فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

گروه تدوین..... ر
پیشگفتار..... ث
تشکر و قدردانی..... ض
INTRODUCTION (BY PR. LABOUBE)..... غ
ترجمهٔ مقدمهٔ آقای پروفسور لابوب..... ظ

فصل نخست– کلیات..... ۱

مقدمه..... ۲
۱–۱ مطالعه و بررسی قطعات فولادی سرد نورد شده CFS و سیستم ساختمانی سبک فولادی LSF..... ۴
۱–۱–۱ قطعات فولادی سرد نورد شده CFS..... ۴
۱–۱–۲– معرفی عمومی سیستم ساختمانی سبک فولادی LSF..... ۶
۱–۱–۲–۱– تاریخچه و دلایل به‌کارگیری سیستم ساختمانی LSF در کشورهای گوناگون..... ۶
۱–۱–۲–۲– آشنایی کلی با اجزای تشکیل دهنده سیستم ساختمانی LSF..... ۹
۱–۱–۲–۳– شالوده برای نصب سیستم ساختمانی LSF..... ۹
۱–۱–۲–۴– دیوارهای باربر و غیرباربر..... ۱۱
۱–۱–۲–۵– شیوه اجرای سقف‌ها و بام در سیستم ساختمانی LSF..... ۱۱
۱–۱–۲–۶– شیوه اجرای نمای خارجی..... ۱۲
۱–۱–۲–۷– شیوه‌های برپا کردن سیستم ساختمانی LSF..... ۱۳
۱–۱–۳– محسنات به‌کارگیری قطعات CFS و سیستم ساختمانی LSF..... ۱۴
۱–۱–۳–۱– محسنات به‌کارگیری قطعات CFS..... ۱۴
۱–۱–۳–۲– ویژگی‌های معماری..... ۱۴
۱–۱–۳–۳– کاربری‌های ساختمان‌های احداث شده با استفاده از سیستم ساختمانیLSF..... ۱۵
۱–۱–۳–۴– سهولت تغییرات و نصب تاسیسات..... ۱۵
۱–۱–۳–۵– ویژگی‌های فناوری..... ۱۶
۱–۱–۳–۶– سهولت در نصب قطعات LSF..... ۱۷
۱–۱–۳–۷– سرعت بالا در ساخت و ساز..... ۱۸
۱–۱–۳–۸– مقاومت مناسب سیستم در برابر زلزله..... ۱۹

۱-۲- ارزیابی عمومی به‌کارگیری سیستم ساختمانی سبک فولادی LSF در کشور ۲۰
۱-۲-۱- طراحی و برنامه‌ریزی ۲۰
۱-۲-۲- روش‌های اجرایی در سیستم ساختمانی سبک فولادی LSF ۲۱
۱-۲-۳- رفتار سیستم در شرایط زلزله ۲۲
۱-۲-۴- کیفیت ساخت در سیستم ساختمانی LSF ۲۳
۱-۲-۵- بررسی هزینه‌های ساخت و ساز ۲۳
۱-۲-۶- مزایای زیست محیطی سیستم ساختمانی LSF ۲۴
۱-۳- راهکارهای فرهنگ‌سازی و ترغیب به‌کارگیری سیستم ساختمانی سبک فولادی در کشور .. ۲۶
۱-۳-۱- به کارگیری پتانسیل‌های موجود در صنعت ساختمان‌سازی کشور برای طراحی و اجرای سیستم ساختمانی LSF ۲۶
۱-۳-۲- تدوین و ترویج آیین‌نامه‌های سیستم ساختمانی LSF در کشور ۲۶
۱-۳-۳- به کارگیری سیستم ساختمانی LSF در تک‌سازی ۲۷
۱-۳-۴- به کارگیری قطعات CFS به مرور در روش‌های رایج ساخت و ساز ۲۷
۱-۳-۵- به‌کارگیری سیستم ساختمانی LSF برای اضافه اشکوب در ساختمان‌های موجود ۲۷
۱-۳-۶- پیشنهاداتی برای سازمان‌های مسئول در حفاظت محیط زیست ۲۸
۱-۳-۷- پیشنهاداتی برای سازمان‌های مسئول در بهینه‌سازی مصرف انرژی و سوخت ۲۸
۱-۴- اهداف و الزامات عملکردی تدوین دستورالعمل سیستم ساختمانی سبک فولادی LSF ۲۹
۱-۴-۱- کلیات ۲۹
۱-۴-۲- مقاومت و پایداری سازه‌ای ۲۹
۱-۴-۳- ایمنی در هنگام آتش‌سوزی ۳۰
۱-۴-۴- بهداشت، سلامت و کارکرد مناسب و پایدار (یا سازگاربا محیط زیست) ۳۰
۱-۴-۵- حفظ انرژی (صرفه‌جویی در مصرف انرژی و جلوگیری از تبادل حرارت پوستهٔ خارجی ساختمان) ۳۰
۱-۴-۶- ایمنی در حین بهره‌برداری ۳۱
۱-۴-۷- حفاظت در برابر نوفه(صدای ناخواسته) ۳۱
۱-۴-۸- دوام وحفظ مشخصات مصالح ۳۱
۱-۵- معرفی سرفصل‌های دستورالعمل ۳۲
۱-۵-۱- الزامات سازه‌ای سیستم ۳۲
۱-۵-۲- ایمنی در برابر آتش ۳۲

۱-۵-۳- عملکرد حرارتی سیستم ساختمانی LSF ۳۳
۱-۵-۴- صدابندی سیستم ۳۴
۱-۵-۵- کنترل و نظارت ۳۴
۱-۵-۶- طراحی معماری و جزئیات اجرایی ۳۴
فصل دوم- سازه ۳۵
۲-۱- کلیات ۳۷
۲-۱-۱- نوع و جنس ورق ۳۷
۲-۱-۲- اشکال مقاطع سرد نورد شده ۳۸
۲-۱-۳- روش طراحی ۳۹
۲-۱-۴- مشخصات مقطع ۴۰
۲-۱-۵- مقایسه مشخصات ورق‌های تولیدی در کشور ۴۱
۲-۲- محدودیت‌های ابعادی ۴۶
۲-۲-۱- مقدمه ۴۶
۲-۲-۲- المان‌های فشاری نازک ۴۶
۲-۲-۲-۱- عرض مؤثر ۴۸
۲-۲-۳- المان تحت نیروی فشاری یکنواخت ۴۸
۲-۲-۳-۱- المان‌های سخت شده ۴۸
۲-۲-۳-۲- المان‌های سخت نشده ۴۹
۲-۲-۴- المان تحت تاثیر گرادیان تنش ۵۰
۲-۲-۴-۱- المان‌های سخت شده ۵۰
۲-۲-۴-۲- المان‌های سخت نشده ۵۱
۲-۲-۵- المان با سخت کننده لبه‌ای ۵۱
۲-۲-۵-۱- سخت کننده (لبه ساده در انتهای المان) ۵۲
۲-۲-۵-۲- المان متصل به سخت‌کننده ۵۳
۲-۲-۶- المان با سخت کننده داخلی ۵۴
۲-۳- طراحی اجزاء سازه‌ای ۵۶
۲-۳-۱- مقدمه ۵۶
۲-۳-۲- مشخصات مقاطع ۵۷
۲-۳-۳- اعضای کششی ۵۹
الف) تسلیم شدن در کل مقطع: ۵۹

ب) گسیختگی در سطح مقطع خالص و دور از محل اتصالات:..... ۵۹
ج) گسیختگی در سطح مقطع خالص و در محل اتصالات:..... ۵۹
۲-۳-۴- اعضای خمشی..... ۵۹
۲-۳-۴-۱- کنترل خمش..... ۶۰
الف- مقاومت خمشی اسمی‌مقاطع بدون کمانش جانبی..... ۶۰
ب- مقاومت خمشی اسمی‌مقاطع با کمانش جانبی..... ۶۱
۲-۳-۴-۲- کنترل برش..... ۶۵
۲-۳-۴-۳- ترکیب برش و خمش..... ۶۶
الف- طراحی به روش تنش مجاز..... ۶۶
ب- طراحی به روش حالت حدی..... ۶۷
۲-۳-۴-۴- اعوجاج جان (لهیدگی جان)..... ۶۷
۲-۳-۴-۵- ترکیب خمش با لهیدگی جان..... ۷۳
الف- طراحی به روش تنش مجاز..... ۷۳
ب- طراحی به روش حالت حدی..... ۷۳
۲-۳-۴-۶- سخت‌کننده‌ها..... ۷۴
الف- سخت‌کننده‌های تکیه گاهی..... ۷۴
ب- سخت‌کننده‌های برشی..... ۷۵
۲-۳-۵- اعضای فشاری..... ۷۶
الف) مقاطع بدون کمانش پیچشی یا خمشی- پیچشی..... ۷۷
ب) مقاطع با یک یا دو محور تقارن تحت اثر کمانش پیچشی یا خمشی- پیچشی..... ۷۸
ج) مقاطع دارای تقارن مرکزی..... ۷۹
د) مقاطع نامتقارن..... ۷۹
۲-۳-۶- ترکیب بار محوری و لنگر خمشی..... ۷۹
۲-۳-۶-۱- ترکیب نیروی محوری کششی و خمش..... ۷۹
الف- طراحی به روش تنش مجاز..... ۷۹
ب- طراحی به روش حالت حدی..... ۸۰
۲-۳-۶-۲- ترکیب نیروی محوری فشاری و خمش..... ۸۱
الف- طراحی به روش تنش مجاز..... ۸۱
ب- طراحی به روش حالت حدی..... ۸۳
۲-۳-۷- طراحی اعضای سرد نورد شده در بارگذاری سیکلی..... ۸۵

۲-۳-۷-۱- کلیات..... ۸۵
۲-۳-۷-۲- فرضیات محاسبه بیشترین و محدوده تنش..... ۸۷
۲-۳-۷-۳- محدوده تنش طراحی..... ۸۸
۲-۳-۷-۴- اجزاء پیچ شده..... ۸۸
۲-۳-۷-۵- مسایل ویژه در ساخت..... ۸۹
۲-۴- اتصالات..... ۹۰
۲-۴-۱- مقدمه..... ۹۰
۲-۴-۲- اتصالات جوشی..... ۹۰
۲-۴-۲-۱- جوش شیار در اتصالات لب به لب..... ۹۰
۲-۴-۲-۲- جوش قوسی نقطه‌ای (انگشتانه)..... ۹۱
الف- برش..... ۹۲
ب- کشش..... ۹۶
۲-۴-۲-۳- جوش قوسی خطی (کام)..... ۹۷
۲-۴-۲-۴- جوش گوشه..... ۹۸
۲-۴-۲-۵- جوش شیاری..... ۱۰۰
۲-۴-۲-۶- جوش مقاومتی..... ۱۰۳
۲-۴-۲-۷- گسیختگی در سطح مقطع خالص اعضاء (به جز صفحات مسطح)..... ۱۰۴
۲-۴-۳- اتصالات پیچ و مهره‌ای..... ۱۰۵
۲-۴-۳-۱- برش، فاصله بین سوراخ‌ها و فاصله تا لبه..... ۱۰۶
۲-۴-۳-۲- گسیختگی در سطح مقطع خالص اعضاء..... ۱۰۶
۲-۴-۳-۳- ظرفیت لهیدگی اتصالات پیچی..... ۱۰۹
الف- بدون در نظر گرفتن تغییر شکل سوراخ پیچ..... ۱۰۹
ب- با منظور نمودن تغییر شکل سوراخ پیچ..... ۱۱۰
۲-۴-۳-۴- برش کشش در پیچ‌ها..... ۱۱۱
۲-۴-۴- اتصالات پیچی..... ۱۱۳
۲-۴-۴-۱- حداقل فاصله بین پیچ‌ها..... ۱۱۴
۲-۴-۴-۲- حداقل فاصه تا لبه و فاصله انتهایی..... ۱۱۴
۲-۴-۴-۳- برش..... ۱۱۴
الف - محدودیت برشی اتصال براساس کج شدن و له شدن (Titlting and Bearing)..... ۱۱۴
ب - محدودیت برشی اتصال براساس فاصلهٔ انتهایی..... ۱۱۵

ج- برش در پیچ..... ۱۱۵
۲-۴-۴-۴- کشش..... ۱۱۵
الف- مقاومت کنده شده پیچ (PULL-OUT)..... ۱۱۶
ب- مقاومت کنده شدن ورق (PULL-OVER)..... ۱۱۶
ج- کشش در پیچ‌ها..... ۱۱۷
۲-۴-۴-۵- ترکیب برش و کنده شدن ورق..... ۱۱۷
الف- طراحی به روش تنش مجاز..... ۱۱۷
ب- طراحی به روش حدی..... ۱۱۸
۲-۴-۵- گسیختگی..... ۱۱۹
۲-۴-۵-۱- گسیختگی برشی..... ۱۱۹
۲-۴-۵-۲- گسیختگی کششی..... ۱۱۹
۲-۴-۵-۳- گسیختگی قالبی..... ۱۱۹
۲-۴-۶- اتصال عناصر به مصالح غیرباربر..... ۱۲۰
۲-۴-۶-۱- لهیدگی..... ۱۲۰
۲-۴-۶-۲- کشش..... ۱۲۰
۲-۴-۶-۳- برش..... ۱۲۰
۲-۵ –سیستم‌ها و مجموعه‌های سازه‌ای (اعضای مرکب)..... ۱۲۱
۲-۵-۱- مقاطع مرکب (ساخته شده)..... ۱۲۱
۲-۵-۱-۱- مقاطع I ساخته شده از دو مقطع C به صورت پشت به پشت..... ۱۲۱
۲-۵-۱-۲- اعضای فشاری مرکب از اتصال دو مقطع..... ۱۲۲
۲-۵-۱-۳- فاصله ی اتصالات در مقاطع پوشش یافته با صفحات پوششی..... ۱۲۳
۲-۵-۲- سیستم‌های مرکب..... ۱۲۳
۲-۵-۳- مهاربندی جانبی و پایدار..... ۱۲۳
۲-۵-۳-۱- تیرها و ستون‌های متقارن..... ۱۲۴
۲-۵-۳-۲- تیرهای با مقاطع C و Z شکل..... ۱۲۴
الف) برای بارهای یکنواخت..... ۱۲۴
ب) برای بارهای متمرکز..... ۱۲۶
۲-۵-۳-۳- مهاربندی اعضای فشاری با بارگذاری محوری..... ۱۲۷
۲-۵-۴- ساختمان قاب سبک با فلز سرد نورد شده..... ۱۲۷
۲-۵-۴-۱- طراحی تمام فلزی برای مونتاژ استادهای دیواری..... ۱۲۸

۲-۵-۵- ساختمان دیافراگم کف، سقف یا دیوار فلزی.....۱۲۸
۲-۵-۶- سیستم های سقف و دیوار فلزی.....۱۲۹
۲-۵-۶-۱- پرلین‌ها، گیرت‌ها(نگه‌دارنده‌ها) یا اعضای دیگر.....۱۲۹
الف- اعضای خمشی با یک بال متصل به دک یا ورق پوششی.....۱۲۹
ب- اعضای خمشی با یک بال متصل به سیستم سقف موجدار.....۱۳۱
ج- اعضای فشاری با یک بال سرتاسر متصل به دک یا ورق فولادی.....۱۳۲
د- فشار در اعضای مقطع Z با یک بال متصل به سقف موجدار.....۱۳۴
۲-۵-۶-۲- مهاربندی و تثبیت سیستم سقف.....۱۳۵
الف- تثبیت مهاربندی برای سیستم‌های سقف پرلینی تحت بارهای ثقلی با اتصال بال فوقانی به ورق پوششی فلزی.....۱۳۵
ب- مهاربندی جانبی و پایدار جایگزین برای سیستم‌های سقف پرلینی.....۱۴۱
۲-۶- ضوابط ویژه لرزه‌ای.....۱۴۳
۲-۶-۱- مقدمه.....۱۴۳
۲-۶-۱-۱- تسمه‌های مورب.....۱۴۴
۲-۶-۱-۲- ستون‌های پانل برشی.....۱۴۶
۲-۶-۱-۳- تیر پانل برشی.....۱۴۷
۲-۶-۱-۴- تیرهای پیوسته خورجینی (collectors).....۱۴۷
۲-۶-۱-۵- اتصالات پانل برشی.....۱۴۸
۲-۶-۱-۶- سیستم دیافراگم سقف.....۱۴۸
۲-۶-۱-۷- مسیر گردش و انتقال نیروی لرزه‌ای در پانل‌های برشی.....۱۵۱
۲-۶-۱-۸- محدودیت کاربرد.....۱۵۳
۲-۶-۲- ضوابط و معیارهای طراحی لرزه‌ای پانل‌های برشی سازه‌های سرد نورد شده با تسمه‌های مورب.....۱۵۳
۲-۶-۲-۱- طراحی مهاربندی پانل برشی (Diagonal Straps/X Bracing).....۱۵۳
الف- کنترل ناحیه گسیختگی برشی و کششی در مهاربندهای پانل برشی (صفحه بحرانی گسیختگی).....۱۵۵
۲-۶-۲-۲- طراحی لرزه‌ای ستون‌های پانل برشی (Column Design).....۱۵۵
الف- طراحی ستون براساس بار محوری حداکثر ایجاد شده در تسمه‌های مورب.....۱۵۶
ب- ظرفیت خمشی- محوری ستون.....۱۵۸
ج- طراحی جوش اتصال وادارهای سازنده ستون مرکب.....۱۵۹

د- ظرفیت برشی ستون..... ۱۶۰
۲-۶-۲-۳- تیر پانل برشی..... ۱۶۱
۲-۶-۲-۴- طراحی اتصالات (Connection Design)..... ۱۶۱
الف- طراحی اتصال مهاربندها به ستون..... ۱۶۲
ب- طراحی اتصالات پای ستون..... ۱۶۴
ج- طراحی مهاربندهای دیافراگم..... ۱۷۱
منابع بخش سازه..... ۱۷۲
فصل سوم- ایمنی در برابر آتش..... ۱۷۴
۳-۱- کلیات و مبانی..... ۱۷۵
۳-۱-۱- تعاریف..... ۱۷۵
۳-۱-۲- انتظارات عملکردی ایمنی در برابر آتش..... ۱۸۱
۳-۱-۲-۱- کشف و اعلام به موقع حریق..... ۱۸۱
۳-۱-۲-۲- طراحی مسیرهای خروج..... ۱۸۱
۳-۱-۲-۳- جلوگیری از گسترش داخلی و خارجی آتش‌سوزی..... ۱۸۲
الف- گسترش داخلی حریق (نازک‌کاری‌ها)..... ۱۸۲
ب- گسترش داخلی حریق (ساختاری)..... ۱۸۲
ج- گسترش خارجی حریق..... ۱۸۲
۳-۱-۲-۴- سیستم‌های خاموش کننده آتش..... ۱۸۳
۳-۱-۲-۵- تسهیلات برای دسترسی و عملیات نیروهای آتش‌نشان..... ۱۸۳
۳-۱-۳- دسته‌بندی تصرف ساختمان‌ها..... ۱۸۴
۳-۱-۳-۱- گروه‌های تصرف..... ۱۸۵
۳-۱-۳-۲- جداسازی فضاهای فرعی حادثه‌خیز..... ۱۸۸
۳-۱-۳-۳- فضاهای جنبی..... ۱۹۰
الف- فضاهای جنبی تجمعی..... ۱۹۰
ب- سایر فضاهای جنبی..... ۱۹۰
۳-۱-۳-۴- تصرف‌های مختلط..... ۱۹۰
الف- کاربری‌های جداسازی نشده..... ۱۹۰
ب- کاربری‌های جداسازی شده..... ۱۹۱
۳-۱-۳-۵- استفاده از یک فضا با کاربری‌های مختلف..... ۱۹۳
۳-۲- مقاومت قاب سبک فولادی در برابر آتش..... ۱۹۴

۳-۲-۱- دسته‌بندی ساختارهای LSF از نظر مقاومت در برابر آتش..... ۱۹۴
۳-۲-۱-۱- کلیات..... ۱۹۴
۳-۲-۱-۲- ساختارهای نوع ۱ و ۲ (غیر قابل سوختن مقاوم در برابر آتش)..... ۱۹۴
۳-۲-۲- الزامات مقاومت در برابر آتش..... ۱۹۶
۳-۲-۲-۱- روش درجه‌بندی مقاومت در برابر آتش..... ۱۹۷
۳-۲-۲-۲- استانداردهای مصالح ساختمانی..... ۱۹۷
۳-۲-۲-۳- دیوارهای خارجی..... ۱۹۸
الف- پیش‌آمدگی‌ها..... ۱۹۸
ب- درجه‌بندی مقاومت در برابر آتش..... ۱۹۸
ج- مساحت مجاز بازشوها..... ۱۹۸
د- جداسازی قائم بازشوها..... ۱۹۹
ه- دیوار جان‌پناه..... ۲۰۰
۳-۲-۲-۴- دیوارهای داخلی..... ۲۰۰
الف- دیوارهای مانع آتش..... ۲۰۱
ب- دیوار جداکننده آتش..... ۲۰۳
۳-۲-۲-۵- ساختارهای افقی..... ۲۰۴
الف- درجه مقاومت در برابر آتش..... ۲۰۴
ب- نصب دریچه‌های دسترسی..... ۲۰۴
ج- پیوستگی..... ۲۰۴
۳-۲-۲-۶- گشودگی‌های انتقال هوا و منافذ..... ۲۰۵
الف- درجه‌بندی مقاومت در برابر آتش..... ۲۰۵
۳-۲-۲-۷- سیستم‌های درزبندی آتش..... ۲۰۶
الف- نصب سیستم درزبند آتش..... ۲۰۶
ب- معیارهای آزمایش آتش..... ۲۰۷
ج- محل تلاقی دیوار تیغه‌ای با کف..... ۲۰۷
۳-۲-۲-۸- محافظت بازشوها..... ۲۰۷
۳-۲-۲-۹- فضاهای پنهان..... ۲۰۸
الف- مسدود کردن حریق..... ۲۰۸
ب- مصالح مسدود کننده حریق..... ۲۰۹
۳-۳- محدودیت‌های ارتفاع و مساحت ساختمان‌ها از نظر مقاومت در برابر آتش..... ۲۱۱

۳-۳-۱- هدف و دامنه کاربرد..... ۲۱۱
۳-۳-۲- محدودیت‌های کلی مساحت و ارتفاع..... ۲۱۱
۳-۴- مقاومت در برابر آتش برای تعدادی جزئیات LSF..... ۲۱۴
۳-۴-۱- کلیات..... ۲۱۴
۳-۴-۲- توصیه‌های عمومی برای اجرای تخته‌های گچی مقاوم در برابر آتش..... ۲۱۵
۳-۴-۳- جزئیات اجرایی نمونه دارای درجه‌بندی مقاومت در برابر آتش با استفاده از نتایج آزمایشگاهی خارج از کشور..... ۲۱۶
۳-۴-۳-۱- دیوار LSF..... ۲۱۶
الف- یک نمونه دیوار LSF با دو ساعت مقاومت در برابر آتش..... ۲۱۶
ب- یک نمونه دیوار LSF با سه ساعت مقاومت در برابر آتش..... ۲۱۶
۳-۴-۳-۲- سیستم‌های کف و سقف..... ۲۲۰
منابع فصل سوم..... ۲۲۲
فصل چهارم- عملکرد حرارتی..... ۲۲۴
۴-۱- کلیات..... ۲۲۵
۴-۱-۱- تعاریف..... ۲۲۵
۴-۱-۲- انتظارات عملکرد حرارتی ساختمان..... ۲۲۹
۴-۱-۲-۱- ضوابط تعیین شده در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان..... ۲۲۹
۴-۱-۲-۲-گروه ساختمان و روش‌های تعیین میزان عایق‌کاری حرارتی حداقل..... ۲۲۹
الف- روش کارکردی (روش الف)..... ۲۳۰
ب- روش تجویزی (روش ب)..... ۲۳۰
۴-۱-۲-۳- راه‌حل‌های فنی عمومی در شرایط استاندارد عوامل ویژه فرعی طرح..... ۲۳۲
الف- مجموعه راه‌حل‌های فنی تجویزی ب-۱ (با پنجرهٔ برتر)..... ۲۳۲
ب- مجموعه راه‌حل‌های فنی تجویزی ب-۲ (با پنجرهٔ ساده)..... ۲۳۶
۴-۱-۳- مشخصات فنی حرارتی اجزای تشکیل دهنده سیستم ساختمانی LSF..... ۲۳۹
۴-۲- عملکرد حرارتی سیستم و دستورالعمل طراحی..... ۲۴۲
۴-۲-۱- اثر پل‌های حرارتی..... ۲۴۲
۴-۲-۱-۱- کاهش انتقال حرارت در اجزای فلزی..... ۲۴۳
۴-۲-۱-۲- قراردادن یک لایه نازک سراسری عایق حرارتی در یکی از طرفین جدار..... ۲۴۴
۴-۲-۲- هوابندی و جلوگیری از نشت هوا..... ۲۴۸
۴-۲-۳- جلوگیری از بروز چگالش (میعان) عمقی و سطحی..... ۲۴۸

۴-۲-۴- آب‌بندی و جلوگیری از نفوذ آب بارندگی..... ۲۵۰
۴-۲-۵- کنترل اثرات ناشی از تکانه‌های حرارتی..... ۲۵۱
۴-۳- عملکرد حرارتی برخی جزئیات متداول برای جدارهای سیستم LSF..... ۲۵۲
۴-۳-۱- عملکرد حرارتی برخی جزییات متداول برای دیوار خشک..... ۲۵۲
۴-۳-۱-۱- دیوار خشک ساده (همراه یا بدون لایه هوا)..... ۲۵۲
۴-۳-۱-۲- دیوار خشک همراه با لایه هوای تهویه شده..... ۲۵۲
۴-۳-۱-۳- دیوار خشک دو قابه..... ۲۵۳
۴-۳-۱-۴- دیوار خشک با عایق حرارتی سینوسی..... ۲۵۳
۴-۳-۲- عملکرد حرارتی برخی جزییات متداول برای سقف سبک خشک..... ۲۵۳
۴-۳-۳- عملکرد حرارتی برخی جزییات متداول برای کف سبک خشک..... ۲۵۴
۴-۳-۴- نتایج ارائه شده برای برخی جزئیات اجرایی جدارهای سیستم LSF..... ۲۵۴
منابع فصل چهارم..... ۲۵۶

فصل پنجم- صدابندی..... ۲۵۸

۵-۱- کلیات..... ۲۵۹
۵-۱-۱- تعاریف..... ۲۵۹
۵-۱-۲- انتظارات عملکردی صدابندی در ساختمان..... ۲۶۱
۵-۱-۳- عملکرد جداکننده‌ها از نظر صدابندی در ساختمان..... ۲۶۲
۵-۱-۴- ضوابط و مقررات صدابندی در ساختمان..... ۲۶۲
۵-۱-۴-۱- حداقل شاخص کاهش صدای وزن‌یافته مورد نیاز برای جداکننده‌ها:..... ۲۶۳
۵-۱-۴-۲- حداکثر تراز صدای کوبه‌ای تراگسیل شده از سقف میان طبقات در ساختمان‌ها:
..... ۲۶۴
۵-۲- مشخصات صدابندی سیستم ساختمانی قاب فولادی سبک (LSF)..... ۲۶۵
۵-۳- جمع‌بندی عملکرد صدابندی سیستم در ساختمان..... ۲۷۴
منابع فصل پنجم..... ۲۷۶

پیوست‌ها..... ۲۷۸
مقدمه..... ۲۷۹
پیوست آ – ملاحظات تهیه و ارائه نقشه‌های معماری برای سیستم ساختمانی سبک فولادی ۲۸۰
آ–۱– الزامات و ملاحظات کلی برای طراحی معماری با سیستم ساختمانی قاب سبک فولادی..... ۲۸۱
آ–۲– مراحل کلی طراحی معماری با سیستم ساختمان‌های فولادی سبک..... ۲۸۳
آ–۳– حداقل مدارک و نقشه‌های معماری لازم در یک پروژه با سیستم ساختمان‌های فولادی سبک
..... ۲۸۴
پیوست ب – چک‌لیست طراحی و نظارت..... ۳۰۰
پیوست پ – تعدادی از جزئیات تیپ اجرایی سازه‌های فولادی سبک..... ۳۲۰

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- قطعات از فولاد سرد نورد شده، گرم‌نوردشده و الوار..... ۵

شکل ۱-۲- تنوع قطعات فرم داده شده در حالت سرد..... ۶

شکل ۱-۳- تصاویری از ساختمان‌های شش و دو طبقه در حال ساخت در شهر تورنتو در کانادا... ۷

شکل ۱-۴- تصاویری از سیستم ساختمانی LSF در دانشگاه اکسفورد..... ۸

شکل ۱-۵- نمونه‌ای از سازهٔ سیستم ساختمانی سبک فولادی و تمام شده..... ۹

شکل ۱-۶- شیوه نصب سیستم به شالوده توسط تیرهای کلافی..... ۱۰

شکل ۱-۷- اجزای تشکیل دهنده سیستم ساختمانی LSF..... ۱۱

شکل ۱-۸- جزئیات اجرایی دیوار نما اجری در سیستم LSF..... ۱۳

شکل ۱-۹- شیوه‌ای از برپایی سیستم LSF در کارگاه..... ۱۴

شکل ۱-۱۰- شیوه نصب و عبور دادن تاسیسات مکانیکی و الکتریکی بر روی استادها..... ۱۶

شکل ۱-۱۱- شیوه نصب و هوابندی عایق‌های حرارتی و رطوبتی..... ۱۷

شکل ۱-۱۲- نمونه‌ای از ابزارالات مورد نیاز..... ۱۸

شکل ۱-۱۳- نمونه‌ای از قطعات اصلی سیستم LSF..... ۱۹

شکل ۲-۱- مقاطع سرد نورد شده..... ۳۹

شکل ۲-۲- مشخصات مقطع المان‌های خطی..... ۴۱

شکل ۲-۳- مقاطع سخت شده و سخت نشده..... ۴۷

شکل ۲- ۴- المان سخت نشده با فشار یکنواخت..... ۴۹

شکل ۲- ۵- عرض مؤثر و تنش‌ها در جان و المان سخت شده با گرادیان تنش..... ۵۰

شکل ۲- ۶- المان با سخت کننده لبه‌ای..... ۵۲

شکل ۲- ۷- المان با سخت کننده داخلی..... ۵۵

شکل ۲- ۸- ممان اینرسی المان‌های مختلف خطی..... ۵۸

شکل ۲- ۹- توزیع تنش جهت محاسبه ممان پلاستیک..... ۶۱
شکل ۲- ۱۰- مشخصات هندسی مقطع مورد استفاده در تعیین مقاومت اعوجاجی جان..... ۶۸
شکل ۲- ۱۱- حالات مختلف بارگذاری در تعیین مقاومت اعوجاجی جان..... ۶۹
شکل ۲-۱۲- جزئیات نمونه برای دسته تنش ۱..... ۸۶
شکل ۲-۱۳- جزئیات نمونه برای دسته تنش ۲..... ۸۷
شکل ۲- ۱۴- جزئیات نمونه برای دسته تنش ۳ و ۴..... ۸۷
شکل ۲- ۱۵- جزئیات نمونه برای دسته تنش ۳..... ۸۷
شکل ۲- ۱۶- نحوه استفاده از واشر جوشکاری..... ۹۲
شکل ۲- ۱۷- جزئیات جوش انگشتانه با استفاده از واشر جوشکاری..... ۹۲
شکل ۲- ۱۸- حداقل فاصله لبه‌ای در جوش انگشتانه، الف- تک ورق، ب- دو ورق..... ۹۳
شکل ۲- ۱۹- جزئیات جوش انگشتانه، الف- تک ورق، ب- دو ورق..... ۹۵
شکل ۲- ۲۰- جزئیات جوش انگشتانه ورق به ورق..... ۹۶
شکل ۲- ۲۱- جزئیات جوش کام، اتصال ورق به عضو در وضعیت مسطح..... ۹۸
شکل ۲- ۲۲- حداقل فاصله تا لبه در جوش کام..... ۹۸
شکل ۲-۲۳- جزئیات جوش گوشه در اتصال پوششی..... ۹۹
شکل ۲-۲۴- جزئیات جوش گوشه در اتصال سپری..... ۹۹
شکل ۲- ۲۵- جزئیات جوش شیاری گونیا تحت بارگذاری عرضی..... ۱۰۰
شکل ۲- ۲۶- برش در جوش شیاری گونیا تحت بارگذاری طولی..... ۱۰۲
شکل ۲- ۲۷- برش در جوش جوش جناقی V شکل..... ۱۰۲
شکل ۲- ۲۸- مقطع جوش شیاری گونیا (با لبه پخ شده جوش، $W_1=R$)..... ۱۰۲
شکل ۲- ۲۹- مقطع جوش شیاری گونیا (با لبه پخ شده جوش، $W_1=R$)..... ۱۰۲
شکل ۲- ۳۰- مقطع جوش شیاری گونیا (با لبه پخ نشده جوش، $W_1>R$)..... ۱۰۳
شکل ۲-۳۱- مقطع جوش شیاری گونیا (با لبه پخ نشده جوش، $W_1<R$)..... ۱۰۳

شکل ۲- ۳۲- جزئیات متغیرها در مسیر گسیختگی مورب.....۱۰۸
شکل ۲- ۳۳- جزئیات فاصله میان صفحه برشی مرکز سطح مقطع عضو.....۱۰۹
شکل ۲- ۳۴- جزئیات کنده شدن ورق پیچ اتصال به همراه واشر مسطح.....۱۱۶
شکل ۲- ۳۵- جزئیات کنده شدن ورق پیچ اتصال به همراه واشر گنبدی شکل.....۱۱۷
شکل ۲- ۳۶- سیستم‌های مختصات و جهات نیروهای مثبت.....۱۲۵
شکل ۲- ۳۷- تعریف X.....۱۳۴
شکل ۲- ۳۸- پانل‌های برشی با تسمه‌های مورب سرد نورد شده.....۱۴۴
شکل ۲-۳۹- نحوه قرارگیری تیر خورجینی در پانل‌های برشی با تسمه‌های مورب.....۱۴۵
شکل ۲-۴۰- اتصال تسمه مورب به ستون و اتصال ستون پانل برشی با مقطع قوطی توسط نبشی مهاری، ورق تقویتی و میل مهار به پی.....۱۵۰
شکل ۲-۴۱- نحوه قرارگیری و اتصال تیرچه‌های سقف به تیر خورجینی پانل برشی.....۱۵۰
شکل ۲-۴۲- فلوچارت انتقال نیروهای لرزه‌ای در سازه‌های دیواری فولادی سرد نورد شده با پانل برشی.....۱۵۲
شکل ۲-۴۳- انواع مقطع بسته ستون پانل برشی.....۱۵۶
شکل ۴-۱- مقطع دیوار LSF با عایق حرارتی میانی (تودلی).....۲۴۳
شکل ۴-۲- طولانی کردن مسیر جریان حرارت با ایجاد خم‌های متعدد در جریان پروفیل.....۲۴۴
شکل ۴-۳- ایجاد سوراخ‌های لوبیایی برای تبدیل مسیر مستقیم انتقال حرارت به یک مسیر پیچ در پیچ.....۲۴۴
شکل ۴-۴- تغییرات ضریب انتقال حرارت دیوار با ضخامت لایه عایق حرارتی تکمیلی.....۲۴۵
شکل ۴-۵- مقطع دیوار با عایق تکمیلی ۱ سانتی‌متری.....۲۴۵
شکل ۴-۶ - پروفیل‌های همدمایی در دیوار.....۲۴۵
شکل ۴-۷- پروفیل‌های هم‌شاری در دیوار.....۲۴۵
شکل ۴-۸- پروفیل‌های رنگی همدمایی در دیوار.....۲۴۵
شکل ۴-۹- مقطع دیوار LSF با عایق حرارتی میانی (تودلی) همراه با یک لایه عایق حرارتی

تکمیلی..... ۲۴۶

شکل ۴-۱۰- دیوار LSF با یک لایه عایق حرارتی سراسری در طرف خارج که بر روی لبه خارجی سقف امتداد یافته است..... ۲۴۶

شکل ۴-۱۱- مقطع دیوار LSF با عایق حرارتی سینوسی..... ۲۴۶

شکل ۴-۱۲- دیوار LSF با دو ردیف قاب هم‌راستا (همراه با عایق اسفنجی فاصله‌گذار) ۲۴۷

شکل ۴-۱۳- مقطع افقی دیوار LSF با دو ردیف قاب غیر هم راستا..... ۲۴۷

شکل ۴-۱۴- پروفیل‌های همدمایی برای دیوار بدون عایق حرارتی در شرایط سرد (سمت راست) و بسیار سرد (سمت چپ)..... ۲۴۹

شکل ۴-۱۵- دیوار با ۵۰ میلی‌متر عایق حرارتی در طرف رو به داخل در شرایط سرد (سمت راست) و بسیار سرد (سمت چپ)..... ۲۵۰

شکل ۴-۱۶- دیوار با ۱۰۰ میلی‌متر عایق حرارتی (بدون لایه هوا) در شرایط سرد (سمت راست) و بسیار سرد (سمت چپ)..... ۲۵۰

شکل ۴-۱۷- نمونه دیوار LSF با لایه هوای تهویه شده..... ۲۵۱

شکل ۴-۱۸- مقطع دیوار خشک ساده (بدون لایه هوا)..... ۲۵۲

شکل ۴-۱۹ مقطع دیوار خشک ساده (با لایه هوا)..... ۲۵۲

شکل ۴-۲۰- مقطع دیوار خشک همراه با لایه هوای تهویه شده..... ۲۵۲

شکل ۴-۲۱- مقطع دیوار خشک دو قابه با وادارهای هم‌راستا..... ۲۵۳

شکل ۴-۲۲- مقطع دیوار خشک با عایق حرارتی سینوسی..... ۲۵۳

شکل ۵-۱- پروفیل ارتجاعی..... ۲۷۴

شکل ۵-۲- کاربرد پروفیل ارتجاعی در دیوار..... ۲۷۴

شکل ۵-۳- کاربرد پروفیل‌های ارتجاعی در سقف..... ۲۷۵

شکل آ-۱- نمونه پلان با اِستاد گذاری ۶۰ سانتیمتری..... ۲۸۶

شکل آ-۲- نمونه پلان جانمایی استادها در سازه..... ۲۸۷

شکل آ-۳- نمونهٔ نمای ساختمان با مشخص نمودن کدهای ارتفاعی و ابعاد بازشوها..... ۲۸۸

شکل آ–۴– نمونهٔ برش ساختمان با مشخص نمودن وضعیت دیوارها، کفسازی‌ها و کدهای ارتفاعی ۲۸۹

شکل آ–۴(ادامه)– نمونهٔ دیگر برش ساختمان با مشخص نمودن وضعیت دیوارها، کفسازی‌ها و کدهای ارتفاعی ۲۹۰

شکل آ–۵– نمونهٔ جزئیات اجرایی دیوار، کف و سقف ۲۹۱

شکل آ–۵(ادامه)– نمونهٔ جزئیات اجرایی دیوار، کف و سقف ۲۹۲

شکل آ–۶– نمونهٔ سایر جزئیات اجرایی ۲۹۳

شکل آ– ۶ (ادامه)– نمونهٔ سایر جزئیات اجرایی ۲۹۴

شکل آ– ۶ (ادامه)– نمونهٔ سایر جزئیات اجرایی ۲۹۵

شکل آ– ۶ (ادامه)– نمونهٔ سایر جزئیات اجرایی ۲۹۶

شکل آ–۷– نمونهٔ جزئیات پله‌ها ۲۹۷

شکل آ–۸– نمونهٔ تیپ بندی درها و پنجره‌ها ۲۹۸

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱- مشخصات ورق‌های استاندارد (ASTM) مطابق توصیه‌های AISI..... ۴۲
جدول ۲-۲- ضرایب مورد نیاز در تعیین مقاومت اعوجاجی جان مقاطع مرکب I شکل..... ۷۰
جدول ۲-۳- ضرایب مورد نیاز در تعیین مقاومت اعوجاجی جان مقاطع C شکل..... ۷۰
جدول ۲-۴- ضرایب مورد نیاز در تعیین مقاومت اعوجاجی جان مقاطع Z شکل..... ۷۱
جدول ۲-۵- ضرایب مورد نیاز در تعیین مقاومت اعوجاجی جان مقاطع کلاهی شکل..... ۷۲
جدول ۲-۶- ضرایب مورد نیاز در تعیین مقاومت اعوجاجی جان مقاطع چند جانی سقف..... ۷۲
جدول ۲-۷ - پارامترهای مورد نیاز در طراحی اعضای سردنورد شده در بارگذاری سیکلی..... ۸۶
جدول ۲-۸- اندازه اسمی سوراخ پیچ..... ۱۰۵
جدول ۲-۹- ضریب ظرفیت لهیدگی C..... ۱۱۰
جدول ۲-۱۰- ضریب اصلاح نوع اتصال باربر، M_F..... ۱۱۰
جدول ۲-۱۱- مقاومت اسمی کششی و برشی پیچ‌ها..... ۱۱۲
جدول ۲-۱۲- ضریب اطمینان و ضریب مقاومت برای دیافراگم‌ها..... ۱۲۸
جدول ۲-۱۳- مقادیر R برای مقاطع C و Z در دهانه ساده..... ۱۳۱
جدول ۲-۱۴- ضرایب برای مهارهای تکیه‌گاه..... ۱۴۰
جدول ۲-۱۵- ضرایب برای مهار بین نقطه‌ای..... ۱۴۰
جدول ۲-۱۶- ضرایب برای مهار یک در سه نقطه (1/3)..... ۱۴۰
جدول ۲-۱۷- جدول ضرایب اطمینان و ضرایب کاهش مقاومت برای دیافراگم ها..... ۱۴۲
جدول ۲-۱۸- ضرایب و فاکتورهای طراحی برای سیستم مقاوم لرزه‌ای سازه‌های دیواری فولادی ..... سرد نورد شده..... ۱۵۳
جدول ۲-۱۹- حداکثر ضخامت جوش نبشی مهاری به ستون..... ۱۶۸
جدول ۲-۲۰- حداکثر ضخامت نبشی مهاری براساس ضخامت جوش نبشی به ستون..... ۱۶۸
جدول ۳-۱- راهنمای حروف اختصاری تصرف‌ها..... ۱۸۶
جدول ۳-۲- محافظت فضای فرعی حادثه‌خیز..... ۱۸۹
جدول ۳-۳ (الف)- مقاومت جدا کننده‌ها برای جداسازی تصرف‌ها (بر حسب ساعت)..... ۱۹۲
جدول ۳-۳ (ب)- مقاومت جدا کننده‌ها برای جداسازی تصرف‌ها- ادامه (بر حسب ساعت)..... ۱۹۳
جدول ۳-۴- الزامات درجه‌بندی مقاومت در برابر آتش برای اجزای ساختمان (ساعت)..... ۱۹۵
جدول ۳-۵- الزامات درجه‌بندی مقاومت دیوارهای خارجی در برابر آتش (بر حسب ساعت) براساس

فاصله مجزاسازی حریق..... ۱۹۶
جدول ۳-۶- حداکثر مساحت بازشوها براساس درصد مساحت دیوار خارجی..... ۱۹۹
جدول ۳-۷- درجه‌بندی محافظت بازشوها در برابر آتش..... ۲۰۸
جدول ۳-۸- مقادیر مجاز ارتفاع ۱ و مساحت ۲ ساختمان ۳ برای ساختارهای نوع ۱ و ۲..... ۲۱۲
جدول ۳-۹- چند نمونه جزئیات اجرایی مقاوم در برابر آتش برای دیوارهای باربر و غیرباربر LSF... ۲۱۷
جدول ۳-۱۰- چند نمونه سیستم کف و سقف LSF مقاوم در برابر آتش..... ۲۲۰
جدول ۳-۱۱- مقدار مقاومت در برابر آتش سیستم‌های کف و سقف خشک با کف تخته‌ای..... ۲۲۱
جدول ۴-۱ ضخامت حداقا عایق مورد نیاز با فرض ۲۰ درصد کاهش مقاومت حرارتی بر اثر وادارهای فلزی..... ۲۳۵
جدول ۴-۲- مقادیر عددی ضرایب هدایت حرارتی مصالح متداول..... ۲۴۰
جدول ۴-۲ (ادامه)- مقادیر عددی ضرایب هدایت حرارتی مصالح متداول..... ۲۴۱
جدول ۴-۳ مقادیر مقاومت حرارتی برای انواع مختلف جدار سیستم LSF..... ۲۵۵
جدول ۵-۱- منطقه‌بندی شهری از نظر تراز نوفه محیطی..... ۲۶۲
جدول ۵-۲- حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته مورد نیاز برای دیوارها در ساختمان ۲۶۳
جدول ۵-۳- چند نمونه از جزییات اجرایی برای دیوارهای باربر LSF..... ۲۶۵
جدول ۵-۴- چند نمونه جزییات اجرایی برای دیوارهای غیرباربر LSF..... ۲۶۸
جدول ۵-۵- صدابندی کوبه‌ای چند نمونه از کف- سقف‌های LSF..... ۲۷۲

گروه تدوین

مدیر و مجری تدوین:

دکتر محمد حسن فلاح	عضو هیأت علمی دانشگاه شیراز

اعضای کمیته تدوین بخش سازه:

دکتر سید رسول میرقادری(مسئول تدوین بخش سازه)	عضو هیأت علمی دانشگاه تهران
دکتر محمد زمان کبیر	عضو هیأت علمی دانشگاه امیر کبیر
دکتر غلامرضا قدرتی امیری	عضو هیأت علمی دانشگاه علم و صنعت ایران
دکتر محمد خراسانی	دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مهندسی عمران
دکتر حمید رضا رونق	عضو هیأت علمی دانشگاه کوییزلند
دکتر مهران زین‌علیان	عضو هیأت علمی دانشگاه اصفهان، دانشکده مهندسی عمران
مهندس مسعود کریمیان	مدیرعامل موسسه تحقیقات سازه‌های فلزی سبک
مهندس پژمان نمیرانیان	دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مهندسی عمران
مهندس محمد حسن سیاس	دانشگاه تهران، دانشکده فنی مهندسی عمران
مهندس موسی اکبری	مهندسین مشاور
دکتر محمد حسن فلاح	عضو هیأت علمی دانشگاه شیراز
دکتر علیرضا باقری صباغ	دانشگاه وولورهامپتون، دانشکده مهندسی عمران

اعضای کمیته تدوین بخش معماری:

دکتر محمد حسن فلاح (مسئول تدوین بخش معماری)	عضو هیأت علمی دانشگاه شیراز
مهندس مسعود قاسم‌زاده	عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
دکتر جاوید قنبری	دکتری معماری دانشگاه تربیت مدرس
دکتر سعید بختیاری	عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

اعضای کمیته تدوین بخش ایمنی در برابر آتش:

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

اعضای کمیته تدوین بخش عملکرد حرارتی:

دکتر بهروز کاری(مسئول تدوین بخش عملکرد حرارتی)	عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
مهندس مسعود قاسم‌زاده	عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
مهندس مهدیه آبروش	دانشگاه تهران (دانشجوی دکترای معماری)
مهندس فرهنگ طهماسبی	دانشگاه وین (دانشجوی دکترای معماری)
دکتر محمد حسن فلاح	عضو هیأت علمی دانشگاه شیراز
دکتر سعید بختیاری	عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

اعضای کمیته تدوین بخش صدابندی:

مهندس محمد جعفر هدایتی(مسئول تدوین بخش صدابندی)	عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
آزاده رئیسیان	کارشناس آکوستیک مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
مهندس مسعود قاسم‌زاده	عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
دکتر محمد حسن فلاح	عضو هیأت علمی دانشگاه شیراز

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

مهندس مسعود کریمیان	مدیرعامل موسسه تحقیقات سازه‌های فلزی سبک
مهندس ناصر اسدپور	مهندسین مشاور ره‌شهر
مهندس مسعود قاسم‌زاده	عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
دکتر جاوید قنبری	دکتری معماری دانشگاه تربیت مدرس
دکتر بهروز کاری	عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
مهندس مارال پردلی بهروز	عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات سازه‌های فلزی سبک
مهندس فاطمه صالح	عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات سازه‌های فلزی سبک

همکار/مشاور بین المللی و داخلی:

پروفسور روگر لابوب (Roger LaBoube)	مدیر مرکز سازه های فلزی سردنورد دانشگاه میسوری رولا، عضو مدیریت AISI ، رییس کمیته آموزش AISI، رییس و عضو در کمیته‌های تدوین استانداردهای AISI
دکتر سید مجتبی حسین‌علی‌پور	عضو هیأت علمی دانشگاه شهید بهشتی، مدیر گروه پژوهشی اقتصاد مسکن و ساختمان مرکز تحقیقات استراتژیک
دکتر ستار ستاری	عضو هیأت علمی دانشگاه کوییزلند استرالیا

اعضای کمیته بازنگری و ویرایش نهایی:

دکتر محمد حسن فلاح	عضو هیأت علمی دانشگاه شیراز
مهندس مسعود قاسم‌زاده	عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
دکتر محمد خراسانی	دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مهندسی عمران
مهندس مسعود کریمیان	مدیرعامل موسسه تحقیقات سازه‌های فلزی سبک
دکتر جاوید قنبری	دکتری معماری دانشگاه تربیت مدرس
مهندس میثم امیرسادات	دانشگاه شهید بهشتی (دانشجوی کارشناسی ارشد معماری)

پیشگفتار

به‌کارگرفتن مصالح ساختمانی مدرن در سیستم‌های سنتی یا روش‌های دستی رایج ساختمان‌سازی در کشور یکی از مشخصه‌های بارز و مشکل‌ساز صنعت ساختمان برای پاسخگوئی به نیازهای کمّی و کیفی این صنعت است. این شیوه‌های ساخت و ساز، سبب مشکلات عدیده زیست محیطی با توجه به اهداف توسعه پایدار در این صنعت می‌شود.

فناوری‌های نوین در اغلب صنایع از جمله در این صنعت اگر چه در مواردی سبب صرفه‌جویی در مصالح شده است، اما با توجه به تغییر ویژگی‌های معماری و روش‌های جدید زندگی، در بسیاری موارد موجب افزایش مصرف انرژی و منابع طبیعی گردیده است. تحولات و همچنین فعالیت‌های فوق عامل بوجود آمدن مشکلات زیست محیطی در کشورها شده است. محققین کشور ما معتقدند در صورتی‌که با این پدیده در کشور بصورت اصولی و علمی‌برخورد شود، این پدیده ضمن بوجود آوردن امنیت اجتماعی، عاملی برای بهبود شرایط فعلی ساخت و ساز نیز خواهد گردید. آن‌ها معتقدند مشکلات صنعت ساختمان‌سازی کشورمان مشابه مشکلات چند دهه اخیر کشورهای توسعه یافته است. قاعدتا مشترک بودن مشکلات بوجود امده، اهداف مشابه و روش‌های نسبتا یکسانی را برای مقابله با مسائل زیست محیطی نیاز دارد. براین اساس کشورهای پیشرو در این زمینه ایده‌های واحدی را برای به‌کارگیری فناوری‌های جدید، جهت برطرف نمودن مشکلات خود تدارک دیده‌اند و یا در حال تدارک می‌باشند. براین اساس متخصصین کشور می‌توانند با ملحوظ نمودن شرایط فرهنگی و امکانات صنعت ساختمان‌سازی کشور از روش‌ها و راه‌حل‌های ارائه شده جهت دستیابی به اهداف توسعه پایدار در این صنعت بهره‌مند شوند. در این راستا بعنوان نمونه می‌توان گرایش متخصصین امر برای بکارگیری فولاد بعنوان مصالح ساختمانی پایدار در ساخت و ساز ساختمان، که در اغلب کشورهای پیشرو متداول شده است، نام برد.

در طی دهه‌های اخیر برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار، دست اندرکاران صنعت به راه‌حل‌های واحدی برای بکارگیری فولاد در بخش مسکن دست یافتند. از آن جمله می‌توان به‌کارگیری سیستم ساختمانی Lightweight Steel Framing(LSF) را که با استفاده از ورق‌های فولادی گالوانیزه سرد نورد شده Cold Formed Steel (CFS) شکل گرفته است نام برد. بهره‌گرفتن از این سیستم ساختمانی در کشورهای گوناگون با اهداف متفاوت بوده است. برای نمونه در کشور انگلستان و دیگر کشورهای اروپائی این سیستم ساختمانی را به‌دلیل کیفیت بالا در ساخت و ساز و سرعت بالای تولید، جهت جایگزین کردن با سیستم‌های سنتی (آجری، بلوک سیمانی و سنگی) مورد توجه قرار داده‌اند. در امریکا، کانادا، کشورهای اسکاندیناوی و استرالیا این سیستم را بهترین گزینه برای جایگزین کردن با سیستم چوبی (بدلیل کمبود چوب و گرانی آن) در نظر گرفته اند. همچنین در ژاپن نیز تطابق آن با

روش‌های ساختمان سازی، مقاومت مناسب در زلزله و کیفیت مناسب ساخت ساختمان در مقایسه با روش‌های رایج در ژاپن را دلیل اصلی برای به‌کارگیری این سیستم ساختمانی عنوان می‌کنند. لازم بذکر است به‌کارگیری قطعات فوق را متخصصین امر انقلابی در صنعت ساختمان سازی می‌دانند و حتی بعضی از محققین این تحولات را فناوری نانو در این صنعت عنوان می‌کنند. بنابراین با توجه به اهمیت موضوع و شرایط خاص کشور در امر ساخت و ساز ساختمان ضروری است در صورت نیاز به بکارگیری این روش ساخت و ساز در کشور، بسترسازی مناسبی در جهت تدوین مدارک لازم برای رعایت اصول تعریف شده در به‌کارگیری آن بوجود اید تا بتوانیم به محسنات آن به‌ویژه کمک به تحقق اهداف توسعه پایدار در صنعت ساختمان سازی دست یابیم.

بررسی‌های اولیه در رابطه با مشکلات و پتانسیل‌های موجود در صنعت ساختمان سازی کشور نشان می‌دهد در صورت به‌کارگیری روش‌های تولید صنعتی ساختمان از جمله سیستم ساختمانی LSF با توجه به محسنات و پتانسیل‌های آن، این سیستم ساختمانی می‌تواند ضمن برطرف نمودن بخشی از مشکلات ساختمان سازی در کشور، همچنین در زمینه زیست محیطی نمودن فعالیت‌های این صنعت در کشور تحولات مؤثری ایجاد کند.

براساس دیدگاه‌ها و تفکرات پایداری و با توجه به مسئولیت‌های متخصصین ساختمان در طراحی و اجرا، برای طراحان ساختمان (مخصوصا معماران) مسئولیت‌های سنگینی از جمله انتخاب شیوه طراحی مناسب، انتخاب مصالح ساختمانی مناسب ، انتخاب تکنیک‌های ساخت و ساز مناسب و نهایتا ارائه ایده‌های نو در صنعت ساختمان سازی در نظر گرفته شده است. مطالعات نشان می‌دهد اگر طراحان ساختمان براساس دیدگاه‌های فوق عمل نمایند می‌توانند با به‌کارگیری فناوری‌های مناسب و با ایده‌پردازی‌های کارامد براساس ویژگی‌های بوم شناختی در این صنعت، مخصوصا با حفظ ارزش‌های معماری بومی، راه‌کارهای مناسب را تهیه و در اختیار جامعه مهندسی کشور و اجتماع قرار دهند.

تجربیات نشان داده از معماران انتظار می‌رود با توجه به مسئولیتی که در طراحی ساختمان‌ها بر عهده دارند (رهبری تیم طراحی) با کمک متخصصین صنعت ساختمان‌سازی بتوانند با ارائهٔ ایده‌های جدید در زمینه‌های تولید فراورده‌ها و سیستم‌های ساختمانی و همچنین با معرفی شیوه‌های طراحی نوین به ویژه در زمینهٔ طراحی سبز، صنایع مرتبط در صنعت ساختمان سازی را در جهت عملی نمودن ایده‌های خود ترغیب نمایند، و این صنعت را همیشه در حال پویایی و یا تحول در نواوری نگاه دارند. این روند کمک خواهد کرد تا در جهت بومی سازی روش‌های نوین ساخت و ساز ساختمان در کشور گام‌های مثبتی برداشته شود. زیرا تا زمانی که این نوع فناوری‌ها براساس نیاز، شرایط و امکانات منطقه انطباق داده نشده باشند امکان بومی سازی (بهره‌برداری درست و بهینه) آن‌ها امکان پذیر نخواهد بود.

در تدوین این دستورالعمل تلاش خواهد شد براساس نیازهای جامعه مهندسی کشور ضوابط و معیارهای طراحی، اجراء، کنترل و نظارت، همراه با تهیه مشخصات عمومی و فنی مورد نیاز جهت

کمک به برنامه‌ریزان ساخت و ساز ساختمان در کشور در شناسائی سیستم‌های مناسب ساختمان سازی تهیه شود. همچنین در تدوین این دستورالعمل تلاش خواهد شد با ایجاد ارتباط مناسب بین صنعت‌گران که در قالب انجمن صنفی فعالیت می‌نمایند و مراکز علمی آموزشی و پژوهشی کشور که در قالب انجمن علمی سیستم ساختمانی سبک فولادی فعالیت می‌نمایند فراهم شود، تا امکان به‌کارگیری این سیستم ساختمانی در شرایط مطلوب (با مجوز دستگاههای اجرائی و مسئول) در کشور پایه‌گذاری شود.

تشکر و قدردانی

تدوین دستورالعمل طراحی و اجرای سیستم ساختمانی سبک فولادی که برای نخستین بار در عرصه مهندسی ساختمان سازی کشور با در نظر گرفتن تمامی ابعاد یک سیستم ساختمانی اعم از معماری، سازه و اجرا می‌باشد، نیازمند بهره‌گیری از نقطه نظرات تخصصی کثیری از متخصصان امر و بهره‌مندی از تجربیات مدیران محترم اجرایی کشور می‌بود. مطمئناً این امر محقق نمی‌شد مگر با همکاری و حمایت‌های بی‌شائبهٔ مدیریت و کارشناسان محترم دفتر نظام فنی معاونت محترم برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری که با بینش والا و فراست علمی، حمایت بی دریغ خویش را بر شکل گیری چنین مجموعه‌ای گسترانیدند و دیگر دانشوران گرانقدری که این مجموعه را در مراحل متوالی تدوین، مورد مطالعه قرارداده و تجربیات روشنگرانه‌ی خود را بی دریغ در اختیار تدوین کنندگان این دستورالعمل گذاشتند. براین اساس اینجانب وظیفه خود می‌دانم از همفکری و حمایت‌های مدیران محترم دانشگاه شیراز، مخصوصاً دفتر همکاری‌های علمی و مشاوره‌ای دانشگاه شیراز، مدیران محترم دانشکده هنر و معماری، مخصوصاً بخش معماری دانشگاه شیراز، مدیریت محترم مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی وزارت راه و شهرسازی، معاونت محترم پشتیبانی فنی شرکت کناف ایران جناب آقایان مهندس فرمند و مهندس هوشمند، نهایت تشکر و قدردانی را داشته باشم. امید می‌رود در ادامه راه با همین حس همکاری بتوانیم آئین‌نامه‌های مورد نیاز برای بهره‌برداری مناسب در ابعاد گوناگون این فنآوری بزرگ در داخل کشور را تهیه و در اختیار مراکز آموزشی، پژوهشی و جامعه مهندسی کشور و منطقه قرار دهیم.

دکتر محمد حسن فلاح

Introduction

I commend the authors of this inaugural Iranian design standard. The broad scope of the document is truly impressive. It is unheard to find such an array of topics to include cold-formed steel structural design criteria, details and erection concepts, check lists for inspection and fire protection regulations assembled in one single design document. I am convinced that Iranian structural engineers will find this document to be a vital asset for their design offices.

Cold-formed steel has for many years been a principal building material in the United States and other countries. Both commercial and residential construction markets utilize cold-formed steel framing systems. Because of its versatility cold-formed steel members may be designed to provide the primary load bearing structure, provide a curtain wall solution, or used as interior partition wall framing. In general cold-formed steel framing provides the following advantages:

An economical solution for lightly loaded and or short spans.

Favorable strength-to-weight ratios.

Deck and panels provide floor, roof and wall surfaces while also functioning as a load-carrying element of the structural framing assembly.

Deck and panels provide wall, floor or roof surfaces while also functioning as shear walls or diaphragms.

Cold-formed steel shapes can easily be assembled to create box- or back-to-back headers for wall and floor systems.

Cold-formed steel framing members provide uniform quality, are noncombustible and can be recycled.

To the Iranian engineering community, study this document, use its information wisely and you will discover a more economical design solution for both commercial and residential construction markets.

Again, congratulations to the design standard developing committee and to the engineering design community for embracing cold-formed steel framing systems.

Best regards,

Roger A. LaBoube
Director, Wei-Wen Yu Center for Cold-Formed Steel Structures
Curator's Teaching Professor Emeritus, Missouri University of Science and Technology

ترجمهٔ مقدمهٔ آقای پروفسور لابوب

من مؤلفان این نخستین استاندارد طراحی ایرانی در زمینه طراحی سازه‌های سرد نورد شده را تحسین می‌نمایم. وسعت نظر و حوزه دید این مجموعه واقعاً مؤثر و تحسین برانگیز است. این بی‌سابقه است که چنین مجموعه‌ی منظمی از فصول شامل ضوابط طراحی سازه‌ای فولاد سرد نورد شده، جزییات و ضوابط اجرایی و نصب سازه، چک لیست‌های بازرسی و نظارت و دستورالعمل حفاظت حریق در یک مجموعه طراحی گردآوری شده باشند. من مطمئن هستم که مهندسان ساختمان ایران این مجموعه را سرمایه‌ای ارزشمند برای دفاتر طراحی خود خواهند یافت.

فلز سرد نورد شده برای سال‌های بسیار زیاد از مصالح ساختمانی عمده در ایالات متحده و برخی کشورهای دیگر بوده است. بازار ساختمان‌های تجاری و مسکونی هر دو از سیستم قاب‌بندی فلزی سرد نورد شده بهره برده است. زیرا اعضای فلزی سرد نورد شده با انعطاف و تطبیق‌پذیری بسیاری که دارد با توانمندی در طراحی برای تأمین سازه باربر اصلی، تأمین دیوارهای خارجی نما یا برای دیوارهای جدا کننده‌ی داخلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به طور عمده مزایای متداول زیر برای قاب‌بندی فلزی سرد نورد شده مطرح می‌گردد:

راهی بسیار اقتصادی برای ساختمان‌هایی با بارهای کم یا دهانه‌های کوتاه.

دارای مقاومت بالا به نسبت وزن بسیار کم.

به عنوان عرشه‌ها و پنل‌ها برای استفاده در کف، سقف و دیوارها مانند اعضای باربر برای قاب‌بندی سازه‌ای.

به عنوان عرشه‌ها و پنل ها برای استفاده در کف، سقف و دیوارها مانند دیوارهای برشی و دیافراگم‌ها.

راحتی تشکیل مقاطع قوطی شکل یا مقاطع پشت به پشت با اعضای سرد نورد شده برای درگاه‌ها در سیستم‌های دیوار یا سقف.

اعضای فلزی سرد نورد شده دارای کیفیت یکنواخت، غیرقابل اشتعال، و با توانایی تجدید پذیری مصرف بالا هستند.

به شما مهندسان ایرانی توصیه می‌کنم این مجموعه را مطالعه نموده و اطلاعات آن را به طور هوشمندانه‌ای به کار ببندید که در این صورت روش‌های طراحی اقتصادی‌تری برای بازار ساختمان‌های تجاری و مسکونی خواهید یافت.

مجدداً با تبریک به کمیته‌ی تدوین و توسعه‌ی استاندارد به مهندسان طراحی توصیه می‌کنم سیستم‌های قاب فلزی سرد نورد شده را با توجه به مزایی بسیار آن دریابند و به کار گیرند.

با تقدیم شایسته‌ترین احترامات

راجر آ. لابوب

مدیر مرکز سازه‌های فلزی سرد نورد شده وی ون یو

دانشگاه علم و صنعت میسوری

فصل نخست

کلیات

مقدمه

منطقه آسیا یکی از مناطق حادثه خیز در دنیا بوده و پیوسته در معرض خطرات و حوادث طبیعی گوناگون قرار داشته است. به‌طوری‌که زیان‌ها و خسارات سنگینی را تحمل کرده است. ایران یکی از کشورهای آسیایی است که با توجه به موقعیت زمین شناسی و جغرافیایی خود در معرض انواع حوادث طبیعی چون زمین لرزه، سیل، طوفان، رانش زمین و خشک‌سالی است. وقوع چنین حوادث طبیعی، ضمن اینکه مشکلاتی در روند توسعه کشور بوجود می‌اورند، سبب تلفات جانی و هزینه‌های مالی فراوان و جبران‌ناپذیری برای کشور می‌گردند.

رشد سریع جمعیت جهان در چند دهه اخیر موجب افزایش نیازهای روزمره جوامع و عاملی در جهت برداشت بیش از حد از منابع محدود شناخته شده در طبیعت شده است. از طرف دیگر تبدیل این منابع طبیعی به محصولات مصرفی، عامل اساسی برای ایجاد آلودگی‌های نگران کننده محیط زیست در جهان شده است. متخصصین امر معتقدند، یکی از فعالیت‌های تاثیر گذار در تغییرات و آلودگی‌های محیطی، فعالیت‌های ساخت و ساز ساختمان است. زیرا این صنعت حدود ۴۰٪ از منابع طبیعی و انرژی تولیدی را مصرف می‌کند. بر این اساس کشورهای توسعه یافته در تلاش هستند، تا میزان مصرف منابع طبیعی و انرژی را در این صنعت تحت کنترل در اورند تا فعالیت‌های این صنعت نیز در راستای اهداف توسعه پایدار (تفکر و اندیشه پایداری) قرار گیرد.

با توجه به اهداف توسعه پایدار در صنعت ساختمان و تطبیق مشخصات صنعتی سازی ساختمان با اهداف فوق، متخصصین امر برای گسترش تولید صنعتی ساختمان‌ها تلاش می‌نمایند. عوامل تاثیر گذار براین تفکر، تاثیرات بکارگیری نوع مصالح ساختمانی مورد استفاده در صنعتی‌سازی و نوع تکنولوژی‌های مورد استفاده در ساخت و سازها است. نتیجه توجهات فوق، منجر به گسترش به‌کارگیری قطعات فولادی بنام Cold Formed Steel (CFS) (ورق‌های فولادی گالوانیزه سرد نورد شده) در قالب سیستم ساختمانی سبک فولادی Lightweight Steel Framing (LSF) شد. این سیستم ساختمانی مستلزم استفاده از تکنیک‌های خاص تولید مصالح ساختمانی و ساخت و ساز ساختمان برای دستیابی مطمئن و کامل به محسنات ذکر شده در مشخصات این سیستم ساختمانی است. از طرفی تاثیر وزن بنا بر روی میزان نیروی‌های ایجاد شده در اثر وقوع زلزله یکی از عوامل مهم در این زمینه است. براین اساس متخصصین امر به فکر استفاده ازفناوری‌های نوین در صنعت ساختمان با به‌کارگیری مصالح ساختمانی سبک و روش‌های تولید صنعتی برآمده‌اند. با توجه به رویکرد فوق، در ایران نیز احداث بناهای سبک با استفاده از روش‌های تولید صنعتی، اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است. همچنین تاثیرات زیست محیطی بکارگیری این نوع سیستم‌های ساختمانی سبب شده است، در چارچوب اهداف توسعه پایدار در صنعت ساختمان که به عنوان مسئله روز در جهان هم مطرح شده

است، فعالیت‌های این صنعت مورد توجه خاص متخصصان امر قرار گیرد. از مشخصات بارز این سیستم ساختمانی می‌توان به سبک بودن یا به عبارت دیگر مصرف بهینه مصالح ساختمانی (نزدیک به یک سوم وزن سیستم‌های رایج)، امکان کنترل (بهینه سازی) مصرف انرژی در طراحی، ساخت، بهره‌برداری و تخریب بنا، و همچنین امکان تولید صنعتی ساختمان اشاره کرد.

از طرف دیگر، مطالعات و بررسی‌های صورت گرفته بر روی روش‌های رایج ساختمان‌سازی در کشور نشان می‌دهد که این صنعت از نظر کمّی و کیفی با مشکلات عدیده‌ای مواجه است. از نظر کیفی می‌توان به عدم پایداری و پایائی مناسب ساختمان‌های ساخته شده با استفاده از روش‌های رایج در برابر سوانح طبیعی (زلزله) و به‌کارگیری بیش از حد مصالح ساختمانی و انرژی اشاره نمود. کمبودهای کمّی موجود در بخش ساختمان‌سازی نیز به دلیل انجام عملیات ساخت و ساز در کارگاه ساختمانی و همچنین به‌کارگیری تعداد زیاد کارگر غیر ماهر در محل اجرای پروژه عنوان می‌شود. با توجه به مشکلات فوق و عدم اطمینان از شیوه‌های اجرایی ساختمان، مردم و مسئولین امر همیشه نگران ساختمان‌های موجود و در حال ساخت کشور (از جمله سیستم‌های اسکلت فولادی، بتنی و دیوار باربر) هستند.

مطالعات و بررسی‌های صورت گرفته در این زمینه نشان می‌دهند دلایل اساسی بوجود آمدن مشکلات فوق، عدم توجه به ضوابط و آیین‌نامه‌های موجود، عدم وجود کنترل و نظارت دقیق در طراحی و اجرا، دستی بودن بیشتر عملیات اجرائی، سنگینی مصالح ساختمانی و استفاده از روش‌های طراحی و اجرای غیر صنعتی است. براین اساس فناوری‌های مناسب (صنعتی) جهت ساخت بناهای سبک، مقاوم در برابر نیروهای مخرب و متناسب با شرایط اقلیمی و معماری بومی کشور از جمله دغدغه‌های مهم در این صنعت محسوب می‌شود. بنابراین لازم است در این زمینه شرایطی فراهم شود تا متخصصین آموزشی و پژوهشی و اجرائی کشور برای راهنمائی و هدایت این صنعت با انجام فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی در جهت تهیه مدارک و اطلاعات لازم اقدام کنند.

مطالعات اولیه برروی سیستم ساختمانی سبک فولادی حاکی از این است. این سیستم ساختمانی ضمن اینکه مشکلات مطرح شده در روش‌های رایج ساخت و ساز ساختمان در کشور را ندارد، حتی محسنات زیست محیطی و اقتصادی زیادی نیز برای این صنعت می‌تواند به ارمغان آورد.

در چند سال اخیر یکی از برنامه‌های در دست اقدام دولت در کشور برای پاسخگوئی سریع به انتظارات و نیازهای جامعه، کاهش تلفات ناشی از وقوع زلزله و اثرات مخرب آن‌ها بر محیط زیست، به‌کارگیری سیستم‌های نوین ساختمانی (صنعتی سازی)، مخصوصا سبک سازی ساختمان بوده است. یکی از این نوع سیستم‌های ساختمانی، سیستم ساختمانی سبک فولادی LSF[1] است. با توجه به عدم

[1] LightWeight Steel Framing (LSF)

وجود سابقه طولانی در استفاده از این نوع روش‌های ساخت و ساز در کشور و جهت دستیابی به اهداف توسعه پایدار در صنعت ساختمان‌سازی کشور یکی از نیازها و یا ملزومات اولیه این حرکت ملی، تدوین و تصویب ضوابط، معیارهای طراحی و اجرای بنا با توجه به اصول حاکم بر طراحی، اجرا، کنترل و نظارت کارگاهی این سیستم ساختمانی در کشور است. براین اساس دستورالعمل حاضر، جهت تدوین مجموعه معیارهای طراحی، اجرا، کنترل و نظارت بنا، طبق آیین‌نامه‌های معتبر رایج در کشورهای پیشرو در این زمینه و انطباق ضوابط فوق با شرایط حاکم بر طراحی، اجرا، کنترل و نظارت ساختمان در کشور تهیه شده است.

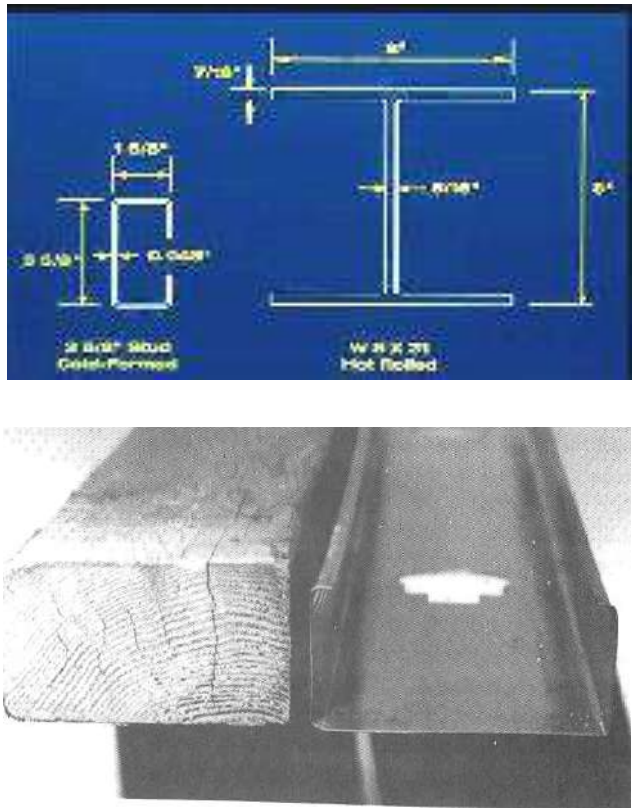
۱-۱ مطالعه و بررسی قطعات فولادی سرد نورد شده CFS۲ و سیستم ساختمانی سبک فولادی LSF

۱-۱-۱ قطعات فولادی سرد نورد شده CFS

فولاد فرم داده شده در حالت سرد یا CFS از سال‌های۱۸۵۰ در کشورهای انگلستان و امریکا با به‌کارگیری در ساخت لوازم منزل و ماشین آغاز شد. ولی تا قبل از جنگ جهانی اول در ساختمان‌سازی به‌کارگرفته نمی‌شد. از سال‌های۱۹۵۰ به بعد، به‌کارگیری قطعات فولادی CFS در ساختمان‌های تجاری و صنعتی شروع شد. اما از آنجا که نتوانست با سیستم‌های رایج ساخت مسکن رقابت اقتصادی کند، تا سال ۱۹۹۰ امکان به‌کارگیری قطعات فوق در این بخش عملی نشده بود. از این سال به دلیل گران شدن چوب و مطرح شدن مشکلات زیست محیطی در صنعت ساختمان‌سازی، سیستم ساختمانی LSF که با استفاده از قطعات فولادی CFS از نوع گالوانیزه و یا ضد زنگ ساخته می‌شود، برای ساخت واحدهای مسکونی به‌کارگرفته شد. از مشخصات بارز قطعات فولادی CFS می‌توان به شکل‌پذیری، سختی، جوش پذیری و استحکام زیاد قطعات نسبت به وزنشان اشاره کرد (شکل۱-۱).

---

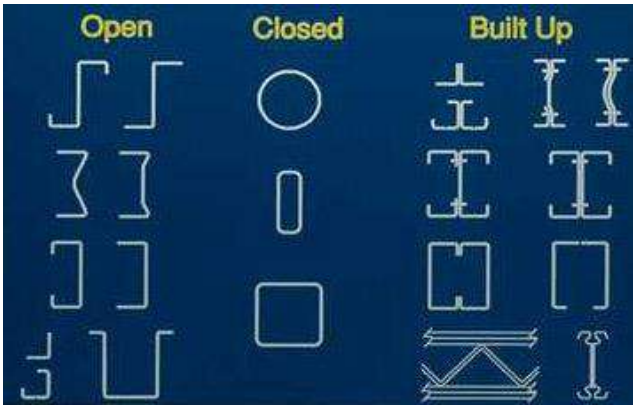
[2] Cold Formed Steel



شکل ۱-۱- قطعات از فولاد سرد نورد شده، گرم‌نوردشده و الوار

تفاوت عمده بین قطعات فولاد گرم‌نورد شده در مقایسه با فولاد فرم داده شده در حالت سرد، تنوع قطعات ساخته شده از فولاد فرم داده شده در حالت سرد است(شکل۱-۲). این نوع قطعات بنام‌های قطعات باز، بسته و ساخته شده موجود می‌باشند. این نوع قطعات پتانسیل مناسبی برای معماران و مهندسان مهیا می‌نمایند تا آن‌ها دقیقا بتوانند قطعه مورد نظر خود را براساس نیازشان انتخاب نمایند.

این نوع ورق‌های فولادی را معمولا در عرض‌های ۱/۵ متر در کارخانه‌های ذوب آهن تولید و در کارخانه‌های دیگری به صورت رولی و پرسی فرم می‌دهند و به شکل‌های مورد نظر در می‌آورند. اندازه قطعات در جان معمولا بین ۵۰ تا ۳۰۰ میلیمتر است. معمول‌ترین ضخامت ورق فولادی گالوانیزه شده برای ساخت قطعات سازه‌ای ۱/۲ تا ۳/۲ میلیمتر است.



شکل ۱-۲- تنوع قطعات فرم داده شده در حالت سرد

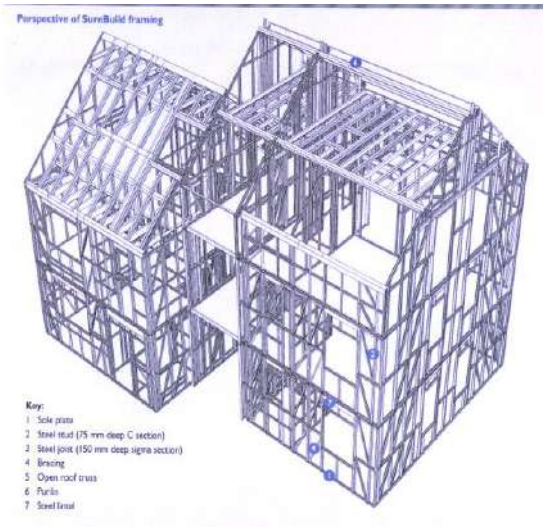
۱-۱-۲- معرفی عمومی سیستم ساختمانی سبک فولادی LSF

۱-۱-۲-۱- تاریخچه و دلایل به‌کارگیری سیستم ساختمانی LSF در کشورهای گوناگون

سیستم ساختمانی سبک فولادی (LSF) یکی از سیستم‌های ساختمانی است که با استفاده از ورق‌های فولادی فرم داده شده در حالت سرد (CFS) در ساخت اجزای اصلی سیستم، در دهه اخیر بطور گسترده در کشورهای پیشرفته و در حال توسعه به کار گرفته می شود. همانطورکه در بخش قبل اشاره شد به‌کارگیری این سیستم بعد از سال‌های ۱۹۹۰ به دلیل گران شدن چوب، پدیدار شدن مشکلات زیست محیطی در صنعت ساختمان و برنامه ریزی برای توسعه پایدار و معماری پایدار در صنعت ساختمان‌سازی بود که سبب شد، سیستم LSF در ساخت و ساز واحدهای مسکونی به‌کار گرفته شود. شاید بتوان گفت این سیستم ساختمانی به دلیل نیازهای صنعت ساختمان‌سازی در کشورهای فوق و یا جهت جوابگوئی به اهدافی چون تولید صنعتی ساختمان، اقتصادی نمودن ساخت و ساز ساختمان، ملاحظات زیست محیطی و توسعه پایدار در فعالیت‌های صنعت ساختمان‌سازی، برنامه ریزی، طراحی و اجرا شده است. این سیستم ساختمانی تا به‌حال توانسته در کشورهای یاد شده گواهینامه ساخت در چند طبقه دریافت نماید. برای صدور گواهی‌نامه، معمولا ارگان‌های صادر کننده آزمایش‌ها و کنترل‌های لازم را انجام می‌دهند و گواهی ساخت را صادر می‌نمایند.

شکل ۱-۳- تصاویری از ساختمان‌های شش و دو طبقه در حال ساخت در شهر تورنتو در کانادا

از طرفی ارزانی قیمت فولاد سیستم ساختمانی LSF، مورد توجه متخصصین، مسئولان و سازندگان ساختمان قرار می‌گیرد. متخصصان این امر از جمله اثرات زیست‌محیطی استفاده از این سیستم، تقلیل میزان ضایعات ساختمانی در مرحله ساخت و ساز ساختمان، آلودگی بسیار کمتر در محیط ساخت، سرعت بالای ساخت و استفاده یا به‌کارگیری فولاد را مطرح می‌کنند. امکان استفاده مجدد و یا بازیافت قطعات به‌کار رفته، مخصوصا هزینه مناسب بازیافت مصالح ساختمانی به‌کار رفته، عوامل دیگری از ترغیب متخصصین برای استفاده از این نوع فولاد در ساختمان‌ها شده است.



شکل ۱-۴- تصاویری از سیستم ساختمانی LSF در دانشگاه اکسفورد

شکل ۱-۵- نمونه‌ای از سازهٔ سیستم ساختمانی سبک فولادی و تمام شده

۱-۱-۲-۲- آشنایی کلی با اجزای تشکیل دهنده سیستم ساختمانی LSF

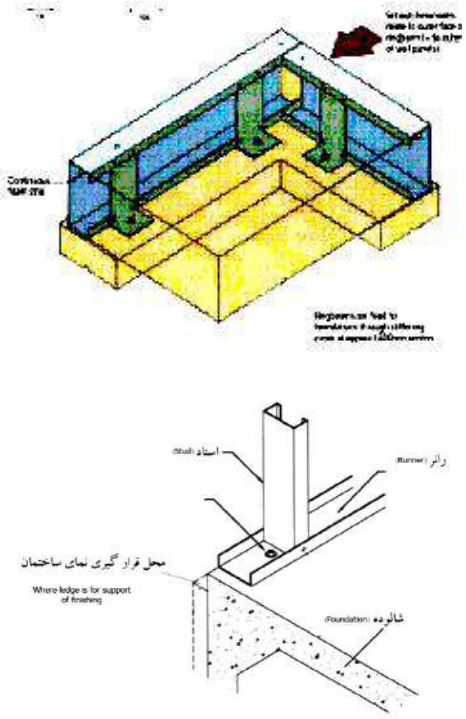
سیستم ساختمانی LSF از اتصال و تلفیق سه نوع مصالح ساختمانی: فولاد فرم داده شده در حالت سرد بنام‌های استاد و رانر، پانل‌های گچی و عایق‌های حرارتی عمدتاً پشم شیشه یا پشم سنگ، شکل گرفته است. در این بخش ضمن معرفی کلی قطعات اصلی سیستم، به شیوه عملکرد و اجرای آن‌ها نیز اشاره خواهد شد.

۱-۱-۲-۳- شالوده برای نصب سیستم ساختمانی LSF

شالوده در سیستم ساختمانی LSF، مثل سایر سیستم‌های ساختمانی رایج در کشور مطابق ضوابط و مقررات محل اجرای پروژه طراحی و اجراء می‌شود. پانل‌های اماده شده و یا قطعات تشکیل دهنده اجزای ساختمان (دیوارها) در سیستم ساختمانی LSF با استفاده از پیچ‌های عصائی کارگذاشته شده در

شالوده و یا توسط پیچ‌های باز شونده بنا نصب می‌شوند. این شیوه اتصال را معمولا می‌توان به دو صورت انجام داد.

- نصب رانرها به پی (Runner or Tracks)
- نصب تیرهای کلافی به پی (Ringbeams)



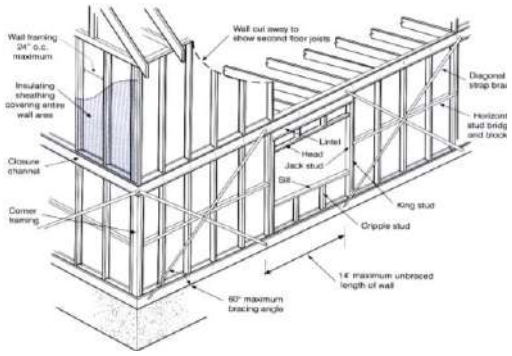
شکل ۱-۶- شیوه نصب سیستم به شالوده توسط تیرهای کلافی

برای نصب سیستم ساختمانی LSF به شالوده، در زمان بتن ریزی شالوده بولت‌های عصائی شکل در فواصل معین جاگذاری می‌شود. تیرهای کلافی و یا رانرها در محل‌های مورد نظر (ترازهای مورد نظر روی شالوده) با استفاده از سوراخ کاری‌های انجام شده بر روی قطعات رانر نصب می‌شوند. در حالت دیگر با سوراخ کردن رانر و شالوده، پانل دیواری را نصب می‌کنند. برای مقابله با نفوذ رطوبت زمین ممکن است، تیرهای کلافی و یا رانرها با روکشی (علاوه بر گالوانیزه) پوشش داده شوند.

۱-۱-۲-۴- دیوارهای باربر و غیرباربر

اجزای تشکیل دهنده دیوارهای باربر و غیر باربر سیستم ساختمانی LSF همان استادها (Studs) و رانرها (Runners or Trakes) می‌باشند، که به شکل پانلی بارهای عمودی و جانبی را به تکیه‌گاه انتقال می‌دهند. دیوارهای باربر به‌عنوان انتقال دهنده بارهای عمودی ساختمان و به‌عنوان نگه‌دارنده نمای خارجی بنا و نیز جذب کننده بارهای جانبی بنا از جمله باد و زلزله، عمل می‌کند. در صورتی‌که دیوارهای غیر باربر معمولا برای جدا سازی فضاهای داخلی بنا مورد استفاده قرار می‌گیرند. استادهای فولادی را معمولا از قبل برای عبور دادن تاسیسات (الکتریکی و میکانیکی) سوراخ‌کاری می‌کنند و این استادها را معمولا از بالا و پائین به رانرها به عنوان عناصر اصلی افقی اتصال داده می‌شوند.

در سیستم ساختمانی LSF معمولا دیوارها با اتصال دادن استادهای فولادی به رانرها، بادبندها و با نصب پانل‌های گچی به شکل پانل ساخته می‌شوند. در صورت اضافه کردن بادبند این شیوه ساخت برای مقاومت در برابر بارهای جانبی، از جمله بارهای حاصل از باد و زمین لرزه خیلی مناسب تشخیص داده شده‌اند. نعل درگاه‌ها در سیستم ساختمانی LSF معمولا به شکل تیر I که از دو مقطع C شکل تشکیل (پشت به پشت چسبیده باشد) شده است، در جان استادهای مخصوص بنام Kingstuds، نصب می‌شوند.



شکل ۱-۷- اجزای تشکیل دهنده سیستم ساختمانی LSF

۱-۱-۲-۵- شیوه اجرای سقف‌ها و بام در سیستم ساختمانی LSF

شیوه‌های اجرایی گوناگونی برای سقف‌ها و بام در سیستم ساختمانی LSF به‌کار گرفته می شود. از فرم‌های ساده مسطح و بام‌های متقاطع با شیب‌های غیر مساوی قابل اجراء می‌باشند. دو نوع از معمول ترین آنها عبارتند از:

- خرپاهای سقفی: معمولا از قسمت جلو تا عقب بنا را پوشش می‌دهند.

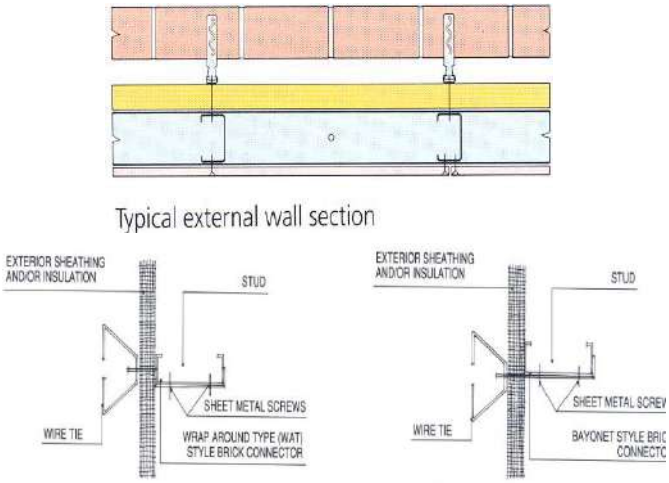
– سیستم تیرریزی مسطح: معمولا بین تکیه گاه‌ها یا دیوارهای باربر مشترک برای اجرای سقف‌های صاف استفاده می‌شود.

در ساخت و ساز سقف‌های میانی (طبقات) در سیستم ساختمانی LSF تیرریزی‌ها معمولا در امتداد استادهای دیوار (معمولا بین ۴۰۰ یا ۶۰۰ میلیمتر) انجام می‌شود. این فواصل، با در نظر گرفتن ظرفیت باربری و ابعاد قطعات پوششی (پانل‌های گچی) دیوارها و سقف‌ها، طراحی و اجراء می‌شوند. قطعات فوق معمولا از قطعات استادها می‌باشند. پوشش این نوع سقف‌ها معمولا با بتن ریزی و یا با نصب تخته‌های چوبی، گچی انجام می‌شود. مناطقی که وزش باد شدید داشته و یا زلزله خیز است، قاب سقف را باید مهاربندی کرد. علاوه بر ان، برای مقاومت در مقابل باد و بلند شدن بام باید اتصال مناسبی بین دیوارهای باربر و سقف نهائی انتخاب نمود.

برای پوشش نهائی بام در سیستم ساختمانی LSF، می توان از مصالح ساختمانی متنوعی مثل اسفالت، موزائیک، و یا پوشش ورق‌های فلزی استفاده کرد.

۱-۱-۲-۶- شیوه اجرای نمای خارجی

امکان اجرای نماهای رایج در ساختمان‌سازی کشور با استفاده از مصالح ساختمانی رایج، یکی از بارزترین محسنات سیستم ساختمانی LSF است. نماهایی مانند نمای اجری، سیمان‌کاری، نمای سنگی و دیوار پرده‌ای با ورق‌های فولادی برای نمای تمام شده، در این سیستم قابل استفاده هستند. بنابراین نمای سیستم LSF ظاهری مثل ساختمان‌های معمول در کشور را خواهد داشت. این روش اجرای نما به دلیل قرار گیری قطعات سنگین نما در بخش خارجی بنا و اتصال مناسب و مطمئن ان‌ها به قاب‌ها، سبب می‌شوند در زمان وقوع زلزله، به راحتی از بنا جدا نشده و در صورت تخریب نمای بنا، اوار به خارج از بنا ریزش کند و مشکل جانی برای ساکنین بوجود نیاورد. با این روش ساخت و ساز، امکان کارگذاری عایق حرارتی در لایه میانی دیوارهای خارجی به راحتی امکان پذیر خواهد بود و سبب صرفه جوئی در مصرف سوخت ساختمان خواهد شد. برای اتصال دادن نمای اجری به استادها، می‌توان از اتصالات فولادی به‌نام بست فلزی، که به استادها نصب و از طرف دیوار در لابلای ملات اجر قرار می گیرد، استفاده نمود.

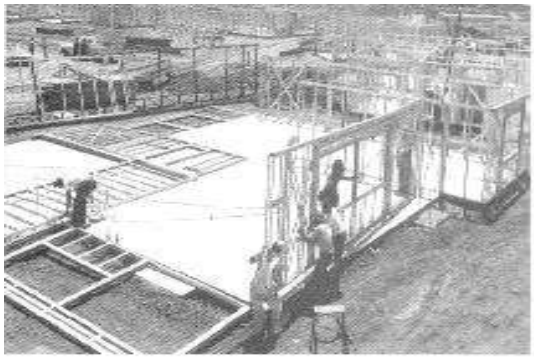


شکل ۱-۸- جزئیات اجرایی دیوار نما اجری در سیستم LSF

۱-۱-۲-۷- شیوه‌های برپا کردن سیستم ساختمانی LSF

براساس مقیاس پروژه‌ها، قطعات بکار رفته در سیستم ساختمانی LSF، شیوه‌های برپا نمودن ان در کارگاه متفاوت است. در سیستم دیوار باربر، پانل‌ها به کارگاه حمل، و نصب ان‌ها صورت می‌گیرد. در دیوارهای غیر باربر، براساس ساخت درجا است. یعنی نصب رانر برروی کف و زیر سقف و نصب استادها در بین آن‌ها می‌باشند. اما در ساخت وساز جعبه‌های واحدهای مورد نظر، در کارخانه تولید شده و به شکل کانکس به کارگاه حمل و در محل مورد نظر کار گذاشته می‌شود. بنابراین سه روش برای برپا کردن بنا با استفاده از سیستم ساختمانی LSF وجود دارد که عبارتند از:

- سرهم کردن اعضای سیستم در کارگاه (ساخت‌وساز درجا stick-built و یا سیستم از پیش مهندسی شده)
- دیوارها و سقف‌های اماده شده در قالب پانل
- واحدهای پیش ساخته به شکل کانکس (سیستم جعبه‌ای).



شکل ۱-۹- شیوه‌ای از برپایی سیستم LSF در کارگاه

۱-۱-۳- محسنات به‌کارگیری قطعات CFS و سیستم ساختمانی LSF

۱-۱-۳-۱- محسنات به‌کارگیری قطعات CFS

همان‌طوری که در بخش اجزاء تشکیل‌دهنده سیستم ساختمانی LSF اشاره شد، اصلی‌ترین اعضای تشکیل‌دهنده این سیستم، قطعات فولادی CFS می‌باشند که نقش اصلی را در باربری و پرکنندگی جداره‌های سیستم (دیوارها) به عهده دارند. به‌کارگیری این قطعات مزایایی زیادی در صنعت ساختمان‌سازی خواهند داشت که بخش‌هایی از آنها را به طور خلاصه می‌توان به شرح ذیل عنوان نمود:

الف- مقاومت بالای قطعات (Strength) نسبت به وزنشان

ب- قطعات سیستم براحتی قابلیت پیش ساخته شدن و تولید انبوه را دارند.

ج - قابلیت تلفیق با روش‌های ساخت و ساز رایج ساختمان با اتصالات مطمئن تر

د- قطعات را می‌توان در برابر زنگ زدگی در حد مورد نیاز مقاوم نمود.

ذ- باز یافت مواد بکار رفته و استفاده مجدد قطعات امکان پذیر است.

ر- قطعات غیر قابل احتراق هستند.

ز- ثبات در ابعاد و اندازه قطعات در مقایسه با مصالح ساختمانی دیگر

۱-۱-۳-۲- ویژگی‌های معماری

دو ویژگی شاخص سیستم ساختمانی LSF در رابطه با طراحی معماری و فناوری ساخت مطرح است. ویژگی‌های فناوری ساخت به‌دلیل تاثیر گذاری ان در شکل گیری و عملکرد سیستم، قابل توجه است. نوع مصالح ساختمانی، شیوه اجرائی سیستم و نوع اتصالات بجز اینکه محدودیتی برای طراحی معماری ایجاد نکرده در ضمن توانسته، دست طراح را برای دستیابی به اهداف طرح کمک زیادی کند.

از ان جمله، می توان به پیروی از مدولار خاص (تبعیت از مدول معماری ۳۰ سانتی‌متر) بـرای طراحـی معماری، نصب تاسیسات و انطباق با مبلمان فضاها، گسترش عمودی و افقی بنا، امکان تعبیه باز شوها، ساخت بالکن با کنسول کردن تیرها و غیره به صورت ذاتی در سیستم اشاره کرد. مورد دیگر پتانسـیل خوب سیستم برای تولید صنعتی ساختمان همچنین این امکان را بوجود اورده که بتـوان بـا اسـتفاده از این سیستم به بهترین نحو ساختمان‌سازی کشور را پیش ساخته و یا به روش تولید صنعتی انجام داد.

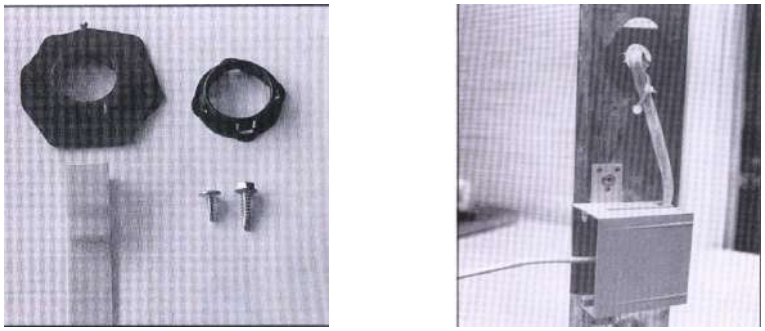
۱-۱-۳-۳- کاربری‌های ساختمان‌های احداث شده با استفاده از سیستم ساختمانی LSF

با توجه به تنوع قطعات فولادی فرم داده شده در حالت سرد (CFS) و نیـز شـیوه سـاخت و سـاز بکـار رفتـه در سیسـتم سـاختمانی LSF، ایـن نـوع سـاختمان‌ها کاربردهـای وسـیعی در صـنعت ساختمان‌سازی با کاربری‌های گوناگون را دارند. بعنوان نمونـه بـرای کاربری‌هـای ذیـل مـی تـوان از سیستم ساختمانی LSF استفاده کرد:

- خانه‌سازی با ارتفاع کم
- دفاتر و ساختمان‌های تجاری کوچک
- ساختمان‌های ورزشی و آموزشی
- احداث نیم طبقه در داخل بناها
- افزایش تعداد طبقات برروی پشت بام ساختمان‌های موجود
- ساختمان‌های چند واحدی
- واحدهای صنعتی
- واحدهای پیش ساخته، مانند سرویس‌های بهداشتی به صورت Box System

۱-۱-۳-۴- سهولت تغییرات و نصب تاسیسات

باتوجه به شیوه اجرای سیستم، به راحتی می‌توان موقعیت استادها را بر اسـاس شـرایط و نیازهـای جدید حتی در دوره بهره‌برداری ساختمان، تغییر داد. سیستم ساختمانی LSF با به‌کارگیری روش‌هـای تولید صنعتی و پیش ساخته ساختمان تولید مـی شـود کـه معمـولا ایـن نـوع سیسـتم‌ها سـاده تـر از سیستم‌های رایج قابل اجراء بوده و اشتباهات احتمالی در مرحله طراحی و اجراء به راحتی قابل تغییـر و یا تصحیح است. سوراخ کاری‌های صورت گرفته در المان‌هـای اصـلی سیسـتم (اسـتادها و رانرهـا) در فواصل منظم، این امکان را بوجود اورده تا بتوان براحتی شبکه‌های تاسیسات سـاختمان (الکتریکـی و لوله‌کشی) را در داخل جداره‌ها کار گذاشت (شکل ۱-۱۰).

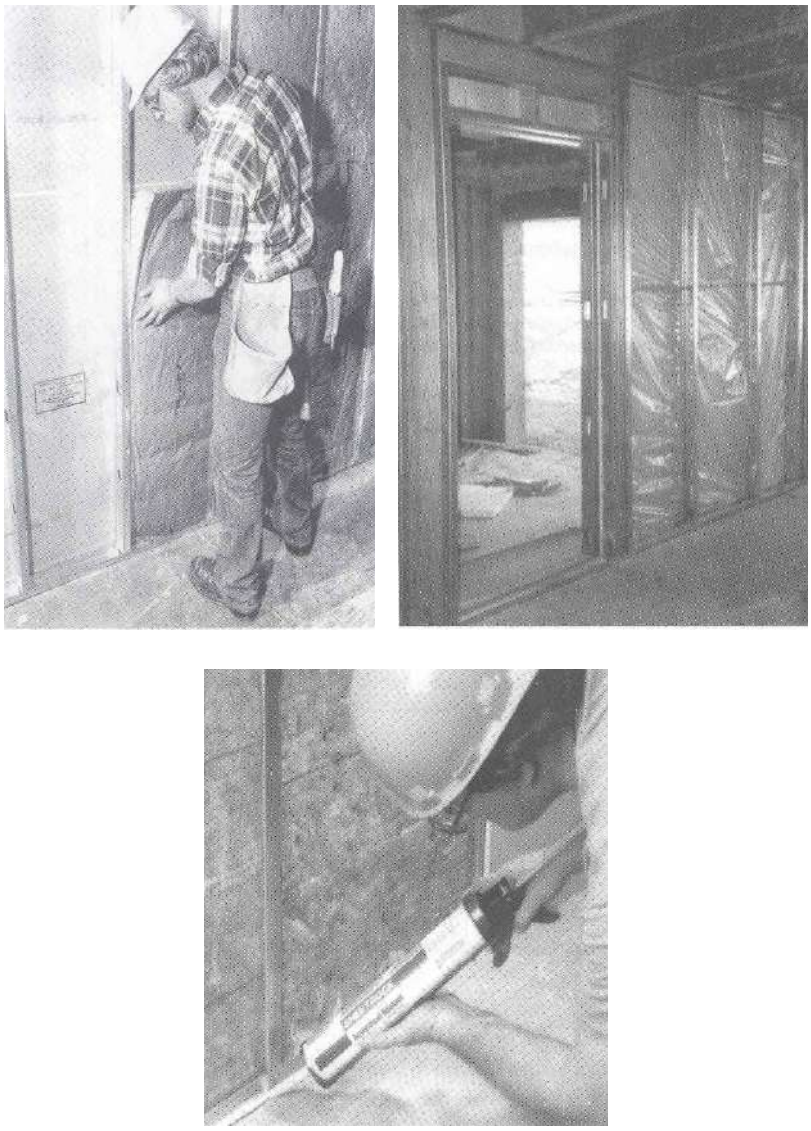


شکل ۱-۱۰- شیوه نصب و عبور دادن تاسیسات مکانیکی و الکتریکی بر روی استادها

۱-۱-۳-۵- ویژگی‌های فناوری

به کارگیری فرآورده‌های ساختمانی مدرن مثل فولاد، تخته گچی و پشم شیشه با شکل‌ها و مشخصات متنوع و با روش تولید صنعتی در کارخانه سبب شده است این سیستم قابلیت انطباق با ویژگی‌های معماری انواع سیستم‌های ساختمانی در کشورهای گوناگون را داشته باشد. براین اساس مراحل تولید سیستم عامل موثری برای کارا بودن آن و استفاده بهینه از مصالح ساختمانی شده است. دلیل دیگر برای کارا بودن سیستم، در نوع اتصالات به‌کار رفته است. زیرا اغلب اتصالات با پیچ‌های خودکار هستند که عامل مهمی برای بالا بردن کیفیت سیستم شده است. مهم‌ترین اعضای این سیستم یعنی استادها و رانرها و همچنین تیرچه‌های متداول سقف، از مقاطع فولادی CFS تشکیل شده و به‌عنوان المان‌های اصلی باربر و غیر باربر به‌کار گرفته می‌شوند. تخته‌های گچی نیز به عنوان پوشش نهائی قاب‌ها در فضاهای داخلی نصب می‌شوند. این شیوه نصب قطعات امکان به‌کارگیری عایق حرارتی را در داخل جداره‌ها مهیا می‌کند (شکل ۱-۱۱). همچنین قطعات فولادی CFS را می توان در بخش‌های مختلف ساختمان‌سازی رایج در کشور به‌کار برد که برخی از آن‌ها را بشرح ذیل می توان نام برد:

- به عنوان تیرچه در انواع سیستم‌های ساختمانی
- به عنوان المان‌های پرکننده دیوارها
- قاب‌های نگه‌دارنده دیوارهای پرده‌ای
- جدا کننده فضاها (پارتیشن)
- نعل درگاه‌ها
- نگه‌دارنده سقف‌های کاذب
- قفسه‌بندی انبارها
- سازه چال اسانسور



شکل ۱-۱۱- شیوه نصب و هوابندی عایق‌های حرارتی و رطوبتی

۱-۱-۳-۶- سهولت در نصب قطعات LSF

سیستم ساختمانی LSF به راحتی با روش‌های تولید صنعتی (فولادی) ساختمان قابلیت انطباق دارد. شاید تنها با چند ساعت آموزش کارگران این سیستم ساختمانی بتوان آن‌ها را با تکنیک‌های اجرائیLSF آشنا کرد. با توجه به ماهیت ساخت و ساز سیستم ساختمانی LSF این شیوه روش

مناسبی برای آماده‌سازی قطعات در کارخانه و در کارگاه ساختمانی (پیش ساخته نمودن قطعات و یا ساختمان) است و اغلب برای ساخت قطعات و برپائی سیستم از اتصالاتی استفاده می شود که امکان به‌کارگیری آن‌ها در هر دو محل وجود دارد. همچنین این نوع اتصالات سهل‌ترین و مطمئن‌ترین اتصال، در ساختمان‌سازی فولادی هستند. معمول‌ترین اتصالات برای قاب فلزی سبک، پیچ‌های خودکار (Self drilling) هستند. به‌طوری‌که در یک عمل می‌توان با ایجاد سوراخ و نصب هر نوع مصالح ساختمانی را به قاب فلزی انجام داد. این نوع پیچ‌ها در گونه‌های متفاوت برای موارد مختلف قابلیت پاسخگوئی را دارند مانند پیچ‌هایی که با روی و یا cadmium or co-polymer پوشش داده شده باشند که امکان به‌کارگیری آن‌ها در قسمت خارجی بنا وجود دارد. این سیستم پتانسیل به‌کارگیری اتصالات جوشی را نیز دارا است.

شکل ۱-۱۲- نمونه‌ای از ابزارالات مورد نیاز

۱-۱-۳-۷- سرعت بالا در ساخت و ساز

سرعت بالای ساخت وساز سیستم به‌دلیل نوع قطعات به‌کار رفته و شیوه نصب قطعات سیستم (برپائی) یکی دیگر از محسنات آن است. بخصوص سرعت بالا در برپا کردن ساختمان زمانی اهمیت پیدا می‌کند. که شرایط اب و هوائی فاکتور اصلی در اجرای پروژه است. بررسی سوابق سیستم در کشورهای مختلف نشان از ان دارد که برپائی سیستم در حد سفتکاری (غیر نازک کاری) در چند روز امکان پذیر بوده و دلایل اصلی ان را موارد ذیل عنوان نموده‌اند:

- کارها قبلا مهندسی شده و همه قطعات فیکس یا فیت است.
- سرعت بالای نصب قطعات بدلیل استفاده از اتصالات مناسب
- به‌کارگیری قطعات خشک برای روکش و عایق بندی مناسب در بین جداره‌ها

۱-۱-۳-۸- مقاومت مناسب سیستم در برابر زلزله

استفاده بهینه از مصالح ساختمانی و سبکی آن‌ها سبب شده این سیستم بجز اقتصادی بودنش در عملیات ساختمان‌سازی، نسبت به سیستم‌های رایج سبک‌تر باشد. این سبک‌سازی ساختمان، تاثیر به سزایی در کیفیت ساخت و ساز ساختمان مخصوصا برای مقابله با زلزله شده است. برای نمونه، وزن LSF حدوداً ۶۰٪ کمتر از سیستم‌های رایج براورد شده است. در نتیجه LSF سیستم مناسبی برای مناطق زلزله خیز و مناطقی است که خاک سست دارند.

شکل ۱-۱۳- نمونه‌ای از قطعات اصلی سیستم LSF

۱-۲- ارزیابی عمومی به‌کارگیری سیستم ساختمانی سبک فولادی LSF در کشور

به‌کارگرفتن سیستم ساختمانی سبک فولادی LSF، می‌تواند تاثیرات متعدد و متفاوتی بر روی صنعت ساختمان‌سازی کشور به‌ویژه برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار در این صنعت داشته باشد. بر این اساس، تدوین دستورالعمل حاضر در جهت به کارگیری مناسب پتانسیل‌های نهفته در سیستم ساختمانی سبک فولادیLSF، با در نظر گرفتن وضعیت حاکم بر صنعت ساختمان‌سازی کشور (پتانسیل‌ها و نیز مشکلات موجود)، برنامه‌ریزی شده است. بنابراین با توجه به شرایط فعلی ساخت و ساز در کشور و مشخصات سیستم ساختمانی LSF، امکان بهره‌گیری مناسب از این سیستم ساختمانی جهت حل مشکلات موجود ویا برای برطرف نمودن کمبودها در بخش ساختمان‌سازی کشور مورد توجه واقع شده است. در این بخش، ارزیابی این سیستم ساختمانی از دیدگاه‌هایی چون طراحی و برنامه ریزی، روش‌های اجرا، رفتار سیستم در شرایط زلزله، کیفیت ساخت، هزینه‌های ساخت، و مزایای زیست محیطی آن مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است.

۱-۲-۱- طراحی و برنامه‌ریزی

با توجه به شرایط فرهنگی، معماری بومی، شرایط اقلیمی و موقعیت جغرافیائی گوناگون موجود در کشور، مطالعات نشان می‌دهند، این سیستم ساختمانی قابلیت‌های مناسبی جهت طراحی و اجرای ساختمان‌های مورد نیاز را دارا است. از جمله مواردی که می‌توان به آن‌ها اشاره نمود بشرح ذیل می‌باشند:

– باتوجه به امکان به‌کارگیری قطعات CFS در انواع معماری بومی‌کشور و قابلیت تولید صنعتی ساختمان (تولید انبوه) براساس ایجاد تنوع در شکل قطعات فولادی CFS، این سیستم ساختمانی، سیستم مناسبی برای پاسخگوئی به نیازهای طرح‌های معماری رایج در کشور است.

– به دلیل محدود بودن فرم قطعات فولادی گرم، و از طرفی تنوع در ابعاد و اندازه قطعات فولادی سرد نورد شده CFS، این سیستم ساختمانی پتانسیل مناسبی برای طراحان و سازندگان فراهم اورده است تا از پتانسیل‌های موجود در مواد و مصالح ساختمانی بصورت بهینه استفاده شود. این موضوع سبب کم شدن وزن ساختمان نسبت به سیستم‌های رایج در کشور نیز می‌شود. همانطور که عنوان شد، سبکی ساختمان‌ها عامل مهمی برای مقابله با شرایط زلزله است. در واقع این مسئله در مقایسه با ساخت و سازهای سنگین ساختمان در کشور اهمیت فراوانی دارد، زیرا تحقیقات نشان داده است، وزن ساختمان تاثیر مستقیم برروی تخریب بنا در زمان وقوع زلزله دارد و حتی از تلفات زیاد انسانی نیز جلوگیری می‌کند.

یکی از عوامل مهم در بازدارندگی برای گسترش شیوه‌های تولید صنعتی در کشورهای در حال توسعه، ناهمخوانی طراحی حجم و ویژگی‌های معماری در سیستم‌های تولید صنعتی در حال ترویج در این کشورها با شهرسازی و معماری متعارف آن‌هاست. بخش مهم این عدم همخوانی، مربوط به نماهای ناهمگون با نماسازی‌های متداول در معماری متعارف محلی است. این در حالی است که سیستم ساختمانی سبک فولادی با تمام مصالح ساختمانی معمول برای نماسازی در کشور مانند سنگ، اجر و سیمان‌کاری و غیره، قابلیت اجرا را دارد.

– سبکی سیستم ساختمانی LSF، نسبت به سیستم‌های رایج در کشور با توجه به شرایط جغرافیایی حاکم بر برخی از نقاط کشور مانند نواحی شمالی کشور که دارای زمین‌های سست و ضعیف می‌باشند و یا برای نواحی که با خطر نسبی خیلی زیاد زلزله مواجه هستند، سیستم مناسبی برای ساخت و ساز است.

۱-۲-۲- روش‌های اجرایی در سیستم ساختمانی سبک فولادی LSF

– سیستم ساختمانی LSF، یک سیستم ساختمانی با قابلیت تولید صنعتی، پیش ساختگی و نیمه پیش‌ساختگی با استفاده از اتصالات خشک است. براساس تجربه کشورهای پیشرو معمولاً می‌توان یک ساختمان دو طبقهٔ متعارف را در عرض چهار روز تا مرحله نازک کاری که در مقابل بارندگی محفوظ شود، اجرا نمود. این مسئله از آن جهت مورد توجه قرار می‌گیرد که ساختمان‌سازی کشور اغلب تحت تاثیر شرایط جوی خاص مخصوصاً شرایط خاص فصل زمستان است. پتانسیل‌های مناسب این سیستم ساختمانی برای پیش‌سازی با توجه به نوع قطعات و اجزاء تشکیل دهنده سیستم سبب شده است که برپا کردن آن در محل کارگاه سریع و اسان شود و این ویژگی با توجه به کمبود مسکن، ساختمان‌های غیر مسکونی و نیز ضرورت پاسخگوئی سریع به نیازهای بخش ساختمان‌سازی بسیار مناسب خواهد بود.

– شیوه‌های اجرائی این سیستم ساختمانی طوری برنامه‌ریزی شده است که بیشتر کارهای پیچیده ساخت و ساز در کارخانه و یا خارج از کارگاه انجام می‌گیرد. براین اساس کارگران نیمه ماهر در کارگاه برای نصب این سیستم ساختمانی مورد نیاز است. این موضوع بدلیل کمبود کارگران ماهر در صنعت ساختمان‌سازی در کشور قابل توجه می‌باشد.

– یکی از تفاوت‌های مهم سیستم‌های رایج در کشور با این سیستم ساختمانی، مربوط به"خشک" بودن اتصالات این سیستم ساختمانی می‌باشد. در روش‌های رایج ساختمان‌سازی در کشور تقریبا کلیه مراحل اجراء با روش‌های "تر" انجام می‌گیرد. مانند به‌کارگیری ضخامت قابل توجهی از ملات گچ و خاک برای دراوردن سطوح صاف برروی مصالح ساختمانی اجر و غیره است. این در حالی است که در این سیستم ساختمانی با نصب انواع تخته‌های ساختمانی به ویژه تخته گچی برروی اسکلت بنا (استاد

رانرها) سطوح صیقلی و اماده برای رنگ کاری می‌توان در اختیار داشت.

– گرچه سیستم ساختمانی LSF یک سیستم تولید صنعتی است. ولی این سیستم طوری برنامه‌ریزی و طراحی شده است که کار ساخت و ساز آن ساده‌تر از روش‌های رایج ساختمان‌سازی در کشور صورت می‌گیرد، اشکالات ساخت براحتی قابل بر طرف شدن هستند، بدلیل سبکی قطعات و نوع عملیات ساخت و ساز، ماشین‌الات و ابزارآلات سنگین (بالابر و دستگاه جوش) کمتری مورد نیاز است. بنابراین به دلیل سادگی کار، کارگرانی که تجربه کار با این سیستم ساختمانی را ندارند، ولی تجربه کار با ساختمان‌سازی را دارند می‌توانند با چند ساعت آموزش، فنون مربوط به این سیستم ساختمانی را براحتی یاد بگیرند.

