

استفاده از مصالح سبک پیش ساخته LSF برای ساخت سریع مدارس پس از سوانح طبیعی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۱۱

کد مقاله: ۱۷۲۵۱

لیلی صالحی فر^۱، وجیهه ملائی شمس^{۲*}

چکیده

حوزه آموزش و یادگیری دانش آموزان همیشه موردتوجه بوده و تلاش زیادی برای فراهم کردن بهترین شرایط و محیط برای دانش آموزان شده است. از مهم ترین عوامل موثر در بحث آموزش، مدارس و محیط یادگیری میباشد. از آنجایی که مدرسه سهم زیادی در روند آموزش و یادگیری دانش آموزان دارد و با توجه به شرایط کشور ما و امکان وقوع سوانح طبیعی و از بین رفتن مدارس، در این پژوهش به بررسی مشکلاتی که پس از تخریب مدارس پیش می آید و انتخاب بهترین راه حل برای ساخت سریع مدارس میپردازیم. توجه به مصالح سبک پیش ساخته LSF (Light Steel Frame) باتوجه به مقرون به صرفه بودن و اجرای سریع برای ساخت سریع مدارس قابل بررسی است. این پژوهش برآن است تا با رویکرد کیفی و روش توصیفی تحلیلی و بر پایه مطالعات کتابخانه ای به آشنایی به مصالح Lsf و چگونگی استفاده از آن برای رسیدن به هدف پژوهش و حل مسئله پاسخ دهد. نتایج بدست آمده نشان دهنده این است که مصالح قاب فولادی سبک نورد سرد ویژگی های منحصر به فردی دارد مانند مقرون به صرفه بودن و سرعت اجرای بالا که میتواند این مصالح را به بهترین گزینه برای ساخت مدارس مطلوب پس از زلزله، سیل و سوانح طبیعی تبدیل کند.

واژگان کلیدی: قاب فولادی سبک (LSF)، بازسازی سریع، مقاومت در برابر زلزله، سازگاری با محیط زیست

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد معماری داخلی موسسه آموزش عالی خاوران، مشهد، ایران leylisalehifar@gmail.com

۲- عضو هیات علمی و استادیار معماری، گروه معماری، موسسه آموزشی عالی اسرار، مشهد، ایران (نویسنده مسئول)
vmshams94@gmail.com

۱- مقدمه

از بین رفتن مدارس بعد از وقوع حوادث طبیعی مانند زلزله، سیل مشکلات زیادی را برای جامعه و دانش‌آموزان ایجاد می‌کند. در این پژوهش به بررسی مشکلات به وجود آمده پرداخته و سعی در انتخاب بهترین راه حل داشته ایم. این مشکلات در حوزه های مختلف اجتماعی، آموزشی، روانشناختی و اقتصادی قابل بررسی هستند. در ادامه به توضیح مختصر این مشکلات پرداخته خواهد شد.

جدول ۱- مشکلات در حوزه های مختلف اجتماعی، آموزشی، روانشناختی و اقتصادی بعد از وقوع حوادث (نگارندگان: ۱۴۰۳ به اقتباس از کتاب گلابچی و مظاهریان، ۱۳۸۸).

مشکلات			راه حل ها
آموزشی	اجتماعی و روانشناختی	اقتصادی	استفاده از فناوری
عدم دسترسی به آموزش	افزایش استرس و اضطراب	هزینه های بازسازی	حمایت روانشناختی
کاهش کیفیت آموزش	احساس ناامنی	اختلال در اقتصاد خانواده ها	آمادگی و پیشگیری
وقفه در تحصیل	مشکلات اجتماعی		برنامه های آموزشی موقت
			ساخت سریع مدارس جدید با مصالح پیش ساخته Isf
			تامین مالی و کمک های بین المللی

۲- مبانی نظری

در حوزه آموزشی مشکلاتی همچون عدم دسترسی به آموزش، کاهش کیفیت آموزش و وقفه در تحصیل به وجود می‌آید. در بخش اجتماعی و روانشناختی آسیب هایی چون افزایش استرس و اضطراب، احساس ناامنی و مشکلات اجتماعی ایجاد می‌گردد. مسائل اقتصادی شامل هزینه های بازسازی و اختلال در اقتصاد خانواده ها خواهد شد.

۲-۱- حوزه آموزشی

-عدم دسترسی به آموزش: از بین رفتن مدارس دسترسی دانش‌آموزان به آموزش را مختل می‌کند و آنها را از فرصت های یادگیری محروم می‌سازد.
-کاهش کیفیت آموزش: حتی اگر آموزش به صورت موقت در مکان های جایگزین یا به صورت آنلاین ادامه یابد، ممکن است کیفیت آموزش کاهش یابد.
-وقفه در تحصیل: وقفه در تحصیل می‌تواند پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان را به تاخیر اندازد و بر نتایج آموزشی آنها تاثیر منفی بگذارد (عباسی، ۱۴۰۰).

۲-۲- اجتماعی و روانشناختی

-افزایش استرس و اضطراب: از دست دادن مدرسه به عنوان یک محیط امن و آشنا می‌تواند سطوح استرس و اضطراب در بین دانش‌آموزان را افزایش دهد.
-احساس ناامنی: مدرسه بخش مهمی از روتین روزمره دانش‌آموزان است و از بین رفتن آن می‌تواند احساس ناامنی و بی ثباتی ایجاد کند.
-مشکلات اجتماعی: مدارس مکان هایی برای تعامل اجتماعی هستند و از بین رفتن آنها می‌تواند بر روابط دانش‌آموزان با همکلاسی ها و معلمان تاثیر منفی بگذارد (عباسی، ۱۴۰۰).

۲-۳- اقتصادی

-هزینه های بازسازی: بازسازی و یا ساخت مجدد مدارس می‌تواند هزینه های قابل توجهی بر جامعه تحمیل کند.
-اختلال در اقتصاد خانواده ها: دانش‌آموزانی که از آموزش محروم می‌شوند، ممکن است به کار واداشته شوند، که این امر بر اقتصاد خانواده ها و جامعه تاثیر منفی دارد (Tian, Wang, 2019).

۳- راه حل ها

برای مقابله با این مشکلات، می‌توان به اقدامات زیر اشاره کرد و برای حل مساله بهترین راه حل را انتخاب کرد.
-استفاده از فناوری: به کارگیری آموزش آنلاین و فناوری های نوین برای ادامه دادن آموزش.
-حمایت روانشناختی: ارائه خدمات حمایت روانشناختی به دانش‌آموزان و خانواده ها برای کاهش اثرات منفی حوادث.
-برنامه های آموزشی موقت: ایجاد مدارس موقت و فضاهای آموزشی برای ادامه دادن تحصیل.

-تامین مالی و کمک‌های بین‌المللی: جذب کمک‌های داخلی و بین‌المللی برای بازسازی و تجهیز مدارس.
-آمادگی و پیشگیری: تقویت سازه‌های مدارس برای مقاومت در برابر زلزله و ایجاد برنامه‌های آموزشی برای مقابله با حوادث طبیعی (عباسی، ۱۴۰۰).

-ساخت سریع مدارس جدید با مصالح پیش ساخته Isf : استفاده از مصالح Isf مزایا و ویژگی هایی دارد که میتواند بهترین انتخاب برای ساخت مدارس باشد که در ادامه به بررسی و آشنایی با این مصالح خواهیم پرداخت.

۴- معرفی سیستم قاب های فولادی Isf

قاب های فولادی سبک نورد سرد یکی از انواع سیستم های ساختمانی است که برای اجرای ساختمان هایی با طبقات محدود معمولاً ۵ تا ۵ طبقه استفاده می شود. این سیستم از ورق های فولادی سرد نورد شده به صورت مقاطع سازه ای برای تامین پایداری ساختمان، صفحات و تخته های گچی به عنوان پوشش درونی لایه های عایق حرارتی و صوتی، قطعات دیواره خارجی به عنوان نما و عناصر تکمیل کننده ساختمان تشکیل می شود. این سیستم، به صورت اجرای خشک و اغلب با استفاده از اتصالات پیچ و به روش تولید صنعتی به کار گرفته می شود. این سیستم سازه ای توانایی ترکیب شدن با اجزای سیستم های سازه ای دیگر مانند دیوارهای سازه ای بتن آرمه را نیز داراست و می تواند در اجرای ساختمان های گوناگون به صورت سیستم سازه ای مختلط به طبقات بیشتر استفاده شود.

