

کد مقاله: ۱۵۳-۲

## بررسی مشخصات مهندسی و مدیریت ساخت اجرای سازه های سبک فولادی<sup>۱</sup> LSF و نقش آن در بهبود شاخص های ساخت

غلامرضا هوایی<sup>۱</sup>، سعید کیا<sup>۲</sup>

۱- عضو هیأت علمی، دانشگاه صنعتی امیر کبیر تهران، havaei@aut.ac.ir

۲- دانشجوی دکتری مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران

### چکیده

سیستم قاب فولادی سبک یک سیستم ساختمانی است، که به عنوان جایگزین مناسبی برای روش های سنتی در صنعت ساخت و ساز کشور پیشرفت یافته و بکارگیری این نوع ساخت و ساز راهکاری برای صنعتی کردن ساختمان سازی است. در این مقاله به بررسی این سیستم<sup>۲</sup> و نقش آن در قیاس با سایر سیستم های رایج کشور و مزایا و معایب این روش جهت سبک سازی که یکی از مفاهیم کاربردی در زمینه ایمنی در زمان وقوع زلزله است می پردازیم. هدف از استفاده از این سازه حفظ انرژی و سرمایه ها با قابلیت احداث بدون اختلال در کاربری محل است.

کلمات کلیدی: قاب فولادی سبک، صنعتی، سبک سازی

### ۱- مقدمه

این سیستم از سال ۱۸۵۰ در کشورهای انگلیس و آمریکا با بکارگیری در ساخت لوازم منزل و ماشین شروع شد و از سال ۱۹۵۰ استفاده از فولاد سرد نورد شده<sup>۳</sup> در ساختمان سازی های صنعتی شروع شد اما تا سال ۱۹۹۰ موفق نشد به این بخش وارد شود اما از سال ۱۹۹۰ به بعد بدلیل گرانی چوب و مشکلات زیست محیطی ساختمان سازی باعث شدند برای ساخت واحد های مسکونی سیستم ساختمانی قاب فولادی سبک به کار برده شود در سال ۱۹۹۵ دوایس و همکاران استفاده از فولاد جدار نازک را در ساختمانهای مدولار کوتاه و متوسط بررسی کرده اند در سال ۱۹۹۹ لاوسون ساخت مدولار را با استفاده از قاب سبک فولادی بررسی کرده است. در سال ۲۰۰۵ پاستور و رودریگز به مدلسازی پس ماند دیوارهای برشی با مهاربند X شکل در دیوارهای نازک سازه ها پرداخته اند. در سال ۲۰۰۷ فیوریتو و همکاران آزمایشاتی را بر روی اتصالات پیچ شده میان پنلهای بر پایه گچ یا چوب و پروفیل های استاد در خانه سازی با قاب سبک فولادی انجام داده است و در سال ۲۰۰۸ روتق و مقیمی به بررسی مدهای گسیختگی سیستم های مختلف و ضرائب مؤثر محاسباتی در پاسخ شکل پذیری دیوارهای CFC پرداخته اند. [۱] [۲] [۳]

<sup>۱</sup> Light weight steel framing

<sup>۲</sup> LSF

<sup>۳</sup> CFS

## ۲- اجزای تشکیل دهنده سیستم LSF

یک نوع مصالح ساختمانی است که برای اجرای ساختمانهای کوتاه مرتبه و میان مرتبه استفاده می شود دیوارها از قطعاتی به شکل C که در فواصل ۴۰ تا ۶۰ سانتیمتر از هم قرار می گیرند و به آنها استاد و به اعضای افقی که استاداها را به هم متصل می سازد رانر گویند. LSF سیستمی است که براساس دیوارهای دو جداره طراحی و ساخته می شود و ورقهای فلزی فرم داده شده در حالت سرد به نام CFS در آن بکار برده می شود. [۴]



شکل ۳- اجزای تشکیل دهنده سیستم [۷]

شکل ۲- سازه شامل استاد و رانر [۶]

شکل ۱- استاد و رانر [۵]

### ۲-۱- دیوارها

اجزای تشکیل دهنده دیوارهای باربر و غیر باربر سیستم ساختمانی رانرها و استاداها می باشند که به شکل پانلی بارهای جانبی و عمودی را به تکیه گاه انتقال می دهند دیوارهای باربر به عنوان انتقال دهنده بارهای عمودی ساختمان و به عنوان نگهدارنده نمای خارجی بنا و جذب کننده بارهای جانبی ساختمان از جمله باد و زلزله عمل می نمایند در صورتی که دیوارهای غیر باربر معمولاً برای جداسازی فضاهای داخلی مورد استفاده قرار می گیرند استادهای فولادی را معمولاً برای عبور دادن تاسیسات سوراخکاری می کنند و این استاداها را معمولاً از پایین و بالا به رانرها اتصال می دهند.

