معرفی و بررسی سیستم ساختمانی سبک فولادی سرد نورد

دکتر محمدحسن فلاح * **فروغ سلمان‌پور****

* عضو هیئت علمی دانشکده هنرو معماری دانشگاه شیراز[1]

** دانشجوی کارشناسی ارشد معماری دانشگاه شیراز[2]

چکیده

با پیشرفت علم، دانش ساختمان سازی نیز روزبه روز در حال توسعه و پیشرفت است، به دنبال آن ما شاهد ارائه‌ی سیستم-های جدید ساختمان سازی می‌باشیم که در تمام آنها هدف، دستیابی به سیستم‌هایی سبک و در عین حال سازگار با محیط زیست می‌باشد. مسئله دیگری که در این زمینه اهمیت دارد، هماهنگ سازی سیستم‌های ساختمان‌سازی با تولیدات صنعتی است، چرا که با صنعتی سازی ساختمان هم سرعت و دقت عملیات ساختمان سازی افزایش می‌یابد و هم میزان تولید ضایعات در سایت کاهش می‌یابد. یکی از سیستم‌های ساختمانی که در راستای این اهداف در چند سال اخیر در ایران مطرح گردیده‌است، سیستم ساختمانی سبک فولادی می‌باشد. این سیستم ساختمانی که توسط اعضای سبک فولادی، پلاستر گچ و پشم معدنی اجرا می‌شود، دارای کاربرد گسترده‌ای در آمریکا، استرالیا و ژاپن می‌باشد. سیستم ساختمانی سبک فولادی اغلب دارای دیوار باربر بوده و سقف‌ها نیز می‌توانند به دو روش پروفیل‌های سبک فولادی و یا بتن اجرا گردند. چنین سیستم‌هایی جهت تولیدات صنعتی بسیار مناسب هستند و می‌توانند با سایر فرآیندهای کارآمد ساختمان سازی نیز ترکیب شوند. در این مقاله به معرفی و بررسی سازه سبک فولادی در ساختمان‌های مسکونی پرداخته شده‌است.

کلید واژه:

فناوری‌های نوین ساختمانی، سیستم ساختمانی سبک فولادی، فولاد گالوانیزه

---

[1] پست الکترونیک:

[2] نویسنده مسئول. پست الکترونیک: Salmanpour_forough@yahoo.com / شماره تماس: ۰۹۱۷۱۸۴۰۶۷۶

مقدمه

نگرانی‌های اقتصادی و زیست محیطی، صنعت ساختمان سازی را وادار کرده است تا در مورد روش‌ها و مصالح مختلف ساختمان سازی تحقیق کند. کاهش هزینه‌های ساخت و ایجاد فرآیندهای ساخت و ساز کارآمد، همچنین بهبود کیفیت ساخت و ساز از مسائل مهمی می‌باشند که باید مورد توجه قرار گیرند. راه دستیابی به این اهداف سازگار نمودن فرآیند صنعت ساختمان با افزایش صنعتی سازی و پیش ساختگی است. سیستم‌های سبک فولادی که بر پروفیل‌های نورد سرد، تخته‌های گچی و عایق‌های معدنی استوارند، به خوبی با این نگرش سازگار می‌شوند.

کاربرد قطعات فولادی سبک در بخش ساختمان از سال ۱۹۵۰ مورد توجه قرار گرفته است، اما سابقه تولید و استفاده از مقاطع سرد نورد شده[۳] برای اولین بار به سال ۱۹۸۵ در آمریکا و انگلستان بازمی‌گردد. با تشکیل انجمن فولاد و آهن آمریکا[۴] در سال ۱۹۴۶ مطالعات انجام شده در رابطه با مقاطع سرد نورد شده به صورت متمرکز تحت کنترل و هدایت کامل این انجمن قرار گرفت، به دنبال آن آیین نامه‌ی AISI در رابطه با مقاطع سرد نورد شده در سال ۱۹۶۶ تدوین و تصویب گردید.

اجزای خانواده فولاد سرد از ورق‌های فولادی سازه‌ای ساخته می‌شوند که از طریق پرس ورق‌های بریده شده و یا شکل دادن به فولاد توسط مجموعه‌ای از قالب‌ها و رول‌ها حاصل می‌گردند، در نتیجه تغییر شکل در ورق های فولادی از طریق روش‌های مکانیکی بدون پیش‌گرمایش ورق صورت می‌گیرد. به عبارت دیگر در این روش که آن را عملیات نورد سرد می‌نامند، جهت شکل دهی فولاد به عملیات حرارتی نیاز نمی‌باشد (برخلاف فولاد نورد گرم) و تولیدات آن را با نام فولاد سرد می‌شناسند. اعضای خانواده فولاد سرد ودیگر محصولات آن نازک‌تر، سبک‌تر ودارای تولید ساده‌تری بوده و نسبت به همتاهای تولیدی به شیوه نورد گرم، از هزینه‌های کمتری برخوردارند.

ساختمان‌های سبک فولادی که به روش صنعتی تولید می‌گردند، به صورت اجرای خشک و عمدتا با استفاده از اتصالات پیچی ساخته می‌شوند. این ساختمان‌ها از سه جزء اصلی شامل ورق‌های فولادی سرد نورد شده جهت تامین سازه، صفحات تخته گچی به عنوان پوشش رویه درونی و لایه عایق حرارتی و صوتی، تشکیل می‌گردند. سیستم‌های ساختمانی سبک فولادی که امروزه دارای کاربرد گسترده‌ای در آمریکا، استرالیا و ژاپن می‌باشند، در حقیقت به عنوان جایگزینی برای قاب‌های چوبی به کار می‌روند. این سیستم‌ها اغلب دارای دیوار باربر بوده و سقف‌ها نیز می‌توانند با استفاده از دو روش: پروفیل‌های سبک فولادی و بتن اجرا گردند. این گونه روش‌های ساخت که به نام سیستم ساختمانی LSF [۵]یا LGS [۶] معرفی می‌شوند جهت تولیدات صنعتی بسیار مناسب بوده و می‌توانند با سایر فرآیندهای کارآمد ساختمان سازی نیز ترکیب شوند.

برای اجرای هر متر مربع از سیستم LSF در حدود ۳۰۰Kg ماده اولیه نیاز بوده و ضایعات به جا مانده کمتر از ۲ تا ۳ کیلوگرم می باشد. این درحالی است که در سیستم های سنتی ماده اولیه برداشته شده از طبیعت بیش از ۱۰۰۰Kg می باشد که حداقل ۲۰۰Kg ضایعات ساختمانی غیر قابل بازیافت تولید می‌شود. به این ترتیب در صورتی که سالانه حدود هفت و نیم میلیون متر مربع ساختمان با سیستم LSF اجرا شود (معادل ۱۰۰ هزار واحد مسکونی) منجر به صرفه جویی قابل توجهی در استفاده از منابع ملی (حدود پنج میلیون تن مصالح ساختمان) خواهد شد.

---

[۳] Cold formed
[۴] AISI
[۵] Light Steel Frame
[۶] Light Gauge Steel Frame

از جمله کاربردهای این سیستم که به صورت مستقل و ترکیبی قابل اجراست، می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: واحدهای مسکونی تک واحدی، واحدهای مسکونی چند واحدی، دفاتر و ساختمان‌های تجاری، اداری، صنعتی تا سه طبقه، هتل‌ها ، هتل آپارتمان‌ها، ساختمان‌های مدارس و دانشگاه‌ها، رستوران‌ها، ساختمان‌های ورزشی و آموزشی، واحدهای پیش ساخته مانند سرویس‌های بهداشتی، احداث نیم طبقه در داخل بناها، اجرای اضافه اشکوب ساختمان‌های موجود. به طور کلی به کمک سیستم-های ترکیبی می‌توان ساختمان‌هایی با ارتفاع ۳ تا۹ طبقه را اجرا نمود.

چرا استفاده از فولاد نورد سرد؟ (مزایای بکارگیری فولاد نورد سرد)

بیش‌تر از ۵۰ سال است که فولاد در بازار ساختمانی شمال آمریکا استفاده می‌شود. امروزه فولاد به عنوان یک ماده‌ی صنعتی بسیار بادوام و اقتصادی شناخته شده است. در حالی که فولاد عموما در آسمان‌خراش‌ها و پل‌ها به کار می‌رود در سیستم ساختمانی LSF به عنوان یک ماده‌ی انتخابی برای مجتمع‌های مسکونی ظاهر شده است. اگرچه نام فولاد ممکن است تصویر موادی سنگین و دست و پاگیر را در ذهن تداعی کند اما محصول فولاد سرد که در فریم‌های مسکونی به کار می‌رود، کاملا متفاوت است. ورق‌های فولادی سرد نورد شده بسیار سبک، با قابلیت حمل آسان و اقتصادی می‌باشند. علاوه بر این مزایا باید نکات زیر را نیز اضافه نمود: کار آسان با این سیستم، استحکام فولاد، پایداری برای مدت طولانی و قابلیت بازیافت. امروزه فولاد مورد نیاز در سیستم‌های کارخانه‌ای تولید می‌شود. تنوع در اشکال، قدرت و اندازه‌ی قطعات فولادی آن را بسیار سازگار و تطبیق پذیر نموده است، بدین ترتیب با وجود ارائه‌ی محصولاتی با کیفیت بالا موجب صرفه جویی در زمان و هزینه مصالح می‌گردد(CSSBI، ۱۹۹٤،ص۳).

