفریحی شراکتی
		م ـ۳	مسکونی برای مراقبت شبانه‌روزی از افراد بین ۶ تا ۱۶ نفر
ن	انباری	ن‌ـ۱	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
		ن‌ـ۲	انبار: مواد غیر قابل سوختن مانند کیسه‌های سیمان، گچ، اهک، 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 ان 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 اتش الزامی‌شده باشد، فضای فرعی حادثه خیز باید به وسیله دیوارهای مانع اتش از سایر قسمت‌های ساختمان جدا شود. چنانچه در جدول یاد شده، تامین سیستم اطفای حریق خودکار بدون نیاز به دیوارهای مانع اتش 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 اتش، 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 اتش 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 ان باشد، نیازی به جداسازی ندارند. برای فضاهای جنبی تجمعی در تصرف‌های اموزشی نیز نیازی به جداسازی نیست.

ب- سایر فضاهای جنبی

برای جداسازی فضاهای جنبی که در تصرف گروه (خ) قرار می‌گیرند، باید از دیوارهای مانع اتش مطابق با شرایط بند ۳-۱-۳-۴ ب استفاده شود. فضاهای فرعی حادثه خیز 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 اتش نیست.

جدول ۳-۲- محافظت فضای فرعی حادثه‌خیز

اتاق یا فضا	مقاومت اجزای جداکننده در برابر اتش 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 اتش یا سایر تمهیدات محافظتی
کارگاه رنگ که جزو گروه مخاطره‌امیز 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 اتش برای گروه‌های (ح)، (ص)، (خ)، (ن)، و (ف). دیوار و سقف/کف دو ساعت مقاومت در برابر اتش 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 ان باید مطابق با ضوابط مذکور در بند الف یا ب این قسمت یا ترکیبی از انها 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 براساس‌کاربری ان دسته‌بندی‌شود. 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 امده است، برای کل ساختمان ملاک قرار گیرد. سایر ضوابط برای هر فضا به طور جداگانه و براساس نوع تصرف ان 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 اخرین ویرایش مبحث سوم مقررات ملی ساختمان مراجعه شود.

ب- کاربری‌های جداسازی شده

در این روش، هر قسمت از ساختمان باید براساس تصرف ان به صورت جداگانه دسته‌بندی شده و به طور کامل با دیوارها و اجزای افقی مانع اتش، 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 ان وجود دارد، طبقه چهارم باشد، برای مطابقت محدودیت ارتفاعی این تصرف، به ساختارهایی نیاز داریم که ۴ طبقه برای تصرف اداری را مجاز بداند. همچنین در هر طبقه باید مساحت ساختمان به گونه‌ای باشد که مجموع نسبت‌های مساحت کف برای تمام تصرف‌ها تقسیم بر مساحت مجاز انها 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:

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

۲ـ چنانچه یک ساختمان با تصرف (ف) دارای پارکینگ مسقف چسبیده به ان باشد و پارکینگ فوق از حداقل دو طرف کاملا باز باشد، و از بالای ان 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)

تصرف	ت-۱	ت-۲	ت-۳	ت-۴	ت-۵	ح	ا	ص-۱	ص-۲
ت-۱	-	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۲
ت-۲	-	-	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۲
ت-۳	-	-	-	۲	۲	۲	۲	۳	۲
ت-۴	-	-	-	-	۲	۲	۲	۳	۲
ت-۵	-	-	-	-	-	۲	۲	۳	۲
ح	-	-	-	-	-	-	۲	۳	۲
ا	-	-	-	-	-	-	-	۳	۲
ص-۱	-	-	-	-	-	-	-	-	۳
ص-۲	-	-	-	-	-	-	-	-	-
د-۱	-	-	-	-	-	-	-	-	-
د-۲	-	-	-	-	-	-	-	-	-
د-۳	-	-	-	-	-	-	-	-	-
د-۴	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ک	-	-	-	-	-	-	-	-	-
م-۱	-	-	-	-	-	-	-	-	-
م-۲	-	-	-	-	-	-	-	-	-
م-۳	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ن-۱	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ن-۲	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ف	-	-	-	-	-	-	-	-	-

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

تصرف	د-۱	د-۲	د-۳	د-۴	ک	م-۱	م-۲	م-۳	ن-۱	ن-۲	ف
ت-۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۲	۱
ت-۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۲	۱
ت-۳	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۲	۱
ت-۴	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۲	۱
ت-۵	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۲	۱
ح	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۲	۱
ا	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۲	۱
ص-۱	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
ص-۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۲	۱
د-۱	-	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۴	۳	۲
د-۲	-	-	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۲	۱
د-۳	-	-	-	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۲	۱
د-۴	-	-	-	-	۲	۲	۲	۲	۳	۲	۱
ک	-	-	-	-	-	۲	۲	۲	۳	۲	۱
م-۱	-	-	-	-	-	-	۲	۲	۳	۲	۱
م-۲	-	-	-	-	-	-	-	۲	۳	۲	۱
م-۳	-	-	-	-	-	-	-	-	۳	۲	۱
ن-۱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۳	۳
ن-۲	-	-	-	-	-	-	-	-		-	۱
ف	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

۳-۱-۳-۵- استفاده از یک فضا با کاربری‌های مختلف

چنانچه از یک اتاق یا فضا در زمان‌های متفاوت برای کاربری‌های مختلف استفاده شود، ان اتاق یا فضا باید کل الزامات ایمنی حریق مورد نیاز برای کل ان کاربری‌ها را براورده نماید.

۳-۲- مقاومت قاب سبک فولادی در برابر اتش

۳-۲-۱- دسته‌بندی ساختارهای LSF از نظر مقاومت در برابر اتش

۳-۲-۱-۱- کلیات

دسته بندی کامل ساختارها از نظر ایمنی در برابر اتش 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 می‌تواند در یکی از دو دسته نوع ۱ یا ۲ قرار گیرد. حداقل درجه‌بندی مقاومت در برابر اتش اجزای ساختمان باید مطابق با مقادیر تعیین‌شده در جدول ۳-۴ و حداقل درجه‌بندی مقاومت در برابر اتش 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 اتش است. حداقل نوع ساختار قابل قبول برای یک ساختمان بستگی به نوع تصرف و ابعاد ان دارد و با توجه به اطلاعات داده شده در این قسمت و قسمت ۳-۳ تعیین می‌شود. برای ساختمان‌های با اهمیت بیشتر و ابعاد بزرگ‌تر،

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

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

ساختارهای نوع ۱ و ۲ ان دسته از ساختارهایی هستند که اجزای ساختمانی فهرست شده در جدول ۳-۴ در انها از مصالح نوع غیر قابل سوختن باشند که ساختارهای LSF نیز جزو ان قرار می گیرد (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 اتش است و به این علت محدودیت‌های ابعادی ان (که در قسمت ۳-۳ ارائه شده است) کمتر است.

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

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

(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 درنظر گرفته شوند.

(ب) تکیه‌گاه‌های بام: درجه‌بندی مقاومت در برابر اتش قاب سازه‌ای و دیوارهای باربر در برابر اتش 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 اتش نمود، مشروط بر انکه 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 اتش نباید کمتر از زمان لازم در بخش‌های دیگر این دستورالعمل باشد.

(ث) درجه مقاومت در برابر اتش 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 اتش (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)، (ا)، (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	۳	۲	۱
	بقیه	۲	۱	۱
برابر یا بیشتر از ۳/۰ و کمتر از ۹/۰ متر	۱-الف و ۱-ب	۲	۱	۱
	۲-ب و ۵-ب	۱	۰	۰
	بقیه	۱	۱	۱
۹/۰ متر و بیش از ان	همه	۰	۰	۰

*دیوارهای خارجی باربر باید با الزامات مقاومت در برابر اتش 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 ایین‌نامه‌های تخصصی مراجعه شود.

۳-۲-۲- الزامات مقاومت در برابر اتش

هدف از این بخش ارائه الزامات مقاومت اجزای سیستم ساختمانی قاب سبک فولادی در برابر اتش است، به گونه‌ای که از گسترش اتش‌سوزی 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 اتش بر حسب نیاز تا یک زمان معین و منطقی حفظ شود.

میزان مقاومت مورد نیاز در برابر اتش برای اجزای اصلی ساختمان، پیش از هر چیز به ابعاد ساختمان بستگی دارد. بنابراین، ابتدا باید براساس ابعاد مورد نظر برای ساختمان و مطابقت ان 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 اتش برای اجزای اصلی ساختمان تعیین شود. به علاوه الزامات بیان شده در این بخش، بر حسب نیاز طرح، باید رعایت شود.

از ان جا که وجود هر گونه بازشو، منفذ یا فضای خالی پنهان محافظت‌نشده در درون ساختار اجزای ساختمانی و یا هر گونه ارتباطات محافظت‌نشده بین فضاهای مجاور، نقطه ضعفی برای مقاومت سیستم در برابر اتش بوده و می‌تواند مسیرهایی را برای گسترش اتش‌سوزی ایجاد کند، بنابراین لازم است تا این قبیل فضاها به صورت کنترل‌شده، طراحی و در صورت نیاز به وسیله تمهیدات مناسب (مانند استفاده از مصالح مناسب یا سیستم‌های اتش‌بند) محافظت شوند که الزامات مربوط به ان در نشریه شماره ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ارائه شده است.

۳-۲-۲-۱- روش درجه‌بندی مقاومت در برابر اتش

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

الف- گواهینامه‌های فنی و نتایج ازمون از مراکز علمی و ازمایشگاه‌های 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.

ب- اطلاعات درجه‌بندی مقاومت در برابر اتش مربوط به تعدادی از جزئیات ساختمانی شناخته شده برای سیستم ساختمانی LSF، در ۳-۴ ارائه شده است. استفاده از این جزئیات، به شرط رعایت استانداردهای مواد، مصالح و روش‌های صحیح اجرا، قابل قبول است.

در مواردی که مصالح، سیستم یا وسیله‌ای در داخل یک عنصر ساختمانی استفاده شده و همراه با ان عنصر از نظر مقاومت در برابر اتش، ازمایش نشده باشد، بایستی اطلاعات و مستندات کافی به مقام قانونی مسئول ارائه شود، مبنی بر این که درجه مقاومت در برابر اتش عنصر ساختمانی مورد نظر، بر اثر استفاده از ان مصالح، سیستم یا وسیله کاهش نمی‌یابد. مصالح و روش‌های ساختمانی که برای محافظت درزها و منافذ در اجزای ساختمانی مقاوم در برابر اتش استفاده می‌شوند، نباید درجه مقاومت در برابر اتش ان جزء ساختمانی را کاهش دهد.

۳-۲-۲-۲- استانداردهای مصالح ساختمانی

استفاده از هر گونه مصالح یا سیستم ساختمانی به شرطی مجاز است که با مباحث مربوط در مقررات ملی ساختمان (از جمله مبحث پنجم)، استانداردهای ملی ایران و نیز سایر بندهای این ایین نامه مطابقت داشته و مقاومت ان در برابر اتش با درجه الزامی مطابقت کند.

۳-۲-۲-۳- دیوارهای خارجی

دیوارهای خارجی باید مطابق الزامات این قسمت دارای درجه مقاومت در برابر اتش بوده و بازشوهای انها در برابر اتش محافظت شده باشد:

الف- پیش‌امدگی‌ها

قرنیزها، پیش امدگی‌های لبه، بالکن‌های بیرونی و دیگر قسمت‌های ساختمان که از سطح دیوار خارجی بیرون زده باشند، باید با الزامات این بخش مطابقت نمایند. برای ساختمان‌های LSF، پیش امدگی‌های دیوار باید از مصالح غیرقابل سوختن باشند.

ب- درجه‌بندی مقاومت در برابر اتش

دیوارهای خارجی ساختمان باید مطابق با جدول‌های ۳-۴ و ۳-۵ دارای درجه مقاومت در برابر اتش باشند. درجه‌بندی مقاومت در برابر اتش دیوارهای خارجی برای فواصل مجزاسازی حریق بزرگ‌تر از ۱/۵ متر باید از طرف داخل انها صورت گیرد (یعنی ازمون مقاومت در برابر اتش از طرف وجه داخلی روی انها صورت گیرد). برای فواصل مجزاسازی حریق برابر یا کوچک‌تر از ۱/۵ متر، ازمون و درجه‌بندی مقاومت در برابر اتش باید از هر دو طرف انجام شود.

ج- مساحت مجاز بازشوها

حداکثر مساحت بازشوهای محافظت شده و محافظت نشده در دیوار خارجی هر طبقه، نباید بیش از مقدار معین شده در جدول ۳-۶ باشد. در صورتی که هر دو نوع بازشوهای محافظت شده و محافظت نشده در دیوار خارجی یک طبقه قرار گرفته باشند، مساحت کل بازشوها باید از معادله زیر پیروی کند:

$$\frac{A}{a}+\frac{A_u}{a_u}\le 1.0 \qquad (۱-۳)$$

که در ان:

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.

یاداوری: ساختمان‌هایی که دیوار خارجی انها الزامی به مقاومت در برابر اتش ندارد، می‌توانند بازشوهای محافظت‌نشده نامحدود داشته باشند.

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

نوع بازشو	فاصله مجزاسازی حریق (متر)							
	۰-۱	بزرگ-تر از ۱ تا ۱/۵	بزرگ-تر از ۱/۵ تا ۳(ب)	بزرگ-تر از ۳ تا ۴/۵ (الف)	بزرگ-تر از ۴/۵ تا ۶ (الف)	بزرگ‌تر از ۶ تا ۷/۵ (الف)	بزرگ‌تر از ۷/۵ تا ۹ (الف)	بزرگ‌تر از ۹
محافظت نشده	غیر مجاز	غیر مجاز	٪۱۰	٪۱۵	٪۲۵	٪۴۵	٪۷۰	بدون محدودیت
محافظت شده	غیر مجاز	٪۱۵	٪۲۵	٪۴۵	٪۷۵	بدون محدودیت	بدون محدودیت	بدون محدودیت

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 اتش‌نشانی 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 اتش به بیرون ساختمان جلوگیری شود. چنین بازشوهایی باید به طور قائم از یکدیگر حداقل به اندازه ۹۰ سانتی‌متر فاصله داشته باشند و بین ان‌ها یک دیوار خارجی، تیر اصلی پیرامونی[1] یا دیگر اعضای مشابه با درجه یک ساعت مقاومت در برابر اتش 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 اتش باشد.

استثناءها:

[1] Spandrel Girder

۱ـ ساختمان‌های با ارتفاع سه طبقه یا کمتر،
۲ـ ساختمان‌هایی که به طور کامل به سیستم شبکه بارنده خودکار مجهز باشند،
۳ـ پارکینگ‌های باز.

ه- دیوار جان‌پناه

تعبیه دیوار جان‌پناه در بام در امتداد دیوارهای خارجی الزامی است. دیوار جان پناه باید درجه مقاومت در برابر اتش یکسانی با درجه مورد نیاز برای دیوار زیر ان داشته باشد و مصالح ان 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 اتش نباشد، لزومی‌به تعبیه دیوار جان پناه در امتداد دیوار خارجی نیست.

