

بررسی سازه‌های سبک LSF و نقش آن در کاهش هزینه‌ها به همراه مثال کاربردی

آناهیتا سمایی^۱، شراره ربیعی^۲

^۱ موسسه آموزش عالی آیندگان

^۲ موسسه آموزش عالی آیندگان

نام و نشانی ایمیل نویسنده مسئول:

آناهیتا سمایی

Samae.a1395@gmail.com

چکیده

در جهت سبک‌سازی سازه‌ها متخصصین و کارشناسان و محققین این صنعت تلاش‌های بسیار و آزمایش‌های گوناگون تاکنون انجام داده‌اند که همچنان ادامه دارد. دستاوردهای تحقیقات انجام‌شده که سابقه تاریخی از ۱۸۵۰ میلادی دارد استفاده از فولاد سرد نورد شده CFS معروف به ال اس اف قاب فولادی سبک می‌باشد در این مقاله ضمن معرفی LSF ذکر مختصر تاریخچه تحقیقاتی آن مزایا و محاسن استفاده از LSF و همچنین معایبی که بر سازه‌های موجود ساخته‌شده با LSF چگونگی امکان کاهش عیوب استفاده از این فناوری در صنعت ساختمان راه‌کارها و ضرورت استفاده و گسترش آن در ایران و به تدریج جایگزینی LSF و کم کردن استفاده از ساختمان‌های بتنی و فولادی سنتی که دارای بار مرده زیادی هستند و نیاز به نیروی انسانی زیاد هزینه و اتلاف انرژی بسیار پرت مصالح بالا و مشکلات حمل‌ونقل و زمان ساخت طولانی می‌باشند. در پایان چند نمونه سازه بتنی و LSF که دارای شرایط محیطی و مساحت یکسان هستند مورد بررسی قرار گرفتند و میزان هزینه مصرف انرژی در این دو سازه طی یک دوره مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد که سازه LSF در کاهش مصرف انرژی جهت گرمایش و سرمایش نقش بسزایی دارد.

واژگان کلیدی: سازه LSF، فولاد سرد نورد شده، قاب فولادی سبک..

مقدمه

سازه‌های سبک فلزی از آهن گالوانیزه توسط صنایع استاد ایران اولین تولیدکننده سازه‌های سبک فلزی از طریق دستگاه‌های رول فرم^۱ در ایران بر اساس استاندارد آمریکا تولید می‌شود ضخامت این سازه‌ها از ۰/۳ میلی‌متر تا ۱/۸۶ میلی‌متر قابل تغییر است محاسبات فنی ساختمان و جدول از پیش تنظیم‌شده اندازه و ضخامت مورد لزوم برای طرح را تعیین می‌نماید این اندازه‌ها با توجه به ارتفاع سازه و فشار افقی وارد بر آن‌ها و در صورتی که در کف سازی مورد استفاده قرار گیرد با توجه به عرض و طول دهانه‌ها و میزان بار وارد بر آن تعیین می‌گردد [۱]. استفاده از اعضای فولاد سرد نورد شده از دهه ۱۸۵۰ میلادی آغاز گردید. ولی استفاده از آن تا انتشار اولین ضوابط انجمن آمریکایی آهن در ۱۹۴۶ گسترش زیادی پیدا نکرد. امروزه به دلیل کیفیت مناسب ساخت و سرعت بالا و مقاومت بالا در برابر زلزله از آن در کشورهای انگلستان، آمریکا، کانادا، استرالیا، ژاپن و... استفاده می‌کنند. این سیستم ساختمانی دارای تأییدیه فنی از مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن بوده و به‌عنوان یکی از فناوری‌های نوین ساختمان در کشور به طور رسمی معرفی شده است [۲].

