



## سازه های ال اس اف (سازه هوشمند)

### مه لقا پژوم

دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان

arameshpazhoum@gmail.com

### صادق فلاح فرد

دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد

لاهیجان sadegh.falahfard.2016@gmail.com

### صابر نوروزی فر

دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد

لاهیجان saber.norouzifar@gmail.com

### جعفر یوسف پور

استادیار، دانشکده معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان

Jafar.yousefpour@yahoo.com

### چکیده :

سیستم ساخت سازه های فولادی سبک (LSF) یکی از مناسب ترین سیستم های ساختمانی است که امروزه در جهان مورد استفاده قرار می گیرد. استفاده از این سیستم به دلیل کیفیت مناسب ساخت و سرعت بالا و مقاومت مناسب در برابر زلزله از دهه ۱۹۵۰ میلادی در کشور های کانادا، امریکا، ژاپن و... گسترش یافته است. در ایران نیز این سیستم ساختمانی دارای تائیدیه فنی از مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن بوده و از دهه ۱۳۸۰ شمسی بعنوان یکی از تکنولوژی های نوین ساختمان در کشور بطور رسمی معرفی شده است. اصلی ترین عامل در سازه های فولادی سبک، مقاطع فولادی جدار نازک (LSF) می باشد. بدلیل خصوصیات مقاطع مورد استفاده در این سیستم همچون نورد سرد فولاد و عدم وجود تنش های پسماند در مقاطع، امکان ایجاد مقاطع با اشکال متنوع و بامقاومت و سختی بالا، دقت و سرعت در اجرا و نصب سازه در مقایسه با ساختمان های سنتی و همچنین هزینه بهینه و کمتر و جلوگیری از پرت و هدر رفت مصالح و منابع که معمولاً در ساخت وساز های سنتی وجود دارد استفاده از این روش ساخت را می توان بعنوان یک روش صنعتی جایگزین در پروژه های ساختمانی و همچنین انبوه سازی مسکن مورد توجه قرارداد. در مجموع می توان گفت، استفاده از این سازه از هر لحاظ مناسب و درجهت دستیابی به اهداف توسعه پایدار شهری است. روش این تحقیق به صورت توصیفی تحلیلی است.

واژگان کلیدی: توسعه پایدار، سیستم LSF، سازه های سبک فولادی، روش های نوین ساختمانی، سیستم های صنعتی ساختمان

مقدمه:

## ۱. تاریخچه :

سازه های فولادی سرد نورد (Cold-Formed Steel Structures) از سال های ۱۸۸۶ در انگلستان رواج یافتند. مقاطع مختلفی که اکثراً عملکرد غیر سازه ای یا در ترکیب با مصالح سازه ای به کار می رفتند مانند استفاده ی گسترده مقاطع ورق های سرد نورد شده در کاربردهای صنعتی گرفته تا پوشش های بام ها و دیوارها و نماها و سقف ها از موارد استفاده قطعات فولادی سرد نورد بودند. از همان ابتدا، این مقاطع در استانداردهای بریتانیا (BS) جای گرفتند و با نگاه آیین نامه ای به طراحی و تولید آن ها نظام مند گردید.

قاب بندی چوبی که از قرن ۱۷ توسط مهندسان معماری امریکایی ابداع شده بود در همان سال های ۱۸۸۰ در حال ادغام با پروفیل های فولادی مقاطع قوطی شکل بودند. نمونه های متنوعی در بریتانیا و آلمان و آمریکا از این نوع قاب بندی ساخته می شد تا فولاد وارد قاب بندی ساختمان شود. در سال ۱۹۱۴ در انگلستان برای نخستین بار مقطع C شکل سرد نورد شده که در صنعت LSF به نام Stud شناخته می شود در صنعت ساختمان های قاب بندی شده وارد گردید و قاب بندی فلزی را شکل داد. این قاب بندی با تقلیل وزن ساختمان های چوبی تا یک سوم آن، آغاز تحولی جدید در قاب های ساختمانی و گسترش صنعت جدیدی در ساختمان بود که با استقبال زیادی از مجامع مهندسی به ویژه در امریکا روبرو گردید. در سال ۱۹۳۹ مؤسسه ی امریکایی فولاد و فلز (AISI) در دانشگاه کرونل و دانشگاه واشنگتن تحقیقات گسترده ای را با مدیریت پروفیسور جورج وینتر (Georg Winter) آغاز نمود و در سال ۱۹۴۶ نخستین مجموعه از استاندارد طراحی سازه های سرد نورد از AISI منتشر شد که سرآغاز سلسله استانداردهای جهانی AISI گردید و امروزه تنها مرجع اساسی تمام استانداردهای دیگر کشورها در زمینه ی سازه های سرد نورد و دیگر آیین نامه های امریکا و کانادا می باشد. پس از امریکا، استرالیا استاندارد AS/NZ 4600 را بر مبنای آیین نامه AISI S-100 و استانداردهای زیرمجموعه ی آن تدوین نمود و از رهگذر این آیین نامه ها افریقای جنوبی و هند و ژاپن و در چندسال اخیر چین نیز آیین نامه های خود را تدوین نمودند. مجمع مهندسی انگلستان، آلمان، فرانسه، ایتالیا، سوئد نیز آیین نامه ی EURO Code 3 را تدوین کرد. این نوع سازه ها که با عنوان علمی Cold-Formed Steel structures شناخته می شوند (CFS)، مجموعه ای بسیار متنوع و گسترده از انواع مقاطع فلزات سرد نورد شده در زمینه های گسترده ای از کاربردهای گوناگون در صنایع ماشین و ابزار سازی، اتومبیل، هواپیمایی، تسلیحات، ساختمان و بسیاری قطعات و موارد کاربردی را شامل می شوند. اما استفاده از این مقاطع سرد نورد در قاب بندی ساختمانی با عنوان قاب های فلزی کم ضخامت / Light gauge Steel Frame – LGSF (Gage Steel Frame – GSF) مرسوم گردیدند. در اواخر دهه ی ۸۰ قاب بندی LGSF توسط طراحان و مهندسين خلاق با قاب های بتونی و فولادی مرسوم ترکیب گردید. مهندس معمار Abraham Rigtman با استفاده از سازه های سرد نورد در دیوارها و سقف های یک ساختمان ۶ طبقه در آلاباما مبدع واژه ای شد به نام قاب های فلزی سبک (Lightweight Steel Framing – LSF)، که در حقیقت اشاره داشت به نهایت سبک سازی در ساختمان. از سال ۱۹۹۲ متون متنوعی در ارتباط با LSF و روش های طراحی و اجرایی آن در ساختمان منتشر گردید. می توان گفت LSF محدوده ی وسیعی از به کارگیری مصالح ساختمانی برای دست یابی به ۴ هدف عمده در صنعت ساختمان می باشد: ۱، سرعت در اجرا و بهره وری، ۲، افزایش مقاومت و پایداری بالا، ۳، سبک تر کردن و کاهش جرم ساختمان ۴، افزایش میزان بازیافت مصالح و اهداف سطح دوم بسیاری را در بر می گیرد که مصالح گوناگونی شامل فلزات سرد نورد، فولادهای گرم، بتن و چوب در آن نقش خاصی می یابند.

