



*Review Article*

## **Comparison of Seismic Behavior of Wooden and Light Steel Structures**

**Hossein SamadYar**

Master's student in Civil Engineering, North Tehran Payam Noor University, Tehran, Iran

Received: 31 August 2022; Revised: 13 October 2022; Accepted: 13 October 2022; Published: 13 October 2022

### **Abstract**

One of the effective methods in improving the seismic behavior of structures is the use of light steel structures (LSF) systems. The (LSF) system, which is made of cold-rolled steel sections (CFS), has been widely used in the industrial production of commercial and residential buildings for about 20 years, and as a suitable alternative to traditional construction methods. It has found a special place in the construction industry of advanced countries. These types of systems receive a small amount of lateral force during severe earthquakes, and due to two special properties, i.e. prefabricated structural members and suitable thermal insulation, these systems are widely used in The advanced countries of the world are used to build residential houses. Wooden buildings show good resistance against earthquakes. In a wooden structure, low to moderate vulnerability to earthquakes is usually observed. One of the reasons for the good performance of these buildings against earthquakes is their light weight compared to other types. Also, the presence of many non-structural components such as load-bearing walls increases the amount of energy wasted by the building against earthquakes. In addition, the presence of many joints increases the malleability of the building.

### **Keywords:**

Comparison, Seismic behavior, Structures, Wooden, Light steel.

**Cite this article as:** SamadYar H. (2022). Comparison of Seismic Behavior of Wooden and Light Steel Structures. Civ Proj J 2022;4(5):62–9. <https://doi.org/10.22034/cpj.2022.359968.1160>

**ISSN:** 2676-511X / **Copyright:** © 2022 by the author.

**Open Access:** This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

**Journal's Note:** CPJ remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



## نشریه عمران و پروژه

<http://www.cpjournals.com/>

### مقایسه رفتار لرزه ای سازه های چوبی و فولادی سبک

حسین صمدیار

دانشجوی کارشناسی ارشد عمران سازه، دانشگاه پیام نور تهران شمال، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۰۹ شهریور ۱۴۰۱؛ تاریخ بازنگری: ۲۱ مهر ۱۴۰۱؛ تاریخ پذیرش: ۲۱ مهر ۱۴۰۱؛ تاریخ انتشار آنلاین: ۲۱ مهر ۱۴۰۱

#### چکیده

یکی از روش های مؤثر در بهبود رفتار لرزه ای سازه ها، استفاده از سیستم های سازه های فولادی سبک (LSF) است. سیستم (LSF) که از مقاطع سرد نورد شده فولادی (CFS) ساخته می شود در حدود ۲۰ سال است که به شکل گسترده در تولید صنعتی انواع ساختمانهای اداری تجاری و مسکونی به کار می میرود و به عنوان جایگزین مناسبی برای روش های سنتی ساخت، جایگاه ویژه ای در صنعت ساخت و ساز کشورهای پیشرفته یافته است. این نوع سیستم ها در هنگام وقوع زلزله های شدید، مقدار نیروی جانبی کمی را دریافت می کند و به دلیل دو خاصیت ویژه، یعنی پیش ساخته بودن اعضای سازه ای و عایق حرارتی مناسب، موجب شده است که این سیستم سازه های به طور گسترده ای در کشورهای پیشرفته جهان برای ساخت منازل مسکونی مورد استفاده قرار گیرند. ساختمان های چوبی مقاومت خوبی در برابر زلزله از خود نشان می دهند. در یک سازه چوبی معمولاً آسیب پذیری کم تا متوسط در برابر زلزله مشاهده می شود. یکی از دلایل عملکرد خوب این ساختمان ها در برابر زلزله، سبک بودن وزن آنها نسبت به گونه های دیگر است. همچنین وجود اجزای غیر سازه ای زیاد مانند دیوارهای باربر باعث افزایش مقدار انرژی هدر رفته توسط ساختمان در برابر زلزله میشود. علاوه بر این وجود اتصالات زیاد شکل پذیری ساختمان را افزایش می دهد.