برای ساخت مقاطع فولادی سرد نورد شده مطابق آیین نامه های مربوط به این سازه ها، استفاده اشکال مختلف مجاز است. این مقاطع به طور معمول دارای ابعاد متنوع بوده و محدوده تغییرات ضخامت آنها بین ۰٫۶ الی ۲٫۵ میلی متر است. اجرای سیستم قاب فولادی سبک از نظر مراحل اجرا تفاوت چندانی با اجرای ساختمان های چوبی ندارد. در این سیستم دیوارها و سقف ها با تکرار قطعات سبک ساخته می شوند. سیستم سازه ای ساختمان های قاب فولادی سبک از ورق های فولادی گالوانیزه نازک ساخته می شود، دیوارهای داخلی آن از گچ برگ ها و عایق های معدنی تشکیل می شود و دیوارهای خارجی آن با انواع روش ها ساخته میشود. عناصر فولادی در این سیستم هم به عنوان عناصر باربر و هم به عنوان اجزای غیرباربر استفاده می شوند. گچ برگ ها به عنوان عایق حرارتی و صوتی نیز عمل میکنند(عباسی، ۱۴۰۰).

با اجرای صحیح و استفاده درست از این سیستم میتوان به اهدافی مانند کاهش زمان ساخت، کاهش وزن ساختمان، کاهش حجم عملیات پی سازی، افزایش سطح مفید بناء، کاهش هزینه حمل و نقل، انعطاف پذیری فضاها، سهولت اجراء، عدم نیاز به جرقه‌زنی ها و ماشین آلات سنگین متعدد، کاهش فعالیت های اجرایی ساختمان و دست یافت. در سازه های فولادی سبک نورد سرد و نیز در روند اجرای اسکلت ساختمان با این روش عملیات جوشکاری حذف میشود و علاوه بر جلوگیری از بروز مشکلات احتمالی ناشی از نواقص جوشکاری، کیفیت ساخت، سرعت و دقت نصب بسیار بالا می رود.

تیرها و تیرچه ها اغلب دارای مقطعی با اشکال C یا Z هستند. پوشش سقف با دال بتن مسلح در صورت تأمین یکپارچگی لازم بین بتن و پروفیل فولادی تیرچه میتواند به عنوان یک سقف مرکب بتنی فلزی استفاده شود. در این روش قطعات سازه ای و غیر سازه ای میتوانند در کارخانه و با دقت سرعت و کیفیت بالا تولید و پس از آماده شدن و کنترل کیفیت کلیه قطعات پیش ساخته بر اساس اصول استاندارد بسته بندی و به محل نصب ارسال می شوند. اجرای سیستم قاب فولادی سبک از نظر مراحل اجرا تفاوت چندانی با اجرای ساختمان های چوبی ندارد.

اعضای سازه ای سیستم قاب فولادی سبک نورد سرد از پروفیل های فولادی گالوانیزه ای تشکیل شده اند که به وسیله پرس کردن ورقهای بریده شده و یا نورد این ورقها توسط مجموعه ای از غلتکها ساخته می شوند. اتصال سازه قاب فولادی سبک نورد سرد به شالوده به وسیله اتصال مستقیم عناصر عمودی به شالوده یا به کمک یک کلاف افقی شکل میگيرد. اجزای قائم این سیستم به عنوان عضو باربر ستونی در بارهای ثقلی عمل میکند. برخی از این اعضا که در اطراف مهاربندی سازه برای مقاومت در برابر نیروهای جانبی قرار میگیرند علاوه بر بار ثقلی متحمل نیروهای ناشی از بارهای جانبی نیز میشوند. اعضای عمودی در این سیستم با نام های وادار و ستونک شناخته میشوند(چگنی آشتیانی، ۱۳۹۹).

در این سیستم تمام اتصالات از نوع پیچ و مهره میباشد. سوراخ های مربوط به اتصالات، همزمان با تولید مقاطع فولادی و با دقت بسیار زیاد به وسیله دستگاه های مخصوص، بر روی بال و یا جان مقاطع، در مختصاتی که طراح تعیین کرده است. در کارخانه اجرا می شوند. از دیگر ویژگی های سازه های فولادی سبک نورد سرد امکان ساخت مقاطع با هر اندازه ای بر اساس نیازهای طرح است. در حالی که در مقاطع فولاد گرم نورد شده طراح باید از مشخصات مقاطع ساخته شده موجود تبعیت کند. به طور کلی استفاده از سیستم قاب فولادی سبک نورد سرد وزن سازه را تا ۵۰٪ کاهش می دهد. از آنجا که نیروی زلزله نسبت مستقیم با جرم سازه دارد، این امر به کاهش نیروی زلزله در ساختمان منجر خواهد شد. کم شدن بار ساختمان علاوه بر مزایای بسیار، به صورت محسوس باعث کاهش ابعاد شالوده ساختمان نیز خواهد شد.

۴-۱- تاریخچه

با اینکه تصور میشود سیستم قاب فولادی سبک نورد سرد روش نوین و طریقه جدیدی برای ساختمان سازی است اما قدمت آن بیش از ۱۰۰ سال میباشد. استفاده از سازه فولادی سرد نورد شده در کشور انگلستان و ایالات متحده آمریکا به سال ۱۸۵۰ باز می گردد. قطعات جدار نازک فلزی که در اوایل قرن نوزدهم در پل ها استفاده میشد. از اوایل قرن بیستم در صنعت هواپیماسازی به نحو گستردهای مورد استفاده قرار گرفت در جریان جنگ جهانی اول، تکنیک ساخت بدنه اتومبیل با خم کردن و شکل دادن ورقه های نازک به صورت سرد ابداع شد. تا سال ۱۹۲۰ پذیرفته شدن این سیستم به عنوان یک سیستم سازه ای هنوز درهاله ای از ابهام بود و مطالعه یا تحقیق گسترده ای بر روی آن انجام نشده بود.

در سال ۱۹۳۳ در نمایشگاه بین المللی عصر پیشرفت در شیکاگو طرحی با نام "خانه ای برای آینده معرفی شد که تمامی اجزای سازه های آن از فولاد نورد سرد بود. "هوارد فیشر معمار ساختمان و مجری طرح ساخت این خانه ها بود فیشر این نوع جدید خانه سازی را در پی تحقیقاتی که درباره اتومبیل ها و واگن های راه آهن انجام داده بود، ابداع کرد. وی در اواسط سال 1932 شرکت جنرال هاوس را تاسیس کرد در طول جنگ جهانی دوم صنعت اجرای ساختمان های فولادی سبک پیشرفت محسوسی کرد. در سال ۱۹۴۰ شرکت لوسترون هومز بیش از ۲۵۰۰ خانه با قاب فولادی سبک ساخت و به فروش رساند در سال ۱۹۴۵ دولت آمریکا بسیار مایل بود که خانه هایی ارزان و مناسب برای سربازهایی که از جنگ باز می گردند بسازد به همین دلیل این شرکت توانست بیش از ۳۳ میلیون دلار از دولت وام بگیرد و سفارش ۲۰ هزار خانه را دریافت کند هرچند موفق به ساخت بیشتر از ۲۵۰۰ خانه نگردید و ورشکست شد. با اینکه از سال ۱۹۳۰ آیین نامه هایی برای طراحی و ساخت سازه های فولادی نورد گرم تدوین و منتشر شد اما به دلیل تفاوت های بنیادی بین سازه فولادی نبرد گرم و قاب های فولادی نبرد سرد امکان استفاده از این آیین نامه ها برای قاب های فولادی نبرد سرد وجود نداشت (عدالتی و همکاران، ۱۳۹۳).

