عنوان مقاله : بررسی رفتار اتصالات در سازه های فولادی

نام و نام خانوادگی،عنوان،محل کار: نازنین سهرابی، دانشجوی کارشناسی، دانشگاه رازی کرمانشاه .
تلفن : ۸۳۵۹۹۹۵-۰۸۳۱ ، پست الکترونیکی:yekta1363_333_1385@yahoo.com

چکیده :

سازه های فولادی به دلیل سهولت و سرعت اجرای اسکلت و مقاومت و استحکامی که از پروفیل های فولادی در اذهان عمومی شکل گرفته است ، به طور وسیع مورد استفاده قرار می گیرند ولی رعایت نشدن بعضی از نکات در طراحی و اجرا ، ایمنی آنها را تهدید می کند. همانطور که می دانیم اغلب سازه ها از اجزای کوچکی تشکیل یافته اند که با داشتن پیوند مابین خود می توانند سازه ای واحد را پدید آورند .در ساختمان های فلزی ، اجزاء زیرسازه ای یعنی مجموعه تیرها ،ستون ها ،بادبندها و... می توانند به وسیله یکی از انواع اتصالات پیچی ،پرچی یا جوشی با یکدیگر در ارتباط باشند .طرح و اجرای اتصالات به عنوان عناصر واسطه همانند عناصر اصلی ساختمان از اهمیت ویژه ای برخوردار است و هرگونه ضعف در آنها می تواند عواقب جبران ناپذیری را به دنبال داشته باشد .از اوایل قرن حاضر تا کنون محققین زیادی بر روی انواع اتصالات فلزی مطالعه و تحقیق کرده اند و بر اساس آن بسیاری از این اتصالات با توجه به کثرت موارد مصرفشان به صورت یک سری جزئیات استاندارد در آئین نامه های معتبر فولادی در آمده اند .

در این مقاله انواع اتصالات رایج در ایران را به اختصار شرح داده و مزیتها و معایب هر یک تا حدودی مورد بررسی قرار گرفته است .نکته مهمی که در تحلیل و طراحی قابهای فولادی حائز اهمیت است ایجاد لولای پلاستیک در این نوع از قابهاست ،به طوریکه ایجاد لولای پلاستیک در تیر و در نزدیکی ستون کرنش های بسیار زیادی بر بال ستون و بر فلز جوش و نواحی حرارات دیده اطراف آن وارد می کند که می تواند منجر به بروز شکست ترد شود .همانطور که در ادامه ذکر خواهد شد ،باید سعی شود طراحی اتصالات تیر به ستون طوری صورت گیرد که محل تشکیل لولای پلاستیک تا حد امکان از ستون دور شود .به همین منظور به شرح مختصری در رابطه با نوعی از اتصالات به نام اتصالات استخوانی می پردازیم که در آنها با تضعیف تیر در برابر اتصال یعنی با استفاده از مقطع کاهش یافته تیر تا حد امکان سعی شده که مفاصل پلاستیک در تیرها تشکیل شود و ستون ها الاستیک باقی بمانند .علاوه بر آن شکل پذیری قابهائی که در آنها از اتصالات استخوانی استفاده شده است در برابر بارهای شدید لرزه ی ،بهبود می یابد .اتصالات صلب و نیمه صلب نیز در اغلب سازه های فولادی به کار می روند که در این بین ،اتصالات نیمه صلب به دلیل شکل پذیری زیاد و جذب انرژی زیاد ،رفتار بهتری در مقابل نیروهای زلزله نسبت به اتصالات صلب از خود نشان می دهند .علاوه بر اتصالات صلب و نیمه صلب ،اتصالات خورجینی یکی از شایعترین نوع اتصالات در کشور ایران است که در بیش از ۷۰ درصد ساختمان های اسکلت فلزی از این اتصالات استفاده شده است .این اتصالات متأسفانه سختی خمشی قابل قبولی ندارند و در صورت وقوع زلزله در اثر گسیخته شدن ،خسارات جانی و مالی غیر قابل جبرانی را به وجود می آورند .در این مقاله سعی شده است که به طور مختصر روشی برای تقویت اتصالات خورجینی در سازه های فولادی ارائه شود .