در این سیستم ساختمانی معمولاً دیوارها با اتصال دادن استادهای فولادی به رانرهای فولادی، بادبندی شده و با نصب پانلهای گچی به شکل پانلی ساخته می شوند. در صورت اضافه کردن بادبند این شیوه ساخت برای مقاومت در برابر نیروهای جانبی، از جمله بارهای حاصل از باد و زمین لرزه مناسب می باشد. [۸]



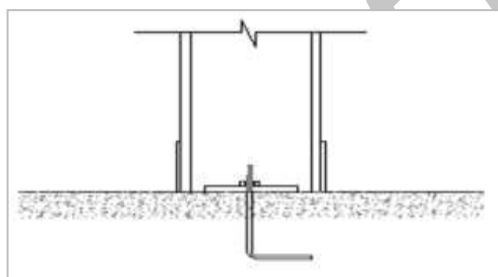
شکل ۵- اتصال استاد و رانر برای نصب پانل [۷]



شکل ۴- پانلهای گچی [۵]

## ۲-۲- شالوده

برای نصب دیوارها و و برپایی سیستم LSF شالوده نواری به عمق ۴۰ تا ۵۰ سانتیمتر اجرا می‌شود. جهت نصب رانرهای افقی بر روی شالوده نواری انکربولت‌ها در فواصل ۴۰ یا ۶۰ سانتیمتری داخل شالوده کار گذاشته می‌شود. [۹]



شکل ۶- مقطع شالوده [۱۰]

BUILDING HEIGHT			
	1-Storey	2-Storey	3-Storey
Steel frame	 254 mm (10")	 356 mm (14")	 457 mm (18")
Steel frame & masonry veneer	 318 mm (12-1/2")	 483 mm (19")	 648 mm (25-1/2")

شکل ۷- عکسی از شالوده برای طبقات [۱۰]

## ۲-۳- نماسازی

به منظور پوشش داخلی دیوار از گچ برگ و پوشش خارجی با استفاده از رابیتس و اجرای نماسازی های معمولی، سمنت برد، ساندویچ پانل، و .. ساخته می شود.



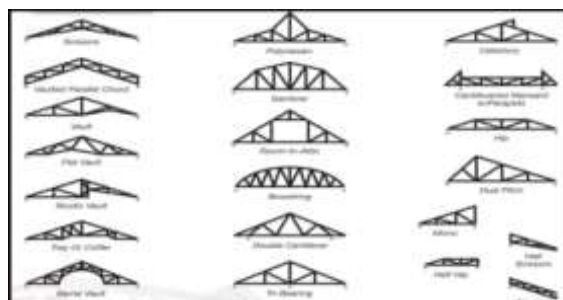
شکل ۸- پوشش داخل و خارج [۱۰]

## ۲-۴- سقف ها

شیوه اجرای گوناگونی برای اجرای سقف ها در این سیستم به کار برده می شود:

خرپاهای سقف که از جلو تا عقب ساختمان را پوشش می دهد.

سیستم تیرریزی مسلح که معمولاً بین تکیه گاهها یا دیوارهای باربر مشترک برای اجرای سقف های صاف استفاده می شود. [۶]



شکل ۹- اشکال مختلف سقف [۱۰]

### ۳- انواع اتصالات و مهاربندی جانبی سیستم ساختمانی قاب سبک فولادی سرد نورد شده

در این روش، اتصالات حجم زیادی از عملیات اجرایی را تشکیل می دهد اتصالات عمدتاً از نوع خشک هستند که به صورت پیچ و مهره، پیچ خودکار سرمه ای و ساده، بدون پیش سوراخ کردن یا با پیش سوراخ کردن و یا میخ شلیکی اجرا می شوند. در مواردی که قطعه به صورت پیش ساخته (پانلی یا جعبه ای) در کارخانه تهیه شود، از اتصالات جوشی نظیر جوش ذوبی یا جوش انگشتانه نیز استفاده می شود هر چند استفاده از اتصالات جوشی در سایت متداول نیست و انجام آن منوط بر رعایت ضوابط و مقررات مربوط به جوش کاری اعضا سرد نورد شده است. در صورتی که نیاز به تقویت اتصالات باشد می توان از قطعات نبشی استفاده کرد و برای مهاربندی از بادبند و دیوار برشی فولادی و ترکیب آن استفاده می شود. [۱۱]



