



## امکان سنجی کاربرد سازه‌های سبک فولادی (LSF) به منظور اسکان موقت در مناطق حادثه دیده

سیدمسعود سیدشرفی<sup>۱</sup>، شهاب‌الدین حاتمی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه، دانشگاه یاسوج seiedmasouds.sh@gmail.com

۲- استادیار گروه عمران، دانشگاه یاسوج sh\_hatami@yahoo.com

### چکیده

فلات ایران در بخش میانی کمربند زلزله خیز آلپ - هیمالیا واقع شده است، و هر ساله نزدیک به ۲۰۰ زمین لرزه بزرگ در ایران به ثبت می‌رسد. در زلزله‌های گذشته به طور میانگین ۶۵ هزار واحد مسکونی در هر زلزله تخریب شده‌است. بحث اسکان حادثه دیدگان و سیستم ساختمانی مورد استفاده برای آن، مسئله‌ای مهم است که تحقیقات فراوانی بر روی آن انجام گرفته‌است. سازه پیش‌ساخته‌ی سبک فولادی (LSF) یکی از سیستم‌های سازه‌ای کارآمد است، که در این مقاله مزایا و معایب آن در کاربرد به منظور اسکان موقت بررسی شده‌است. در بخش اول ویژگی‌های یک مسکن موقت از جنبه‌های فنی، معماری، اقتصادی، معیشتی و نیازهای فرهنگی ایرانی و اسلامی مشخص شده است. در بخش بعدی به بررسی معایب و مزایای روش‌های موجود اسکان موقت پرداخته شده، سپس ویژگی‌های سازه‌های LSF بیان و با استانداردهای موجود تطابق داده می‌شود. مشخص گردید با انجام پیشنهادات ارائه شده، این سیستم سازه‌ای می‌تواند گزینه‌ای مناسب جهت اسکان موقت حادثه دیدگان باشد.

**واژه‌های کلیدی:** اسکان موقت، سازه‌های سرد نورد شده، زلزله، LSF، سازه‌های سبک فولادی

### ۱- مقدمه

زمین‌ساخت فلات ایران گویای آن است که بخش عمده‌ی مناطق آن در معرض خطر وقوع زلزله‌های کوچک و بزرگ می‌باشد. در سال ۱۳۹۳ بیش از ۱۰ هزار زلزله در ایران به ثبت رسیده که حدود ۱۷۰ زمین لرزه بالای ۴ ریشتر بزرگی داشتند [۱]. این زمین لرزه‌ها عمدتاً باعث تخریب منازل مسکونی شده و تعداد کثیری از مردم را بی‌سرنوشت می‌کنند. طبق اعلام پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی، آمار منازل مسکونی تخریب شده در زلزله‌های بسیار مخرب ایران در ربع قرن اخیر به شرح جدول شماره ۱ است.

یکی از مشکلات پس از زلزله سامان دادن به تعداد زیاد آوارگان است. به طور معمول بعد از وقوع زلزله، حادثه‌دیدگان در مکان‌هایی که اردوگاه یا محل اسکان موقت نامگذاری می‌گردند، پناه داده شده و یا به عبارتی اسکان می‌یابند. این مکان‌ها می‌توانند در دو شکل متمرکز و غیرمتمرکز احداث گردند. تحقیقات در باره‌ی اسکان موقت و بازسازی بعد از آن از سال ۱۹۷۵ با تحقیقات میلیتی<sup>۱</sup>، درابک<sup>۲</sup> و هاوس<sup>۳</sup> شروع شد. در سال ۱۹۷۷ کتابی با عنوان بازسازی پس از بحران توسط کیتس<sup>۴</sup> و همکاران منتشر شد [۲]. در سال ۱۹۸۲ کورانتلی<sup>۵</sup> [۳] در مرکز تحقیقات بحران آمریکا چهار نوع اسکان را برای اسکان پس از



بحران ارائه داد، در سال ۲۰۰۰ نیز تحقیقاتی با عنوان پروژه اسفر<sup>۷</sup> [۴] توسط صلیب سرخ انجام گرفت و حداقل استانداردهایی را برای اسکان موقت پس از بحران مطرح نمود.

جدول ۱: خانه‌های تخریب شده در زلزله‌های اخیر [۱]

ردیف	زلزله	خانه های تخریب شده
۱	زلزله منجیل ۱۳۶۹	۲۰۰۰۰ واحد مسکونی
۲	زلزله بم ۱۳۸۲	۴۱۰۰۰ واحد مسکونی
۳	زلزله آذربایجان ۱۳۹۱	۱۸۰۰۰ واحد مسکونی
۴	زلزله دشتی ۹۲	۳۱۰۰ واحد مسکونی

در سال ۲۰۰۵ موسسه آکسفام [۵] در پژوهشی راجع به عملیات تامین سرپناه قربانیان سونامی نتایج را اینگونه بیان کرد: ما به سادگی می‌گوییم سرپناه، در حالی که مفهوم آن بسیار عمیق است. اسکان برای هر خانواده باید تامین کننده‌ی ایمنی و آسایش خاطر باشد و احساس تعلق به دنبال آورد، لذا هنگام تامین سرپناه برای آسیب دیدگان باید به طور ویژه به بازگرداندن شأن و منزلت خانوار توجه داشت. با توجه به اینکه زلزله زدگان تا حاضر شدن مسکن جدید و دائم خود باید مدت طولانی را در مسکن موقت خود بگذرانند، لذا در این تحقیق بر روی اسکان موقت بعد از زلزله تمرکز شده است. سیستم<sup>۸</sup> LSF به عنوان یک سیستم مناسب این کار، مطرح و ویژگی‌های مختلف آن از قبیل سازه‌ای، معماری، معیشتی و ... بررسی و این خصوصیات با نیازهایی که از یک مسکن موقت وجود دارد تطابق داده شده است.

