

تأثیر هندسه جوش بر شکست جوش ورق روسری و زیرسری به ستون در اتصالات صلب تیر به ستون

شاپور طاحونیⁱ؛ حامد نوریⁱⁱ

چکیده

در خرابی های لرزهای مشاهده شده در اتصالات صلب تیر به ستون، شکست جوش نفوذی، از عوامل اصلی شکست اتصالات صلب است. در اجرا، در برخی موارد، مرحله آماده سازی لبه ورق به درستی انجام نمی شود و کنترل های لازم نیز در این خصوص رعایت نمی شود. این موارد باعث عدم نفوذ کامل جوش، در هنگام جوشکاری می شود. در مواردی که لزوم اصلاح جوش فوق مشخص می شود، به جای سنگ زدن جوش، دستور انجام تقویت جوش شیاری به وسیله جوش گوشه داده می شود. در بعضی موارد نیز به جای جوش شیاری کامل، از جوش گوشه یک طرفه استفاده می گردد. با ساخت نمونه های مدل شده از اتصال ورق روسری و زیرسری تیر و آزمایش استاتیکی و دینامیکی بر روی آنها، این نتیجه حاصل شد که فقط جوش شیاری با نفوذ کامل مقاومتی در حد ورق (مصالح مادر) دارد، و وجود عدم نفوذ در ریشه می تواند باعث کاهش قابل توجه مقاومت شود و تقویت آن با جوش گوشه به هیچ عنوان چاره ساز نیست. در ضمن، استفاده از جوش گوشه یک طرفه نیز مردود است؛ لیکن جوش گوشه دوطرفه و استفاده از جوش شیاری با زاویه پخ کم لبه ورق نیز نتایج قابل قبولی داشته اند.

کلمات کلیدی

جوش شیاری، اتصال صلب تیر به ستون، هندسه جوش.

The Effect of Weld's Geometry in Fracture of Welded Flange Plate Connection

Shapour Tahouni; Hamed Nouri

ABSTRACT

Failure of the CJP groove weld at the top and bottom plates in welded flange plate (WFP) connection is the main cause of the observed damages in these connections. Sometimes, the preparations of the plates are not performed properly in construction. Moreover, when the inspection is done and the flaws are observed, instead of grinding the welds, they are strengthened by fillet weld. In some cases, the fillet weld is used. In this paper, by the means of static and dynamic tests on specimens of top and bottom plates, those result are achieved: only groove weld with complete penetration had strength of plate (mother materials), and if weld does not have perfectly penetration at root, it's strength will decrease. Single fillet weld are not accepted in test, but double fillet weld and groove weld with low angle at ledge plate have satisfactory result.

KEYWORDS

Groove welds, welded flange plate(WFP), weld geometry.

ⁱ استاد راهنما؛ استادیار دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر: stahouni@aut.ac.ir

ⁱⁱ کارشناس ارشد مدیریت ساخت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر: hmdnr@yahoo.com

در مقاله حاضر، با ساخت نمونه های مدل شده از اتصال ورق روسری و زیر سری تیر در اتصال صلب تیر به ستون و آزمایش استاتیکی و دینامیکی بر روی آنها، حالت های گوناگون هندسه جوش، بررسی و مقایسه شده است.

۳- تشریح نمونه های انتخابی برای آزمایش

شش نمونه برای آزمایش استاتیکی ساخته شده است. در ذیل نقشه ها و علل ساخت هر نمونه آورده شده است:

۱- در نمونه اول، تأثیر زاویه پخ لبه ورق بررسی شده است. در یک طرف پخ با زاویه ۲۰ درجه و طرف دیگر اتصال، زاویه پخ ۴۵ درجه ایجاد شده است. در شکل (۱) w.p.s. نمونه اول (Welding Procedure Specification) نمایش داده شده است [۱۰].

فلسفه اصلی از پخ زدن لبه، ایجاد دسترسی برای جوشکاری در تمام ضخامت و همچنین مطمئن شدن از ذوب و امتزاج کامل در تمام سطح مقطع است. یک دسترسی خوب، با افزایش دهانه ریشه به دست می آید که همیشه ترکیبی از آنها یک راه حل خوب بدست می دهد. زاویه پخی به محل کار و زاویه ای که الکتروود در محل کار می تواند داشته باشد، بستگی دارد. زاویه پخی، حداقل برابر با ۴۵ درجه توصیه می شود [۲].

در کارگاه های اسکلت فلزی، گاهی اوقات به علت عدم توجه به نقشه ها و دستور عمل های جوشکاری، در هنگام آماده سازی لبه ورق، ورق ها با زاویه مناسب پخ زده نمی شود. در نمونه حاضر به عنوان بررسی این خطا، زاویه پخ ۲۰ درجه انتخاب شده است.

۲- در نمونه دوم، جوش شیاری با نفوذ کامل و جوش گوشه دو طرفه مقایسه شده اند. همان طور که در شکل (۲) نمایان است، ورق روسری مدل شده به وسیله جوش گوشه با ساق ۱۲ میلی متری جوشکاری شده است.

در ورق زیرسری تیر، در اتصال صلب تیر به ستون، عملیات جوشکاری در روی زمین و گاهی در کارخانه ساخت اسکلت فلزی انجام می گیرد. در این حالت، امکان دسترسی به دو طرف ورق زیرسری مهیا است. در صورت تایید جوش گوشه دو طرفه در آزمایش استاتیکی و دینامیکی، استفاده از آن به جای جوش شیاری امکان پذیر است.

۳- در نمونه سوم، جوش گوشه یک طرفه در یک طرف ورق و در طرف دیگر همانند دیگر نمونه ها جوش شیاری با نفوذ کامل انجام گرفته است. در شکل (۳) w.p.s. نمونه سوم نمایش داده شده است.

از آنجا که تمام ظرفیت مقابله با نیروی زلزله در اتصالات صلب تیر به ستون در سیستم قاب خمشی به جوش نفوذی مربوط است، کیفیت مناسب جوش از اهمیت بالایی برخوردار است. رفتار اتصالات خمشی تیر به ستون از هنگام وقوع زلزله نورتریج (Northridge) در ژانویه ۱۹۹۴ تحت بازنگری دقیق قرار گرفت. این اتصالات به طور سنتی با این فرض طراحی می شوند که ممان وارد بر تیر با لنگر زوج نیروی بالا و پایین به ستون اعمال می شود؛ در حالی که اتصال جان برش وارد شده را به ستون منتقل می کند. از آنجا که این فرضیات برای نمایان کردن توزیع تنش در اتصال دقیق نیستند، بنابر این عملکرد اعضای مختلف اتصال، بخصوص، جوش نفوذی کامل، دقیقاً قابل پیش بینی نیست [۸].