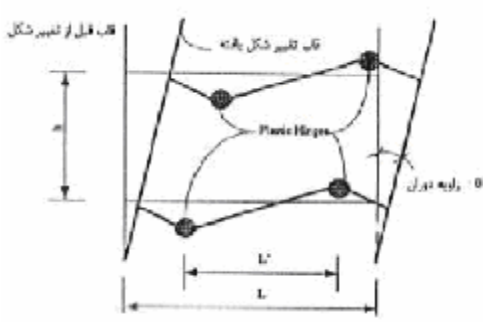
کلید واژه ها: *لولای پلاستیک،اتصال استخوانی،اتصال صلب،اتصال نیمه صلب،اتصال خورجینی.*

۱-مقدمه:

با توجه به این که خرابی های بوجود آمده در اکثر سازه های فولادی در اثر وقوع زلزله در اتصالات و یا نواحی نزدیک آن صورت گرفته است، در این مقاله سعی داریم به بررسی کلی چند اتصال رایج در کشور و معرفی نوعی اتصال موسوم به اتصال استخوانی بپردازیم که این نوع اتصال در واقع محل تشکیل لولای پلاستیک را تا حد امکان از ستونها دور می کند .همچنین در ادامه مقایسه ای کلی بین اتصالات صلب و نیمه صلب صورت خواهیم داد تا به شکل پذیرتر بودن اتصالات نیمه صلب و رفتار بهتر آنها نسبت به اتصالات صلب در برابر نیروهای زلزله ، اشاره کنیم .همانطور که در انتها بحث خواهیم کرد اتصالات خورجینی که از اتصالات رایج در ساختمانهای فولادی در ایران است ، در برابر بارهای ثقلی مقاوم بوده اما در برابر نیروهای جانبی دارای ضعفهایی است که مختصراً روشی برای تقویت این اتصالات ارائه خواهیم کرد.

۲- بررسی کلی اتصالات (تشکیل مفصل پلاستیک) :

بر اثر وارد آمدن بارهای جانبی به قابها و تغییر شکل غیرخطی در آنها،مفاصل پلاستیک در نقاط متعددی از آنها تشکیل می شود، قابها باید به گونه ای طراحی شوندکه تغییر شکل خمیری مورد نیاز آنها،در نتیجه ایجاد لولاهای پلاستیک در مقاطع از پیش تعیین شده ای از تیر تأمین گردد(شکل ۱). اتصالات تیر به ستون باید از مقاومت کافی برخوردار باشد به گونه ای که محل ایجاد لولای پلاستیک از ستون فاصله داشته باشد. این شرایط را می توان با ضعیف کردن نقاط مورد نظر تیر به صورت موضعی نیز فراهم نمود. تغییر شکل غیرخطی سازه های قابی در اثر پدید آمدن کرنش های خمشی و یا برشی غیرخطی در نقاط متعددی از سازه روی می دهد. در کرنش های غیر خطی زیاد، نقاط یاد شده لولاهای پلاستیک را بوجود می آورند.لولاهای مذکور قادرند تحت اثر بارهای ثابت(یا تقریبا ثابت) و در نتیجه جاری شدن تارهای کششی و فشاری و کمانش تارهای فشاری دوران های چشم گیری بنمایند.در صورتی که در یک قاب تعداد کافی لولای پلاستیک ایجاد شود ، یا اصطلاحاً مکانیزم تشکیل شود ، تغییر شکل جانبی خمیری در قاب پدید می آید. چنین وضعیتی با اتلاف انرژی قابل توجه و همینطور آسیب های موضعی در عضوهایی که کرنش بسیار زیاد را تحمل کرده اند همراه است. تشکیل لولای پلاستیک در ستونها نامطلوب است. ایجاد لولای پلاستیک در بخشی از ستون که در ناحیهٔ اتصال قرار دارد موجب بروز تنشهای ثانوی بسیار شدیدی در درز اتصال بال تیر به بال ستون می شود. این شرایط بسیار نامطلوب است زیرا منجر به شکست ترد می گردد. به همین ترتیب ، ایجاد لولای پلاستیک در تیر ولی در کنار ستون کرنش های بسیار زیادی بر مصالح بال ستون و کرنش غیر خطی زیادی بر فلز جوش و نواحی حرارت دیدهٔ اطراف آن تحمیل می کند و می تواند منجر به بروز شکست ترد شود.