با گسترش و توسعه ی میزان استفاده از قاب های سازه ای سردنورد ساختمانی در کشورهای امریکای شمالی و همچنین پیشرفت گسترده صنایع هوشمند و نرم افزارهای تولیدی و محاسباتی، CAD/CAM و تولید CFS گردید و تولید این نوع سازه ها با دقت و سرعت بسیار بالا و پیش ساخته سازی صنعتی راه توسعه ی آن در تمام جهان هموارتر گردید و LSF علاقمندان بسیاری در حوزه ی صنعت ساختمان از مهندسان معمار و سازه تا پیمانکاران بزرگ و کوچک را مجذوب خود ساخت. ( مؤسسه تحقیقات و توسعه سازه های قاب فلزی سبک LSSI )

## ۲. فلسفه سازه های ال اس اف :

فلسفه LSF به بیان ماهیت، علل و استدلال ظهور و توسعه تکنولوژی LSF و شایستگی ها و بایستگی های گسترش و استفاده به عنوان یک گزینه ی مطلوب در امر ساخت می پردازد.

تکنولوژی سیستم ساختمانی LSF ز ابتدا با نام سازه های قاب فلزی سرد نورد (Cold-Formed Steel Frame Structure) پس از کسب جایگاه نزد مهندسان و معماران در دهه ی ۲۰ میلادی در بریتانیا و به ویژه امریکا، رفته رفته مراتب علمی آن مورد بررسی های بیشتر قرار گرفت و این امر منتهی به تشکیل تیم ویژه تحت سرپرستی پروفیسور جورج وینتر در دانشگاه های کروئل و واشنگتن از سال ۱۹۳۹ و در نهایت انتشار نخستین نسخه ی استانداردهای طراحی سازه های سرد نورد در سال ۱۹۴۶ گردید.

به مرور زمان با مطرح شدن بحث های مدیریتی در سیستم های صنعتی و رشد دانش مدیریتی در اوایل دهه ی ۵۰ تحت تأثیر عوامل و عواقب جنگ جهانی دوم و رشد ساختارهای سیستماتیک صنعت، تحولات جدیدی در مهندسی ساختمان به وقوع پیوست که امر ساخت و ساز را به عنوان یک صنعت مطرح می نمود و مبحث صنایع ساختمانی آغاز گردید و از ساختمان به عنوان یک صنعت نام برده شد. در این فرایند پیش ساخته سازی مهم ترین بحثی بود که جلوه صنعت ساختمان را تحت تأثیر خود قرار داده و مدیریت ساخت و ساز در دو شاخه ی مدیریت تولید و مدیریت پروژه در دو مسیر جداگانه اما در راستای یک هدف مشخص ظهور گردید.

با تثبیت جایگاه مباحث و مدیریت های عمران ساخت و ساز، ساخت مسکن به صورت انبوه و مجتمع های مسکونی و در فرایند آن، پیش ساخته سازی (Prefabrication) در صنعت ساختمان بخش عمده ای از سرمایه گذاری مسکن در کشورهای دارای توسعه ی اقتصادی نظیر امریکا، کانادا، و دولت های اروپای غربی به ویژه بریتانیا، فرانسه، بلژیک، نروژ، سوئیس، سوئد و آلمان غربی از اوایل دهه ی ۶۰ را به خود اختصاص داد. دیوارهای پیش ساخته ی بتنی جایگاه خاصی در پروژه های ساختمانی یافت و ساختمان های متکی بر این تکنولوژی به سرعت رشد می یافتند. در این مرحله بود که جایگاه قاب های فلزی سرد نورد نیز به جهت دارا بودن شرایط ایده آل برای پیش ساختگی و مزیت های خاص در این زمینه به عنوان یک گزینه ی ایده آل در جهت پیش ساخته سازی مسکن مطرح گردید. سرعت چندبرابری نسبت به بتن در قسمت تولید و حمل و نقل چندین برابری و سبکی و راحتی در قسمت ساخت نخستین دلایلی بودند که موجب گردیدند نخستین مجتمع های مسکونی آپارتمانی به سال ۱۹۶۶ در فلوریدای امریکا با این سیستم ساخته شوند. پس از آن طرح مباحثی نظیر حفاظت از محیط زیست و جنگل ها در امریکا این نوع ساخت و ساز را به عنوان جایگزینی ایده آل در برابر مصالح چوبی قرار داد و مورد توجه معماران قرار گرفت، و در طول سال های ۶۶ تا ۸۰ مباحث مدیریتی رشد روزافزون یافت و موارد جدیدی نظیر بازیافت، منع تولیدات پسماندهای مخرب، صرفه جویی در انرژی و مباحث پایداری در دانش مدیریت صنایع، مدیریت پروژه و مدیریت تولید در مدیریت ظهور یافتند و و از این گذر به دنیای مهندسی کشیده شدند. این مباحث موجب گردیدند

