

## بررسی اشکالات و ضعف های اجرایی سازه های فولادی

علی خیرالدین<sup>۱</sup>، محمد بزاز<sup>۲</sup>، یحیی شربتی ناوان<sup>۳</sup>

۱- [akheyrodin@semnan.ac.ir](mailto:akheyrodin@semnan.ac.ir)

۲- [Mohammad-bazaz1362@yahoo.com](mailto:Mohammad-bazaz1362@yahoo.com)

۳- [y\\_sharbati@yahoo.com](mailto:y_sharbati@yahoo.com)

### چکیده

با وجود تجربه تلفات و خسارات سنگین زلزله های اخیر مانند زلزله های منجیل و بم، احتمال وقوع زمین لرزه های بزرگ در بیشتر مناطق پرجمعیت کشور و نیاز جدی به اعمال کنترل کیفی در طراحی و اجرای ساختمان ها، هنوز توجه کافی به ساخت و ساز صحیح نشده است. ساختمان های فولادی بخش قابل توجهی از ساخت و ساز در ایران را تشکیل می دهد. در این مقاله مرور مختصری بر وضعیت اجرای این ساختمان ها در کشور می شود و موارد نقاط ضعف اجرایی که معمولا باعث سهل انگاری یا عدم تسلط کافی مهندس ناظر به اصول اجرایی ساختمان مقاوم در برابر زلزله رخ می دهد مورد توجه قرار داده و راهکار های مناسب و ممکن جهت بهبود ساخت و ساز ارائه شود.

کلمات کلیدی: ساختمان های فولادی، خطا های ساخت و ساز، کیفیت اجرا بی، آسیب پذیری لرزه ای.

### مقدمه

با وجود لرزه خیزی بالای اغلب نقاط پر جمعیت کشور و آسیب پذیری ساختمان های موجود در برابر زلزله بر اساس تجربیات زلزله های اخیر مثل منجیل و بم و..... هنوز توجه کافی به ساخت و ساز صحیح نشده است. از نظر مهندسی زلزله در حال حاضر احداث بناهای مقاوم در برابر زلزله با احتی امکان پذیر است. لیکن عملا مشکلاتی شکل گرفته که رسیدن به ساختمان های مقاوم تضمین نمی گردد. بیشتر ساختمان های کوچک مسکونی با نظارت صحیح مهندسین ساختمان نی که دانش فنی لازم را دارند ساخته نمی شود و حتی اگر ساختمان مورد نظر درست طراحی و محاسبه شده باشد معمولا در اجرا بعلت سهت انگاری مهندس ناظر و یا عدم تسلط وی به اصول اجرایی ساختمان ها ی مقاوم در برابر زلزله طرح دچار خطا های بعضا اساسی میگردد.

مشکل اصلی آسیب پذیری لرزه ای ساختمان ها حتی نمونه های جدید الاحداث در ایران عدم استفاده صحیح از دانش فنی در مراحل طراحی و اجرا میباشد. بسیاری از مهندسین کشور نه تنها اطلاعات کاملی در مورد آسیب پذیری و مقاوم سازی لرزه ای ندارند، بلکه در مواجهه با غالب مسایل اجرایی معمول ساختمان نیز کوتاهی می کنند. لذا بایستی سطح آگاهی در اطلاعات فنی این افراد افزایش یافته و نیز مکانیزمی برای اعمال قاطعیت اجرایی و کنترل امر در نظر گرفته شود و البته طوری که حق مهندسی ناظر حفظ شده و مسئولیتها به درستی تقسیم گردد. ساختمان های فولادی بخش قابل توجهی از ساخت و ساز در ایران را تشکیل می دهد. لذا در این مقاله وضعیت ساخت و ساز ساختمان های فولادی در کشور مختصرا مرور شده و یکسری علل ضعف اجرای این ساختمان ها بررسی شده و توصیه هایی جهت بهبود اجرا ارائه میگردد.