۳-۲-۲-۴- دیوارهای داخلی

مقاومت در برابر اتش 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 اتش: 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 ان‌ها استفاده می‌شود.

دیوار جداکننده اتش: دیوار جداکننده‌ای که برای جلوگیری از گسترش اتش‌سوزی از یک طرف به طرف دیگر دیوار طراحی شده و بازشوهای ان در برابر اتش محافظت شده است. از دیوار جداکننده اتش 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 اتش برای ان‌ها طبق فصل راه‌های خروج مبحث سوم مقررات ملی ساختمان الزامی است و نیز برای جداسازی سرسرای اسانسور استفاده می شود.

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

الف- دیوارهای مانع اتش

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

داخـل دیوار مانع اتش (در صورت وجود) باید در تراز هر طبقه اتش‌بندی شود. دیوار دوربند شفت‌ها می‌توانند در بالای دوربند تمام شود.

الف-۲- دوربند الزامی شفت‌ها

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

استثناءها:

۱- برای بازشوهایی که کاملا 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 ان‌ها 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:

۶-۱. بیش از دو طبقه را به یکدیگر مرتبط نکند.

۶-۲. بخشی از سیستم راه خروج الزامی‌نباشد.

۶-۳. در میان ساختار ساختمان پنهان نباشد.

۶-۴. در گروه‌های (د) و (م) به کریدور باز نشود.

۶-۵. 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 اتش 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 اتش 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 اتش داشته باشد. درجه مقاومت در برابر اتش دوربند شفت باید حداقل برابر با درجه کفی باشد که به ان 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 اتش دوربندها برای ان-ها 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 ان 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 اتش

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

۱ـ دیوارهای جداکننده واحدهای مسکونی موجود در یک ساختمان.

۲ـ دیوارهای جداکننده واحدهای مجزای خواب در هتل‌ها، خوابگاه‌ها، اقامتگاه‌ها، مراکز توان‌بخشی و نظایر ان.

۳- دیوارهای جداکننده واحدهای مستقل در ساختمان‌های تجاری، بازارها و بازارچه‌های سرپوشیده و نظایر ان.

۴ـ دیوارهای کریدورهایی که وجود ان‌ها طبق مبحث سوم مقررات ملی ساختمان الزامی است.

ب-۱- درجه‌بندی مقاومت در برابر اتش برای دیوارهای جدا کننده اتش

درجه مقاومت در برابر اتش دیوارهای جداکننده اتش باید حداقل یک ساعت باشد.

استثناء: دیوارهای کریدور که مبحث سوم مقررات ملی ساختمان درجه مقاومت دیگری برای ان‌ها مجاز اعلام شده باشد.

ب-۲- پیوستگی

دیوار جداکننده اتش باید از بالای مجموعه کف در پایین تا زیر مجموعه سقف/بام یا سقف/کف دارای درجه‌بندی مقاومت در برابر اتش در بالا امتداد یافته و به طور ایمن به ان‌ها 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 اتش دیوار محافظت شود.

۳-۲-۲-۵- ساختارهای افقی

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

یاداوری: 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 اتش

درجه مقاومت مجموعه‌های سقف-کف و سقف-بام در برابر اتش 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 اتش باشد.

ب- نصب دریچه‌های دسترسی

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

ج- پیوستگی

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

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

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

در مواردی که از داخل دیوارها یا سقف/کف‌های دارای درجه بندی مقاومت در برابر اتش، 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 ان قرار می‌گیرند، متصل شوند. فضای بین کانال تاسیسات و اجزای موجود در ان و نیز هر گونه فضای بین کانال و مجموعه سقف-کف که کانال در ان 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 ان که مصالح خاص مورد استفاده به عنوان بخشی از مجموعه، ازمایش شده باشند.

الف- درجه‌بندی مقاومت در برابر اتش

منافذ درون دیوارها یا سقف/کف‌های با درجه‌بندی مقاومت در برابر اتش که به علت نصب کانال‌ها و گشودگی‌های انتقال هوا ایجاد شده اند، باید به وسیله دمپرهای ضد اتش محافظت شوند. منافذ وارد شده به داخل، یا عبور کرده از درون دیوارهای مانع اتش، دیوارهای جداکننده اتش یا سقف/کف های دارای درجه بندی مقاومت در برابر اتش 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 ان نفوذ کرده باشد) یا پوسته‌ای در دیوارهای با درجه مقاومت در برابر اتش باید با یکی از دو بند زیر مطابقت نمایند.

الف-۱-۱ ازمایش کل مجموعه

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

الف-۱-۲ استفاده از سیستم اتش‌بند

روزنه‌های نفوذی (سرتاسری یا پوسته‌ای) باید به وسیله یک سیستم اتش‌بند مناسب پر شوند. سیستم اتش‌بند باید دارای نتیجه ازمایش استاندارد بوده و درجه‌بندی F ان کمتر از درجه مقاومت در برابر اتش 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 ان که فضای پیرامونی اطراف جزء نفوذی با مصالح غیر قابل سوختن پر شود، به طوری که در برابر عبور ازاد شعله و محصولات احتراق مقاومت کند.

الف-۳- اجزای نفوذی

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

۳-۲-۲-۷- سیستم‌های درزبندی اتش

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

استثناءها: سیستم درزبندی اتش 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 ۳-۲-۲-۴ 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 ان‌ها مجاز است.

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

الف- نصب سیستم درزبند اتش

سیستم‌های درزبندی اتش باید به طور ایمن داخل یا روی درز، در تمام طول ان نصب شود به طوری‌که بر اثر تحمل حرکات و جابجایی‌های ساختمان جابجا یا ازاد نشده یا اسیب نبینند و در مقابل عبور اتش و گازهای داغ مقاومت کنند.

ب- معیارهای ازمایش اتش

سیستم‌های درزبندی مقاوم در برابر اتش باید مطابق الزامات استانداردهای قابل قبول ازمایش شوند. تا هنگام تدوین استانداردهای ملی ایران و ایجاد ازمایشگاه‌های 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 ازمایش در کوره از هر دو طرف صورت گرفته و کمترین مقدار به دست امده به عنوان درجه مقاومت در برابر اتش اعلام شود. چنانچه شواهد کافی نشان دهد که طرف ازمایش شده دارای مقاومت کمتر در برابر اتش است، در صورت پذیرش مقام مسئول، نیازی به انجام ازمایش طرف مخالف نیست.

استثناء: برای دیوارهای خارجی با فاصله مجزاسازی حریق بزرگ‌تر از ۱/۵ متر، سیستم درز باید فقط برای طرف داخلی مورد ازمایش قرار گیرد.

ج- محل تلاقی دیوار تیغه‌ای با کف

در جاهایی که کف یا مجموعه سقف-کف باید دارای مقاومت در برابر اتش 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 اتش‌سوزی 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.

۳-۲-۲-۸- محافظت بازشوها

محافظت از بازشوها طبق مبحث سوم مقررات ملی ایران لازم است. در مواردی که هنوز ضوابط مقاومت در برابر اتش 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 اتش باید با الزامات جدول ۳-۷ مطابقت نمایند.

جدول ۳-۷- درجه‌بندی محافظت بازشوها در برابر اتش

نوع مجموعه	درجه الزامی مقاومت در برابر اتش (ساعت)	حداقل مقاومت الزامی در و کرکره اتش (ساعت)
دیوارهای مانع اتش با درجه مقاومت در برابر اتش بیش از یک ساعت	۴	۳
	۳	۳
	۲	۱/۵
	۱/۵	۱/۵
موانع اتش دارای درجه الزامی یک ساعت مقاومت در برابر اتش:		
دیوارهای گذرگاه‌های خروج	۱	۱
سایر موانع اتش	۱	۰/۷۵
دیوارهای جداکننده اتش:		
دیوارهای کریدورها	۱	۰/۳۳
	۰/۵	۰/۳۳
سایر دیوارهای جداکننده اتش	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[2] مسدودکننده‌های حریق باید به طور قائم در فواصل ۳۰۰ سانتی‌متری نصب شوند.

[2] Stud walls

الف-۲- ارتباط بین فضاهای افقی و قائم

مصالح مسدودکننده حریق باید در محل‌های تلاقی بین فضاهای پنهان دیوارهای ستونکی و فضاهای پنهان افقی ایجاد شده توسط مجموعه‌ای از خرپاها یا تیرچه‌های[3] 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 ۳-۲-۲-۴ 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 اتش 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 طوری‌که هیچگونه فضای باز زیر کفپوش بیشتر از ۹ مترمربع مساحت نداشته باشد. چنین فضایی زیر جداکننده‌های دائمی‌باید کاملا پر شود، به طوری‌که 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[4]

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

---

[3] Joists

[4] Double stud wall

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

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 ان‌ها 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 ان محدودیت ارتفاع، تعداد طبقات و مساحت برای انواع تصرف‌ها داده شده است. در ساختار نوع ۱- الف، به علت نوع مصالح و درجهٔ مقاومت اجزای ان در برابر اتش، 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 ان 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 امده است.

۳-۳-۲- محدودیت‌های کلی مساحت و ارتفاع

ارتفاع و مساحت ساختمان به ساختار و تصرف‌های موجود در ان 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 اتش 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 ایین‌نامه، با هر ارتفاعی ساخت. یا مثلا، 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 اپارتمانی (م-۲) با ساختار نوع (۲-ب) ساخته شود، حداکثر ابعاد مجاز ان 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 ـ1	طبقات	م.ن	5	3	2
	مساحت	م.ن	م.ن	1500	800
ت ـ2	طبقات	م.ن	11	3	2
	مساحت	م.ن	م.ن	1500	900
ت ـ3	طبقات	م.ن	11	3	2
	مساحت	م.ن	م.ن	1500	900
ت ـ4	طبقات	م.ن	11	3	2
	مساحت	م.ن	م.ن	1500	900
ت ـ5	طبقات	م.ن	م.ن	م.ن	م.ن
	مساحت	م.ن	م.ن	م.ن	م.ن
ح	طبقات	م.ن	11	5	4
	مساحت	م.ن	م.ن	3500	2100
ا	طبقات	م.ن	5	3	2
	مساحت	م.ن	م.ن	2450	1350
ص ـ1	طبقات	م.ن	11	4	2
	مساحت	م.ن	م.ن	2300	1500
ص ـ2	طبقات	م.ن	11	5	3
	مساحت	م.ن	م.ن	3500	2100
د ـ1	طبقات	م.ن	9	4	3
	مساحت	م.ن	5100	1750	925
د ـ2	طبقات	م.ن	4	2	1
	مساحت	م.ن	م.ن	1400	1000
د ـ3	طبقات	م.ن	4	2	1
	مساحت	م.ن	م.ن	1400	925
د ـ4	طبقات	م.ن	5	3	2
	مساحت	م.ن	5600	2450	1200
ک	طبقات	م.ن	11	4	4
	مساحت	م.ن	م.ن	2000	1150
م ـ1	طبقات	م.ن	11	4	4
	مساحت	م.ن	م.ن	2225	1475

تصرف		حد مجاز ارتفاع و مساحت ساختمان بر حسب نوع ساختار			
		نوع ۱		نوع ۲	
		الف	ب	الف	ب
م ـ2	طبقات	م.ن	11	4	4
	مساحت	م.ن	م.ن	2225	1475
م ـ۳	طبقات	م.ن	11	4	4
	مساحت	م.ن	م.ن	2225	1475
ن ـ1	طبقات	م.ن	11	4	3
	مساحت	م.ن	4450	2400	1625
ن ـ2	طبقات	م.ن	11	5	4
	مساحت	م.ن	7350	3625	2400
ف	طبقات	م.ن	5	4	2
	مساحت	م.ن	3300	1750	800
حد مجازارتفاع ساختمان از تراز زمین (m)		م.ن	50	20	15

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 مخاطره‌امیز، به نشریه ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن و ایین‌نامه‌های تخصصی مراجعه شود.

۳-۴- مقاومت در برابر اتش برای تعدادی جزئیات LSF

۳-۴-۱- کلیات

ورق‌های نسبتا نازک فولاد گالوانیزه، چارچوب اصلی ساختمان‌های LSF را از نظر سازه‌ای تشکیل می‌دهند. این ورق‌ها در برابر اتش دارای مقاومت کمی‌بوده و از این نظر باید محافظت شوند، در غیر این صورت ساختارهای از نوع LSF در برابر اتش به سرعت دچار تغییر شکل شده، فرو خواهند ریخت. محافظت این ساختارها در برابر اتش 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 اتش، می‌توان از تخته‌های گچی معمولی استفاده نمود، اما برای تامین مقامت‌های بیشتر باید از تخته‌های مقاوم در برابر اتش 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 اتش، به شرط استفاده از جزئیات اجرایی صحیح، می‌تواند خواص صوتی و حرارتی مناسبی را نیز تامین کند.

ازمایش‌های متعدد اتش بر روی سیستم‌های LSF شامل سیستم‌های دیوار و کف در کشورهای مختلف صورت گرفته و نتایج ان در دسترس است. این سیستم‌ها توانسته‌اند مقاومت لازم در برابر اتش را تامین کنند. بدیهی است که هر چه ارتفاع ساختمان بیشتر و یا کاربری ان مهم‌تر باشد، به مقاومت بیشتری در برابر اتش 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 ازمون‌های مقاومت در برابر اتش انجام شده در کشورهای دیگر، به عنوان راهنمایی برای طراحی مقاوم در برابر اتش اورده 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 ازمایش واقعی مقاومت در برابر اتش بر روی جزئیات مورد نظر توصیه می‌شود.

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

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

ابتدا تخته‌های مقاوم در برابر اتش 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[5] 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 انها 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 ان 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 اتش، 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 اتش 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 اتش از نظر یکپارچگی و نارسانایی را افزایش می‌دهد، اما با این کار ممکن است پایداری مکانیکی سیستم در برابر اتش تا حدودی کاهش یابد. این موضوع به خصوص برای سیستم‌های باربر صدق می‌کند. اگر چه این کاهش پایداری در اغلب اوقات تقریبا اندک و در حد چند دقیقه است، با این وجود طراح باید نسبت به ان اگاه بوده، ان 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 اتش نکرده، ضمن ان که ممکن است رفتار سیستم در برابر اتش را تا حدودی تضعیف کنند. اصولا استفاده از این نوع عایق در سیستم LSF با توجه به رفتار ضعیف انها در برابر اتش و مخاطرات احتمالی توصیه نمی‌شود.

