

اثر طراحی و اجرای اتصالات جوشی بر آسیب پذیری لرزه ای سازه های فولادی

اجرای اتصالات جوشی ، آسیب پذیری لرزه ای ، سازه های فولادی ، عملکرد لرزه ای ساختمانهای فولادی ، صنعت جوشکاری ساختمان ، اثر طراحی و اجرای اتصالات جوشی بر آسیب پذیری لرزه ای سازه های فولادی

چکیده

باگذشت حدود ۵۰ سال از کاربرد اتصالات جوشی در صنعت ساختمان در ایران هنوز نقایص زیادی در اجرای ساختمانهای فولادی جدید مشاهده می شود. در یک بررسی اولیه عوامل زیر را می توان به عنوان دلایل اصلی نقایص ذکر کرد:

۱- عدم طرح دقیق اتصالات جوشی با توجه به عملکرد مورد نظر آنها

۲- عدم انطباق اجرای معمول ساختمان با آیین نامه ها و دستورالعملها

۳- کیفیت پایین جوش به علت عدم وجود آموزش کلاسیک کافی در این زمینه برای مهندسان و جوشکاران

۴- نبود نظارت اصولی و دقیق بر اجرای جوشکاری در ساختمانهای شهری در کشور.

در این مقاله بعد از مرور خرابیهای سازه های فولادی در زلزله های گذشته ایران و جهان سعی گردیده تا طراحی و اجرای معمول و سنتی سازه های فولادی جوش شده در کشور با حالت قابل قبول آن مقایسه گردد. برای این منظور از آیین نامه های معمول طراحی سازه های فولادی ایران و آیین نامه های طراحی کشورهای صنعتی زلزله خیز استفاده شده تا مشخص شود که چه مواردی از اجرا یا آیین نامه ها و دستورالعملهای اجرایی همخوانی ندارد. علاوه بر آن مطالعه ای بر روی نقاط ضعفی که ناشی از اجرای جوش می باشد انجام گرفته و در پایان پیشنهاداتی برای بهبود وضع موجود و کاهش خطرات ناشی از زلزله ها در این نوع سازه ها ارائه گردیده است.

مقدمه

سازه فولادی از مجموعه ای از اعضای باربرساخته شده از نیم رخیهای فولادی یا ورق می باشد که به کمک اتصالات به یکدیگر متصل می گردند. با توجه به روشهای تکامل یافته ای که برای تولید نیمرخ های فولادی به کار گرفته می شود این مقاطع غالباً رفتار در حد قابل انتظاری از خود نشان می دهند. مساله بسیار مهم رفتار اتصالاتی است که الف) برای ساخت اعضای مرکب از نیمرخ و ورق برای یکپارچه نمودن اعضا (شامل تیر و ستون و مهاربندها) در محل گره ها مورد استفاده قرار می گیرد. وسایلی که برای ساخت اعضا و اتصال آنها به یکدیگر به کار می رود شامل پیچ و پرچ و جوش است. در این میان استفاده از جوش در ساختمان سازی متعارف در ایران بسیار رایج است. تا زمان وقوع زلزله نورث ریچ (۱۹۹۴) تصور بر این بود که در صورت رعایت اصول فنی در طرح و اجرای سازه های فولادی جوشی این سازه هادر زلزله عملکرد قابل قبولی از خود نشان می دهند. اما وقوع این زلزله این فرض را زیر سوال برد. در این زلزله مشاهده شد که در بسیاری از اتصالات ، در محل درز جوش اتصال ، فلز مادر (metal Base) دچار ترک یا یعضاً شکست شده است. اساتسن مساله باعث شد تا تحقیقات گسترده ای در مورد علت این پدیده صورت گیرد که این تحقیقات تا به امروز ادامه دارد. از طرف دیگر مشاهده و تحقیق درباره وضعیت ساخت و ساز ساختمانهای فولادی نشان می دهد که اتصالات جوشی متداول در ایران از کیفیت مناسبی برخوردار نیستند و با وجود سابقه نسبتاً طولانی در استفاده از جوشکاری در صنعت ساختمان هنوز نقایص زیادی در این زمینه مشاهده می شود.