### معایب و ضعف های ساختمان های فولادی موجود

ضعف های عمده ساختمان های فولادی با توجه به نحوه طراحی و اجرای آنها در پی ها، ستونها، تیرها، اتصالات تیرها به ستونها، اتصال تیر به تیر اصلی، سیستم باربر جانبی، اعضای مهار بندی، اتصالات باد بند ها، سیستم دیافراگم، کف دیوار ها و تیغه های داخلی و راه پله می باشد.

<sup>۱</sup> استادیار دانشگاه سمنان

<sup>۲</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد سازه دانشگاه سمنان

<sup>۳</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد زلزله دانشگاه سمنان

پی ها و شناژ ها

در ساختمان های فولادی معمولاً از پی های مستطیلی منفرد یا باسکولی و یا بعضاً نواری استفاده می گردد که با شناژ های حداقلی به هم متصل می گردند. ابعاد این پی ها حتی گاهی برای بار های ثقلی کفایت نمی کند و تنش حداکثر وارد به خاک بیش از مقاومت مجاز خاک می باشد. در عمل به جز برای ساختمان های بزرگ هیچ گونه آزمایشی جهت تعیین مقاومت خاک صورت نمی گیرد و غالباً ابعاد پی ها بر اساس مقاومت فرضی  $2 \frac{kg}{cm^2}$  به دست می آید. این عدد معمولاً به صورت محافظه کارانه انتخاب می شود. ولی برای ساختمان هایی که روی خاک های سست ساخته می شوند، دور از اطمینان خواهد بود.

ابعاد این پی ها در اثر وجود بار جانبی معمولاً افزایش می یابد که در اجرای خیلی از ساختمان ها اعمال نمی شود. مشکل دیگری که در اجرای پی و شناژ ساختمان ها زیاد پیش می آید شناژ هایی است که با مقطعی بزرگتر و آر ماتور های بیشتر مثل یک تیر عمیق برای پی های کناری ساختمان نقش پی باسکولی را ایفا می کنند. ستون های موجود بر این پی ها با توجه به مجاورت زمین همسایه لنگر خمشی قابل توجهی به پی اعمال می کنند که به کمک پی نواری یا باسکولی تحمل می گردد. بعضی از طراحان در این زمینه از یک شناژ قوی استفاده می کنند که متأسفانه در عمل با همان شناژ حداقل اتصال بین پی ها (با مقطع  $40 \times 40$  سانتی متر و دارای ۴ آر ماتور نمره ۱۴) اشتباه می شود. چنین مسئله ای همچنین ممکن است برای تحمل وضعیت اجتناب ناپذیر نیروهای به طرف بالا (uplift) در پای یک ستون بعلت نیرو های موجود در اعضای مهار بندی پیش آید.

اتصال ستون ها به پی ها

مسائل متعددی در اجرای اتصال ستون ها به پی ها پیش می آید. غالباً ابعاد و ضخامت صفحات زیر سری کافی نیست و گاهی تعداد پیچ های مهار و قطر آنها کم می باشد و معمولاً از یک پیچ با جوش بالای آن استفاده می گردد. بعضی اوقات بدنبال سهل انگاری در استقرار صفحه ستون ها و یا جایجایی احتمالی صفحه در حین بتن ریزی پی صفحه ستون در محل صحیح خود قرار نمی گیرد و یکی از مشکلات عمده ساختمان های فولادی را بوجود می آورد.

برای ساختمان های ۴ طبقه یا بیشتر معمولاً باید ضخامت صفحات از ۲.۵ سانتی متر بیشتر باشد و یا اینکه از سخت کننده ها روی صفحه ستون برای افزایش مقاومت خمشی آن استفاده نمود. در عمل این ورق های تقویتی بدرستی بکار نمی روند و اغلب گیرداری ناخواسته ای را به صفحه ستون تحمیل می نماید (شکل ۱).