انتقال ممان تیر به ستون با توزیع یکنواخت تنش در جوش مابین بال تیر و بال ستون رخ نمی دهد؛ بلکه تنش در طول بال تیر متغیر بوده و در خط مرکزی آن، مقدار قابل ملاحظه ای بیشتر از لبه های بال است [۷].

درخرابی های لرزه ای مشاهده شده در اتصالات صلب تیر به ستون در ایران، شکست جوش نفوذی ورق روسری و زیرسری به ستون، جایگاه ویژه ای دارد و این پدیده از عوامل اصلی شکست اتصالات صلب است. نوع و روش جوشکاری در این نوع اتصالات در کارگاه ها همواره مشکل دارد و عموماً جوش با معایبی همراه است. از آنجا که تمام ظرفیت مقابله با نیروی زلزله در اتصالات صلب تیر به ستون در سیستم قاب خمشی به جوش نفوذی مربوط است، کیفیت و هندسه مناسب جوش از اهمیت بالایی برخوردار است.

۲- صنعت جوشکاری ساختمان در ایران

با گذشت ۵۰ سال از استفاده از جوش در ساختمان، دهه اخیر (۸۰-۱۳۷۰) از نظر تعداد ساختمان هایی که با سازه های فولادی طراحی و اجرا شده اند، کاملاً استثنایی به شمار می آید. حجم عظیم ساخت و ساز، نیروی انسانی زیادی اعم از مهندس، تکنسین و جوشکار احتیاج داشت که باعث ورود افراد غیرمتخصص به این جرگه شد. این موضوع باعث شد 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 است. از میان تمامی عوامل دخیل در طرح و ساخت سازه های فولادی، اتصالات جوشی از نارسایی های بیشتری

| W.P.S. | | دستور العمل جوشکاری | |
|---|--|---|--|
| نام شرکت: پروژه حامد توری | | نام شرکت: پروژه حامد توری | |
| روش جوشکاری: دستی SMAW شماره گزارش ارزیابی: S/001 | | روش جوشکاری: دستی SMAW شماره گزارش ارزیابی: S/001 | |
| نوع اتصال: دو طرفه | | نوع اتصال: دو طرفه | |
| نوع جوش: دو طرفه | | نوع جوش: دو طرفه | |
| مکان جوشکاری: ... | | مکان جوشکاری: ... | |
| خواص الکتریکی: ... | | خواص الکتریکی: ... | |
| نوع انتقال (GMAW): ... | | نوع انتقال (GMAW): ... | |
| مشخصات فنی: ST-37 نوع یا رده GR 2 ضخامت شیار: ۱۵-۲۰ | | مشخصات فنی: ST-37 نوع یا رده GR 2 ضخامت شیار: ۱۵-۲۰ | |
| معالج پرکننده: ... | | معالج پرکننده: ... | |
| رده: E6013 NGP.20 PARS : AWS | | رده: E6013 NGP.20 PARS : AWS | |
| پوشش: Rutile - cellulose | | پوشش: Rutile - cellulose | |
| پیش گرم: ... | | پیش گرم: ... | |
| دمای حداقل پیش گرمایش: ۲۵۰° C | | دمای حداقل پیش گرمایش: ۲۵۰° C | |
| دمای حداقل میان پاس: ۱۶۵° C | | دمای حداقل میان پاس: ۱۶۵° C | |
| درجه حرارت: ... | | درجه حرارت: ... | |
| همدمه درز (Joint Details) | | همدمه درز (Joint Details) | |
| سرعت حرکت: ۱۰-۲۰ cm/min | | سرعت حرکت: ۱۰-۲۰ cm/min | |
| ولتاژ: ۱۸-۲۲ | | ولتاژ: ۱۸-۲۲ | |
| آمپر یا سرعت تغذیه: ۱۰۰-۱۲۰ | | آمپر یا سرعت تغذیه: ۱۰۰-۱۲۰ | |
| نوع و قطبیت: DC | | نوع و قطبیت: DC | |
| قطر الکترود: ۴ | | قطر الکترود: ۴ | |
| رده جوشکاری: E6013 | | رده جوشکاری: E6013 | |
| روش جوشکاری: SMAW | | روش جوشکاری: SMAW | |
| پاس یا جوشها: ۱-۳ | | پاس یا جوشها: ۱-۳ | |

شکل (۱): W.p.s. نمونه اول اتصال سپری جوش شده

| W.P.S. | | دستور العمل جوشکاری | |
|---|--|---|--|
| نام شرکت: پروژه حامد توری | | نام شرکت: پروژه حامد توری | |
| روش جوشکاری: دستی SMAW شماره گزارش ارزیابی: S/002 | | روش جوشکاری: دستی SMAW شماره گزارش ارزیابی: S/002 | |
| نوع اتصال: دو طرفه | | نوع اتصال: دو طرفه | |
| نوع جوش: دو طرفه | | نوع جوش: دو طرفه | |
| مکان جوشکاری: ... | | مکان جوشکاری: ... | |
| خواص الکتریکی: ... | | خواص الکتریکی: ... | |
| نوع انتقال (GMAW): ... | | نوع انتقال (GMAW): ... | |
| مشخصات فنی: ST-37 نوع یا رده GR 2 ضخامت شیار: ۱۵-۲۰ | | مشخصات فنی: ST-37 نوع یا رده GR 2 ضخامت شیار: ۱۵-۲۰ | |
| معالج پرکننده: ... | | معالج پرکننده: ... | |
| رده: E6013 NGP.20 PARS : AWS | | رده: E6013 NGP.20 PARS : AWS | |
| پوشش: Rutile - cellulose | | پوشش: Rutile - cellulose | |
| پیش گرم: ... | | پیش گرم: ... | |
| دمای حداقل پیش گرمایش: ۲۵۰° C | | دمای حداقل پیش گرمایش: ۲۵۰° C | |
| دمای حداقل میان پاس: ۱۶۵° C | | دمای حداقل میان پاس: ۱۶۵° C | |
| درجه حرارت: ... | | درجه حرارت: ... | |
| همدمه درز (Joint Details) | | همدمه درز (Joint Details) | |
| سرعت حرکت: ۱۰-۲۰ cm/min | | سرعت حرکت: ۱۰-۲۰ cm/min | |
| ولتاژ: ۱۸-۲۲ | | ولتاژ: ۱۸-۲۲ | |
| آمپر یا سرعت تغذیه: ۱۰۰-۱۲۰ | | آمپر یا سرعت تغذیه: ۱۰۰-۱۲۰ | |
| نوع و قطبیت: DC | | نوع و قطبیت: DC | |
| قطر الکترود: ۴ | | قطر الکترود: ۴ | |
| رده جوشکاری: E6013 | | رده جوشکاری: E6013 | |
| روش جوشکاری: SMAW | | روش جوشکاری: SMAW | |
| پاس یا جوشها: ۱-۳ | | پاس یا جوشها: ۱-۳ | |

