

بررسی لزوم جایگزینی جوش سربه سر میلگرد با وصله پوششی

فرزام بدآغی

دانشجوی کارشناسی مهندسی عمران، دانشگاه تبریز

E-mail : farzam.bodaghi@gmail.com

چکیده

به گواه تجربه، عمده ضعف سازه های کشور ناشی از اجرای نادرست میباشد و نتیجه این روند اجرایی نادرست کاهش مقاومت اعضا و عمر مفید سازه ها بوده که ضمن تحمیل زیانهای اقتصادی و هدررفت سرمایه های ملی، طراحان را ناچار به محافظه کاری بیشتر در طراحی میکند. حال آنکه در علوم مهندسی و بلاخص در مهندسی عمران توجه به اقتصاد پروژه در کنار پارامترهای پایداری و ایمنی سازه، امری ضروریست. در حقیقت هنر مهندس طراحی مقاوم و بهینه میباشد. امروزه ساختمانهای اسکلت بتنی به نسبت بیشتر مورد بهره برداری قرار میگیرند و باتوجه به قطع میلگرد و نیاز به همپوشانی آن، حجم زیادی از فولاد مصرفی در محل پوشش دفن میشود که ضمن ایجاد پرت بالای میلگرد، چندان اتصال مطمئنی نیز نمیشود. در سالهای اخیر تلاشهای بسیاری در جهت اتصالات جایگزین مانند اتصالات جوشی، مکانیکی و اتکایی که هر کدام شامل نمونه های زیادی میباشد شده است؛ اما روش جوش سر به سر میلگرد از آن سبب که ضمن برآورده ساختن الزامات فنی، در اقتصاد پروژه هم تاثیر مثبت دارد مدنظر قرار گرفت. براین اساس مقاله حاضر نگارش گردید تا ضمن بررسی لزوم فنی جایگزینی روش جوش سربه سر میلگردها بجای اتصال نامطمئن اورلپ، مزایای اقتصادی این جایگزینی نیز شرح داده شود.

کلمات کلیدی: جوش سربه سر میلگرد (فورجینگ)، اتصال اورلپ، زلزله کوبه، لغزش وصله

1- مقدمه

عملکرد مناسب مصالح و اتصالات در هنگام وقوع زمین لرزه، سرعت اجرایی بالا و هزینه های منطقی از جمله مواردی هستند که وجودشان در هر کدام از عناصر سازه مطلوب ماست. اما بر اساس تجربیات بدست آمده، اتصال اورلپ در برآورده ساختن این نیازمندیهای جدی چندان کارآمد نبوده است. به عنوان نمونه میتوان به زلزله شیلی با بزرگی 8.8 ریشتر اشاره کرد که در آن خرابی وصله و پکیدگی بتن در ناحیه وصله آرماتور ها گزارش شده است. که عملکرد لرزه ای این نوع اتصال را تحت الشعاع قرار میدهد و نیز با توجه به قطع میلگرد و نیاز به همپوشانی آن همواره حجم زیادی از فولاد مصرفی در محل پوشش ها دفن میشود و سهم آن در قیمت تمام شده سازه بتنی قابل توجه است بطوریکه در هر سازه بتنی در حدود 15٪ آرماتور مصرفی بصورت وصله پوششی باقی میماند. مطالب پیشین لزوم بررسی دقیقتر عملکرد اورلپ را در سازه ایجاب میکند تا با انتخاب روشی جایگزین، ضمن دستیابی به رفتار لرزه ای مناسبتر سایر پارامتر ها نیز بهبود یابند.

2- اتصال اورلپ

اتصال اورلپ با کنار هم قرار دادن دو آرماتور به موازات یکدیگر در یک طول مشخص ایجاد میشود. در این روش انتقال نیرو از طریق گیرایی بین میلگردها و باند بتن اطراف آنها از یک میلگرد به میلگرد دیگر انتقال میابد این گیرایی وابستگی زیادی به چگونگی سطح میلگرد همانند آج ها و داشتن پوشش اپوکسی، مشخصات بتن اطراف آن و همچنین میزان و چگونگی اعمال بار دارد که در ادامه هر کدام از این پارامترهای درگیر را در خلال بندهای آیین نامه ای و تجربیات زلزله های گذشته بعلاوه سایر محدودیتهای این روش مورد بررسی قرار میدهم.