– طبق روال در سیستم‌های رایج ساختمان‌سازی در کشور، کارگذاری تاسیسات با استفاده از شکاف و برش در دیوارهای کار شده انجام می‌شود در صورتیکه در سیستم ساختمان‌سازی LSF برای کارگذاری تاسیسات در بنا، سوراخ‌های لازم در قطعات تشکیل دهنده سیستم ساختمانی (استادها) در کارخانه براساس طراحی انجام شده صورت می‌گیرد. این شیوه برخورد سبب می‌شود زمان ساخت سیستم تقلیل یافته و همچنین کیفیت کار بهبود یابد.

۱-۲-۳- رفتار سیستم در شرایط زلزله

– بخش‌های وسیعی از کشور را مناطق لرزه خیز تشکیل داده‌اند و از طرفی بسیاری از شیوه‌های ساخت و ساز رایج در کشور تجربه خوبی برای مقابله با زلزله از خود نشان نداده‌اند. در صورتیکه سیستم ساختمانی سبک فولادی LSF بدلیل سبکی، سیستم مناسبی برای مقابله با زلزله است. بنابراین با توجه به عملکرد مناسب این سیستم ساختمانی در مقابل زلزله می‌تواند روش ساخت و ساز مناسبی برای صنعت ساختمان‌سازی در کشور قلمداد شود.

– بر اساس تجربیات کشورهایی که از این سیستم استفاده می‌کنند، وزن این سیستم ساختمانی تقریبا یک دوم الی یک سوم سیستم‌های متداول سنتی است، و از آنجا که بار زلزله بستگی به بار مرده ساختمان دارد، بنابراین استفاده از سیستم ساختمانی LSF می‌تواند مشکل زلزله را کمتر کند.

– نماسازی در سیستم ساختمانی سبک فولادی LSF مستقیما به المان‌های استراکچر بنا (استادرانرها) اتصال داده می‌شود. استفاده از این نوع نماسازی علاوه بر کاهش وزن ساختمان، خطر خرابی و ریزش نما را در زمان وقوع زلزله به دلیل نوع اتصالات به کار رفته در مقایسه با روش‌های رایج ساخت و ساز به حداقل می‌رساند.

– اغلب اتصالات معمول در سیستم ساختمانی LSF پیچی، پرچی و بعضی وقت‌ها بصورت جوش کاری در کارخانه است. این نوع اتصالات با توجه به انعطاف پذیری آن‌ها توانایی خوبی برای تحمل نیروها و لنگرهای خمشی می‌باشند، در صورتیکه اغلب اتصالات در روش‌های ساختمان‌سازی متداول

در کشور توسط کارگران غیرماهر در محل اجرای پروژه (کارگاه) و با کیفیت پائین انجام می‌شود. مطالعات نشان می‌دهد این شیوه کار سبب گسیخته شدن اتصالات تحت بارهای زلزله می‌شود. بنابراین به‌کارگیری سیستم‌های ساختمانی با استفاده از اتصالات صحیح و با کیفیت، اسیب پذیری ساختمان‌ها در برابر نیروهای غیر منتظره مثل زلزله را کاهش خواهد داد.

۱-۲-۴- کیفیت ساخت در سیستم ساختمانی LSF

– ساختمان‌سازی کشور، با استفاده از شیوه‌های رایج ساخت وساز دارای مشکلات کیفی و کمی است. از آنجا که سیستم ساختمانی LSF درکارخانه با امکان کنترل مناسب تولید می‌شود، مطمئنا کیفیت کار در مقایسه با سیستم‌های رایج ارتقاء خواهد یافت.

– مصالح ساختمانی و روش‌های ساخت و ساز بکار رفته در سیستم ساختمانی LSF، امکان دستیابی به استانداردهای لازم مانند: حفاظت ساختمان در برابر آتش سوزی، تبادل حرارتی و اکوستیک را دارا است. در صورتی که در اغلب سیستم‌های رایج ساخت وساز در کشور، استانداردهای فوق رعایت نمی‌شوند. اما با توجه به تاکید مقررات ملی ساختمان جدید در کشور و مسئولین، مبنی بر رعایت این گونه موارد، بکارگیری سیستم ساختمانی مانند LSF می‌تواند بخش قابل توجهی از این نیازها را برطرف نماید.

۱-۲-۵- بررسی هزینه‌های ساخت و ساز

– احتمالا عدم اشنائی متخصصین و سازندگان ساختمان با سیستم ساختمانی LSF در کشور، در ابتدای به‌کارگیری این سیستم ساختمانی کشور را با مشکلاتی مواجه خواهد نمود چیزی که در سایر کشورها هم اتفاق افتاده بود. اما تجربه همان کشورها نشان داده است که بعد از مدت کوتاهی کاستی‌های فوق برطرف خواهد گردید.

– از طرفی ارزان بودن نیروی کار در ایران، احتمال صرفه جوئی در هزینه‌های ساخت و ساز سیستم‌های ساختمانی تولید صنعتی از جمله LSF را در کشور کمرنگ تر می‌کند، ولی افزایش سرعت ساخت از دو نظر می‌تواند موجب تشویق برای به کارگیری شیوه ساخت و ساز سیستم ساختمانی LSF شود: یکی برای جوابگویی سریع به کمبودهای موجود در بخش ساختمان در کشور، دیگری برای جلوگیری از تاخیر در ساخت و سازها، زیرا طولانی شدن مراحل ساخت باعث افزایش هزینه ساخت می شود.

– باید توجه داشت صرفه اقتصادی سیستم LSF ناشی از تولید انبوه قطعات آن است. آمارهای موجود نشان می‌دهند کمبودهای زیادی در بخش ساختمان در زمینه مسکونی و غیر مسکونی وجود دارد. از سوی دیگر برای رفع این کمبودها و حل مشکل کیفی ساختمان‌های موجود در کشور نیاز به

تولید انبوه ساختمان وجود دارد. مطالعات نشان می‌دهند، این سیستم ساختمانی از نظر طراحی و اجرا برای تولید انبوه و همچنین برای تک سازی سیستم مناسبی است.

۱-۲-۶- مزایای زیست محیطی سیستم ساختمانی LSF

از مهم‌ترین دلایل رشد سریع و مورد توجه قرار گرفتن این سیستم ساختمانی در ساخت و ساز ساختمان با انواع کاربری‌های گوناگون در جهان، مزایای زیست محیطی این سیستم ساختمانی است. مطالعات و تحقیقات در این زمینه در مناطق مختلف نشان داده است این سیستم ساختمانی به دلایل ذیل دارای شرایط مناسب برای پاسخگویی به مشکلات زیست محیطی موجود در صنعت ساختمان‌سازی است:

– به‌کارگیری این سیستم ساختمانی سبب صرفه‌جویی در مصرف انرژی و مصالح ساختمانی در مراحل ساخت و ساز و بهره‌برداری می‌شود.

– عدم توجه به عایق‌کاری حرارتی در روش‌های ساختمان‌سازی رایج سبب هدر رفتن انرژی زیادی می‌شود. در صورتی‌که در این سیستم ساختمانی (LSF) براحتی می‌توان عایق حرارتی مورد نیاز را در جداره‌های خارجی بنا کارگذاشت.

– مواد اصلی و مصالح ساختمانی مورد استفاده در این سیستم ساختمانی فولاد است. که این مواد قابل بازیافت است. بنابراین به‌کارگیری آن کمک زیادی در جلوگیری از مصرف بی‌رویه مواد اولیه موجود در طبیعت و در نهایت کمک مؤثری به حفظ محیط زیست خواهد کرد.

– استفاده از این سیستم ساختمانی کیفیت ساخت و ساز ساختمان را در مقایسه با سیستم‌های رایج ساخت و ساز بالا خواهد برد و در نتیجه طول عمر ساختمان‌ها بیشتر خواهد شد. همچنین این امر استفاده بهینه از منابع موجود را سبب خواهد شد.

– اصولا بیشترین حجم ساخت و ساز، در شهرهای پرجمعیت رخ می‌دهد. براین اساس شیوه‌های رایج ساخت و ساز در بسیاری از مواقع آسایش را از همسایگان محل اجرای پروژه سلب می‌نماید. استفاده از سیستم ساختمانی LSF به دلیل سرعت بالای انجام کار، سبک بودن اجزا و استفاده محدود از ماشین‌آلات سنگین این مشکل را کمتر خواهد داشت. از طرفی قطعات ساختمانی در زمان برپا کردن بنا به کارگاه حمل می‌شوند. بنابراین برای انبار کردن قطعات در سایت پروژه به محل کوچکتری نیاز خواهد بود.

براساس مطالب فوق می‌توان نتیجه گرفت که سیستم ساختمانی LSF پتانسیل مناسبی برای تولید صنعتی و سبک نمودن بنا با حفظ کیفیت آن دارد. در صورتی‌که با معیارهای در نظر گرفته شده به‌کار گرفته شود می‌تواند تاثیرات بسیار مثبتی در صنعت ساختمان‌سازی کشور ایجاد کند. البته این تکنیک ساخت و ساز در حد دیوارهای جداکننده توسط شرکت‌های ساختمانی در کشور متداول است. و

خوشبختانه روز به روز در حال گسترش است. و جذابیت بیشتری برای مصرف کنندگان، براساس دلایلی که به آن‌ها اشاره شد، ایجاد می‌کند.

براین اساس و با توجه به شرایطی که با آن مواجه هستیم (مشکلات روش‌های رایج ساخت و ساز) سیستم ساختمانی سبک فولادی قاعدتا باید خیلی سریع تر و گسترده‌تر از دیوارهای غیر باربر خشک جایگاه مناسب خود را در صنعت ساختمان‌سازی کشور پیدا کند. برای ارائه راه‌کارهای عملی برای فرهنگ‌سازی و ترغیب برای به‌کارگیری این روش ساخت و ساز در کشور می‌توان به شرح بخش ۱-۳ عمل نمود.

۱-۳- راهکارهای فرهنگ‌سازی و ترغیب به‌کارگیری سیستم ساختمانی سبک فولادی در کشور

۱-۳-۱- به کارگیری پتانسیل‌های موجود در صنعت ساختمان‌سازی کشور برای طراحی و اجرای سیستم ساختمانی LSF

قدم اول و اساسی برای به‌کارگیری سیستم ساختمانی LSF، بهره‌گیری از پتانسیل‌های موجود در صنعت ساختمان‌سازی کشور برای پشتیبانی در تولید و اجرای این سیستم ساختمانی است. زیرا در عمل ثابت شده است که در صورتیکه از چنین پتانسیلی استفاده نشود، امکان استفاده از چنین فناوری به صورت پویا و مناسب در صنعت ساختمان‌سازی کشور با در نظر گرفتن شرایط فرهنگی و اقتصادی کشور امکان پذیر نخواهد بود. امکان سنجی‌ها نشان می‌دهند صنعت ساختمان‌سازی کشور با این روش ساخت و ساز نا آشنا نیست و می‌تواند با کمک‌گرفتن از امکانات، دانش فنی و تجربیات مهندسان مشاور و شرکت‌های ساختمانی برای اجرای این سیستم ساختمانی در کشور گام‌های مؤثری بردارد.

۱-۳-۲- تدوین و ترویج آیین‌نامه‌های سیستم ساختمانی LSF در کشور

تدوین و تصویب دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌های مورد قبول دست‌اندرکاران صنعت ساختمان‌سازی کشور، یکی از الزامات اساسی گسترش کاربرد این سیستم ساختمانی در کشور است. خوشبختانه با سفارش این پروژه اقدام‌های اولیه در این زمینه توسط معاونت محترم برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری انجام شده است. برای دستیابی به اهداف به‌کارگیری این سیستم ساختمانی لازم است در مرحله اول اطلاعات موجود ازکشورهای پیشرو در بهره‌گیری از این سیستم ساختمانی جمع‌آوری شده و با درنظرگرفتن شرایط خاص کشور مورد بررسی و انطباق قرار گیرند. زیرا آیین‌نامه‌های موجود در کشورهای گوناگون براساس شرایط خاص منطقه، فرهنگ ساخت و ساز و زندگی در آن منطقه تهیه و ارائه شده است. از آنجا که این سیستم ساختمانی از نظر رعایت اصول فنی در حد بالا بهینه‌سازی شده است، بنابراین به خاطر گستردگی مطالب و سرعت بالا در گسترش به کارگیری این روش ساخت و ساز در کشور و خارج از کشور، لازم است هرچه سریع‌تر پروژه‌های تکمیلی در ادامه تدوین این دستورالعمل تعریف شود. با توجه به اطلاعات موجود در زمینه آیین‌نامه‌های کشورهای پیشرو و فعالیت شرکت‌های داخلی در کشورهای همجوار، کشور ما می‌تواند برای تهیه آیین‌نامه منطقه‌ای مانند کشورهای پیشرو اقدام نموده و در جهت صدور خدمات مهندسی و تکنولوژی طراحی و ساخت و ساز این سیستم ساختمانی و صدور مصالح ساختمانی و تجهیزات مورد نیاز به‌عنوان اولین کشور پیشرو در منطقه و دارنده اطلاعات فنی قابل قبول مراکز علمی، فعالیت خود را گسترش دهد.

۱-۳-۳- به کارگیری سیستم ساختمانی LSF در تک‌سازی

این روش ساخت و ساز پتانسیل خیلی خوبی برای سرویس دهی به بخش اعظم ساخت و سازهای کشور در تک سازی بنا را دارد. متخصصین امر معتقدند این پتانسیل عامل اصلی گسترش این شیوه ساخت و ساز در صنعت ساختمان‌سازی بوده است. بنابراین، لازم است برای پاسخگوئی به این تقاضاها ارگان‌های مربوط توانائی پاسخگوئی به نیازهای آن‌ها را داشته باشند. به نظر می‌رسد در صورت عدم امادگی ارگان‌های مربوط در پاسخگوئی به نیازهای این سیستم ساختمانی، ممکن است تجربه تلخ صنعتی سازی در کشور تکرار شود. همچنین عدم امادگی بموقع و کافی ارگان‌های ذی‌ربط برای حمایت و هدایت این صنعت ممکن است منجر به عدم رعایت اصول فنی حاکم بر این سیستم ساختمانی در کشور شود و نهایتا موجب مشکلات زیادی در عملکرد سیستم شده و منجر به حذف و دفع این سیستم ساختمانی در کشور شود.

۱-۳-۴- به کارگیری قطعات CFS به مرور در روش‌های رایج ساخت و ساز

از آنجا که قطعات فولادی به‌کار رفته CFS در این سیستم ساختمانی قابلیت خوبی برای تلفیق با روش‌های رایج ساخت و ساز ساختمان در کشور را دارد، بنابراین پیشنهاد می‌شود، حتی‌المقدور به کارگیری قطعات CFS در بخش‌های مختلف روش‌های ساخت و ساز رایج در کشور شروع شود تا متخصصین و مردم، به‌کارگیری این قطعات را در ساختمان‌سازی کشور تجربه نمایند. این حرکت سبب خواهد شد با حفظ روش‌های متداول ساخت و ساز بتوان از قطعات CFS و شیوه‌های اجرائی آن برای بهینه سازی فعالیت‌های صنعت ساختمان‌سازی کشور (زیست محیطی کردن فعالیت‌های ساختمان‌سازی) گام‌های اساسی برداشت.

۱-۳-۵- به‌کارگیری سیستم ساختمانی LSF برای اضافه اشکوب در ساختمان‌های موجود

با توجه به مشکلات شهرداری‌ها برای صدور مجوز اضافه اشکوب، به دلیل عدم پاسخگوئی سیستم باربری ساختمان‌های موجود، و از طرفی سبک بودن این سیستم ساختمانی، می‌توان طرحی را به شهرداری ارائه داد تا شهرداری‌ها به مالکین در رابطه با امکان اخذ مجوز اضافه اشکوب در صورت استفاده از این سیستم ساختمانی را اعلام نمایند. در این صورت امکان افزایش یک طبقه و در شرایط خاص دو طبقه بر روی ساختمان‌های موجود مهیا خواهد شد. این در حالی است که با حفظ هویت معماری بومی، به سطح زیربنای ساختمان‌های موجود در کشور اضافه خواهد شد و هیچگونه بار مخربی نیز به ساختمان‌ها اضافه نخواهد گردید و از طرفی انگیزهای برای گسترش به کارگیری این سیستم ساختمانی در ساختمان‌سازی کشور نیز مهیا خواهد گردید.

۱-۳-۶- پیشنهاداتی برای سازمان‌های مسئول در حفاظت محیط زیست

مطالعات نشان داده است که ۴۰٪ از منابع طبیعی و انرژی تولیدی در سطح کشور در بخش ساختمان‌سازی ونگهداری آن استفاده می‌شود. متخصصین امر معتقدند باید فعالیت‌های این صنعت مورد بازنگری قرار گیرند تا امکان بهینه سازی این نوع فعالیت‌ها در جهت دستیابی به اهداف توسعه پایدار مورد بررسی قرار گیرند. از آنجا که رسالت سازمان حفاظت محیط زیست، فرهنگ سازی جهت رعایت اصول حفاظت از محیط زیست است. بنظر می‌رسد با در نظر گرفتن خصوصیات این سیستم ساختمانی که با معیارهای حفاظت از محیط زیست برنامه‌ریزی، طراحی و اجراء می‌شود، با معرفی پتانسیل‌های فوق به سازمان محیط زیست، از آن سازمان جهت حمایت‌های مادی و معنوی دعوت بعمل اید تا بسترهای لازم برای به کارگیری این روش ساخت و ساز را در کشور فراهم شود. به‌طوری‌که شرایط مناسب جهت جلب نظر متخصصین امر و مالکان برای انتخاب این سیستم ساختمان‌سازی فراهم شود.

۱-۳-۷- پیشنهاداتی برای سازمان‌های مسئول در بهینه‌سازی مصرف انرژی و سوخت

از آنجاکه رسالت این سازمان‌ها در کشور کمک به طرح‌های بهینه سازی مصرف انرژی و سوخت در بخش‌های گوناگون است و صنعت ساختمان‌سازی کشور نیز یکی از صنایع پر مصرف انرژی در سطح کشور است، بنابراین به‌کارگیری سیستم‌های ساختمانی مناسب برای صرفه جوئی در مصرف انرژی می‌تواند کمک مؤثری در دستیابی به اهداف این سازمان داشته باشد. از آنجاکه این سیستم ساختمانی نیز براساس کنترل مصرف انرژی، برنامه‌ریزی، طراحی و اجراء می‌شود، بنابراین پیشنهاد می‌شود، آن سازمان‌ها مشارکت بیشتری در حمایت از این روش ساخت وساز در قالب حمایت‌های معنوی و مالی داشته باشند، تا هرچه زودتر مقدمات به کارگیری این روش ساخت و ساز در کشور فراهم شود. بعنوان نمونه می‌توان به دیوارهای خارجی بنا که بصورت دوجداره اجراء می‌شود اشاره نمود. براساس مطالعات صورت گرفته به دلیل وجود فضای خالی و امکان قرار دادن عایق حرارتی در بین پوشش‌های طرفین دیوارهای فوق امکان کنترل مناسب تبادل حرارتی در ساختمان‌ها وجود دارد. از آنجاکه این سیستم ساختمانی دقیقا براساس شرایط و ضوابط دیوارهای دو جداره با امکان به‌کارگیری عایق حرارتی (در حد نیاز) در بین دیوارهای خارجی شکل گرفته است، بنابراین حمایت معنوی و مالی از گسترش به‌کارگیری این سیستم ساختمانی می‌تواند کمک مؤثری در دستیابی این سازمان برای کنترل مصرف انرژی در صنعت ساختمان‌سازی شود.

۱-۴- اهداف و الزامات عملکردی تدوین دستورالعمل سیستم ساختمانی سبک فولادی LSF

۱-۴-۱- کلیات

در شرایط ساخت وساز حاضر، ما شاهد دو پدیده یا فرآیند مهم به عنوان اثرات اولیهٔ تولید انبوه ساختمان و توسعهٔ فناوری‌ها در صنعت ساختمان‌سازی هستیم:

نخست، ایجاد تغییراتی در مناسبات بین طراحان و افراد استفاده‌کننده به گونه‌ای که ارتباط مستقیم این‌دو به تدریج کاهش می‌یابد.

دوم، به کار گرفته‌شدن محصولات صنعتی ساختمان و اجزای آن، که پدیدار شدن نوعی گونه‌بندی در قطعات، تجهیزات و اجزای عملکردی ساختمان را در پی دارد.

در چنین شرایطی می‌توان طبق تجربیات سایر کشورها و مطالعات و تحقیقاتی که در این زمینه انجام شده، اهداف کلی تدوین و ترویج مقررات و دستورالعمل‌های طراحی و اجرایی را از دیدگاه توسعه پایدار در صنعت ساختمان‌سازی به طور خلاصه بشرح ذیل مطرح نمود:

– توسعهٔ امر طراحی و ساخت ساختمان متناسب با شرایط و مقتضیات روز و آینده،

– امکان لحاظ کردن نیازها و خواسته‌های مهم و حیاتی، علی‌رغم کاهش ارتباط بین طراح یا سازنده با بهره‌برداران،

– حصول اطمینان بیشتر استفاده‌کنندگان از تامین انتظارات تعیین شده برای بناها و فراورده‌های ساختمانی در خصوص ایمنی، بهداشت و آسایش، با صرف هزینه‌ای منطقی و قابل قبول،

– بهره‌برداری بیشتر سازندگان از تجربیات و مهارت‌های حرفه‌ای خود جهت حصول اطمینان از نادیده گرفته نشدن ارزش‌های مهمی نظیر خوشنودی و خرسندی کاربران،

به این ترتیب اهداف و انتظارات کلی عملکردی از یک سیستم ساختمانی وجود دارد که پایهٔ تدوین انواع مقررات، ضوابط، دستورالعمل‌ها و ایین‌نامه‌های ساختمانی محسوب می‌شوند. مهم‌ترین این اهداف و انتظارات که با تدوین این دستورالعمل مرتبط هستند، بر اساس الزامات ساختمانی مورد قبول در اغلب کشورهای پیشرفتهٔ صنعتی جهان به صورت زیر گروه‌بندی می‌شوند:

۱-۴-۲- مقاومت و پایداری سازه‌ای

ساختمان باید بتواند بارهای وارده را بسته به شرایط محلی واصول طراحی به نحوی تحمل نماید که وقایع زیر اتفاق نیافتد:

ـ ریزش تمام یا قسمتی از آن، بر اثر بارهای مجاز

ـ تغییر شکل‌های غیرمجاز،

ـ آسیب دیدن اجزای ساختمان شامل نازک‌کاری‌ها و تجهیزات نصب شده در اثر تغییر شکل اساسی اجزای باربر،

ـ تخریب بر اثر حوادث به نحو نامتناسب با قدرت واقعه یا دلیل اصلی.

۱-۴-۳- ایمنی در هنگام آتش‌سوزی

ساختمان باید به صورتی طراحی و ساخته شود که در صورت وقوع آتش‌سوزی:

ـ ظرفیت باربری ساختمان بتواند برای مدت زمان معین و معقولی حفظ شود،

– ساکنان بتوانند به نحو یا روش مناسب و ایمن به خارج از ساختمان فرار کنند،

ـ تولید و گسترش شعله، حرارت و دود در داخل ساختمان محدود باشد،

ـ گسترش آتش‌سوزی به ساختمان‌های مجاور محدود باشد،

ـ دسترس و ایمنی گروه‌های نجات به روش مناسب تامین شده باشد.

۱-۴-۴- بهداشت، سلامت و کارکرد مناسب و پایدار (یا سازگاربا محیط زیست)

نباید در در دورهٔ ساخت، بهره‌برداری یا تخریب بنا بهداشت وسلامتی مردم تهدید شود و باید در این دوره‌ها از آلودگی و به خطرافتادن منابع و چرخهٔ حیات پیشگیری شود. بنابراین لازم است انتظارات زیر براورده شوند:

– رعایت حداقل ابعاد قابل قبول انسانی برای فضاهای مختلف (خواب، آشپزی، حمام، سرویس و دسترس‌ها) ،

– برخورداری ساختمان از نورگیری و تهویهٔ مناسب،

– وجود نداشتن خطراتی مانند متصاعد شدن گازهای سمی، ذرات یا گازهای خطرناک و تابش‌های خطرناک بر اثر استفاده از مصالح نامناسب در ساختمان یا مکان‌یابی نادرست آن،

– نفوذ نکردن رطوبت مزاحم به داخل ساختمان یا سطوح داخلی آن،

ـ الوده نشدن اب یا خاک به وسیله ضایعات ساختمانی و فاضلاب.

۱-۴-۵- حفظ انرژی (صرفه‌جویی در مصرف انرژی و جلوگیری از تبادل حرارت پوستهٔ خارجی ساختمان)

لازم است مقدار انرژی مورد نیاز برای بهره‌برداری از ساختمان و تاسیسات حرارت و تهویه با درنظرگرفتن شرایط اقلیمی، محلی و اقتصادی تا حد امکان پایین نگاه داشته شود.

۱-۴-۶- ایمنی در حین بهره‌برداری

ساختمان باید به صورتی طراحی و ساخته شود که در دوران ساخت یا بهره‌برداری، هیچ‌گونه احتمال خطرهای غیرقابل قبول بر اثر حوادثی مانند لیز خوردن، سقوط، برخورد، برق‌گرفتگی و جراحت ناشی از انفجار رخ ندهد.

۱-۴-۷- حفاظت در برابر نوفه(صدای ناخواسته)

لازم است سطح نوفه یا سروصدای ناخواسته دریافتی توسط مردم به‌گونه و حدی باشد که از تهدید سلامتی آن‌ها پیش‌گیری شده و امکان کار و فعالیت، استراحت وخواب مناسب برای ان‌ها فراهم شود.

۱-۴-۸- دوام وحفظ مشخصات مصالح

لازم است مصالح مورد استفاده در ساختمان، از دوام و پایایی کافی در برابر نیروهای وارده وعوامل محیطی در دورهٔ بهره‌برداری برخوردار باشند تا به بهره‌دهی وعمر مفید ساختمان لطمه‌ای وارد نشود.

۱-۵- معرفی سرفصل‌های دستورالعمل

در این مجموعه که به عنوان دستورالعمل در حوزهٔ سازه، معماری، حفاظت از حریق و فیزیک ساختمان تدوین می‌شود، تلاش خواهد شد تا روش‌ها و ملاحظات اساسی برای تامین انتظارات و اهداف عملکردی اشاره شده در بخش فوق پاسخ داده شود.

براین اساس سرفصل‌های دستورالعمل طراحی و اجرای سیستم ساختمانی سبک فولادی LSF در یک نگاه کلی به شرح ذیل می‌باشند:

۱-۵-۱- الزامات سازه‌ای سیستم

با توجه به عدم اشنائی متخصصین کشور با عملکرد قطعات CFS در سیستم ساختمانی سبک فولادی و بودجه تخصیص یافته برای انجام این پروژه، کارگروه سازه بر آن است با استفاده از آیین‌نامه‌های معتبر خارجی و انطباق بخش‌های قابل قبول با شرایط حاکم بر طراحی، اجراء و نگهداری بنا در کشور، فصل مربوط به سازه این دستورالعمل را تهیه و ارائه نماید.

۱-۵-۲- ایمنی در برابر آتش

مطالعات لازم بر روی مشخصات و مصالح ساختمانی سیستم ساختمانی LSF، کدها، استانداردها و مقررات مربوط به این روش طراحی و ساخت و ساز صورت گرفته و در این خصوص مقررات IBC امریکا و مقررات ساختمانی انگلستان برای مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است. دلیل انتخاب این مقررات به شرح زیر است:

براساس مطالعات، سیستم LSF در دو کشور امریکا و انگلستان به طور گسترده استفاده می‌شود. بنابراین مقررات آن‌ها نیز باید کامل‌تر باشد.

همچنین هر دو کشور جزو کشورهای پیشرفته با مقررات ساختمانی کامل هستند. بخصوص مقررات ساختمانی امریکا بسیار گسترده و نسبت به تمام کشورهای دیگر دارای جزئیات تشریحی بیشتری است.

از آنجاکه دو کشور فوق، دارای دو سیستم مقرراتی با دیدگاه و فلسفه متفاوت هستند، مطالعه هر دوی آن‌ها در کسب دیدگاه‌های مختلف کمک می‌کند.

قطعا مصالح و قطعات مورد استفاده در سیستم ساختمانی LSF و جزئیات اجرایی آن نقش مهمی در رفتار و مقاومت این سیستم ساختمانی در برابر آتش دارد. از جمله سیستم باربری که از قطعات فولادی CFS، تخته‌های گچی، انواع اتصالات و توری‌ها، اویزها، پانل‌ها و سیستم‌های سقفی و غیره مورد مطالعه و بررسی قرار گرفتند.

برای تهیه دستورالعمل از نظر ایمنی در برابر آتش و سرفصل‌های زیر مورد توجه قرار گرفته است:

– بررسی و ارائه الزامات مقاومت در برابر آتش، شامل کدهای انواع کاربری، و بررسی محدودیت‌ها و قابلیت‌های سیستم ساختمانی LSF در مطابقت با این کدها.

– بررسی جزئیات قطعات دیوارها و کف‌ها/سقف‌ها با استفاده از قطعات CFS از نظر مقاومت در برابر آتش با استفاده از گزارش‌ها و مدارک معتبر فنی. مطالعه بر روی انواع قطعات و اتصالات مختلف لازم در سیستم ساختمانی LSF، برای تامین درجات مختلف مقاومت در برابر آتش

– بررسی مطالعاتی مشخصات انواع تخته‌های گچی برای محافظت سیستم ساختمانی LSF و حصول الزامات مقاومت در برابر آتش

– بررسی جزئیات اجرایی دیوارها در سیستم ساختمانی LSF و مقاومت آن‌ها در برابر آتش.

۱-۵-۳- عملکرد حرارتی سیستم ساختمانی LSF

مطالعات و بررسی‌های لازم جهت یافتن اطلاعات و مدارک فنی در خصوص ساختمان‌های اجرا شده با استفاده از سیستم ساختمانی سبک فولادی LSF صورت گرفت. مدارکی که در این جست‌وجو مورد توجه قرار گرفت، ضوابط موجود در کشورهای صنعتی، راهنماها و یا استانداردهای طراحی و اجرا، و نظریه‌ها و گواهی‌نامه‌های ارائه شده به تولیدکنندگان این سیستم ساختمانی می‌باشند. با بررسی این مدارک، تنوع محصولات مطرح شده در این زمینه، روش‌های اجرا و جزییات اجرایی پیشنهاد شده در کشورهای مختلف شناسائی گردید. پارامترهایی که نقش تعیین‌کننده در میزان مقاومت حرارتی جداره‌های این سیستم ساختمانی می‌توانند مؤثر باشند، بشرح ذیل می‌باشند:

– ضخامت و شکل هندسی مقطع پروفیل‌های مورد استفاده
– شکل و تراکم سوراخ‌های احتمالی موجود در جان پروفیل
– تک یا دوبله بودن قاب‌ها و لایه‌های عایق‌کاری
– روش نصب عایق حرارتی (تودلی یا خارج از قاب)
– وجود یا عدم وجود لایه گرماشکن روی وادارها (استادها)
– وجود یا عدم وجود لایه هوا
– مشخصات حرارتی لایه‌های داخلی و خارجی دیوار

با توجه به تعدد و تنوع اجزای تشکیل دهنده، و با مبنا قرار دادن مراجع چند کشور مطرح (امریکا و یکی از کشورهای اروپایی) اصولی برای طراحی جزییات اجرایی عایق‌کاری حرارتی و تعیین مشخصات حرارتی جداره‌ها ارائه گردید.

برای دستیابی به این هدف، مراحل و سرفصل‌های مختلف در نظر گرفته شد که به شرح ذیل می‌باشند:

– بررسی مقررات و ایین‌نامه‌ها، راهنماها، نظریه‌ها و گواهی‌نامه‌های فنی خارجی مرتبط با موضوع
– استخراج جزییات و روش‌های اجرای مطرح (عایق‌کاری حرارتی، درزبندی، اب‌بندی و محافظت جدار در برابر مخاطرات میعان
– تعیین مشخصات حرارتی اجزای تشکیل دهنده جداره‌های ساختمانی LSF
– ارائه اصول و جزییات اجرایی منتخب، و داده‌های لازم برای تعیین مشخصات حرارتی جداره‌های سیستم ساختمانی سبک فولادی LSF

۱-۵-۴- صدابندی سیستم

هر سیستم ساختمانی می‌بایست از نظر صدابندی هوابرد و کوب‌های مورد بررسی قرار گیرد. این سیستم ساختمانی از نظر سازهای با کاربرهای مختلف و با استفاده از قطعات CFS در قالب پانل‌های دیواری و سقفی ساخته می‌شود که می‌بایست از نظر صدابندی جوابگوی مقادیر ارائه شده در مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان انطباق پیدا کند. برای دستیابی به اهداف اکوستیکی، مراحل و سرفصل های مختلف در نظر گرفته شده بود که به شرح ذیل می‌باشند:
– جمع اوری اطلاعات پایه اکوستیکی در رابطه با این روش ساخت و ساز
– بررسی جزئیات اجرائی دیتل‌های ارائه شده از نظر صدا بندی
– ارائه توصیه‌هایی برای این روش ساخت و ساز از نظر صدا بندی با توجه به مبحث ۱۸ مقررات ملی ساختمان

۱-۵-۵- کنترل و نظارت

با توجه به لزوم تهیه و ارائه شیوه کنترل و نظارت طراحی و اجرای این سیستم ساختمانی، با جمع بندی اطلاعات به‌دست‌امده در حوزه‌های مختلف این دستورالعمل و با یاری گرفتن از تجربیات برخی متخصصان با تجربه در این زمینه، فرم‌هایی برای کنترل و نظارت پروژه‌های LSF در کشور به صورت چک‌لیست‌هایی در پیوست مجموعه جهت استفادهٔ دستگاه‌های نظارت تهیه و ارائه گردیده است.

۱-۵-۶- طراحی معماری و جزئیات اجرایی

شایان ذکر است که ضوابط و معیارهای طراحی معماری مورد نیاز برای طراحی این سیستم ساختمانی براساس نقطه نظرات بخش‌های مختلف این دستورالعمل در قالب اصول و مبانی طراحی معماری و اجرائی این سیستم ساختمانی همراه با جزئیات اجرائی قابل قبول و پاسخگو، جهت اشنائی طراحان بنا (مهندسین معمار) بعداز ارائهٔ دستورالعمل حاضر تهیه و ارائه خواهد شد.

فصل دوم

سازه

امروزه در ایران صنعت ساختمان سازی اغلب به صورت ساخت و سازهای تا ۵ طبقه بوده که محدودیت اصلی این ساختمان‌ها عمدتا" کیفیت نامناسب ساخت و زمان زیاد صرف شده برای ساخت می‌باشد. جهت رفع محدودیت‌های فوق نیاز به سیستم سازه ای دارای قابلیت پیش ساختگی[۳] و کیفیت ساخت تضمین شده[۴] وجود دارد. به دلیل کاهش یافتن منابع، افزایش قیمت انرژی و افزایش تقاضای جهانی، قیمت مصالح به صورت اجتناب ناپذیری رو به افزایش بوده و دسترسی ان نیز سخت تر خواهد بود، بنابراین تمایل به استفاده از اعضای جدار نازک[۵] در راستای صرفه جویی در مصالح، فراگیر می‌باشد. از آنجایی که در ایران قسمت عمده‌ای از تولیدات مصالح فولادی به شکل ورق با ضخامت های تا ۱۰ میلیمتر بوده و نیز به دلیل وجود تکنولوژی نورد سرد در داخل کشور، در صورت بهره گیری از اعضای سرد نورد شده چشم انداز روشنی در صنعت ساختمان سازی وجود خواهد داشت.

استفاده از مقاطع فولادی نورد سرد[۶] در سازه‌ها نشان دهندهٔ گامی در جهت بهره گیری از اعضای با ابعاد بزرگ و ورق‌های نازک و سبک به جای مقاطع سازه ای با ابعاد کم و ضخامت زیاد و سنگین در راستای کاهش وزن فولاد مصرفی می‌باشد. مقاطع سرد نورد شده از برش و شکل دهی ورق‌های فولادی با استفاده از دستگاه پرس[۷] یا نورد غلتکی[۸] ایجاد می‌شوند که معمولا" دارای ضخامت‌های ۰,۴ تا ۸ میلیمتر می‌باشند. البته شکل دهی ورق‌های تا ضخامت ۲۵ میلیمتر نیز به صورت سرد به راحتی امکان‌پذیر است.

---

3 Prefabrication
4 Quality Assurance
5 Light Gauge
6 Cold-Formed Steel
7 Press Brake
8 Roll Forming

۲-۱- کلیات

اعضاء سرد نورد شده اجزایی هستند که از ورق‌های فولادی با عملیات سردنورد دیدن (بدون استفاده از حرارت) تهیه و تولید می‌شوند. شکل دهی به ورق‌های فولادی از طریق روش‌های مکانیکی بدون پیش‌گرمایش ورق (عملیات نورد سرد) خواهد بود. به صورت کلی روش‌های تولید قطعات سرد نورد شده به دو دسته تقسیم می‌گردند.

۱- اعمال فشار و پرس ورق

۲- استفاده از غلطک (نورد)

انتخاب هر یک از روش‌های فوق الذکرجهت تولید قطعات سرد بستگی کامل به حجم تولیدات و امکانات مالی اولیه دارد. در صورتیکه تولید با حجم کم مورد نظر باشد، استفاده از روش اعمال فشار و پرس‌کاری جهت تولید قطعات فولادی سرد نورد شده اقتصادی و ارزان‌تر خواهد بود. به منظور تولید انبوه در مدت زمان کوتاه استفاده از نورد و غلطک‌کاری سرد بر روی ورق‌های فولادی با صرفه‌تر خواهد بود.

با گسترش تکنولوژی نورد و خم‌کاری قطعات فولادی امروزه حتی می‌توان ورق‌های با ضخامت ۲۵ میلیمتر تولید و خم‌کاری کرد. اما محدوده تولید اعضاء سرد نورد شده بین ۰/۳ تا ۵ میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود.

با توجه به محدودیت، ضخامت، نوع و جنس ورق‌های تولید شده در کشور، طراحان لازم است اطلاع دقیقی از نوع و قیمت ورق‌های موجود در کشور را در اختیار داشته، تا بتوانند طرح اقتصادی و مقاوم ارایه دهند.

۲-۱-۱- نوع و جنس ورق

ورق به کار رفته جهت تولید قطعات سرد نورد شده باید شرایط و معیارهای مناسب مقاومتی جهت باربری و شکل‌پذیری کافی به منظور خم‌کاری‌های لازم را داشته باشند. بنابراین جهت تولید قطعات سرد نورد شده با دو عامل مقاومت و شکل‌پذیری ورق فلزی برخورد می‌شود. هریک از موارد فوق دارای شرایط و خصوصیات مربوط به خود است که به ترتیب بررسی می‌شود.

اولین معیار در بررسی عامل مقاومت شرایط تسلیم و حد کشسانی (نقطه تسلیم) ورق است، دومین معیار در همین رابطه حد نهایی ورق خواهد بود، این عامل در محاسبه مقاومت خستگی و شکست ترد قطعات سرد نورد شده بسیار موثر است.

المان‌های سرد نورد شده معمولا به گونه‌ای طراحی می‌شوند که تحت بارهای سیکلی زیاد قرار نگیرند. زیرا یکی از نقاط ضعف آن‌ها مقاومت خستگی نسبتا پایین آن‌ها است. در صورت طراحی

اعضاء سرد نورد شده تحت بارهای سیکلی، لازم است دقت بیشتری توسط طراح در انتخاب ورق مناسب صورت پذیرد به‌طوری‌که حداقل شکل‌پذیری را داشته باشد.

در رابطه با تردشکنی و شکل‌پذیری المان سرد نورد شده عوامل زیر مطرح می‌شود:

– ازدیاد طول به ازای طول واحد، نسبت تنش نهایی به تنش جاری شدن، $\frac{F_u}{F_y}$

یک المان هنگامی‌شکل پذیر خوانده می‌شود که نسبت تنش نهایی به تنش تسلیم آن $\frac{F_u}{F_y}$ کمتر از ۱/۰۸ بوده و تغییر طول یک جز از ان به طول ۵۰ میلیمتر کمتر از ۱۰ درصد باشد. ورقی که شرایط بالا را تامین نکند، از شکل‌پذیری کافی برخوردار نبوده ونباید از آن جهت ساخت اعضایی که تحت بارهای غیرعادی و تنش‌های بالا قرار می‌گیرد استفاده شود. به عنوان مثال می‌توان جهت پوشش بام‌ها و یا پانل‌های سقفی و دیواری از این مقاطع استفاده نمود.

فولادهای معمولی که در ساخت مقاطع گرم نوردشده و پروفیل‌های فولادی کاربرد دارند دارای حدکشسانی حدود ۲۴۰نیوتن برمیلیمترمربع (مگاپاسکال) مطابق ایین‌نامه ASTM هستند در صورتی که محدوده کاربرد ورق‌های مورد استفاده جهت ساخت مقاطع سرد نورد شده بین ۲۴۰ تا ۳۴۰مگاپاسکال است. ورق‌های فولادی با مقاومت بالا کاربرد بیشتری در ساخت سازه‌های سرد نورد شده Cold-form دارند از فولاد با مقاومت بالاتر مثلا از فولادASTM-A446 ، درجه E با حد کشسانی۵۶۰ مگاپاسکال، به خاطر پایین بودن شکل‌پذیری، فقط در ساخت مقاطع سقفی و پانلی استفاده می‌شود.

۲-۱-۲- اشکال مقاطع سرد نورد شده

استفاده از اشکال گوناگون جهت ساخت مقاطع سرد نورد شده مجاز است و هیچگونه شکل استانداردی جهت انواع باربری‌های مختلف وجود ندارد. با توجه به نظر طراح و رفتار مورد انتظار می‌توان انواع مقاطع خاصی را طراحی و در باربری مورد نظر به کار گرفت. معمولا دو دسته کلی برای مقاطع سرد نورد شده ارایه می‌شود.

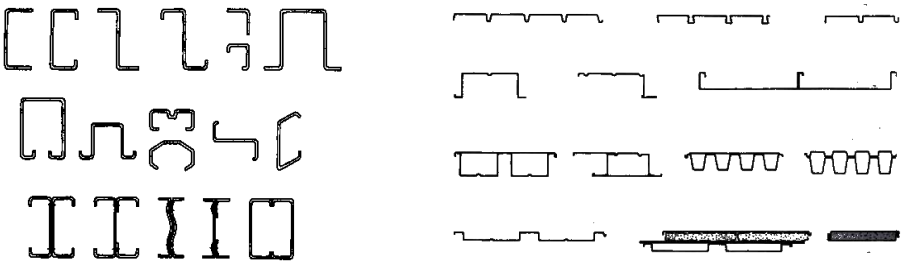
– مقاطع قابی شکل (پروفیل سرد نورد شده)

– مقاطع پانلی شکل (صفحه‌ای)

در شکل ۲–۱ نمونه‌ای از مقاطع سرد نورد شده که ساخته و طراحی شده، ارایه شده است. که می‌توان از آن در باربری‌های مورد نظر استفاده کرد. این المان‌ها دارای محدوده ابعادی بین ۵۰ تا ۳۰۰ میلیمتر بوده و دامنه تغییرات ضخامتی آن‌ها نیز از ۱ میلیمتر تا ۵ میلیمتر است. این مقاطع معمولا از المان‌هایی ساخته شده‌اند که از نسبت پهنا به ضخامت $\frac{w}{t}$ بالایی برخوردار بوده و جزء المان‌های

لاغر محسوب می‌گردند. المان‌های فوق ممکن است به کمک یکسری سخت کننـده میـانی و لبـه‌ای سخت شده و در نتیجه بار کمانشی آن‌ها را افزایش داد. با توجه به لاغر بودن آن‌ها عامل تعیین کننده در باربری چنین مقاطعی کمانش کلی و موضعی قسمت‌های تشکیل دهنده آن‌ها است.

از این مقاطع که شامل مقاطع ناودانی، Z شکل، C شکل، کلاهی و لوله‌ای و غیره است در انـواع سازه‌ها استفاده می‌شود شکل (۱a). بنابراین به صورت المان تیر، ستون، خرپا به کار می‌رود.



b) مقاطع پانلی شکل a) مقاطع قابی شکل

شکل ۲-۱- مقاطع سرد نورد شده

در شکل (۲-۱b) مقاطع پانلی که جهت پوشش سقف، بام و یا پانل‌های دیواری استفاده می‌شـود، نشان داده شده است. استفاده از ورق‌های موجدار (corrugated steel sheeting) جهـت پوشـش بام نمونه‌ای از کاربرد عمومی‌این نوع مقاطع است. از دیگر کاربرد این مقاطع می‌تـوان جهـت پوشـش سازه‌ای سقف طبقات به صورت ترکیبی (ترکیب با بتن) ویا دیوارهای جدا کننده نام برد، ایـن المان‌هـا با توجه به شکل، مقاومت کافی در برابر بارهای وارده را فراهم نموده و به عنوان پوشـش یـک سـطح قابل استفاده است. ارتفاع این مقاطع معمولا بـین ۴۰ تـا ۲۰۰ ملیمتـر و بـا ضـخامت بـین ۰/۳ تـا ۲ میلی‌متر طراحی می‌گردند.

۲-۱-۳- روش طراحی

روش‌های طراحی که برای اعضاء و المان‌های نورد شده تدوین شده است به راحتی بـرای مقـاطع سرد نورد شده قابل استفاده است. اگر چه اختلافاتی در رفتار این دو سیستم تحت بار وجود دارد که به صورت خلاصه اهم آن‌ها در زیر ذکر می‌شود.

۱- روش‌های طراحی که برای مقاطع گرم نورد شده تدوین شده‌اند مربوط به مقاطع و پروفیل‌های با شکل خاص می‌باشند. در صورتی که مقاطع سرد نورد شـده دارای اشـکال متنـوعی اسـت بنـابراین روش طراحی اعضاء ساخته شده از مقاطع سرد نورد شده بسیار کلی و عمومی‌است.

۲- نسبت عرض به ضخامت المان‌های سرد نورد شده در مقایسه به مقاطع گرم نورد شده بسیار بزرگ بوده بنابراین روش‌های ارایه شده جهت محاسبه و طراحی آن‌ها، می‌بایست شرایط کمانش و پس از کمانش موضعی را تحت بارهای فشاری در نظر گیرد. علاوه بر این ضخامت کوچک در مقاطع سرد نورد شده نسبت به اعضاء ضخیم مقاطع گرم نورد شده سختی پیچش را کمتر از سختی خمشی، نتیجه می‌دهد، این عامل تاثیر بسیار مهمی‌در رفتار کمانش پیچشی ـ خمشی تیرها و ستون‌ها دارد.

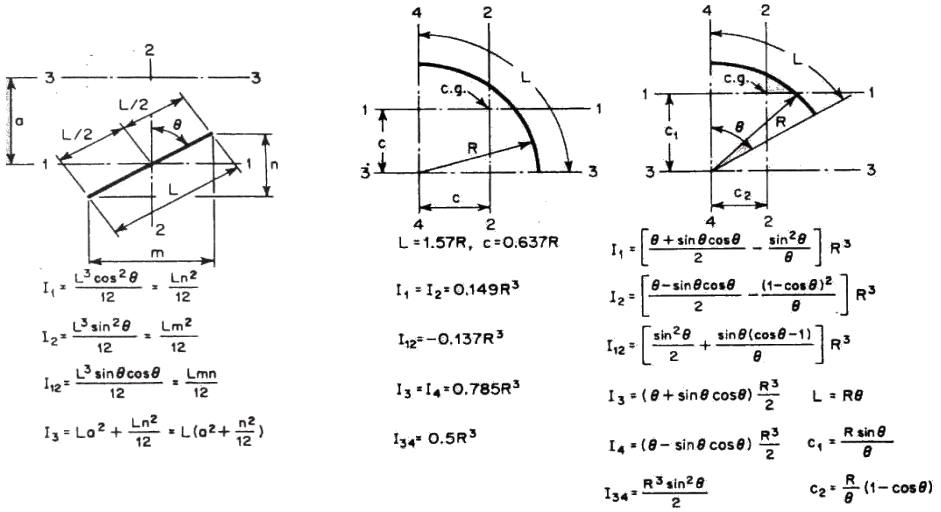
۳- روش ساخت در هنگام تولید قطعات سرد نورد شده باعث تغییر در خصوصیات مواد به کار رفته می‌شود. در حقیقت حد کشسانی عضو ساخته شده نسبت به ورق مبنا افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر عملیات مکانیکی سرد که روی قطعه انجام می‌گیرد ویژگی‌های مقاومتی قطعه یا المان سردنوردشده را خصوصا در نزدیکی خم‌ها و گوشه عضو زیاد می‌کند. بنابراین، مقاومت کمانشی مقطع به شدت افزایش می‌یابد.

روش‌های طراحی مقاطع سرد نورد شده فقط به چنین مقاطعی اختصاص دارد و فقط برای آن‌ها قابل استفاده است. روش‌های طراحی که برای چنین مقاطعی تدوین شده‌اند، شامل روش (ASD) و (LRFD) برای سازه‌های سرد نورد شده است. مراجع «۱» و«۲» راهنمای کامل طراحی سازه‌های سرد نورد شده براساس دو روش فوق هستند.

هر دو روش طراحی ASD و LRFD با توجه به معادلات مقاومت اسمی‌تدوین و استخراج شده‌اند. روش ASD با اعمال یک ضریب اطمینان روی مقاومت عضو بنا شده در حالی که ضرایب LRFD شامل ضرایبی است که هم روی مقاومت و بارهای سرویس اعمال می‌شود.

۲-۱-۴- مشخصات مقطع

محاسبه مشخصات مقطع شامل ممان اینرسی و اساس مقطع و عوامل دیگری است که به‌صورت خطی با جمع‌کردن مشخصات تک تک بخش‌های گوناگون یک مقطع یا المان‌های تشکیل‌دهنده آن قابل محاسبه است. قطعات مختلف یک مقطع یا به‌صورت خط صاف یا منحنی در نظر گرفته شده و سپس ضخامت قطعه در هریک از مقدارهای بدست آمده ضرب می‌شود. با توجه به کوچک بودن ضخامت، تمام مشخصات مقطع از درجه اول ضخامت خواهد بود.



شکل ۲-۲- مشخصات مقطع المان‌های خطی

یک مقطع سرد نورد شده شامل جان‌ها و بال‌ها و گوشه‌هایی است که هریک به کمک روابط ارائه شده به سادگی محاسبه و سپس با یکدیگر جمع می‌گردند.

یکی از نکات پراهمیت در مورد مقاطع سرد نورد شده محاسبه صحیح مشخصات مقطع است، به منظور محاسبه شرایط کمانش موضعی و محاسبه مقاومت پس از کمانش المان‌های فشاری یک مقطع لازم است، سطوح المان‌های فشاری ان با سطوح موثر المان که همواره کوچکتر از سطح کل و یا برابر ان است جایگرین شود و تمام مشخصات فیزیکی مقطع جدید محاسبه شود. بنابراین، با توجه به مقدار بارهای وارده شرایط و مشخصات مقطع مرتبا تعویض می‌شود که می‌بایست توسط طراح محاسبه و در نظر گرفته شود. بنابراین در صورت وقوع کمانش و ناپایداری در ورق المان، سطح مؤثردر محاسبات مد نظر قرار می‌گیرد.

۲-۱-۵- مقایسه مشخصات ورق‌های تولیدی در کشور

همانگونه که در پیش ازاین بیان گردید، ورق‌های مورد استفاده جهت ساخت اعضای سرد نورد شده لازم است معیار مقاومت و شکل‌پذیری ایین‌نامه (AISI) واستاندارد (ASTM) را بر اورده کنند. جدول ۲-۱ ورق‌های استاندارد شده (ASTM) که دارای شرایط و محدودیت‌های ایین‌نامه (AISI) می‌باشند، ارائه شده است. بنابراین با توجه به نظر طراح می‌توان هر یک از آن‌ها را در ساخت اعضا وقطعات سرد نورد شده استفاده کرد.

جدول ۲-۱- مشخصات ورق‌های استاندارد (ASTM) مطابق توصیه‌های AISI

Steel Designation	ASTM Designation	Minimum Yield Stress F_y (ksi)	Minimum Tensile Strength F_u (ksi)	F_u/F_y	Minimum Elongation(%) In 2 in.Gage Length
Carbon structural steel	A36	36	58-80	1.61	23
High-strength, low-alloy structural steel	A242< (0.75 in /19.05 mm)	50	70	1.40	21
	A242> (0.75 in /19.05 mm)	46	67	1.46	21
structural steel Low- and inter mediate-tensile-strength carbon steel plates	A283				
	A	24	45-60	1.88	30
	B	27	50-65	1.85	28
	C	30	55-75	1.83	25
	D	33	60-80	1.82	23
Cold-formed welded and seamless carbon steel structural tub in gin rounds and shapes	A500 Round tubing				
	A	33	45	1.36	25
	B	42	58	1.38	23
	C	46	62	1.35	21
	D	36	58	1.61	23
	Shaped tubing				
	A	39	45	1.15	25
	B	46	58	1.26	23
	C	50	62	1.24	21
	D	36	58	1.61	23
High-strength carbon–manganese steel	A529				
	Gr. 50	50	70-100	1.40	21
	Gr. 55	55	70-100	1.27	20
High-strength, low-alloy columbium–vanadium steels of structural quality	A572				
	Gr. 42	42	60	1.43	24
	Gr. 50	50	65	1.30	21
	Gr. 55	55	70	1.27	20
	Gr. 60	60	75	1.25	18
	Gr. 65	65	80	1.23	17
High-strength, low-alloy structural steel with 50 ksi minimum yield point	A588< 4 in./101.6 mm	50	70	1.40	21
Hot-rolled and cold-rolled high-strength, low-alloy steel sheet and strip with improved corrosion resistance	A606				
	Hot rolled as rolled	50	70	1.40	22
	Hot rolled annealed or normalized	45	65	1.44	22
	Coldrolled	45	65	1.44	22

Steel Designation	ASTM Designation	Minimum Yield Stress F_y (ksi)	Minimum Tensile Strength F_u (ksi)	F_u/F_y	Minimum Elongation(%) In 2 in.Gage Length
Zinc-coated or zinc–iron alloy-coated steel sheet	A653SS				
	Gr.33	33	45	1.36	20
	Gr.37	37	52	1.41	18
	Gr.40	40	55	1.38	16
	Gr.50 Class 1	50	65	1.30	12
	Gr.50 Class 3	50	70	1.40	12
	Gr.50 Class 4	50	60	1.20	12
	Gr.55	55	70	1.27	11
	HSLAS				
	Gr.40	40	50	1.25	22
	Gr.50	50	60	1.20	20
	Gr.55 Class 1	55	70	1.27	16
	Gr.55 Class 2	55	65	1.18	18
	Gr.60	60	70	1.17	16
	Gr.70	70	80	1.14	12
	Gr.80	80	90	1.13	10
	HSLAS-F				
	Gr.40	40	50	1.25	24
	Gr.50	50	60	1.20	22
	Gr.55 Class 1	55	70	1.27	18
	Gr.55 Class 2	55	65	1.18	20
	Gr.60	60	70	1.17	18
	Gr.70	70	80	1.14	14
	Gr.80	80	80	1.13	12
55% aluminum–zinc alloy–coated steel sheet by the hot-dip process	A792SS				
	Gr.33	33	45	1.36	20
	Gr.37	37	52	1.41	18
	Gr. 40	40	55	1.38	16
	Gr.50 Class 1	50	65	1.30	12
	Gr.50 Class 4	50	60	1.20	12
Cold-formed welded and Seamless high-strength, low-alloy structural tubing With improved Atmospheric corrosion resistance	A847	50	70	1.40	19
Zinc–5% aluminum alloy–coated steel sheet by The hot-dip process	A875SS				
	Gr.33	33	45	1.36	20
	Gr.37	37	52	1.41	18
	Gr.40	40	55	1.38	16
	Gr.50 Class 1	50	65	1.30	12
	Gr.50 Class 3	50	70	1.40	12
	HSLAS				
	Gr.50	50	60	1.20	20
	Gr.60	60	70	1.17	16
	Gr.70	70	80	1.14	12

SteelDesignation	ASTM Designation	Minimum Yield Stress F_y (ksi)	Minimum Tensile Strength F_u (ksi)	F_u/F_y	Minimum Elongation(%) In 2 in.Gage Length
Zinc–5% aluminum alloy–coated steel sheet by The hot-dip process (*continuous*)	HSLAS-F				
	Gr.50	50	60	1.20	22
	Gr.60	60	70	1.17	18
	Gr.70	70	80	1.14	14
	Gr.80	80	90	1.13	12
Metallic-and Non-metallic-coated carbon steel sheet	A1003ST				
	Gr. 33H	33	See note	1.08	10
	Gr. 37 H	37	See note	1.08	10
	Gr. 40 H	40	See note	1.08	10
	Gr. 50 H	50	See note	1.08	10
Cold-rolled steel sheet, Carbon structural, high-strength, low-alloy and high-strength, low-alloy with improved formability	A1008 SS:				
	Gr.25	25	42	1.68	26
	Gr. 30	30	45	1.50	24
	Gr. 33 Types1&2	33	48	1.45	22
	Gr. 40 Types1&2	40	52	1.30	20
	A1008 HSLAS:				
	Gr.45Class1	45	60	1.33	22
	Gr. 45Class2	45	55	1.22	22
	Gr. 50Class1	50	65	1.30	20
	Gr. 50Class2	50	60	1.20	20
	Gr. 55Class1	55	70	1.27	18
	Gr. 55Class2	55	65	1.18	18
	Gr. 60Class1	60	75	1.25	16
	Gr. 60Class2	60	70	1.17	16
	Gr. 65Class1	65	80	1.23	15
	Gr. 65Class2	65	75	1.15	15
	Gr. 70Class1	70	85	1.21	14
	Gr. 70Class2	70	80	1.14	14
	A1008 HSLAS-F:				
	Gr.50	50	60	1.20	22
	Gr.60	60	70	1.17	18
	Gr.70	70	80	1.14	16
	Gr.80	80	90	1.13	14
Hot-rolled steel sheet and strip, carbon, structural, high-strength, low-alloy With improved corrosion resistance	A1011 SS:				
	Gr.30	30	49	1.63	21-25
	Gr. 33	33	52	1.58	18-23
	Gr. 36 Type1	36	53	1.47	17-22
	Gr. 36 Type2	36	58–80	1.61	16-21
	Gr. 40	40	55	1.38	15-21
	Gr. 45	45	60	1.33	13-19
	Gr. 50	50	65	1.30	11-17
	Gr. 55	55	70	1.27	9-15

SteelDesignation	ASTM Designation	Minimum Yield Stress F_y (ksi)	Minimum Tensile Strength F_u (ksi)	F_u/F_y	Minimum Elongation(%) In 2 in.Gage Length
Hot-rolled steel sheet and strip, carbon, structural, high-strength, low-alloy With improved corrosion resistance (*continuous*)	A1011 HSLAS:				
	Gr.45Class1	45	60	1.33	23-25
	Gr. 45Class2	45	55	1.22	23-25
	Gr. 50Class1	50	65	1.30	20-22
	Gr. 50Class2	50	60	1.20	20-22
	Gr. 55Class1	55	70	1.27	18-20
	Gr. 55Class2	55	65	1.18	18-20
	Gr. 60Class1	60	75	1.25	16-18
	Gr. 60Class2	60	70	1.17	16-18
	Gr. 65Class1	65	80	1.23	14-16
	Gr. 65Class2	65	75	1.15	14-16
	Gr. 70Class1	70	85	1.21	12-14
	Gr. 70Class2	70	80	1.14	12-14
	A1011 HSLAS-F:				
	Gr.50	50	60	1.20	22-24
	Gr.60	60	70	1.17	20-22
	Gr.70	70	80	1.14	18-20
	Gr.80	80	90	1.13	16-18
Hot-rolled, carbon, commercial and structural steel sheet	A1039				
	Gr. 40	40	55	1.38	15-20
	Gr. 50	50	65	1.30	11-16
	Gr. 55	55	70	1.27	9-14
	Gr. 60	60	70	1.17	8-13
	Gr. 70	70	80	1.14	7-12
	Gr. 80	80	80	1.13	6-11

Notes:

1.The abulated values are based on ASTM standards.[2.1]

2.1 in.= 25.4mm;1ksi= 6.9MPa= 70.3kg/cm^2.

3.Structural Grade 80 of A653, A875, and A1008 steel and Grade 80 of A792 are allowed in the North American specification under special conditions. For these grades, F_y=80 ksi, F_u=82ksi, and elongations are unspecified. See North American specification for the reduction of yield stress and tensile strength.

4.ForType H of A1003 steel, the minimum tensile strength is not specified.The ratio of tensile strength to yield stress shall not be less than 1.08. Type L of A 1003 steel is allowed in the North American Specification under special conditions.

5. For A 1011 steel, the specified minimum elongation in 2 in.of gage length varies with the thickness of steel sheet and strip.

6. For A 1039 steel, the larger specified minimum elongation is for the thickness under 0.078–0.064 in.The smaller specified minimum elongation is for the thickness under 0.064–0.027 in.For Grades 55 and higher that do not meet there quiremen tof 10% elongation, Section A2.3.2 of the North American Specification shall beused.

۲-۲- محدودیت‌های ابعادی

۲-۲-۱- مقدمه

اعضای فولادی سرد نورد شده به دلیل جدار نازک بودن تحت اثر تنش‌های فشاری توانایی مقاومت تا مرز تسلیم خود ندارند و دچار کمانش موضعی می‌شوند. در واقع معیار مقاومت اعضای فولادی سرد نورد شده جدار نازک براساس مقاومت پس‌کمانش تعیین می‌شود. بطوریکه برای محاسبه خواص هندسی مقطع قطعات موثر مقطع برای تعیین مقاومت مدنظر قرار می‌گیرند. در واقع هر مقطع به المان‌های مجزا با عرض مشخص تقسیم می‌شود و براساس روابطی که در زیر بیان می‌شود عرض موثر تک تک المان‌های تشکیل دهنده مقطع محاسبه می‌شود و در نهایت خواص هندسی موثر مقطع براساس عرض موثرهای محاسبه شده تعیین می‌شود.

۲-۲-۲- المان‌های فشاری نازک

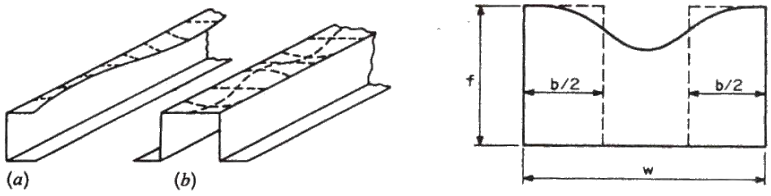
مقاومت ورق صاف و نازک تحت تاثیر نیروی فشاری به عوامل زیر وابسته است.

۱- نسبت $\frac{w}{t}$

۲- شرایط مرزی گوشه المان

در نسبت فوق w عرض ورق و t ضخامت المان مورد نظر فرض می‌شود. با توجه به نازک بودن $\frac{w}{t}$ این المان‌ها، کمانش موضعی عامل بسیار تعیین کننده در باربری مقاطع سرد نورد شده است. شرایط مرزی از طریق ضریب k که همان ضریب طول موثر است، در رفتار و مقاومت فشاری قطعه موثر است.

در شکل (۲-۳) دو عضو خمشی نشان داده شده است، در شکل (۲-۳ a) جز فشاری، بال بالایی ناودانی دارای یک تکیه‌گاه طولی یا جان است. در حالی که در شکل (۲-۳ b) المان فوق به دو جان یا دو تکیه‌گاه متصل است. بنابراین اعوجاج ورق یا کمانش در شکل (۲-۳ a) بسیار زودتر از شکل (۲-۳ b) اتفاق می‌افتد در حالی که هر دو عضو دارای $\frac{w}{t}$ یکسان هستند. علت این پدیده وجود تکیه‌گاه در دو طرف المان فشاری است.



be: عرض مؤثر

شکل ۲-۳- مقاطع سخت شده و سخت نشده

توزیع تنش در مقطع المان سخت شده شکل۲-۳ b، در کنار المـان فـوق به‌صـورت شـکل۲-۳ c ترسیم شده است. با افزایش بار تنش‌های فشاری در لبه‌ها افزایش یافته و توزیع غیریکنواخت تنش در المان بیشتر می‌شود، تنش در قسمت میانی به خاطر وقوع کمانش تقریبا ثابـت بـوده و تنهـا گوشـه‌ها توانایی باربری دارند. بنابراین تغییرات تنشی در مقطع افزایش می‌یابد.

به منظور طراحی المان‌های فوق که تحت تنش‌های غیر یکنواخت قرار دارند. در محاسبات بجـای استفاده از w پهنای المان مذکور، از یک عرض موثر استفاده می‌شود. به عبارت دیگر عرض مـوثر be جایگزین w عرض ورق می‌شود، در این صورت اثر کمانش موضعی در محاسبات ملحوظ شـده اسـت. این جایگزینی به صورتی انجام می‌گیرد که سطح تنش‌های تولید شده در مقطع المان که بـه صـورت یک منحنی در عرض w المان است، با مساحت تنش مستطیلی در عرض موثر ورق be کاملا یکسان است. شکل (۲-۳ c)

آیین نامه AISI برای جلوگیری از تغییر شکل و اطمینان از عملکـرد و عیـوب مقـاطع، یکسـری محدودیت‌ها برای $\frac{w}{t}$ نسبت عرض به ضخامت المان‌های اعضای سرد نورد شده با انواع شرایط مرزی اعمال می‌کند. که به صورت زیر است:

– المان سخت شده که در دو لبه طولی به دیگر المان‌های سخت متصل شده است: ۵۰۰

– المان سخت شده که در یک لبه طولی متصل به المان بال یا جان و در لبه دیگر متصل به یک لبه ساده است:۶۰

– المان سخت شده که در یک لبه طولی متصل به المان بال یا جـان و در لبـه دیگـر بـه سـخت کننده‌ها یا یک لبه ساده متصل باشد به صورتی که $I_s > I_a$ و $\frac{D}{w} < 0.8$: 90

– المان سخت نشده و المان‌هایی که فقط در یک لبه به سخت کننده متصل‌اند: 30

پارامترهای Is و Ia و D در ادامه تشریح می‌گردند.

عنصرسخت شده، جزی است که در دولبه طولی به یک جز دیگر متصل است. عنصر سخت نشده جزی است که فقط در یک لبه طولی به جزء دیگر متصل است و در لبه دیگر ازاد طراحی شـده اسـت.

لبه ساده که معمولا در گوشه بال یا جان مقاطع سرد نورد شده وجود دارد نیز یک جز بشـمار می‌ایـد و باعث سخت شدن بال یا جان مقطع می‌شود.

۲-۲-۲-۱- عرض مؤثر

با توجه به ایین نامه AISI جهت محاسبه عرض موثر می‌توان به صورت زیر اقدام نمود:

$$b_e = \rho\, w \qquad (۱-۲)$$

$$\rho = \frac{1-0.22/\lambda}{\lambda} \qquad (۲-۲)$$

$$\lambda = \frac{1.052}{\sqrt{k}}\,\frac{w}{t}\,\sqrt{\frac{f}{E}} \qquad (۳-۲)$$

به‌طوری‌که داریم:

w: عرض عنصر فشاری

t: ضخامت عنصر فشاری

k: ضریب طول کمانش ورق برابر با ۴ برای المان سخت شده در دو لبه با جان

f: تنش عنصر فشاری

E: مدول الاستیسیته

در شکل (۲-۳ c) جزئیات بیشتر در مورد عرض موثر ارایه شده است. در ادامه برای انواع شرایط مرزی مقادیر k وf در رابطه (۲-۳) تشریح می‌شود.

۲-۲-۳- المان تحت نیروی فشاری یکنواخت

روش‌های زیر جهت تعیین عرض موثر با توجه به اینکه المان سخت شده است یا سخت نشده ارایه می‌شود.

۲-۲-۳-۱- المان‌های سخت شده

محاسبه پهنای موثر یک عنصر تحت فشار یکنواخت به صورتی که هر لبه به یک جان متصل است به صورت زیر قابل محاسبه است. با این شرایط مرزی، ضریب طول کمانشk=4 در معادله (۲-۳) در نظر گرفته می‌شود. بنابراین برای مقادیر مختلف λ داریم:

$$b_e = w \qquad \lambda \le 0.673 \qquad (۴-۲)$$

$$b_e = \rho w \qquad \lambda > 0.673 \qquad (۵-۲)$$

برای اعضای خمشی $f = F_y$ در معادله (۲-۳)اعمال شود، در این حالت دورترین تارهای المان تحت اثر نیروی فشاری جاری شده است. به عبارت دیگر مقدار f با توجه به اساس مقطع موثر در حالتی که M_yبه مقطع اعمال شود محاسبه می‌شود. در صورتیکه از کمانش مقطع جلوگیری نشود.

مقدار f برابر است با:

$$f = \frac{M_c}{S_f} \qquad (۶-۲)$$

پارامترهای M_c و S_f در ادامه به صورت کامل تشریح می‌گردند.

به منظور محاسبه f در اعضاء فشاری $f = F_n$ در رابطه (۲-۳) جهت محاسبه عرض موثر استفاده می‌شود. که F_n در ادامه تشریح شده است.

۲-۲-۳-۲- المان‌های سخت نشده

پهنا یا عرض موثر یک المان تحت تاثیرنیروی فشاری یکنواخت از معادلات(۲-۱) تا (۲-۳) قابل محاسبه است با توجه به اینکه مقدار$k = 0.43$ مطابق شکل ۲-۴ در نظر گرفته می‌شود.

عرض مؤثروتنش روی عنصر عنصرواقعی

be :عرض مؤثر f: تنش ماکزیمم عنصر

شکل ۲- ۴- المان سخت نشده با فشار یکنواخت

جهت محاسبه تغییر مکان‌ها با توجه به بار وارده به عضو، عرض موثر براساس معادله (۲-۳) با نیروی f که از بارگذاری فوق بدست امده قابل محاسبه است. در مرجع (۱) روش دیگری جهت محاسبه تغییر مکان‌ها برای المان‌های سخت شده ارایه شده است.

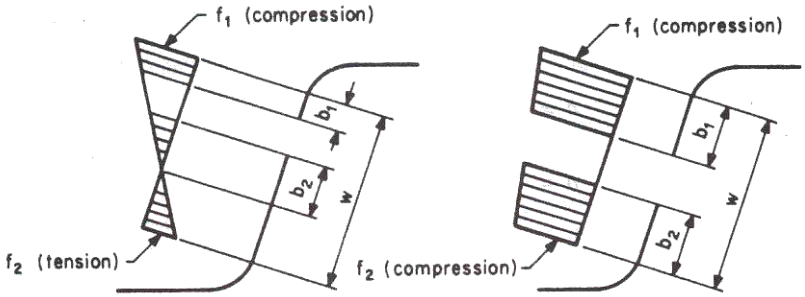
۲-۲-۴- المان تحت تاثیر گرادیان تنش

۲-۲-۴-۱- المان‌های سخت شده

عناصر سخت شده مانند جان‌ها در تمام مقاطع در این دسته قرار می‌گیرند. جهت محاسبه عرض‌های b_1و b_2 با توجه به شکل۲-۵ از روابط زیر می‌توان کمک گرفت.

$$b_1 = \frac{b_e}{3-\psi} \qquad (۷-۲)$$

به‌طوری‌که $\psi = \frac{f_2}{f_1}$ و مقدارهای f_1 و f_2 براساس مقطع موثر محاسبه می‌شود. f_1 تنش فشاری مثبت (+) است و f_2 در صورت کششی منفی (−) و برای فشاری (+) در نظر گرفته می‌شود اگر f_1 و f_2 هر دو فشاری باشند مقدار بزرگ‌تر f_1 در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۲- ۵- عرض مؤثر و تنش‌ها در جان و المان سخت شده با گرادیان تنش

در صورتیکه $\psi \le -0.236$

$$b_2 = \frac{b_e}{2} \qquad (۸-۲)$$

که b_e عرض موثر المان است و براساس روابط(۲-۱) تا (۲-۳) قابل محاسبه است، در هر صورت برای مقدارهای b_1 و b_2 نمی‌بایست b_1+b_2 بزرگ‌تر از مقدار محاسبه شده برای عرض موثر b_e شود.

در صورتیکه $\psi > -0.236$

$$b_2 = b_e - b_1 \qquad (۹-۲)$$

در معادله (۵) و (۶) جهت محاسبه عرض موثر b_e مقدار f_1 =f شکل ۵، در معادله (۲-۳) و مقدار k به صورت زیر قابل محاسبه است.

$$k = 4 + 2(1-\psi)^3 + 2(1-\psi) \qquad (۱۰-۲)$$

۲-۲-۴-۲- المان‌های سخت نشده

در این حالت عرض موثر به دست امده از معادله (۱c) با قرار دادن $k = 0.43$ و $f = f_3$ با توجه به شکل ۶ قابل محاسبه است.

جهت محاسبه تغییر مکان عرض موثر براساس بار وارده قابل محاسبه است.

۲-۲-۵- المان با سخت کننده لبه‌ای

جهت محاسبه عرض موثر در این بند پارامتر S به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$S=1.28\sqrt{\frac{E}{f}} \qquad (۱۱-۲)$$

به‌طوری‌که:

d, w, D: ابعاد تعریف شده مطابق شکل ۲-۶

d_s': عرض موثر سخت‌کننده

d_s: عرض موثر کاهش یافته

C_1, C_2: ضرایب تعریف شده شکل ۲-۶

A_s': سطح موثر سخت‌کننده

A_s:سطح کاهش یافته

I_s:عبارتند از ممان اینرسی سخت‌کننده حول محور مرکزی موازی با المان سخت شده

I_a: ممان اینرسی سخت‌کننده که متصل شده به المانی که می‌خواهد که به صورت المان سخت شده عمل خواهد کند.

جهت محاسبه مقادیر فوق، این المان به دو بخش تقسیم می‌شود.

۱- سخت کننده (لبه ساده در انتهای المان)

۲-المان سخت شده

۲-۲-۵-۱- سخت کننده (لبه ساده در انتهای المان)

حالت اول:

$$\frac{w}{t} \le \frac{S}{3}$$

$$A_s = A'_s \text{ و } \quad d_s = d'_s$$

حالت دوم:

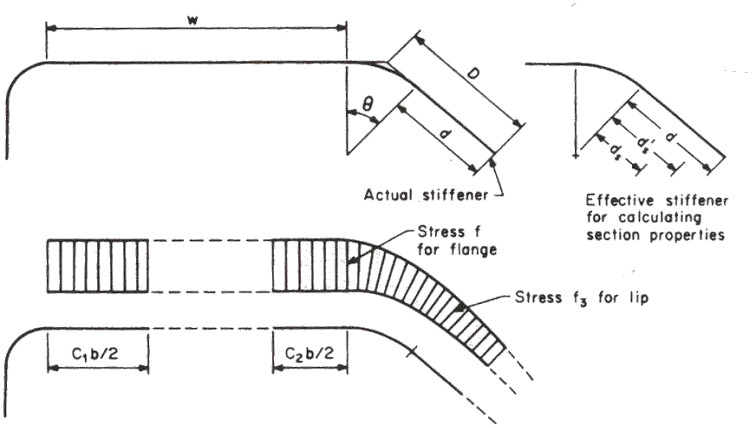
$$\frac{S}{3} < \frac{w}{t} < S$$

برای سخت کننده لبه‌ای ساده

$$d_s = \frac{d'_s I_s}{I_a} \le d'_s$$

برای دیگر اشکال سخت‌کننده

$$A_s = \frac{A'_s I_s}{I_a} \le A'_s$$



شکل ۲- ۶- المان با سخت کننده لبه‌ای

به‌طوری‌که:

$$I_a = 399\left(\frac{w/t}{S} - 0.33\right)t^4 \qquad (۱۲-۲)$$

حالت سوم:

این حالت مانند حالت دوم است بجز مقدار I_a که از رابطه (۲-۱۳) قابل محاسبه است.

$$I_a = (\frac{115w/t}{S} + 5)t^4 \qquad (۱۳-۲)$$

۲-۲-۵-۲- المان متصل به سخت‌کننده

حالت اول:

$$\frac{w}{t} \le \frac{S}{3}$$

$b_e = w$

حالت دوم:

$$\frac{S}{3} < \frac{w}{t} < S$$

$$C_2 = \frac{I_S}{I_a} \le 1 \quad C_1 = 2 - C_2 \qquad (۱۴-۲)$$

به‌طوری‌که برای مقدار I_a همان مقادیر مربوط به سخت‌کننده‌هادر حالت دوم است. مقدار b نیز با توجه به روابط(۲-۱) تا (۲-۳) و با محاسبه مقدار k به صورت زیر قابل محاسبه است.

$$0.8 \ge \frac{D}{w} > 2.5 \quad k = (4.82 - \frac{5D}{w})\sqrt{\frac{I_s}{I_a}} + 0.43 \le 5.25 - \frac{5D}{w} \qquad (۱۵-۲)$$

$$\frac{D}{w} \le 0.25 \quad k = 3.57\sqrt{\frac{I_s}{I_a}} + 0.43 \qquad (۱۶-۲)$$

حالت سوم:

$$\frac{w}{t} \ge S$$

$$C_1 = 2 - C_2 \qquad C_2 = \frac{I_S}{I_a} \le 1 \qquad (۱۷-۲)$$

در این حالت I_aهمان مقدار به دست امده درحالت سوم بند ۲-۲-۵-۱ است، مقدار b از معادلات(۲-۱) تا (۲-۳)با توجه به مقدار k قابل محاسبه است.

$$k = (4.82 - \frac{5D}{w})(\frac{I_S}{I_a})^{\frac{1}{3}} + 0.43 \le 5.25 - \frac{5D}{w} \qquad (۱۸-۲)$$

$$0.8 \ge \frac{D}{w} \ge 0.25$$

$$\frac{D}{w} \le 0.25 \quad k = (3.57 - \frac{I_S}{I_a})^{\frac{1}{3}} + 0.43 \le 4.0 \qquad (۱۹-۲)$$

جهت محاسبه تغییر مکان از پهنای موثر که با توجه به حالات اول، دوم و سوم و با استفاده از f به ازای باری که تغییر مکان در آن محاسبه می‌شود، بدست می‌آید.

مقدار I_sدر روابط فوق به‌صورت:

$$I_s = (\frac{td^3}{12})\sin^2\theta \qquad (۲۰-۲)$$

$$A'_s = d'_s.t$$

مقدار θ با توجه به شکل ۲-۶ در نظر گرفته می‌شود

لازم به ذکر است گوشه‌های محدبی که بین سخت‌کننده و المان سخت شده است، جزء المان سخت کننده در نظر گرفته نمی‌شود بنابراین به کمک رابطه (۲-۲۰) می‌توان مقدار I_s را برای سخت‌کننده محاسبه کرد.

۲-۲-۶- المان با سخت کننده داخلی

با توجه به عرضb_0 که در شکل۲-۷ نشان داده شده است و با استفاده از بحث‌های قبل جهت محاسبه اثر سخت‌کننده داخلی داریم:

حالت اول:

$$\frac{b_e}{t} \le S \qquad b_e = w$$

$$A_S = A'_S$$

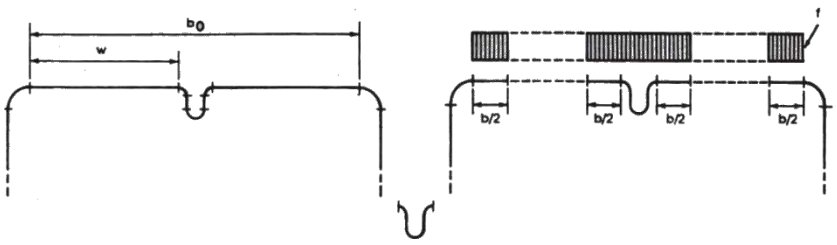
حالت دوم:

$$S < \frac{b_e}{t} < 3S$$

$$I_a = 50(\frac{b_0/t}{S} - 1)t^4 \qquad A_S = A'_S\frac{I_S}{I_a} \le A'_S \qquad (۲۱-۲)$$

جهت محاسبه b_e عرض موثر از معادلات (۲-۱) تا (۲-۳) و برای مقدار k داریم:

$$k = 3\sqrt{\frac{I_s}{I_a}} + 1 \le 4 \qquad (۲۲-۲)$$



شکل ۲- ۷- المان با سخت کننده داخلی

حالت سوم:

$$\frac{b_0}{t} \ge 3S$$

$$I_a = (128\frac{b_0/t}{S} - 285)t^4 \qquad A_s = A_s'\frac{I_s}{I_a} \le A_s'$$

و مقدار b در معادلات (۲-۱) تا (۲-۳) با توجه به:

$$k = 3(\frac{I_s}{I_a})^{1/3} + 1 \le 4 \qquad (۲۳-۲)$$

۲-۳- طراحی اجزاء سازه‌ای

۲-۳-۱- مقدمه

روش‌های طراحی که برای اعضاء و المان‌های گرم نورد شده تدوین شده است به راحتی برای مقاطع سرد نورد شده قابل استفاده است. اگر چه تفاوت‌هایی در عملکرد این دو سیستم تحت بار وجود دارد که مهمترین آن‌ها به صورت خلاصه عبارتند از:

اصولا روش‌های طراحی برای پروفیل‌های مقاطع گرم نورد شده برای مقاطع و یا اشکال خاص تدوین شده‌اند. در صورتی که مقاطع سرد نورد شده دارای اشکال متنوع است، بنابراین روش طراحی اعضاء ساخته شده از مقاطع سرد نورد شده بسیار کلی و عمومی‌است.

نسبت عرض به ضخامت المان‌های سرد نورد شده در مقایسه با مقاطع گرم نورد شده بسیار بزرگ‌تر است. بنابراین، در روش‌های ارائه شده، جهت محاسبه و طراحی آن‌ها باید شرایط کمانش و پس از کمانش موضعی تحت بارهای فشاری در نظر گرفته شود. علاوه بر این ضخامت کمتر مقاطع سرد نورد شده نسبت به اعضاء مقاطع گرم نورد شده، سختی پیچشی کمتری را نسبت به سختی خمشی ارائه می‌دهد، که این عامل تاثیر بسیار مهمی‌در رفتار کمانش پیچشی- خمشی تیرها و ستون‌ها دارد.

روش ساخت در هنگام تولید قطعات سرد نورد شده باعث تغییر در خصوصیات مواد به کار رفته در آن‌ها می‌شود. در حقیقت حد تسلیم عضو ساخته شده نسبت به ورق مبنا افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر عملیات مکانیکی سرد که روی قطعه انجام می‌گیرد ویژگی‌های مقاومتی قطعه یا المان سردنوردشده را، خصوصا در نزدیکی خم‌ها و گوشه‌های عضو افزایش می‌دهد؛در نتیجه مقاومت کمانشی مقطع به شدت افزایش می‌یابد.

توجه شود که روش‌های طراحی مقاطع سرد نورد شده فقط به چنین مقاطعی اختصاص دارد و فقط برای آن‌ها قابل استفاده است. روش‌های طراحی که برای چنین مقاطعی تدوین شده‌اند، شامل روش‌های تنش مجاز(ASD) وضریب کاهش بار و مقاومت (روش حدی)(LRFD) برای سازه‌های سرد نورد شده هستند. هر دو روش طراحی ASD و LRFD با توجه به معادلات مقاومت اسمی تدوین و استخراج شده‌اند. روش ASD بر مبنای اعمال ضریب اطمینان روی مقاومت عضو قرار دارد:

$$R \le R_n / \Omega \qquad (۲۴-۲)$$

در این رابطه R مقاومت مورد نیاز تحت ترکیب بارهای بدون ضریب، R_n مقاومت اسمی،

Ωضریب اطمینان و R_n/Ω مقاومت مجاز است.

در روشLRFD ضرایب اعمالی شامل ضرایبی هستند که هم روی مقاومت و هم روی بارهای سرویس اعمال می‌شود.

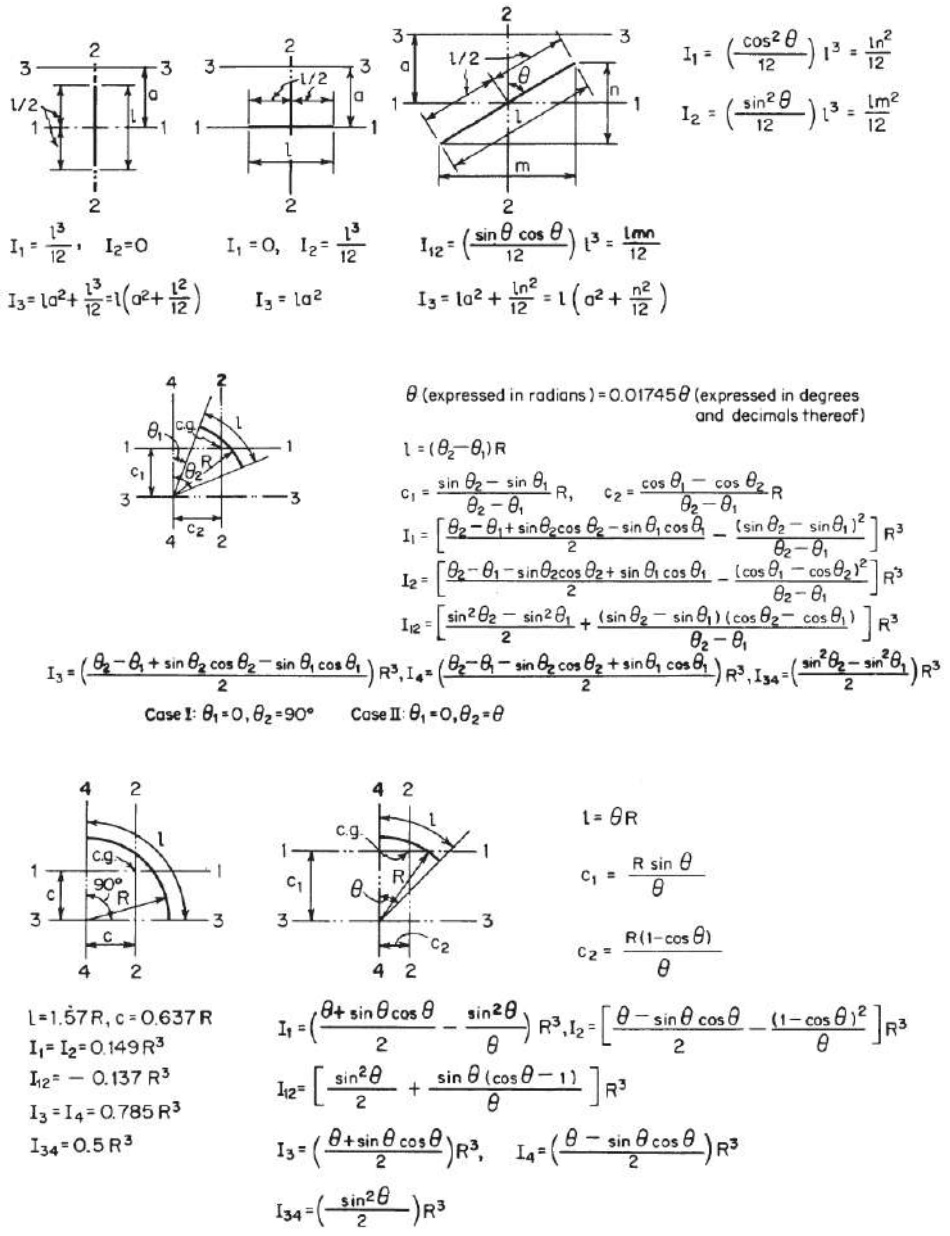
$$R_u \le \phi R_n \qquad (۲۵-۲)$$

در این رابطه R_u مقاومت مورد نیاز تحت ترکیب بارهای ضریبدار، R_n مقاومت اسمی، ϕ ضریب تقلیل مقاومت و ϕR_n مقاومت طراحی است.

۲-۳-۲- مشخصات مقاطع

مشخصات مقاطع (مساحت مقطع، ممان اینرسی، مدول مقطع، شعاع ژیراسیون و ...) باید براساس روش‌های مرسوم در طراحی سازه‌ها تعیین شوند. این مشخصات، باید براساس مقطع کلی اعضاء (یا مقطع خالص، در حالتیکه مقطع خالص کاربرد دارد)، به جزء در حالتی که باید از سطح مقطع کاهش یافته یا عرض موثر طراحی استفاده شود، تعیین شوند.

اگر ضخامت ورق در کل سطح مقطع عضو ثابت باشد، می‌توان از روش ساده خطی، و با جمع‌کردن مشخصات تک تک بخش‌های گوناگون یک مقطع یا المان‌های تشکیل‌دهنده، استفاده نمود. در این روش فرض می‌شود که کلیه مصالح موجود در ابعاد عضو، در یک خط مستقیم منطبق بر خط مرکزی ابعاد متمرکز شده است. ضخامت مقطع پس از اتمام محاسبات اعمال می‌شود، به عبارت دیگر مساحت کلی مقطع عبارتست از $A=L\times t$ و ممان اینرسی مقطع عبارتست از $I=Ie\times t$، که L برابر است با مجموع طول المان‌های مرکزی و Ie ممان اینرسی المان‌های خطی است. در (شکل۲-۸) ممان اینرسی اشکال مختلف، نشان داده شده است.



شکل ۲- ۸- ممان اینرسی المان‌های مختلف خطی

توجه شود که پس از کمانش المان‌های فشاری یک مقطع، لازم است سطوح المان‌های فشاری ان با سطوح موثر المان که همواره کوچکتر از و یا برابر سطح کل ان است، جایگزین شود و تمام مشخصات فیزیکی مقطع جدید مجددا محاسبه شود. بنابراین، با توجه به مقدار و شرایط بارهای وارده

مشخصات مقطع می‌تواند مرتبا تغییر کند، که می‌بایست توسط طراح محاسبه و در نظر گرفته شود. بنابراین در صورت وقوع کمانش و ناپایداری در ورق المان، باید از سطح مؤثر در محاسبات استفاده شود.

۲-۳-۳- اعضای کششی

برای اعضاء تحت اثر بار محوری کششی، مقاومت کششی اسمیT_n، باید کوچک‌ترین مقدار محاسبه شده در سه حالت زیر در نظر گرفته شود. همچنین در صورتیکه با توجه به شرایط ویژه مقادیر دیگری برای ضریب اطمینان و ضریب تقلیل مقاومت ارائه نشده باشد، باید از اعداد ارائه شده در این بند استفاده نمود:

الف) تسلیم شدن در کل مقطع:

$$\begin{aligned} &T_n = A_g F_y \\ &\Omega_t = 1.67 \quad (ASD) \\ &\phi_t = 0.9 \quad (LRFD) \end{aligned} \qquad (۲۶-۲)$$

که در این رابطه A_g سطح مقطع کلی عضو و F_y تنش تسلیم مصالح مورد استفاده است.

ب) گسیختگی در سطح مقطع خالص و دور از محل اتصالات:

$$\begin{aligned} &T_n = A_n F_u \\ &\Omega_t = 2.00 \quad (ASD) \\ &\phi_t = 0.75 \quad (LRFD) \end{aligned} \qquad (۲۷-۲)$$

که در این رابطه A_n سطح مقطع خالص عضو و F_u تنش نهایی مصالح مورد استفاده است.

ج) گسیختگی در سطح مقطع خالص و در محل اتصالات:

برای این منظور با توجه به نوع اتصال عضو به بند ۲-۴-۲-۷ برای اتصال جوشی، بند ۲-۴-۳-۲ برای اتصالات پیچ و مهره و بند ۲- ۴- ۵ برای اتصالات پیچی مراجعه شود.

۲-۳-۴- اعضای خمشی

در طراحی اعضای سرد نورد شده در درجه اول باید به ظرفیت خمشی و سختی مقطع توجه شود. سپس جان مقاطع باید برای برش، ترکیب خمش و برش، لهیدگی جان و ترکیب خمش با لهیدگی جان کنترل شود. از مقاطعی به شکل I، C (ناودانی)، Z، نبشی‌ها، T و لوله‌ای شکل و همچنین

صفحات سقف می‌توان در تحمل خمش بهره برد.

۲-۳-۴-۱- کنترل خمش

مقاومت خمشی اسمی‌مقاطع، M_n، برابر است با کوچک‌ترین مقدار محاسبه شده از بندهای زیر:

الف- مقاومت خمشی اسمی‌مقاطع بدون کمانش جانبی

در صورتیکه از وقوع کمانش جانبی مقاطع سرد نورد شده جلوگیری شود، ضرایب اطمینان عبارتست از:

برای مقاطع با بال‌های سخت شده و یا قسمتی سخت شده:

$$\Omega_b = 1.67 \quad (ASD)$$
$$\phi_b = 0.95 \quad (LRFD)$$

برای بقیه حالات:

$$\Omega_b = 1.67 \quad (ASD)$$
$$\phi_b = 0.90 \quad (LRFD)$$

مقاومت خمشی اسمی‌مقطع برابر است با:

$$M_n = S_e F_y \qquad (۲۸-۲)$$

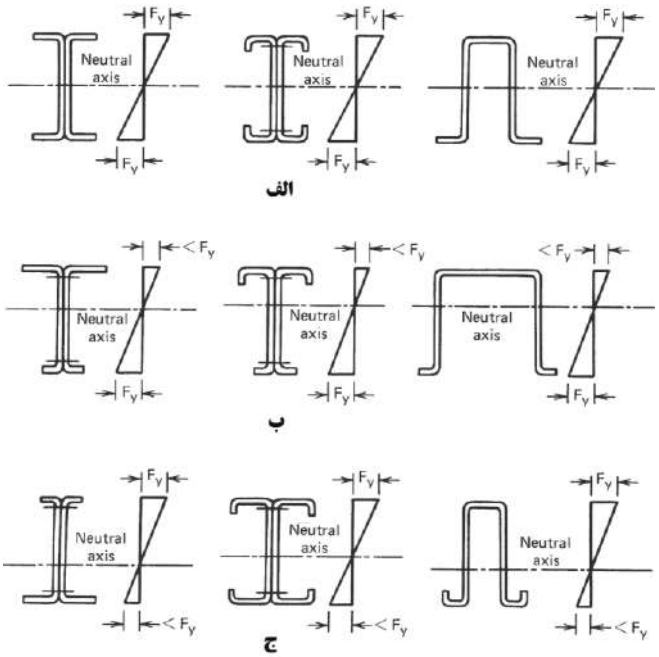
که در این رابطه S_e مدول مقطع الاستیک سطح مقطع موثر است، که با فرض وجود تنش تسلیم فشاری یا کششی در مقطع محاسبه می‌شود.

در هنگام محاسبه S_e سه حالت کلی از توزیع تنش در مقطع وجود دارد.

۱- همانند شکل(۲- ۹- الف) تار خنثی در میانه مقطع وجود داشته و مقدار تنش در تارهای کششی و فشاری بطور همزمان به حد نهایی جاری شدن برسد.

۲- همانند (شکل ۲-۹- ب) تار خنثی به بال فشاری نزدیک‌تر بوده و در نتیجه مقدار تنش در تار انتهایی بال کششی به حد نهایی جاری شدن می‌رسد.

۳- همانند (شکل ۲-۹- ج) تار خنثی به بال کششی نزدیک‌تر بوده و در نتیجه مقدار تنش در تار انتهایی بال فشاری به حد نهایی جاری شدن می‌رسد.



شکل ۲- ۹- توزیع تنش جهت محاسبه ممان پلاستیک

ب- مقاومت خمشی اسمی‌مقاطع با کمانش جانبی

در صورتیکه اعضاء خمشی به اندازه کافی مهار جانبی نداشته باشد، کمانش جانبی تحت بارگذاری قائم برای این مقاطع رخ می‌دهد. در این حالت ضرایب اطمینان عبارتند از:

$\Omega_b = 1.67 \quad (ASD)$

$\phi_b = 0.90 \quad (LRFD)$

ب-۱- مقاومت خمشی مقاطع با شکل مقطع باز:

برای مقاطعی با اشکال I، Z و C و دیگر مقاطع دارای حداقل یک محور تقارن مقاومت خمشی براساس رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$M_n = S_C F_C \qquad (۲۹-۲)$$

که در این رابطه S_C مدول مقطع الاستیک سطح مقطع موثر است، که با فرض وجود تنش فشاری F_C در مقطع محاسبه می‌شود.F_C ، باید به صورت زیر محاسبه شود:

برای حالتی که $F_e \geq 2.78F_y$: در این حالت مقطع تحت تاثیر کمانش جانبی قرار نمی‌گیرد، و مقاومت خمشی مقطع براساس بند الف محاسبه می‌شود.

برای حالتی که $2.78F_y>F_e>0.56F_y$:

$$F_C = \frac{10}{9} F_y \left(1 - \frac{10F_y}{36F_e}\right) \qquad (۳۰-۲)$$

برای حالتی که $F_e<0.56F_y$:

$$F_C = F_e \qquad (۳۱-۲)$$

در این روابط F_e تنش بحرانی کمانش پیچشی-جانبی است که برای حالات مختلف، بصورت زیر تعیین می‌شود:

۱) برای خمشی حول محور تقارن:

برای مقاطع دارای یک یا دو محور تقارن:

$$F_e = \frac{C_b r_0 A}{S_f} \sqrt{\sigma_{ey}\sigma_t} \qquad (۳۲-۲)$$

برای مقاطع دارای تقارن مرکزی:

$$F_e = \frac{C_b r_0 A}{2S_f} \sqrt{\sigma_{ey}\sigma_t} \qquad (۳۳-۲)$$

$$C_b = \frac{12.5M_{max}}{2.5M_{max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \qquad (۳۴-۲)$$

در این رابطه M_{max} قدر مطلق حداکثر ممان در طول مهار نشده، M_A قدر مطلق ممان در یک چهارمی طول مهار نشده، M_B قدر مطلق ممان در وسط دهانه مهار نشده و M_C قدر مطلق ممان در سه چهارمی‌طول مهار نشده است. در تیرهای طره‌ای مقدار C_b برابر واحد فرض می‌شود.

۲) برای مقاطع دارای یک محور تقارن و خمش حول عمود بر محور تقارن:

$$F_e = \frac{C_S A \sigma_{ex}}{C_{TF} S_f}\left[1 + C_S\sqrt{j^2 + r_0^2\left(\sigma_t/\sigma_{ex}\right)}\right] \qquad (۳۵-۲)$$

برای حالتیکه در مرکز برش جان تنش فشاری وجود دارد، C_S برابر ۱+ و زمانی که تنش کششی وجود داشته باشد C_S برابر ۱- است.

متغیرهای روابط بالا بصورت زیر تعریف می‌شوند:

r_0: شعاع ژیراسیون قطبی مقطع حول مرکز برش:

$$r_0 = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_0^2} \qquad (۳۶-۲)$$

r_x و r_y: شعاع های ژیراسیون مقطع حول محورهای اصلی مقطع

x_0: فاصله مابین مرکز برش و مرکز محور x (عمود بر جان)

A: سطح مقطع کلی عضو

$$\sigma_{ex} = \frac{\pi^2 E}{\left(K_x L_x / r_x\right)^2} \qquad (۳۷-۲)$$

$$\sigma_{ey} = \frac{\pi^2 E}{\left(K_y L_y / r_y\right)^2} \qquad (۳۸-۲)$$

E: مدول الاستیسیته مصالح فولادی

K_x و K_y: ضریب طول موثر خمش حول محورهای x و y

L_x و L_y: طول مهار نشده عضو در خمش حول محورهای x و y

$$\sigma_t = \frac{1}{A r_0^2}\left[GJ + \frac{\pi^2 E C_w}{\left(K_t L_t\right)^2}\right] \qquad (۳۹-۲)$$

G: مدول برشی

J: ثابت سنونان سطح مقطع

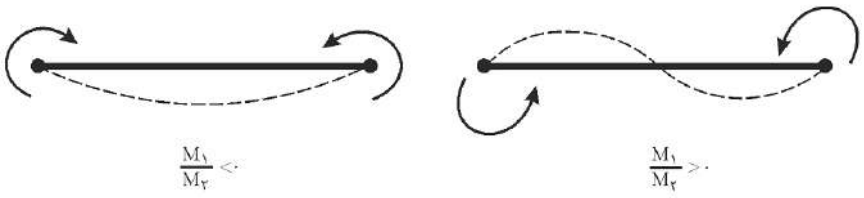
C_w: ثابت پیچش تابیدگی

K_t: ضریب طول موثر برای پیچش

L_t: طول مهار نشده عضو در پیچش

$$C_{TF} = 0.6 - 0.4\frac{M_1}{M_2} \qquad (۴۰-۲)$$

در این رابطه M_1 لنگر کوچک‌تر و M_2 لنگر بزرگ‌تر (از نظر قدر مطلق) در دو انتهای طول ازاد (بدون تکیه گاه جانبی) در صفحه خمش است. اگر M_1 و M_2 هم علامت باشند (انحنای دوگانه)، نسبت M1/M2 مثبت و در حالتی که M_1و M_2 دارای علامت مخالف باشند (انحنای ساده) این نسبت منفی به حساب می‌آید.



انحنای ساده　　انحنای مضاعف

$$j = \frac{1}{2I_y}\left[\int_A x^3 dA + \int_A xy^2 dA\right] - x_0 \qquad (۴۱-۲)$$

ب-۲- مقاومت خمشی مقاطع مستطیلی شکل بسته:

در این حالت مقاومت خمشی اسمی‌مقطع براساس نسبت طول مهار نشده جانبی و L_u محاسبه می‌شود. در حالتی که طول مهار نشده از L_u کوچک‌تر باشد، امکان کمانش جانبی وجود ندارد و مقاومت خمشی اسمی‌مقطع براساس روابط بند الف-۱ محاسبه می‌شود. در صورتیکه طول مهار نشده از L_u بزرگ‌تر باشد، مقاومت خمشی اسمی‌مقطع براساس روابط مقاطعی با شکل مقطع باز تعیین می‌شود، با این تفاوت که تنش کمانش جانبی- پیچشی به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$F_e = \frac{C_b \pi}{K_y L_y S_f} \sqrt{EGJI_y} \qquad (۴۲-۲)$$

در این رابطه J ثابت پیچشی مقطع مستطیلی و I_y ممان اینرسی سطح مقطع کاهش نیافته عضو حول محور عمود بر جان است.

طول L_u براساس رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$L_u = \frac{0.36 C_b \pi}{F_y S_f} \sqrt{EGJI_y} \qquad (۴۳-۲)$$

ب-۳- مقاومت خمشی مقاطع دایره‌ای شکل بسته:

در این حالت مقاومت خمشی اسمی‌مقطع براساس نسبت قطر خارجی سطح مقطع به ضخامت جداره تعیین می‌شود. اگر این نسبت، D/t، کوچک‌تر از $0.441E/F_y$ باشد مقاومت خمشی اسمی‌مقطع براساس رابطه زیر تعیین می‌شود، در غیر اینصورت باید از روابط ارائه شده در بند آ-۲-۱ استفاده نمود.

$$M_n = S_f F_C \qquad (۴۴-۲)$$

در این حالت ضرایب اطمینان عبارتست از:

$$\Omega_b = 1.67 \quad (ASD)$$
$$\phi_b = 0.95 \quad (LRFD)$$

مقدار تنش بحرانی کمانش خمشی F_C بصورت زیر بدست می‌آید:

اگر $D/t \le 0.0714E/F_y$:

$$F_C = 1.25 F_y \qquad (۴۵-۲)$$

اگر $0.0714E/F_y < D/t \le 0.381\ E/F_y$:

$$F_C = \left[0.970 + 0.020 \left(\frac{E/F_y}{D/t} \right) \right] F_y \qquad (۴۶-۲)$$

اگر $0.381\ E/F_y<D/t\leq 0.441\ E/F_y$:

$$F_C = 0.328\ {E}/{(D/t)} \qquad (۴۷-۲)$$

در این روابط S_f مدول الاستیک کل سطح مقطع (کاهش نیافته) وابسته به دورترین تار فشاری.

۲-۳-۴-۲- کنترل برش

در مورد جان اعضاء که تحت اثر نیروی برشی قرار دارد، یا کمانش برشی اتفاق می‌افتد، یا جان تحت اثر این نیروی برشی جاری می‌شود و یا ترکیبی از این دو مود خرابی اتفاق می‌افتد. البته انواع دیگر گسیختگی در جان اعضاء به وجود می‌اید که در بندهای آتی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مقاومت برشی اسمی‌مقاطع، V_n، براساس رابطه (۲-۴۸) محاسبه می‌شود:

$$V_n = A_w F_V \qquad (۴۸-۲)$$

تنش برشی اسمی، F_V، براساس نسبت ارتفاع به ضخامت جان مقطع محاسبه می‌شود:

اگر $h/t \leq \sqrt{Ek_v/F_y}$:

$$F_V = 0.60F_y \qquad (۴۹-۲)$$

اگر $\sqrt{Ek_v/F_y} < h/t \leq 1.51\sqrt{Ek_v/F_y}$:

$$F_V = \frac{0.60\sqrt{Ek_vF_y}}{h/t} \qquad (۵۰-۲)$$

اگر $h/t > 1.51\sqrt{Ek_v/F_y}$:

$$F_V = \frac{\pi^2 Ek_v}{12(1-\mu^2)(h/t)^2} \Rightarrow if\ \mu = 0.3 \Rightarrow F_V = 0.904\ {Ek_v}/{(h/t)^2} \qquad (۵۱-۲)$$

متغیرهای روابط ذکرشده عبارتند از:

A_w: مساحت جان مقطع: $h \times t$

h: طول قسمت مستقیم جان که در صفحه جان اندازه‌گیری می‌شود

t: ضخامت جان مقطع

k_v: ضریب کمانش برشی، که بصورت زیر محاسبه می‌شود:

۱- برای جان‌های فاقد سخت کننده: $k_v=5.34$

۲- برای مقاطعی که دارای سخت کننده عرضی هستند در فواصل a باشد و این سخت کننده‌ها ضوابط بخش س-سخت کننده‌ها را نیز ارضاء کند، مقدار k_v به صورت زیر محاسبه می‌شود:

اگر $a/h \le 1.0$:

$$k_v = 4.00 + \frac{5.34}{\left(a/h\right)^2} \qquad (۵۲-۲)$$

اگر $a/h > 1.0$:

$$k_v = 5.34 + \frac{4.00}{\left(a/h\right)^2} \qquad (۵۳-۲)$$

همچنین در این حالت ضرایب اطمینان برابرند با:

$$\Omega_V = 1.60 \quad (ASD)$$
$$\phi_V = 0.95 \quad (LRFD)$$

۲-۳-۴-۳- ترکیب برش و خمش

الف- طراحی به روش تنش مجاز

برای تیرهایی که تحت اثر همزمان خمش و برش قرار دارند، مقدار تنش خمشی موجود، M، و تنش برشی موجود، V، هریک به تنهایی نباید به ترتیب از M_n/Ω_b و V_n/Ω_V فراتر روند.

همچنین برای تیرهایی با جان بدون سخت کننده، ترکیب تنش خمشی و برشی باید شرایط زیر را نیز ارضاء کنند:

$$\sqrt{\left(\frac{\Omega_b M}{M_n}\right)^2 + \left(\frac{\Omega_v V}{V_n}\right)^2} \le 1.0 \qquad (۵۴-۲)$$

درصورتیکه در جان تیر از سخت کننده عرضی استفاده شده باشد و همچنین شروط

$\Omega_b M/M_n>0.5$ و $\Omega_V V/V_n>0.7$ نیز بر قرار باشد، به جای استفاده از رابطه (۲-۵۴) می‌توان از رابطه (۲-۵۵) استفاده نمود:

$$0.6\left(\frac{\Omega_b M}{M_n}\right)+\left(\frac{\Omega_V V}{V_n}\right)\le 1.3 \qquad (۲-۵۵)$$

ب- طراحی به روش حالت حدی

برای تیرهایی که تحت اثر همزمان خمش و برش قرار دارند، مقدار تنش خمشی موجود تحت اثر ترکیب بارهای ضریب‌دار، $\bar{M}$، و تنش برشی موجود تحت اثر ترکیب بارهای ضریب‌دار، $\bar{V}$، هریک به تنهایی نباید به ترتیب از $\phi_b M_n$ و $\phi_V V_n$ فراتر روند.

همچنین برای تیرهایی با جان بدون سخت کننده، ترکیب تنش خمشی و برشی باید شرایط زیر را نیز ارضاء کنند:

$$\sqrt{\left(\frac{\bar{M}}{\phi_b M_n}\right)^2+\left(\frac{\bar{V}}{\phi_V V_n}\right)^2}\le 1.0 \qquad (۲-۵۶)$$

درصورتیکه در جان تیر از سخت کننده عرضی استفاده شده باشد و همچنین شروط $\bar{M}/(\phi_b M_n)>0.5$ و $\bar{V}/(\phi_V V_n)>0.7$ نیز بر قرار باشد، به جای استفاده از رابطه (۲-۵۶) می‌توان از رابطه (۲-۵۷) استفاده نمود:

$$0.6\left(\frac{\bar{M}}{\phi_b M_n}\right)+\left(\frac{\bar{V}}{\phi_V V_n}\right)\le 1.3 \qquad (۲-۵۷)$$

۲-۳-۴-۴- اعوجاج جان (لهیدگی جان)

در صورتیکه در تکیه‌گاه‌ها و زیربارهای متمرکزهیچگونه سخت‌کننده‌ای به کار نرفته باشد، امکان لهیدگی جان وجود دارد. در این حالت مقاومت اعوجاجی جان، P_n، براساس رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$P_n = Ct^2 F_y \sin\theta\left(1-C_R\sqrt{\frac{R}{t}}\right)\left(1-C_N\sqrt{\frac{N}{t}}\right)\left(1-C_h\sqrt{\frac{h}{t}}\right) \qquad (۲-۵۸)$$

که در این رابطه:

t: ضخامت جان مقطع

θ: زاویه مابین صفحه جان مقطع و صفحه تکیه‌گاه

R: شعاع انحنای داخلی

h: پهنای قسمت مستقیم جان مقطع که در صفحه جان اندازه‌گیری می‌شود

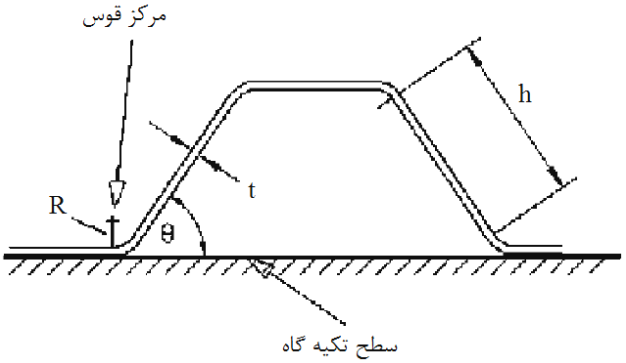
N: طول تکیه‌گاه

C: ضریب ثابت براساس جداول ۲-۲. الی ۲-۶

CR: ضریب شعاع انحنای داخلی براساس جداول ۲-۲. الی ۲-۶

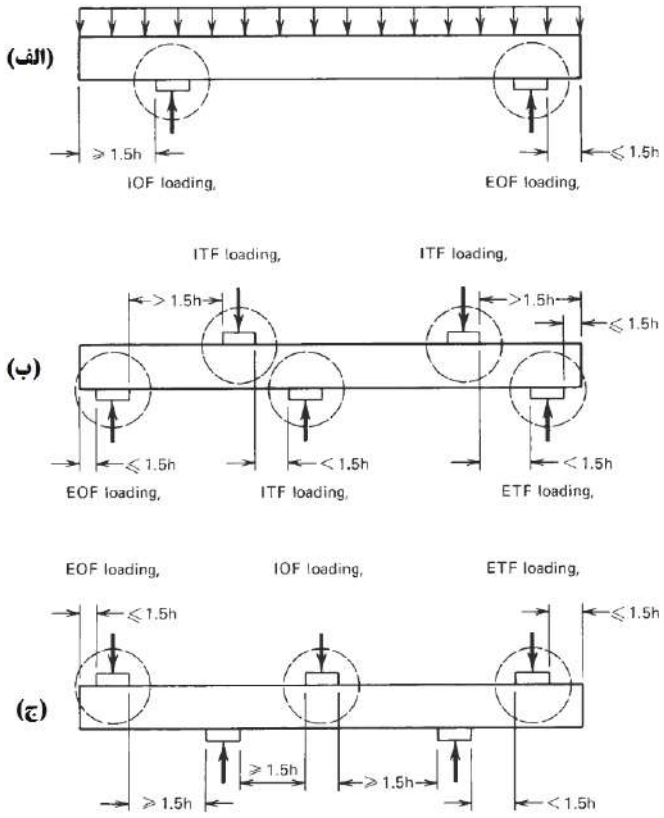
CN: ضریب طول تکیه‌گاه براساس جداول ۲-۲. الی ۲-۶

Ch: ضریب لاغری جان براساس جداول ۲-۲. الی ۲-۶



شکل ۲- ۱۰- مشخصات هندسی مقطع مورد استفاده در تعیین مقاومت اعوجاجی جان

در قسمت حالت بارگذاری جداول ۲-۲. الی ۲-۶ .منظور از بارگذاری یک جانبه (One-Flange Loading or Reaction)حالتی است که در ان فاصله بین گوشه‌های تکیه‌گاه و یا بارهای متمرکز کوچک‌تر از و یا مساوی با 1.5h، و منظور از بارگذاری دو جانبه (Two-Flange Loading or Reaction) حالتی است که در ان فاصله بین گوشه‌های تکیه‌گاه و یا بارهای متمرکز بزرگ‌تر از 1.5hباشد (همانند شکل ۲-۱۱). همچنین منظور از بارگذاری خارجی (End)حالتی است که در ان فاصله بین گوشه تکیه‌گاه و یا بار متمرکز از انتهای عضو کوچک‌تر از و یا مساوی با 1.5h، و منظور از بارگذاری داخلی (Interior)حالتی است که در ان فاصله بین گوشه تکیه‌گاه و یا بار متمرکز از انتهای عضو بزرگ‌تر از 1.5hباشد (همانند شکل ۲-۱۱).