نحوه اتصال ستون به صفحه ستون نیز بایستی مورد توجه بیشتری قرار گیرد. برای ساختمان های فولادی در امتداد بدون باد بندی یک اتصال گیر دار در این موقعیت انتظار می رود، در صورتی که در اجرا ممکن است چنین اتصالی تامین نشود. عکس چنین وضعیتی برای امتداد باد بندی شده (-اتصال) ت ساده تیر ها به ستون ها) مورد انتظار است.



شکل ۱- اتصال نامناسب ستون به صفحه ستون

ستون ها

به ستون ها بعنوان عضو اصلی هر ساختمان بایستی توجه خاصی صورت گیرد. غالباً به دلیل سهولت اجرایی از دو پرو فیل بهم چسبیده که تا حدی غیر اقتصادی است و یا با فاصله و بکمک ورق های بست افقی استفاده می شود که گاهی فواصل و ابعاد ورق های بست بدرستی اجرا نمی شود (شکل ۲). برای ساختمان های بزرگ بلند تر از ۵ طبقه ستون ها معمولاً از ورق ساخته می شوند. در بیشتر موارد طول جوش مطابق با محاسبات و دستور العمل های ایین نامه ای صورت نمی گیرد. مثلاً طول جوش نشده از ورق ۲۰ سانتی متر یا بیشتر دیده می شود که بویژه برای ستون ها بسیار بحرانی خواهد بود.

هر گونه خمیدگی و تابیدگی پرو فیل های فولادی مورد استفاده در ستونهای مرکب بایستی جلوگیری شود. برای ساختمان های ۵ طبقه یا بیشتر نیاز

به اتصال ستون ها بر روی یکدیگر پیش می آید که وصله این ستون ها در خیلی موارد در محل مقطع بحرانی (نزدیکتر از طبقه) اتفاق می افتد (شکل ۳). گاهی اوقات و اضافه بر آن ابعاد و جوش این ورق های وصله نیز کافی نمی باشد. در بعضی ساختمان های فولادی برای راحتی اجرا از یک یا دو ستون برای همه ستون ها استفاده می گردد حال آنکه چنین مقطعی برای خیلی از ستون ها جوابگو نمی باشد. اشکال غیر مناسب از ترکیب سه پرو فیل و یا نا موزون بودن ابعاد ورق های تقویتی در مقایسه با ضخامت بال خود پرو فیل ها و نیز استفاده از ورق در لبه بال های مقطع (به موازات جان) در اجرای بعضی ساختمان های فولادی دیده می شود.



شکل ۲- اجرای نادرست ورق های بست



شکل ۳- وصله نامناسب

#### تیر ها

در اکثر موارد از تیر های لانه زنبوری در ساختمان های فولادی استفاده می شود. این تیر ها در مقابل برش ضعیف هستند و در محل اعمال بار های متمرکز مثل دو انتهای تیر بایستی جان را با ورق تقویتی پر نمود. لیکن با توجه به ایجاد نیروی برشی در تمام طول تیر ها در سیستم قاب خمشی کاربرد تیر های لانه زنبوری برای ساختمان های فلزی در مناطق زلزله خیز در راستای بدون باد بندی مناسب نمی باشد (شکل ۴).

خیلی از تیر ها در سیستم قاب صلب از مقاطع زوج باورقهای تقویتی بالها در دو انتها تشکیل می شود. منتها این ورق ها با جوش منقطع و معمولاً با ساق ضعیف به بالهای تیر وصل می شوند. از آنجا که نیروهای کششی بزرگی در بال ها ناشی از خمش تیر در دو انتهای تیر توسط این ورق ها بایستی به ستون منتقل گردند. در طول و بعد جوش این ناحیه دقت خاصی نیاز است و غالباً ورق های تقویتی بالها باید به صورت ممتد به بال ها جوش شوند.