## ۲- اسکان موقت

طبق تقسیم بندی کورانتلی [۳] در مرکز تحقیقات بحران آمریکا چهار نوع اسکان برای بعد از بحران وجود دارد :

(الف) سرپناه اضطراری<sup>۹</sup>: به نوع سکونت اطلاق می‌شود که بازماندگان، جایی را در نزدیکی محل سکونت دائمی‌شان، برای مدتی کوتاه یعنی چند ساعت و یا حداکثر یک شب انتخاب می‌کنند.

(ب) سرپناه موقت<sup>۱۰</sup>: به نوع سکونت اطلاق می‌شود که بازماندگان در سایر مکان‌ها برای مدت کوتاه، و در حد انتظارشان، به صورت موقت برمی‌گزینند .

(ج) مسکن موقت<sup>۱۱</sup>: در استقرار مسکن موقت، آنچه که اهمیت دارد این است که حداقل‌های قابل انتظار را از مسکن به آسانی برآورده نمی‌سازد، ولی با این حال می‌تواند پاسخگوی فعالیت‌ها و مسئولیت‌های روزمره خانوارها باشد .

(د) مسکن دائم<sup>۱۱</sup>: موجب بازگشت بازماندگان به خانه‌های بازسازی شده یا جدید می‌گردد و امکانات سکونت دائم برای ساکنان را فراهم می‌آورد .

بر طبق تجربیات زلزله‌های گذشته معمولاً زمان اقامت مردم در مسکن موقت بسیار طولانی تر از حد معمول می‌شود، به طوری که مرحله‌ی اسکان موقت در زلزله ۱۹۹۵ کوبه‌ی ژاپن ۵ سال، زلزله ۱۳۵۷ طبس ۳ سال و در زلزله ۱۳۸۲ بم حدود ۲ سال طول کشید.

بنا بر تعریف، در جایی که نیاز به تامین اضطراری کمبود مسکن پیش آید و یا بنا به ضرورت نیاز به اقامت‌گاه‌هایی مناسب و امن برای خانواده‌ها باشد، و یا هنگام بروز سانحه، برای تامین مسکن مناسب جهت سکونت طری زمان لازم برای بازسازی خانه‌های دائم نیاز به احداث واحدهای مسکونی موقت باشد، هم‌چنین تامین سرپناهی که در آن امکان ایجاد حداقل شرایط آسایش انسان از دیدگاه‌های ارگونومی و شرایط محیطی داخل قابل تنظیم و کنترل باشد، نسبت به احداث مسکن موقت اقدام می‌گردد [۶].



### ۳- ویژگی‌های عمومی یک مسکن موقت

با توجه به تعریف ارائه شده از مسکن موقت، مطالعه استانداردهای ارائه شده و استفاده از تجربیات انجام گرفته، در این بخش ویژگی‌هایی را که انتظار می‌رود یک مسکن موقت تامین کند به صورت زیر پیشنهاد می‌گردد.

#### الف) سازه‌ای و فنی:

- ساختار سازه به گونه‌ای باشد که امکان تولید آن به شکل پیش‌ساخته وجود داشته و سبک باشد.
- در ساخت آن از مصالح موجود در کشور استفاده شده باشد و از نظر فرهنگی و اجتماعی مورد قبول واقع گردد.
- توسط نیروهای با مهارت‌های فنی ساده و حتی افراد محل، قابل اجرا بوده و نصب آن با استفاده از کتاب راهنما قابل آموزش باشد.
- به لحاظ فنی بررسی شده و با توجه به ضوابط پایداری و مقاومت پیش بینی شده برای ساختمان‌های موقت محاسبه شده باشد.
- حمل آن‌ها توسط انواع وسائل نقلیه باربری امکان پذیر باشد.
- وجود اجاق‌ها و سایر ابزار گرمازا در داخل پناهگاه ضروری بوده و باید متناسب با فضای آن در نظر گرفته شود، لذا سیستم باید به گونه‌ای باشد که در برابر آتش‌سوزی مقاوم باشد.
- طراحی باید مطابق شرایط آب و هوایی منطقه باشد، در مقابل فشار باد مقاوم بوده، و با شرایط برفی سنگین در آب و هوای سرد سازگار باشد. لازم است مقاومت در برابر زلزله و میزان تحمل زمین مورد ارزیابی قرار گیرد.
- اجرای اسکلت و بام آن بسته به شرایط به صورت شیبدار یا گهواره‌ای امکان پذیر باشد.

#### ب) معماری:

- ضوابط استقرار آن با توجه به شرایط منطقه به گونه‌ای باشد که مالکیت زمین ایجاد نگردد.
- نصب درب و پنجره برای ساختمان امکان پذیر باشد و تعداد آن را بتوان به دلخواه تعیین نمود.
- نوع ساختمان، مواد مورد استفاده و اندازه و نحوه قرار گرفتن درب‌های خروجی، به گونه‌ای باشد که موجب آسایش حرارتی و تهویه هوا شود.
- طراحی پلان‌ها با سرویس‌های بهداشتی و آشپزخانه و بدون آن‌ها نیز امکان پذیر باشد.