۱- انواع سازه‌های سبک

۱-۱- سازه‌های قائم

این سازه به طور عمودی و بفواصل ۴۰ تا ۶۰ سانتیمتر درون سازه‌های هادی قرارداده می‌شود سازه‌های ناودانی و سازه‌های قائم مکمل یکدیگر بوده اتصال آنها به یکدیگر بوسیله پیچ شبکه کلی آهن گذاری و پشت بند صفحات گچی را فراهم می‌نماید سازه‌های ناودانی و سازه‌های قائم معمولاً در ضخامت‌های ۰/۵ میلیمتری و ۰/۷ میلیمتری در دیوارهای داخلی غیر باربر با ضخامت ۰/۸۵ میلیمتر و در دیوارهای داخلی با ارتفاع بلندتر از حد معمول در نما سازی‌ها و با عنوان عناصر تقویتی بکاربرده می‌شود بال سازه‌ها ۳ میلیمتر و پهنای آنها در سه اندازه مختلف ۶ سانتیمتر ۹ سانتیمتر ۱۵ سانتیمتر و عرضه می‌شود برای دیوارسازی معمولی عرض ۹ سانتیمتر توصیه می‌گردد این سازه‌ها فاصله مناسبی را برای عبور لوله‌های آب فاصلاب و عایق پشم‌شیشه ما بین صفحات گچی بوجود می‌آورد [۲].

۱-۲- سازه‌های تقلیل دهنده صدا^۲

بهترین روش برای تقلیل انتقال صوت بکار بردن سازه‌های تقلیل دهنده صدا می‌باشد که بر روی سازه‌های عمودی پیچ می‌شود این سازه سطح آنگاه صفحات گچی را به سازه‌های عمودی به حداقل تقلیل می‌دهد نتیجتاً انتقال صوت را از صفحات به سازه کم می‌نماید.

۱-۳- سازه‌های کلاhek

قطعه اتصال سازه کلاhek به دیوار آجری یا بتنی^۲

با استفاده از این قطعه و کمک ناودانی‌های باربر و سازه‌های کلاhek شکل می‌توان شبکه پشت بند جهت نصب صفحات گچی بر روی دیوارهای آجری و یا بتنی را فراهم آورد ویژگی این قطعات اتصال آن است که تنظیم شاقولی شبکه پشت بند را امکان پذیر می‌سازد و در نتیجه کیفیت کار را بالاتر می‌برد [۳].

۱-۴- ناودانی‌های باربر

این ناودانی‌ها به عرض ۴ سانتیمتر و دارای ضخامتی برابر ۱/۵ میلیمتر هستند جنس آنها از آهن سیاه معمولی است که معمولاً با رنگ مشکی در بازار عرضه می‌شود موارد استفاده از ناودان‌ها عمدتاً در شبکه‌بندی سقف‌های کاذب و شبکه‌بندی فلزی جهت روکش دیوارهای بتنی و آجری می‌باشد [۳].

¹ ROLL FORM

² - wall furring bracket

۱-۵-سازه‌های تقویتی کنج‌ها^۲

این نوع سازه برای تقویت و حفاظت کنج‌های بیرونی و ایجاد خط مستقیم در کنج‌ها روی صفحات گچی بکار برده می‌شود و می‌توان آنها را با پیچ به سازه‌های عمودی متصل کرد ضخامت این نوع سازه معمولاً $\frac{1}{3}$ میلیمتر است این سازه با نوار و بتن پوشانده می‌شود نوع بتنی‌ای که بکار برده می‌شود باید نوع مرغوب و آزمایش شده باشد.



شکل ۱- نمونه‌ای از سازه LSF

۲- روش تهیه ورق‌های فولادی

یکی از روش‌های محافظت از خوردگی گالوانیک است که توسط پوشاندن فلز مادر توسط لایه‌ای از فلز محافظ (که معمولاً فلز روی است) انجام می‌شود. در این حالت پوشش خورده شده و فلز مادر محافظت می‌شود. این فرآیند نوع خاصی از حفاظت گالوانیکی است. میزان مقاومت پوشش گالوانیزه متناسب با ضخامت آن است. این روش یکی از اقتصادی‌ترین روش‌های محافظت فولادها در محیط‌های خورنده است. روش‌های متفاوتی برای گالوانیزه نمودن فولاد و ورق‌های فلزی وجود دارد، از بهترین و اقتصادی‌ترین روش‌های گالوانیزه نمودن ورق‌های آهنی، غوطه‌وری ورق آهنی در حوضچه مذاب است. میزان پوشش گالوانیزه (ضخامت روی) بر روی ورق‌ها و سایر مقاطع فولادی متفاوت می‌باشد. میزان پوشش گالوانیزه ورق‌ها بر اساس جرم پوشش فلز روی آنها تعیین می‌گردد. که می‌تواند از ۱۰۰ تا ۳۵۰ گرم بر مترمربع باشد [۴].