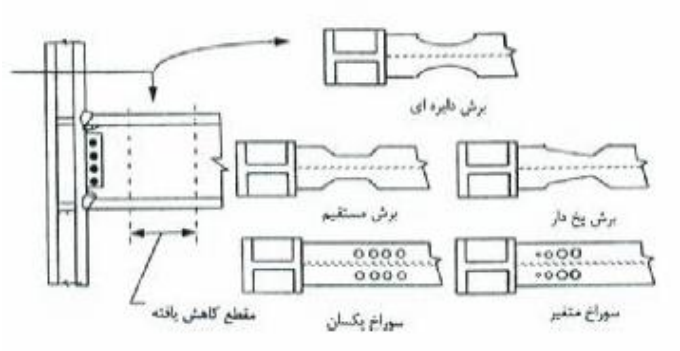
شکل ۱: *شرایط مطلوب قاب پلاستیک*

در حال حاضر توصیه بر این است که اتصال تیر به ستون به گونه ای ساخته شود که لولای پلاستیک در فاصلهٔ مناسبی از کنار ستون تشکیل شود. چنین شرایطی را می توان با تقویت موضعی اتصال یا ضعیف کردن موضعی مقطعی از تیر به فاصلهٔ مناسب از ستون فراهم نمود. در تیرهای فولادی لولای پلاستیک طول محدودی در حدود نصف ارتفاع تیر دارد. از این رو موقعیت لولای پلاستیک باید حداقل در همین حد با ستون فاصله داشته باشد. در صورتی که انتقال محل لولای پلاستیک با تقویت اتصال انجام شود ، ظرفیت خمشی ستون باید افزایش یابد تا از بروز شرایط ستون ضعیف جلوگیری به عمل آید.

بر مبنای موارد فوق الذکر ، هدف از طراحی اتصال تأمین شرایطی برای پیشگیری از تشکیل لولای پلاستیک در ستون یا مجاورت ستون و انتقال آن به موقعیت مشخصی در تیر می باشد. این امر با تقویت خود اتصال یا ضعیف کردن مقاطعی از تیر امکان پذیر است. در ضمن کلیه اجزای اتصال باید برای ایجاد نیروهای حاصل از تشکیل لولای پلاستیک و نیروهای ثقلی مقاومت کافی داشته باشند. در ادامه به بررسی روش دوم یعنی ضعیف کردن مقاطعی از تیر می پردازیم.

۲-۱-روش طراحی- اتصالات با مقطع تیر ضعیف شده:

در اینگونه اتصالات موقعیت لولای پلاستیک با ایجاد ضعف موضعی در مقطعی از تیر تعیین می شود. برای شروع ، نمونه ای از آنها از بین نمونه های نشان داده شده در شکل ۲ انتخاب می شود. در بین این مجموعه ،نمونه با انحنای دایره ای ارجح است زیرا بر اساس تجارب بدست آمده ، در سایر نمونه ها پیش از رسیدن به ظرفیت دوران پلاستیک ، مقطع منهدم شده است. در تمام موارد مذکور انهدام از نقاطی که مسیر بریدگی تغییر می کند و شرایط هندسی موجب افزایش شدت تنش می شود آغاز شده است. از این رو جلوگیری از ایجاد گوشه های تیز در بریدگی های بال تیر ضرورت دارد. نمونه ای از کاربرد مقطع تیر ضعیف شده ، اتصالات استخوانی است که در ادامه به شرح مختصری در رابطه با آن خواهیم پرداخت.