شکل (۲): W.p.s. نمونه دوم اتصال سپری جوش شده

| W.P.S. | | دستور العمل جوشکاری | |
|---|--|---|--|
| نام شرکت: پروژه حامد توری | | نام شرکت: پروژه حامد توری | |
| روش جوشکاری: دستی SMAW شماره گزارش ارزیابی: S/003 | | روش جوشکاری: دستی SMAW شماره گزارش ارزیابی: S/003 | |
| نوع اتصال: دو طرفه | | نوع اتصال: دو طرفه | |
| نوع جوش: دو طرفه | | نوع جوش: دو طرفه | |
| مکان جوشکاری: ... | | مکان جوشکاری: ... | |
| خواص الکتریکی: ... | | خواص الکتریکی: ... | |
| نوع انتقال (GMAW): ... | | نوع انتقال (GMAW): ... | |
| مشخصات فنی: ST-37 نوع یا رده GR 2 ضخامت شیار: ۱۵-۲۰ | | مشخصات فنی: ST-37 نوع یا رده GR 2 ضخامت شیار: ۱۵-۲۰ | |
| معالج پرکننده: ... | | معالج پرکننده: ... | |
| رده: E6013 NGP.20 PARS : AWS | | رده: E6013 NGP.20 PARS : AWS | |
| پوشش: Rutile - cellulose | | پوشش: Rutile - cellulose | |
| پیش گرم: ... | | پیش گرم: ... | |
| دمای حداقل پیش گرمایش: ۲۵۰° C | | دمای حداقل پیش گرمایش: ۲۵۰° C | |
| دمای حداقل میان پاس: ۱۶۵° C | | دمای حداقل میان پاس: ۱۶۵° C | |
| درجه حرارت: ... | | درجه حرارت: ... | |
| همدمه درز (Joint Details) | | همدمه درز (Joint Details) | |
| سرعت حرکت: ۱۰-۲۰ cm/min | | سرعت حرکت: ۱۰-۲۰ cm/min | |
| ولتاژ: ۱۸-۲۲ | | ولتاژ: ۱۸-۲۲ | |
| آمپر یا سرعت تغذیه: ۱۰۰-۱۲۰ | | آمپر یا سرعت تغذیه: ۱۰۰-۱۲۰ | |
| نوع و قطبیت: DC | | نوع و قطبیت: DC | |
| قطر الکترود: ۴ | | قطر الکترود: ۴ | |
| رده جوشکاری: E6013 | | رده جوشکاری: E6013 | |
| روش جوشکاری: SMAW | | روش جوشکاری: SMAW | |
| پاس یا جوشها: ۱-۳ | | پاس یا جوشها: ۱-۳ | |

شکل (۳): W.p.s. نمونه سوم اتصال سپری جوش شده

| W.P.S. | | دستور العمل جوشکاری | |
|---|--|---|--|
| نام شرکت: پروژه حامد توری | | نام شرکت: پروژه حامد توری | |
| روش جوشکاری: دستی SMAW شماره گزارش ارزیابی: S/004 | | روش جوشکاری: دستی SMAW شماره گزارش ارزیابی: S/004 | |
| نوع اتصال: دو طرفه | | نوع اتصال: دو طرفه | |
| نوع جوش: دو طرفه | | نوع جوش: دو طرفه | |
| مکان جوشکاری: ... | | مکان جوشکاری: ... | |
| خواص الکتریکی: ... | | خواص الکتریکی: ... | |
| نوع انتقال (GMAW): ... | | نوع انتقال (GMAW): ... | |
| مشخصات فنی: ST-37 نوع یا رده GR 2 ضخامت شیار: ۱۵-۲۰ | | مشخصات فنی: ST-37 نوع یا رده GR 2 ضخامت شیار: ۱۵-۲۰ | |
| معالج پرکننده: ... | | معالج پرکننده: ... | |
| رده: E6013 NGP.20 PARS : AWS | | رده: E6013 NGP.20 PARS : AWS | |
| پوشش: Rutile - cellulose | | پوشش: Rutile - cellulose | |
| پیش گرم: ... | | پیش گرم: ... | |
| دمای حداقل پیش گرمایش: ۲۵۰° C | | دمای حداقل پیش گرمایش: ۲۵۰° C | |
| دمای حداقل میان پاس: ۱۶۵° C | | دمای حداقل میان پاس: ۱۶۵° C | |
| درجه حرارت: ... | | درجه حرارت: ... | |
| همدمه درز (Joint Details) | | همدمه درز (Joint Details) | |
| سرعت حرکت: ۱۰-۲۰ cm/min | | سرعت حرکت: ۱۰-۲۰ cm/min | |
| ولتاژ: ۱۸-۲۲ | | ولتاژ: ۱۸-۲۲ | |
| آمپر یا سرعت تغذیه: ۱۰۰-۱۲۰ | | آمپر یا سرعت تغذیه: ۱۰۰-۱۲۰ | |
| نوع و قطبیت: DC | | نوع و قطبیت: DC | |
| قطر الکترود: ۴ | | قطر الکترود: ۴ | |
| رده جوشکاری: E6013 | | رده جوشکاری: E6013 | |
| روش جوشکاری: SMAW | | روش جوشکاری: SMAW | |
| پاس یا جوشها: ۱-۳ | | پاس یا جوشها: ۱-۳ | |

شکل (۴): W.p.s. نمونه چهارم اتصال سپری جوش شده

در کارگاه‌ها، برای راحتی در کار، پخ ورق به وسیله دستگاه هوا برش و با دست کارگر انجام می‌شود. در هنگام مونتاژ هم ریشه مناسب جوش رعایت نمی‌شود که باعث عدم نفوذ و درست شدن یک سطح ناصاف برای جوشکاری می‌شود.

بر طبق آیین نامه مبحث دهم مقررات ملی ساختمانی ایران در برش گرمایی با شعله، لبه‌هایی که با شعله بریده می‌شود و در آینده محل وارد شدن تنش‌های کششی بزرگی خواهد بود، باید کاملاً یکنواخت و خالی از ناهمواری‌های بیش از ۵ میلی‌متر باشد.

ناهمواری‌های و زخم‌های بیش از ۵ میلی‌متر را باید با سنگ زدن و در صورت لزوم تعمیر کاری با برش، هموار کرد. همچنین لبه‌های بریده شده با شعله؛ که مصالح جوش در آن قرار خواهد گرفت، باید تا حد امکان عاری از ناهمواری و بریدگی باشد [۵].