تا توجه ویژه ای به قاب های فلزی سرد نورد معطوف شود و در این سال هاست که فیلم های مستند و تبلیغاتی بسیاری در جهت معرفی، رشد و توسعه ی سیستم های ساختمانی قاب های فلزی سرد نورد تولید و روانه بازارها گردیدند. دهه ی ۷۰ اوج تغییر مهندسی ساخت از مصالح سنتی به مصالح صنعتی و پیش ساخته بود. ساختمان های بلند مرتبه و مجتمع های مسکونی با دیوارهای بتنی پیش ساخته یا قاب های فلزی سرد نورد ساخته می شدند و در مجلات و روزنامه های خودنمایی می کردند. با تکامل صنایع تولیدی و ظهور سیستم های نرم افزاری و ترکیب نرم افزارها با ماشین آلات ساخت صنعتی و تکنولوژی CNC از اوایل ۹۰، سیستم CAD/CAM ظهور یافت و در سال ۹۶ جایگاه عالی و نقش بسیار مهمی در صنایع به عهده گرفت و گسترش ابزارهای نرم افزارهای معماری و مهندسی و ظهور فناوری (BIM) (Building Information Management) و نرم افزارهای مدیریت مالی و اقتصادی افق های جدیدی از ساخت و ساز را پیش روی مهندسان و معماران قرار داد. بلافاصله متخصصین مدیریت و صنایع ساختمان وارد عمل شده و ماشین آلات خود را به نرم افزارهای CAD/CAM مجهز نمودند و با بهینه سازی و افزایش سرعت و دقت تولید قاب های فلزی سرد نورد از سال ۲۰۰۰ به صورت طراحی و تولید نرم افزاری - ماشینی و عملیات ساختمانی با سرعت و دقت هرچه بیشتر در عرصه ساختمان درخشید و تبلیغات بسیاری بر روی آن انجام گرفت. ناگهان سرعت ساخت با این سیستم سازه ای رشد چند برابری به خود گرفت و بیش از ۸ هزار واحد در آمریکا و ۵ هزار واحد در کانادا و ۳۰۰۰ واحد در استرالیا ظرف دو سال از ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۲ ساخته شد.

با گسترش تکنولوژی قاب های فلزی سبک مؤسسه کانادایی ساختمان های ورق فلزی (Canadian Sheet Steel Building Institute) و اتحاد قاب بندی فلزی شمال آمریکا (North American Steel Framing Alliance) و مؤسسه ی آمریکایی شبکه فلز (The Steel Network) با برند TSN به همراه دو شرکت بزرگ بیلی (Bailey) و KML در کانادا و دیتریج در آمریکا و انجمن قاب فلزی سبک افریقای جنوبی (Southern African Light Steel Frame Building Association) و انجمن ملی خانه سازی قاب فلزی حوزه ی قاره اوراسیا (National Association of Steel-Framed Housing Inc) حوزه ی قاب فلزی سرد نورد را از ساختمان های انحصاری فراتر برده و با تمام سیستم های سازه ای دیگر ترکیب نمودند که هدف نهایی آن ها نه تنها توسعه ی سیستم ساختمانی سازه ای سرد نورد شده بلکه توسعه معیارها و ارزش های بالاتر مهندسی ساختمان و زلزله و اقتصادی و مدیریتی بود تا به بالاترین ارزش های تعریف شده در حوزه ی صنعت دست یابند بنابر این اسم این سیستم ساختمانی را قاب فلزی سبک - Lightweight Steel Framing که در کل حکایت از سبکی ساختمان می کرد نه صرفاً سردنورد بوده آن نهادند و با برند LSF در سطح جهان به تبلیغ و توسعه ی آن کوشیدند.

هم اینک LSF در میان زبان های فنی و در میان برندها اسسم ناشناخته ای می باشد و نسبت به فناوری های دیگر با این اسم ناشناخته تر می باشد اما در میان مهندسان ساختمان به ویژه در آمریکای شمالی یکی از ایده آل ترین گزینه ها در شرایط مناسب آن به شمار می رود. اما روند روز افزون معرفی و تبلیغات آن توسط مؤسسات حامی و طلایه داران آن برای دست یابی به اهداف عالی در صنعت ساختمان همچنان با شدت و قوت ادامه دارد و در دانشگاه های بزرگی نظیر کرنل، میزوری، جانزهاپکینز، واشنگتن، ام آی تی و میشیگان در آمریکا و دانشگاه اتاوا و ویلی در کانادا به تربیت مهندسين در سطح کارشناسی ارشد و دکترا می پردازند.

### ۳. معرفی سازه :





در سراسر جهان بیشتر و بیشتر سازندگان از تعویض به ساخت و ساز قاب فولاد، هر دو در سطح پایین و چند طبقه ساختمان های مسکونی. این روش ساختاری بین المللی تاسیس و به خوبی اثبات شده است اکنون وارد بازار اروپا است. قاب فولاد مسکن مورد علاقه در انگلستان شبیه به ثابت در سیستم های ساختمان اداری موفق است. خانه های فلزی و یا خانه های قاب فلزی با پروفایل های نورد سرد را می توان در طیف گسترده ای از پایه های معمولی مونتاژ شده است .

### ۱-۳- ایالات متحده آمریکا :

سطح پایین خانه فولاد ساخته شده با استفاده از یک قاب فولادی در حال حاضر برای حدود ۲۰ درصد از ساخت جدید در ایالات متحده به حساب. نه تنها ساخت و ساز قاب فولاد یک سطح پایین اتلاف در مرحله ساخت و ساز و کم در حال هزینه های نگهداری، اما علاوه بر این، بین ۲۵٪ و ۱۰۰٪ از سازه های فولادی بازیافت است. و ۱۰۰٪ قابل بازیافت است. توسعه بازار برای فولاد ضد زنگ در خانه فولاد در ایالات متحده آمریکا انفجاری بود. در سال ۱۹۹۲ حدود ۵۰۰ خانه ها را با یک قاب فولادی، سال پس از ۱۵۰۰۰ خانه ها، در سال گذشته ۱۰۰,۰۰۰ خانه های فولادی ساخته شده اند ساخته شده است، و بازار به نظر می رسد مجموعه ای به ادامه برای خانه های فلزی رشد .