#### ج) اقتصادی:

- تا حد امکان تمام اجزای تشکیل دهنده آن‌ها و یا بخشی از آن‌ها قابل استفاده مجدد باشد.
- سیستم ساختمانی ارائه شده برای این منظور باید سیستمی مدولار باشد که از قابلیت تکرار و گسترش در جهات مختلف و تنوع پذیری در طرح‌ها برخوردار باشد.
- تنوع مصالح برای پوشش بدنه، بسته به نیاز منطقه، اقلیم و امکانات موجود، به منظور رعایت نکات اقتصادی، امکان‌پذیر باشد.

- مواد مصرفی باید به گونه‌ای باشد که اثر نامطلوبی بر اقتصاد محل و محیط زیست نداشته باشد.
- تمامی قطعات قابل جایگزینی باشد و بتوان آن‌ها را به راحتی انبار نمود.

#### د) معیشتی:

- امکان نصب سیستم‌های گرمایش و سرمایش درون ساختمان میسر باشد.
- حداقل امنیت فیزیکی برای ساکنان واحدهای ساختمانی با استفاده از مصالح مقاوم‌تر نسبت به پوشش‌هایی نظیر چادر و مانند آن تامین گردد.



- ایجاد امنیت فکری و روانی برای ساکنان با نصب درب با قابلیت قفل شدن که احساس امنیت و ایمن بودن را برای افراد و متعلقات آنها تأمین می‌نماید، امکان پذیر باشد.
- خطرات بلایای طبیعی ثانویه شامل پس‌لرزه‌ها، فعالیت آتشفشانی، رانش زمین، سیل و تند باد باید به حداقل برسد.
- سازه مورد استفاده باید در مقابل انتقال بیماری‌ها و ناقلان بیماری محافظت شده باشد.
- حداقل فضا برای هر فرد ۳/۵ متر مربع باشد، که امکان تفکیک مطمئن و حفظ حریم خصوصی جنس‌های مختلف، گروه‌های مختلف و افراد دو خانواده مجزا را فراهم کند [۴].
- فعالیت‌های مهم حفظ معیشت در داخل پناهگاه نیز قابل انجام باشد.

#### ۴- ویژگی‌های یک مسکن موقت در ایران

در ایران با توجه به مسائل فرهنگی، تقیدات مذهبی و حتی تعصبات قومی، محفوظ بودن حریم زندگی از دید بیگانگان و همچنین حفظ پاکیزگی مکان زندگی بسیار با اهمیت است. لذا این سازه‌ها در ایران علاوه بر داشتن موارد بالا باید بتوانند پوشیدگی لازم از فضای خارج و تفکیک مناسب فضاها از داخل را داشته باشند.

شاید این تفکر به وجود آید که خانواده‌های حادثه دیده فرصت فکر کردن به این موضوعات را نخواهند داشت اما باید بدانیم که حفظ کرامت و منزلت این خانواده‌ها باید از اصلی‌ترین برنامه‌های اسکان باشد. فلاحی [۷] در مورد شاخص آسایش و راحتی، بر آن است که معنای عمومی سرپناه و سکونتگاه موقت فراتر از محل زندگی است و مفاهیمی از قبیل داشتن آرامش خاطر، راحتی و روانی و جز این‌ها را نیز در بر می‌گیرد. باید دانست که مردم پس از سانحه فقط بی ساختمان می‌شوند و نه بی‌خانمان. این بدان معناست که خانوار بر اثر وقوع سانحه، هستی و اندوخته‌ی معنوی و مادی سالیان خود را به یکباره نابود شده می‌یابد. بنابراین، سرپناه به عنوان فضایی برای ایجاد آرامش، امنیت، اطمینان خاطر، بازتوانی روحی و روانی فرد آسیب دیده باید مورد توجه جدی قرار گیرد.

یکی از ا فشار به شدت آسیب پذیر در این سوانح زنان و کودکان خردسال هستند که علاوه بر مسائل بهداشتی و آسایشی، مسئله امنیت و حفظ کرامت، بسیار برای آنها حائز اهمیت است. طبق تحقیقات آماری در ایران اولویت زنان برای اسکان موقت، اول استفاده از خانه اقوام و دوم استفاده از سکونتگاه‌های موقت برپا شده توسط امداد رسان‌ها است که این مطلب اهمیت این سکونتگاه‌ها را واضح می‌کند [۲].

#### ۵- روش‌های موجود اسکان موقت:

با توجه به بررسی امداد رسانی و اسکان صورت گرفته در زلزله‌های پیشین می‌توان روش‌هایی که به طور معمول برای اسکان موقت به کار گرفته شده و معایب و مزایای آن‌ها را این‌گونه مطرح کرد که، معمولاً از ساعات اولیه بعد از حادثه مردم بازمانده با خرابه‌های ساختمان‌های موجود که بسیار خطرآفرین است اقدام به برپایی سرپناه موقت می‌کنند. اما با بررسی روند امداد رسانی در حوادث رویداده می‌توان روش‌هایی امداد رسانی و اسکان را به همراه معایب و مزایای آن‌ها به صورت زیر ارائه داد:

**الف) چادر:** رایج‌ترین نوع اسکان موقت چادر است که به دلایل زیر فقط مناسب سرپناه موقت است نه مسکن موقت.

**معایب:**

- چادر در مقابل شرایط بد آب و هوایی و همچنین گرما و سرما به شدت آسیب پذیر است و معمولاً زود پوسیده و پاره می‌گردد و برای سکونت حداقل ۶ ماهه اصلاً مناسب نیست.
- تقریباً فاقد امنیت بوده و نمی‌تواند از اموال و جان مردم به ویژه کودکان و زنان حفاظت کند.
- با توجه به مسائل فرهنگی مردم ایران باز بودن چادر یک معضل بزرگ است.