در سال ۱۸۵۵ انجمن آهن و فولاد آمریکا تاسیس شد در فوریه ۱۹۳۹ کمیته ای از انجمن آهن و فولاد آمریکا مسئول تدوین آیین نامه برای سازه های فولادی نبرد سرد شد. نورد سرد در سال ۱۹۴۶ با عنوان مشخصات فنی برای طراحی اعضای سازه فولادی چاپ شد. این آیین نامه به ورق های فولادی با ضخامت کمتر از ۳۶ اینچ محدود می شد. برای پوشش دیوارها در سازه های اجرا شده با قاب فولادی نبرد سرد از گچ برگ استفاده می شد گچ برگ ها در آن زمان شکننده قابل احتراق و ناهموار بودند اما در سال های بعد این مشکلات کاهش یافت و در سال ۱۹۵۵ نیمی از خانه ها با استفاده از گچ برگ ها و نیمی دیگر با توفال های گچی ساخته می شدند. به مرور زمان به دلیل پیدایش نام های تجاری جدید در صنعت فولاد نبرد سرد برای مهندسان و معماران یافتن و تصمیم گیری در مورد یک محصول مشخص و استاندارد مشکل تر می شد این نام های تجاری گوناگون هر یک برای خود دارای جدول بارگذاری متفاوتی بودند. در سال ۱۹۹۰ موسسه هایی برای پایان دادن به این سردرگمی تاسیس شدند. در ساحل شرقی ایالات متحده آمریکا انجمن ملی سازندگان فولاد با رویکرد معماری شکل گرفت در ساحل غربی انجمن سازندگان سازه های فلزی سبک تشکیل شد سعی این شرکت ها یکپارچه سازی محصولات شرکت های مختلف بود در سال ۲۰۰۰ این دو موسسه اقدام شدند و انجمن سازندگان سازه های فولادی سبک را تشکیل دادند. موسسه دیگری که برای کمک به مهندسان و ارائه ایده های جدید تشکیل شد انجمن مهندسان سازه های فولاد سبک بود که در سال ۱۹۹۴ در سانفرانسیسکو تاسیس شد این موسسه در ابتدا تنها ۱۴ عضو داشت ولی طی ۱۰ سال اعضای آن به ۸۰۰ نفر رسید (چگنی آشتیانی، ۱۳۹۹).

۵- مزایای معماری

به طور کلی برای استفاده از این سیستم در عملکردهای گوناگون معماری محدودیتی وجود ندارد و این روش پاسخگوی نیازهای طراحی و معماری انواع مختلف ساختمان ها میباشد. اما باید به این نکته دقت کرد که با توجه به قرار گرفتن اعضا در فواصل معین و مشخص از یکدیگر، در صورتی که طراحی با در نظر گرفتن این ویژگی انجام گیرد، زمان و هزینه ساخت به طور قابل توجهی کاهش پیدا می کند. این سیستم امکان ایجاد دهانه های دلخواه تعویض و جابه جایی قطعات و ایجاد تغییرات پس از ساخت را فراهم می کنند. بیشترین مورد استفاده این سیستم در ساختمان های کم ارتفاع است. هدف از ساخت سازه ها Isf رسیدن به چهار هدف اصلی سرعت در اجرا و بهره وری، افزایش مقاومت و پایداری بالا، افزایش بازیافت مصالح و حفظ محیط زیست، سبک تر کردن و کاهش جرم ساختمان میباشد. (سهرابی، امیدی نسب، ۱۳۹۲).

۵-۱- مزایای فرم های Isf

-فراوانی محصولات فولادهای سرد که به راحتی می توان آن را از تولید کنندگان داخلی تهیه و به آسانی در دسترس می باشد
ورق های فولادی سردنورد شده به صورت مقاطع سازه ای برای تامین پایداری ساختمان صفحات و تخته های گچی به عنوان پوشش درونی لایه های عایق حرارتی و صوتی قطعات دیواره خارجی به عنوان نما و عناصر تکمیل کننده ساختمان تشکیل می شود

-ثبات قیمت فولاد در بازار و نوسانات کم آن در دو دهه اخیر از مزایای دیگر آن است.

-کیفیت محصولات Isf و یکپارچگی محصولات که این نوع محصولات دارای گره پیچش و یا معایب دیگر نمی‌باشد و از نظر ابعادی دقیق و تحت تلورانس‌های تعیین شده تولید می‌باشد این مقاطع به طور معمول دارای ابعاد متنوع بوده است.

-انعطاف پذیری در طراحی فریم‌های خانواده ال اس اف در اندازه‌ها و ابعاد مختلف موجود بوده و طراح می‌تواند به راحتی با برآورد ملزومات مورد نیاز خود برای بارها تحت شرایط اقتصادی و دستیابی به طول تیرهای بلند نماید.

-وزن سبک لبستوفر وزن فلز مصرفی در قاب فولادی سبک نبرد سرد تا حد ۴۰ درصد نسبت به وزن آهن آلات مرسوم در نبرد گرم از مصرف کمتری برخوردار بوده که این امر می‌تواند به کاهش وزن سازه بینجامد اتصال سازه قاب فولادی سبک نبرد سرد به شالوده به وسیله اتصال مستقیم عناصر عمودی به شالوده یا به کمک یک کلاف افقی شکل می‌گیرد اجزای قائم این سیستم به عنوان عضو باربر ستونی در بارهای ثقلی عمل می‌کند. برخی از این اعضا که در اطراف مهاربندی سازه برای مقاومت در برابر نیروهای جانبی قرار می‌گیرند علاوه بر بار ثقلین متحمل نیروهای ناشی از بارهای جانبی نیز می‌شوند (چگنی آشتیانی، ۱۳۹۹).

-مونتاز و نصب آسان سوراخکاری بر روی این سازه‌ها و اتصال آسان در نصب سازه و مونتاز خطوط الکتریکی مکانیکی و لوله کشی در هنگام نصب باعث سرعت عمل و پیشرفت در ساخت سازه گردیده است.

-ارتجاع کمتر به علت استفاده از پیچ و مهره و اتصال آسان فریم‌های ال اس اف باعث شده تا کمترین ارتجاع را در امر مونتاز و نصب نماید در صورتی که ساختمان‌های چوبی پس زدگی میخ‌ها را در روش ساخت منازل چوبی حذف می‌کند.

-ظاهر مشابه پس از نصب سطوح نهایی نما و داخلی و خارجی ساختمان‌های ال اس اف و فولادی از هم قابل تشخیص نمی‌باشند.

-عدم اشتعال به دلیل قابل اشتعال نبودن فولاد از انتشار آتش سوزی جلوگیری نموده و به راحتی با مقررات اشتعال پذیری تطابق می‌نماید (قاسم زاده، ۱۳۹۴).

از مزایای فنی فرم‌های Isf میتوان به راحتی بسیار در عبور و نصب تاسیسات الکتریکی و مکانیکی، افزایش عمر مفید ساختمان، قابلیت ساخت درجا در محل پروژه، استفاده از قالب‌های پیش ساخته و اتاق پیش ساخته، سرعت اجرایی بالا به دلیل پیش ساخته با مدولار بودن و بهره‌برداری سریع اشاره کرد (کلانتری، ۱۳۹۰).

۵-۲- مزایای Isf در مسیر توسعه پایدار

از جمله مزایای مزایای Isf در مسیر توسعه پایدار میتوان به فقدان نخاله‌های ساختمانی آوار پس از تخریب و عدم آلودگی زیست محیطی، ایجاد سیکل مصرفی و دوره‌ای حیات مجدد، کاهش مصرف انرژی و گردش اقتصادی در تولید مصالح نو و کاهش هزینه‌های تولید و مصرف و کاهش آلاینده‌های جوی و زیست محیطی ناشی از تولید مصالح ساختمانی آلاینده نظیر سیمان و فولاد اشاره کرد (قاسم زاده، ۱۳۹۴).

۵-۳- مزایای سیستم قاب فولادی سبک

-وجود آیین نامه‌های متعدد آیین نامه‌های متعددی برای طراحی و اجرای این سیستم سازه تهیه شده است که موجب سهولت و دقت در طراحی ساخت نصب اجرا کنترل کیفیت و نگهداری این سیستم سازه‌ای می‌شود.

-کاهش وزن سازه میزان وزن فولاد مصرفی در سیستم سازه‌ای قاب فولادی سبک نبرد سرد حدود ۵۰ درصد وزن فولاد مصرفی در سازه‌های فولادی معمولی است.

-سهولت حمل و نقل اجزای فولادی

-به صورت دسته یا پالت در آمده و با یک جرثقیل می‌توان تخلیه آنها را در محل اجرای طرح به راحتی انجام داد.