- ✓ فوایدی که استفاده از فولاد برای سازندگان دارد:
  - فولاد پوسیده، متورم و قطعه قطعه نمی‌شود، تاب بر نمی‌دارد، همچنین غیر قابل احتراق است.
  - اعضای فولادی می‌توانند به راحتی در محیط کارخانه پیش ساخته و در یک نقطه در نزدیکی سایت مونتاژ شوند یا اینکه حتی می‌توانند به شکل پانل‌ها در کاخانه مونتاژ گردند. فولاد یک پاسخگوی انعطاف پذیر به تقریبا تمام نیازهای سازندگان مسکن می‌باشد.
  - فریم‌های فولادی می‌توانند در کارخانه به طول مورد نیاز بریده شوند، بنابراین بسیاری از برش‌ها در محل کاسته شده و در نتیجه ضایعات ساختمانی در سایت بسیار کاهش می‌یابد.
  - از آنجا که در کارخانه سوراخ‌هایی جهت لوله کشی و سیم کشی برق در اجزای فولادی ایجاد می‌شود، کارهای آماده سازی در کارگاه کاهش می‌یابد.
  - ضایعات کار در سایت دارای ارزش فروش مجدد هستند.
  - حمل و نقل اجزای این تکنولوژی بسیار آسان است.
  - اجزای فریم‌های فولادی در استانداردهای متنوعی از شکل و اندازه در دسترس هستند، همچنین دارای ضخامت‌های متنوعی می‌باشند که آن را برای هر نیاز سازه‌ای مناسب می‌کند.
  - مقاومت ذاتی فولاد سبب کاهش تعداد اجزای قاب مورد نیاز می‌باشد.
  - با کمتر شدن وزن ساختمان (بدلیل کاهش وزن اجزا)، فونداسیون و بارهای لرزه‌ای کاهش می‌یابد.
  - تمام انواع مصالح رایج در نماسازی قابلیت اتصال به این سیستم را دارند.

- زمانی که ورق‌های فولادی سبک استفاده می‌شود، نیاز به تجهیزات پیچیده و سنگین نیست.
- کارگران جهت کار با اجزای فولادی به راحتی آموزش داده می‌شوند، زیرا دیتیل‌های اتصالات بسیار آسان است و سریع آنها را می‌آموزند.
- هزینه‌های نگهداری این سیستم بعد از بهره برداری بسیار محدود است.

✓ فوایدی که استفاده از فولاد برای کارفرما دارد:

- قدرت ذاتی فولاد و کیفیت غیر قابل احتراق آن، قاب‌های فولادی را در برابر حوادث ویرانگر همچون آتش‌سوزی، زلزله و طوفان مقاوم کرده‌است. با این سیستم خانه‌ها می‌توانند برای مقاومت در برابر بالاترین بار زلزله و باد در هر نقطه‌ای از دنیا طراحی شوند.
- بدلیل مقاومت بالای فولاد، می‌توان فضاهای بزرگتری را طراحی نمود و بدین ترتیب انعطاف پذیری طراحی افزایش می‌یابد، چراکه به ستون‌های میانی و یا دیوارهای باربر نیاز نیست.
- باززنده سازی این بناها می‌تواند به راحتی انجام پذیرد. دیوارهای غیر باربر نیز می‌توانند به راحتی حذف شود، تغییر یابد و جابه جا گردد.
- فریم‌های فولادی می‌توانند برای تمام سبک‌های خانه سازی از سنتی، معاصر و فوق العاده مدرن به کار روند. همچنین می‌توانند برای ساخت خانه‌های ساده تا خانه‌های بسیار لوکس استفاده گردند. این خانه‌ها می‌توانند در هر آب و هوایی ساخته شوند.

✓ فواید زیست محیطی استفاده از فولاد:

- تمام محصولات فولادی ۱۰۰٪ قابل بازیافت هستند.
- فرآورده‌های فولادی را می‌توان بارها و بارها، بدون تخریب یا از دست دادن خواص بازیافت کرد.
- امکان جداسازی مغناطیسی، فولاد را به یک ماده‌ی آسان و بسیار مقرون به صرفه جهت جداسازی از مواد زائد جامد تبدیل می‌کند.

مقدار انرژی مورد نیاز جهت تهیه‌ی یک تن فولاد روز به روز در حال کاهش است(CSSBI، ۱۹۹٤،ص۱).

طراحی و تولید

اعضای قاب فولادی توسط فرآیند نورد سرد تولید می‌شوند، در این فرآیند نوارهای ورق فولادی پوشش داده شده، از میان یک سری رول‌ها عبور کرده و این رول‌ها ورق را به شکل پروفیل‌هایی که اغلب به شکل C می‌باشند، در می‌آورد. ضخامت ورق‌ها با توجه به نیازهای سازه‌ای می‌تواند متفاوت باشد، طول آنها نیز متناسب با آنچه مورد نیاز است بریده می‌شود. در حین فرآیند تولید، به صورت خودکار و به فاصله‌های منظم در مرکز مقاطع پروفیل‌ها جهت نصب تاسیات و سیم‌های برق، حفره‌هایی ایجاد می‌شود. اساس طراحی فولاد سرد نورد شده بر پایه‌ی شکل مقطع آن شکل گرفته است. یک ورق فولادی نازک و صاف چندان مقاومتی ندارد، اما زمانی که این ورق به شکل مقطع C تغییر شکل می‌یابد، قدرت باربری صفحه به مقدار زیادی افزایش می‌یابد. از آنجا که بیشتر مقاومت و سختی مقطع به شکل و نه به ضخامت آن بستگی دارد، نسبت مقاومت به وزن[۷] آن بسیار مهم

[۷] Strength/weight

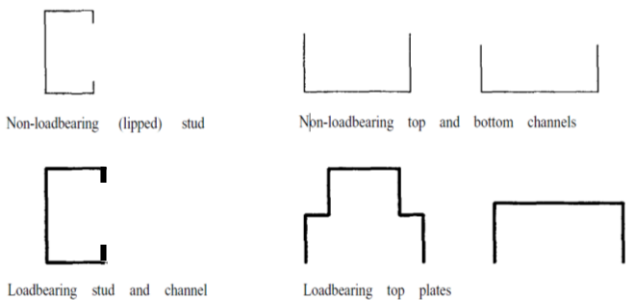
است(CSSBI، ۱۹۹٤،ص٤). استانداردهای مربوط به طراحی و استفاده از این سیستم در ایران در حال بررسی و تصویب می‌باشد. تا کنون دو کتاب "آیین نامه طراحی و اجرای سازه‌های فولادی سبک سرد نورد" و "مطالعه و بررسی سیستم ساختمانی سبک فولادی" توسط مرکز تحقیقات ساختمان مسکن جهت استفاده‌ی کاربران به چاپ رسیده است.

مصالح

ورق‌های فولادی پوشش داده شده که برای تولید اجزای سازه‌ای به کار می‌روند باید بسیاری از استانداردهای مواد خاص را تامین کنند. به طور معمول مشخصات استاندارد ASTM A٦٥٣ در زمینه‌ی کیفیت ورق‌های سرد نورد شده استفاده می‌شود تا اطمینان حاصل شود که ورق برای کاربردهای سازه‌ای مناسب است. فولاد در ضخامت‌های مختلف و با مقاومت‌های متفاوت وجود دارد. ضخامت رایجی که بر اساس آن طراحی صورت می‌گیرد ۰/۰۱۸ و ۰/۰۳۳ و ۰/۰۳۶ و ۰/۰۴۴ و ۰/۰۴۸ و ۰/۰۶۰ و ۰/۰۷۵ و ۰/۱۰۵ اینچ (بدون هیچ پوشش فلزی) می‌باشد. تعیین ضخامت ورق به صورت اعشار بسیار اهمیت دارد، چرا که بدین صورت حداقل ضخامت موردنیاز در محصول تحویل داده شده تضمین می‌گردد. ورق فولادی می‌تواند در سطوح متفاوت مقاومت طراحی شود تا نیازهای سازه‌ای مورد نیاز پروژه را تامین کند. به طور کلی برای محصولات مورد استفاده در قطعات باربر، رایج است که از موادی با قدرت تسلیم ۳۳KSI برای ضخامت‌های بیشتر از ۰/۰۴۸ اینچ استفاده شود. برای متریال‌های با ضخامت ۰/۰۶۰ اینچ و بزرگتر، مقاومت تسلیم ۵۰KSI رایج است. علاوه بر اینها فولاد با انواع متفاوتی از پوشش‌های فلزی، که برای محافظت از خوردگی مورد نیاز است، وجود دارد(CSSBI، ۱۹۹٤،ص۲).