عملکرد لرزه ای ساختمانهای فولادی

براساس تجربه های حاصل از زلزله های گذشته و مطالعات انجام گرفته سازه هایی در برابر زلزله دارای عملکرد بهتری هستند که بتوانند ضمن حفظ پایداری و انسجام کلی خود انرژی ناشی از زلزله را تا حد امکان جذب و مستهلک نمایند. با توجه به منحنی نیرو-تغییر مکان سازه ها و توجه به این مطلب که سطح بین منحنی نیرو-تغییر مکان و محور تغییر مکان نشان دهنده میزان انرژی جذب شده توسط سازه است. هر چه سازه شکل پذیرتر باشد انرژی بیشتری را هنگام زلزله جذب کرده و رفتار مطلوبتری دارد. فولاد نرمه به علت طبیعت شکل پذیر از این نظر ماده مناسبی می باشد و می تواند میزان زیادی انرژی جذب کند. اما تجربه نشان داده است که در سازه های فولادی در صورت عدم استفاده از اتصالات مناسب عملکرد مناسب لرزه ای آنها مناسب و قابل قبول نخواهد بود و در اثر زلزله دچار شکست سازه ای و یا انهدام خواهد شد. در زلزله منجیل (۱۳۶۹) مشاهده شد که تعدادی از ساختمانهای فولادی دچار تخریب کامل شدند. رفتار این سازه ها در این زلزله ثابت کرد که در بسیاری از موارد سازه های موجود دارای سیستم مقاوم زلزله مناسبی نیستند. استفاده از تیرهای خورجینی (تیرهای سرتاسری در دو طرف ستون با اتصال نبشی) و عدم شناخت سیستم حاصل و مدل صحیح برای این اتصالات باعث شده این سیستم از نظر مهندسی زلزله بسیار آسیب پذیر تلقی گردد. درس حاصل از این زلزله کیفیت پایین ساخت و ساز شهری بود که در سالهای اخیر تلاشهایی برای اصلاح آن به عمل آمده است. در زلزله نورث ریچ آمریکا مشاهده شد که در بسیاری از ساختمانهای فولادی اتصال تیرها و ستونها دچار ترک و یا بعضاً شکست شد. بیشتر این ترکها و شکستها در بال ستون اتفاق افتاده است.

صنعت جوشکاری ساختمان در ایران

با گذشت ۵۰ سال از استفاده از جوش در ساختمان دهه اخیر (۱۳۷۰-۸۰) از نظر تعداد ساختمانهایی که با سازه های فولادی طراحی و اجرا شده اند کاملاً استثنایی به شمار می آید. در نیمه دوم این دهه دهها هزار سازه فولادی در تهران و شهرهای بزرگ ایران به ناگهان سر از زمین برآورد. گسیل سرمایه ها به سوی ساخت و ساز شهری و تبدیل ساخت سرپناه به ماشین سرمایه گذاری جهت سودهای کلان باعث گردید تا رعایت اصول فنی و ایمن سازی ساختمانها در برابر زلزله در برابر منفعت طلبی صاحبکاران عملاً مورد توجه قرار نگیرد. از طرف حجم عظیم ساخت و ساز نیروز انسانی زیادی اعم از مهندس و تکنسین و جوشکار احتیاج داشت که باعث ورود افراد غیرمتخصص به این جرگه گردید. تمامی این مسایل دست به دست هم داد تا طرح و اجرای ساختمانهای فولادی آنچنان که باید از کیفیت مطلوبی برخوردار نباشد. تخریب کلی ساختمانهای فولادی در زلزله منجیل، موید پایین بودن کیفیت ساختمانهای فولادی کشور می باشد. از میان تمامی عوامل دخیل در طرح و ساخت سازه های فولادی اتصالهای جوشی از نارساییهای بیشتری برخوردارند. علل اصلی پایین بودن کیفیت جوش در ساخت و سازه های شهری را می توان به صورت زیر بیان نمود:

۱- عدم انطباق اجرای معمول سازه های فولادی با آیین نامه ها و دستورالعملها

۲- کیفیت پایین جوش به علت عدم آموزش کلاسیک کافی در این زمینه برای جوشکاران و مهندسان

۳- نبود نظارت اصولی و دقیق بر اجرای جوشکاری در ساختمانهای شهری در کشور

۴- عدم طرح دقیق اتصال جوشی با توجه به عملکرد مورد نظر آنها

۱- عدم انطباق اجرای معمول سازه های فولادی با آیین نامه ها و دستورالعملها

در بسیاری از موارد طرز اجرای متداول جوش با جزییات ارایه شده در آیین نامه تطابق ندارد. این موارد ناشی از موارد متعددی است که از میان آنها به موارد زیر می توان اشاره کرد:

الف) آشنا نبودن مهندسین سازه به مسایل اجرایی و در نتیجه ارایه نقشه ها و جزییات غیر قابل اجرا

ب) گران تر بودن هزینه اجرای جزییات آیین نامه نسبت به روش سنتی اجرا (پاگاه نبودن کارفرما و یا مهندس مجری طرح به جزییات آیین نامه و عدم توانایی در تمیز دادن حالات مختلف از یکدیگر

بعد از اجباری شدن آیین نامه ۲۸۰۰ در سال (۱۳۶۸) اهمیت وجود سیستم مقاوم در برابر زلزله از یک طرف و محدودیتهای معماری برای استفاده از سیستم مهاربندی از طرف دیگر باعث استفاده روزافزون از سیستم قاب خمشی در جهت عرضی ساختمانها شد. در این سیستم اتصال تیر به ستون از نوع گیردار بوده یعنی باید توانایی انتقال برش و لنگر از تیر به ستون وجود داشته باشد. در این نوع اتصالات از ورقهای بالاسری و زیرسری که در محل اتصال به ستون برای ایجاد جوش نفوذی کامل خورده است استفاده می شود. اما از آنجایی که متاسفانه عملیات جوشکاری در محل کارگاههای ساختمانی و نه در محل کارخانه صورت می گیرد کنترل کیفیت جوش بخصوص در هنگام مونتاژ در ارتفاع زیاد از سطح زمین حتی به صورت عینی (Visual) امکان پذیر نمی باشد. همچنین معمولاً در محل اتصال ورق به ستون به جای جوش نفوذی از جوش گوشه استفاده می شود در نتیجه هنگام زلزله این نقاط علاوه بر تحمل نیروی کمتر در حالت تردشکن گسیخته خواهد شد. زمانی که در یک عضو فشاری از دو مقطع در کنار یکدیگر استفاده می شود باید هم پایداری کل عضوه عنوان یک المان و هم پایداری تک تک مقاطع کنترل شود تا هیچ کدام تحت تاثیر نیروی فشاری به طور جداگانه دچار کماتش نشوند. برای این منظور این مقاطع باید در فواصل مشخص به یکدیگر متصل شوند تا طول آزاد آنها کاهش یابد. بسیاری از اوقات بادبندهای دوپل در طول خود به یکدیگر وصل نمی شوند و در نتیجه دو مقطع با یکدیگر عمل نمیکنند و بار بحرانی عضو کمتر از مقداری است که مهندس سازه در محاسبات خود منظور نموده است. میحث دهم مقررات ملی ساختمان حداکثر فاصله بین جوش دو مقطع در ستونهای ترکیبی را مقرر نموده است اما در موارد زیادی مشاهده می شود که فاصله بین جوش ستونها بیشتر از این مقدار است.

۲- کیفیت پایین جوش به علت عدم آموزش کلاسیک کافی در این زمینه برای جوشکاران و مهندسان

یکی از مهمترین اشکالات موجود در اجرای ساختمانهای فولادی در کشور کیفیت پایین جوشکاری ساختمان می باشد. عوامل مختلفی در این امر تاثیر می گذارند. استفاده از جوشهای کارگاهی حتی در مورد جوشهای نفوذی و اجرای کل جوشکاری در کارگاه ساختمانی و استفاده از نیروی انسانی غیرمغرب از عوامل اصلی پایین آمدن کیفیت جوشکاری ساختمان می باشد. در نتیجه عوامل بر شمرده شده مشکلات عدیده ای گریبانگیر اتصالات جوشی می باشد.

در بسیاری از موارد سطح فلز در حال جوش آلوده به روغن یا مواد نامناسب دیگر است و یا اینکه روی فلز زنگ زده یا رنگ خورده جوش داده می شود. گاه در فاصله بین پاسهای متوالی جوش حتی از جدا نموده گل جوش نیز خودداری می شود و یابدون برداشتن گل جوشکاری اقدام به زدن رنگ ضدزنگ می شود. از انواع جوشهایی که در کارهای ساختمانی بسیار از آن استفاده می شود جوش سربالا می باشد. به علت سختی اجرا در غالب موارد این نوع جوش از کیفیت پایینی برخوردار است. در بسیاری از موارد در اثر استفاده از تکنیکهای نامناسب جوشکاری نقیصی چون تابیدگی و پیچش در قطعات اتفاق می افتد.

