

باسمه تعالی

زلزله‌ی کرمانشاه، نقطه‌ی عطف ساخت‌وسازها در کشور

بخش دوم: جوش در ساختمان‌ها

شرکت بین‌المللی بازرسی کالای تجاری IGI



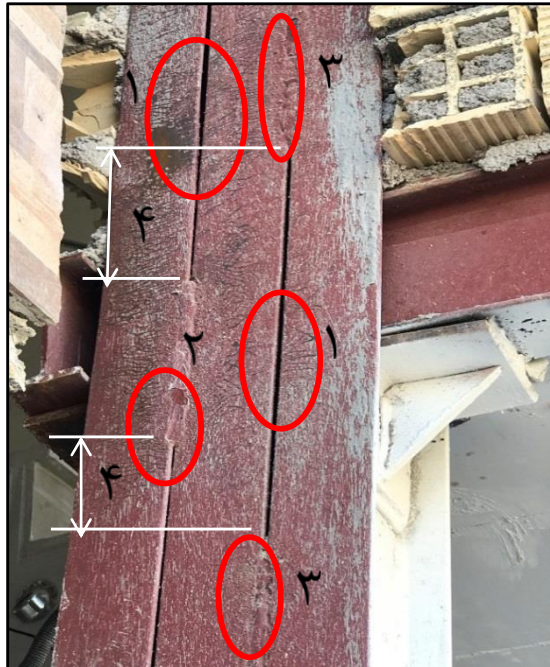
زمستان ۱۳۹۶

۱. نتایج بازرسی جوش سازه‌های فلزی مناطق زلزله‌زده و مشکلات مرتبط

بسیاری از حوادث ناشی از تحرکات زمین لرزه‌ای در سازه‌های فولادی، صرف نظر از به‌کارگیری فولاد نامرغوب یا ابعاد نامناسب در پروفیل‌ها، ناشی از طراحی نامناسب اتصالات و مشکلات ناشی از جوشکاری و عیوب آن است. با توجه به مشکلات گسترده‌ی جوش در منطقه‌ی زلزله‌زده، این مشکلات به صورت مجزا بررسی شده‌اند.

در ادامه، نتایج بازرسی‌های به عمل آمده از اتصالات جوش سازه‌های مناطق زلزله‌زده، در شکل ۱ تا شکل ۱۲ قابل مشاهده است. در اشکال مزبور، تلاش شده تا تیپ اشکالات رایج در سازه‌ها بیان شود. لازم به ذکر است مشکلات بیان شده، در ساختمان‌های متعددی تکرار شده بودند و موارد زیر به عنوان نمونه آورده شده است.