[5] Runners

۳-۴-۳- جزئیات اجرایی نمونه دارای درجه‌بندی مقاومت در برابر اتش با استفاده از نتایج ازمایشگاهی خارج از کشور

۳-۴-۳-۱- دیوار LSF

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

سیستم قاب فولادی با استفاده از وادارهای ۸/۹ سانتی‌متری (۳/۵ اینچ) نصب شده و پشم سنگ با ضخامت ۷/۵ سانتی‌متر درون ان قرار داده می‌شود. تخته گچی مقاوم در برابر اتش (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 اتش

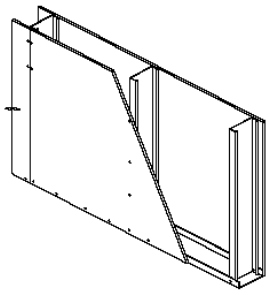
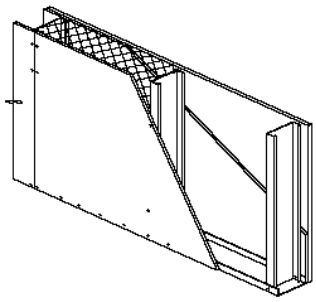
سیستم قاب فولادی نصب شده و پشم سنگ درون ان قرار داده می‌شود. یک لایه تخته گچی مقاوم در برابر اتش (نوع X) با ضخامت ۱/۹ سانتی‌متر (۰/۷۵ اینچ) به صورت قائم به قاب فولادی نصب می‌شود. از پیچ‌های با طول ۳۲ میلی‌متر (۱/۲۵ اینچ) از نوع S یا S-12 با فواصل ۶۰ سانتی‌متر در طول قاب برای نصب استفاده می‌شود. تخته‌های 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 اتش 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.

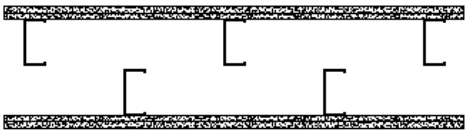
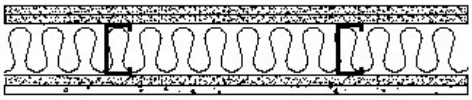
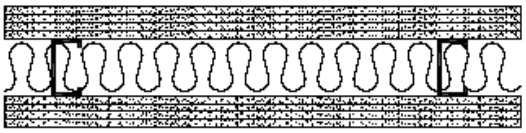
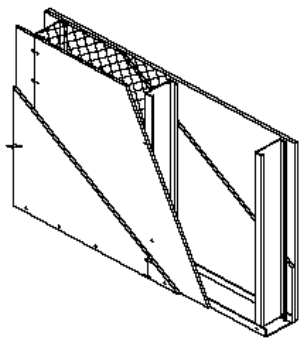
چند نمونه دیگر از جزئیات اجرایی مقاوم در برابر اتش در جدول ۳-۹ ارائه شده است.

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

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

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

شرح سیستم	جزئیات
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 اتش: یک ساعت	
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.، تخته گچی با ضخامت حداقل ۱۶ م.م. در یک طرف، یک لایه ۱۲/۵ م.م. پلی‌استایرن اکسترود 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 اتش: یک ساعت	
دیوار غیرباربر، 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	
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 اتش: یک ساعت	

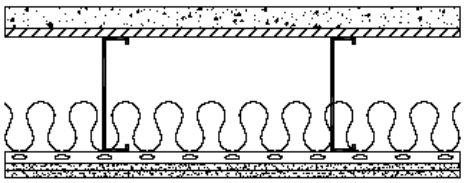
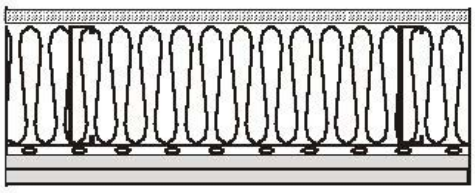
شرح سیستم	جزئیات
دیوار باربر، وادارهای ۹۲ × ۳۵ × ۰/۹ م.م. با فاصله (mm) ۶۰۰، دو لایه تخته گچی نوع X با ضخامت ۱۵/۹ م.م. در هر طرف، مقاومت در برابر اتش: دو ساعت (محدودیت بارگذاری برای مقاومت دو ساعت: حداکثر ۶۰٪ بار طرح)	
دیوار باربر دوبل، وادارهای ۹۲ × ۴۱ × ۰/۸ م.م. با فاصله ۴۰۰ م.م.، حداقل فاصله قائم دو ردیف وادارها: ۷ میلی‌متر، دو لایه تخته گچی نوع X با ضخامت ۱۲/۷ م.م. در هر طرف، مقاومت در برابر اتش: یک ساعت	
دیوار باربر، وادارهای ۸۹ × ۲۰ م.م. ، با فواصل مرکز به مرکز ۴۰۰ م.م.، ۷۵ م.م. پشم معدنی در وسط، یک طرف با دو لایه تخته گچی ۱۵/۹ م.م.، طرف دیگر لایه زیری تخته ۱۵/۹ م.م و لایه رویی تخته ۱۲/۷ م.م مقاومت در برابر اتش: ۲ ساعت	
دیوار باربر، وادارهای ۸۹ × ۲۰ م.م.، با فواصل ۶۰۰ م.م.، چهار لایه تخته گچی ۱۲/۷ میلی‌متر در هر طرف، عایق پشم معدنی: اختیاری مقاومت در برابر اتش: ۳ ساعت	
دیوار باربر داخلی، وادارهای 350S125-33 با فواصل ۶۰۰ م.م.، تخته گچی ۱۲/۷ میلی‌متر در هر طرف، عایق پشم معدنی در وسط مقاومت در برابر اتش: ۱/۵ ساعت	

۳-۴-۳-۲- سیستم‌های کف و سقف

رفتار کف و سقف سیستم LSF در برابر اتش 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 اتش برای سیستم کف LSF در جدول ۳-۱۰ اورده شده است.

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

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

لایه‌ها از بالا به پایین: بتن رویه با ضخامت ۳۸ م.م. روی تخته نئوپان ۱۶ م.م. ، تیرچه فولادی: پهنای ۲۰۳ م.م. و ضخامت ۱/۲۲ با فواصل ۴۰۶ م.م.، پروفیل‌های ارتجاعی[6] با فواصل مرکز به مرکز ۴۰۶ م.م. ، عایق پشم شیشه: ضخامت ۹۰ میلی‌متر، دو لایه تخته گچی ۱۲/۷ م.م. نوع X در طرف سقف، مقاومت در برابر اتش: یک ساعت	
لایه‌ها از بالا به پایین: 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.، مقاومت در برابر اتش: مطابق جدول ۳-۱۱	

[6] Resilient Channel

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

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

منابع

۱. آیین‌نامه محافظت ساختمان‌ها در برابر اتش، 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 شمارهٔ 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 اتش

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 ان‌ها 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 ان محدودیت ارتفاع، تعداد طبقات و مساحت برای انواع تصرف‌ها داده شده است. در ساختار نوع ۱- الف، به علت نوع مصالح و درجهٔ مقاومت اجزای ان در برابر اتش، 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 ان 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 امده است.

۳-۳-۲- محدودیت‌های کلی مساحت و ارتفاع

ارتفاع و مساحت ساختمان به ساختار و تصرف‌های موجود در ان 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 اتش 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 ایین‌نامه، با هر ارتفاعی ساخت. یا مثلا، 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 اپارتمانی (م-۲) با ساختار نوع (۲-ب) ساخته شود، حداکثر ابعاد مجاز ان 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 ـ1	طبقات	م.ن	5	3	2
	مساحت	م.ن	م.ن	1500	800
ت ـ2	طبقات	م.ن	11	3	2
	مساحت	م.ن	م.ن	1500	900
ت ـ3	طبقات	م.ن	11	3	2
	مساحت	م.ن	م.ن	1500	900
ت ـ4	طبقات	م.ن	11	3	2
	مساحت	م.ن	م.ن	1500	900
ت ـ5	طبقات	م.ن	م.ن	م.ن	م.ن
	مساحت	م.ن	م.ن	م.ن	م.ن
ح	طبقات	م.ن	11	5	4
	مساحت	م.ن	م.ن	3500	2100
ا	طبقات	م.ن	5	3	2
	مساحت	م.ن	م.ن	2450	1350
ص ـ1	طبقات	م.ن	11	4	2
	مساحت	م.ن	م.ن	2300	1500
ص ـ2	طبقات	م.ن	11	5	3
	مساحت	م.ن	م.ن	3500	2100
د ـ1	طبقات	م.ن	9	4	3
	مساحت	م.ن	5100	1750	925

تصرف		حد مجاز ارتفاع و مساحت ساختمان بر حسب نوع ساختار			
		نوع ۱		نوع ۲	
		الف	ب	الف	ب
د ـ2	طبقات	م.ن	4	2	1
	مساحت	م.ن	م.ن	1400	1000
د ـ3	طبقات	م.ن	4	2	1
	مساحت	م.ن	م.ن	1400	925
د ـ4	طبقات	م.ن	5	3	2
	مساحت	م.ن	5600	2450	1200
ک	طبقات	م.ن	11	4	4
	مساحت	م.ن	م.ن	2000	1150
م ـ1	طبقات	م.ن	11	4	4
	مساحت	م.ن	م.ن	2225	1475
م ـ2	طبقات	م.ن	11	4	4
	مساحت	م.ن	م.ن	2225	1475
م ـ۳	طبقات	م.ن	11	4	4
	مساحت	م.ن	م.ن	2225	1475
ن ـ1	طبقات	م.ن	11	4	3
	مساحت	م.ن	4450	2400	1625
ن ـ2	طبقات	م.ن	11	5	4
	مساحت	م.ن	7350	3625	2400
ف	طبقات	م.ن	5	4	2
	مساحت	م.ن	3300	1750	800
حد مجازارتفاع ساختمان از تراز زمین (m)		م.ن	50	20	15

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 مخاطره‌امیز، به نشریه ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن و ایین‌نامه‌های تخصصی مراجعه شود.

۳-٤- مقاومت در برابر اتش برای تعدادی جزئیات LSF

۳-٤-۱- کلیات

ورق‌های نسبتا نازک فولاد گالوانیزه، چارچوب اصلی ساختمان‌های LSF را از نظر سازه‌ای تشکیل می‌دهند. این ورق‌ها در برابر اتش دارای مقاومت کمی‌بوده و از این نظر باید محافظت شوند، در غیر این صورت ساختارهای از نوع LSF در برابر اتش به سرعت دچار تغییر شکل شده، فرو خواهند ریخت. محافظت این ساختارها در برابر اتش 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 اتش، می‌توان از تخته‌های گچی معمولی استفاده نمود، اما برای تامین مقامت‌های بیشتر باید از تخته‌های مقاوم در برابر اتش 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 اتش، به شرط استفاده از جزئیات اجرایی صحیح، می‌تواند خواص صوتی و حرارتی مناسبی را نیز تامین کند.

ازمایش‌های متعدد اتش بر روی سیستم‌های LSF شامل سیستم‌های دیوار و کف در کشورهای مختلف صورت گرفته و نتایج ان در دسترس است. این سیستم‌ها توانسته‌اند مقاومت لازم در برابر اتش را تامین کنند. بدیهی است که هر چه ارتفاع ساختمان بیشتر و یا کاربری ان مهم‌تر باشد، به مقاومت بیشتری در برابر اتش 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 ازمون‌های مقاومت در برابر اتش انجام شده در کشورهای دیگر، به عنوان راهنمایی برای طراحی مقاوم در برابر اتش اورده 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 ازمایش واقعی مقاومت در برابر اتش بر روی جزئیات مورد نظر توصیه می‌شود.

۳-٤-۲- توصیه‌های عمومی برای اجرای تخته‌های گچی مقاوم در برابر اتش در سیستم LSF

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

ابتدا تخته‌های مقاوم در برابر اتش 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[5] 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 انها 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 ان 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 اتش، 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 اتش 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 اتش از نظر یکپارچگی و نارسانایی را افزایش می‌دهد، اما با این کار ممکن است پایداری مکانیکی سیستم در برابر اتش تا حدودی کاهش یابد. این موضوع به خصوص برای سیستم‌های باربر صدق می‌کند. اگر چه این کاهش پایداری در اغلب اوقات تقریبا اندک و در حد چند دقیقه است، با این وجود طراح باید نسبت به ان اگاه بوده، ان 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 اتش نکرده، ضمن ان که ممکن است رفتار سیستم در برابر اتش را تا

[5] Runners

حدودی تضعیف کنند. اصولا استفاده از این نوع عایق در سیستم LSF با توجه به رفتار ضعیف ان‌ها در برابر اتش و مخاطرات احتمالی توصیه نمی‌شود.

۳-٤-۳- جزئیات اجرایی نمونه دارای درجه‌بندی مقاومت در برابر اتش با استفاده از نتایج ازمایشگاهی خارج از کشور

۳-٤-۳-۱- دیوار LSF

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

سیستم قاب فولادی با استفاده از وادارهای ۸/۹ سانتی‌متری (۳/۵ اینچ) نصب شده و پشم سنگ با ضخامت ۷/۵ سانتی‌متر درون ان قرار داده می‌شود. تخته گچی مقاوم در برابر اتش (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 اتش

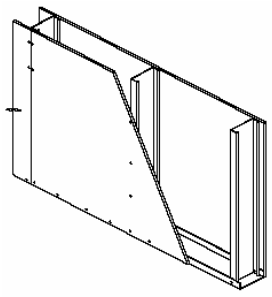
سیستم قاب فولادی نصب شده و پشم سنگ درون ان قرار داده می‌شود. یک لایه تخته گچی مقاوم در برابر اتش (نوع X) با ضخامت ۱/۹ سانتی‌متر (۰/۷۵ اینچ) به صورت قائم به قاب فولادی نصب می‌شود. از پیچ‌های با طول ۳۲ میلی‌متر (۱/۲۵ اینچ) از نوع S یا S-12 با فواصل ۶۰ سانتی‌متر در طول قاب برای نصب استفاده می‌شود. تخته‌های 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 اتش 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.

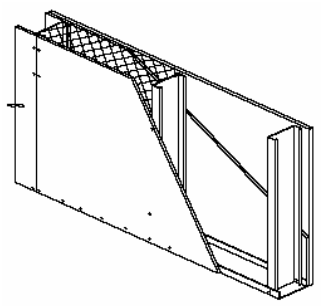
چند نمونه دیگر از جزئیات اجرایی مقاوم در برابر اتش در جدول ۳-۹ ارائه شده است.

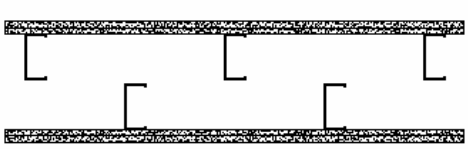
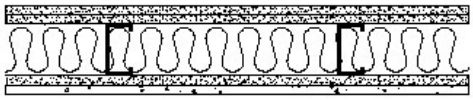
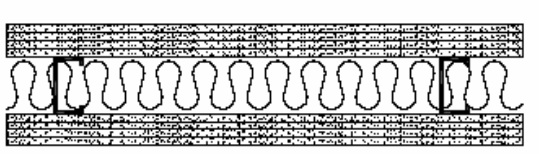
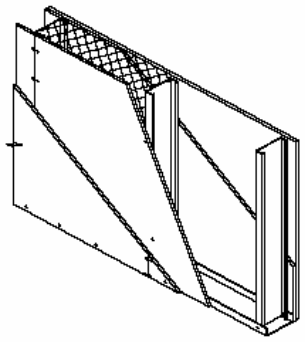
یاداوری: توجه شود که جزئیات ارائه شده، در حد اطلاعات ارائه شده در گزارش‌های ازمون خارجی بوده، لزوما کامل نیست. همچنین مواد و مصالحی که در ان‌ها مشخص شده‌اند با توجه به مواد و مصالح

مشروح در گواهینامه‌های فنی خارجی بوده است که لزوما کیفیت ان‌ها با کیفیت مصالح داخلی یکسان نیست.