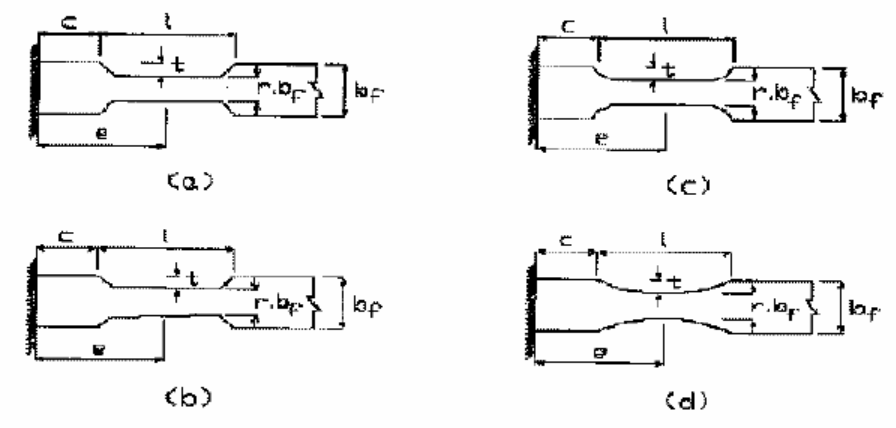


شکل ۲:*شکلهای مختلف برای مقطع ضعیف شدهٔ تیر*

۳-اتصالات استخوانی:

از زلزله های ۱۹۹۴ نرتریج امریکا و ۱۹۹۵ کوبهٔ ژاپن به بعد ، اتصالات خمشی متنوعی ابداع شدند که همگی کوشش می کردند مشکلات مشاهده شده در قابهای خمشی در این زلزله ها را رفع کنند. این کوششها که هم در جوشکاری و هم در طرح اتصالات صورت گرفتند منجر به پیدایش اتصالات خمشی تقویت شده ای نظیر ورق های پوششی(Cover plates) ، ریبها(Ribs) ، ورق های انتهایی (End plates) و اتصال گیرداردرخت ژاپنی (Japanese tree fixed connection) و غیره گردیدند.در قاب های خمشی فولادی چند طبقه ، در عرف طراحی مطلوب است که قاب منظمی طراحی شود ، به طوریکه مفاصل پلاستیک بتوانند در تیرها تشکیل شده و ستونها الاستیک باقی بمانندبه نحوی که اصل تیرضعیف- ستون قوی حاکم شود. اگرچه در اتصالات خمشی تقویت شدهٔ فوق این قوانین رعایت شده است و بر مشکلات زلزله فایق آمده اند ولی این اتصالات بسیار پر هزینه می باشند و از شکل پذیری و قابلیت اعتماد مناسبی برخوردار نیستند. تنها مزیت این اتصالات نسبت به اتصالات خمشی قبل از زلزلهٔ نرتریج آن است که همواره اتصالی را می سازند که قوی تر از تیراست. اما می توان همین کار را به وسیلهٔ تضعیف تیر در برابر اتصال(در طول محدودی از تیر نزدیک اتصال) انجام داد. استفاده از مقطع کاهش یافتهٔ تیر (Reduced beam section) در این ناحیه نظیر یک ماهیچهٔ استخوانی ، درعرض بال تیر ودر مجاورت اتصال گیردار تیر به ستون ، طرح بسیار مناسبی جهت بهبود شکل پذیری در قاب هایی که در معرض بارگذاری های شدید لرزه ای هستند، میباشد. ابتدا استخوانهای مستقیم در سال ۱۹۹۶ ابداع شدند(شکلa-۴) و سپس شکل آنها با توجه به نمودار لنگر خمشی تحت اثر بارهای جانبی تصحیح گشتند و استخوانهای خطی (شکلb-۴) بوجود آمده اند.بعد از آن به خاطر مشکل تمرکز تنش در لبه های استخوان ، نواحی انتقالی هموارو شعاعی گشتند و استخوانهای خطی شعاعی(شکلc-۴) در اواخر سال ۱۹۹۸ طرح شدند. از طرفی باز هم یک مشکل وجود داشت و آن صعوبت فرم برش بالها بود ، لذا اتصالات استخوانی شعاعی(شکلd-۴) یعنی برترین نوع اتصالات خمشی پا به عرصهٔ

ظهور گذاشتند.اتصال استخوانی شعاعی باهندسهٔ سادهٔ خود که نواحی انتقالی درآن مستتر است منجر به ارتقاء اتصالات استخوانی گشت. تحقیق برروی استخوانهای شعاعی در دو سال اخیر آغاز گردیده است.



شکل ٤: *انواع اتصالات استخوانی*

۳-۱-مزایای اتصالات استخوانی:

بطور کلی مزایایی که استفاده از اتصالات استخوانی به همراه می آورند را می توان به اختصار مطابق زیر بیان کرد:

۱)جلوگیری از تمرکز تنش در گره(بالهای تیر، جان تیر و بال ستون)

۲)جلوگیری از عبور نیروهای نا خواسته از مفصل سخت شده و عدم تهدید اتصال تیر به ستون .