اجزای قاب فولادی

اجزای قاب فولادی سرد نورد شده تقریبا برای هرکاربردی موجود است. این تنوع سبب ساده گشتن این سیستم گردیده، در حالی که حداکثر بهره‌وری سازه‌ای، انعطاف پذیری در طراحی و سهولت برپایی را فراهم می‌کند. المان‌های ساختمانی در یک خانه به سه دسته تقسیم می‌شوند: ۱- کف‌ها، ۲- دیوارها و ۳- سقف‌ها(بام). شکل غالب اجزای فولادی C شکل می‌باشد. این اعضا شامل اعضای قائم باربر یا استادها[۸]، اعضای همبند قاب یا رانرها[۹]، اعضای خمش سقف[۱۰] و اعضای باربر جانبی[۱۱] می‌باشند. اعضای قائم باربر جهت افزایش توانایی باربری دارای لبه‌ی تاشده هستند. مقاومت بالای فولاد امکان ایجاد فاصله‌ی بیشتر بین اجزا و دهانه-های وسیع‌تر (ویژگی که برای افزایش انعطاف پذیری در طراحی مورد نیاز است) را فراهم می‌کند، بدین ترتیب مصالح مورد نیاز و هزینه‌های کارگری کاهش می‌یابد. اعضای فولادی به راحتی می-توانند در فاصله‌ی ۶۰ سانتی‌متر از مرکز یکدیگر قرار گیرند. در



تصویر شماره : مقاطع رایج قاب فولادی
ماخذ: Gerlich، ۱۹۹۵، ص۱۳

[۸] Stud
[۹] Track or Runner
[۱۰] Joist
[۱۱] Flat Strap

ادامه هریک از المان‌های سازه‌ای به تفضیل معرفی می‌گردند:

۱- کف‌ها: عموما سازندگان از تیرچه‌هایی با عمق ۶ تا ۱۲ اینچ با فلزی به ضخامت ۰/۰۳۴ تا ۰/۱۰۱ اینچ استفاده می‌کنند. به جای استفاده از تیرچه‌های روی هم قرار گرفته[۱۲] در دهانه‌های متعدد، می‌توان از یک تیرچه واحد به طور پیوسته برای تمام دهانه‌ها استفاده کرد.

تیرچه‌های سقف نیز می‌توانند از قبل در فواصل منظم به وسیله‌ی پانچ به صورت شبکه‌های پیش ساخته فراهم شوند. از دیگر مزایای استفاده از اجزای سبک فولادی نورد سرد، وجود طیف وسیعی از تیرچه‌ها با عمق و ضخامت متفاوت می‌باشد که موجب انعطاف‌پذیری آنها گردیده و امکان جهت‌گیری‌های مختلف تیرچه‌ها را در دهانه‌ها فراهم می‌کند. با افزایش ضخامت تیرچه-ها، امکان قرارگیری آنها در جهت طول بلندتر اتاق، ویا امکان ایجاد بازشوهایی بین آنها جهت عبور مجاری تهویه طبیعی فراهم می‌گردد.

۲- دیوارها: جهت اجرای دیوارها از دو نوع متفاوت استادها استفاده می‌شود: الف- استادهای دیوارهای باربر داخلی و خارجی، ب- استادهای مورد استفاده در دیوارهای جداکننده و غیر باربر داخلی. استادهای باربر C شکل که در ساخت دیوارهای باربر به کار می‌روند دارای ابعادی بین ۲-۱/۲ تا ۸ اینچ و ضخامت آنها بین ۰/۰۳۳ تا ۰/۰۷۱ اینچ می‌باشند.

۳- بام‌ها: طیف گسترده‌ای از اندازه‌ها و ضخامت‌های در دسترس از اجزای قاب فولادی، تقریبا اجازه‌ی اجرای هرنوع سقفی را می‌دهد، از سقف یک پناهگاه ساده گرفته تا سقف ساختمان‌های پیچیده(CSSBI، ۱۹۹٤،ص٥).

روش‌های اجرای قاب فولادی

سه روش اصلی برای مونتاژ قاب فولادی در ساختمان‌های مسکونی وجود دارد:

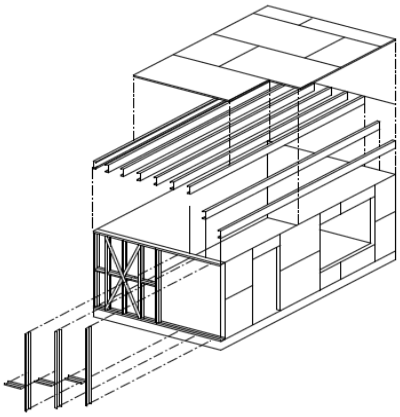
۱- سیستم برپایی در محل[۱۳]

۲- سیستم پانلی[۱۴]

۳- سیستم مدولار[۱۵]

در ادامه به تفصیل به معرفی هر سیستم می‌پردازیم:

۱- روش برپایی در محل: در این روش، اجزای جدا از هم در سایت مونتاژ می‌شوند تا دیوارها، تیرها و بادبندها که نماسازی، پوشش داخلی و سایر المان‌ها به آنها متصل می‌شوند را شکل دهند. المان‌هایی که به سایت آورده می‌شوند عموما به طول دلخواه بریده و از پیش سوراخ شده‌اند، اما اتصالات در سایت توسط پیچ‌های خودکار[۱۶]، بولت‌ها و یا سایر تکنیک‌های مناسب انجام می-گیرد(PCI-P۳۰۱، ۲۰۰۱، ص۳).



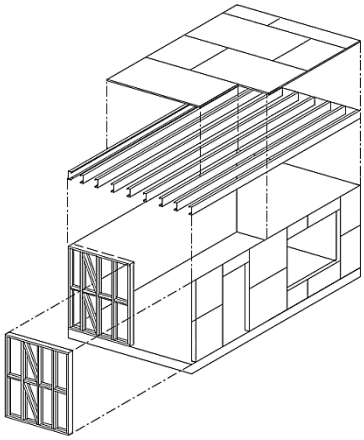
تصویر شماره: روش برپایی در محل

[۱۲] lapped joists
[۱۳] Stick build construction
[۱۴] Panelized construction or Sub-frame construction
[۱۵] Modular construction or Pre-engineered system
[۱۶] Self-drilling & Self-tapping

اصلی ترین مزایای استفاده از این روش :

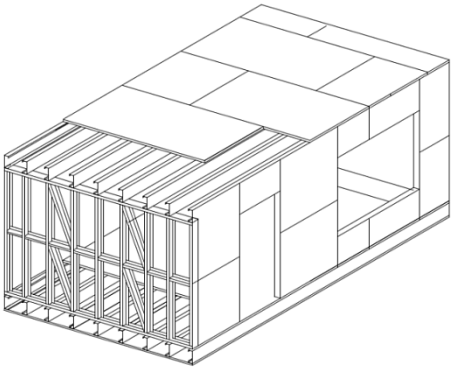
- کارخانه به امکانات مورد نیاز برای سیستم‌های پنلی و مدولار نیاز ندارد(نیاز به سرمایه کمتر جهت احداث کارخانه)؛
- تعداد زیادی از اجزای سبک فولادی می‌توانند به صورت متراکم بسته‌بندی و منتقل شوند؛
- اجزا می‌توانند به راحتی در سایت جابه‌جا شوند؛
- تکنیک‌های اتصال نسبتا ساده هستند.

این روش ساخت و ساز در مقایسه با سایر روش‌ها نیاز به تعداد بیشتری از کارگران در محیط کارگاه دارد، اما می‌تواند برای اجرای ساختمان‌های پیچیده که امکان پیش-ساخته سازی در آنها وجود ندارد، مفید باشد.



تصویر شماره : مونتاژ پانل‌های دیواری سبک فولادی در سایت

۲- سیستم پانلی: هدف از این سیستم تبدیل دیوارها، سقف‌ها و کف‌ها به قطعات پیش ساخته می‌باشد. پانل‌های دیوار، سقف و خرپاهای بام ممکن است در کارخانه پیش‌ساخته شوند و سپس در سایت مونتاژ گردند. جهت افزایش سرعت ساخت و ساز می‌توان بعضی مصالح نازک کاری را نیز در کارخانه نصب نمود. پانل‌ها در سایت به کمک تکنیک‌های رایج به یکدیگر متصل می‌شوند(PCI-P۳۰۱، ۲۰۰۱، ص۴). این روش ساخت و ساز برای ساختمان‌هایی که در آنها انواع پانل‌ها و ابعاد تکرار می‌شود، بسیار کارا می‌باشد(CSSBI، ۱۹۹٤،ص۷).