### ۲-۳- استرالیا :

ساخت و ساز قاب فولاد در پروژه های مسکونی در حال حاضر در استرالیا با سازندگان زیادی از خانه های فولادی اغلب به عنوان مدیران پروژه اقدام گسترده است. تجار پیمانکاری تأمین و نصب اجزای اصلی، مانند لوله کشی، برق، آشپزخانه، سقف و دیوار خارجی. طرح های استفاده مجدد از پروژه به پروژه به منظور حفظ اقتصاد مقیاس .

### ۳-۳- ژاپن :

در ژاپن استفاده از قاب فولادی در خانه های خانواده مشترک از سال ۱۹۵۰ بوده است. پس از جنگ جهانی دوم کمبود خانه چنان حاد است که بیش از ۴ میلیون خانه های جدید به حال به فوریت ساخته شده است. قبل از سال ۱۹۴۰ بسیاری از ساختمان از چوب ساخته شده اند و آتش سوزی در طول جنگ نابود شدند. به جای تمام کسانی که خانه های چوبی نیاز می داشت تولید ۱۵۰ سال از چوب. برای محافظت از منابع جنگل و ترویج ساخت و ساز غیر قابل اشتعال، استفاده از چوب در ساخت و ساز تحمل بار محدود شده است. با استفاده از این محدودیت ها، صنعت فولاد ژاپن شروع به تولید نور سنج اشکال فولاد به عنوان یک جایگزین برای محصولات ساختاری چوبی به قاب خانه های فولادی. به عنوان یک نتیجه از این، یک مقدار زیادی از دانش است در این زمینه به دست آمده است و بسیاری از سیستم قاب فولادی کارآمد توسعه یافته اند. از آن زمان، سهم بازار برای فولاد ضد زنگ ساخت و ساز در بخش مسکن نیز نسبتاً ثابت بوده است. امروز تعداد زیادی از نقاشی های استاندارد موجود برای خانه های مسکونی با استفاده از فولاد یک قاب پروفیل های فولادی نور سنج وجود دارد .

### ۴-۳- سرزمین اصلی اروپا :

در اروپا، بازار اصلی خارج از انگلستان است اسکانديناوی و دانمارک، که در آن تعدادی از تحولات سطح پایین و آپارتمان با استفاده از ساخت و ساز قاب فولاد در طول چند سال گذشته ساخته شده است. این خانه ها از فولاد با استفاده از حداقل تعداد مصالح ساختمانی مونتاژ؛ معمولاً فولاد، گچی و پشم معدنی .

#### ۳-۵- انگلستان

چند از انگلستان بالا ۲۰ سازندگان خانه در حال حاضر با استفاده از قاب های فولادی برای آپارتمان ها و خانه های دو طبقه. برخی از شرکت ها در حال حاضر مشخص فولاد در مقادیر تولید، در حالی که دیگران در پروژه های آزمایشی درگیر به مقایسه قاب سبک فولادی با سایر تکنیک های ساخت و ساز های نوآورانه. در مواجهه با کمبود نیروی کار ماهر و افزایش تقاضا برای کیفیت از مشتریان، این صنعت به رسمیت شناخته شده است که باید آن را به سمت زمان ساخت کوتاه، طراحی کارآمد تر و افزایش تولید صنعتی از خانه های فولاد و یا خانه های فلزی حرکت می کند. فولاد یکی از موثر ترین راه برای پاسخگویی به این اهداف است. ( مؤسسه تحقیقات و توسعه سازه های قاب فلزی سبک LSSI )

#### ۴. نحوه ی اجرا :

##### 4-1- طراحی

در ابتدا پلان معماری مطابق نظر کارفرما تهیه میشود. سپس در نرم افزار سپ ( SAP ) اسکلت اصلی ساختمان (سازه)، شامل تمامی دیتهیل ها و محاسبات و پکینگ لیست و اسمبلینگ لیست (مونتاژ) که شامل مقاومتهای برف، زلزله، باد و دیگر بارهای مختلف (مرده و زنده) و مراعات فاصله ستون های باربر از یکدیگر، ضخامت، عرض و نوع ستونها و تیر ها تعریف و جانمایی می گردند. همچنین مسیر عبور کلیه تاسیسات مکانیکی (آب سرد و گرم) و برقی نیز معین و به هنگام تولید با دستگاههای مربوطه پانچ و سوراخ می گردد.

##### 4-2- پی :

پی متداول جهت سیستم ساختمانی قاب سبک فولادی سرد نورد شده ال اس اف (LSF) نواری و یا در صورت نیاز گسترده می باشد. در سازه هایی که تراز کف سازه از زمین طبیعی پایینتر است باید دیوارهای برشی را در پیرامون طبقه زیرین و همچنین زیر تمامی دیوار های باربر داخلی و خارجی اجرا کرد. باید توجه شود که سختی جانبی طبقه تحتانی بتن آرمه باید حداقل ده برابر سختی جانبی سازه فولادی سردنورد شده فوقانی باشد و در این حالت می توان بخش های فولادی و بتنی را جداگانه طراحی نمود.

جهت نصب دیوارهای سازه ال اس اف به صورت تراز، لازم است که سطح فوقانی پی به صورت کاملاً تراز و بدون هر گونه ناترازی اجرا شود. اگر به هر دلیلی این سطح تراز نباشد باید جهت ایجاد سطح باربر صاف بین رانر های زیرین تمهیداتی در نظر گرفته شود. حداکثر فاصله قابل قبول سطح فوقانی پی و رانر دیوارها شش میلی متر می باشد، در غیر اینصورت باید با قرار دادن صفحات باربر پر کننده و یا اجرای گروت بتن سطح مورد نظر را تسطیح کرد.

##### 4-3- اسکلت ساختمان

##### الف ( دیوار :

در سازه فولادی سبک ال اس اف (LSF)، تحمل بار جانبی و بار ثقلی توسط دیوارها انجام میشود. فضای داخلی دیوارها خالی میباشد و باید این فضای خالی را با عایق های حرارتی و صوتی همچون فوم پلی استایرن پر کرد.