* این اتصال تنها در مورد میلگرد های با قطر کمتر از 36 میلیمتر مجاز میباشد. و از این نظر ما برای مواردی که به میلگرد های بزرگتر نیاز داریم به ناچار بایستی به فکر روش دیگر بوده یا از گروه میلگردها استفاده کنیم؛ در صورت انتخاب مورد دوم رعایت بند های محدود ساز 3.1.4.21.9 و 4.1.4.21.9 الزامیست که مطابق این بندها، وصله پوششی برای

گروه میلگرد ها به عنوان یک مجموعه میلگرد مجاز نیست اما هر یک از میلگردها را میتوان جداگانه و با وصله پوششی به هم متصل کرد در این حالت نواحی وصله میلگرد های مختلف نباید با هم تداخل داشته باشند و همینطور طول پوشش لازم برای وصله پوششی هر دو میلگرد باید بر اساس طول پوشش لازم برای هر یک از میلگرد ها تعیین شود.

* بنا بر رابطه محاسبه طول همپوشانی که با مقاومت فشاری بتن نسبت عکس دارد هر چقدر مقاومت بتن بالاتر باشد طول همپوشانی کمتری لازم خواهد بود؛ به عبارت دیگر به ازای یک طول همپوشانی مشخص آن عضوی که مقاومت فشاری بتن بیشتری داشته باشد اتصال مطمئن تری خواهد بود. اما میدانیم در فرآیند بتن ریزی به علت تراکم میلگرد ها در مقطع اورلپ عموماً عملیات تراکم به درستی صورت نگرفته (خصوصاً در ستونها) و لذا مقاومت بتن کاهش میابد؛ حال استحکام اتصال اورلپ که مستقیماً به مقاومت بتن وابسته است به علت تراکمی که ایجاد میکند ضعف بتن را سبب خواهد شد. همینطور به علت تراکم میلگرد ها در مقطع اورلپ و عدم اجرای کامل عملیات ویریه یک عدم پیوستگی مناسب بین میلگرد و بتن ایجاد میشود؛ اگرچه عدم پیوستگی لازم بین میلگرد و بتن موجب از هم گسیختگی و فروریختگی ناگهانی سازه نمیشود ولی موجب میگردد که سازه با فرضیاتی که مد نظر طراح بوده است متفاوت گردد و رفتار های پیش بینی نشده ای برای آن بوقوع بپیوندد. در خصوص تجربیات عملکردی سازه های اجرا شده با این روش میتوان به زلزله شیلی به بزرگی 8.8 اشاره کرد که یکی از دلایل خرابی در یک ساختمان 15 طبقه قاب_دیوار، خرابی وصله و پکیدگی بتن در ناحیه وصله آرماتور ها گزارش شده است لذا با توجه به تجربیات این زلزله و همینطور زلزله های نورث ریج و چی چی تایوان عدم کارایی مناسب وصله ها مشخص و لزوم بررسی دقیق تر روشهای جایگزین را ایجاب میکند که در ادامه به بررسی آنها خواهیم پرداخت

* همچنین مطابق بند 20.1.5.2.6 آیین نامه بتن ایران استفاده از وصله پوششی در محلهای زیر مجاز نیست:
- در اتصالات تیر ها به ستونها

- در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع از بر تکیه گاه

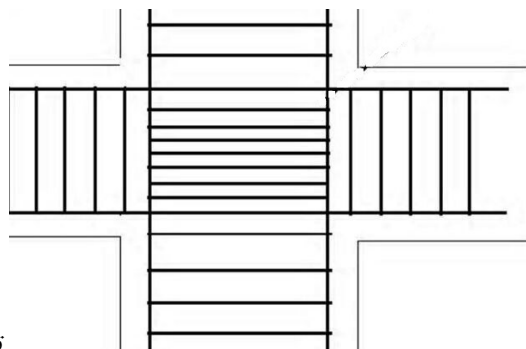
- در محلهایی که امکان تشکیل مفصل پلاستیک در آنها در اثر تغییر مکانهای غیر الاستیک قاب باشد.

