

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

تحلیلگران: دکتر سasan عشقی ، مهندس مسعود نورعلی

کلمات کلیدی : جوشکاری، ساختمان، زلزله

گردآوری و تدوین:

مهندس احسان راستگو

Civilbooks.blogfa.com

چکیده تحلیل

با گذشت حدود ۵۰ سال از کاربرد اتصالات جوشی در صنعت ساختمان در ایران هنوز نقایص زیادی در اجرای ساختمان های 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 آن ها

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

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 ساختمان های 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 دستورالعمل های اجرایی همخوانی ندارد. علاوه بر آن مطالعه ای بر روی نقاط ضعیفی 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 ارایه گردیده است.

مقدمه

سازه فولادی از مجموعه ای از اعضای باربر ساخته شده از نیمرخ های فولادی یا ورق می باشد که به کمک اتصالات به یکدیگر متصل می گردد. با توجه به روش های 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 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 آن ها به یکدیگر به کار می رود شامل پیچ و پیچ 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 ها در 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(Base metal) دچار ترک یا بعضاً شکست شده است. این مساله باعث شد تا تحقیقات گسترشده 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 ساختمان های 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 ساختمان های 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 مستهلك نمایند. با توجه به منحنی نیرو-تغییر مکان سازه ها و توجه به این مطلب که سطح بین منحنی نیرو-تغییرمکان 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 آن ها 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 ساختمان های 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 نبیشی) 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 سال های اخیر تلاش هایی برای اصلاح آن به عمل آمده است. در زلزله نورث ریچ آمریکا مشاهده شد که در بسیاری از ساختمان های فولادی اتصال تیرها و ستون ها دچار ترک و یا بعضاً شکست شد. بیشتر این ترک ها و شکست ها 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 ساختمان هایی که با سازه های فولادی طراحی و اجرا شده اند کاملاً استثنایی به شمار می آید. در نیمه دوم این دهه ده ها هزار سازه فولادی در تهران و شهرهای بزرگ ایرن به ناگهان سر از زمین برآورد. گسیل سرمایه ها به سوی ساخت و ساز شهری و تبدیل ساخت سرینا به ماشین سرمایه گذاری جهت سودهای کلان باعث گردید تا رعایت اصول فنی و ایمن سازی ساختمان ها در برابر زلزله در برابر منفعت طلبی صاحبکاران عملای مورد توجه قرار نگیرد. از طرف حجم عظیم ساخت و ساز نیروی 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 ساختمان های فولادی آنچنان که باید از کیفیت مطلوبی برخوردار نباشد. تخریب کلی ساختمان های فولادی در زلزله منجیل موید پایین بودن کیفیت ساختمان های فولادی کشور می باشد. از میان تمامی عوامل دخیل در طرح و ساخت سازه های فولادی اتصال های

جوشی از نارسایی های بیشتری برخوردارند. علل اصلی پایین بودن کیفیت جوش در ساخت و سازهای شهری را می توان به صورت زیر بیان نمود :

- ۱- عدم انطباق اجرای معمول سازه های فولادی با آیین نامه ها و دستورالعمل ها
- 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 ساختمان های شهری در کشور
- ۴- عدم طرح دقیق اتصال جوشی با توجه به عملکرد مورد نظر آن ها

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

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

الف) آشنا نبودن مهندسین سازه به مسایل اجرایی و در نتیجه ارایه نقشه ها و جزیيات غیرقابل اجرا

ب) گران تر بودن هزینه اجرای جزیيات آیین نامه نسبت به روش سنتی اجرا

پ) آگاه نبودن کارفرما و یا مهندس مجری طرح به جزیيات آیین نامه و عدم توانایی در تمیز دادن حالات مختلف از یکدیگر