شکل ۲- ۱۱- حالات مختلف بارگذاری در تعیین مقاومت اعوجاجی جان

جدول ۲-۲ باید برای تیرهای I شکلی که از اتصال پشت به پشت دو مقطع ناودانی درست شده‌اند و محدودیت های $h/t\leq 200$، $N/t\leq 210$، $N/h\leq 1.0$ و $\theta=90o$ نیز رعایت شده است، استفاده شود:

جدول ۲- ۲- ضرایب مورد نیاز در تعیین مقاومت اعوجاجی جان مقاطع مرکب I شکل

شرایط بارگذاری و بال مقطع		حالت بارگذاری		C	C_R	C_N	C_h	روش طراحی ASD Ω_w	روش طراحی LRFD ϕ_w	محدودیت ها
بال متصل به تکیه گاه	بال سخت شده	One-Flange Loading or Reaction	End	10	0.14	0.28	0.001	2.00	0.75	$R/t \le 5$
			Interior	20.5	0.17	0.11	0.001	1.75	0.85	$R/t \le 5$
بال جدا از تکیه گاه	بال سخت شده	One-Flange Loading or Reaction	End	10	0.14	0.28	0.001	2.00	0.75	$R/t \le 5$
			Interior	20.5	0.17	0.11	0.001	1.75	0.85	$R/t \le 3$
		Two-Flange Loading or Reaction	End	15.5	0.09	0.08	0.04	2.00	0.75	$R/t \le 3$
			Interior	36	0.14	0.08	0.04	2.00	0.75	
	بال سخت نشده	One-Flange Loading or Reaction	End	10	0.14	0.28	0.001	2.00	0.75	$R/t \le 5$
			Interior	20.5	0.17	0.11	0.001	1.75	0.85	$R/t \le 3$

جدول ۲-۳. باید برای مقاطع C شکل با یک جان و محدودیت‌های $h/t \le 200$، $N/t \le 210$، $N/h \le 2.0$ و $\theta = 90^o$ نیز رعایت شده است، استفاده شود. توجه شود که در این جدول، برای حالت بارگذاری داخلی دو جانبه یا واکنش تکیه‌گاهی عضوی با بال متصل به تکیه‌گاه، فاصله میان گوشه تکیه‌گاه و گوشه عضو باید حداقل برابر با 2.5h باشد. همچنین در حالت بال جدا از تکیه‌گاه، فاصله میان گوشه تکیه‌گاه و گوشه عضو باید حداقل برابر با 1.5h باشد.

جدول ۲-۳- ضرایب مورد نیاز در تعیین مقاومت اعوجاجی جان مقاطع C شکل

شرایط بارگذاری و بال مقطع		حالت بارگذاری		C	C_R	C_N	C_h	روش طراحی ASD Ω_w	روش طراحی LRFD ϕ_w	محدودیت ها
بال متصل به تکیه گاه	بال سخت شده	One-Flange Loading or Reaction	End	4	0.14	0.35	0.02	1.75	0.85	$R/t \le 9$
			Interior	13	0.23	0.14	0.01	1.65	0.90	$R/t \le 5$
		Two-Flange Loading or Reaction	End	7.5	0.08	0.12	0.048	1.75	0.85	$R/t \le 12$
			Interior	20	0.10	0.08	0.031	1.75	0.85	$R/t \le 12$
بال جدا از تکیه گاه	بال سخت شده	One-Flange Loading or Reaction	End	4	0.14	0.35	0.02	1.85	0.80	$R/t \le 5$
			Interior	13	0.23	0.14	0.01	1.65	0.90	
		Two-Flange Loading or Reaction	End	13	0.32	0.05	0.04	1.65	0.90	$R/t \le 3$
			Interior	24	0.52	0.15	0.001	1.90	0.80	
	بال سخت نشده	One-Flange Loading or Reaction	End	4	0.40	0.60	0.03	1.80	0.85	$R/t \le 2$
			Interior	13	0.32	0.10	0.01	1.80	0.85	$R/t \le 1$
		Two-Flange Loading or Reaction	End	2	0.11	0.37	0.01	2.00	0.75	$R/t \le 1$
			Interior	13	0.47	0.25	0.04	1.90	0.80	

جدول ۲-۴ باید برای مقاطع Z شکل با یک جان و محدودیت‌های $h/t \leq 200$، $N/t \leq 210$، $N/h \leq 2.0$ و $\theta = 90^o$ نیز رعایت شده است، استفاده شود. توجه شود که در این جدول، برای حالت بارگذاری داخلی دو جانبه یا واکنش تکیه‌گاهی عضوی با بال متصل به تکیه‌گاه، فاصله می‌ان گوشه تکیه‌گاه و گوشه عضو باید حداقل برابر با 2.5h باشد. همچنین در حالت بال جدا از تکیه‌گاه، فاصله میان گوشه تکیه‌گاه و گوشه عضو باید حداقل برابر با 1.5h باشد.

جدول ۲-۴- ضرایب مورد نیاز در تعیین مقاومت اعوجاجی جان مقاطع Z شکل

شرایط بارگذاری و بال مقطع		حالت بارگذاری		C	C_R	C_N	C_h	روش طراحی		محدودیت ها
								ASD Ω_w	LRFD ϕ_w	
بال متصل به تکیه گاه	بال سخت شده	One-Flange Loading or Reaction	End	4	0.14	0.35	0.02	1.75	0.85	$R/t \leq 9$
			Interior	13	0.23	0.14	0.01	1.65	0.90	$R/t \leq 5.5$
		Two-Flange Loading or Reaction	End	9	0.05	0.16	0.052	1.75	0.85	$R/t \leq 12$
			Interior	24	0.07	0.07	0.04	1.85	0.80	$R/t \leq 12$
بال جدا از تکیه گاه	بال سخت شده	One-Flange Loading or Reaction	End	5	0.09	0.02	0.001	1.80	0.85	$R/t \leq 5$
			Interior	13	0.23	0.14	0.01	1.65	0.90	
		Two-Flange Loading or Reaction	End	13	0.32	0.05	0.04	1.65	0.90	$R/t \leq 3$
			Interior	24	0.52	0.15	0.001	1.90	0.80	
	بال سخت نشده	One-Flange Loading or Reaction	End	4	0.40	0.60	0.03	1.80	0.85	$R/t \leq 2$
			Interior	13	0.32	0.10	0.01	1.80	0.85	$R/t \leq 1$
		Two-Flange Loading or Reaction	End	2	0.11	0.37	0.01	2.00	0.75	$R/t \leq 1$
			Interior	13	0.47	0.25	0.04	1.90	0.80	

جدول ۲-۵. باید برای مقاطع کلاهی شکل (Ω) با یک جان و محدودیت‌های $h/t\leq200$، $N/t\leq200$، $N/h\leq2.0$ و $\theta=90^o$ نیز رعایت شده است، استفاده شود.

جدول ۲- ۵- ضرایب مورد نیاز در تعیین مقاومت اعوجاجی جان مقاطع کلاهی شکل

شرایط بارگذاری	حالت بارگذاری		C	C_R	C_N	C_h	روش طراحی ASD Ω_w	روش طراحی LRFD ϕ_w	محدودیت ها
بال متصل به تکیه گاه	One-Flange Loading or Reaction	End	4	0.25	0.68	0.04	2.00	0.75	$R/t\leq5$
		Interior	17	0.13	0.13	0.04	1.80	0.85	$R/t\leq10$
	Two-Flange Loading or Reaction	End	9	0.10	0.07	0.03	1.75	0.85	$R/t\leq10$
		Interior	10	0.14	0.22	0.02	1.80	0.85	
بال جدا از تکیه گاه	One-Flange Loading or Reaction	End	4	0.25	0.68	0.04	2.00	0.75	$R/t\leq4$
		Interior	17	0.13	0.13	0.04	1.80	0.85	$R/t\leq4$

جدول ۲-۶ باید برای مقاطعی با چند جان و محدودیت‌های $h/t\leq200$، $N/t\leq210$، $N/h\leq3.0$ و $45^o\leq\theta\leq90^o$ نیز رعایت شده است، استفاده شود.

جدول ۲-۶- ضرایب مورد نیاز در تعیین مقاومت اعوجاجی جان مقاطع چند جانی سقف

شرایط بارگذاری	حالت بارگذاری		C	C_R	C_N	C_h	روش طراحی ASD Ω_w	روش طراحی LRFD ϕ_w	محدودیت ها
بال متصل به تکیه گاه	One-Flange Loading or Reaction	End	4	0.04	0.25	0.025	1.70	0.90	$R/t\leq20$
		Interior	8	0.10	0.17	0.004	1.75	0.85	$R/t\leq10$
	Two-Flange Loading or Reaction	End	9	0.12	0.14	0.040	1.80	0.85	$R/t\leq10$
		Interior	10	0.11	0.21	0.020	1.75	0.85	
بال جدا از تکیه گاه	One-Flange Loading or Reaction	End	3	0.04	0.29	0.028	2.45	0.60	$R/t\leq20$
		Interior	8	0.10	0.17	0.004	1.75	0.85	
	Two-Flange Loading or Reaction	End	6	0.16	0.15	0.050	1.65	0.90	$R/t\leq5$
		Interior	17	0.10	0.10	0.046	1.65	0.90	

۲-۳-۴-۵- ترکیب خمش با لهیدگی جان

الف- طراحی به روش تنش مجاز

جان‌های سخت نشده مقاطعی که تحت اثر ترکیب خمش و نیروی متمرکز یا واکنش تکیه‌گاهی قرار دارند، به‌گونه‌ای باید طراحی شوند که مقدار لنگر خمشی وارده بر مقطع، M، و نیروی متمرکز یا واکنش تکیه‌گاهی، P، شرایط $M \le M_n/\Omega_b$ و $P \le P_n/\Omega_W$ را ارضاء کند. بعلاوه این مقاطع باید شرایط زیر را نیز ارضاء کنند:

۱- برای مقاطعی که تنها یک جان سخت نشده دارند:

$$0.91\left(\frac{P}{P_n}\right)+\left(\frac{M}{M_n}\right)\le\frac{1.33}{\Omega} \qquad (۵۹-۲)$$

۲- برای مقاطعی که دارای چند جان سخت نشده هستند (مانند مقطع I شکل که از متصل ساختن پشت به پشت دو مقطع ناودانی ایجاد می‌شود):

$$0.88\left(\frac{P}{P_n}\right)+\left(\frac{M}{M_n}\right)\le\frac{1.46}{\Omega} \qquad (۶۰-۲)$$

ضریب اطمینان در حالت ترکیب خمش و لهیدگی جان برابر $\Omega=1.7$ است.

ب- طراحی به روش حالت حدی

جان‌های سخت نشده مقاطعی که تحت اثر ترکیب خمش و نیروی متمرکز یا واکنش تکیه‌گاهی قرار دارند، به‌گونه‌ای باید طراحی شوند که مقدار لنگر خمشی وارده بر مقطع، $\bar{M}$، و نیروی متمرکز یا واکنش تکیه‌گاهی، $\bar{P}$، شرایط $\bar{M} \le \phi_b M_n$ و $\bar{P} \le \phi_W P_n$ را ارضاء کند. بعلاوه، این مقاطع باید شرایط زیر را نیز ارضاء کنند:

۱- برای مقاطعی که تنها یک جان سخت نشده دارند:

$$0.91\left(\frac{\bar{P}}{P_n}\right)+\left(\frac{\bar{M}}{M_n}\right)\le 1.33\phi \qquad (۶۱-۲)$$

۲- برای مقاطعی که دارای چند جان سخت نشده هستند (مانند مقطع I شکل که از متصل ساختن پشت به پشت دو مقطع ناودانی ایجاد می‌شود):

$$0.88\left(\frac{\bar{P}}{P_n}\right)+\left(\frac{\bar{M}}{M_n}\right)\le 1.46\phi \qquad (۶۲-۲)$$

ضریب کاهش مقاومت در حالت ترکیب خمش و لهیدگی جان برابر $\phi=0.9$ است.

۲-۳-۴-۶- سخت‌کننده‌ها

الف- سخت‌کننده‌های تکیه‌گاهی

سخت‌کننده‌های تکیه‌گاهی که به جان تیرها در محل بارهای متمرکز یا واکنش تکیه‌گاه‌ها متصل می‌شوند، باید براساس عضو تحت فشار طراحی شوند. نیروهای متمرکز یا واکنش تکیه‌گاه‌ها باید مستقیما بر روی سخت‌کننده‌ها وارد شود، بدین منظور هر سخت‌کننده باید بطور دقیق بر قسمت صاف بال منطبق شود تا بار بطور مستقیم از تکیه‌گاه به انتهای سخت‌کننده منتقل شود. نحوه اتصال میان جان مقطع و سخت‌کننده باید براساس مفاد بند ۲-۴ (اتصالات) باشد.

برای بار محوری متمرکز یا واکنش تکیه‌گاهی وارده، مقاومت اسمی، P_n، باید از مقادیر محاسبه شده از دو رابطه زیر کمتر باشد:

$$P_n = F_{wy}A_C \qquad (۶۳-۲)$$

$$P_n = F_nA_b \qquad (۶۴-۲)$$

که در این روابط:

F_{Wy}: کمترین مقدار مابین F_y جان تیر و F_{ys} سخت‌کننده

برای سخت‌کننده تکیه‌گاه‌های داخلی و یا زیر بار متمرکز:

$$A_C = 18t^2 + A_S \qquad (۶۵-۲)$$

$$A_b = b_1t + A_S \qquad (۶۶-۲)$$

$$b_1 = 25t\left[0.0024\left(L_{st}/t\right)+0.72\right]\le 25t \qquad (۶۷-۲)$$

برای سخت‌کننده تکیه‌گاه‌ها انتهایی

$$A_C = 10t^2 + A_S \qquad (۶۸-۲)$$

$$A_b = b_2t + A_S \qquad (۶۹-۲)$$

$$b_2 = 12t\left[0.0044\left(L_{st}/t\right)+0.83\right]\le 12t \qquad (۷۰-۲)$$

در روابط ذکر شده:

t: ضخامت جان تیر

A_S: مساحت سطح مقطع سخت‌کننده تکیه‌گاه

L_{st}: طول سخت کننده تکیه‌گاه

F_n: تنش مجاز اسمی‌تحت اثر بار محوری فشاری که براساس ضابطه بند ۲-۴-۵ (اعضای فشاری) محاسبه می‌شود.

ضرایب اطمینان در این حالت عبارتند از:

$$\Omega_C = 2.00 \quad (ASD)$$

$$\phi_C = 0.85 \quad (LRFD)$$

همچنین نسبت پهنا به ضخامت سخت‌کننده، برای اعضاء سخت شده و سخت نشده نباید به ترتیب از $1.28\sqrt{E/F_{ys}}$ و $0.42\sqrt{E/F_{ys}}$ فراتر رود. t_s در این روابط ضخامت سخت‌کننده است.

ب- سخت‌کننده‌های برشی

فاصله سخت‌کننده‌های برشی براساس نحوه تامی‌ن مقاومت برشی اسمی، V_n، تعیین می‌شود. همچنین نسبت a/h باید بگونه‌ای باشد که از کوچک‌ترین مقدار $\left[260/(h/t)\right]^2$ یا 3.0 بیشتر نشود.

ممان اینرسی در قطعات سخت‌کننده، I_{st}، مربوط به جفت قطعه (در دو طرف جان) و یا مربوط به تک قطعه (در یک طرف جان) نسبت به محوری که از صفحه جان می‌گذرد، باید در رابطه زیر صدق کند:

$$I_{s\min} = 5ht^3\left[h/a - 0.7(a/h)\right] \geq (h/50)^4 \qquad (۷۱-۲)$$

سطح مقطع کلی سخت کننده‌ها نباید کمتر از مقدار زیر در نظر گرفته شود:

$$A_{st} = \frac{1-C_V}{2}\left[\frac{a}{h} - \frac{(a/h)^2}{(a/h)+\sqrt{1+(a/h)^2}}\right]YDht \qquad (۷۲-۲)$$

C_V نسبت کمانش برشی جان است و از رابطه زیر بدست می‌آید:

(برای $C_V \leq 0.8$):

$$C_V = \frac{1.53EK_V}{F_y(h/t)^2} \qquad (۷۳-۲)$$

(برای $C_V>0.8$):

$$C_V = \frac{1.11}{h/t}\sqrt{\frac{EK_V}{F_y}} \qquad (۲-۷۴)$$

K_V عبارتست از عدد کمانش برشی چشمه جان که به کمک رابطهٔ زیر و بر حسب مقدار a/h به دست می‌اید:

(برای $a/h\leq 1.0$):

$$K_V = 4.00 + \frac{5.34}{(a/h)^2} \qquad (۲-۷۵)$$

(برای $a/h>1.0$):

$$K_V = 5.34 + \frac{4.00}{(a/h)^2} \qquad (۲-۷۶)$$

t: ضخامت جان مقطع

h: ارتفاع ازاد (صاف) جان

a: فاصلهٔ خالص بین سخت کننده‌های عرضی جان

Y: نسبت تنش تسلیم فولاد جان تیر به فولاد قطعه سخت کننده

D: برای قطعات سخت کننده جفت برابر ۱/۰، برای قطعات سخت‌کننده تک از نیمرخ نبشی برابر ۱/۸ و برای قطعات سخت‌کننده تک تسمه برابر ۲/۴ است.

۲-۳-۵- اعضای فشاری

اعضاء و پانل‌های فشاری تحت اثر یکی از موارد کمانش خمشی، کمانش پیچشی و کمانش خمشی- پیچشی، گسیخته و به مکانیزم می‌رسد. بنابراین به صورت کلی کمانش و ناپایداری عضو متاثر از اندرکنش کمانش موضعی و کمانش کلی عضو است، که بستگی کامل به لاغری عضو فشاری دارد.

شکل هندسی مقطع عامل بسیار مهمی در ناپایداری عضو به شمار می‌رود. به عنوان مثال یک مقطع بسته مانند مقاطع لوله‌ای هرگزبه صورت مدهای پیچشی و خمشی- پیچشی گسیخته نمی‌شوند، که این امر دریک عضو فشاری بسیار حائز اهمیت است. مقاطع دارای یک یا دو محور تقارن به‌طوری‌که مرکز برش ان منطبق بر مرکز هندسی‌شان است، تحت مدهای پیچشی- خمشی کمانش نمی‌کنند. مد کمانشی خمشی- پیچشی معمولا در مقاطع با یک محور تقارن مانند، نبشی، ناودانی، C شکل و یا مقاطع کلاهی شکل (Ω) ایجاد می‌شود.

به عبارت دیگر اگر طول عضو در محدوده‌ای باشد که پیچش و کمانش خمشی- پیچشی در آن

ایجاد شود، این عضو تحت بار کمتری نسبت به عضو دیگری که دارای لاغری یکسان $(\frac{Kl}{r})$، ولی تحت پیچش نیست کمانش می‌کند.با استفاده از بادبند یا مهاری به سادگی می‌توان از مد پیچشی یک عضو جلوگیری نمود. به عنوان مثال در صورتی که فاصله stud در دیوارها کم باشد، مقاومت پیچشی افزایش می‌یابد. stud در دیوار نقش بادبند و مهار را ایفا می‌کند و ظرفیت کمانشی دیوار را افزایش می‌دهد.

در صورتیکه برایند نیروهای وارده بر مقطع بصورت یک نیروی متمرکز بر مرکز سطح مقطع وارد شود، مقاومت اسمی‌مقطع، P_n، به‌صورت رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$P_n = A_e F_n$$
$$\Omega_t = 1.80 \quad (ASD) \qquad (۷۷-۲)$$
$$\phi_t = 0.85 \quad (LRFD)$$

A_e در این رابطه سطح مقطع موثر است، در حالتیکه تنش وارده بر مقطع برابر با F_n باشد.

تبصره: مقاطع تک نبشی تحت اثر بار محوری، باید برای ترکیب بار محوری فشاری و لنگر خمشی و براساس ضوابط بند ۲-۴-۶ طراحی شوند.

تنش اسمی‌فشاری مقطع، F_n، براساس روابط زیر قابل محاسبه است:

(برای $\lambda_C \leq 1.5$):

$$F_n = \left(0.658^{\lambda_C^2}\right) F_y \qquad (۷۸-۲)$$

(برای $\lambda_C > 1.5$):

$$F_n = \left[\frac{0.877}{\lambda_C^2}\right] F_y \qquad (۷۹-۲)$$

که در این روابط:

$$\lambda_C = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}} \qquad (۸۰-۲)$$

F_e: کوچک‌ترین مقدار تنش کمانشی الاستیک خمشی، پیچشی، خمشی- پیچشی مقطع است، که براساس ضوابط زیر، محاسبه می‌شود:

الف) مقاطع بدون کمانش پیچشی یا خمشی- پیچشی

برای مقاطع با دو محور تقارن، مقاطعی با سطح مقطع بسته و هر مقطعی که بتوان ثابت کرد که تحت اثر کمانش پیچشی یا خمشی- پیچشی قرار نمی‌گیرد، تنش کمانش خمشی، F_e، به‌صورت زیر

محاسبه می‌شود:

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(KL/r\right)^2} \qquad (۸۱-۲)$$

که در این رابطه:

E: ضریب ارتجاعی فولاد

K: ضریب طول موثر

L: طولی از عضو که مهار جانبی ندارد (محور به محور)

r: شعاع ژیراسیون سطح مقطع کاهش نیافته حول محور کمانش

در قاب‌هایی که از حرکت جانبی آن‌ها جلوگیری شده است، از جمله با استفاده از مهاربند قطری، دیوارهای برشی، متصل ساختن سازه به سازه‌ای جدا که پایداری جانبی کافی دارد، یا دال کفی که به صورت افقی به وسیله سیستم‌های مهاربندی و دیوارهایی موازی صفحه قاب مهار شده است و در خرپاها، ضریب طول موثر، K، برای اعضاء فشاری به سختی خمشی مقطع آن‌ها بستگی نداشته، و در اعضاء فشاری این سیستم‌ها این ضریب برابر واحد منظور می‌شود.

قاب‌هایی که پایداری جانبی آن‌ها از طریق سختی خمشی اعضای قاب تامی‌ن می‌شود، طول مؤثر اعضای فشاری، KL، باید با تجزیه و تحلیل وضع موجود تعیین شود، و هیچ‌گاه نباید کمتر از طول واقعی عضو در نظر گرفته شود. برای این منظور می‌توان از روابط ارائه شده در فصل اعضای فشاری ستون، مبحث دهم مقررات ملی ساختمان (طرح و اجرای ساختمانهای فولادی) استفاده نمود.

ب) مقاطع با یک یا دو محور تقارن تحت اثر کمانش پیچشی یا خمشی- پیچشی

برای مقاطعی با یک محور تقارن تحت اثر کمانش خمشی- پیچشی، مقدار F_e باید برابر با کوچک‌ترین مقدار محاسبه شده از طریق بند ۲-۴-۵- الف و رابطه زیر در نظر گرفته شود:

$$F_e = \frac{1}{2\beta}\left[(\sigma_{ex}+\sigma_t) - \sqrt{(\sigma_{ex}+\sigma_t)^2 - 4\beta\sigma_{ex}\sigma_t}\right] \qquad (۸۲-۲)$$

به عنوان یک برآورد تقریبی برای F_e می‌توان از رابطه زیر استفاده نمود:

$$F_e = \frac{\sigma_{ex}\sigma_t}{\sigma_{ex}+\sigma_t} \qquad (۸۳-۲)$$

که در این روابط:

$$\beta = 1-\left(x_0/r_0\right)^2 \qquad (۸۴-۲)$$

σ_t و σ_{ex} مقادیری هستند که در بند ۲-۳-۴-۱ در قسمت الف و در بند ۲ آن تعریف شده‌اند.

توجه شود که در محاسبه روابط بالا برای مقاطع با تنها یک محور تقارن، محور x باید بر محور تقارن عضو منطبق باشد.

در مورد مقاطع دارای دو محور تقارن تحت اثر کمانش پیچشی، مقدار F_e باید برابر با کوچک‌ترین مقدار محاسبه شده از طریق بند ۲-۳-۵-الف و $F_e=\sigma_t$ در نظر گرفته شود که σ_t در بند ۲-۳-۴-۱ در قسمت الف و در بند ۲ آن تعریف شده است.

برای مقاطع نبشی سخت نشده دارای یک محور تقارن که سطح مقطع مؤثر (A_e)در تنش F_y برابر است با کل سطح مقطع کاهش نیافته (A)، مقدار F_e باید از طریق بند ۲-۳-۵-الف با فرض کوچک‌ترین مقدار شعاع ژیراسیون محاسبه شود.

ج) مقاطع دارای تقارن مرکزی

در مورد مقاطع دارای تقارن مرکزی مقدار F_e باید برابر با کوچک‌ترین مقدار محاسبه شده از طریق بند ۲-۳-۵ الف با استفاده از محور اصلی فرعی مقطع، و $F_e=\sigma_t$ در نظر گرفته شود که σ_t در بند ۲-۳-۴-۱ در قسمت الف و در بند ۲ آن تعریف شده است.

د) مقاطع نامتقارن

برای مقاطعی که دارای هیچگونه تقارن محوری یا مرکزی نمی‌باشند، مقدار F_e باید از طریق تحلیل‌های رایج محاسبه شود.

۲-۳-۶- ترکیب بار محوری و لنگر خمشی

۲-۳-۶-۱- ترکیب نیروی محوری کششی و خمش

الف- طراحی به روش تنش مجاز

اعضایی که تحت اثر کشش محوری، T، توام با لنگر خمشی،M_x و M_y، قرار می‌گیرند، باید طوری طراحی شوند، که در تمام نقاط طول عضو روابط زیر را برآورده نمایند:

$$\frac{\Omega_b M_x}{M_{nxt}}+\frac{\Omega_b M_y}{M_{nyt}}+\frac{\Omega_t T}{T_n}\le 1.0 \qquad (۸۵-۲)$$

$$\frac{\Omega_b M_x}{M_{nx}}+\frac{\Omega_b M_y}{M_{ny}}-\frac{\Omega_t T}{T_n}\le 1.0 \qquad (۸۶-۲)$$

که در این رابطه:

$1.67=\Omega_b=\Omega_t$

M_x و M_y، لنگرهای خمشی حداکثر وارد بر عضو نسبت به محور مرکزی مقطع

$$M_{nxt}, M_{nyt} = S_{ft} F_y \qquad (۸۷-۲)$$

S_{ft} مدول مقطع سطح کلی کاهش نیافته است، که با فرض وجود تنش کششی حداکثر در تار انتهایی عضو و حول محور مورد نظر

T نیروی محوری حداکثر وارد بر عضو

T_n مقاومت اسمی‌محوری مقطع که براساس ضوابط بند ۲-۴-۳ تعیین می‌شود.

M_{nx} و M_{ny}، مقاومت خمشی اسمی‌مقطع حول محور مورد نظر که براساس ضوابط بند ۲-۴-۴-۱، در قسمت الف تعیین می‌شوند.

ب- طراحی به روش حالت حدی

اعضایی که تحت اثر کشش محوری، T، توام با لنگر خمشی،M_x و M_y، قرار می‌گیرند، باید طوری طراحی شوند، که در تمام نقاط طول عضو روابط زیر را براورده نمایند:

$$\frac{\bar{M}_x}{\phi_b M_{nxt}} + \frac{\bar{M}_y}{\phi_b M_{nyt}} + \frac{\bar{T}}{\phi_t T_n} \le 1.0 \qquad (۸۸-۲)$$

$$\frac{\bar{M}_x}{\phi_b M_{nx}} + \frac{\bar{M}_y}{\phi_b M_{ny}} + \frac{\bar{T}}{\phi_t T_n} \le 1.0 \qquad (۸۹-۲)$$

که در این رابطه:

$\phi_t = 0.95$

ϕ_bضریب کاهش مقاومت خمشی که براساس ضوابط بند ۲-۴-۴-۱، در قسمت الف و شرایط مقطع و تکیه‌گاه جانبی عضو تعیین می‌شود.

$\bar{M}_x$ و $\bar{M}_y$، لنگرهای خمشی حداکثر وارد بر عضو نسبت به محور مرکزی مقطع براساس ترکیب بارهای ضریب‌دار

$$M_{nxt}, M_{nyt} = S_{ft} F_y \qquad (۹۰-۲)$$

S_{ft} مدول مقطع سطح کلی کاهش نیافته است، که با فرض وجود تنش کششی حداکثر در تار انتهایی عضو و حول محور مورد نظر

$\bar{T}$نیروی محوری حداکثر وارد بر عضو براساس ترکیب بارهای ضریب‌دار

T_n مقاومت اسمی‌محوری مقطع که براساس ضوابط بند ۲-۴-۳ تعیین می‌شود.

M_{nx} و M_{ny}، مقاومت خمشی اسمی‌مقطع حول محور مورد نظر که براساس ضوابط بند ۲-۴-۴-۱، در قسمت الف تعیین می‌شوند.

۲-۳-۶-۲- ترکیب نیروی محوری فشاری و خمش

الف- طراحی به روش تنش مجاز

اعضایی که تحت اثر فشار محوری، P، توام با لنگر خمشی،M_x و M_y، قرار می‌گیرند، باید طوری طراحی شوند، که در تمام نقاط طول عضو روابط زیر را برآورده نمایند:

$$\frac{\Omega_C P}{P_n}+\frac{\Omega_b C_{mx} M_x}{M_{nx}\alpha_x}+\frac{\Omega_b C_{my} M_y}{M_{ny}\alpha_y}\le 1.0 \qquad (۹۱-۲)$$

$$\frac{\Omega_C P}{P_{no}}+\frac{\Omega_b M_x}{M_{nx}}+\frac{\Omega_b M_y}{M_{ny}}\le 1.0 \qquad (۹۲-۲)$$

در صورتیکه $\frac{\Omega_C P}{P_n}\le 0.15$، می‌توان از اثرات تشدید لنگر صرفه نظر نمود و به جای روابط بالا تنها رابطهٔ زیر را ارضاء نمود:

$$\frac{\Omega_C P}{P_n}+\frac{\Omega_b M_x}{M_{nx}}+\frac{\Omega_b M_y}{M_{ny}}\le 1.0 \qquad (۹۳-۲)$$

برای مقاطع نبشی سخت نشده دارای یک محور تقارن با مساحت مؤثر کاهش نیافته، M_y را تنها می‌توان برابر با مقاومت خمشی مورد نیاز در نظر گرفت. در مورد بقیه مقاطع نبشی یا مقاطع نبشی سخت نشده دارای یک محور تقارن که مساحت مؤثر (Ae) آن‌ها در تنش تسلیم کمتر از کل سطح مقطع کاهش نیافته است (A)، مقدار M_y را باید بگونه‌ای از بین مقاومت خمشی مورد نیاز و مقاومت خمشی مورد نیاز بعلاوه $\frac{PL}{1000}$ انتخاب نمود که مقدار مجاز نیروی محوری کمتری به دست آید.

متغیرهای در روابط بالا به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$\Omega_C=1.80$

$\Omega_b=1.67$

P_n: مقاومت فشاری اسمی‌که براساس ضوابط بند ۲-۴-۵ تعیین می‌شود

M_{nx} و M_{ny}، مقاومت خمشی اسمی مقطع حول محور مورد نظر که براساس ضوابط بند ۲-۴-۴-۱، در قسمت الف تعیین می‌شوند.

$$\alpha_x=1-\frac{\Omega_C P}{P_{Ex}}>0 \qquad (۹۴-۲)$$

$$\alpha_y=1-\frac{\Omega_C P}{P_{Ey}}>0 \qquad (۹۵-۲)$$

P_{Ex} و P_{Ey} بار بحرانی مقطع، حول محورهای خمش

$$P_{Ex} = \frac{\pi^2 EI_x}{\left(K_x L_x\right)^2} \qquad (۹۶-۲)$$

$$P_{Ey} = \frac{\pi^2 EI_y}{\left(K_y L_y\right)^2} \qquad (۹۷-۲)$$

I_x و I_y، ممان اینرسی کل مقطع کاهش نیافته حول محورهای x و y

K_x و K_y، ضریب طول مؤثر کمانش عضو حول محورهای x و y

L_x و L_y، طول بدون مهار جانبی خمشی عضو حول محورهای x و y

P_{no}: مقاومت فشاری اسمی‌که براساس ضوابط بند ۲-۴-۵ و با فرض $F_n=F_y$ تعیین می‌شود.

C_{mx} و C_{my}، ضرایب می‌زان هم‌مکانی لنگر حداکثر با لنگر ناشی از اثرات $P-\Delta$ که مقدار ان به شرح زیر تعیین می‌شود:

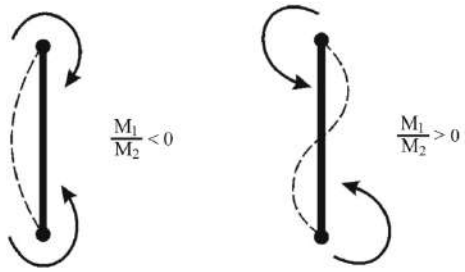
برای اعضای فشاری در قاب‌های مهارنشده (حرکت جانبی گره‌ها ازاد است):

$$C_m = 0.85$$

برای اعضای فشاری در قاب‌های مهارشده (از حرکت جانبی گره‌ها جلوگیری شده است)، مشروط بر آنکه بار مستقیم خارجی در بین دو انتهای عضو، در صفحهٔ خمش بر ان وارد نشود:

$$C_m = 0.6 - 0.4\left(\frac{M_1}{M_2}\right) \geq 0.4 \qquad (۹۸-۲)$$

در این رابطه $\frac{M_1}{M_2}$ (نسبت لنگر کوچک‌تر به لنگر بزرگ‌تر در دو انتهای طول مهارنشدهٔ عضو) مثبت است اگرعضو تحت اثر انحنای مضاعف باشد و منفی است اگر انحنای عضو ساده باشد.



برای اعضای فشاری در قاب‌های مهارشده و تحت اثر بارهای خارجی وارده در بین دو انتها، مقدار

C_m باید به‌وسیلهٔ تحلیل مستدل تعیین شود. به جای استفاده از تحلیل مزبور می‌توان از اعداد زیر استفاده نمود:

برای اعضایی که اتصال دو انتهای آن‌ها گیردار باشد:

$$C_m = 0.85$$

برای اعضایی که اتصال دو انتهای آن‌ها ساده باشد:

$$C_m = 1.0$$

ب- طراحی به روش حالت حدی

اعضایی که تحت اثر فشار محوری، $\bar{P}$، توام با لنگر خمشی، $\bar{M}_x$ و $\bar{M}_y$، حاصل از ترکیب بارهای ضریب‌دار قرار می‌گیرند، باید طوری طراحی شوند، که در تمام نقاط طول عضو روابط زیر را برآورده نمایند:

$$\frac{\bar{P}}{\phi_C P_n} + \frac{C_{mx}\bar{M}_x}{\phi_b M_{nx}\alpha_x} + \frac{C_{my}\bar{M}_y}{\alpha_b M_{ny}\alpha_y} \le 1.0 \qquad (۹۹-۲)$$

$$\frac{\bar{P}}{\phi_C P_{no}} + \frac{\bar{M}_x}{\phi_b M_{nx}} + \frac{\bar{M}_y}{\alpha_b M_{ny}} \le 1.0 \qquad (۱۰۰-۲)$$

در صورتیکه $\frac{\bar{P}}{\alpha_C P_n} \le 0.15$، می‌توان از اثرات تشدید لنگر صرف نظر نمود و به جای روابط بالا تنها رابطهٔ زیر را ارضاء نمود:

$$\frac{\bar{P}}{\phi_C P_n} + \frac{\bar{M}_x}{\phi_b M_{nx}} + \frac{\bar{M}_y}{\alpha_b M_{ny}} \le 1.0 \qquad (۱۰۱-۲)$$

برای مقاطع نبشی سخت نشده دارای یک محور تقارن با مساحت مؤثر کاهش نیافته، $\bar{M}_y$ را تنها می‌توان برابر با مقاومت خمشی مورد نیاز در نظر گرفت. در مورد بقیه مقاطع نبشی یا مقاطع نبشی سخت نشده دارای یک محور تقارن که مساحت مؤثر (Ae) آن‌ها در تنش تسلیم کمتر از کل سطح مقطع کاهش نیافته است (A)، مقدار $\bar{M}_y$ را باید بگونه‌ای از بین مقاومت خمشی مورد نیاز و مقاومت خمشی مورد نیاز بعلاوه $\frac{\bar{P}L}{1000}$ انتخاب نمود که مقدار مجاز نیروی محوری کمتری به دست آید.

متغیرهای روابط بالا به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$\phi_C = 0.85$

ϕ_b ضریب کاهش مقاومت خمشی که براساس ضوابط بند ۲-۳-۴-۱، در قسمت الف و شرایط مقطع و تکیه‌گاه جانبی عضو تعیین می‌شود

P_n: مقاومت فشاری اسمی‌که براساس ضوابط بند ۲-۳-۵ تعیین می‌شود

M_{nx} و M_{ny}، مقاومت خمشی اسمی‌مقطع حول محور مورد نظر که براساس ضوابط بند ۲-۳-۴-۱، در قسمت الف تعیین می‌شوند.

$$\alpha_x = 1 - \frac{\bar{P}}{P_{Ex}} > 0 \qquad (۱۰۲-۲)$$

$$\alpha_y = 1 - \frac{\bar{P}}{P_{Ey}} > 0 \qquad (۱۰۳-۲)$$

P_{Ex} و P_{Ey} بار بحرانی مقطع حول محورهای خمش

$$P_{Ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{\left(K_x L_x\right)^2} \qquad (۱۰۴-۲)$$

$$P_{Ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{\left(K_y L_y\right)^2} \qquad (۱۰۵-۲)$$

I_x و I_y، ممان اینرسی کل مقطع کاهش نیافته حول محورهای x و y

K_x و K_y، ضریب طول مؤثر کمانش عضو حول محورهای x و y

L_x و L_y، طول بدون مهار جانبی خمشی عضو حول محورهای x و y

P_{no}: مقاومت فشاری اسمی‌که براساس ضوابط بند ۲-۳-۵ و با فرض $F_n=F_y$ تعیین می‌شود

C_{mx} و C_{my}، ضرایب میزان هم‌مکانی لنگر حداکثر با لنگر ناشی از اثرات $P-\Delta$ که مقدار ان به شرح زیر تعیین می‌شود:

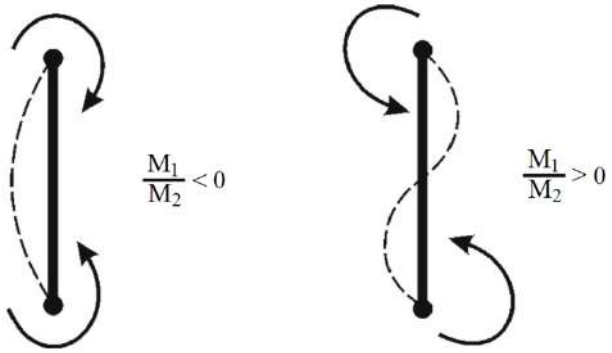
برای اعضای فشاری در قاب‌های مهارنشده (حرکت جانبی گره‌ها ازاد است):

$$C_m = 0.85$$

برای اعضای فشاری در قاب‌های مهارشده (از حرکت جانبی گره‌ها جلوگیری شده است)، مشروط بر آنکه بار مستقیم خارجی در بین دو انتهای عضو، در صفحهٔ خمش بر آن وارد نشود:

$$C_m = 0.6 - 0.4\left(\frac{M_1}{M_2}\right) \geq 0.4 \qquad (۱۰۶-۲)$$

در این رابطه $\frac{M_1}{M_2}$ (نسبت لنگر کوچک‌تر به لنگر بزرگ‌تر در دو انتهای طول مهارنشدهٔ عضو) مثبت است اگرعضو تحت اثر انحنای مضاعف باشد و منفی است اگر انحنای عضو ساده باشد.



برای اعضای فشاری در قاب‌های مهارشده و تحت اثر بارهای خارجی وارده در بین دو انتها، مقدار Cm باید به‌وسیلهٔ تحلیل مستدل تعیین شود. به جای استفاده از تحلیل مزبور می‌توان از اعداد زیر استفاده نمود:

برای اعضایی که اتصال دو انتهای آن‌ها گیردار باشد:

$$C_m = 0.85$$

برای اعضایی که اتصال دو انتهای آن‌ها ساده باشد:

$$C_m = 1.0$$

۲-۳-۷- طراحی اعضای سرد نورد شده در بارگذاری سیکلی

این بند باید در مورد اعضایی استفاده شود که تحت اثر بارهای سیکلی (رفت و برگشتی)، با محدوده دامنه و فرکانس کافی جهت ایجاد ترک و گسیختگی، هستند.

۲-۳-۷-۱- کلیات

زمانی که طراحی تحت اثر بارهای سیکلی مدنظر است، تنش‌های محاسبه شده باید براساس بارهای دون ضریب انجام شود و در این حالت حداکثر تنش کششی مجاز تحت این بارهای بدون ضریب برابر است با $0.6F_y$.

محدوده تنش عبارتست از می‌زان تغییر در تنش به دلیل اعمال و برداشتن بارهای زنده بدون ضریب. در حالتیکه جهت تنش‌های وارده بر مقطع عوض می‌شود، محدوده تنش برابر است با جمع قدر مطلق حداکثر مقدار تنش کششی یا فشاری و قدرمطلق حداکثر مقدارتنش برشی جهت دیگر تنش، در نقطهٔ احتمال اغاز ترک خوردگی.

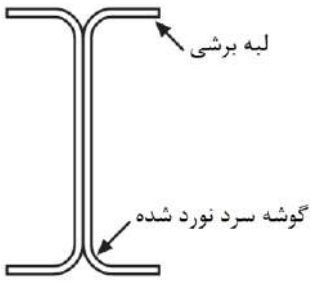
اگر چرخه‌های اعمال بار زنده کمتر از ۲۰۰۰۰ چرخه باشد، نیازی به بررسی مقاومت خستگی نیست. ضوابط عنوان شده در این بخش باید برای فولادهای دارای پوشش محافظ، شرایط اب و

هوایی غیر تهاجمی و درجه حرارت کمتر از ۱۴۹ درجه سلسیوس استفاده شود.

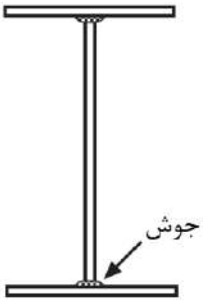
از انجا که احتمال وارد شدن همزمان کل بار زلزله و باد بعید به نظر می‌رسد، بنابراین، نیازی به بررسی مقاومت خستگی در برابر بار باد اعمالی به ساختمان نیست. همچنین اگر محدوده تنش بار زنده کمتر از محدوده تنش آغازین، F_{TH}، باشد، نیازی به بررسی مقاومت خستگی نیست.

جدول ۲- ۷ - پارامترهای مورد نیاز در طراحی اعضای سردنورد شده در بارگذاری سیکلی

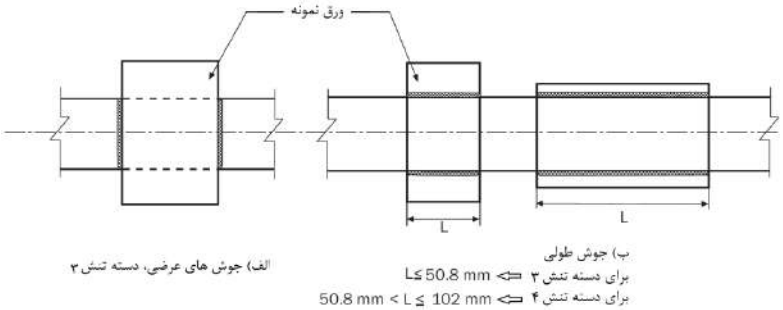
تعریف	دسته تنش	ضریب C_f	تنش آغازین خستگی، F_{TH} MPa (kg/cm^2)
فلز مادر و اجزاء سطوح نورد شده، شامل لبه‌های برشی و گوشه‌های سرد نورد شده	1	3.2×10^{10}	172 (1720)
فلز مادر و فلز جوش در اعضاء متصل شده با جوش‌های طولی پیوسته	2	1.0×10^{10}	103 (1030)
اجزاء جوش‌شده به ورق و تیر، جوش‌های گوشه عرضی، جوش‌های گوشه طولی با بعد کوچک‌تر مساوی 50.8 mm، جوش‌های انگشتانه و اتصالات پیچ و مهره‌ای و پیچی	3	3.2×10^{9}	110 (1100)
جوش‌های گوشه طولی با بعد بزرگ‌تر از 50.8 mm موازی با جهت تنش اعمالی، جوش‌های منقطع موازی با بار وارده	4	1.0×10^{9}	62 (620)



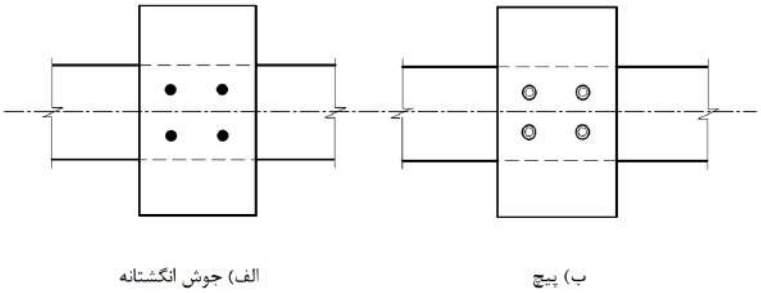
شکل ۲-۱۲- جزئیات نمونه برای دسته تنش ۱



شکل ۲-۱۳- جزئیات نمونه برای دسته تنش ۲



شکل ۲- ۱۴- جزئیات نمونه برای دسته تنش ۳ و ۴



شکل ۲- ۱۵- جزئیات نمونه برای دسته تنش ۳

۲-۳-۷-۲- فرضیات محاسبه بیشترین و محدوده تنش

محاسبه تنش باید براساس تحلیل‌های الاستیک انجام شود. در صورت وجود تغییر ناگهانی در هندسه، استفاده از ضرایب افزایش تمرکز تنش مجاز نیست.

در صورت ترکیب نیروی محوری و لنگر خمشی، بیشترین تنش‌های در نظر گرفته شده برای هر بخش باید براساس ترتیب همزمانی بارهای وارده، تعیین شود.

برای اعضایی با مقطع متقارن، اجزاء اتصال و جوش‌ها باید به صورت متقارن در حول محور مقطع

قرار گیرند، یا تنش‌های ایجاد شده به دلیل قرارگیری نامتقارن اجزاء اتصال و جوش‌ها را باید در محاسبه محدوده تنش در نظر گرفت.

۲-۳-۷-۳- محدوده تنش طراحی

برای تمامی‌دسته تنش‌های ذکر شده، محدوده تنش تحت اثر بارهایی سرویس نباید از محدوده تنش طراحی، F_{SR}، محاسبه شده براساس رابطه زیر فراتر رود:

$$F_{SR} = \left(\alpha C_f / N \right)^{0.333} \geq F_{TH} \qquad (۱۰۷-۲)$$

که در این رابطه:

F_{TH}: تنش آغازین خستگی، محدوده تنش حداکثر برای طول عمر نامعین براساس جدول ۷،

α: ضریب تبدیل واحد، اگر تنش براساس MPa در نظر گرفته شود $\alpha=327$، و اگر تنش براساس kg/cm^2 در نظر گرفته شود $\alpha=352000$،

C_f: ضریب ثابت براساس جدول۷،

N: تعداد نوسان‌های محدوده تنش در طول عمر طراحی.

۲-۳-۷-۴- اجزاء پیچ شده

برای اتصالات با اجزاء اتصال دهنده مکانیکی تحت اثر برش، حداکثر محدوده تنش در مصالح اتصال تحت اثر بارهای سرویس نباید از محدوده تنش طراحی محاسبه شده براساس رابطه (۲-۱۰۷) فراتر رود. در این حالت ضریب C_f برابر است با 22×10^8 و تنش اغازین خستگی، F_{TH}، باید 48 MPa (492 kg/cm^2) منظور شود.

برای پیچ‌های پر مقاومتی که به طور کامل سفت نمی‌شوند، پیچ‌های معمولی و میله‌های مهاری با رزوه‌های گرد، مرتب بریده شده یا نورد شده، محدوده حداکثر تنش کششی ناشی از بار محوری اعمالی و لنگر خمشی اضافی ناشی از اثرات بلندشدگی در سطح مقطع خالص، نباید از محدوده تنش طراحی محاسبه شده براساس رابطه (۲-۱۰۷) فراتر رود. در این حالت ضریب Cf برابر است با 3.9×108و تنش اغازین خستگی، FTH، بایدMPa 48 (492 kg/cm2) منظور شود. سطح مقطع

خالص براساس رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$A_t = \frac{\pi}{4}\left[d_b - (0.9382\,p)\right]^2 \qquad (۱۰۸-۲)$$

که در رابطه ذکر شده:

A_t: سطح مقطع خالص کششی،

A_t: قطر اسمی‌جزء،

n: تعداد دنده در واحد طول،

p: گام رزوه‌ها (mm به ازای هر دنده اگر تنش براساس MPa در نظر گرفته شود، و cm به ازای هر دنده اگر تنش براساس kg/cm^2 در نظر گرفته شود).

۲-۳-۷-۵- مسایل ویژه در ساخت

ورق‌های پشتی، در اتصالات جوشی، که موازی محدوده تنش است باید در محل خود باقی مانده و به صورت پیوسته استفاده شود. همچنین اگر این ورق‌ها عمود بر محدوده تنش باشند، باید این ورق به نحو مناسب برداشته شده و محل‌های مورد نیاز جوشکاری مجدد شود.

زبری گوشه‌های بریده شده با مشعل تحت اثر بارهای سیکلی، باید حداکثر $25\mu m$ باشد. سوراخ های دسترسی جوش باید فراخی کامل را داشته باشند (با حداقل شعاع 9.53 mm). این سوراخ‌ها و نیز قسمت‌های برش داد شده در انتهای اعضاء تحت بار سیکلی باید به صورت کاملا یکنواخت، با انحنای ملایم و بدون گوشه تیز، با حداکثر زبری $25\mu m$، تعبیه شوند.

۲-۴- اتصالات

۲-۴-۱- مقدمه

اتصالات باید برای انتقال مقاومت مورد نیاز یا نیروهای تحت بارهای ضریبدار (هرکدام که بحرانی‌تر باشد)، که در اعضای متصل به هم با در نظر گرفتن خر و جاز مرکزیت موجود وارد می‌شود، طراحی گردند. روش‌های عمومی که جهت اتصال اعضاء سرد نورد شده به کار می‌روند عبارتند از: اتصالات جوشی (Welded Connections)، اتصالات پیچ و مهره‌ای (Bolted Connections) و اتصالات پیچی (Screw Connections).

۲-۴-۲- اتصالات جوشی

معیار طراحی این گونه اتصالات، برای اتصالات جوشی اعضای سازه‌ای سرد نورد شده‌ای است که در آن ضخامت نازکترین عضو متصل شونده برابر ۴/۷۶ میلیمتر ($\frac{3}{16}$ اینچ) و یا کمتر است. برای طراحی اتصالات جوشی که در آن ضخامت نازکترین عضو متصل شونده بیشاز ۴/۷۶ میلیمتراست، باید از ضوابط ارائه شده در مبحث دهم مقررات ملی ساختمان استفاده نمود.

جوش‌ها و جوشکارها باید براساس استاندارد AWS D1.3 طرح و اجرا و تائید صلاحیت شوند. در طراحی اتصالات جوشی باید از ضوابط زیر جهت تعیین مقاومت اتصال و سایر معیارهای طراحی استفاده نمود:

۲-۴-۲-۱- جوش شیار در اتصالات لب به لب

مقاومت اسمی، P_n، یک جوش شیاری در اتصال لب به لب، که از یک یا دو جهت جوش داده می‌شود، باید براساس یکی از دو حالت زیر تعیین شود:

الف) برای کشش یا فشار عمودی وارد بر ناحیه موثر یا به موازات محور جوش:

$$P_n = Lt_eF_y$$
$$\Omega = 1.70\,(ASD) \qquad (۱۰۹-۲)$$
$$\phi = 0.90\,(LRFD)$$

ب) برای برش وارد بر ناحیه موثر، مقاومت اسمی باید کوچک‌ترین مقدار محاسبه شده از روابط زیر انتخاب شود:

$$P_n = Lt_e 0.6F_{xx}$$
$$\Omega = 1.90\,(ASD) \qquad (۱۱۰-۲)$$
$$\phi = 0.80\,(LRFD)$$

$$P_n = {Lt_e F_y}/{\sqrt{3}}$$
$$\Omega = 1.70\,(ASD) \qquad (۱۱۱-۲)$$
$$\phi = 0.90\,(LRFD)$$

که در این روابط:

P_n: مقاومت اسمی‌جوش شیاری

L: طول جوش

t_e: موثر گلویی جوش

F_y: تنش تسلیم فلز با کمترین مقاومت

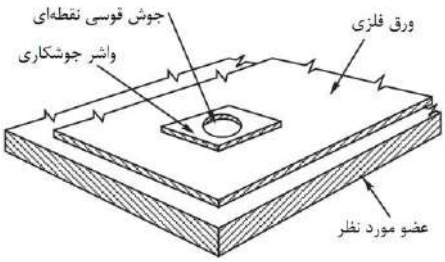
F_{xx}: مقاومت کششی که براساس رده الکترودها تعیین می‌شود.

۲-۴-۲-۲- جوش قوسی نقطه‌ای (انگشتانه)

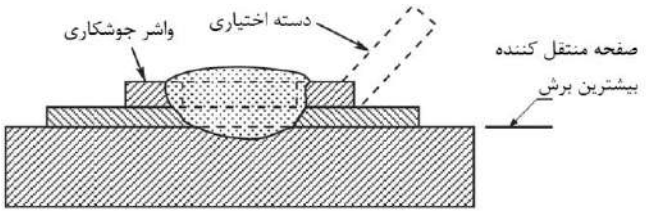
جوش‌های انگشتانه که در این دستورالعمل مجاز شناخته شده‌اند، باید برای اتصال ورق‌های فلزی به اعضاء ضخیم‌تر و یا اتصال ورق به ورق در وضعیت مسطح استفاده شود. جوش‌های انگشتانه نباید برای اتصالاتی که در آن‌ها ضخامت قطعه نازکتر بیشتر از ۳/۸۱ میلیمتر (۰/۱۵ اینچ) و نیز برای اتصال مجموعه‌ای از ورق‌ها با ضخامت کل بیشتر از ۳/۸۱ میلیمتر، استفاده شود.

همانطور که در اشکال زیر نشان داده شده است، واشرهای جوش باید برای اتصال صفحات با ضخامت کمتر از ۰/۷۱۱ میلیمتر (۰/۰۲۸ اینچ) به کار روند. واشرهای جوش باید دارای ضخامت بین ۱/۲۷ میلیمتر (۰/۰۵ اینچ) و ۲/۰۳ میلیمتر (۰/۰۸ اینچ) و باحداقل قطر سوراخ ۹/۵۳ میلیمتر (۸/۳ اینچ) باشند. در اتصال ورق به ورق نیازی به واشر جوش نیست.

جوش‌های انگشتانه بایستی براساس مینیمم قطر موثر ناحیه گداخته d_e تعیین گردند. حداقل قطر موثر مجاز برابر با ۹/۵ میلیمتر ($\frac{3}{8}$ اینچ) است.



شکل ۲- ۱۶- نحوه استفاده از واشر جوشکاری



شکل ۲- ۱۷- جزئیات جوش انگشتانه با استفاده از واشر جوشکاری

الف- برش

الف-۱- حداقل فاصله تا لبه

فاصله اندازه‌گیری شده در امتداد نیروی وارده و در امتداد خط عبوری از مرکز سطح جوش تا نزدیک‌ترین لبه جوش یا تا انتهای قسمتی که نیرو بر ان وارد می‌شود، نباید کمتر از مقدار e_{min} محاسبه شده براساس روابط زیر باشد. منظور ازحداقل فاصله تا لبه جوش انگشتانه، فاصله میان مرکز جوش و لبه ورق است (همانند شکل ۲-۱۸).

$$e_{\min} = \frac{P\Omega}{F_u t} \quad (ASD) \qquad (۱۱۲-۲)$$

$$e_{\min} = \frac{\overline{P}}{\phi F_u t} \quad (LRFD) \qquad (۱۱۳-۲)$$

ضرایب اطمینان در این حالت به صورت زیر تعیین می‌شوند:

برای $F_u / F_{sy} \geq 1.08$:

$$\Omega = 2.20 \ (ASD)$$
$$\phi = 0.70 \ (LRFD)$$

برای $F_u/F_{sy} < 1.08$:

$$\Omega = 2.55 \ (ASD)$$
$$\phi = 0.60 \ (LRFD)$$

که در این روابط:

P: مقاومت برشی مورد نیاز (نیروی اسمی) انتقال داده شدهتوسط جوش (در طراحی به روش تنش مجاز)

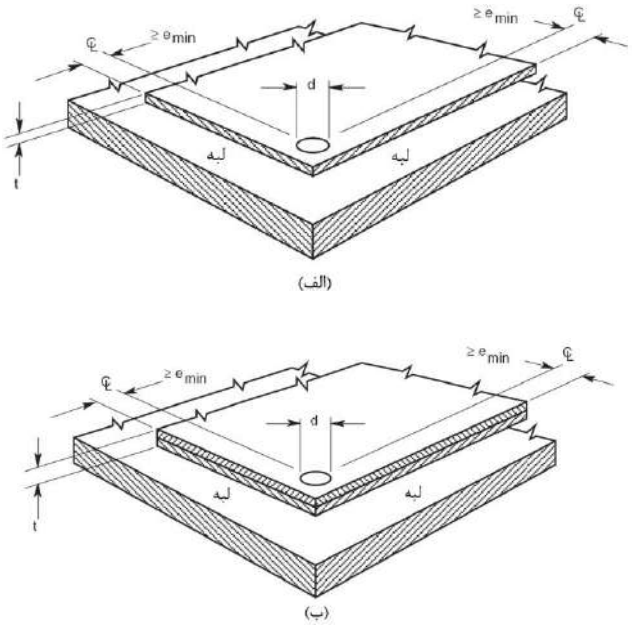
F_u: مقاومت گسیختگی فلز ورق

t: ضخامت کل ورق فولادی (بدون در نظر گرفتن پوشش) مورد استفاده در انتقال برش

$\overline{P}$: مقاومت برشی مورد نیاز (نیروی برشی ضریب‌دار) انتقال داده شده به وسیله جوش (در طراحی به روش حالت حدی)

F_{sy}: تنش تسلیم فلز

همچنین در هیچ حالتی فاصله بین خط مرکزی جوش تا انتهای مرز اتصال نباید کمتر از $1.5d$ و فاصله خالص بین جوش و انتهای عضو نباید کمتر از $1.0d$ شود.



شکل ۲- ۱۸- حداقل فاصله لبه‌ای در جوش انگشتانه، الف- تک ورق، ب- دو ورق

الف-۲- مقاومت برشی ورق جوش شده به عضو ضخیم‌تر

مقاومت برشی اسمی و ضرایب اطمینان طراحی، برای هر جوش انگشتانه بین یک ورق یاچند ورق و یک عضو ضخیم‌تر باید با برابر با کوچک‌ترین مقدار محاسبه شده در حالات زیرانتخاب شود:

$$P_n = \frac{\pi d_e^2}{4} 0.75 F_{xx}$$
$$\Omega = 2.55\,(ASD)$$
$$\phi = 0.60\,(LRFD)$$
(۱۱۴-۲)

برای $d_a/t \le 0.815\sqrt{E/F_u}$:

$$P_n = 2.20 t d_a F_u$$
$$\Omega = 2.20\,(ASD)$$
$$\phi = 0.70\,(LRFD)$$
(۱۱۵-۲)

برای $0.815\sqrt{E/F_u} < d_a/t \le 1.397\sqrt{E/F_u}$:

$$P_n = 0.280\left[1 + 5.59\frac{\sqrt{E/F_u}}{d_a/t}\right] t d_a F_u$$
$$\Omega = 2.80\,(ASD)$$
$$\phi = 0.55\,(LRFD)$$
(۱۱۶-۲)

برای $d_a/t \ge 1.397\sqrt{E/F_u}$:

$$P_n = 1.40 t d_a F_u$$
$$\Omega = 3.05\,(ASD)$$
$$\phi = 0.40\,(LRFD)$$
(۱۱۷-۲)

که در این روابط:

d_e: قطر موثر ناحیه بحرانی در صفحه منتقل کننده بیشترین برش $d_e = 0.7d - 1.5t \le 0.55d$

d: قطر مشهود در سطح خارجی جوش نقطه‌ای

t: ضخامت کل ورق فولادی (بدون در نظر گرفتن پوشش) به کار رفته در انتقال برش

F_{xx}: مقاومت کششی که براساس رده الکترود

d_a: متوسط قطر جوش نقطه‌ای در وسط ضخامت t، $d_a = (d - t)$ برای یک یا چند ورق حداکثر چهار ورق که با یکدیگر هم‌پوشانی دارند).

E: مدول الاستسیته فولاد

F_u: مقاومت گسیختگی فلز ورق

الف-۳- مقاومت برشی در اتصال ورق به ورق

مقاومت برشی اسمی برای هر جوش بین دو ورق با ضخامت برابر باید براساس رابطه زیر تعیین شود:

$$P_n = 1.65 t d_a F_u$$
$$\Omega = 2.20\,(ASD) \qquad (۱۱۸-۲)$$
$$\phi = 0.70\,(LRFD)$$

که در این رابطه و شکل‌های ۲-۱۹ و ۲-۲۰:

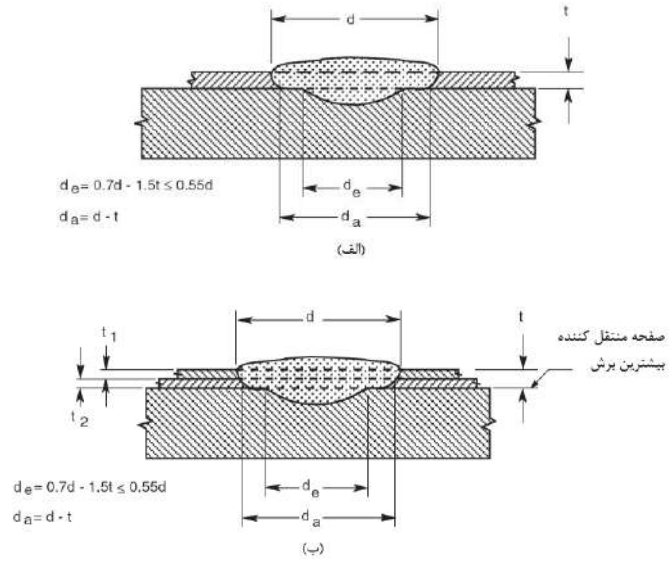
t: ضخامت فلز (بدون در نظر گرفتن پوشش) ورق‌ها که در انتقال برش در بالای صفحه منتقل کننده بیشترین برش شرکت می‌کنند.

d_a: متوسط قطر جوش نقطه‌ای در وسط ضخامت t: $d_a = d - t$

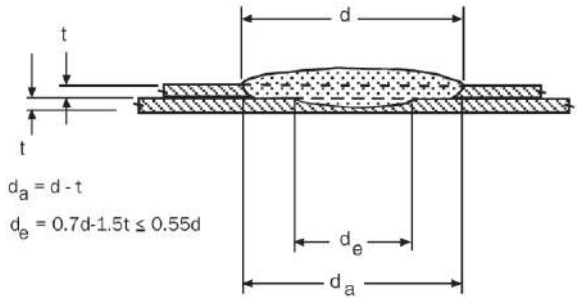
d: قطر مشهود در سطح خارجی جوش انگشتانه

d_e: قطر موثر ناحیه بحرانی در صفحه منتقل کننده بیشترین برش $d_e = 0.7d - 1.5t \le 0.55d$

F_u: مقاومت گسیختگی فلز ورق



شکل ۲- ۱۹- جزئیات جوش انگشتانه، الف- تک ورق، ب- دو ورق



شکل ۲- ۲۰- جزئیات جوش انگشتانه ورق به ورق

در استفاده از این رابطه باید محدودیت‌های زیر را منظور نمود:

$$F_u \le 407\,MPa \;\; (4150\ {Kg}/{cm^2}) \qquad ۱$$

$$F_{xx} > F_u \qquad ۲$$

$$0.71mm(0.028in) \le t \le 1.61mm(0.0635in) \qquad ۳$$

ب- کشش

مقاومت کششی اسمی، P_n، برای هر جوش نقطه‌ای تحت بار متمرکز و اتصال دهنده ورق‌ها و اعضای متصل به آن‌ها باید براساس کوچک‌ترین مقدار زیر محاسبه شود:

$$P_n = \frac{\pi d_e^2}{4} F_{xx} \qquad (۱۱۹-۲)$$

$$P_n = 0.8\left(F_u/F_y\right)^2 t d_a F_u \qquad (۱۲۰-۲)$$

ضریب اطمینان و ضریب کاهش مقاومت در این حالت عبارتند از:

برای سقف‌ها و حالت مسطح:

$$\Omega = 2.50\,(ASD)$$
$$\phi = 0.60\,(LRFD)$$

برای بقیه حالات:

$$\Omega = 3.00\,(ASD)$$
$$\phi = 0.50\,(LRFD)$$

در استفاده از این رابطه باید محدودیت‌های زیر منظور شود:

۱ $td_a F_u \le 13.34\ kN$

۲ $e_{\min} > d$

۳ $F_{xx} \le 410\,MPa\ \ (4220\ {}^{Kg}\!/_{cm^2})$

۴ $F_u \le 565\,MPa\ \ (5770\ {}^{Kg}\!/_{cm^2})$

۵ $F_{xx} > F_u$

متغیرهای این روابط در بخش قبلی تعریف شده‌اند.

برای جوش‌های نقطه‌ای با خروج از مرکزیت بار کششی، مقاومت کششی اسمی باید ۵۰ درصد مقدار محاسبه شده از روابط فوق منظور شود.

برای اتصالات با چند ورق، مقاومت باید با استفاده از جمع ضخامت ورق‌ها و براساس رابطه (۲-۱۲۰) تعیین شود.

در لبه کناره سیستم کف‌ها، مقاومت کششی اتصال جوشی باید ۷۰ درصد مقدار محاسبه شده از روابط فوق منظور شود.

۲-۴-۲-۳- جوش قوسی خطی (کام)

جوش کام باید در اتصالات زیر استفاده شود:

۱) اتصال ورق به عضو ضخیم‌تر در وضعیت مسطح

۲) اتصال ورق به ورق در وضعیت افقی یا مسطح

مقاومت برشی اسمی، P_n، برای هر جوش کام باید براساس کوچک‌ترین مقدار روابط زیر محاسبه شود:

$$P_n = \left[\frac{\pi d_e^2}{4} + L d_e\right] 0.75 F_{xx} \qquad (۲-۱۲۱)$$

$$P_n = 2.5 t F_u (0.25L + 0.96 d_a) \qquad (۲-۱۲۲)$$

ضریب اطمینان و ضریب کاهش مقاومت در این حالت عبارتند از:

$\Omega = 2.55\,(ASD)$

$\phi = 0.60\,(LRFD)$

که در این روابط:

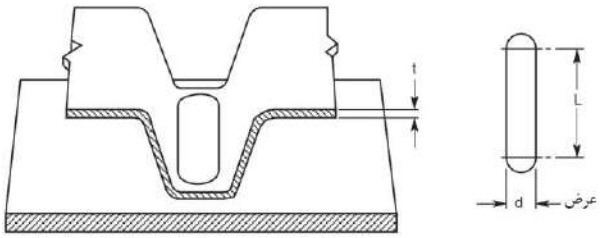
d_e: پهنای موثرجوش در سطح بحرانی $d_e = 0.7d - 1.5t$

d: پهنای جوش

L: طول ناحیه جوش بین دو انتهای نبم دایروی (برای مقاصد محاسباتی L نباید از 3d بیشتر انتخاب شود)

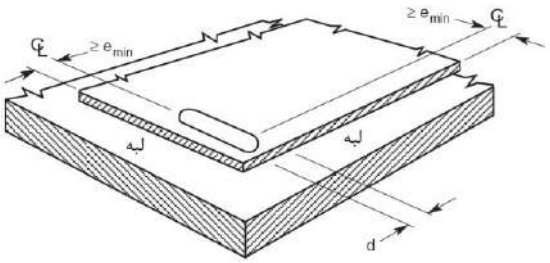
d_a: متوسط پهنای جوش؛ برای تک یاجفت ورق: d-t

F_u،F_{xx}وt: مقادیر تعریف شده در بخش قبلی.



شکل ۲- ۲۱- جزئیات جوش کام، اتصال ورق به عضو در وضعیت مسطح

حداقل فاصله تا لبه مشابه موارد تعیین شده برای جوش انگشتانه است. (برای جزئیات بیشتر، شکل ۲-۲۲ را ببینید).



شکل ۲- ۲۲- حداقل فاصله تا لبه در جوش کام

۲-۴-۲-۴- جوش گوشه

جوش گوشه را می‌توان در هر اتصالی و در هر موقعیتی، مانند اتصال صفحه به صفحه یا صفحه به عضو ضخیم‌تر، استفاده کرد.

مقاومت برشی اسمی، P_n، ضریب اطمینان و ضریب کاهش مقاومت برای جوش گوشه باید

براساس حالات زیر تعیین شود:

۱- بارگذاری در راستای طول جوش

برای $L/t<25$:

$$P_n = \left(1-\frac{0.01L}{t}\right)LtF_u \qquad (۱۲۳-۲)$$
$$\Omega = 2.55\,(ASD)$$
$$\phi = 0.60\,(LRFD)$$

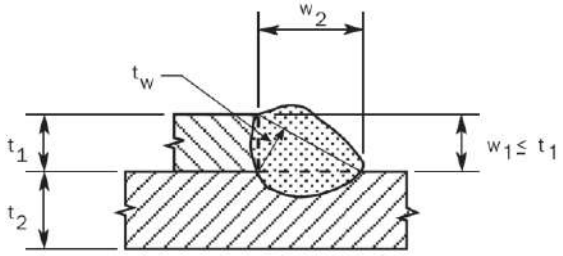
برای$L/t>25$:

$$P_n = 0.75LtF_u \qquad (۱۲۴-۲)$$
$$\Omega = 3.05\,(ASD)$$
$$\phi = 0.50\,(LRFD)$$

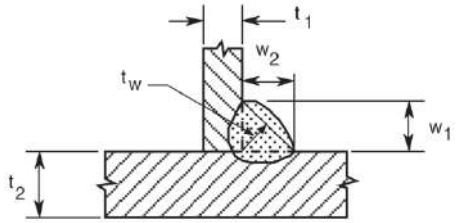
۳- بارگذاری در جهت عرضی جوش

$$P_n = LtF_u \qquad (۱۲۵-۲)$$
$$\Omega = 2.35\,(ASD)$$
$$\phi = 0.65\,(LRFD)$$

t: حداقل مقدار t_1 یا t_2 که براساس اشکال زیر تعیین می‌شود:



شکل ۲-۲۳- جزئیات جوش گوشه در اتصال پوششی



شکل ۲-۲۴- جزئیات جوش گوشه در اتصال سپری

همچنین در صورتیکه $t>2.54$ mm باشد، مقاومت اسمی تعیین شده براساس حالات (۱) و (۲) نباید از مقدار زیر تجاوز کند:

$$P_n = 0.75Lt_wF_u$$
$$\Omega = 2.55\,(ASD) \qquad (۱۲۶-۲)$$
$$\phi = 0.60\,(LRFD)$$

L: طول جوش گوشه

F_uوF_{xx}: مقادیر تعریف شده در بخش قبلی

t_w: ضخامت گلوگاه موثر: کوچک‌ترین مقدار $0.707w_1$ و $0.707w_2$. استفاده از ضخامت گلوگاه موثر بزرگ زمانی مجاز است، که اندازه‌گیری‌ها نشان دهند، که فرایند جوشکاری مورد استفاده به طور ثابت مقادیر بزرگ t_w را فراهم می‌کند.

w_1وw_2: ابعاد جوش می‌باشند که در اتصال پوششی $w_1 \le t_1$ است.

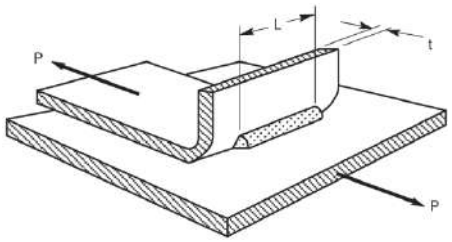
۲-۴-۲-۵- جوش شیاری

جوش شیاری مورد بحث در این قسمت می‌تواند برای اتصالات جوشی در هر موقعیت، مانند: اتصال ورق به ورق با جوش جناقی V شکل، اتصال ورق به ورق برای اتصال گونیایی و یا اتصال ورق به عضو ضخیمتر، مورد استفاده قرار گیرد.

مقاومت برش یاسمی، P_n، ضریب اطمینان و ضریب کاهش مقاومت برای جوش شیاری باید براساس حالات زیر تعیین شود:

الف) برای جوش شیاری گونیا تحت بارگذاری در جهت عرضی جوش (شکل ۲-۲۵):

$$P_n = 0.833LtF_u$$
$$\Omega = 2.55\,(ASD) \qquad (۱۲۷-۲)$$
$$\phi = 0.60\,(LRFD)$$



شکل ۲- ۲۵- جزئیات جوش شیاری گونیا تحت بارگذاری عرضی

ب) برای جوش شیاری تحت بارگذاری در راستای طولی جوش (اشکال ۲-۲۵ الی ۲-۳۰):

۱) برای $t \le t_w < 2t$ و یا زمانی که ارتفاع لبه، h، کمتر از طول جوش، L، باشد:

$$P_n = 0.75LtF_u$$
$$\Omega = 2.80\,(ASD) \qquad (۱۲۸-۲)$$
$$\phi = 0.55\,(LRFD)$$

۲) برای $t_w \ge 2t$ با ارتفاع لبه، h ، بزرگ‌تر از طول جوش، L:

$$P_n = 1.50LtF_u$$
$$\Omega = 2.80\,(ASD) \qquad (۱۲۹-۲)$$
$$\phi = 0.55\,(LRFD)$$

همچنین درصورتی‌که $t > 2.54\ mm$ باشد، مقاومت اسمی‌تعیین شده براساس حالات (الف) و (ب) نباید از مقدار زیر تجاوز کند:

$$P_n = 0.75Lt_wF_u$$
$$\Omega = 2.55\,(ASD) \qquad (۱۳۰-۲)$$
$$\phi = 0.60\,(LRFD)$$

که در این روابط:

t: ضخامت عضو جوش شونده که براساس شکل‌های ۲-۲۶ الی ۲-۳۱ تعریف می‌شود:

L: طول جوش

F_u و F_{xx}: مقادیر تعریف شده در بخش‌های قبلی

h: ارتفاع لبه

t_w: ضخامت گلوگاهموثرجوش که تا سطح پر شده است

$\frac{5}{16}R$ برای جوش گوشه گونیا

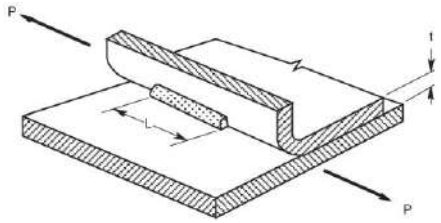
$\frac{1}{2}R$ وقتی که $R \le 12.7\ mm$ برای جوش گوشه جناقی V

$\frac{3}{8}R$ وقتی که $R > 12.7\ mm$ برای جوش گوشه جناقی V

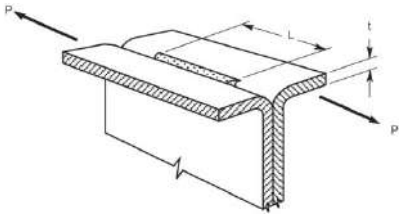
برای جوش با لبه‌های پخ نخورده، کوچک‌ترین مقدار $0.707w_1$ و $0.707w_2$ (استفاده از ضخامت گلوگاه موثر بزرگ زمانی مجاز است، که اندازه‌گیری‌ها نشان دهند، که فرایند جوشکاری مورد استفاده به طور ثابت مقادیر بزرگ t_w را فراهم می‌کند).

R: شعاع خارجی سطح خمیدگی

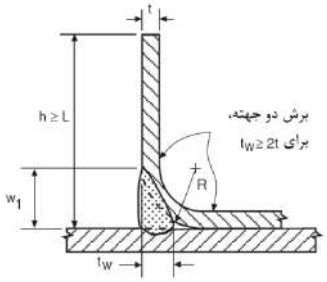
w_1وw_2: ابعادجوش.



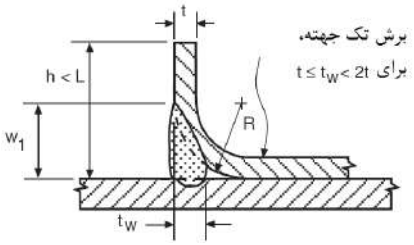
شکل ۲- ۲۶- برش در جوش شیاری گونیا تحت بارگذاری طولی



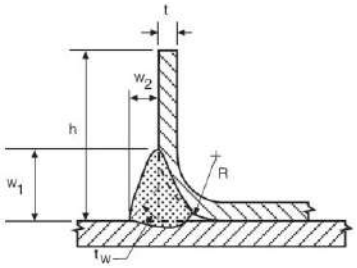
شکل ۲- ۲۷- برش در جوش جوش جناقی V شکل



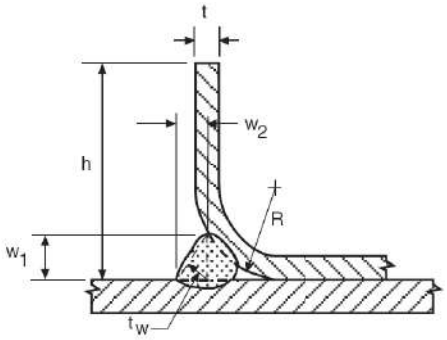
شکل ۲- ۲۸- مقطع جوش شیاری گونیا (با لبه پخ شده جوش، W_1=R)



شکل ۲- ۲۹- مقطع جوش شیاری گونیا (با لبه پخ شده جوش، W_1=R)



شکل ۲- ۳۰- مقطع جوش شیاری گونیا (با لبه پخ نشده جوش، $W_1>R$)



شکل ۲-۳۱- مقطع جوش شیاری گونیا (با لبه پخ نشده جوش، $W_1<R$)

۲-۴-۲-۶- جوش مقاومتی

مقاومت برشی اسمی، ضریب اطمینان و ضریب کاهش مقاومت جوش‌های نقطه‌ای باید براساس ضوابط این بخش تعیین شود:

$$\Omega = 2.35\,(ASD)$$
$$\phi = 0.65\,(LRFD)$$

۱) اگر بعد ضخامت میلیمتر و بعد P_n، kN باشد:

برای $0.25mm \le t < 3.56mm$:

$$P_n = 5.51t^{1.47} \qquad (۱۳۱-۲)$$

برای $3.56mm \le t < 4.57mm$:

$$P_n = 7.6t + 8.57 \qquad (۱۳۲-۲)$$

۲) اگر بعد ضخامت سانتی‌متر و بعد P_n، Kg باشد:

برای $0.025cm \le t < 0.356cm$:

$$P_n = 16600t^{1.47} \qquad (۱۳۳-۲)$$

برای $0.356cm \le t < 0.457cm$:

$$P_n = 7750t + 857 \qquad (۱۳۴-۲)$$

در این روابط t ضخامت خارجی نازکترین ورق است.

۲-۴-۲-۷- گسیختگی در سطح مقطع خالص اعضاء (به جز صفحات مسطح)

زمانیکه یک عضو کششی، با تمام قسمت‌های خود، به محل مورد نظر متصل نباشد، توزیع تنش در کل مقطع غیریکنواخت است. مقاومت برشی اسمی اعضای جوش شده باید براساس ضوابط بخش۲-۳-۳ تعیین شود. برای گسیختگی یا تسلیم‌شدگی در سطح مقطع خالص جزء متصل شده، مقاومت کششی اسمی، P_n، ضریب اطمینان و ضریب کاهش مقاومت باید براساس رابطه زیر تعیین شود:

$$\begin{aligned} &P_n = A_e F_u \\ &\Omega = 2.50\,(ASD) \\ &\phi = 0.60\,(LRFD) \end{aligned} \qquad (۱۳۵-۲)$$

که در این رابطه:

F_u: مقاومت گسیختگی فلز ورق،

A_e: سطح مقطع خالص = $A \times U$

هنگامی که بار وارده به وسیله جوش‌های عرضی انتقال یابد:

A= سطح مقطع یاز المان که متصل شده است،

$U=1.0$

هنگامی که بارتوسط جوش‌های طولی و یا توسط ترکیبی از جوش‌های عرضی و طولی انتقال یابد:

A= سطح مقطع کلی عضو، Ag

$U = 1.0$ برای زمانیکه بار مستقیما به کل سطح مقطع المان وارد می‌شود.

برای بقیه حالات ضریب U به صورت زیر تعیین می‌شود:

۱) برای نبشی‌ها:

$$\begin{aligned} &U = 1.0 - 1.20\,\bar{x}/L \\ &0.4 \le U < 0.9 \end{aligned} \qquad (۱۳۶-۲)$$

۲) برای مقاطع ناودانی:

$$\begin{aligned} &U = 1.0 - 0.36\,\bar{x}/L \\ &0.5 \le U < 0.9 \end{aligned} \qquad (۱۳۷-۲)$$

که در روابط ذکر شده:

$\bar{x}$: فاصله میان صفحه برشی و مرکز سطح مقطع عضو

L: طول جوش‌های طولی

۲-۴-۳- اتصالات پیچ و مهره‌ای

ضوابط مورد بحث در این بخش باید برای اتصالات پیچی اعضای سرد نورد شده‌ای استفاده شود که ضخامت نازکترین قسمت اتصال کمتر از $\frac{3}{16}in$ 4.76 mmاست. برای اتصالات پیچی که در آن‌ها ضخامت نازکترین قسمت اتصال بیشتر از $\frac{3}{16}in$ 4.76 mmاست، باید از ضوابط مربوط به مبحث دهم مقررات ملی ساختمان استفاده نمود.

پیچ، مهره و واشر مورد استفاده در اتصالات باید براساس یکی ازاستانداردهای معتبر مانند، استانداردهای ASTM باشد.

اندازه سوراخ‌های مورد استفاده در این نوع اتصالات باید براساس جدول زیر تعیین شود، ولی در مورد اتصالات کف ستون‌ها و اجزایی که به دیوار بتنی متصل می‌شوند، می‌توان از ابعاد دیگری نیز استفاده نمود:

جدول ۲- ۸- اندازه اسمی سوراخ پیچ

قطر پیچ، d (mm)	قطر سوراخ استاندارد، d_h(mm)	قطر سوراخ بزرگ، d_h(mm)	اندازه سوراخ لوبیایی کوتاه، طول × عرض (mm)	اندازه سوراخ لوبیایی بلند، طول × عرض (mm)
< 12.7	d+0.8	d+1.6	(d+0.8)×(d+6.4)	(d+0.8)×(2.5d)
≥12.7	d+1.6	d+3.2	(d+1.6)×(d+6.4)	(d+1.6)×(2.5d)

پیچ‌ها باید به نوعی نصب و محکم شوند که از عملکرد کامل اتصال اطمینان حاصل شود.

۲-۴-۳-۱- برش، فاصله بین سوراخ‌ها و فاصله تا لبه

مقاومت اسمی برش، P_n، قسمت متصل شده باید براساس فاصله میان سوراخ‌ها و همچنین فاصله سوراخ تا لبه اتصال که در راستای بار وارده قرار دارند، و براساس رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$P_n = teF_u \qquad (۱۳۸-۲)$$

ضریب اطمینان و ضریب کاهش مقاومت به صورت زیر تعیین می‌شوند:

اگر $F_u/F_{sy} \geq 1.08$:

$$\Omega = 2.00\,(ASD)$$
$$\phi = 0.70\,(LRFD)$$

اگر $F_u/F_{sy} < 1.08$:

$$\Omega = 2.22\,(ASD)$$
$$\phi = 0.60\,(LRFD)$$

که در این رابطه:

e: فاصله اندازه‌گیری شده در خط بارگذاری، از مرکز سوراخ استاندارد تا لبه نزدیک‌ترین سوراخ مجاور و انتهای اتصال،

t: ضخامت نازکترین قسمت متصل شده،

F_u: مقاومت گسیختگی فلز ورق،

F_{sy}: تنش تسلیم فلز ورق است.

همچنین حداقل فاصله میان مراکز سوراخ‌ها باید بگونه‌ای باشد که فضای کاری لازم برای نصب و محکم کردن پیچ‌ها، واشرها و مهره‌ها وجود داشته و بعلاوه این فاصله نباید از سه برابر قطر اسمی‌پیچ کوچک‌تر باشد. همچنین حداقل فاصله میان مرکز سوراخ‌های استاندارد تا لبه اتصال نباید از ۱/۵ برابر قطر اسمی‌پیچ کوچک‌تر باشد.

برای سوراخ‌های بزرگ و لوبیایی، فاصله می‌ان لبهٔ دو سوراخ مجاور و همچنین فاصلهٔ میان لبهٔ سوراخ‌ها تا انتهای اتصال (در مسیر انتقال نیرو) نباید از مقدار $e - d_h/2$ کوچک‌تر باشد (e فاصله مورد نیاز که براساس رابطه (۲-۱۳۸)تعیین می‌شود و d_h قطر سوراخ استاندارد است). همچنین در هیچ حالتی نباید فاصله دقیق میان لبهٔ دو سوراخ مجاور هم از $2d$ و فاصله دقیق میان لبهٔ هر سوراخ تا لبهٔ اتصال از d کمتر شود.

۲-۴-۳-۲- گسیختگی در سطح مقطع خالص اعضاء

مقاومت کششی اسمی‌اعضاء متصل شده با پیچ و مهره باید براساس ضوابط بند ۲-۳-۳ تعیین شود. در حالت گسیختگی در سطح مقطع خالص عضو، مقاومت کششی اسمی، و ضرایب اطمینان در

اتصالات پیچ و مهره‌ای باید براساس ضوابط زیر تعیین شود:

الف) برای تسمه‌های کششی که در مسیر گسیختگی آن‌ها، سوراخ‌های مورب وجود ندارد (پیچ‌ها در یک ردیف واقع شده‌اند):

$$P_n = A_n F_t \qquad (۱۳۹-۲)$$

الف-۱) اگر در زیر هم کلهٔ پیچ و هم مهره واشر قرار داده شود:

برای حالت وجود تنها یک پیچ، یا یک ردیف پیچ در امتداد عمود بر مسیر بارگذاری:

$$F_t = (0.1 + 3d/s)F_u \le F_u \qquad (۱۴۰-۲)$$

برای حالتی که چند پیچ در راستایی موازی با بار وارده قرار دارند:

$$F_t = F_u \qquad (۱۴۱-۲)$$

اگر دو سطح برش در مقطع پیچ وجود داشته باشد:

$$\Omega = 2.00\,(ASD)$$
$$\phi = 0.65\,(LRFD)$$

اگر تنها یک سطح برش در مقطع پیچ وجود داشته باشد:

$$\Omega = 2.00\,(ASD)$$
$$\phi = 0.65\,(LRFD)$$

الف-۲) اگر واشر تنها در زیر کلهٔ پیچ یا مهره قرار داده شود:

برای حالت وجود تنها یک پیچ، یا یک ردیف پیچ در امتداد عمود بر مسیر بارگذاری:

$$F_t = (2.5d/s)F_u \le F_u \qquad (۱۴۲-۲)$$

برای حالتی که چند پیچ در راستایی موازی با بار وارده قرار دارند:

$$F_t = F_u \qquad (۱۴۳-۲)$$

در این حالت ضرایب اطمینان و کاهش مقاومت عبارتند از:

$$\Omega = 2.22\,(ASD)$$
$$\phi = 0.65\,(LRFD)$$

که در این روابط:

A_n: سطح مقطع عضو متصل شده،

F_t: تنش کششی اسمی‌در ورق مسطح (تسمه)

d: قطر اسمی‌پیچ

s: عرضی از ورق که به وسیله سوراخ پیچ‌ها منظور شده در محاسبه سطح مقطع، تقسیم شده (در زمان محاسبه F_t)،

F_u: مقاومت گسیختگی عضو متصل شده.

ب) برای تسمه‌های کششی که در مسیر گسیختگی آن‌ها، سوراخ‌های مورب وجود دارد:

$$P_n = A_n F_t$$
$$\Omega = 2.22\,(ASD) \qquad (۱۴۴-۲)$$
$$\phi = 0.65\,(LRFD)$$

که در این رابطه:

F_t: تنش کششی اسمی‌در ورق مسطح (تسمه) که براساس روابط (۲-۱۴۰)تا(۲-۱۴۳)تعیین می‌شود،

$$A_n = 0.90\left[A_g - n_b d_h t + \left(\sum s'^2 / 4g\right)t\right] \qquad (۱۴۵-۲)$$

A_g: سطح مقطع کلی عضو،

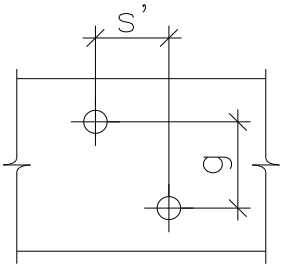
S': فاصله افقی مرکز به مرکز هر دو پیچ متوالی،

g: فاصله عمودی مرکز به مرکز هر دو پیچ متوالی،

n_b: تعداد سوراخ‌های موجود در سطح مقطع، مسیر گسیختگی مورد بررسی،

d_h: قطر سوراخ استاندارد،

t: ضخامت نازکترین قسمت متصل شده



شکل ۲- ۳۲- جزئیات متغیرها در مسیر گسیختگی مورب

ج) برای حالاتی به غیر از تسمه:

$$P_n = A_e F_u$$
$$\Omega = 2.22\,(ASD) \qquad (۱۴۶-۲)$$
$$\phi = 0.65\,(LRFD)$$

که در این رابطه:

A_e: سطح مقطع خالص = $A \times U$

U: ضریب سطح موثر

۱) اگر بار وارده مستقیما به کل سطح مقطع وارد شود: $U=1$

۲) برای اعضایی با مقطع نبشی که دارای دو یا تعداد بیشتری پیچ در خط بارگذاری باشد:

$$U = 1.0 - 1.20\,\bar{x}/L \qquad (۱۴۷-۲)$$
$$0.4 \le U < 0.9$$

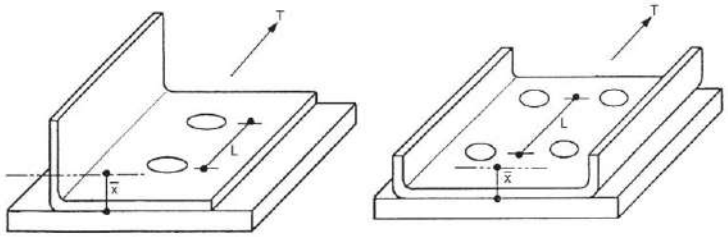
۳) برای اعضایی با مقطع ناودانی که دارای دو یا تعداد بیشتری پیچ در خط بارگذاری باشد:

$$U = 1.0 - 0.36\,\bar{x}/L \qquad (۱۴۸-۲)$$
$$0.5 \le U < 0.9$$

که در این روابط:

$\bar{x}$: فاصله میان صفحه برشی و مرکز سطح مقطع عضو

L: طول اتصال



شکل ۲- ۳۳- جزئیات فاصله میان صفحه برشی مرکز سطح مقطع عضو

۲-۴-۳-۳- ظرفیت لهیدگی اتصالات پیچی

ظرفیت لهیدگی اتصالات پیچی باید براساس یکی از حالات زیر تعیین شود. برای شرایطی که در زیر به ان اشاره نشده است، مقاومت لهیدگی موجود اتصالات پیچی باید با آزمایش تعیین شود.

الف- بدون در نظر گرفتن تغییر شکل سوراخ پیچ

هنگامی‌که تغییر شکل محل سوراخ در طراحی مورد توجه قرار نمی‌گیرد، ظرفیت لهیدگی اسمی،P_n، ضریب اطمینان و ضریب کاهش مقاومت صفحه اتصال برای هر پیچ بارگذاری شده باید براساس رابطه زیر تعیین شود:

$$P_n = Cm_f dtF_u$$
$$\Omega = 2.50\,(ASD) \qquad (۱۴۹-۲)$$
$$\phi = 0.60\,(LRFD)$$

که در این رابطه:

C: ضریب ظرفیت لهیدگی، براساس جدول ۲-۹.

m_f: ضریب اصلاح نوع اتصال باربر، که باید براساس جدول ۲-۱۰. تعیین شود

d: قطر اسمی‌پیچ

t: ضخامت ورق

F_u: مقاومت گسیختگی ورق

جدول ۲-۹- ضریب ظرفیت لهیدگی C

ضخامت بخش متصل شده، t(mm)	نسبت قطر اتصال دهنده به ضخامت عضو d/t	C
0.61≤t<4.76	d/t<10	3.0
	10≤d/t≤22	4-0.1(d/t)
	d/t>22	1.8

جدول ۲-۱۰- ضریب اصلاح نوع اتصال باربر، m_f

نوع اتصال باربر	m_f
اتصال با برش یک طرفه و ورق های با برش دوطرفه با واشر زیر هر دو سر پیچ و مهره	1.00
اتصال با برش یک طرفه و ورق های با برش دوطرفه با واشر زیر هر دو سر پیچ و مهره یا با یک واشر	0.75
ورق داخلی اتصال با برش دوطرفه با واشر یا بدون ان	1.33

ب- با منظور نمودن تغییر شکل سوراخ پیچ

اگر تغییر شکل پیرامون سوراخ پیچ در طراحی اتصال مدنظر قرار گیرد، ظرفیت لهیدگی اسمی، P_n، ضریب اطمینان و ضریب کاهش مقاومت باید براساس رابطه زیر محاسبه شود. در هر حالت ظرفیت محاسبه شده نباید از ظرفیت محاسبه شده براساس بند ۲-۴-۳-۳ ، در قسمت الف بیشتر اختیار شود.

$$P_n = \left(4.64\alpha t + 1.53\right) \mathrm{d}t F_u$$
$$\Omega = 2.22\,(ASD) \qquad (۱۵۰-۲)$$
$$\phi = 0.65\,(LRFD)$$

α در این رابطه، برای تبدیل واحد به کار می‌رود و در صورتیکه t براساس میلیمتر باشد، مقدار α برابر 0.0394 منظور می‌شود (اگر t براساس سانتی‌متر باشد، α=0.394).

۲-۴-۳-۴- برش کشش در پیچ‌ها

مقاومت اسمی پیچ، P_n، ضریب اطمینان و ضریب کاهش مقاومت تحت اثر نیروی برشی، کششی یا ترکیب برش و کشش براساس ضوابط این بند تعیین می‌شود:

$$P_n = A_b F_n \qquad (۱۵۱-۲)$$

که در این رابطه:

A_b: سطح مقطع کلی پیچ،

F_n: مقاومت اسمی‌که به صورت زیر تعیین می‌شود:

الف) اگر پیچ‌ها تحت اثر برش یا کشش خالص باشند:

در این حالت F_n برابر است با F_{nv} یا F_{nt} و از جدول ۲-۱۱. تعیین می‌شود.

ب) اگر پیچ‌ها تحت اثر ترکیب برش و کشش باشند:

در این حالت F_n برابر است با F'_{nt}:

$$F'_{nt} = 1.3F_{nt} - \frac{\Omega F_{nt}}{F_{nv}} f_v \le F_{nt} \qquad \text{برای طراحی به روش تنش مجاز} \qquad (۱۵۲-۲)$$

$$F'_{nt} = 1.3F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} f_v \le F_{nt} \qquad \text{برای طراحی به روش حالت حدی} \qquad (۱۵۳-۲)$$

که در این روابط:

F'_{nt}: تنش کششی اسمی‌اصلاح شده با منظور نمودن تنش برشی وارده بر اتصال،

F_{nt}: تنش مجاز کششی براساس جدول ۲-۱۱.

F_{nv}: تنش مجاز برشی براساس جدول ۲-۱۱.

f_v: تنش برشی وارده بر اتصال

Ω و ϕ ضرایب اطمینان و کاهش مقاومت که براساس جدول ۲-۱۱. تعیین می‌شوند.

همچنین تنش برشی وارد بر اتصال، f_v، نباید مقادیر مجاز خود فراتر رود (F_{nv}/Ω در طراحی به روش تنش مجاز و ϕF_{nv} در طراحی به روش حالت حدی).

جدول ۲-۱۱- مقاومت اسمی کششی و برشی پیچ‌ها

پیچ	مقاومت کششی			مقاومت برشی		
	ضریب اطمینان Ω	ضریب کاهش مقاومت ϕ	تنش مجاز کششی F_{nt} (MPa)	ضریب اطمینان Ω	ضریب کاهش مقاومت ϕ	تنش مجاز برشی F_{nv} (MPa)
پیچ A307، $6.4 \leq d < 12.7$ (mm)	2.25	0.75	279	2.40	0.65	165
پیچ A307، $12.7\ mm \leq d$			310			186
پیچ A325، در حالتی که سطح برش از قسمت دندانه شده می‌گذرد.	2.0		621			372
پیچ A325، در حالتی که سطح برش از قسمت دندانه شده نمی‌گذرد.						496
پیچ A354، $6.4 \leq d < 12.7$ (mm) در حالتی که سطح برش از قسمت دندانه شده می‌گذرد.			696			407
پیچ A354، $6.4 \leq d < 12.7$ (mm) در حالتی که سطح برش از قسمت دندانه شده نمیگذرد.						621
پیچ A449، $6.4 \leq d < 12.7$ (mm) در حالتی که سطح برش از قسمت دندانه شده می‌گذرد.			558			324
پیچ A449، $6.4 \leq d < 12.7$ (mm) در حالتی که سطح برش از قسمت دندانه شده نمی‌گذرد.						496
پیچ A490، در حالتی که سطح برش از قسمت دندانه شده می‌گذرد.			776			465

ادامه جدول ۲-۱۱- مقاومت اسمی کششی و برشی پیچ‌ها

پیچ	مقاومت کششی			مقاومت برشی		
	ضریب اطمینان Ω	ضریب کاهش مقاومت ϕ	تنش مجاز کششی F_{nt} (MPa)	ضریب اطمینان Ω	ضریب کاهش مقاومت ϕ	تنش مجاز برشی F_{nv} (MPa)
پیچ A490، در حالتی که سطح برش از قسمت دندانه شده نمی‌گذرد.						621

در صورت استفاده از اعداد این جدول، اندازه سوراخ پیچ‌ها باید براساس اندازه‌های ذکر شده در جدول ۲-۸. باشد. همچنین در صورت استفاده از سوراخ‌های لوبیایی بلند، باید حتما در زیر پیچ‌ها از واشر استفاده شود، و ظرفیت باربری این نوع اتصالات، حتما با استفاده از آزمایش کنترل شود.

۲-۴-۴- اتصالات پیچی

پیچ‌های مورد استفاده در اتصالات پیچی باید دارای قطر $2.03mm\ (0.08in) \le d \le 6.35mm\ (0.25in)$باشند. پیچ‌ها هم می‌تواند از نوع برنده (thread-cutting) و هم از نوع متراکم کننده (thread-forming) باشند. پیچ‌ها بایستی براساس توصیه و دستورالعمل سازنده پیچ‌ها، نصب و محکم گردند.

در صورتیکه ضریب اطمینان و ضریب مقاومت دیگری ذکر نشده باشد، باید از ضرایب زیر برای این منظور استفاده نمود:

$$\Omega = 3.00\,(ASD)$$
$$\phi = 0.50\,(LRFD)$$

پارامترهای به کار رفته در این بخش عبارتند از:

d: قطر اسمی‌پیچ

d_h: قطر کله پیچ یا واشر شش ضلعی

d_w: قطر واشر فلزی

d'_w: قطر موثر مقاومت کنده شدن ورق (pull-over)

P_{ns}: مقاومت برشی اسمی‌به ازای هر پیچ

P_{ss}: مقاومت برشی اسمی‌پیچ مطابق با گزارش سازنده یا براساس گزارش آزمایشگاه

P_{not}: مقاومت کنده شدن پیچ (pull-out) به ازای هر پیچ

P_{nov}: مقاومت کنده شدن ورق (pull-over) به ازای هر پیچ
P_{ts}: مقاومت کششی پیچ براساس گزارش سازنده یا آزمایشگاه
t_1: ضخامتی از عضو که به سر پیچ یا واشرمتصل است
t_2: ضخامتی از عضو که به سر پیچ یا واشرمتصل نیست
t_c: کمترین مقدار عمق نفوذ و یا ضخامت t_2
F_{u1}: مقاومت گسیختگی عضویکه به سر پیچ یا واشرمتصل است
F_{u2}: مقاومت گسیختگی عضوی که به سر پیچ یا واشر متصل نیست.

۲-۴-۴-۱- حداقل فاصله بین پیچ‌ها

فاصله بین مرکز پیچ‌ها نباید کمتر از 3d باشد.

۲-۴-۴-۲- حداقل فاصه تا لبه و فاصله انتهایی

فاصله بین مرکز هر پیچ تا لبه هر قسمت نباید کمتر از 1.5dباشد. چنانچه فاصله انتهایی به موازات نیروی وارد بر پیچ باشد، مقاومت برشی اسمی‌هر پیچ، P_{ns} باید براساس ملاحظات برش(بخش ۲-۴-۴-۳-ب) تعیین شود.

۲-۴-۴-۳- برش

الف - محدودیت برشی اتصال براساس کج شدن و له شدن (Tilting and Bearing)

در این حالت مقاومت برشی هر پیچ P_{ns}عبارتست از:

اگر $t_2/t_1 \le 1.0$ ، P_{ns} برابر است با کوچک‌ترین مقدار حاصله از روابط زیر:

$$P_{ns} = 4.2\left(t_2^3 d\right)^{1/2} F_{u2} \qquad (۱۵۴-۲)$$

$$P_{ns} = 2.7 t_1 d F_{u1} \qquad (۱۵۵-۲)$$

$$P_{ns} = 2.7 t_2 d F_{u2} \qquad (۱۵۶-۲)$$

اگر $t_2/t_1 \geq 2.5$ ، P_{ns} برابر است با کوچک‌ترین مقدار حاصله از روابط زیر:

$$P_{ns} = 2.7t_1dF_{u1} \quad (۱۵۷-۲)$$

$$P_{ns} = 2.7t_2dF_{u2} \quad (۱۵۸-۲)$$

برای حالتی‌که $1.0 \leq t_2/t_1 \leq 2.5$، مقدار P_{ns} با استفاده درون‌یابی خطی میان دو حالت بالا بدست می‌آید.

ب - محدودیت برشی اتصال براساس فاصلهٔ انتهایی

اگر فاصله انتهایی به موازات نیروی وارد بر پیچ باشد، مقاومت برشی اسمی‌هر پیچ، P_{ns}، براساس رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$P_{ns} = teF_u \quad (۱۵۹-۲)$$

که در این رابطه:

t: ضخامت عضوی که فاصله انتهایی در ان اندازه‌گیری می‌شود،

e: فاصله اندازه‌گیری شده در مسیر خط بار از مرکز سوراخ استاندارد تا نزدیک‌ترین لبه عضو متصل شده،

F_u: مقاومت گسیختگی عضوی که فاصله انتهایی در ان اندازه‌گیری می‌شود.

ج- برش در پیچ

در این حالت مقاومت برشی اسمی‌پیچ،P_{ss}، گزارش شده از طرف سازنده پیچ و یا نتایج آزمایشگاهی، بایدمد نظر قرار گیرد.

۲-۴-۴-۴- کشش

برای پیچ های تحت اثر نیروی کششی، کله پیچ یا واشر (در صورت استفاده از ان)، باید دارای قطری،d_h یا d_w، بیشتر از 7.94mm ($5/16 in$)باشد. همچنین ضخامت واشر نباید کمتر از 1.27mm(0.05 in) باشد.

الف- مقاومت کنده شده پیچ (PULL-OUT)

مقاومت کنده شدن پیچ، P_{not}، برابر است با:

$$P_{not} = 0.85 t_c d F_{u2} \qquad (۱۶۰-۲)$$

ب- مقاومت کنده شدن ورق (PULL-OVER)

مقاومت کنده شدن ورق، P_{nov}، برابر است با:

$$P_{\text{nov}} = 1.5 t_1 d'_w F_{u1} \qquad (۱۶۱-۲)$$

که در این رابطه:

d'_w: قطر موثرکنده شدن ورق است که براساس حالات زیر محاسبه می‌شود:

الف) پیچ با کله گرد (شکل ۲-۳۴-الف)، یا شش ضلعی و یا با واشر فلزی شش‌ضلعی مجزا و صلب در زیر کله پیچ (شکل ۲-۳۴- ب):

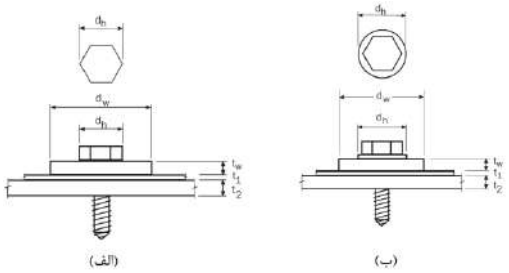
$$d'_w = d_h + 2t_w + t_1 \le d_w \qquad (۱۶۲-۲)$$

که در این رابطه:

d_h: قطر کله پیچ یا واشر شش ضلعی

t_w: ضخامت واشر فلزی

d_w: قطر واشر فلزی



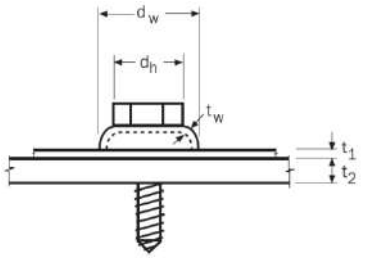
شکل ۲- ۳۴- جزئیات کنده شدن ورق پیچ اتصال به همراه واشر مسطح

ب) برای پیچ با کله گرد یا شش ضلعی بدون واشر مجزا در زیر کله پیچ:

$d'_w = d_h$، ولی نباید بیشتر از 12.7mm ($\frac{1}{2} in$) اختیار شود.

ج) برای واشرهای گنبدی شکل (مجزا از پیچ و غیر صلب) قرار گرفته در زیر پیچ‌ها، مقدار d'_w براساس رابطه (۲-۱۶۲) و با استفاده از d_hو t_w و t_1 مشابه شکل زیر تعیین می‌شود. در رابطه مذکور

مقدار d'_w نباید بیش از $16mm\ \frac{5}{8}\ in$ اختیارشود.



شکل ۲- ۳۵- جزئیات کنده شدن ورق پیچ اتصال به همراه واشر گنبدی شکل

ج- کشش در پیچ‌ها

در این حالت مقاومت برشی اسمی‌پیچ،P_{ts}، گزارش شده از طرف سازنده پیچ و یا نتایج آزمایشگاهی، باید مد نظر قرار گیرد.

۲-۴-۴-۵- ترکیب برش و کنده شدن ورق

الف- طراحی به روش تنش مجاز

برای اتصالات پیچی تحت ترکیب برش و نیروی کششی، رابطه زیر باید ارضاء شود:

$$\frac{Q}{P_{ns}} + 0.71\frac{T}{P_{nov}} \le \frac{1.10}{\Omega} \qquad (۱۶۳-۲)$$

$$\Omega = 2.35$$

همچنین مقادیرQ وTهریک به تنهایی نباید از مقاومت‌های مجاز عنوان شده در بندهای ۲-۴-۴-۳ و ۲-۴-۴-۴ فراتر رود.

که در این رابطه:

Q: مقاومت برشی مجاز مورد نیاز اتصال

T: مقاومت کششی مجاز مورد نیاز اتصال

P_{ns}: مقاومت برشی اسمی‌اتصال: $2.7t_1dF_{u1}$

P_{nov}: مقاومت کنده شدن اسمی ورق اتصال: $1.5t_1d_wF_{u1}$

d_w: بزرگ‌ترین مقدار بین قطر کله پیچ یا واشر

رابطه بالا باید برای اتصالاتی به کار رود که شرایط زیر را ارضاء می‌کنند:

۱- $(0.724\text{mm} \le t_1 \le 0.0285in)(1.13\text{mm} \le t_1 \le 0.0445in)$

۲- پیچ خودکار شماره ۱۲ و۱۴، با و یا بدون واشر

۳- $19.1\text{mm} \le d_w \le 0.75in$

۴- $F_{u1} \le 438\text{MPa}$ یا 4920Kg.cm^2

۵- $t_2/t_1 \ge 2.5$

برای بارگذاری‌هایی با خروج از مرکزیت، که موجب به ایجاد نیروی کنده شدن ورق به صورت غیریکنواخت می‌شود، مقاومت اسمی کنده شدن ورق باید ۵۰ درصد P_{nov} اختیار شود.

ب- طراحی به روش حدی

برای اتصالات پیچی تحت ترکیب برش و نیروی کششی، رابطه زیر باید ارضاء شود:

$$\frac{\bar{Q}}{P_{ns}} + 0.71\frac{\bar{T}}{P_{nov}} \le 1.10\phi \qquad (۱۶۵-۲)$$

$$\phi = 0.65$$

همچنین مقادیر $\bar{Q}$ و $\bar{T}$ هر یک به تنهایی نباید از مقاومت‌های مجاز عنوان شده در بندهای ۲-۴-۴-۳ و ۲-۴-۴-۴ فراتر رود.

که در این رابطه:

$\bar{Q}$: مقاومت برشی مورد نیاز اتصال = V_u

$\bar{T}$: مقاومت کششی مورد نیاز اتصال = T_u

P_{ns}: مقاومت برشی اسمی‌اتصال: $2.7t_1dF_{u1}$

P_{nov}: مقاومت کنده شدن اسمی‌ورق اتصال: $1.5t_1d_wF_{u1}$

d_w: بزرگ‌ترین مقدار بین قطر کله پیچ یا واشر

رابطه بالا باید برای اتصالاتی به کار رود که شرایط زیر را ارضاء می‌کنند:

۱- $(0.724\text{mm} \le t_1 \le 0.0285in)(1.13\text{mm} \le t_1 \le 0.0445in)$

۲- پیچ خودکار شماره ۱۲ و۱۴، با و یا بدون واشر

۳- $19.1\text{mm} \le d_w \le 0.75in$

۴- $F_{u1} \le 438\text{MPa}$ یا 4920Kg.cm^2

۵- $t_2/t_1 \ge 2.5$

برای بارگذاری‌هایی با خروج از مرکزیت، که موجب به ایجاد نیروی کنده شدن ورق به صورت غیریکنواخت می‌شود، مقاومت اسمی کنده شدن ورق باید ۵۰ درصد P_{nov} اختیار شود.

۲-۴-۵- گسیختگی

۲-۴-۵-۱- گسیختگی برشی

در اتصالات انتهایی تیرها که یک یا بیشتر از یک بال مقطع جدا شده است و احتمال گسیختگی در طول صفحه پیچ‌ها وجود دارد، مقاومت برشی اسمی، V_n، باید براساس رابطه زیر محاسبه شود:

$$V_n = 0.6F_u A_{wn}$$
$$\Omega = 2.00 \qquad (۱۶۶-۲)$$
$$\phi = 0.75$$

که در این رابطه:

$$A_{wn} = \left(h_{wc} - nd_h\right)t \qquad (۱۶۷-۲)$$

h_{wc}: ارتفاع مسطح جان

n: تعداد سوراخ‌های موجود در مسیر بحرانی

d_h: قطر سوراخ

F_u: مقاومت گسیختگی عضو متصل شده

t: ضخامت جان

۲-۴-۵-۲- گسیختگی کششی

مقاومت گسیختگی کششی موجود قسمت‌های عضو متصل شده باید براساس ضوابط اتصالات جوشی (۲-۴-۲) و پیچ و مهره‌ای (۲-۴-۳) محاسبه شود.

۲-۴-۵-۳- گسیختگی قالبی

اگر ضخامت نازک‌ترین قسمت متصل شده کمتر از 4.76mm ($\frac{3}{16}in$) باشد، مقاومت گسیختگی قالبی، R_n، باید براساس ضوابط این بند تعیین شود، در غیر این صورت باید از ضوابط ارائه شده در مبحث دهم مقررات ملی ساختمان استفاده نمود.

مقاومت گسیختگی قالبی، R_n، اتصالات اجزاء سرد نورد شده، برابر است با کوچک‌ترین حاصل از دو رابطه زیر:

$$R_n = 0.6F_y A_{gv} + F_u A_{nt} \qquad (۱۶۸-۲)$$
$$R_n = 0.6F_u A_{nv} + F_u A_{nt} \qquad (۱۶۹-۲)$$

برای اتصالات پیچ و مهره‌ای:

$$\Omega = 2.22\,(ASD)$$
$$\phi = 0.65\,(LRFD)$$

برای اتصالات جوشی:

$$\Omega = 2.50\,(ASD)$$
$$\phi = 0.60\,(LRFD)$$

که در این رابطه:
A_{gv}: مساحت کلی تحت اثر برش
A_{nv}: مساحت خالص تحت اثر برش
A_{nt}: مساحت خالص تحت اثر کشش

۲-۴-۶- اتصال عناصر به مصالح غیرباربر

۲-۴-۶-۱- لهیدگی

شرایط لازم برای انتقال نیروی وارده از اجزای فولادی به اجزای دیگر با مصالح متفاوت، باید به نحو مناسب منطبق با شرایط اتصال فراهم شود.

۲-۴-۶-۲- کشش

در این حالت نیروی برشی و کشش کنده شدن ورق صفحات فولادی اطراف کله پیچ، و همچنین نیروی کنده‌شدگی پیچ حاصل از بار محوری و لنگر خمشی منتقل داده شده به پیچ از طریق سایر اجزاء سازه‌ای، باید در نظر گرفته شود.

مقاومت اسمی کشش پیچ و مقاومت اجزای الحاقی اتصالات، باید بر اساس آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های تولید محاسبه و تعیین شوند.

۲-۴-۶-۳- برش

شرایط لازم برای انتقال نیروی برشی از اجزای فولادی سازه به اجزای الحاقی ساخته شده با مصالح متفاوت،باید به نحو مناسب منطبق با شرایط اتصال فراهم شود. محاسبات به گونه‌ای انجام شود تنش‌های ایجاد شده در اجزاء فلزی اتصال، از مقادیر مجاز عنوان شده در این دستورالعمل فراتر نرود؛ همچنین تنش‌های برشی ایجاد شده در پیچ‌ها و دیگر مصالح از حد مجاز عنوان شده در این دستورالعمل و یا توسط سازنده مصالح فراتر نرود. در محاسبه اتصالات باید به ترکیب نیروی برشی با دیگر نیروها نیز توجه شود.