مشکل متداول دیگر در تیر های ساختمان های فولادی طول نامناسب آنهاست. رواداری مجاز در انتهای تیر و در محل اتصال به ستون معمولاً حدود ۱ سانتیمتر می باشد. لیکن در خیلی از ساختمان ها به علت ضعف کیفیت اجرایی این فاصله حتی به ۵ سانتیمتر می رسد که خروج از محوریت زیاد و در نتیجه لنگر خمشی بزرگی را به نبشی نشیمن زیر تیر اعمال می نماید.

مهندسین ناظر بایستی مراقب باشند که این فاصله ها در حد مجاز باقی بماند و در صورت لزوم در خواست تغییر تیر و یا حداقل از نشیمن تقویت شده ( در صورتیکه رواداری چندان از مقدار مجاز تجاوز نکرده باشد ) استفاده بنمایند.



شکل ۴- استفاده از تیر آهن لانه زنبوری در سیستم قاب خمشی

## اتصال تیر به ستون و تیر به تیر

شاید مشکل ترین قسمت از وظایف مهندس ناظر در کنترل کیفیت اجرایی یک ساختمان فولادی اطمینان از درستی اتصال تیر به ستون باشد به ویژه در امتدادی که سیستم مهار بندی وجود ندارد و صرفاً قاب خمشی قرار است در مقابل بار های جانبی زلزله مقاومت نماید. در چنین حالتی اگر ستونهای قوطی ساخته شده از ورق استفاده می شود، بایستی به نصب ورقهای پیوستگی در داخل ستون قوطی و در تراز ورقهای زیر و روی تیر توجه خاصی گردد. غالباً اجرای این ورق ها فراموش شده و یا در تراز صحیح خود صورت نمی گیرد. مطلب مهم دیگر جوش صحیح آن به داخل ۴ وجه ستون می باشد و متأسفانه در عمل سه طرف جوش شده و در وجه چهارم به ورق های پیوستگی متصل نمی شود. برای رفع این مشکل می توان ورق وجه چهارم قوطی ستون را در یک طول مشخص یک متری به صورت منقطع اجرا نمود تا امکان جوشکاری ورقهای پیوستگی به وجه چهارم نیز بوجود آید. در خیلی از ساختمان های فولادی برای ستون های واقع در قاب خمشی از مقطع زوج متشکل از دو نیم رخ IPE و ورقهای تقویتی روی بال ها استفاده می گردد. در این حالت به هنگام اعمال کشش به ورقهای تقویتی بال ها براحتی این ورق خمیده شده و فلسفه اتصال گیر دار زیر سوال می رود. برای رفع یا حداقل کاهش مشکل در چنین حالاتی می توان از جوشکاری ورق تقویت بالها استفاده نمود که این جزئیات بایستی در نقشه های اجرایی سازه آمده باشد.

جوش شیاری اتصال ورق های فوقانی و تحتانی به ستون برای تامین اتصال گیردار نیز اهمیت زیادی دارد و در عمل نسبت به جزئیات آن مثل داشتن پخ ۴۵ درجه لبه ورق و شرایط جوش نفوذی سهل انگاری می شود. خیلی اوقات ورق فوقانی به صورت مستطیلی بکار می رود و لذا جوش شیاری از مقاومت کافی برخوردار نخواهد بود. برای رفع این مشکل بهتر است پهنای این ورق به صورت دوزنقه ای در محل اتصال به ستون افزایش یابد (شکل ۵).