طبق آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، اتصال

ذکر این نکته حائز اهمیت است که در بعضی کارگاه‌های به علت عدم توجه و کنترل کیفی جوش به جای جوش نفوذی شیار کامل، جوش گوشه انجام می‌شود و در ورق روسری به علت عدم دسترسی، جوش به صورت یک‌طرفه انجام می‌گیرد. که در این نمونه به بررسی این نوع جوش‌ها پرداخته شده است. جوشکاری ورق روسری، در ارتفاع صورت می‌گیرد، به همین علت امکان کنترل جوش، در هنگام جوشکاری، کار دشواری است. مهندسی ناظر نیز از نظارت بر این نوع جوش‌ها به علت سختی کار، صرف نظر می‌کند.

در نمونه چهارم به بررسی مشکل و عیب شایع در جوشکاری ورق روسری در کارگاه ساده فلزی پرداخته شده است. در شکل (۴) W.p.s. نمونه چهارم مشاهده می‌شود.

در کارگاه‌های ساده جوشکاری، آماده سازی لبه ورق به درستی صورت نمی‌گیرد، و در نتیجه، جوش نفوذی به صورت کامل انجام نمی‌پذیرد و جوش با یک عدم نفوذ همراه می‌شود.

بال تیر به ستون با استفاده از ورق اتصال بال؛ که با جوش لب با نفوذ کامل به بال ستون متصل شده است، تأمین می‌گردد. پس هرگونه عدم نفوذ جوش، باعث انتقال ناقص خمش تیر به ستون می‌شود و به طبع آن، عملکرد سیستم قاب خمشی با مشکل مواجه می‌شود [۱].

۵- نمونه پنجم همانند نمونه چهارم است با این تفاوت که یک جوش گوشه تقویتی روی جوش شیاری با نفوذ ناقص انجام گرفته است. گاهی اوقات در کارگاه با آزمایش مافوق صوت، نفوذ ناقص جوش شیاری مشخص می‌شود که اگر مقدار آن زیاد نباشد، به جای سنگ زدن جوش، دستور تقویت جوش شیاری با جوش گوشه، روی جوش شیاری داده می‌شود. در نمونه حاضر این مطلب بررسی شده است که آیا چند پاس اضافی جوش باعث جبران نفوذ ناقص جوش شیاری می‌شود یا نه.

در شکل (۵) W.P.S. نمونه پنجم نمایش داده شده است. همان‌طور که در شکل (۵) نمایان است، یک جوش گوشه با ساق ۱۰ میلی متر به عنوان جوش تقویتی، انجام گرفته است.

مجاز ۰/۳ مقاومت نهایی فلز جوش در نظر گرفته می‌شود [۶]. که از تنش مجاز کششی کمتر است. در این موارد لازم است پهنای ورق در ناحیه این جوش بزرگتر انتخاب شود [۴].

| W.P.S. | | دستور العمل جوشکاری | |
|---|---------------|--|-------------|
| نام شرکت: پروژه حامد نوری | | شماره مجوز: S/006 | |
| روش جوشکاری: دستی SMAW | | نوع: دستی | |
| نوع فز: یکطرفه دو طرفه | | وضعیت جوش شیار: تخت IG گوشه | |
| مخاطب پیشنهاد: جوشکاری روپنه ۲ mm | | مخاطب پیشنهاد: روپنه ۲ mm | |
| زاویه شیار: ۴۵° شعاع (L-J) | | زاویه شیار: ۴۵° شعاع (L-J) | |
| شیار زنی پشت: بله خیر | | شیار زنی پشت: بله خیر | |
| فلز پایه: مشخصات فنی: ST-37 نوع ۲ یا ۲۰ GR ۱۵-۲۰ | | نوع انتقال: (GMAW) مدار کوته | |
| مخاطب پرکننده: مشخصات فنی: AWS A5.1 E6013 NGP.20 PARS | | نوع انتقال: (GMAW) مدار کوته | |
| روش: Rutile - cellulose | | نوع انتقال: (GMAW) مدار کوته | |
| پیش گرم: دمای حداقل پیش گرمایش: ۲۵۰° C | | پیش گرم: دمای حداقل پیش گرمایش: ۱۶۵° C | |
| درجه حرارت: ۲۵۰° C | | درجه حرارت: ۱۶۵° C | |
| عملیات پس گرم: درجه حرارت: زمان | | عملیات پس گرم: درجه حرارت: زمان | |
| (Joint Details) | | | |
| سرعت حرکت em/min | ولتاژ | سرعت تغذیه سیسم | نوع و قطبیت |
| ۱۰-۲۰ | ۱۸-۲۲ | ۸۰-۱۲۰ | DC |
| ۱۰-۲۰ | ۲۰-۲۵ | ۱۰۰-۱۸۰ | DC |
| ۱۰-۲۰ | ۲۰-۲۵ | ۱۰۰-۱۸۰ | DC |
| روش جوشکاری | مخاطب پرکننده | قطر الکترود | رود |
| جوشکاری | E6013 | ۳/۳۵ | DC |
| جوشکاری | E6013 | ۴ | DC |
| جوشکاری | E6013 | ۴ | DC |

شکل (۶): W.P.S. نمونه ششم اتصال سپری

۸- روش ساخت نمونه ها اتصال سپری

مقصود طراح در هنگام استفاده از اتصال صلب تیر به ستون این است که اتصال قادر به انتقال کامل لنگر باشد و هیچ گونه چرخش نسبی بین اعضای اتصال به وجود نیاید (اتصال نوع ۱ آیین نامه).

از آنجا که اکثر لنگر خمشی تیر به صورت یک زوج نیرو در بال‌های کششی و فشاری تیر با بازوی تقریباً مساوی ارتفاع تیر حمل می‌شود، نقش اصلی یک اتصال صلب فراهم آوردن امکاناتی برای انتقال این نیروهای محوری است [۴].

برای مدل کردن جوش اتصال ورق روسری و زیرسری به ستون در اتصالات صلب تیر به ستون، از اتصال ساده سپری استفاده شده است.

در تمام موارد - همان‌طور که توضیح داده شد- در یک سمت از اتصال سپری، جوش نفوذی کامل با زاویه ۴۵ درجه به عنوان شاهد و در طرف دیگر نمونه جوش مورد نظر با شرایط مختلف، جوشکاری شده است. ابعاد نمونه ها بر اساس دستگاه کشش انتخاب شده، طول جوش ۸ سانتی متر، دو ورق ۱۵۰×۸۰×۲۰ میلی متر در دو طرف و ورق ۱۵۰×۱۰۰×۲۰ میلی متر در وسط قرار گرفته‌اند.

ساخت نمونه‌ها در کارگاه جوش شرکت بابدند و تحت شرایط کاملاً کنترل شده، ساخته شده است.