۲-۵ –سیستم‌ها و مجموعه‌های سازه‌ای (اعضای مرکب)

۲-۵-۱- مقاطع مرکب (ساخته شده)

۲-۵-۱-۱- مقاطع I ساخته شده از دو مقطع C به صورت پشت به پشت

برای اعضای خمشی:

حداکثر فاصله‌ی طولی مجاز جوش‌ها یا هر متصل کننده‌ی دیگر مقاطع C در تولید یک مقطع I، S_{max}، به صورت زیر است:

$$S_{max} = L/6 \leq \frac{2gt_s}{mq} \qquad (۲-۱۷۰)$$

که در آن:

L = طول دهانه تیر

T_s = توان طراحی (مقاومت کاهش یافته) اتصال در کشش

g = فاصله‌ی عمودی میان دو ردیف از اتصالات نزدیک‌ترین به بالا و پایین بال‌ها

m = فاصله بین مرکز برش یک مقطع C شکل تا صفحه میانی جان.

q = بار طراحی روی تیر برای حد فاصل متصل کننده‌ها. در روش ASD نیروهای اسمی و در روش LRFD نیروهای ضریب دار را در نظر بگیرید

بار q از تقسیم بار متمرکز یا عکس‌العمل بر طول باربری بدست خواهد آمد. برای تیرهایی که با توزیع بار یکنواخت طراحی می‌شوند، q باید سه برابر مقدار بار توزیع شده‌ی یکنواخت، بر پایه ترکیبات بار بحرانی در روش ASD، یا سه برابر بار ضریب دار در روش LRFD در نظر گرفته شود. اگر طول باربر در بار متمرکز یا عکس‌العمل از فاصله بین جوش‌ها، کوچک‌تر باشد، S ، محاسبه مقاومت مجاز(ضریب مقاومت) برای جوش‌ها یا اتصالات در برابر بارهای متمرکز یا عکس‌العمل به روش زیر است:

$$T_s = P_s m/2g \qquad (۲-۱۷۱)$$

که در آن:

P_s = نیروی بار متمرکز یا عکس العمل بر پایه ی ترکیبات بار بحرانی برای روش ASD و LRFD است.

حداکثر فاصله‌ی مجاز اتصالات، S_{max}، بستگی خواهد داشت به مجرد شدت باری که مستقیما بر اتصالات اعمال می‌شود. بنابر این اگر اتصالاتی با فاصله‌های یکنواخت در سراسر طول تیر به کار می روند، S_{max} باید در نقطه‌ای که حداکثر شدت موضعی بار تحمیل می‌شود، محاسبه شود. در مواردی

که این روند با نتایج غیراقتصادی موجب نزدیکی فواصل می‌شود، می توان هر یک از دو روش ذیل را انتخاب نمود:

الف) اتصالات با فاصله‌های گوناگون در طول تیر، مطابق تغییرات شدت بار، استفاده شود. یا،

ب) صفحات پوششی تقویت کننده، در نقاطی که بار متمرکز واقع شده است، به بال‌ها جوش شود. آنگاه مقاومت برشی مجاز (ضریب مقاومت پایداری) اتصالاتی که این صفحات را به بال‌ها متصل می کنند، برای T_s به کار می رود و g نیز برای عمق تیر در نظر گرفته می‌شود.

۲-۵-۱-۲- اعضای فشاری مرکب از اتصال دو مقطع

برای اعضای فشاری مرکب از دو مقطع متصل به هم، مقاومت محوری مجاز (مقاومت محوری طراحی) باید در مطابقت کامل با محاسبه مقاومت محوری اسمی مورد اصلاحات زیر واقع شوند. اگر مد پیچشی تغییر شکل‌هایی را اعمال کند که ناشی از نیروهای برشی محصول(پروفیل) در متصل کننده‌های بین هریک از مقاطع است، KL/r با $(KL/r)_m$ جایگزین می‌شود، که به روش زیر محاسبه می‌شود:

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{KL}{r}\right)_0^2 + \left(\frac{a}{r_i}\right)^2} \qquad (۲-۱۷۲)$$

که در آن:

$(KL/r)_0$= شامل نسبت لاغری مقطع کامل حول محور عضو ساخته شده

a= فواصل بین پیچ ها یا نقاط جوش میانی

r_i= حداقل شعاع ژیراسیون سطح مقطع- کامل یک مقطع منفرد از عضو ساخته شده (عضو مرکّب)

K= ضریب طول مؤثر

L= طول مهار نشده جانبی عضو

r= شعاع ژیراسیون مقطع کامل کاهش نیافته حول محور کمانش

علاوه بر این، مقاومت قطعات اتصالات و فواصل آن‌ها باید موارد زیر را تامین کند:

الف) اتصالات میانی یا فاصله نقاط جوش، محدود است به گونه ای که a/r_i از نصف نسبت لاغری حاکم بر عضو مرکب تجاوز نکند.

ب) انتهای عضو فشاری ساخته شده (مرکب)، توسط جوش‌ها اتصال داده می‌شوند. به طوری که طول آن‌ها از حداکثر عرض عضو کوچک‌تر نباشند. یا توسط اتصالات طولی فاصله داری بیشتر از ۴ برابر ضخامت(قطر) مجزا برای مقدار فاصله ۱/۵ برابر حداکثر عرض عضو نباشد.

ج) اتصالات (پیچی) یا جوش‌های میانی در هر عضو طولی باید توانایی انتقال نیروی حداقل ۲/۵٪

مقاومت محوری اسمی عضو مرکب درهر امتداد داشته باشد.

۲-۵-۱-۳- فاصله ی اتصالات در مقاطع پوشش یافته با صفحات پوششی

فاصله‌ی اتصالات، S، در مسیرهای تحت تنش، بین جوش‌ها، پرچ ها، یا پرچ های بین متصل کننده‌ی یک ورق پوششی، صفحه یا یک سخت کننده‌ی تحت فشار ناتمام، با عضو دیگر نباید بیشتر از مقادیر زیر باشد:

الف) مقداری که مورد نیاز است تا نیروی برشی محاسبه شده بر پایه توان طراحی (مقاومت ضریب دار) برای هر اتصال را که در ادامه مشخص می شود، بین قطعات متصل شده، منتقل کند.

ب) برابر است با $1.16t\sqrt{E/f_c}$ که در آن t برابر است با ضخامت ورق یا صفحه پوششی و f_c برابر است با تنش فشاری بر اساس بارهای اسمی (بار معین) در ورق پوششی یا صفحه

ج) سه برابر عرض مسطح، W، از باریک ترین عضو فشاری سخت نشده که مربوط به اتصالات است، اما لازم نیست که از مقدار زیر بیشتر باشد:

اگر $\frac{w}{t} < 0.5\sqrt{E/F_y}$ $\quad 1.11t\sqrt{E/F_y}$

اگر $\frac{w}{t} \geq 0.5\sqrt{E/F_y}$ $\quad 1.33t\sqrt{E/F_y}$

مگر این که فاصله ی کمتری طبق موارد الف و ب فوق مورد نیاز باشد.

در حالت جوش گوشه ای متناوب موازی با مسیر تحت تنش، فاصله باید برابر فاصله‌ی ازاد بین جوش‌ها به اضافه‌ی $12.7\ mm$ در نظر گرفته شود. در همه‌ی حالات دیگر فاصله باید برابر فاصله ی مرکز به مرکز بین اتصالات در نظر گرفته شود.

نکته: ضوابط این بخش در مورد صفحات پوششی که به عنوان مواد پوششی به کار رفته و به عنوان اعضای باربر در نظر گرفته نمی شوند، کاربرد ندارد.

۲-۵-۲- سیستم‌های مرکب

طراحی اعضاء در سیستم‌های مرکبی که با استفاده از ترکیبات فولادی سرد نورد شده همراه با مصالح دیگر ساخته می شوند، باید از ضوابط این ایین نامه و ایین نامه مناسب مصالح دیگر پیروی نمایند.

۲-۵-۳- مهاربندی جانبی و پایدار

مهارها باید چنان طراحی شوند که از خمش جانبی یا پیچش تیر یا ستون بارگذاری شده ممانعت نموده و همچنین باید از لهیدگی موضعی در نقاط اتصال جلوگیری کنند.

۲-۵-۳-۱- تیرها و ستون‌های متقارن

مهاربندها و سیستم‌های مهاربندی، شامل اتصالات آن‌ها، باید با در نظر گرفتن مقاومت و توان سختی مورد نیاز طراحی شوند.

۲-۵-۳-۲- تیرهای با مقاطع C و Z شکل

مقررات زیر برای مهار پیچش مقاطع C و Z ، زمانی که به عنوان تیرهایی تحت بارگذاری مؤثر در صفحه ی جان آن‌ها به کار می روند، تنها زمانی اعمال می شوند که هیچ یک از بال‌ها به عرشه یا مصالح پوشش متصل نشده باشد که به طوری مؤثر تغییر شکل جانبی بال متصل شده را محدود کند. هنگامی که هردو بال به خوبی متصل شده باشند، دیگر نیازی به مهار نیست. هنگامی که ایین نامه روش سریعی برای طراحی ندارد، اطلاعات بیشتر را باید از تفسیر ایین نامه به دست اورد.

الف- هیچ یک از بال‌ها به صفحاتی متصل نشده است که مقاومت و پایداری مقاطع C و Z را تامین کند:

هر مهاربند واقع شده بر بال بالا یا پایین برای مقاطع C و Z باید با مقاومت P_{L1} و P_{L2} طراحی شوند، که در ان P_{L1} نیروی مهاری مورد نیاز برای بال در یک چهارم همراه با هر دو محور $+x$ و $+y$ است. و P_{L2} نیروی مهاری بر روی بال دیگر است. محور x باید به عنوان محور عمود بر مرکز جان طراحی شود و محور y باید به عنوان محور موازی به مرکز جان طراحی شود. مختصات x و y باید به گونه ای قرار گیرد که یکی از بال‌ها در یک چهارم $+x$ و $+y$ واقع شود. توضیحات مربوط به جهات مثبت نیروها و سیستم‌های مختصات در شکل ۲-۳۶ ارائه شده است.

الف) برای بارهای یکنواخت

$$P_{L1} = 1.5[W_y K' - (W_x/2) + (M_z/d)] \qquad (۲-۱۷۳)$$

$$P_{L2} = 1.5[W_y K' - (W_x/2) - (M_z/d)] \qquad (۲-۱۷۴)$$

زمانی که بار یکنواخت، W، بر روی صفحه ی جان مقطع عمل می کند، مانند: $W_y = W$ انگاه:

$$P_{L1} = -P_{L2} = 1.5(m/d)W \qquad \text{برای مقاطع C} \qquad (۲-۱۷۵)$$

$$P_{L1} = P_{L2} = 1.5\left(\frac{I_{xy}}{2I_x}\right)W$$ برای مقاطع Z (۱۷۶-۲)

که در آن:

W_x , W_y = مؤلفه‌های بار طراحی (بار افزایش یافته) W به ترتیب موازات محورهای x و y است. اگر بار در جهت x+ و y+ عمل کند، W_x و W_y مثبت هستند.

W = بار طراحی (بار افزایش یافته) (بار اعمالی مطابق با بحرانی ترین ترکیب بار برای ASD، LRFD و یا LSD، هر کدام که قابل کاربرد باشد) در فاصله 0.5a درهر طرف مهاربند.

$$K' = 0$$ برای مقاطع C (۱۷۷-۲)

$$K' = I_{xy}/2I_x$$ برای مقاطع Z (۱۷۸-۲)

که در آن :

I_{xy} = حاصلضرب اینرسی مقطع کل کاهش نیافته

I_x = ممان اینرسی مقطع کل کاهش نیافته حول محور x

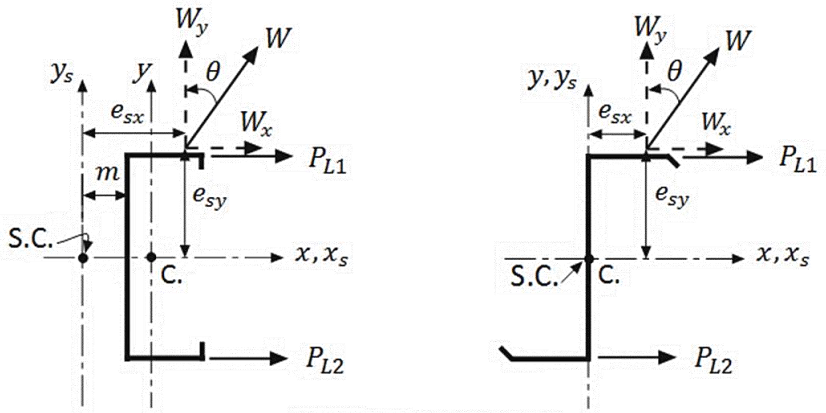
$M_z = -W_x e_{sy} + W_y e_{sx}$ ، لنگر پیچشی W حول مرکز برش

e_{sx} و e_{sy} = خروج از مرکز مؤلفه‌های بار که نسبت به مرکز برش به ترتیب در جهت x و y اندازه‌گیری می شود.

d = عمق مقطع

m = فاصله مرکز برش تا میان صفحه جان مقطع C

a= فاصله طولی میان محور مرکزی مهاربندها



شکل ۲- ۳۶- سیستم‌های مختصات و جهات نیروهای مثبت

ب) برای بارهای متمرکز

$$P_{L1} = P_y K' - (P_x/2) + (M_z/d) \qquad (۱۷۹-۲)$$

$$P_{L2} = P_y K' - (P_x/2) + (M_z/d) \qquad (۱۸۰-۲)$$

زمانی که بار طراحی بر صفحه ی جان مقطع اعمال می شود، $P_y = P$ ، آنگاه:

$$P_{L1} = -P_{L2} = (m/d)P \qquad \text{برای مقاطع C} \qquad (۱۸۱-۲)$$

$$P_{L1} = P_{L2} = \left(\frac{I_{xy}}{2I_x}\right)P \qquad \text{برای مقاطع Z} \qquad (۱۸۲-۲)$$

که در آن:

P_x و P_y = مؤلفه‌های بار طراحی(بار افزایش یافته) P به ترتیب موازی محور x و y هستند. اگر بار در جهت x+ و y+ تاثیر بگذارد P_x و P_y مثبت هستند.

$M_z = -P_x e_{sy} + P_y e_{sx}$ ، لنگر پیچشی P حول مرکز برش.

P = بار متمرکز طراحی (بار افزایش یافته) با فاصله 0.3a در هرطرف مهار، به علاوه‌ی 14(1-l/a) برابر هر بار متمرکز طراحی در فاصله بین 0.3a تا 1.0a نسبت به مهار. بار متمرکز طراحی(بار افزایش یافته)، بار ناشی از بارهای به کاررفته مطابق ترکیبات بحرانی ترین بار براساس روش طراحی ASD یا LRFD و LSD است.

که:

l = فاصله بار متمرکز از مهار

نیروی مهاری، P_{L1} و P_{L2} در محلی که نیاز به مهاربندی داشته باشد تا از حرکت بال متناظرش در دو جهت منفی x جلوگیری کند، مثبت است.

در موقعیت‌هایی که مهارها تدارک دیده شده اند، باید به شیوه‌ای متصل شده باشند که بتوانند به طور مؤثر در برابر تغییرمکان جانبی هر دو بال مقطع در انتها و در هر نقطه از مهارهای میانی ممانعت به عمل آورد.

هنگامی که همه بارها و واکنش های روی یک تیر به اعضایی از قاب منتقل می شوند که به طور مؤثر در برابر چرخش پیچش و تغییرمکان جانبی مهار شده است، مهار اضافی نیاز نیست مگر در مواردی که لازم است قدرت (مقاومت) در برابر خمش و پیچش جانبی افزایش یابد.

۲-۵-۳-۳- مهاربندی اعضای فشاری با بارگذاری محوری

قدرت (مقاومت) مورد نیاز مهاربندها برای ممانعت در برابر انتقال جانبی در نقطه مهار شده برای یک عضو فشاری منفرد باید به روش زیر محاسبه شود:

$$P_{br,1} = 0.01P_n \qquad (۱۸۳-۲)$$

سختی مورد نیاز مهاربند برای ممانعت در برابر انتقال جانبی در نقطه مهار شده برای یک عضو فشاری منفرد باید به روش زیر محاسبه شود:

$$\beta_{br,1} = \frac{2[4-(2/n)]P_n}{L_b} \qquad (۱۸۴-۲)$$

که در آن:

$P_{br,1}$ = قدرت (مقاومت) اسمی مورد نیاز مهاربند برای یک عضو فشاری منفرد

P_n = قدرت (مقاومت) فشاری محوری اسمی یک عضو فشاری منفرد

$\beta_{br,1}$ = سختی مورد نیاز مهاربند برای یک عضو فشاری

n = تعداد موقعیت های مهاربندی میانی با فواصل ثابت

L_b = فاصله بین مهاربندها در یک عضو فشاری

۲-۵-۴- ساختمان قاب سبک با فلز سرد نورد شده

طراحی و نصب اعضای سازه ای و غیر سازه ای مورد استفاده در کاربردهای قاب بندی تکراری با فلز سرد نورد شده که در ان حداقل ضخامت پایه فلز مورد استفاده بین 0.0179 in (0.455 mm) و 0.1180 in (2.997 mm) است. باید مطابق با استاندارد ایین نامه AISI S200 و به شرح زیر، به عنوان قابل اجرا:

الف : نعل درگاه‌ها، شامل نعل درگاه‌ها با مقاطع باکس و پشت به پشت و نعل درگاه‌های L شکل منفرد و دوگانه باید مطابق استاندارد آیین نامه AISI S212 یا در تطابق با این آیین نامه طراحی شوند.

ب: خرپاها باید مطابق استاندارد آیین نامه AISI S214 طراحی شوند.

ج: استادهای دیوار باید مطابق استاندارد ایین نامه AISI S211 طراحی شوند، یا در تطابق با این ایین نامه بر اساس یک سیستم تمام فلزی مطابق با ... یا طراحی پوشش مهاربندی شده مطابق با یک تئوری مناسب، آزمایش‌ها، یا تحلیل مهندسی منطقی باشد. استفاده از مقاطع پانچ شده مجاز است. اتصال هر دو انتهای استاد باید دارای اتصالات مقاوم در برابر چرخش و پیچش محور طولی و تغییرمکان افقی عمود بر محور استاد باشند.

د: قاب بندی سیستم‌های کف و سقف باید مطابق بـا اسـتاندارد آیـین نامـه AISI S210 یـا در تطابق با این ایین نامه طراحی شوند.

۲-۵-۴-۱- طراحی تمام فلزی برای مونتاژ استادهای دیواری

مونتاژ استادها برای تولید دیوار با استفاده از طراحی تمام فلزی باید طراحی شوند با سهم سازه‌ای از صفحات متصل شده و موارد الزامات بخش طراحی اعضای آیین‌نامه AISI S100 باشد. برای اعضای فشاری با سوراخ‌های دایره‌ای و غیر دایره‌ای، خواص مقاطع مؤثر باید مطابق با الزامات اعضای سخت شده فشاری یکنواخت با سوراخ‌های دایره‌ای و غیر دایره‌ای باشد.

۲-۵-۵- ساختمان دیافراگم کف، سقف یا دیوار فلزی

مقاومت اسمی برشی درون پلان دیافراگم، S_n ، باید مطابق با محاسبه یا آزمایش معین شود. ضریب اطمینان و ضریب مقاومت دیافراگم برای هر یک از این متدها باید بر اساس جدول ۲-۱۲ معین شود. اگر مقاومت برشی اسمی تنها براساس آزمایش بدون تعریف تمام آستانه‌های حالات حدی به دست آید، ضرایب اطمینان و ضرایب مقاومت باید محدود به مقادیر تعیین شده در جدول ۲-۱۲ برای انواع تیپ‌های اتصالی و مدهای خرابی ارتباط مربوط باشد. حالات حدی کاهش یافته شدیدتر باید در طراحی کنترل شود. زمانی که ترکیبات اتصالات درون سیستم دیافراگم استفاده می‌شود، باید فاکتور مؤثر شدیدتر استفاده شود.

جدول ۲-۱۲- ضریب اطمینان و ضریب مقاومت برای دیافراگم‌ها

تیپ بار یا ترکیبات	تیپ اتصال	حالات حدی					
		اتصال مربوط			کمانش پنل*		
		Ω_d (ASD)	Φ_d (LRFD)	Φ_d (LSD)	Ω_d (ASD)	Φ_d (LRFD)	Φ_d (LSD)
زلزله	جوش	3.00	0.55	0.50	2.00	0.80	0.75
	پیچ	2.50	0.65	0.60			
باد	جوش	2.35	0.70	0.65			
	پیچ						
سایر	جوش	2.65	0.60	0.55			
	پیچ	2.50	0.65	0.60			

* کمانش پنل کمانش بیرون از صفحه بوده و کمانش موضعی در اتصالات نیست.

Ω_d = ضریب اطمینان در روش ASD

Φ_d = ضریب مقاومت در روش LRFD و LSD

برای اتصالات مکانیکی غیر از پیچ ها:

الف: Ω_d نباید کمتر از مقادیر جدول ارائه شده باشد.

ب: Φ_d نباید بزرگ‌تر از مقادیر جدول ارائه شده باشد.

علاوه بر این، مقادیر Ω_d و Φ_d با استفاده از اتصال دهنده‌های مکانیکی غیر از پیچ‌ها باید توسط مقادیر Ω و Φ به دست امده از طریق کالیبراسیون مقاومت برشی اتصال دهنده منفرد محدود شود، مگر انکه اطلاعات کافی وجود داشته باشد برای ایجاد یک اثر سیستم دیافراگم در مطابقت با آزمایش‌های صورت گرفته برای کارایی اتصالات در روش‌های LRFD و ASD باشد. کالیبراسیون مقاومت برشی اتصال‌دهنده باید از تیپ مواد دیافراگم باشد. کالیبراسیون مقاومت برشی اتصال دهنده منفرد باید مطابق با کارایی اتصالات در روش‌های LRFD و ASD باشد. روش آزمایش باید به گونه‌ای باشد که نشان‌دهنده مد خرابی در طراحی باشد. تاثیر ضخامت مواد در حالت مد خرابی باید در نظر گرفته شود.

۲-۵-۶- سیستم های سقف و دیوار فلزی

الزامات بخش‌های ذیل در سیستم‌های سقف و دیوار فلزی که شامل پرلین‌ها، نگه‌دارنده‌ها، پنل‌های دیوار و دیوار به سقف با اتصالات سرتاسری یا نگه‌دارنده پنل های سقفی موجدار طبق کاربرد باید اعمال شود.

۲-۵-۶-۱- پرلین‌ها، گیرت‌ها(نگه‌دارنده‌ها) یا اعضای دیگر

الف- اعضای خمشی با یک بال متصل به دک یا ورق پوششی

این بخش در مورد تیرهای سرتاسری در ناحیه مابین نقاط انعطاف‌پذیر(دارای لنگر) تا تکیه‌گاه یا تیر طره‌ای کاربرد ندارد.

مقاومت خمشی اسمی (ممان مقاومت)، M_n ، در مقاطع C یا Z که در موازات جان مقطه بارگذاری شده‌اند، با بال تحت کشش متصل به دک یا صفحه پوششی و بال تحت فشار بدون مهاربند جانبی، باید مطابق فرمول این بخش مورد محاسبه قرار گیرد. ضریب اطمینان و ضریب مقاومت معین شده در این بخش که برای تعیین مقاومت خمشی مجاز یا مقاومت خمشی طراحی مورد استفاده قرار گرفته باید طبق متدهای طراحی کاربردی روش‌های ASD و LRFD و LSD باشند.

$$M_n = RS_eF_y \qquad (۱۸۵-۲)$$

$\Omega_d = 1.67$ (ASD)

$\Phi_d = 0.90$ (LRFD, LSD)

که R برگرفته از جدول ۲-۱۳ برای فواصل ساده با مقاطع C یا Z ، و

R = 0.60 برای دهانه‌های سرتاسری با مقاطع C

R = 0.70 برای دهانه‌های سرتاسری با مقاطع Z

S_e = مدول الاستیک مقطع مؤثر که بر اساس F_y در دورترین تار فشاری یا کششی محاسبه شده است.

F_y = تنش تسلیم طراحی

ضریب کاهش، R ، باید برای سیستم‌های سقف و دیوار با شرایط زیر محدود شود:

(۱) عمق عضو ≥ 11.5 in. (292 mm)

(۲) بال‌های عضو دارای سخت کننده لبه باشند

(۳) عمق ≤ 60 / ضخامت ≥ 170

(۴) عمق ≤ 2.8 / عرض بال ≥ 4.5

(۵) پهنای تخت بال ≤ 16 / ضخامت بال ≥ 43

(۶) برای سیستم‌های با دهانه سرتاسری، طول لب پوشی در هر تکیه گاه داخلی در هر جهت (فاصله از مرکز تکیه گاه تا اخر لب) نباید از 1.5d کمتر باشد.

(۷) طول دهانه عضو نباید بزرگ‌تر از 33 ft. (10 m) باشد.

(۸) از حرکت جانبی هریک از بال‌ها در تکیه گاه ممانعت به عمل اید.

(۹) تمام اعضای سازه ای پنل‌های سقف یا دیوار از ورق‌های فلزی با F_y حداقل 50 ksi (340 Mpa یا 3520 kg/cm^2)و حداقل ضخامت پایه فلز 0.018 in. (0.46 mm) ، حداقل عمق موج 1.1250 in. (29 mm) ، فواصل حداکثر 12 in. (305 mm) از مرکز، و به گونه ای اتصال یابند که از حرکت نسبی بین پانل و بال پرلین به طور مؤثر ممانعت نمایند.

(۱۰) عایق از پوشش الیاف پشم شیشه با ضخامت 0 تا 6 in. (152 mm) به صورت فشرده بین عضو و پنل و به طور سازگار با اتصالات به کار رفته است.

(۱۱) تیپ اتصال دهنده، پیچ خودرو یا پیچ ورق فولادی نمره حداقل 12 یا پرچ 3/16 in. (4.76 mm) با واشری با قطر 1/2 in. (12.7 mm) است.

(۱۲) اتصال دهنده‌ها از نوع پیچ‌های غیر همگن نباشند.

(۱۳) فاصله مرکز به مرکز اتصال دهنده‌ها نباید بزرگ‌تر از 12 in. (305 mm) بوده و باید نزدیک ترین محل به مرکز بال تیر و مجاور موج بالایی پنل باشد.

(۱۴) تنش تسلیم طراحی عضو از 60 ksi (410 Mpa یا 4220 kg/cm^2) تجاوز نکند.

اگر متغیرها خارج از هرگونه محدودیت فوق تنزل کنند، کاربر باید در مقیاس کامل مطابق با بخش آزمایش‌های کارایی سازه‌ها از ایین نامه AISI S100 محاسبه نموده یا یک روند تحلیل مهندسی

منطقی به کار ببرد. برای سیستم پرلین (تیرهای) سرتاسری که در ان طول دهانه‌های مجاور بیش از ۲۰٪ تغییر کند، مشابه دهانه‌های ساده مقادیر R دهانه‌های مجاور باید از (جدول ۲-۱۳) به دست آید. کاربر مجاز به انجام تست مطابق بخش آزمایش‌های کارایی سازه‌ها از آیین‌نامه AISI S100 به عنوان یک جایگزین به روش شرح داده شده در این بخش است.

جدول ۲-۱۳- مقادیر R برای مقاطع C و Z در دهانه ساده

R	مقطع	محدوده عمق in. (mm)
0.70	C / Z	$d \leq 605\ (165)$
0.65	C / Z	$605\ (165) < d \leq 8.5\ (216)$
0.50	Z	$8.5\ (216) < d \leq 11.5\ (292)$
0.40	C	$8.5\ (216) < d \leq 11.5\ (292)$

برای اعضای با دهانه‌های ساده، به دلیل اثرات عایق فشرده بین صفحات و عضو، R باید کاهش داده شود. این کاهش باید با ضریب R از جدول بالا در ضریب اصلاح، r ، به روش زیر محاسبه شود:

$$r = 1.00 - 0.01\ t_i\ \ (in.) \qquad (۱۸۶-۲)$$

$$r = 1.00 - 0.0004\ t_i\ \ (mm.) \qquad (۱۸۷-۲)$$

که در آن:

t_i = ضخامت عایق پوششی پشم شیشه ی فشرده نشده است.

ب- اعضای خمشی با یک بال متصل به سیستم سقف موجدار

مقاومت خمشی مجاز برای مقاطع C یا Z ، که به موازات صفحه با جان بارگذاری شده اند همراه با بال بالایی نگهداری شده با سیستم سقف موجدار که باید با مهاربندی نقاط گسسته و الزامات بخش .به دست امده یا باید مطابق این بخش محاسبه شود. تعیین مقاومت مجاز مطابق الزامات ASD یا LRFD است. ضریب اطمینان و ضریب مقاومت مورد استفاده در این بخش باید برای محاسبه مقاومت اسمی، M_n ، توسط فرمول زیر به کاربرده شود:

$$M_n = RS_eF_y \qquad (۱۸۸-۲)$$

$$\Omega_d = 1.67\ (\text{ASD})$$
$$\Phi_d = 0.90\ (\text{LRFD})$$

که در آن:

R = ضریب کاهش که براساس AISI S908 تعیین می شود.

S_e = مدول الاستیک مقطع مؤثر که بر اساس F_y در دورترین تار فشاری یا کششی محاسبه شده است.

F_y = تنش تسلیم طراحی

ج- اعضای فشاری با یک بال سرتاسر متصل به دک یا ورق فولادی

مقررات این بخش باید برای مقاطع C و Z که با یک بال سرتاسری متصل شده به دک یا ورق فولادی، در امتداد محور طولی بارگذاری متمرکز شده‌اند، به کاربرده شوند.

مقاومت محوری اسمی در دهانه‌های ساده یا سرتاسری مقاطع C و Z باید مطابق بند «۱» و «۲» محاسبه شوند:

بند ۱- مقاومت اسمی محور ضعیف باید منطبق با فرمول ارائه شده محاسبه شود. ضریب اطمینان و ضریب مقاومت مورد استفاده در این بخش با استفاده از الزامات مقاومت محوری مجاز و مقاومت محوری طراحی (مقاومت فشاری کاهش یافته) در ASD و LRFD و LSD تعیین می‌شود.

$$P_n = C_1 C_2 C_3 AE/29500 \qquad (۱۸۹-۲)$$

Ω = 1.80 (ASD)

ϕ = 0.85 (LRFD, LSD)

که در آن:

$$= (0.79x + 0.54)C_1 \qquad (۱۹۰-۲)$$

$$= (1.17\alpha t + 0.93)C_2 \qquad (۱۹۱-۲)$$

$$= \alpha(2.5b - 1.63d) + 22.8C_3 \qquad (۱۹۲-۲)$$

که در آن:

x= برای مقطع Z، فاصله اتصال دهنده از لبه بیرونی جان تقسیم بر پهنای بال

x= برای مقطع C، پهنای بال منهای فاصله اتصال دهنده از لبه بیرونی جان تقسیم بر پهنای بال

α= ضریب تبدیل واحد

1 in.= اینچ. برای t ، b و d

0.0394 mm. = میلی متر. برای t ، b و d

0.394 cm. = سانتی متر. برای t ، b و d

t = ضخامت مقطع، C یا Z

b = پهنای بال مقطع، C یا Z

d = عمق جان مقطع، C یا Z

A = سطح مقطع کامل کاهش نیافته مقطع C یا Z

E = مدول الاستیسیته فلز

$29.500\ ksi$ =

$203.000\ MPa$ =

$2.070.000\ kg/cm^2$

فرمول ارائه شده برای سیستم های سقف و دیوار باید محدود به شرایط زیر باشد:

(۱) $t \leq 0.125\ in.(3.22mm)$

(۲) $6\ in.(152mm) \leq d \leq 12\ in.(305mm)$

(۳) بال‌ها دارای سخت کننده فشاری هستند

(۴) $70 \leq d/t \leq 170$

(۵) $2.8 \leq d/b \leq 5$

(۶) $16 \leq \frac{\text{پهنای تخت بال}}{t} \leq 50$

(۷) هردو بال از حرکت جانبی در تکیه گاه مهارشده هستند.

(۸) سقف فلزی یا پنل‌های دیواری فلزی با اتصال دهنده‌های در فواصل حداکثر $12\ in.(305mm)$ مرکز به مرکز و سختی جانبی چرخشی حداقل $0.0015\ k/in/in$ $(0.105\ kg/cm/cm$ یا $10.300\ N/m/m)$ می باشند. اتصال دهنده‌ها در وسط بال برای سختی بیشتر باشند. تعیین براساس AISI S901.

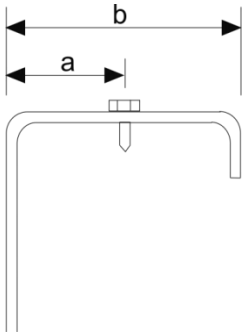
(۹) تنش تسلیم مقاطع C و Z حداقل $33\ ksi\ (230\ MPa$ یا $2320\ kg/cm^2)$ است.

(۱۰) طول دهانه نباید متجاوز از $33\ ft.\ (10m)$ باشد.

بند ۲- مقاومت مجاز(مقاومت کاهش یافته) حول محور قوی باید مطابق الزامات طراحی اعضا و بخش الزامات تعیین مقاومت اسمی برای تسلیم، خمش، پیچشی خمشی و کمانش پیچشی تعیین شود.

$$x = \frac{a}{b}$$ برای مقطع Z (۱۹۳-۲)

$$x = \frac{b - a}{b}$$ برای مقطع C (۱۹۳-۲)



شکل ۲- ۳۷- تعریف x

د- فشار در اعضای مقطع Z با یک بال متصل به سقف موجدار

مقررات این بخش باید برای مقاطع Z که تنها با یک بال سرتاسری متصل شده به پنل‌های سقف موجدار، در امتداد محور طولی بارگذاری متمرکز شده اند، به کاربرده شوند. به عنوان جایگزین، مقادیر طراحی برای سیستم ویژه بر پایه محل‌های مهاربندی نقاط گسسته، یا طبق آزمایشات مندرج در فصل آزمایشات برای موارد خاص مجاز است.

مقاومت محوری اسمی در دهانه های ساده یا سرتاسری مقاطع Z باید مطابق الزامات بند «۱» و «۲» محاسبه شوند. درصورت این که به گونه دیگری تعیین شده باشد، ضریب اطمینان و ضریب مقاومت در این مقاطع با استفاده از مقاومت مجاز مطابق متدهای کاربردی بخش‌های الزامات ASD یا LRFD یا LSD به دست می اید:

بند ۱- مقاومت مجاز در محور ضعیف:

$$P_n = k_{af} R F_y A$$ (۱۹۴-۲)

$\Omega = 1.80$ (ASD)

$\phi = 0.85$ (LRFD)

که در آن:

$$k_{af} = 0.36 \qquad : d/t \leq 90$$

$$k_{af} = 0.72 - \frac{d}{250t} \qquad : 90 < d/t \leq 130 \qquad (۲-۱۹۵)$$

$$k_{af} = 0.20 \qquad : d/t > 130$$

R = ضریب کاهش که از آزمایشات آپ لیفت در آیین نامه AISI S908 تعیین می‌شود.

A = مساحت سطح مقطع کاهش نیافته کامل مقطع Z

d = عمق مقطع Z

t = ضخامت مقطع Z

برای تعریف F_y به الزامات اعضای خمشی و مقاومت اسمی مقطع مراجعه کنید.

فرمول ارائه شده برای سیستم های سقف باید محدود به شرایط زیر باشد:

(۱) ضخامت پرلین : $0.054\ \text{in.}\,(1.37\ \text{mm}) \leq t \leq 0.125\ \text{in.}\,(3.22\ \text{mm})$

(۲) عمق مقطع: $6\ \text{in.}\,(152\ \text{mm}) \leq d \leq 12\ \text{in.}\,(305\ \text{mm})$

(۳) بال‌ها دارای سخت کننده فشاری هستند.

(۴) $70 \leq d \leq 170$

(۵) $2.8 \leq d/b < 5$

d = عرض بال مقطع Z

(۶) $16 \leq \frac{\text{پهنای تخت بال}}{t} \leq 50$

(۷) هردو بال از حرکت جانبی در تکیه گاه مهارشده هستند.

(۸) تنش تسلیم: $F_y \leq 70\ \text{ksi}\ (483\ \text{MPa}$ یا $4920\ \text{kg/cm}^2)$

بند ۲- مقاومت مجاز حول محور قوی باید مطابق الزامات طراحی اعضا و بخش الزامات تعیین مقاومت اسمی برای تسلیم، خمش، پیچشی خمشی و کمانش پیچشی تعیین شود.

۲-۵-۶-۲- مهاربندی و تثبیت سیستم سقف

الف- تثبیت مهاربندی برای سیستم‌های سقف پرلینی تحت بارهای ثقلی با اتصال بال فوقانی به ورق پوششی فلزی

تثبیت، باید تدارک لازم با ابزارهای کارامدی برای انتقال نیرو از دیافراگم سقف به بست نگه‌دارنده

برای سیستم‌های سقف با مقطع C یا Z که براساس الزامات پرلین‌ها و گیرت‌ها و اعضای خمشی و خمش طراحی شده، دارای بال سرتاسر اتصال یافته یا بال فوقانی متصل به ورق موجدار انجام گیرد. هر یک از ابزارهای تثبیت کننده باید به گونه ای طراحی شوند که مقاومت لازم در برابر نیرو P_L ، تعیین شده با فرمول زیر و باید حداقل سختی لازم در معادله سختی مؤثر کل در هر پرلین را ارضا کند. علاوه بر این، پرلین‌ها توسط ورق پوششی مهار جانبی شوند به طوری که حداکثر تغییرمکان(جابجایی) بال فوقانی مابین مسیر مهار جانبی در بارهای اسمی(بارهای معین شده) از طول دهانه تقسیم بر ۳۶۰ تجوز نکند.

ابزارهای تثبیت کننده باید در دهانه هر پرلین قرار گیرد و باید به پرلین یا مجاور بال فوقانی پرلین متصل شود. اگر تثبیت کننده‌ها مستقیما در دهانه هر پرلین در مسیر تمام پرلین‌ها متصل نباشند، باید شرایطی ایجاد کرد تا انتقال نیروها از مسیرهای دیگر پرلین ها به تثبیت کننده‌ها انجام گیرد. باید اثبات شود که نیروی مورد نیاز، P_L، می تواند از میان ورق پوششی سقف و سیستم اتصالات مربوط به ان به ابزارهای تثبیت کننده انتقال یابد. سختی جانبی ابزارهای تثبیت کننده باید توسط تحلیل‌ها یا آزمایش‌ها معین شود. این تحلیل‌ها یا آزمایش‌ها باید برای انعطاف پذیری جان پرلین در قسمت فوقانی اتصال متعلق ابزارهای تثبیت کننده را محاسبه نمایند.

$$P_{L_j} = \sum_{i=1}^{N_p} \left(P_i \frac{K_{eff_{i,j}}}{K_{total_i}} \right) \qquad (۱۹۶-۲)$$

که در آن:

P_{L_j} = نیروی جانبی تحمل شده توسط j^{th} ابزار تثبیت کننده.(P_{L_j} زمانی که برای ممانعت کردن از حرکت پرلین‌ها به سمت بالا در جهت شیب بام نیاز به مهار باشد، مثبت است).

N_p = تعداد مسیر پرلین‌ها در شیب بام

i = شاخص هر خط پرلین $(i = 1,2, \dots, N_p)$

j = شاخص هر ابزار تثبیت کننده $(j = 1,2, \dots, N_a)$

که در آن:

N_a = تعداد ابزار تثبیت کننده در امتداد یک خط تثبیت

P_i = نیروی جانبی مطرح شده درون سیستم در i^{th} پرلین

$$P_i = (C1)W_{Pi}\left\{\left[\left(\frac{C2}{1000}\right)\frac{I_{xy}L}{I_x d} + (C3)\frac{(m + 0.25b)t}{d^2}\right]\alpha\cos\theta - (C4)\sin\theta\right\} \qquad (۱۹۷-۲)$$

که در آن:

$C1, C2, C3$ و $C4$ = ضرایب ارائه شده در جداول این بخش.

W_{Pi} = تمام بارهای عمودی (قائم) تحمل شده توسط i^{th} پرلین در یک دهانه

$$W_{Pi} = w_i L \qquad (۱۹۸-۲)$$

که در آن:

w_i = بار ثقلی توزیع شده لازم که توسط i^{th} پرلین که در هر یک طول تحمل می شود. (براساس ترکیب بار بحرانی از ASD یا LRFD یا LSD تعیین می‌شود.)

I_{xy} = ضریب ممان اینرسی از مقطع کل کاهش نیافته حول محور موازی متمرکز و عمود بر جان پرلین (برای مقاطع C: $I_{xy} = 0$)

L = طول دهانه پرلین‌ها

m = فاصله از مرکز برش تا صفحه ی میانی جان (برای مقاطع Z: $m = 0$)

b = عرض بال فوقانی پرلین

t = ضخامت پرلین

I_x = ممان اینرسی مقطع کامل کاهش نیافته حول محور مرکزی عمود بر جان پرلین

d = عمق پرلین

α = $+1$ برای بال فوقانی هم سو با جهت شیب رو به بالا

α = -1 برای بال فوقانی هم سو با جهت شیب رو به پایین

θ = زاویه ما بین قائم و سطح جان پرلین

$K_{eff_{i,j}}$ = سختی جانبی مؤثر تامین شده از ابزار سخت کننده j^{th} نسبت به پرلین i^{th}

$$K_{eff_{i,j}} = \left[\frac{1}{K_a} + \frac{d_{pi,j}}{(C6) L A_p E}\right]^{-1} \qquad (۱۹۹-۲)$$

که در آن:

$d_{pi,j}$ = فاصله طول شیب سقف بین مسیر پرلین i^{th} و ابزار تثبیت کننده j^{th}

K_a = سختی جانبی ابزار تثبیت کننده

$C6$ = ضریب ارائه شده در جداول

A_p = سطح مقطع کل پنل سقف در یک واحد عرض

K_{total_i} = سختی جانبی مؤثر در تمام اجزای مقاوم در برابر نیروی P_i

$$K_{total_i} = \sum_{j=1}^{N_a} \left(K_{eff_{i,j}}\right) + K_{sys} \qquad (۲۰۰-۲)$$

که در آن:

K_{sys} = سختی جانبی سیستم سقف، بدون ابزار تثبیت کننده

$$K_{sys} = \left(\frac{C5}{1000}\right)(N_p)\frac{ELt^2}{d^2} \qquad (۲-۲۰۱)$$

برای سیستم‌های چند دهانه، نیروی P_i، توسط معادله (۲-۱۹۷) و ضرایب C1 تا C4 از جداول این بخش برای موارد "مسیر قاب خارجی"، "دهانه انتهایی" یا "مهار بیرونی دهانه انتهایی"، نباید کمتر از ۸۰٪ نیروی تعیین شده با استفاده از ضرایب C2 تا C4 متناظر با تمام موقعیت‌های دیگر باشد.

برای سیستم‌های چند دهانه با ابزارهای تثبیت کننده در تکیه گاه‌ها(مهارهای تکیه گاهی)، که دو دهانه مجاور با ویژگی‌های مقاطع یا طول دهانه متفاوت دارند، از این روند باید پیروی نمود: مقادیر P_i در معادلات (۲-۱۹۶) و (۲-۲۰۳ الف و ب) باید براساس میانگین مقادیر موجود از معادله (۲-۲-۶-۲۸) به دست آید که به طور جداگانه برای هر یک از دو دهانه معین می‌شود. مقادیر K_{sys} و $K_{eff_{i,j}}$ در معادلات (۲-۱۹۶) و (۲-۲۰۱) با L، t و d از میانگین مقادیر هر دو دهانه به دست می اید.

برای سیستم‌های با چند دهانه و ابزارهای تثبیت کننده در هر یک از نقاط 1/3 یا بین نقطه‌ها، که دو دهانه مجاور با ویژگی‌های مقاطع یا طول دهانه متفاوت در مقایسه با دهانه موردنظر دارند، از این روند باید برای محاسبه دهانه‌های مجاور استفاده شود. مقادیر برای P_i در معادلات (۲-۱۹۶) و (۲-۲۰۳ الف و ب) باید براساس میانگین مقادیر موجود از معادله (۲-۱۹۷) به دست اید که به طور جداگانه برای هر یک از سه دهانه معین می‌شود. مقدار K_{sys} در معادله (۲-۲۰۰) با استفاده از معادله (۲-۲۰۱) با L، t و d از میانگین مقادیر هر سه دهانه به دست می اید. مقدار $K_{eff_{i,j}}$ با استفاده از رابطه (۲-۱۹۹) با L که برابر با طول دهانه مورد نظر است، محاسبه می‌شود. در یک دهانه انتهایی، که میانگین مقادیر برای P_i محاسبه می شود یا میانگین ویژگی‌ها برای K_{sys} محاسبه می شود، میانگین باید توسط اضافه کردن مقدار اولین دهانه داخلی و دو برابر مقدار از دهانه انتهایی و سپس تقسیم به مجموع ان بر سه به دست آید.

سختی مؤثر کامل در هر پرلین باید معادلات زیر را ارضا کند:

$$K_{total_i} \geq K_{req} \qquad (۲-۲۰۲)$$

که درآن:

$$K_{req} = \Omega \frac{20 \sum_{i=1}^{N_p} P_i}{d} \qquad \text{ASD} \qquad (۲-۲۰۳ \text{ الف})$$

$$K_{req} = \frac{1}{\phi} \frac{20 \sum_{i=1}^{N_p} P_i}{d} \qquad \text{LRFD , LSD} \qquad (۲-۲۰۳ \text{ ب})$$

$\Omega = 2.00$ (ASD)
$\phi = 0.75$ (LRFD, LSD)

به جای معادلات (۲-۱۹۶) تا (۲-۲۰۱)، نیروهای مهار جانبی را می توان از طریق تحلیل‌های جایگزین تعیین نمود. تحلیل‌های جایگزین باید شامل اثر اولیه یا ثانویه و احتساب اثرات شیب سقف، پیچش در نتیجه خروج از مرکز بارهای وضع شده نسبت به مرکز برش، پیچش در نتیجه مقاومت جانبی ایجاد شده از ورق پوششی و بار وضع شده اریب به محور اصلی باشد. تحلیل‌های جایگزین باید همچنین شامل اثرات مقاومت جانبی و چرخشی ایجاد شده توسط ورق‌های پوششی متصل به بال فوقانی باشد. سختی ابزارهای تثبیت کننده باید در نظر گرفته شود و باید برای انعطاف پذیری جان پرلین در بالای محل اتصالی اتصال ابزار تثبیت کننده مورد محاسبه قرار گیرد.

هنگامی که نیروهای مهار جانبی از تحلیل منطقی معین می گردند، حداکثر تغییرمکان جانبی (جابجایی) بال فوقانی پرلین مابین مسیرهای مهاربندی جانبی در بارهای اسمی نباید متجاوز از طول دهانه تقسیم بر ۳۶۰ باشد. تغییرمکان جانبی (جابجایی) بال فوقانی پرلین در مسیر مهار، Δ_{tf}، باید در ترازهای بار ضریب دار برای LRFD یا LSD و ترازهای بار اسمی برای ASD و محدود به شرایط زیر محاسبه شود:

$$\Delta_{tf} \leq \frac{1}{\Omega} \frac{d}{20} \qquad \text{ASD} \qquad (۲-۲۰۴ \text{ الف})$$

$$\Delta_{tf} \leq \phi \frac{d}{20} \qquad \text{LRFD, LSD} \qquad (۲-۲۰۴ \text{ ب})$$

جدول ۲- ۱۴- ضرایب برای مهارهای تکیه‌گاه

			C1	C2	C3	C4	C5	C6
دهانه ساده	اتصال سرتاسری (TF)		0.5	8.2	33	0.99	0.43	0.17
	ورق موجدار (SS)		0.5	8.3	28	0.61	0.29	0.051
چند دهانه	قاب خارجی	TF	0.5	14	6.9	0.94	0.073	0.085
	اولین قاب داخلی		1.0	4.2	18	0.99	2.5	0.43
	تمام نقاط دیگر		1.0	6.8	23	0.99	1.8	0.36
	قاب خارجی	SS	0.5	1.3	11	0.35	2.4	0.25
	اولین قاب داخلی		1.0	1.7	69	0.77	1.6	0.13
	تمام نقاط دیگر		1.0	4.3	55	0.71	1.4	0.17

جدول ۲-۱۵- ضرایب برای مهار بین نقطه‌ای

			C1	C2	C3	C4	C5	C6
دهانه ساده	اتصال سرتاسری (TF)		1.0	7.6	44	0.96	0.75	0.42
	ورق موجدار (SS)		1.0	7.5	15	0.62	0.35	0.18
چند دهانه	دهانه انتهایی	TF	1.0	8.3	47	0.95	3.1	0.33
	اولین دهانه داخلی		1.0	3.6	53	0.92	3.9	0.36
	دهانه‌های دیگر		1.0	5.4	46	0.93	3.1	0.31
	دهانه انتهایی	SS	1.0	7.9	7.9	0.54	2.0	0.080
	اولین دهانه داخلی		1.0	2.5	2.5	0.47	2.6	0.13
	دهانه های دیگر		1.0	4.1	4.1	0.46	2.7	0.15

جدول ۲-۱۶- ضرایب برای مهار یک در سه نقطه (1/3)

			C1	C2	C3	C4	C5	C6
دهانه ساده	اتصال سرتاسری (TF)		0.5	7.8	42	0.98	0.39	0.40
	ورق موجدار (SS)		0.5	7.3	21	0.73	0.19	0.18
چند دهانه	مهار خارجی دهانه انتهایی	TF	0.5	15	17	0.98	0.72	0.043
	مهار داخلی دهانه انتهایی و مهار خارجی نخستین دهانه داخلی		0.5	2.4	50	0.96	0.82	0.20
	دهانه‌های دیگر		0.5	6.1	41	0.96	0.69	0.12
	مهار خارجی دهانه انتهایی	SS	0.5	13	13	0.72	0.59	0.035
	مهار داخلی دهانه انتهایی و مهار خارجی نخستین دهانه داخلی		0.5	0.84	56	0.64	0.20	0.14
	دهانه‌های دیگر		0.5	3.8	45	0.65	0.10	0.014

ب- مهاربندی جانبی و پایدار جایگزین برای سیستم‌های سقف پرلینی

مهاربندی پیچشی که مانع از پیچش حول محور طولی عضو گشته در ترکیب با مهار جانبی که از تغییرمکان جانبی بال فوقانی در مسیر قاب ممانعت می کند، به جای الزامات بند ۲-۵-۶-۲، در قسمت الف مجاز است. مهاربندی پیچشی باید از چرخش پیچشی سطح مقطع در هر جای مجزا در امتداد دهانه عضو ممانعت کند. اتصال مهاربندها باید در هردوبال یا نزدیک هر دو بال مقاطع متداول باز، شامل مقاطع Cو Z ایجاد شود. اثر مهاربندهای پیچشی مؤثر در ممانعت از چرخش پیچشی سطح مقطع و مقاومت لازم برای مهار جانبی در قاب باید توسط تحلیل منطقی مهندسی یا آزمایش معین شود. تغییرمکان جانبی بال فوقانی در مقاطع C یا Z در قاب باید به $d/(20\Omega)$ در ASD محاسبه شده بر اساس ترازهای بار اسمی(بار تعیین شده) یا $\phi d/20$ در LRFD و LSD محاسبه شده بر اساس ترازهای بار ضریب دار محدود شود، که در آن d عمق مقطع C یا Z ، Ω ضریب اطمینان در روش ASD و ϕ ضریب مقاومت در روش LRFD و LSD است. تغییرمکان جانبی بین مسیرهای قاب، در محاسبه بر اساس ترازهای بار اسمی باید به L/180 محدود شود، که در آن L طول دهانه عضو است. برای هردو پرلین مجاور هم که مهاربندی در برابر پیچیدن را برای یکدیگر فراهم می‌کنند، تثبیت کننده خارجی برای نیروهای مهار پیچشی مورد نیاز نیست.

که:

$$\Omega = 2.00 \quad \text{(ASD)}$$
$$\phi = 0.75 \quad \text{(LRFD)} \qquad (۲-۲۰۵)$$
$$\phi = 0.70 \quad \text{(LSD)}$$

جدول ۲-۱۷- جدول ضرایب اطمینان و ضرایب کاهش مقاومت برای دیافراگم ها

شرایط دیافراگم	LRFD	ASD
برای دیافراگم‌هایی که حالت زوال در اثر کمانش است در غیر اینصورت	0.60	2.65
برای دیافراگم‌های جوش شده به سازه که تحت بارهای زلزله یا ترکیبات بار شامل بارهای زلزله هستند	0.50	3.0
برای دیافراگم‌های جوش شده به سازه که تحت بارهای باد یا ترکیبات بار شامل بارهای باد هستند	0.55	2.35
برای دیافراگم‌هایی که به صورت مکانیکی به سازه متصل هستند و تحت بارهای زلزله یا ترکیبات بار شامل بارهای زلزله هستند	0.60	2.5
برای دیافراگم‌هایی که به صورت مکانیکی به سازه متصل هستند و تحت بارهای بابد یا ترکیبات بار شامل بادرد زلزله هستند	0.65	2.0
برای دیافراگم‌هایی که به هر یک از روش‌های اتصال مکانیکی یا جوشکاری به سازه وصل شده اند و تحت بار یا ترکیبات باری هستند که شامل بارهای باد یا زلزله نمی باشند	0.65	2.54

۲-۶- ضوابط ویژه لرزه‌ای

۲-۶-۱- مقدمه

در این بخش ضوابط و معیارهای طراحی لرزه‌ای به منظور طراحی و جزئیات‌بندی اعضا و اتصالات سیستم باربر جانبی سازه‌های دیواری فولادی سرد نورد شده (قاب فولادی سبک وزن LSF[۹]) با سیستم طبقه‌ای (Platform System) ارائه می‌شود. سیستم باربر جانبی در سازه‌های دیواری فولادی سرد نورد شده با نام پانل برشی شناخته می‌شود. پانل برشی بعنوان سیستم باربر جانبی در سازه‌های دیواری فولادی سرد نورد شده دارای پیکره‌بندی‌های گوناگونی است. پانل برشی می‌تواند دارای یکی از پیکره‌بندی‌های زیر باشد:

۱- دیوار واداری فولادی با پوشش گچ برگ (Gypsum board) یاتخته سیمانی (Cement board)

۲- دیوار واداری فولادی با پوشش OSB[۱۰] (نوعی پوشش چوبی الیافی)

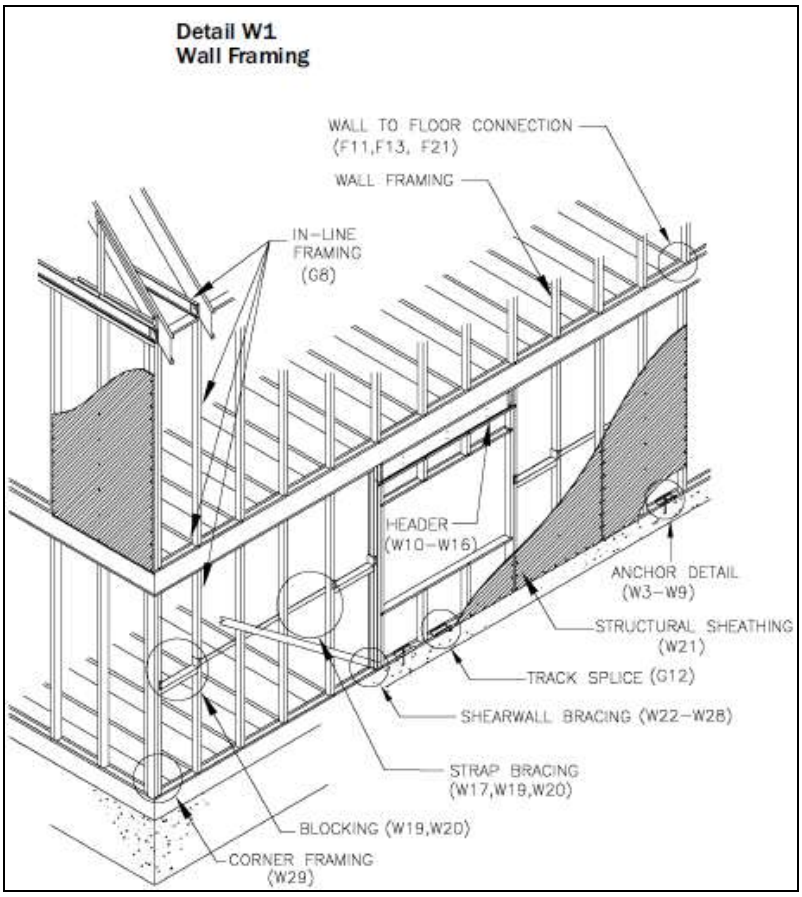
۳- دیوار واداری فولادی با پوشش ورق موجدار فولادی

۴- دیوار واداری فولادی با تسمه‌های مورب سرد نورد شدهو ستون‌های دو انتها

تحقیقات و مطالعات ازمایشگاهی نشان دادند که پانل‌های برشی با پوشش گچ برگ، OSB و ورق موجدار دارای رفتار و عملکرد نامناسب و همچنین شکل‌پذیری کمتر نسبت به پانل‌های برشی با تسمه‌های مورب هستند. از طرفی آیین‌نامه‌های معتبر پانل برشی با تسمه‌های مورب را برای سازه‌های دیواری فولادی بعنوان سیستم باربر جانبی توصیه می‌کنند. از این رو در این بخش به بیان الزامات و ضوابط حاکم بر طراحی پانل برشی با تسمه‌های مورب فولادی سرد نوردشده بعنوان سیستم باربر جانبی سازه‌های دیواری فولادی سرد نورد شده پرداخته خواهد شد. شکل زیر یک پانل برشی دو طبقه با تسمه‌های مورب سرد نورد شده را نشان می‌دهد. همانطور که از شکل زیر پیداست پانل برشی از تسمه‌های مورب فولادی همانند مهاربندهای قطری قاب‌های مهاربندی فولادی همگرای مرسوم (قاب‌های مهاربندی همگرای فولادی گرم نوردشده) و ستون در دو انتها تشکیل شده است.

---

[9] Light-gauge Steel Frame
[10] Oriented sheathing board



شکل ۲- ۳۸- پانل‌های برشی با تسمه‌های مورب سرد نورد شده

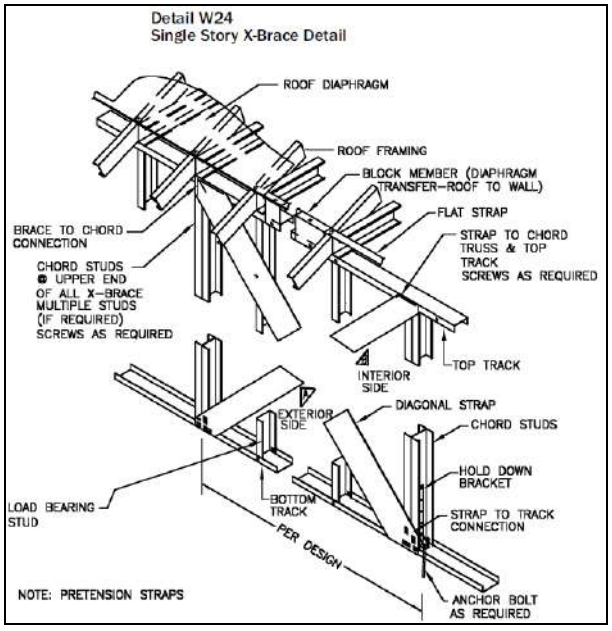
سیستم بار جانبی سازه‌های دیواری فولادی سردنورد شده با عنوان پانل برشی دارای سیستم سازه‌ای با پیکره‌بندی شبیه به قاب‌های مهاربندهای همگرای فولادی است. پانل‌های برشی از تسمه‌های مورب سرد نورد شده در نقش مهارهای قطری، ستون‌های پانل برشی متصل به تسمه‌های قطری، وادارهای ثقلیو همچنین تیرهای خورجینی و تیر پانل برشی تشکیل شده‌اند. در زیر اعضای پانل برشی با تسمه‌های مورب فولادی بر حسب عملکردشان در باربری تشریح شده‌اند.

۲-۶-۱-۱- تسمه‌های مورب

تسمه‌های مورب ورق‌های فولادی هستند که بصورت مورب (قطری) در یک یا دوطرف پانل برشی برای تحمل نیروهای لرزه‌ای تعبیه می‌گردند(شکل۲-۳۹).عملکرد تسمه‌های مورب برای جذب

نیروهای لرزه‌ای ومقاومت کافی برای تحمل نیروهای جانبی (لرزه‌ای-زلزله طرح) تنها بصورت کششی می‌باشد (این اعضا بدلیل جدار نازک بودن نمی‌توانند در فشار عمل کنند بطوریکه به سرعت با کاهش مقاومت شدید مواجه می‌شوند دچار کمانش موضعی و کلی زودهنگام خواهند شد) ودربرخورد با وادارهای ثقلی پانل برشی باید مهار شوند. تسمه‌های مورب اعضای کنترل شونده توسط تغییر شکل (Displacement-Controlled) می‌باشند بطوریکه باید شکل‌پذیری کافی را داشته باشند تا بتوانند با تحمل تغییر شکل‌های بزرگ، حداقل۱۰برابر تغییر شکل محوری تسلیم عضو بدون گسیختگی ترد، انرژی ناشی از تحرکات لرزه ای (زلزله و باد) را مستهلک سازند. در واقع جبهه اول در سیستم باربر جانبی سازه‌های دیواری فولادی سرد نورد شده برای جذب و تحمل نیروهای لرزه‌ای، تسمه‌های فولادی مورب سرد نورد شده می‌باشند بطوریکه سهم قابل ملاحظه‌ای در شکل‌پذیری پانل برشی دارند. البته لازم به ذکر است که دستیابی به عملکرد جانبی مناسب برای نایل شدن به شکل‌پذیری مورد انتظار در پانل برشی با تسمه‌های مورب متضمن برقراری اتصالات مناسب بین تمام اجزای پانل برشی و عملکرد مناسب سایر اعضای پانل به منظور تحمل و انتقال یکپارچه نیروهای لرزه‌ای است.

به منظور عملکرد مناسب تسمه برای استهلاک انرژی و برای جلوگیری از شل بودن تسمه‌ها، پیش‌کشیدگی یا سایر روش‌های نصب برای تسمه‌های مورب کششی باید انجام گیرد.



شکل ۲-۳۹- نحوه قرارگیری تیر خورجینی در پانل‌های برشی با تسمه‌های مورب

۲-۶-۱-۲- ستون‌های پانل برشی

ستون‌های پانل برشی همانند قاب‌های مهاربندی در دو انتهای پانل برشی قرار می‌گیرند بطوریکه نقش آن‌ها انتقال نیروهای جذب شده توسط تسمه‌های مورب از تراز بالا به تراز پایین است(شکل ۲-۳۹). ستون‌های پانل برشی بدلیل وظیفه انتقال بارهای لرزه‌ای و ثقلی از تراز بالا به پایین، باید بصورت پیوسته و یکپارچه و بدون هیچ انقطاعی در سراسر ارتفاع سازه از تراز بالا تا تراز پی امتداد پیدا کنند تا انتقال نیروهای لرزه‌ای از تراز بالا به پایین به صورت پیوسته و بدون انقطاع انجام گیرد. در واقع بدلیل انکه ستون‌ها متضمن پایداری و ایستایی سازه در برابر تحرکات لرزه‌ای هستند باید پیکره‌بندی یکپارچه و پیوسته‌ای در سراسر ارتفاع سازه داشته باشند. این اعضا کنترل شونده توسط نیرو (Force-Controlled) می‌باشندکه در دو طرف پانل برشی قرارگرفته و وظیفه آن‌ها تحمل کششی– فشاری بارهای ثقلی سهم پانل و حداکثر نیروی مورد انتظار ایجاد شده در تسمه‌های موربناشی از تسلیم شدن و به حد نهایی رسیدن مقاومت تسمه‌ها در اثر تحمل نیروهای لرزه‌ای است. این ستون‌ها باید برای انتقال نیروهای جانبی از تراز بالا به تراز پایین بصورت مناسب طراحی و جزییات‌بندی شوند تا در طول زلزله الاستیک باقی بمانند.

اتصال ستون‌های پانل برشی به پی باید به نحو مناسبی انجام گیرد تا نیروهای لرزه‌ای برکنش ایجاد شده در پای ستون بطور پیوسته و یکپارچه به پی منتقل شود. در ارتباط با اتصال ستون‌های پانل برشی به پی، تعبیه مهار پای ستون شامل نبشی مهاری، ورق مهاری و میل مهار در پای ستون بوجود آورنده اتصال تا حدی خمشی است و همچنین باعث جلوگیری از خمش تیر نشیمن(Runner) و سرپوش (Track) (که در زیر ستون‌ها و وادارهای ثقلی در محل اتصال با پی قرار می‌گیرند) خواهد شد، زیرا تیرهای نشیمن و سرپوش بدلیل جدارنازک بودن و ظرفیت خمشی ناچیز در خمش بسیار ضعیف هستند و دچار گسیختگی می‌شوند.

هدف نخست از طراحی و تعبیه مهارها در پای ستونافزایش ظرفیت برشی و تحمل نیروهای لرزه‌ای بر کنش ایجاد شده در پای ستون ناشی از تسمه‌های مورب است. با این حالوجود نبشی مهاری و ورق تقویتی به ستون‌ها اجازه می‌دهد که تا حدی مانند قاب خمشی رفتار کنند، بطوریکه نامعینی سازه‌ای محدود ونیز پهن‌شدگی منحنی هیسترزیس بار– تغییر مکان را برای پانل برشی فراهم می‌کند. این امر برای پانل امکان جذب بیشتر انرژی تحت بار رفت و برگشتی زلزله را فراهم می‌آورد.

به منظور عملکرد مناسب ستون‌ها برای تحمل نیروهای محوری لرزه‌ای،ستون‌های پانل برشی باید بصورت مقطع مرکب بسته ساخته شده از دو یا چند وادار یا بصورت یک مقطع لوله‌ای یا قوطی‌شکل باشند. ستون‌های ساخته شده از وادارها باید به گونه‌ای طرح شوند که مانند مقطع مرکب عمل کنند تا تامین کننده ظرفیت خمشی– محوری باشند بطوریکه انتقال برش را برای حصول به حداکثر لنگر در ستون‌ها فراهم کنند.

البته مشارکت ستون‌ها در استهلاک انرژی لرزه‌ای کم می‌باشد زیرا به دلیل جدار نازک بودن مقطع ستون‌های پانل برشی، این مقاطع توانایی و تحمل تنش‌های محوری ناشی از خمش تا مرز تسلیم را نخواهند داشت و در نتیجه قادر به ایجاد مفصل پلاستیک خمشی در پای ستون نبوده و قبل از رسیدن به تسلیم، مقطع دچار کمانش موضعی خواهد شد. به عبارت دیگر ایجاد کمانش موضعی شبیه به توسعه مفصل پلاستیک در ستون بوده بطوریکه با استهلاک انرژی لرزه‌ای بمراتب کمتر از مفاصل پلاستیک همراه خواهد بود.

۲-۶-۱-۳- تیر پانل برشی

تیر پانل برشی یک تیر فولادی سرد نورد شده متشکل از تیرهای سرپوس و نشیمن (Track & Runner) و تیر خورجینی است. که در تراز طبقات قرار می‌گیرد (شکل ۲-۴۰). تیر پانل برشی عضو کنترل شونده توسط نیرو (Force-Controlled) است. این تیر باید طوری طراحی و جزئیات‌بندی شود که قادر به انتقال نیروهای لرزه‌ای ایجاد شده در دیافراگم، که توسط تیرهای خورجینی (Collectors) جمع‌اوری می‌شوند، به پانل‌های برشی باشد. همچنین این تیر باید نیروی برشی حاصل از مولفه افقی ایجاد شده از در تسمه‌های موربپانل برشی فوقانی خود را به پانل برشی تحتانی خود انتقال دهد.

۲-۶-۱-۴- تیرهای پیوسته خورجینی (collectors)

تیرهای خورجینی در طرفین دیوارهای میانی و در یک طرف در دیوارهای کناری در تراز طبقات قرارمی‌گیرند و به تیر نشیمن، تیر سرپوش و وادارها متصل می‌گردند. تیرهای پیوسته خورجینی دارای مقطع ناودانی می‌باشند(شکل ۲-۴۰). نقش این تیرها ایجاد بستری برای قرارگیری تیرچه‌های سقف و انتقال بار ثقلی کف سازه به سیستم وادارهای ثقلی می‌باشد. وظیفه مهم دیگر این اعضا جمع‌اوری نیروهای لرزه‌ای ایجاد شده در دیافراگم و انتقال این نیروها به پانل‌های برشی می‌باشد. به عبارت دیگر این تیرهای خورجینی نقش جمع‌کننده collector را در سازه‌های باربر جانبی لرزه‌ای ایفا می نمایند. بطوریکه در واقع پس انجام عمل دیافراگمی‌تسمه‌های مورب فولادی متصل به تیرچه‌های، تیرهای خورجینی نیروهای لرزه‌ای را جمع‌اوری می‌کنند و با تحمل نیروها بصورت کششی و فشاری،نیروهای لرزه‌ای را به پانل‌های برشی انتقال می‌دهند. سقف تیرهای خورجینی باید طوری طراحی و جزئیات‌بندی شوند که قادر به جمع‌آوری و انتقال نیروهای لرزه‌ای ایجاد شده در دیافراگم‌ها بطور پیوسته به پانل‌های برشی باشند.

۲-۶-۱-۵- اتصالات پانل برشی

اتصالات پانل برشی شامل اتصال تسمه‌های مورب به ستون‌های پانل برشی، اتصال ستون پانل برشی توسط نبشی مهاری، ورق تقویتی و میل‌مهارها به پی است. مولفه طراحی تمام اتصالات کنترل شونده توسط نیرو است. به‌طوری‌که تمام اتصالات باید طوری طراحی و جزئیات‌بندی شوند که قابلیت انتقال حداکثر نیروهای مورد انتظار ایجاد شده در تسمه‌های مورب را دارا باشند(شکل ۲-۴۱). عملکرد اجزای اتصال ستون به پی پیش از این در بخش ۲-۶-۱-۲ بیان گردید.

اتصال تسمه‌های مورب به ستون می‌تواند بصورت پیچی توسط پیچ‌های خودکار و یا بصورت جوشی باشد. جوش اتصال تسمه مورب به ستون به صورت جوش گوشه است. در این اتصال جوش‌های موازی با محور طولی تسمه‌های مورب در جهت طولی بار گذاری می‌شوند، و جوش‌های انتهای تسمه‌ها در جهت عرضی (متقاطع) بارگذاری می‌شوند. ضخامت جوش باید برابر ضخامت تسمه باشد. گسیختگی نهایی اتصالات با جوش گوشه معمولا با پاره شدن ورق نزدیک جوش اتفاق می افتد.در (شکل ۲-۴۰) اتصال جوشی تسمه مورب به ستون پانل برشی نشان داده شده است.

از آنجا که ستون‌های پانل برشی دارای مقطع بسته می‌باشند امکان استفاده از اتصال پیچ و مهره به دلیل عدم دسترسی به داخل ستون برای بستن مهره وجود ندارد در همین راستا از پیچ‌های خودکار در اتصال تسمه مورب به ستون پانل برشی استفاده می‌شود. در اتصال پیچی تسمه مورب به ستون توسط پیچ‌های خودکار، پیچ‌های خودکار باید طبق توصیه‌های، نصب و بسته شوند. اتصالات پیچ‌های خودکار در برش دریک یا ترکیب چند مود گسیخته می‌شوند. این مودها عبارتند از برش پیچ، پاره شدگی لبه‌ای ورق اتصال، کج شدن و بیرون کشیده شدن پیچ، قلوه کن شدن پیچ و ورق و همچنین لهیدگی فلز اتصال. به دلیل جدار نازک بودن ورق مصالح اتصال ستون و تسمه مورب در اکثر اوقات مودهای گسیختگی کج شدگی، پارگی و لهیدگی ورق اتصال مدهای حاکم گسیختگی خواهند بود. این حالات گسیختگی بستگی به نسبت ضخامت‌های اعضای متصل شونده به یکدیگر دارد. معمولا سرپیچ در تماس با مصالح نازکتر است اما هنگامی‌که هر دو عضو متصل شونده به یکدیگر دارای ضخامت یکسان باشند یا عضو ضخیمتر درتماس با سرپیچ باشد، کج شدگی حالت بحرانی‌تر از مود گسیختگی و در نتیجه مد حاکم بر گسیختگی مد کج شدگی پیچ خواهد بود.

۲-۶-۱-۶- سیستم دیافراگم سقف

در هر سیستم سازه‌ای به‌کارافتادن سیستم باربر جانبی در درجه اول نیازمند تحمل و جذب نیروهای لرزه‌ای ایجاد شده در تراز طبقات توسط ساختاری با مقاومت و سختی داخل صفحه کافی و در نهایت وجود المان‌هایی در نقش جمع‌کننده برای جمع‌اوری و انتقال نیروهای لرزه‌ای به سیستم بار

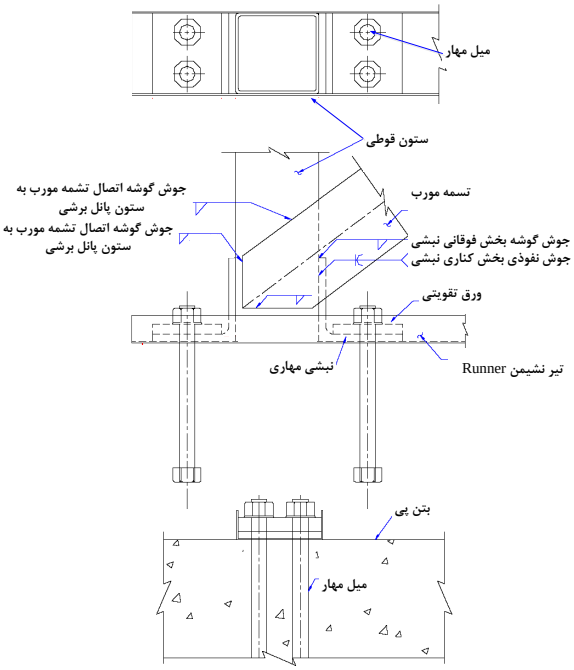
جانبی است.

در سازه‌های دیواری فولادی سرد نورد شده یا قاب فولادی سبک وزن به دلیل دیواری بودن سیستم سازه‌ای چشمه‌های سقف بین دیوارهای فولادی باربر محصور بوده و از یکدیگر جدا می‌باشند. از طرفی به دلیل عدم به‌کارگیری پوشش بتن مسلح به عنوان پوشش سقف مورد استفاده در سازه‌های سنتی مرسوم (سازه‌های بتن مسلح، قاب‌های خمشی فولادی و...) و استفاده از پوشش‌های سبک وزن از قبیل بتن سبک، پوشش WPC[۱۱] و...، سختی و صلبیت و همچنین مقاومت داخل صفحه مورد نیاز برای عملکرد دیافراگمی در برابر نیروهای لرزه‌ای ایجاد شده در سقف تامین نخواهد شد. برای ایجاد عملکرد دیافراگمی‌در سازه‌های دیواری فولادی سرد نورد شده باید از تسمه‌های فولادی سرد نورد شده به عنوان عضو باربر جهت ایجاد سختی و مقاومت داخل صفحه مورد نیاز برای جذب و تحمل نیروهای لرزه‌ای ایجاد شده در سقف استفاده نمود. بدین ترتیب که تسمه‌های فولادی بصورت مورب در هر چشمه سقف بطور مناسبی به تیرچه‌های سقف و دیوارهای واداری فولادی متصل گردند تا در درجه اول موجب پیوستگی و یکپارچگی چشمه‌های سقف (محصور شده در بین دیوارها) با یکدیگر شوند و از سوی دیگر با تحمل نیروهای لرزه‌ای داخل صفحه بصورت صرفا کششی باعث ایجاد سختی و مقاومت مورد نیاز در برابر نیروهای لرزه‌ای داخل صفحه شوند.

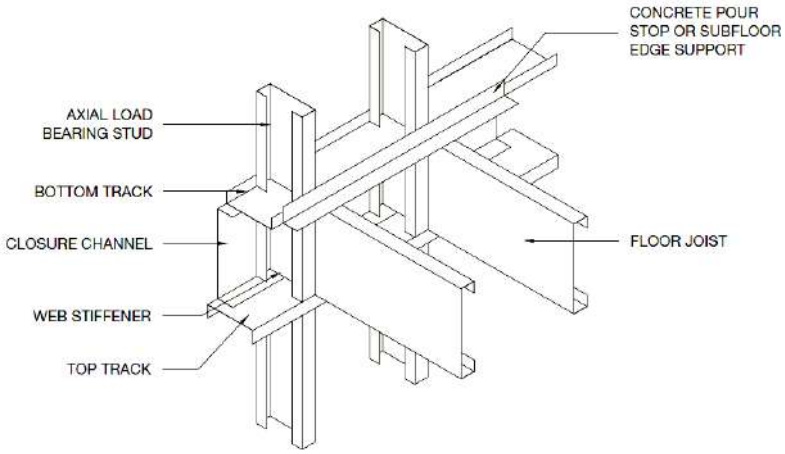
بطوریکه پس از تحمل نیروهای لرزه‌ای داخل صفحه با عملکرد دیافراگمی‌باید نیروهای لرزه‌ای به نحو مناسبی جمع‌آوری و به پانل‌های برشی انتقال پیدا کنند. برای این منظور باید از تیرهای خورجینی (شکل ۲-۴۱) با مقطع ناودانی در نقش جمع‌کننده (Collector) در طرفین دیوارهای فولادی استفاده شود. تیرهای خورجینی وظیفه جمع‌اوری و انتقال نیروهای لرزه‌ای به پانل‌های برشی را برعهده دارند. در شکل‌های زیر پیکره‌بندی تسمه‌های مورب فولادی کف و تیرهای خورجینی نشان داده شده است.

---

[۳] نوعی پوشش سازه‌ای الیافی- چوبی



شکل ۲-۴۰- اتصال تسمه مورب به ستون و اتصال ستون پانل برشی با مقطع قوطی توسط نبشی مهاری، ورق تقویتی و میل مهار به پی

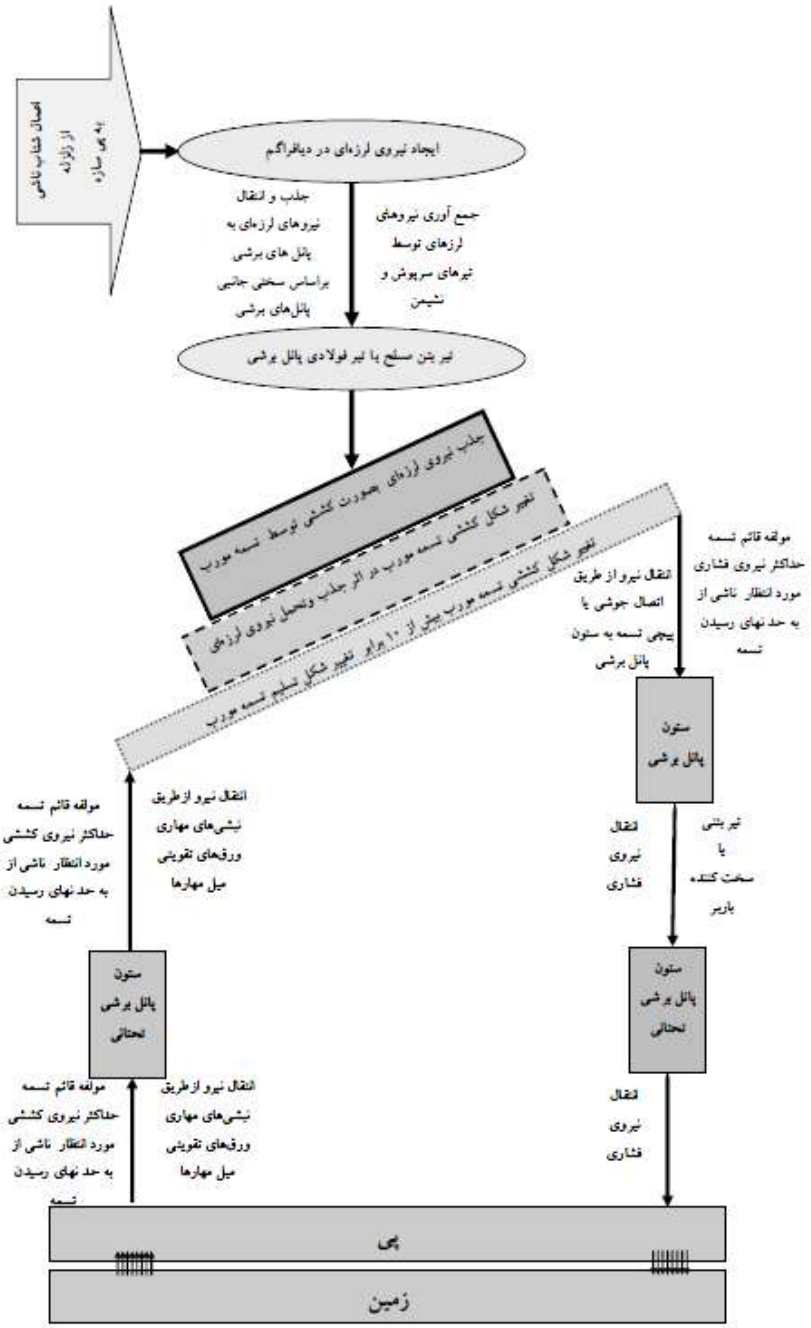


شکل ۲-۴۱- نحوه قرارگیری و اتصال تیرچه‌های سقف به تیر خورجینی پانل برشی

۲-۶-۱-۷- مسیر گردش و انتقال نیروی لرزه‌ای در پانل‌های برشی

در هنگام وقوع زمین‌لرزه بر اثر جابجایی سازه، شتاب ناشی از زلزله به جرم طبقات سازه، شامل بارهای مرده و درصدی از بار زنده طبقات، اعمال می‌شود. در نتیجه‌ی اعمال شتاب به جرم طبقات نیرویی در دیافراگم‌های کف ایجاد می‌شود. عملکرد دیافراگمی‌در سازه‌های دیواری فولادی سرد نورد شده باید توسط تسمه‌های مورب فولادی سرد نورد شده متصل به تیرچه‌های فولادی سرد نورد شده با عمل صرفا کششی تامین بطوریکه پس از اعمال نیروی لرزه‌ای در طبقات تسمه‌های مورب فولادی براساس سختی محوری خود با تحمل نیروهایایجاد شده در کف بصورت کششی، نیروهای لرزه‌ای ایجاد شده در طبقات را جذب کرده و موجب ایجاد عملکرد دیافراگمی‌در طبقات سازه می‌شوند. پس از جذب نیروهای لرزه‌ای توسط تسمه‌های مورب فولادی سرد نورد شده، باید تیرهای خورجینی موجود در طرفین دیوارهای واداری فولادی در نقش جمع کننده‌ها (Collectors) وارد عمل شده و نیروهای لرزه‌ای جذب شده توسط تسمه‌های مورب را در سراسر کف جمع‌اوری کرده و به پانل‌های برشی انتقال می‌دهد.

نیروهای لرزه‌ای جمع‌اوری شده توسط تیرهای خورجینی به تیرهای پانل برشی انتقال پیدا می‌کند. نیروهای لرزه‌ای توسط تسمه‌های مورب از طریق تیر پانل برشی جذب شده و با عملکرد کششی به ستون‌های پانل برشی انتقال داده می‌شود. ستون‌های پانل برشی نیروهای ایجاد شده در تسمه‌های مورب را از تراز بالا گرفته و به تراز پی انتقال می‌دهد. (شکل ۲-۴۲) فلوچارت انتقال نیروهای لرزه‌ای را سازه‌های دیواری فولادی سرد نورد شده با پانل برشی را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۴۲- فلوچارت انتقال نیروهای لرزه‌ای در سازه‌های دیواری فولادی سرد نورد شده با پانل برشی

۲-۶-۱-۸- محدودیت کاربرد

استفاده از سازه‌های دیواری فولادی سرد نورد شده با پانل برشی (تسمه‌های مورب) در مناطق لرزه‌ای دارای محدودیت ارتفاع و طبقات است. زیر محدودیت استفاده از این سازه‌های دیواری فولادی سرد نورد شده با پانل برشی بعنوان سیستم باربر لرزه‌ای و همچنین پارامترهای طراحی لرزه‌ای در طراحی به روش ضرایب بار و مقاومت برای محاسبه برش پایه و نیروهای طراحی لرزه‌ای در جدول بیان شده است. محدودیت‌های مربوط به کنترل تغییر مکان جانبی باید براساس آیین‌نامه ۲۸۰۰ انجام گیرد.

جدول ۲-۱۸- ضرایب و فاکتورهای طراحی برای سیستم مقاوم لرزه‌ای سازه‌های دیواری فولادی سرد نورد شده

سیستم مقاوم لرزه‌ای	ضریب رفتار R[1]	فاکتور اضافه مقاومت Ω_0	محدودیت‌های ارتفاع ساختمان از تراز پایه و تعداد طبقات براساس شتاب مبنای طرح آیین‌نامه ۲۸۰۰			
			۰/۳۵	۰/۳	۰/۲۵	۰/۲
پانل‌های برشی سرد نورد شده با تسمه‌های مورب	۴	۲	۱۰متر سه طبقه	۱۰متر سه طبقه	۱۴متر چهار طبقه	۱۴متر چهار طبقه

۱. ضریب رفتار Rذکر شده باید برای طراحی به روش ضرایب بار و مقاومت (LRFD) مورد استفاده قرار گیرد. برای طراحی در حالت تنش مجاز ضریب رفتار برابر با ۵/۶ است.

۲-۶-۲- ضوابط و معیارهای طراحی لرزه‌ای پانل‌های برشی سازه‌های سرد نورد شده با تسمه‌های مورب

۲-۶-۲-۱- طراحی مهاربندی پانل برشی (Diagonal Straps/X Bracing)

تمامی‌مهاربندهای پانل‌های برشی (تسمه‌های مورب) باید براساس نیروی زلزله طرح طراحی شوند بطوریکه در طول زلزله طرح الاستیک باقی بمانند. نیروی زلزله، ناشی از برش طبقه که حاصل از توزیع نیروی زلزله با انضمام نیروی برشی حاصل از پیچش است.

تمامی‌مهاربندها و اجزای دیگر مهاربندها باید براساس نیروی زلزله طرح در حالت الاستیک باقی بمانند. مهاربندهای پانل‌های برشی باید فقط بصورت کششی طراحی شده و بتوانند تا مرز مقاومت نهایی خود با تغییر شکل‌های قابل ملاحظه باعث استهلاک نیروهای لرزه‌ای شوند. نیروی برشی زلزله وارد بر هر طبقه براساس سختی جانبی مهاربندها بین مهارها توزیع خواهد شد و ملاک طراحی قرار خواهد گرفت.

مهاربندها (تسمه‌های مورب) در پانل‌های برشی تنها اعضای کنترل شونده براساس تغییرشکل می‌باشند و مؤلفه‌ی شکل‌پذیر در آن‌ها نیروی کشش محوری است. تسمه‌های مورب به دلیل انکه اعضای کنترل شونده توسط تغییر شکل (Displacement-Controlled) می‌باشند، باید شکل پذیری کافی را داشته باشند تا بتوانند با تحمل تغییر شکل‌های غیر الاستیک بزرگ، حداقل۱۰ برابرتغییرشکل محوری تسلیم عضوبدون گسیختگی ترد، انرژی ناشی از تحرکات لرزه ای (زلزله و باد) را مستهلک سازند. به منظور عملکرد مناسب تسمه برای استهلاک انرژی و برای جلوگیری از شل بودن تسمه‌ها، پیش‌کشیدگی یا سایر روش‌های مناسب نصب برای تسمه‌های مورب کششی باید انجام گیرد.

تسمه‌های مورب باید برای مقاومت در برابر سهم برش لرزه‌ای طبقه V_x طراحی شوند که این برش براساس رابطه (۲-۲۰۶) بوسیله نیروی برشی اضافی ناشی از پیچش (Q_{si}) افزایش داده می‌شود. پیکر بندی پانل‌های برشی و اندازه تسمه‌ها باید به‌گونه‌ای باشند که نیروی مقاوم جانبی طراحی، $\phi_t Q_{sy}$، رابطه(۲-۲۰۶)را ارضا کند.

محاسبه نیروهای معادل استاتیکی زلزله طرح برای طراحی تسمه‌های مورب باید براساس فصل دوم ایین‌نامه ۲۸۰۰ (V =C.W) انجام گیرد. در محاسبه برش پایه مقدار ضریب رفتار سازه برابر ۴ =R در طراحی به روش ضرایب بار و مقاومت (LRFD) در نظر گرفته می‌شود.در زیر طراحی و جزئیات‌بندی اعضا و اتصالات پانل برشی با تسمه مورب براساس روش ضرایب بار و مقاومت (LRFD)بیان شده است.

تعداد پانل‌های برشی، عرض پانل، ارتفاع، و اندازه تسمه و مقاومت ان باید مطابق با رابطه (۲-۲۰۶) طراحی شوند تا حداقل ظرفیت تسلیم جانبی بدست اید. در هر پانل برشی برای جلوگیری از ایجاد پیچش ناخواسته در ستون باید دو تسمه به هر دو طرف هرکدام از ستون‌های پانل برشی متصل شود در غیر این صورت باید تمهیدات خاص برای پیچش ایجاد شده در ستون در اثر خروج از مرکزیت ایجاد شود توسط تک تسمه بروی مقطع ستون در نظر گرفته شود. مصالح تسمه‌های مورب باید مطابق با ASTMA653 باشد. برای تسمه‌های مورب نمی‌توان از فولاد دو باره غلتک خورده استفاده کرد، چرا که باعث سخت شدگی کرنشی، افزایش تغییرات مقاومتی، و کاهش کشیدگی می‌شود.

$$\phi_t Q_{sy} = \phi_t \left[[n_s.b_s.t_s.F_{sy}(\frac{W}{\sqrt{H^2+W^2}})]_i \geq Q_{si} + V_{xi} \right] \qquad (۲۰۶-۲)$$

ϕ_t: ضریب مقاومت برای اعضای کششی که برابر با ۰/۹۵ در نظرگرفته می‌شود.

n_s: تعداد مهارهای قطری در هر پانل (فقط بصورت کششی)

b_s: عرض مهاربندها (تسمه‌های مورب)

t_s: ضخامت مهاربندها (تسمه‌های مورب)

F_{sy}: مقاومت تسلیم طراحی تسمه مورب
V_{xi}: سهم نیروی برش پانل iام از برش طبقه (زلزله طرح)
Q_{si}: سهم نیروی برشی ناشی از پیچش پانل iام (پیچش موردنظر در آیین‌نامه ۲۸۰۰- زلزله طرح)
W: عرض پانل برشی مهاربندی (پانل iام)
H:ارتفاع پانل برشی مهاربندی (پانل iام)
Q_{sy}: ظرفیت جانبی مهاربند (پانل برشی)

الف- کنترل ناحیه گسیختگی برشی و کششی در مهاربندهای پانل برشی (صفحه بحرانی گسیختگی)

در اتصال مهاربندها به ستون توسط پیچ، تسمه‌های مورب(مهاربندها) باید در قسمت اتصال مهاربند به ستون‌ها در پانل‌های برشی برای صفحه بحرانی گسیختگی برشی و کششی براساس نیروی ایجاد شده ناشی از مقاومت نهایی مهاربندها کنترل شوند تا در حالت نهایی مقاومت کافی را در برابر گسیختگی برشی و کششی داشته باشد. مقاومت برشی و کششی در صفحه بحرانی بصورت زیر محاسبه می‌شوند.

V: ظرفیت برشی صفحه بحرانی مهاربند که براساس رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$V = 0.6\phi_v.F_u.A_{nv} \qquad (۲۰۷-۲)$$

ϕ_v: ضریب مقاومت برشی گسیختگی که برابر با ۰/۷۵ در نظر گرفته می‌شود.
F_u: مقاومت نهایی مهاربند (تسمه مورب)
A_{nv}: مساحت خالص صفحه بحرانی که در ان گسیختگی برشی رخ می‌دهد
T: ظرفیت کششی صفحه بحرانی مهاربند که براساس رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$T = \phi_t.F_u.A_{nt} \qquad (۲۰۸-۲)$$

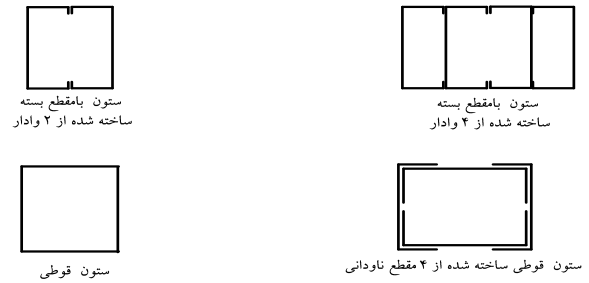
ϕ_t: ضریب مقاومت کششی که برابر با ۰/۷۵ در نظر گرفته می‌شود.
A_{nt}: مساحت خالص صفحه بحرانی که در ان گسیختگی کششی رخ می‌دهد

۲-۶-۲-۲- طراحی لرزه‌ای ستون‌های پانل برشی (Column Design)

ستون‌های پانل برشی باید براساس نیروی محوری حداکثر ایجاد شده در حالت نهایی تسمه‌های مورب بعلاوه سهم بار ثقلی پانلبرشی طراحی گردند. ستون‌ها در دو انتهای پانل برشی باید قرار داده شوند. همانطور که در بند ۲-۶-۱-۲ بیان گردید بدلیل ایجاد اتصال تا حدی گیردار در پای ستون طبقه اول (توسط نبشی مهاری، ورق تقویتی و میل‌مهارها)، ستون‌های طبقه اولپانل برشی بایدعلاوه بر تامین ظرفیت محوری فشاری، ظرفیت کافی در برابر اندرکنش نیروی محوری حداکثر ایجاد شده

در حالت نهایی مهاربندها با لنگر حداکثر بوجود امده ناشی از تسلیم مهاربندها را داشته باشند. لنگر حداکثر ایجاد شده در ستون‌ها ناشی از خمش ستون براساس تغییرمکان در حالت تسلیم مهاربندها و همچنین اثر مرتبه دوم $P-\Delta$ می‌باشد. ستون‌های پانل برشی در طبقه اول (متصل به پی) بصورت محافظه‌کارانه در دو انتهای خود برای اندرکنش بار محوری با لنگر خمشی بصورت گیردار فرض می‌شوند.

ستون‌های پانل برشی باید دارای مقاطع بسته ساخته شده از وادارها یا مقاطع لوله‌ای باشند(شکل۲-۶).



شکل ۲-۴۳- انواع مقطع بسته ستون پانل برشی

برای ساخت ستون‌های مرکب از وادارها، باید وادارها را طوری به یکدیگر با جوش منقطع، متصل کرد تا عملکرد مرکب ستون تامین شود. تمامی‌مؤلفه‌های ستون بایستی بصورت کنترل شونده توسط نیرو طراحی گردند. در محاسبه ظرفیت محوری، ستون‌های پانل برشی به‌صورت دو سرمفصل فرض می‌شود(k=1).

الف- طراحی ستون براساس بار محوری حداکثر ایجاد شده در تسمه‌های مورب

ستون‌های پانل برشی باید دارای ظرفیت محوری P برای تحمل نیروی بدست آمده از رابطه زیر باشند.

$$P_{vu\max}=\frac{GL_{\max}}{2}+F_{su\max}n_s b_s t_s\left[\frac{H}{\sqrt{H^2+W^2}}\right] \qquad (۲۰۹-۲)$$

$GL_{\max}$: حداکثر بار ثقلی ایجاد شده دردو ستون پانل برشی مورنظر

$$GL_{\max}=(1.2+0.2A.B)DL+0.5LL+0.2S \qquad (۲۱۰-۲)$$

$F_{su\max}$:حداکثر مقاومت نهایی مورد انتظار مهاربندهای متصل به ستون که برابر با ۱/۳Fsu در نظرگرفته می‌شود.

$P_{vu\max}$: حداکثر بار محوری ایجاد شده در ستون پانل برشی
A: نسبت شتاب مبنای طرح براساس فصل دوم ایین‌نامه ۲۸۰۰
B: ضریب بازتاب ساختمان براساس فصل دوم ایین‌نامه ۲۸۰۰
DL: بار مرده سهم ستون پانل برشی
LL: بار زنده سهم ستون پانل برشی
S: بار برف سهم ستون پانل برشی

الف-۱- ظرفیت محوری ستون (P)

$$P = \phi_c . A_e . F_n \qquad (۲۱۱-۲)$$

P: ظرفیت محوری ستون
ϕ_c: ضریب مقاومت فشاری که بابر با ۰/۸۵ در نظر گرفته می‌شود.
A_e: سطح مقطع موثر ستون
F_n: مقاومت محوری اسمی‌ستون که براساس روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$\lambda_c > 1.5 \rightarrow F_n = \left(\frac{0.877}{\lambda_c{}^2} \right) F_{cy} \qquad (۲۱۲-۲)$$

$$\lambda_c \le 1.5 \rightarrow F_n = (0.658^{\lambda c^2}) F_{cy} \qquad (۲۱۳-۲)$$

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{F_{cy}}{F_e}}, F_e = \frac{\pi^2 E}{(\frac{KL}{r})^2} \qquad (۲۱۴-۲)$$

F_{cy}: مقاومت تسلیم ستون
F_e: مقاومت کمانش الاستیک ستون
K: ضریب طول موثر ستون برابر با ۱
L: طول ستون
r:شعاع ژیراسیون مقطع کامل: $r = \sqrt{\frac{I}{A}}$
E: مدل ارتجاعی فولاد ستون
A_e:سطح مقطع موثر ستون

$$A_e = A_c - n.t_c(w-b) \qquad (۲۱۵-۲)$$

A_c: مساحت اسمی‌مقطع ستون
t_c: ضخامت وادارهای سازنده ستون یا ضخامت ستون لوله‌ای

w:عرض تخت جان ستون مرکب ساخته شده ازوادارها یا عرض ستون لوله‌ای عمود بر صفحه پانل برشی

$$w = d_s - 4t_c \qquad (۲۱۶-۲)$$

d_s: عمق وادارهای سازنده ستون مرکب یا عمق مقطع لوله‌ای عمود بر صفحه پانل برشی

$$0 \le \frac{d_h}{w} \le 0.5, \frac{w}{t_c} \le 70$$

be :عرض موثر ستون با توجه به برقراری شرایط زیر براساس روابط(۲-۲۱۷) تا (۲-۲۱۹) مورد محاسبه قرار می‌گیرد:

فاصله بین مرکز سوراخ‌های ایجاد شده در عرض جان ستون(برای عبور تاسیسات) باید بزرگ‌تر از ۰/۵w و ۳d_h باشد.

$$\lambda \le 0.673 \rightarrow be = w - d_h \qquad (۲۱۷-۲)$$

$$\lambda > 0.673 \rightarrow be = \frac{w[1-(0.22/\lambda)-(0.8d_h/w)]}{\lambda} \qquad (۲۱۸-۲)$$

$$\lambda = \frac{1.052}{\sqrt{k}}\left(\frac{w}{t_c}\right)\sqrt{\frac{F_n}{E}} \qquad \text{فاکتور لاغری} \qquad (۲۱۹-۲)$$

d_h: قطر سوراخ موجود در وادارهای ستون برای عبور تاسیسات

k:ضریب کمانش ورق، برابر با ۴ برای وادارهای سازنده ستون مرکب و ستون لوله‌ای

ظرفیت محوری ستون باید از حداکثر نیروی محوری ایجاد شده در ستون بیشتر باشد.

$$P \ge P_{vu\max}$$

ب- ظرفیت خمشی- محوری ستون

براساس انچه که در بند ۲-۷-۲-۲ بیان گردید، ستون‌های طبقه اول پانل برشی باید براساس رابطه (۲-۲۲۰) برای اندرکنش ظرفیت محوری- خمشی کنترل گردند.

$$I = \frac{P_{vu\max}}{A_c F_{cy}} + \frac{M_a}{M_{nx}} \le 1.0 \qquad (۲۲۰-۲)$$

$P_{vu\max}$: نیروی محوری حداکثر ایجاد شده توسط مهاربندها در ستون براساس رابطه (۲-۲۰۹)

A_c: سطح مقطع اسمی‌ستون

M_a: لنگر حداکثر ایجاد شده در ستون ناشی از تسلیم مهاربندها که در ان اثر خمش ستون براساس تغییرمکان حداکثر مهاربند و اثر مرتبه دوم $P-\Delta$ لحاظ شده است (ستون دو سرگیردار فرض شده است) که براساس رابطه(۲-۲۲۱) محاسبه می‌شود.

M_{nx}: ظرفیت خمشی اسمی‌مقطع ستون موجودبراساس رابطه براساس رابطه (۲-۲۲۳) محاسبه

می‌شود.

$$M_a = \frac{6EI_c.\delta_{sy\max}}{H^2} + P_{vu\max}.\delta_{sy\max} \qquad (۲۲۱-۲)$$

$\delta_{sy\max}$: حداکثر تغییرمکان جانبی پانل برشی ناشی از تسلیم تسمه‌های مورب پانل برشی

$$\delta_{sy\max} = \frac{F_{sy\max}}{E}(\frac{H^2+W^2}{W}) \qquad (۲۲۲-۲)$$

W: عرض پانل برشی

H: ارتفاع پانل برشی

$F_{sy\max}$: حداکثر مقاومت تسلیم ایجاد شده در مهاربندها برابر با $۱/۲۵ F_{sy}$ در نظرگرفته می‌شود.

$$M_{nx} = F_{cy}(\frac{I_c}{h_c - c}) \qquad (۲۲۳-۲)$$

h_c: عرض ستون در صفحه پانل برشی

c: فاصله تارخنثی مقطع تا تار نهایی

I_c: ممان اینرسی مقطع ستون حول محور عمود بر صفحه پانل برشی

ج- طراحی جوش اتصال وادارهای سازنده ستون مرکب

جوش اتصال وادارهای سازنده ستون پانل برشی باید طوری باشد که تضمین کننده رفتار مرکب و یکپارچه ستون باشد. این جوش می‌تواند بصورت منقطع باشد، اما باید عملکرد مرکب ستون را تضمین کنند. ضخامت جوش اتصال‌دهنده وادارهای سازنده ستون به یکدیگر باید برابر با ضخامت وادارها تشکیل دهنده ستون باشد. جوش باید براساس جریان برش ناشی از لنگر تسلیم ستون در بحرانی‌ترین مقطع اتصال وادارها به یکدیگر که دارای جریان برش حداکثر است طراحی شوند. لنگر تسلیم ستون در عدم حضور بار محوری بایستی محاسبه شود. جوش‌ها باید طوری طراحی شوند که در طول مقطع مرکب مقاومت خمشی پیوسته و مناسبی را ایجاد کنند. در زیر طراحی جوش اتصال وادارهای سازنده ستون به یکدیگر ذکر شده است.

ج-۱- جریان برش طراحی جوش وادارهای سازنده ستون به یکدیگر (q)

$$q = \frac{V_c Q_c}{I_c} \qquad (۲۲۴-۲)$$

V_C: حداکثر برش در ستون بر اثر لنگر تسلیم

Q_C: لنگر اول سطح بحرانی‌ترین قسمت اتصال وادارها

I_C: ممان اینرسی مقطع ستون

ج-۲- برش حداکثر ستون (V_C)

برای محاسبه برش حداکثر در ستون، فرض می‌شود ستون در دو انتها گیردار است و دارای مقاومت خمشی $M_C = M_y$ است. برش حداکثر بصورت زیر محاسبه می‌شود.

$$V_C = \frac{2M_c}{H} = \frac{2F_{cy}I_c}{H.c} \qquad (۲۲۵-۲)$$

H: ارتفاع ستون پانل برشی

F_{cy}: مقاومت تسلیم ستونپانل برشی

c: فاصله تار خنثی تا تار نهایی مقطع پانل برشی

ج-۳- تعیین حداکثر فاصله جوش‌های منقطع وادارهای سازنده ستون مرکب (S_{max})

جوش اتصال وادارها به یکدیگر باید بصورت شیاری لاله‌ای و منقطع باشد. فاصله جوش‌ها بصورت زیر تعیین می‌شود.

$$S_{\max} = 1.5\phi_G.t_c.F_{cu}.\frac{L}{q} \qquad (۲۲۶-۲)$$

ϕ_G: فاکتور مقاومت برای جوش شیاری برابر با ۰/۵۵ در نظرگرفته می‌شود.

t_c: ضخامت وادار سازنده ستون مرکب

F_{cu}: مقاومت نهایی ستون

L: طول جوش شیاری

q: جریان برش براساس رابطه(۲-۲۲۴)

S: فاصله مرکز به مرکز جوش اتصال دهنده وادارها

$S_{\max} \geq S$

دو انتهای اعضای تشکیل‌دهنده ستون بایدبراساس طول جوش طراحی به یکدیگرجوش شوند.

د- ظرفیت برشی ستون

ظرفیت برشی ستون باید برای تحمل حداکثر نیروی برشی ایجاد شده ناشی ازمولفه افقی حداکثر نیروی ایجاد شده در تسمه‌هایموربکنترل شود. در صورتیکه ظرفیت برشی ستون از حداکثر نیروی لرزه‌ای ایجاد شده کوچکتر باشد، مقاومت برشی ستون باید توسط نبشی‌های مهاری در دو طرف ستون افزایش داده شود. ظرفیت برشی ستون V_Cبراساس رابطه (۲-۲۲۸) مورد محاسبه قرار می‌گیرد.

حداکثر عرض بال وادارهای سازنده ستون مرکب به ضخامت برای جلوگیری از کمانش برشی

وادارها باید بصورت زیر باشد:

$$(\frac{h}{t_c})_{\max} = 0.96\sqrt{\frac{E.K_v}{F_{cy}}} \qquad (۲۲۷-۲)$$

h: عمق قسمت تخت جان ستون معادل با عرض بال وادار

b_c: ضخامت وادار

K_v:ضریب کمانش برشی برابر با ۵/۳۴ در نظر گرفته می‌شود.

$$V_c = \phi_V .0.6F_{cy}.h_c t_c n_s \qquad (۲۲۸-۲)$$

h_c: عمق ستون معادل با عرض ستون در جهت داخل صفحه پانل برشی

n_s: تعداد وجوه ستون پانل برشی در تماس با مهاربندها

t_s: ضخامت مهاربندها

W, H: ارتفاع و عرض پانل برشی

ظرفیت برشی ستون باید برای تحمل نیروی افقی حداکثر ناشی از تسمه‌های مورب (مهاربندها) براساس رابطه (۲-۲۲۸) کنترل شود:

$$V_C > P_{hu\max} = F_{su\max} n_s b_s t_s (\frac{W}{\sqrt{W^2 + H^2}}) \qquad (۲۲۹-۲)$$

پارامترها موجود در رابطه (۲-۲۲۹) پیش از این تعریف شده‌اند.

۲-۶-۲-۳- تیر پانل برشی

تیر پانل برشی باید ظرفیت کافی برای تحمل و انتقال مولفه افقی تسمه مورب ناشی از به حد نهایی رسیدن تسمه مورب را دارا باشد. نیروی طراحی تیر پانل برشی براساس رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$P_{hu\max} = F_{su\max} n_s b_s t_s (\frac{W}{\sqrt{W^2 + H^2}}) \qquad (۲۳۰-۲)$$

۲-۶-۲-۴- طراحی اتصالات (Connection Design)

طراحی اتصالات پانل برشی شامل اتصال تسمه‌های مورب به ستون‌های پانل برشی، اتصال ستون به پی توسط نبشی، ورق تقویتی و میل مهار می‌باشد. تمام اتصالات باید برای تحمل و انتقال نیروهای ایجاد شده در تسمه‌های مورب طراحی شوند. مولفه‌های طراحی اتصالات کنترل شونده توسط نیرو می‌باشند.

الف- طراحی اتصال مهاربندها به ستون

اتصال مهاربندها به ستون چه بصورت پیچی(پیچ خودکار) و چه بصورت جوشی بایددارای مقاومت لازم در برابر حداکثر نیروی ایجاد شده در مهاربندها باشد. معیار طراحی برای اتصال جوشی نیروی ایجاد شده ناشی از تسلیم مهاربندها و حداکثر نیروی ایجاد شده ناشی از مقاومت نهایی برای اتصال پیچی است.

الف-۱- طراحی اتصال پیچی (پیچ خودکار) مهاربند به ستون

$$P_{su\max} = F_{su\max}.n_s b_s t_s \qquad (۲۳۱-۲)$$

$P_{su\max}$: نیروی طراحی پیچ‌های خودکار اتصال مهاربند به ستون براساس حداکثر مقاومت نهایی مهاربندها (پارمترهای b_s, t_s, n_s مربوط به مهاربند می‌باشند و پیش تعریف شده‌اند)

الف-۱-۱- ظرفیت پیچ‌های خودکار اتصال مهاربند به ستون

$$P_S = \phi_s.Min\{P_{ns}, P_{nov}\} \qquad (۲۳۲-۲)$$

P_s: مقاومت اسمی‌پیچ

P_{ns}: مقاومت اسمی‌برشی پیچ براساس روابط(۲-۲۳۳) تا (۲-۲۳۷) محاسبه می‌شود.

P_{nov}: مقاومت قلوه‌کن شدن پیچ و ورق(Pull-over) براساس رابطه (۲-۲۳۸) محاسبه می‌شود.

اگر $\frac{t_2}{t_1} \le 1.0 \leftarrow P_{ns}$ باید برابر با حداقل مقادیر زیر در نظرگرفته شود:

$P_{ns} = 4.2\sqrt{t_2^3.d}F_{u1}$ مدگسیختگی کج‌شدگی (۲-۲۳۳)

$P_{ns} = 2.7\ t_1 d\ F_{u1}$ مدگسیختگی لهیدگی (۲-۲۳۴)

$P_{ns} = 2.7\ t_2 d\ F_{u2}$ مدگسیختگی لهیدگی (۲-۲۳۵)

اگر $\frac{t_2}{t_1} \ge 2.5 \leftarrow P_{ns}$ باید برابر با حداقل مقادیر زیر در نظرگرفته شود:

$P_{ns} = 2.7\ t_1 d\ F_{u1}$ مدگسیختگی لهیدگی (۲-۲۳۶)

$P_{ns} = 2.7\ t_2 d\ F_{u2}$ مدگسیختگی لهیدگی (۲-۲۳۷)

در صورت وجود نسبت $1 \le \frac{t_2}{t_1} \le 2.5$، مقدار P_{ns} بصورت انترپولاسیون خطی بین دو نسبت بالا بدست می‌اید.

مقاومت قلوه‌کن شدن پیچ و ورق (Pull over):

$$P_{nov} = 1.5\ t_1\ d_w\ Fu_1 \qquad (۲۳۸-۲)$$

الف-۱-۲- تعیین تعداد پیچ‌ها

$$n \geq \frac{P_{su}}{n_s p_s} \qquad (۲۳۹-۲)$$

ϕ_s: فاکتور مقاومت پیچ برای برش

d: قطر اسمی‌پیچ

t_1:ضخامت عضو در اتصال با پیشانی پیچ

t_2: ضخامت عضو در عدم اتصال با پیشانی پیچ

F_{u1}: مقاومت کششی نهایی عضو با ضخامت t_1

F_{u2}: مقاومت کششی نهایی عضو با ضخامت t_2

d_w: بزرگ‌ترین دو مقدارقطر پیشانی پیچ و واشر پیچ که باید کوچک‌تر از ۱۳ میلیمتر باشد.

الف-۱-۳- تعیین فواصل پیچ‌ها

فاصله مرکز پیچ‌ها از یکدیگر در راستای اعمال باید حداقل ۳ برابر قطر پیچ‌ها باشد.

فاصله مرکز پیچ‌ها از لبه‌ها عضو متصل‌شده باید حداقل ۳ برابر قطر پیچ‌ها باشد.

فاصله مرکز پیچ‌ها از لبه‌ها در راستای عمود بر بارگذاری باید حداقل ۱/۵ برابر قطر پیچ‌ها باشد.

الف-۲- طراحی اتصال جوش مهاربندها به ستون

جوش اتصال مهاربندها به ستون باید براساس نیروی ایجاد شده در مهاربندها ناشی از تسلیم مهاربندها طراحی شود. ضخامت جوش باید برابر با ضخامت مهاربندها باشد. جوش باید به صورت جوش‌گوشه باشد. اتصال جوشی تسمه‌های مورب به ستون شامل جوش عرضی و طولی است.

الف-۲-۱- ظرفیت جوش طولی و عرضی (P_L, P_T)

جوش طولی جوشی است، که در راستای محور طولیتسمه مورب به ستون جوش می‌شود و جوش عرضی در راستای محور طولی ستون و محور عمود به راستای ستون قرار دارد. ظرفیت جوش طولی و عرضی باید بزرگ‌تر از نیروی ایجاد شده در مهاربند ناشی از تسلیم تسمه‌های مورب باشد. هر دو جوش باید بصورت گوشه باشند.

P_L: ظرفیت جوش طولی که براساس روابط (۲-۲۴۰) و(۲-۲۴۱) محاسبه می‌شود.

P_T: ظرفیت جوش عرضی که براساس رابطه (۲-۲۴۲)محاسبه می‌شود.

$$\frac{L_L}{t} < 25 \rightarrow P_L = (1 - \frac{0.01 L_L}{t}) \phi_1 . t . L_L . F_u \quad (۲۴۰-۲)$$

$$\frac{L_L}{t} \geq 25 \rightarrow P_L = 0.75 \phi_2 . t . L_L . F_u \quad (۲۴۱-۲)$$

L_L: طول جوش طولی

t: کوچکترین ضخامت دو عضو جوش شده

F_u: مقاومت نهایی مهاربند

$$P_T = \phi_1 . t . L_T . F_u \quad (۲۴۲-۲)$$

L_T: طول جوشی عرضی

t: کوچکترین ضخامت دو عضو جوش شده به یکدیگر

ϕ_1 ۰/۶ :

ϕ_2 ۰/۵۵ :

الف-۲-۲- نیروی طراحی جوش‌های طولی و عرضی

جوش اتصال مهاربند به ستون بایدقادر به تحمل نیروی ایجاد شده در مهاربند ناشی از تسلیم تسمه‌های مورب باشد.

$$n_s (P_L + P_T) \geq P_{sy} \quad (۲۴۳-۲)$$

که در آن نیروی تسلیم ایجاد شده در مهاربندها براساس رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$P_{sy} = n_s . F_{sy} . b_s . t_s \quad (۲۴۴-۲)$$

تمام پارامترها پیش از این تعیین شده‌اند.

در صورتی که از مصالح سنگین‌تر استفاده شود، عضو با ضخامت بیشتر از ۳/۸ میلیمتر، مقاومت طراحی برای هر دو جوش طولی و عرضی ناشی از گسیختگی جوش نباید از مقدار زیر تجاوز کند:

$$P_w = 0.75 \ \phi \ tw . L . F_{xx} \quad (۲۴۵-۲)$$

t_w: ضخامت موثر جوش معادل ۰/۷۰۷ برای ضخامت جوش

F_{xx}: مقاومت نهایی الکترود جوش (مطابق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان)

ϕ: ۰/۶

ب- طراحی اتصالات پای ستون

اتصالات پای ستون شامل نبشی‌های مهاری، ورق‌های تقویتی، میل‌مهارها می‌باشد. تمامی اتصالات پای ستون بایستی برای حداکثر نیروی ایجاد شده در تسمه‌های مورب طراحی شوند.