- نداشتن فضای کافی برای وسائل خانوار و همچنین عدم امکان تفکیک جنسیتی و حفظ کرامت افراد نیز از معضلات بزرگ چادر است.

#### مزایا:

- حداکثر تعداد چادر با کمترین هزینه و کمترین زمان ممکن نسبت به سایر روش‌ها قابل برپایی است.
- ب) کانکس:** نوع دیگر از اسکان، استفاده از اتاق‌های فلزی پیش ساخته است.

#### معایب:

- حمل این اتاق‌ها نیازمند به صرف هزینه و زمان زیاد است.
- انبار کردن این تعداد از کانکس برای استفاده به موقع نیاز به فضای بسیار زیادی خواهد داشت.
- استقرار این اتاق‌ها نیاز به استفاده از جرثقیل دارد که کار آماده‌سازی را با صرف زمان و هزینه زیاد رو به رو می‌کند.
- اغلب مناطق کشور ما مناطق گرم و خشک است، که استفاده از این اتاق‌ها را در هوای گرم دشوار می‌کند.
- احتمال پوسیدگی و زنگ‌زدگی در مدت زمان اقامت وجود دارد، که از نظر بهداشتی نا مطلوب است.
- کانکس‌ها در پارتیشن بندی محدودیت دارند، لذا در خانواده‌های پر جمعیت از نظر تفکیک جنسیتی مناسب نیست.
- زندگی در کانکس هیچگاه نمی‌تواند احساس زندگی در یک خانه را فراهم کند.

#### مزایا:

- امکان استفاده از وسایل تهویه، گرمایشی و سرمایشی را دارد.
- امکان تامین امنیت و تفکیک به بخشهای مجزای داخلی (البته به طور محدود) را دارد.
- برای اسکان خانواده‌های کم جمعیت و افراد مجرد گزینه‌ی مناسبی است.

#### ج) خانه های پیش ساخته:

این سیستم‌ها به صورت فولادی، بتنی و چوبی موجود می‌باشند.

#### معایب:

- نیاز به نیروی کار ماهر دارند.
- زمان صرف شده برای احداث از روش‌های قبلی بیشتر است.
- ممکن است هزینه احداث آن‌ها نسبت به روش‌های دیگر بیشتر باشد.
- ممکن است مواد و تکنولوژی آن‌ها در کشور موجود نباشد و یا کمیاب باشد.

#### مزایا:

- سرعت نصب آن‌ها با توجه به کارایی آن‌ها مناسب است. (البته بدون احتساب زمان ساخت)
- معمولاً با دوام هستند و می‌توانند تا چند سال به راحتی جوابگوی اسکان با کیفیت باشند.
- تامین امنیت در آن‌ها به راحتی امکان پذیر است.
- مهندسی‌ساز هستند و طراحی آنها به گونه‌ای است که در مقابل خطرات بلایای ثانویه مقاوم هستند.
- در مقایسه با روش‌های مرسوم ساخت و ساز نیاز به زمان و هزینه‌ی کمتری برای احداث دارند.
- با توجه به مطالب بالا به نظر می‌رسد که استفاده از خانه‌های پیش ساخته گزینه‌ی مناسبی برای اسکان موقت باشد، همانطور که در کشورهای توسعه یافته معمولاً از این گزینه استفاده می‌کنند. خانه‌های پیش ساخته از مواد گوناگون مانند بتن، فلز و چوب و با سیستم‌های متفاوتی ساخته می‌شوند.
- سازه‌های فولادی LSF یکی از انواع خانه‌های پیش ساخته هستند که در ادامه به بررسی آن‌ها می‌پردازیم.



## ۶- سازه‌های LSF

سازه فولادی سبک که به اختصار به آن سازه LSF گفته می‌شود، یکی از سیستم‌های ساختمانی است که برای اجرای ساختمان‌های با طبقات محدود که معمولاً تا ۵ طبقه می‌باشد استفاده می‌شود و از سیستم‌های مورد تایید مهندسان عمران در کشورهای توسعه‌یافته و مدرن می‌باشد. در این سازه‌ها از ورق‌های فولادی سردنورد شده برای تامین مقاومت و پایداری ساختمان، صفحات و تخته‌های گچی به عنوان پوشش درونی و قطعات دیواره خارجی به عنوان نما استفاده می‌شود. این سیستم توانایی ترکیب با سیستم‌های سازه‌ای دیگر را دارا می‌باشد. استفاده از این سیستم وزن سازه را تا پنجاه درصد نسبت به سیستم‌های رایج کاهش می‌دهد و این بزرگترین امتیاز در برابر زلزله می‌باشد.

این سیستم که شباهت زیادی به روش‌های ساخت ساختمان‌های چوبی دارد، بر اساس کاربرد اجزایی به نام وادار (Stud) و رانر (Track) شکل گرفته است. از ترکیب نیمرخ‌های فولادی گالوانیزه سردنورد شده، ساختار اصلی ساختمان برپا می‌شود. مقاطع مورد استفاده در این سیستم U, C و Z هستند، که معمولاً با اتصالات سرد؛ یعنی پیچ خودکار یا پرچ به یکدیگر متصل می‌شوند.