شکل ۵- ورق به صورت دوزنقه ای در محل اتصال به ستون



شکل ۶- عدم استفاده از سخت کننده مثلثی در نبشی نشیمن

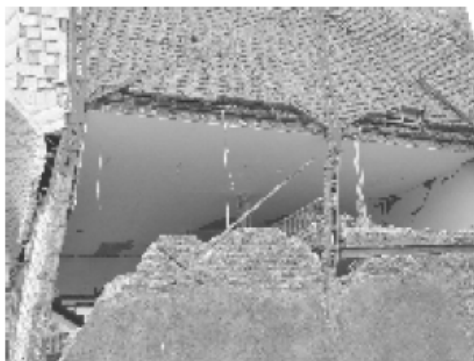
نبشی های نشیمن زیر تیر ها در خیلی موارد برای تحمل نیروهای تکیه گاهی کافی نیستند و لذا بایستی آنها با افزودن سخت کننده های مثلثی تقویت نمود (شکل ۶). مشکل دیگر اتصال تیر به ستون در سیستم اتصال خورجینی (اگر چه در حال حاضر به ندرت به کار می رود) است که همواره تا حدی لنگر خمشی از تیر به ستون منتقل می شود لیکن عملا ستون ها برای این لنگر اضافی محاسبه و طراحی نمی شوند.

#### سیستم مقاوم جانبی در ساختمان های فولادی

تعداد قابل توجهی از ساختمان های فلزی موجود در کشور یکی فاقد هر گونه سیستم باربر در برابر بارهای زلزله هستند در غالب آنها بدون هیچ سیستم مهار بندی از قاب ساده یا قاب با اتصالات خورجینی استفاده شده است که صرفا برای تحمل بار های قائم طراحی شده اند. در حالت باد بندی شده نیز گاهی اوقات به صورت متقارن باد بندی نمی شود که موجب ایجاد کوپل پیچشی بزرگی در طبقات ساختمان می گردد. بعنوان یک مسئله مهم حذف عنصر مقاوم در طبقه همکف به علت ورودی ساختمان سبب شکل گیری طبقه نرم و ضعیف در این طبقه که قرار است حداکثر نیروی برشی ناشی از زلزله را تحمل نماید می شود (شکل ۷).

#### مهار بندی

اشکالات متعددی در سیستم مهار بندی ساختمان های فولادی در حال اجرا دیده می شود. اتصال عضو باد بند به صورت خارج از مرکز با نصب ورق



شکل ۷- طبقه نرم در زلزله بیم

اتصال در لبه بال ستون و تیر اتصال این ورق به تنهایی به ستون یا تنها به تیر و نیز ضعف عضو مهار بند و ابعاد غیر کافی ورق های اتصال باد بند از موارد معمول می باشد که بایستی با هشیار مهندس ناظر از آنها اجتناب گردد (شکل ۸).

در بعضی ساختمان ها مالک تر جیح می دهد که از پروفیل های I شکل قدیمی به جای اعضای مهار بندی ( معمولاً مقاطع زوج از ناودانی یا نبشی) داده شده در نقشه ها استفاده گردد. باید توجه داشت که این مقاطع اغلب حتی جوابگوی شرط لازم لاغری اعضای فشاری نیز نیستند و در صورت ار ضا شرط لاغری تنها شاید بتوان در طبقات فوقانی ساختمان که نیرو های ناشی از زلزله در باد بند ها کاهش می یابد از آنها استفاده نمود. مشکل دیگر اجرایی در این رابطه عدم اتصال دو نیمرخ (ناودانی یا نبشی) به یکدیگر در طول اعضای باد بندی با مقاطع زوج می باشد که لازم است در فواصل مشخص با تسمه به یکدیگر وصل شوند.