ب-۱- طراحی نبشی مهاری ستون

نبشی مهاری باید برای تحمل نیروهای برکنش و برشی پای ستون طراحی شود. در صورت کافی نبودن ظرفیت برشی ستون‌ها، نبشی‌های مهاری باید برای تقویت ظرفیت برشی ستون طراحی گردند. از طرفی بدلیل عدم مقاومت کافی تیر نشیمن با مقطع ناودانی (Runner or Track) در تحمل خمش ناشی از نیروی برکنش (در محل اتصال ستون به پی)، نبشی‌های مهاری باید مقاومت کافی را در برابر خمش ناشی از نیروی برکنش تامین کنند تا نیروی برکنش ایجاد شده در پای ستون به پی و در نهایت تراز زمین بصورت پیوسته و یکپارچه انتقال یابد.

نبشی‌های مهاری باید در طرفین ستون‌ها بطور مناسبی به ستون‌ها جوش شوند. همچنین برای افزایش مقاومت خمشی نبشی‌ها باید یک ورق تقویتی بر روی ساق افقی نبشی‌ها بصورت اتکایی قرار داده شود.

ب-۱-۱- ظرفیت برشی نبشی‌ها (V_A)

$$V_A = 0.6.\phi_V F_{Ay}.t_A.b_c \qquad (۲۴۶-۲)$$

ϕ_V: ۱

F_{Ay}: مقاومت تسلیم نبشی مهاری

b_c: عرض نبشی معادل با عرض خارج صفحه ستون

t_A: ضخامت نبشی

تراز نهایی ساق قائم نبشی‌ها در اتصال با دو طرف ستون باید بالاتر از مقطع بحرانی برش ستون باشد زیرا حداکثر برش ایجاد شده در پای ستون در صفحه‌ای بحرانی در پای ستون رخ می‌دهد. اگر اتصال ستون به مهاربندها بصورت پیچی باشد، صفحه بحرانی برش در نزدیکترین ردیف پیچ‌های اتصال مهاربندها به ستون نسبت به لبه بال ناودانی نشیمن (Track or Runner) متصل به ستون است و اگر اتصال مهاربندها به ستون بصورت جوشی باشد، صفحه بحرانی برش در طول جوش مهاربندها به ستون نزدیک به ناودانی نشیمن ستون قرار دارد.

ب-۱-۲- طراحی ابعاد نبشی مهاری

ظرفیت برشی نبشی مهاری با انضمام ظرفیت برشی ستون باید از حداکثر برش ایجاد شده در پای ستون در اثر رسیدن مهاربندها به مقاومت نهایی خود، بیشتر باشد.

$$V_c + 2V_A \geq P_{hu\max} \qquad (۲۴۷-۲)$$

V_c: ظرفیت برشی ستون پانل برشی براساس رابطه (۲-۲۲۵)

V_A: ظرفیت برشی نبشی مهاری براساس رابطه (۲-۲۴۴)

$P_{hu\max}$: حداکثر نیروی برشی در پای ستون براساس رابطه زیر:

$$P_{hu\max} = F_{su\max}.n_s.b_s.t_s(\frac{W}{\sqrt{H^2+W^2}}) \qquad (۲۴۳-۲)$$

$F_{su\max}$:حداکثر نیروی نهاییکششی مهاربندها که برابر با ۱/۳Fsu در نظرگرفته می‌شود.

t_s, b_s, n_sابعاد مهاربندها(تسمه‌های مورب) که پیش از این تعریف شده‌اند.

حداکثر ضخامت نبشی مهاری باید براساس جدول (۲-۲۰) مطابق بند ۲-۷-۲-۴، در قسمت ب-۲ بر طبق ضخامت جوش اتصال نبشی مهاری به ستون باشد.

ب-۱-۲-۱- کنترل مقاومت نبشی مهاری و ورق تقویتی در برابر نیروی بر کنش

نبشی‌های مهاری بانضمام ورق‌های تقویتی آن‌ها باید مقاومت کافی در برابر نیروی برکنش حاصل از حداکثر نیروی قائم ایجاد شده در پای ستون در اثر تسلیم مهاربندها را دارا باشند. در این حالت باید رابطه زیر ارضاء شود بطوریکه باید همواره مقدارPcb بزرگ‌تر از صفر باشد.

$$P_{cb} = \frac{M_c - P_{sy\max}.L_s}{h_c + t_a + k} > 0 \qquad (۲۴۹-۲)$$

$P_{sy\max}$: حداکثر نیروی ایجاد شده در مهاربند ناشی از تسلیم تسمه‌های مورب که بصورت زیر محاسبه می‌شود.

$$P_{sy\max} = n_s F_{sy\max}.t_s.b_s = n_s 1.25 F_{sy}.t_s.b_s \qquad (۲۵۰-۲)$$

L_s: خروج از مرکزیت نیروی مهاربندها، که برابر با فاصله مرکز اتصال مهاربند به ستون تا مرکز اتصال مهار (نبشی) به ستون

k: فاصله شروع خمیدگی نبشی تا گوشه نبشی

h_c: عرض ستون

M_c: ظرفیت خمشی اتصال پای ستون که براساس رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$M_c = P_M(h_c + t_A + K) \qquad (۲۵۱-۲)$$

P_M: ظرفیت نیروی برکنش در هر مهار نبشی که براساس رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$P_M = \frac{M_A - \frac{P_{vy\max}}{2}\ \frac{d_b}{2}}{\frac{d_b}{2}} \qquad (۲۵۲-۲)$$

M_A: ظرفیت خمشی پلاستیک نبشی و ورق تقویتی که براساس رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$M_A = \phi_b.F_{Ay}.\frac{b_c}{4}.(t_A{}^2 + t_p{}^2) \qquad (۲۵۳-۲)$$

ϕ_b:ضریب مقاومت خمشی برابر با ۰/۹۰

F_{Ay}: مقاومت تسلیم نبشی مهاری

b_c: طول نبشی مهاری معادل با عرض ستون در صفحه عمود بر پانل برشی

t_A: ضخامت نبشی مهاری

t_p: ضخامت ورق تقویتی

d_b: فاصله از لبه ورق تقویتی. این فاصله از گوشه نبشی شروع می‌شود و به صفحه بحرانی خمش در ورق ختم می‌شود که درآن صفحه بحرانی در لبه مهره‌های میل‌مهار در نزدیکی ستون است.

$$d_b = d_c - k - \frac{w}{2} \qquad (۲۵۴-۲)$$

d_c: فاصله از مرکز میل‌مهارها تا بر ستون

w: عرض مهره‌های میل‌مهارها

P_{vymax}: حداکثر نیروی قائم برکنش که براساس رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$P_{vymax} = F_{symax}.n_s.b_s.t_s\left(\frac{H}{\sqrt{H^2+W^2}}\right) - \frac{GL_{min}}{2} \qquad (۲۵۵-۲)$$

GL_{min}: حداقل بار ثقلی در پانل برشیکه برابر با $(0.9-0.2.A.B).DL$ در نظر گرفته می‌شود.

A: نسبت شتاب مبنای طرح براساس ایین‌نامه ۲۸۰۰

B: ضریب بازتاب ساختمان براساس ایین‌نامه ۲۸۰۰

DL: بار مرده سهم پانل برشی

ب-۲- طراحی جوش اتصال نبشی مهاری به ستون

نبشی اتصال پای ستون‌های پانل برشی باید در سه ناحیه به ستون جوش شود. این اتصال باید از طریق دو خط جوش طولی قائم در راستای ساق قائم نبشی و یک خط جوش عرضی (افقی) در راستای طول ساق نبشی انجام گیرد. مقاومت جوش طولی و عرضی نبشی به ستون باید مقاومت کافی در برابر نیروی قائم حداکثر ایجاد شده در ستون برای انتقال نیرو از ستون به نبشی را داشته باشد. حداکثر ضخامت جوش طولی و عرضی باید براساس ضخامت ستون تعیین شود. جوش طولی باید بصورت نفوذی باشد و جوش عرضی می‌تواند بصورت گوشه باشد. براساس (جدول ۲-۱۹) حداکثر ضخامت جوش اتصال را بیان می‌کند.

جدول ۲-۱۹- حداکثر ضخامت جوش نبشی مهاری به ستون

ضخامت ستون t_c	حداکثر ضخامت جوش t_w
$t_c < 6^{(mm)}$	$t_w = t_c$
$t_c \geq 6^{(mm)}$	$t_w = t_c - 1.5^{(mm)}$

جدول ۲-۲۰- حداکثر ضخامت نبشی مهاری براساس ضخامت جوش نبشی به ستون

ضخامت جوش t_w (mm)	حداکثر ضخامت نبشی t_A (mm)
۳	۶
۵	۱۳
۶	۱۹
۸	۲۹

مقاومت جوشی نبشی مهاری به ستون از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$P_A = (P_G + P_L) \geq \frac{P_{vy\max}}{2} + P_M \qquad (۲۵۶-۲)$$

P_T: مقاومت جوش عرضی براساس رابطه (۲-۲۴۲)

P_G: مقاومت جوش طولی که براساس روابط زیر محاسبه می‌شود.

$$t_c \leq t_w < 2t_c \rightarrow \text{(برش تکی)} \rightarrow P_G = 0.75\phi_G.t_c.L.F_{cu} \qquad (۲۵۷-۲)$$

$$t_w \geq 2t_c \rightarrow \text{(برش دوگانه)} \rightarrow P_G = 1.5\phi_G.t_c.L.F_{cu} \qquad (۲۵۸-۲)$$

F_{cu}: مقاومت کششی نهایی ستون

t_c:ضخامت ستون

t_w:ضخامت جوش

ϕ_G:فاکتور مقاومت برای جوش گوشه:0.55

L:طول جوش طولی

$P_{vy\max}$:براساس رابطه (۲-۵۵)

P_M:براساس رابطه (۲-۵۲)

ب-۳- طراحی میل مهارهای پای ستون

میل‌مهارها اتصال پای ستون به پی باید ستون‌ها پانل برشی را توسط نبشی‌های مهاری در دو طرفین ستون‌ها به پی در تراز پایه ساختمان متصل نمایند.

وظیفه اصلی میل‌مهارها انتقال نیروی جانبی ایجاد شده در ستون پانل برشی بصورت برشی و محوری به پی ساختمان می‌باشد. میل‌مهار باید برای حداکثر نیروی برشی و کششی ایجاد شده در پای ستون، طراحی و جزئیات‌بندی گردند. میل‌مهار باید در طرفین ستون تعبیه شود. طراحی میل‌مهارها بصورت زیر انجام می‌گیرد.

ب-۳-۱- طراحی میل مهار برای برش

مقاومت برشی هر میل‌مهار (P_v) باید بزرگ‌تر از حداکثر برش ایجاد شده در ستون ناشی از مقاومت نهایی مهاربند باشد P_{hAB}.

$$P_V = \phi_{tv}.Fv.\frac{\pi}{4}.{d_{AB}}^2 \geq P_{hAB} = \frac{P_{hu\max}}{n_{AB}} \qquad (۲۵۹-۲)$$

n_{AB}:تعداد میل‌مهاری در دو طرف ستون

ϕ_{tv}:ضریب مقاومت برشی وکششیکه برابر با ۰/۷۵ در نظر گرفته می‌شود.

F_v: مقاومت اسمی‌برشی میل‌مهار (براساس مبحث دهم مقررات ملی ساختمان- طراحی به روش ضرایب بار و مقاومت)

d_{AB}: قطر میل‌مهار

$P_{hu\max}$:حداکثر نیروی برشی ایجاد شده در ستون براساس رابطه (۲-۲۴۸)

ب-۳-۲- طراحی میل مهار برای کشش

مقاومت کششی P_t میل‌مهار باید بزرگ‌تر از نیروی کششی اعمال شده به میل‌مهار باشد $P_{t\,AB}$

$$P_t = \phi_{tv}.F_t.\frac{\pi}{4}.{d_{AB}}^2 \geq P_{tAB} = \frac{(P_{cb} + \frac{P_{sy\max}.L_s}{2} + \frac{P_{vy\max}}{2})(W_A - \frac{t_A}{2})}{(W_A - d_c)(n_{AB})} \qquad (۲۶۰-۲)$$

ϕ_{tv}:ضریب مقاومت برشی وکششیکه برابر با ۰/۷۵ در نظر گرفته می‌شود.

F_t:مقاومت کششی اسمی‌پیچ‌ها (براساس مبحث دهم مقررات ملی ساختمان- طراحی به روش ضرایب بار و مقاومت)

h_c:عرض ستون

t_A:ضخامت وادار ستون

W_A:عرض ساق افقی نبشی در صفحه پانل برشی

K: فاصله شروع خمیدگی نبشی تا گوشه نبشی

n_{AB}: تعداد میل‌مهارها در دو طرف ستون

$P_{sy\max}$: حداکثر نیروی ایجاد شده ناشی از تسلیم شدن تسمه‌های مورب براساس رابطه (۲-۲۵۰)

L_s: خروج از مرکزیت نیروی مهاربند به معادل فاصله مرکز اتصال مهاربند به ستون تا مرکز اتصال مهارها به ستون (نبشی‌های مهاری)

$P_{vy\max}$: براساس رابطه (۲-۲۵۵)

سایر پارامترها پیش از این تعریف شده‌اند.

ب-۳-۳- کنترل مقاومت گسیختگی مخروطی در پی بتنی

مقاومت گسیختگی مخروطی میل‌مهارهای دفن شده در بتن (P_c) بایستی بزرگ‌تر از نیروی کششی اعمال شده در میل‌مهارها باشد (P_{tAB}).

$$P_c = 0.4\phi_c\sqrt{f'c}.A_c\ (lp) \geq P_{tAB} \qquad (۲۶۱-۲)$$

ϕ_c: ضریب کاهنده مقاومت مخروطی بتن ترک نخورده برابر با ۰/۸۵ در نظرگرفته می‌شود.

f'_c : مقاومت فشاری مشخصه بتن بر حسب پوند بر اینچ مربع(psi)

$$A_c = Min(A_{c1}, A_{c2})\ \ (in^2) \qquad (۲۶۲-۲)$$

A_{c1}:سطح مقطع تکی تنش گسیختگی مخروطی برحسب اینچ مربع(in^2)

A_{c2}: سطح مقطع ترکیب شده برای دو مخروط تنش هم‌پوشانی شده تقسیم بر ۲ برحسب اینچ مربع (in^2)

$$A_{c1} = \pi.r_c\sqrt{r^2{}_c + L^2{}_{AB}} \qquad (۲۶۳-۲)$$

$$A_{c2} = (\frac{\pi.r_c + 2d_{cc}}{2})(\sqrt{r^2{}_c + L^2{}_{AB}}) = \frac{\sqrt{2}}{2}L_{AB}(\pi L_{AB} + 2d_{cc}) \qquad (۲۶۴-۲)$$

L_{AB}: طول میل‌مهارها بزرگ‌تر ار ۱۵ میلیمتر

d_{cc}: فاصله میل‌مهارها از یکدیگر عمود بر صفحه پانل برشی

$r_c = L_{AB}$: شعاع مخروط گسیختگی (در حالت زاویه گسیختگی برابر با ۴۵ درجه)

حداقل فاصله میل‌مهارها از لبه‌ی بتن برای جلوگیری از گسیختگی مخروطی در کناره‌ها باید براساس رابطه زیر تعیین شود:

$$m_{\min} = d_{AB}.\sqrt{\frac{F_t}{73\sqrt{f'c}}} \qquad (۲۶۵-۲)$$

تمام پارامترها پیش از این تعریف شده‌اند.

ج- طراحی مهاربندهای دیافراگم

تسمه‌های مهار افقی دیافراگم باید برای تحمل نیروهای لرزه‌ای ایجاد شده در دیافراگم‌ها بصورت کششی طراحی و جزئیات‌بندی شوند. تسمه‌های مهاری افقی باید به نحو مناسبی به بال تیرچه‌های سقف، تیرهای خورجینی و جان تیرهای سرپوش دیوارهای واداری فولادی متصل شوند تا علاوه بر ایجاد مقاومت و سختی دیافراگمی‌نیروهای لرزه‌ای را به تیرهای خورجینی بطور پیوسته و یکپارچه انتقال دهند. تسمه‌های مورب باید در طول زلزله طرح بصورت الاستیک باقی بمانند. تسمه‌های مهاری باید بصورت مهاربندهای ضربدری در هر چشمه سقف که محدود به دیوارهای وداری فولادی هستند بصورت افقی قرار داده شوند. طراحی مهاربندها باید براساس بند ۲-۷-۲-۱ انجام شود. طراحی اتصال تسمه‌های مهاری به بال تیرچه‌های سقف، تیرهای خورجینی و جان تیرهای سرپوش باید براساس بخش انجام گیرد. به منظور عملکرد صحیح تسمه‌های مورب در جهت ایجاد عملکرد دیافراگمی باید تسمه‌ها پیش تنیده شوند.

منابع بخش سازه

۱) نشـریه گ -۵۸۱، مطالعـه و بررسـی سیسـتم سـاختمانی سـبک فـولادی (LSF)، مرکـز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۹۰.

۲) نشریه ض-۶۰۸ آیین‌نامه طراحی و اجـرای سـازه‌های فـولادی سـبک سـرد نـورد، مرکـز تحقیقات ساختمان و مسکن، وزارت مسکن و شهرسازی، چاپ اول ۱۳۹۰

3) Cold-Formed Steel Design Manual. Washington, D.c.: American Iron and Steel Institute, 1987

4) LRFD Cold-Formed Steel Design Manual. Washington, D.c.: American Iron and Steel Institute, 1981.

5) Standard Specification for the Design of Cold-Formed Stainless Steel Structural Members. New York: American Society of Civil Engineers.

6) Yu, Wei-Wen. Cold-Formed Steel Design, 2d ed. New York: Wiley-Interscience, 1991.

7) Pekoz,T. Development of a Unified Approach to the Design of Cold-Formed Steel Members. Report SG 86-4.Washington, D.C.: American Iron and Steel Instirute, 1986.

8) AISI specification provisions for screw connections, Report SG 86-4. University of Missouri-Rolla, Center for Cold-Formed Steel Structures. Technical Bulletin (2)2, 1993.

9) Specification for the Design Testing and Utilization of Industrial Steel Storage Racks. Charlotte, N.C.: Rack Manufacturers Institute, 1985.

10) Gnersi A.R Landolfo R and Mazzolani M., Design of Metallic Cold-Formed thin-walled Members.Mazzolani ,2002.

11) Laboube R. A., Design of Cold- Formed Steel Structural Members, 4th ed. Newyork: McGraw-Hill ,(1997).

12) wolford D.S., Cold-Formed Steel Design and Construction 4.th ed. New york McGrow Hill (1996).

13) Hacker J.H., Gorges, J. A. , Residential Steel Design and Construction, McGrow Hill (1998)

14) Rhodes, J., lawson R. M. , Design of structures Using Cold-Formed Steel Sectiens, The Steel Construction Institate1992

15) American Iron and Steel Institute (AISI), North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural

Members, AISI S100-2007, 2007.
16) Wei-Wen Yu and Roger A. LaBoube, Cold-Formed Steel Design, 4th Edition, John Wiley & Sons, Inc., 2010.
17) J. Hancock G., M. Murray T., S. Ellifritt D., Cold-Formed Steel Structures to the AISI Specification, Marcel Dekker, Inc., 2001.
18) TI809-07. Technical instruction: Design of cold-formed load bearing Steel Systems and nasonary veneer/steel stud wall., Washington(DC, USA): US Army Corps of Engineers,UFC 3-310-07A, 2006.

فصل سوم

ایمنی در برابر آتش

۳-۱- کلیات و مبانی

۳-۱-۱- تعاریف

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ج- نارسانایی: عنصر ساختمانی مورد نظر حتی‌الامکان عایق باشد تا موجب انتقال سریع حرارت به فضاهای مجاور نشود.

پلکان: بخشی از مجموعه راه خروج شامل تعدادی پله با پاگردها و 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 آتش: در این مقررات به جای عبارت "پنجره مقاوم در برابر آتش"، اصطلاحا از عبارت کوتاه‌تر "پنجره آتش" استفاده شده است و منظور از آن پنجره‌ای با ساختار و شیشه‌کاری مناسب است که بتواند محافظت لازم به منظور جلوگیری از انتقال آتش‌سوزی را، در حد الزامات مربوط، تامین کند.

تاییدشده، تصویب شده: این واژه بسته به ترکیب و موضوع مورد بحث، به مفهوم‌های زیر به‌کار رفته است:

۱- تائید و تصویب مصالح، لوازم و تاسیسات ساختمانی، طرح‌ها، روش‌ها و ساختارها، یعنی تائید و تصویب آن‌ها توسط مقامات قانونی مسئول، مراکز و آزمایش‌گاه‌های دارای صلاحیت قانونی که مطابق ضوابط، استانداردها و مقررات مربوطه، با انجام آزمایش و بررسی مستقیم یا غیر مستقیم صورت می‌گیرد،

۲- تائید و تصویب تصرف، یعنی تائید و تصویب یک یا چند نوع بهره‌گیری از بنا، که بنا به آن مقاصد مورد استفاده قرار خواهد گرفت، توسط مقامات دارای صلاحیت قانونی و مسئول که مطابق مقررات مربوطه با استناد به ارائه ادله دقیق و قاطع برای هماهنگی کامل ساختمان با مقررات اصولی در مورد آن تصرف یا تصرف‌ها انجام می‌شود.

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

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

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 آتش‌نشانی برای خاموش کردن آتش‌سوزی را فراهم آورد. معابر داخل فضاهای بسته و تونل‌ها اگرچه مورد استفاده عبور و مرور عمومی قرار گرفته و ماشین‌رو باشند، به عنوان خیابان ملحوظ نمی‌شوند.

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

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

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

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

درجه‌بندی F: مدت زمانی که یک سیستم آتش‌بند مطابق آزمایش ASTM E814، پیشروی آتش از طریق منفذ را محدود می‌کند.

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

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

دمپر (یا دریچه) آتش: دمپر دارای استاندارد یا گواهینامه فنی معتبر، نصب شده در کانال‌ها و

گشودگی‌های انتقال هوا یا سیستم‌های کنترل دود که به محض کشف حرارت به صورت خودکار مسدود شده، مانع عبور هوا می‌شود و عبور شعله را محدود می‌کند. دمپرهای آتش براساس استفاده در سیستم‌های استاتیکی (که در صورت وقوع آتش‌سوزی به صورت خودکار متوقف می‌شوند) یا در سیستم‌های دینامیکی (که در طی مدت آتش‌سوزی به کار خود ادامه می‌دهند) طبقه‌بندی می‌شوند. دمپرهای آتش نوع دینامیکی برای بسته‌شدن تحت ادامه جریان هوا ازمایش و درجه‌بندی می‌شود (در این مقررات به جای عبارت "دمپر مقاوم در برابر آتش"، اصطلاحا از عبارت کوتاه‌تر "دمپر آتش" استفاده شده است).

دمپر (یا دریچه) دود: دمپر دارای استاندارد یا گواهینامه فنی معتبر، نصب شده در کانال‌ها و گشودگی‌های انتقال هوا که برای مقاومت در برابر عبور هوا و دود طراحی شده است. این دمپرها طوری نصب می‌شود که به طور خودکار و تحت کنترل سیستم کشف دود عمل کرده و در صورت لزوم بتوان آن را از یک ایستگاه فرماندهی دور در ساختمان کنترل نمود (در این مقررات به جای عبارت "دمپر مقاوم در برابر عبور دود"، 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 آتش 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 آتش: دیوار جداکننده‌ای که برای جلوگیری از گسترش آتش‌سوزی از یک طرف به طرف دیگر دیوار طراحی شده و بازشوهای آن در برابر آتش محافظت شده است.

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.

سیستم درزبندی آتش: مجموعه‌ای از مواد یا فرآورده‌های ویژه که برای ایجاد مقاومت در برابر عبور آتش، داخل درزهای ساخته شده درون یا بین مجموعه‌های ساختمانی دارای درجه‌بندی مقاومت

در برابر آتش قرار گرفته‌اند. این سیستم‌ها باید براساس یکی از استانداردهای UL 2079 یا ASTM E1966 طراحی، ازمایش و از نظر مقاومت در برابر آتش درجه‌بندی شده باشند (در این دستورالعمل به جای عبارت "درزبندی مقاوم در برابر آتش"، اصطلاحا از عبارت کوتاه‌تر "درزبندی آتش" 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 آسانسور 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 آتش: یک عنصر ساختمانی (مانند دیوار، سقف یا غیره) که مطابق با مقررات، دارای یک مقدار الزامی مشخص مقاومت در برابر آتش است.

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

فاصله مجزاسازی حریق: عبارت از فاصله 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.

مانع آتش: یک عنصر ساختمانی افقی (مانند سقف) یا قائم (مانند دیوار) با درجه‌بندی مقاومت در برابر آتش که برای جلوگیری از گسترش آتش‌سوزی طراحی شده و دارای بازشوهای محافظت شده در برابر آتش است.

مانع دود: یک پوسته پیوسته قائم یا افقی، مانند دیوار یا سقف که برای محدود کردن حرکت دود طراحی و ساخته شده است.

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

مساحت ساختمان: مساحتی که در میان دیوارهای خارجی بدون در نظر گرفتن شفت‌های تهویه و حیاط‌ها قرار گرفته است. فضاهایی از ساختمان که در حد فاصل دیوارهای اطراف ساختمان قرار ندارند، در 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 آتش: عبارت است از خواصی از مصالح، مجموعه یا سیستم ساختمانی که از عبور حرارت زیاد، گازهای داغ یا شعله تحت شرایط کاربرد جلوگیری کرده یا آن را به تاخیر می‌اندازد.

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

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

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

ارتفاع حریق احتمالی ارزیابی می‌شود.

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

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

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

هوابند: هرگونه مصالح، ابزار یا وسیله ساختمانی دارای استاندارد یا گواهینامه فنی که برای محدود کردن جریان هوا در داخل فضاهای باز در قسمت‌های پنهان اجزای ساختمان، مانند فضاهای دسترسی و بازدید تاسیسات، مجموعه‌های کف 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 آتش

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

۳-۱-۲-۱- کشف و اعلام به موقع حریق

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

۳-۱-۲-۲- طراحی مسیرهای خروج

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

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

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

الف- گسترش داخلی حریق (نازک‌کاری‌ها)

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

ب- گسترش داخلی حریق (ساختاری)

– سازه ساختمان باید به گونه‌ای طراحی و ساخته شود که در صورت وقوع آتش‌سوزی، پایداری آن به مدت مناسبی حفظ شود.

– دیوار بین واحدهای مستقل باید چنان طراحی و ساخته شود که در برابر گسترش آتش‌سوزی از یک واحد به واحدهای مجاور مقاومت نماید.

– ساختمان باید به نحوی طراحی و ساخته شود که در آن امکان پیشروی پنهان آتش و دود در فضاهای ناپیدای موجود در داخل ساختار وجود نداشته باشد.

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

ج- گسترش خارجی حریق

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

همچنین لازم است که مساحت سطوح محافظت نشده موجود در جدار خارجی ساختمان (مانند

پنجره‌ها) محدود شود، به 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 آن بر اثر منابع اشتعال خارجی محدود شود.

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

۳-۱-۲-۴- سیستم‌های خاموش کننده آتش

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

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

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

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

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

۳-۱-۳- دسته‌بندی تصرف ساختمان‌ها

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

در این آیین‌نامه ساختمان‌ها از نظر نوع تصرف به ۱۰ گروه اصلی تقسیم شده‌اند. که بعضی از آن‌ها دارای زیرگروه‌هایی نیز هستند. از آن جا 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 دستورالعمل برای ساختمان‌های مخاطره‌آمیز، فقط در حد نیاز آورده شده است. امکان ارائه تمام الزامات ایمنی مربوط به ساختمان‌های مخاطره‌آمیز با جزئیات مربوط به آن‌ها در این دستورالعمل وجود ندارد، بنابراین برای طراحی ایمن این نوع ساختمان‌ها باید از مراجع و ضوابط تخصصی استفاده شود.

در بسیاری از ساختمان‌ها بیش از یک تصرف وجود دارد که از آن جمله می‌توان وجود فضاهای تجمعی احتمالی در ساختمان‌های اداری، 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 آن‌ها به نحو مناسب پیش‌بینی شده و ساختمان در کل از ایمنی کافی در برابر آتش‌سوزی برخوردار باشد. روش این کار در بخش ۳-۱-۳-۴ تحت عنوان تصرف‌های مختلط ارائه شده است.

۳-۱-۳-۱- گروه‌های تصرف

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

۱- تصرف‌های مسکونی/ اقامتی: گروه‌های م-۱، م-۲ و م-۳
۲- تصرف‌های آموزشی: گروه 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 مخاطره‌آمیز: خ
۱۰- تصرف‌های متفرقه: گروه ف

برای شرح دقیق گروه‌های تصرف و زیرگروه‌های آن‌ها به اخرین ویرایش مبحث سوم مقررات ملی ساختمان و یا نشریه شماره ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن (دستورالعمل محافظت ساختمان‌ها در برابر آتش) مراجعه شود. جدول راهنمای حروف اختصاری تصرف‌ها در زیر ارائه شده است، تا کاربران به نحو ساده‌تری بتوانند نوع تصرف ساختمان‌های مختلف رایج را یافته و با تقسیم‌بندی‌های ارائه شده در این مقررات تطبیق دهند.

جدول ۳-۱- راهنمای حروف اختصاری تصرف‌ها

حرف اختصاری	نوع تصرف	زیرگروه‌ها	مثال
ا	آموزشی/ فرهنگی	-	دوره‌های تحصیلی ابتدایی تا دبیرستان
ت	تجمعی	ت-۱	کاربری تجمعی برای ارائه یا تماشای اجراهای نمایشی یا تصاویر متحرک، مانند سینما، تئاتر و استودیوهای رادیویی و تلویزیونی
		ت-۲	صرف غذا یا نوشیدنی مانند سالن‌های ضیافت، رستوران‌ها، تریاها و باشگاه‌ها
		ت-۳	مکان‌های نیایش، جشن، 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، آرایشگاه، کلینیک‌ها و مطب‌های پزشکی، آزمایش‌گاه تشخیص طبی، دفاتر مهندسی، دانشگاه، پاسگاه نیروهای انتظامی
خ	مخاطره‌آمیز	خ-۱	اماکن حاوی مواد منفجره
		خ-۲	اماکن حاوی مایعات قابل اشتعال یا قابل سوختن در ظروف باز یا ظروف بسته با فشار نسبی بیشتر از ۱۰۳ کیلوپاسکال، غبار قابل سوختن و گازهای قابل اشتعال
		خ-۳	اماکن حاوی مایعات قابل اشتعال یا قابل سوختن در ظروف بسته با فشار نسبی کمتر از ۱۰۳ کیلوپاسکال، الیاف قابل سوختن، سیالات سرمازای اکسیدکننده، جامدات قابل اشتعال و مواد واکنش‌دهنده با اب
		خ-۴	اماکن حاوی مواد خورنده و مواد سمی

حرف اختصاری	نوع تصرف	زیرگروه‌ها	مثال
		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 آسیب‌دیدگان اجتماعی و مراکز ترک اعتیاد
		د ـ۲	خدمات شبانه‌روزی پزشکی، جراحی، روانپزشکی و پرستاری
		د ـ۳	زندان‌ها، بازداشتگاه‌ها، ندامتگاه‌ها و اندرزگاه‌ها، دارالتادیبها
		د ـ۴	آسایشگاه‌های ویژه مراقبت شخصی برای بیش از پنج نفر افراد بالغ برای کمتر از ۲۴ ساعت، مراکز ویژه نگهداری بیش از پنج کودک با سن کمتر از ۳ سال به مدت کمتر از ۲۴ ساعت (مانند مهد کودک‌ها)
ص	صنعتی	ص-۱	صنایع تولید ابزار، وسایل ورزشی، وسایل نقلیه موتوری، دوچرخه‌سازی، ماشین‌های اداری، فرش، موکت، پوشاک، ماشین‌های ساختمانی و کشاورزی، حشره‌کش، شوینده، لامپ، صنایع الکترونیک، صنایع غذایی، پخت نان و شیرینی، مبلمان و روکش مبلمان، خشکشویی‌ها، صنایع چرم، صنایع کاغذ، صنایع پلاستیک، تولید کفش، نساجی‌ها، دخانیات، صنایع چوب و کابینت
		ص-۲	صنایع تولید: مصالح بنایی، گداز فلزات، محصولات شیشه، گچ، شکل‌دهی فلزات و نوشابه‌های غیرالکلی
ف	متفرقه	–	اصطبل، گلخانه، پارکینگ شخصی
ک	کسبی/ تجاری	–	فروشگاه‌ها، بازارها و بازارچه‌ها، داروخانه‌ها، تعمیرگاه‌های اتومبیل
م	مسکونی/	م ـ۱	هتل‌ها، متل‌ها و مسافرخانه‌ها

حرف اختصاری	نوع تصرف	زیرگروه‌ها	مثال
	اقامتی	م ـ۲	بناهای آپارتمانی، اقامتگاه‌های غیرموقت سازمانی، خوابگاه‌ها و اقامتگاه‌های تفریحی شراکتی
		م ـ۳	مسکونی برای مراقبت شبانه‌روزی از افراد بین ۶ تا ۱۶ نفر
ن	انباری	ن ـ۱	انبار: کاغذ، کتاب، کیف و پوشاک، بامبو و خیزران، الوار، چرم، خز، انواع کفش، مقوا و جعبه مقوایی، پشم، طناب، مبلمان، چسب، کف‌پوشهای لینولئوم، غلات، ابریشم، صابون، شکر، تایر، تنباکو، دخانیات، روکش و پرکننده مبلمان، شمع
		ن ـ۲	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، قطعات فلزی، آینه، پارکینگ اتومبیل، چینی، اجاق، ماشین ظرف شویی یا خشک‌کن

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

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

برای فضاهای فرعی داخل واحدهای مسکونی (مثل انبار داخل واحد) نیازی به مطابقت با این بند نیست.

چنانچه در جدول ۳-۲ جداسازی مقاوم در برابر آتش الزامی‌شده باشد، فضای فرعی حادثه خیز باید به وسیله دیوارهای مانع آتش از سایر قسمت‌های ساختمان جدا شود. چنانچه در جدول یاد شده، تامین

سیستم اطفای حریق خودکار بدون نیاز به دیوارهای مانع آتش خواسته شده باشد، در این صورت لازم است که فضای فرعی به وسیله ساختارهایی که اجازه عبور دود را ندهند، از سایر قسمت‌های ساختمان جدا شود. جداکننده‌ها نباید به کف کاذب یا سقف کاذب ختم شوند، بلکه باید از کف اصلی تا زیر سقف (یا بام) اصلی مقاوم در برابر آتش، امتداد داشته باشند. درهای این قسمت‌ها باید از نوع "خود بسته شو" یا "خودکار بسته شو"ی متصل به تشخیص‌دهنده دود باشند. درها باید با استانداردهای درهای مقاوم در برابر آتش مطابقت نموده و فاقد دریچه هوا باشند.

جدول ۳-۲- محافظت فضای فرعی حادثه‌خیز

اتاق یا فضا	مقاومت اجزای جداکننده در برابر آتش یا سایر تمهیدات محافظتی
موتورخانه‌هایی با ظرفیت بیش از ۱۲۰ کیلووات (حدود ۴۰۰۰۰۰ بی‌تی‌یو بر ساعت)	یک‌ساعت یا تامین سیستم خودکار اطفای حریق در فضا
اتاق دیگ بخار (بویلر) با فشار بیش از یک اتمسفر (حدود ۱۵ پی‌اس‌ای) و توان بیش از ۷/۵ کیلووات (حدود ۱۰ اسب‌بخار)	یک‌ساعت یا تامین سیستم خودکار اطفای حریق در فضا
اتاق تجهیزات سرد کننده	یک‌ساعت یا تامین سیستم خودکار اطفای حریق در فضا
پارکینگ اتومبیل	دو ساعت
اتاق کوره زباله‌سوز	دو ساعت و تامین سیستم خودکار اطفای حریق در فضا
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
آزمایشگاه‌ها و فروشگاه‌های واقع در گروه تصرف‌های (ا) و (د-۲)	یک‌ساعت یا تامین سیستم خودکار اطفای حریق در فضا
اتاق‌های ماشین لباس‌شویی با مساحت بیش از ۹ متر مربع	یک ساعت
اتاق‌های انباری با مساحت بیش از ۹ متر مربع	یک ساعت
سلول‌های بازداشتگاه‌های گروه (د-۳)	یک ساعت
اتاق‌های انباشت زباله و ضایعات با مساحت بیش از ۹ متر مربع	یک ساعت
اتاق‌های حاوی سیستم‌های باتری اسیدی-سربی با ظرفیت بیش از ۴ لیتر، برای ژنراتورهای برق اضطراری یا دائم	دیوار و سقف/کف یک ساعت مقاومت در برابر آتش برای گروه‌های (ح)، (ص)، (خ)، (ن)، و (ف). دیوار و سقف/کف دو ساعت مقاومت در برابر آتش برای گروه‌های (ت)، (ا)، (د) و (م).

۳-۱-۳-۳- فضاهای جنبی

الف- فضاهای جنبی تجمعی

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

۳-۱-۳-۴- تصرف‌های مختلط

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

استثناءها:

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

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

الف- کاربری‌های جداسازی نشده

در این روش، برای تعیین حداقل نوع ساختار قابل قبول برای ساختمان، ابتدا هر بخش از ساختمان باید به طور جداگانه براساس‌کاربری آن 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 آن تعیین شود. به جداسازی بین تصرف‌های مختلف (طبق جدول

۳-۲) نیاز نیست، اما جداسازی‌هایی که در بخش‌های دیگر مقررات خواسته شده است، باید انجام شود (مانند دوربندی شفت‌ها طبق ضوابط قسمت ۳-۲). برای ضوابط تکمیلی برای کاربری‌های جداسازی نشده، به اخرین ویرایش مبحث سوم مقررات ملی ساختمان مراجعه شود.

ب- کاربری‌های جداسازی شده

در این روش، هر قسمت از ساختمان باید براساس تصرف آن به صورت جداگانه دسته‌بندی شده و به طور کامل با دیوارها و اجزای افقی مانع آتش، با مقاومت خواسته شده در جدول ۳-۳، از سایر قسمت‌ها جدا شود. هر منطقه حریق باید با ضوابط مربوط به تصرف خود مطابقت داشته باشد. هر منطقه حریق باید به تناسب با نوع تصرف و نوع ساختار خود با محدودیت‌های ارتفاعی داده شده در قسمت ۳-۳ مطابقت داده شود. به عنوان مثال چنانچه بالاترین طبقه‌ای که تصرف اداری در آن وجود دارد، طبقه چهارم باشد، برای مطابقت محدودیت ارتفاعی این تصرف، به ساختارهایی نیاز داریم که ۴ طبقه برای تصرف اداری را مجاز بداند. همچنین در هر طبقه باید مساحت ساختمان به گونه‌ای باشد که مجموع نسبت‌های مساحت کف برای تمام تصرف‌ها تقسیم بر مساحت مجاز آن‌ها بیش از یک نشود. با کنترل این دو موضوع (اول: محدودیت ارتفاع برای هر تصرف و دوم: کوچک‌تر از یک بودن مجموع نسبت‌های مساحت کف به مساحت مجاز برای تمام تصرف‌ها در هر طبقه)، حداقل نوع قابل قبول ساختار برای کل ساختمان تعیین می‌شود.

استثناءها:

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 آتش تعیین شده در جدول ۳-۳ الف و ب را به میزان یک ساعت کاهش داد، به شرطی که اولا درجه مقاومت در برابر آتش 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 آن باشد و پارکینگ فوق از حداقل دو طرف کاملا باز باشد، و از بالای آن نیز برای هیچ گونه کاربری استفاده نشود، نیازی به جداسازی پارکینگ از ساختمان طبق ضوابط فوق نیست.

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

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، آن اتاق یا فضا باید کل الزامات ایمنی حریق مورد نیاز برای کل آن کاربری‌ها را برآورده نماید.

۳-۲- مقاومت قاب سبک فولادی در برابر آتش

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

۳-۲-۱-۱- کلیات

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

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

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

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

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)	۳	۲	۱	–
دیوارهای باربر داخلی	۳(ب)	۲(ب)	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 آتش قاب سازه‌ای و دیوارهای باربر در برابر آتش را در جایی که تنها یک بام را تحمل می‌کند، می‌توان به اندازه یک ساعت کاهش داد.

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

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

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

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

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

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

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

۳-۲-۲- الزامات مقاومت در برابر آتش

هدف از این بخش ارائه الزامات مقاومت اجزای سیستم ساختمانی قاب سبک فولادی در برابر آتش است، به گونه‌ای که از گسترش آتش‌سوزی از محل وقوع به فضاهای مجاور و یا از ساختمانی به ساختمان‌های مجاور جلوگیری شده و نیز پایداری اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای ساختمان در برابر آتش بر حسب نیاز تا یک زمان معین و منطقی حفظ شود.

میزان مقاومت مورد نیاز در برابر آتش برای اجزای اصلی ساختمان، پیش از هر چیز به ابعاد ساختمان بستگی دارد. بنابراین، ابتدا باید براساس ابعاد مورد نظر برای ساختمان و مطابقت آن با الزامات قسمت ۳-۳، نوع ساختار قابل قبول تعیین شده، سپس با مراجعه به جدول‌های ۳-۴ و ۳-۵، حداقل درجه مقاومت لازم در برابر آتش برای اجزای اصلی ساختمان تعیین شود. به علاوه الزامات بیان شده در این بخش، بر حسب نیاز طرح، باید رعایت شود.

از آن جا که وجود هر گونه بازشو، منفذ یا فضای خالی پنهان محافظت‌نشده در درون ساختار اجزای ساختمانی و یا هر گونه ارتباطات محافظت‌نشده بین فضاهای مجاور، نقطه ضعفی برای

مقاومت سیستم در برابر آتش بوده و می‌تواند مسیرهایی را برای گسترش آتش‌سوزی ایجاد کند، بنابراین لازم است تا این قبیل فضاها به صورت کنترل‌شده، طراحی و در صورت نیاز به وسیله تمهیدات مناسب (مانند استفاده از مصالح مناسب یا سیستم‌های آتش‌بند) محافظت شوند که الزامات مربوط به آن در نشریه شماره ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ارائه شده است.

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

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

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

ب- اطلاعات درجه‌بندی مقاومت در برابر آتش 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 آن عنصر از نظر مقاومت در برابر آتش، آزمایش نشده باشد، بایستی اطلاعات و مستندات کافی به مقام قانونی مسئول ارائه شود، مبنی بر این که درجه مقاومت در برابر آتش عنصر ساختمانی مورد نظر، بر اثر استفاده از آن مصالح، سیستم یا وسیله کاهش نمی‌یابد. مصالح و روش‌های ساختمانی که برای محافظت درزها و منافذ در اجزای ساختمانی مقاوم در برابر آتش استفاده می‌شوند، نباید درجه مقاومت در برابر آتش آن 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 این نامه مطابقت داشته و مقاومت آن در برابر آتش با درجه الزامی مطابقت کند.

۳-۲-۲-۳- دیوارهای خارجی

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

الف- پیش‌آمدگی‌ها

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 آتش

دیوارهای خارجی ساختمان باید مطابق با جدول‌های ۳-۴ و ۳-۵ دارای درجه مقاومت در برابر آتش باشند. درجه‌بندی مقاومت در برابر آتش دیوارهای خارجی برای فواصل مجزاسازی حریق بزرگ تر از ۱/۵ متر باید از طرف داخل آن‌ها صورت گیرد (یعنی آزمون مقاومت در برابر آتش از طرف وجه داخلی روی آن‌ها صورت گیرد). برای فواصل مجزاسازی حریق برابر یا کوچک‌تر از ۱/۵ متر، آزمون و درجه‌بندی مقاومت در برابر آتش 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 آن:

A= مساحت واقعی بازشوهای محافظت شده،

a= مساحت مجاز بازشوهای محافظت شده،

A_u= مساحت واقعی بازشوهای محافظت نشده،

a_u= مساحت مجاز بازشوهای محافظت نشده.

یاداوری: ساختمان‌هایی که دیوار خارجی آن‌ها الزامی به مقاومت در برابر آتش 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	بزرگ‌تر از ۱ تا ۱/۵	بزرگ‌تر از ۱/۵ تا ۳(ب)	بزرگ‌تر از ۳ تا ۴/۵ (الف)	بزرگ‌تر 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 آتش‌نشانی به خیابان راه داشته باشد.

د- جداسازی قائم بازشوها

چنانچه بازشوهای دو طبقه متوالی در فاصله افقی ۱/۵ متر یا کمتر از یکدیگر بوده و بازشوی واقع در طبقه پائین‌تر از نوع محافظت شده نباشد، بازشوهای موجود در دیوار خارجی طبقه‌های مجاور باید به طور قائم جداسازی شوند تا از پیشروی آتش به بیرون ساختمان جلوگیری شود. چنین بازشوهایی

باید به طور قائم از یکدیگر حداقل به اندازه ۹۰ سانتی‌متر فاصله داشته باشند و بین آن‌ها یک دیوار خارجی، تیر اصلی پیرامونی[۱۲] یا دیگر اعضای مشابه با درجه یک ساعت مقاومت در برابر آتش باشد، یا این که به وسیله یک مانع (به عنوان مثال بیرون‌زدگی کف) که به طور افقی حداقل به اندازه ۷۵ سانتی‌متر از دیوار خارجی بیرون زده باشد، جدا شوند. این مانع باید دارای درجه مقاومت حداقل یک ساعت در برابر آتش باشد.

استثناءها:

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

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

۳-۲-۲-۴- دیوارهای داخلی

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

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

دیوار جداکننده آتش: دیوار جداکننده‌ای که برای جلوگیری از گسترش آتش‌سوزی از یک طرف به طرف دیگر دیوار طراحی شده و بازشوهای آن در برابر آتش محافظت شده است. از دیوار جداکننده آتش برای جدا کردن واحدهای مسکونی موجود در یک ساختمان، دیوارهای جداکننده واحدهای

---

12 Spandrel Girder

مجزای خواب در ساختمان‌های گروه (م-۱)، تصرف هتل، (م-۲)، و (د-۱)، دیوارهای جداکننده واحدهای مستقل در ساختمان‌های تجاری و بازارهای سرپوشیده، و دیوار کریدورهایی که مقاومت در برابر آتش برای آن‌ها طبق فصل راه‌های خروج مبحث سوم مقررات ملی ساختمان الزامی است و نیز برای جداسازی سرسرای آسانسور استفاده می شود.

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

الف- دیوارهای مانع آتش

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

الف-۱- پیوستگی

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

الف-۲- دوربند الزامی شفت‌ها

گشودگی‌های میان مجموعه کف 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 آتریوم‌ها و پاساژهای تجاری سرپوشیده مذکور در فصل دوازدهم از نشریه ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن باشند.

۵- برای دودکش‌های بنایی که گشودگی‌های دور آن‌ها به وسیله مسدودکننده حریق، با مصالح تایید شده برای مقاومت در برابر عبور شعله و فرآورده‌های 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 آتش مطابق قسمت ۳-۲-۲-۷، به دوربند شفت نیازی نیست.

۱۰. هر جای دیگری که در این دستورالعمل یا نشریه شماره ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن مجاز شناخته شده باشد.

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

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

الف-۴- دیوارهای خارجی دوربند شفت‌ها

در جایی که دیوارهای خارجی به عنوان بخشی از دوربند شفت مورد نیاز عمل می‌کنند، این

دیوارها باید مطابق شرایط مندرج در بند ۳-۲-۲-۳ برای دیوارهای خارجی باشند و نیازی به اعمال الزامات مقاومت در برابر آتش دوربندها برای آن‌ها نیست.

الف-۵- دوربندهای شوت زباله و لباس

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

ب- دیوار جداکننده آتش

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

۱ـ دیوارهای جداکننده واحدهای مسکونی موجود در یک ساختمان.

۲ـ دیوارهای جداکننده واحدهای مجزای خواب در هتل‌ها، خوابگاه‌ها، اقامتگاه‌ها، مراکز توان-بخشی و نظایر آن.

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

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

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

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

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

ب-۲- پیوستگی

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

۳-۲-۲-۵- ساختارهای افقی

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

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

الف- درجه مقاومت در برابر آتش

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

ب- نصب دریچه‌های دسترسی

ایجاد و نصب دریچه‌های دسترسی در سقف‌هایی که دارای درجه‌بندی مقاومت در برابر آتش الزامی هستند، در صورتی مجاز است که مقاومت در برابر آتش برای دریچه‌های دسترسی مطابق با ضوابط این 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 آتش مجاز است، به شرطی که یکپارچگی سازه‌ای بام حفظ شود.

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

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

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

الف- درجه‌بندی مقاومت در برابر آتش

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

الف-۱- منافذ سرتاسری یا پوسته‌ای

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

الف-۱-۱ آزمایش کل مجموعه

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

الف-۱-۲ استفاده از سیستم آتش‌بند

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

الف-۲- اجزای نفوذی غیرقابل سوختن

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

الف-۳- اجزای نفوذی

وجود اجزای نفوذی که حداکثر از دو طبقه عبور می‌کنند مجاز اسـت، مشـروط بـر آن‌کـه فضـای پیرامونی اطراف جزء نفوذی با مصالح مناسب پر شود، به نحوی که بتواند در برابـر عبـور ازاد شـعله و محصولات احتراق مقاومت کند.

۳-۲-۲-۷- سیستم‌های درزبندی آتش

درزهای موجود در داخل یا بین دیوارها، مجموعه‌های کف یا سـقف-کـف، مجموعـه‌های بـام یـا سقف-بام باید به وسیله سیستم تایید شده درزبند مقاوم در برابر آتش محافظت شوند.

استثناءها: سیستم درزبندی آتش در موارد زیر لازم نیست:

۱- کف‌های درون یک واحد مسکونی مستقل

۲- کف‌ها در جاهایی که درز به وسیله دیوار دوربند مطابق بند آ-۲ قسـمت ۳-۲-۲-۴ محافظـت شده باشد.

۳- کف‌های داخل آتریوم‌هایی که مطابق با ضوابط خاص آتریوم‌ها مـذکور در فصـل دوازدهـم از نشریه ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن طراحی و اجرا شده باشـند و فضـای مجـاور آتریـوم در محاسبه ظرفیت کنترل دود آتریوم، در نظر گرفته شده باشد.

۴- کف‌ها درون سازه پارکینگ‌های باز

۵- کف‌های نیم طبقه

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

۷- بام‌هایی که وجود گشودگی در آن‌ها مجاز است.

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

الف- نصب سیستم درزبند آتش

سیستم‌های درزبندی آتش باید به طور ایمن داخل یا روی درز، در تمام طـول آن نصـب شـود بـه

طوری که بر اثر تحمل حرکات و جابجایی‌های ساختمان جابجا یا ازاد نشده یا اسیب نبینند و در مقابل عبور آتش و گازهای داغ مقاومت کنند.

ب- معیارهای آزمایش آتش

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

- استاندارد UL 2079
- استاندارد ASTM E1966
- سایر استانداردهای معتبر بین‌المللی با ارائه مدارک فنی معتبر و موافقت مقام قانونی مسئول.

برای سیستم‌های درز دیوار غیرمتقارن باید آزمایش در کوره از هر دو طرف صورت گرفته و کمترین مقدار به دست امده به عنوان درجه مقاومت در برابر آتش اعلام شود. چنانچه شواهد کافی نشان دهد که طرف آزمایش شده دارای مقاومت کمتر در برابر آتش است، در صورت پذیرش مقام مسئول، نیازی به انجام 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 آتش باشد، درز یا فضای خالی ایجاد شده در محل تلاقی دیوار تیغه‌ای خارجی و مجموعه کف مزبور، باید با مصالح مورد تایید درزبندی شود تا از گسترش آتش‌سوزی بین طبقات و داخل ساختمان جلوگیری شود. چنین مصالحی باید به طور ایمن نصب شده و قادر به جلوگیری از عبور شعله و گازهای داغ باشند.

۳-۲-۲-۸- محافظت بازشوها

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

جدول ۳-۷- درجه‌بندی محافظت بازشوها در برابر آتش

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

۳-۲-۲-۹- فضاهای پنهان

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

الف- مسدود کردن حریق

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

الف-۱- فضاهای پنهان دیوار

در فضاهای پنهان دیوارها و جداکننده‌های ستونکی[۱۳] مسدودکننده‌های حریق باید به طور قائم در فواصل ۳۰۰ سانتی‌متری نصب شوند.

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[۱۴] 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 آ-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 آتش استفاده می‌شود، فضای خالی بین سازه کف و زیر کفپوش چوبی باید با مصالح مقاوم در برابر عبور شعله و فراورده‌های احتراق، پر شود به طوری که هیچگونه فضای باز زیر کفپوش بیشتر از ۹ مترمربع مساحت نداشته باشد. چنین فضایی زیر جداکننده‌های دائمی‌باید کاملا پر شود، به طوری که هیچگونه ارتباط بین اتاق‌های مجاور از زیر کف برقرار نباشد.

ب- مصالح مسدود کننده حریق

تخته‌های گچی، تخته‌های سیمانی مسلح به الیاف و تخته‌های پشم سنگ یا پشم سرباره که در محل به طور مطمئن نصب شده باشند، به عنوان مسدود کننده‌های حریق می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. تخته‌های پشم معدنی غیر صلب برای استفاده به عنوان مسدود کننده افقی در فواصل ۳۰۰

---

13 Stud walls
14 Joists

سانتی‌متری (مذکور در آ-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[۱۵]

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

15 Double stud wall

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

۳-۳-۱- هدف و دامنه کاربرد

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

۳-۳-۲- محدودیت‌های کلی مساحت و ارتفاع

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

توضیح:

در ردیف اول جدول ۳-۸ ، نوع ساختار ساختمان بیان شده است، که در واقع نشان دهنده حداقل مقاومت اجزای ساختمان مورد نظر در برابر آتش است (به فصل دوم مراجعه شود). در ردیف بعد، حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان بر حسب متر داده شده است. به عنوان مثال، برای ساختار نوع (۱-الف) محدودیتی برای ارتفاع تعیین نشده است و این نوع ساختار را می‌توان با رعایت الزامات بیان شده در این دستورالعمل، 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 آپارتمانی (م-۲) با ساختار نوع (۲-ب) ساخته شود، حداکثر ابعاد مجاز آن طبق جدول ۳-۸ به شرح زیر است:

حداکثر ارتفاع مجاز: ۱۵ متر

حداکثر تعداد مجاز طبقات روی تراز زمین: ۴ طبقه

حداکثر مساحت مجاز کف: ۱۴۷۵ متر مربع

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

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

تصرف		حد مجاز ارتفاع و مساحت ساختمان بر حسب نوع ساختار			
		نوع ۱		نوع ۲	
		الف	ب	الف	ب
ت ـ۱	طبقات	م.ن	۵	۳	۲
	مساحت	م.ن	م.ن	۱۵۰۰	۸۰۰
ت ـ۲	طبقات	م.ن	۱۱	۳	۲
	مساحت	م.ن	م.ن	۱۵۰۰	۹۰۰
ت ـ۳	طبقات	م.ن	۱۱	۳	۲
	مساحت	م.ن	م.ن	۱۵۰۰	۹۰۰
ت ـ۴	طبقات	م.ن	۱۱	۳	۲
	مساحت	م.ن	م.ن	۱۵۰۰	۹۰۰
ت ـ۵	طبقات	م.ن	م.ن	م.ن	م.ن
	مساحت	م.ن	م.ن	م.ن	م.ن
ح	طبقات	ن	۱۱	۵	۴
	مساحت	م.ن	م.ن	۳۵۰۰	۲۱۰۰
ا	طبقات	م.ن	۵	۳	۲
	مساحت	م.ن	م.ن	۲۴۵۰	۱۳۵۰
ص ـ۱	طبقات	م.ن	۱۱	۴	۲
	مساحت	م.ن	م.ن	۲۳۰۰	۱۵۰۰
ص ـ۲	طبقات	م.ن	۱۱	۵	۳
	مساحت	م.ن	م.ن	۳۵۰۰	۲۱۰۰
د ـ۱	طبقات	م.ن	۹	۴	۳
	مساحت	م.ن	۵۱۰۰	۱۷۵۰	۹۲۵

تصرف		حد مجاز ارتفاع و مساحت ساختمان بر حسب نوع ساختار			
		نوع ۱		نوع ۲	
		الف	ب	الف	ب
د ـ۲	طبقات	م.ن	۴	۲	۱
	مساحت	م.ن	م.ن	۱۴۰۰	۱۰۰۰
د ـ۳	طبقات	م.ن	۴	۲	۱
	مساحت	م.ن	م.ن	۱۴۰۰	۹۲۵
د ـ۴	طبقات	م.ن	۵	۳	۲
	مساحت	م.ن	۵۶۰۰	۲۴۵۰	۱۲۰۰
ک	طبقات	م.ن	۱۱	۴	۴
	مساحت	م.ن	م.ن	۲۰۰۰	۱۱۵۰
م ـ۱	طبقات	م.ن	۱۱	۴	۴
	مساحت	م.ن	م.ن	۲۲۲۵	۱۴۷۵
م ـ۲	طبقات	م.ن	۱۱	۴	۴
	مساحت	م.ن	م.ن	۲۲۲۵	۱۴۷۵
م ـ۳	طبقات	م.ن	۱۱	۴	۴
	مساحت	م.ن	م.ن	۲۲۲۵	۱۴۷۵
ن ـ۱	طبقات	م.ن	۱۱	۴	۳
	مساحت	م.ن	۴۴۵۰	۲۴۰۰	۱۶۲۵
ن ـ۲	طبقات	م.ن	۱۱	۵	۴
	مساحت	م.ن	۷۳۵۰	۳۶۲۵	۲۴۰۰
ف	طبقات	م.ن	۵	۴	۲
	مساحت	م.ن	۳۳۰۰	۱۷۵۰	۸۰۰
حد مجازارتفاع ساختمان از تراز زمین (m)		م.ن	۵۰	۲۰	۱۵

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

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

۳-۴- مقاومت در برابر آتش 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 آتش دارای مقاومت کمی‌بوده و از این نظر باید محافظت شوند، در غیر این صورت ساختارهای از نوع LSF در برابر آتش به سرعت دچار تغییر شکل شده، فرو خواهند ریخت. محافظت این ساختارها در برابر آتش به وسیله تخته‌های گچی که بر روی چارچوب فولادی نصب می‌شوند، قابل تامین است. ضمن اینکه به این صورت جدار دیوار یا سیستم سقف نیز شکل گرفته، جداسازی بین فضاهای مجاور مطابق با طرح معماری صورت می‌گیرد. برای رسیدن به مقاوت‌های کم در برابر آتش، می‌توان از تخته‌های گچی معمولی استفاده نمود، اما برای تامین مقامت‌های بیشتر باید از تخته‌های مقاوم در برابر آتش استفاده کرد. لازم به ذکر است که گاهی از سایر تخته‌های محافظ از جنس چوب، سیمان یا سیلیکات کلسیم نیز استفاده می‌شود، اما گچ در بین مواد فوق از خواص بهتری برخوردار بوده و بسیار رایج‌تر است. تخته گچی علاوه بر عملکرد محافظتی در برابر آتش، به شرط استفاده از جزئیات اجرایی صحیح، می‌تواند خواص صوتی و حرارتی مناسبی را نیز تامین کند.

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

در این فصل، نتایج تعدادی از آزمون‌های مقاومت در برابر آتش انجام شده در کشورهای دیگر، به عنوان راهنمایی برای طراحی مقاوم در برابر آتش 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 آزمایش واقعی مقاومت در برابر آتش بر روی جزئیات مورد نظر توصیه می‌شود.

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

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

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

رانرهای[۱۶] فولادی مربوط به تخته‌های کف و سقف با اتصالات مناسب به وادارها یا سایر عناصر سازه‌ای وصل می‌شوند. فاصله اتصالات از انتها پنج سانتی‌متر و با یکدیگر ۶۰ سانتی‌متر (مرکز به مرکز) است. وادارها به صورت قائم و با فواصل ۶۰ سانتی‌متر از یکدیگر نصب می‌شوند، به طوری که طرف باز آن‌ها همگی به یک سمت باشد.

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

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

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

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

---

[16] Runners

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

۳-۴-۳-۱- دیوار LSF

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

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

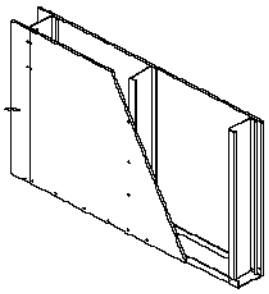
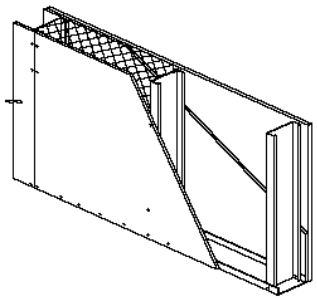
ب- یک نمونه دیوار LSF با سه ساعت مقاومت در برابر آتش

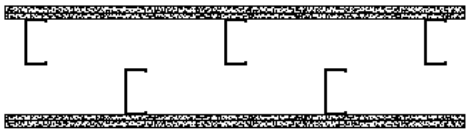
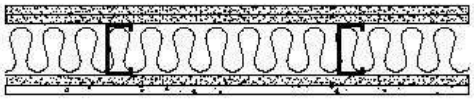
سیستم قاب فولادی نصب شده و پشم سنگ درون آن قرار داده می‌شود. یک لایه تخته گچی مقاوم در برابر آتش (نوع X) با ضخامت ۱/۹ سانتی‌متر (۰/۷۵ اینچ) به صورت قائم به قاب فولادی نصب می‌شود. از پیچ‌های با طول ۳۲ میلی‌متر (۱/۲۵ اینچ) از نوع S یا S-12 با فواصل ۶۰ سانتی‌متر در طول قاب برای نصب استفاده می‌شود. تخته‌های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

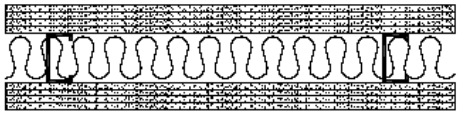
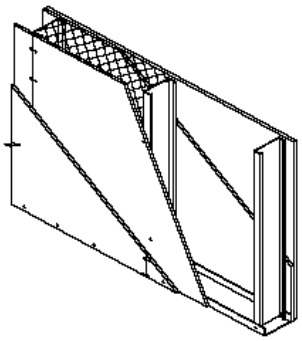
چند نمونه دیگر از جزئیات اجرایی مقاوم در برابر آتش در جدول ۳-۹ ارائه شده است.

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

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

شرح سیستم دیوار	جزئیات
دیوار غیر باربر، وادارهـای ۶۴ × ۳۵ × ۰/۵ م.م. با فاصله مرکز به مرکز ۱۵۰ م.م.، تخته گچی زیرین بـا ضـخامت ۱۲/۷ یـا ۱۵/۹ م.م. در هر طرف تخته گچی رویه با ضخامت حـداقل ۱۵/۹ م.م. در هر طرف، مقاومت در برابر آتش: ۲ ساعت	
دیوار غیر بـاربر، وادارهـای 350S162-18 بـا بال حـداقل ۲۱ م.م. و لبـه برگشـتی حـداقل ۶ م.م.، با فواصل حداکثر ۶۰۰ م.م.، تخته گچی با ضخامت حداقل ۱۶ م.م.، مقاومت در برابر آتش: یک ساعت	
دیـــوار غیربـــاربر، وادارهـــای 362S125-18 (پهنـای جـان ۹۲، عـرض بـال ۳۲ م.م. و لبـه برگشتی بـال حـداقل ۸ م.م.) بـا فواصـل ۴۰۰ م.م.، تخته گچی با ضخامت حداقل ۱۶ م.م. در یـک طـــرف، یـــک لایـــه ۱۲/۵ م.م. پلی‌اســـتایرن اکسترود و یک لایه تختـه سـیمانی ۱۲/۵ م.م. در طرف دیگر، ۷۵ م.م. عایق تخته‌ای یا پتویی از جـنس پشـم سنگ یا پشم سرباره، مقاومت در برابر آتش: یک ساعت	

شرح سیستم دیوار	جزئیات
دیوار غیرباربر، وادارهـای 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 بـاربر، وادارهـای ۹۲ × ۳۵ × ۰/۹ م.م. بـا فاصله ۶۰۰ م.م.، یک لایه تخته گچی نوع X با ضـخامت ۱۵/۹ م.م. در هر طرف، مقاومت در برابر آتش: یک ساعت	
دیوار بـاربر، وادارهـای ۹۲ × ۳۵ × ۰/۹ م.م. بـا فاصله (mm) ۶۰۰، دو لایه تخته گچی نوع X بـا ضـخامت ۱۵/۹ م.م. در هر طرف، مقاومت در برابر آتـش: دو سـاعت (محـدودیت بارگذاری برای مقاومت دو ساعت: حداکثر ۶۰٪ بار طرح)	
دیـوار بـاربر دوبـل، وادارهـای ۹۲ × ۴۱ × ۰/۸ م.م. با فاصله ۴۰۰ م.م.، حداقل فاصله قـائم دو ردیف وادارها: ۷ میلی‌متر، دو لایه تخته گچی نوع X بـا ضـخامت ۱۲/۷ م.م. در هر طرف، مقاومت در برابر آتش: یک ساعت	
دیوار باربر، وادارهای ۸۹ × ۲۰ م.م. ، با فواصـل مرکز به مرکز ۴۰۰ م.م.، ۷۵ م.م. پشـم معـدنی در وسط، یک طـرف بـا دو لایـه تختـه گچـی ۱۵/۹ م.م.، طرف دیگر لایه زیری تختـه ۱۵/۹ م.م و لایه رویی تخته ۱۲/۷ م.م مقاومت در برابر آتش: ۲ ساعت	

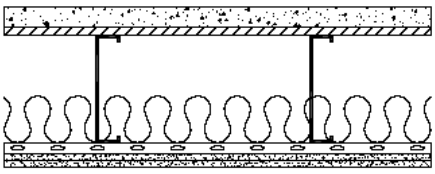
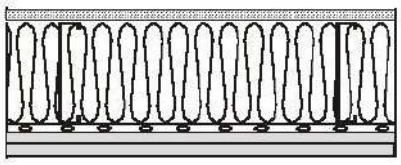
شرح سیستم دیوار	جزئیات
دیوار باربر، وادارهای ۸۹ × ۲۰ م.م.، با فواصل ۶۰۰ م.م.، چهار لایه تخته گچی ۱۲/۷ میلی‌متر در هر طرف، عایق پشم معدنی: اختیاری مقاومت در برابر آتش: ۳ ساعت	
دیوار باربر داخلی، وادارهای 350S125-33 با فواصل ۶۰۰ م.م.، تخته گچی ۱۲/۷ میلی‌متر در هر طرف، عایق پشم معدنی در وسط مقاومت در برابر آتش: ۱/۵ ساعت	

۳-۴-۳-۲- سیستم‌های کف و سقف

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

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

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

شرح لایه‌های سقف از بالا به پایین	جزئیات
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[۱۷] 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 آتش: یک ساعت	
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 آتش: مطابق جدول ۳-۱۱	

[17] Resilient Channel

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

ردیف	تیرچه فولاد سرد نوردشده			تخته بالای کف		عایق		تخته زیر سقف		مقاومت در برابر آتش (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 فصل سوم

۱) آیین‌نامه محافظت ساختمان‌ها در برابر آتش، انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، نشریه شماره ض-۴۴۴، ۱۳۸۵.

۲) پاول استولارد و جان ابرامز. "اصول ایمنی حریق در ساختمان‌ها". ترجمه عبدالصمد زرین‌قلم و سعید بختیاری، انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، نشریه 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 چهارم

عملکرد حرارتی

۴-۱- کلیات

سیستم‌های نوین ساختمانی زمانی دارای توجیه فنی هستند که به تمام 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 تعریف شده 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 آن در نظر گرفته شود.

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

۴-۱-۱- تعاریف

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

آب‌بندی: جلوگیری از ورود آب ناشی از بارندگی، از طریق پوسته یا درزهای عناصر تشکیل‌دهندهٔ آن.

اینرسی حرارتی: قابلیت کلی پوستهٔ خارجی و جدارهای داخلی در ذخیرهٔ انرژی، باز پس دادن آن و تاثیرگذاری بر نوسان‌های دما و بار گرمایی و سرمایی فضاهای کنترل‌شده ساختمان. اینرسی حرارتی ساختمان با استفاده از جرم سطحی مفید ساختمان گروه‌بندی می‌شود (ر.ک. به پیوست ۱ مبحث نوزده 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 آن‌ها 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 آن‌ها، 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 آن 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 آن‌هاست.

چگالش (میعان) عمقی و سطحی: تبدیل فاز آب (بخار آب به آب) در داخل جدار یا بر روی یکی از سطوح داخلی یا خارجی. چگالش می‌تواند در داخل (عمق) جدار یا یکی از سطوح داخلی یا خارجی 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 آن‌هاست. در این مبحث، هر جا به اختصار عبارت «ساختمان مستقل» ذکر شود، منظور «ساختمان مستقل کم‌ارتفاع» است

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

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

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

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

ضریب انتقال حرارت سطحی مرجع ($\hat{U}$): ضریب انتقال حرارت سطحی مرجع، ضریب انتقال

حرارت سطحی انواع مختلف جدارهای تشکیل‌دهنده 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 آن است، و با استفاده از روابط ارائه‌شده در این مبحث محاسبه می‌شود. واحد مورد استفاده برای ضریب انتقال حرارت $[W/K]$ است.

ضریب هدایت حرارت (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 آن 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 آن، 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 آن‌ها 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 آب‌بندی: لایه‌ای که برای محافظت دیوارها و سقف‌های شیب‌دار در برابر ورود آب بارندگی در نظر گرفته می‌شود.

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

محفظه گرم محافظت شده[۱۸]: دستگاه اندازه‌گیری ضریب انتقال حرارت جدارهای ساختمانی، مطابق استانداردهای بین‌المللی.

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

مقاومت حرارتی 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 آن $[m^2.K/W]$ است.

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

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

---

18 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 آن 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 آن میزان کل انتقال حرارت از جدارهای پوسته خارجی ساختمان است. در نتیجه، در صورت طراحی مطابق این روش، محدودیتی در خصوص مقاومت حرارتی یا ضریب انتقال حرارت هر یک از اجزا مطرح نیست، و باید مجموعه جدارها جوابگوی انتظارات تعیین شده باشد. به عبارت دیگر، پایین بودن مقاومت حرارتی بخشی از جدارها را می‌توان با افزایش مقاومت دیگر جدارها جبران نمود. بدیهی است نامتعادل بودن مقاومت‌های حرارتی باعث می‌شود که در نهایت، میزان عایق مورد استفاده افزایش یابد، و در نهایت افزایش هزینه‌های عایق‌کاری حرارتی را 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.

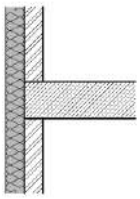
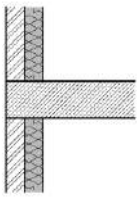
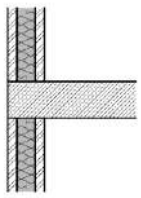
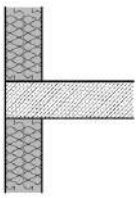
۴-۱-۲-۳- راه‌حل‌های فنی عمومی در شرایط استاندارد عوامل ویژه فرعی طرح

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- روش ب-۱ (با پنجرهٔ برتر)

الف-۱ حداقل مقاومت حرارتی دیوار خارجی یا مجاور فضای کنترل نشده $[m^2.K/W]$:

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

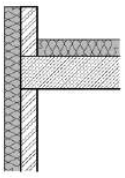
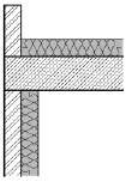
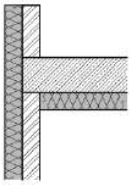
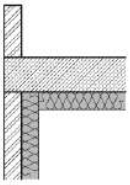
در این حالت، مقادیر حداقل مقاومت حرارتی دیوار به شرح زیر است:

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

	گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳
دیوار مجاور فضای خارج	۱۲	۱/۴	۱/۱
دیوار مجاور فضای کنترل نشده	۰۱	۰/۸	۰/۷

الف-۲ 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
				

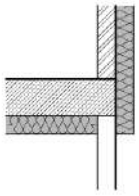
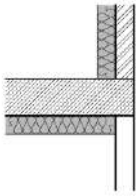
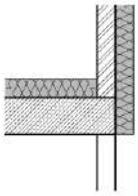
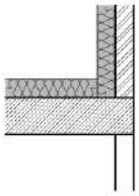
برای حالت کلی (کاربرد سقف‌های سبک)، مقاومت حداقل عایق حرارتی بام یا سقف در زیر ارائه شده است:

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

	گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳
بام یا سقف مجاور فضای خارج	۱۲	۱/۶	۱/۴
بام یا سقف مجاور فضای کنترل نشده	۰۱	۰/۸	۰/۷

الف-۳ 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

الف-۴ حداقل عایق حرارتی مورد نیاز

در جدول ۴-۱، ضخامت حداقل عایق حرارتی مورد نیاز، با فرض ۳۰ درصد کاهش مقاومت حرارتی[۱۹] ناشی از وجود وادارهای فلزی ارائه شده‌است:

جدول ۴-۱ ضخامت حداقا عایق مورد نیاز با فرض ۲۰ درصد کاهش مقاومت حرارتی بر اثر وادارهای فلزی

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

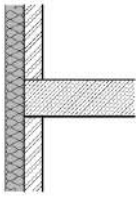
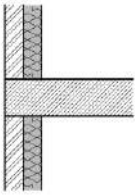
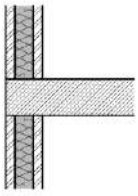
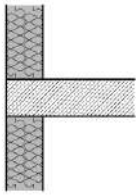
همانگونه که ملاحظه می‌شود، در روش طراحی تجویزی، در صورتی که عایق به‌صورت منقطع بین وادارها کارگذاشته شود، ضخامت‌های حداقل طبق مقررات ملی زیاد خواهند بود. برای کاهش ضخامت عایق حرارتی، یا باید بخش قابل توجهی از عایق به صورت یکسره و در نتیجه بیرون وادارها نصب شود.

[۱۹] 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- روش ب-۲ (با پنجرهٔ ساده)

ب-۱ حداقل مقاومت حرارتی دیوار مجاور فضای خارج یا فضای کنترل نشده $[m^2.K/W]$:

در راه حل‌های ارائه شده، چهار حالت دیوار در نظر گرفته شده است، که دیوارهـای سیسـتم LSF جزو دیوارهای با عایق حرارتی همگن محسوب می‌شوند.

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

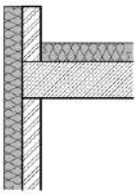
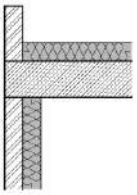
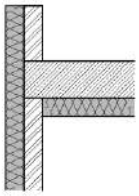
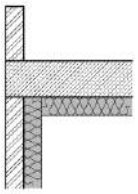
در این حالت، مقادیر حداقل مقاومت حرارتی دیوار به این شرح است:

حداقل مقاومت حرارتی دیوار $\hat{R}$ 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

ب-۲ 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	
بام یا سقف مجاور فضای کنترل‌نشده	با عایق‌کاری خارجی یا میانی دیوار	با عایق‌کاری داخلی یا همگن دیوار	با عایق‌کاری خارجی یا میانی دیوار	با عایق‌کاری داخلی یا همگن دیوار
				

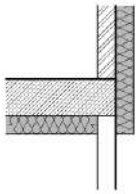
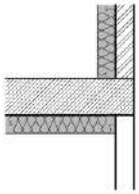
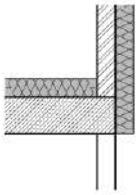
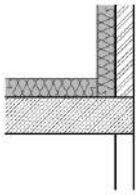
برای حالت کلی (کاربرد سقف‌های سبک)، مقاومت حداقل عایق حرارتی بام یا سقف در زیر ارائه شده است:

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	۱/۶
بام یا سقف مجاور فضای کنترل نشده	۱/۰	۰/۸	۰/۷

ب- ۳ 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 [m2.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 سیستم قاب‌های سبک فولادی، اجزای تشکیل دهنده دیوارهای خارجی همان‌گونه که در گزارش‌های پیشین عنوان شده است، از سه یا چهار جزء اصلی تشکیل می‌شود:

- پروفیل‌های سرد نورد شده عمودی و افقی که نقشی تعیین کننده در ایستایی دیوار دارند،
- تخته‌های گچی، سیمانی، مشتق از چوب و یا مشابه، که به عنوان پوشش بر دو طرف دیوار نصب می‌شوند،
- عایق حرارتی احتمالی که در بین دو تخته گچی یا مشابه آن قرار می‌گیرد
- لایه‌های آب‌بندی 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 آن‌ها (صفحات منیزیومی، ...) نیز صادق است.

ضرایب هدایت مصالح مختلفی که در این سیستم به‌کار می‌رود به شرح جدول ۴-۲ است[۲۰].

---

[۲۰] 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 ۴-۲- مقادیر عددی ضرایب هدایت حرارتی مصالح متداول

نام مصالح	چگالی (کیلوگرم بر متر مکعب)	ضریب هدایت حرارت (وات بر متر کلوین)
ورق فولادی گالوانیزه	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
	۱۴۰۰ تا ۱۸۰۰	۰/۶۵
سلولزی	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

جدول ۴-۲ (ادامه)- مقادیر عددی ضرایب هدایت حرارتی مصالح متداول

نام مصالح	چگالی (کیلوگرم بر متر مکعب)	ضریب هدایت حرارت (وات بر متر کلوین)
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 آن، 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 آن افزایش نیز می‌یابد و باعث می‌شود عایق‌های حرارتی با ضخامت‌های بالا مورد استفاده قرار گیرد که از نظر اقتصادی فاقد توجیه قوی است.

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

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

- با استفاده از روش منطقه‌ای و ضرایب منطقه‌ای[۲۱]

---

[21] Zone method - ASHRAE Fundamentals- Calculating Overall Thermal transmittance

– 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 آزمایشگاه، با استفاده از دستگاه محفظه گرم محافظت شده[۲۲].

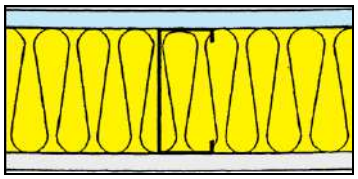
دقت مقادیر ارائه شده در دو روش اول بالا نیست و برای نمونه، برای روش اول بین ۲ تا ۱۵ درصد تغییر می‌کند. در صورتی که دقت زیادی مدنظر باشد، لازم است پس از تعیین ضریب هدایت حرارت اجزای مختلف تشکیل دهنده این سیستم، با استفاده از شبیه‌سازی عددی و نرم‌افزارهای تخصصی موجود در این زمینه، ضریب انتقال حرارت تعیین 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:

– 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)

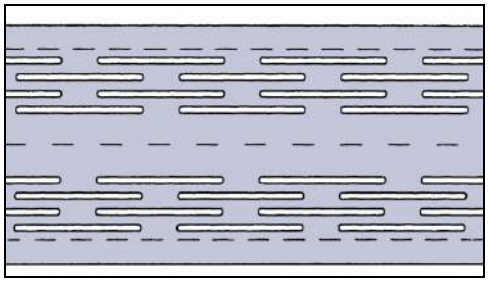
در روش اجرای عایق حرارتی به‌صورت «میان‌قاب»، کاهش پل‌های حرارتی ناشی از عناصر سازه‌ای فولادی می‌تواند به روش‌های زیر صورت گیرد:

– کاهش ضخامت ورق و استفاده از الیاژهای با ضریب هدایت حرارت کم (این اقدام در اکثر

[22] Guarded hot box apparatus

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

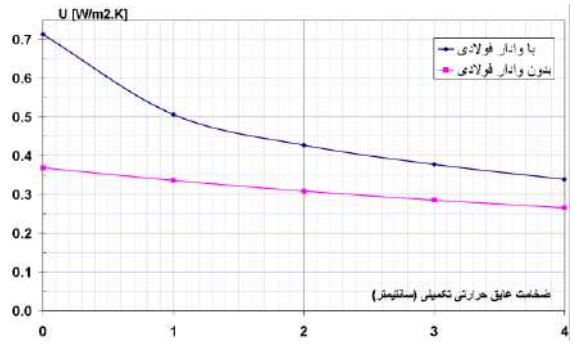
۴-۲-۱-۲- قراردادن یک لایه نازک سراسری عایق حرارتی در یکی از طرفین جدار

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 آن یا همراه با آن، لایه‌ای در طرف رو به داخل یا خارج دیوار پیش‌بینی شود.

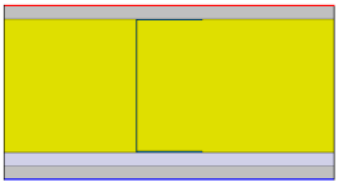
در عمل، مشاهده می‌شود که در لایه بیرونی دیوار از یک لایه نازک از جنس پلی‌استایرن استفاده می‌شود. این اقدام اثر موضعی پل‌های حرارتی را به‌طور چشمگیری کاهش می‌دهد. در عمل، افزودن یک لایه سراسری یکپارچه پلی‌استایرن منبسط (یا یک عایق حرارتی پلیمری مشابه با مقاومت حرارتی بیش از ۰/۹ $[m^2.K/W]$) در جدار، باعث 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 آن در خصوص عملکرد جدار در برابر حریق توجه ویژه‌ای معطوف شود.

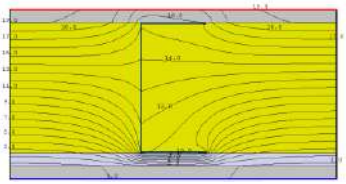
در نمودار زیر، برای یک دیوار با ۱۰ سانتیمتر عایق پشم‌شیشه بین وادارهای ۱۰ سانتیمتری، و یک لایه تکمیلی از جنس پلی‌استایرن منبسط، با ضخامتی بین ۰ تا ۴ سانتیمتر، ضرایب انتقال حرارت مجموعه دیوار ارائه شده‌است. نکته مهمی‌که در این نمودار مشاهده می‌شود این است که با افزایش ضخامت لایه عایق حرارتی تکمیلی، تاثیر آن بر تغییر ضریب انتقال حرارت کاهش می‌یابد، و در نتیجه، افزایش بی‌رویه ضخامت عایق حرارتی تکمیلی، هم از بعد اقتصادی، و هم از بعد اجرایی فاقد توجیه قوی است.



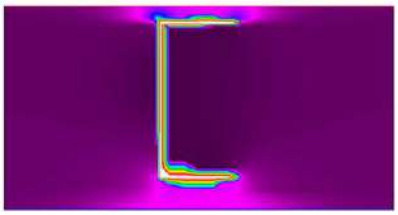
شکل ۴-۴- تغییرات ضریب انتقال حرارت دیوار با ضخامت لایه عایق حرارتی تکمیلی



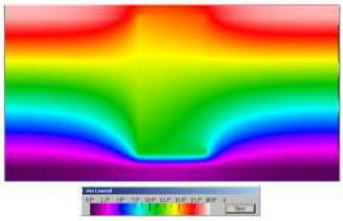
شکل ۴-۵- مقطع دیوار با عایق تکمیلی ۱ سانتی‌متری



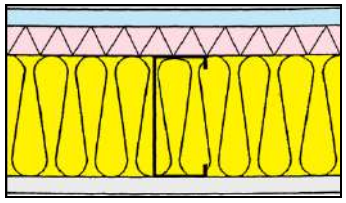
شکل ۴-۶ - پروفیل‌های همدمایی در دیوار



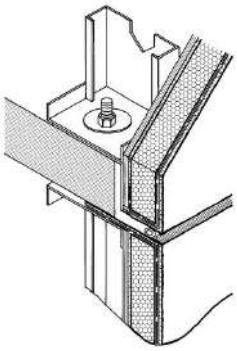
شکل ۴-۷- پروفیل‌های هم‌شاری در دیوار



شکل ۴-۸- پروفیل‌های رنگی همدمایی در دیوار



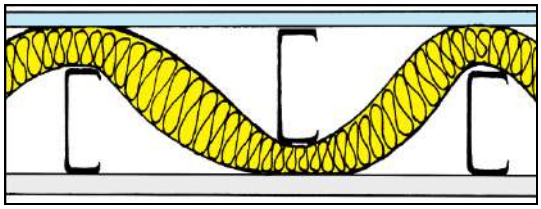
شکل ۴-۹- مقطع دیوار LSF با عایق حرارتی میانی (تودلی) همراه با یک لایه عایق حرارتی تکمیلی



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.

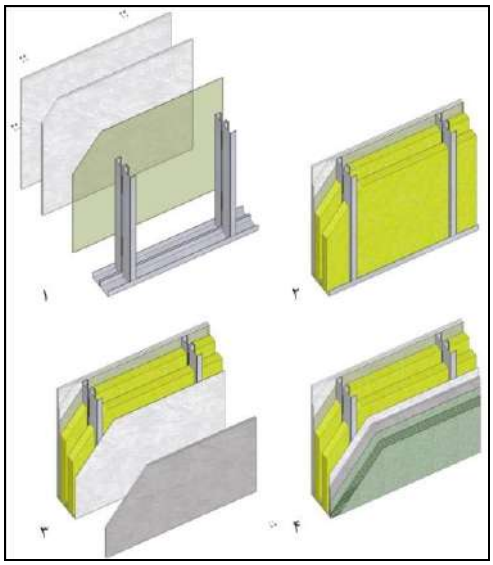
یکی از دیگر راه‌های مطرح، افزایش تعداد وادارها و اجرای عایق حرارتی به‌شکل یکسره و سینوسی است. این امر باعث می‌شود که در هیچ نقطه‌ای از دیوار، وادارها به‌طور همزمان با صفحات پوششی داخلی و خارجی در ارتباط نباشند. برای اجرای عایق‌کاری با استفاده از این روش، لازم است رانرهای عریضی در نظر گرفته شود تا امکان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



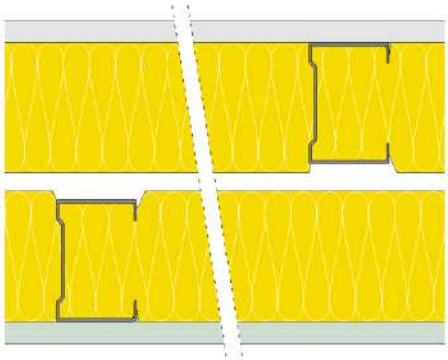
شکل ۴-۱۱- مقطع دیوار LSF با عایق حرارتی سینوسی

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 آسیب‌دیدن آن، باعث می‌شود از طرفی مصرف انرژی به‌طور بی‌رویه‌ای افزایش یابد، و از طرف دیگر، با ایجاد چگالش، و رشد انواع میکروارگانیسم‌ها، عملکرد مناسب دیوار تحت‌الشعاع قرار گیرد، و مشکلات جدی برای سلامتی ساکنین و بهره‌برداران ایجاد شود.

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

یکی از مهمترین مسائلی که باید در مورد این سیستم مورد توجه دقیق قرار گیرد، برطرف کردن مخاطرات ناشی از میعان می‌باشد. با توجه به وجود امکان جریان هوا در داخل این سیستم، لازم است راه‌های ورود هوا به این سیستم 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:

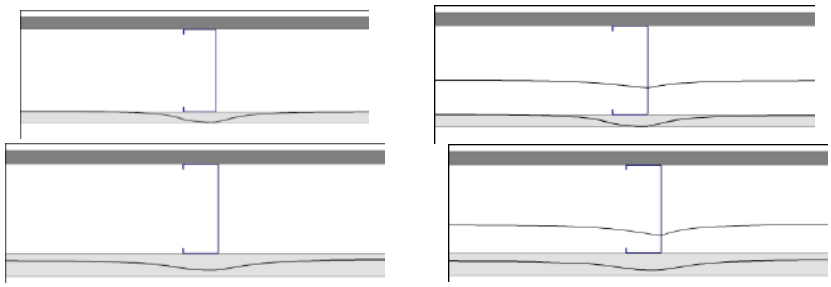
- بدون عایق حرارتی
- با ۵۰ میلی‌متر عایق حرارتی در طرف رو به داخل
- با ۱۰۰ میلی‌متر عایق حرارتی (بدون لایه هوا)

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.

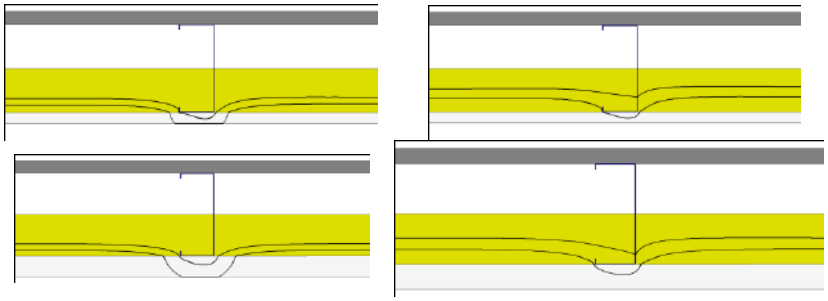
شکل‌های سمت راست در هر مجموعه، شبیه‌سازی مربوط به شرایط سرد (دمای خارج برابر صفر درجه سلسیوس) و شکل‌های سمت چپ، مربوط به شرایط بسیار سرد (دمای خارج برابر ۱۰- درجه سلسیوس) است.

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

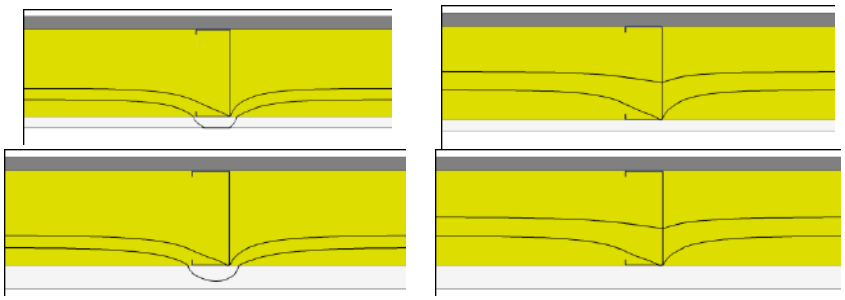
- دیوار خشک بدون عایق حرارتی، علاوه بر این که ضریب انتقال حرارتی زیادی دارد، خطرات جدی چگالش سطحی نیز دارد. در نتیجه، در صورتی که برای ساختمان‌های با نیاز انرژی کم در نظر گرفته شود، حتما باید دارای یک یا چند لایه گچی با ضخامت کل برابر یا بیش از ۲۵ میلی‌متر باشد.
- کاربرد دیوارهای با عایق حرارتی به ضخامت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



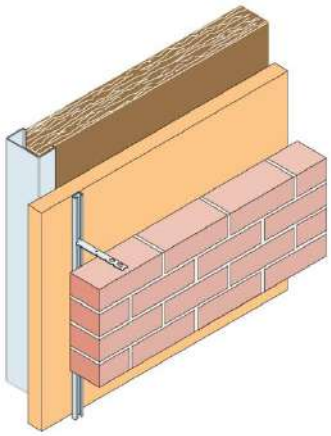
شکل ۴-۱۶- دیوار با ۱۰۰ میلی‌متر عایق حرارتی (بدون لایه هوا) در شرایط سرد (سمت راست) و بسیار سرد (سمت چپ)

۴-۲-۴- آب‌بندی و جلوگیری از نفوذ آب بارندگی

با توجه به این نکته که نصب اجزای دیوار، به طور عمده، به روش‌های خشک است، عدم اجرای اصولی مراحل مختلف کار می‌تواند منجر به ایجاد مشکلات آب‌بندی جدار خارجی شود. در نتیجه، لازم است جزییات اجرایی لازم در نظر گرفته شود، تا در طول دوره بهره‌برداری از ساختمان، مشکلات ناشی از ورود آب باران کاملا مرتفع شود.

توصیه می‌شود برای آب‌بندی از روش‌هایی استفاده شود که نیاز حداقل به اقدامات نگهداری و تعمیر داشته باشد. برای دستیابی به این هدف، می‌توان برای نما از قطعاتی استفاده کرد که با هم پوشانی آب‌بندی نما را تامین می‌کنند. این امر باعث می‌شود که ضمن تامین شرایط لازم برای آب‌بندی 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 آن، تغییرات روزانه و سالیانه دما در سطح نما بسیار شدید است، و در نتیجه، اثرات ناشی از تکانه‌های حرارتی می‌تواند بسیار مخرب باشد. لذا برای جلوگیری از خرابی، باید تمهیدات لازم برای تضمین دوام نما در نظر گرفته شود.

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

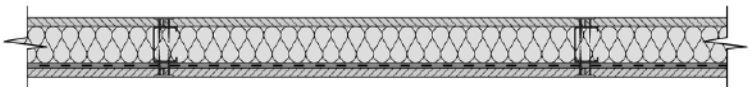
۴-۳- عملکرد حرارتی برخی جزئیات متداول برای جدارهای سیستم LSF

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

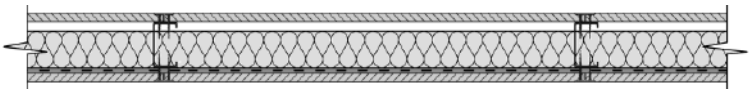
۴-۳-۱-۱- دیوار خشک ساده (همراه یا بدون لایه هوا)

در دیوارهای خشک ساده، 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)

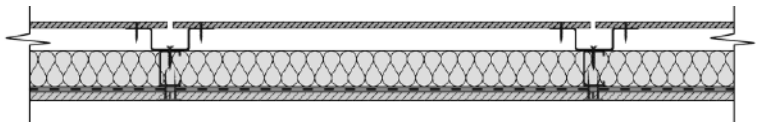
بخش اعظم داده‌های ارائه شده در جدول ۲ مربوط به این نوع دیوارهای ساده است.

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

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

– مقاومت حرارتی دیوار خشک ساده با مقاومت حرارتی مساوی ملاک عمل قرار گیرد.

– مقاومت پوشش بیرونی در محاسبات کل جدار لحاظ نشود، و مقدار آن که برای دیوار خشک ساده در نظر گرفته شده است از مقاومت حرارتی کل کاسته شود.

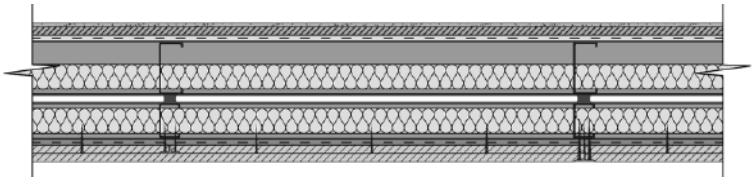


شکل ۴-۲۰- مقطع دیوار خشک همراه با لایه هوای تهویه شده

۴-۳-۱-۳- دیوار خشک دو قابه

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

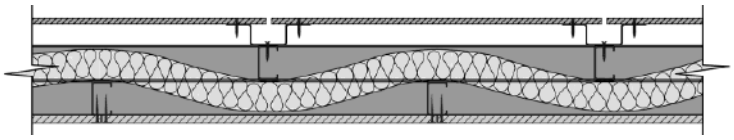
در صورتی که دیواری با مشخصاتی غیر از مورد قید شده در جدول مد نظر باشد، محاسبات مقاومت حرارتی بدون احتساب اثر وادارها انجام می‌شود، و نتیجه به‌دست‌آمده به میزان ۲ درصد افزایش داده می‌شود.



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 آن اعمال نمی‌شود، محدودیتی در مورد مشخصات مکانیکی عایق حرارتی معدنی وجود ندارد.

نکته دیگری که باید در اینجا به آن اشاره کرد این است که در این روش، اگر عایق حرارتی در سقف بین طبقات استفاده شود، با مقاصدی 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 آخر، 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 ۴-۳، 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 ۴-۳ مقادیر مقاومت حرارتی برای انواع مختلف جدار سیستم LSF

توضیحات	پوشش داخلی				عایق هر ارتی پیش و انبار ها			ابعاد و انبار				عایق هر ارتی تکمیلی				پوشش خارجی				مقاومت حرارتی		
	جنس	ضخامت (mm)	λ (W/m.K)	Ri (m^2.K/W)	جنس	فاصله محور به محور	Rins (m^2.K/W)	پل (mm)	فاق (mm)	ضخامت (mm)	Re2 (m^2.K/W)	λ (W/m.K)	ضخامت (mm)	جنس	Re1 (m^2.K/W)	λ (W/m.K)	ضخامت (mm)	جنس	مجموع لایه ها	کل دیوار	اثر پل های حرارتی (%)
	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰	پشم شیشه	۶۰	۱.۹۴	۴۰.۵	۹۰	۱۰					۰.۰۶۰	۰.۲۱	۱۲.۵	تخته چندلا	۲۰.۵۰	۱.۳۹	۳۲٪
همراه با پرفیل فاصل افقی فولادی	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰	پشم شیشه	۶۰	۱.۹۴	۴۰.۵	۹۰	۱۰	۰.۷۵۸	۰.۰۳۳	۲۵۰	XPS	۰.۰۶۰	۰.۲۱	۱۲.۵	تخته چندلا	۲۰.۵۰	۱.۶۴	۲۰٪
	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰	پشم شیشه	۶۰	۱.۹۴	۴۰.۵	۹۰	۱۰	۰.۷۵۸	۰.۰۳۳	۲۵۰	XPS	۰.۰۶۰	۰.۲۱	۱۲.۵	تخته چندلا	۲۸۰۷	۲.۵۵	۹٪
همراه با پرفیل فاصل افقی فولادی	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰	پشم شیشه	۶۰	۱.۹۴	۴۰.۵	۹۰	۱۰	۰.۳۲۹	۰.۰۳۳	۱۲.۵	XPS					۲.۳۶۹	۲.۰۱	۱۵٪
	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰	پشم شیشه	۶۰	۱.۹۴	۴۰.۵	۹۰	۱۰	۰.۷۵۸	۰.۰۳۳	۲۵۰	XPS					۲.۷۴۸	۲.۴۱	۱۲٪
	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰	پشم شیشه	۶۰	۱.۹۴	۴۰.۵	۹۰	۱۰	۱.۵۱۵	۰.۰۳۳	۵۰۰	XPS					۳.۵۰۵	۳.۳۳	۵٪
همراه با پرفیل فاصل افقی فولادی	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰	پشم شیشه	۶۰	۱.۹۴	۴۰.۵	۹۰	۱۰	۰.۷۵۸	۰.۰۳۳	۲۵۰	XPS	۰.۰۵۰	۰.۲۵	۱۲.۵	تخته گچی	۲.۷۹۸	۲.۴۵	۱۲٪
	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰	پشم شیشه	۶۰	۱.۹۴	۴۰.۵	۹۰	۱۰	۰.۷۵۸	۰.۰۳۳	۲۵۰	XPS					۲.۷۴۸	۲.۵۴	۸٪
	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰	پشم شیشه	۶۰	۱.۹۴	۴۰.۵	۹۰	۱۰	۰.۷۵۸	۰.۰۳۳	۲۵۰	XPS	۰.۰۶۰	۰.۲۱	۱۲.۵	تخته چندلا	۲۰.۵۰	۱.۴۸	۲۸٪
	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰	پشم شیشه	۶۰	۱.۹۴	۴۰.۵	۹۰	۱۰					۰.۰۶۰	۰.۲۱	۱۲.۵	تخته چندلا	۲۰.۵۰	۱.۲۰	۴۱٪
	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰	پشم شیشه	۳۰	۱.۹۴	۴۰.۵	۹۰	۱۰	۰.۷۵۸	۰.۰۳۳	۲۵۰	XPS					۲.۷۴۸	۲.۱۸	۲۱٪
همراه با نوار چسب سیلیکونی	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰	پشم شیشه	۶۰	۱.۹۴	۴۰.۵	۹۰	۱۰					۰.۰۶۰	۰.۲۱	۱۲.۵	تخته چندلا	۳.۰۵۰	۱.۴۶	۲۹٪
	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰	پشم شیشه	۶۰	۱.۹۴	۴۰.۵	۹۰	۱۰	۰.۷۵۸	۰.۰۳۳	۲۵۰	XPS					۲.۷۴۸	۲.۴۴	۱۱٪
نبو قاب با 22 میلی متر فاصله هوا و نبو زنجف عایق حرارتی	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰	پشم شیشه	۶۰	۱.۹۴	۴۰.۵	۹۰	۱۰	۰.۳۲۰			air	۰.۰۶۰	۰.۲۱	۱۲.۵	تخته چندلا	۳.۳۷۰	۲.۳۴	۱٪
	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰	پشم شیشه	۶۰	۳.۴۵	۴۰.۵	۱۵۰	۱۰					۰.۰۶۰	۰.۲۱	۱۲.۵	تخته چندلا	۴.۴۶۰	۱.۸۸	۴۹٪
	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰	پشم شیشه	۶۰	۳.۴۵	۴۰.۵	۱۵۰	۱۰	۰.۷۵۸	۰.۰۳۳	۲۵۰	XPS					۴.۱۵۸	۲.۸۵	۳۱٪
عایق تکمیلی با فوم پا لی یورتان	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰	پشم شیشه	۶۰	۳.۴۵	۴۰.۵	۱۵۰	۱۰	۰.۷۵۸	۰.۰۳۴	۲۵۰	PIC					۴.۱۵۸	۳۰۱	۲۸٪
همراه با پرفیل فاصل افقی فولادی 20 میلی متری	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰	پشم شیشه	۱۲۰	۳.۴۵	۴۰.۵	۱۵۰	۱۰					۰.۰۶۰	۰.۲۱	۱۲.۵	تخته چندلا	۳.۴۶۰	۲.۱۸	۳۷٪
	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰	پشم شیشه	۶۰	۱.۹۴	۴۰.۵	۹۰	۱۰	۰.۷۵۸	۰.۰۳۳	۲۵۰	XPS					۲.۷۴۸	۲.۳۸	۱۳٪
	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰	پشم شیشه	۶۰	۲.۶۴	۴۰.۵	۹۰	۱۰	۰.۷۵۸	۰.۰۳۳	۲۵۰	XPS					۳.۴۴۸	۲.۷۵	۲۰٪
	تخته گچی	۱۲.۵	۰.۲۵	۰.۰۵۰	پشم شیشه	۶۰	۲.۲۹	۴۰.۵	۹۰	۱۰	۰.۷۵۸	۰.۰۳۳	۲۵۰	XPS	۰.۰۴۸	۰.۴۰	۱۹	اثر دگچ	۳.۱۴۵	۲.۷۷	۱۲٪

منابع فصل چهارم

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 پنجم

صدابندی

۵-۱- کلیات

مسائل آکوستیکی در یک ساختمان را می‌توان به دو گروه تقسیم کرد:

نخست: کنترل نوفه[۲۳] یا صدای ناخواسته و یا به عبارت دیگر، آلودگی 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 آکوستیک 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 آیین‌نامه‌های آکوستیکی هر کشور ارائه شده است. پس از آن باید نوفه منطقه‌ای که ساختمان در آنجا ساخته می‌شود، مشخص شود. این نوفه که بیشتر ناشی از نوفه ترافیک است، باید توسط اجزای ساختمانی (دیوار، پنجره و...) کاهش یابد. این کاهش باید به حدی باشد که به ارقام ارائه شده در آیین‌نامه‌های آکوستیکی 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 آکوستیکی را در نظر گرفت. با درک برخی از مبانی پایه آکوستیکی و چگونگی کنترل صدا توسط اجزای ساختمانی، می‌توان از بسیاری از مشکلات جلوگیری کرد و یا حداقل در مراحل اولیه آن را حل نمود و باعث کاهش هزینه‌های بازسازی گردید. در حقیقت اگر برای یک ساختمان تمام شده که در آن ساکن گردیده‌اند، مشکل نوفه یا آلودگی 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

---

10 Noise

تشکیل شده است و چگالی سطحی (جرم واحد سطح) آن در تمام نقاط یکسان است. مانند دیوار ساخته شده LSF ، دیوار اجری با اندود گچ و خاک یا دیوار دوجداره اجری.

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

شاخص کاهش صدا،R: این شاخص بیانگر میزان صدابندی جداکننده در برابر صدای هوابرد است (اصطلاح " افت تراگسیل صدا" (TL) که هم‌چنان در کشورهای انگلیسی زبان مورد استفاده قرار می‌گیرد، معادل با "شاخص کاهش صدا" است). شاخص کاهش صدا یا افت تراگسیل صدا از معادله (۵-۱) برحسب دسی‌بل تعیین می‌شوند:

$$R = 10Log\frac{W_1}{W_2} = 10Log\frac{1}{\tau}dB \qquad (۵-۱)$$

که در آن:

W_1: توان صدای فرودی بر روی جداکننده تحت آزمون؛

W_2: توان صدای تراگسیل شده از طریق آزمونه؛

τ: ضریب تراگسیل جداکننده.

یادآوری: در آزمایشگاه صدابندی، این کمیت براساس استاندارد ملی ایران ۳-۸۵۶۸ و در شرایط میدانی براساس استاندارد ملی ایران ۴-۸۵۶۸ به‌دست می‌آید. 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 می‌آید. مقدار این کمیت، برابر است با مقدار نمودار مبنا در بسامد ۵۰۰ هرتز، پس از لغزاندن آن به روشی که در استاندارد ملی ایران ۱-۸۸۳۴ مشخص شده است.

تراگسیل صدای کوبه‌ای: هرگاه جداکننده‌ای در اثر کوبش به ارتعاش درآید، نحوه انتقال یافتن صدای اولیه به فضای مورد نظر را تراگسیل صدای کوبه‌ای از طریق آن جداکننده گویند. مانند صدای راه رفتن بر روی کف یک واحد مسکونی که به واحد مسکونی دیگر در طبقه پایین 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 (۵-۲) برحسب دسی‌بل به‌دست می‌آید:

$$L_n = L_i + 10Log\frac{A}{A_0}dB \qquad (۲-۵)$$

که در آن:

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 آزمایشگاه صدابندی، این کمیت براساس استاندارد ملی ایران ۶-۸۵۶۸ و در شرایط میدانی براساس استاندارد ملی ایران ۷-۸۵۶۸ به‌دست می‌آید. 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 می‌آید.

با توجه به آنکه 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 آن از معادله (۵-۳) به‌دست می‌آید:

$$IIC = 110 - L_{nw} \qquad (۳-۵)$$

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 آسایش ساکنان و همسایگان آن‌ها 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 آکوستیکی برای انواع ساختمان‌های با کاربری‌های مختلف، مناطق مختلف شهری از نظر تراز نوفه محیطی تقسیم‌بندی شده است که ارقام آن در جدول ۵-۱ ارائه شده است.

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

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
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

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	۴۰
	بین کارگاه یا آزمایشگاه و فضاهای بیرونی	۳۵
	بین دو کلاس درس نظری	۵۰
بیمارستان‌ها و مراکز بهداشتی و	بین کلیه اتاق‌های بخش بستری، مراقبت‌های	۴۵
	بین کلیه اتاق‌های بخش بستری، مراقبت‌های	۵۰
اداری و تجاری	بین اتاق‌های اداری و دفتری	۴۵

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

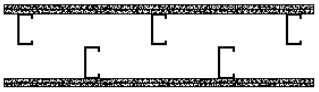
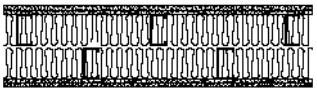
۵-۱-۴-۲- حداکثر تراز صدای کوبه‌ای تراگسیل شده از سقف میان طبقات در ساختمان‌ها:

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 آکوستیک ارائه می‌شود.

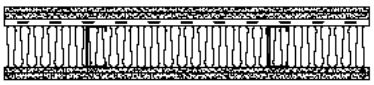
۵-۲- مشخصات صدابندی سیستم ساختمانی سبک فولادی (LSF)

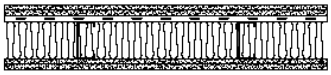
در این سیستم، سازه ساختمان با استفاده از پانل‌های دیواری و سقفی LSF ساخته می‌شود. این جدارها باید از نظر صدابندی هوابرد وکوبه‌ای جوابگوی مقادیر ارائه شده در مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان (جدول ۵-۲) باشند. بدین منظور مقادیر صدابندی بعضی از دیوارهای ساخته شده با این پانل‌ها در جداول ۵-۳ و ۵-۴ و مقادیر 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 دیوار باربر	ضخامت کلی (mm)	جزئیات	STC (dB)
دیوار دوبل با وادارهای ۹۲ ×۰/۹۱ میلیمتر با فاصله ۴۰۶ میلیمتر، دو لایه تخته گچی به ضخامت ۱۲/۷ میلیمتر در هر طرف	۲۳۵		۵۶
دیوار دوبل با وادارهای ۹۲ ×۰/۹۱ 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 ×۰/۹۱ میلیمتر به فاصله ۴۰۶ میلیمتر، پروفیل‌های ارتجاعی۲۴ فلزی به فاصله ۴۰۶ میلیمتر، دو لایه تخته گچی به ضخامت ۱۲/۷ میلیمتر در هر طرف	۱۴۳		۴۶

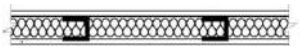
[۲۴] Resilient Channel(این پروفیل‌ها برای نصب تختهٔ گچی مطابق شکل ۵-۲ مورد استفاده قرار می‌گیرند).

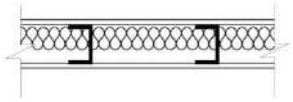
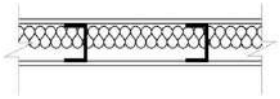
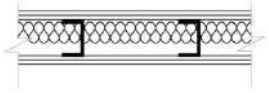
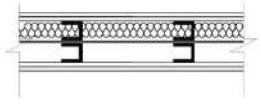
شرح سیستم دیوار باربر	ضخامت کلی (mm)	جزئیات	STC (dB)
دیـوار بـا وادارهـای۹۲ ×۰/۹۱ میلیمتر به فاصله ۴۰۶ میلیمتر، دو لایه تخته گچی به ضـخامت ۱۲/۷ میلیمتر در هر طرف	۱۴۳		۳۹
دیـوار بـا وادارهـای ۹۲ ×۰/۹۱ میلیمتر به فاصله ۶۱۰ میلیمتر، پروفیل‌های ارتجاعی فلـزی بـه فاصله ۴۰۶ میلیمتر، لایه الیـاف معدنی به ضخامت ۹۰ میلیمتر، دو لایه تخته گچی به ضخامت ۱۲/۷ میلیمتر در هر طرف	۱۴۳		۵۷
دیـوار بـا وادارهـای ۹۲ × ۰/۸۴ میلیمتر با فاصـله ۴۰۶ میلیمتـر، پروفیل‌های ارتجاعی فلـزی بـه فاصله ۴۰۶ میلیمتر، لایه الیـاف معدنی به ضخامت ۹۰ میلیمتـر، دو لایه تخته گچی به ضـخامت ۱۲/۷ میلیمتر در هر طرف	۱۴۳		۵۵
دیـوار بـا وادارهـای ۹۲ ×۰/۹۱ میلیمتر با فاصـله ۴۰۶ میلیمتـر، پروفیل‌های ارتجاعی فلـزی بـه فاصله ۴۰۶ میلیمتر، لایـه پشـم شیشه به ضخامت ۹۰ میلیمتر، دو لایه تخته گچی به ضخامت ۱۲/۷ میلیمتر در هر طرف	۱۴۳		۵۵

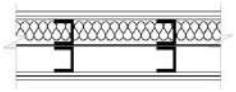
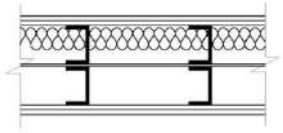
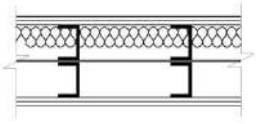
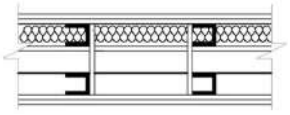
شرح سیستم دیوار باربر	ضخامت کلی (mm)	جزئیات	STC (dB)
دیـوار بـا وادارهـای ۹۲ ×۰/۹۱ میلیمتر با فاصـله ۴۰۶ میلیمتـر، پروفیل‌های ارتجاعی فلـزی بـه فاصله ۴۰۶ میلیمتر، لایه عـایق سلولزی به ضخامت ۹۰ میلیمتر، دو لایه تخته گچی به ضخامت ۱۲/۷ میلیمتر در هر طرف	۱۴۳		۵۳
دیـوار بـا وادارهـای ۹۲ ×۰/۹۱ میلیمتر با فاصـله ۴۰۶ میلیمتـر، پروفیل‌های ارتجاعی فلـزی بـه فاصله ۴۰۶ میلیمتر، لایه الیـاف معدنی به ضخامت ۹۰ میلیمتر، دو لایه تخته گچی به ضخامت ۱۲/۷ میلیمتر در هر طرف	۱۴۳		۵۴
دیوار با وادارهای ۹۲ میلیمتر بـا 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

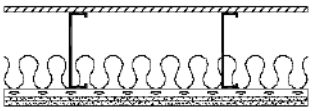
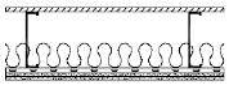
شرح سیستم دیوار غیر باربر	ضخامت کلی (mm)	جزئیات اجرائی	STC (dB)
دیوار با وادارهای ۹۰ × ۳۰ × ۰/۴۶ میلیمتر با فاصله مرکز به مرکز ۶۰۰ میلیمتر، دو لایه تخته گچی به ضخامت ۱۲/۷ میلیمتر در هر طرف	۱۴۱		۴۷
دیوار با وادارهای ۹۰ × ۳۰ × ۰/۴۶ میلیمتر با فاصله مرکز به مرکز ۶۰۰ میلیمتر، یک لایه تخته گچی به ضخامت ۱۲/۷ میلیمتر در یک طرف، دو لایه تخته گچی به ضخامت ۱۲/۷ میلیمتر در طرف دیگر	۱۲۸		۴۳
دیوار با وادارهای 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

شرح سیستم دیوار غیر باربر	ضخامت کلی (mm)	جزئیات اجرائی	STC (dB)
دیـوار بـا وادارهـای۹۰ × ۳۰ × ۰/۴۶ میلیمتر با فاصله مرکز بـه مرکز ۶۰۰ میلیمتر، یـک لایـه تختـه گچـی بـه ضخامت ۱۲/۷ میلیمتر در یـک طرف، دو لایه تخته گچی به ضخامت ۱۲/۷ میلیمتر در طرف دیگر، عایق الیاف معدنی یـا سـلولزی به ضخامت ۹۰ میلیمتر در وسط	۱۲۸		۵۰
دیوار با وادارهای ۹۲ میلیمتر بـا فاصـله مرکـز بـه مرکـز ۶۰۰ میلیمتر، یـک لایـه تختـه گچـی بـه ضخامت ۱۲/۷ میلیمتـر در هـر طرف و یک لایه تخته سـیمانی به ضـخامت ۶/۳۵ میلیمتـر بـر روی تخته گچی در هر طرف	۱۳۰		۵۴-۵۰
دیوار با وادارهای ۵۰ میلیمتر بـا فاصله ۶۲۵ میلیمتر، عایق پشم شیشه به ضخامت ۴۰ میلیمتر در وسط، یـک لایـه تختـه گچـی بـه ضخامت ۱۲/۵ میلیمتـر در هـر طرف	۷/۵		۴۵

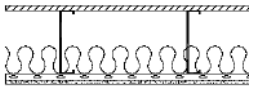
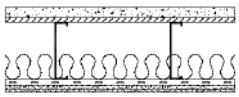
شرح سیستم دیوار غیر باربر	ضخامت کلی (mm)	جزئیات اجرائی	STC (dB)
دیوار با وادارهای ۷۵ میلیمتر با فاصله ۶۲۵ میلیمتر، عایق پشم شیشه به ضخامت ۶۰ میلیمتر در وسط، لایه تخته گچی به ضخامت ۱۲/۵ میلیمتر در هر طرف	۱۰		۴۵
دیوار با وادارهای ۱۰۰ میلیمتر با فاصله ۶۲۵ میلیمتر، عایق پشم شیشه به ضخامت ۴۰ میلیمتر در وسط، 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، 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، دو 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 دیوار غیر باربر	ضخامت کلی (mm)	جزئیات اجرائی	STC (dB)
دیوار با وادارهـای ۱۵۵ میلیمتـر 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 وادارهـای ۲۰۵ میلیمتـر 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 وادارهـای ۲۰۵ میلیمتـر 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 وادارهـای ۱۷۰ میلیمتـر با فاصله ۶۲۵ میلیمتر، عایق پشم شیشه بـه ضـخامت 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 سقف 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 ارتجاعی۲۵ 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)

[۲۵] Resilient Channel(این پروفیل‌ها برای نصب تختهٔ گچی مطابق شکل ۵-۳ مورد استفاده قرار می‌گیرند.)