عیوبی نظیر نفوذ ناقص بریدگی کناره جوش اختلاط سرباره تخلخل و وجود ترک در فلز مادر باعث کاهش ظرفیت باربری قطعات می شود. یکی از متداولترین اشکال مقاطع مورد استفاده در سازه های فولادی تیرهای لانه زنبوری می باشد. بسیاری از مجریان طرح این تیرها را در وضعیت

نامطلوبی در کارگاه ساختمانی مونتاز می کنند. در بسیاری از موارد جوش میانی تیر از کیفیت پایینی برخوردار است و با توجه به اهمیت عملکرد مناسب این قسمت و تقویت‌های لازم درمجل تکیه گاه تیر و وسط آن صورت نمی پذیرد. متأسفانه طراحی و اجرای پلکانهای فولادی در ساختمانها نیز از کیفیت پایینی برخوردار است و با توجه به اهمیت عملکرد مناسب این قسمت ساختمان پس از زلزله دقت لازم در ساخت آن مبذول نمی شود .

۳- نبود نظارت اصولی و دقیق بر اجرای جوشکاری در ساختمانهای شهری در کشور با توجه به اهمیتی که شهرداری برای مسایلی از قبیل پارکینگ و نورگیرها و مسایلی از این دست قایل است مشاهده می شود که بیشتر توجه مهندسان نیز به این امور معطوف می باشد و توجه چندانی به مسایل سازه ای نمی شود. البته باید به این نکته نیز اشاره شود که به علت عدم وجود آموزش جوشکاری در واحدهای درسی دانشجویان عمران مهندسی که از دانشگاه فارغ التحصیل می شوند در این زمینه دارای اطلاعات کافی نیستند و به عنوان مهندس ناظر نمی توانند مسولیت خود را به نحو احسن انجام دهند. البته باید به این موارد مساله سختی کار را نیز افزود. به علت جوشکاری در ارتفاع غالب مهندسیان از انجام بازدید از این جوشها طفره می روند. در نهایت امر اینکه آن طور که از ظواهر امر مشخص است شهرداریها نیز در این زمینه کوچکترین نقشی ایفا نمی کنند و هیچگونه نظارتی بر اجرای ساختمانها ندارند.

۴- عدم طرح دقیق اتصال جوشی با توجه به عملکرد مورد نظر آنها بسیاری از کارفرمایان عمل طراحی سازه و ایجاد تمهیدات مقابله با زلزله را یک امر زاید می دانند و تلاش می کنند تا کمترین هزینه ممکن را صرف این کار نمایند. از طرف دیگر شهرداریها کمترین نظارتی بر طرح و اجرای سازه ها نداشته فقط به مسایل معماری دقت می کنند. این عوامل دست به دست هم می دهد تا فقط حق امضای مهندسیان سازه اهمیت داشته باشد و طرح از حداقل اهمیت برخوردار باشد به خاطر همین موضوع مهندسیان سازه اغلب کمترین وقت را صرف این عمل می نمایند و بالطبع دقت لازم را در طرح اتصالات جوشی مبذول نمی شود. بعضی اوقات از اتصالات طرح شده برای یک ساختمان در نقشه های دیگر ساختمانها استفاده می شود. در بسیاری از موارد جزییات اتصالات موجود در نقشه ها نامفهوم بی دقت و ناقص است.

نتیجه گیری و پیشنهادات

از بررسی های انجام شده بر روی ساخت و ساز ساختمانهای فلزی در سطح تهران مشخص است که هنوز مشکلات زیادی در طرح و اجرای این سازه ها وجود دارد. و عمده مشکلات و نقایص مربوط به اتصالات جوشی است. اجرای جوش کارگاهی و نبود آموزش کافی برای مهندسان عمران و عدم نظارت کافی بر حسن اجرای جوش و ... مشکلاتی است که این صنعت را رنج میدهد. و برای رفع این موارد بهترین راه

۱- در صورت امکان استفاده از جوش در کارخانه به جای جوش کارگاهی

۲- بالابردن سطح آگاهی عمومی جامعه درباره زلزله بر ساختمانها

۳- آموزش جوشکاری به جوشکاران و دادن گواهینامه به جوشکاران ماهر ساختمانی

۴- آموزش جوشکاری به عنوان واحد درسی به مهندسیان عمران و یا ایجاد شاخه جدیدی تحت عنوان بازرسی جوش اسکلت برای مهندسیان ناظر

۵- تقویت سیستم نظارتی موجود و ایجاد سیستم های نظارتی ناظر بر کار مهندسیان