شکل ۱۱- اتصالات با استفاده از پیچ های سرمه ای [۵]



شکل ۱۰- اتصالات با استفاده از پیچ های سرمه ای [۵]

### ۴- تأسیسات

همان طور که گفته شد مقاطعی که به عنوان تیرچه های سقف یا استادهای دیوار به کار می روند در طول عضو دارای سوراخ هایی می باشند که برای عبور و نصب تأسیسات از آنها استفاده می گردد. اساس لوله های تأسیساتی با استفاده از سوپرپایپ و پی وی سی فشرده می باشد که در مقایسه با لوله های فلزی و چدنی از انعطاف و طول عمر بیشتری برخوردار می باشند. برای سیستم تهویه مطبوع نیز می توان با نظر کارفرما از پکیج یا سیستم تهویه مرکزی استفاده نمود و برای تأسیسات الکتریکی، لوله های پلاستیکی از بالای سقف کاذب به میان

فضای خالی دیوارها به محل قوطی هایی که از پیش بوسیله پشت‌بندهای مخصوص در محل مورد نظر نصب شده اند کشیده می شوند. [۱۲]



شکل ۱۲- محل عبور لوله های تاسیساتی [۵]

#### ۵- فواید سیستم

- از نظر زیست محیطی، این سیستم در زمره سیستم هایی است که انرژی کمی برای ساخت اجزای آن مصرف می شود.
- فولاد از مصالح محکم می باشد و شکل دادن آن راحت است.
- سازگاری مواد و مصالح با شرایط مناطق مختلف ایران.
- اینرسی حرکتی کم این سیستم آن را برای ساختمانهای اداری و تجاری و دیگر ساختمانها با کاربری منقطع، بسیار مناسب می سازد.
- در سازه نیازی به آجر، بلوک، سفال، تیرچه نیست.
- عدم استفاده از موادی که برای سلامتی انسان مضر است.
- کاهش هزینه های تمام شده نسبت به ساختمان سستی ساز و هزینه تعمیر آن در طول زمان نسبت به مصالح دیگر خیلی کم می باشد.
- ایزولاسیون در برابر رطوبت، سرما، گرما، صوت، رطوبت
- مقاومت بالا در برابر اشعه خورشید و مقاومت در برابر آتش سوزی
- طول عمر حداقل یکسال.
- قسمت های حامل بار در اسکلت فلزی بار بیشتری را تحمل می کنند و در مقابل زلزله مقاوم می باشد.
- با توجه به اتصالات محکم احتمال صدمه دیدن در برابر طوفان خیلی کم می باشد.
- به علت عدم تاثیر پذیری از رطوبت، ماهیت قطعات فلزی به هیچ وجه تغییر نمی کند، برای اینکه جنس سازه گالوانیزه می باشد و امکان پوسیدگی وجود ندارد. [۱۳]

جدول ۱- مزایای استفاده از LSF [۱۴]

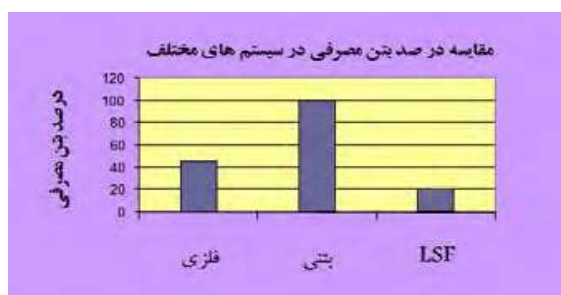
ردیف	گروه ها	مزایا
۱	طراحان	انعطاف در طراحی - تنوع در مصالح نما-برآورده نمودن الزامات مربوط به استانداردهای ساختمان- رعایت کامل مبحث ۱۹ به صورت خودکار-طراحی یک سیستم مدرن ساختمانی
۲	سازندگان	سرعت در اجرای سیستم-کاهش هزینه نیروی کار-زمان کم توقف-فعالیت موازی و بدون وقفه - امکان تعمیر و مقاوم سازی -سهولت 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