۳)افزایش شکل پذیری اتصال.

۴)تغییر نوع گسیختگی از حالت ناگهانی و تردشکنی به حالت شکل پذیر.

۵) کاهش هزینه های اجرایی اتصالات و سازه.

۶) کاهش زمان اجرا.

۷)قابلیت اعتماد بیشتر به سازه.

٤-اتصالات صلب:

بنا به عللی همچون محدودیت های اجرائی یا در دسترس نبودن نیمرخ با شماره ای خاص ، مهندسین طرح دست به ابتکاری تازه زدند.در ایران به دلیل کمبود و هزینهٔ بالای نیمرخ های بال پهن (IPB) جهت استفاده به عنوان ستون ، معمولا دو نیمرخ (IPB) یا(INP) با کمی فاصله ازهم همراه با ورق تقویتی سراسری یا تسمه به صورت یک ستون واحد درآمده و تیرها به کمک ورق های اتصال به ورق تقویتی ستون متصل می شوند.این اتصال به همراه کلیهٔ ملحقات خودبه ظاهر می تواند یک اتصال کاملاً صلب باشد ، در حالیکه ورق تقویتی ستون فقط در امتداد کناره ها به ستون جوش شده و در این فاصله آزادانه

می تواند در اثر کشش حاصل از ورق اتصال در صفحهٔ عمود بر خود خم شده و نهایتاً با فرض باربری کافی(به صورت یک اتصال نیمه صلب) باعث دوران تیر نسبت به ستون می شود.

۵-اتصالات نیمه صلب:

استفاده از اتصالات نیمه صلب به جای اتصالات صلب در سازه های مقاوم در برابر زلزله اخیراً توسط محققین مطرح گردیده و در آیین نامه های زلزله در کشورهای مختلف من جملهUBCدر امریکا و EC8در اروپا به آن اشاره شده است .رفتار این نوع سازه ها در برابر نیروهای دینامیکی بستگی زیاد به رفتار غیر خطی اتصالات نیمه صلب دارد.اتصالات نیمه صلب به دو صورت ((Full strength)) و ((Partial strength))در سازه ها به کار گرفته می شود .بر اساس تعاریف موجود در آیین نامه ها اتصالات نیمه صلب که ظرفیت خمشی آنها از ظرفیت خمشی پلاستیک تیرهای متصل شده به ستونها درآن محل بیشتر باشد به صورت ((Full strength))و در صورتیکه کمتر باشد به صورت ((Partial strength))تعریف شده اند . تعدادی از محققین معتقدند که اتصالات نیمه صلب در حالت اول جایگزین مناسب برای اتصالات صلب برای سازه های مقاوم در برابر زلزله می باشند و گروه دیگر با مقایسهٔ رفتار سازه های صلب و نیمه صلب به این نتیجه رسیده اند که نوع دوم برای این نوع سازه ها مناسب تر و بعضاً دارای ظرفیت نهایی بیشتری برای جذب انرژی در مقابل نیروهای دینامیکی هستند.

٦-مقایسهٔ رفتار دینامیکی قابهای اسکلت فلزی با اتصالات صلب و نیمه صلب:

از مقایسهٔ نتایج آنالیز سازه های صلب و نیمه صلب می توان نتیجه گرفت که این نوع سازه ها به دلیل شکل پذیری زیاد اتصالات نیمه صلب و جذب انرژی زیاد آنها رفتار بهتری در مقابل نیروهای زلزله از خود نشان می دهند .اهم مزایای این نوع سیستم ها به شرح زیر می باشد :