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

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

شرح سیستم	جزئیات
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.، تخته گچی با ضخامت حداقل ۱۶ م.م. در یک طرف، یک لایه ۱۲/۵ م.م. پلی‌استایرن اکسترود 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 اتش: یک ساعت	
دیوار غیرباربر، 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	
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 اتش: یک ساعت	
دیوار باربر، وادارهای ۹۲ × ۳۵ × ۰/۹ م.م. با فاصله (mm) ۶۰۰، دو لایه تخته گچی نوع X با ضخامت ۱۵/۹ م.م. در هر طرف، مقاومت در برابر اتش: دو ساعت (محدودیت بارگذاری برای مقاومت دو ساعت: حداکثر ۶۰٪ بار طرح)	

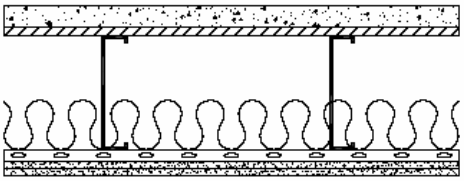
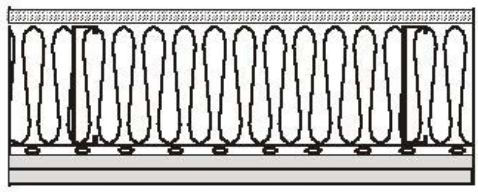
شرح سیستم	جزئیات
دیوار باربر دوبل، وادارهای ۹۲ × ۴۱ × ۰/۸ م.م. با فاصله ۴۰۰ م.م.، حداقل فاصله قائم دو ردیف وادارها: ۷ میلی‌متر، دو لایه تخته گچی نوع X با ضخامت ۱۲/۷ م.م. در هر طرف، مقاومت در برابر اتش: یک ساعت	
دیوار باربر، وادارهای ۸۹ × ۲۰ م.م. ، با فواصل مرکز به مرکز ۴۰۰ م.م.، ۷۵ م.م. پشم معدنی در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

۳-٤-۳-۲- سیستم‌های کف و سقف

رفتار کف و سقف سیستم LSF در برابر اتش 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 اتش برای سیستم کف LSF در جدول ۳-۱۰ اورده شده است.

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

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

لایه‌ها از بالا به پایین: بتن رویه با ضخامت ۳۸ م.م. روی تخته نئوپان ۱۶ م.م. ، تیرچه فولادی: پهنای ۲۰۳ م.م. و ضخامت ۱/۲۲ با فواصل ۴۰۶ م.م.، پروفیل‌های ارتجاعی[۶] با فواصل مرکز به مرکز ۴۰۶ م.م. ، عایق پشم شیشه: ضخامت ۹۰ میلی‌متر، دو لایه تخته گچی ۱۲/۷ م.م. نوع X در طرف سقف، مقاومت در برابر اتش: یک ساعت	
لایه‌ها از بالا به پایین: 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.، مقاومت در برابر اتش: مطابق جدول ۳-۱۱	

[6] Resilient Channel

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

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

منابع

۱. آیین‌نامه محافظت ساختمان‌ها در برابر اتش، 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 شمارهٔ 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 زمرهٔ سیستم‌هایی است که می‌تواند عملکرد حرارتی قابل قبولی داشته باشد، مشروط بر این که جزئیات اجرایی مناسبی برای ان 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 به‌کار رفته در این فصل به شرح زیر است:

اب‌بندی: جلوگیری از ورود اب ناشی از بارندگی، از طریق پوسته یا درزهای عناصر تشکیل‌دهندهٔ ان.

اینرسی حرارتی: قابلیت کلی پوستهٔ خارجی و جدارهای داخلی در ذخیرهٔ انرژی، باز پس دادن ان 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: همهٔ سطوح قابل باز شدن در پوستهٔ 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 پوستهٔ خارجی، مقاومت حرارتی در انها کاهش می‌یابد و باعث افزایش موضعی میزان انتقال حرارت می‌شود.

پوستهٔ خارجی: تمام سطوح پیرامونی ساختمان، اعم از دیوارها، سقف‌ها، کف‌ها، بازشوها، سطوح نورگذر و مانند انها، که از یک طرف با فضای خارج یا فضای کنترل نشده، و از طرف دیگر با فضای کنترل‌شده داخل ساختمان در ارتباط هستند.

پوستهٔ خارجی در تمام موارد الزاما با پوسته کالبدی ساختمان یکی نیست، زیرا پوستهٔ کالبدی ممکن است دربرگیرندهٔ فضاهای کنترل‌نشده نیز باشد. پوستهٔ 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 ان بزرگ‌تر از ۰.۰۵ است. جدار نورگذر بر دو نوع شفاف و مات است و شامل پنجره‌ها، نماها و درهای خارجی نورگذر، نورگیرها و مشابه انهاست.

چگالش (میعان) عمقی و سطحی: تبدیل فاز اب (بخار اب به اب) 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 ان صورت گیرد.

دیوار: بخشی از پوستهٔ خارجی یا داخلی غیرنورگذر ساختمان که عمودی است، یا با زاویهٔ 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 انهاست. 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 ان، 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 (Ψ): ضریب انتقال حرارت خطی بخشی یک بعدی از پوستهٔ خارجی ساختمان برابر است با توان حرارتی منتقل شده از یک متر طول ان 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 پوستهٔ خارجی ساختمان برابر است با توان حرارتی منتقل شده از سطحی از ان 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 پوستهٔ 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 ان 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 (λ): 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 ۰/۰۶۵ W/m.K و مقاومت حرارتی مساوی یا بیشتر از ۰/۵ $m^2.K/W$ باشد.

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

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

- ضریب هدایت حرارتی عایق مصرفی از حد مشخص‌شده‌ای بیشتر نباشد.

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

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

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

عایق‌کاری حرارتی به‌صورت «میان‌قاب (تودلی)»: نصب قطعات عایق حرارتی به‌صورت منقطع در بین استادها.

عایق‌کاری حرارتی پیرامونی: عایق‌کاری حرارتی با عرضی محدود در کف روی خاک، در مجاورت و امتداد دیوارهای پوستهٔ خارجی ساختمان.

عایق‌کاری حرارتی همگن: نوعی عایق‌کاری حرارتی که در ان مصالح ساختمانی مصرف شده، اعم از سازه‌ای و غیر سازه‌ای، در بخش اعظم ضخامت پوستهٔ خارجی (دیوار، سقف، کف)، مقاومت حرارتی زیادی داشته‌باشد.

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

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

کف: عنصر ساختمانی افقی که در بالا با فضایی کنترل‌شده، و در پایین با خاک، فضای کنترل‌نشده یا فضای خارجی در تماس است. کف بخشی از پوستهٔ خارجی ساختمان محسوب می‌شود.

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

محفظه گرم محافظت شده[1]: دستگاه اندازه‌گیری ضریب انتقال حرارت جدارهای ساختمانی، مطابق استانداردهای بین‌المللی.

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

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

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

هوابندی: جلوگیری از ورود و خروج هوا، از طریق پوسته یا درزهای عناصر تشکیل‌دهندهٔ ان.

[1] Guarded Hot Box

۴-۱-۲- انتظارات عملکرد حرارتی ساختمان

عملکرد حرارتی اجزای تشکیل‌دهنده ساختمان باید به گونه‌ای باشد که انتظارات تعیین‌شده در خصوص میزان مصرف انرژی در ساختمان و شرایط اسایش حرارتی ساکنین و بهره‌برداران ان براورده 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 اسقرار در پیوست‌های مبحث ۱۹ مشخص شده‌است. تعیین گروه ساختمان از نظر صرفه‌جویی در مصرف انرژی نیز در پیوست ۵ مقررات ملی تشریح شده‌است.

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

با توجه به عوامل ویژه اصلی تعیین‌شده 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 تمامی‌حالات قابل استفاده است و مبنای ان 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 به‌دنبال 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 پوستهٔ 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 نحوهٔ عایق‌کاری حرارتی (خارجی، داخلی، میانی، همگن)؛
- حداقل مقاومت حرارتی بام، در دو حالت مجاورت بام با فضای خارج یا فضای کنترل‌نشده، و براساس نحوهٔ 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 نحوهٔ 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 ساختمانِ 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

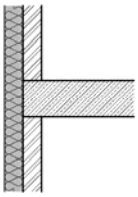
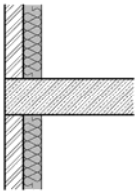
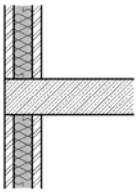
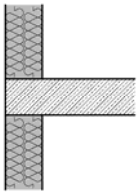
در صورتی که ساختمانِ دارای شرایط استفاده از روش تجویزی، مطابق پیوست ۳ مبحث ۱۹ با نیاز غالب سرمایی باشد و تمامی جدارهای نورگذر پوستهٔ خارجی ساختمان نیز سایه‌بان‌های معین‌شده در مبحث ۱۹ را داشته باشند، می‌توان حداقل مقاومت‌های حرارتی ارائه‌شده در راه‌حل‌های فنی را با ضریب ۰/۹ کاهش داد.

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 پوستهٔ 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 پنجرهٔ برتر)

در راه حل‌های 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 نحوهٔ عایق‌کاری حرارتی جزو دیوارهای با عایق حرارتی همگن محسوب می‌شوند.

دیوار مجاور فضای کنترل‌نشده	دیوار مجاور فضای خارج			
	عایق حرارتی خارجی	عایق حرارتی داخلی	عایق حرارتی میانی	عایق حرارتی همگن
				

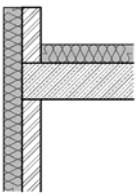
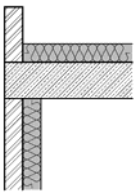
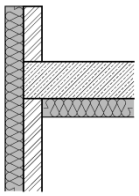
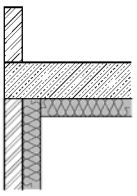
در این حالت، مقادیر حداقل مقاومت حرارتی دیوار به شرح زیر است:

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

	گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳
دیوار مجاور فضای خارج	۲/۱	۱/۴	۱/۱
دیوار مجاور فضای کنترل نشده	۱/۰	۰/۸	۰/۷

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 کنترل‌نشده	بام یا سقف مجاور فضای خارج			
	عایق حرارتی خارجی بام یا سقف		عایق حرارتی داخلی بام یا سقف	
	با عایق‌کاری خارجی یا میانی دیوار	با عایق‌کاری داخلی یا همگن دیوار	با عایق‌کاری خارجی یا میانی دیوار	با عایق‌کاری داخلی یا همگن دیوار
				

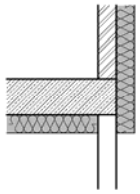
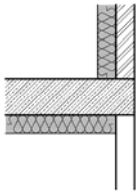
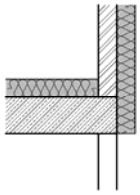
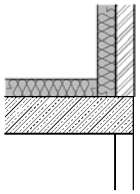
برای حالت کلی (کاربرد سقف‌های سبک)، مقاومت حداقل عایق حرارتی بام یا سقف در زیر ارائه شده است:

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

	گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳
بام یا سقف مجاور فضای خارج	۲/۱	۱/۶	۱/۴
بام یا سقف مجاور فضای کنترل نشده	۱/۰	۰/۸	۰/۷

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

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

کف مجاور فضای کنترل‌نشده	کف مجاور فضای خارج			
	عایق حرارتی خارجی کف		عایق حرارتی داخلی کف	
	با عایق‌کاری خارجی یا میانی دیوار	با عایق‌کاری داخلی یا همگن دیوار	با عایق‌کاری خارجی یا میانی دیوار	با عایق‌کاری داخلی یا همگن دیوار
				

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

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

در زیر ضخامت‌های حداقل عایق حرارتی مورد نیاز، با فرض ۳۰ درصد کاهش مقاومت حرارتی[۲] ناشی از وجود وادارهای فلزی ارائه شده‌است:

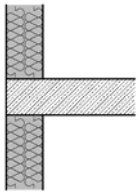
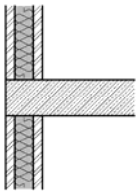
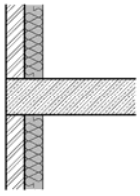
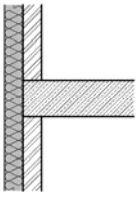
ضخامت عایق حرارتی (سانتیمتر)	مقاومت حرارتی [m2.K/W]
۲	۰.۳۸
۴	۰.۷۳
۶	۱.۰۸
۸	۱.۴۳
۱۰	۱.۷۸
۱۲	۲.۱۳
۱۴	۲.۴۸
۱۶	۲.۸۳

همانگونه که ملاحظه می‌شود، در روش طراحی تجویزی، در صورتی که عایق به‌صورت منقطع بین وادارها کارگذاشته 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.

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

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

در راه حل‌های 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 کنترل‌نشده	دیوار مجاور فضای خارج			
	عایق حرارتی همگن	عایق حرارتی میانی	عایق حرارتی داخلی	عایق حرارتی خارجی
				

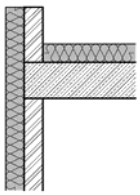
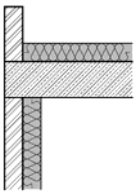
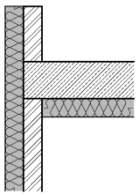
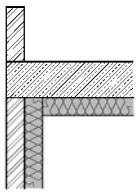
در این حالت، مقادیر حداقل مقاومت حرارتی دیوار به این شرح است:

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

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

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 خارج			
	عایق حرارتی خارجی بام یا سقف		عایق حرارتی داخلی بام یا سقف	
	با عایق‌کاری خارجی یا میانی دیوار	با عایق‌کاری داخلی یا همگن دیوار	با عایق‌کاری خارجی یا میانی دیوار	با عایق‌کاری داخلی یا همگن دیوار
بام یا سقف مجاور فضای کنترل‌نشده				

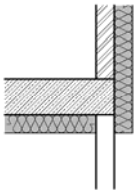
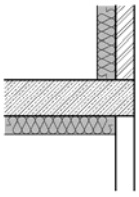
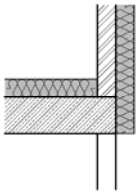
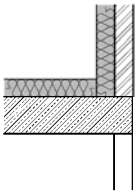
برای حالت کلی (کاربرد سقف‌های سبک)، مقاومت حداقل عایق حرارتی بام یا سقف در زیر ارائه شده است:

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

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

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

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

کف مجاور فضای کنترل‌نشده	کف مجاور فضای خارج			
	عایق حرارتی خارجی کف		عایق حرارتی داخلی کف	
	با عایق‌کاری خارجی یا میانی دیوار	با عایق‌کاری داخلی یا همگن دیوار	با عایق‌کاری خارجی یا میانی دیوار	با عایق‌کاری داخلی یا همگن دیوار
				

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

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

۴-۱-۳- 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 تشکیل‌دهنده 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 ان قرار می‌گیرد
- لایه‌های اب‌بندی و بخاربندی که بسته به شرایط طرح بین لایه‌های مختلف در نظر گرفته می‌شوند.