وزن کم این سیستم ساختمانی (در حدود ۶۰ درصد وزن واحد سطح سیستم های رایج ساخت و ساز) باعث می شود نیروهای اعمال شده در صورت وقوع زمین لرزه به طور قابل توجهی نسبت به ساختمان های متداول کمتر باشد، تاحدی که در اکثر موارد، اثر نیروهای وارد شده در اثر باد بیشتر و تعیین کننده تر از نیروهای ناشی از زمین لرزه است. در ضمن وزن کم این سیستم باعث می شود به عنوان گزینه ای مناسب برای مناطقی با مقاومت خاک کم، تلقی شود همچنین قسمت های حامل بار در اسکلت فولادی بار بیشتری را تحمل می نماید و در مقابل آتش و زلزله مقاوم می باشد. با توجه به اینکه اتصال اجزا ساختمان های فولادی مطمئن می باشد کمترین صدمه را از حرکت های جانبی می بیند بنابراین ضایعات زلزله به حداقل می رسد. [۱۳]

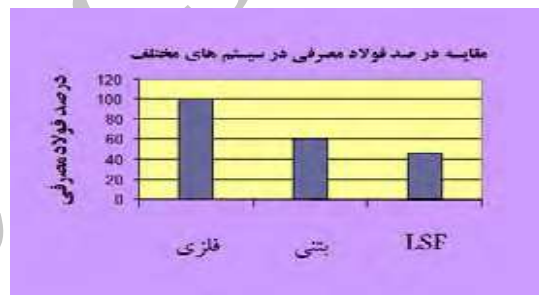
با توجه به اینکه ساختمان های میان مرتبه بخش قابل توجهی از ساخت و ساز کشور را شامل می شوند به منظور روشن شدن مزایای استفاده از این سیستم پروژه ای که مربوط به اجرای یک ساختمان ۵ طبقه مسکونی در منطقه ای با خطر لرزه ای زیاد می باشد با استفاده از سیستم ساختمان فولادی و بتنی مورد قیاس قرار می گیرد:

جدول ۲- نتایج به دست آمده از مقایسه ویژگی های سیستم LSF با سیستم ساختمانی فولادی و بتنی [۹]

سیستم سازه بتنی	سیستم سازه فولادی معمولی		سیستم LSF	پارامترهای مهم
	جهت Y	جهت X		
۴۵	۷۲,۴		۳۵	مقدار فولاد و آرماتور مصرفی
۱۳۰۹,۸	۵۱۹		۲۵۴,۲	مقدار بتن مصرفی
۳۱۱,۴	۳۱,۶		۹,۷	وزن اسکلت ساختمان
۸۲۲,۱۵۶	۵۰۹,۹		۲۷۸,۳	وزن کل ساختمان
۷۹,۲	۶۹,۶	۵۹,۸	۴۵,۹	برش پایه ساختمان در زلزله
۱,۱۱	۲,۶	۴,۶	۰,۴۵	بیشترین تغییر مکان مرکز جرم پشت بام
۹۰	۷۵		۲۵	زمان صرف شده برای سفت کاری
۱۸۰	۱۵۰		۳۵	زمان صرف شده برای نازک کاری
۲۰۰	۱۵۰		۵	پرت مصالح



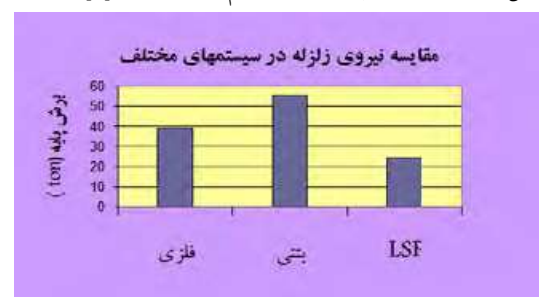
شکل ۱۴- درصد مصرف بتن سیستم های مختلف [۹]



شکل ۱۳- درصد مصرف فولاد سیستم های مختلف [۹]



شکل ۱۶- حداکثر تغییر مکان در سیستم های مختلف [۹]



شکل ۱۵- برش پایه ساختمان در سیستم های مختلف [۹]

## ۶- معایب سیستم

در ساختمانهای رایج، سازه علی رغم طراحی پیشرفته معمولاً از اجرای ضعیفی در ایران برخوردار است به این معنی که رفتار واقعی سازه در مواقع سرویس دهی با آنچه طراحی شده کاملاً متفاوت است لذا نظارت دقیق بر کیفیت اجرا و تطابق با جزئیات محاسبه شده امری



کاملاً ضروری می باشد از این رو ساختمانهای پیش ساخته در کارخانه به دلیل طی نمودن مراحل کنترل کیفیت و تطابق با نقشه های محاسباتی رفتار مناسب سازه در مواقع سرویس دهی خواهد داشت. [۱۳]

جدول ۳- معایب استفاده از اعضای فولادی سرد نورد شده [۸]