-کیفیت مناسب از آنجا که فولاد دارای گره پیچش و یا معایب موضعی نیست و تولید قطعات همواره از نظر ابعادی به صورت دقیق بوده و تحت اندازه‌های از پیش تعیین شده صورت می‌گیرد کیفیت مناسب و مطلوب قابل دستیابی است.

-انعطاف پذیری در طراحی اعضای سیستم قاب فولادی سبک نبرد سرد در اندازه‌های مختلف موجود و در صورت لزوم قابل تولید بوده و طراح از آزادی عمل زیادی برخوردار است.

-امکان عبور تاسیسات به دلیل امکان ایجاد سوراخ و یا حفره‌های در اعضا تاسیسات به راحتی از داخل اعضا عبور می‌کنند.

-دوام بیشتر قاب فولادی سبک نبرد سرد نسبت به مصالح سنتی دارای دوام بیشتری است و در مقایسه با روش‌هایی مانند ساختمان‌های چوبی در برابر حشرات و جانوران موزی مقاوم است.

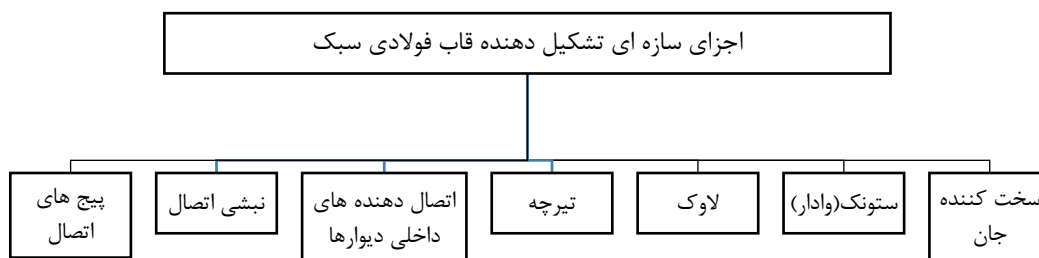
-حفظ محیط زیست اکثر مواد مورد استفاده در سیستم قاب فولادی سبک نبرد سرد قابل بازگشت به طبیعت است (گلابچی و مظاهریان، ۱۳۸۸).

۶- محدودیت‌های سیستم قاب فولادی سبک

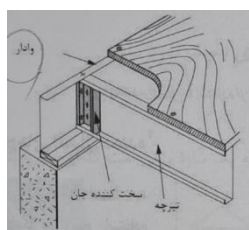
سیستم قاب فولادی سبک ساخته شده با قطعات سرد نورد شده برخلاف مزایای بسیار محدودیت‌هایی نیز دارد مانند: در مراحل طراحی باید از اندازه و چگونگی مدول‌ها تبعیت کرد. تعداد طبقات قابل ساخت با این سیستم محدود است. به نیروی کار متخصص و آموزش دیده نیاز دارد (کلانتری، ۱۳۹۰).

۷- اجزای سازه ای تشکیل دهنده قاب فولادی سبک

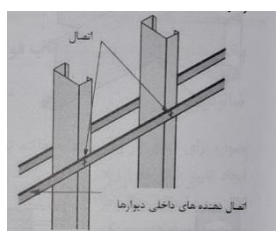
اعضای این سیستم به صورت مقاطع سرد نورد شده و در مواردی مقاطع ترکیب شده از چند عضو با اتصالات پیچی هستند (عدالتی و همکاران، ۱۳۹۳).



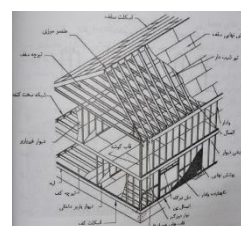
نمودار ۱- اجرای تشکیل دهنده قاب فولادی سبک (گلابچی، ۱۳۸۸)



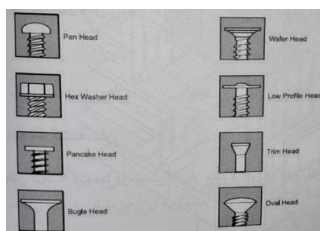
شکل ۳- جزئیات سازه سقف و سخت کننده جان (کلانتری، ۱۳۹۰).



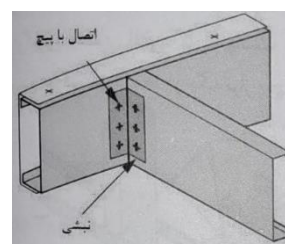
شکل ۲- اتصال دهنده های داخلی دیوارها (کلانتری، ۱۳۹۰).



شکل ۱- اجزای سیستم قاب فولادی سبک نورد سرد (کلانتری، ۱۳۹۰).



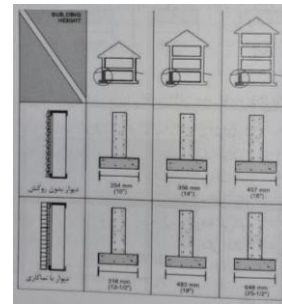
شکل ۵- اتصال با استفاده از نبشی (کلانتری، ۱۳۹۰).



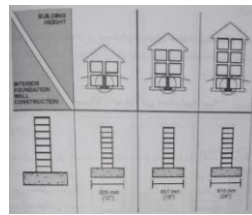
شکل ۴- اتصال با استفاده از نبشی (کلانتری، ۱۳۹۰).

۷-۱- بخش‌های مختلف سیستم قاب فولادی سبک نورد سرد

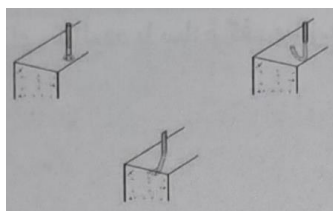
شالوده: همواره برای انتقال بار یک سازه به خاک نیاز به سازه میانی است که این بار را بدون ایجاد تغییر شکل‌های زیاد به زمین منتقل کند در سیستم قاب فولادی سبک به دلیل وزن کم سازه و دیوارها از شالوده‌های نواری و در صورت ضعیف بودن خاک از شالوده‌های گسترده استفاده می‌شود. تمام اجزای قاب فولادی سبک ستونک یا لاوک به شالوده از طریق میله‌های اتصال شالوده انجام می‌شود (چگنی آشتیانی، ۱۳۹۹).



شکل ۶- عرض شالوده نواری
کناری (قاسم زاده، ۱۳۹۴)



شکل ۷- عرض شالوده نواری
میانی (قاسم زاده، ۱۳۹۴)



شکل ۸- نحوه اتصال عناصر سازه به
شالوده بتنی (قاسم زاده، ۱۳۹۴)

-سیستم کف کاذب:

این سیستم برای بالاتر قرار گرفتن کف تمام شده ساختمان‌ها و ایجاد یک فضای خالی در زیر کف استفاده می‌شود. افزایش ارتفاع کف ساختمان‌ها و ایجاد یک فضای خالی در زیر آن علاوه بر ایجاد تهویه طبیعی در زیر ساختمان در مناطق مرطوب و یا سیلگیر از جمع شدن رطوبت و آب و صدمات ناشی از آن جلوگیری می‌کند. از دیگر مزایای این سیستم امکان اجرای ساده شبکه فاضلاب کاهش هزینه‌های ساخت پی و جلوگیری از ورود حشرات و حیوانات موذی می‌باشد (قاسم زاده، ۱۳۹۴).

-اجرای شالوده با سازه کف پیش ساخته:

برای اجرای شالوده سیستم قاب فولادی سبک نورد سرد با استفاده از یک سازه کف پیش ساخته ابتدا تسطیح و تراکم زمین صورت می‌گیرد سپس بتن مگر (بتن نظافت) ریخته می‌شود. ضخامت بتن مگر اغلب بین ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر است. پس از اجرای بتن مگر شبکه میلگرد شالوده بر روی آن اجرا می‌شود. سپس سازه کف بر روی شبکه میلگرد و در محل مخصوص خود قرار می‌گیرد. همزمان برشگیرهایی برای اتصال سازه کف به شالوده متصل می‌شود. این برشگیرها نقش میلگردهای انتظار را برای اتصال سازه کف به شالوده انجام می‌دهند. پس از انجام عملیات فوق بتن شالوده ریخته می‌شود و سازه کف برای نصب و اتصال اجزای قاب فولادی سبک نورد سرد با استفاده از اتصالات پیچی آماده می‌باشد (عدالتی و همکاران، ۱۳۹۳).