کلیه مراحل ساخت نمونه‌ها شامل: برش ورق‌ها، آماده سازی لبه ورق‌ها، مونتاژ ورق‌ها، آماده سازی برای جوشکاری و در انتها جوشکاری با الکترود E6013 در وضعیت تخت، در

| W.P.S. | | دستور العمل جوشکاری | |
|---|---------------|--|-------------|
| نام شرکت: پروژه حامد نوری | | شماره مجوز: S/005 | |
| روش جوشکاری: دستی SMAW | | نوع: دستی | |
| نوع فز: یکطرفه دو طرفه | | وضعیت جوش شیار: تخت IG گوشه | |
| مخاطب پیشنهاد: جوشکاری روپنه ۲ mm | | مخاطب پیشنهاد: روپنه ۲ mm | |
| زاویه شیار: ۴۵° شعاع (L-J) | | زاویه شیار: ۴۵° شعاع (L-J) | |
| شیار زنی پشت: بله خیر | | شیار زنی پشت: بله خیر | |
| فلز پایه: مشخصات فنی: ST-37 نوع ۲ یا ۲۰ GR ۱۵-۲۰ | | نوع انتقال: (GMAW) مدار کوته | |
| مخاطب پرکننده: مشخصات فنی: AWS A5.1 E6013 NGP.20 PARS | | نوع انتقال: (GMAW) مدار کوته | |
| روش: Rutile - cellulose | | نوع انتقال: (GMAW) مدار کوته | |
| پیش گرم: دمای حداقل پیش گرمایش: ۲۵۰° C | | پیش گرم: دمای حداقل پیش گرمایش: ۱۶۵° C | |
| درجه حرارت: ۲۵۰° C | | درجه حرارت: ۱۶۵° C | |
| عملیات پس گرم: درجه حرارت: زمان | | عملیات پس گرم: درجه حرارت: زمان | |
| (Joint Details) | | | |
| سرعت حرکت em/min | ولتاژ | سرعت تغذیه سیسم | نوع و قطبیت |
| ۱۰-۲۰ | ۱۸-۲۲ | ۸۰-۱۲۰ | DC |
| ۱۰-۲۰ | ۲۰-۲۵ | ۱۰۰-۱۸۰ | DC |
| ۱۰-۲۰ | ۲۰-۲۵ | ۱۰۰-۱۸۰ | DC |
| روش جوشکاری | مخاطب پرکننده | قطر الکترود | رود |
| جوشکاری | E6013 | ۳/۳۵ | DC |
| جوشکاری | E6013 | ۴ | DC |
| جوشکاری | E6013 | ۴ | DC |

شکل (۵): W.P.S. نمونه پنجم اتصال سپری

اضافه جوش، نیروی انقباض و تمایل به انقباض را افزایش می‌دهد؛ پس جوش گوشه اضافی باعث ایجاد حرارت اضافی در اتصال می‌شود که باید به آن توجه داشت تا حداقل، تغییر شکل ناخواسته یا ایجاد تنش جدید در اتصال نکند [۳].

۶- نمونه ششم، نمونه شاهد است. در هر دو اتصال از جوش شیاری نفوذی کامل استفاده شده و زاویه پخ ورق ۴۵ درجه است. در شکل (۶) W.P.S. نمونه ششم نمایش داده شده است.

ذکر این نکته لازم است که در اتصال ورق کششی فوقانی به ستون، اگر جوش شیاری اتصال دهنده ورق کششی به ستون بدون انجام آزمایش در نظر گرفته شود، تنش کششی

۷۰-۱۰۰ درجه خشک شود.

۴-۲- مبدل یکسو کننده

(Transformers-rectifiers)

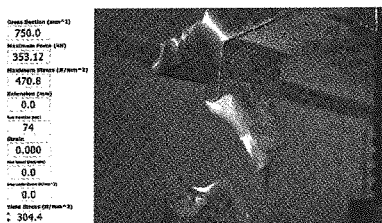
از عوامل جوشکاری با کیفیت مناسب و رسیدن به جوش با کیفیت، استفاده از دستگاه جوشکاری مناسب و با استاندارد است. در ساخت نمونه‌ها آزمایشی از دستگاه رکتیفایر شرکت خزر ترانسفورماتور استفاده شده است. دستگاه رکتیفایر از نوع KTT-650 با ولتاژ ورودی ۲۸۰-۳، ماکزیمم ولتاژ مدار باز ۸۶ ولت، محدوده ۶۵-۱۰ آمپر و خروجی ۶۵۰ آمپر، ۴۴ ولت می‌باشد. ابعاد دستگاه ۸۰۰×۵۵۰×۹۰۰ با وزن ۲۳۰ کیلو نیوتن است [۲].

۵- نتایج حاصل از آزمایش کشش استاتیک روی

نمونه های اتصال سپری مدل شده

در ذیل به صورت جداگانه، نتایج حاصل از شش آزمایش کشش استاتیک روی نمونه‌های سپری جوش شده، آورده شده است.

۱- در شکل (۷) نتیجه حاصل از آزمایش کشش استاتیک روی نمونه اول نمایش داده شده است:



شکل (۷): نتیجه آزمایش کشش استاتیک روی نمونه اول

ورق مصرفی در آزمایش ST37 است. این نوع فولاد، مقاومت گسیختگی تا ۴۷۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع را بر اساس DIN17100 داراست. همان‌طور که در شکل (۷) نشان داده شده است مقاومت گسیختگی در حدود ۴۷۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع می‌باشد و گسیختگی در ورق اتفاق افتاده و جوش سالم مانده است. علت این امر، که با زاویه کم لبه ورق کاهش مقاومت صورت نگرفته است، می‌تواند در اندازه مناسب ریشه جوش باشد. در این میان باید به هزینه جوشکاری هم توجه داشت. (ریشه جوش بزرگتر، مصرف مصالح بیشتر و هزینه بیشتر) تنش تسلیم ورق ۳۰۴ نیوتن بر میلی‌متر مربع است، تنش تسلیم در نمونه‌ها هنگامی رخ می‌دهد که کرنش در حدود ۰/۲ درصد باشد [۹].

۲- در نمونه دوم با جوش گوشه دو طرفه، همان‌طور که در شکل (۸) نمایش داده شده است، تنش گسیختگی ۴۶۹ نیوتن بر میلی‌متر مربع می‌باشد که تقریباً مساوی با تنش گسیختگی

شرایط کنترل شده انجام گرفته است. بعد از جوشکاری ورق‌ها و آماده شدن اتصال سپری مدل شده برای اینکه اندازه طول جوش در تمام نمونه‌ها دقیق و ثابت باشد و همچنین خود جوش بدون خرابی کناری آن باشد (خرابی‌هایی که ممکن است در شروع و پایان جوشکاری بوجود آید) با دستگاه کف گرد، نمونه‌ها ماشینکاری شده و طول جوش به ۵ سانتی متر کاهش یافته است.