#### کلمات کلیدی:

مقایسه، رفتار لرزه ای، سازه ها، چوبی، فولادی سبک

## مقدمه

امروزه به منظور مقاوم سازی هرچه بیشتر سازه ها در برابر زلزله از روش های مختلفی بهره گرفته می شود. یکی از روش های مؤثر در بهبود رفتار لرزه ای سازه ها، استفاده از سیستم های سازه های فولادی سبک (LSF) است. این نوع سیستم ها در هنگام وقوع زلزله های شدید، مقدار نیروی جانبی کمی را دریافت می کند و به دلیل دو خاصیت ویژه، یعنی پیش ساخته بودن اعضای سازه ای و عایق حرارتی مناسب، موجب شده است که این سیستم سازه های به طور گسترده ای در کشورهای پیشرفته جهان برای ساخت منازل مسکونی مورد استفاده قرار گیرند. به دلیل آنکه در طراحی لرزه ای این سازه ها به روش سنتی، طراحی اتصالات به درستی در نظر گرفته نمی شود، در این سازه ها اتصالات به عنوان نقطه ی ضعف اصلی این سازه ها در هنگام وقوع زمین لرزه های شدید به شمار می آید. (جعفروند، ۱۳۸۹) سیستم LSF از سیستم های مورد تایید مهندسان عمران در کشورهای توسعه یافته و مدرن می باشد. این سازه از ورق های فولادی نورد شده برای تامین پایداری ساختمان، صفحات و تخته های گچی به عنوان پوشش درونی و قطعات دیواره خارجی به عنوان نما تشکیل شده است. این سیستم توانایی ترکیب با سیستم های سازه ای دیگر را دارا می باشد. با استفاده از این سیستم میتوان وزن سازه را تا پنجاه درصد کاهش داد و این بزرگترین امتیاز در برابر زلزله می باشد. (عدالتی، ۱۳۹۳) در مقابل سبک سازی، عایق بندی و کاهش چشم گیر مصرف انرژی، کاهش آلودگی محیط زیست، کاهش پرت مصالح ساختمانی، سرعت در ساخت و کاهش سرمایه و عمر بیشتر که از جمله مزایای ساختمانهای چوبی می باشد مورد توجه قرار گرفته است. در نتیجه یکی از دلایل عملکرد خوب این ساختمانها در برابر زلزله، سبک بودن وزن آنها نسبت به گونه های دیگر است. همچنین وجود اجزای غیر سازه ای زیاد مانند دیوارهای باربر باعث افزایش مقدار انرژی هدر رفته توسط ساختمان در برابر زلزله می شود. علاوه بر این وجود اتصالات زیاد شکل پذیری ساختمان را افزایش میدهد. (گل کوهی، ۱۳۹۵)

## تاریخچه استفاده سازه های چوبی

چوب برخلاف سایر مصالح ساختمان پس از گل به خاطر خاصیت شکل پذیری فراوان، طبیعی بودنش و سازگاری با روحیه انسان از مطلوبیت ویژه ای برخوردار است. امروزه نیز به دلیل کشف خواص مکانیکی این ماده که در ساختمان سازی بسیار چشمگیر میباشد. سبب بکارگیری گسترده آن توسط مهندسين در ساختمان شده و تحقیقات گسترده علمی در ارتباط با خواص مکانیکی چوب از حدود ۲۰۰ سال پیش از اوایل قرن ۱۸ آغاز شده است. در اروپا از ابتدای قرن ۲۰ در زمینه ساختمان های چوبی و هم پل های چوبی فعالیت شده و به دلیل مقاومت مناسب، وزن کم و قابلیت جذب انرژی مناسب، پل های متعددی ساخته شده است که تعداد زیادی از آنها امروزه مورد استفاده قرار میگیرد و این فعالیتها در ۴ سال اخیر مخصوصاً در کشور آلمان رشد گسترده ای یافته کاملاً ویژگیهای (DIN) طوری که آئین نامه دین آلمان چوب را بررسی و به صورت منحنی هایی اعلام نموده است. این مطالعات پس از زلزله سال ۱۹۷۹ نورتریچ در آمریکا شدت گرفت و آئین نامه AITC طرح (ساختمان های چوبی) تدوین گردید و مهندسين را به سمت ساخت خانه های سبک چوبی مقاوم در برابر زلزله تا ۵ طبقه سوق داد به طوری که در حال حاضر بیش از ۸۰٪ ساختمان های تا ۵ طبقه کشور آمریکا چوبی میباشند. همچنین ۷۱۲۰۰ پل در آمریکا از چوب ساخته شده است که ۱۲٪ پل های آن کشور را در بر می گیرد. (چرختاب، ۱۳۹۳)