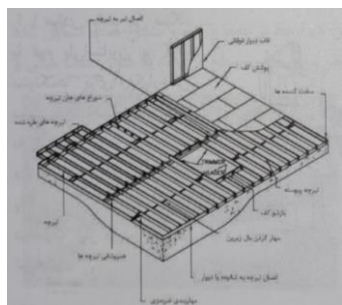
شکل ۹- سیستم کف کاذب (قاسم زاده، ۱۳۹۴)



شکل ۱۰- قراردادن سازه کف بر روی شبکه میلگرد
کف (قاسم زاده، ۱۳۹۴)

-سازه کف:

در سازه کف تیرچه‌هایی به تیرهای اصلی متصل می‌شوند و قاب کف را تشکیل می‌دهند. پوشش نهایی سازه کف می‌تواند از بتن یا روکش‌های دیگر استفاده شود. در صورت عدم استفاده از بتن برای حل مشکل ناشی از صدای ایجاد شده به دلیل راه رفتن روی کف باید از صداگیر استفاده شود (قاسم زاده، ۱۳۹۴).

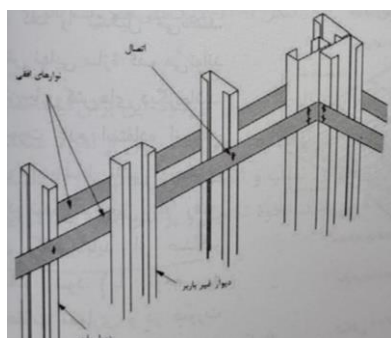


شکل ۱۱- لایه‌های افقی کف کاذب (قاسم زاده، ۱۳۹۴)

شکل ۱۲- شکل کلی سیستم کف (قاسم زاده، ۱۳۹۴)

-دیوارها

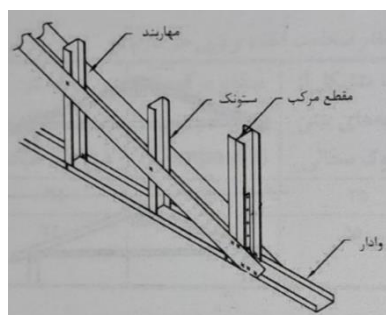
در سازه‌های فولادی سبک نورد سرد بار جانبی و بار ثقلی را دیوارها تحمل می‌کنند دیوارها از مجموعه‌ای از ستونک و اعضای مهاربندی تشکیل می‌شوند. ستونک‌ها بار ثقلی و اعضای مهاربندی را تحمل می‌کنند. به طور معمول فاصله ستونک‌ها از یکدیگر بین ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متر است دیوارها به صورت توخالی هستند. در صورت تمایل می‌توان این فاصله خالی را با موادی مانند بتن سبک یا فوم پلی استایرن پر کرد ستونک‌ها برای یکپارچگی بیشتر باید به صورت افقی نیز به یکدیگر متصل شوند. در دیوارهای باربر و غیر باربر که بالین روش ساخته می‌شوند. در صورت نیاز می‌توان باز شد تعبیه کرد(عدالتی و همکاران، ۱۳۹۳).



شکل ۱۳- اتصال دهنده های افقی موجود در دیوار(عدالتی و همکاران، ۱۳۹۳)

-مهاربندی:

برای مقاومت در برابر زلزله و سایر نیروهای جانبی از سیستم مهاربندی جانبی که از نوع k یا x است استفاده می‌شود. به دلیل کم بودن فاصله ستونک‌ها از یکدیگر طول مهاربندی‌ها کوتاه بوده و بازدهی سازه‌ای اعضای مهاربندی در این سیستم بسیار بالاست. در مواردی می‌توان به وسیله دستگاه‌های مخصوص در این اعضا کشش ایجاد کرد و سپس در محل مورد نظر پیچ نمود(فرزانی و همکاران، ۱۳۹۷).



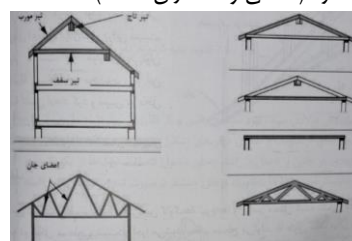
شکل ۱۴- اعضای مهاربندی(فرزانی و همکاران، ۱۳۹۷)

-سقف:

در این سیستم سقف از اتصال افقی بین لاک‌ها تیرچه‌ها و عناصر متصل کننده تشکیل شده و به دو شکل مسطح و شیبدار اجرا می‌شود سقف مسطح می‌تواند به عنوان سقف میانی یا سقف نهایی ساختمان باشد ولی سقف شیبدار تنها به عنوان سقف نهایی استفاده می‌شود. در این سیستم سازه‌ای سقف را می‌توان به یکی از روش‌های سقف قاب بندی شده یا سقف خرپایی اجرا کرد (عدالتی و همکاران، ۱۳۹۳)



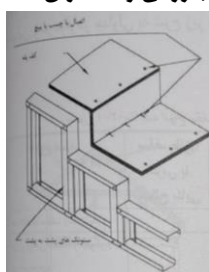
شکل ۱۵- اجرای سقف در سیستم قاب فولادی سبک نورد سرد(فرزانی و همکاران، ۱۳۹۷)



شکل ۱۶- انواع سقف های قابل اجرا در سیستم قاب فولادی سبک(سقف قاب بندی شده و سقف خرپایی) (فرزانی و همکاران، ۱۳۹۷)

-پله‌ها:

در سیستم قاب فولادی سبک نورد سرد پله‌ها به راحتی قابل اجرا بوده و به سهولت به سیستم سازه اصلی ساختمان متصل می‌شوند.



شکل ۱۷- شکل کلی پله در سیستم قاب فولادی سبک(فرزانی و همکاران، ۱۳۹۷)

-دیوارهای غیر باربر از نوع قاب فولادی سبک نورد سرد:

صفحات دیواری سبک که از سیستم قاب‌های فولادی سبک نورد سرد منشعب می‌شوند، قابل استفاده در اکثر سیستم‌های ساختمانی است این صفحات دیواری از ستونک یا وادار و لاوک یا تیرچه تشکیل می‌شود. به عبارت دیگر ساختار اصلی دیوارها از ترکیب مقاطع فولادی گالوانیزه نبرد سرد برپا می‌شود. مقاطع مورد استفاده در این دیوارها معمولاً به شکل C است. که با اتصالات مکانیکی به یکدیگر متصل می‌شوند. هر دیوار از تعداد اجزای عمودی C شکل ستونک یا وادار به فواصل ۴۰ یا ۶۰ سانتی‌متر که در بالا و پایین و اجزای افقی ناودانی شکل U یا C شکل لاوک یا تیرچه متصل شده‌اند. تشکیل می‌شود در صورتی که از مقاطع C شکل به عنوان لاوک استفاده شود لازم است برش کاری در محل نصب ستونک یا وادار انجام گیرد.

این سیستم قابلیت بالایی برای نصب عایق حرارتی دارد عایق حرارتی را به دو روش می‌توان بین وادارها نصب کرد. در روش اول وادارها هم راستا اجرا می‌شوند و عایق حرارتی در فضای بین آنها قرار می‌گیرد. در روش دوم وادارها هم راستا اجرا نمی‌شوند و عایق حرارتی به صورت زیگزاگی بین آنها حرکت می‌کند. در این حالت وادارها به صورت پل حرارتی عمل نخواهند کرد و عایق کاری در شرایط بهتری انجام می‌شود یکی دیگر از راه‌های عایق کاری دیوارها نصب یک لایه حرارتی سلب در طرف خارجی قاب فلزی است. عایق صوتی از افزودن تخته گچی یا سیمانی در دو طرف عایق حرارتی پشم شیشه تامین می‌شود. از دیگر روش‌های ایجاد عایق صوتی در یک طبقه استفاده از دیوارهای جدا کننده با دو قاب مجزا از یکدیگر و نیز استفاده از وادارهای آکوستیکی است. ورق‌های نسبتاً نازک فولاد گالوانیزه در برابر آتش دارای مقاومت کمی هستند و از این نظر باید محافظت شوند به طور کلی ساختارهای متشکل از مقاطع فولادی نورد سرد در برابر آتش به سرعت دچار تغییر شکل می‌شوند و فرو می‌ریزند. محافظت این ساختارها در برابر آتش به وسیله تخته‌های گچی که بر روی چهارچوب فولادی نصب می‌شوند قابل تامین است. به طور کلی با توجه به کاهش قابل ملاحظه وزن و اتلاف اندک مصالح نسبت به شیوه‌های متداول و قابلیت انطباق این سیستم با مقررات ملی ساختمان کاربرد این نوع دیوارهای سبک غیر باربر داخلی در پروژه‌های انبوه‌سازی مسکن و انواع دیگر ساختمان‌ها مناسب است.