شکل ۸- استفاده از ناودانی تک و اجرای نادرست



شکل ۹- زاویه زیاد مهاربند واگرا با افق

در سیستم مهاربندی واگرا (دوزنقه) علاوه بر توجه کافی به مشخصات لازم برای اعضای مهاربند بایستی به محل اتصال این اعضا به تیر و مقاومت خود تیر دقت نمود. اغلب دیده می شود که برای تامین بازشو بزرگتر زاویه مهاربند ها با افق زیاد شده و نه تنها از راندمان سیستم مقاوم جانبی در تحمل بارهای جانبی می کاهد بلکه نیروی برشی بزرگتری را به تیر پیوند تحمیل می نماید(شکل ۹). ضمناً بدین ترتیب تیر پیوند به صورت خمشی عمل خواهد نمود. در صورتیکه بهتر است تحت نیروی برشی به محدوده تغییر شکل های غیر ارتجاعی وارد شده و انرژی زلزله را مستهلک می نماید. متأسفانه در خیلی از ساختمان های فولادی در حال اجرا با سیستم مهاربندی واگرا از یک تیر لانه زنبوری بعنوان تیر پیوند استفاده می گردد. که به هیچ وجه جوابگوی ضوابط طراحی در خصوص جاری شدن برش جان تیر پیوند نمی باشد.

#### جوشکاری

یکی از مهمترین موضوعات در هر ساختمان فولادی کنترل جوش آن می باشد. جوش ها در همه بخش ها بایستی منطبق بر اطلاعات نقشه بوده و از لحاظ بعد و طول جوش و کنترل کیفیت لازم بررسی گردد. در این خصوص حتی ممکن است در یک ساختمان فولادی کوچک به انجام آزمایشات غیر مخرب (NDT) بر روی جوش نیاز باشد(شکل ۱۰).



شکل ۱۰- بریدن جوش اتصال در زلزله بم

#### سیستم سقف

در حال حاضر اغلب از سقف های تیرچه بلوک در ساختمان های فولادی استفاده می شود که در اینصورت بایستی میلگرد های تیرچه ها به خوبی در بتن محصور گردند و پوشش بتن تامین گردد. ضمناً در خیلی از ساختمان های فولادی که از مقاطع لانه زنبوری IPE 18 استفاده می شود. ضخامت سقف سازه های معادل ۲۵ سانتی متر می باشد لایه بتنی و آرماتور گذاری حرارتی بدرستی روی پل های مزبور را نمی گیرد و دیافراگم صلب کف نمی تواند بخوبی عمل نماید.

در سقف های طاق ضربی که برای غالب ساختمان های قدیمی استفاده شده بایستی از مهاربندی با میلگرد و ۵ سانتی متر بر روی سقف به منظور تامین صلیبیت دیافراگم کف کمک گرفت که حتی معمولا در نقشه های سازه ای فراموش می شود.

سقف های مرکب به خصوص در صورت اجرای مناسب بهترین عملکرد صلب را می توانند از خود نشان دهند. موارد ضعف اجرایی این سقف ها بیشتر به قرار گیری اتصالات برشی و ارماتور گذاری دال بتنی آن مربوط می شود.

در اجرای تاسیسات مکانیکی و برقی طبقات بایستی حتی المقدور سعی شود تا ضخامت تمام شده کف کاهش یابد. بدین منظور می توان از روی هم شدن لوله ها جلوگیری نمود. مسئله دیگر در این رابطه استفاده از پوکه معدنی سبک برای کف سازی طبقات و شیب بندی بام میباشد که در صورت سهل انگاری مهندس ناظر ممکن است حتی از نخاله های ساختمانی استفاده گردد.

### دیوار های داخلی و خارجی

مشکل اصلی اجرایی در خصوص دیوار ها عدم اتصال مناسب آنها به اسکلت فلزی ساختمان می باشد و لذا احتمال خسارت آنها به هنگام زلزله زیاد است. برای جلوگیری از فرو ریختن این دیوار ها می توان از پروفیل نبشی یا سپری به صورت قائم یا افقی در فواصل مشخص مثلا در هر ۵۰ سانتی متر استفاده نمود.

دیوار چینی با آجر فشاری به جای آجر مجوف سبک نیز نمونه دیگر اشتباهات اجرایی است و معمولا از آجر فشاری بعلت وزن بیشتر آن فقط در دیوار چینی طبقه زیر زمین ساختمان استفاده می شود. بعضی اوقات در اجرا محل دیوار ها و تیغه ها نسبت به آنچه در نقشه ها آمده است تغییر می کند. تا ثیر تغییر بار گذاری تیرها در چنین مواردی بایستی توسط مهندس ناظر بررسی گردد.