تصویر شماره : سیستم مدولار با استفاده از قاب سبک فولادی

اصلی‌ترین مزایای سیستم پنلی عبارت است از:

- سرعت نصب بالا؛
- توانایی کنترل کیفیت در تولیدات؛
- کاهش هزینه‌ی کارگران در سایت؛
- امکان تولید خودکار در تولیدات کارخانه‌ای.

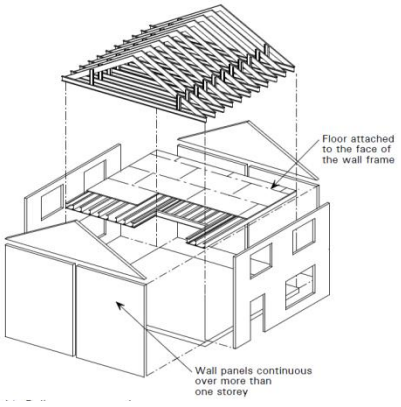
دقت هندسی پانل‌ها و دیگر اجزا در این روش بیشتر از روش اجرا در سایت می‌باشد، چرا که پانل‌ها در محیط کارخانه ساخته شده‌اند. همچنین اجرای نازک کاری و پوشش نهایی در موقعیت افقی ساده‌تر و سریع‌تر صورت می‌پذیرد. دقت در پیاده کردن نقشه و اجرای فونداسیون دو عامل کلیدی برای دستیابی به سرعت اجرا در نصب پانل‌ها و همچنین دستیابی به حداکثر کارآیی فرآیند ساخت و ساز می‌باشد(PCI-P۳۰۱، ۲۰۰۱، ص۴).

۳- سیستم مدولار: به دلیل مقاومت بالا و انعطاف‌پذیری فولاد، طراحی سیستم‌های نوآورانه‌ای امکان‌پذیر می‌گردد که با استفاده از سایر مصالح وجود ندارد. در ساخت و ساز مدولار، واحدها به صورت کامل در کارخانه پیش‌ساخته می‌شوند، حتی ممکن است این واحدها با تمام نازک‌کاری‌های داخلی، تاسیسات و اتصالات به سایت منتقل شوند. جهت ایجاد یک ساختار پایدار، واحدها ممکن است در کنار هم و یا بر روی هم نصب شوند. استفاده از این روش زمانی مقرون به صرفه‌تر است که اجرای بخش عمده‌ای از کار توسط یک فرم اصلی، از واحد مدولار امکان پذیر باشد(PCI-P۳۰۱، ۲۰۰۱، ص۴). به عبارت دیگر این شیوه برای ساختمان-

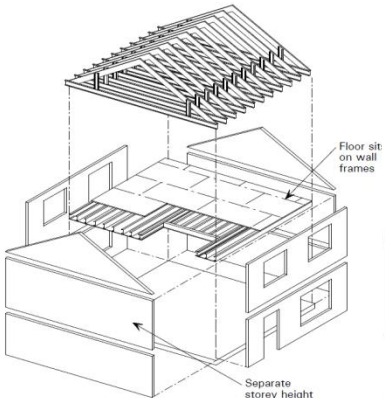
های با فضاهای تکرار شونده همچون هتل‌ها و خوابگاه دانشجویان بسیار مفید می‌باشد. از آنجا که بیشتر کارهای پیش‌ساخته سازی در کارخانه انجام می‌شود، در این روش سرعت ساخت و ساز بسیار بالا می‌باشد.

ساخت و ساز به روش سکویی و بالون[۱۷]

در ساخت و ساز به روش "اجرا در محل" و "روش پانلی"، اجزا می‌توانند به دو روش سکو یا بالون مونتاژ گردند. در روش سکویی دیوارها و کف‌ها به ترتیب سطوح طبقات و در یک زمان ساخته می‌شوند، بدین ترتیب دیوارها از نظر سازه‌ای پیوسته نیستند. در بعضی از اشکال سازه‌ای بارهای حاصل از دیوارهای بالایی از طریق تیرچه‌های کف به دیوارهای پایینی منتقل می‌شوند.



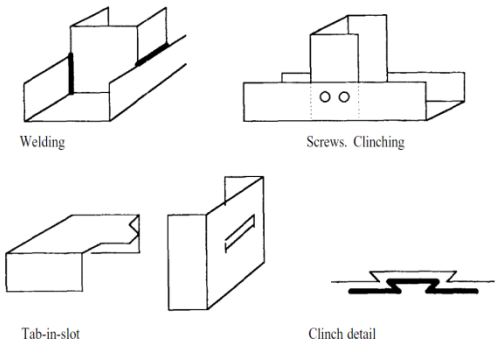
تصویر شماره : اجرا به روش بالون



تصویر شماره : اجرا به روش سکویی

در سازه‌های بالونی، پانل‌های دیوار اغلب بلندتر هستند و تا بالاتر از یک طبقه ادامه می‌یابند. نصب این پانل‌ها نسبت به پانل‌های با ارتفاع یک طبقه دشوارتر است. مزیت اصلی این روش این است که بارها از دیوار بالایی مستقیما به دیوار پایینی منتقل می‌شوند. در هر دو شکل ساخت و ساز عموما نمای خارجی یا پوشش نهایی در سایت به فریم‌ها نصب می‌شود(PCI-P۳۰۱، ۲۰۰۱، ص۵).

اخیرا شرکت NCC AB در سویس سیستم ساختمان سازی صنعتی جدیدی ارائه داده است. روش ارائه شده در این شرکت بسیار در پیش‌ساخته سازی ساختمان‌ها پیشرفت نموده است. این روش یک سیستم ترکیبی حاصل ترکیب کف‌های سبک فولادی و دیوارهای بتنی است. اجزای این سیستم مسطح هستند و با تمام امکانات همچون درها، پنجره‌ها و حتی کابینت‌های آشپزخانه به سایت پروژه منتقل می‌گردند. این ساختمان‌ها که در برابر شرایط محیطی مقاوم هستند، امکان ساخت هر گونه ساختمان تا ارتفاع هشت طبقه را فراهم می‌کنند. بیان شده است که این سیستم زمان ساخت را به نصف کاهش می‌دهد و تنها ۱۰٪ کارها در سایت پروژه انجام می‌پذیرد. هرچند احداث کارخانه‌ی این سیستم نیاز به یک سرمایه گذاری کلان دارد، اما نوید این را می‌دهد که شرکت‌های ساختمانی در آینده کل بنا را به عنوان یک محصول به بازار عرضه می‌کنند و بدین ترتیب دیگر نیاز نیست هریک از قطعات به صورت مجزا تهیه شوند(Veljkovic و Johansson،۲۰۰۶، ۲۱۴۷).



تصویر شماره : شیوه‌های مختلف اتصال استاد به رانر
ماخذ: Gerlich، ۱۹۹۵، ص۱۴

اتصالات و بست‌ها

ابزار اصلی مورد استفاده در فریم‌های فولادی، قیچی آلومینیومی[۱۸]، پیچ تفنگی[۱۹]، نیبلرها[۲۰]، اره دندانه‌ای یا صاف[۲۱] و غیره می‌باشند. کار با این

[۱۷] Platform and balloon construction

ابزار بسیار راحت است. پیچ‌های خودکار[۲۲] رایج‌ترین سخت کننده‌هایی هستند که در قاب فولادی به کار می‌روند. این سخت کننده‌ها بسیار با دوام‌تر از میخ‌ها هستند و می‌توانند به طور موثرتری در برابر نیروها مقاومت کنند. برای اتصال نماهای خارجی در تماس با فضای خارج استفاده از صفحات زینک یا پیچ‌های پوشیده شده با فسفات رایج می‌باشد. طیف گسترده‌ای از انواع محکم کننده‌های خودکار[۲۳] در بازار موجود است(CSSBI، ۱۹۹٤،ص۸).