دیوارها شامل دیوارهای سازه ای باربر و دیوارهای غیرسازه ای می باشند . مونتاز و پنلایزینگ دیوارهای باربر را می توان در محل پروژه به شرط ایجاد یک سطح تراز و شاسی کشی مناسب انجام داد و سپس در جای جای خود نصب کرد . روش دیگر، پنلایزینگ در کارخانه است که در آن مونتاز سقف ها، دیوارها و خرپاها در کارخانه انجام شده و پس از حمل به محل پروژه، عملیات نصب انجام می پذیرد. اجرای دیوارهای غیر باربر در هر دو روش می بایست پس از اجرای دیوارهای باربر و سقف انجام شود.

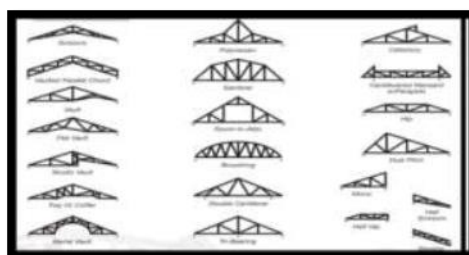


شکل (۲) اتصال استاد و رانر برای نصب پانل



شکل (۱) پانلهای گچی

ب ( سقف : سیستم سقف سازه ای ال اس اف (LSF) شامل تیرچه، ترک پیرامونی، سخت کننده های جان، بست های تسمه ای، بست های انسجام دهنده و انواع پوشش از قبیل صفحات سازه ای چوبی، فولادی می باشد. بعلاوه کاربرد سقف های فوم بتن و عرشه فولادی با رعایت ضوابط مربوطه امکانپذیر است.



شکل (۳) اشکال مختلف سقف

خرپاهای فولادی ال اس اف (LSF) باید به طور صحیح برش خورده و به طرز مطلوب به یکدیگر اتصال یابند . ماکزیمم فضای خالی بین اعضای جان نباید بیش از سیزده میلی متر باشد . موقعیت اعضای مورب خرپا ، جان خرپا و گره ها میبایست مطابق طراحی نهایی اجرا شود.

#### 4-4- پوشش های خارجی و داخلی سقف و دیوار

##### 4-4-1 ایزولاسیون:

بوسیله بهترین عایق های حرارتی و صوتی ساختمانی همچون پلی استایرن یا پلی اورتان و یا پشم سنگ فشرده ، در دیوارهای خارجی از تبادل حرارت و صدا جلوگیری می شود، این محصولات نه تنها قابلیت اجرا در هر اقلیم و شرایط آب و هوایی را دارند بلکه در صرفه جویی انرژی نیز نقش مهمی ایفا میکنند.

#### 2-4-4 دیواره های خارجی:

به منظور پیشگیری از هر گونه اتلاف انرژی حرارتی و برودتی در سازه ال اس اف (LSF) در دیواره های خارجی از عایق پشم سنگ فشرده پالتی استفاده میشود، که سازه را در برابر سرما و گرما و رطوبت محیط، کاملاً محافظت خواهد نمود. انواع عایقهای سرامیکی، سرباره، پلی استایرن، پلی اتیلن، پلاستیک گزینه های مورد استفاده می باشند.

#### 3-4-4 دیواره های داخلی

جهت دیواره های داخلی از عایق پلی استایرن به ضخامت ده سانتیمتر استفاده میشود.

#### 3-4-4 مصالح پوششی

- پانلهای گچی (Gypsum Board)
- پانل فایبر سمنت یا سمنت بورد (Cement Board) و جیپسوم بورد
- پانلهای چوبی او اس بی و MDF (Wooden Panel)

در سازه های ال اس اف (LSF) علاوه بر امکان استفاده از مصالح سنتی به عنوان پوشش خارجی، از انواع دیگری از پوششها به عنوان پوشش استفاده می شود که معمولاً شامل پانلهای گچی، پانلهای چوبی او اس بی (OSB) یا پانلهای سمنت بورد است.

#### 4-4-4 پانلهای فایبرسمنت

این پانلها بر روی سازه فلزی گالوانیزه ال اس اف (LSF) نصب میشود و به عنوان دیوار در تمامی فضاها (دیوار داخلی و خارجی، سقف داخلی و خارجی و ...) عمل خواهند کرد. پانل های فایبر سمنت نسل جدیدی از مصالح ساختمانی است که طی سه دهه اخیر متداول گشته و به عنوان پوشش داخلی و یا خارجی و یا کف سازه استفاده میشود. مقاومت سازه ای خوب و مقاومت بسیار عالی در برابر رطوبت، حشرات موذی و سایر عوامل مخرب باعث شده تا استفاده از این پانلها هر روزه مورد استقبال بیشتری قرار گیرد.

#### 5-4-4 کاربردها

پارتیشن بندی داخلی، سقف کاذب، پوشش دیوار خارجی، پوشش دیوار داخلی و سقف خارجی

ابعاد هر پانل 1220× mm ۲۴۴۰ و یا سایر ابعاد مورد نیاز بصورت سفارشی

#### 6-4-4 ویژگیها

ویژگی مهم سمنت بورد ضد حریق و نسوز بودن آن است. در صورت استفاده از فایبر سمنت در دیوارها و پارتیشن بندی ها نتیجتاً اسکلت فلزی ال اس اف (LSF) سازه در مقابل آتش سوزی ایمن می شود.

- مقاوم در برابر رطوبت، حریق، ضربه، حشرات و مواد شیمیایی





- فاقد آزیست یا هرگونه مواد زیان‌آور
- عدم ایجاد آلودگی‌های زیست محیطی
- نصب آسان ایمنی، پایداری، سبکی و دوام قابل توجه

#### 4-4-7 پوشش های سقف و دیوار

۱. a) کاغذ دیواری  
b) رنگ و نقاشی  
c) دیوارپوش  
d) کاشی یا سنگ های آنتیک  
e) کتیه

#### 4-4-8 پوشش های کف

۱. a) پارکت  
b) موکت  
c) سنگ ، سرامیک و گرانیت  
d) کفپوش

#### ۲. تاسیسات الکتریکی و مکانیکی

#### 4-4-9- تاسیسات مکانیکی

گزینه های مدرن و امروزی ، استفاده از سوپر پایپ و پی وی سی فشرده می باشد که در قیاس با لوله های فلزی و چدنی از انعطاف پذیری و دوام بیشتری برخوردار می باشند . جهت سیستم تهویه مطبوع هم می توان بنا به نظر کارفرما از پکیج و یا از سیستم تهویه مرکزی سود برد .