## ۷- بررسی تطابق ویژگی‌های اسکان موقت با سیستم LSF

در این قسمت ضمن بررسی پژوهش‌های علمی انجام شده بر روی این سازه‌ها به تطابق ویژگی‌های LSF با ویژگی‌های مسکن موقت می‌پردازیم.

### الف) سازه‌ای و فنی:

- با توجه خصوصیات سازه‌ای LSF می‌توان تطابق این خصوصیات را با ویژگی‌های مسکن موقت به شکل زیر بررسی نمود:
- سیستم LSF نسبت به سازه‌های متعارف سبک بوده و می‌تواند به صورت پیش‌ساخته تولید شود.
- در حال حاضر این تکنولوژی در کشور موجود بوده و پروژه‌های زیادی انجام گرفته است (شهر گلپهر در مشهد، بازسازی بم و ..)، البته در مواردی نیاز به وارد کردن ورق‌های LSF از سایر کشورها می‌باشد.
- فرهنگ استفاده از خانه‌های پیش ساخته در کشور در حال رونق گرفتن است و دید جامعه به این سازه‌ها بهتر شده است.
- طراحی و اجرای این سازه‌ها نیاز به نیروی متخصص دارد.
- ضوابط آیین نامه‌ای مناسب برای این سازه‌ها تدوین شده و در دسترس است. (آیین نامه AISI و همچنین در ایران هم نشریه ۶۱۲)
- قطعات این سازه‌ها به صورت جداگانه بوده و در محل با اتصال سرد متصل می‌شوند لذا حمل آن در تعداد انبوه و هزینه کم و انواع وسایل نقلیه امکان‌پذیر است.
- این سازه‌ها دارای سیستم باربر جانبی بادبندی و یا دیوار برشی هستند و می‌توانند در مقابل بلایای ثانویه، طوفان و شرایط برفی در هنگام اسکان موقت مقاومت نشان دهند. همچنین امکان استفاده از سقف‌های مختلف در آن‌ها وجود دارد.
- عملکرد آنها در برابر حریق نسبت به جادر بهتر بوده و می‌توان به راحتی از وسایل گرمایشی و یا اجاق گاز در آن‌ها استفاده کرد.

### پیشنهادهای سازه‌ای:

در سال‌های اخیر محققان توجه ویژه‌ای به این سازه‌ها داشته‌اند و تحقیقات فراوانی بر روی این سیستم انجام گرفته است. که از آن جمله می‌توان به حاتمی و همکاران [۸] اشاره کرد که به بررسی سیستم‌های مهاربندی تحت بارهای رفت و برپشتی پرداختند. راجرز<sup>۱۳</sup> و همکاران [۹] بر روی عملکرد غیر خطی سیستم‌های مهاربندی تحقیق کردند که نتایج آن در آیین نامه AISI-S213<sup>۱۴</sup> به ثبت رسیده است. رونق و مقیمی [۱۰] هم راهکارهایی برای بهبود عملکرد سیستم مهاربندی شده ارائه دادند، همچنین در تحقیقی دیگر رونق و مقیمی [۱۱] سیستم مهاربندی جدیدی را ارائه دادند که ضوابط شکلی‌پذیری در آیین نامه را ارضا می‌کرد. یو<sup>۱۵</sup> و همکاران [۱۲] عملکرد سیستم مهاربندی دیوار برشی با پوشش ورق‌های فلزی را بررسی



کردند. پن<sup>۱۶</sup> و همکاران [۱۳] بر روی عملکرد قاب‌های با دیوار برشی تحت بارهای رفت و برگشتی برشی با پوشش‌های گوناگون را تمرکز کردند. زینلیان [۱۴] نیز تحقیقاتی بر اساس ریسک‌های فنی و مدیریتی ساختمان در تمام طول عمر مفید آن انجام داد که در پایان نشان داد اجرای سازه‌های LSF به میزان قابل توجهی نسبت به روش‌های مرسوم قابل اعتمادتر است. در این قسمت با بهره‌گیری از نتایج این تحقیقات پیشنهاداتی را مطرح می‌کنیم.

در هنگام استفاده از سیستم مهاربندی پیشنهادات زیر ارائه می‌شود:

- نسبت ابعاد دهانه‌ی مهاربندی شده بیشتر از ۲ به ۱ نباشد. نسبت‌های کمتر از ۲ به ۱ توانایی بیشتری در مقابل تسلیم در ناحیه‌ی غیر خطی دارند [۹].

- سیستم‌های مهاربندی معمول عملکرد مناسبی در زلزله ندارند و موجب کماتش زودرس استاده‌ها می‌شوند و بهتر است که در چهار گوشه‌ی اتصالات مهاربند از صفحات فلزی (براکت) استفاده شود [۱۰].

- استفاده از دهانه‌های دو طرف بادبندی شده تاثیر زیادی در افزایش مقاومت ندارد و هزینه‌ها را افزایش می‌دهد [۱۰].

- استفاده از مهاربند‌های سوراخدار مناسب باعث کاهش احتمال پارگی محل پارگی اتصال تسمه به قاب می‌شود [۱۱].

- محل قرار گیری سوراخ‌ها اگر در داخل قاب باشد عملکرد بهتری نسبت به زمانی دارد که سوراخ‌ها در وجه خارجی تراک‌ها قرار می‌گیرند [۱۱].