۷-۲- روشهای ساخت

سیستم قاب فولادی سبک نورد سرد با روشهای مختلفی قابل اجراست که متداول ترین روشهای آن مونتاژ در محل اجرا، سیستم برافراشتن و سیستم جعبه ای است.

-مونتاژ در محل اجرا

در این روش مقاطع فولادی سرد نورد شده به صورت برش خورده و شماره گذاری شده به محل اجرای طرح منتقل شده و در محل اجرا با اتصالات سرد به یکدیگر متصل میشوند. می‌توان یک دیوار را به صورت افقی روی زمین اجرا و سپس آن را بلند کرد و در محل خود نصب نمود یا قطعات را در محل نصب خود به هم وصل کرد. به طور معمول روش اول از دقت اجرای بیشتری برخوردار است.



شکل ۱۸- سیستم اجرای مونتاژ در محل (فرزانی و همکاران، ۱۳۹۷)

-سیستم برافراشتن

مطالعات نشان میدهد روش ساخت قطعات دیوار و سپس بلند کردن و نصب آن که و روش برافراشتن Tilt Up مشهور است. برای اولین مرتبه در رم باستان و خاورمیان استفاده شده است. ولی این روش به شکل کنونی در ابتدای قرن بیستم به کار گرفته شد و در نیمه های قرن پس از جنگ جهانی دوم به دلیل نیاز مبرم به سرعت در ساخت به اوج خود رسید. این روش در ابتدا بیشتر برای ساخت سازه هایی که در آن سرعت ساخت و اقتصاد اهمیت داشت مانند مراکز تجاری اداری مورد استفاده بود. امروزه این سیستم برای تمامی ساختمانهای با ارتفاع کم تا چهارطبقه استفاده میشود.

این روش برای ساخت انواع نماها سقفها و دیوارهای پیش ساخته یکی از بهترین روشها محسوب میشود. در این روش ابتدا قطعه مورد نظر مانند، دیوار قاب قطعات نما و در محل پروژه یا نزدیک آن برروی زمین به صورت افقی اجرا و سپس به وسیله

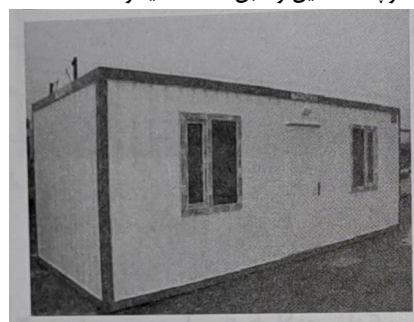
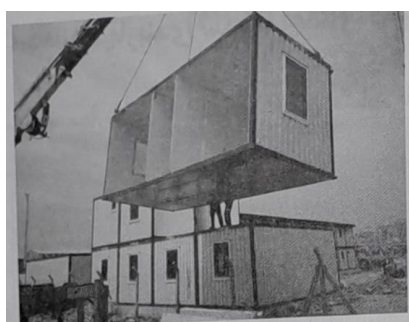
جرثقیل به مکان مورد نظر حمل و با استفاده از اتصالات سرد در محل مورد نظر تثبیت میشود. به دلیل اجرای این سیستم بر روی زمین و دسترسی آسان برای کنترل کیفیت دیوارهای اجرا شده با این روش دارای کیفیت خوبی هستند.



شکل ۱۹- نحوه اجرای سیستم برافراشتن از روی زمین (فرزانی و همکاران، ۱۳۹۷)

سیستم جعبه ای

این روش بیشتر برای ساخت فضاهای ساختمانی محدود و کوچک مانند سرویس ها با کانکس ها استفاده می شود. در این روش سیستم قاب فولادی سبک نورد سرد به صورت جعبه های پیش ساخته پس از انتقال به کارگاه کنار هم چیده شده و به یکدیگر متصل می شوند و در مرحله بعد قطعات دیواره و سقف و دیوارهای داخلی اجرا میشوند و ساختمان به صورت واحدهایی در ابعاد کوچک تکمیل و قابل استفاده میشود.



شکل ۲۰- نحوه اجرای سیستم جعبه ای (فرزانی و همکاران، ۱۳۹۷)
شکل ۲۱- نمونه ای از واحدهای تکمیل شده مورد استفاده برای کانکس یا سرویس بهداشتی (فرزانی و همکاران، ۱۳۹۷)

۷-۳- روش های مقاوم کردن قاب های فولادی سبک در برابر نیروهای جانبی

برای تامین باربری جانبی در سیستم قاب فولادی سبک از دهانه های باربر جانبی در دو امتداد عمود بر هم استفاده می شود دهانه های باربر جانبی به یکی از چهار روش دهانه مهاربندی شده با اعضای قطری، دیوار برشی با ورق فولادی نازک، دیوار برشی با دیواره های چوبی استاندارد و دیوار برشی بتن مسلح ایجاد می شوند (چگنی آشتیانی، ۱۳۹۹).

۸- بررسی سیستم قاب فولادی سبک از نظر هزینه و زمان ساخت

ورق فولادی گالوانیزه در بین مصالح ساختمانی یکی از بالاترین نسبت های قابلیت باربری به وزن را داراست و به همین دلیل میزان استفاده از مصالح سازه ای در سیستم قاب فولادی سبک نورد به نحو قابل توجهی کاهش می یابد با توجه به سبک بودن سازه مورد استفاده در این سیستم و به طبع آن کاهش بارهای وارده ابعاد پی ها و مصالح مصرفی در این سیستم کاهش می یابد. با توجه به دقیق بودن ابعاد اجزای به کار رفته در این سیستم و همچنین طراحی دقیق انواع جزئیات و اتصالات میزان اتلاف مصالح در این سیستم کاهش پیدا می کند پیش ساخته بودن قطعات سبب می شود تا هزینه عملیات کارگاهی به مقدار قابل توجهی کاهش یابد. با توجه به اینکه شیوه ساخت و اجرای این سیستم به صورت خشک با استفاده از اتصالات پیچی و به روش تولید صنعتی است عملیات جوشکاری که در بسیاری موارد به دلیل عدم اجرای صحیح سبب ضعف اتصالات و سازه می شود حذف می شود. در ضمن امکان بازبینی و اصلاح اتصالات همچنین محاسبات دقیق افزایش پیدا می کند. به دلیل امکان احداث داکت و شیارهای تاسیساتی پیش از اجرای تیغه ها نیاز به تخریب بخش هایی از دیواره ها برای نصب تاسیسات منتفی می شود. این امر سبب صرفه جویی بیشتری در زمان و هزینه خواهد شد. سبک بودن قطعات به کار رفته در این سیستم موجب راحتی حمل و نقل اجزا می شود و به تبع آن هزینه های مربوط به ماشین آلات و نیروی کار صرف شده در این بخش کاهش پیدا می کند. سرعت بالاتر عملیات ساخت و نیز بالاتر بودن قابلیت برنامه ریزی و پیش بینی عملیات در این شیوه سبب پایین آمدن ریسک و نیز بازگشت سریع تر سرمایه خواهد شد (بسطامی و بسطامی، ۱۳۹۷).

۸-۱- بررسی سیستم از نظر تاثیرات زیست محیطی

سیستم قاب فولادی سبک نورد سرد به علت عدم استفاده از مواد مضر برای طبیعت تاثیر مخربی بر محیط زیست ندارد مصرف انرژی کمتر در بخش حمل و نقل و بهره‌برداری سبب کاهش تولید آلودگی در محیط می‌شود. بیشتر مواد مورد استفاده در این سیستم قابلیت بازیافت دارند. این سیستم قابلیت باز شدن و نصب مجدد داشته و این منظور بدون عملیات تخریبی گسترده و آسیب به محیط پیرامونی انجام می‌شود.