از نظر ظاهری نیز ورق گالوانیزه به سه نوع ورق گالوانیزه بدون گل، ورق گالوانیزه گل ریز و ورق گالوانیزه گل درشت تقسیم بندی می‌شود. تفاوت این سه دسته ورق گالوانیزه در شکل‌گیری کریستال (گل) گالوانیزه بر روی ورق است که شکل‌گیری کریستال‌ها بسته به سرعت سرد نمودن ورق و میزان روی بکار رفته در فرآیند گالوانیزاسیون متفاوت خواهد بود [۴].



شکل ۲- نمونه‌ای دستگاه تولید ورق‌های LSF

مصارف ورق گالوانیزه بیشتر در مواردی است که ورق در معرض رطوبت قرار داشته و امکان خوردگی و زنگ زدن ورق وجود دارد. مثلاً در پوشش سقف‌های شیروانی، گلخانه‌ها و پوشش‌های بیرونی ساختمان‌ها بیشتر از این ورق‌ها استفاده می‌شود. روش غوطه‌وری داغ می‌باشد. مزیت این روش گالوانیزه بر روش‌های دیگر، مقرون به صرفه بودن، امکان ایجاد ضخامت‌های بالای پوشش، استحکام بالا و چسبندگی پوشش گالوانیزه به فولاد می‌باشد [۳].

کلاف‌های ورودی از خط نورد سرد در ابتدای خط گالوانیزه به یکدیگر جوش خورده و به صورت یک نوار پیوسته شارژ خط می‌شود. در قسمت شستشو، سطح ورق توسط چربی زدایی با مواد قلیایی، برس زنی و شستشو با آب گرم تمیز شده و سپس با هوای داغ، خشک می‌شود. سپس کلاف تمیز شده، وارد گروه‌های آنیل با اتمسفر محافظ می‌شود. ورق طی سه مرحله پیشگرم، گرم کردن، همدمایی متناسب با کاربرد محصول، آنیل شده و توسط سیستم خنک کننده، دمای آن برای ورود به حمام مذاب روی تنظیم می‌گردد. با خروج از حمام مذاب روی، لایه نازکی از فلز روی بر هر دو سطح ورق می‌نشیند. بلافاصله پس از خروج از مذاب، جت هوا به سطح ورق برخورد، ضخامت پوشش را تنظیم می‌نماید. در قسمت بعدی، با تنظیم سیکل خنک کاری، اندازه گل بوته‌های پوشش گالوانیزه کنترل می‌گردد. دمش هوا دمای ورق را کاهش و پس از پاشش آب، ورق وارد تانک آب سرد شده، سپس دمش هوا ورق را خشک می‌نماید. شایان ذکر است ضخامت پوشش ورق توسط دستگاه ضخامت سنج کنترل شده، صافی سطح و زبری دلخواه توسط نورد پوسته‌ای و خط اصلاح ورق اعمال می‌گردد. به منظور جلوگیری از شوره زدن ورق گالوانیزه حین نگهداری در انبار، عملیات کرماتر روی آن انجام می‌شود یعنی لایه نازکی از محلول‌های حاوی کرم، روی سطح ورق نشانداده شده و خشک می‌گردد. پس از بازرسی ورق، روغن محافظ توسط دستگاه روغن کاری الکترواستاتیک بر سطح ورق پاشیده می‌شود. برای تداوم عملیات پوشش بر روی سطح ورق، در هر دو قسمت ورودی و خروجی خط، برج ذخیره کننده ورق در نظر گرفته شده است. کلاف گالوانیزه تولیدی پس از بسته بندی به بازار مصرف عرضه می‌گردد [۴].

۲-۱- شیوه فراوری قطعات cfs

قطعات cfs اعضای اصلی تشکیل دهنده سیستم Isf می‌باشند. معمولاً از ورق فولادی گالوانیزه بر استاندارد BS 2989 تهیه و بکار گرفته می‌شوند و در حال حاضر بر اساس استاندارد اروپایی در قاره اروپا BSEN 10142 10147 تولید می‌شوند. این نوع ورق‌های فولادی معمولاً در عرض ۱/۵ متر در کارخانجات ذوب آهن تولید شده و در کارخانجات مخصوص دیگری به صورت رولی و پرس فرم داده می‌شوند تا

به اشکال موردنظر درآیند. اندازه قطعات در جان اعضای CFS معمولاً بین ۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر می‌باشد. معمول‌ترین ضخامت ورق فولادی گالوانیزه شده برای تولید قطعاتی که در سازه LSF بکار می‌روند ۱/۲ تا ۳/۲ میلی‌متر می‌باشد.