از دید حرارتی، گچ به‌کار رفته در تخته‌های گچی ضریب هدایت حرارت کمی‌دارد و طبق مقادیر ارائه‌شده در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان بین ۰.۳۵ و ۰.۵۰ براورد می‌شود. ولی ضخامت لایه‌های گچی به‌قدری 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 انها (صفحات منیزیومی، ...) نیز صادق است.

ضرایب هدایت مصالح مختلفی که در این سیستم به‌کار می‌رود به شرح جدول ۴-۱ است[۳].

[۳] 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 (کیلوگرم بر متر مکعب)	ضریب هدایت حرارت (وات بر متر کلوین)
ورق فولادی گالونیزه	۷۷۸۰	۵۲
صفحات (تخته‌های) گچی		
با روکش مقوایی عادی	۷۵۰ تا ۹۰۰	۰/۲۵
با روکش مقوایی ضداتش و تقویت‌شده با الیاف معدنی	۸۰۰ تا ۱۰۰۰	۰/۲۵
صفحات (تخته‌های) سیمانی		
الیافی	۱۸۰۰ تا ۲۲۰۰	۰/۹۵
سلولزی	۱۴۰۰ تا ۱۸۰۰	۰/۶۵
	۱۴۰۰ تا ۱۸۰۰	۰/۴۶
	۱۰۰۰ تا ۱۴۰۰	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
صفحات با تراشه‌های پولکی جهت‌یافته (OSB)	کمتر از ۶۵۰	۰/۱۳
پشم‌سنگ	۱۵ تا ۲۵	۰/۰۵۰
	۲۵ تا ۴۰	۰/۰۴۴
	۴۰ تا ۱۰۰	۰/۰۴۲
پشم‌شیشه	۱۵ تا ۲۰	۰/۰۴۴
	۲۰ تا ۳۰	۰/۰۴۱
	۳۰ تا ۴۰	۰/۰۳۹
	۴۰ تا ۸۰	۰/۰۳۸
	۸۰ تا ۱۲۰	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 ان، کاهش اثربخشی لایه عایق حرارتی می‌شود.

ورق‌های سرد نورد شده با وجود ضخامت کم و فاصله زیاد از یکدیگر (معمولا ۴۵، ۶۰ یا ۹۰ سانتیمتر) پل حرارتی قابل توجهی ایجاد می‌نمایند، که باید حتما در بیلان 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 ان 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[۴]
- با استفاده از جداول ارائه شده برای گونه‌های مختلف دیوارهای خارجی (به صورت پارامتریک)
- با شبیه‌سازی انتقال حرارت به‌صورت دو یا سه‌بعدی، به کمک نرم‌افزارهای تخصصی
- با اندازه‌گیری ضریب انتقال حرارت در ازمایشگاه، با استفاده از دستگاه محفظه گرم محافظت شده[۵].

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 ازمایشگاه 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.

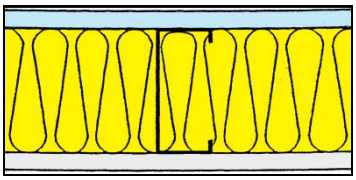
۴-۲-۱-۱- کاهش انتقال حرارت در اجزای فلزی

مؤثرترین اقداماتی‌که 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 نوردشده. 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.
- اضافه‌کردن 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.

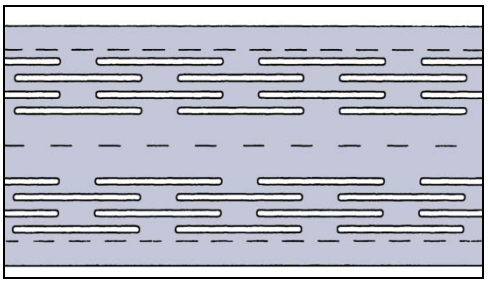


شکل ۴-۱- مقطع دیوار LSF با عایق حرارتی میانی (تودلی)

در روش اجرای عایق حرارتی به‌صورت «میان‌قاب»، کاهش پل‌های حرارتی ناشی از عناصر سازه‌ای فولادی می‌تواند به روش‌های زیر صورت گیرد:

- کاهش ضخامت ورق و استفاده از الیاژهای 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 جریان پروفیل



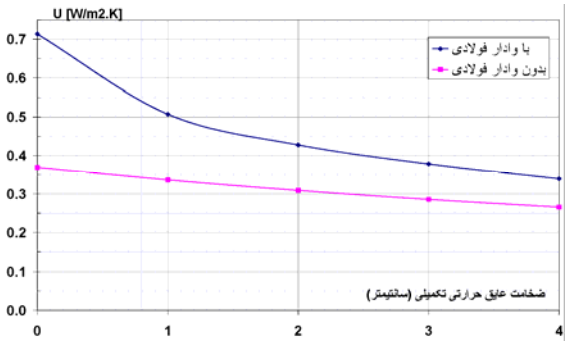
شکل ۴-۳- ایجاد سوراخ‌های لوبیایی برای تبدیل مسیر مستقیم انتقال حرارت به یک مسیر پیچ در پیچ

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

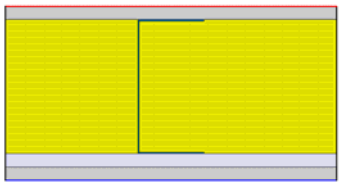
با توجه به کاهش قابل توجه اثربخشی عایق حرارتی ناشی از پل‌های حرارتی قاب فولادی، توصیه می‌شود عایق حرارتی صرفا به‌صورت لایه‌ای داخلی در فضای بین استادها و رانرها در نظر گرفته نشود، و به جای ان یا همراه با ان، لایه‌ای در طرف رو به داخل یا خارج دیوار پیش‌بینی شود.

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 به‌طور چشمگیری کاهش می‌دهد. در عمل، افزودن یک لایه سراسری یکپارچه پلی‌استایرن منبسط (یا یک عایق حرارتی پلیمری مشابه با مقاومت حرارتی بیش از ۰/۹ $[m^2.K/W]$) در جدار، باعث می‌شود مقاومت حرارتی کلی دیوار بیش از ۱/۱ $[m^2.K/W]$ 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 حتما به تبعات ان در خصوص عملکرد جدار در برابر حریق توجه ویژه‌ای معطوف شود.

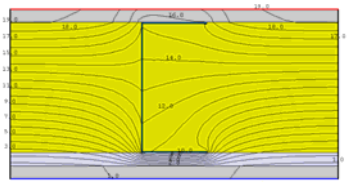
در نمودار زیر، برای یک دیوار با ۱۰ سانتیمتر عایق پشم‌شیشه بین وادارهای ۱۰ سانتیمتری، و یک لایه تکمیلی از جنس پلی‌استایرن منبسط، با ضخامتی بین ۰ تا ۴ سانتیمتر، ضرایب انتقال حرارت مجموعه دیوار ارائه شده‌است. نکته مهمی‌که در این نمودار مشاهده می‌شود این است که با افزایش ضخامت لایه عایق حرارتی تکمیلی، تاثیر ان 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.



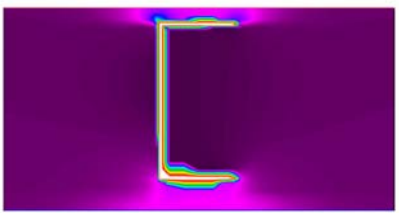
شکل ۴-۴- تغییرات ضریب انتقال حرارت دیوار با ضخامت لایه عایق حرارتی تکمیلی



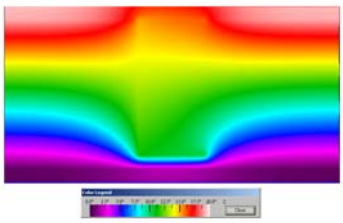
شکل ۴-۵- مقطع دیوار با عایق تکمیلی ۱ سانتی‌متری



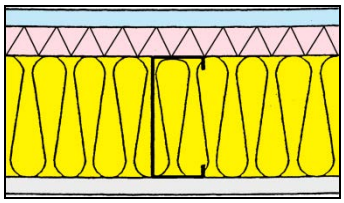
شکل ۴-۶ - پروفیل‌های همدمایی در دیوار



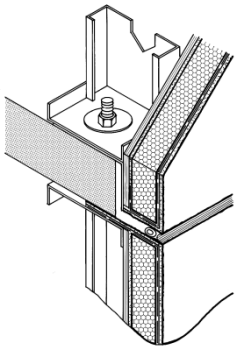
شکل ۴-۷- پروفیل‌های هم‌شاری در دیوار



شکل ۴-۸- پروفیل‌های رنگی همدمایی در دیوار

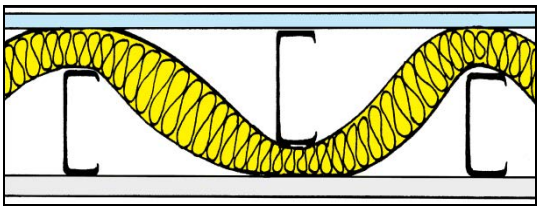


شکل ۴-۹- مقطع دیوار LSF با عایق حرارتی میانی (تودلی) همراه با یک لایه عایق حرارتی تکمیلی



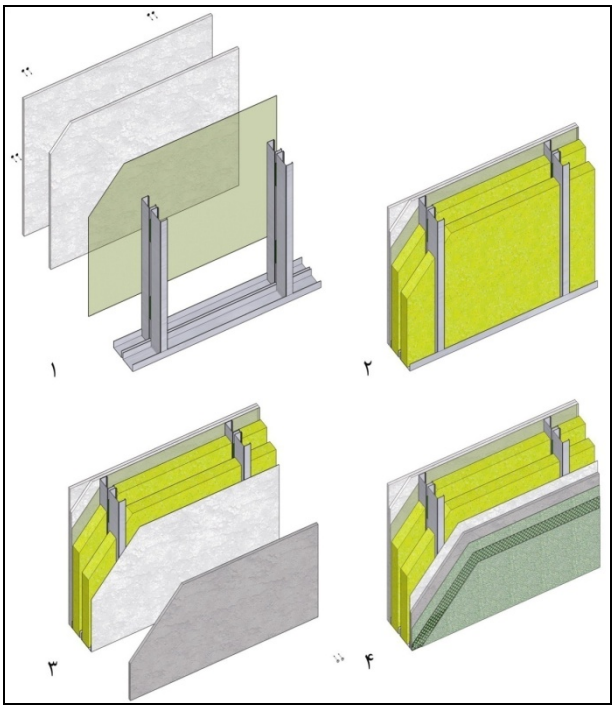
شکل ۴-۱۰- دیوار LSF با یک لایه عایق حرارتی سراسری در طرف خارج که بر روی لبه خارجی سقف امتداد یافته است.

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 به‌شکل 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.

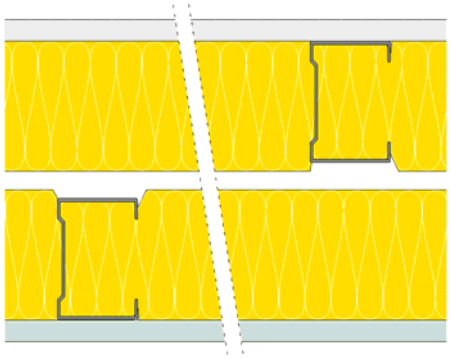


شکل ۴-۱۱- مقطع دیوار LSF با عایق حرارتی سینوسی

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 هم راستا

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 اسیب‌دیدن ان، 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 کاملامسدود 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 همدمایی مربوط به دمای شبنم صورت می‌گیرد.

در شکل‌های ۴-۱۴ تا ۴-۱۶، پروفیل‌های همدمایی نقاط شبنم 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:

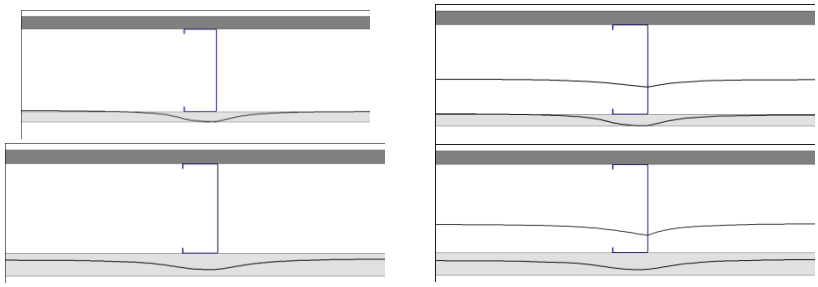
- بدون عایق حرارتی
- با ۵۰ میلی‌متر عایق حرارتی در طرف رو به داخل
- با ۱۰۰ میلی‌متر عایق حرارتی (بدون لایه هوا)

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.

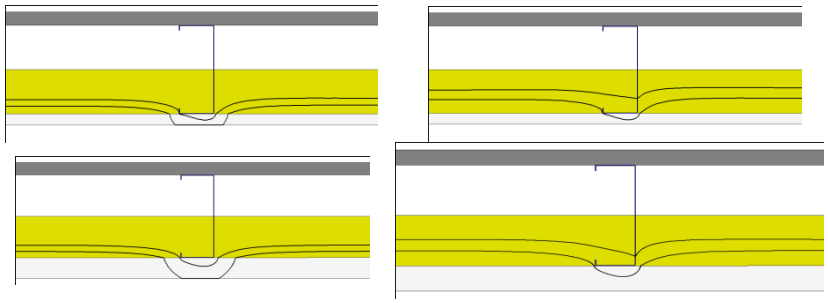
شکل‌های سمت راست در هر مجموعه، شبیه‌سازی مربوط به شرایط سرد (دمای خارج برابر صفر درجه سلسیوس) و شکل‌های سمت چپ، مربوط به شرایط بسیار سرد (دمای خارج برابر ۱۰- درجه سلسیوس) است.

با توجه به این نتایج، اصول زیر برای پیشگیری از بروز چگالش سطحی ارائه می‌شود:

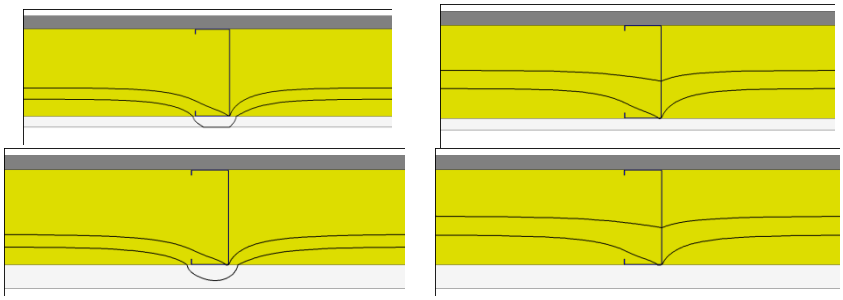
- دیوار خشک بدون عایق حرارتی، علاوه بر این که ضریب انتقال حرارتی زیادی دارد، خطرات جدی چگالش سطحی نیز دارد. در نتیجه، در صورتی که برای ساختمان‌های با نیاز انرژی کم در نظر گرفته شود، حتما باید دارای یک یا چند لایه گچی با ضخامت کل برابر یا بیش از ۲۵ میلی‌متر باشد.
- کاربرد دیوارهای با عایق حرارتی به ضخامت 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 کاملا رفع می‌کند. البته، در این حالت ضخامت کل عایق حرارتی نباید کمتر از ۵۰ میلی‌متر باشد.