از دیگر موارد قابل توجه ایجاد ضایعات ساختمانی محدودتر در حین اجراست. این سیستم قابلیت استفاده برای بازسازی و یا گسترش ساختمان‌های تاریخی را نیز دارد. همچنین می‌تواند برای مقاوم سازی آنها استفاده شود موضوع دیگر در زمینه تاثیرات زیست محیطی مقاومت این سیستم در مقابل خوردگی به علت پوشش گالوانیزه یا سایر مواد پوشش دهنده و دوام زیاد ساختمان است که می‌توان آن را از مزیت‌های مهم این سیستم به شمار آورد (قاسم زاده، ۱۳۹۴).

۸-۲- الزامات طراحی برای دیوارهای غیر باربر از نوع قاب فولادی سبک

- کلیه مصالح و اجزا در این سیستم باید بر مبنای مقررات ملی ساختمان ایران و با رعایت آیین نامه‌های معتبر بین‌المللی شناخته شده و مورد تایید به کار گرفته شود.

- رعایت مبحث سوم مقررات ملی ساختمان در خصوص حفاظت ساختمان‌ها در مقابل حریق و همچنین الزامات مربوط به مقاومت جداره‌ها در مقابل حریق الزامی است.

- طراحی دیوارهای خارجی و اتصالات مربوطه در مقابل بار باد باید مطابق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان بارهای وارده بر ساختمان انجام گیرد.

- حداکثر وزن دیوارهای خارجی به ۱۰۰ کیلوگرم بر متر مربع و پانل‌های داخلی به ۵۰ کیلوگرم بر متر مربع محدود می‌شود - در نظر گرفتن تمهیدات لازم برای مشارکت نکردن این دیوارها در سختی جانبی سازه الزامی است (عباسی، ۱۴۰۰).

۸-۳- نکات اجرایی

در اجرای سیستم قاب فولادی سبک نورد سرد باید به نکات اجرایی زیر توجه کرد :

- تمام ستون‌ها (پایه‌های) تحمل کننده بار باید در انتها به طور کامل درون لاک‌ها (ناودانی‌های افقی) قرار گیرند.

- برای اتصالات عناصر فولادی اصلی به ستون‌ها و لاک‌ها از پیچ‌های شماره ۳۰ الی ۲۰۰ میلی‌متر و برای اتصال تیر به پایه‌ها از ناودانی استفاده می‌شود (Miller, Pekoz, 2020).

- از پیچ‌های شماره ۸۶ الی ۲۵۴ میلیمتر برای فولاد ضخیم‌تر استفاده شود.

- از پیچ‌های با سطح مقطع کوچک برای سخت کننده استفاده شود.

- پیچ‌ها باید با حداقل فاصله مرکزی ۱۲ میلیمتر از یکدیگر نصب شوند.

- برای اتصال قطعات چوبی به فولاد از پیچ شماره ۸ و نقطه راهنما برای اتصال چوب به فولاد استفاده می‌شود.

- پیچ‌های خود سوراخ کننده با سر مخروطی برای وارد شدن به چوب و ایجاد اتصال بدون ایجاد ترک در عضو چوبی استفاده شود.

- برای اتصال قطعات غیر فولادی از پیچ‌های مخصوص استفاده شود.

- از پیچ‌های سرتخت نیز برای نفوذ در جسم بدون ایجاد برآمدگی در سطح نهایی استفاده شود.

- پیچ‌های پوشش‌ها باید قبل از اینکه سطح پوشش را به داخل فشار دهند آن را سوراخ کرده و از آن عبور کنند.

- برای اتصالات صفحات گچی به فولاد از پیچ‌های سرتیز مخروطی شماره ۱۵۲ میلی‌متر با نام پیچ تیغ استفاده شود.

- از یک تعیین کننده عمق برای جلوگیری از ایجاد خسارت به صفحه گچی استفاده شود ۱۳ برای چوب‌هایی با ضخامت بیشتر از ۴ میلی‌متر از پیچ‌های مخروطی خود سوراخ کننده استفاده شود.

- همیشه باید از جدا بودن لوله‌های مسی از اسکلت فلزی به وسیله عایق‌های پلاستیکی یا دیگر روش‌های مجاز اطمینان حاصل شود.

- از عایق‌های پلاستیکی و اشهرها یا دیگر روش‌های حفاظتی باید برای محافظت از پوشش‌های پلاستیکی کابل‌های برق

هنگامی که از سوراخ‌های اعضای سازه‌های فولادی سبک عبور می‌کنند استفاده شود.

- تمام اجزای ساختمانی باید به صورت عمودی به محل اجرای پی حمل شوند مگر اینکه حمل افقی از خصوصیات عضو

مربوطه محسوب شود.

از قرار دادن لوله‌ها در دیوارهای خارجی پرهیز شود زیرا ممکن است با اعضای ساختمانی برخورد داشته و یا ارزش دمایی دیوار را کاهش دهد (Miller, Pekoz, 2020).

لوله کشی‌ها باید حتی الامکان داخل زمین و دیواره‌های داخلی انجام شود.

ایمنی در همه مراحل نصب قطعات و برپایه سازه رعایت شود.

۹- مطالعه موردی پروژه ساخت مدارس با سازه Isf

از جمله نمونه موردی های بررسی شده میتوان به مدرسه ۸ کلاسه سمیه با سازه نوین LSF در منطقه ام الطمیر اهواز و همچنین ۱۹ مدرسه کانکسی چهارمحال و بختیاری با مصالح پیش ساخته سبک نورد سرد اشاره کرد. در سال ۱۴۰۲، ۱۹ مدرسه کانکسی استان چهارمحال و بختیاری در قالب طرح شهید پناهی به مدرسه یک کلاسه با سازه LSF در تبدیل شد و ۱۰ مدرسه یک کلاسه در دسترس دانش آموزان قرار گرفت . ۵۹ مدرسه سنگی در استان چهارمحال و بختیاری وجود داشت که به ۱۲ آموزشگاه در قالب طرح شهید سرداری با قاب فولادی سبک نورد سرد تبدیل شد.(فارس نیز)

از نوآوری های این پروژه ها استفاده از بتن فوق سبک پر کننده به جای پلاستوفوم یا پشم سنگ در جداره های دیوارها است که نه تنها مقاومت ایستایی و ضربه ای خوبی به دیوارهای داخلی و خارجی مدرسه می دهد، بلکه تمام دیوارها از طریق این بتن پوشش کاملی برای عایق کاری ایجاد می کند. در این پروژه ها از روش ساخت قطعات دیوار و سپس بلند کردن و نصب آن که به روش برافراشتن (Tilt Up) مشهور است، استفاده شده است. این مدارس براساس کتابچه فناوری های نوین ساختمان چاپ ۱۳۸۸ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، نشریه شماره ۶۱۲) آیین نامه طراحی و اجرای سازه های فولادی سرد نورد-بخش سازه)، نشریه شماره ۶۱۳) آیین نامه طراحی و اجرای سازه های فولادی سرد نورد-بخش غیر سازه، آیین نامه ۲۸۰۰، مباحث مقررات ملی ساختمان طراحی و ساخته شده است. مقاومت در مقابل زلزله تا هشت ریشتر، ضد آب بودن تمام اعضای ساختمان، مقاومت کامل در برابر حریق، استفاده از مصالح زیست محیطی و سبز و عایق کامل در مقابل گرما و سرما (اختلاف دما حدود ۲۵ درجه) از امتیازات مدارس LSF است. سرعت اجرایی بالا (طراحی و ساخت ۶۰ روز)، عایق صدا تا ۷۰ درصد و قابل توسعه از سه کلاس به ۶ کلاس (تعبیه میلگرد و صفحات انتظار در فونداسیون و سازه مدرسه) را از دیگر امتیازات این مدارس عنوان کرد.