بعد از اجباری شدن آیین نامه ۲۸۰۰ (۱۳۶۸) اهمیت وجود سیستم مقاوم در برابر زلزله از یک طرف و محدودیت های معماری برای استفاده از سیستم مهاربندی از طرف دیگر باعث استفاده روزافزون از سیستم قاب خمشی در جهت عرضی ساختمان ها 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 ورق های 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 کارگاه های 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 گیسخته خواهد شد. زمانی که در یک عضو فشاری از دو مقطع در کنار یکدیگر استفاده می‌شود باید هم پایداری کل عضو به عنوان یک المان و هم پایداری تک تک مقاطع کنترل شود تا هیچکدام تحت تاثیر نیروی فشاری به طور جداگانه چار کمایش نشوند. برای این منظور این مقاطع باید در فواصل مشخص به یکدیگر متصل شوند تا طول آزاد آن‌ها کاهش یابد. بسیاری از اوقات بادبندهای دوبل در طول خود به یکدیگر وصل نمی‌شوند و در نتیجه دومقطعه با یکدیگر عمل نمی‌کنند و بار بحرانی عضو کمتر از مقداری است که مهندس سازه در محاسبات خود منظور نموده است. مبحث دهم مقررات ملی ساختمان حداکثر فاصله بین جوش دو مقطع در ستون‌های ترکیبی را مقرر نموده است. اما در موارد زیادی مشاهده می‌شود 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 می‌باشد. عوامل مختلفی در این امر تاثیر می‌گذارند. استفاده از جوش‌های کارگاهی حتی در مورد جوش‌های نفوذی و اجرای کل جوشکاری در کارگاه ساختمانی و استفاده از نیروی انسانی غیرمجرب از عوامل اصلی پایین آمدن کیفیت جوشکاری ساختمان می‌باشد. در نتیجه عوامل برشمرده شده مشکلات عدیده‌ای گریبانگیر اتصالات جوشی می‌باشد.

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 می‌شود. گاه در فاصله بین پاس‌های متوالی جوش حتی از جدا نموده گل جوش نیز خودداری می‌شود و یا بدون برداشتن گل جوشکاری اقدام به زدن رنگ ضدزنگ می‌شود. از انواع جوش‌هایی که در کارهای ساختمانی بسیار از آن استفاده می‌شود جوش سربالا می‌باشد. 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 نقایصی چون تابیدگی و پیچش در قطعات اتفاق می‌افتد.

عیوبی نظیر نفوذ ناقص بریدگی کناره جوش اختلاط سرباله تخلخل و وجود ترک در فلز مادر باعث کاهش ظرفیت باربری قطعات می‌شود. 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 مونتاژ می کنند. در بسیاری از موارد جوش میانی تیر از کیفیت پایینی برخوردار است و با توجه به اهمیت عملکرد مناسب این قسمت و تقویت های لازم در محل تکیه گاه تیر و وسط آن صورت نمی پذیرد. متأسفانه طراحی و اجرای پلکان های فولادی در ساختمان ها 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- بود نظارت اصولی و دقیق بر اجرای جوشکاری در ساختمان های شهری در کشور

با توجه به اهمیتی که شهرداری برای مسایلی از قبیل پارکینگ و نورگیرها و مسایلی از این دست قابل 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 مهندسینی که از دانشگاه فارغ التحصیل می شوند در این زمینه دارای اطلاعات کافی نیستند و به عنوان مهندس ناظر نمی توانند مسؤولیت خود را به نحو احسن انجام دهند. البته باید به این موارد مساله سختی کار را نیز افزود. به علت جوشکاری در ارتفاع غالب مهندسین از انجام بازدید از این جوش ها طفره می روند. در نهایت امر اینکه آنطور که از ظواهر امر مشخص است شهرداری ها نیز در این زمینه کوچکترین نقشی ایفا نمی کنند و هیچگونه نظارتی بر اجرای ساختمان ها ندارند.

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

بسیاری از کارفرمایان عمل طراحی سازه و ایجاد تمہیدات 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 شهرداری ها کمترین نظارتی بر طرح و اجرای سازه ها نداشته فقط به مسایل معماري دقت می کنند. این عوامل دست به دست هم می دهد تا فقط حق امضای مهندسین سازه اهمیت داشته باشد و طرح از حداقل اهمیت برخوردار باشد به خاطر همین موضوع مهندسین 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 ساختمان ها استفاده می شود. در بسیاری از موارد جزئیات 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 ساختمان های فلزی در سطح تهران مشخص است که هنوز مشکلات زیادی در طرح و اجرای این سازه ها وجود دارد. و عمدۀ 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 می دهد. 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 ساختمان ها
- ۳- آموزش جوشکاری به جوشکاران و دادن گواهینامه به جوشکاران ماهر ساختمانی
- ۴- آموزش جوشکاری به عنوان واحد درسی به مهندسین عمران و یا ایجاد شاخه جدیدی

تحت عنوان بازرسی جوش اسکلت برای مهندسین ناظر

- ۵- تقویت سیستم نظارتی موجود و ایجاد سیستم های نظارتی ناظر بر کار مهندسین عمران می باشد.

گردآوری و تدوین:
مهندس احسان راستگو
Civilbooks.blogfa.com