۴-۱- الکتروود

جوشکاری قوس الکتریکی با الکتروود روکش دار SMAW (Shielded Metal-arc Welding) دارای وسیع ترین کاربردها در ساخت، مونتاژ، تعمیر و تقویت سازه‌های فولادی است. این مقبولیت به خاطر گسترش الکتروودهای روکش دار است که توانایی ایجاد جوش با خواص مکانیکی معادل و یا حتی بهتر از خواص فلز مورد جوشکاری را دارا می‌باشد [۲].

الکتروود مصرفی در جوشکاری نمونه‌های آزمایشی نپتون ۲۰ E6013 ساخت شرکت پارس بوده است که دارای استاندارد های DIN 1913 - B.S.E.317 - AWS.E.6013 و نوع پوشش آن روتیل سلولزی است.

این الکتروود با روپوش متوسط می‌تواند در هر وضعیتی استفاده شود و از عهده کلیه حالات جوشکاری برآید؛ برای هر دو جریان AC و DC مناسب و جوشکاری با آن براحتی قابل کنترل است. با یک ضربه آرام به آسانی جرقه زده و سرباره آن براحتی کنده می‌شود، دارای ترشح متوسط با سطح جوش صاف و هموار و برجستگی کاملاً محذب است.

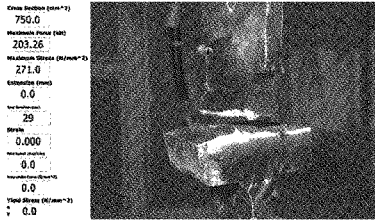
با توجه به استحکام متوسط و درصد ازدیاد طول مناسب برای جوشکاری فولادهای بدون آلیاژ تا ST52 توصیه می‌شود. که با توجه به تست مصالح ورق مورد استفاد در آزمایش و مقاومت گسیختگی ۴۷۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع، الکتروود انتخابی مناسب برای آزمایش است.

خواص مکانیکی الکتروود انتخابی به این صورت است که استحکام کشش ۵۵۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع، استحکام تسلیم ۴۸۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع، درصد ازدیاد طول ۲۲-۲۲ درصد و مقاومت به ضربه در ۲۴ درجه سانتی‌گراد، بزرگتر از ۸۰ ژول را داراست.

الکتروود انتخابی ترکیب شیمیایی به صورت ذیل دارد:

کربن ۰/۰۷ ، سیلیس ۰/۴۸ ، منگنز ۰/۵۹ ، فسفر کمتر از ۰/۰۲۰ ، گوگرد کمتر از ۰/۰۲۰ درصد.

برای استفاده مطلوب از الکتروود و حفظ خواص آن، الکتروود بایستی در جای خشک انبار شود و در صورت سرایت رطوبت، الکتروودها بایستی قبل از استفاده برای یک ساعت در حرارت



شکل (۱۰): نتیجه آزمایش کشش استاتیک روی نمونه چهارم

در بعضی کارگاه‌ها به علت آماده سازی غلط لبه ورق اتصال جوش شیاری با یک عدم نفوذی همراه می‌شود که در این آزمایش کاهش مقاومت قابل توجهی رخ داده است. زاویه شکست در جوش این نمونه نسبت به نمونه قبل به سمت افقی رفته است. در نمونه چهارم، ورق اتصال حتی به حد تسلیم نرسیده است. آماده سازی لبه ورق‌ها، ایجاد تعادلی بین زاویه پخی لبه و دهانه ریشه می‌باشد. برای حفظ اقتصاد جوش، زاویه پخی و دهانه ریشه باید در حداقل حفظ شود و اندازه الکتروود نیز متناسب و سازگار با کار باشد [۲].

۵- نمونه پنجم، همان طور که قبلاً توضیح داده شد، همانند نمونه چهارم است با این تفاوت که یک جوش گوشه روی جوش شیاری با نفوذ ناقص انجام گرفته است تا مشاهده شود که آیا چند پاس اضافی جوش روی جوش شیاری، می‌تواند اتصال را بهبود بخشد.

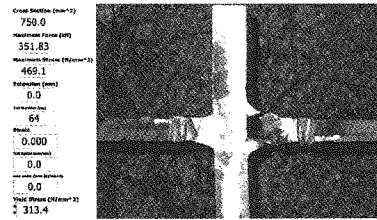
در شکل (۱۱)، نتیجه آزمایش روی این نمونه آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تنش گسیختگی ۲۸۲ نیوتن بر میلی‌متر مربع است که بهبود قابل توجهی نسبت به حالت قبل مشاهده نمی‌شود. پس چند پاس اضافی جوش روی جوش شیاری، هیچ کمکی در بهبود قدرت اتصال نکرده است. علت این امر، باز در عدم تقارن در جوش است که یک توزیع تنش نامتقارن را باعث شده است.

پس در آزمایش مافوق صوت، اگر عدم نفوذ کامل جوش مشاهده شد نمی‌توان با چند پاس اضافی روی جوش قدیمی آن را جبران کرد و حتماً باید جوش سنگ زده شده، از نو جوشکاری شود؛ لیکن روش‌های تعمیراتی دیگری همانند استفاده از ورق لچکی توصیه شده است [۸]. این مطلب برای پیمانکار همراه با هزینه زیادی است، برای همین به سختی می‌توان پیمانکار را به انجام این کار اجبار کرد. در این نمونه نیز، ورق‌ها به حد تسلیم خود نرسیده و شکست ترد در جوش شیاری با نفوذ ناقص به وجود آمده است.

۶- نمونه ششم، نمونه شاهد با جوش تمام قدرت است و تمام مشکلات نمونه‌های قبلی در این نمونه بر طرف شده است. همان‌طور که در شکل (۱۲) نمایش داده شده است، تنش گسیختگی در این نمونه، ۴۴۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع و شکست

حداکثری ورق در نمونه اول است؛ اما گسیختگی در جوش گوشه به صورت برشی اتفاق افتاده است.

علت رسیدن تنش گسیختگی به تنش حداکثری ورق در نمونه دوم، توزیع تنش متقارن در اتصال است؛ به این ترتیب می‌توان به جای جوش شیاری با نفوذ کامل از جوش گوشه دو طرفه استفاده کرد. از این مطلب بسیار استفاده می‌شود، یعنی در جایی که امکان دسترسی به هر دو طرف اتصال موجود است، مانند ورق زیر سری اتصال صلب تیر به ستون، می‌توان از جوش گوشه دو طرفه به جای جوش شیاری با نفوذ کامل استفاده کرد.