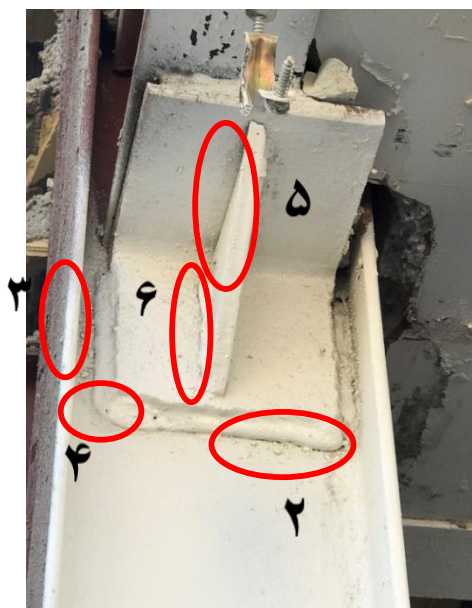
تیپ ۱



شکل ۱ - ساختمان فولادی واقع در محله فولادی، سرپل ذهاب

محل بازرسی	سر پل ذهاب - محله فولادی
نوع اتصال	اتصال سر به سر (Butt Joint) تیر آهن‌های ستون
نوع عیوب	۱- عدم همترازی (Hi-Lo) ۲- گرده جوش ضعیف (Poor Reinforcement) ۳- بریدگی کنار جوش (Under Cut) ۴- عدم رعایت فواصل منظم در جوش منقطع نو به ای
دلایل عیوب	۱. عدم استفاده از مونتاژکار حرفه ای ۲. عدم استفاده از جوشکار آموزش دیده ۳. آلودگی سطح (جوشکاری بر روی محل ضد زنگ خورده) ۴. عدم مهارت جوشکار در کنترل کورس الکتروود جوشکاری
الزامات مبحث ۱۰ مقررات ملی ساختمان	۱. ردیف ب بند شماره : ۱۰-۲-۹-۱-۲، سطح مقطع موثر در جوش های شیار (جدول ۱۰-۲-۹-۱)
راهکارهای پیش‌گیری	۱. استفاده از مونتاژکار و جوشکاران آموزش دیده ۲. بازرسی VT حین و بعد جوشکاری

تیپ ۲



شکل ۲- ساختمان فولادی واقع در محله فولادی، سرپل ذهاب

سر پل ذهاب - محله فولادی	محل بازرسی
اتصال روی هم (Fillet) ساپورت به ستون	نوع اتصال
۱- مونتاژ مستقیم ساپورت به جان تیر آهن (عدم استفاده از ورق تقویتی به بال ستون) ۲- سر رفتگی فلز جوش (Overlap) ۳- جرقه مذاب جوش (Spatter) ۴- حفره لوله‌ای (کرمی - Crater Pipe) ۵- عدم رعایت فواصل منظم در جوش منقطع نو به ای ۶- گرده کم گلویی جوش	نوع عیوب
۱. تکنیک جوشکاری نا مناسب و سرعت جوشکاری پایین ۲. آلودگی محل جوش ، آمپر بالا ، وزش قوس ۳. سرعت سرد شدن بالا، آلودگی محل جوش و حجم کم جوش ۴. عدم آشنایی جوشکار با میزان گلویی و ساق مورد نیاز جوش های گوشه ای ۵. عدم استفاده از جوشکار آموزش دیده	دلایل عیوب
۱. ردیف الف بند شماره : ۱۰-۲-۹-۲ ، سطح مقطع موثر در جوش های گوشه‌ای) شکل‌های : (۱۰-۲-۹-۳) ، (۱۰-۲-۹-۷)	الزامات مبحث ۱۰ مقررات ملی ساختمان
۱. استفاده از جوشکار و مونتاژ کار آموزش دیده ۲. بازرسی VT حین جوشکاری و PT بعد از جوشکاری	راهکارهای پیش‌گیری

تیپ ۳



شکل ۳- ساختمان فولادی واقع در محله فولادی، سرپل ذهاب

سرپل ذهاب - محله فولادی	محل بازرسی
اتصال روی هم (Fillet) ساپورت به ستون	نوع اتصال
۱. ترک ۲. اعوجاج تیر آهن	نوع عیوب
۱. مونتاژ مستقیم ساپورت به جان تیر آهن (عدم استفاده از ورق تقویتی به بال ستون)، عامل ترک جان تیر آهن ۲. تقسیم نامناسب ساق جوش گلوپی بین ستون و ساپورت و همچنین تحدب بیش از حد گلوپی جوش (Convexity) و ضخامت بیشتر جوش نسبت به ضخامت جان ستون (عدم رعایت ضخامت $0.7^{th}(min)$) سبب ترد شدن جان ستون و جدایی جوش ساپورت از ستون شده است. ۳. عدم جوشکاری منقطع تیر آهن ها در فاصله مابین ورق های تقویتی سبب اعوجاج تیر آهن گشته است.	دلایل عیوب
۱. ردیف الف بند شماره : ۲-۲-۹-۲-۱۰ ، سطح مقطع موثر در جوش های گوشه ای) شکل های: (۷-۹-۲-۱۰)، (۳-۹-۲-۱۰)	الزامات مبحث ۱۰ مقررات ملی ساختمان
۱. استفاده از جوشکار آموزش دیده ۲. بازرسی VT حین جوشکاری	راهکارهای پیش گیری