* از دیگر اشکالات وارده به این روش میتوان به اثر لغزش وصله بروی رفتار سیستم قاب بتنی اشاره کرد:

آیین نامه قرار گیری وصله آرماتور در پای المان سازه ای را در سطح شکل پذیری متوسط مجاز دانسته و بدلیل سهولت در اجرا وصله در پای آن انجام میگردد که بدلیل وقوع تغییر شکلهای غیر خطی و ایجاد مفصل پلاستیک نامناسبترین محل برای اجرای وصله میباشد چراکه در ستونها؛ دوران پای آن؛ جایی که وصله شروع میشود از دوران انتهای وصله بیشتر است لذا در ستون مفصل پلاستیک درست در پای آن ایجاد میشود. بعلاوه آرماتور های طولی ستونها و همچنین دیوارهای سازه ای حین وقوع زلزله ممکن است در معرض تنشهای کششی قرار گیرند و ظرفیت کششی محدود وصله در پای المانهای سازه ای باعث کاهش مقاومت و شکل پذیری سازه شده و رفتار آن را تحت تاثیر قرار میدهد.

از منظر مباحث اقتصادی نیز مطابق آیین نامه در محل اتصال اورلپ تعداد خاموتها بایستی بیشتر شوند در صورتیکه در روش جایگزین مد نظر این مقاله نیازی به چنین کاری نخواهد بود. از دیگر سو اتصال پوششی در سطح اقتصاد کلان هدر رفت سرمایه ملی و در خصوص اقتصاد خود کارگاه نیز برخلاف تصور، کاملاً محافظه کارانه بوده و اقتصادی نیست، راستی آزمایی این جمله به سادگی و با تشکیل یک جدول از هزینه ها به ازای اورلپ و سایر روشها ممکن است.

نکته بسیار حائز اهمیت دیگر اینست که هرگاه دو تیر همراستای منتهی به یک ستون (شکل زیر) میلگردهای متفاوتی بخواهند به ناچار بایستی میلگرد نمره بالاتر مبنای آرماتور گذاری قرار گیرد. در صورتیکه در روش فورجینگ با استناد به استاندارد JIS ژاپن، امکان جوش دادن میلگردهای با نمره متفاوت وجود دارد. این امر نه تنها به نفع اقتصاد خواهد بود بلکه براساس آیین نامه بتن ایران که اگرچنانچه در اثر انتخاب سطح مقطع بیشتر، مقدار فولاد مصرفی 5٪ بیشتر از فولاد مورد نیاز در آن قسمت شود باید ضوابط شکل پذیری کنترل و در صورت عدم برقراری، اصلاحات صورت گیرد.



تصویر شماره 1

بهتر است هر نقطه از عضو، میلگردهای خودش را داشته باشد تا شکل پذیری مناسب تامین گردد؛ در غیر اینصورت حتی ممکن است مفصلهای پلاستیک در ستون تشکیل شوند.

3- روش جوش سر به سر میلگرد (فورجینگ)

در این روش دو سر میلگرد به کمک شعله حاصل از سوختن گاز استیلن و اکسیژن کاملاً سرخ شده و به حالت خمیری در آمده و با فشار در هم آمیخته و فورج میشوند. این روش جز روشهای ذوبی کامل بشمار نیامده بلکه یک عملیات جوشکاری در حالت خمیری و فاز جامد و با انتقال اتمهای دو سطح بوده و از این رو تغییرات ناشی از تغییر فاز در سطح جوش شده بوجود نیامده و ساختار مولکولی و خواص مکانیکی فلز حفظ میشود. در این روش برخلاف وصله پوششی عملکرد اتصال بستگی به بتن نداشته و عملیات بتن ریزی و ویبره بعلت کاهش تراکم میلگردها به فرم مناسبی انجام میگردد؛ همچنین سبک سازی و در عین حال مقاوم سازی و کاهش پرت میلگرد در پروژه ها از دیگر نقاط قوت این روش میباشد.