در هنگام استفاده از سیستم دیوار برشی:

- در سیستم دیوار برشی استفاده از پوشش‌های دو طرفه افزایش مقاومت و افزایش جذب انرژی را دو برابر حالت یک طرف پوشش می‌کند [۱۲].

- پوشش سازه‌ی OSB نسبت به پوشش‌های سلیکاتی و تخته‌های گچی عملکرد بهتری دارد [۱۳].

#### (ب) معماری:

ویژگی ظاهری یا معماری اسکان موقت بسیار حائز اهمیت است، چرا که بخش زیادی از انتظارات ما از یک مسکن موقت به معماری آن باز می‌گردد. در اینجا به تطابق خصوصیات LSF با این ویژگی‌ها پرداخته شده است.

- این سیستم با اتخاذ تدابیری قابلیت برچیده شدن دارد و می‌تواند مالکیت زمین ایجاد نکند.

- تمام تسهیلات منازل متعارف از قبیل نصب درب و پنجره در مکان‌های مختلف و به تعداد دلخواه را دارد، همچنین امکان تهویه مناسب را فراهم می‌آورد.

- با استفاده از پارتیشن‌های داخلی، تنوع طراحی معماری متناسب با تعداد و جنسیت افراد خانواده را به سهولت امکان پذیر می‌کند

#### پیشنهادهای معماری:

از آنجا که پلان‌های معماری در عملکرد سازه در زلزله تاثیر گذار هستند تحقیقاتی در باره‌ی آن‌ها انجام گرفت از آن جمله تحقیقات ارن<sup>۱۷</sup> [۱۵] است. ارن با بررسی روش‌های مختلف ساخت این سازه‌ها و انواع مختلفی از پلان‌ها از نظر قیمت و انعطاف پذیری ۳۱ نوع پلان ۷۳ متر مربعی ارائه نمود که طرح بهینه‌ای داشتند. همچنین نحوه‌ی قرارگیری مناسب بازشوها را نیز با ارائه الگوهایی مورد بررسی قرار داد. با توجه به این تحقیقات و نیازهای اسکان موقت موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

- استفاده از طرح‌های ارائه شده توسط ارن با ابعاد دلخواه می‌تواند گزینه‌ی مناسبی در طراحی پلان‌های معماری این سازه‌ها باشد.

- بازشوها فاصله‌ی مناسبی از یکدیگر داشته باشند تا در هنگام زلزله موجب تمرکز تنش نشود. ارن الگوهایی برای نحوه‌ی چینش بازشوها ارائه داده است.

- باید به مسئله حفظ پوشیدگی در کنار استفاده از نور آفتاب در قرار دادن پنجره‌ها دقت شود.





### ج) اقتصادی:

ویژگی‌های اقتصادی بعد از خصوصیات سازه‌ای و فنی مهمترین عامل در رد یا قبول کردن یک سیستم سازه‌ای است. در این قسمت از تحقیق به تطابق ویژگی‌های اقتصادی LSF با نیازهای یک سیستم مناسب جهت اسکان موقت پرداخته شده است.

- اجزا این سازه‌ها قابلیت بازیافت و یا حتی استفاده مجدد (البته با تدابیر خاص) در مکان‌های دیگر را دارند.
- مدولار بودن این سیستم باعث کاهش چشمگیر در هزینه‌ها می‌شود.
- این سیستم آسیبی به محیط زیست محل نمی‌زند چون هم قابل برچیده شدن است و هم قابل بازیافت. و کمترین میزان پسماند در ساخت را دارد.
- در صورت تخریب بخشی از قطعات، این قطعات به راحتی قابل جایگزینی هستند و نیازی به ترمیم کل سازه نیست.
- حمل و نقل این سازه‌ها نسبت به سایر سیستم‌ها نیاز به ماشین آلات سنگین کمتری دارد.
- ساخت این سازه‌ها به صورت خشک انجام می‌گیرد، لذا در مناطق زلزله زده که معمولاً با مشکل آب رو به رو هستند گزینه‌ای مناسب هستند.
- تامین قطعات انبوه و با کیفیت ممکن است در داخل کشور امکان پذیر نباشد.
- تامین نیروی ماهر برای ساخت این سازه‌ها هزینه بر است.

### پیشنهادهای اقتصادی:

محققان در کشورهای مختلف مطالعاتی بر روی جنبه اقتصادی این سازه‌ها انجام دادند. اولیویرا<sup>۱۸</sup> و همکاران [۱۶] مقایسه‌ای بین انواع سازه‌ها از نظر اقتصادی و محیط زیست انجام دادند و اظهار کردند که LSF نسبت به سازه‌های مرسوم و ICF کمترین نیاز به ماشین آلات سنگین، زمان کمتر و اثرات مخرب زیست محیطی کمتری دارد. برنارد<sup>۱۸</sup> [۱۷] نیز بیان کرد که LSF دست کم ۳۰ درصد در کاهش وزن ساختمان و تا ۵۰ درصد در کاهش زمان ساخت تاثیر دارد. در ایران نیز بمانیان [۱۸] مقایسه‌ای بین سیستم LSF و ICF در شرایط بحران بعد از زلزله انجام داد و این دو سیستم را از جهات گوناگون مانند سرعت ساخت، مصالح مصرفی، شرایط نگهداری و ... مقایسه کرد و در نهایت برتری LSF نسبت به ICF را نشان دادند. مهدوی نژاد و همکاران [۱۹] تحقیقاتی بر روی هزینه تمام شده این سازه‌ها در مقایسه با سیستم‌های متعارف انجام دادند که ۱۱٪ کاهش در هزینه‌ها را نشان داد.