شکل ۴-۱۴- پروفیل‌های همدمایی 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)



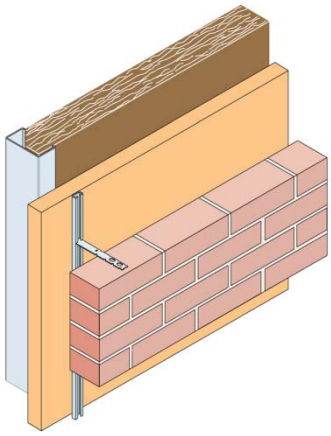
شکل ۴-۱۶- دیوار با ۱۰۰ میلی‌متر عایق حرارتی (بدون لایه هوا) در شرایط سرد (سمت راست) و بسیار سرد (سمت چپ)

۴-۲-۴- اب‌بندی و جلوگیری از نفوذ اب 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 اب باران کاملا 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 حتما 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 ان، 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 اب‌بندی نما، لازم است پیش‌بینی‌های لازم در طراحی صورت گیرد. برای نمونه، اجرای قطعات نما با هم‌پوشانی لازم، می‌تواند اب‌بندی نما در دراز مدت را تضمین کند.

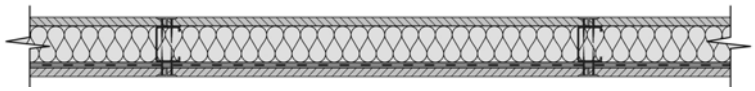
۴-۳- عملکرد حرارتی برخی جزئیات متداول برای جدارهای سیستم LSF

۴-۳-۱- عملکرد حرارتی برخی جزییات متداول برای دیوار خشک

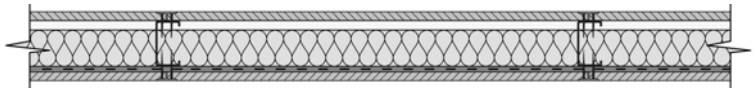
۴-۳-۱-۱- دیوار خشک ساده (همراه یا بدون لایه هوا)

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)



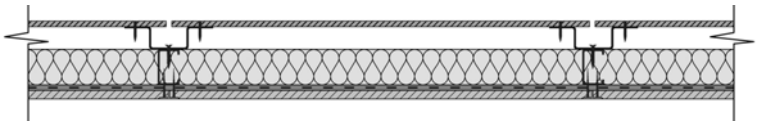
شکل ۴-۱۹ مقطع دیوار خشک ساده (با لایه هوا)

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 ان کـه بـرای دیـوار خشـک سـاده در نظـر گرفته شده است از مقاومت حرارتی کل کاسته شود.

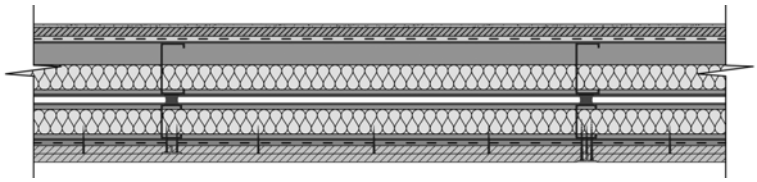


شکل ۴-۲۰- مقطع دیوار خشک همراه با لایه هوای تهویه شده

۴-۳-۱-۳- دیوار خشک دو قابه

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

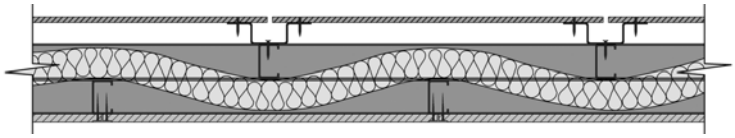
در صورتی که دیواری با مشخصاتی غیر از مورد قید شده در جدول مد نظر باشد، محاسبات مقاومت حرارتی بدون احتساب اثر وادارها انجام می‌شود، و نتیجه به‌دست امده به میزان ۲ درصد افزایش داده می‌شود.



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، 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 به‌سرعت 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 این‌که هیچ نیرو و فشار مضاعفی (به‌غیر از بار ثقلی خود عایق حرارتی) به ان اعمال نمی‌شود، محدودیتی در مورد مشخصات مکانیکی عایق حرارتی معدنی وجود ندارد.
نکته دیگری که باید در اینجا به ان اشاره کرد این است که در این روش، اگر عایق حرارتی در سقف بین طبقات استفاده شود، با مقاصدی به‌غیر 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 به‌صورت کاملا تهویه‌شده باشد. در این صورت، عایق‌کاری حرارتی کف از اهمیت زیادی برخوردار خواهد بود، و باید به‌صورت 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 به‌طرف گربه‌رو، و سپس از گربه‌رو به‌طرف خارج انجام می‌شود. درنتیجه، 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 به‌همراه دارد، از جمله خطر افزایش رطوبت هوا دراین 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 اخر، اجرای کف روی خاک (یا بلوکاژ) است. در این حالت نیازی به عایق‌کاری تمامی‌سطح 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 جزئیات اجرایی جدارهای سیستم LSF

در جدول زیر، مقادیر مقاومت حرارتی برای انواع مختلف جدار، با قاب ساده یا دو قابه، 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

پوشش خارجی				عایق حرارتی تکمیلی				ابعاد واداز			عایق حرارتی بین وادارها			پوشش داخلی				توضیحات	مقاومت حرارتی		
جنس	ضخامت (mm)	λ (W/m.K)	Re1 ($m^2.K/W$)	جنس	ضخامت (mm)	λ (W/m.K)	Re2 ($m^2.K/W$)	بال (mm)	جان (mm)	ضخامت (mm)	فاصله محور به محور	جنس	Rins ($m^2.K/W$)	جنس	ضخامت (mm)	λ (W/m.K)	Ri ($m^2.K/W$)		مجموع لایه‌ها	کل دیوار	اثر پل‌های حرارتی (%)
تخته چندلا	۱۲.۵	۰.۲۱	۰.۰۶۰					۴۰.۵	۹۰	۱.۰	۶۰	پشم شیشه	۱.۹۴	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰		۲.۰۵۰	۱.۳۹	۳۲٪
تخته چندلا	۱۲.۵	۰.۲۱	۰.۰۶۰					۴۰.۵	۹۰	۱.۰	۶۰	پشم شیشه	۱.۹۴	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰	همراه با پروفیل فاصل افقی فولادی	۲.۰۵۰	۱.۶۴	۲۰٪
تخته چندلا	۱۲.۵	۰.۲۱	۰.۰۶۰	XPS	۲۵.۰	۰.۰۳۳	۰.۷۵۸	۴۰.۵	۹۰	۱.۰	۶۰	پشم شیشه	۱.۹۴	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰		۲.۸۰۷	۳.۵۵	۹٪
				XPS	۱۲.۵	۰.۰۳۳	۰.۳۷۹	۴۰.۵	۹۰	۱.۰	۶۰	پشم شیشه	۱.۹۴	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰		۲.۳۶۹	۳.۰۱	۱۵٪
				XPS	۲۵.۰	۰.۰۳۳	۰.۷۵۸	۴۰.۵	۹۰	۱.۰	۶۰	پشم شیشه	۱.۹۴	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰		۲.۷۴۸	۲.۴۱	۱۲٪
				XPS	۵۰.۰	۰.۰۳۳	۱.۵۱۵	۴۰.۵	۹۰	۱.۰	۶۰	پشم شیشه	۱.۹۴	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰		۳.۵۰۵	۳.۳۳	۵٪
تخته گچی	۱۲.۵	۰.۳۵	۰.۰۵۰	XPS	۲۵.۰	۰.۰۳۳	۰.۷۵۸	۴۰.۵	۹۰	۱.۰	۶۰	پشم شیشه	۱.۹۴	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰		۲.۷۹۸	۲.۴۵	۱۲٪
				XPS	۲۵.۰	۰.۰۳۳	۰.۷۵۸	۴۰.۵	۹۰	۱.۰	۶۰	پشم شیشه	۱.۹۴	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰	همراه با پروفیل فاصل افقی فولادی	۲.۷۴۸	۳.۵۴	۸٪
تخته چندلا	۱۲.۵	۰.۲۱	۰.۰۶۰					۴۰.۵	۹۰	۱.۰	۶۰	پشم شیشه	۱.۹۴	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰	همراه با نوار چسب سیلیکونی	۲.۰۵۰	۱.۴۸	۲۸٪
تخته چندلا	۱۲.۵	۰.۲۱	۰.۰۶۰					۴۰.۵	۹۰	۱.۰	۳۰	پشم شیشه	۱.۹۴	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰		۲.۰۵۰	۱.۲۰	۴۱٪
				XPS	۲۵.۰	۰.۰۳۳	۰.۷۵۸	۴۰.۵	۹۰	۱.۰	۳۰	پشم شیشه	۱.۹۴	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰		۲.۷۴۸	۲.۱۸	۲۱٪
تخته چندلا	۱۲.۵	۰.۲۱	۰.۰۶۰					۴۰.۵	۹۰	۱.۰	۶۰	پشم شیشه	۱.۹۴	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰	همراه با نوار چسب سیلیکونی	۲.۰۵۰	۱.۴۶	۲۹٪
				XPS	۲۵.۰	۰.۰۳۳	۰.۷۵۸	۴۰.۵	۹۰	۱.۰	۶۰	پشم شیشه	۱.۹۴	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰		۲.۷۴۸	۲.۴۴	۱۱٪
تخته چندلا	۱۲.۵	۰.۲۱	۰.۰۶۰	air			۰.۲۲۰	۴۰.۵	۹۰	۱.۰	۶۰	پشم شیشه	۱.۹۴	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰	دو قاب با 22 میلی‌متر فاصله هوا و دو ردیف عایق حرارتی	۲.۳۷۰	۲.۳۴	۱٪
تخته چندلا	۱۲.۵	۰.۲۱	۰.۰۶۰					۴۰.۵	۱۵۰	۱.۰	۶۰	پشم شیشه	۳.۳۵	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰		۴.۴۶۰	۱.۷۸	۴۹٪
				XPS	۲۵.۰	۰.۰۳۳	۰.۷۵۸	۴۰.۵	۱۵۰	۱.۰	۶۰	پشم شیشه	۳.۳۵	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰		۴.۱۵۸	۲.۸۵	۳۱٪
				PIC	۲۵.۰	۰.۰۲۴	۰.۷۵۸	۴۰.۵	۱۵۰	۱.۰	۶۰	پشم شیشه	۳.۳۵	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰	عایق تکمیلی با فویل آلومینیوم	۴.۱۵۸	۳.۰۱	۲۸٪
تخته چندلا	۱۲.۵	۰.۲۱	۰.۰۶۰					۴۰.۵	۱۵۰	۱.۰	۱۲۰	پشم شیشه	۳.۳۵	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰	همراه با پروفیل فاصل افقی فولادی 20 میلی‌متری	۴.۴۶۰	۲.۱۸	۳۷٪
				XPS	۲۵.۰	۰.۰۳۳	۰.۷۵۸	۴۰.۵	۹۰	۱.۰	۶۲.۵	پشم شیشه	۱.۹۴	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰		۲.۷۴۸	۲.۳۸	۱۳٪
				XPS	۲۵.۰	۰.۰۳۳	۰.۷۵۸	۴۰.۵	۹۰	۱.۰	۶۰	پشم شیشه	۲.۶۴	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰		۲.۴۴۸	۲.۷۵	۲۰٪
اتود گچ	۱۹	۰.۴۰	۰.۰۴۸	XPS	۲۵.۰	۰.۰۳۳	۰.۷۵۸	۴۰.۵	۹۰	۱.۰	۶۰	پشم شیشه	۲.۲۹	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰		۳.۱۴۵	۲.۷۷	۱۲٪

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

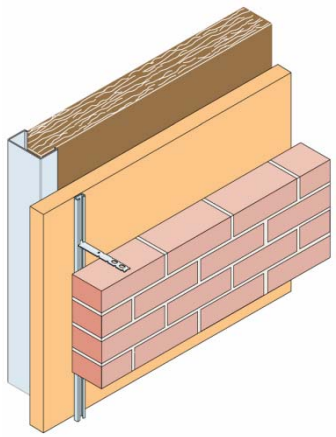
17-. Report on: durability, Lightweight Steel Framing, technical bulletin, , CSSBI (Canadian Sheet Steel Building Institute), Volume 2, Number 2, March 1999

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 تهویه‌شده بین پوشش نهایی نما و لایه عایق حرارتی صورت می‌گیرد.



شکل ٤-١٧- نمونه دیوار LSF با لایه هوای تهویه شده

٤-٢-٥- کنترل اثرات ناشی از تکانه‌های حرارتی

با توجه به جرم بسیار کم پوشش خارجی و وجود لایه عایق حرارتی در پشت ان، 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.

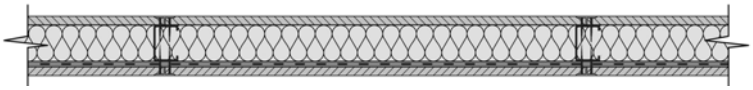
یکی از راه‌های ممکن برای تامین این خصوصیت، اجرای نما با استفاده از قطعات در ابعاد کوچک یا متوسط است. از طرف دیگر، برای حفظ اب‌بندی نما، لازم است پیش‌بینی‌های لازم در طراحی صورت گیرد. برای نمونه، اجرای قطعات نما با هم‌پوشانی لازم، می‌تواند اب‌بندی نما در دراز مدت را تضمین کند.

٤-۳- عملکرد حرارتی برخی جزئیات متداول برای جدارهای سیستم LSF

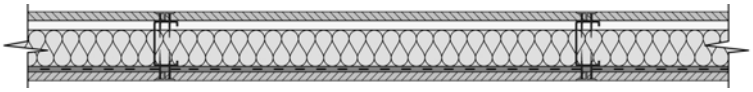
٤-۳-۱- عملکرد حرارتی برخی جزییات متداول برای دیوار خشک

٤-۳-۱-۱- 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 ٤-۱۸- مقطع دیوار خشک ساده (بدون لایه هوا)



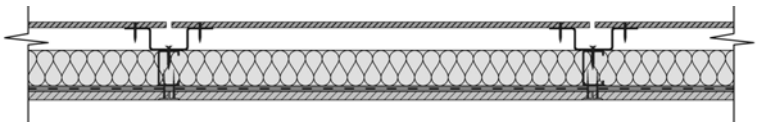
شکل ٤-۱۹ مقطع دیوار خشک ساده (با لایه هوا)

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

٤-۳-۱-۲- 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 ان که برای دیوار خشک ساده در نظر گرفته شده است از مقاومت حرارتی کل کاسته شود.