تصویر شماره : ابزار مورد استفاده در نصب قاب فولادی

محافظت در برابر خوردگی

همانطور که می‌دانیم اگر فولاد بدون هیچ پوششی در محیط باز قرار گیرد، زنگ می‌زند. این مشکل از سال‌ها پیش با روش گالوانیزه کردن برطرف شده‌است. گالوانیزه عبارت است از یک ورق فولادی که توسط یک لایه روی پوشیده شده‌است. اخیرا سیستم پوششی دیگری که از آلیاژ آلومینیوم-روی(با نام تجاریGalvalume) استفاده می‌کند به بازار ساختمان‌سازی ارائه شده-است. روی یا آلومینیوم-روی در تمام مراحل انبار کردن، حین ساخت و ساز و بعد از آن از فولاد در برابر خوردگی محافظت می-کنند، به عبارت دیگر با ممانعت از رسیدن رطوبت به فولاد مانع زنگ زدگی آن می‌شوند. این پوشش‌ها همچنین به روش فداکارانه[۲۴]نیز از فلز محافظت می‌کند. بدان معنی که در صورت خراشیده شدن و یا ضربه خوردن، پوشش فلزی به حفاظت خود ادامه خواهند داد و به روش فداکارانه از فولاد نمایان حفاظت می‌کند. پوشش روی و یا آلومینیوم-روی در طیف وسیعی از پوشش‌های وزنی تولید می‌شوند تا برای کاربردهای متفاوت مناسب باشند. رایج‌ترین مشخصات برای پوشش استادهای فولادی در ساختمان-های مسکونیG۹۰ galvanized یا AZ۱۵۰ galvalume می‌باشد(CSSBI، ۱۹۹٤،ص۸).

در ساختمان‌های با قاب گرم(در ادامه به معرفی این نوع قاب پرداخته می‌شود)، که از اجزای فولادی گالوانیزه‌ی استاندارد استفاده شده‌است، عمر ساختمان می‌تواند تا بیشتر از ۲۰۰ سال پیش‌بینی گردد. در ساختمان‌های با قاب سرد، عمر طراحی به ۶۰ سال کاهش می‌یابد. در تمام ساختمان‌ها، نمای ساختمان باید کاملا پایدار باشد(SCI-P۳۰۱، ۲۰۰۲،۳۱).

---

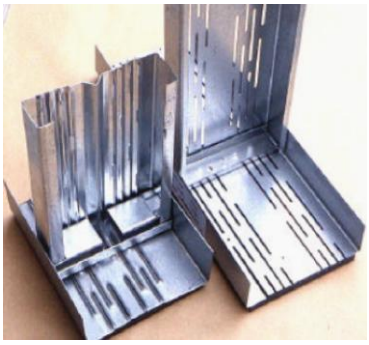
[۱۸] Tin snips
[۱۹] Screw gun
[۲۰] Nibblers
[۲۱] Circular or chop saw
[۲۲] Self drilling screws
[۲۳] Self–drilling and Self–tapping
[۲٤] Sacrificial

عملکرد حرارتی

با توجه به اهمیت بهینه سازی مصرف انرژی در سال‌های اخیر، تامین مقاومت حرارتی مناسب در طراحی ساختمان‌ها بسیار مهم می‌باشد. میزان عایق حرارتی پوشش یک ساختمان توسط ضریب انتقال حرارت[۲۵] آن مشخص می‌شود. هرچه این مقدار کمتر باشد، نشان دهنده این است که عایق حرارتی مصالح بیشتر است. در جدول زیر میزان عایق حرارتی حاصل از یک قاب سبک فولادی نشان داده شده است(SCI-P۳۶۷، ۲۰۰۷،ص۳).

Table 2 U-values (W/m²K) achieved using light steel framing

Light steel framing:	Walls	Ground floors	Pitched roof insulation		Flat roof
			Between joists	Between rafters	
Typical construction	0.30	0.25	0.16	0.16	0.20
Best practice	0.20	0.20	0.15	0.15	0.15

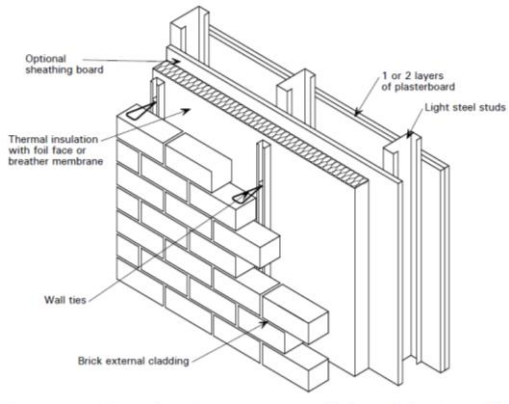


تصویر شماره : استادها و رانرهای شبکه شده با کارایی حرارتی بالا جهت استفاده در دیوارهای

پل‌های حرارتی را می‌توان با اضافه نمودن صفحات عایق صلب در سمت سرد استادها کنترل کرد. این عایق‌ها به عنوان یک قطع کننده‌ی حرارتی عمل می‌کنند. در مناطق سردسیر جهت کاهش بیشتر پل‌های سرد ایجاد شده توسط فولاد، می‌توان از مقاطع با شبکه‌های چاک داده شده استفاده نمود. این مقاطع در دیوارهای خارجی به همراه عایق پشم معدنی بکار برده می‌شوند(Veljkovic و Johansson،۲۰۰۶، ۲۱۴۷)

ایجاد قاب گرم[۲۶]

در سیستم قاب سبک فولادی، با قرار گرفتن عایق حرارتی در خارج استادهای قاب فولادی، یک سازه‌ی قاب گرم ایجاد می‌شود. این امر موجب محدود نمودن پل‌های سرد حاصل از المان‌های فولادی و همچنین کاهش ریسک مناطق سرد ایجاد شده در سطح داخلی دیوار می‌گردد. دیگر مزیت این کار، نگهداشتن فولاد در دمایی بالاتر از نقطه شبنم می‌باشد که در نتیجه از میعان آب درون بنا جلوگیری می‌کند. جهت نماسازی آجری در خارج، تخته‌های عایق در فضای میان LSF و آجر قرار می‌گیرند، این امر همچنین پایداری در برابر آب‌وهوا را فراهم می‌کند(SCI-P۳۶۷، ۲۰۰۷،ص۵).



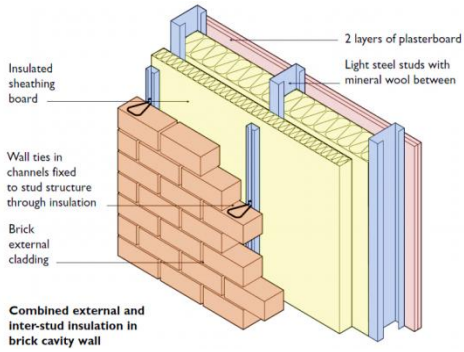
تصویر شماره : ساختمان قاب گرم در سیستم سبک فولادی به همراه عایق خارجی

به عنوان روش دیگر، زمانی که احتمال بروز تقطیر کم است، علاوه بر عایق موجود در جبهه خارجی قاب، عایق اضافی نیز می‌تواند بین استادها قرار

---

[۲۵] U-Value
[۲۶] Warm frame

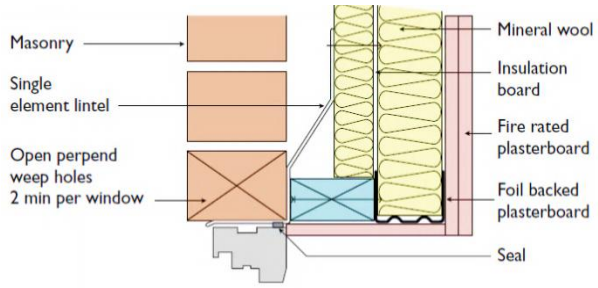
گیرد. پشم معدنی که میان استادهای دیوار قرار می‌گیرد، عملکرد حرارتی بهتری را ارائه می‌دهد و استفاده از آن در دیوارها و سقف‌های با عایق حرارتی بالا توصیه می‌شود(SCI-P۳٦۷، ۲۰۰۲،ص۲۵).

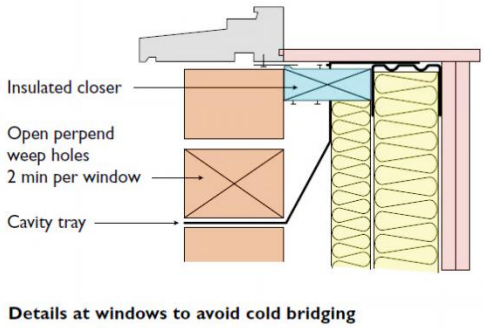


تصویر شماره : دیوار خارجی با استفاده ازعایق پوششی خارجی و عایق بین استادها

جزئیات

پل‌های حرارتی ممکن است اطراف پنجره‌ها، بازشوی درها و همچنین در محل اتصال دیوارها به کف و سقف ایجاد شوند. با قرار دادن عایق در پوشش خارجی و در محل‌های اتصال فریم‌های سبک فولادی، تا حد زیادی می‌توان از ایجاد این پل‌ها جلوگیری نمود. قاب‌های سبک فولادی که از اصول قاب گرم استفاده می‌کنند، به پیوستگی عایق در اطراف کل ساختمان کمک می‌کنند. عایق همچنین می‌تواند تا قاب پنجره یا در امتداد یابد(SCI-P۳٦۷، ۲۰۰۷،ص۵).