## مزایای استفاده سازه های چوبی

چوب در مقایسه با مصالح ساختمانی دیگر، سبک و دارای مقاومت بالایی می باشد. ساختمان های چوبی، برج ها و پلهای چوبی در سرتاسر جهان بیانگر این واقعیت می باشد. ساختمان های چوبی با بیش از ۷۰۰ سال قدمت که هنوز هم بهره برداری می شوند، نشانگر عمر طولانی چوب به عنوان مصالح ساختمانی می باشد. این ساختمان ها در حفاظت در مقابل گرما بیشترین

کارایی را داشته و ساخت و ساز را سریع و مقرون به صرفه می کنند. سیستم سازه ای ساختمان های چوبی در بیشتر کشور های دنیا در مناطق لرزه خیز برای ساخت ساختمان های مسکونی و با ارتفاع معمولی استفاده می شوند. به طوری که بیش از ۸۰ درصد ساختمان ها در امریکا از چوب ساخته شده اند. تجربیات بدست آمده از زلزله های گذشته حاکی از امن بودن این ساختمان ها در برابر زلزله است. به عنوان مثال در زلزله ۱۹۹۵ کوبه ژاپن تمامی خسارات جانی در ساختمان های غیر چوبی بودند. (گل کوهی، ۱۳۹۵)

### اجزای اصلی سیستم ساختمان چوبی

فونداسیون: در ساختمان های چوبی متعارف که بسیار سبک هستند، نیاز به فونداسیون هایی مانند خانه های سنگین وجود نداشته و فونداسیون این ساختمان ها اغلب در ابعاد حداقل هستند. پی های نواری مناسب ترین فونداسیون در این نوع سیستم ساختمانی می باشند. در صورت نیاز می توان از پی های تکی هم استفاده کرد. طراحی فونداسیون بر اساس بارهای ثقلی و مقاومت خاک صورت می گیرد.

دیوارهای خارجی: دیوارهای باربر خارجی به تنهایی و گاهی به همراه دیوارهای باربر داخلی، سیستم باربر ساختمان چوبی را تشکیل می دهند. این دیوارها به فواصل معین به صورت قاب ساخته شده و روی پی بتنی قرار گرفته و با پیچ های مهاری به فونداسیون متصل می شوند. روی قابها را از داخل با ورق گچی و از خارج با تخته های چندلا می پوشانند. بارهای ثقلی وارد به ساختمان از طریق دیوارهای باربر به کف ها و فونداسیون متصل می شوند. به لحاظ سیستم باربر جانبی، دیوارهای برشی تعبیه شده در بخش های مختلف ساختمان مخصوصا دیوارهای جدار بیرونی ساختمان نقش جذب نیروی برشی و انتقال آن به فونداسیون را دارند.

سیستم کف سقف: تیرهای سقف به دیوارهای باربر خارجی یا داخلی با میخ، پیچ یا اتصالات فلزی متصل می شوند. (گل کوهی، ۱۳۹۵)

### بررسی رفتار لرزه ای سازه های چوبی

ساختمان های چوبی مقاومت خوبی در برابر زلزله از خود نشان می دهند. در یک سازه چوبی معمولا آسیب پذیری کم تا متوسط در برابر زلزله مشاهده می شود. یکی از دلایل عملکرد خوب این ساختمان ها در برابر زلزله، سبک بودن وزن آنها نسبت به گونه های دیگر است. همچنین وجود اجزای غیر سازه ای زیاد مانند دیوارهای باربر باعث افزایش مقدار انرژی هدر رفته توسط ساختمان در برابر زلزله میشود. علاوه بر این وجود اتصالات زیاد شکل پذیری ساختمان را افزایش می دهد. برای تقویت لرزه ای این ساختمان ها توجه به نکات زیر ضروری می باشد:

- ✓ عدم اتصال کافی ساختمان به فونداسیون بسیار خطرناک بوده و باعث خسارت سازه ای و قطع خطوط آب، برق و گاز می شود. استفاده از آنکرپلت ها برای جلوگیری از حرکت و واژگونی سازه از روی فونداسیون مناسب می باشد.
- ✓ استفاده از بادبندها یا دیوارهای برشی برای پایداری سازه و جلوگیری از وجود طبقات نرم و ضعیف لازم است. دیوارهای برشی برای مقاومت در برابر نیروهای زلزله بسیار موثر است. همچنین وجود بازشوهای OSB مهاربندی شده ساخته شده از پلی وود یا پوشش شده با بزرگ نظیر پنجره ها و درها، فضای دیواری کمی را برای مقاومت در برابر نیروهای زلزله باقی گذاشته و بنابراین مناسب نمی باشند.
- ✓ مهار کردن دودکش ها و استفاده از مصالح سبک تر در دودکش در جلوگیری از خسارات بعد از زلزله بسیار موثر است. (گل کوهی، ۱۳۹۵)

## سازه های فولادی سبک (LSF)

سیستم (LSF) که از مقاطع سرد نورد شده فولادی (CFS) ساخته می شود در حدود ۲۰ سال است که به شکل گسترده در تولید صنعتی انواع ساختمانهای اداری تجاری و مسکونی به کار می میرود و به عنوان جایگزین مناسبی برای روش های سنتی ساخت، جایگاه ویژه ای در صنعت ساخت و ساز کشورهای پیشرفته یافته است. به منظور بررسی کاربرد سیستم (LSF) در ساخت و ساز سریع، روش های ساخت این سیستم مورد مطالعه قرار گرفته و به دنبال آن سیستم (LSF) از جنبه های گوناگون با سیستم های سنتی رایج در ساخت به ویژه سازه فولادی معمولی، مقایسه شده و از طریق این مقایسه، مزایای استفاده از این روش ارائه شده است. نتایج این بررسی نشان می دهد بهره گیری از سیستم LSF به دلیل دارا بودن قابلیت پیش ساخته سازی و سبک بودن، بدون ایجاد وقفه و یا اختلال در کاربری محل، سرعت ساخت و ساز را تا ۲/۵ برابر افزایش داده و با کاهش ۴۰ درصدی در مصرف فولاد نسبت به سازه های فولادی معمولی، وزن سازه را نیز تا ۵۰ درصد کاهش میدهد. (کلانتری، ۱۳۹۱)