#### 4-4-10 -تاسیسات الکتریکی

تاسیسات برقی شامل : سیم کشی -کلید -پریرز- تابلو برق -چاه ارت - خط تلفن -کابل تلویزیون که اجرا و جانمایی در این نوع سازه ها به راحتی امکانپذیر می باشد .  
در سیستم ال اس اف (LSF) خرطومی های تاسیسات از روی سقف کاذب به میانه فضای خالی دیوارها کشیده می شوند .

#### 4-5- درب و پنجره

درب ها : هریک از انواع درب ها همچون MDF-HDF-UPVC و آلومینیوم ضد حریق و ضد سرقت و ... قابل استفاده میباشند.

پنجره : امکان استفاده از انواع پنجره های UPVC و یا آلومینیومی با شیشه های تک جداره و دو جداره در ضخامت و ابعاد و اشکال مختلف بلامانع است.



شکل (۴): نمونه اجرایی، منبع: نگارنده

## 5. مزیت و معایب سازه :

| ردیف | گروه ها           | مزایا   |
|------|-------------------|---|
| ۱    | طراحان            | انعطاف در طراحی - تنوع در مصالح نما-برآورده نمودن الزامات مربوط به استانداردهای ساختمان- رعایت کامل مبحث 15 به صورت خودکار-طراحی یک سیستم مدرن ساختمانی   |
| ۲    | سازندگان          | سرعت در اجرای سیستم-کاهش هزینه نیروی کار -زمان کم توقف-فعالیت موازی و بدون وقفه- امکان تعمیر و مقاوم سازی- سهولت در نصب تاسیسات- نیاز کم به تجهیزات-نیاز به فضای کارگاهی-ایمنی در محل کارگاه-پیش ساختگی و تولید انبوه-سبک بودن سازه-کاهش هزینه ها |
| ۳    | استفاده کنندگان   | هزینه بهره برداری کم-عملکرد صوتی خوب-محیط داخلی سالم-مقاومت در برابر آتش-مقاومت در برابر زلزله و طوفان های شدید-افزایش فضای مفید داخلی  |
| ۴    | مسئولان محیط زیست | مصالح کمتر-قابل بازیافت بودن-ترافیک کمتر و حمل و نقل-جلوگیری از اتلاف انرژی-پاکیزگی کارگاه ساختمانی-کاهش مصرف انرژی   |
| ۵    | منابع مالی        | نیاز به ماده اولیه به مراتب کمتر نسبت به سیستم های سنتی-امکان بازیافت ضایعات ساختمانی به طور کامل   |

جدول (۱)، مزایای استفاده از LSF

| ردیف | معایب                             | نتایج  |
|------|-----------------------------------|--|
| ۱    | فولادی بودن اسکلت و اتصالات سازه  | آسیب پذیری در برابر آتش سوزی-کارایی نسبتاً پایین در مناطق گرم و مرطوب  |
| ۲    | ضخامت کم و باز بودن مقاطع         | کوچک بودن سختی هندسی در برابر کمناش موضعی-مقاومت کم در برابر نیروهای خارج از صفحه ای-ناکافی بودن سختی مقاطع جدارنازک برای پایداری پیچشی و خمشی و جانبی |
| ۳    | ناشناخته بودن رفتار سیستم در کشور | لزوم استفاده از دیوار برشی در سازه های بیش از دو طبقه جهت کسب اطمینان از ایمنی لرزه ای سیستم   |
| ۴    | دو جداره بودن دیواره های باربر    | عدم تطابق با فرهنگ کشور-امکان نفوذ حشرات موذی در فضای خالی دیوار   |
| ۵    | کمبود نیروهای متخصص               | به دلیل نوباً بودن این صنعت نیروهای متخصص و ماهر تربیت نشده است  |

جدول (۲)، معایب استفاده از اعضای فولادی سرد نورد شده

## ۶. تحلیل سازه :

در صورت عدم تحلیل دقیق و لحاظ انعطاف پذیری گره ها، فرضیات زیر باید در مدل تحلیلی لحاظ شود.

الف: یال های خرپا پیوسته هستند بجز اعضای که دارای اتصالات مفصلی در پاشنه، شکستگی یهای شیب و وصل ههای میانی هستند.

ب: اتصال اعضای جان خرپا در هر دو انتها به صورت اتصال مفصلی در نظر گرفته میشود.

به کار بردن سختی گرهی غیر از مقدار متناظر با آزادی دورانی کام ل بین در اتصال به شرطی مجاز است که آن اتصال برای نیروهای ناشی از تحلیل سازه با در نظر گرفتن سختی گرهی مذکور، طراحی شده باشد.