با توجه به این تحقیقات می‌توان پیشنهادات اقتصادی را به این صورت بیان کرد:

- یکی از راه‌های استفاده مجدد از این سازه‌ها، طراحی آن‌ها به صورت بلوکی می‌باشد که از کنار هم قرار دادن چند بلوک بتوان واحدهای جدیدی تولید کرد.
- فراگیر کردن آموزش ساخت و نصب قطعات LSF منجر به کاهش هزینه‌ها می‌گردد.
- همیشه استفاده از LSF راه حل اقتصادی نیست و مکان وقوع زلزله و مسافت حمل مواد در این بحث اهمیت زیادی دارد، لذا بهتر است قبل از تصمیم گیری مطالعات اولیه به طور کامل انجام گیرد.
- حمایت از بومی سازی این تکنولوژی و قطعات مصرفی آن موجب کاهش هزینه واردات و بالا رفتن کیفیت می‌گردد.
- تهیه دستورالعمل اجرایی سرهم کردن این قطعات به گونه‌ای که بتوان سریعاً کارگرها و نیروهای محلی را با این سیستم آشنا نموده و از مشارکت آن‌ها بهره جست، حائز اهمیت است.
- استفاده از روش Panelized Systems (ساخت به صورت پنل و حمل به محل مورد نظر و نصب در محل) که موجب کاهش تعداد کارگر در محل نصب می‌شود. همچنین سرعت ساخت بسیار بالایی را فراهم می‌کند. در این روش قطعات به راحتی قابل حمل خواهند بود [۱۵].
- در مواقعی که محل حادثه دیده از کارگاه‌های تامین مواد مسکن موقت فاصله دارند بهتر است از LSF استفاده گردد.





- ساختمان‌های مورد استفاده در اسکان موقت می‌توانند بعد از تخلیه، باز سازی و توسعه داده شوند و تبدیل به یک شهرک مسکونی در کنار شهر زلزله زده شوند، و مورد استفاده مجدد قرار گیرند.

#### (د) معیشتی:

پروژه اسفر [۴] اولین بار در سال ۱۹۹۸ حداقل استانداردهای معیشتی در مواقع بحران را زیر نظر سازمان جهانی صلیب سرخ ارائه داد که به بررسی تطابق LSF با این ویژگی‌ها می‌پردازیم.

- این سازه‌ها از نظر تامین امنیت جانی و مالی حادثه دیدگان هیچ تفاوتی با منازل متعارف ندارند و آرامش روانی و روحی افراد بازمانده را به خوبی تامین می‌کنند.

- نصب سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی، لوازم پخت و پز و سرویس‌های بهداشتی در آن به راحتی امکان پذیر است.

- پوشیده بودن این سازه‌ها و سیستم ساخت خشک، انتقال بیماری‌ها را به حداقل می‌رساند.

- امکان تامین فضای ۳/۵ متر مربعی و تفکیک جنسیتی اعضای خانواده را فراهم می‌کند.

- زندگی در این سازه‌ها می‌تواند احساس زندگی در خانه را برای بازماندگان داشته باشد، که موجب حفظ کرامت آن‌ها می‌گردد که بسیار به آن تاکید شده است.

#### پیشنهادهای معیشتی:

- قبل از اقدام به ساخت این واحدها باید به ویژگی خانواده‌ها از قبیل جنسیت افراد و تعداد آنها دقت ویژه داشت همه‌ی خانواده‌ها به یک نوع مسکن نیاز ندارند.

- ساختمان‌هایی همچون بیمارستان، مدرسه، ساختمان‌های انتظامی و ... که برای معیشت مردم ضروری هستند و در زلزله از بین رفته‌اند را می‌توان با این سازه‌ها به سرعت و با کیفیت بازسازی کرد.

#### (ه) تطابق با نیازهای ایرانی:

مهم ترین بحث در این زمینه رعایت مسائل فرهنگی ایرانی- اسلامی است، که شامل محفوظ بودن حریم زندگی، تامین پاکیزگی و پاکیزگی محل، تقیدات مذهبی، حفظ حریم خصوصی افراد و ... است. همچنین از آنجا که حفظ کرامت و منزلت آسیب دیدگان در اولویت می‌باشد، ایجاد محیطی که تداعی کننده مسکن اصلی آنها است بسیار کمک کننده می‌باشد. خوشبختانه این خصوصیات در این سیستم سازه‌ای به خوبی رعایت شده است و از این نظر از برخی روش‌های اسکان مانند چادر و کانکس بهتر است.