### راه پله

از معایب معمول در اجرای راه پله فولادی اشتباه در طول مناسب شمشیری پله می باشد که موجب شیب نامناسب پله و شرایط نامناسب ابعاد پاگرد می گردد. برای حل این مشکل گاهی از کف سازی زیاد در قسمت شیب دار پله استفاده می کنند که خطای بزرگی است و بار مرده ی زیادی را به تیر های شمشیری پله و نیز بطور کلی به ساختمان تحمیل می نماید.

در حالت غیر معمول پلکان در پلان (مثلا به صورت مثلثی یا دوزنقه ای) بایستی به تفاوت طول قسمت های دو تیر شمشیری پله توجه نمود. در صورت سهل انگاری در چنین مواردی مقطع عرضی راه پله کج اجرا می گردد و مجددا بار مرده قابل توجهی به پله تحمیل می نماید (شکل های ۱۱ و ۱۲).



شکل ۱۱- اتصال نادرست شمشیری



شکل ۱۲- کج شدن مقطع عرضی راه پله به علت تفاوت طول دو تیر شمشیری

## نتیجه گیری

ساختمان های فولادی بخش قابل توجهی از ساختمان های در حال احداث را تشکیل می دهند و متأسفانه هنوز علیرغم عنایت به زلزله خیزی از یک سو و افزایش بیش از حد قیمت مسکن از طرف دیگر اشکالات اجرایی زیادی در آن ها دیده می شود. بکار گیری اصول صحیح اجرایی می تواند کارایی ساختمان را به خصوص در برابر بارهای فوق العاده زلزله افزایش دهد. در مناطق با لرزه خیزی زیاد با توجه به شرایط اجرایی در کشور بهتر است از سیستم باد بندی در هر دو راستای ساختمان استفاده شود. در این حالت کار برد تیر های لانه زنبوری برای تیر پیوند در سیستم مهاربندی واگرا مناسب نمی باشد.

چنانچه عرض پلان ساختمان خیلی کم باشد طوری که در آن راستا ناچار به استفاده قاب خمشی باشیم در امتداد مزبور از تیر ها با اتصالات خور جینی و کلاً تیرهای لانه زنبوری استفاده نشود. شرایط خاص گیر دار اتصال تیر به ستون در این رابطه بایستی توسط مهندس ناظر دنبال شود. جوشکاری بعنوان مهمترین مسئله در اجرای یک ساختمان فلزی بایستی مورد توجه قرار گیرد و روش های مختلف کنترل کیفیت جوش در این خصوص بکار گرفته شود. کاهش بار مرده کف سازی و دیوار ها نیز می تواند به کاستن نیرو های جانبی ناشی از زلزله کمک نماید و بدین ترتیب اثر بعضی اشکالات اجرایی اجتناب نا پذیر را تا حدودی جبران نمود.

## مراجع

- [1] کوهیان افضلی، رویا غفوری اشتیانی، نگاهی به تکنولوژی ساخت ساختمان های متداول مسکونی در کشور. پژوهشنامه موسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله. شماره ۵.۶: ۱۳۷۵
- [2] تپو، مهران، نقدی بر فرایند طرح و اجرای ساختمان های فولادی در کشور: پژوهشنامه موسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله شماره ۱۳۷۹:۲
- [3] زهرائی. سید مهدی جنبه های کار بردی مقاوم سازی: سمینار آموزشی مقاوم سازی ساختمان های فولادی موجود: تبریز: مرداد ۱۳۸۱
- [4] سر حدی. احمد رضا، نقدی بر عمل کرد دفتر امور مهندسان ناظر شهر داری تهران: پیام نظام مهندسی: شماره ۱۳۸۱: ۲۲