### تاریخچه استفاده از سازه های فولادی سبک

استفاده از سیستم LSF به دلیل مزایای فراوان از جمله سرعت و کیفیت بالای ساخت و عملکرد لرزه ای مناسب در سال های اخیر در بسیاری از کشورهای دنیا رواج قابل توجهی یافته است. سیستم LSF که از اعضای فولادی با مقاطع CFS ساخته می شود از سال ۱۹۴۶ در صنعت ساختمان وارد شد، اما به دلیل اقتصادی نبودن کاربرد محدودی یافت. از سال ۱۹۹۰ به دلایل زیاد از جمله افزایش قیمت چوب و محدود بودن منابع تهیه آن، مشکلات زیست محیطی، نیاز به تولید سریع و انبوه مسکن و ضرورت استفاده از پیش ساخته سازی سیستم LSF کاربرد وسیعی یافت، به طوریکه امروزه این سیستم در آمریکا، کانادا، استرالیا، ژاپن و بسیاری از کشورهای دیگر در احداث ساختمان های تجاری و مسکونی کوتاه مرتبه و میان مرتبه کاربرد زیادی دارد. در سال ۱۹۹۵ داویس و همکاران استفاده از فولاد جدار نازک را در ساختمانهای مدولار کوتاه و متوسط بررسی کرده اند. در سال ۱۹۹۶ سرته و همکاران عملکرد دینامیکی دیوارهای برشی را در قابهای سبک فولادی مورد بررسی قرار داده است. در همان سال داویس و همکاران رفتار برشی اتصالات فشرده را در سازه های با قاب سبک فولادی بررسی کرده اند. در سال ۱۹۹۷ دراپور و همکاران رفتار لرزه ای را در دیوارهای برشی فولادی مورد بررسی قرار داده اند. در سال ۱۹۹۸ پی و کینی مقاومت برشی را در اتصالات فشرده فولادی مورد بررسی قرار داده اند. در همان سال لنون و همکاران به مقایسه تعدادی از اتصالات مکانیکی در فولاد نورد سرد پرداخته اند. در همان سال الگالی و همکاران به تحلیل رفتار دیوارهای برشی فولادی نازک پرداخته است. در سال ۱۹۹۹ لاوسون ساخت مدولار را با استفاده از قاب سبک فولادی بررسی کرده است. در سال ۲۰۰۰ لوبل و همکاران عملکرد دیوارهای برشی سخت نشده را تحت بارگذاری متناوب بررسی کرده اند. در سال ۲۰۰۴ دوبینا به بررسی عملکرد پانلهای برشی دیوارهای استادی نورد سرد تحت بارگذاری یکنوا و متناوب پرداخته است. در همان سال تیان و همکاران به بررسی مقامت گسیختگی و سختی قابهای دیوارهای فولادی نورد سرد پرداخته اند. در سال ۲۰۰۵ پاستور و رودریگز به مدلسازی پس ماند دیوارهای برشی با مهاربندی X شکل در دیوارهای نازک سازه ها پرداخته اند. در همان سال الخراط و راجرز مدل آزمایشگاهی قاب فولادی سبک که بوسیله دیوارهای مهاربندی تقویت شده اند پرداخته اند. در سال ۲۰۰۶ ولکوویچ و پوهانسون مدل طراحی سنتی در دیوارهای با صفحات گچی تک لایه و منبسط شونده با دو لایه که در مقابل آتش مقاوم می باشند را بررسی نموده اند. در همان سال گورگلووسکی " یک روش ساده را برای محاسبه شاخص U-Value در قابهای سبک ارائه نموده است. این روش جدید بر اساس تحقیقات انجام شده بوسیله بازگشت به اصول اولیه در استفاده از مدلسازی المان محدود در تحلیل سیالهای حرارتی در میان ساخت قاب سبک می باشد. در همان سال کاسافت و همکاران آزمایشات آزمایشگاهی گره ها را در طراحی لرزه ای سازه های سبک پرداخته اند. در همان سال بلاژه به بررسی آزمایشگاهی و تحلیلی پانل دیوارهای برشی ۹ mm قاب فولادی سبک پرداخته است. در همان سال دینا و همکاران عملکرد لرزه ای خانه های با قاب سبک فولادی بررسی کرده اند. در همان سال لاندولفو و همکاران به مطالعه آزمایشگاهی و نظری عملکرد لرزه ای قابهای سبک فولادی نورد سرد در ساختمانهای

کوتاه پرداخته اند. در همان سال و کاسه پانل دیوارهای برشی فولادی سبک را مورد آزمایش قرار داده است. در سال ۲۰۰۷ فیورینو و همکاران آزمایشاتی را بر روی اتصالات پیچ شده (SCREWE) میان پانلهای بر پایه گچ یا چرب و پروفیل‌های استاد در خانه سازی با قاب سبک فولادی سبک انجام داده است. در همان سال هانگ و همکاران به بررسی آزمایشهای متناوب اتصالات پیچی قاب خمشی فولادی ویژه سازه های نورد سرد شده پرداخته اند. در این نمونه ها پاسخ سه مرد گسیختگی - گسیختگی اتصالات، کمانش بال و کمانش ستون مورد بررسی قرار گرفته است. در همان سال لاندولفر و همکاران پاسخ لرزه ای قاب های فولادی نورد سرد را در ساختمانهای کوتاه مورد بررسی قرار داده اند. در سال ۲۰۰۸ رونق و مقیمی " به بررسی مدهای گسیختگی سیستم های مختلف و ضرائب موثر محاسباتی در پاسخ شکل پذیری دیوارهای CFC پرداخته اند. (وثوقی فر، ۱۳۸۹)