تصویر 2: نحوه انجام عملیات فورجینگ؛ بعلت اینکه این نوع جوش هیچگونه پاششی ندارد امکان اجرا آن در نزدیکی بلوکهای پلی استایرن ممکن است.

در تاییدیه مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ذکر گردیده که تا زمان استقرار استاندارد ملی ایران، از استاندارد JIS ژاپن به عنوان مرجعی برای ارزیابی و اجرای این فرآیند استفاده گردد. از نکات مهمی که با استناد به استاندارد JIS ژاپن در خصوص این فرآیند استخراج میگردد میتوان به قابلیت اجرای این اتصال در هر قسمت از عضو اشاره کرد؛ حتی محل اتصالات تیر به ستون و سایر نقاط بحرانی که توسط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان برای اتصال اورلپ غیر مجاز بودند. همچنین امکان جوش میلگردهای با اختلاف قطر 7 میلیمتر که به جهت سازه ای و اقتصادی بسیار کاربردی و حائز اهمیت است.

استاندارد مربوط به اتصال فورجینگ میلگردها که امروزه از آن به عنوان مرجع اجرا و کنترل استفاده میشود حاصل بازنگری ها و تجربیات عینی بوده که در طی بیش از شصت سال و در خلال زلزله های مختلف ژاپن تکمیل و مورد آزمونی واقعی قرار گرفته است. در خصوص یکی از این تجربیات بسیار مهم میتوان به زلزله کوبه ژاپن اشاره کرد که در ژانویه سال 1995 شهر 1.5 میلیون نفری کوبه را لرزاند.

از جمله سازه هایی که در این زلزله بشدت تخریب شد و بربط به موضوع این مقاله نیست، سیستم شاهراه Hanshin (تصویر شماره 3) بود که در آن از تکنولوژی جوش سر به سر میلگرد در ستونهای پل استفاده شده بود.



تصویر شماره 3

در ژاپن بخاطر کمبود فضا، بزرگراه های زیادی بصورت مرتفع بر روی پایه های اینچینی ساخته شده اند. ابعاد پایه های تک ستونی گاهی اوقات به بیش از ۳ متر می رسد. زلزله آنچنان این پایه ها را به لرزه درآورد که بیش از ۷۰۰ پایه پل در منطقه کوبه و اطراف آن شدیداً آسیب دیدند. زیادبودن فاصله خاموت ها که براساس آئین نامه های قبلی بوده است. از اصلی ترین عوامل آسیب این پایه ها بود.
(زلزله کوبه، ژاپن، ۱۹۹۵)

عکسهای شکست این اتصالات متاسفانه بدون تحقیق، وسیله ای برای تخریب این روش شده است در صورتی که Dr.S.K.Ghosh و تیم او پس از وقوع زلزله کوبه و در جریان مشاهدات خود و در قالب گزارشی چنین نوشته است:

“A fairly common feature of bridge column failure was the popping of gas pressure welded splices, which represent fairly common Japanese practice. This splices failed frequently in older bridges and occasionally in new constructions”

بر اساس این مطلب و توضیحات پیشین این گزارش که علت شکست ستونها را عمدتاً برش دانسته (تصویر شماره 4)، میتوان نتیجه گیری نمود که اولاً عمده دلیل ایجاد آزادی در پای ستونها ناشی از وزن زیاد عرشه پل و nonductile بودن ستونها و سپس شاید ضعف اولیه در انجام این فرآیند جوشکاری بوده است که مشخصاً با تکمیل و بازنگری آیین نامه ها مشاهده میگردد که براساس متن فوق در سازه های جدیدتر بصورت نادر گسیختگی وصله جوشی مشاهده گردیده است. لذا نه تنها گسیختگی ستونها بعلت ضعف اتصال فورجینگ نبوده بلکه با بررسی رویدادهای زلزله های مختلف آیین نامه مربوط به اجرا و کنترل فورجینگ کامل تر و قابل اطمینان تر نیز میباشد.

روش فورجینگ کاملاً تخصص محور بوده و کیفیت اجرا تا حد زیادی به نیروی اجرایی بستگی دارد شاید این پارامتر به علت درگیر ساختن خطای انسانی بعنوان ضعف این روش شناخته شود ولی از دیگر سو ضوابط دقیق کنترلی به راحتی و با کمترین هزینه میتواند صحت اجرا را کنترل کند که سبب میگردد ضمن کسب اعتماد کامل، روند اجرایی سریعتر و اقتصادی تر باشد.