برای فرم دادن ورق فولادی آن را به صورت نواری از بین یک سری غلتک‌ها عبور می‌دهند. این حرکت در بین غلتک‌ها سبب تغییر شکل ورق‌ها می‌شود و تعداد غلتک‌های به کاررفته بستگی به پیچیدگی قطعات دارند. این قطعات را می‌توان قبل یا بعد از عبور دادن در بین غلتک‌ها برش داد. این شیوه عمل معمولاً در سطح بالا و با دقت زیاد توسط کامپیوتر کنترل می‌شود. قطعات با طول‌های کوتاه و مقدار محدود را می‌توان به وسیله پرس فرم داده و یا خم کرد. این تکنیک معمولاً برای قطعات ساده (مانند نبشی و C شکل) مناسب می‌باشد. سوراخ‌کاری‌هایی نیز در مرحله فرم دادن ورق‌های فولادی انجام می‌شود که برای کارگذاری تأسیسات در بنا انجام می‌شود. مزیت این روش نسبت به شیوه تولید نورد گرم سرعت بالای تولید، نیروی انسانی کم، عدم نیاز به عملیات حرارتی و جلوگیری از ایجاد تنش‌های پسماند در مقاطع به دلیل انجام عملیات نورد گرم بر روی آن‌هاست [۴].

۳- بررسی چند نمونه از مزایای سازه‌های LSF نسبت به سازه‌های اسکلت بتنی

۳-۱- سرعت بسیار بالای اجرا و نصب

روش ال اس اف این فرصت را برای سازندگان ایجاد می‌کند تا سرمایه آن‌ها در کمترین زمان با بهترین کیفیت ساخت بازگردد. به عنوان مثال جهت احداث یک سازه چهار طبقه با زیربنای هزار مترمربع تنها به ۱۲۰ روز کاری زمان نیاز است.

۳-۲- افزایش فضای مفید

افزایش ۹ الی ۱۲ درصدی فضاها مفید داخلی در مقایسه با روش‌های سنتی به جهت کاهش ضخامت دیوارها.

۳-۳- سبکی سازه و نتیجتاً کاهش نیروی زلزله

وزن سازه در سیستم ال اس اف (LSF) حدوداً ۲۵٪-۳۰٪ سازه‌های معمول است، نتیجتاً به همین میزان نیروی زلزله بسیار کمتری به آن وارد می‌شود.

۳-۴- کیفیت بالا در اجرای اتصالات

متفاوت با ساخت‌وساز به روش سنتی که در اکثر مواقع کیفیت پایین اجرای اتصالات سرمنشأ اغلب خرابی‌ها در زلزله می‌شوند، در سیستم ال اس اف (LSF) اتصالات دقیق و همچون دیگر اجزای سازه دارای کیفیت اجرای بالایی می‌باشند.

۳-۵- کاهش مصرف انرژی

به دلیل عایق‌بندی صوتی و حرارتی مناسب دیوارها در سیستم ال اس اف (LSF)، میزان تبادل انرژی در این سازه‌ها بسیار پایین‌تر از سازه‌های ساخته‌شده به روش سنتی است و در طولانی‌مدت صرفه‌جویی قابل‌توجهی در هزینه حرارتی سازه می‌شود.

۳-۶- قابلیت باز یافت

اکثر قطعات سازه‌ای و غیر سازه‌ای در سیستم ال اس اف (LSF) به صورت پیچی اجرا می‌شوند و باز یافت، مونتاژ و انتقال آن‌ها به آسانی امکان‌پذیر می‌باشد.

۳-۷- مقاومت و دوام بالا در شرایط محیطی متفاوت

به علت گالوانیزه بودن تمامی مقاطع، سازه‌های ساخته‌شده با روش ال اس اف (LSF) دارای مقاومت بسیار مناسبی در مقابل خوردگی و رطوبت بوده و در شرایط محیطی شمال و جنوب کشور دارای عمر مفید بیشتری می‌باشند.