۹-۱- مراحل پیشنهادی ساخت مدرسه با مصالح پیش ساخته LSF

ساخت یک مدرسه با استفاده از مصالح سبک پیش ساخته (LSF) شامل مراحل مختلفی است که از برنامه ریزی و طراحی اولیه تا اجرا و نصب سازه‌ها را در بر می‌گیرد. در ادامه به مراحل ساخت یک مدرسه با استفاده از این تکنولوژی، بشرفته پرداخته شده است:



نمودار ۲- نگارندگان، ۱۴۰۳ به نقل از گلابچی و مظاهریان، ۱۳۸۸

۱۰- روش تحقیق

روش تحقیق حاضر از نوع توصیفی - تحلیلی می‌باشد که داده‌های مورد استفاده در بخش پژوهش این پروژه، از روش کتابخانه‌ای به دست آمده است. اطلاعات کتابخانه‌ای مورد استفاده، از روش‌های مختلف از جمله مراجعه به کتب، مجلات، پروژه‌های تحقیقی، جستجوی اینترنتی حاصل شده است. در این قسمت هدف این بوده که از آخرین اطلاعات موجود در رابطه با موضوع مورد مطالعه استفاده شود.

۱۱- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در پی وقوع سوانح طبیعی نظیر زلزله، سیل و طوفان، بازسازی سریع و مؤثر زیرساخت‌های آموزشی، از جمله مدارس، به عنوان یکی از اولویت‌های اساسی جامعه مطرح می‌شود. استفاده از مصالح سبک پیش ساخته LSF (Light Steel Frame) به عنوان

یک راهکار نوین و کارآمد، می‌تواند نقش بسزایی در تسریع فرآیند بازسازی ایفا نماید. این سیستم ساخت و ساز با بهره‌گیری از قاب‌های فولادی سبک، دارای ویژگی‌های برجسته‌ای نظیر وزن کم، سرعت بالای اجرا و مقاومت چشمگیر در برابر زلزله و شرایط آب و هوایی نامساعد است، که آن را به گزینه‌ای ایمن و مطمئن برای ساخت مدارس تبدیل می‌کند. سرعت بالای اجرای پروژه‌های LSF، امکان ایجاد فضاهای آموزشی در کوتاه‌ترین زمان ممکن را فراهم می‌سازد، که این امر در شرایط بحرانی پس از سوانح طبیعی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. علاوه بر این، استفاده از فناوری LSF با کاهش مصرف منابع طبیعی و قابلیت بازیافت مصالح، به عنوان یک راهکار سازگار با محیط زیست شناخته می‌شود. این ویژگی‌ها نه تنها به حفظ منابع طبیعی کمک می‌کنند، بلکه هزینه‌های ساخت و نگهداری را نیز به طور قابل توجهی کاهش می‌دهند، که این امر موجب می‌شود LSF به گزینه‌ای اقتصادی و مقرون به صرفه تبدیل گردد. از جنبه‌های اجتماعی و روانی نیز، بهره‌گیری از این فناوری با فراهم آوردن محیطی ایمن و مناسب برای تحصیل کودکان و کاهش بار روانی ناشی از سوانح، تأثیرات مثبتی به همراه دارد. در نهایت، بهره‌گیری از سیستم‌های LSF می‌تواند به عنوان یکی از راهبردهای کلیدی در مدیریت بحران‌های پس از سوانح طبیعی مطرح شود. با توجه به مزایای متعدد این فناوری در تسهیل فرآیند بازگشت به وضعیت عادی و تأمین محیطی پایدار و ایمن برای آموزش، استفاده از LSF به عنوان یک رویکرد جامع و کارآمد، می‌تواند گامی مؤثر در جهت بهبود شرایط پس از وقوع سوانح طبیعی و حمایت از جوامع آسیب‌دیده باشد.

راهکارهای پیشنهادی

۱- بررسی و ارزیابی سریع سایت ۲- طراحی مدارس با استفاده از LSF ۳- تأمین و انتقال مصالح پیش ساخته ۴- آموزش نیروهای محلی ۵- اجرای سریع پروژه‌های ساخت و ساز ۶- بازبینی و نظارت مستمر ۷- تجهیزیات و امکانات آموزشی ۸- برنامه‌های پشتیبانی روانی و اجتماعی

منابع

۱. کلاتنری، مسیحا، ۱۳۹۰، مقایسه سیستم LSF با سیستم های اسکلت فلزی و بتنی، نشریه علمی مطالعات مهندسی، شماره ۱۵، صص ۱-۱۱.
۲. امیدي نسب، فریدون، سهرابی، سارا، ۱۳۹۵، بررسی سازه های LSF از نظر کیفیت، زمان و هزینه، چهارمین کنفرانس بین المللی پژوهش در مهندسی علوم و تکنولوژی.
۳. عدالتی، محمود؛ ویسی زاده، امیر؛ کریمی پور، آرش. ۱۳۹۳، بررسی و ارزیابی سازه های سبک فولادی، کنفرانس سراسری توسعه محوری مهندسی عمران، معماری، برق و مکانیک ایران، گرگان.
۴. حرمتی، محمد مجتبی، ۱۳۹۰، بررسی کاربرد سیستم LSF در ساخت و سازه های مقاوم و سریع، دومین کنفرانس بین المللی معماری و سازه.
۵. فرزانی، فرزانه؛ جاویدروزی، مهیار؛ آزر می، فرهاد، ۱۳۹۷، تحلیل لرزه های نمای آجری بر روی دیواره LSF، کنفرانس بین المللی عمران، معماری و مدیریت توسعه شهری در ایران تهران - دانشگاه تهران.
۶. چگنی آشتیانی، سمیرا؛ سیدی گرفمی، سید کامران؛ قربانی پارام، افشین، ۱۳۹۹، بررسی سازه LSF در مقاوم سازی و کاهش هزینه های ساخت، پنجمین کنفرانس بین المللی پژوهش های کاربردی علوم مهندسی، هلند، آمستردام.
۷. قاسم زاده، حسن. ۱۳۹۴، فن آوری های نوین در صنعت ساختمان؛ سیستم قاب فولادی سبک (LSF)، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.
۸. بسطامی، حجه، بسطامی، ساسان. ۱۳۹۷، سازه سبک فولادی LSF و نقش آن در کاهش خطرات زلزله، نخستین کنفرانس ملی نقش مهندسی عمران در کاهش مخاطرات.
۹. عباسی، محمدمبین، ۱۴۰۰، معرفی سیستم سبک فولادی (LSF)، کنفرانس ملی معماری، عمران، شهرسازی و افق های هنر اسلامی در بیانیه گام دوم انقلاب، تبریز.
۱۰. صحت، امیر و شروانی تبار، بهمن. مزایا و معایب سیستم LSF در مقایسه با سیستم های رایج در کشور، چهارمین کنگره بین المللی عمران، معماری و توسعه شهری، تهران.
12. FEMA 450.NEHRP recommendation for seismic regulations for new buildings and other structures, 2003 edition, part 1: provisions.Washington, DC,USA: building seismic safety council, National institute of building science; 2014.
13. Winter. G. "Light Gage (Thin -Walled) Steel Structures for Building in the U.S.A.. Preliminary Publication, 4th Congress of the International Association for Bridge and Structural Engineering, 2017.
14. American Iron and Steel Institute "Specification for the Design of Cold -Formed Steel Structural Members", 2020 ed.
15. Miller. T.H., Pekoz. T. "Behavior of Cold - Formed Steel Wall Stud Assemblies", Journal of Structural Engineering, Vol. 119, 2021.
16. Serrette. R.L., Morgan. K.A., Sorhouet. M.A. "Performance of Cold -Formed Steel - Framed Shear Walls", Alternative Configurations, Santa Clara University, 2022.
17. Tian. Y.S., Wang. J., Lu. T.J. "Racking Strength and Stiffness of Cold -Formed Steel Wall Frames", Journal of Constructional Steel Research, Vol. 60, 2024.
18. M. Zevnalian. H.R. Ronagh. A numerical study on seismic performance of strap -braced cold -formed steel shear walls, Thin -Walled Structures, Volume 60, November 2012, Pages 229 -238, 2024.
19. Al -Kharat M, Rogers CA. Testing of light - gauge steel strap braced walls. Research report. Montreal (QC, Canada): Dept. of Civil Engineering, McGill University; 2015.
20. farsnews.ir
21. iribnews.ir
22. mashhadsf.com