تصویر شماره 4 مسئله تخریب ستونهایی که در راستای عرضی بدرستی

مسلح نبودند(Nonductile) در خرابی های کوبه بسیار شایع بود.

با تمام این تفاسیر برای بومی ساختن یک تکنولوژی تنها ترجمه آیین نامه های کشور مبدا کافی نمیباشد و باید شرایط کشور مقصد نیز از نظر دانش فنی، مصالح تولیدی، قابلیت های اجرایی و مسائل عدیده دیگر نیز بررسی شوند. در این میان نکته حائز اهمیت برای بنده میلگردهای تولیدی کشور میباشد، که عمده تاً به روش ترمکس تولید میشوند، نظر به اینکه آیین نامه JIS سخنی از جوشکاری میلگردهای ترمکس به میان نیاورده و اساساً مصرف میلگردهای ترمکسی در ژاپن ممنوع است بایستی بررسی های تکمیلی توسط فعالین و صاحب نظران صورت گیرد تا به معنای واقعی بتوان عنوان کرد که این فرآیند در ایران بومی شده است. با این حال با استناد به بند 9-4-1-6 میحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران، جوش پذیری یا قابلیت جوشکاری میلگردها براساس مقدار کربن معادل آنها تعیین میشود. در صورتیکه مقدار کربن معادل از 0.51 درصد کمتر باشد میلگرد قابل جوشکاری خواهد بود و برای کنترل کیفی جوش نیز بند 9-10-7-3-1 همان میحث تستهای مربوط به جوش میلگرد ها را تست خمش و کشش عنوان کرده است. در آزمایش کشش زمانی میلگرد از نظر جوش پذیری مورد تایید است که مقطع گسیخته شده در محل جوش یا مجاورت آن نباشد و در آزمایش خمش نیز بشرط آنکه پس از خم کردن ترکی در مقطع جوش و خود جوش پدید نیاید جوش مورد پذیرش خواهد بود.

نتیجه گیری

1- انجام وصله پوششی برای میلگردهای با نمره بالاتر از 36 میلیمتر و همچنین در بسیاری از بخشهای سازه ممنوع است لذا بکارگیری روشی جایگزین برای آن الزامی بنظر میرسد.

2- خروج از بسیاری مشکلات طراحی و اجرایی نظیر تراکم بالا، ویبره نامناسب، اتصال میلگردهای انتظار کوتاه و ترمیم بلتهای شکسته و جلوگیری از پرت میلگرد از طریق جوش سر به سر مقدور گردیده است.

2- روش جوش سر به سر میلگرد ضمن تامین الزامات فنی مورد نظر و رفتار لرزه ای بهتر، اقتصاد پروژه را هم بهبود میبخشد.

3- بندهای مربوطه در JIS، با بیش از شصت سال قدمت و با اصلاحات جدی ای که پس از تجربه زلزله های متفاوت در آن بوجود آمده بهترین مرجع برای اجرا و کنترل این فرآیند میباشد.

4- همچنان مباحث مهمی برای تکمیل فرآیند بومی سازی این تکنولوژی باقیمانده که از آن موارد میتوان به مسئله میلگردهای تولید داخل اشاره کرد که بایستی رفتار دراز مدت آنها مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

1. بیگری، علی، تارپوردیلو، سعید، "اثر لغزش وصله روی رفتار سیستمهای دوگانه بتنی قاب-دیوار" دهمین کنگره بین المللی مهندسی عمران دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تبریز
2. رسولان، ایرج، فتح اللهی، صادق، "محاسبه طول همپوشانی میلگرد با استفاده از ظرفیت آج عرضی میلگرد در اتصال مکانیکی"
3. مقررات ملی ساختمان مبحث نهم، (1392)، جلد اول، چاپ اول
- 4- تاییدیه مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

5.S.K. Ghosh, "Observations on the performance of structures in the kobe earthquake of January 17, 1995"

6. Japanese Industrial Standard (JIS)