۳-۸- سهولت اجرای تأسیسات برقی و مکانیکی

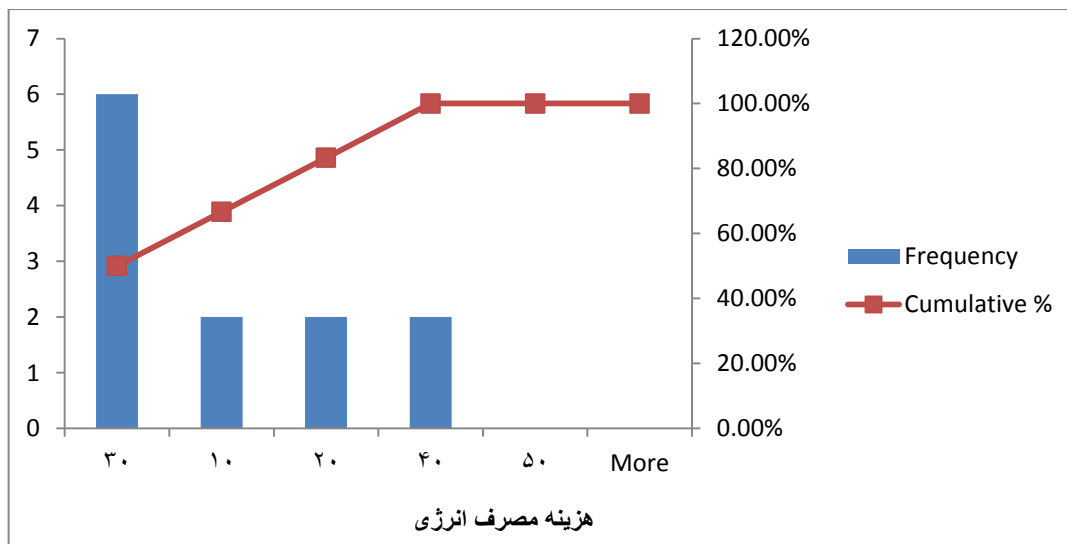
در مراحل ساخت مقاطع فولادی جدار نازک ال اس اف (LSF) مسیرهای استاندارد در جان این مقاطع در نظر گرفته می شود که عبور تأسیسات مکانیکی و برقی از داخل آن ها باعث سهولت در نصب سیستم های الکتریکی و لوله کشی ها می گردند [۵].

جدول ۱- بررسی مزایا و معایب سازه های LSF

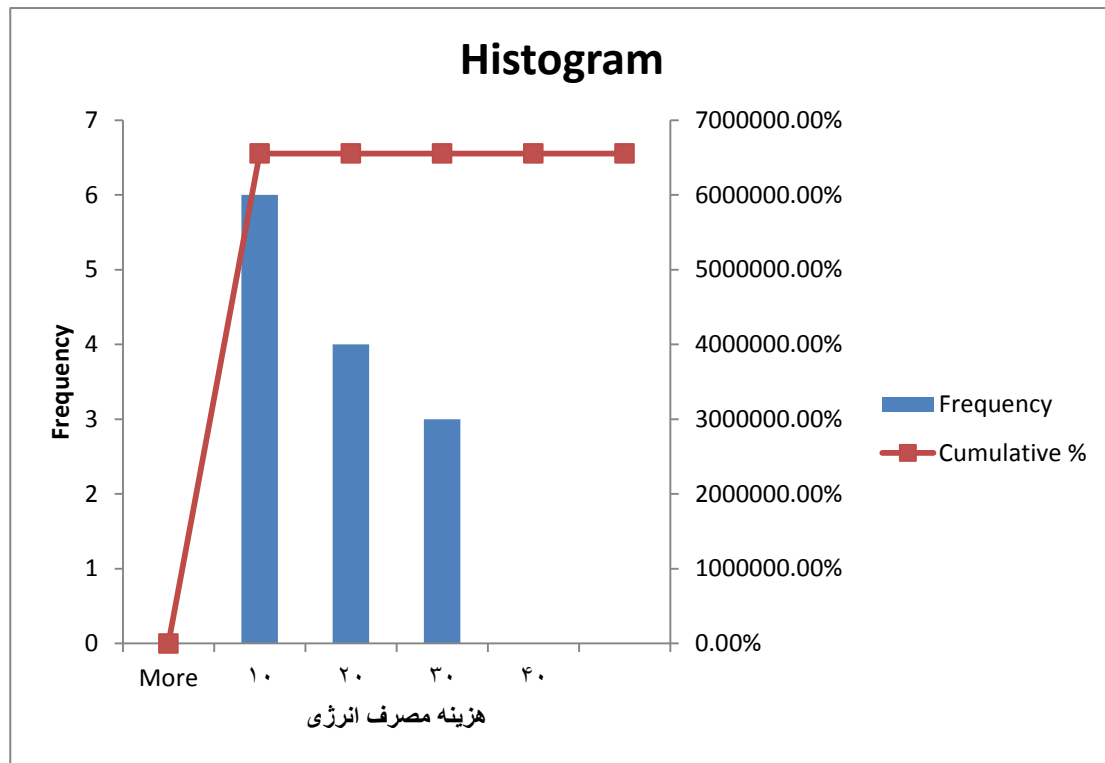
مزایا	معایب
سبکی	طبقات محدود
مقاومت و سختی بالا	عدم نیروی کار متخصص
دقت در اجرا	هزینه نسبتاً بالا
عدم نیاز به قالب بندی	محدودیت ابعاد دهانه ها
عدم قابلیت اشتعال	الزام تولید قطعات فلزی در کارخانه
قابلیت بازیافت مصالح	عدم رواج زیاد در کشور