شکل (۸): نتیجه آزمایش کشش استاتیک روی نمونه دوم

۳- همان‌طور که در شکل (۹) نمایش داده شده است، در نمونه سوم جوش گوشه یک طرفه انجام گرفته است:



شکل (۹): نتیجه آزمایش کشش استاتیک روی نمونه سوم

در این نمونه گسیختگی در جوش و با تنش حداکثری ۱۸۹ نیوتن بر میلی‌متر مربع در ورق بوده است. علت این امر نوع توزیع تنش در اتصال است که به خاطر عدم تقارن در جوش و عدم توزیع تنش متقارن، اتصال به تنش حداکثری، در حدود ۰/۴ تنش گسیختگی ورق رسیده است. این نکته حائز اهمیت است که اگر به علت عدم توجه به نقشه و برای صرفه جویی به جای جوش شیاری با نفوذ کامل از جوش گوشه استفاده شود، تنش به مراتب از تنش حداکثری اعضای اتصال کمتر خواهد بود.

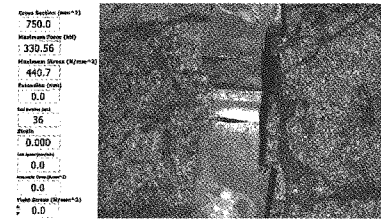
۴- در نمونه چهارم، جوش شیاری با نفوذ ناقص انجام گرفته است. همان‌طور که در شکل (۱۰) نمایش داده شده است، اتصال به مقاومت گسیختگی ۲۷۱ نیوتن بر میلی‌متر مربع در ورق رسیده است. در این نمونه، مقاومت نهایی در حدود ۰/۵۸ برابر مقاومت نهایی ورق است. باز به علت عدم تقارن در جوش، مقاومت کمتری در اتصال درست شده است:

در ورق اتصال به وجود آمده است. این تنش، در حد تنش حداکثری ورق است. ملاک عمل در کارگاه ها باید جوش این اتصال با تمام جزئیات باشد.



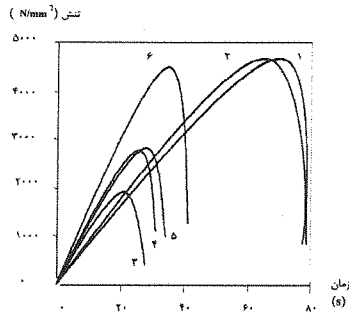
شکل (۱۱): نتیجه آزمایش کشش استاتیک روی نمونه پنجم

در شکل (۱۲)، مقایسه بین شش نمونه آزمایش استاتیکی نمایش داده شده است.



شکل (۱۲): نتیجه آزمایش کشش استاتیک روی نمونه ششم

اعمال نیروی کشش دینامیکی به صورت سینوسی در شش سیکل ۵۰ کیلو نیوتنی، پنج سیکل ۱۰۰ کیلو نیوتنی و چند سیکل ۱۵۰ نیوتنی تا نمونه‌ها دچار گسیختگی شوند، ادامه پیدا کرده است. نوع و روش اعمال نیرو به اتصالات سپری جوش شده، هماهنگ با توان دستگاه است. فرکانس اعمال نیرو ۰/۵ هرتز است. در آزمایش دینامیکی، نیرو اعمال و مقدار کرنش اندازه گیری شده است.



شکل (۱۳): نمودار مقایسه بین شش نمونه آزمایش استاتیکی

بعد از جوشکاری نمونه‌ها به وسیله همان جوشکار قبلی با شرایط مناسب، در کارگاه شرکت بادیند، همانند شرایط موجود در آزمایش استاتیکی نمونه‌ها ساخته شده و برای آزمایش دینامیکی، ماشینکاری شده‌اند. بدین ترتیب، طول جوش شش سانتی متر به اندازه دقیق طول جوش چهار سانتی متر رسیده است. در ذیل نتایج حاصل از آزمایش دینامیکی آورده شده است:

۶- نتایج حاصل از آزمایش کشش دینامیک بر روی اتصالات سپری مدل شده

روش ساخت نمونه‌های آزمایش کشش دینامیکی، مانند آزمایش کشش استاتیکی است و فقط ابعاد نمونه‌ها با حالت قبلی متفاوت است؛ بدین نحو که دو ورق $10 \times 60 \times 20$ میلی‌متر در دو طرف و ورق $20 \times 60 \times 60$ میلی‌متر در وسط قرار گرفته است.

جدول (۱): نتیجه حاصل از آزمایش کشش دینامیکی بر روی نمونه‌ها

| سیکل | نیرو (KN) | تنش (N/mm ²) | کرنش (درصد) نمونه اول | کرنش (درصد) نمونه دوم | کرنش (درصد) نمونه سوم | کرنش (درصد) نمونه چهارم | کرنش (درصد) نمونه پنجم | کرنش (درصد) نمونه ششم |
|------|-----------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|
| ۱ | ±۵۰ | ۱۲۵ | -/۱۳۷۵ | -/۱۲۵۰ | -/۱۴۷۵ | -/۱۵۲۵ | -/۱۵۷۵ | -/۱۵۲۵ |
| ۲ | ±۵۰ | ۱۲۵ | -/۱۴۲۵ | -/۱۴۰۰ | -/۱۷۰۰ | -/۱۵۲۵ | -/۱۶۰۰ | -/۱۵۰۰ |
| ۳ | ±۵۰ | ۱۲۵ | -/۱۴۲۵ | -/۱۴۰۰ | -/۱۶۷۵ | -/۱۵۵۰ | -/۱۵۷۵ | -/۱۴۵۰ |
| ۴ | ±۵۰ | ۱۲۵ | -/۱۴۰۰ | -/۱۴۰۰ | -/۱۶۲۵ | -/۱۵۷۵ | -/۱۵۷۵ | -/۱۴۵۰ |
| ۵ | ±۵۰ | ۱۲۵ | -/۱۴۲۵ | -/۱۴۵۰ | -/۱۶۷۵ | -/۱۵۵۰ | -/۱۶۰۰ | -/۱۴۲۵ |
| ۶ | ±۵۰ | ۱۲۵ | -/۱۵۷۵ | -/۱۴۰۰ | -/۱۶۷۵ | -/۱۵۵۰ | -/۱۸۰۰ | -/۱۴۷۵ |
| ۷ | ±۱۰۰ | ۲۵۰ | -/۲۸۷۵ | -/۲۹۰۰ | - | - | - | -/۳۶۷۵ |
| ۸ | ±۱۰۰ | ۲۵۰ | -/۲۸۵۰ | -/۲۹۲۵ | - | - | - | -/۳۷۷۵ |
| ۹ | ±۱۰۰ | ۲۵۰ | -/۲۹۵۰ | -/۳۰۰۰ | - | - | - | -/۳۸۵۰ |
| ۱۰ | ±۱۰۰ | ۲۵۰ | -/۲۹۲۵ | -/۲۹۲۵ | - | - | - | -/۳۷۵۰ |
| ۱۱ | ±۱۰۰ | ۲۵۰ | -/۲۸۷۵ | -/۲۹۰۰ | - | - | - | -/۳۹۷۵ |
| ۱۲ | ±۱۵۰ | ۳۷۵ | ۲/۷۷۷۵ | ۲/۵۵۷۵ | - | - | - | ۲/۱۵۲۵ |
| ۱۳ | ±۱۵۰ | ۳۷۵ | ۴/۰۲۵۰ | - | - | - | - | ۲/۷۴۰۰ |