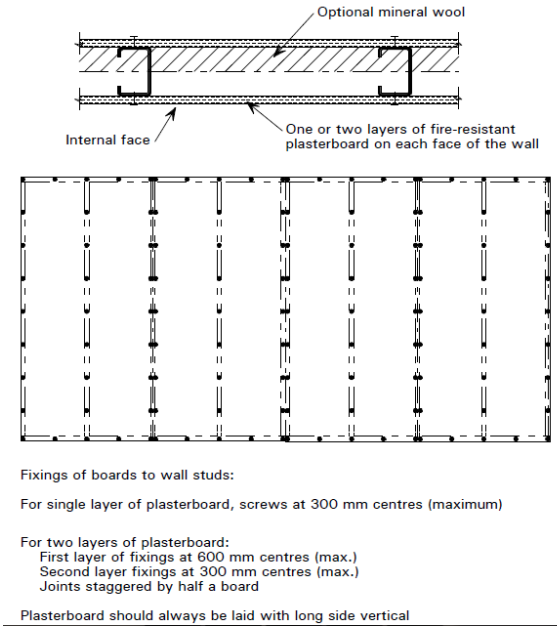




مقاومت در برابر آتش[۲۷]

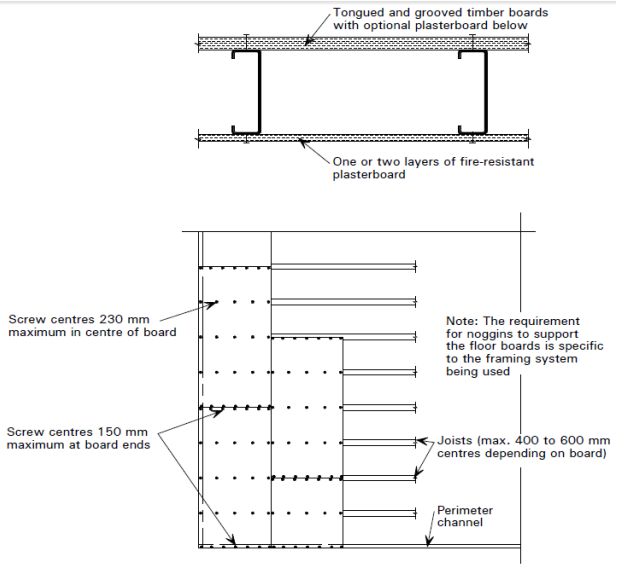
فولاد به محتویات قابل احتراق یک ساختمان اضافه نمی‌کند، به همین دلیل اقدامات ایمنی در برابر آتش تا حد زیادی به ممانعت از شکست ساختار و همچنین تامین وسایل فرار انحصار می‌یابد. در المان‌های سازه‌ای دیوارها و کف‌های سبک فولادی اغلب محافظت از آتش توسط پلاستر بوردهای مقاوم در برابر آتش تامین می‌گردد. استفاده از پلاستر بوردها دارای امکانات زیر می‌باشد.

- در دیوارها، یک تخته‌ی مقاوم در برابر آتش با ضخامت ۱۲/۵ میلیمتر که در هر دوجبهه‌ی استادهای فولادی دیوار نصب گردیده‌است، ۶۰ دقیقه مقاومت در برابر آتش را فراهم می‌کند.



تصویر شماره : محافظت از اعضای دیوار در برابر آتش

[۲۷] Fire resistence



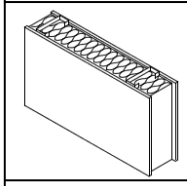
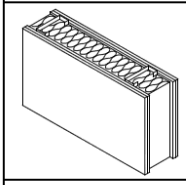
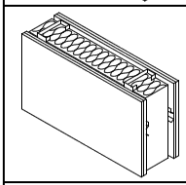
تصویر شماره : محافظت از اعضای سقف در برابر آتش

- در دیوارها، با نصب یک لایه از تخته‌ی مقاوم در برابر آتش به ضخامت ۱۲/۵میلیمتر بر روی یک لایه‌ی ۱۲/۵ میلیمتری از تخته‌ی دیوار[۲۸]، ۶۰ دقیقه مقاومت در برابر آتش فراهم می‌گردد. این تخته‌ها باید به وسیله‌ی اتصالات شطرنجی[۲۹] در هرسمت استادهای دیوار فولادی متصل گردند.
- در کف‌ها، با نصب یک لایه تخته‌ی T&G به ضخامت ۱۸ میلیمتر بر روی تیرچه‌های سبک فولادی و ۱۲/۵میلیمتر پلاستر برد مقاوم در برابر آتش در زیر تیرچه‌ها، ۳۰ دقیقه مقاومت در برابر آتش تامین می‌گردد.
- در کف‌ها، با نصب یک لایه‌ی ۱۲/۵ میلیمتری پلاستر بورد مقاوم در برابر آتش بر روی یک لایه‌ی تخته دیوار به ضخامت ۱۲/۵ میلیمتر به کمک اتصالات شطرنجی در زیر تیرچه‌ها و همچنین نصب حداقل یک لایه ۱۸میلیمتری از تخته‌ی T&Gبر روی آنها، ۶۰ دقیقه مقاومت در برابر آتش تامین می‌گردد.

مصالح پوششی پیوسته در حال پیشرفت می‌باشند، به همین دلیل ممکن است تولید کنندگان مصالح ساختمانی، پیشنهادهای دیگری که اقتصادی‌تر و مقاوم‌تر در برابر آتش است، معرفی نمایند(SCI-P۳۰۱، ۲۰۰۲، ۱۵) .

آکوستیک

در سیستم ساختمانی سبک فولادی، نیازهای آکوستیکی به راحتی قابل تامین می‌باشد. یک دیوار جداکننده با دولایه‌ی مجزا می‌تواند صدا را تا ۶۰دسی بل کاهش دهد. این توانایی با افزایش پلاستر و عایق‌های بین استادها به میزان بالاتری ارتقا می‌یابد. (SCI-P۳٦۷، ۲۰۰۷،ص۴). یکی از سیستم‌هایی که می‌توان به کار برد میله‌های انعطاف پذیری هستند که در محل‌های اتصال تخته-های گچی به LSF نصب می‌گردد. در صورتی که در کف نیز از این میله‌های انعطاف پذیر استفاده شود موجب کاهش صدای هوابرد به دیوارهای جداکننده و همچنین کاهش انتقال صدای کوبه‌ای که زیر ۵۰ دسی بل است، می‌گردد(SCI-P۳٦۷، ۲۰۰۷،ص۴).

	Material specifications	Acoustic insulation D_{nTw}	Fire resistance
	• 12.5 mm plasterboard • Light steel studs with mineral wool between • 12.5 mm plasterboard	45 dB	30 min
	• 2 layers of 12.5 mm plasterboard • Light steel studs with mineral wool between • 2 layers of12.5 mm plasterboard	50 dB	60 min
	• 2 layers of 12.5 mm plasterboard • Resilient bars • Light steel studs with mineral wool between • Resilient bars • 2 layers of12.5 mm plasterboard	58 - 60 dB	60 min

تصویر شماره : میزان عایق صوتی و مقاومت در برابر آتش در انواع دیوارهای سبک فولادی

[۲۸] Wallboard
[۲۹] Staggered joint

غیر قابل نفوذ کردن هوا

مسدود کردن مسیر هوا در سیستم قاب سبک فولادی با ایجاد مانع هوایی ممکن می‌گردد. این مانع می‌تواند به روش‌های مختلف از جمله: توسط پوشش پلاستر، مسدود نمودن مناسب اتصالات و درزها یا به وسیله‌ی یک پوشش یکپارچه در میان سازه دیوار ایجاد گردد. با اجرای هوابندها میزان از دست دادن حرارت از طریق ساختار بنا کاهش می‌یابد(SCI-P۳٦۷، ۲۰۰۷،ص۵).

لایه‌ی کنترل بخار

در ساختار قاب گرم به طور کلی نیاز به یک مانع بخار وجود ندارد، چرا که تقطیر درون ساختاری در این نوع قاب رخ نمی‌دهد. زمانی که مقدار قابل توجهی از عایق درون استادها قرار گرفته است، ممکن است لایه‌ی کنترل بخار یا پلاستر مقاوم در برابر بخار در سمت گرم‌تر فولاد لازم گردد. به عنوان یک قانون ساده می‌توان اظهار داشت که برای جلوگیری از این مشکلات، نباید بیشتر از نصف سطح کل عایق، توسط عایق‌های درون استادها فراهم شود.(باید حداکثر نصف ضخامت عایق بین استادها قرار گیرد)(SCI-P۳٦۷، ۲۰۰۷،ص۵). در مکان‌های با رطوبت زیاد، تعبیه‌ی یک لایه‌ی کنترل بخار که بین تخته‌ی گچی و LSF قرار می‌گیرد، مورد نیاز می‌باشد. استفاده از پلاستری که با یک لایه فویل پوشیده شده است یا یک لایه‌ی پلی اتیلن جداگانه، عملکردی مشابه را ایجاد می‌کند(SCI-P۲٦۲،ص۳۲).