تیپ ۴



شکل ۴- ساختمان فولادی واقع در روستایی در ثلاث باباجانی

محل بازرسی	روستای ثلاث باباجانی
نوع اتصال	اتصال روی هم (Fillet) ساپورت به ستون
نوع عیوب	ترک
دلایل عیوب	۱. تقسیم نامناسب ساق جوش گلویی بین ستون و ساپورت ۲. عدم جوشکاری تیر آهن به ساپورت پایین ۳. ضعیف بودن ساپورت بالایی نسبت به ساپورت پایینی
الزامات مبحث ۱۰ مقررات ملی ساختمان	۱. ردیف الف بند شماره : ۱۰-۲-۹-۲-۲، سطح مقطع موثر در جوش‌های گوشه‌ای، شکل‌های : (۱۰-۲-۹-۳)، (۱۰-۲-۹-۸)
راهکارهای پیش‌گیری	۱. استفاده از جوشکار آموزش دیده ۲. بازرسی VT حین جوشکاری و PT بعد از جوشکاری

تیپ ۵



شکل ۵- ساختمان فولادی واقع در روستایی در ثلاث باباجانی

محل بازرسی	روستای ثلاث باباجانی
نوع اتصال	اتصال سر به سر (Butt Joint) قوطی‌های ستون
نوع عیوب	۱. عدم جوشکاری محل اتصال قوطی‌های ستون ۲. استفاده از تقویتی ضعیف و جوش‌های ضعیف تقویتی به قوطی
دلایل عیوب	۱. جوشکار آموزش ندیده ۲. عدم حضور بازرس
الزامات مبحث ۱۰ مقررات ملی ساختمان	۱. ردیف الف بند شماره : ۱۰-۲-۹-۱، سطح مقطع موثر در جوش‌های شیار
راهکارهای پیش‌گیری	۳. استفاده از جوشکار آموزش دیده ۴. بازرسی VT حین و بعد از جوشکاری