۴- بررسی مزایا سازه های LSF با ذکر چند مثال کاربردی

در این قسمت در هریک از سازه های بتنی و LSF میزان هزینه مصرف انرژی در خنک کردن و گرم کردن هریک از واحدها در طی یک دوره جمع آوری شده و پس از رسم هیستوگرام میزان هزینه انرژی در طی یک دوره زمانی مشخص، مشاهده شده است استفاده از تکنولوژی LSF نقش بسیار مهمی در کاهش میزان هزینه انرژی دارد. هر یک از شکل های ۲ و ۳ نمودار هزینه انرژی در طی یک دوره را دو سازه متفاوت که یکی از جنس اسکلت بتنی و دیگری LSF است را نشان می دهد. (مساحت و ابعاد و موقعیت جغرافیایی دو سازه یکسان می باشد).



شکل ۲- نمودار هزینه مصرف انرژی در سازه اسکلت بتنی



شکل ۳- نمودار هزینه مصرف انرژی در سازه LSF

نتایج نشان می‌دهد که هزینه مصرف انرژی در سازه‌های اسکلت بتنی بسیار گران‌تر از سازه‌های LSF می‌باشد.

۵- نتیجه‌گیری

یکی از بهترین روش‌های ساخت و ساز صنعتی، سیستم قاب سبک فولادی است، این سیستم محدودیت‌هایی مثل محدودیت در طول دهانه و محدودیت در طبقات دارد اما با مقایسه با دیگر روش‌های ساخت در سطح کشورمان، با توجه به ویژگی‌های خوبی که این سیستم دارد استفاده از این سیستم می‌تواند نیاز روز افزون به مسکن را در کشورمان تا حد زیادی برطرف نماید. استفاده از سازه‌های LSF مزایایی به دنبال دارد که یکی از مهمترین آن کاهش مصرف انرژی در فصول زمستان و تابستان جهت گرم کردن و خنک نمودن منازل می‌باشد. استفاده از سیستم به خصوص در مناطق با آب‌وهوای سرد می‌تواند مانع از اتلاف انرژی شود و کاهش قابل ملاحظه‌ای در هزینه سوخت داشته باشد.

منابع و مراجع

- [1] S.Kesawan,M.Mahendran,Fire tests of load-bearing LSF walls made of hollow flange channel sections, J.Constr.Steel Res.(2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcsr.2015.07.020>.
- [2] T.Anapayan,M.Mahendran,D.Mahaarachchi,Section moment capacity tests of Lite Steel Beams, Thin-Walled Struct.49(4)(2011)502-512.
- [3] V. Jatheeshan,M.Mahendran,Experimental study of LSF floors made of hollow flange channel section joists under fire conditions, J.Struct.Eng.ASCE142 (2) (2015)04015134-1-14.
- [4] V. Jatheeshan,M.Mahendran,Experimental study of LSF floors made of hollow flange channel section joists under fire conditions, J.Struct.Eng.ASCE142 (2) (2015)04015134-1-14.
- [5] EN 1993-1-3, Eurocode 3: Design of Steel Structures, Part 1-3: General Rules- Supplementary Rules for Cold-formed Members and Sheeting, European Committee for Standardization, Brussels, 2006.