فواید استفاده از LSF

فواید استفاده از LSF در خانه‌ها و مجتمع‌های مسکونی از دیدگاه‌های پایداری، اقتصادی و اجتماعی به طور خلاصه در زیر بیان می‌شود:

- ✓ صرفه جویی در مصرف انرژی:
  - تامین آسان میزان بالای عایق حرارتی؛
  - امکان استفاده از انواع سیستم‌های پوششی؛
  - با وجود وزن کم سازه، پاسخگویی مناسب به نیازهای حرارتی؛
  - توانایی کاهش و به حداقل رساندن پل‌های حرارتی؛
  - امکان دستیابی به یک سازه‌ی هوابند؛
- ✓ مزایای سازه‌ای:
  - سرعت بالای ساخت و ساز(کاهش زمان ساخت تا ۵۰٪)؛
  - ارزش افزوده‌ی بیشتر برای مشتری؛
  - افزایش بهره‌وری در سایت؛
  - قابلیت پیش‌بینی فرآیندها؛
  - ایمنی بالای فرآیند ساخت و ساز؛
  - کیفیت بالای ساخت و ساز؛
  - راحتی در جابجایی و حمل اجزا.
- ✓ جنبه‌های پایداری

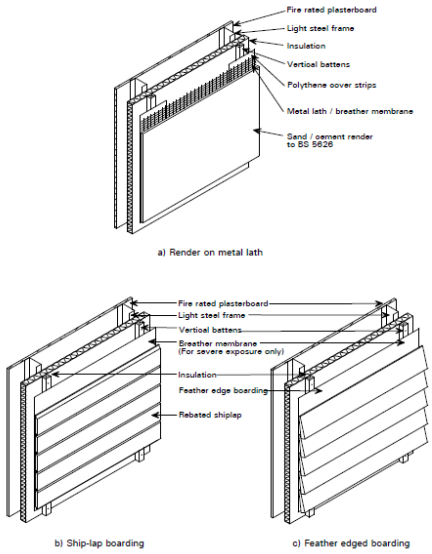


Figure 7.14 *Alternative forms of cladding supported by light steel framing*

- کاهش میزان تولید CO_2؛
- کاهش تولید مواد زائد در سایت؛
- کاهش مواد مصرفی به دلیل کاهش وزن سازه؛
- قابل تولید به کمک مواد بازیافتی؛
- کاهش بی نظمی در فرآیند ساخت و ساز؛
- سازگاری با تغییرات و احتیاجات آینده؛
- قابلیت بازیافت شدن در پایان عمر مفید(SCI-P۳۶۷، ۲۰۰۷،ص۵).

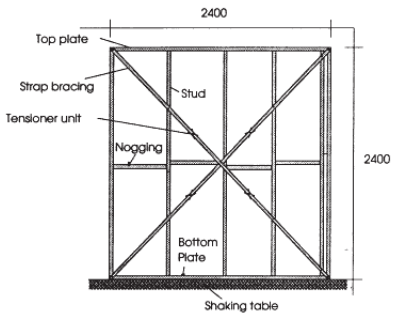
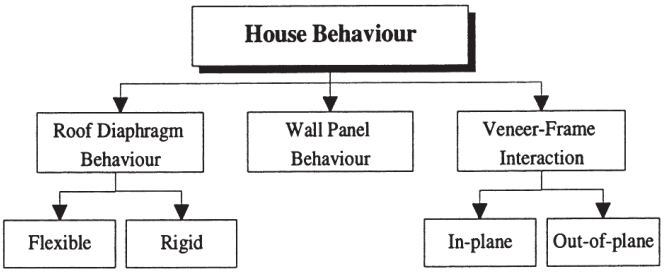


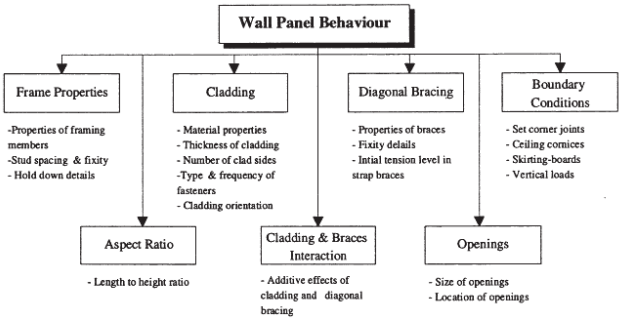
Fig. 3. Single panel, unlined steel wall frame.

تمهیدات سازه‌ای

همان‌گونه که پیش از این اشاره گردید، سازه‌ی ساخته شده با سیستم LSF از اجزایی به نام استادها، رانرها و بادبندها تشکیل گردیده‌اند. جهت بررسی رفتار سازه‌ای یک خانه که با سیستم LSF ساخته شده‌است، می‌توان آن را به سه بخش اصلی سقف، دیوارها و پانل‌های دیواری تقسیم نمود(GOD، ۱۹۹۹، ۳.) در نمودارهای زیر این عوامل نشان داده شده‌اند.



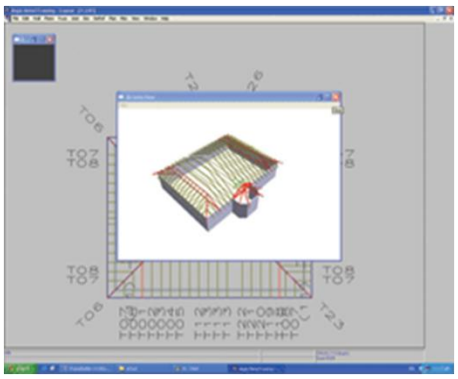
تصویر شماره : عوامل تاثیر گذار بر رفتار سازه مسکونی تحت بار جانبی

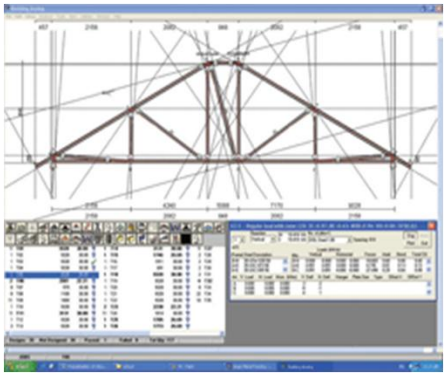


تصویر شماره : عواملی که بر رفتار پانل‌های دیواری تحت بارهای جانبی تاثیر می‌گذارند

طراحی سازه

جهت طراحی صحیح و مناسب سازه LSF ضروری است سازه به صورت سه بعدی و با دقت بالا به همراه تمام جزئیات مدل شود، این کار توسط نرم افزار اختصاصی FRAME BUILDER که توسط شرکت Genesis به عنوان یکی از پیشرفته ترین نرم افزارهای طراحی سازه در دنیا ارائه گردیده است صورت می‌پذیرد. این نرم افزار دارای مشخصه‌های بارز طراحی حرفه‌ای به همراه ارائه جزئیات اجرایی در کلیه ساختمان‌ها می باشد. نرم افراز فوق کلیه اطلاعات، نقشه‌ها و راهکارهای لازم به منظور بهبود عملیات اجرایی ساختمان و همچنین صرفه اقتصادی مطلوب دراستفاده از فریم‌های ساخته شده از فولاد سبک را در اختیار مجریان، مشتریان و بهره برداران قرار می‌دهد. پس از ایجاد مدل سه بعدی از ساختمان مورد نظر ، قاب بندی مناسب براساس محاسبات و اصول مهندسی صورت گرفته، سپس نقشه‌های تولید و نصب پانل‌ها با در نظر گرفتن تمامی جزئیات و ملاحظات مهندسی بطور مشخص تهیه می‌گردد.





نقشه‌ها به گروه‌های مختلف به شرح ذیل تقسیم می‌شوند:

۱- نقشه دیوارها، سقف‌ها و اتصالات مربوطه، شامل اندازه اعضای سازه‌ای، ضخامت ورق‌ها، فواصل اعضاء، محل دیوارهای باربر و غیر باربر، جزئیات اتصالات و ملاحظات مربوط به نکات آیین نامه ای.

۲- نقشه بام و خر پاها (در صورت لزوم) و اتصالات مربوطه شامل نقشه-های تولید خرپاها ، بادبندی بام‌ها ، اتصالات و نکات آیین نامه‌ای(برگرفته از مطالب ارائه شده در وبلاگ مهندسی عمران توسط مهندس تقربیان).