در هر دو سری آزمایش استاتیکی و دینامیکی به نتایج مشابهی به دست آمده است. همان طور که انتظار می‌رفت در آزمایش دینامیکی، هر اتصال به تنش گسیختگی کمتر از حالت آزمایش استاتیک رسیده است که علت این امر ماهیت اعمال نیروی دینامیکی به صورت رفت و برگشتی سینوسی است. اتصال شاهد در هر دو سری آزمایش، اتصال سپری با جوش شیاری با نفوذ کامل بوده است. سایر نمونه ها با این اتصال مقایسه شده‌اند. در این دوسری آزمایش تنها دو اتصال با جوش گوشه دوطرفه و اتصال با جوش شیاری با نفوذ کامل، زاویه لبه ورق ۲۰ درجه و دهانه ریشه باز، هم مقاومت با نمونه ششم با جوش شیاری با نفوذ کامل بوده‌اند. در نتیجه استفاده از جوش گوشه دو طرفه به جای جوش شیاری با نفوذ کامل، در اتصالاتی که امکان دسترسی به هر دو سوی ورق فراهم باشد، می‌تواند قابل قبول باشد. همانند اتصال ورق زیرسری، که جوشکاری آن روی زمین انجام می‌گیرد.

هنگامی که زاویه لبه ورق کم می‌شود، برای یک جوش مناسب، باید دهانه ریشه جوش بزرگ گردد. زاویه پخی به محل کار و زاویه الکتروود در هنگام جوشکاری نیز بستگی دارد [۲]. پس زاویه پخ باید به گونه‌ای باشد تا جوشکار به تمام ضخامت جوش دسترسی داشته باشد. همان‌طور که نتیجه آزمایش نشان می‌دهد می‌توان با زاویه پخ کم لبه ورق و ریشه مناسب جوش هم، به مقاومت مناسب در اتصال رسید؛ ولی ممکن است مصالح جوش زیادتر مصرف شود و هزینه جوشکاری افزایش یابد. برای حفظ اقتصاد جوش زاویه پخی و دهانه ریشه باید در حداقل حفظ شود و اندازه الکتروود نیز متناسب و سازگار با کار باشد.

اتصال با جوش گوشه یک‌طرفه کاملاً از آزمایش‌ها رد شده و به صورت ترد و از ناحیه جوش دچار گسیختگی شده است. این امر با توجه به توزیع تنش نامتقارن در اتصال قابل پیش بینی بوده است. در اتصال با جوش شیاری با نفوذ ناقص؛ که در کارگاه ساختمانی زیاد اتفاق می‌افتد، بیشترین نگرانی را از آزمایش‌ها ایجاد کرده‌اند. این اتصال در هر دو حالت به صورت ترد دچار شکست شده است. چند پاس اضافی جوش گوشه روی جوش شیاری با نفوذ ناقص، به عنوان جوش تقویتی، هیچ گونه بهبود قابل توجهی ایجاد نکرده است. چنین دستور کاری معمولاً در کارگاه‌های ساختمانی به کرات برای تعمیر صادر

می‌شود. جوش شیاری با نفوذ ناقص، حتماً باید سنگ زده و از نو دوباره جوشکاری شود.

اگر آماده سازی لبه ورق؛ که ایجاد تعادلی بین زاویه پخی لبه و دهانه ریشه است [۲]، به درستی صورت نگیرد، باعث ایجاد جوش شیاری با نفوذ ناقص در اتصال ورق روسری می‌شود.

همان‌طور که از نتایج آزمایش‌ها مشخص شد، تقویت جوش شیاری با نفوذ ناقص به وسیله جوش گوشه نیز، اتصال را بهبود بخشید است. از این مطالب، اهمیت مرحله آماده سازی بیشتر مشخص می‌شود. متأسفانه در ایران به مرحله آماده سازی لبه ورق کمتر توجه می‌شود. این عدم توجه، نگرانی زیادی را در هنگام زلزله ایجاد می‌کند. در این حالت، سازه در نیروی زلزله کمتری از حالت طراحی، دچار تخریب می‌گردد.

۸- مراجع

- [۱] آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله ویرایش دوم، پیوست ۲: ضوابط خاص برای سازه های فولادی مقاوم در برابر زلزله، صفحه ۷، تهران، ۱۳۸۰.
- [۲] طاحونی، شاپور؛ تهیه کننده دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان وزارت مسکن و شهرسازی معاونت نظام مهندسی و اجرای ساختمان، "راهنمای جوش و اتصالات جوشی"، نشر توسعه ایران، تهران، ۱۳۸۲.
- [۳] طاحونی، شاپور، "سازه های فولادی با اتصالات جوشی"، انتشارات دهخدا، تهران، ۱۳۷۵.
- [۴] طاحونی، شاپور، "طراحی سازه های فولادی بر مبنای آیین نامه فولاد ایران"، انتشارات علم و ادب، تهران، ۱۳۸۰.
- [۵] مقررات ملی ساختمانی ایران، "مبحث دهم: طرح و اجرای ساختمانهای فولادی"، صفحه ۱۱۴، تهران، ۱۳۷۹.
- [۶] مقررات ملی ساختمانی ایران، "مبحث دهم: طرح و اجرای ساختمانهای فولادی"، صفحه ۸۶، تهران، ۱۳۷۹.
- [۷] Blodget, O.W., "Design of welded structures", The James F. Lincoln Arc welding foundation, Cleveland, OH, 1996.
- [۸] Krawinkler, H., "Earthquake design and performance of steel structures" Bulletin of the Zealand national society for earthquake engineering, Vol 29. No4 December, 229-241, 1996.
- [۹] American Institute of Steel Construction (AISC), "Seismic provisions for structural steel buildings", p42, Chicago, IL, 2000.
- [۱۰] American Welding Society (AWS), "Structural welding code: steel: ANSIAWS", D1.1-96, Miami, Florida, 1996.