### مزایای استفاده از سازه های فولادی سبک

توجه به کیفیت بالای ساخت، افزایش دوام و عمر مفید ساختمان و بهبود عملکرد لرزه ای بناهای در دست ساخت از یک سو و تلاش برای رفع هرچه سریعتر کمبود مسکن مورد نیاز در بیشتر کشورهای دنیا در کنار تأمین سایر فضاها و ساختمانها با کاربری های گوناگون از سوی دیگر، ضرورت تولید سریع و ارزان مصالح مورد نیاز جهت استفاده در صنعت ساخت و ساز را تبیین می نماید. وجود شرایط خاص اقتصادی جغرافیایی از جمله محدود بودن منابع مورد نیاز برای تأمین مصالح ساختمانی و افزایش غیر قابل اجتناب قیمت مصالح در بیشتر نقاط دنیا، همچنین زمان طولانی صرف شده برای تولید آن، تمایل به استفاده از اعضای جدار نازک سرد نورد شده به منظور انجام ساخت و ساز سریع را افزایش می دهد. همچنین علاوه بر تولید سریع و سبک بودن، مزایای دیگر از جمله سازگاری زیاد با معماری بومی به دلیل تنوع زیاد در شکل مقاطع CFS و اجزای تکمیلی آن، در کنار حمل و نقل سریع و آسان کاربرد این اعضاء در ساخت سیستم LSF را دو چندان نموده است. اعضاء سرد نورد شده که بدون استفاده از حرارت و با انجام عملیات نورد سرد بر روی ورق های فولادی تولید می شوند، به عنوان نوعی از قطعات سازه ای در اجرای ساختمان ها به کار می روند. منظور از عملیات نورد سرد، درحقیقت شکل دهی به ورق های فولادی از طریق روش های مکانیکی بدون پیش گرمایش می باشد. (کلانتری، ۱۳۹۱)

برخورداری از استانداردهای جهانی مصرف انرژی به نحوی که به لحاظ عایق بندی درصد انتقال انرژی در این ساختمانها بسیار LSF مناسب دیوارها در سیستم پا یینتر از سازه های سنتی است و در دراز مدت منجر به صرفه جویی قابل توجه در هزینه گرمایش و سرمایش ساختمان می شود، سهولت اجرای تاسیسات برقی و مکانیکی که در روند شکل دهی و ساخت مقاطع فولادی جدار نازک، سوراخهایی استاندارد در جان این مقاطع پیش بینی می شود که عبور سیم ها و لوله ها از داخل آنها باعث تسهیل در نصب سیستم های الکتریکی و لوله کشی ها در داخل دیوار می گردند، تطابق فرهنگی محیط داخل و نمای ساختمان با ساختمانهای سنتی در سطوح خارجی انواع نماها از قبیل سنگ، آجرنما، نمای PVC، چوبی یا آلومینیومی، رنگ، کاشی، سرامیک و ... در فضای داخل نیز همانند دیوارهای معمول امکان اجرای رنگ، کاغذ دیواری و ... وجود دارد که این خصیصه باعث می گردد تفاوتی با ساختمانهای معمول و رایج احساس نشود و دیگر ویژگی این سازه، برخوردار از استانداردها و ضوابط ضد آتش سوزی تمام عناصر این سیستم از جمله عایقهای حرارتی و صوتی می باشند (میرجعفری، ۱۳۹۶)

### اجزای تشکیل دهنده سیستم (LSF)

اجزای اصلی تشکیل دهنده سیستم ساختمانی LSF از سه نوع مصالح ساختمانی : فولاد فرم داده شده در حالت سرد، پانل های گچی و پشم شیشه، یا پشم سنگ شکل گرفته است. در واقع با اتصال قطعات فوق به همدیگر سیستم ساختمانی LSF بوجود می آید. اجزاء تشکیل دهنده دیوارهای باربر و غیر باربر سیستم ساختمانی LSF استاداها و راترها می باشند که به شکل پانلی بارهای عمودی و جانبی را به تکیه گاه انتقال میدهد. دیوارهای باربر به عنوان انتقال دهنده بارهای عمودی ساختمان و به عنوان نگهدارنده نمای خارجی با و نیز جذب کننده بارهای جانبی ساختمان از جمله باد و زلزله عمل می نمایند. در صورتی که