## ۷. بررسی آئین نامه ای :

### ۷-۱- الزامات طراحی اجرا در ایران

۱. در مناطق با خطر نسبی کم، متوسط و زیاد (مطابق آیین نامه ۲۸۰۰ ایران) استفاده از این سیستم سازه به عنوان قاب ساختمانی ساده به همراه دیوار برشی بتن مسلح حداکثر در ۵ طبقه یا ارتفاع ۱۸ متر از تراز پایه بلامانع است.
۲. استفاده از این سیستم در مناطق با خطر نسبی کم، متوسط و زیاد (مطابق آیین نامه ۲۸۰۰ ایران) تا حداکثر ۲ طبقه یا ارتفاع ۷،۲۰ متر از تراز پایه، با اجرای مهاربندی قطری بلامانع است.
۳. به کارگیری این سیستم در مناطق لرزه خیز با خطر نسبی بسیار زیاد (مطابق آیین نامه ۲۸۰۰ ایران) مجاز نیست. سیستم در مناطق لرزه خیز با خطر نسبی بسیار زیاد (مطابق آیین نامه ۲۸۰۰ ایران) مجاز نیست.
۱. به کارگیری حداکثر دهانه ۵ متر و حداکثر ارتفاع ناخالص (با احتساب ضخامت سقف) ۳،۶۰ متر برای هر طبقه در این سیستم مجاز است.
۲. طراحی کلیه اجزاء اتصالات در این سیستم بر اساس استاندارد AISI و طرح سازه‌ای و لرزه‌ای آن بر اساس آیین نامه‌های ASCE-05 و IBC2003 و ویرایش‌های بعد از آن انجام گیرد.
۳. کنترل سازه در مقابل بار باد بر مبنای مقررات ملی ساختمان ایران مبحث ششم و با در نظر گرفتن سیستم مقاوم در برابر بار جانبی ناشی از زلزله که در بندهای ۱ و ۲ آمده است انجام شود.
۴. رعایت محدودیت حداکثر بار مرده و زنده به ترتیب ۲۵۰ کیلوگرم بر متر مربع و ۳۵۰ کیلوگرم بر متر مربع برای سقف‌ها الزامی است.
۵. رعایت مشخصات فولاد سرد نورد شده بر اساس استاندارد ASTM الزامی است.
۶. رعایت ضوابط فصل ۲۱ آیین نامه ACI-318-05 و ویرایش‌های پس از آن برای طراحی دیوارهای برشی بتن مسلح الزامی است.
۷. تأمین ضوابط دیافراگم صلب برای کلیه سقف‌ها الزامی است.
۸. کلیه اتصالات اعضای قائم به اعضای افقی می‌باید به گونه‌ای باشد که یکپارچگی اعضا در ارتفاع سازه تأمین شود.
۹. ضوابط مربوط به اجزاء اتصالی شامل پیچ خودکار، پیچ و مهره می‌بایستی مطابق آیین نامه AISI و استاندارد AISI تأمین شود.



۱۰. در صورت استفاده از اتصالات جوش، رعایت ضوابط و مقررات مربوط به جوشکاری اعضای نورد شده مطابق استاندارد AISI و آیین نامه های AWS و AISI الزامی است.
۱۱. سقف سازه‌ای این سیستم متشکل از تیرچه فلزی دال بتن مسلح فوقانی به صورت مقطع مرکب است که می‌باید بر مبنای ضوابط مقاطع مرکب مطابق آیین نامه و دال‌های بتن مسلح بر مبنای آیین نامه ACI تأمین شود.
۱۲. به کارگیری مصالح بنایی در دیوارهای خارجی و داخلی مجاز نمی‌باشد. حداکثر وزن متر مربع دیوار تمام شده در جداکننده‌های داخلی نبایستی بیشتر از ۵۰ کیلوگرم بر متر مربع و در دیوارهای خارجی نبایستی بیش از ۱۰۰ کیلوگرم بر متر مربع باشد.
۱۳. لازم است تمهیدات لازم به منظور عدم مشارکت پانل‌های غیر باربر و جداکننده‌ها در سختی جانبی سازه صورت پذیرد.
۱۴. لازم است تمهیدات لازم متناسب با شرایط مختلف اقلیمی و محیط‌های خورنده ایران صورت پذیرد.
۱۵. کلیه مصالح و اجزا در این سیستم اعم از معماری و سازه‌ای از حیث دوام، خوردگی، زیست محیطی و غیره می‌بایستی بر مبنای مقررات ملی ساختمان ایران یا آیین نامه‌های ملی یا معتبر بین‌المللی شناخته شده و مورد تایید، به کار گرفته شود.
۱۶. الزامات مربوط به انرژی باید مطابق مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان رعایت شود. ۲۰. در صورتی که عایق حرارتی به صورت پُرکننده اجرا شود، باید نوع و ضخامت عایق، مقاومت حرارتی مورد نیاز را تأمین کند.
۱۷. به منظور کاهش اثر پل حرارتی، لازم است حفاصل و ادارها (stud) (و لایه خارجی جداره با نوعی عایق حرارتی متراکم پر شود.
۱۸. لازم است ملاحظات کامل هوابندی در جداره‌های داخلی و خارجی، بازشوها و همچنین محل نصب اجزای اتصالی نظیر پیچ و مهره، با توجه به اقلیم مورد نظر و همچنین خطر میعان به عمل آید.
۱۹. رعایت مبحث سوم مقررات ملی ساختمان در خصوص حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق و همچنین الزامات نشریه شماره ۴۴۴ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن مربوط به مقاومت جداره‌ها در مقابل حریق با در نظر گرفتن ابعاد ساختمان، کاربری و وظیفه عملکردی اجزای ساختمانی الزامی است.
۲۰. صدابندی هوا برد جداکننده‌های بین واحدهای مستقل و پوسته خارجی ساختمان و صدابندی سقف بین طبقات می‌بایست طبق مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان تأمین شود.
۲۱. اخذ گواهی نامه فنی برای محصول تولیدی، پس از راه اندازی خط تولید کارخانه، از مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن الزامی است.

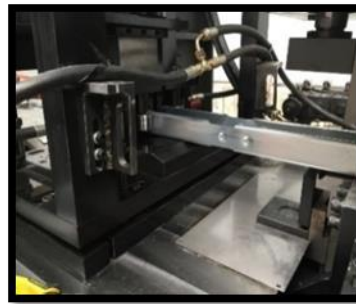
۷-۲- آیین نامه های معتبر بین المللی مؤید و متضمن سازه های قاب فلزی سبک LSF

1. IBC(International Building Code)
2. IRC(International Residential Code)
3. AISI S100 ~ 200
4. ASCE 7
5. TI (US Army)
6. AS/NZ 4600
7. BS
8. Euro Code 3

#### ۸. نمایندگی های منطقه و کشور :

شرکت به ویرا بزرگترین تولید کننده سازه های پیش ساخته Isf  
مجری ساخت سازه های فولادی Isf در تمام نقاط کشور