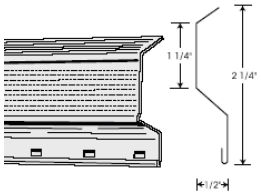
شرح سیستم سقف از بالا به پایین	ضخامت کلی (mm)	جزئیات اجرائی	ICC (dB)
تخته چندلایه ۱۵/۹ میلیمتری، تیرچه فولادی با پهنای ۲۰۳ میلیمتر و ضخامت ۱/۲۲ میلیمتر با فواصل ۴۰۶ میلیمتر، پروفیل‌های ارتجاعی با فواصل مرکز به مرکز ۴۰۶ میلیمتر، عایق الیاف معدنی به ضخامت ۹۰ میلیمتر، یک لایه تخته گچی ۱۲/۷ میلیمتر	۲۴۳		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 عملکرد صدابندی سیستم در ساختمان

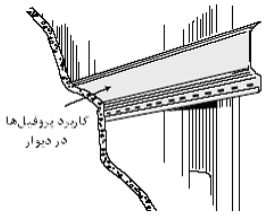
۵-۳-۱- از بررسی نتایج اندازه‌گیری صدابندی هوابرد دیوارهای ساخته شده با پانل‌های دیواری LSF می‌توان نتایج زیر را در جهت بهبود عملکرد صدابندی این سیستم ارائه نمود:

- 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 آن‌که 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 آن‌ها 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.

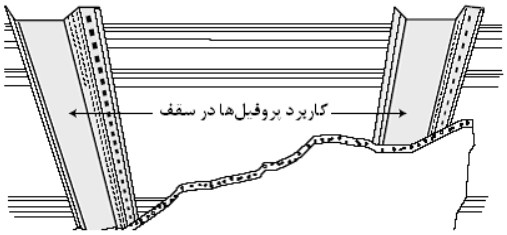
– با توجه به نتایج اندازه‌گیری‌های مندرج در جداول ۵–۳ و ۵–۴ و همچنین ضوابط ارائه شده در مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان، دیوارهایی که STC آن‌ها از ۵۰ دسی‌بل بیشتر است، برای دیوارهای خارجی و دیوار بین واحدهای مستقل در ساختمان‌های مسکونی قابل قبول هستند.

۵–۳–۲– 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:

– 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.

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

– 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

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

– برای افزایش صدابندی کوبه‌ای سقف از کف شناور استفاده می‌شود.

– 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 فصل پنجم

۱) گـزارش تحقیقـاتی، " بررسـی و ارزیـابی چنـد سیسـتم مطـرح در پروژه‌هـای انبوه‌سـازی ساختمان‌های مسکونی

۲) سیستم قاب سبک فولادی" انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، شماره نشـریه: گ-۴۸۸ ، چاپ اول ۱۳۸۸

۳) دفتر تدوین وترویج مقررات ملی ساختمان ." مقررات ملی ساختمان ایران ، عایق بندی وتنظیم صدا" ، انتشارات مدیریت ،تهران چاپ دوم ، ۱۳۹۰ .

4) 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.

5) Gypsum Association, Washington, D.C., USA.

6) schallschutz mit Knauf, 1991.

پیوست‌ها

مقدمه

ساختمان‌سازی فرایند پیچیده‌ایست که حاصل پیوند و هم‌افزایی تخصص‌های گوناگون و متفاوت است. این امر زمانی بیشتر جلوه‌گر می‌شود که طراحی و اجرای سیستم‌های نوین ساختمان مد نظر قرار می‌گیرد.

سیستم‌های نوین سبک به دلیل قابلیت‌ها و مزایای قابل ملاحظه از جمله سرعت و دقت اجرا، کاهش مصرف منابع و بهینه‌سازی ساختمان، سبک‌سازی و کاهش نیاز به ماشین‌آلات سنگین و پاسخگویی اقتصادی به اهداف مهم ساختمانی از جمله پایداری، ایمنی در برابر آتش، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و سازگاری با اهداف توسعهٔ پایدار و همچنین تامین بهداشت و سلامت ساکنان، هر روز بیشتر مورد استقبال قرار می‌گیرند.

اما باید توجه داشت که دستیابی به این مزایا و بهره‌برداری از قابلیت‌های این سیستم‌ها نیازمند توجه جدی به سلسله مراتب منظم طراحی و اجرا و همچنین به‌کارگرفتن روشهای اصولی و فنی مناسبی است که برای آن‌ها طراحی شده است. زیرا در غیر این‌صورت، نه تنها به قابلیت‌های یادشده دست نمی‌یابیم، امکان دارد با نتایج نامناسب و دور از انتظاری نیز مواجه شویم که عملا کارآیی این سیستم‌ها را مختل می‌کند.

در این مورد باید به نقش مؤثر آموزش و تربیت مهارت‌های کادر فنی برای طراحی و اجرای این سیستم در سطوح متفاوت از مرتبهٔ تکنیسین‌های فنی تا مهندسان ناظر با رتبهٔ بالا توجه داشت. زیرا به‌کار بستن درست اطلاعات فنی و جزئیات اجرائی ارائه‌شده در تمام رده‌ها تنها با آموزش مناسب امکان‌پذیر خواهد بود و بدون آن امکان بروز خطا و یا نادیده گرفتن اصول لازم به‌صورت چشم‌گیری افزایش خواهد یافت.

در این مرحله از پروژه، مجموعه‌ای از ملاحظات طراحی، چک‌لیست‌ها و نمونه‌هایی از جزئیات و پیکربندی طرح‌ها به عنوان مکمل دستورالعمل این سیستم ساختمانی ارائه شده است.

پیوست آ – ملاحظات تهیه و ارائه نقشه‌های معماری برای سیستم ساختمانی سبک فولادی

آ-۱- الزامات و ملاحظات کلی برای طراحی معماری با سیستم ساختمانی قاب سبک فولادی

در طراحی و ارائهٔ نقشه‌های معماری ساختمان‌های ساخته‌شده با سیستم LSF علاوه بر اصول عمومی طراحی معماری، ملاحظاتی نیز که ناشی از ویژگی‌ها و یا قابلیت‌های این سیستم است باید مورد توجه و عمل قرار گیرد. مهمترین این الزامات و ملاحظات که برگرفته از استانداردها و آیین‌نامه‌ها و سایر منابع معتبر و همچنین تجارب نگارندگان است، در این قسمت ارائه می‌شود.

– به عنوان یک اصل کلی، طراحی یک ساختمان با استفاده از سیستم ساختمانی سبک فولادی باید از نظامی یکپارچه و جامع برخوردار باشد. به عبارت دیگر، در طراحی با این سیستم، طراحی معماری، سازه و جزئیات اجرایی با ارتباط مداوم و از ابتدای امر به‌گونه‌ای هماهنگ و پیوسته انجام می‌پذیرد.

– پلان معماری مورد نظر ترجیحا بر مبنای مدول اسمی ۱۲۰ و زیرمدول اسمی ۶۰ سانتی‌متری طراحی گردد. اگرچه فاصلهٔ استادها بر اساس طراحی سازه ممکن است در مواردی ۴۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شود که در این حالت زیرمدول طراحی، ۴۰ سانتی‌متر خواهد بود. تخته‌های گچی، چوبی و سیمانی تولیدشده برای استفاده در سازه‌های فولادی سبک نیز به طور معمول با عرض ۱۲۰ سانتی متر(۱۲۲ سانتی متر در سیستم امریکایی) تولید می‌شوند، بنابراین با فاصله مرکز به مرکز اِستادهای کنار هم به میزان۶۰ و یا ۴۰ سانتی متر تناسب خواهند داشت.

– در این ساختمان‌ها تیر و ستون مشابه سازه‌های مرسوم وجود نداشته و سیستم ساختمانی به صورت دیوارهای باربر است. بنابراین چیدمان دیوارها در طرح معماری باید به گونه‌ای باشد که از دهانه‌های وسیع و بیش از ۵ متر پرهیز گردد.

در صورتیکه به‌دلیل الزامات طرح معماری لازم است از دهانه‌های بزرگتر از ۵ متر استفاده گردد و یا دیوار کافی برای تامین نشیمن ایمن برای سازه سقف وجود نداشته باشد، بایستی تمهیدات لازم با هماهنگی بخش طراحی سازه و در انطباق با مقررات و ضوابط رسمی برای استفاده از سیستم ترکیبی سازه فولادی سبک و سازه فولادی گرم نورد شده، لحاظ گردد.

– چیدمان دیوارهای باربر اصلی در این سیستم باید به گونه‌ای صورت گیرد که بارهای وارده به ساختمان به صورت ایمن و در مسیر یکپارچه به فونداسیون منتقل گردد.

جانمایی دیوارهای باربر اصلی در سازه‌های فولادی سبک باید به گونه‌ای باشد که دیوارهای باربر در تمام طبقات بر روی هم قرار گیرند.

محدودیتی برای جانمایی دیوارهای غیر باربر و جداکننده‌ها به لحاظ جانمایی در پلان و تغییرات اتی آن‌ها وجود ندارد.

– تقارن دیوارهای باربر و فرم کلی ساختمان در طرح معماری بدلیل جلوگیری از پیچشهای ناشی

از عملکرد لرزه‌ای این ساختمان‌ها مهم است. دیوارهای باربر تا حد امکان باید به صورت متقارن و یا متوازن در سطح پلان ساختمان چیدمان گردد.

– در طرح معماری باید از طراحی دیوارهای با طول بلندتر از ۶ متر بدون پشت بند سازه‌ای پرهیز نمود. در صورت وجود فضای باز و وسیع باید با هماهنگی سازه، از پشت بندهای مناسب برای مهار دیوار در جهت عمود بر دیوار استفاده گردد. در محل تقاطع دیوارها، هر دیوار عمود بر دیوار اصلی در صورت اتصال، می‌تواند به عنوان پشت بند لحاظ گردد. در طرح فضاهای خاص با محدودیت دیوار، می‌توان از پشت بندهای کوتاه با سازه متراکم استفاده نمود که جزئیات آن در طرحهای سازه‌ای وجود دارد.

– در طراحی معماری باید از کنسول‌های بلندتر از ۱۲۰ سانتی‌متر پرهیز گردد. در صورت وجود پیش‌آمدگی بلندتر از ۱۲۰ سانتی متر، باید نشیمن مناسب در نوک پیش‌آمدگی، با استفاده از سیستم سازه ترکیبی، تامین گردد.

– در بازشو مربوط به درها و پنجره‌ها بایستی از بازشوهای با عرض بزرگتر از ۲ متر در دیوار باربر پرهیز نمود، مگر در موارد خاص که با هماهنگی سازه انجام می‌گیرد.

– عرض اِستادهای دیوارهای باربر حداقل ۱۰ سانتی‌متر و در موارد خاص به حداکثر ۳۰ سانتی‌متر محدود می‌گردد. در اغلب موارد عرض اِستادها در دیوارهای باربر ۱۰ و ۱۵ سانتی‌متر می‌باشد.

– در ساختمان‌های بیش از یک طبقه، باید جزئیات مناسب برای اجرای پله با سیستم LSF، در طرح معماری لحاظ گردد. پله‌ها در سیستم LSF به طور معمول در دو تیپ طراحی و اجرا می‌گردند. پله با تیرچه‌های شمشیری که بار پله در ابتدا و انتهای پله به بخش باربر ساختمان منتقل می‌گردد. پله متکی به دیوارهای جانبی که در این حالت هر کف پله به طور مستقل به دو دیوار کنار کف پله متصل می‌گردد. جزئیات اجرایی سیستم پله باید با مقاطع مرسوم در سیستم LSF طراحی گردد.

– برای عملکرد مناسب ساختمان اکیدا توصیه شده که برای سازه پله‌ها از جزئیات و مقاطع LSF استفاده گردد. در صورت محدودیت ویژه برای ساختمان می‌توان برای بخش پله ساختمان LSF از سیستم مرسوم ستون و تیرهای شمشیری فلزی گرم نورد شده نیز استفاده نمود.

– در طرح معماری ساختمان و تعیین ارتفاع مفید طبقات و ضخامت دیوارها، بایستی به جزئیات اجرایی و سیستم کف سازه‌ای ساختمان توجه ویژه نمود. در صورت استفاده از کف سازه‌ای سنگین(بتنی) و یا دهانه‌های بلند، به طور معمول ارتفاع سازه سقف افزایش قابل ملاحظه‌ای دارد که باید در طرح معماری لحاظ گردد.

– در طراحی جزئیات معماری و انتخاب مصالح، بایستی به ایمنی سیستم در مقابل حریق و پوشش سیستم اصلی سازه‌ای در مقابل حریق توجه شده و الزامات مربوط به ایمنی حریق مطابق فصل مربوط، در طرح معماری لحاظ گردد.

– در طرح معماری ساختمان با سیستم LSF ، باید جزئیات مناسب برای جلوگیری از اتلاف حرارتی ساختمان و انتقال صدای ناخواسته، مطابق الزامات فصل مربوط ارائه گردد. مهمترین عامل در این زمینه استفاده از عایق حرارتی و صوتی مناسب و با مشخصات فنی سازگار با طرح است.

عایق‌های متداول در این سیستم ساختمانی پشم شیشه و پشم سنگ است. در مواردی نیز از پلی استایرن و یا فوم پلی‌یورتان استفاده می‌شود که در این صورت باید ویژگی‌های آن‌ها از نظر تاثیر در صدابندی و ایمنی ساختمان در برابر حریق مطابق دستورالعمل‌ها و مقررات ارائه‌شده باشد.

– در طراحی ساختمان‌های آپارتمانی با این سیستم، باید در دیوارهای مشترک بین واحدها از جزئیات مناسب مانند دوجداره نمودن دیوار و یا استفاده از لایه‌ها یا پوشش‌های مناسب مانند شبکه یا ورق فلزی برای حفظ امنیت واحدها و همچنین جزئیات مناسب برای صدابندی لازم، استفاده نمود.

– در جزئیات معماری طرح، باید از عناصر سخت‌کننده و یا زیرسازی مناسب برای بخش‌هایی از ساختمان که در آن قطعات الحاقی از جمله سرویس‌های بهداشتی، قفسه‌ها و سایر تجهیزات مشابه به دیوارها متصل می‌گردد، ارائه شود. در جزئیات این زیرسازی‌ها باید امکان اتصال قطعات و تجهیزات سنگین با ضرایب ایمنی کافی فراهم باشد.

سخت کننده‌ها و زیر سازی‌ها معمولا به صورت ورق فلزی و یا مقطع سازه LSF ، در محلهای مورد نیاز در دیوارها، بر روی اِستادها یا در بین آن‌ها متصل شده یا قرار می‌گیرد.

– در طرح معماری باید جزئیات مناسب برای اتصال چارچوب درها و پنجره‌ها به سازه LSF ارائه گردد. این جزئیات باید با توجه به پیش ساخته بودن سیستم سازه‌ای و به صورت اتصال خشک و ترجیحا پیچی، طراحی گردند.

– اغلب نماهای مرسوم در سیستم‌های ساختمانی معمول، با رعایت اصول فنی قیدشده در دستورالعمل‌ها و مقررات مربوط، در سیستم سازه‌های فولادی سبک قابل استفاده است. از سوی دیگر با توجه به پیش‌ساخته بودن و سبک بودن سیستم LSF، نماهای خاصی برای این سیستم ساختمانی وجود دارد که می‌توان به نماهای با پانل سیمانی، نماهای PVC و نماهای چوبی اشاره نمود. در طرح معماری باید جزئیات مناسب برای استفاده از سیستم نما، شامل نمای الحاقی، نمای خشک و یا نماهای سنگین مثل سنگ و یا آجر ارائه گردد.

– در صورت تامین شرایط پایه‌ای و اصول اولیه سازه‌های فولادی سبک، می‌توان در شکل معماری، هندسه و فرم ساختمان، آزادی عمل و انعطاف کافی را در نظر گرفت.

آ-۲- مراحل کلی طراحی معماری با سیستم ساختمان‌های فولادی سبک

بر اساس قسمت آ-۱، طراحی یک ساختمان با استفاده از سیستم ساختمانی سبک فولادی از نظامی یکپارچه و جامع برخوردار است. بنابراین طراحی معماری در این سیستم از ابتدای امر با ارتباط

مداوم و در هماهنگی پیوسته با طراحی سازه و سایر جزئیات اجرایی انجام می‌پذیرد. نکات اساسی در پایش روند مطلوب طراحی و ارائه نقشه‌های معماری با سیستم سازه‌های فولادی، به شرح زیر است:

– مدول‌بندی طرح بر مبنای ایده اولیه معماری بر اساس مدول اسمی ترجیحی ۶۰ سانتی متر یا مدول‌های مورد قبول ذکر شده در دستورالعمل،

– تعیین دیوارهای باربر سازه بر مبنای فرضیات اولیه در نظر گرفته شده برای جهت تیرچه‌های سقف و طرح اولیهٔ سازه،

– هماهنگی پلان‌های معماری در طبقات (برای ساختمان‌های چند طبقه) برای قرارگیری دیوارهای باربر بر روی یکدیگر در طبقات مختلف ساختمان،

– تعیین ضخامت دیوارهای باربر و ضخامت سقف با توجه به میزان و سطح بارهای وارده با هماهنگی سازه

– اِستاد گذاری پلان معماری بر مبنای روش‌های اجرایی مرسوم برای این سازه‌ها،

– هماهنگی با سازه برای نهایی نمودن سیستم سازه سقف، دیوارهای باربر و سیستم باربر ثقلی و باربر جانبی سازه و در موارد خاص، تعیین مشخصات سازه‌های ترکیبی (سازه فولادی گرم نورد شده و یا سازه بتنی) متصل شونده به سازه،

– انجام اصلاحات در مدول بندی و فرم کلی طرح و تعیین زون‌ها یا نوارهایی که مدولهای ۴۰ و یا ۶۰ سانتی متری در آن‌ها استفاده می‌شود.

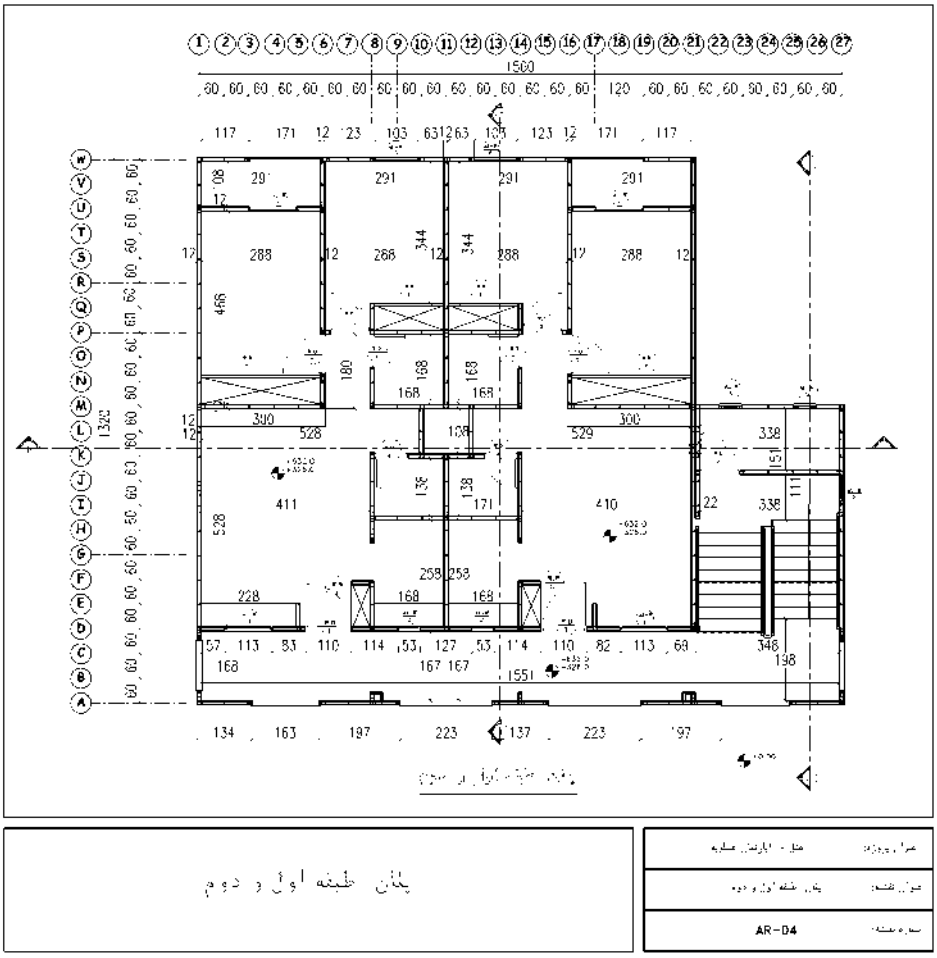
– ترسیم نقشه‌ها در دو سطح شامل نقشه‌های کلی پلان، نماها و مقاطع و نقشه‌های جزئیات که لیست مدارک و نقشه‌های مورد نیاز طرح و نمونه نقشه‌های تهیه شده، در این بخش ارائه شده است

آ-۳- حداقل مدارک و نقشه‌های معماری لازم در یک پروژه با سیستم ساختمان‌های فولادی سبک

نقشه‌های معماری در این سیستم ساختمانی، علاوه بر آن‌که باید بر اساس انتظارات خاص هر پروژه و مطابق استانداردهای مربوط تهیه و ارائه گردند، لازم‌است نحوهٔ هماهنگی با الزامات ساختمان‌های سبک فولادی را به ویژه در طراحی جزئیات و انطباق با عناصر سازهٔ ساختمان نشان دهند. نقشه‌هایی که در پی می‌آیند بخشی از نقشه‌های معماری است که برای ساختمان معینی تهیه شده است. بدیهی‌است که این نمونه‌ها یک مجموعهٔ کامل از نقشه‌های معماری را نشان نمی‌دهند و بسته به حجم و نوع هر پروژه ده‌ها برگ نقشه مورد نیاز است تا تمام ابعاد و جزئیات معماری آن ارائه گردد.

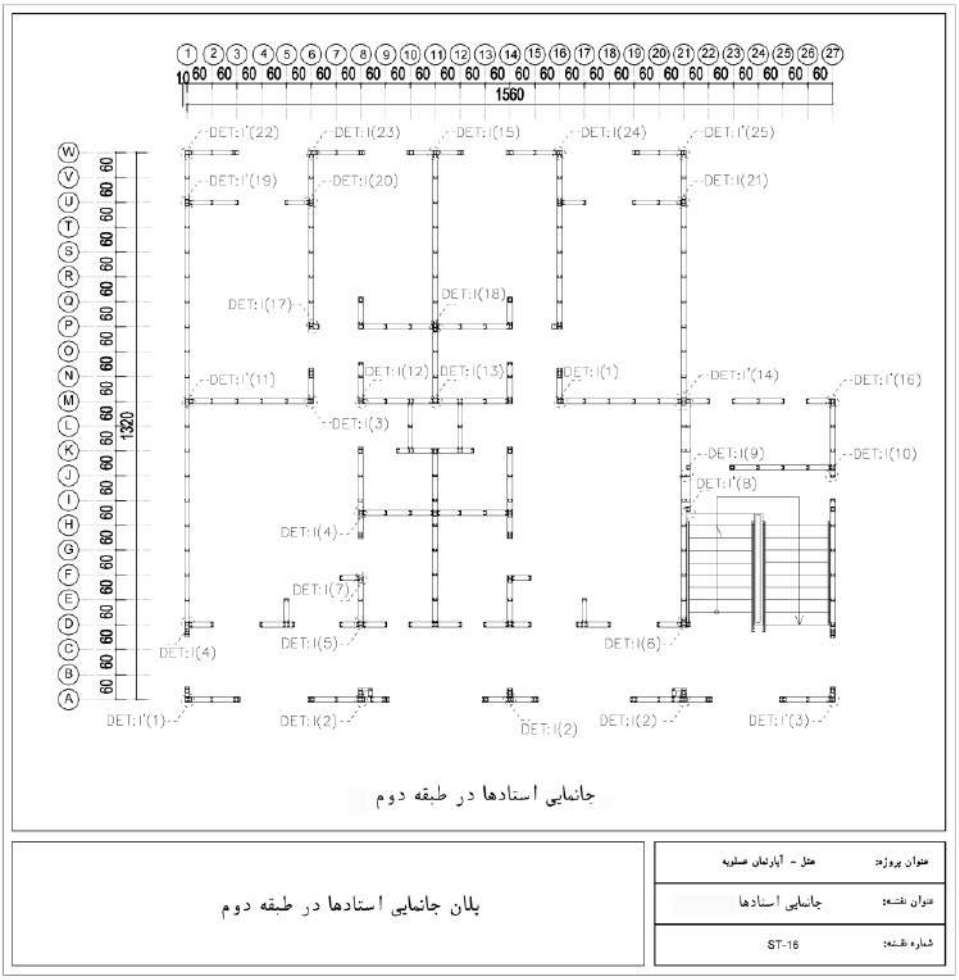
آ-۳-۱ پلان‌های معماری

نقشه پلان‌های ساختمان به همراه اِستادگذاری با اندازه‌گذاری کامل برای فاصله دیوارها، ضخامت دیوارها، تیپ‌بندی در و پنجره، کدهای ارتفاعی و سایر مشخصات معماری تهیه می‌گردد. شکل آ-۱ نمونه‌ای از پلان معماری ساختمانی را که با استادگذاری با فواصل اسمی ۶۰ سانتی‌متر با این سیستم طراحی‌شده نشان می‌دهد. شایان ذکر است، طرح دقیق استادگذاری و پنل‌بندی دیوارها پس از نهایی‌شدن طرح سازه و طرح‌های اجرایی تهیه خواهد شد که در مواردی، به‌ویژه در محل اتصال پنل‌ها و در گوشه‌ها با طرح اولیه متفاوت خواهد بود.



شکل آ-۱- نمونه پلان با اِستاد گذاری ۶۰ سانتیمتری

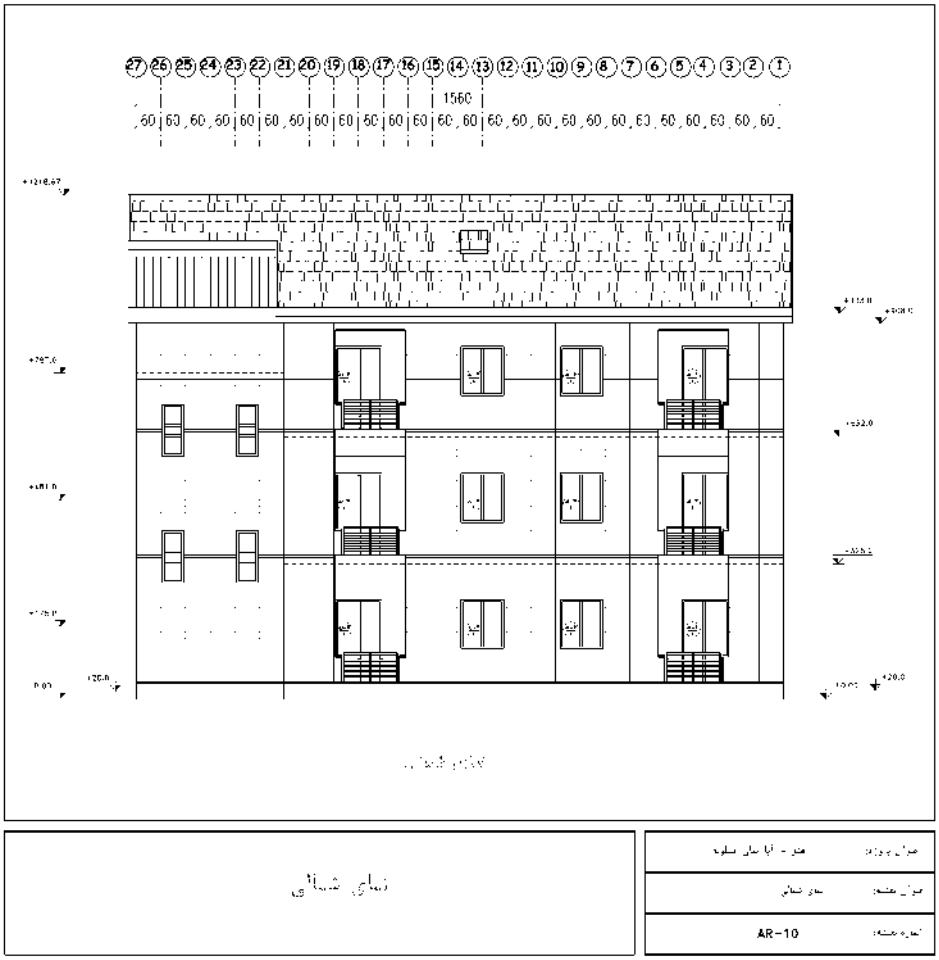
شکل آ-۲ پلان جانمایی استادهاست که برای نشان‌دادن هماهنگی طرح معماری با طرح جانمایی استادها در سازه در این قسمت آورده شده است.



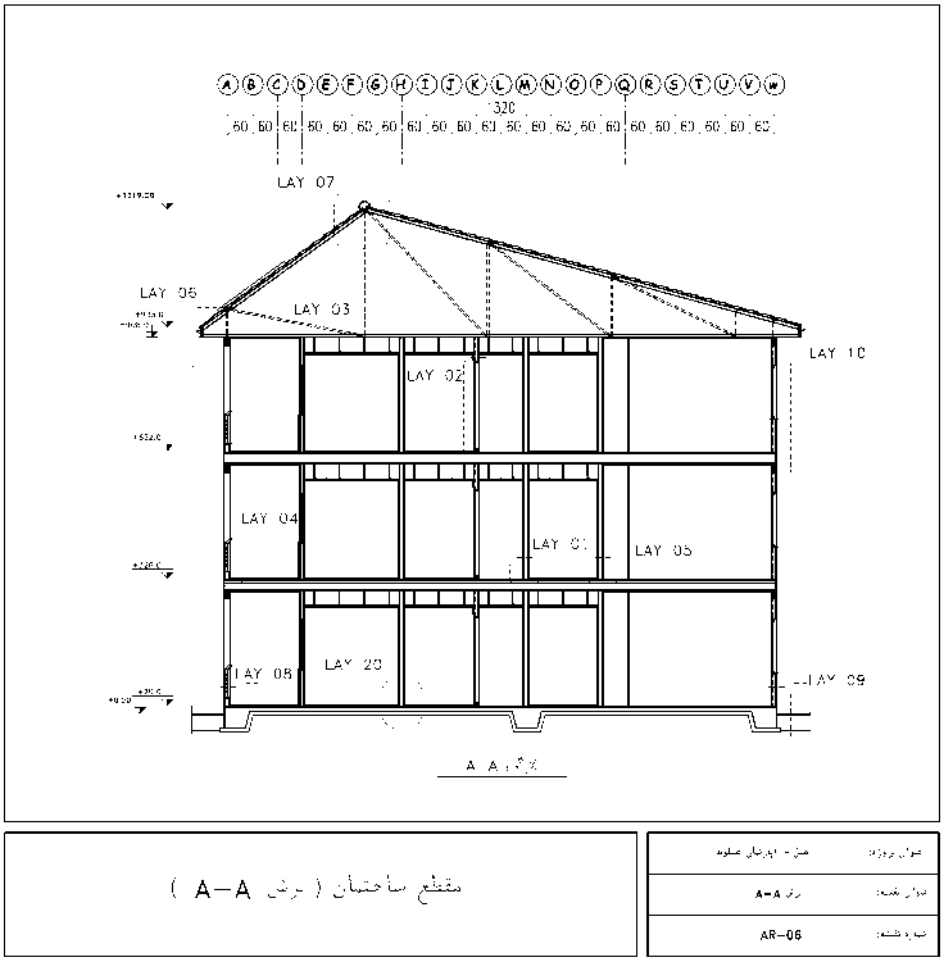
شکل آ-۲- نمونه پلان جانمایی استادها در سازه

آ-۳-۲ نماها و برش‌ها

در نماها و برش‌های معماری باید استادگذاری مشخص باشد تا ارتباط و هماهنگی آن با جانمـایی اجزاء و عناصر نما، به‌ویژه بازشوها، برقرار شود.



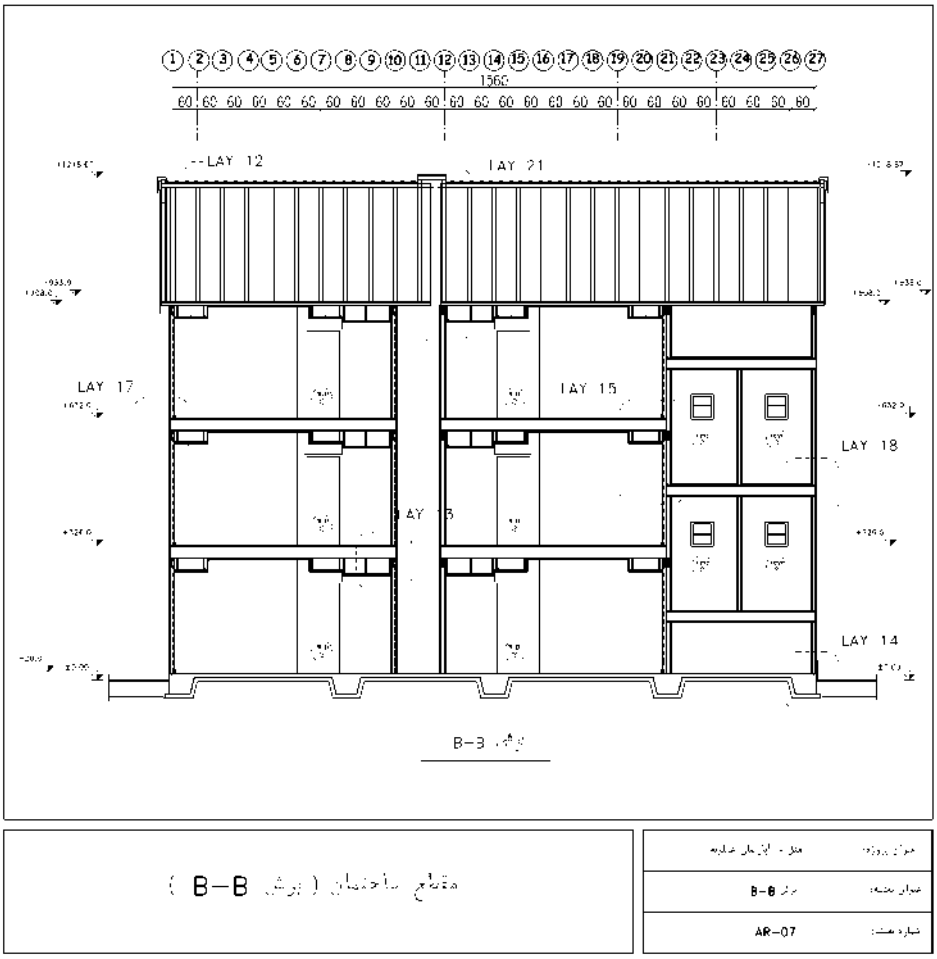
شکل آ-۳- نمونهٔ نمای ساختمان با مشخص نمودن کدهای ارتفاعی و ابعاد بازشوها



مقطع ساختمان (برش A—A)

عنوان پروژه:	متن - اپرتمان عمومی
عنوان نقشه:	برش A-A
شماره نقشه:	AR-06

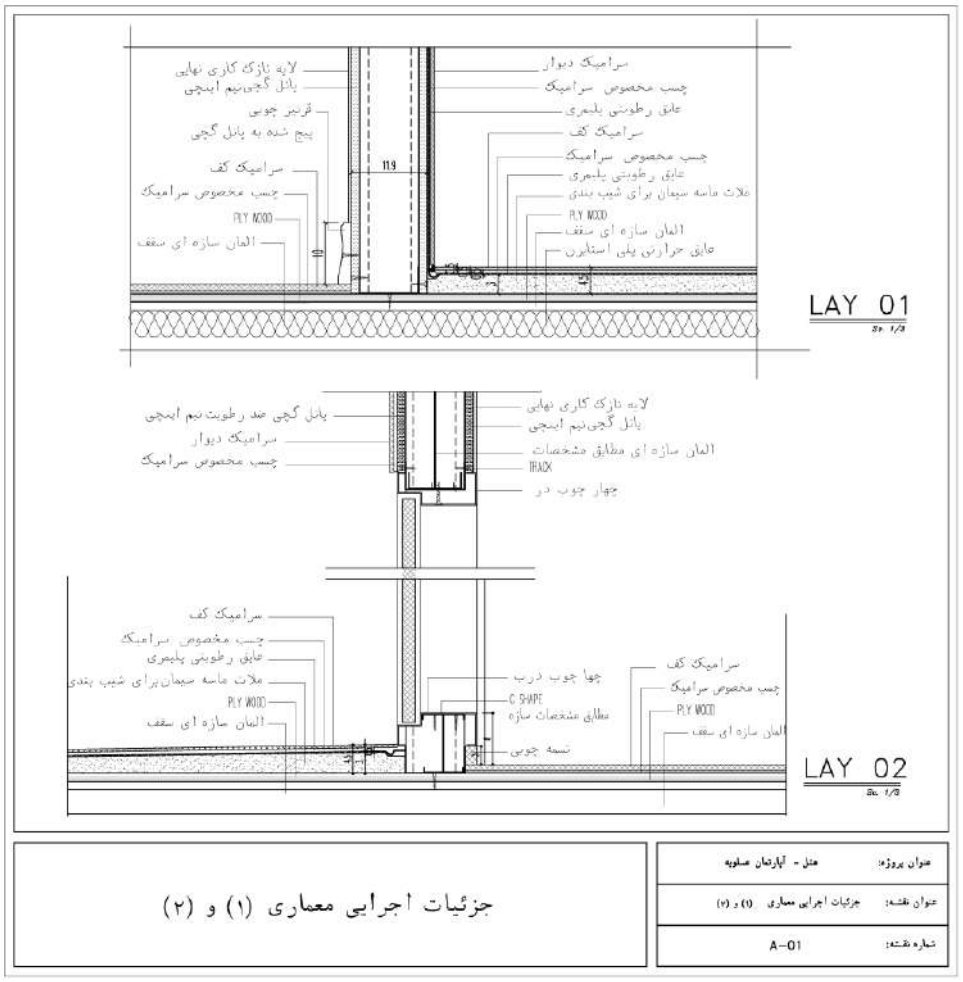
شکل آ-۴- نمونهٔ برش ساختمان با مشخص نمودن وضعیت دیوارها، کفسازی‌ها و کدهای ارتفاعی



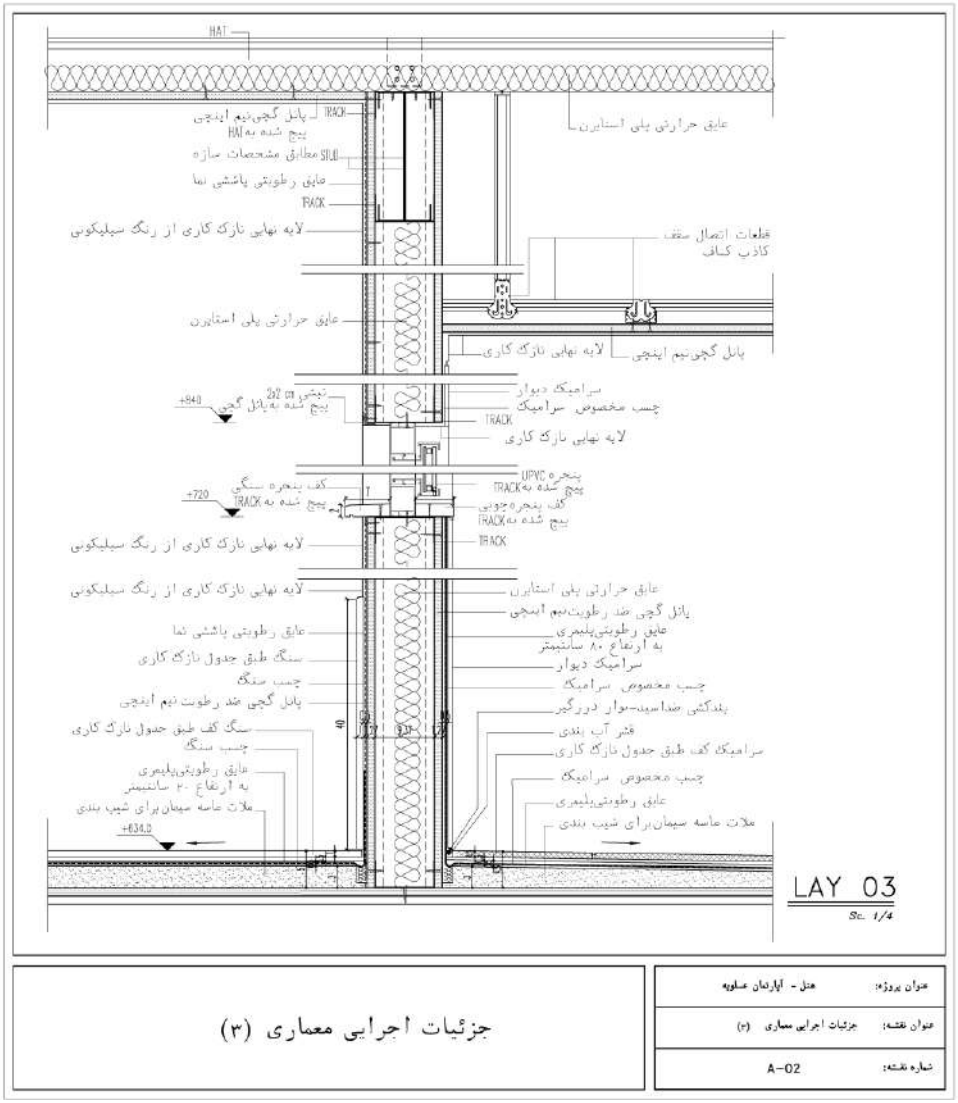
شکل آ-۴(ادامه)- نمونهٔ دیگر برش ساختمان با مشخص نمودن وضعیت دیوارها، کفسازی‌ها و کدهای ارتفاعی

آ-۳-۳ جزئیات اجرایی

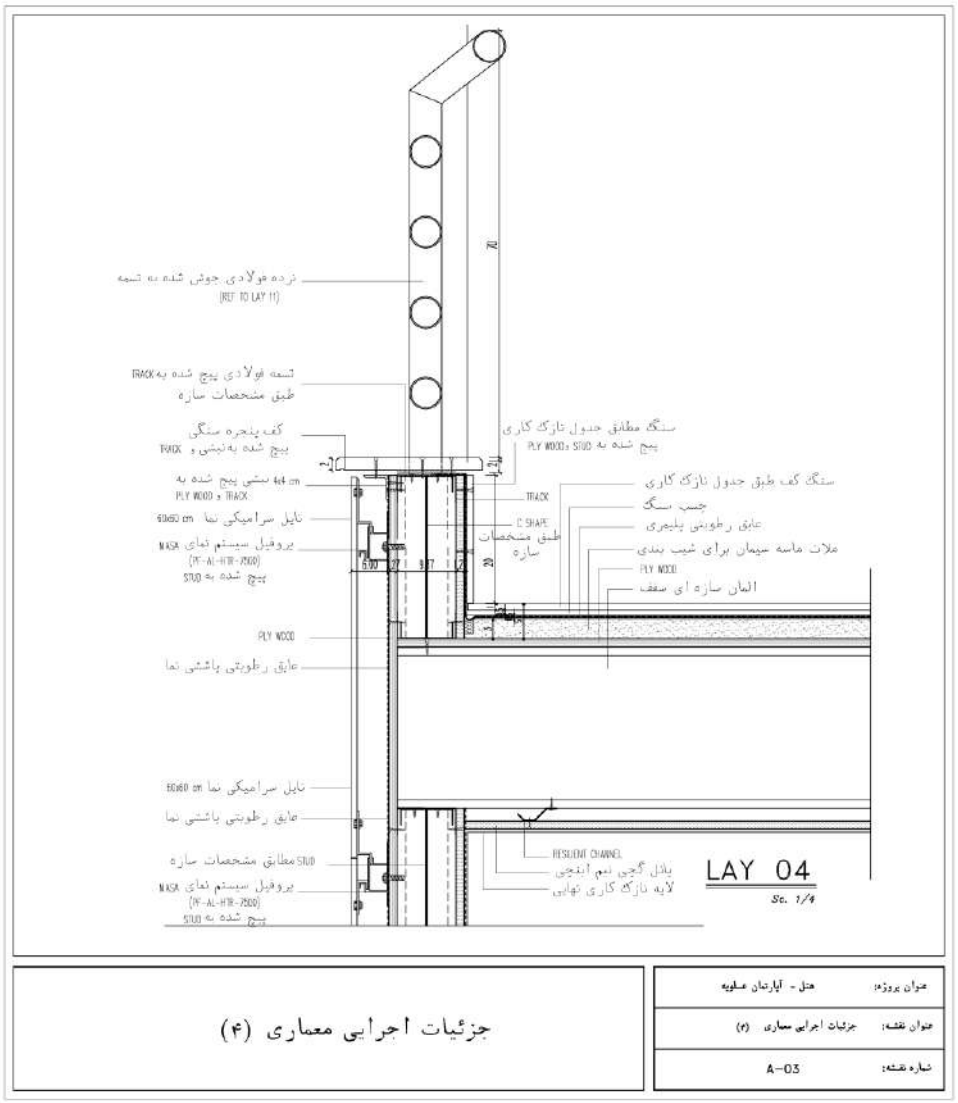
نقشه جزئیات اجرایی برای بخش‌ها و فضاهای متفاوت ساختمانی کـه بایـد در برگیرنـده جزئیـات لازم برای ایمنی حریق و محافظـت روزنـه‌ها و گشـودگی‌های دیـوار و سـقف، جزئیـات صـدابندی و درزبندی‌های مربوط، عایق‌کاری حرارتی ساختمان و به ویژه پوسـتهٔ خـارجی آن، جزئیـات مربـوط بـه عایق‌کاری رطوبتی، جزئیات نصب قطعات الحاقی و سرویس‌های بهداشتی و مانند آن، نصـب درهـا و پنجره‌ها، جزئیات کفسازی طبقات و بام، جزئیات اجرایی نما و ..... باشد.



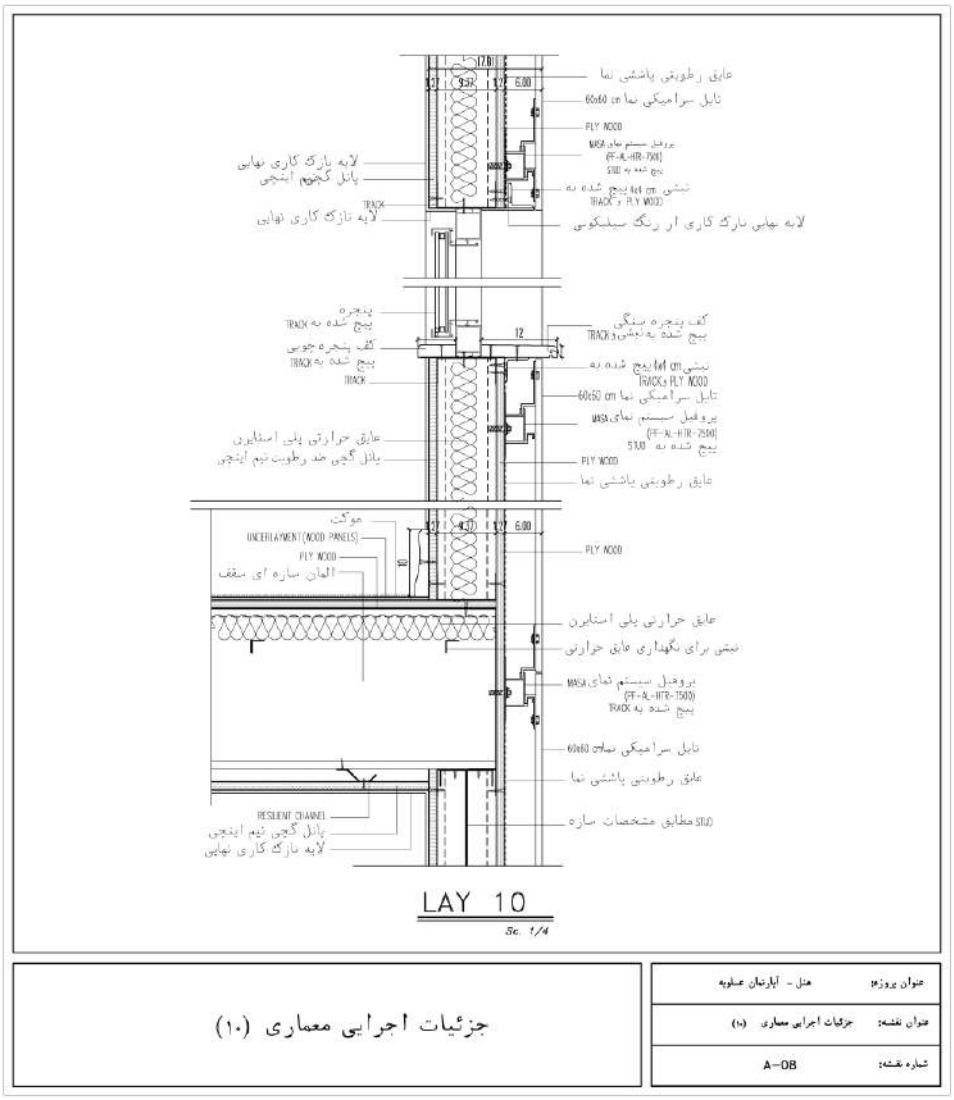
شکل آ-۵- نمونهٔ جزئیات اجرایی دیوار، کف و سقف



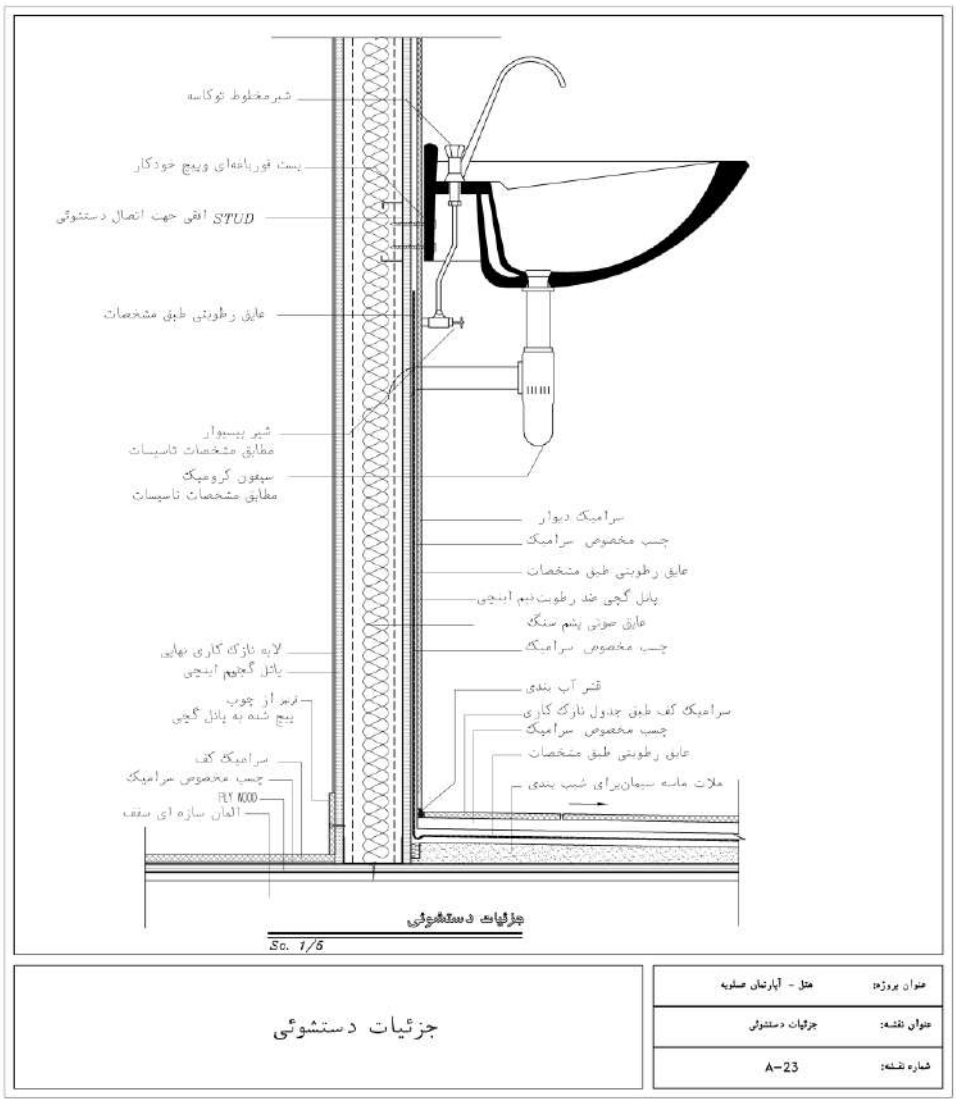
شکل آ-۵(ادامه)- نمونهٔ جزئیات اجرایی دیوار، کف و سقف



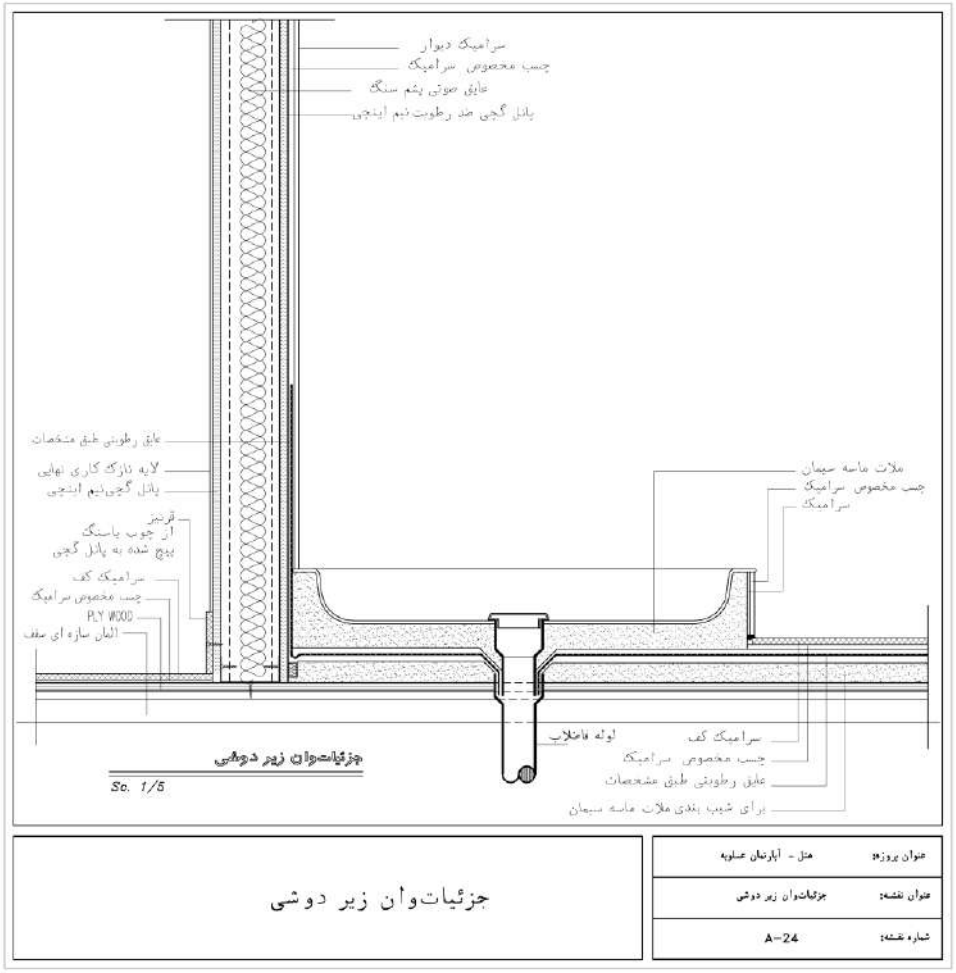
شکل آ-۶- نمونهٔ سایر جزئیات اجرایی



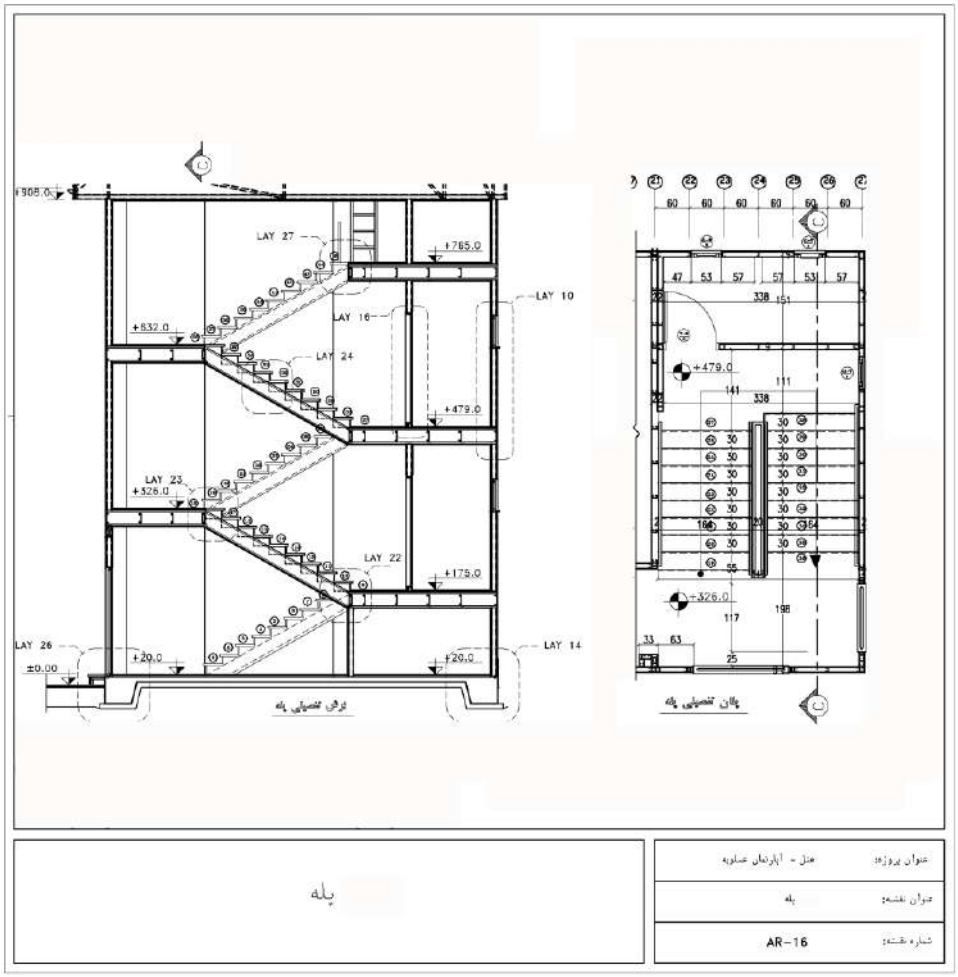
شکل آ- ۶ (ادامه)- نمونهٔ سایر جزئیات اجرایی



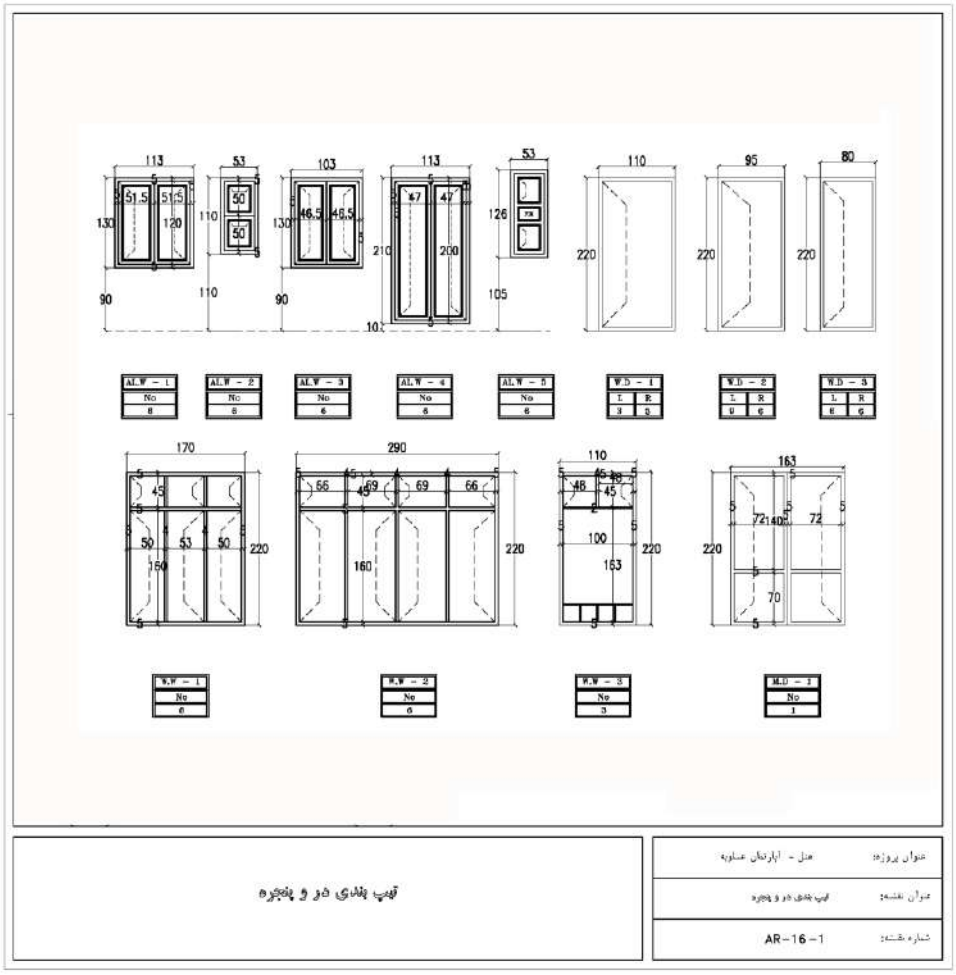
شکل آ- ۶ (ادامه)- نمونهٔ سایر جزئیات اجرایی



شکل آ- ۶ (ادامه)- نمونهٔ سایر جزئیات اجرایی



شکل آ-۷- نمونهٔ جزئیات پله‌ها



شکل آ-۸- نمونهٔ تیپ بندی درها و پنجره‌ها

پیوست ب – چک‌لیست طراحی و نظارت

در مراحل طراحی و اجرای ساختمان با سیستم LSF، پایبندی به اصولی که حاصل از ماهیت فنی و تجربیات اجرایی در این سیستم است، حایز اهمیت می‌باشد و می‌تواند تضمین‌کنندهٔ گذر از مراحل مختلف طراحی و اجرا بوده و به مهندس ناظر یا دستگاه نظارتی برای اطمینان از صحت مسیر طراحی و اجرا یاری نماید.

در این قسمت، چارچوب کلی اصول و ملاحظات یاد شده را در قالب یک چک‌لیست فنی که بر پایهٔ چک‌لیست‌های مورد عمل در سایر کشورها تهیه شده است، ارائه می‌نماییم. بدیهی است هر دستگاه نظارتی با توجه به تجربه و دانش فنی خود می‌تواند در تکمیل و اصلاح این چک لیست همت گمارد.

مهندسان ناظر دارای صلاحیت‌های عمومی، با گذراندن آموزش‌های فنی لازم در سطوح و رده‌های متفاوت و بسته به حجم و مشخصات فنی پروژه‌ها می‌توانند با بهره‌گیری از این چک‌لیست‌ها، از بروز خطا و اجرای جزئیات نادرست و یا نادیده گرفته‌شدن برخی اصول فنی لازم در این سیستم جلوگیری نمایند و نقش مؤثرتری در بهبود و ارتقاء این فناوری داشته باشند.

۱	شروع پروژه Start Up	بله	خیر
پیش طرح	جلسه با اداره شرکت ساختمانی		
	جلسه با تولید کننده		
	جلسه با طراح		
	جلسه با بازرس برق		
تولید کننده	کات لیست		
	زمانبندی تحویل		
	یراق الات، نبشی، استیفنر جان، نوار تسمه بندی، ریم جویست، گرامت، بلاکینگ		
روش	واجد صلاحیت بودن تمام حرفه‌های ساختمان سازی فلزی		
	اطمینان از طرح صحیح تهویه‌ی مطبوع، داکت‌ها و سیفون‌های توالت		

۲	طراحی	بله	خیر
طراحی معماری	سایت پلان		
	پلان‌های معماری (مطابق مشخصات الزامی فصل نخست این پیوست):		
	پلان فونداسیون		
	پلان هم کف / پارکینگ		
	پلان طبقات		
	پلان سقف (اتاق اتَک / خرپا)		
	نماهای خارجی(شامل بافت، جنس، بازشوها، و سایر مشخصات لازم)		
	مقاطع(شامل کدهای ارتفاع، قرارگیری بازشوها در ارتفاع، وضعیت سقف‌ها و سایر مشخصات لازم)		
	سایر طرح‌ها مطابق نیاز(بسته به نوع و برنامهٔ پروژه)		
دفترچه محاسبات	تشریح سیستم		
	ویژگی‌های عمومی طرح		
	ویژگی‌های اختصاصی طرح		
	تعریف بارها، نیروها، تنش‌ها و تهدیدات سازه‌ای		
	الگوها و فرمول‌های محاسبات سازه‌ای		
نقشه‌های اجرایی	پلان‌های مجزای طبقات و پلان تیپ طبقات		
	دیتیل‌های عمومی سازه‌ای فونداسیون، سقف و دیوار		
	دیتیل پنل‌های دیوارها(و مقاطع جزئی یا wall sections با درنظر گرفتن تمام مشخصات و الزامات دستورالعمل‌ها و فصل نخست همین پیوست)		
	دیتیل‌های اتصالات		
	دیتیل‌های بازشوها		
	دیتیل‌های سقف		
طراحی معماری داخلی	طراحی پوشش داخلی دیوارهای ساختمان(انواع فضاها و انواع الحاقات)		
	طراحی دکوراسیون داخلی		

۳	فونداسیون	بله	خیر
بخش فوقانی دیـــــواره‌ی فونداسیون	بخش فوقانی فونداسیون مسطح بوده، تراشیده شـده،ملات کـاری شده و سطح صافی دارد		
	واشر نواری درزبند، درزگیر نرم دولایه یا ملات بستر مابین اعضای قاب و فونداسیون اجرا شده است		
کف خواب	بولت‌های مهاری به قطر حداقل ۱۳ م.م. و حداکثر فاصله‌ی ۲۴۰۰ م.م. از یکدیگر نصب شده اند		
	اگر ناودانی محیطی توسـط ورق فـولادی بـه تختـه کـف متصـل می‌شود، این اتصال با پیچ‌های 4#8 اجرا شده و میخ‌های معمولی 4-10d یا 6-8d ورق فولادی را به تخته کف متصل کرده اند		
	ریم جویست توسط پیچ‌های گذرنده از بال، به تختـه کـف اتصـال یافته است		
مهار مسـتقیم نشیمنگاه	در صورت اسـتفاده از بولت‌هـای مهـاری و نبشـی، نبشـی توسـط پیچ‌های 8#8 به لبه‌ی جویست محکم شده و به فونداسیون مهـار شده است. فاصله‌ی پیچ‌ها از یکدیگر بر اساس فاصله‌ی مورد نیـاز بولت‌های مهاری ۲۴۰۰ م.م. است.		
	در صورت استفاده از میل مهار فاصله‌ی مذکور بر اساس تو صیه‌ی تولید کننده(که بیشتر از ۲۴۰۰ م.م. نخواهد بود) تعبیه شده است.		
استاد و تـرک نر و ماده کف خواب	بولت‌های مهاری به قطر حداقل ۱۳ م.م. و حداکثر فاصله‌ی ۲۴۰۰ م.م. از یکدیگر نصب شده اند		
	اگر ناودانی محیطی توسـط ورق فـولادی بـه تختـه کـف متصـل می‌شود، این اتصال با پیچ‌های 4#8 اجرا شده و پیچ‌هـای 4#8 ورق فولادی را به تخته کف متصل کرده اند		
	ریم جویست توسط پیچ‌های گذرنده از بال، به تختـه کـف اتصـال یافته است		
بازشـــــوهای دیـــــواره‌ی فونداسیون	همگی بازشوها دارای هـدری هسـتند کـه مطـابق اسـتانداردهای طراحی هدر انتخاب و طراحی شده و یا اینکه چارچوب پنجره‌هـای سازه‌ای در انجا نصب خواهد شد.		

۴	کف طبقات	بله	خیر
تیرها	تمام تیرهای مرکبLSF (شامل هدر و تریمرهای مخصوص بازشو) مطابق استانداردهای سازه‌ای طراحی شده اند		
	تمامی تیرهای فولادی بر اساس آیین‌نامه انتخاب شده اند		
	نشیمن گاه تیرها در دو انتهای تکیه گاه کم تر از ۸۹ م.م.نیست		
	تکیه گاه تیرها بر اساس مندرجات فصل ۹ نشریه‌ی NBCC بوده و یا مطابق با محاسبات دقیق مهندسی هستند		
	استیفنرهای جان به تمام جویست‌هایی که روی تیر پایینی می‌نشینند اتصال یافته اند		
	جویست‌های سرتاسری توسط تیرهای فولادی که با یک نبشی به جان جویست‌ها پیچ شده، نگاه داشته شده و با ۲ عدد پیچ به تیر متصل شده اند.		
	جویست‌های اورلپ شده (دارای همپوشانی) روی تیرهای فولادی نشسته‌اند که یک نبشی مابین آن‌ها وصل شده و از طریق دابل جویست با دو عدد پیچ به تیر تحتانی بسته شده اند		
ریم جویست	عمق ریم‌جویست با عمق جویست‌ها مطابقت می‌کند		
	حداقل ضخامت ریم جویست ۱/۰۹ م.م. است		
نصب جویست	جویست‌های طبقات از جدول مشخصات مقاطع انتخاب شده اند.		
	تمام جویست‌های طبقات، هم راستای استادهای تحتانی خود هستند.		
	ریم جویست توسط جویستی که حداقل طول اور لپ(همپوشانی) ۷۵ م.م. در هر دو طرف مقطع دارد، وصله شده است.		
	هر انتهای جویست به کمک استیفنر جان اتصال یافته و با		

۴	کف طبقات	بله	خیر
	2#10 به ریم جویست و 3#10 به جان جویست بسته شده است.		
	هر فضای غیرقابل دسترس مانند دبل جویست‌های پیرامونی، هم‌زمان با قاب‌بندی، عایق شده‌اند.		
	همگی جویست‌ها با ضربات ملایم در یک ردیف استقرار یافته اند.		
	نیم رخ همگی جویست‌ها رو به یک سمت واقع شده است.		
	جویست‌ها از پایین استقرار یافته و تا زمانی که از زیرسازی کف آن اطمینان حاصل نشده،از راه رفتن بر روی انها جلوگیری شده است.		
استیفنرهای جان	استیفنرهای جان در هر نقطه ای از طول جویست که روی دیوار استاد باربر، تیر یا فونداسیون خواهند نشست نصب شده و در محل استقرار جویست‌ها، دیوارهای باربر یا بارهای متمرکز ناشی از طبقه‌ی بالا را تحمل می‌کنند.		
	استیفنرهای جان توسط 3#10 به هر وجه از نیم رخ جان جویست و نیز با پیچ‌های 2#10 ریم جویست پیچ می‌شوند.		
بلاکینگ و مهاربندی	تسمه مهار تخت یا ناودانی شکافدار با حداقل پیچ‌های 1#8 به بال تحتانی هر جویست متصل شده است		
	حداقل عرض تسمه مهارها ۳۸ *م.م.* با ضخامت ۰/۱۷۹ *م.م.* بوده که به فاصله حداکثر ۲۴۰۰ *م.م.*از هر تکیه گاه یا سایر ردیف‌های مهار قرار می‌گیرند.		
	هر انتهای تسمه‌های فولادی با حداقل پیچ‌های 4#8 به بلاکینگ صلب متصل می‌شود. تسمه می‌تواند مستقیما به دیوارهای بیرونی مهار شود.		
کنسول	جایی که جویست‌های طبقات به بیرون از تکیه گاه کنسول می‌شوند (نظیر بالکن یا پنجره‌های پیش امده) دارای دیتیل‌های مهندسی است که بر اساس مقررات و دستورالعمل‌های فنی تهیه شده‌اند.		

۴	کف طبقات	بله	خیر
	از یکپارچگی هوابندی لازم در تمام کنسول‌های طبقات اطمینان حاصل شده است.		
	عایق بندی بیرونی لازم مطابق مقررات و دستورالعمل‌ها در محل کار انجام شده تا مانع از پل‌های حرارتی شود.		
زیرسازی	زیرسازی با پیچ‌های کله شیپوری #8x31 mm به فاصله‌ی ۱۲ *م.م.* در امتداد لبه‌های ورق و به فاصله‌ی ۳۰۵ *م.م.* در کارگاه ساخته شده است.		
	زیرسازی بر اساس جدول 9.23.14.5.A نشریه‌ی NBCC رعایت شده است.		
بازشوهای طبقات	تمام قطعات هدر و تریمر از جدول مشخصات مقاطع انتخاب شده اند.		
	ضخامت تمام اعضای مرکب، یکسان بوده و به فاصله‌ی حداقل ۶۱۰ *م.م.* از یکدیگر بسته شده اند.		
	مقاطع مصرفی در اعضای مرکب، طول پیوسته ای دارند مگر اینکه عملکرد غیر سازه‌ای داشته باشند.		
	هدرهایی که با نبشی به جویست‌های تریمر بسته شده‌اند، از اتصالات هدر مخصوص بازشوها و اتصالات مخصوص بازشوهای کف استاندارد انتخاب شده‌اند		
	برای اتصال تیل جویست به هدرهای پلکان، از نبشی با پیچ 3#10 در هر ساق استفاده شده است.		

۵	پنل دیوار	بله	خیر
انتخاب اعضاء	استادهای دیوار با هر یک از استادهای نظیر خود یا کف طبقات و نیز با جویست‌های طبقه یا رفتر بالا و پایین خود در یک راستا هستند		
	سایز، ضخامت و فاصله‌ی استادها انتخاب شده و همانطور که در جدول مشخصات مقاطع امده است استقرار یافته اند.		
	ضخامت تراک، حداقل به اندازه‌ی ضخامت استاد است.		
وصله	همه استادهای باربر با دیتیل‌های مهندسی متصل شده‌اند		
	طول وصله‌ی هیچ تراکی کمتر از ۷۵ *م.م.* نبوده و این اتصال توسط استاد انجام شده است		
	تمام اتصالات تراک به کمک ۴ پیچ در هر طرف اتصالی متصل شده‌اند		
اتصالات	تراکی که به عنوان ورق تحتانی کار می‌کند از طریق زیرسازی کف و با یک پیچ #8 به فاصله‌ی هر ۳۰۵ *م.م.* از یکدیگر به ریم جویست بسته شده است.		
	هر استاد ابتدا به تراک‌ها چفت شده و سپس روی جان تراک نشسته است.		
	هر استاد به کمک یک پیچ #8 در بالا یا پایین به بال بسته شده است.		
سوراخ‌ها	تمام سوراخ‌های از پیش پانچ شده بر روی استادها هم راستا هستند		
	هیچ سوراخ کارگاهی یا از پیش پانچ شده‌ای، در فاصله‌ی کمتر از ۳۰۵ *م.م.* از بالا و پایین استادها بدون ارائه‌ی دیتیل مهندسی وجود ندارد.		
	تمامی سوراخ‌های موجود در استادها در وسط پهنای		

۵	پنل دیوار	بله	خیر
	جان قرار گرفته اند.		
	پهنای هیچ سوراخی در استاد بزرگتر از ۳۸ *م.م.* نبوده و طول آن نیز بیشتر از ۱۰۲ *م.م.* نیست مگر انکه در محاسبات و طراحی سازه منظور شده باشد.		
فضای غیرقابل دسترس استاد	تمامی فضاهای غیرقابل دسترس استاد (جامب استاد، نعل درگاه، کنج‌هاو..) همزمان با قاب‌بندی، عایق شده‌اند.		
کنج‌ها	استادهای کنج دقیقااتصال یافته و قاب‌بندی شده اند.		
کف طبقه‌ی دوم	قبل از قاب‌بندی طبقه‌ی دوم، از زیرسازی کف اطمینان حاصل شده است.		
تسمه بندی افقی	تسمه‌های افقی تخت با حداقل یک پیچ #8 به هر بال استاد اتصال یافته اند.		
	در دیوارهای باربر حداقل یک ردیف تسمه به ازای هر ۱۲۰۰ *م.م.* ارتفاع دیوار وجود دارد		
مهاربندهای قطری	تعداد مهاربندهای قطری در تمام دیوارهای بیرونی مناسب بوده و مطابق مقررات و دستورالعمل‌ها نصب شده‌اند		
	مهاربندها در هر انتهای دیوار، تحت زاویه ای که بیشتر از ۶۰ درجه نیست نصب شده اند		
	مهاربندها حداقل با یک پیچ #8 به هر یک از استادهای عرضی وصل شده اند.		
	مهاربندها در منتهی الیه بخش فوقانی به دبل استادها و در منتهی الیه بخش تحتانی در هر سمت با پیچ‌های 12#11 به ریم جویست متصل شده اند.		
بازشوهای دیوار	جک استادها و کینگ استادها به عنوان لینتل، از جدول انتخاب اعضاء انتخاب شده اند.		
	سایز و ضخامت جک استاد و کینگ استادها با		

۵	پنل دیوار	بله	خیر
	استادهای دیوار یکسان است.		
	اعضای لینتل با پیچ‌های 2#8 به فاصله‌ی ۶۱۰ *م.م.* به یکدیگر بسته شده اند.		
	جک استاد و کینگ استادها، رو در روی یکدیگر با ۲ پیچ به فاصله‌ی حداکثر ۶۱۰ *م.م.* از یکدیگر بسته شده اند.		
دیوارهای باربر داخلی	تمام دیوارهای باربر داخلی، مستقیما روی تیر کف طبقه، دیوار باربر یا سایر اجزای دیتیل‌دار مهندسی نشسته اند.		
	تمام دیوارهای باربر داخلی، دارای مهارهای افقی کافی هستند.		
دیوارهای غیر باربر	تراک تحتانی با پیچ یا میخ‌هایی به فواصل حداکثر ۶۱۰ *م.م.* و طول حداکثر ۵۰ *م.م.* در هر انتهای تراک محکم شده است.		
	استادهای فولادی مقاوم در برابر آتش در دیوارهای غیر باربر به گونه ای نصب شده اند که فاصله‌ی آزاد ۱۲ *م.م.* مابین بالای استاد و تراک حفظ شده است.		
هوابندی و بخاربندی	هوابندی و بخاربندی لازم در دیوارهای داخلی و خارجی، مطابق مقررات و دستورالعمل‌های مربوط انجام پذیرفته است.		

۶	بام	بله	خیر
جویست‌های سقف	جویست‌های سقف از جدول انتخاب اعضاء انتخاب شده اند.		
	تمام جویست‌های سقف با جویست‌های زیرین خود در یک راستا هستند.		
	بال‌های فوقانی تمام جویست‌های سقف با مهارهایی که طبق جداول انتخاب اعضاء حاصل شده، مهار شده اند.		
	در هر انتهای جویست یک استیفنر جان قرار گرفته که به رفتر و صفحه‌ی زیرسری بالای دیوار بسته شده است.		
	هر فضای غیرقابل دسترس، همزمان با قاب‌بندی، عایق شده است.		
	تمام جویست‌ها در یک ردیف استقرار یافته اند.		
صفحات زیرسری	هر ترکیب یا هر نوع صفحه‌ی زیرسری، به غیر از صفحه‌ی چوبی دوبل دارای دیتیل مهندسی است.		
رفتر	رفترهای چوبی بر اساس ایین‌نامه‌ی ساختمانی انتخاب و نصب شده‌اند.		
	رفترهای فولادی طبق دیتیل‌های مهندسی انتخاب و نصب شده‌اند.		
	در صورت عدم استفاده از صفحه‌ی چوبی دوبل، رفترها در یک راستا قرار گرفته‌اند.		
جویست‌های بام	جویست‌های بام فولادی از جدول انتخاب اعضاء بر اساس ایین‌نامه ساختمانی انتخاب شده اند.		
	جویست‌های بام چوبی بر اساس ایین‌نامه ساختمانی انتخاب شده اند.		
خرپای بام	خرپاهای چوبی یا فولادی، طبق محاسبات و نظر مهندس طراح و تولید کننده انتخاب و نصب شده اند.		

۷	سیستم‌های تاسیساتی: مکانیکی و الکتریکی	بله	خیر
ملزومات ساختار اصلی ساختمان	لینتل‌های باز		
	کنج‌های قابل دسترس		
	گرامت در کنج‌های غیرقابل دسترس نصب شده است		
	اعضای قاب دارای عمق کافی هستند تا با داکت‌ها و لوله کشی‌ها سازگار باشند.		
	هیچ سوراخی بزرگتر از «عمق جان منهای ۷۶ *م.م.*» برش نخورده است.		
	هیچ سوراخی در فاصله‌ی کمتر از ۳۰۵ *م.م.* از نشیمنگاه تعبیه نشده است.		
	تمام سوراخ‌های جان در مرکز جان قرار گرفته و تقویت شده‌اند.		
تهویه مطبوع	با پیچ و نه با میخ نصب شده‌اند.		
	برگشت هوای سردی که در شکاف‌های استاد رخ می‌دهد باعث اعمال ضربه به استادهایی می‌شود که بخش بیرونی آن‌ها با نوار الومینیومی آب بندی شده است.		
	فقط تراک‌های موجود در دیوارهای غیر باربر، برش خورده‌اند تا با داکت‌ها تناسب یابند.		
لوله کشی	بست‌ها و اتصالات دارای تکیه گاه کافی نظیر بلاکینگ هستند.		
	در تمام سوراخ‌ها، گرامت پلاستیکی نصب شده تا لوله‌ها را از اعضای قاب جدا کنند.		
	تکیه گاه لوله‌ها توسط پیچ‌های خودرو #6 در دیوارهای غیرباربر و پیچ‌های سرمته دار #8 در دیوارهای باربر بسته شده‌اند.		
	پمپ‌ها و سایر سیستم‌های پر سر و صدا با مواد عایق صدای مناسب از قاب و سایر اجزاء ساختمان جدا شده‌اند.		
برقکاری	تمام سیم‌های روکش پلاستیکی، توسط گرامت‌های مورد تایید CSA از قاب جدا شده اند.		
	تمام اتصالات با ایین‌نامه‌ی محلی برق انطباق دارد.		
	صفحات محافظ در جایی نصب شده‌اند که سوراخ‌هایش حداقل در فاصله‌ی ۳۰۵ *م.م.* از لبه‌ی استاد حفر شده‌اند.		

۸	عایق‌ها	بله	خیر
عایقکاری حرارتی	عایق کاری در هر دیوار، کف، سقف جدا کننده‌ی فضای کنترل‌شده از فضای کنترل‌نشده اجرا شده است.		
	میزان عایق کاری بر اساس مبحث نوزده مقررات ملی ساختمان و سایر مدارک مرتبط صورت گرفته است.		
	دست کم ۲۵٪ مقاومت حرارتی مورد نیاز(یا مقدار لازم منطبق با مقررات و دستورالعمل‌های قانونی)، در بخش بیرونی قاب واقع شده است.		
	عایق کاری دقیقا فضاهای خالی پروفیل‌های C و استادها را پر کرده است.		
	تمام هدرهای طبقات و پروفیل‌های Cعایق شده و بخش بیرونی نیز با عایق صلب پوشش داده شده است.		
	تمام فضاهای خالی دور پنجره‌ها و درها پر شده‌اند.		
هوابندی	مصالح و ابزارآلات سیستم‌های هوابند، پیرو مشخصات بخش NBCC-9 است.		
	تمام دیوارها، مونتاژکاری‌های سقف و بام‌ها که عایق حرارتی شده اند دارای هوابند یکسره‌اند.		
	تمام بازشوها و گشودگی‌ها نظیر درگاه در و پنجره، و همچنین منافذ عبور سیم کشی برق یا لوله کشی‌ها درزبندی شده اند.		
بخاربندی	مصالح و ابزارآلات سیستم‌های بخاربند، پیرو مشخصات بخش NBCC-9 است.		
	میزان عبور بخار از لایه‌های عایق داخلی/خارجی و بخاربندی جدارهای خارجی با مقررات و دستورالعمل‌های معتبر منطبق است.		
صدابندی و عایق‌بندی صوتی	تمام جزئیات صدابندی دیوارهای خارجی و داخلی مطابق طرح ارائه‌شده توسط طراح اجرا شده است		

۹	اتصالات	بله	خیر
بولت	تمام بولت‌ها و مهره‌های آن‌ها از نوع گالوانیزه یا فولاد ضد زنگ است.		
	حداقل فاصله *۱۷/۵ س.م.* محل بولت رانر از لبه‌ی فونداسیون در استادهای با جان *۱۵ س.م.* رعایت شده است		
	حداقل فاصله *۷/۵ س.م.* محل بولت رانر از لبه‌ی فونداسیون در استادهای با جان *۱۰ س.م.* رعایت شده است		
	اندازه طول بولت‌ها و میزان نفوذ بولت‌ها در فونداسیون طبق دستور مهندس محاسب رعایت شده است		
	فاصله گذاری بولت‌ها مطابق نقشه‌های اجرایی و دستورات مهندس محاسب رعایت شده است		
	واشرگذاری و مهره‌های بولت‌ها دقیقا محکم شده اند		
پنل	تمام پنل‌های دیواری توسط پلیت‌های نبشی (L شکل) از پهلوها با پیچ کاری به هم متصل شده اند		
	تمام پنل‌های قائم به هم از بالای رانر توسط پلیت‌ها با پیچ کاری به هم متصل شده اند		
	تمام پنل‌ها توسط پیچ کاری مستقیم از داخل استادهای انتهای هر پنل به هم متصل و محکم شده اند		
بریج	تمام استادها بریج‌گذاری شده اند		
	تمام بریج‌ها توسط کلیپس‌ها به استاد پیچ کاری شده اند		
	در اتصال دو بریج توسط قطعه بریجی به اندازه *۲۰ س.م.* پشت به پشت بریج اصلی به هم متصل شده اند		
بلاک	تمام استادها در محل‌های توصیه شده‌ی مهندس محاسب بلاک‌گذاری شده‌اند		
	جنس بلاک‌های چوبی و بلاک‌های فلزی رعایت شده است		
کلیپس	کلیپس‌های بریج‌ها به خوبی پیچ‌کاری شده‌اند		
براکت	براکت‌ها در محل‌های مشخص شده استادها را به رانرهای کف محکم کرده اند.		
هولداون	هولداون‌ها مطابق استانداردهای Simpson Strong-Tie یا The Steel Network انتخاب شده‌اند		
	پیچ‌کاری و بولت‌گذاری هولداون‌ها به طور دقیق انجام یافته است		

۱۰	نازک‌کاری و نماسازی نهایی درونی و بیرونی ساختمان	بله	خیر
زبانه کوبی	تمام زبانه کوبی‌های چوبی، براساس مشخصات بخش NBCC-9 است.		
	تمام زبانه کوبی‌های فولادی براساس توصیه‌ی تولید کننده یا مهندس انجام شده است.		
پنل نما	در اتصال تخته‌های پوششی به اعضای فولادی تا ضخامت ۰/۸۷۹ م.م. از پیچ‌های نوک تیز مخصوص این‌نوع تخته‌ها استفاده شده است.		
	برای اعضای ساخته‌شده از ورق ضخیم‌تر از ۰/۸۷۹ م.م.، از پیچ‌های سرمته دارد برای نصب تخته‌های پوششی استفاده شده است.		
	فاصله‌ی اتصالات بر اساس توصیه‌ی تولید کننده یا طراح اجرا شده است.		
	برای اتصال پنل‌های نما روی قاب‌های فولادی از پیچ‌های نوک تیز یا سرمته دار (بسته به ضخامت عضو) استفاده شده است. (توضیح: استفاده از میخ مجاز نیست مگر اینکه زبانه‌کوبی شده باشد)		
قفسه‌بندی	قفسه‌های دیواری مستقیما به اعضای باربر، بلاکینگ چوبی یا فولادی، استادهای باربر و یا به تسمه‌های متصل به استادهای باربر وصل شده‌اند.		
	فقط قفسه‌های زمینی به استادهای غیرباربر وصل شده اند.		
	قفسه‌ها با پیچ‌های خود رو #8x50 mm مستقیما به استادهای باربر وصل شده اند.		
سایر بست‌ها و اتصالات	هر بست و اتصالی (توری‌های مشبک نظافتی، ابزارگیر) به بلاکینگ وصل شده است.		
کف‌سازی	کف‌سازی نهایی طبق مشخصات بخش NBCC-9 است.		
زیرکاری، کاغذ زیرکاری و آبچکان	عایق صلب بیرونی مورد نیاز تمام ساختمان‌های LSF با واشر و پیچ‌های سرمته دار #8 نصب شده اند.		
	زیرکاری سازه و کاغذ زیرکاری طبق دستورالعمل بخش NBCC-9 و مطابق نیازهای نماکاری بیرونی انجام گرفته است.		
	آبچکان مطابق با مشخصات بخش NBCC-9 نصب شده است.		
	آبچکان از ورق فولادی گالوانیزه یا الومینیوم ساخته شده است.		

۱۰	نازک‌کاری و نماسازی نهایی درونی و بیرونی ساختمان	بله	خیر
نماکاری بیرون	تمام نماکاری‌ها بدون له کردن عایق زیرکاری اجرا شده اند.		
	نماکاری با پیچ‌هایی اجرا شده که به استادهای باربر نفوذ کرده و یا به نماکاری سازه یا تسمه‌های چوبی بکار رفته در عایق زیرکاری میخ‌کوبی شده است.		

	اعضای سازه‌ای	بله	خیر
دیوار	استاد باربر (- Jamb - ∑ - C)		
	استاد غیرباربر		
	هدر		
	جک استاد		
	کینگ استاد		
	لینتل		
	لینتل مرکب		
	کریپل استاد باربر		
	کریپل استاد بادگیر		
	دبل استاد ای		
	دبل استاد باکس		
	تریمر		
	جمب استاد		
	بریج‌های کمربندی		
	بلاکینگ چوبی		
	بلاکینگ فلزی		
سقف	ریم جویست / تراک		
	جویست		
	دبل جویست ای		
	دبل جویست باکس		
	تریمر جویست		
	رفتر جویست		
	دک فلزی		
	پلای وود / OSB		
	بلاکینگ جویست		
	ایکس بریس جویست		
خرپا	استاد		
	کورد		
	هت		
	بریج		

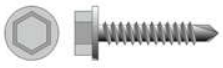
	اعضای سازه‌ای	بله	خیر
اتصالات	کلیپس		
	براکت		
	پلیت		
	هولداون		
	پیچ‌ها و بولت‌ها		
اعضای دیوار برشی	K, Z or X Brace		
	Steel sheet		
	Plywood		
	OSB		
	هولداون		
عایق‌ها	پشم سنگ / پشم شیشه / پلی استایرن XPS / EPS		
	بخاربند / هوابند		
	عایق رطوبت		
	درزبند آتش و آتش‌بند		
	عایق صدا		
	گرامت		
	مواد نما		
نما	سمنت برد / فایبر سمنت نمای خارجی		
	نمای چوبی		
	نمای سنگی		
	پوشش سنگ کامپوزیتی		
	استاکو (پلاسترهای بتنی) نمای داخلی و خارجی		
	نمای سنگی استاکو		
	فایبر گلاس		
	ساندویچ پانل		
	کامپوزیت الومینیومی		
	تخته‌های گچی یا گچ‌برگ‌های نمای داخلی		

پیوست پ – تعدادی از جزئیات تیپ اجرایی سازه‌های فولادی سبک

در این قسمت ابتدا جزئیات و مشخصات پیچ‌های مورد استفاده در سیستم ساختمانی سبک فولادی معرفی شده و سپس تعدادی از جزئیات تیپ اجرایی سازه‌های فولادی سبک ارائه گردیده که می‌تواند بر حسب نوع پروژه و شیوهٔ طراحی که در نظر گرفته شده است، تمام یا برخی از آن‌ها به عنوان مبنای تشخیص در تکمیل چک لیست و همچنین راهنمای طراحی این جزئیات مورد استفادهٔ طراحان و دستگاه مشاور و نظارت قرار گیرد. عناوین و توضیحات این جزئیات که به زبان فارسی معادل‌سازی شده است، نهایی نیست و نظرات و پیشنهادات دست‌اندرکاران و متخصصان می‌تواند در تکمیل و اصلاح آن‌ها بسیار سودمند باشد.

جدول پیچ های مورد استفاده

جدول شماره ۱ إطلاعات پیچ ها

موارد استفاده	پیچ های توصیه شده	اندازه
کف جویست به تیرآهن تیر به ستون براکت ها و محکم کاری ها **قاب بندی** تراک به اعضای فلزی إستادهای دیوار به ستون های فلزی براکت ها و محکم کاری ها إتصالات نمای خارجی براکت های لوله کشی براکت های تأسیسات الکتریکال **بـام** خرپا به صفحات بالا پرلین بـام به خرپاها براکت ها و محکم کاری ها صفحات پوشش بـام به پرلین ها پوشش بـام به خرپاها	**HEXAGON HEAD DRILL POINT**  FORSTEELPT O4mm THICK FORSTEELPT O6mm THICK	818 x 12mm 818 x 20mm 1016 x 16mm 1016 x 22mm 1214 x 20mm 12–14 1410 x 20mm 1410 x 42mm 1024 x 16mm 10–24 1224 x 20mm 1420 x 20mm 1420 x 22mm 1420 x 30mm 1420 x 40mm
قاب بندی إستاد به رانر إستاد به إستاد پوشش داخلی براکت های لوله کشی براکت های الکتریکال تسمه های مهاربندی تراک به إستاد قطعات چوبی به إستاد براکت ها و محکم کاری ها **سقف و بام** پوشش سقفی به جویست پوشش بام به خرپا براکت ها و محکم کاری ها	**BUTTON HEAD NEEDLE POINT** FORSTEELPT O0.8mm THICK **WAFER HEAD DRILL POINT** FORSTEELPT O4mm THICK	8 x 14mm 8 8 x 32mm 1016 x 16mm 1016 x 22mm 1024 x 16mm 1024 x 22mm 1024 x 30mm 1024 x 40mm
پنل های درونی گچبرگ ها و سمنت بردهای سقف و دیوار	**BUGLE HEAD S-POINT/NEEDLE POINT** FORSTEELPT O0.8mm THICK **BUGLE HEAD DRILL POINT** FORSTEELPT O2.3mm THICK	6–18 618 x 30mm 618 x 42mm 7–16 8–15 8–15 6–20 620 x 30mm 6–20

جدول پیچ های مورد استفاده

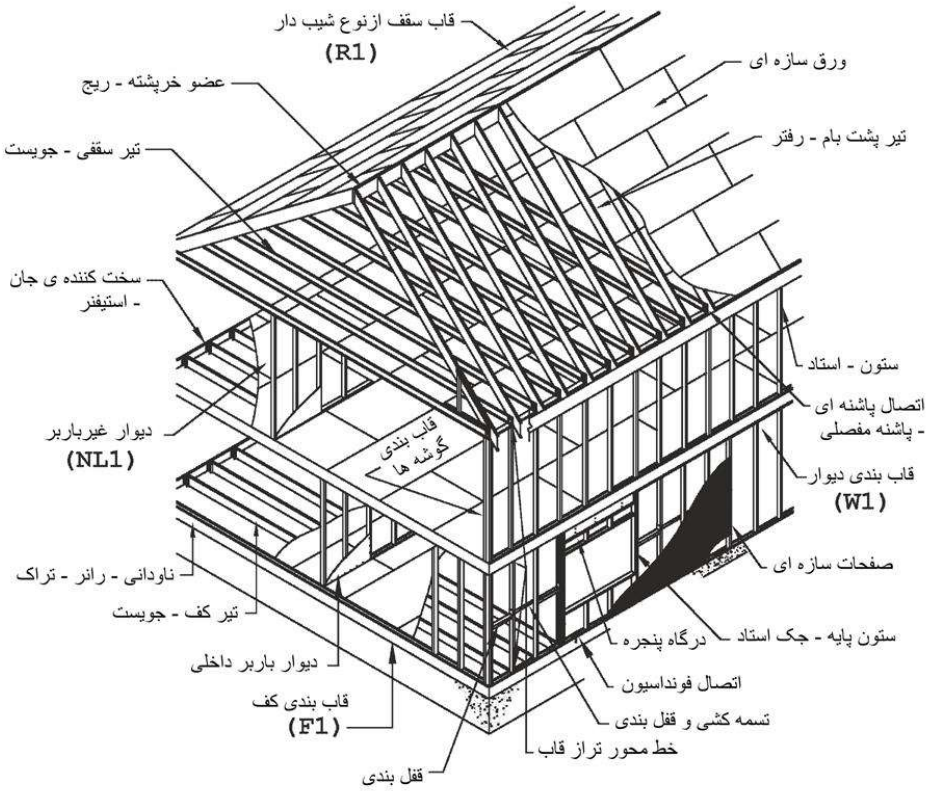
جدول شماره ۲ إطلاعات پیچ ها

موارد استفاده	پیچ های توصیه شده	اندازه
پیچکاری دورنی پیچکاری فایبر سمنت بردها در سطوح مرطوب	 FORSTEELPT O0.8mm THICK	818 x 20mm
	 FORSTEELPT O4mm THICK	8-18
صفحات فشرده به إستادهای فلزی	 MINIMUMSTUDA UGE≥ 1.0mm	818 x 33mm 818 x 38mm 1024 x 30mm 10-24

جدول شماره ۲-۲ إتصالات دیگر

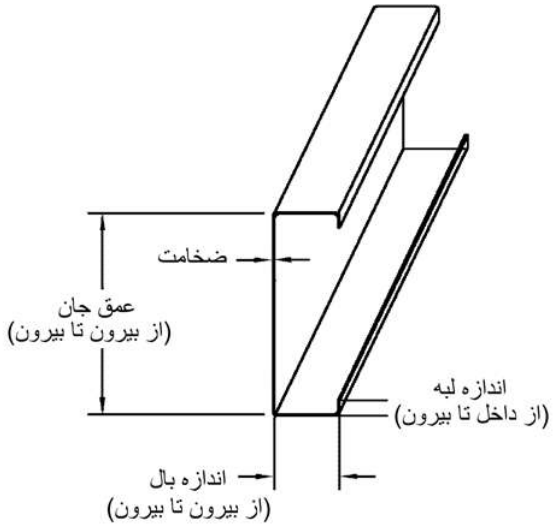
موارد استفاده	إتصلات توصیه شده	اندازه
إتصال إستاد یا تراک به مصالح بتنی	 Note: Two fixings for tracks ≥ 100mm. Check before using on fire rated applications	Refer manufacturers data
إتصال إستاد یا تراک به فلزات	 Note: Two fixings for tracks ≥ 100mm. Check before using on fire rated applications	Refer manufacturers data
إتصال إستاد یا تراک به مصالح بتنی		Refer manufacturers data

جزئیات اجرایی G1
نمونه ای از اجزای ساختمان قاب فلزی



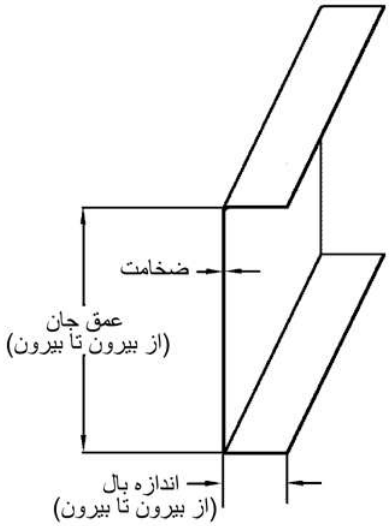
جزئیات إجرایی **G2**

نمای مقاطع سازه ای مورد استفاده - پروفیل إستاد و جویست



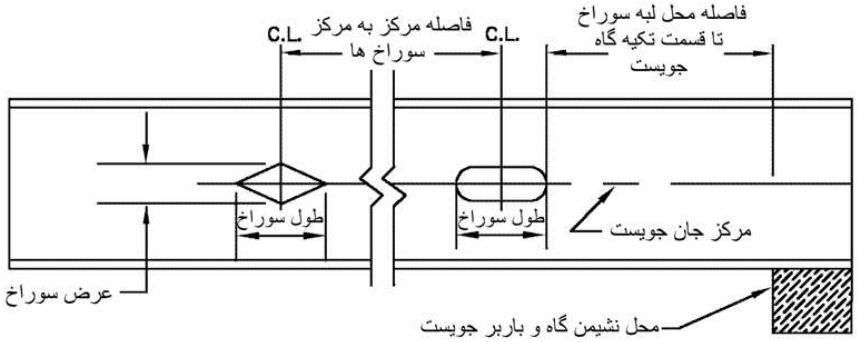
جزئیات إجرایی **G3**

نمای مقاطع سازه ای مورد استفاده - پروفیل رانر و تراک



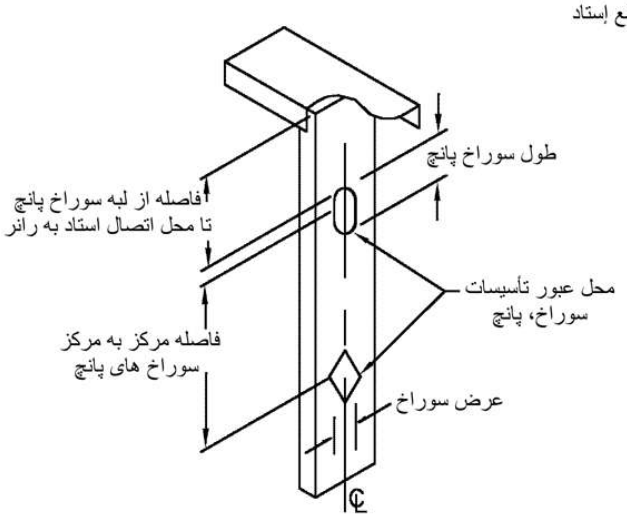
جزئیات اجرایی **G4**

سوراخ های جان مقطع جویست



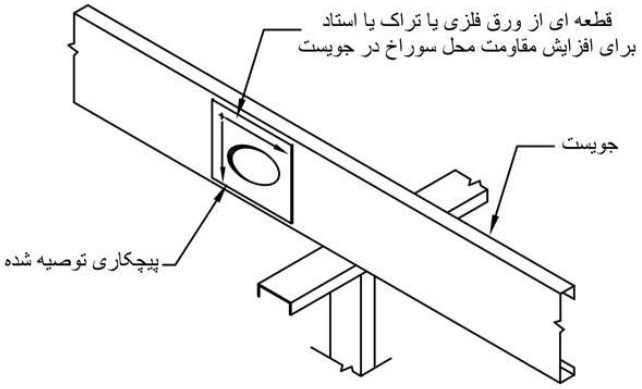
جزئیات اجرایی **G5**

سوراخ های جان مقطع إستاد



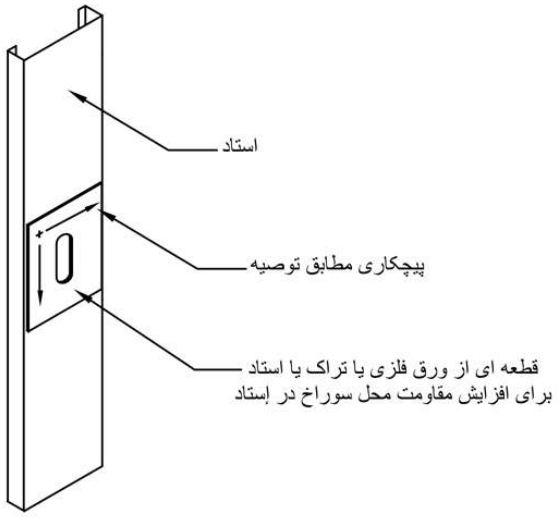
جزئیات اجرایی **G6**

تقویت محل سوراخ های جان مقطع جویست



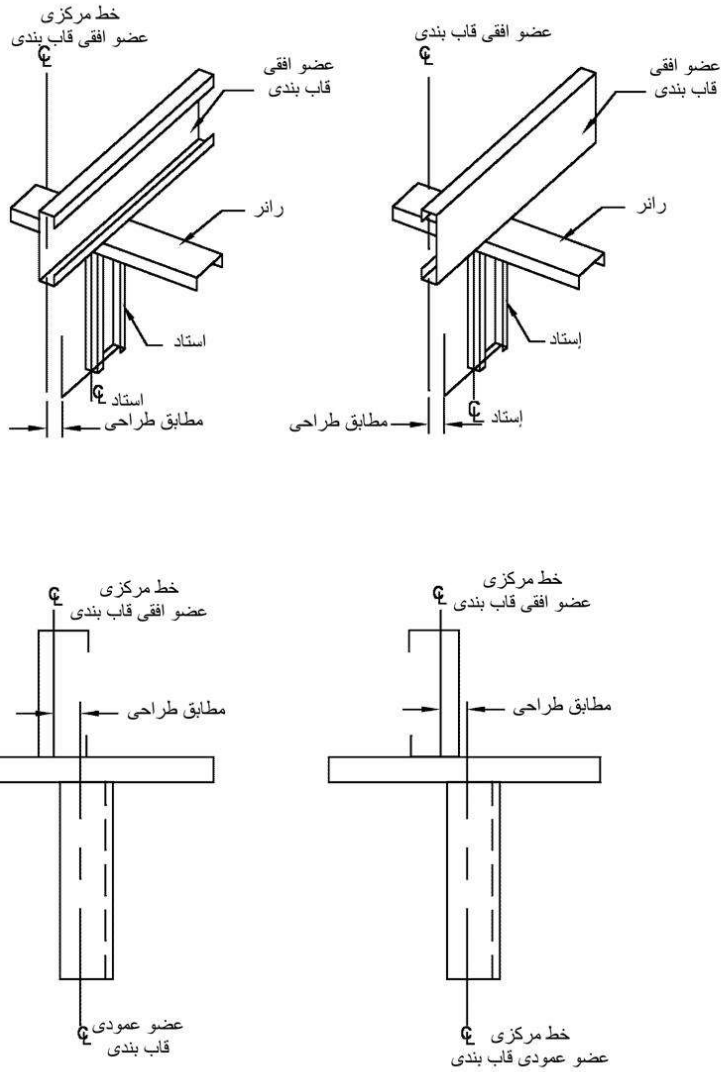
جزئیات اجرایی **G7**

تقویت محل سوراخ های جان مقطع إستاد



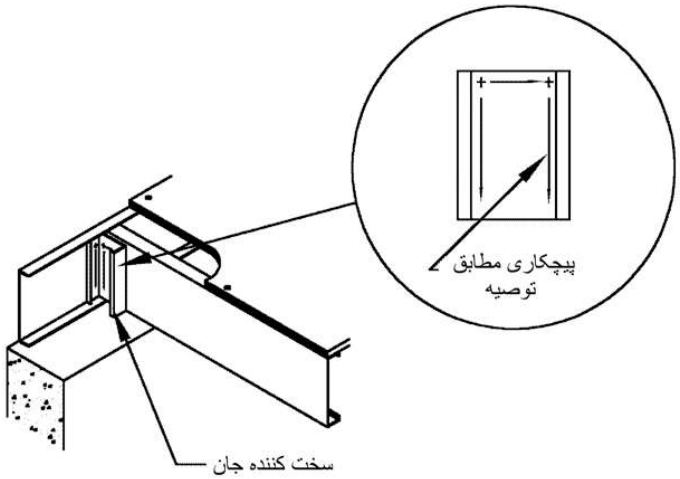
جزئیات اجرایی **G8**

جزئیات خط محور تراز قاب بندی - تراز قاب



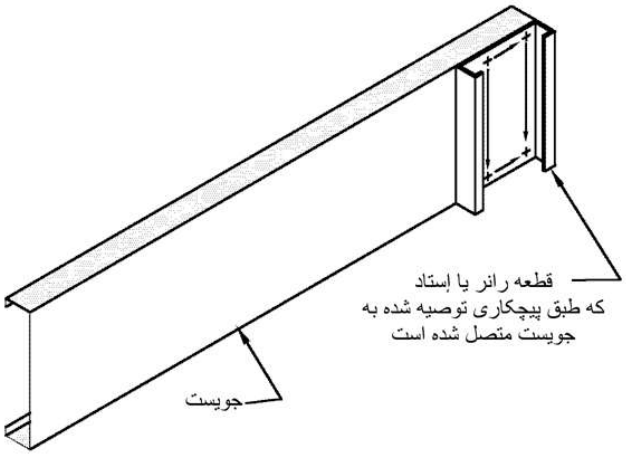
جزئیات اجرایی G9

جزئیات سخت کننده ی جان ۱



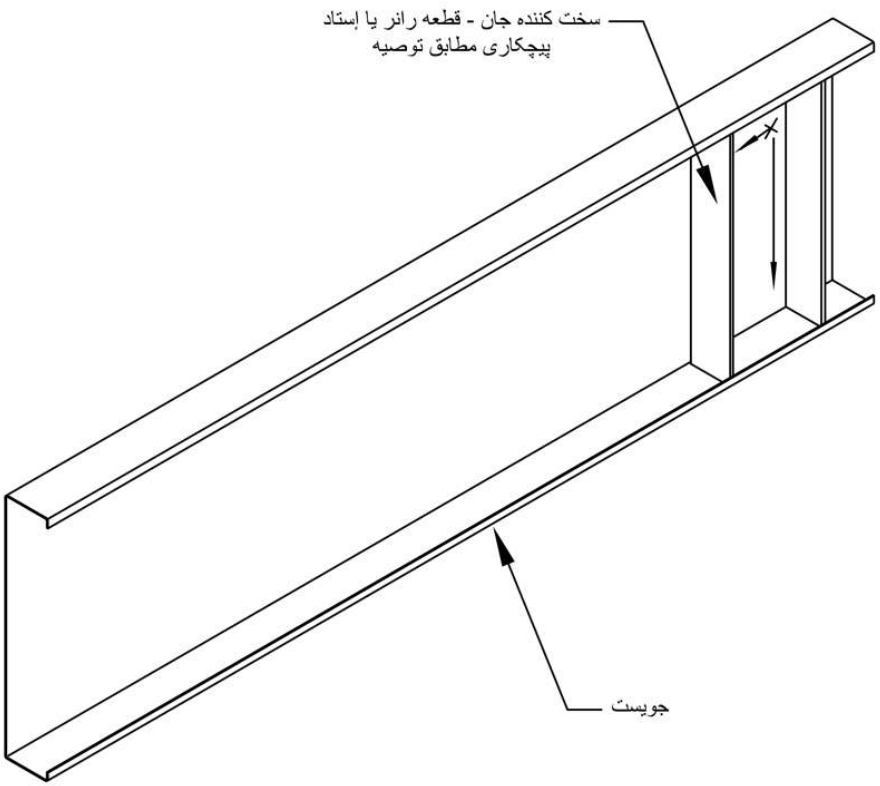
جزئیات اجرایی G10

جزئیات سخت کننده ی جان ۲



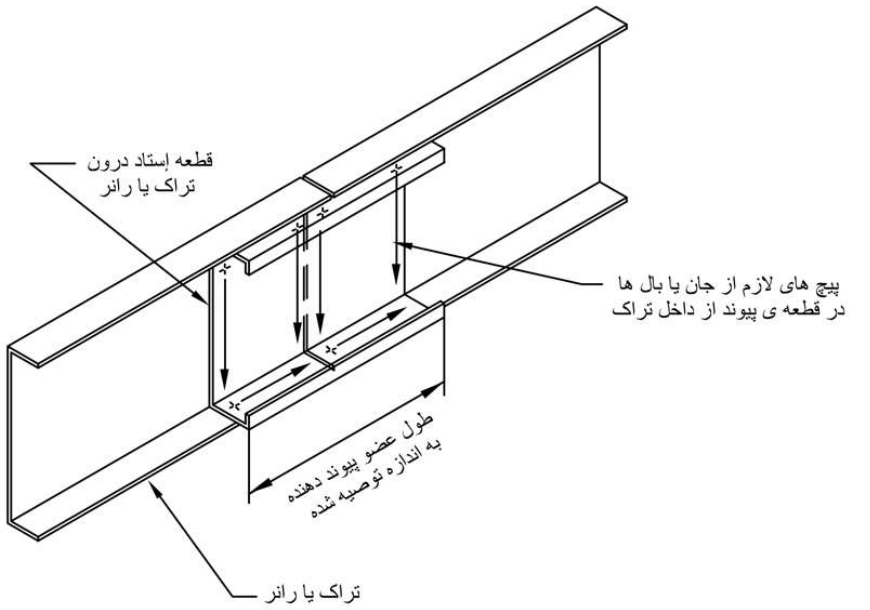
جزئیات اجرایی **G11**

جزئیات سخت کننده جان ۳



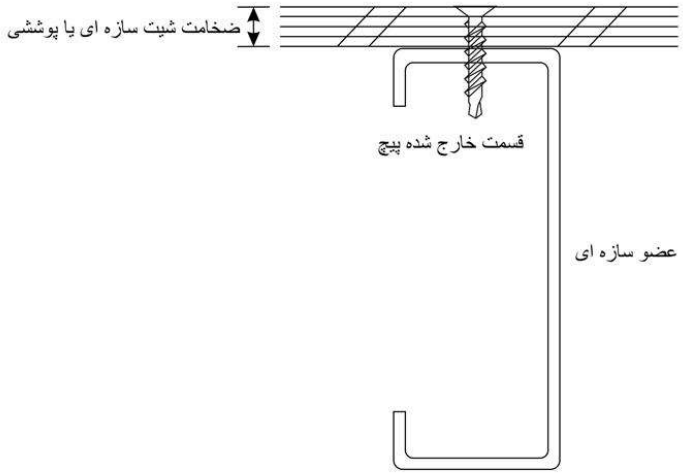
جزئیات اجرایی **G12**

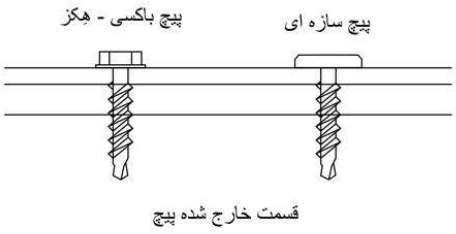
جزئیات پیوند کردن دو رانر یا تراک به هم دیگر