دیوارهای غیر باربر معمولاً برای جداسازی فضاهای داخلی با مورد استفاده قرار می‌گیرند. استادهای فولادی را معمولاً از قبل برای عبور دادن تاسیسات الکتریکی و مکانیکی سوراخ کاری می‌کند و این استادهای معمولاً از بالا و پائین په راترها و پائین په راترها (عناصر اصلی افقی) اتصال میدهند. دیوارهای جداکننده واحدها در ساختمان های چند واحدی و یا دیوارهای جداکننده اتاق ها ( دیوارهای غیر باربر) معمولاً به روش های مختلف قابل اجرا می باشند. این نوع دیوارها را می توان روی کف ( به صورت خوابیده ) سرهم کرده و سپس به عنوان بخشی از اجزاء ساختمان در محل مورد نظر نصب نمود. روش دیگر نصب رانرهای بالائی و پائینی و قرار دادن استادهای در داخل آنها ( اجرای دیوار به صورت درجا ) می باشد. (امیدی نسب، ۱۳۹۵)

### بررسی رفتار لرزه ای سازه های فولادی سبک

فولادهای سبک دارای بهترین عملکرد در بین مصالح سازه ای است. ترکیبات شیمیایی و ساختاری آنها ناشی از گردش نمودار تنش- کرنش شده و رفتار تسلیم پذیر آنها را توجیه مینماید. فولادهای سبک با محدود کردن و تقویت همزمان سختی و مقاومت مصالح با استفاده از آلیاژهای مصرفی توانسته اند بهترین عملکرد در مقابل خوردگی را نشان دهند. مجموعه ای از مدل های ساخته شده در این مقاله گردآوری شده است. پاسخ تنش- کرنش مصالح غیرخطی تاثیر مستقیمی بروی رفتار سازه ای سطح مقطع، اعضا و قاب ها دارد. از دیدگاه سطح مقطع، گسیختگی ناشی از کماتش محلی غیر الاستیک در اعضای لاغر تا سخت شدگی کرنشی در اعضای قطورتر چالشی برای طراحی است. برای تغییر رویکرد طراحی لازم است نمای سنتی الاستیک و حتی پلاستیک منحنی تنش- کرنش عوض نمود و روش مقاومت پیوسته براساس تغییر شکل را جایگزین کرد. در قاب و اعضا بهتر است اجازه کاهش سختی را پیش بینی کرده و ملاحظات طراحی را در نظر بگیریم. از آنجایی که فولادهای سبک مصالحی ارزشمند و حایز اهمیت هستند؛ باید ضوابط تحلیل، طراحی و ساخت آنها مورد بررسی قرار گیرد. (Gardne، ۲۰۱۹)