شرکت فنی مهندسی **بهناد آرتا ویرا** کار خود را در زمینه سازه های پیش ساخته ال اس اف LSF و ویلا های چوبی مدرن از سال ۱۳۸۵ آغاز نموده است و در راستای فعالیت عمرانی تا کنون ارائه گر پروژه های موفق بوده است . شرکت بهناد آرتا ویرا با بهره گیری از توان فنی تیم طراحی ,اجرایی و با بکارگیری از مهندسين دانش آموخته و آشنا به روشهای مدرن جهان و نیز برخورداری از تمامی امکانات اجرایی و عمرانی توانسته فضاهایی متنوع و کارآمد در پروژه های انبوه سازی، تجاری،مسکونی، اداری ، سوله سازی و ... ارائه دهد.با توجه به این که کشور ما بر روی کمربند زمین لرزه قرار دارد سازه پیش ساخته LSF جایگزینی مناسب برای ساخت ساختمان بوده و سیستم مورد استفاده در این گروه بر مبنای سیستم سازه فولادی سبک ( سریعترین روش در صنعت ساختمان ) که بر مبنای استاندارد های کانادا و استرالیا میباشد . این سیستم یکی از مناسبترین سیستم های ساختمانی است که امروزه در جهان مورد استفاده قرار می گیرد .ساخت ساختمان به روش سنتی بیشترین هزینه , خسارت و طول عمر کمتررا دارد به این منظور سازه های فلزی سبک با داشتن مقاومت ,استحکام و سرعت ساخت بالا می توان این نوید را داد که جایگزین مناسبی برای ساخت ساختمان به روش سنتی است.

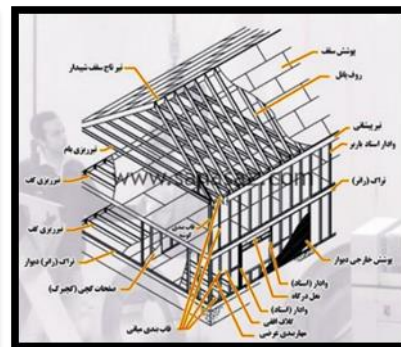


شکل (۵): نحوه تولید ورق های سازه ال اس اف

۹. شکل (۶): نمونه های اجرایی موردی

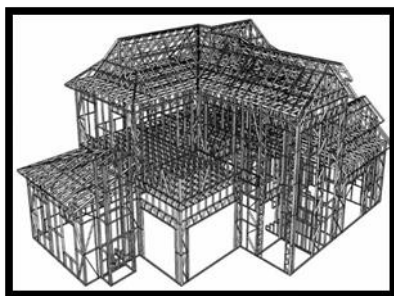


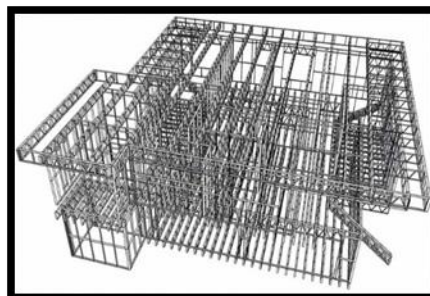
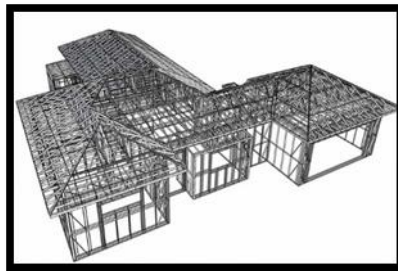




۱۰. شکل (۷)، پروژه ساخته شده :











#### ۱۱. نتیجه گیری:

سیستم قاب فولادی سبک نورد سرد، یکی از راه حل های موجود و مناسب برای تولید صنعتی و انبوه ساختمان، کاهش وزن ساختمان، افزایش مقاومت ساختمان در مقابل زلزله، کاهش زمان ساخت، ارتقای کیفیت ساخت، کاهش هزینه های ساخت و صرفه جویی در مصرف انرژی است.

با وجود کاستی ها و محدودیت های موجود در این سیستم، مانند محدودیت در طول دهانه و تعداد طبقات و ... استفاده از آن همچنان به عنوان یکی از راه حل های مناسب توصیه می شود و به طور خاص برای تولید انبوه مسکن به روش صنعتی تا ۵ طبقه یا بیشتر ( با تامین تمهیدات خاص مانند دیوار برشی بتنی و رعایت مقررات ملی ساختمان) کاملاً به صرفه و مطلوب است. مدولار بودن و رعایت تناسبات معین در اندازه ها هرچند ممکن است ابتدا به عنوان محدودیتی در طراحی به نظر برسد، اما در ساخت بسیاری از بناها مانند واحدهای مسکونی، این ویژگی نه تنها محدودیت نیست، بلکه نوعی مزیت محسوب می شود.

همچنین کنترل کیفیت و نظارت بر این سیستم ساختمانی بسیار ساده بوده و با سهولت و اطمینان کافی قابل انجام است. از سوی دیگر با توجه به سبک بودن ساختمان در این روش و شرایط زلزله خیزی کشور استفاده از این سیستم از نظر مقاومت در برابر زلزله توصیه می شود.

#### منابع :

۱. آیین نامه طراحی و اجرای سازه های فولادی سرد نورد (بخش سازه)، نشریه شماره 612
۲. محمدکاری، ب.، احمدی، و. (۱۳۸۹) سیستم قاب فولادی سبک، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تهران.
۳. اربابیان، ه. و دیگران، (۱۳۹۱)، مطالعه و بررسی سیستم ساختمانی سبک فولادی LSF، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
۴. محمود گلابچی، دانشگاه تهران (خرداد، ۱۳۹۴)، فناوری های نوین ساختمانی



۵. دشتی ناصرآبادی، ح.، حسن نژاد، م.، طاهری امیری، م.، (۱۳۹۰)، "مقایسه سیستم LSF با سیستم های اسکلت فلزی و بتنی"، همایش ملی سازه، راه، معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران

1. The lightweight steel frame house construction hand book
2. <http://maskangostar.com>
3. <http://lsf-iran.com>
4. <http://hooshnamdsazeh.com>