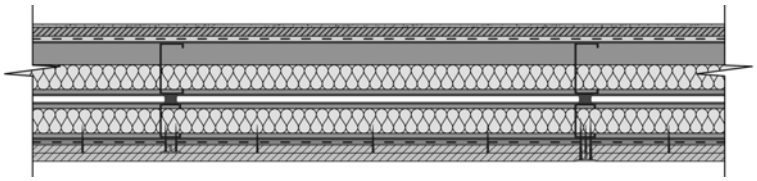


شکل ٤-۲۰- مقطع دیوار خشک همراه با لایه هوای تهویه شده

٤-۳-۱-۳- دیوار خشک دو قابه

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

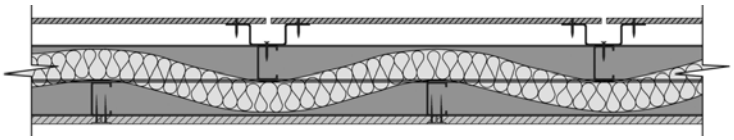
در صورتی که دیواری با مشخصاتی غیر از مورد قید شده در جدول مد نظر باشد، محاسبات مقاومت حرارتی بدون احتساب اثر وادارها انجام می‌شود، و نتیجه به‌دست امده به میزان ۲ درصد افزایش داده می‌شود.



شکل ٤-۲۱- مقطع دیوار خشک دو قابه با وادارهای هم‌راستا

٤-۳-۱-٤- 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 ٤-۲۲- مقطع دیوار خشک با عایق حرارتی سینوسی

٤-۳-۲- 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 به‌سرعت 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 این‌که هیچ نیرو و فشار مضاعفی (به‌غیر از بار ثقلی خود عایق حرارتی) به ان اعمال نمی‌شود، محدودیتی در مورد مشخصات مکانیکی عایق حرارتی معدنی وجود ندارد.

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

٤-۳-۳- 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 به‌صورت کاملا تهویه‌شده باشد. در این صورت، عایق‌کاری حرارتی کف از اهمیت زیادی برخوردار خواهد بود، و باید به‌صورت 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 به‌طرف گربه‌رو، و سپس از گربه‌رو به‌طرف خارج انجام می‌شود. درنتیجه، 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 به‌همراه دارد، از جمله خطر افزایش رطوبت هوا دراین 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 اخر، اجرای کف روی خاک (یا بلوکاژ) است. در این حالت نیازی به عایق‌کاری تمامی‌سطح 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.

٤-۳-٤- 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 قابه، با مقاطع مختلف برای وادار و مقاومت‌های متفاوت برای عایق حرارتی، همراه یا بدون لایه عایق تکمیلی سراسری ارائه شده است.

جدول ٤-٢ مقادیر مقاومت حرارتی برای انواع مختلف جدار سیستم LSF

پوشش خارجی				عایق حرارتی تکمیلی				ابعاد وادار			عایق حرارتی بین وادارها			پوشش داخلی				توضیحات	مقاومت حرارتی	
جنس	ضخامت (mm)	λ (W/m.K)	Re1 (m^2.K/W)	جنس	ضخامت (mm)	λ (W/m.K)	Re2 (m^2.K/W)	بال (mm)	جان (mm)	ضخامت (mm)	فاصله محور به محور	جنس	Rins (m^2.K/W)	جنس	ضخامت (mm)	λ (W/m.K)	Ri (m^2.K/W)		مجموع لایه‌ها	کل دیوار	اثر پل‌های حرارتی (%)
تخته چندلا	۱۲.۵	۰.۲۱	۰.۰۶۰					۴۰.۵	۹۰	۱.۰	۶۰	پشم شیشه	۱.۹۴	تخته گچی	۱۲.۵		۰.۰۵۰		۲.۰۵۰	۱.۳۹	۳۳٪
تخته چندلا	۱۲.۵	۰.۲۱	۰.۰۶۰					۴۰.۵	۹۰	۱.۰	۶۰	پشم شیشه	۱.۹۴	تخته گچی	۱۲.۵		۰.۰۵۰	همراه با پروفیل فاصل افقی فولادی	۲.۰۵۰	۱.۶۴	۲۰٪
تخته چندلا	۱۲.۵	۰.۲۱	۰.۰۶۰	XPS	۲۵.۰	۰.۰۳۳	۰.۷۵۸	۴۰.۵	۹۰	۱.۰	۶۰	پشم شیشه	۱.۹۴	تخته گچی	۱۲.۵		۰.۰۵۰		۲.۸۰۷	۲.۵۵	۹٪
				XPS	۱۲.۵	۰.۰۳۳	۰.۳۷۹	۴۰.۵	۹۰	۱.۰	۶۰	پشم شیشه	۱.۹۴	تخته گچی	۱۲.۵		۰.۰۵۰		۲.۴۶۹	۲.۰۱	۱۵٪
				XPS	۲۵.۰	۰.۰۳۳	۰.۷۵۸	۴۰.۵	۹۰	۱.۰	۶۰	پشم شیشه	۱.۹۴	تخته گچی	۱۲.۵		۰.۰۵۰		۲.۷۴۸	۲.۴۱	۱۲٪
				XPS	۵۰.۰	۰.۰۳۳	۱.۵۱۵	۴۰.۵	۹۰	۱.۰	۶۰	پشم شیشه	۱.۹۴	تخته گچی	۱۲.۵		۰.۰۵۰		۳.۵۰۵	۳.۳۳	۵٪
تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰	XPS	۲۵.۰	۰.۰۳۳	۰.۷۵۸	۴۰.۵	۹۰	۱.۰	۶۰	پشم شیشه	۱.۹۴	تخته گچی	۱۲.۵		۰.۰۵۰		۲.۷۴۸	۲.۴۵	۱۲٪
				XPS	۲۵.۰	۰.۰۳۳	۰.۷۵۸	۴۰.۵	۹۰	۱.۰	۶۰	پشم شیشه	۱.۹۴	تخته گچی	۱۲.۵		۰.۰۵۰	همراه با پروفیل فاصل افقی فولادی	۲.۷۴۸	۲.۵۴	۸٪
تخته چندلا	۱۲.۵	۰.۲۱	۰.۰۶۰					۴۰.۵	۹۰	۱.۰	۶۰	پشم شیشه	۱.۹۴	تخته گچی	۱۲.۵		۰.۰۵۰	همراه با نوار چسب سیلیکونی	۲.۰۵۰	۱.۴۸	۲۸٪
تخته چندلا	۱۲.۵	۰.۲۱	۰.۰۶۰					۴۰.۵	۹۰	۱.۰	۳۰	پشم شیشه	۱.۹۴	تخته گچی	۱۲.۵		۰.۰۵۰		۲.۰۵۰	۱.۳۰	۴۱٪
				XPS	۲۵.۰	۰.۰۳۳	۰.۷۵۸	۴۰.۵	۹۰	۱.۰	۳۰	پشم شیشه	۱.۹۴	تخته گچی	۱۲.۵		۰.۰۵۰		۲.۷۴۸	۲.۱۸	۲۱٪
تخته چندلا	۱۲.۵	۰.۲۱	۰.۰۶۰					۴۰.۵	۹۰	۱.۰	۶۰	پشم شیشه	۱.۹۴	تخته گچی	۱۲.۵		۰.۰۵۰	همراه با نوار چسب سیلیکونی	۲.۰۵۰	۱.۴۶	۲۹٪
				XPS	۲۵.۰	۰.۰۳۳	۰.۷۵۸	۴۰.۵	۹۰	۱.۰	۶۰	پشم شیشه	۱.۹۴	تخته گچی	۱۲.۵		۰.۰۵۰		۲.۷۴۸	۲.۴۴	۱۱٪
تخته چندلا	۱۲.۵	۰.۲۱	۰.۰۶۰	air			۰.۳۲۰	۴۰.۵	۹۰	۱.۰	۶۰	پشم شیشه	۱.۹۴	تخته گچی	۱۲.۵		۰.۰۵۰	دو قاب با 22 میلی‌متر فاصله هوا و دو ردیف عایق حرارتی	۲.۳۷۰	۲.۳۴	۱٪
تخته چندلا	۱۲.۵	۰.۲۱	۰.۰۶۰					۴۰.۵	۱۵۰	۱.۰	۶۰	پشم شیشه	۳.۳۵	تخته گچی	۱۲.۵		۰.۰۵۰		۳.۴۶۰	۱.۷۸	۴۹٪
				XPS	۲۵.۰	۰.۰۳۳	۰.۷۵۸	۴۰.۵	۱۵۰	۱.۰	۶۰	پشم شیشه	۳.۳۵	تخته گچی	۱۲.۵		۰.۰۵۰		۴.۱۵۸	۲.۸۵	۳۱٪
				PIC	۲۵.۰	۰.۰۳۳	۰.۷۵۸	۴۰.۵	۱۵۰	۱.۰	۶۰	پشم شیشه	۳.۳۵	تخته گچی	۱۲.۵		۰.۰۵۰	عایق تکمیلی با فویل آلومینیوم	۴.۱۵۸	۳.۰۱	۲۸٪
تخته چندلا	۱۲.۵	۰.۲۱	۰.۰۶۰					۴۰.۵	۱۵۰	۱.۰	۱۲۰	پشم شیشه	۳.۳۵	تخته گچی	۱۲.۵		۰.۰۵۰	همراه با پروفیل فاصل افقی فولادی 20 میلی‌متری	۳.۴۶۰	۲.۱۸	۳۷٪
				XPS	۲۵.۰	۰.۰۳۳	۰.۷۵۸	۶۲.۵	۹۰	۱.۰	۶۰	پشم شیشه	۱.۹۴	تخته گچی	۱۲.۵		۰.۰۵۰		۲.۷۴۸	۲.۳۸	۱۳٪
				XPS	۲۵.۰	۰.۰۳۳	۰.۷۵۸	۴۰.۵	۹۰	۱.۰	۶۰	پشم شیشه	۲.۶۹	تخته گچی	۱۲.۵		۰.۰۵۰		۳.۲۴۸	۲.۷۵	۳۰٪
اتود گچ	۱۹	۰.۴۰	۰.۰۴۸	XPS	۲۵.۰	۰.۰۳۳	۰.۷۵۸	۴۰.۵	۹۰	۱.۰	۶۰	پشم شیشه	۲.۲۹	تخته گچی	۱۲.۵		۰.۰۵۰		۳.۱۴۵	۲.۷۷	۱۲٪

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 صدابندی سیستم ساختمان قاب‌های سبک فولادی LSF

۵-۱- کلیات

مسائل اکوستیکی در یک ساختمان را می‌توان به دو گروه تقسیم کرد:
نخست: کنترل نوفه[1] 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 صدارسانی مطلوب می‌باشد.
برای کنترل نوفه، ابتدا باید حداکثر نوفه قابل تحمل در فضای مورد نظر مشخص شود. این ارقام در ایین‌نامه‌های اکوستیکی هر کشور ارائه شده است. پس از ان باید نوفه منطقه‌ای که ساختمان در انجا 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 ایین‌نامه‌های اکوستیکی کشور برسد. در این صورت، داشتن اطلاعات از صدابندی جداکننده‌ها، الزامی‌است.
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 ان را حل نمود و باعث کاهش هزینه‌های بازسازی گردید. در حقیقت اگر برای یک ساختمان تمام شده که در ان ساکن گردیده‌اند، مشکل نوفه یا الودگی صوتی وجود داشته باشد، تنها راه‌حل ممکن اصلاح و بازسازی است که با صرف هزینه بیشتری انجام خواهد شد.
سیستم سازه‌ای LSF که با استفاده از از پانل‌های دیواری و سقفی ساخته می‌شود، باید از نظر صدابندی هوابرد وکوبه‌ای جوابگوی مقادیر ارائه شده در مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان باشند.

۵-۱-۱- تعاریف

صدا: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 به‌صورت حرکات موجی در یک فراگیر کشسان و یا به‌عنوان 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) ان 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 به‌وسیله امواج صوتی هوابرد به ارتعاش درآید، نحوه انتقال یافتن صدای اولیه به فضای مورد نظر را تراگسیل صدای هوابرد از طریق ان 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 دسی‌بل تعیین می‌شوند:

10 Noise

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

که در ان:

W_1: توان صدای فرودی بر روی جداکننده تحت ازمون؛

W_2: توان صدای تراگسیل شده از طریق ازمونه؛

τ: ضریب تراگسیل جداکننده.

یاداوری: در ازمایشگاه صدابندی، این کمیت براساس استاندارد ملی ایران ۳-۸۵۶۸ و در شرایط میدانی براساس استاندارد ملی ایران ۴-۸۵۶۸ به‌دست می‌اید. اندازه‌گیری صدابندی نمای ساختمان براساس استاندارد ملی ایران ۵-۸۵۶۸ 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 به‌دست می‌اید. مقدار این کمیت، برابر است با مقدار نمودار مبنا در بسامد ۵۰۰ هرتز، پس از لغزاندن ان به روشی که در استاندارد ملی ایران ۱-۸۸۳۴ مشخص شده است.

تراگسیل صدای کوبه‌ای: هرگاه جداکننده‌ای در اثر کوبش به ارتعاش دراید، نحوه انتقال یافتن صدای اولیه به فضای مورد نظر را تراگسیل صدای کوبه‌ای از طریق ان 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 به‌دست می‌اید:

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

که در ان:

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

A: سطح جذب معادل اندازه‌گیری شده در اتاق دریافت؛

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

یاداوری: در ازمایشگاه صدابندی، این کمیت براساس استاندارد ملی ایران ۶-۸۵۶۸ و در شرایط میدانی براساس استاندارد ملی ایران ۷-۸۵۶۸ به‌دست می‌اید. اندازه‌گیری کاهش تراگسیل صدای کوبه‌ای توسط کف‌پوش‌ها براساس استاندارد ملی ایران ۸-۸۵۶۸ انجام می‌شود

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

با توجه به انکه هر چقدر، میزان صدای تراگسیل‌شده 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 به‌کار می‌رود، براساس استاندارد ASTM E989 درجه صدابندی کوبه‌ای، IIC است که مقدار ان از معادله (۳) به‌دست می‌اید:

$$IIC = 110 - L_{nw} \qquad (۳)$$

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 ان‌ها از نظر شرایط صوتی فضاهای مختلف فراهم شود. از این‌رو رعایت ضوابط و مقررات صدابندی هوابرد وکوبه‌ای در تمام ساختمان‌ها الزامیست. مقررات صدابندی هوابرد وکوبه‌ای 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 ان در جدول ۵-۱ ارائه شده است.

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

نوع منطقه شهری از نظر نوفه	حداکثر تراز معادل صدا LAeqT به دسی‌بل		کاربری‌های مجاز
	از ۷ صبح تا ۱۰ شب	از ۱۰ شب تا ۷ صبح	
با نوفه بسیار پایین (سروصدای بسیار کم)	۵۵	۴۵	مسکونی، مراکز جهانگردی و پذیرایی، مراکز بهداشتی درمانی، مراکز فرهنگی مراکز تجاری در حد محله
با نوفه پایین (سروصدای کم)	۶۰	۵۰	اموزشی، اداری مختلط مسکونی، تجاری، اداری

نوع منطقه شهری از نظر نوفه	حداکثر تراز معادل صداLAeqT به دسی‌بل		کاربری‌های مجاز
	از ۷ صبح تا ۱۰ شب	از ۱۰ شب تا ۷ صبح	
با نوفه معمولی (سروصدای متوسط)	۶۵	۵۵	مجتمع‌های تجاری، بازار، نمایشگاه
با نوفه بالا (سروصدای زیاد)	۷۰	۶۰	ترمینال‌ها، انبارها، پارکینگ‌ها، استادیوم‌های ورزشی، میادین میوه و تره‌بار
با نوفه بسیار بالا (سروصدای بسیاد زیاد)	۷۵	۶۵	صنعتی، نظامی، فرودگاه‌ها

یاداوری 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 ان‌ها در روز برابر یا کمتر از ۶۵ دسی‌بل باشد، قابل قبول است. در صورتی‌که کاربری‌ها در مناطق شهری با نوفه محیطی بالا و بسیار بالا قرار گیرند، باید به‌ترتیب مقدار ۵ و ۱۰ دسی‌بل به مقادیر شاخص کاهش صدای وزن‌یافته تعیین‌شده برای پوسته خارجی ان‌ها، افزوده شود.