### بحث و نتیجه گیری

سازه های فولادی سبک سرد نورد (LSF) یکی از کارآمد تری روش های صنعتی سازی ساختمان می باشد که استفاده از آن به دهه ۵۰ میلادی در ساختمانهای تجاری و اداری بازمی گردد. از اوایل دهه ۳۵ میلادی، پس از تشکیل انجمن مهندسين سازه های نورد سرد و تدوین و تصویب آیین نامه های مربوطه و وارد شدن در استانداردهای [IBC] و [UBC] ، استفاده از این سیستم در بناهای مسکونی، تجاری و اداری نیز با استقبال گسترده ای مواجه شد و تا امروز نیز با روند فزاینده ای ادامه دارد. یکی از دلایل گسترش این سیستم سازه ای در کشورهای امریکای شمالی علیرغم دارا بودن جنگل های وسیع و منابع چوب فراوان دید کلان آنان برای حفظ جنگل ها و منابع طبیعی خود بوده است. همچنین آسیب پذیری بالای سازه های چوبی در برابر حریق یکی دیگر از دلایل تمایل به جایگزینی سیستمی مناسب برای سازه های چوبی بوده است. (خدادادی، ۱۳۹۴) از آن جایی که کشورمان روی کمر بند فعال زمین لرزه در جهان واقع شده است لذا سبک کردن ساختمان به روش های نوین از اهمیت خاصی برخوردار می باشد. هدف عمده و اصلی از فناوری نوین LSF در صنعت ساخت و ساز کاهش وزن ساختمان است. سازه LSF یک سیستم پیش ساخته ساختمانی است که طی دو دهه اخیر در بسیاری از نقاط جهان برای تولید انبوه مسکن به کار رفته است. (www.markazeahan.com) پس از زلزله سال ۱۳۶۹ گیلان که تعداد زیادی از خانه های چوبی و گلی ویران شدند مشاهده شد که تعدادی از این بناها که دارای اسکلت و تیر و ستون و پی مناسب بودند زلزله آنها را تخریب نکرد و به جز چند ترک قابل ترمیم چندان آسیبی به آنها وارد نشد. با توجه به ارزان بودن مصالح چوبی و گلی و همچنین با توجه به مزایای زیست محیطی استفاده از مصالح بومی و همچنین سبک بودن خانه های چوبی و کاهش چشمگیر اثر زلزله مزایای دیگری که ذکر میشود، ضرورت استفاده از بناهای چوبی بیشتر مشخص میشود. (www.afzir.com)

## منابع

- (۱) امیدی نسب، فریدون؛ سهرابی، سارا. بررسی سازه های LSF از نظر کیفیت، زمان و هزینه، کنفرانس بین المللی پژوهش در مهندسی، علوم و تکنولوژی، ۱۳۹۵.
- (۲) جعفروند، علی؛ جلیل خانی میثم. ارزیابی لرزه ای سازه های فولادی سبک (LSF)، کنفرانس بین المللی سبک سازی و زلزله، جهاد دانشگاهی کرمان، ۱۳۸۹.
- (۳) چرختاب مقدم، شاهین؛ روحانیان، میلاد. ارزیابی سازه ای ساختمان های سنتی چوبی و تحلیل و ارائه الگوی ساختمانی مناسب محیط زیست و مقاوم در برابر زلزله، نشریه مسکن و محیط روستا، پاییز ۱۳۹۳، دوره ۳۳، شماره ۱۴۷، ص ۱۷-۳۰.
- (۴) خدادی، نیما؛ پورعبداله، امید؛ اردوخانی، علی. سازه های سبک فولادی و مزایای آن در مقایسه با روش های سنتی ساخت، دومین همایش ملی مهندسی سازه ایران، ۱۳۹۴.
- (۵) عدالتی، محمود؛ ویسی زاده، امیر؛ کریمی پور، آرش؛ بررسی و ارزیابی سازه های فولادی LSF، اولین کنفرانس سراسری توسعه محوری مهندسی عمران، معماری، برق و مکانیک ایران، ۱۳۹۳.
- (۶) کلانتری، مهسا. مقایسه سیستم LSF با سیستم های اسکلت فلزی و بتنی، نشریه علمی مطالعات مهندسی، تابستان ۱۳۹۱، شماره ۱۵، صفحه ۴۴-۵۱.
- (۷) گل کوهی، نیره؛ گل کوهی، علیرضا. بررسی رفتار لرزه ای درسیستم سازه های چوبی، همایش بین المللی افق های نوین در مهندسی عمران، معماری و شهرسازی و مدیریت فرهنگی شهرها، ۱۳۹۵.
- (۸) میرجعفری، سید شهاب الدین. ارزیابی شاخص های کیفیت، هزینه و زمان در سازه های فولادی سبک در LSF (مطالعه موردی: سازه های شهر یزد)، مجله علمی تخصصی مهندسی و مدیریت ساخت، دوره ۲، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۶، صفحه ۳۷-۴۲.
- (۹) وثوقی فر، حمیدرضا؛ ترک، شهرام؛ طارمی، مجید. 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، ۱۳۸۹.
- 10) Gardne, Leroy. Stability and design of stainless steel structures –Review and outlook. Thin-Walled Structures 141.2019-p:208-216.
- 11) www.markazeahan.com
- 12) www.afzir.com