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 کماتش موضعی-مقاومت کم در برابر نیروهای خارج از صفحه ای-ناکافی بودن سختی مقاطع جدار نازک 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 دیوارهای باربر	عدم تطابق با فرهنگ کشور-امکان نفوذ حشرات موذی در فضای خالی دیوار
۵	کمبود نیروهای متخصص	به دلیل نوپا بودن این صنعت نیروهای متخصص و ماهر تربیت نشده است

## ۷- نتیجه گیری

LSF می تواند به عنوان یکی از سیستم های مناسب جهت پاسخگویی به مشکلات کمی و کیفی ساختمان سازی در کشور قرار گیرد توسعه پایدار در بخش ساختمان که باعث تسریع در ساخت و سازها، تولید صنعتی، استفاده بهینه با امکان باز یافت مصالح ساختمانی است از ویژگیهای این نوع سیستم می باشد از دیگر مزایای این سیستم کاهش وزن، افزایش مقاومت در برابر زلزله، کاهش زمان، ارتقای کیفیت، کاهش هزینه، صرفه جویی در مصرف انرژی و ... می باشد.

استفاده از مصالح سرد نورد شده فولادی مزایای زیادی به دنبال دارد که از مهمترین آنها می توان به مواردی چون تولیدات این مقاطع بدون نیاز به استفاده از عملیات حرارتی، عدم وجود تنش های حرارتی پسماند در مقاطع، امکان ایجاد مقاطع با شکل های متنوع و دلخواه جهت دستیابی به حداکثر بازده مقاومتی ممکن در مقاطع، سبک بودن، مقاومت و سختی بالا، دقت بالا در اجرای جزئیات و نصب سریع و آسان اشاره نمود.

مزایای زیاد سیستم LSF از جمله عملکرد لرزه ای مطلوب، اقتصادی بودن، سازگاری با محیط زیست، صرفه جویی در مصرف مصالح و زمان کم صرف شده برای ساخت، این سیستم را به یکی از کاراترین و پرتصرفترین سیستم ها برای ساخت انواع بناها به ویژه واحدهای مسکونی در دنیا تبدیل نموده است، استفاده از این سیستم در صنعت ساخت و ساز کشور سبب ایمن و اقتصادی شدن ساختمان ها شده و امکان تولید انبوه و به موقع مسکن را فراهم می نماید.

۱. وثوقی فر، ح.، ترک، ش.، طارمی، م.، (۱۳۸۹)، "بررسی کاربرد سیستم LSF در سبک سازی موثر سازه در مقایسه با سیستم های رایج در کشور"، کنفرانس بین المللی سبک سازی و زلزله، جهاد دانشگاهی، کرمان، ایران.
۲. اربابیان، ه. و دیگران، (۱۳۹۱)، مطالعه و بررسی سیستم ساختمانی سبک فولادی (LSF)، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
۳. طارمی، م.، رضوی، ا.، (۱۳۸۹)، "لزوم تدوین استاندارد طراحی و ساخت سیستم قاب سبک فولادی (LSF) در مدیریت پدافند غیرعامل"، دومین همایش ملی ایمنی ساختمان، تهران، ایران.
۴. فلاح، م.، مفیدی شمیرانی، س.، (۱۳۸۱)، "نقش سیستم قاب سبک فلزی (LSF) در کاهش مصرف انرژی"، دومین همایش بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان، تهران، ایران.
5. <http://maskangostar.com>
6. <http://lsf-iran.com>
7. <http://hooshnamdsazeh.com>
۸. حرمتی، م.، (۱۳۸۹)، "بررسی کاربرد سیستم LSF در ساخت و سازهای مقاوم و سریع"، همایش ملی مهندسی عمران و توسعه پایدار، تهران، ایران.
۹. مستاجران گورتانی، آ.، وثوقی فر، ح.، تویسرکانی، م.، آذری، آ.، (۱۳۸۸)، "بررسی مزایای استفاده از سیستم قاب فولادی سبک (LSF) در صنعت ساختمان سازی کشور" هشتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
10. The lightweight steel frame house construction hand book
۱۱. محمدکاری، ب.، احمدی، ر.، (۱۳۸۹)، سیستم قاب فولادی سبک، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن. تهران.
۱۲. منصوری، ح.، کوچ پی ده، ح.، (۱۳۹۰)، "سیستم ساختمانی قاب های سبک فولادی سرد نورد شده (LSF)"، همایش ملی سازه، راه، معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران.
۱۳. زارع برزشی، م.، (۱۳۸۹)، "طرح و ساخت قاب سبک فولادی (LSF)"، سومین همایش ملی مقاوم سازی و مدیریت شهری، تهران، ایران.
۱۴. 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.