جزئیات اجرایی **G13**

جزئیات اتصال پیچ کاری

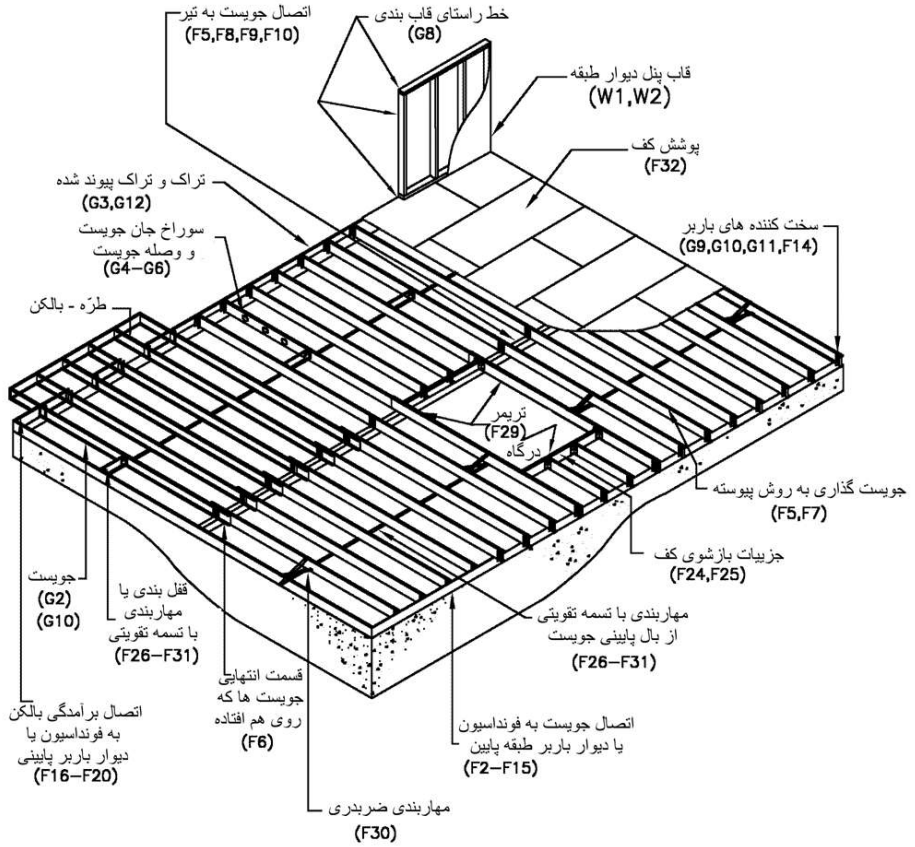




نمونه پیچکاری که دو فلز را
از روی هم به هم متصل کرده است

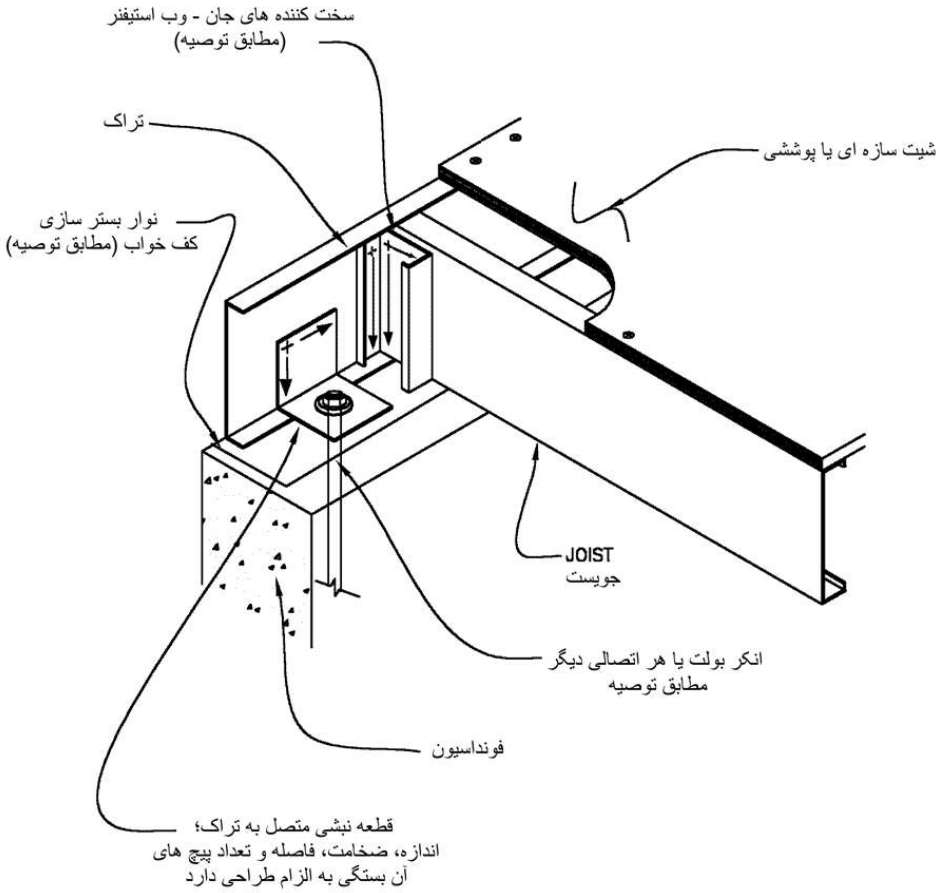
جزئیات اجرایی **F1**

جزئیات قاب بندی کف



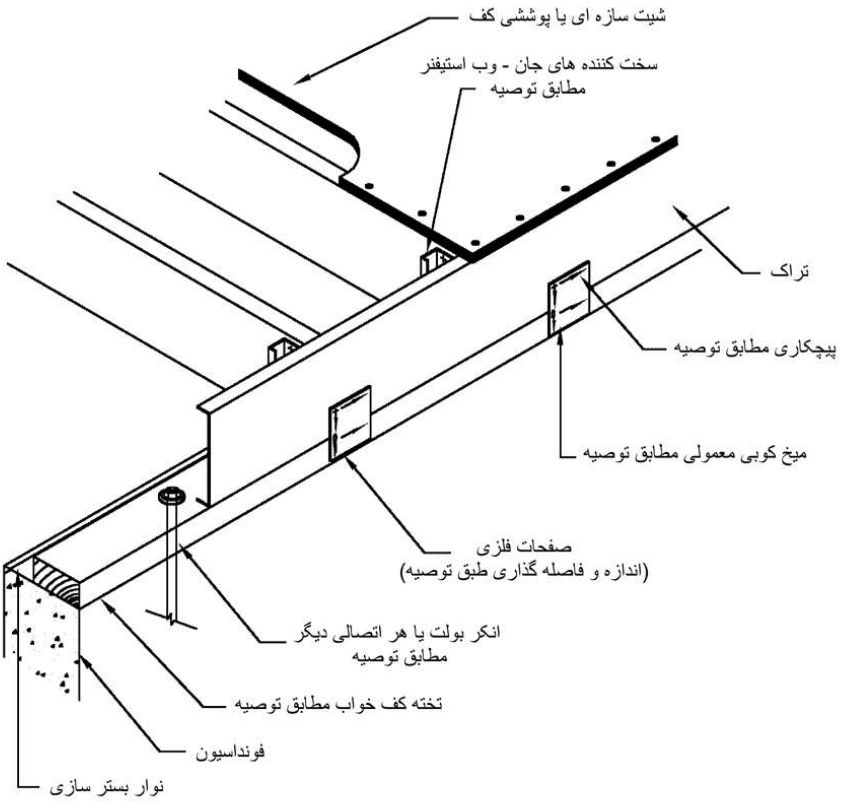
جزئیات اجرایی **F2**

جزئیات اتصال قاب دیافراگم کف به فونداسیون



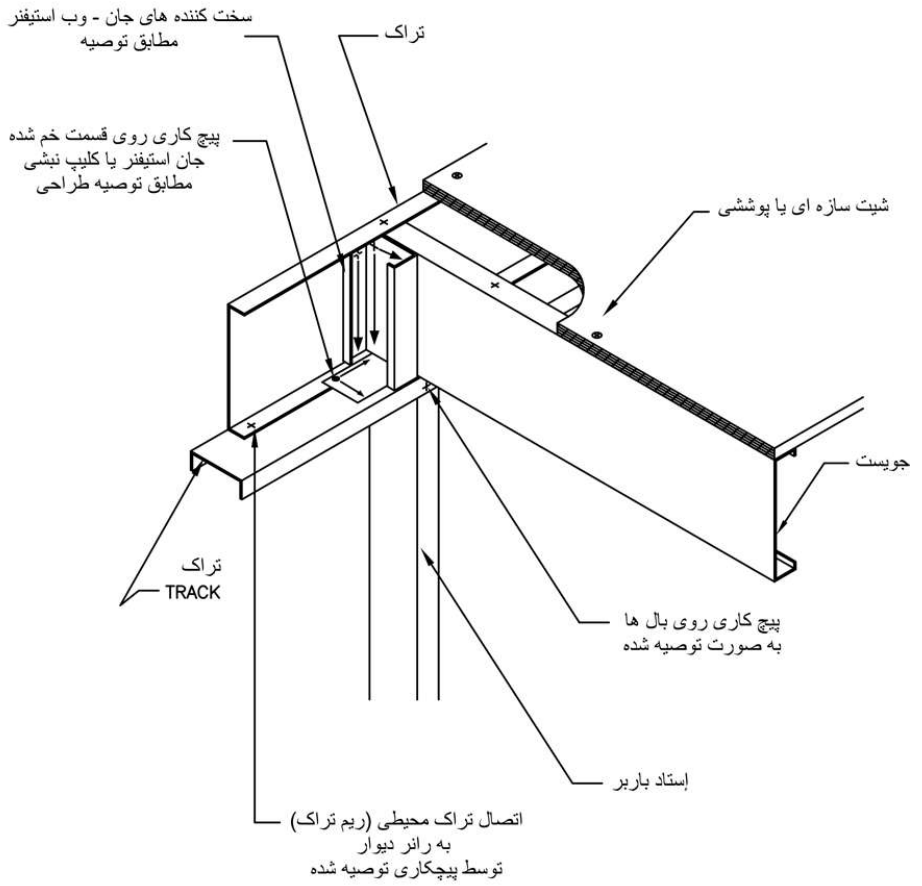
جزئیات اجرایی F3

جزئیات اتصال قاب دیافراگم کف به تخته کف خواب



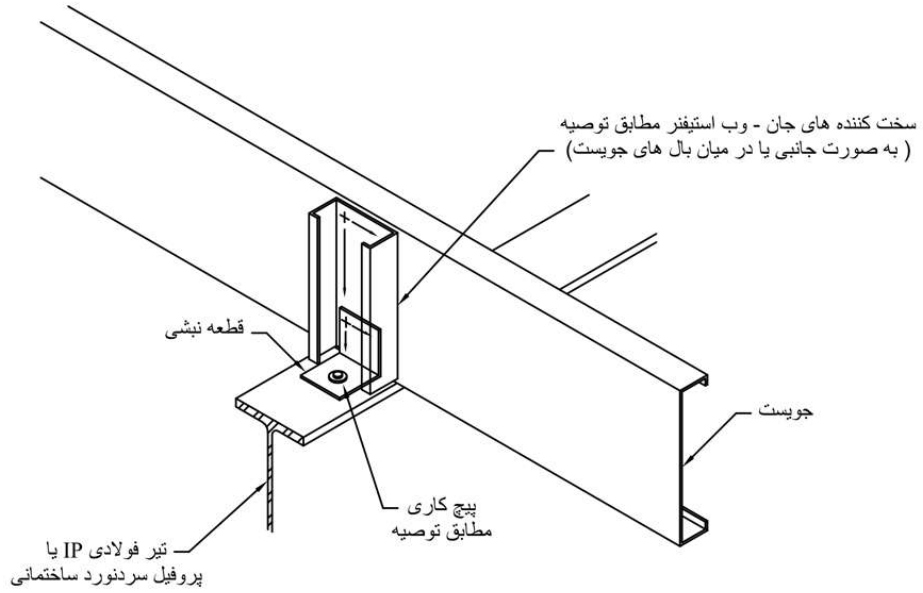
جزئیات إجرایی **F4**

جزئیات إتصال قاب دیافراگم کف به دیوار باربر



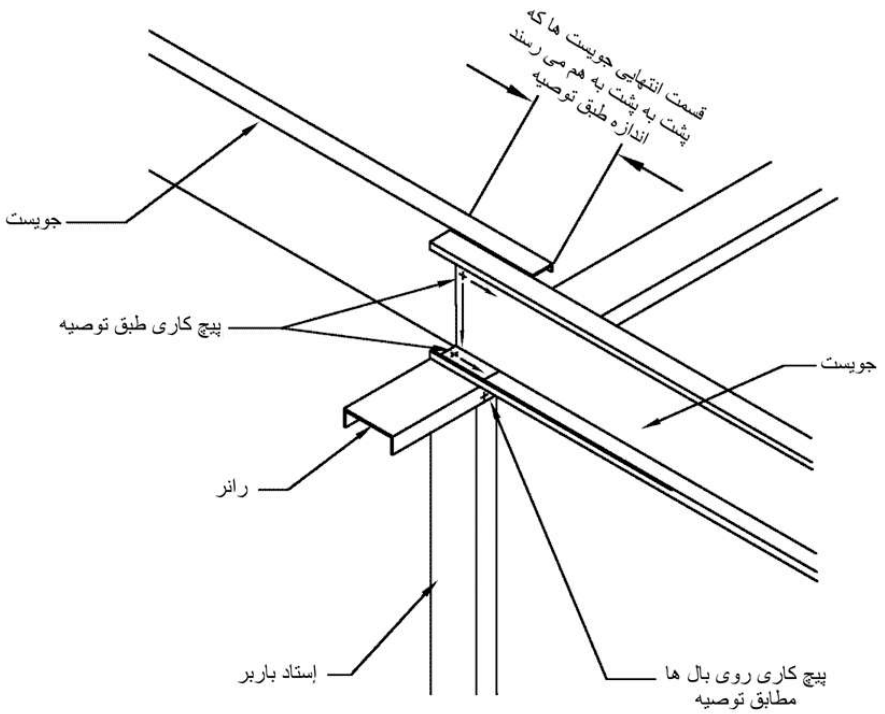
جزئیات اجرایی **F5**

جزئیات اتصال قاب دیافراگم کف به تیر فولادی IP



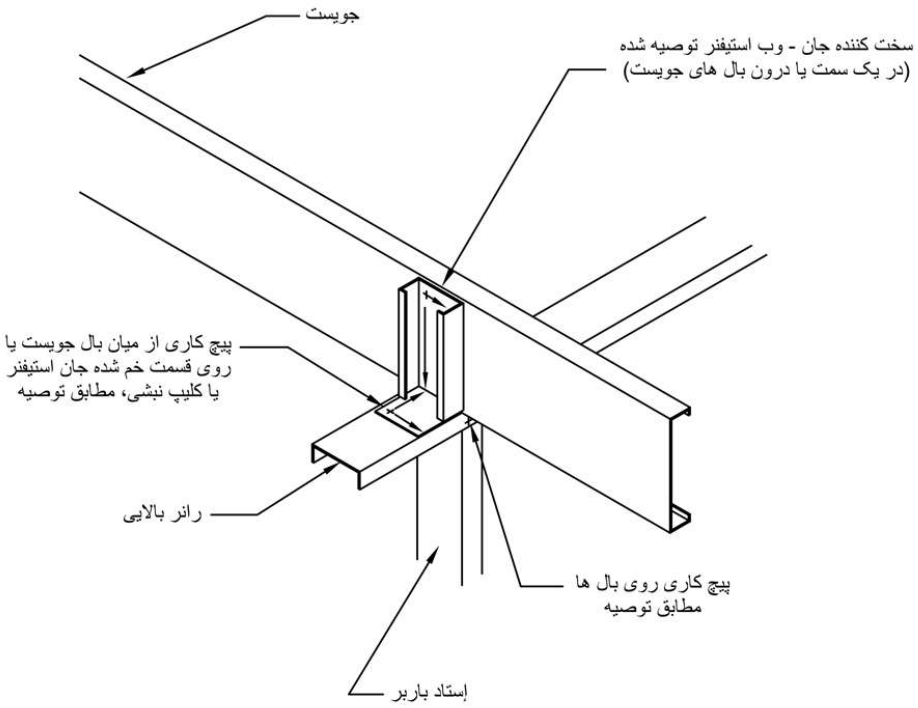
جزئیات اجرایی **F6**

جزئیات اتصال جویست ها به هم



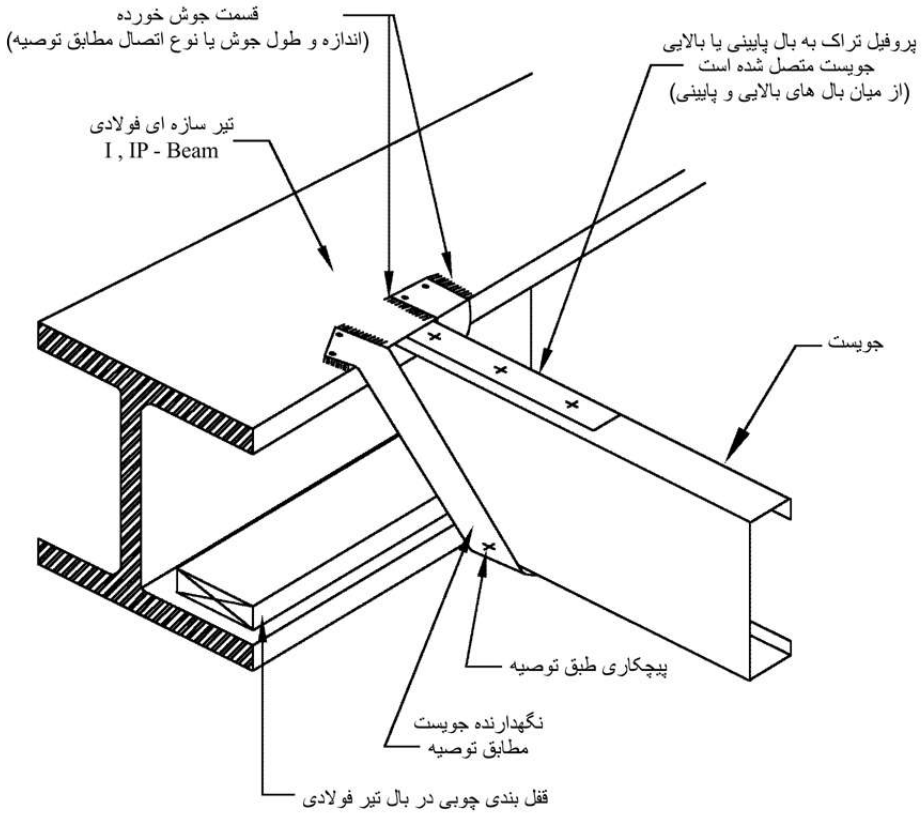
جزئیات اجرایی **F7**

جزئیات جویست گذاری پیوسته



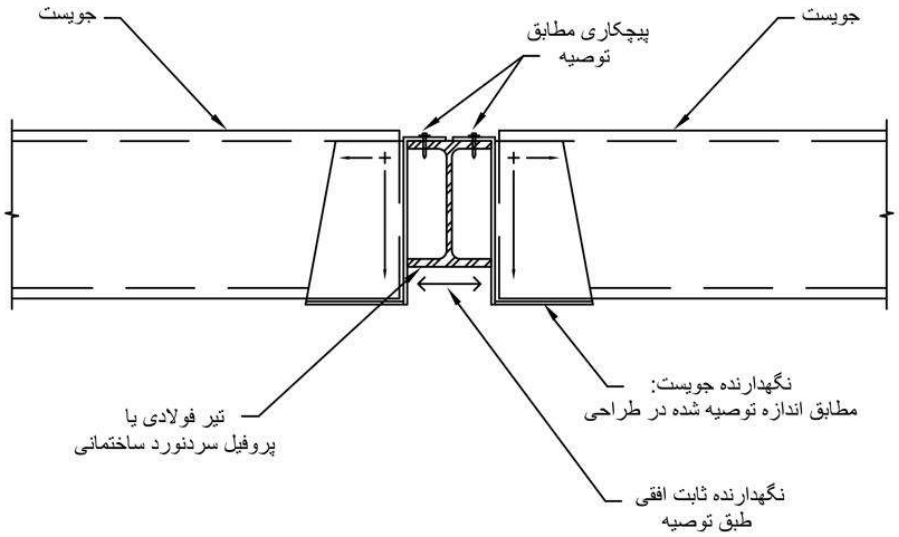
جزئیات اجرایی **F8**

جزئیات اتصال قاب دیافراگم کف به تیر فولادی



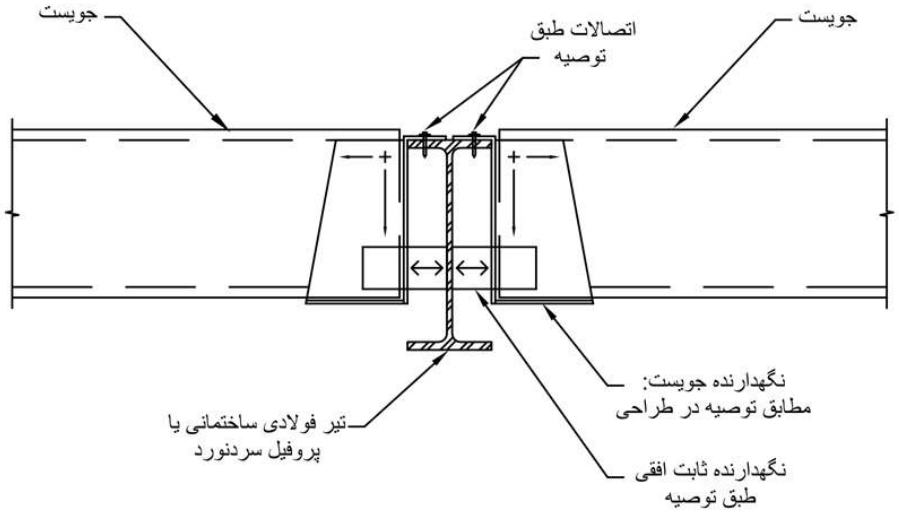
جزئیات اجرایی F9

جزئیات جویست تقویت شده با تیر فولادی I



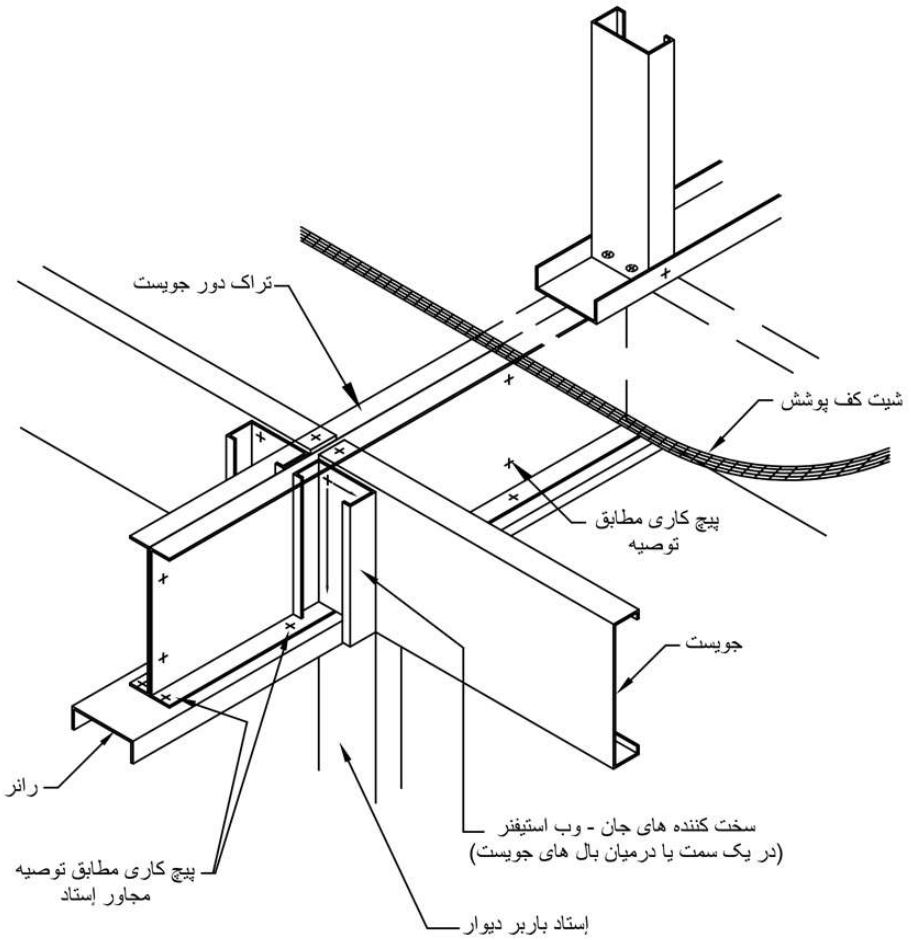
جزئیات إجرایی **F10**

جزئیات جویست تقویت شده با تیر فولادی II



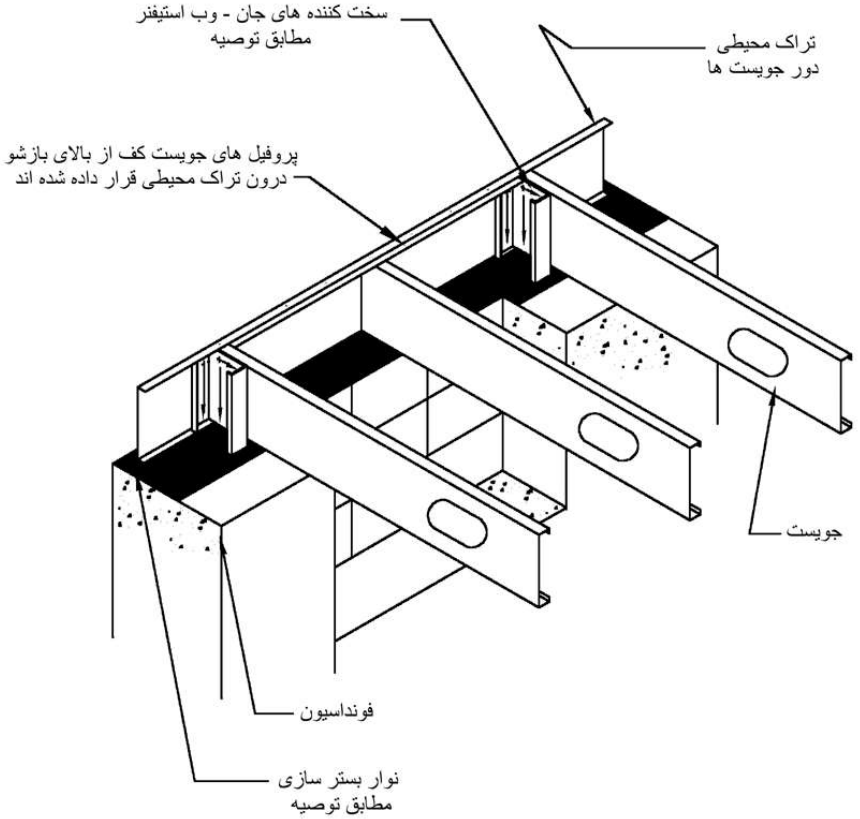
جزئیات إجرایی **F11**

جزئیات قرارگیری جویست های کف تحت دیوارهای باربر درونی



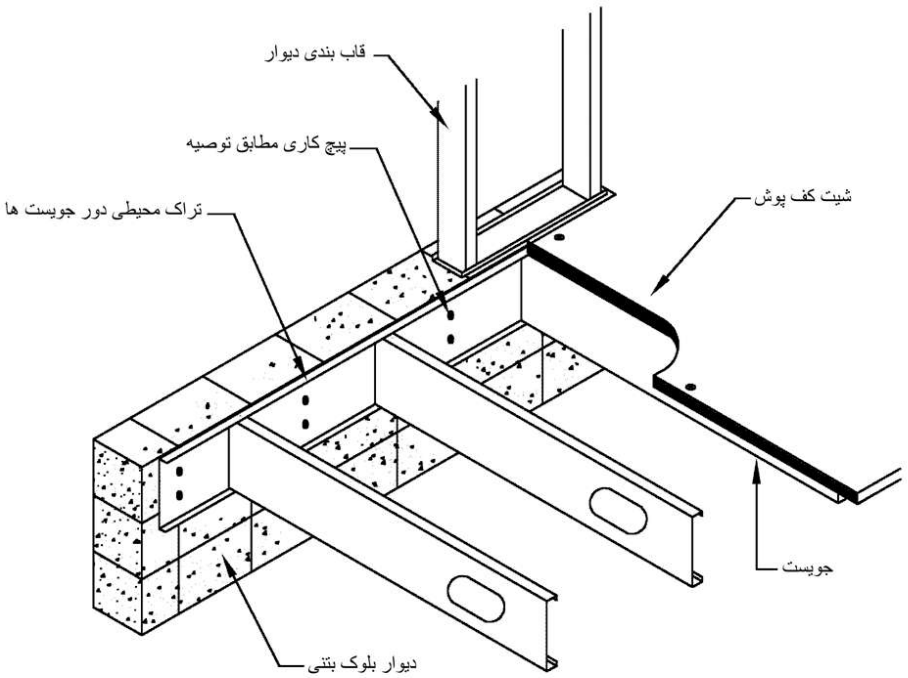
جزئیات إجرایی **F12**

جزئیات قرارگیری جویست های باربر در بازشوی فونداسیون



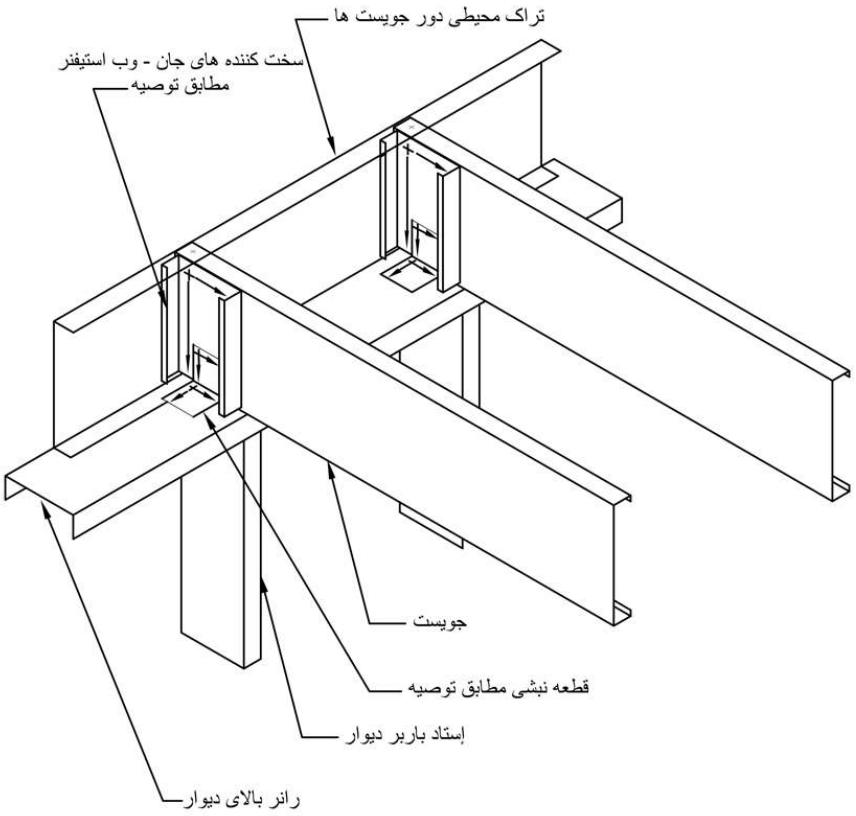
جزئیات اجرایی **F13**

جزئیات اتصال قاب دیافراگم کف به دیوار بلوک بتنی

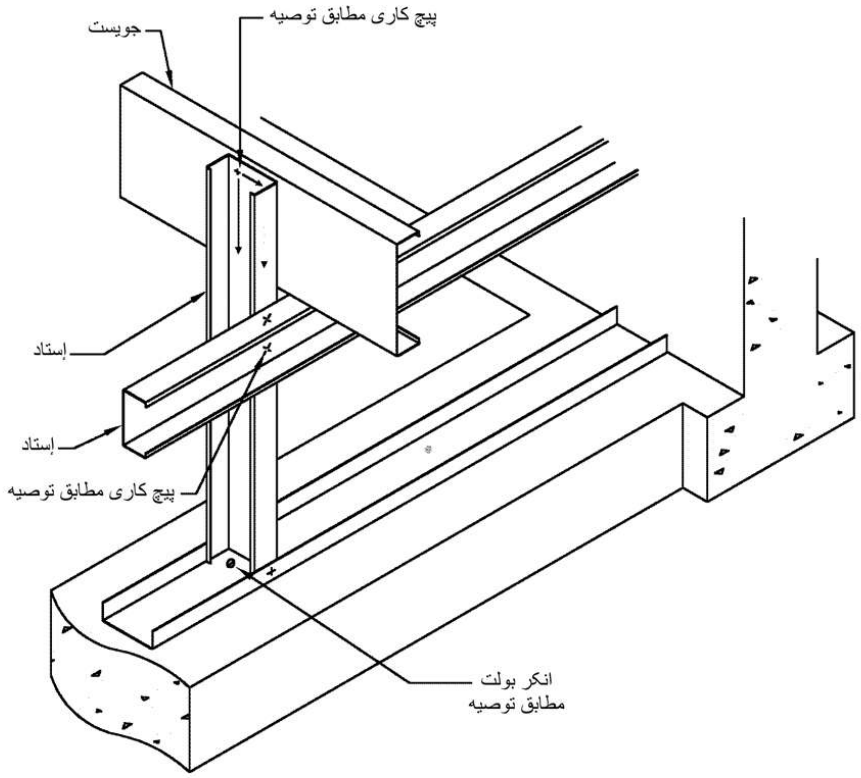


جزئیات إجرایی **F14**

جزئیات سخت کننده های جان در موقعیت دیوارهای باربر

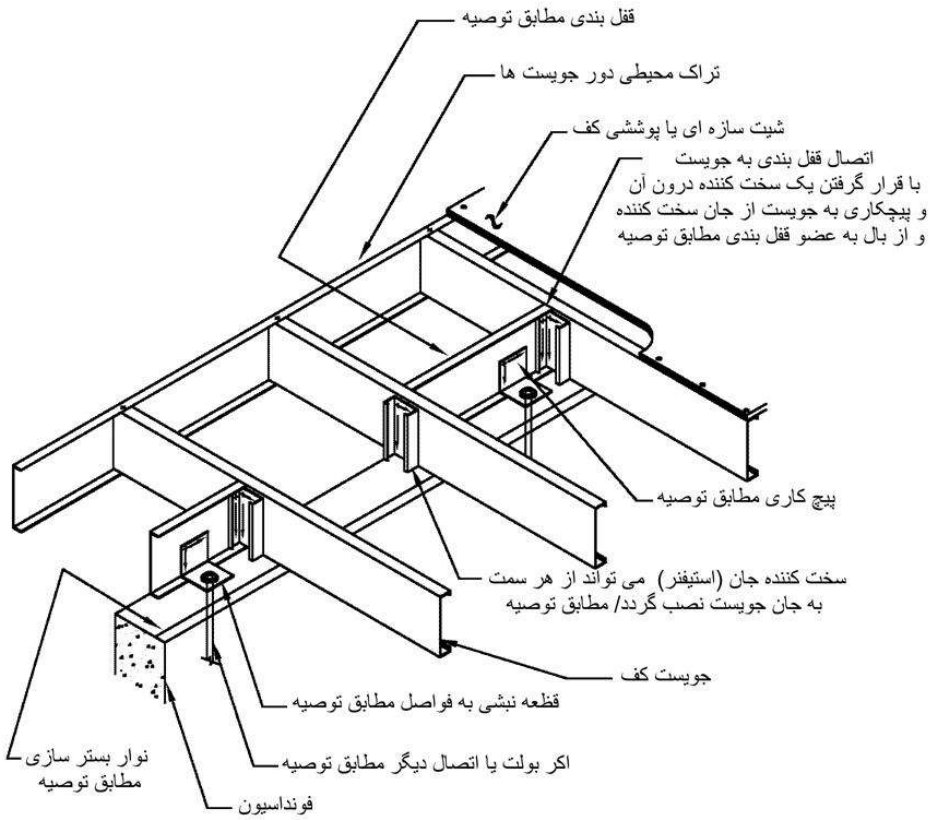


جزئیات اجرایی F15
جزئیات دیوار کوتاه



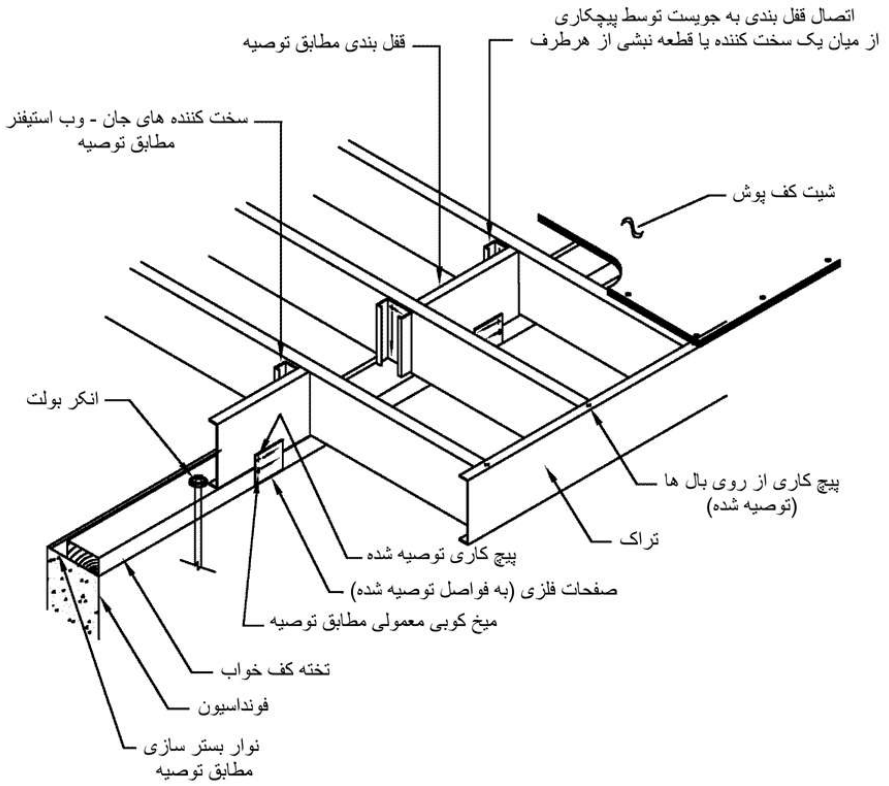
جزئیات اجرایی **F16**

جزئیات اتصال جویست های پیش آمده طرّه (ایوان) به فونداسیون



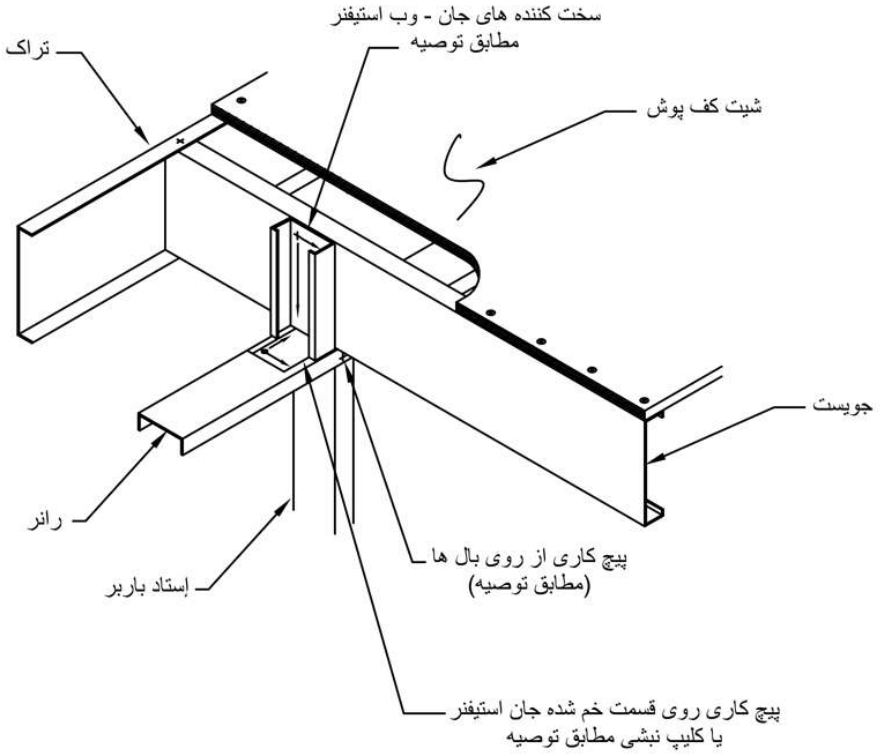
جزئیات اجرایی **F17**

جزئیات اتصال پیش آمدگی جویست ها طرّه (ایوان) به تخته کف خواب



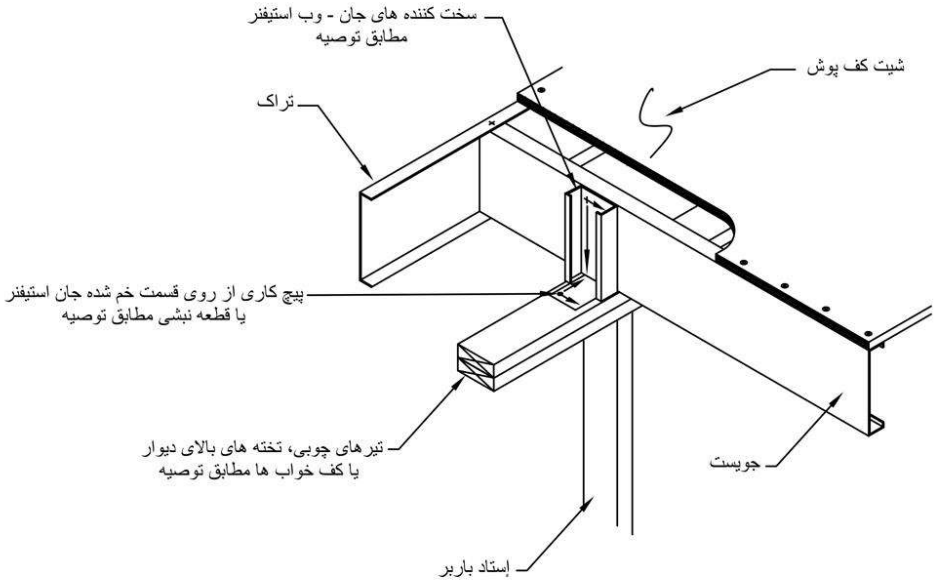
جزئیات اجرایی **F18**

جزئیات اتصال پیش آمدگی جویست ها طرّه (ایوان) به دیوار باربر



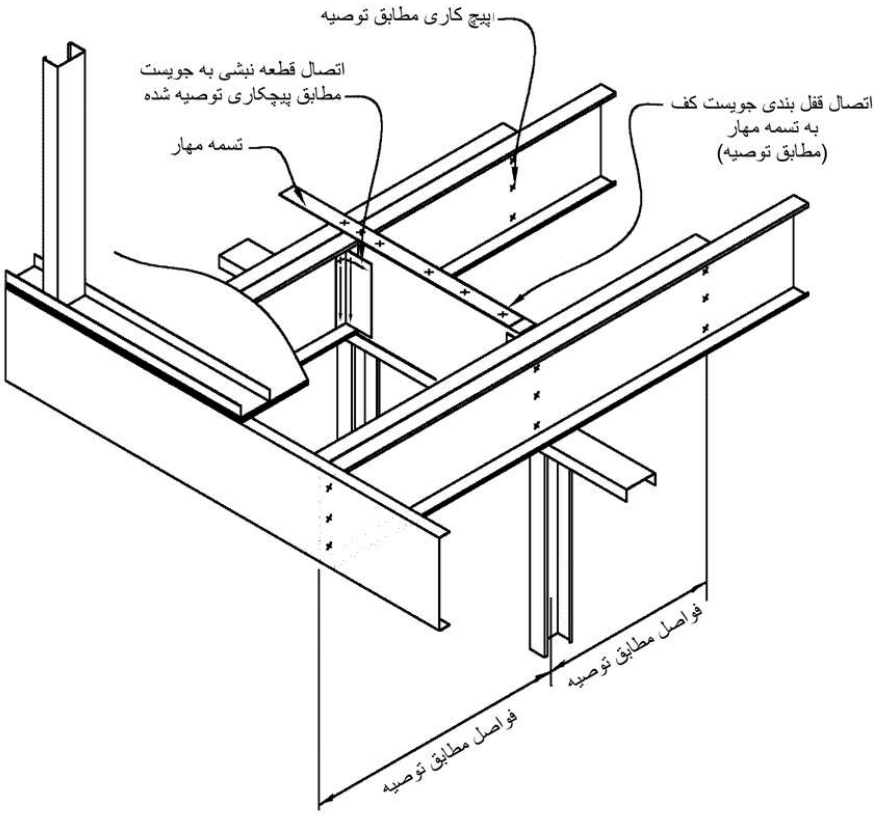
جزئیات اجرایی **F19**

جزئیات اتصال جویست های پیش آمده طرّه (ایوان) به تیرهای چوبی



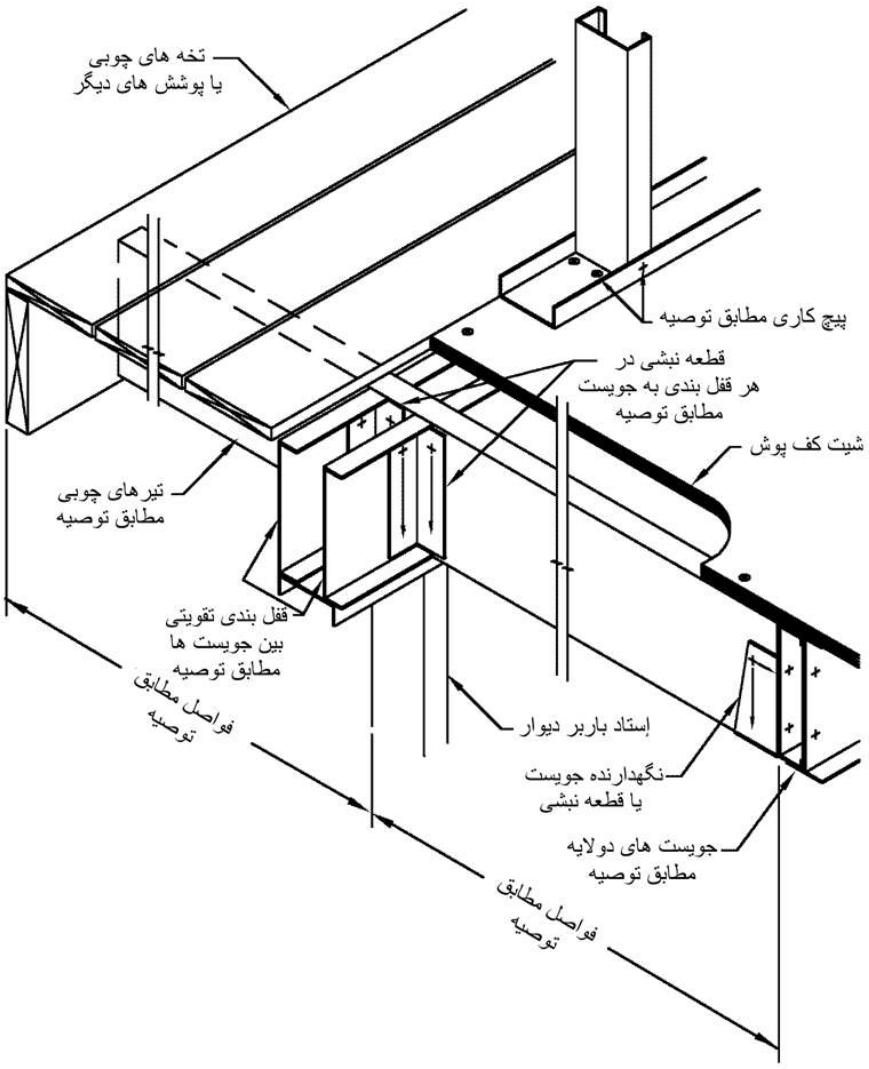
جزئیات اجرایی **F20**

جزئیات جویست های پیش آمدگی طرّه (ایوان) دو لایه



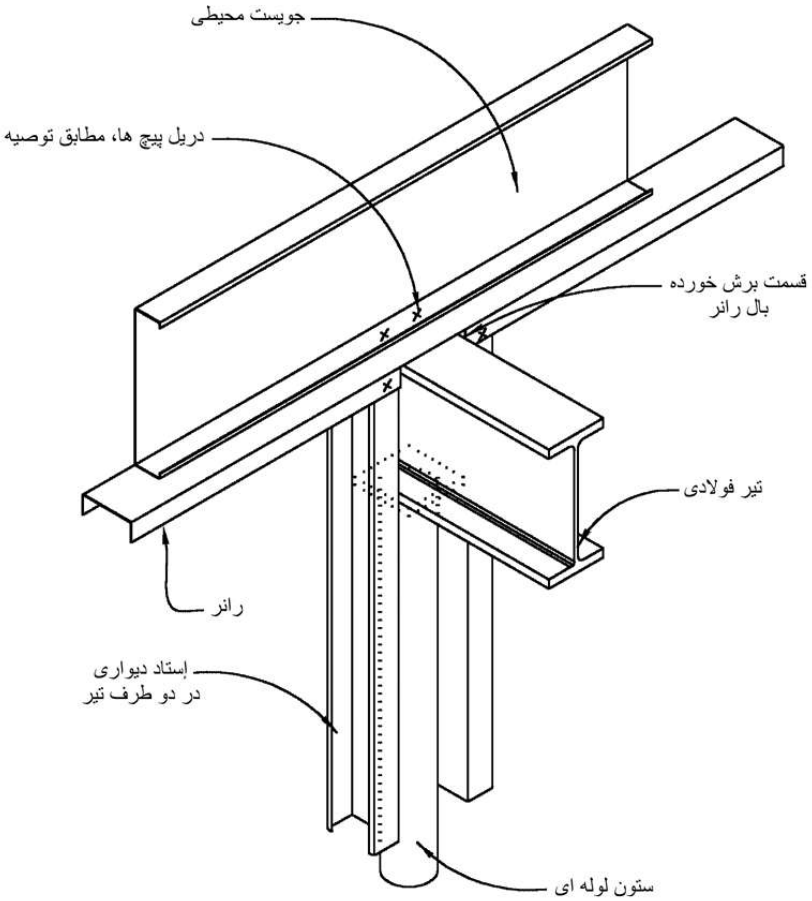
جزئیات اجرایی **F21**

جزئیات ایوان یا عرشه چوبی



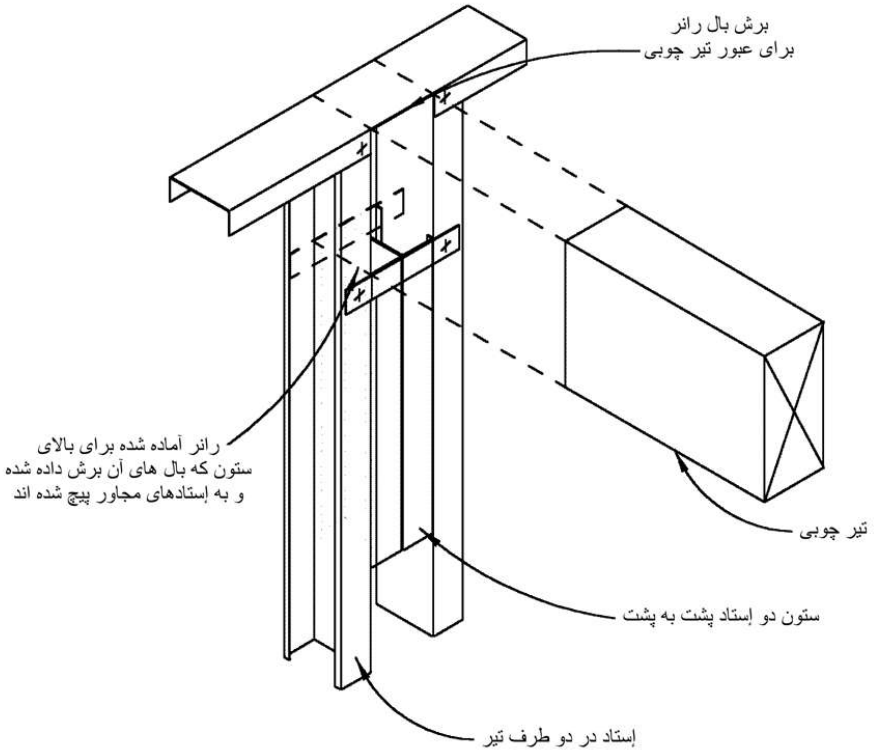
جزئیات اجرایی **F22**

جزئیات تقویت تیر با ستون



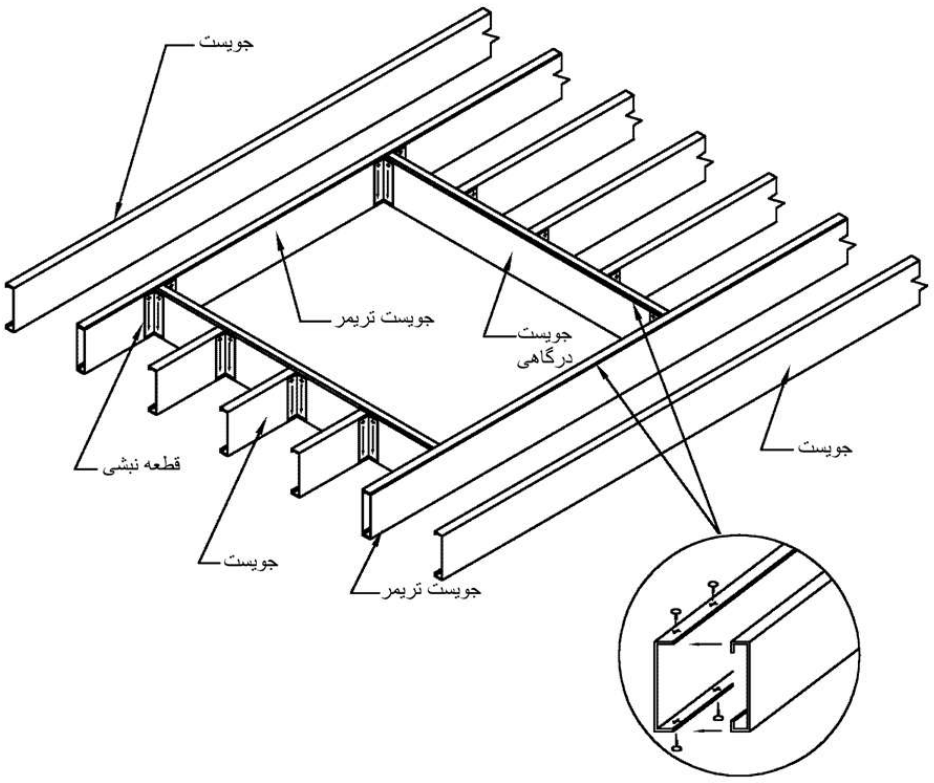
جزئیات اجرایی **F23**

جزئیات تقویت(ساپورت) تیـــر



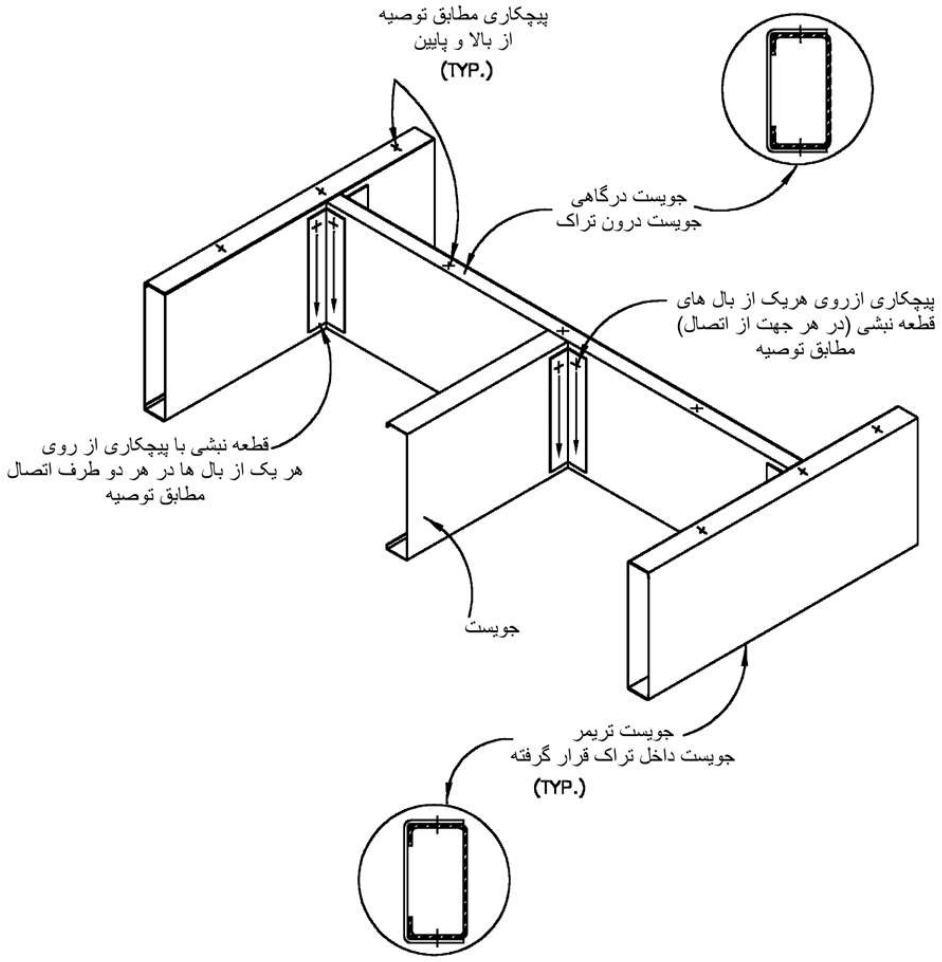
جزئیات اجرایی **F24**

جزئیات بازشوی کف - سقف



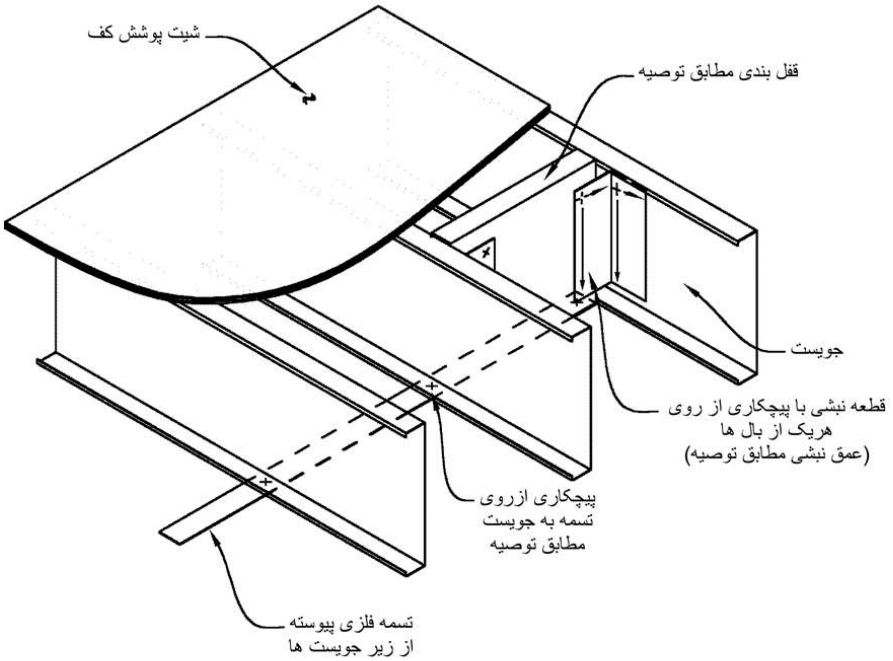
جزئیات اجرایی **F25**

جزئیات درگاه و تریمر کف



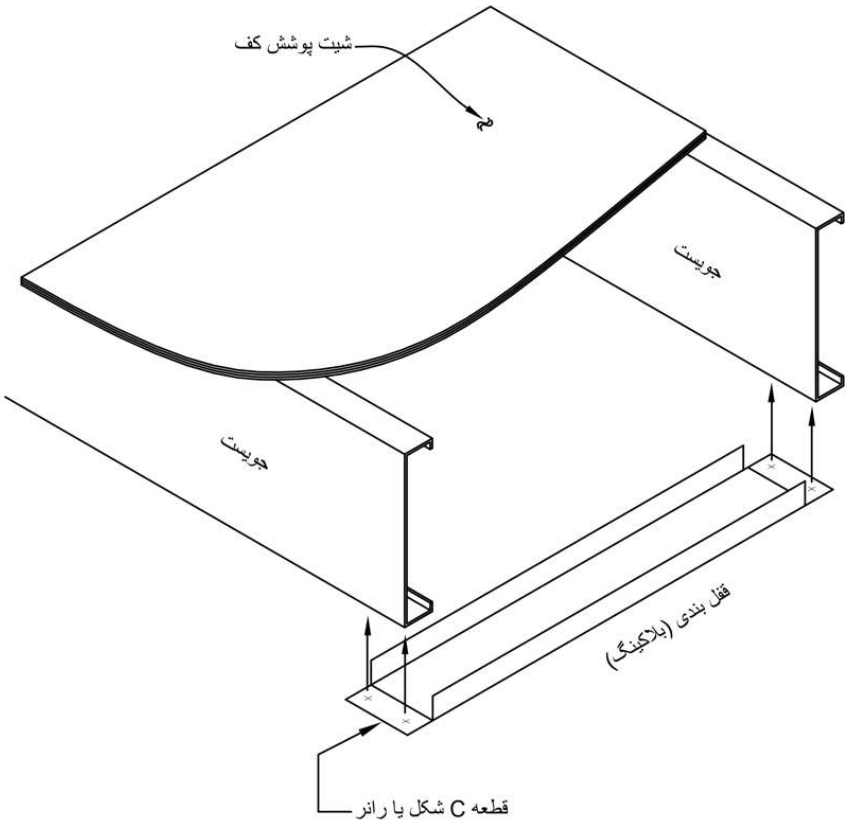
جزئیات اجرایی F26

جزئیات قفل بندی جویست در قاب کف I



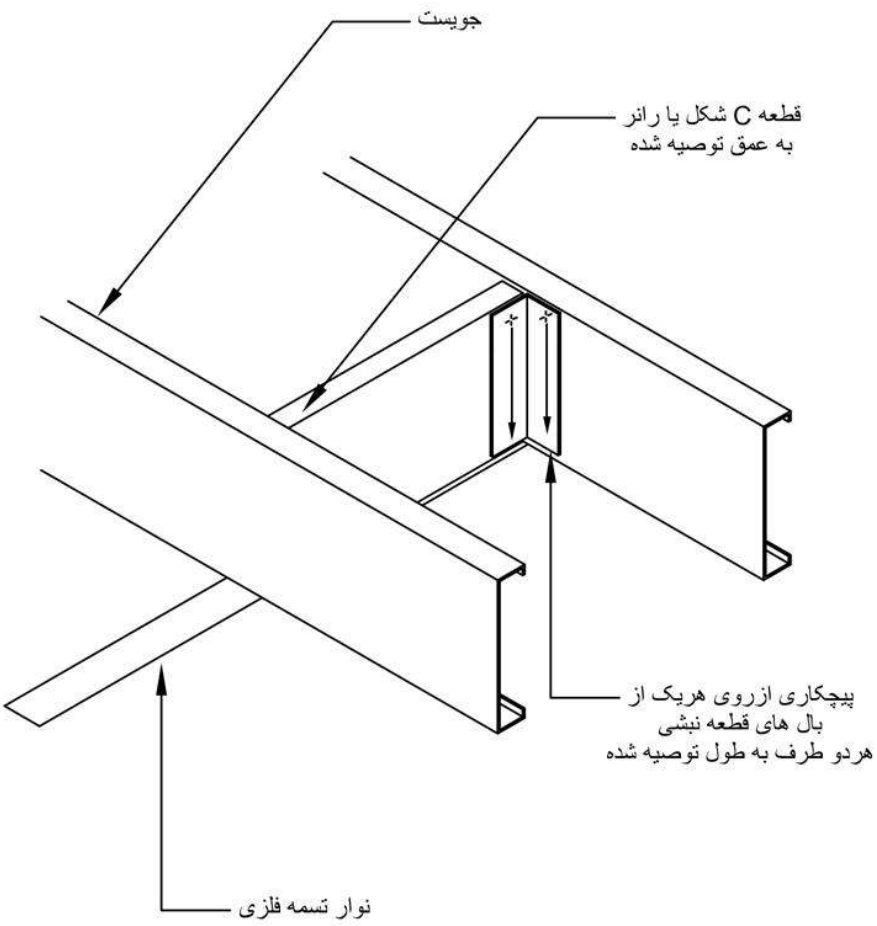
جزئیات اجرایی F27

جزئیات قفل بندی جویست در قاب کف II



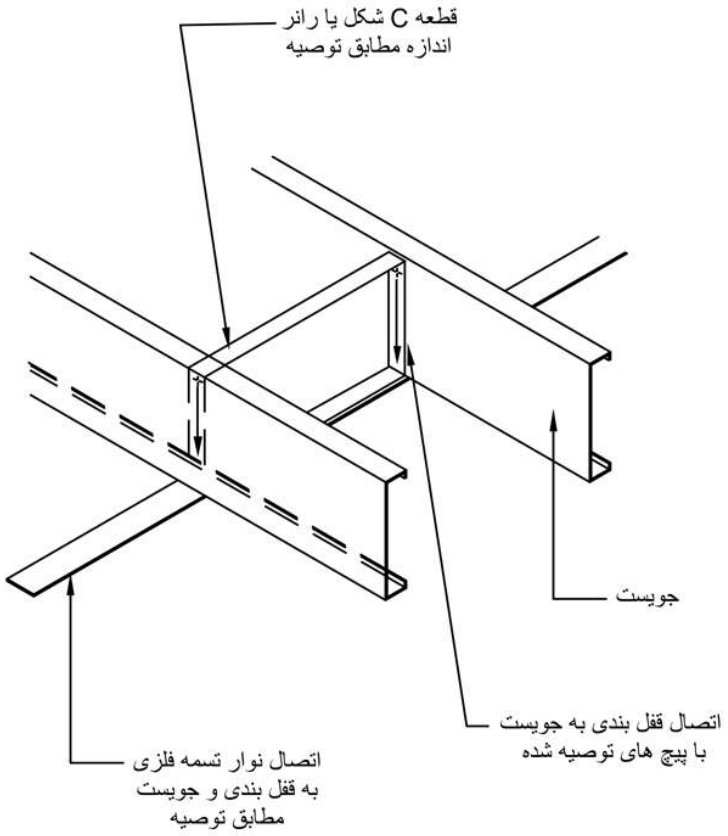
جزئیات اجرایی **F28**

جزئیات قفل بندی جویست در قاب کف III



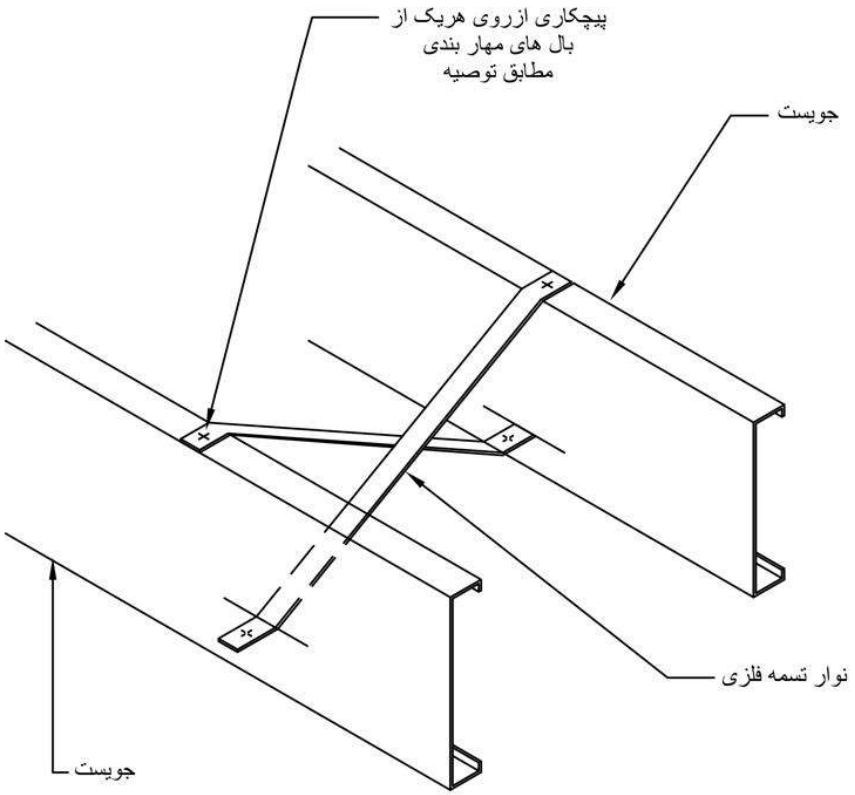
جزئیات اجرایی **F29**

جزئیات قفل بندی جویست در قاب کف IV



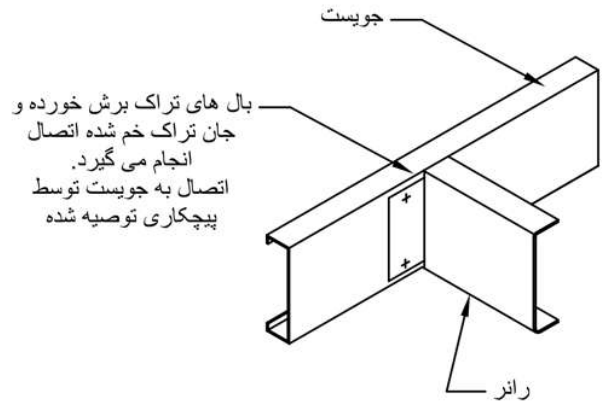
جزئیات إجرایی **F30**

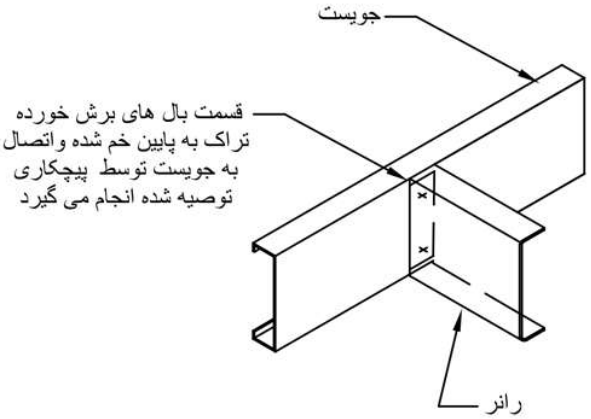
جزئیات مهاربند ضربدری



جزئیات اجرایی **F31**

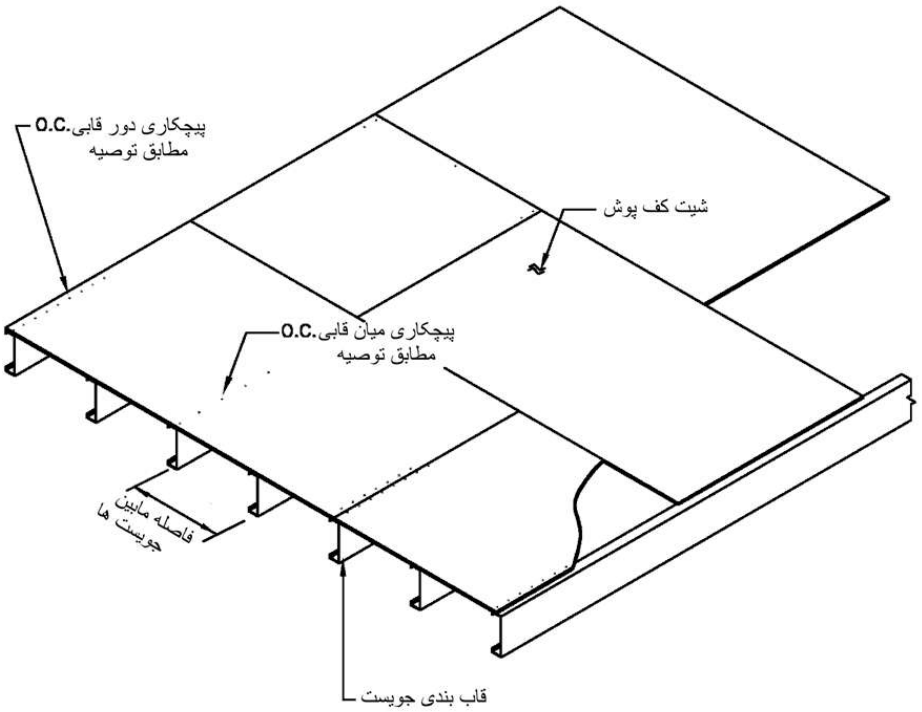
جزئیات اتصال قفل بندی





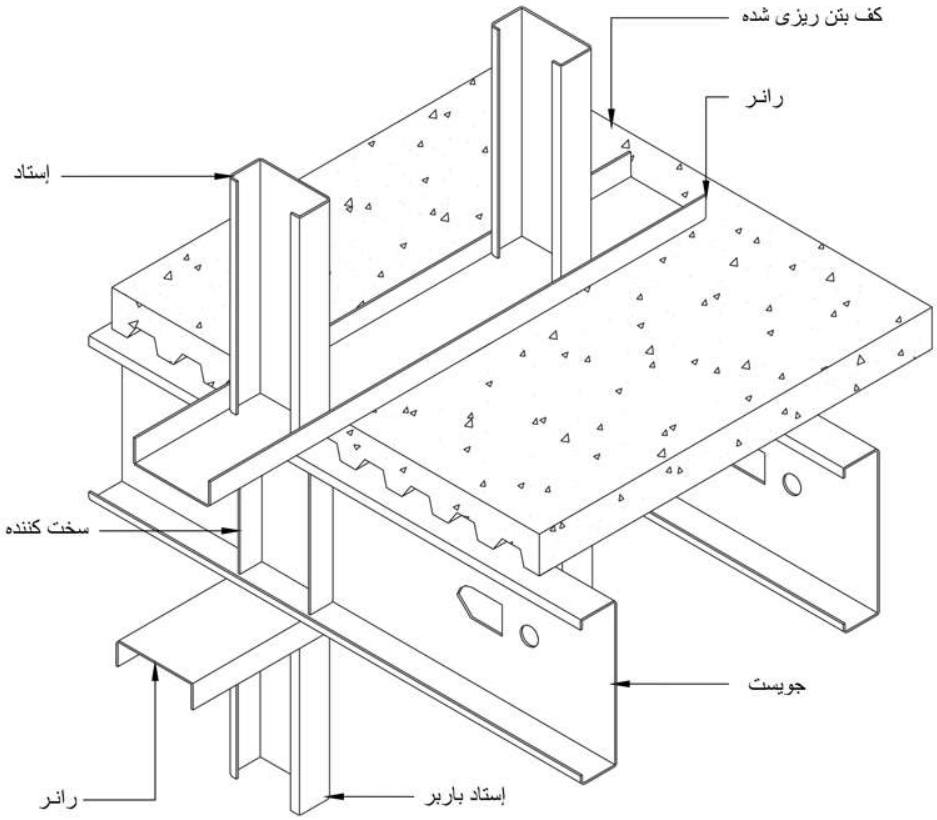
جزئیات اجرایی **F32**

جزئیات اتصال شیت پوشش کف



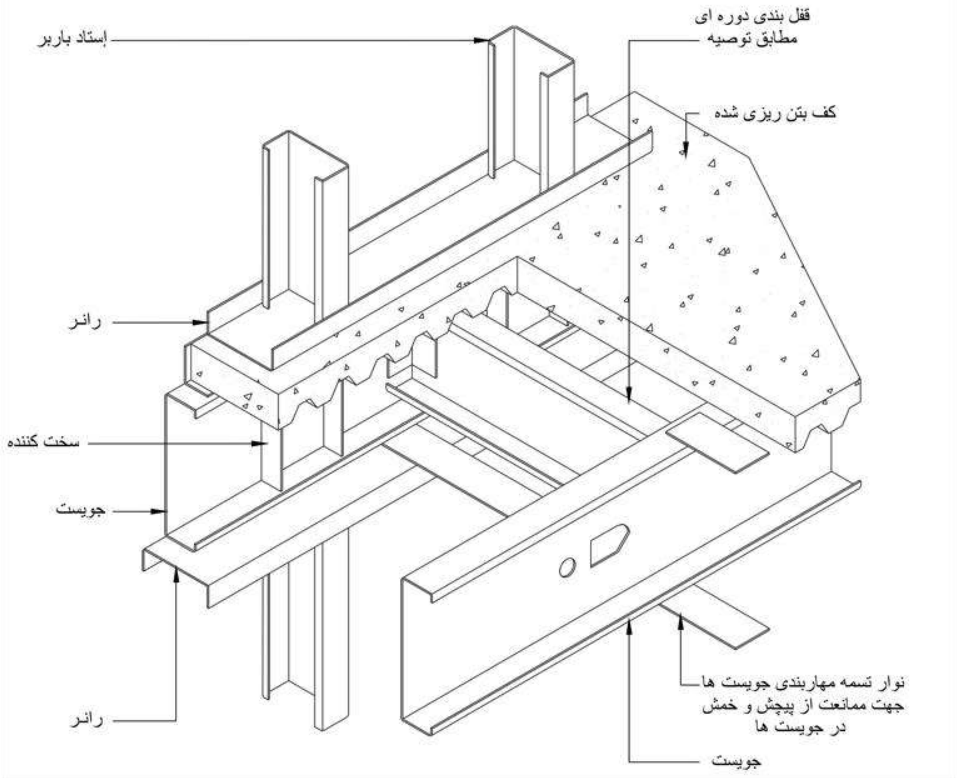
جزئیات إجرایی F33

جزئیات پوشش کف با دک(عرشه) فلزی و بتن ریزی-دیوارهای میانی



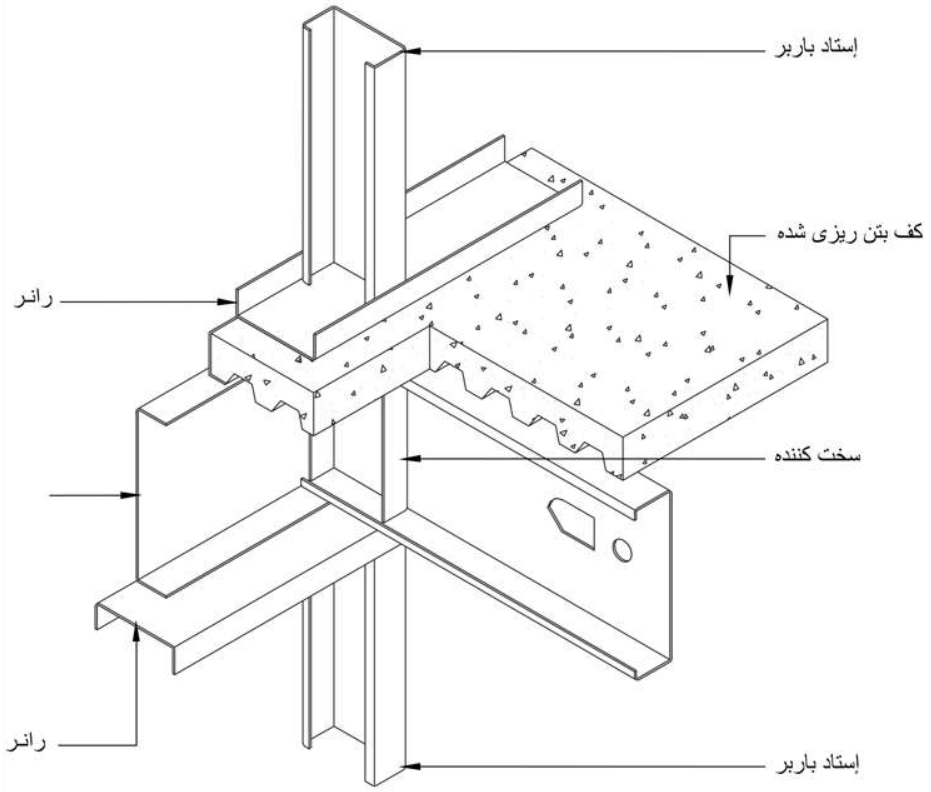
جزئیات اجرایی F34

جزئیات پوشش کف با دک(عرشه) فلزی و بتن ریزی-دیوارهای پیرامونی به موازات جویست ها



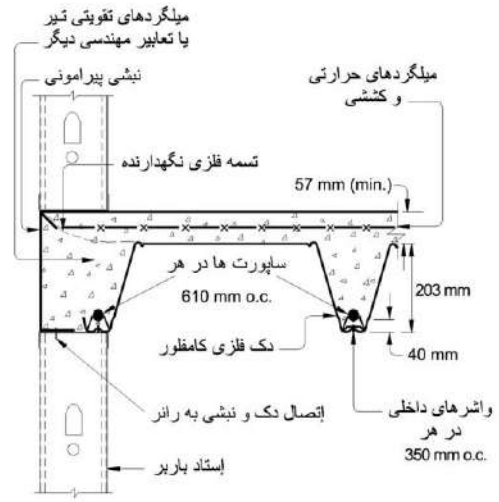
جزئیات إجرایی F35

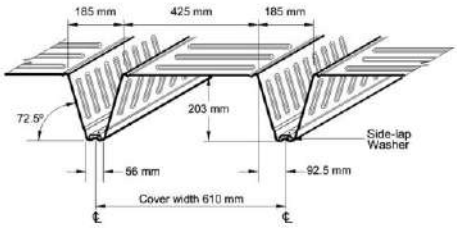
جزئیات پوشش کف با دک(عرشه) فلزی و بتن ریزی-دیوارهای پیرامونی

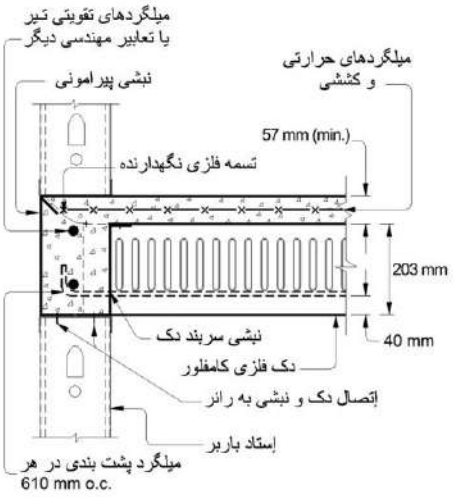


جزئیات إجرایی F36

جزئیات إجرای سقف با سیستم دک فلزی بدون جویست (کامفلور)