#### ۸- نتیجه گیری

در این تحقیق امکان استفاده از LSF در اسکان موقت بررسی شد. منظور ما از اسکان موقت با توجه به تجربیات زلزله- های گذشته زمانی در حدود ۵ سال است. بدیهی است در مدت زمان‌های کوتاه استفاده از این سازه‌ها به صرفه و منطقی نیست. با توجه به اینکه سیستم LSF تقریباً تمام شرایط یک سکونت‌گاه موقت را دارد و در شرایط انبوه سازی از نظر هزینه نیز از سیستم‌های متعارف (فولادی، بتنی، ICF و چوبی) ارزانتر است، ویژگی‌هایی همچون احداث خشک که آلودگی محیط را به حداقل می‌رساند و سبک و سریع ساخت بودن، این سیستم را گزینه‌ی مناسبی می‌کند. پس از آماده شدن مسکن‌های دائم و تخلیه‌ی مسکن‌های موقت می‌توان با توسعه آنها یک شهرک مسکونی جدید ایجاد کرد و هزینه‌ها را کاهش داد. اما در کنار این برتری‌ها بزرگترین معضل این سازه‌ها نیاز به نیروی متخصص برای طراحی صحیح و همچنین ناظر متخصص برای اطمینان از حسن اجرای این سازه‌ها است. به منظور تولید انبوه این سازه‌ها احتمالاً نیاز به وارد کردن ورق‌های تولید این قطعات می‌باشد، که این نیاز ممکن است حسن سریع الاحداث بودن این سیستم‌ها را زیر سوال ببرد، اگر چه با حمایت از تولید کنندگان این معضلات به راحتی قابل برطرف شدن است.



## ۹- پی نوشت

- |                      |                                       |                |
|----------------------|---------------------------------------|----------------|
| 1. Mileti            | 9. Emergency Sheltering               | 17. Eren o     |
| 2. Drabek            | 10. Temporary Sheltering              | 18. Oliveria F |
| 3. Hass              | 11. Temporary Housing                 |                |
| 4. Kates             | 12. Permanent Housing                 |                |
| 5. Bowden            | 13. Rogers C.A                        |                |
| 6. Quarantelli       | 14. American iron and Steel institute |                |
| 7. Sphere            | 15. Yu Ch                             |                |
| 8. Light Steel Frame | 16. Pan Ch                            |                |

## مراجع

- [۱] پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله. نسخه ی برخط موجود در <http://www.iiees.ac.ir>
- [۲] ساعدی خامنه، س، حسینی، ب. تحلیل و بررسی اولویت‌های زنان برای سکونت، در گونه‌های اسکان موقت، دو فصل‌نامه دانشگاه هنر، شماره پنجم، ۱۳۸۹.
- [3] Quarantelli E. General and Particular Observations on Sheltering and Housing in American Disasters. Disasters; 277-281, 1982.
- [4] Humanitarian charter and minimum standards in disaster response.(4th ed.).  
[ ] موسسه آکسفام. نسخه‌ی بر خط موجود در <https://www.oxfam.org>
- [ ] نیکروان مفرد، م. طراحی نمونه ای از مسکن موقت سریع الاحداث، نشریه مهندسی ساختمان و مسکن، شماره دهم، دوره پنجم، بهار و تابستان، صفحه ۷۳-۸۷، ۱۳۸۶.
- [ ] فلاحی، ع. معماری سکونتگاه‌های موقت پس از سوانح، انتشارات شهید بهشتی تهران، ۱۳۸۶.
- [8] Hatami S, Ronagh H.R, Ashari M. Behavior of thin-strap-braced cold-formed steel frames under cyclic loads. 5th International Conference on Thin-Walled Structures, Brisbane, Australia, 2008.
- [9] Velchev K, Comeau G, Balh N, Rogers C.A. Evaluation of the AISI S213 seismic design procedures through testing of strap braced cold-formed steel walls. Thin-Walled Structures, 48, 846-856, 2010.
- [10] Moghimi H, Ronagh H.R. Performance of light-gauge cold-formed steel strap-braced stud walls subjected to cyclic loading. Engineering Structures, 31, 69-83, 2009.
- [11] Moghimi H, Ronagh H.R. Better connection details for strap-braced CFS stud walls in seismic regions. Thin-Walled Structures, 47, 122-135, 2009.
- [12] Yu Ch, Chen Y. Detailing recommendations for 1.83 m wide cold-formed steel shear walls with steel sheathing. Journal of Constructional Steel Research, 67, 93-101, 2011.
- [13] Pan Ch, Shan M.Y. Monotonic shear tests of cold- formed steel wall frames with sheathing. Thin-Walled Structures, 49, 363-370, 2011.
- [۱۴] زینلیان، م. مقایسه فنی اقتصادی سازه‌های LSF با سایر ساختمان‌های موجود در مناطق زلزله‌خیز ایران، نشریه ساختمان و تجهیزات مرداد ۹۳، صفحه ۴۶-۵۷، ۱۳۹۳.
- [15] Eren o. A Comparison with Light Steel Frame Constructional Building Systems for Housing. World Applied Sciences Journal, 25 (3): 354-368, 2013.
- [16] Oliveria F, Mendonca P, Couto J, Camoes A. Environmental impact and comparative economic analysis among different building constructive systems used in Portugal. Recent Advances in Environmental Science and Biomedicine, 2005.
- [17] Dewald B. Light steel construction and modular homes as alternative building methods in South Africa. University of Pretoria, 2010.
- [۱۸] بمانیان، م، بختیاریان، ن. مقایسه‌ی ظرفیت‌های نظام با LSF ICF ساختمانی برای ایجاد اسکان موقت در شرایط بحران پس از زلزله، دو فصل‌نامه مدیریت بحران، شماره چهارم، صفحه ۴۳-۵۰، ۱۳۹۲.
- [19] Mahdavinejada M, Hajiana M, Doroodgar A. Role of LSF technology in economic housing for urban sustainability, case of Iran. International Conference on Green Buildings and Sustainable Cities, 2011.