پلاستیک شدن اتصالات و در نتیجه جذب انرژی زیاد در این محل ها باعث می شود که اتصالات در این نوع سازه ها مانند فیوز عمل کرده و از انتقال نیرو از تیرها به ستونها جلوگیری و از تمرکز تنش در اتصالات نیز ممانعت به عمل آورد. سازه های نیمه صلب در مقادیر شتاب کمتر به نقطهٔ تسلیم می رسند و در مقابل به دلیل طولانی تر بودن پریود در این نوع سازه ها و در نتیجه پائین بودن نیروهای زلزله در اعضاء در مقادیر بالاتر شتاب در مقایسه با سازه های صلب به حالت بحرانی می رسند. به همین علت این نوع سازه ها دارای شکل پذیری قابل توجه بوده و ضریب رفتار سازه در آنها بیشتر از مقادیر مشابه در سازه های صلب می باشد. اگر چه به دلیل نرم بودن این نوع سازه ها تغییر شکل های نسبتاً بزرگتر بایستی در این نوع سازه ها رخ دهد ولی مقادیرتغییر مکان نسبی در این نوع سازه ها به حد نهائی نرسیده و در بعضی از آنها حتی کمتر از مقادیر مشابه در سازه های صلب می باشد .

۷-اتصالات خورجینی:

اتصالات (ساده نیمه صلب و صلب) در سازه های فولادی نقش عمده ای در انتقال نیروهای ثقلی و نیروهای جانبی به عهده دارند .در ایران بیش از ۷۰ درصد ساختمان های اسکلت فلزی منطبق بر هیچ یک از تقسیم بندی فوق نبوده و در آنها از اتصال خورجینی استفاده می شود.استفاده از اتصال خورجینی که در آنها تیرها به صورت سراسری از کنار ستون ها عبور می کند به واسطهٔ سهولت اجرای کار ، کاهش مقطع تیر و کاهش برشکاری و جوشکاری صورت می گیرد. اینگونه اتصالات در برابر بارهای ثقلی مقاوم بوده اما در برابر نیروهای جانبی دارای ضعف هایی می باشد که چنانچه از فرم های مختلف بادبندی در قاب خورجینی استفاده گردد مقاومت آنها بهبود و سختی آنها افزایش می یابد.برای تقویت اتصالات خورجینی روشهای تقویتی مختلفی پیشنهاد شده است که از جملهٔ این روشها ،یکی جوش دادن لچکی به نبشی های بالا و پایین و همچنین جوش دادن ورق تقویت روی بالهای تیرهای اصلی واتصال این ورق ها به ستون می باشد .

۸-نتیجه گیری:

با توجه به آنچه ذکر شد می توان به این نتیجه رسید که تشکیل مفصل پلاستیک در قابها، در اثر نیروهای لرزه ای ، امری اجتناب ناپذیر است چرا که نیروهای جانبی باعث پدید آمدن کرنش های خمشی ویا برشی غیر خطی در نقاط متعددی از قابها شده که تغییر شکل های غیر خطی را پدید می آورد و در نقاط مذکور در اثر این کرنش های غیر خطی زیاد ، مفاصل پلاستیک تشکیل می شوند. بنابراین باید سعی شود که در طراحی تیر ها و ستون ها از روش هایی استفاده کرد تا محل تشکیل مفاصل پلاستیک تا حد امکان از ستون دور شده و در تیر به فاصله ی مناسبی از ستون قرار گیرد. دو روشی که به اختصار به آنها اشاره کردیم روش تقویت موضعی اتصال و روش تضعیف موضعی مقطع تیر به فاصله ای مناسب از ستون می باشد. روش دوم در نوعی از اتصالات موسوم به اتصالات استخوانی به کار گرفته شده است که در این اتصال، استفاده از مقطع کاهش یافته تیر نظیر یک ماهیچه ی استخوانی ، در عرض بال تیر و در مجاورت اتصال گیر دار تیر به ستون طرح بسیار مناسبی جهت بهبود شکل پذیری در قابهایی که در معرض بار گذاری های شدید لرزه ای هستند، می باشد.روی هم رفته استخوانها ، نوید بخش ترین دتایل اتصال خمشی برای کاربرد در مناطق شدیداً زلزله خیز می باشد. در بین اتصالات استخوانی نیز استخوانهای شعاعی بهترین رفتار و اقتصاد را دارا هستند. همچنین اتصالات صلب زمانی عملکرد مؤثری خواهند داشت که ضمن تحمل برش ، شرایط مقاومت بالا ، سختی مناسب ، ظرفیت دوران کافی بعد از مقاومت نهایی ، صرف هزینه و زمان کم برای ساخت را برآورده کنند. یک اتصال صلب نمی تواند همزمان سه شرط اول و شرط آخر را دارا باشد. به همین منظور طرح اتصالات نیمه صلب به عنوان راه حلی برای داشتن اتصالی بهینه می تواند مناسب باشد علاوه بر آن این اتصال باعث جذب انرژی زیاد و