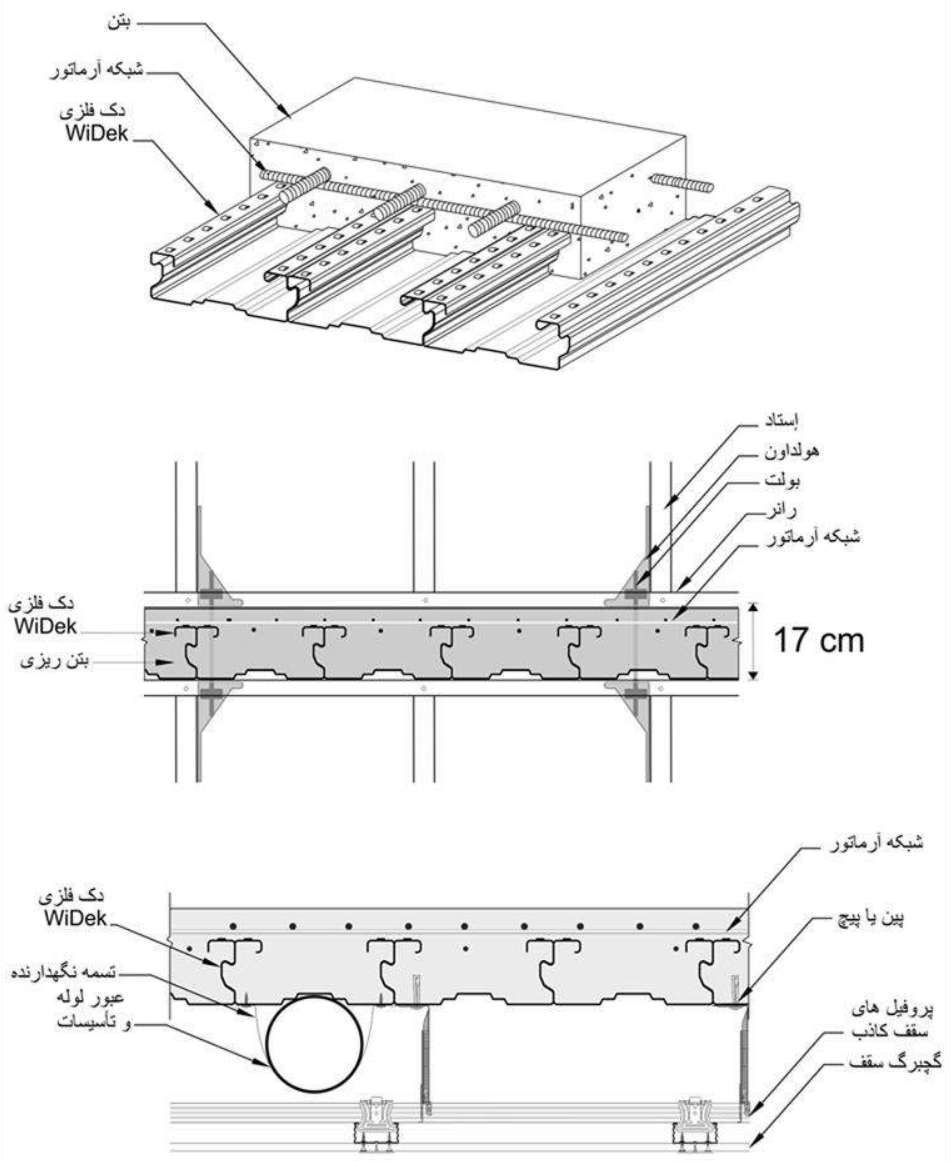






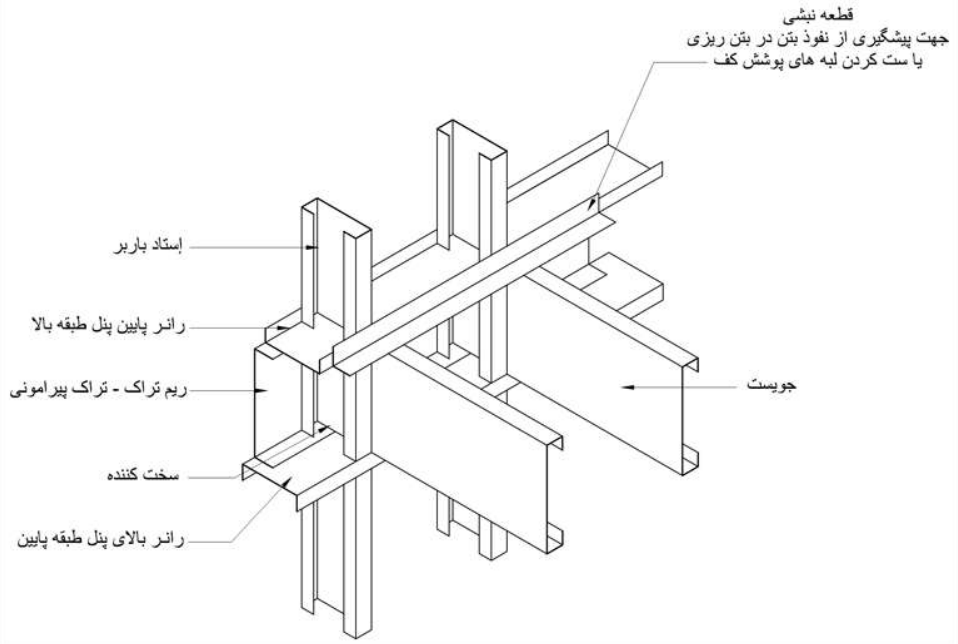
جزئیات إجرایی F37

جزئیات إجرای سقف با استفاده از جویست وایدک WiDek



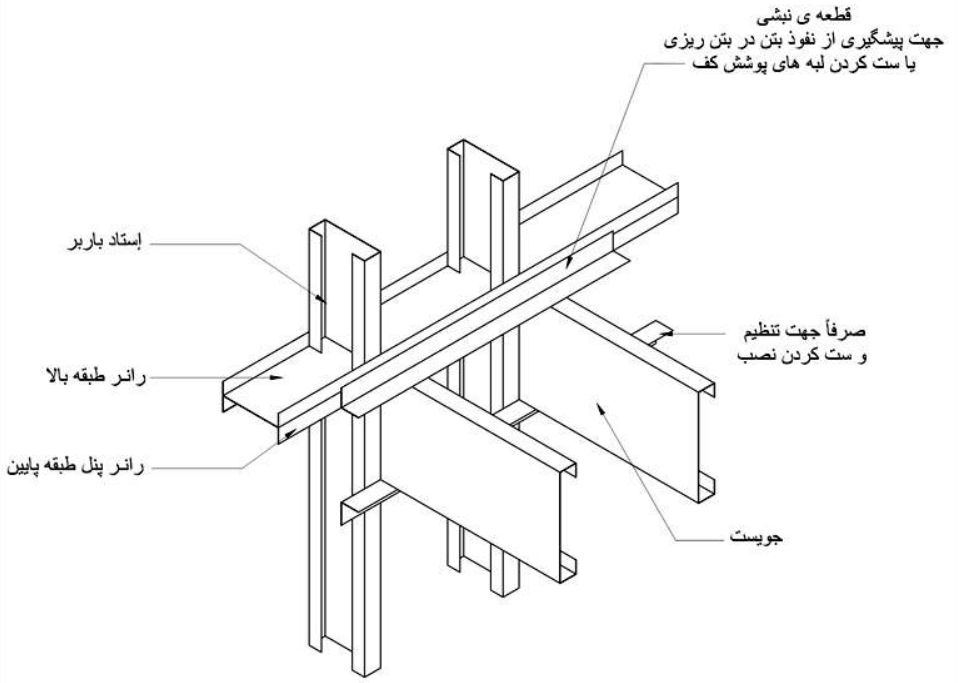
جزئیات إجرایی F38

جزئیات إجرای جویست های خارج از محور إستاد توسط سخت کننده های باربر



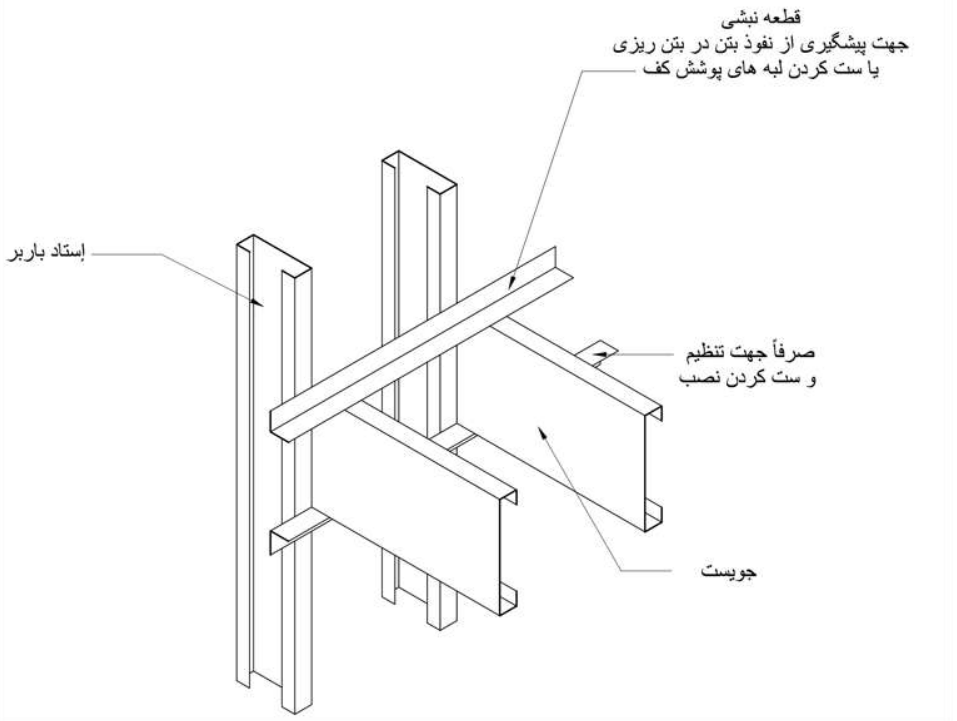
جزئیات إجرایی F39

جزئیات إتصال جویست به إستاد در سیستم بالون I



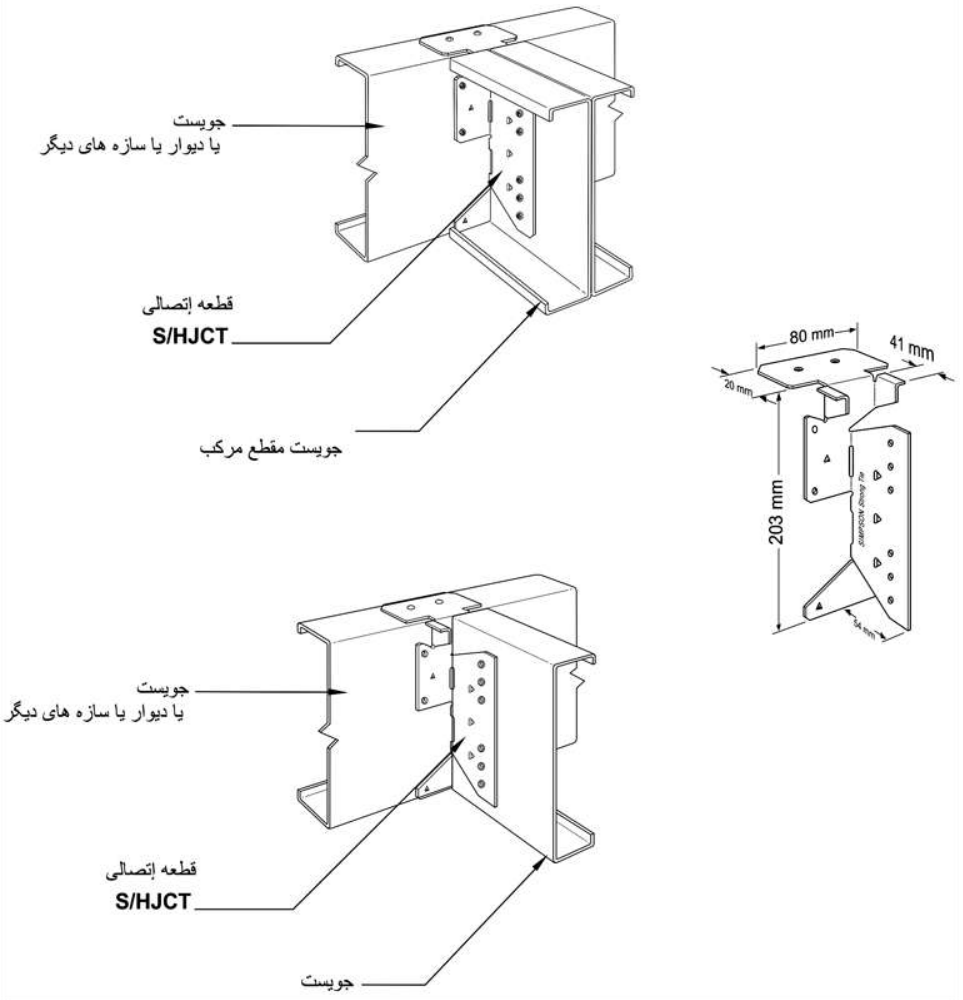
جزئیات إجرایی F40

جزئیات إتصال جویست به إستاد در سیستم بالون II



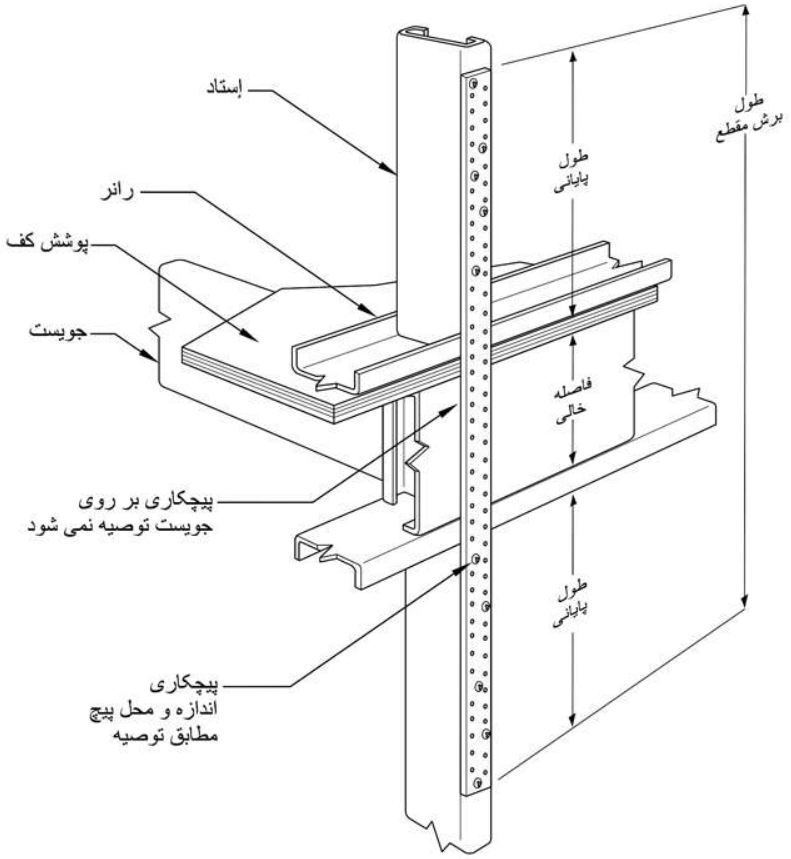
جزئیات إجرایی F41

جزئیات إتصال جویست به جویست یا هر نوع سازه دیگر با قطعه إتصالی S/HJCT



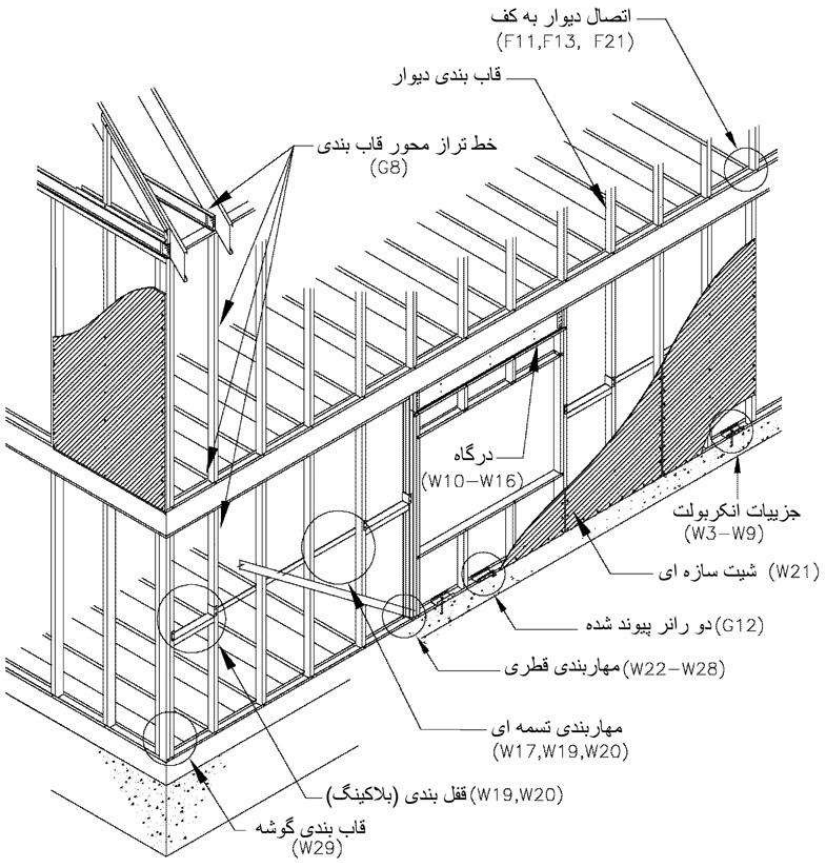
جزئیات اجرایی F42

جزئیات اتصال پنل دیوار طبقات از ناحیه استاد



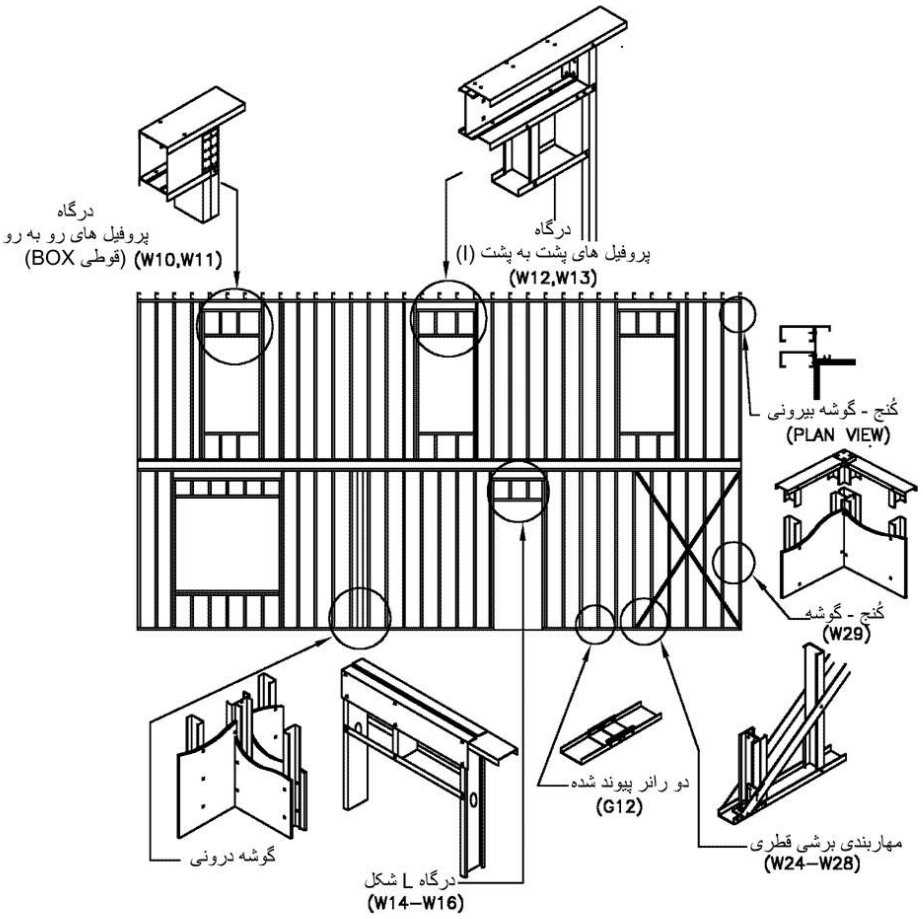
جزئیات اجرایی **W1**

جزئیات قاب بندی دیوار I



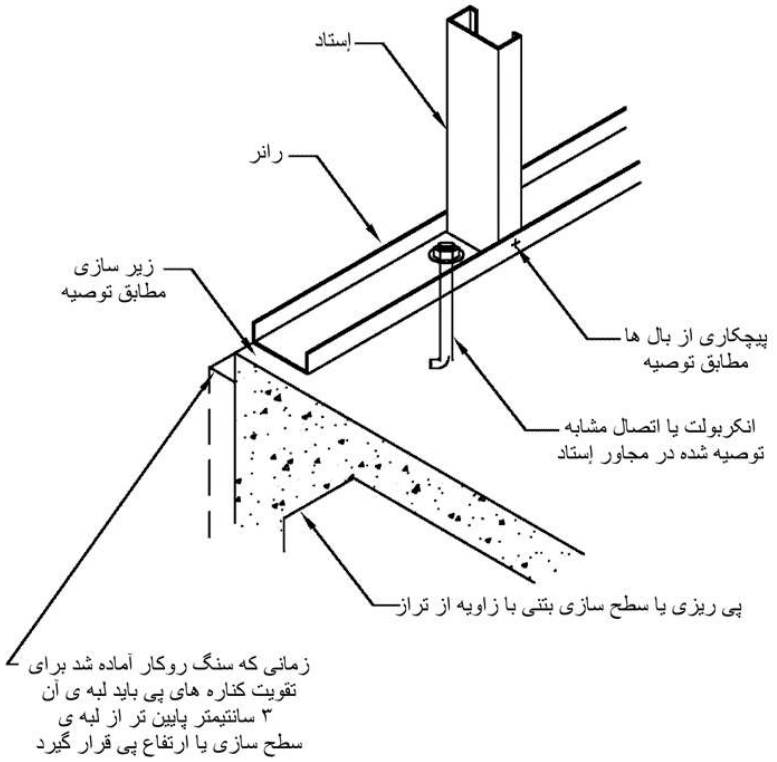
جزئیات اجرایی **W2**

جزئیات قاب بندی دیوار II



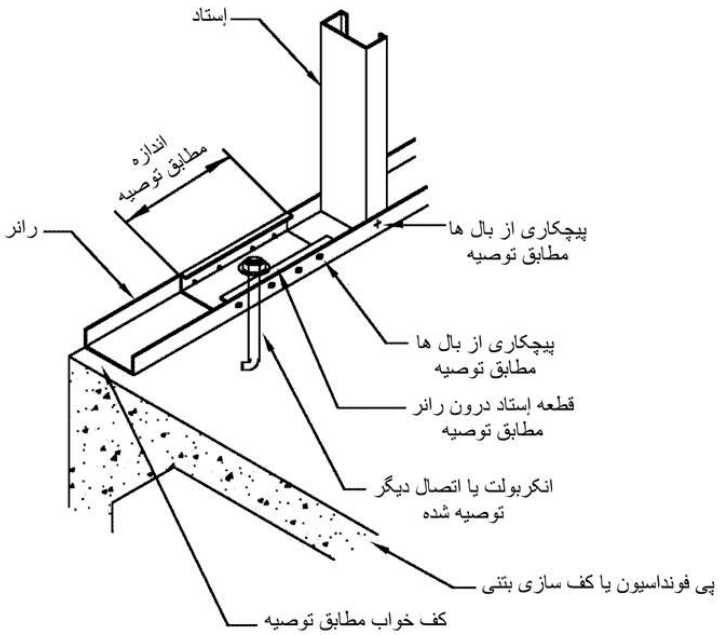
جزئیات اجرایی **W3**

جزئیات إتصال دیوار به فونداسیون یا کف سازی بتنی I



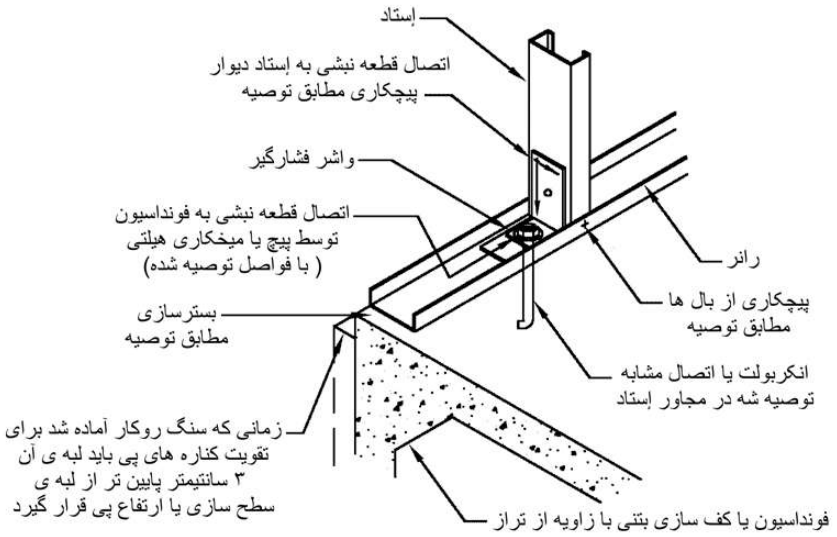
جزئیات اجرایی **W4**

جزئیات اتصال دیوار به فونداسیون یا کف سازی بتنی II



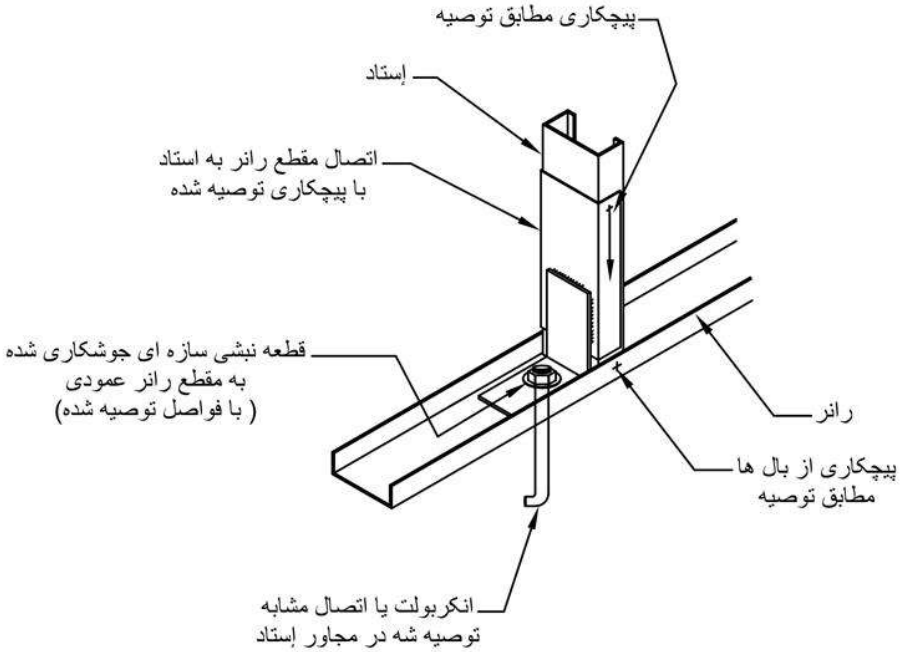
جزئیات اجرایی **W5**

جزئیات اتصال دیوار به فونداسیون یا کف سازی بتنی III



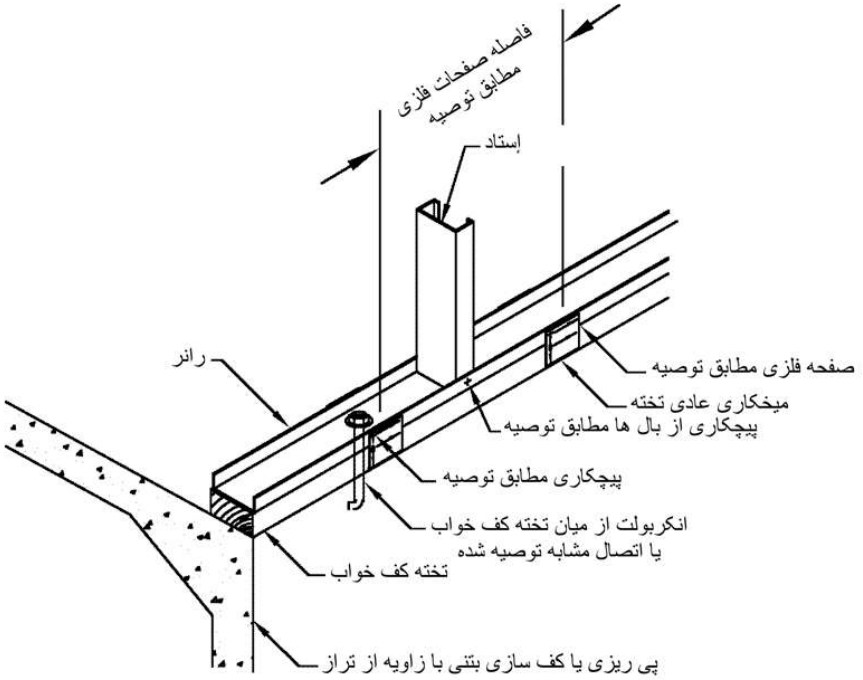
جزئیات إجرایی **W6**

جزئیات إتصال دیوار به فونداسیون یا کف سازی بتنی IV



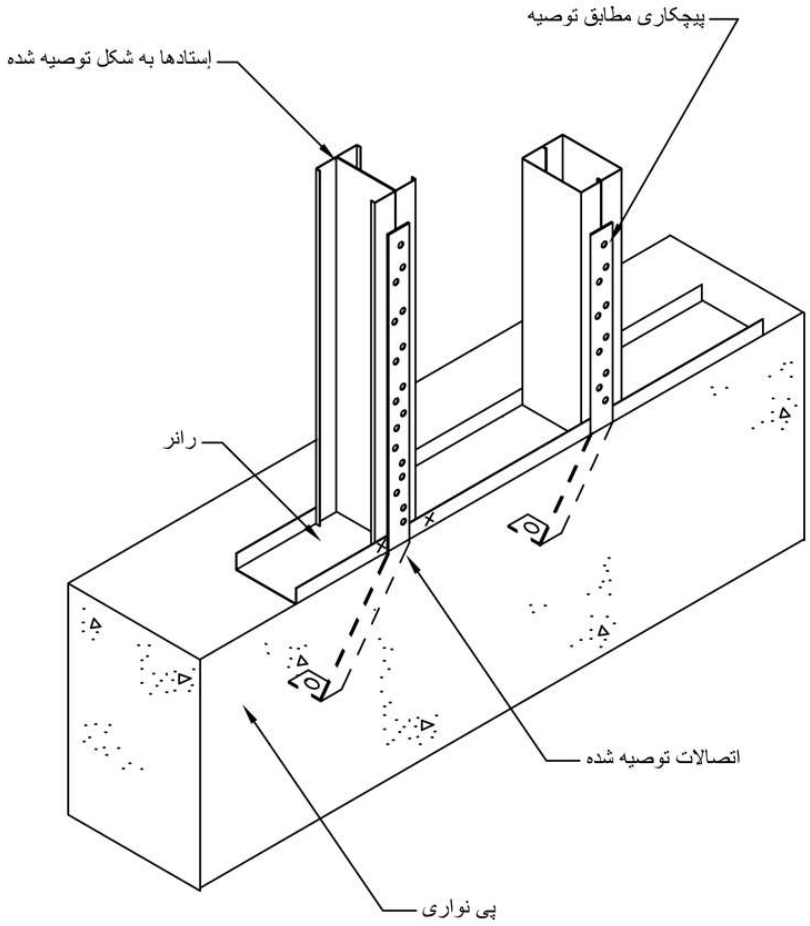
جزئیات اجرایی **W7**

جزئیات اتصال دیوار به تخته کف خواب



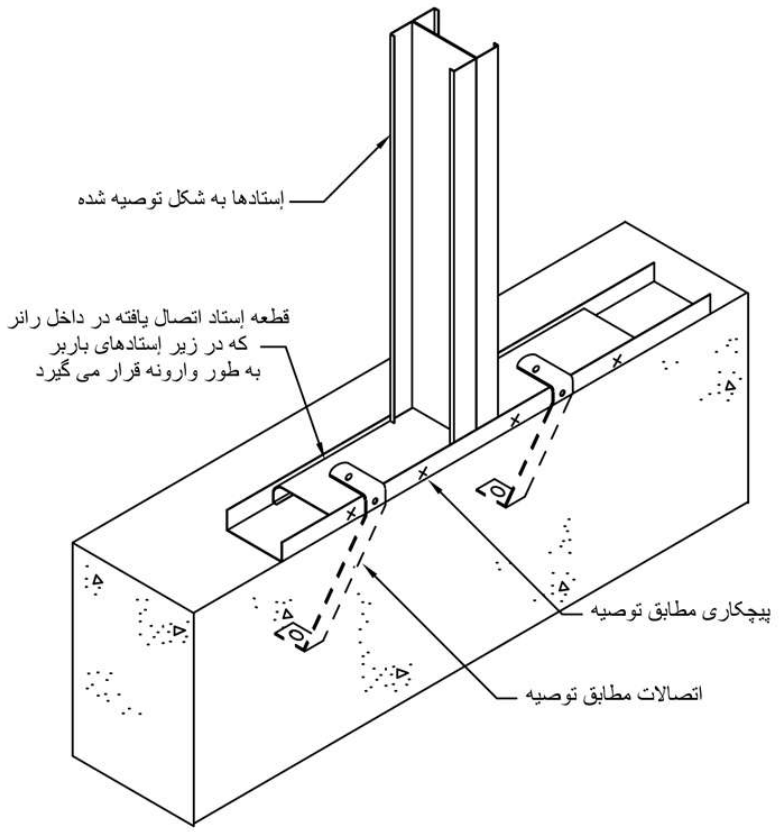
جزئیات إجرایی **W8**

جزئیات إتصال هولداون پی کار I



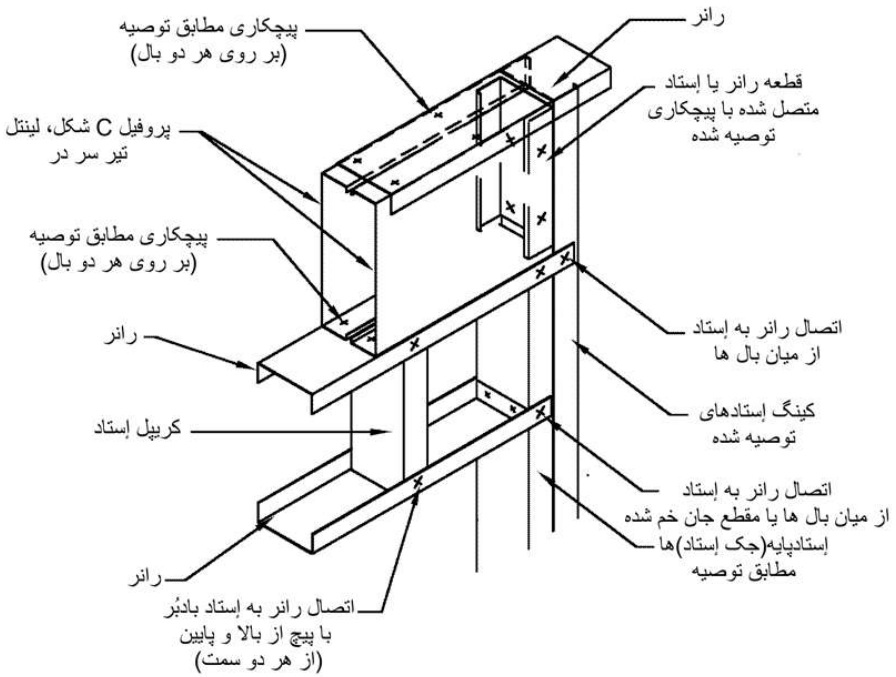
جزئیات إجرایی **W9**

جزئیات إتصال هولداون پی کار II



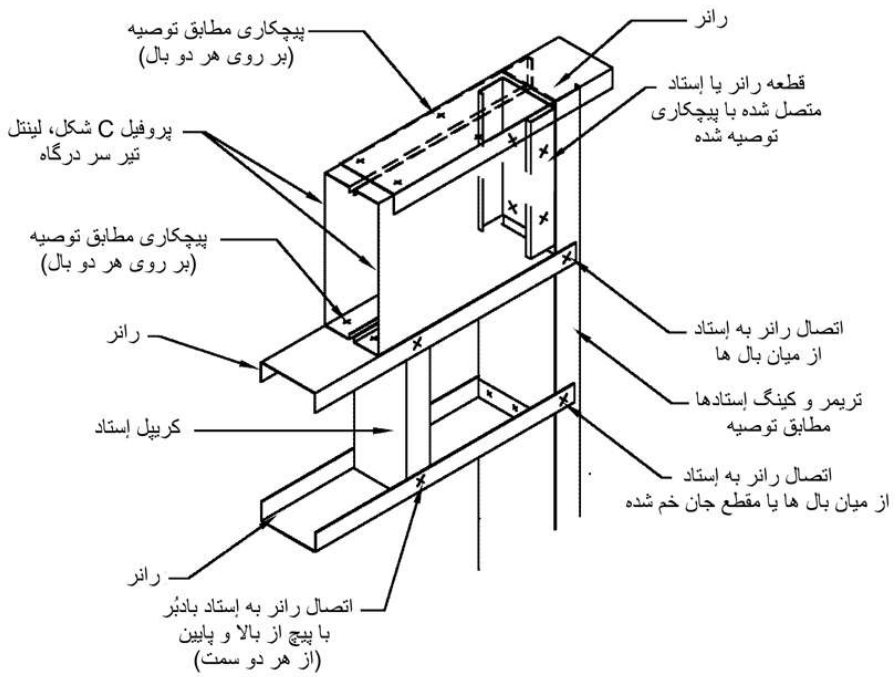
جزئیات اجرایی **W10**

جزئیات درگاه با سردر(لینتل) قوطی شکل و جک استاد



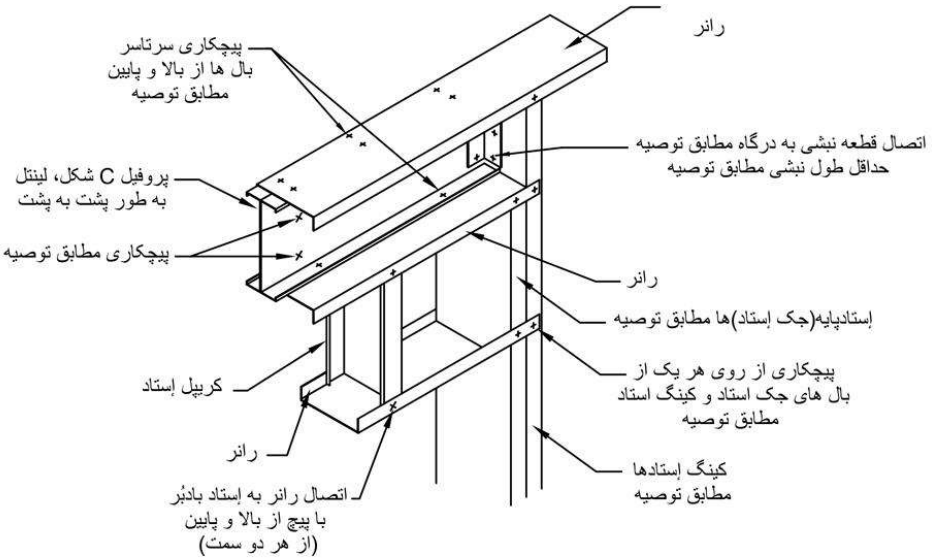
جزئیات اجرایی **W11**

جزئیات درگاه با سردر(لینتل) قوطی شکل



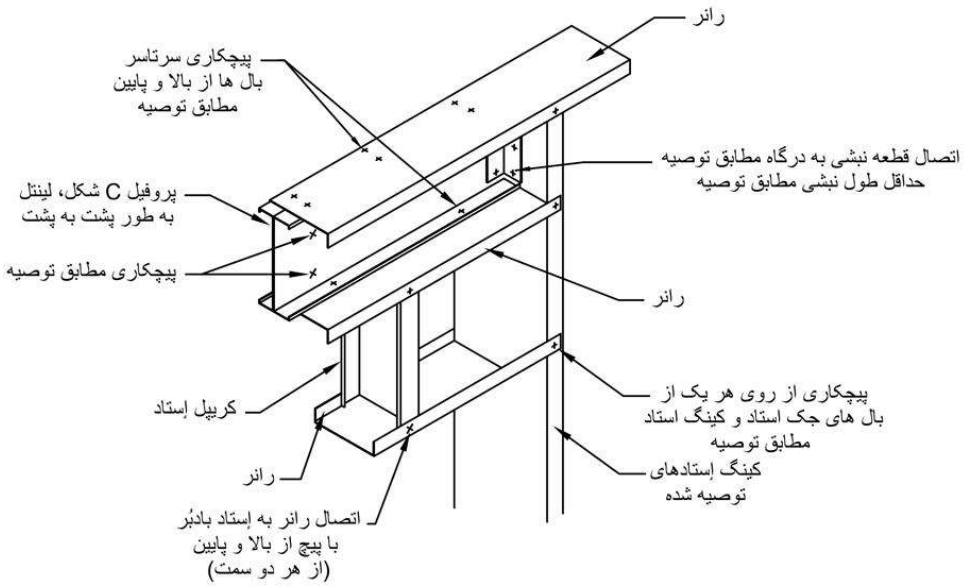
جزئیات اجرایی **W12**

جزئیات درگاه با سردر(لینتل) پشت به پشت و جک إستاد



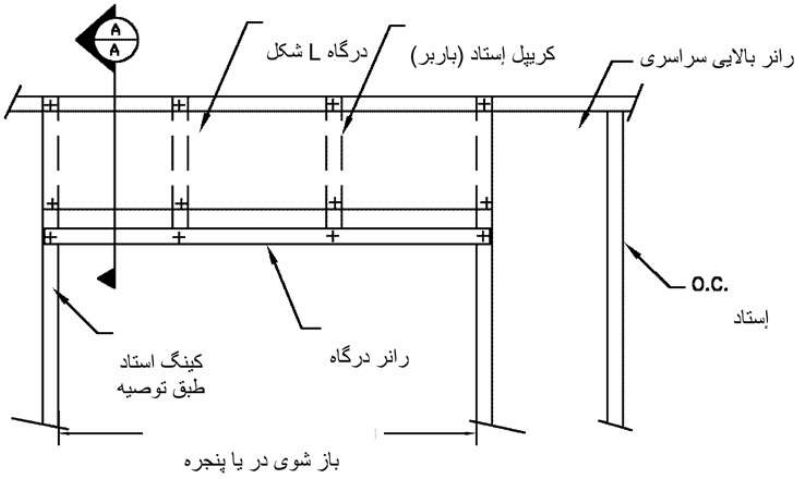
جزئیات اجرایی **W13**

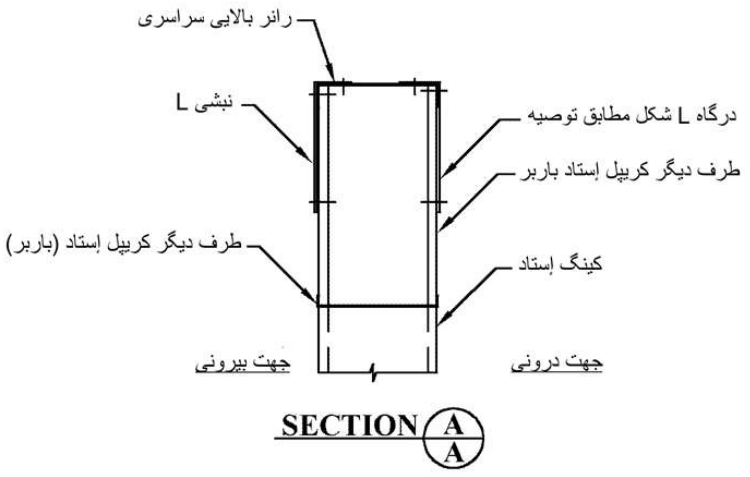
جزئیات درگاه با سردر(لینتل) پشت به پشت



جزئیات اجرایی **W14**

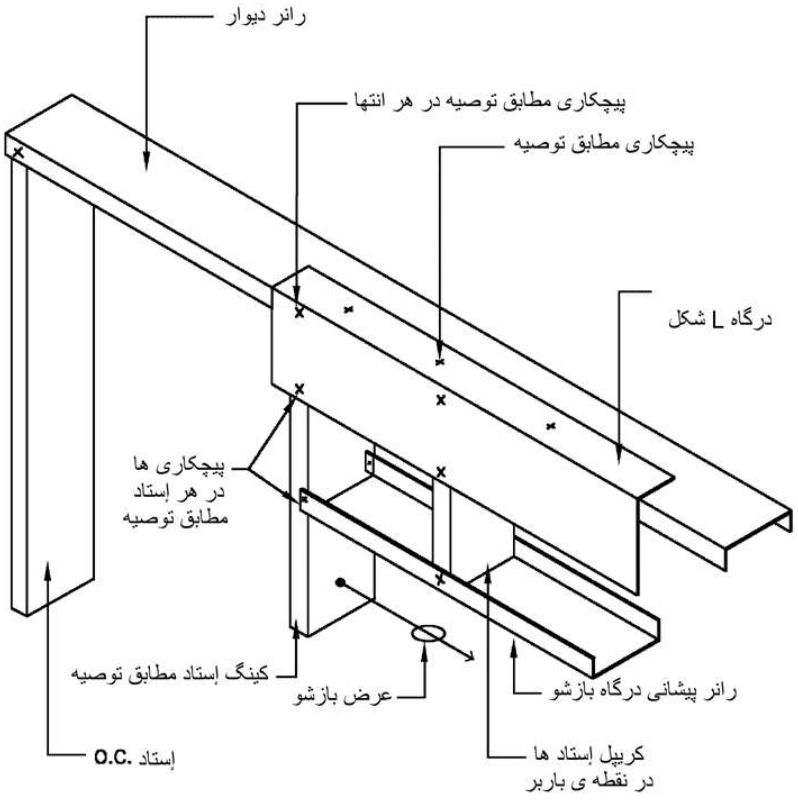
جزئیات درگاه با سردر(لینتل) L شکل





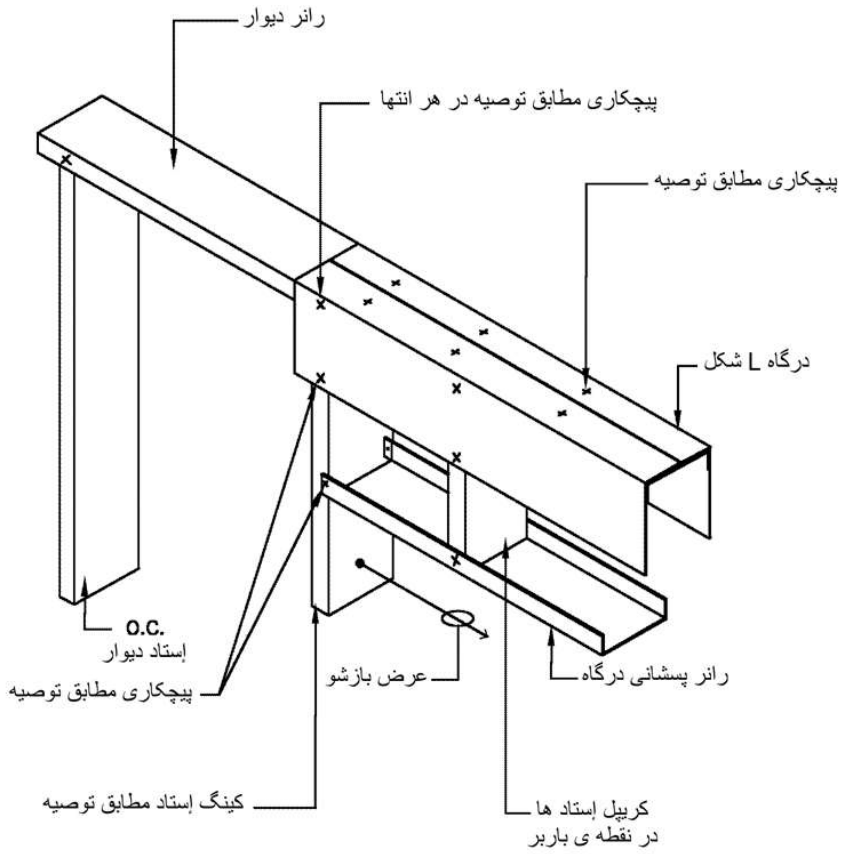
جزئیات اجرایی **W15**

جزئیات درگاه به سردر(لینتل) L شکل منفرد



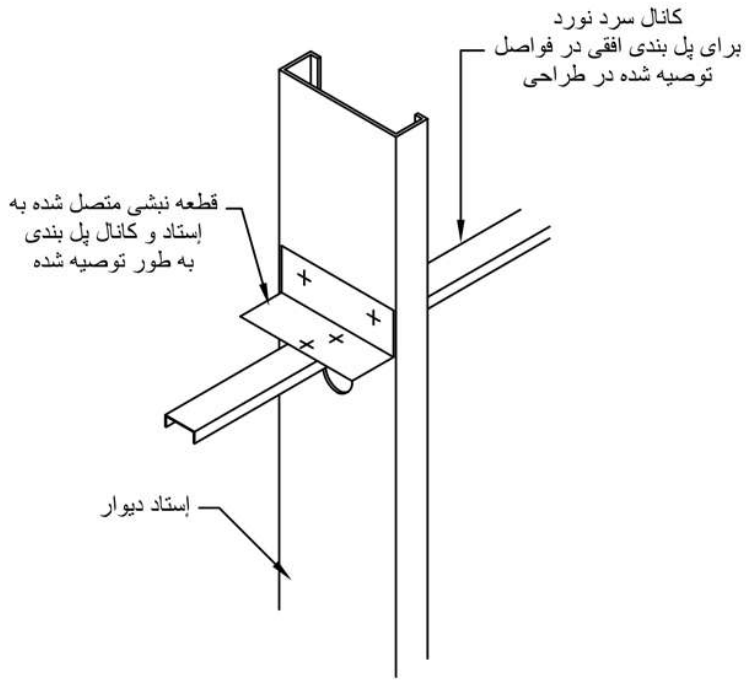
جزئیات اجرایی **W16**

جزئیات درگاه با سردر(لینتل) L شکل در دو سمت



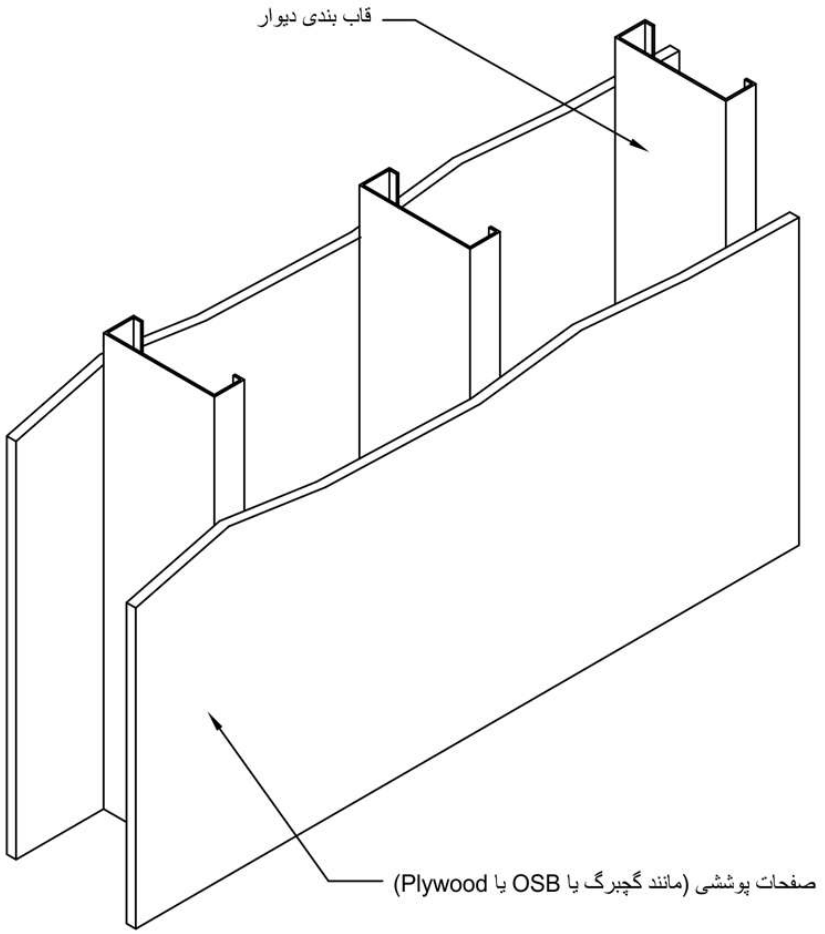
جزئیات اجرایی **W17**

جزئیات مهاربندی إستادها با پروفیل کانال سرد نورد



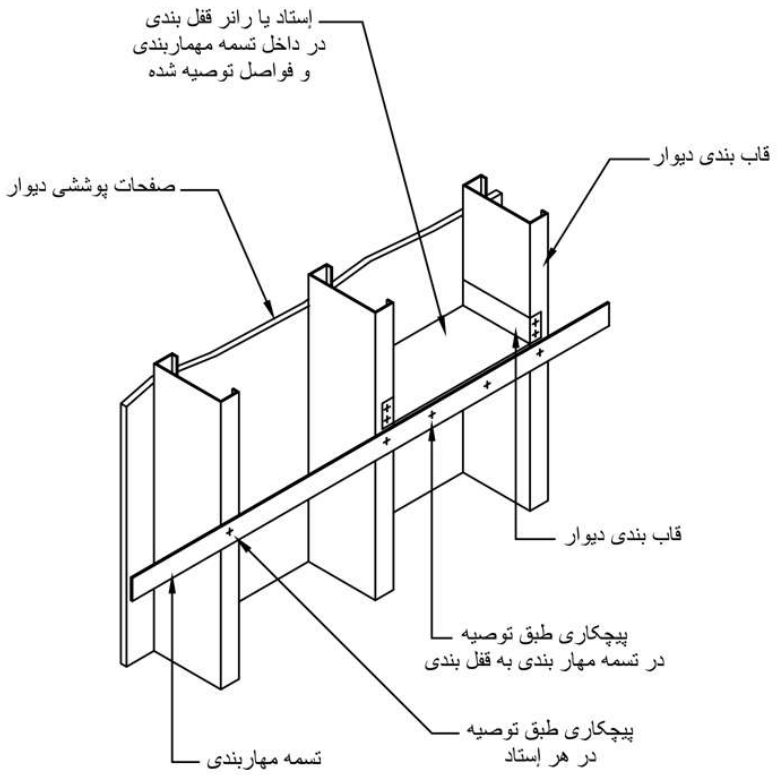
جزئیات اجرایی **W18**

جزئیات مهاربندی برشی إستادها توسط شیت های سازه ای



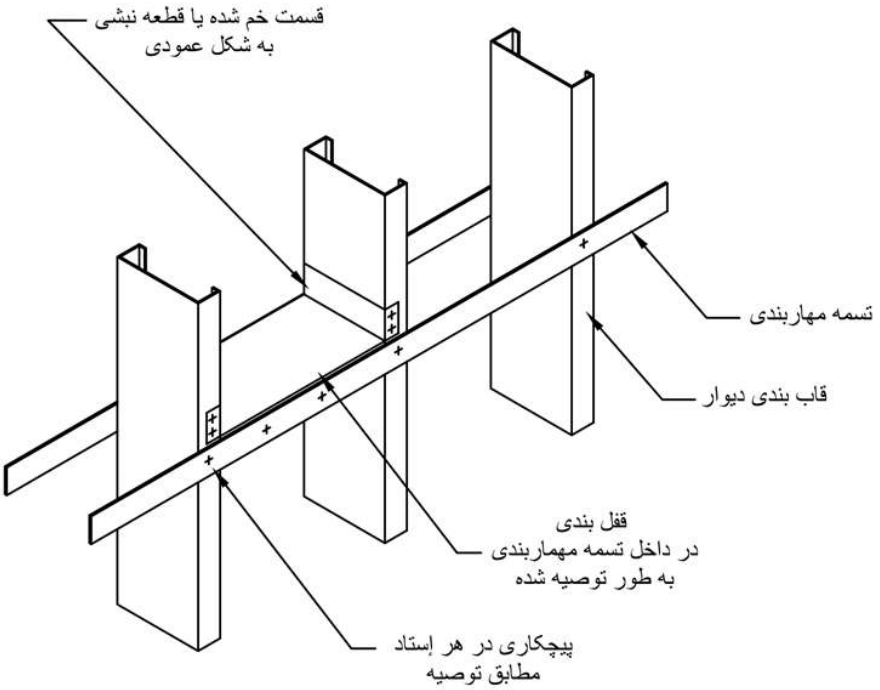
جزئیات إجرایی **W19**

جزئیات مهاربندی إستاد توسط تسمه کشی و صفحات سازه ای



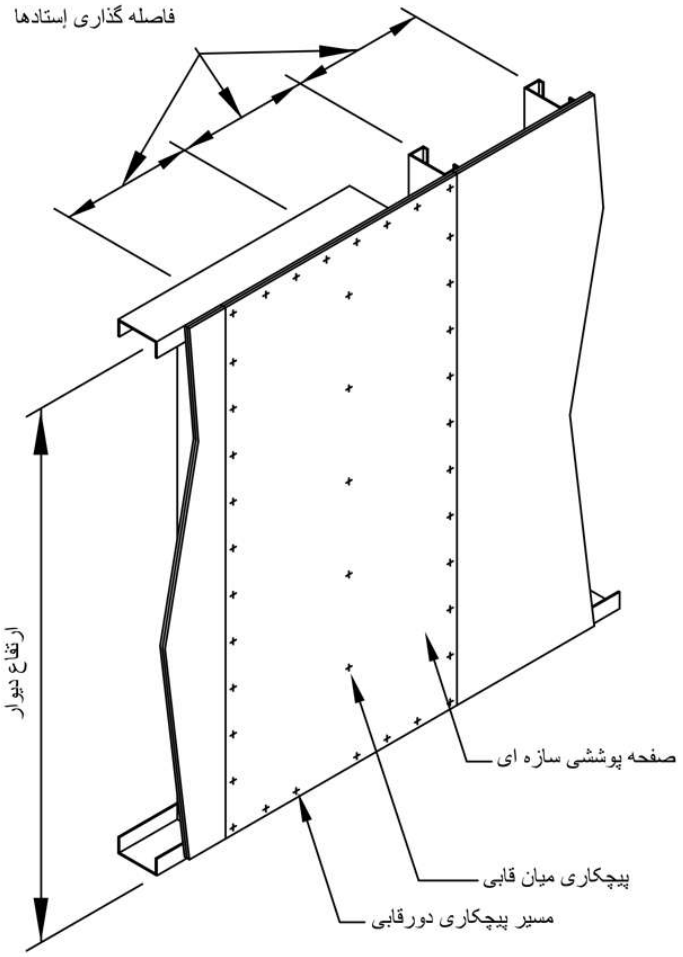
جزئیات اجرایی **W20**

جزئیات مهاربندی إستاد توسط تسمه کشی و قفل بندی



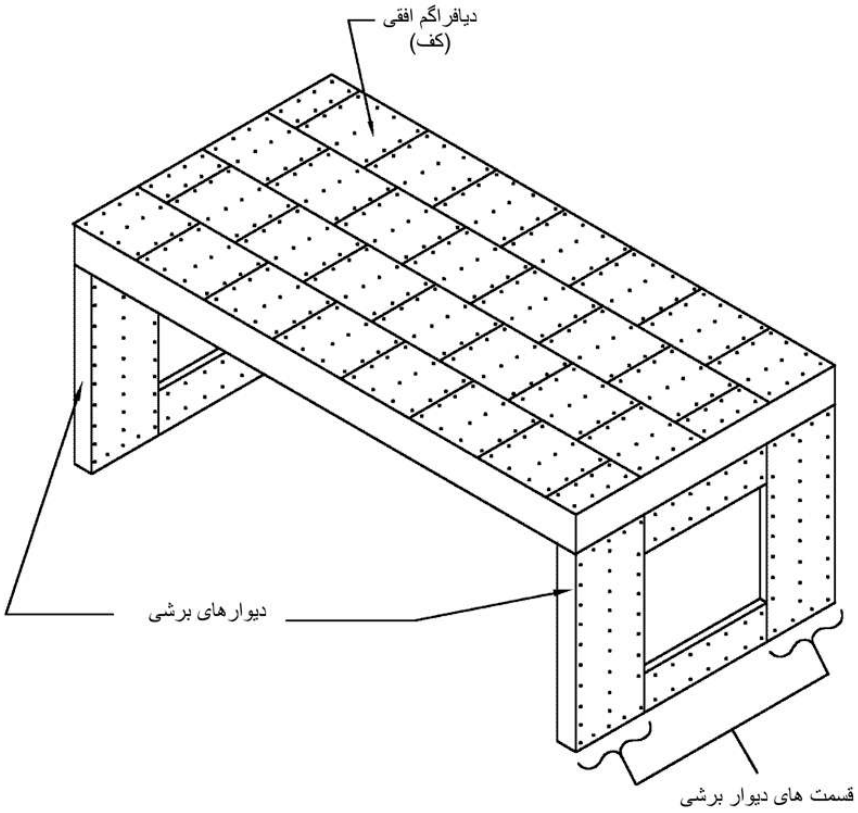
جزئیات اجرایی **W21**

جزئیات اتصال صفحات سازه ای به استادهای دیوار



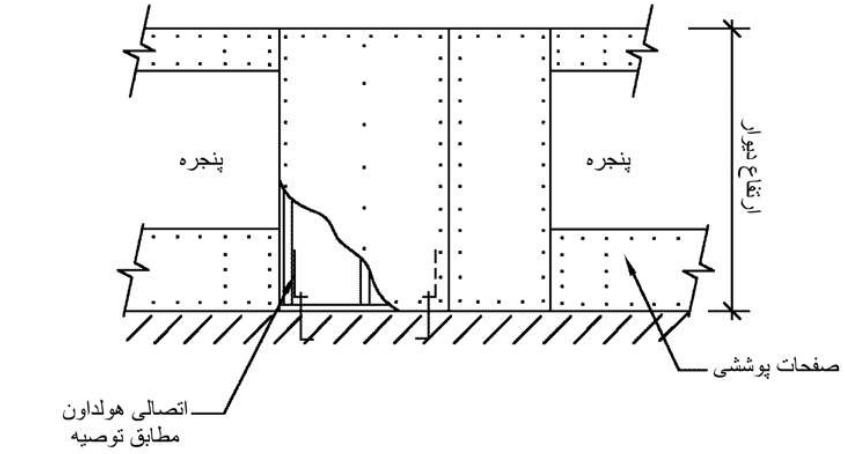
جزئیات إجرایی **W22**

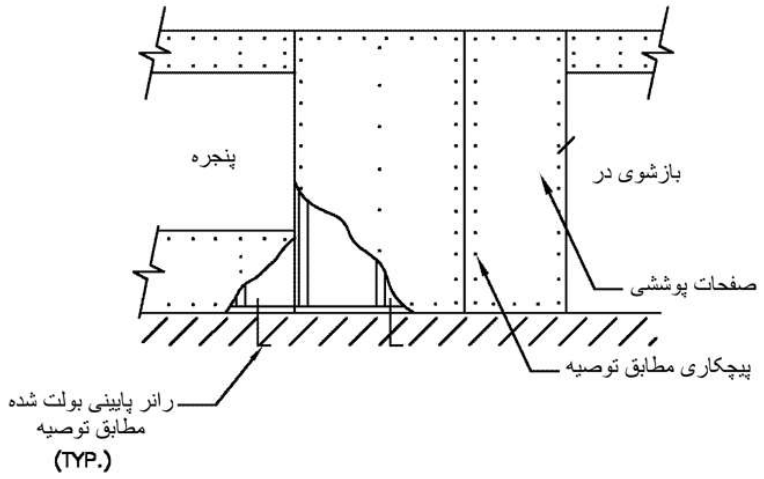
جزئیات نمای دیوار بربرشی و دیافراگم کف و سقف



جزئیات اجرایی **W23**

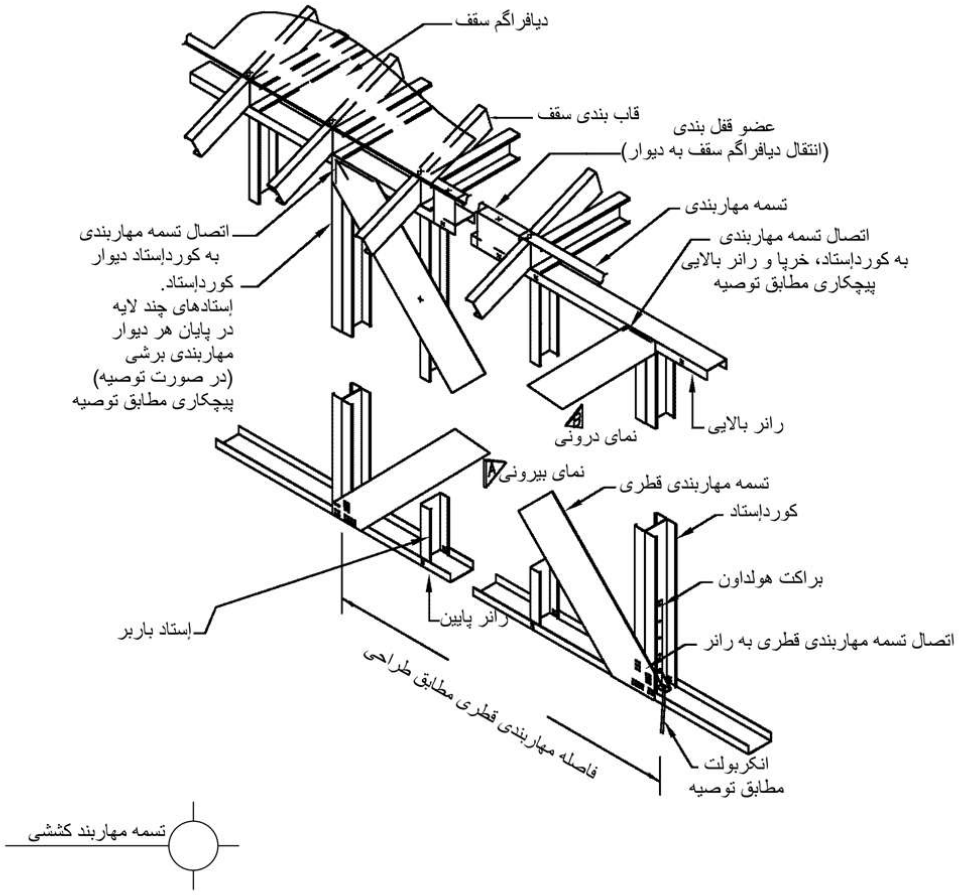
جزئیات دیوار پوشیده با صفحات سازه ای درمحل بازشوی در و پنجره





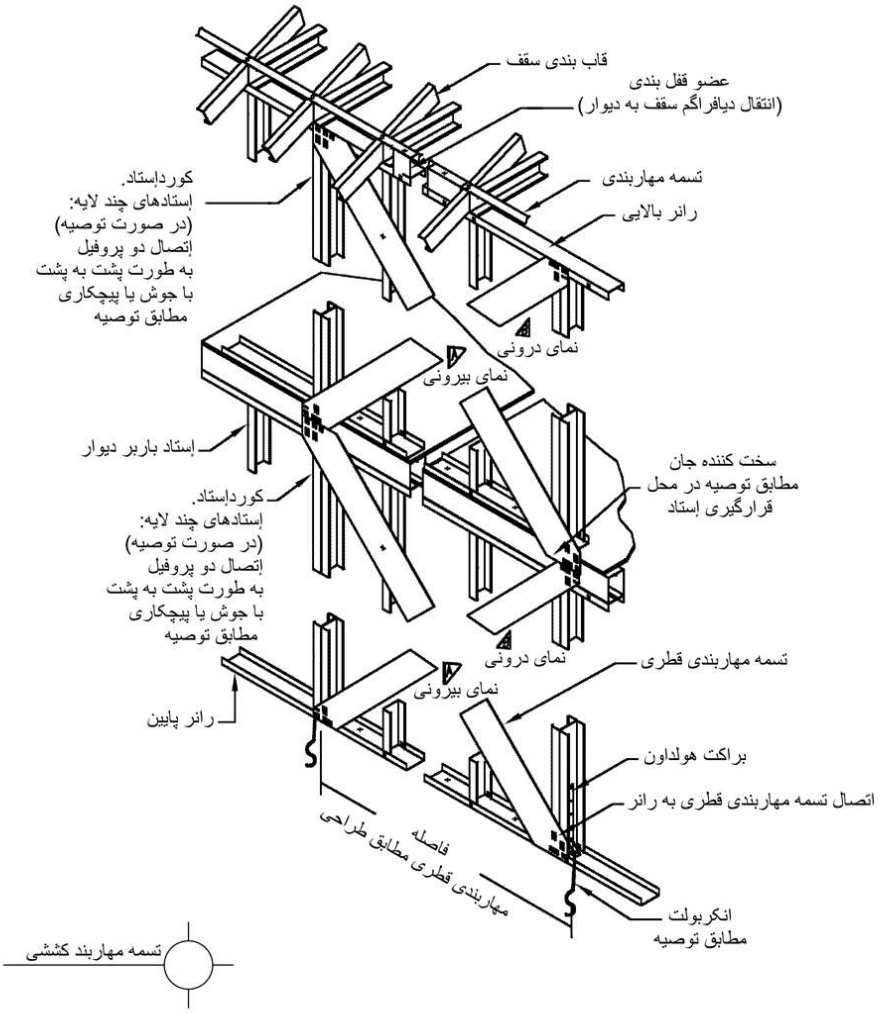
جزئیات اجرایی **W24**

جزئیات دیوار برشی با مهاربندی قطری در ساختمان یک طبقه



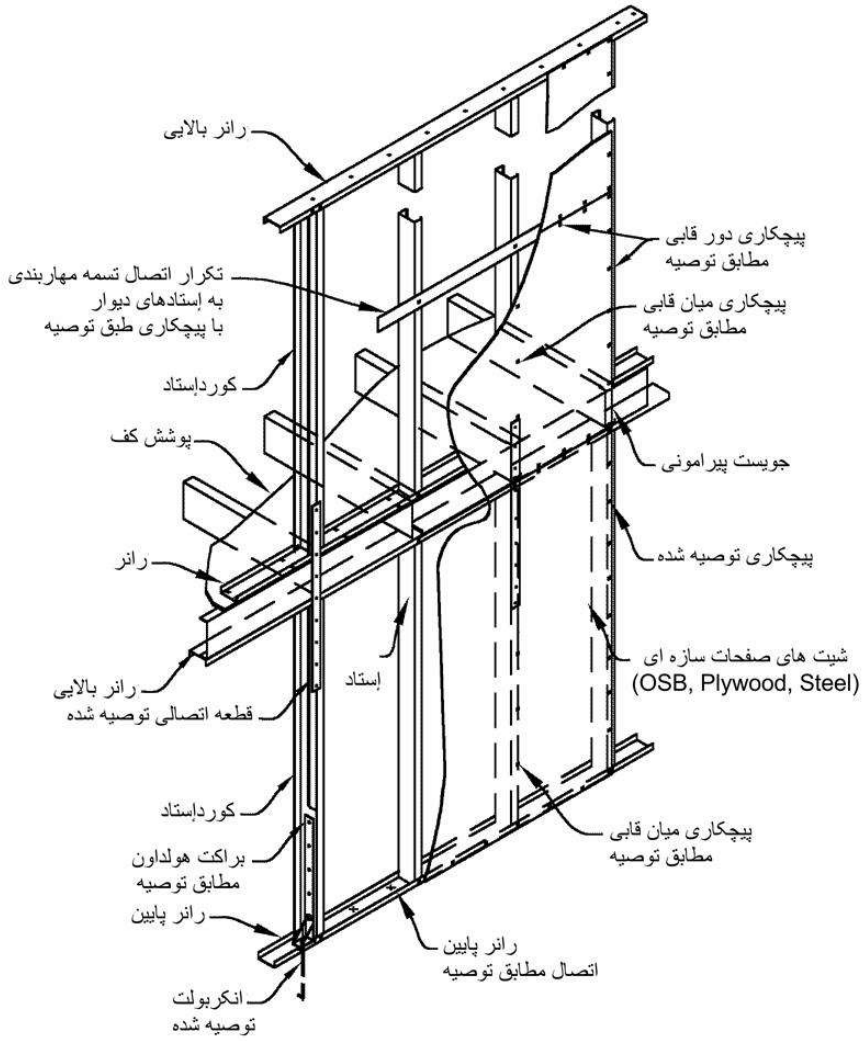
جزئیات اجرایی **W25**

جزئیات دیوار برشی با مهاربندی قطری در ساختمان دو طبقه



جزئیات اجرایی W26

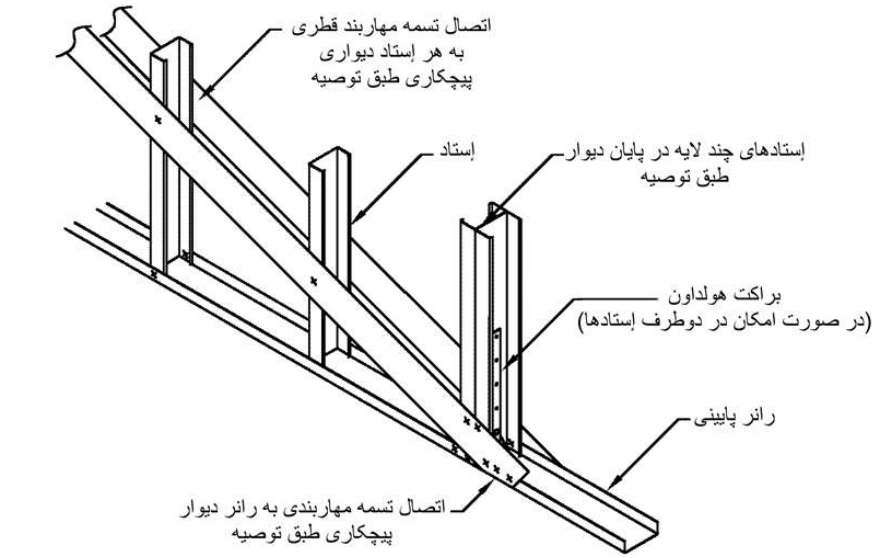
جزئیات دیواربرشی با پوشش صفحات سازه ای در ساختمان دو طبقه



پوشش های سازه ای

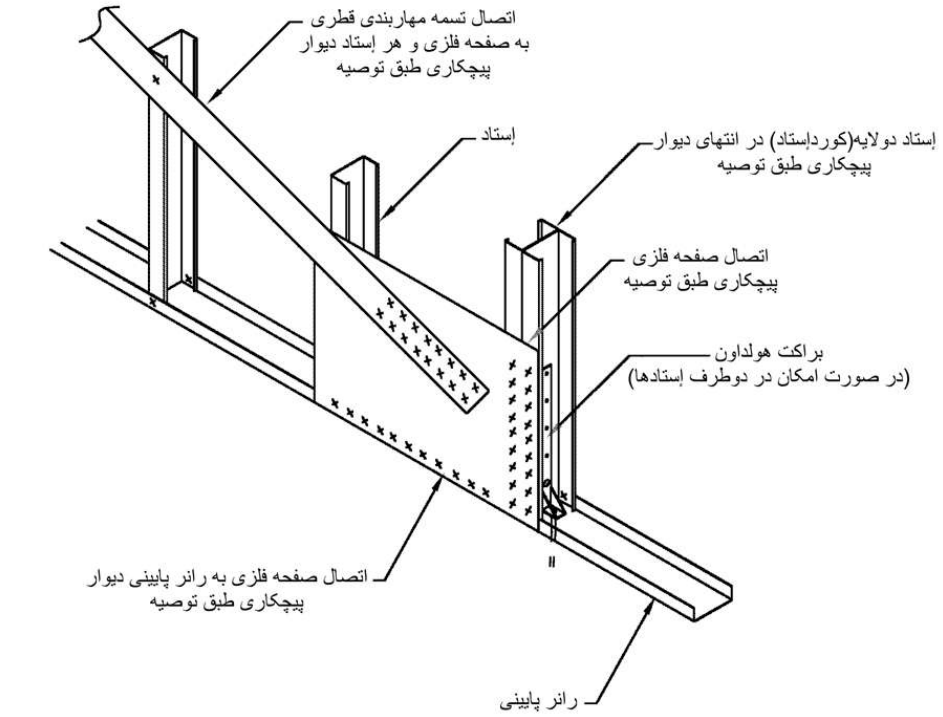
جزئیات إجرایی **W27**

جزئیات دیواربرشی با مهاربندی قطری I



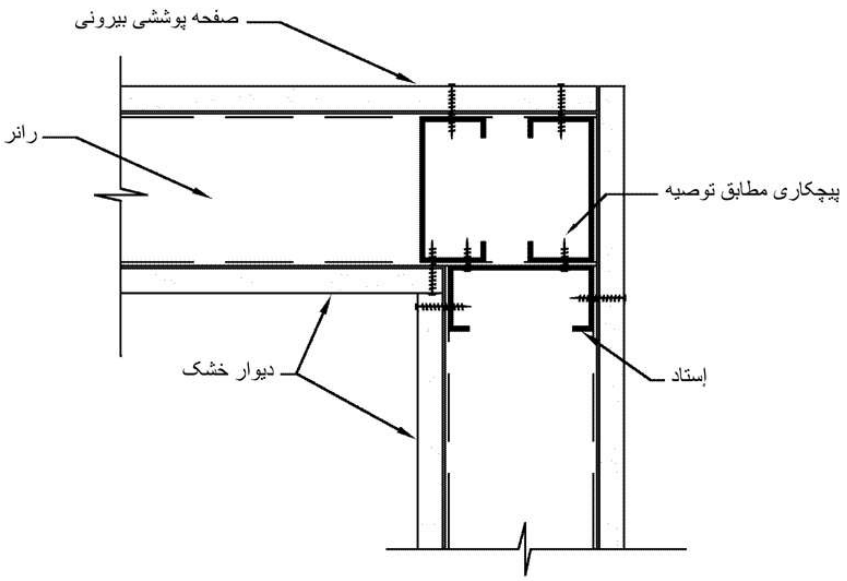
جزئیات اجرایی **W28**

جزئیات دیواربرشی با مهاربندی قطری II



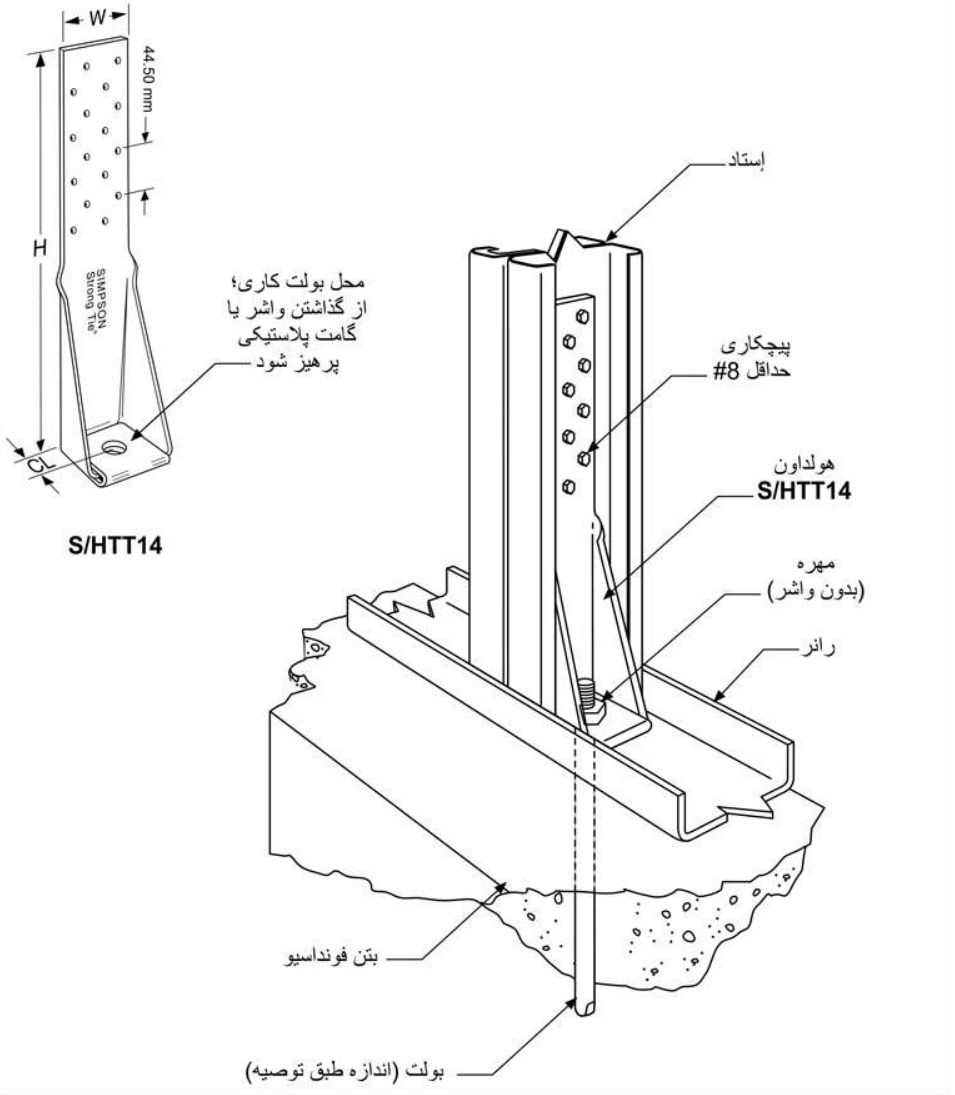
جزئیات اجرایی **W29**

جزئیات قاب بندی گوشه های دیوار



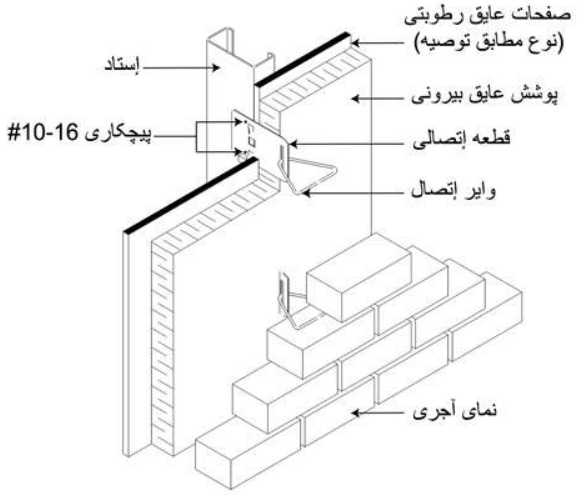
جزئیات إجرایی W30

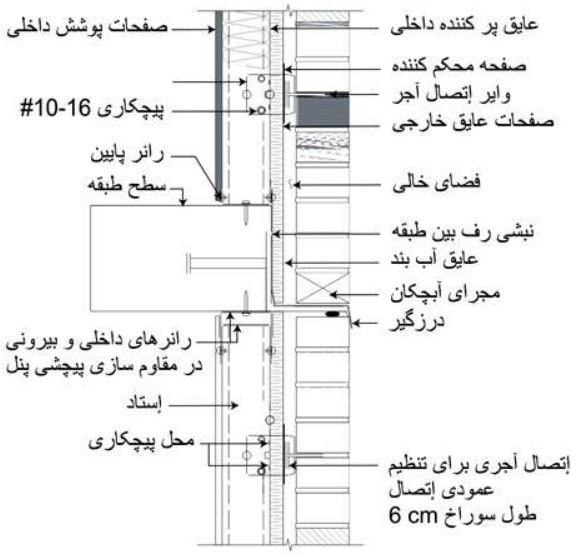
جزئیات قطعه إتصال کششی هولداون Holdown S/HTT14

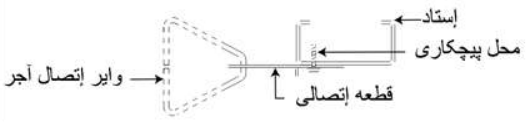


جزئیات إجرایی W31

جزئیات إتصال و إجرای نمای آجری

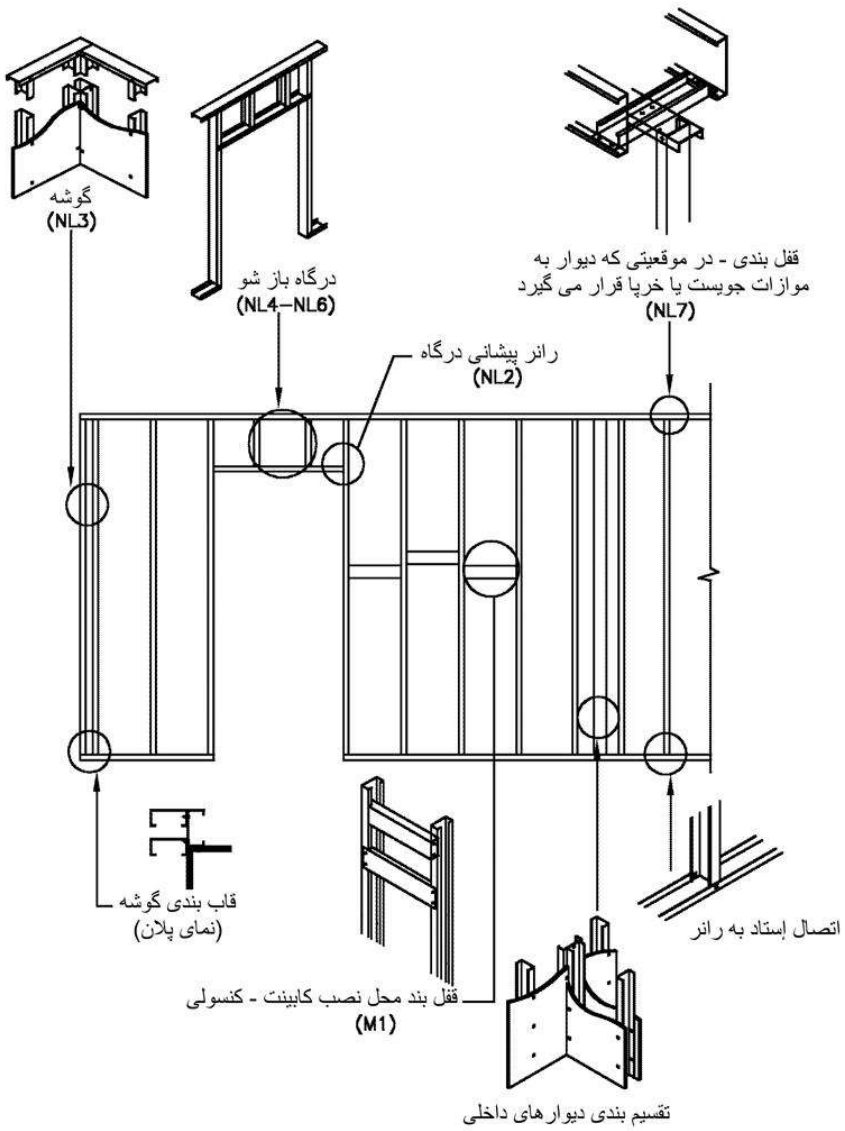






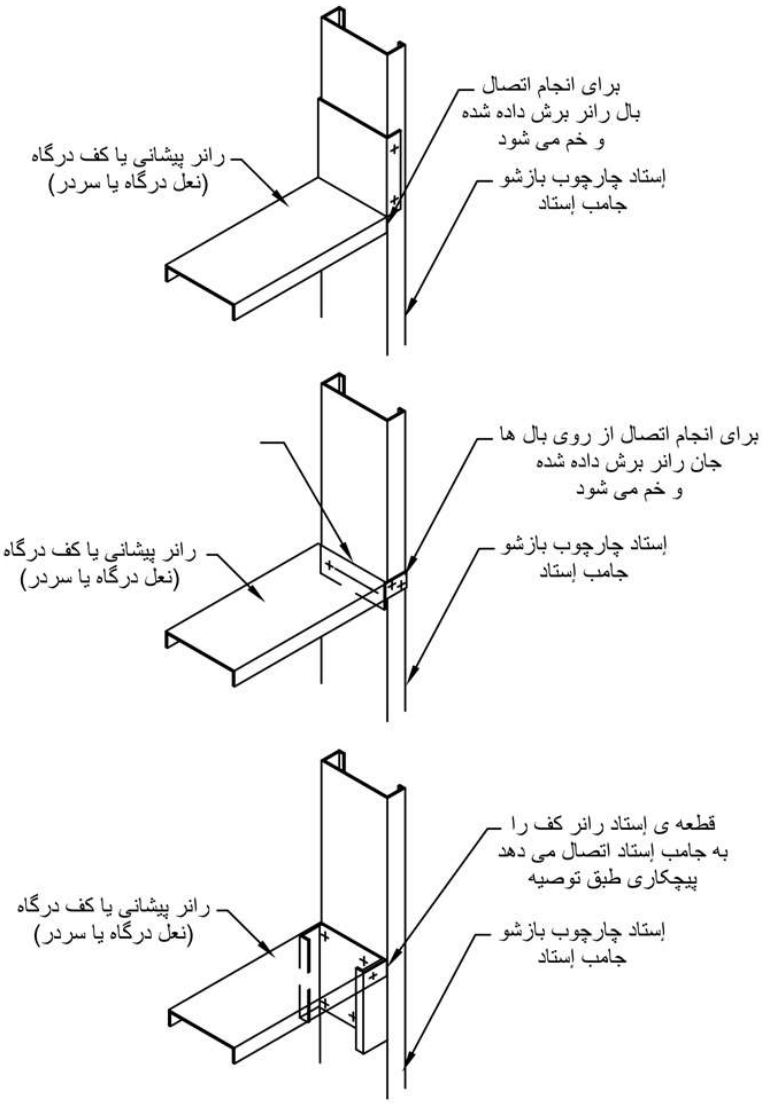
جزئیات اجرایی **NL1**

جزئیات قاب بندی دیوار غیرباربر



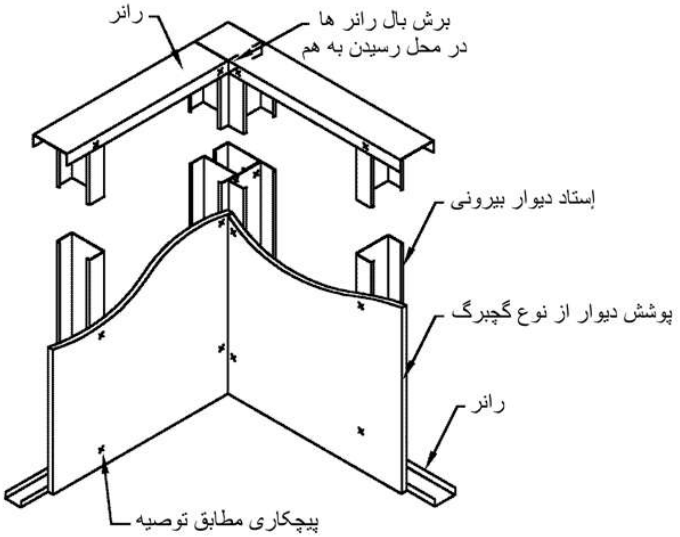
جزئیات إجرایی **NL2**

جزئیات إتصال رانر کف و پیشانی(نعل درگاه و سردر) بازشوها



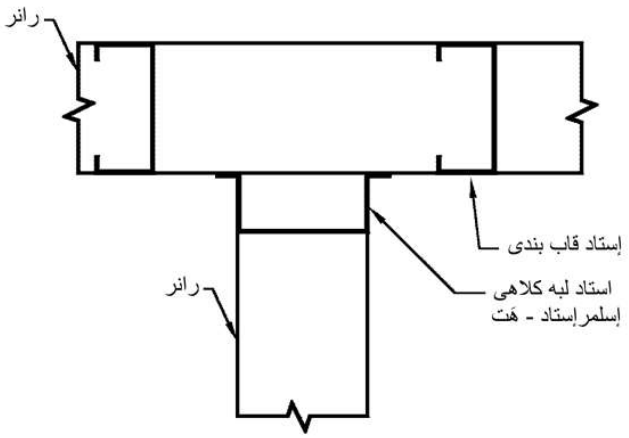
جزئیات اجرایی **NL3**

جزئیات قاب بندی گوشه های دیوار



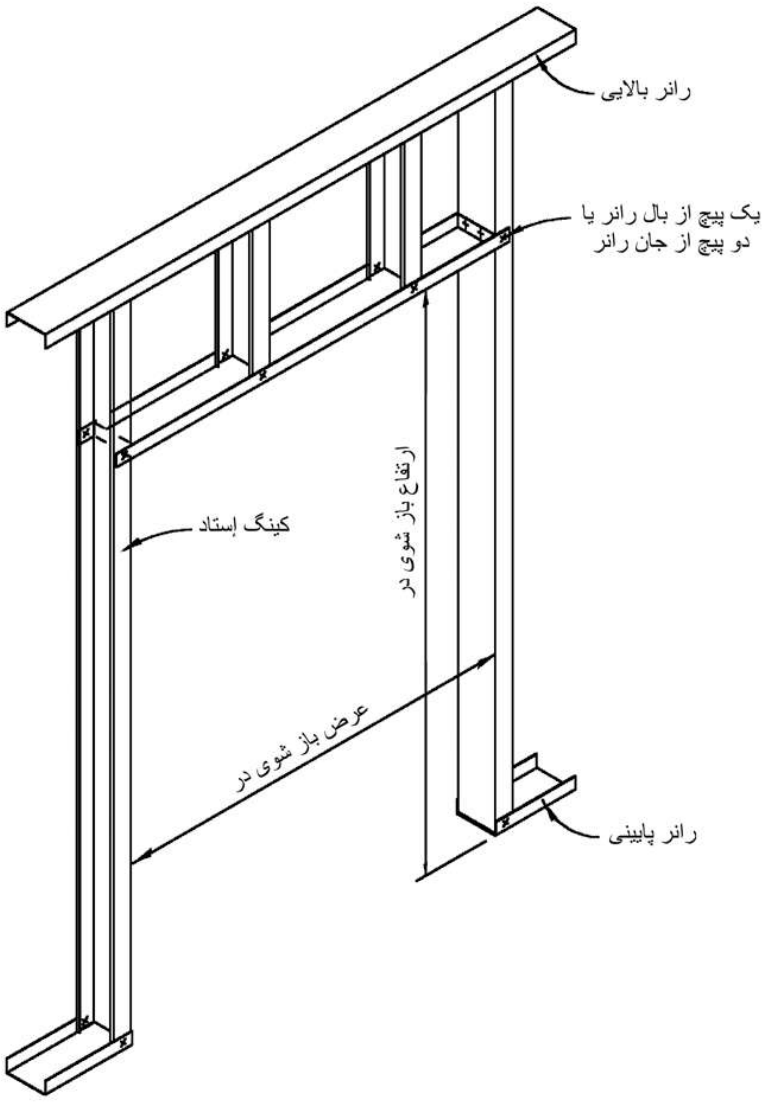
جزئیات اجرایی **NL4**

جزئیات إتصال دیوار به دیوار توسط إسلمر(إستاد کلاهی)



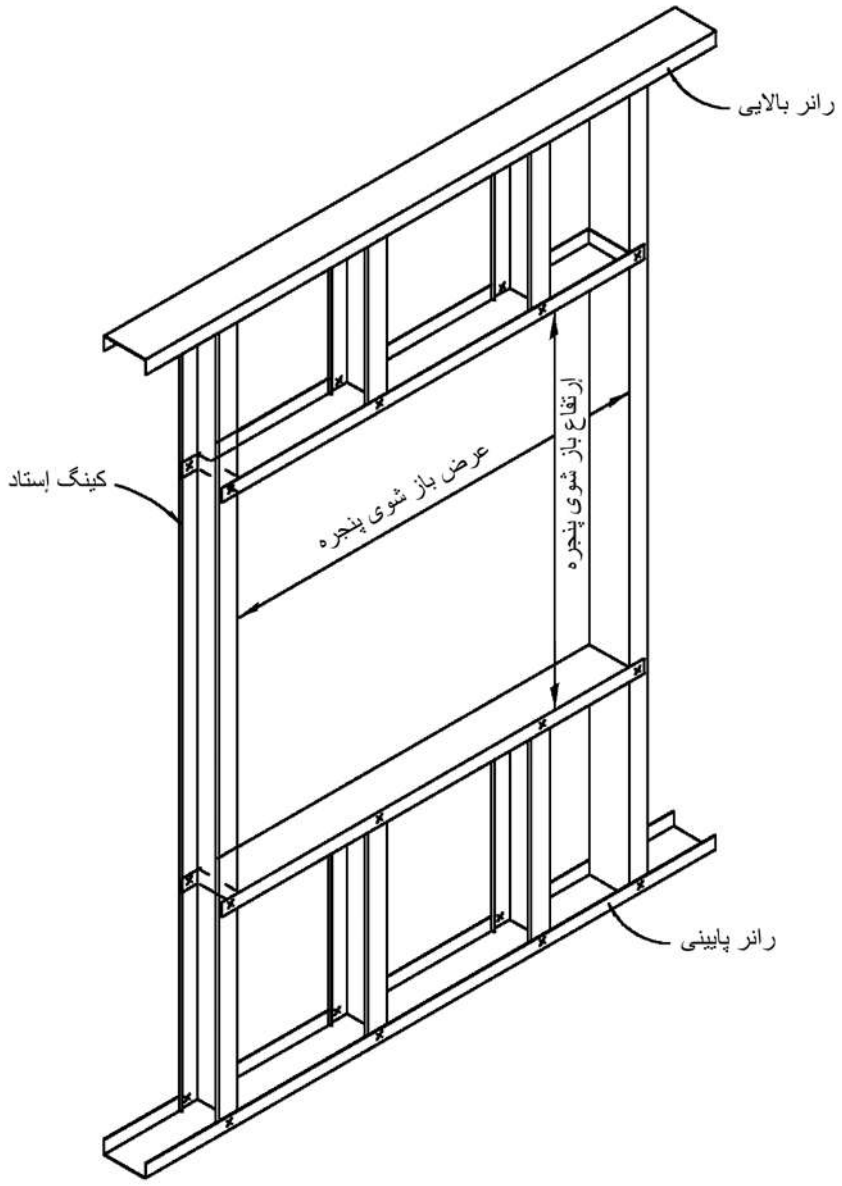
جزئیات اجرایی **NL5**

جزئیات قاب بندی بازشوی در



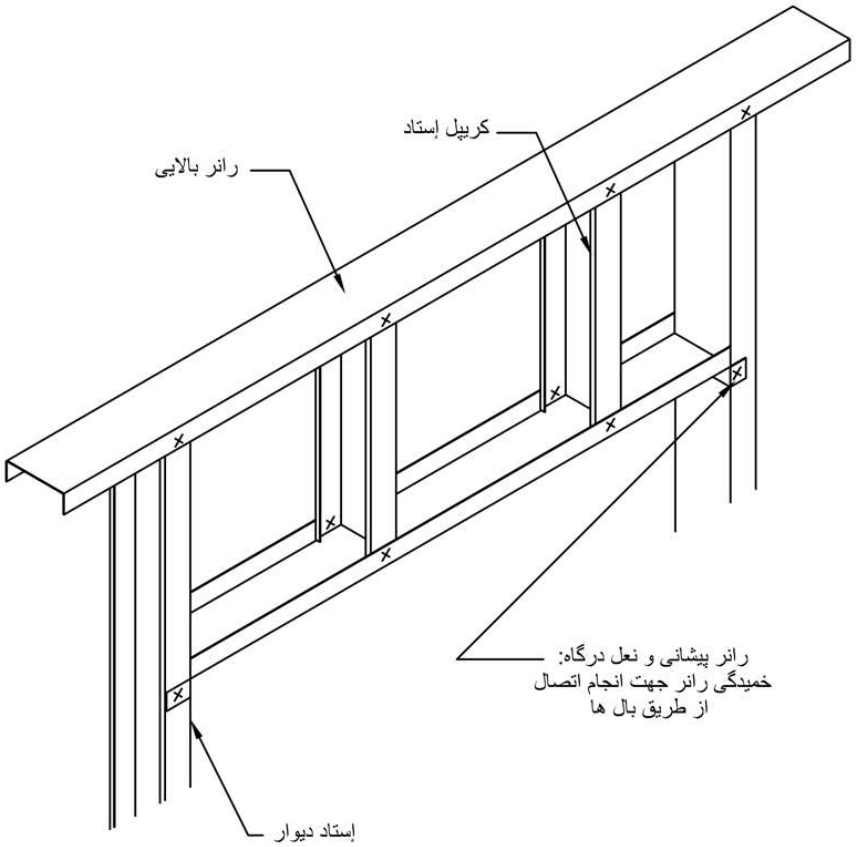
جزئیات اجرایی **NL6**

جزئیات قاب بندی بازشوی پنجره



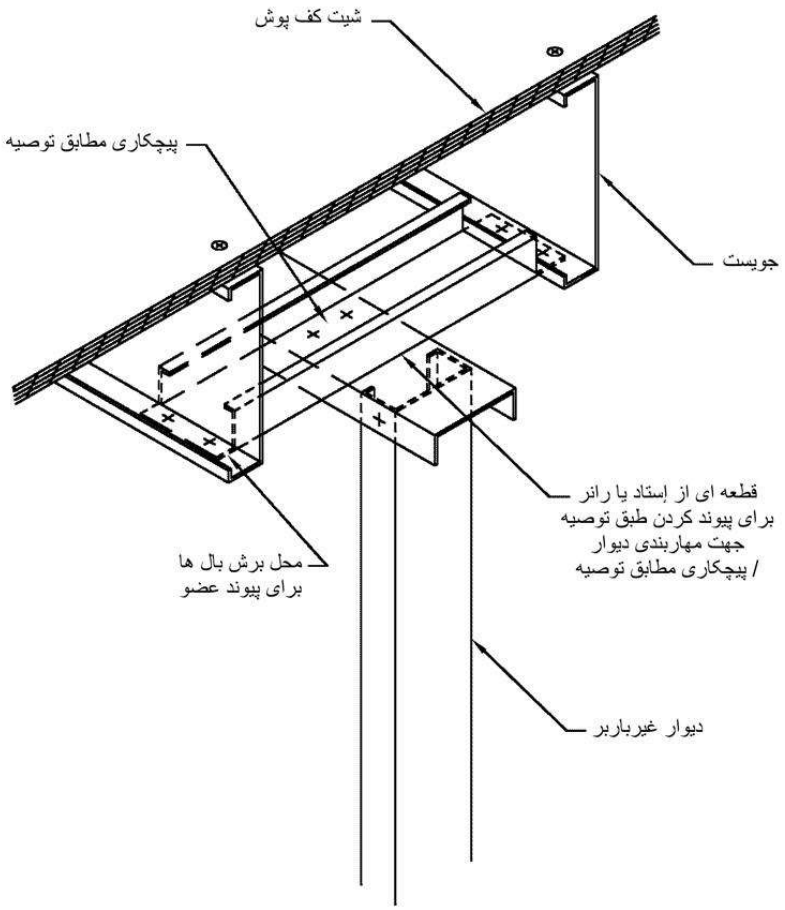
جزئیات اجرایی **NL7**

جزئیات بازشوی غیرباربر



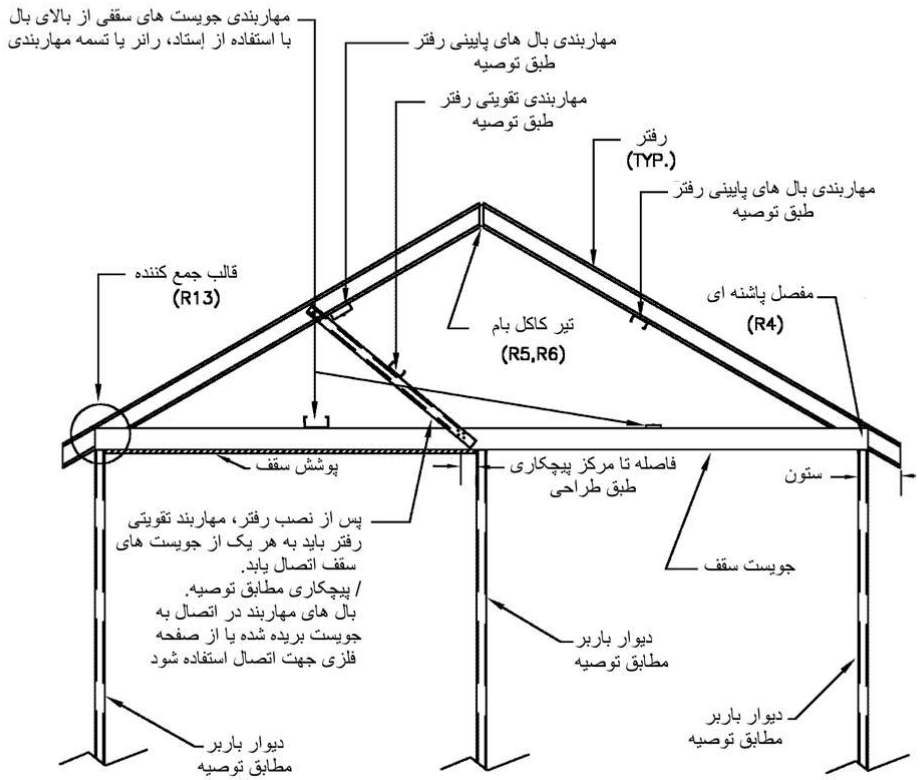
جزئیات اجرایی **NL8**

جزئیات قاب بندی دیوار غیرباربر تحت موازات جویست یا خرپا



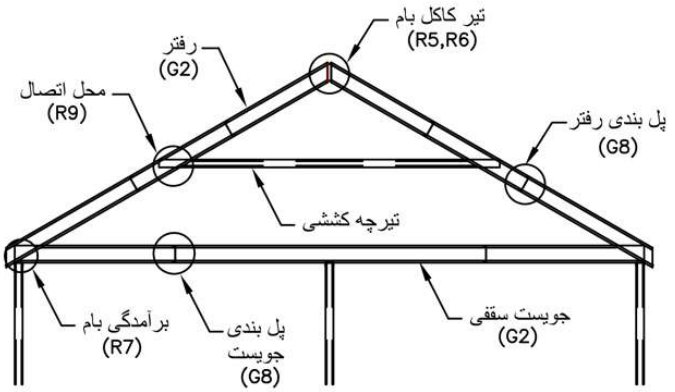
جزئیات اجرایی **R1**

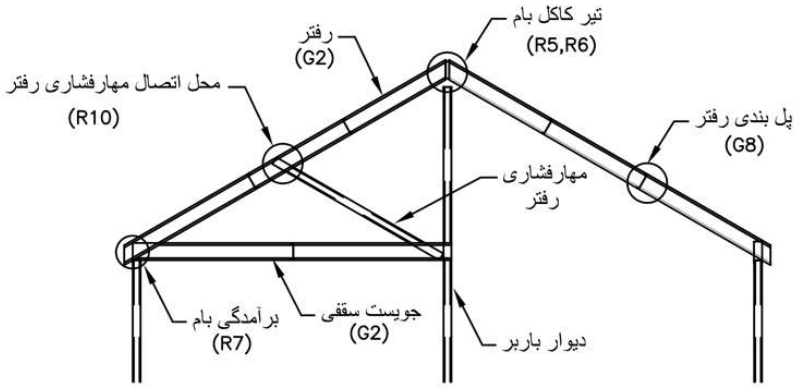
جزئیات قاب بندی بام - خرپا



جزئیات اجرایی **R2**

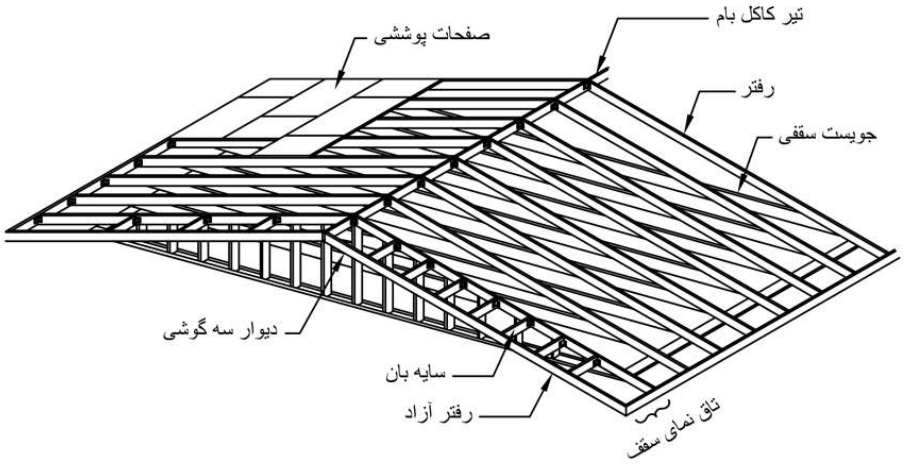
جزئیات جویست و رفتر(تیر و شاه تیر)





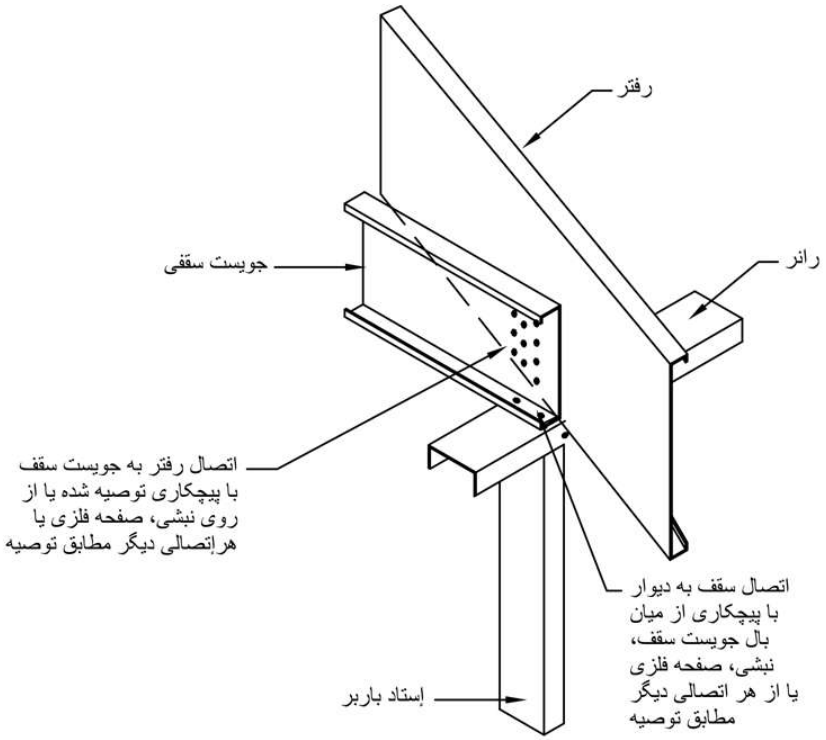
جزئیات اجرایی **R3**

جزئیات قاب بندی بام نمای کلی



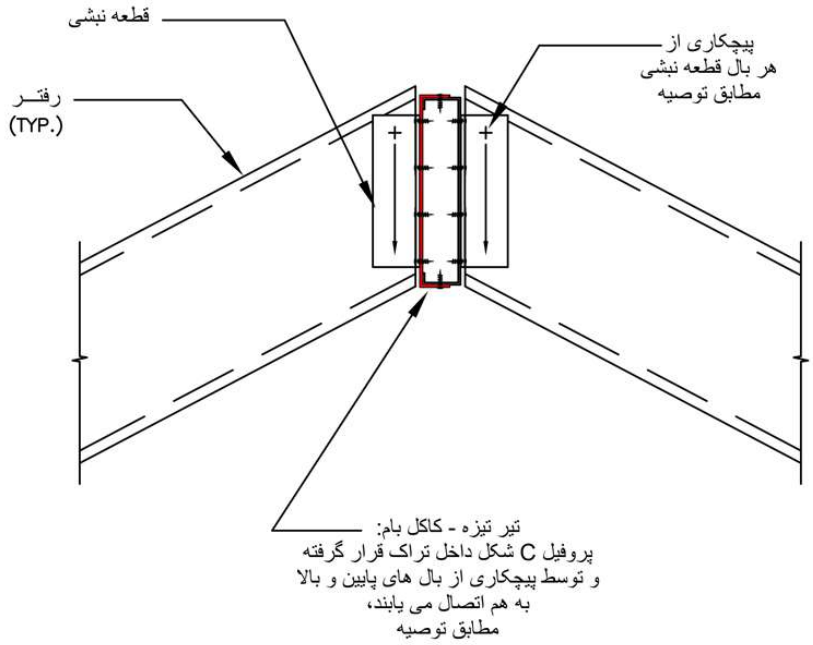
جزئیات اجرایی **R4**

جزئیات اتصال پاشنه مفصلی خرپا



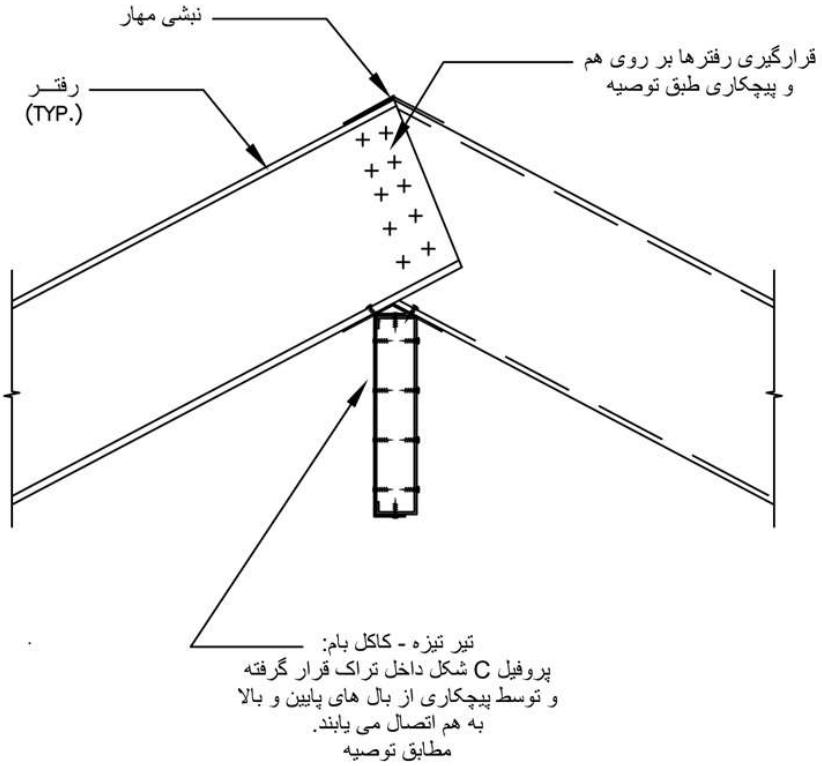
جزئیات اجرایی **R5**

جزئیات اتصال تیر تیزه - کاکل بام



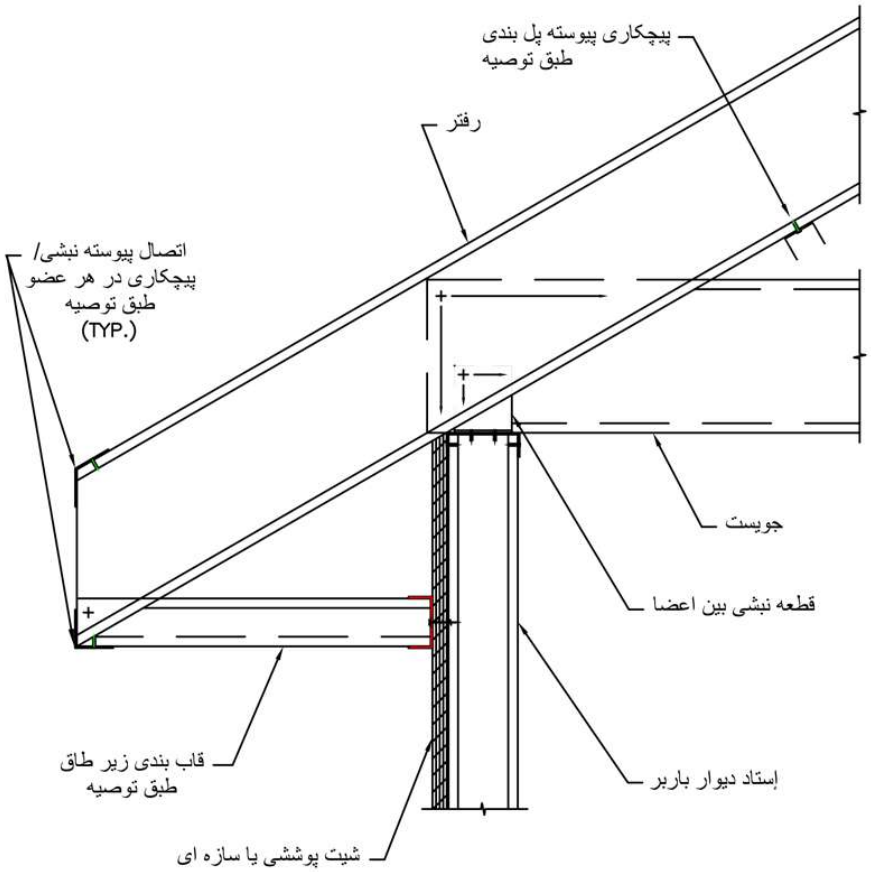
جزئیات اجرایی R6

جزئیات إتصال تیر تیزه - کاکل بام در محل رفترهای متصل بهم



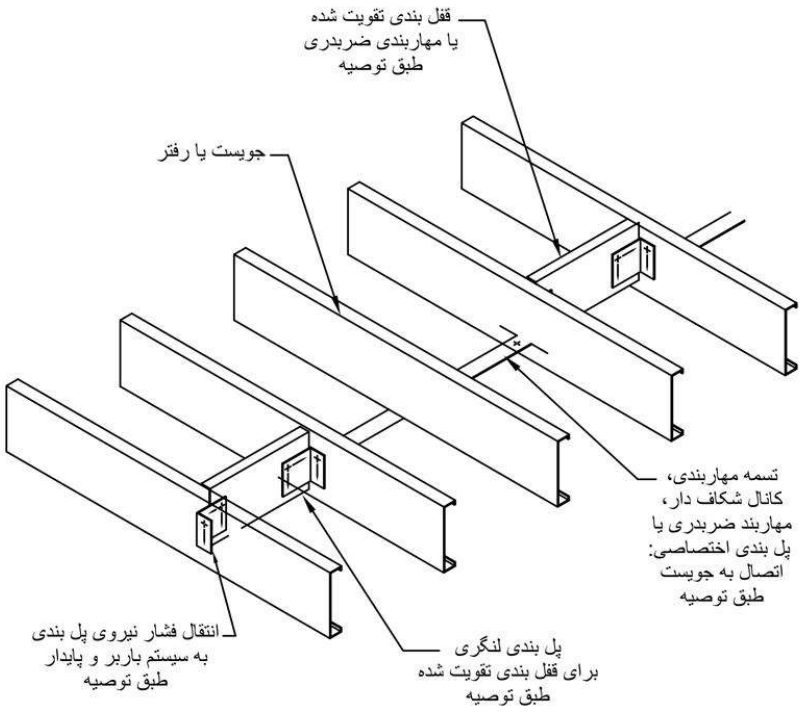
جزئیات اجرایی **R7**

جزئیات سایه بان و قاب بندی طاق لمبه



جزئیات اجرایی **R8**

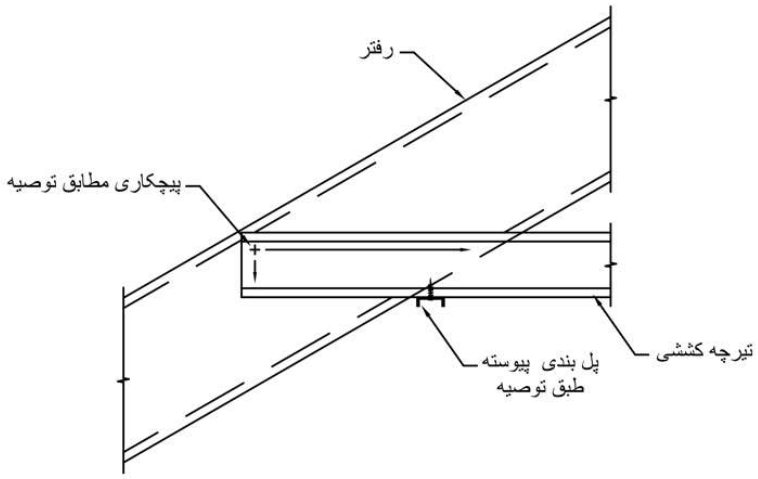
جزئیات پل بندی رفتـــر و جویست



Collar Tie at Rafter Detail

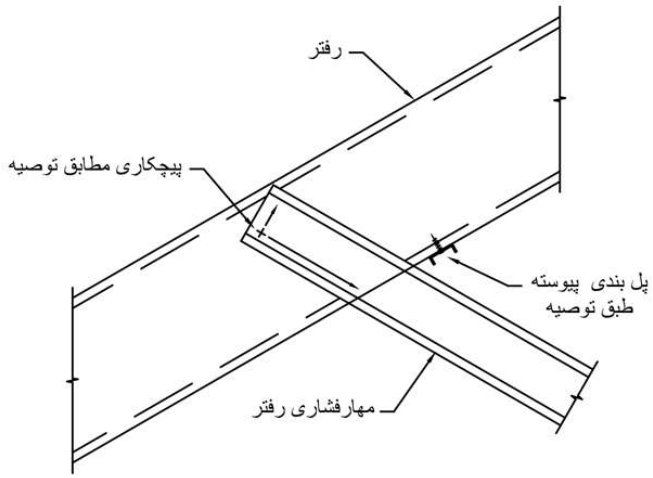
جزئیات اجرایی R9

جزئیات تیرچه کششی در رفتـر



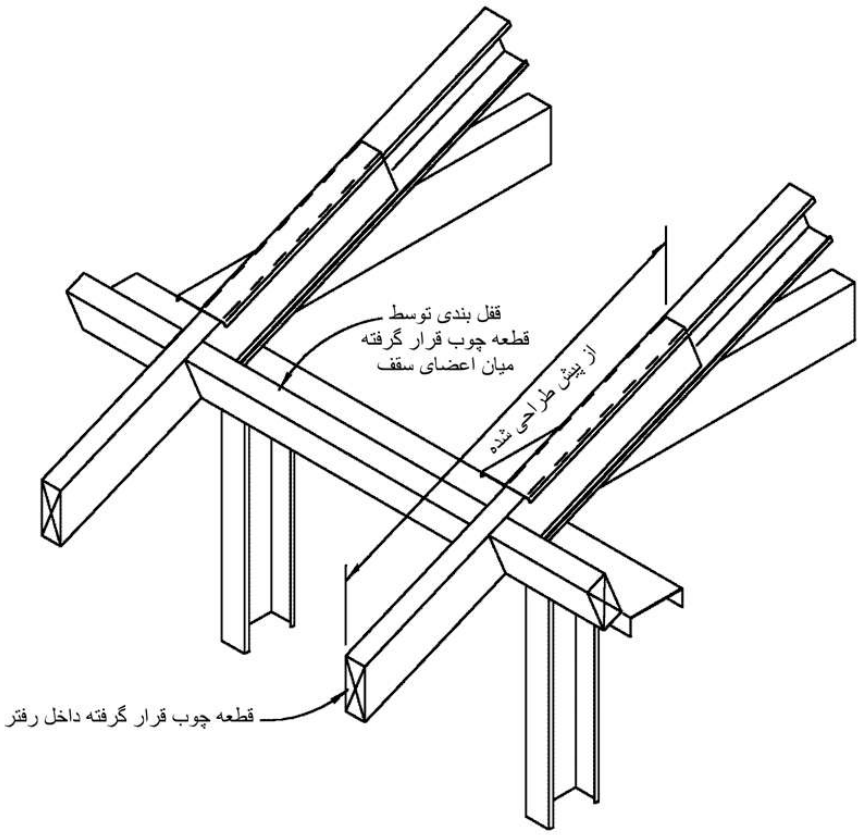
جزئیات اجرایی R10

جزئیات مهاربند فشاری رفتـــر



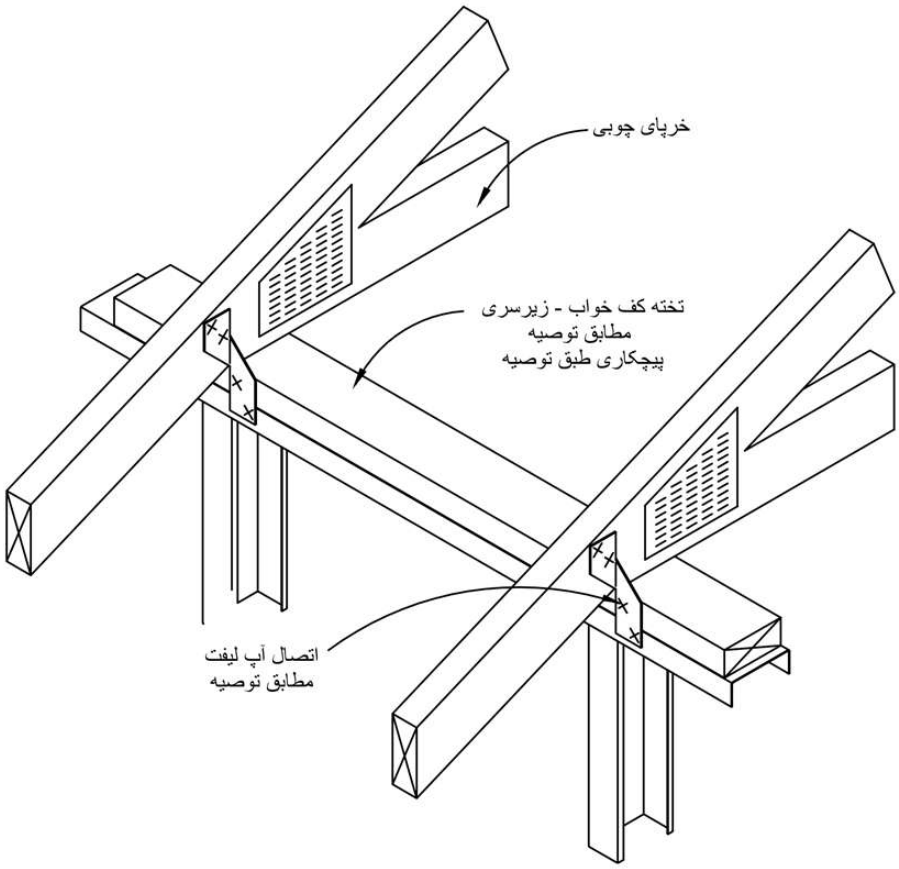
جزئیات اجرایی **R11**

جزئیات قاب بندی سقف با پیوست لمبه های چوبی



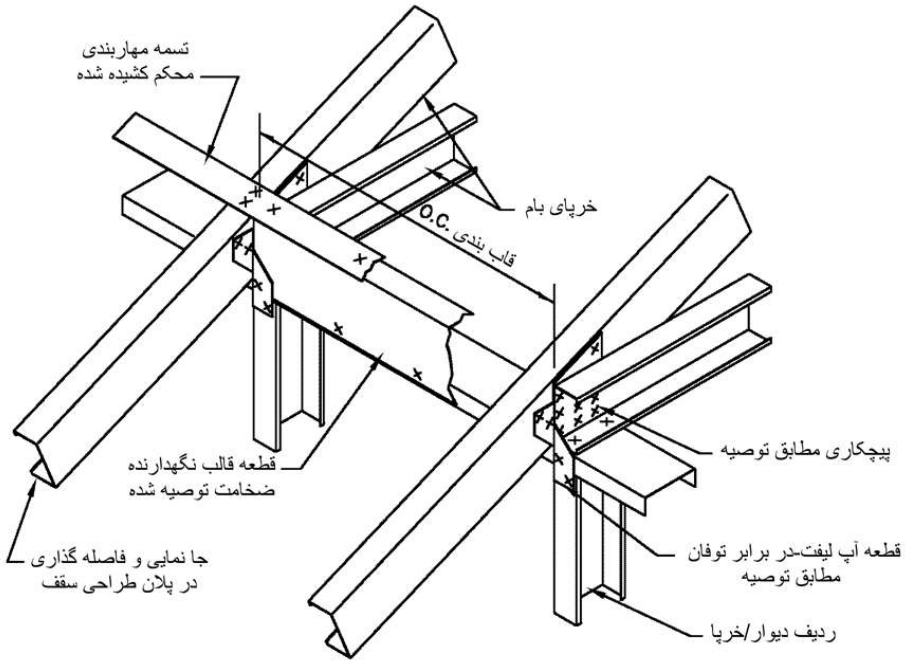
جزئیات إجرایی **R12**

جزئیات إتصال خرپای چوبی بر روی دیوار قاب فلزی



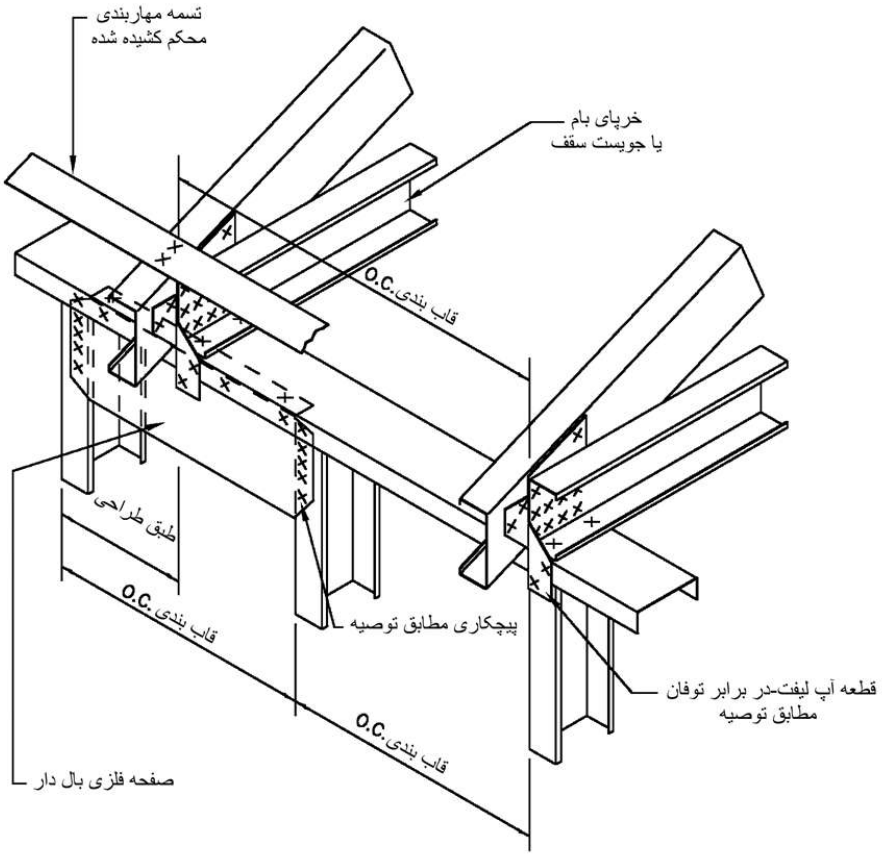
جزئیات اجرایی R13

جزئیات قالب جمع کننده



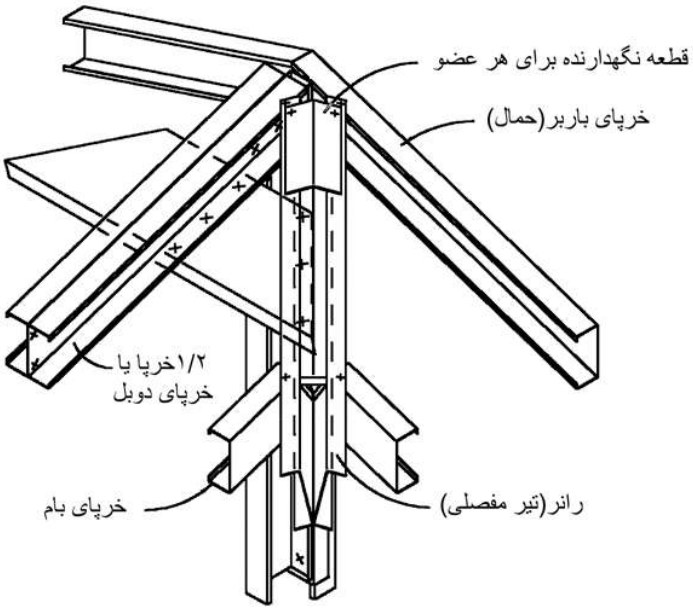
جزئیات اجرایی **R14**

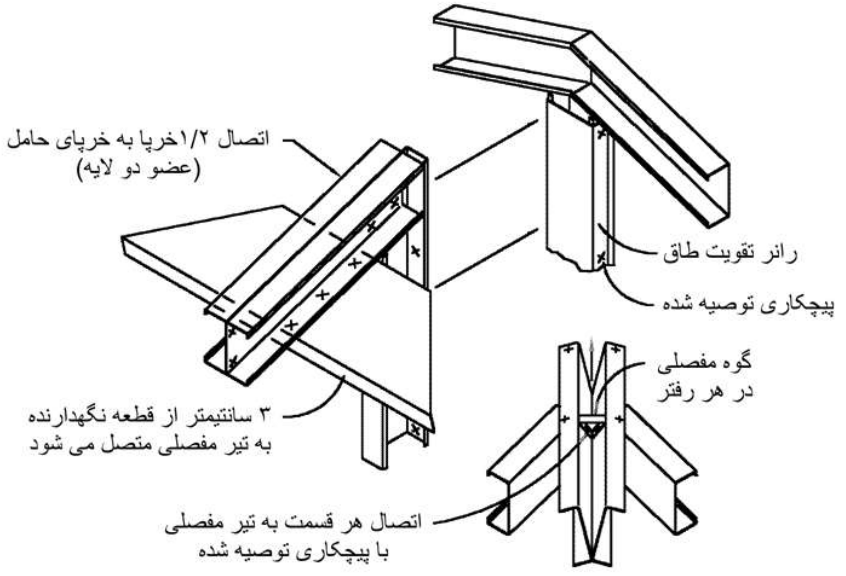
جزئیات قاب بندی سقف - دیوار خارج از محور تراز



جزئیات إجرایی **R15**

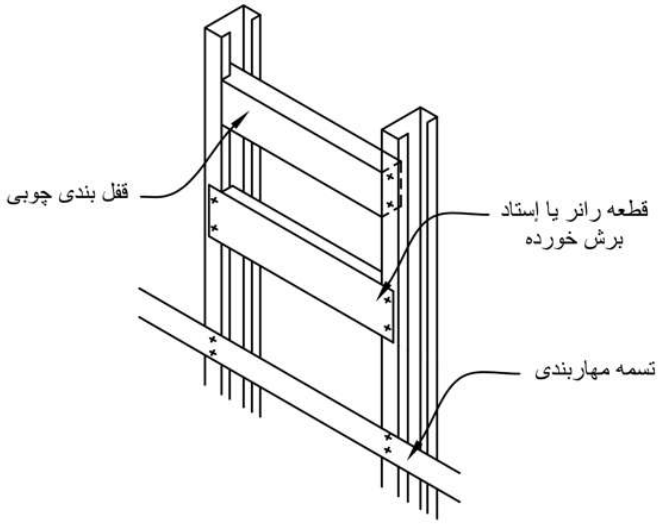
جزئیات تیـــر مفصـــلی





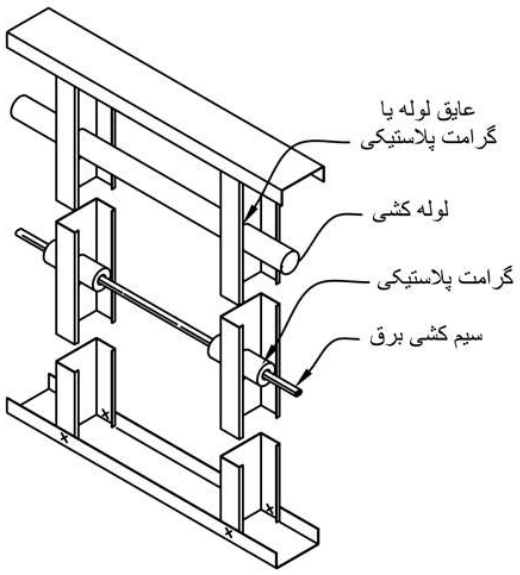
جزئیات اجرایی **M1**

جزئیات قفل بندی محل نصب کابینت - اتصالات کنسولی



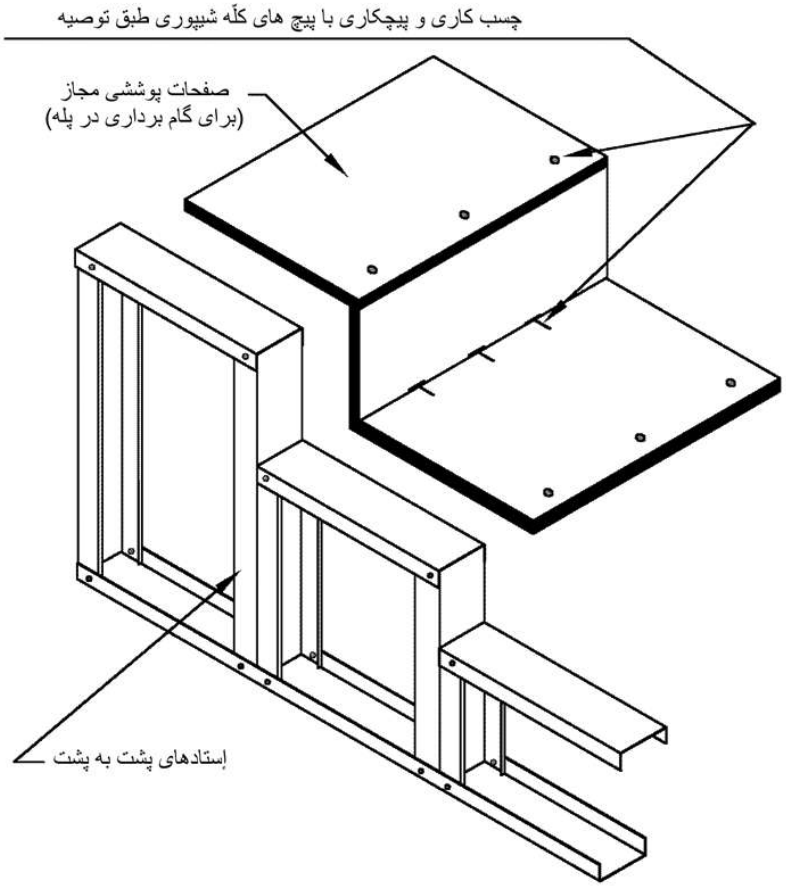
جزئیات اجرایی **M2**

جزئیات اجرای تأسیسات در قاب (لوله کشی و سیم کشی برق)



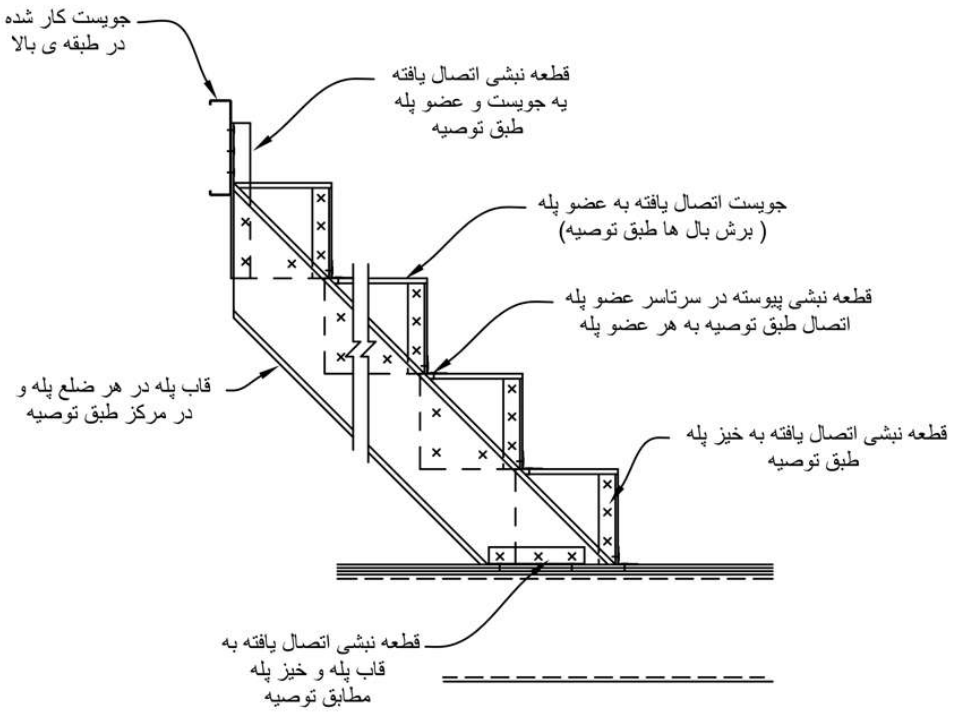
جزئیات إجرایی **M3**

جزئیات قاب بندی پله ها I



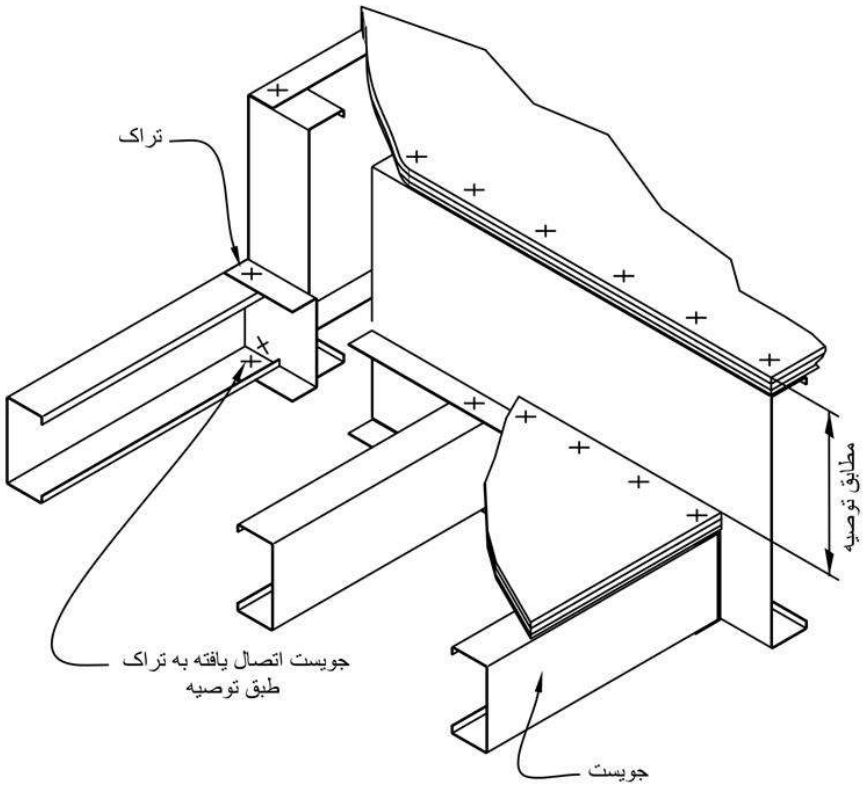
جزئیات إجرایی **M4**

جزئیات قاب بندی پله ها II



جزئیات اجرایی **M5**

جزئیات پاگرد راه پلّه



جزئیات إجرایی M6

جزئیات إجرای بادگیر در قاب