فونداسیون‌ها

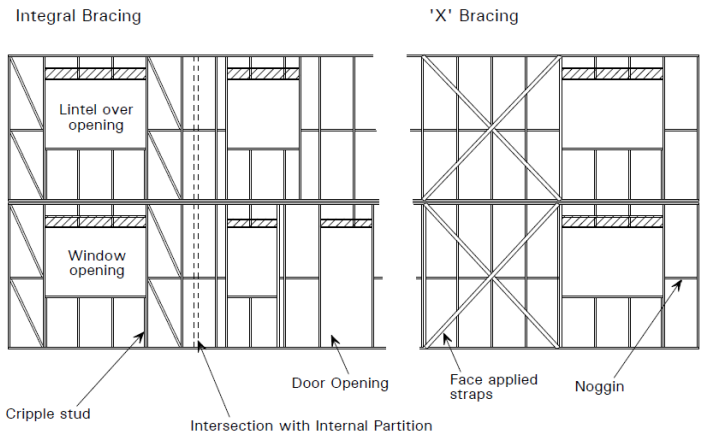
قاب فولادی توانایی قرار گرفتن روی انواع فونداسیون‌ها را دارد. به دلیل وزن کم سازه، ابعاد فونداسیون بسیار کاهش می-یابد. در این نوع سازه اغلب از فونداسیون‌های نواری [۳۰]و شیاری[۳۱] استفاده می‌شود. فونداسیون‌های پایه ستونکی[۳۲] نیز برای زمین-های ضعیف مناسب می‌باشد. LSF به وسیله‌ی رانرهای پایینی به فونداسیون متصل می‌شود(SCI-P۳٦۷، ۲۰۰۷،ص۴).

ایستایی در برابر بارهای جانبی

تمام سازه‌های دیوار باربر باید دارای مقاومت کافی باشند تا بتوانند از حرکت تحت بارهای افقی جلوگیری نمایند. سه راهکار کلی جهت حفظ پایداری قاب‌ها در سطوح عمودی وجود دارد: بادبند قطری، بادبند ضربدری و عملکرد دیافراگمی.

بادبند قطری: مقاطع C به طور قطری میان عمق استادهای عمودی دیوارها قرار می‌گیرند. اعضای بادبند قطری باید به استادهای عمودی محکم شوند تا از انتقال بارها به صورت کششی و فشاری اطمینان حاصل شود.

بادبند ضربدری: تسمه‌های فلزی حاصل از نوارهای نازک فولادی به صورت قطری به وجه خارجی استادها متصل می‌شوند. این تسمه‌ها تنها در کشش عمل می‌کنند و اگر در طول عملیات نصب پیش کشیده نشوند، ممکن است خمیده گردند. این اجزا می‌توانند به هر استاد عمودی متصل شوند.



تصویر شماره : انواع بادبندهای مورد استفاده در قاب سبک فولادی

عملکرد دیافراگمی: دیوارها، کف‌ها و سقف‌ها اغلب با مصالح مسطح مناسب همچون تخته‌ی چندلا[۳۳]، تخته‌های پلاستر[۳۴]، تخته‌های سیمانی[۳۵] و تخته‌های تولید شده از مواد بازیافتی[۳۶]، پوشیده می‌شوند. از این مصالح می‌توان به عنوان دیافراگم‌های سازه‌ای و جهت انتقال نیروها به بادبندها یا فونداسیون‌ها

---

[۳۰] Strip
[۳۱] Trench
[۳۲] Mini-pile

استفاده نمود. عملکرد موثر دیافراگم‌ها زمانی حاصل می‌گردد که این مصالح صفحه‌ای به وسیله‌ی پیچ‌های خودکار[۳۷] و به صورت محکم به اجزای LSF متصل شوند. فاصله‌ی مرکز پیچ‌ها از یکدیگر نباید بیشتر از ۳۰۰ میلیمتر باشد، همچنین فاصله‌ی آنها از لبه‌ی پانل‌ها نباید از ۱۵۰ میلیمتر تجاوز نماید.

دیافراگم‌ها همچنین می‌توانند در سطح افقی کف و در سطح خرپاها نیز به کار روند. کف‌ها باید به گونه‌ای طراحی شوند که بتوانند بارهای برشی را به دیوارهای مقاوم منتقل نمایند. هنگامی که در دیافراگم نیاز به تعبیه‌ی بازشوهای بزرگ می‌باشد، حتما باید از حفظ شدن مسیر بارها اطمینان حاصل نماییم(SCI-P۳۰۱، ۲۰۰۱، ص ۱۰و۱۱).

قاب سبک فولادی در ایران

کارخانه‌ی این سیستم در ایران برای اولین بار در سال ۱۳۸۵ راه اندازی شد. استفاده از این سیستم روزبه روز در حال گسترش می‌باشد.

در سراسر جهان اجرای سیستم LSF به دو روش نیوزیلندی و کانایی اجرا می‌گردد. در روش نیوزلندی تنها یک مقطع پروفیل به شکل C تولید می‌شود. عرض مقاطع در این روش معمولا ۳/۵ و ۵/۵ اینچ می‌باشد. اما در روش کانادایی دو نوع پروفیل با مقاطع U شکل و C شکل جداگانه تولید می‌شوند. مقطع U شکل بعنوان رانر و مقطع C شکل بعنوان استاد استفاده می‌گردد. ضخامت ورق مورد استفاده با توجه به نیاز سازه‌ای معمولاً بین ۰/۶۰ تا ۳ میلی متر می‌باشد. روش رایج در ایران، شیوه‌ی کانادایی می‌باشد.

در سال‌های اخیر چندین ساختمان در مناطق مختلف به این شیوه ساخته شده‌است که به عنوان نمونه می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- ساختمان های پرند تهران
- ساختمان مشهد که ترکیبی از LSF و دیوار برشی می‌باشد
- مسکن مهر مرودشت در استان فارس که به صورت واحدهای مسکونی چهار طبقه و در حال ساخت می‌باشد.

نتایج

- سیستم ساختمانی سبک فولادی می‌تواند به بسیاری از نیازها در ساختمان‌های مسکونی جامه عمل بپوشاند. همچنین این سیستم جهت تولیدات صنعتی بسیار مناسب می‌باشد.

- گستره‌ای از ضخامت های مختلف فولاد برای برآورده کردن نیازهای سازه ای وغیر سازه ای در دسترس می باشند. دامنه‌ی ضخامت اعضای سرد نورد به علت رفتار کمانشی و لاغری عناصر سازه ای، بین ۰.۶ تا ۲.۵ میلیمتر در نظر گرفته می شود.

---

[۳۳] Plywood
[۳٤] Plasterboard
[۳۵] Cement particleboard
[۳٦] Chipboard
[۳۷] Self-drilling and Ssel-tapping

- از مزایای ویژه ی مقاطع سرد نورد سهولت ترکیب آنها با یکدیگر و ساخت مقاطع ترکیبی مقاوم در برابر اشکال مختلفی از بارهاست. بنابراین از این مقاطع به صورت عناصر تیر،ستون و خرپا میتوان استفاده نمود و در مکان های لازم آنها را به کار بست.

منابع

- معرفی سیستم ساختمای قاب‌های سبک فولادی سرد نورد شده(LSF)، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن،گامی در صنعتی سازی ساختمان، فناوری‌های تایید شده در راستای جزء ۶-۲ بند د تبصره۶ قانون بودجه ۱۳۸۶ کل کشور.

- CSSBI,An introduction to residential steel framing,١٩٩٤, Canadian Sheet Steel Building Institute.
- Building design using cold formed steel sections, Light steel farming in residential construction,PCI-P٣٠١,٢٠٠١,Britania.
- Design of loadbearing light steel frame walls for fire resistance, J T (HANS) GERLICH, August ١٩٩٥, New Zealand, Christchurch,
- Energy efficient housing using Light Steel Framing, SCI-P٣٦٧, The steel construction institute,٢٠٠٧, United kingdom.
- Building design using cold formed steel sections, Durability of light steel framing in residential building, SCI-P٢٦٢,The steel construction institute.
-
- The lightweight steel frame house construction handbook,CSSBI-٥٩-٠٥,Canadian steel building institute,٢٠٠٥,Canada.
- Building design using cold formed steel sections,Light steel framing in residential construction,SCI-P٣٠١,٢٠٠١, United kingdom.
- Light steel framing for residential buildings, Thin-Walled Structures ٤٤ (٢٠٠٦) ١٢٧٢–١٢٧٩, Milan Veljkovic_, Bernt Johansson.
- Lateral performance of cold-formed steel-framed domestic structures, E.F. Gad, C.F. Duffield, G.L. Hutchinson, D.S. Mansell, G. Stark, Engineering Structures ٢١ (١٩٩٩) ٨٣–٩٥