رفتار بهتر سازه در مقابل نیروهای زلزله می شود. اتصالات خورجینی نیز به دلیل سهولت در اجرا، کاهش مقطع تیرو کاهش برشکاری و جوشکاری ، از اتصالات رایج در کشور در سازه های فولادی است که در برابر نیروهای ثقلی مقاوم بوده اما در برابر نیروهای جانبی ضعف هایی دارد و همانطور که اشاره شد به وسیله ی جوش دادن لچکی به نبشی های بالا و پایین و یا جوش دادن ورق تقویت روی بال های تیر های اصلی و اتصال این ورق ها به ستون می توان تا حدودی این اتصالات را در برابر نیروهای جانبی تقویت کرد.

۹-مراجع:

۱-مهندس شاهوردیان ،کورش ،"مروری بر طرح واجرای سازه های فولادی مقاوم در برابر زلزله"،انتشارات مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر،چاپ اول بهار ۱۳۸۱ .

۲- واکاباياشی ،مینورو ،ترجمهٔ محمد مهدی سعادتپور،"ساختمان های مقاوم در برابر زلزله".

۳-دکتر عباس نیا، رضا و مهندس نیک خورمیزی، آرش ،" بکارگیری اتصال استخوانی،جهت افزایش شکل پذیری و نرمی سیستم قاب مقاوم خمشی ویژه فولادی در سازه های بلند مرتبه"،مجموعه مقالات دومین همایش بین المللی ساختمان های بلند.

۴- حجازی ،مهرداد-محمد، و ستوده، رحمان ،" استفاده از ضایعات نیمرخ های مصرفی در ساختمان برای تقویت اتصالات خورجینی در سازه های فولادی در مقابل زلزله با در نظر گرفتن تنش پسماند و اثر $P-\Delta$ "،برگرفته از آدرس اینترنتی www.abase.irandoc.ac.ir .

۵-دکتر دانش، فخرالدین ،" آنالیز دینامیکی غیرخطی سازه های اسکلت فلزی با اتصالات نیمه صلب و مقایسهٔ نتایج آنالیز با نتایج تجربی"، برگرفته از آدرس اینترنتی www.abase.irandoc.ac.ir .

۶- آقاکوچک ،علی اکبر و فتحی، مجتبی ،" بررسی موردی رفتار دینامیکی غیرخطی قابهای دارای اتصال خورجینی تحت اثر زلزله ونیاز شکل پذیری آنها"، برگرفته از آدرس اینترنتی www.abase.irandoc.ac.ir .

۷- نقی پور، مرتضی ،و کاوه ،علی و اسمریان نسب، رضا ،" بررسی رفتار غیرخطی اتصالات نیمه صلب در سازه های فولادی"،برگرفته از نمایه،سایت مرکزی دانشگاه رازی کرمانشاه.

۸- قدرتی امیری ،غلامرضا و گل محمدی، علی ،" رفتار لرزه ای قابهای خمشی ویژه با اتصالات استخوانی"، برگرفته از نمایه،سایت مرکزی دانشگاه رازی کرمانشاه.

۹-دکتر مزروعی، علی ،دکتر سیمونیان، واهاک و مهندس نیکخواه عشقی، مجید ،" بررسی تجربی درصد گیرداری اتصالات صلب جوشی متداول درقابهای خمشی برای مناطق زلزله خیز"، برگرفته از آدرس اینترنتی www.abase.irandoc.ac.ir.

۱۰-مهندس رویا کوهیان و دکتر حسن مقدم،مقاله مدلسازی و تحلیل قاب با اتصالات خورجینی و اثر آنها بر نیروهای داخلی قاب، برگرفته از آدرس اینترنتی www.abase.irandoc.ac.ir.

۱۱-دکتر فخرالدین دانش،مقاله مقایسهٔ رفتار دینامیکی قابهای اسکلت فلزی با اتصالات صلب و نیمه صلب، برگرفته از آدرس اینترنتی www.abase.irandoc.ac.ir.