۵-۱-۴-۱- 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 جدول۵-۲ ارائه شده است.

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

نوع ساختمان	عملکرد دیوار	حداقل شاخص کاهش صدای وزن‌یافته (Rw) به دسی‌بل
مسکونی	بین اتاق خواب و فضاهای بیرونی ساختمان	۴۰
	بین اتاق نشیمن و فضاهای بیرونی ساختمان	۴۰
	بین اشپزخانه و فضاهای بیرونی ساختمان	۳۵
	بین واحد مسکونی و راهرو عمومی	۳۵
	بین دو واحد مسکونی مجاور	۵۰
هتل	بین اتاق مهمان و فضاهای بیرونی ساختمان	۴۵
	بین دو اتاق مهمان	۵۰
اموزشی	بین کلاس درس نظری و فضاهای بیرونی ساختمان	۴۰
	بین کارگاه یا ازمایشگاه و فضاهای بیرونی ساختمان	۳۵

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

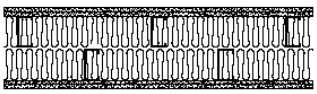
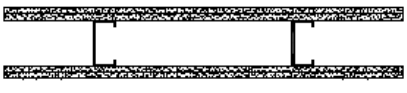
۵-۱-۴-۲- حداکثر تراز صدای کوبه‌ای تراگسیل شده از سقف میان طبقات در ساختمان‌ها:

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 ازمایشگاه‌های اکوستیک ارائه می‌شود.

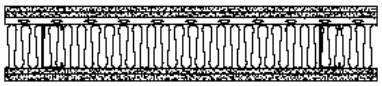
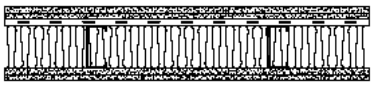
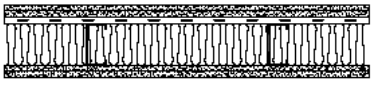
۵-۲- مشخصات صدابندی سیستم ساختمانی قاب فولادی سبک (LSF)

در این سیستم، سازه ساختمان با استفاده از پانل‌های دیواری و سقفی LSF ساخته می‌شود. این جدارها باید از نظر صدابندی هوابرد وکوبه‌ای 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.

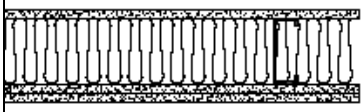
جدول ۵-۳- چند نمونه از جزییات اجرایی برای دیوارهای باربر LSF

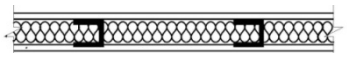
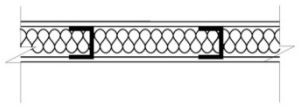
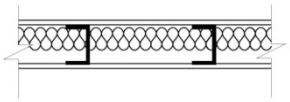
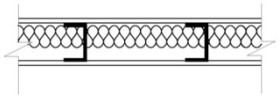
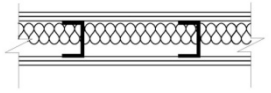
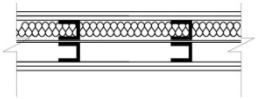
شرح سیستم	ضخامت کلی (mm)	جزئیات	STC (dB)
دیوار دوبل با وادارهای ۹۲ ×۹۱/ میلیمتر با فاصله ۴۰۶ میلیمتر، دو لایه تخته گچی به ضخامت ۱۲/۷ میلیمتر در هر طرف	۲۳۵		۵۶
دیوار دوبل با وادارهای ۹۲ ×۹۱/ میلیمتر با فاصله ۴۰۶ میلیمتر با لایه الیاف معدنی به ضخامت ۹۰ میلیمتر، دو لایه تخته گچی به ضخامت ۱۲/۷ میلیمتر در هر طرف	۲۳۵		۶۴
دیوار با وادارهای ۹۲ ×۹۱/ میلیمتر به فاصله ۴۰۶ میلیمتر، پروفیل‌های ارتجاعی۲ فلزی به فاصله ۴۰۶ میلیمتر، دو لایه تخته گچی به ضخامت ۱۲/۷ میلیمتر در هر طرف	۱۴۳		۴۶
دیوار با وادارهای۹۲ ×۹۱/ میلیمتر به فاصله ۴۰۶ میلیمتر، دو لایه تخته گچی به ضخامت ۱۲/۷ میلیمتر در هر طرف	۱۴۳		۳۹

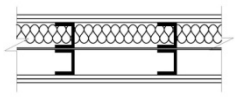
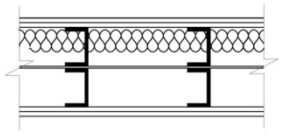
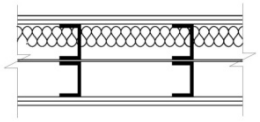
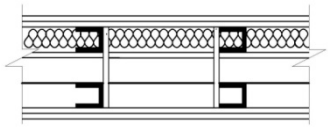
2 Resilient Channel. (این پروفیل‌ها برای نصب تختهٔ گچی مطابق شکل ۲ مورد استفاده قرار می‌گیرند)

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

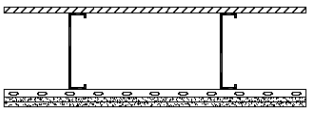
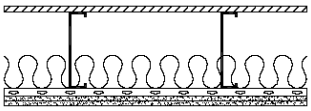
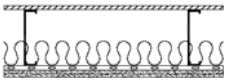
جدول ۵-۴- چند نمونه جزییات اجرایی برای دیوارهای غیرباربر LSF

شرح سیستم	ضخامت کلی (mm)	جزئیات اجرائی	STC (dB)
دیوار با واداررهای ۹۰ × ۳۰ × 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 واداررهای ۹۰ × ۳۰ × 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 واداررهای ۹۰ × ۳۰ × 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 واداررهای ۹۰ × ۳۰ × 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 واداررهای 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

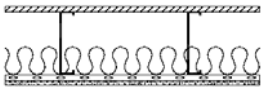
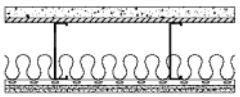
شرح سیستم	ضخامت کلی (mm)	جزئیات اجرائی	STC (dB)
دیوار با وادارهای ۵۰ میلیمتر با فاصله ۶۲۵ میلیمتر، عایق پشم شیشه به ضخامت ۴۰ میلیمتر در وسط، یک لایه تخته گچی به ضخامت ۱۲/۵ میلیمتر در هر طرف	۷/۵		۴۵
دیوار با وادارهای ۷۵ میلیمتر با فاصله ۶۲۵ میلیمتر، عایق پشم شیشه به ضخامت ۶۰ میلیمتر در وسط، یک لایه تخته 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 اجرائی	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 اجرائی	ICC (dB)
تخته چندلایه ۱۵/۹ میلیمتری، تیرچه فولادی با پهنای ۲۰۳ میلیمتر و ضخامت ۱/۲۲ میلیمتر با فواصل ۴۰۶ میلیمتر، پروفیل‌های ارتجاعی۳ با فواصل مرکز به مرکز ۴۰۶ میلیمتر، دو لایه تخته گچی ۱۲/۷ میلیمتر	۲۵۶		۴۰ ۶۰ (با فرش یا موکت)
تخته چندلایه ۱۵/۹ میلیمتری، تیرچه فولادی با پهنای ۲۰۳ میلیمتر و ضخامت ۱/۲۲ میلیمتر با فواصل ۴۰۶ میلیمتر، پروفیل‌های ارتجاعی با فواصل مرکز به مرکز ۴۰۶ میلیمتر، عایق پشم شیشه به ضخامت ۹۰ میلیمتر، دو لایه تخته گچی ۱۲/۷ میلیمتر	۲۵۶		۴۹ ۶۹ (با فرش یا موکت)
تخته چندلایه ۱۵/۹ میلیمتری، تیرچه فولادی با پهنای ۲۰۳ میلیمتر و ضخامت ۱/۲۲ میلیمتر با فواصل ۶۱۰ میلیمتر، پروفیل‌های ارتجاعی با فواصل مرکز به مرکز ۴۰۶ میلیمتر، عایق پشم شیشه به ضخامت ۹۰ میلیمتر، دو لایه تخته گچی ۱۲/۷ میلیمتر	۲۵۶		۴۲ ۶۲ (با فرش یا موکت)

3 Resilient Channel (این پروفیل‌ها برای نصب تختهٔ گچی مطابق شکل ۳ مورد استفاده قرار می‌گیرند.)

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

۵-۳- 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.

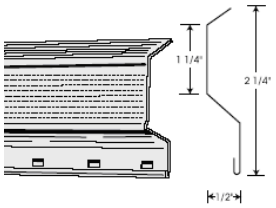
در صورت استفاده از الیاف معدنی یا سلولزی، صدابندی افزایش می‌یابد و در صورتی‌که ضخامت این الیاف بیشتر شود افزایش صدابندی نیز بیشتر خواهد شد.

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

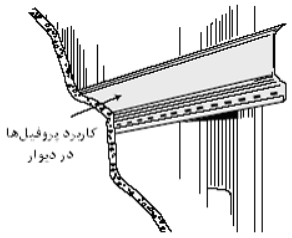
استفاده از چند لایه گچی به جای یک لایه، باعث افزایش صدابندی می‌شود.

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

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



شکل ۵-۱- پروفیل ارتجاعی



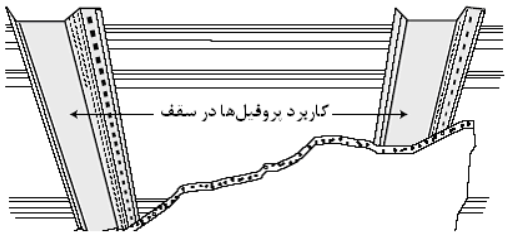
شکل ۵-۲- کاربرد پروفیل ارتجاعی در دیوار

استفاده از دیوار دوبل 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 ۵-۳ و ۵-۴ و همچنین ضوابط ارائه شده در مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان، دیوارهایی که STC ان‌ها 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 صورتی‌که 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

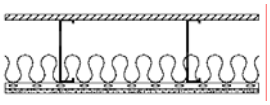
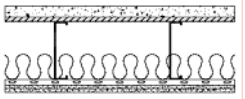
۴- در صورت مفروش کردن کف با پوشش‌های پُرزدار مثل موکت یا فرش، مقدار صدابندی افزایش می‌یابد.
۵- برای افزایش صدابندی کوبه‌ای سقف از کف شناور استفاده می‌شود.
۶-با توجه به نتایج اندازه‌گیری‌های مندرج در جدول ۵-۵ و همچنین ضوابط ارائه شده در مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان، سقف‌هایی که IIC آن‌ها از ۶۰ دسی‌بل 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 وترویج 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 اجرائی	ICC (dB)
تخته چندلایه ۱۵/۹ میلیمتری، تیرچه فولادی با پهنای ۲۰۳ میلیمتر و ضخامت ۱/۲۲ میلیمتر با فواصل ۴۰۶ میلیمتر، پروفیل‌های ارتجاعی با فواصل مرکز به مرکز ۴۰۶ میلیمتر، عایق الیاف معدنی به ضخامت ۹۰ میلیمتر، یک لایه تخته گچی ۱۲/۷ میلیمتر	۲۴۳		۴۴ ۶۴ (با فرش یا موکت)
بتن رویه با ضخامت ۳۸ میلیمتر روی تخته چندلایه ۱۶ میلیمتری، تیرچه فولادی با پهنای ۲۰۳ میلیمتر و ضخامت ۱/۲۲ میلیمتر با فواصل ۴۰۶ میلیمتر، پروفیل‌های ارتجاعی با فواصل مرکز به مرکز ۴۰۶ میلیمتر، عایق پشم شیشه به ضخامت ۹۰ میلیمتر، دو لایه تخته گچی ۱۲/۷ میلیمتر	۲۵۶		۳۱ ۷۰ (با فرش یا موکت)

۵-۳- 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.

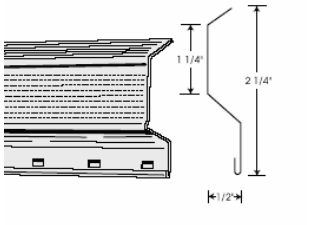
در صورت استفاده از الیاف معدنی یا سلولزی، صدابندی افزایش می‌یابد و در صورتی‌که ضخامت این الیاف بیشتر شود افزایش صدابندی نیز بیشتر خواهد شد.

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

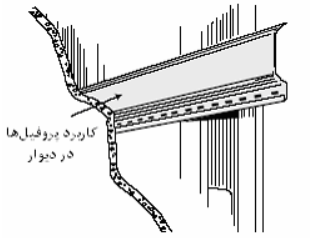
استفاده از چند لایه گچی به جای یک لایه، باعث افزایش صدابندی می‌شود.

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

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



شکل ۵-۱- پروفیل ارتجاعی



شکل ۵-۲- کاربرد پروفیل ارتجاعی در دیوار

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

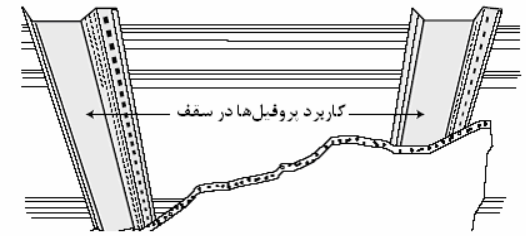
با توجه به نتایج اندازه‌گیری‌های مندرج در جداول ۵-۳ و ۵-۴ و همچنین ضوابط ارائه شده در مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان، دیوارهایی که STC آن‌ها از ۵۰ دسی‌بل بیشتر است، برای دیوارهای خارجی و دیوار بین واحدهای مستقل در ساختمان‌های مسکونی قابل قبول هستند.

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 صورتی‌که 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 وترویج 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.

خواننده گرامی

امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریـیس جمهـور، بـا گذشـت بـیش از سـی سـال فعالیـت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر پانصد عنوان نشریه تخصصی- فنی، در قالب آیـین‌نامـه، ضـابطه، معیـار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه حاضـر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کـشور و بهبـود فعالیـت‌هـای عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در پایگاه اطلاع‌رسانی **nezamfanni.ir** قابل دسـتیابی 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 درسه 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، عملکردحرارتی و الزامات صدابندی پرداخته شده است.

مباحث سازه‌ای این ضابطه در نشریه شماره ۶۱۲ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور ابلاغ شده است.