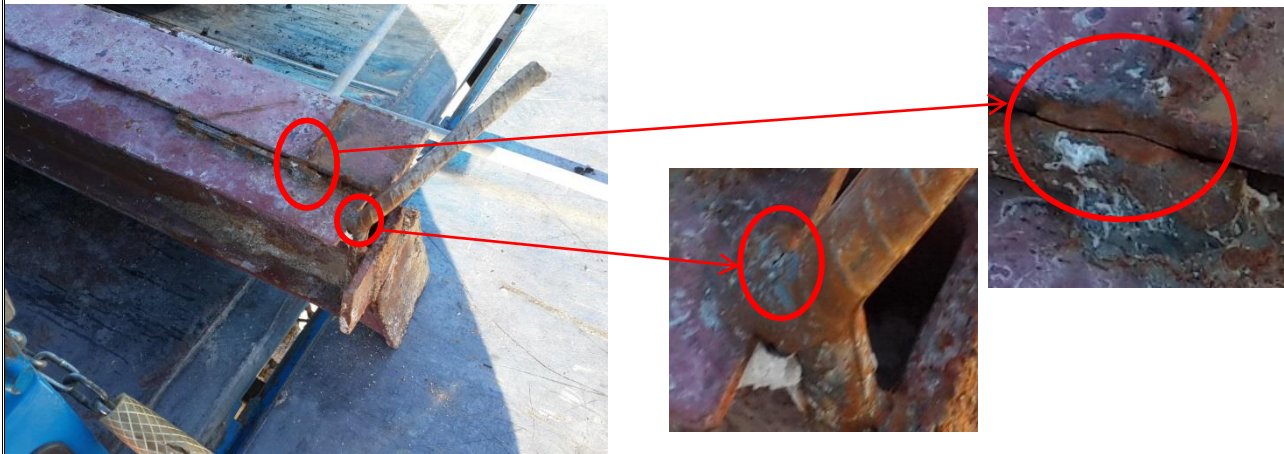
تیپ ۶



شکل ۶- ساختمان فولادی واقع در روستایی در ثلاث باباجانی

محل بازرسی	روستای ثلاث باباجانی
نوع اتصال	اتصال روی هم (Fillet) ستون به نشیمنگاه (Base Plate)
نوع عیوب	- خارج از مرکزیت مونتاژ ستون به نشیمنگاه - جوشکاری نامناسب شامل عیوب: ۱-۲: بریدگی کنار جوش (Under Cut) ۲-۲: گرده جوش ضعیف در قسمت گلویی جوش (Poor Reinforcement) ۳-۲: جرقه و پاشش مذاب جوش (Spatter)
دلایل عیوب	- تقسیم نامناسب ساق جوش گلویی بین ستون و ساپورت - تقسیم نامناسب ساق جوش گلویی بین ستون و نشیمنگاه - سرعت سرد شدن بالا، آلودگی محل جوش و حجم کم جوش
الزامات مبحث ۱۰ مقررات ملی ساختمان	- ردیف الف بند شماره : ۱۰-۲-۹-۲، سطح مقطع موثر در جوش‌های گوشه‌ای (شکل ۱۰-۲-۹-۳) - ردیف ب بند شماره : ۱۰-۲-۹-۲، سطح مقطع موثر در جوش‌های گوشه‌ای (شکل ۱۰-۲-۹-۷)
راهکارهای پیش‌گیری	- استفاده از جوشکار و مونتاژکار آموزش دیده - بازرسی VT حین و بعد از جوشکاری

تیپ ۷



شکل ۷- ساختمان فولادی واقع در روستایی در ازگله

محل بازرسی	روستای ازگله
نوع اتصال	اتصال Fillet تیرآهن‌های ستون
نوع عیوب	۱. عدم همترازی ۲. استفاده از فلز پرکننده نامناسب ۳. ترک
دلایل عیوب	۱. استفاده از تیرآهن‌های غیر هم‌نام جهت ساخت ستون ۲. استفاده از میلگرد جهت پر کردن محل‌های اتصال ۳. تک خال‌های جوش ضعیف
الزامات مبحث ۱۰ مقررات ملی ساختمان	۱. ردیف الف بند شماره : ۱-۲-۹-۲-۱۰، سطح مقطع موثر در جوش‌های شیار (شکل ۱۰-۲-۹-۲)
راهکارهای پیش‌گیری	۱. استفاده متریال مناسب و هم نام ۲. استفاده از مونتاژکار و جوشکار آموزش دیده ۳. بازرسی VT حین جوشکاری

تیپ ۸



۱



۲



شکل ۸- ساختمان فولادی واقع در روستایی در ازگله

محل بازرسی	روستای ازگله
نوع اتصال	اتصال Fillet ساپورت به ستون
نوع عیوب	۱. گرده کم گلویی جوش ۲. حفره لوله‌ای (کرمی - Crater Pipe)
دلایل عیوب	۱. عدم آشنایی جوشکار با میزان گرده مورد نیاز جوش‌های گوشه‌ای ۲. سرعت سرد شدن بالا، آلودگی محل جوش و حجم کم جوش
الزامات مبحث ۱۰ مقررات ملی ساختمان	۱. ردیف الف بند شماره : ۱۰-۲-۹-۲ ، سطح مقطع موثر در جوش‌های گوشه‌ای (شکل ۱۰-۲-۹-۳)
راهکارهای پیش‌گیری	۱. استفاده از جوشکاران آموزش دیده ۲. بازرسی VT حین و بعد از جوشکاری

تیپ ۹



شکل ۹- ساختمان فولادی واقع در محله فولادی، سرپل ذهاب

محل بازرسی	سر پل ذهاب - محله فولادی
نوع اتصال	اتصال سر به سر (Butt Joint) تیر آهن راه پله
نوع عیوب	۱- استفاده از فلز پرکننده تا مناسب ۲- عدم جوشکاری و تقویت محل برشکاری شده ۳- ترک
دلایل عیوب	۱. استفاده از میلگرد جهت پر کردن محل‌های اتصال ۲. عدم جوشکاری تیر آهن به ساپورت پایین ۳. ضعیف بودن ساپورت بالایی نسبت به ساپورت پایینی
الزامات مبحث ۱۰ مقررات ملی ساختمان	۱. عدم اجرای ردیف الف بند شماره : ۱۰-۲-۹-۱-۲، سطح مقطع موثر در جوش‌های شیار (شکل ۱۰-۲-۹-۱۰)
راهکارهای پیش‌گیری	۱. استفاده از جوشکار آموزش دیده ۲. بازرسی VT حین جوشکاری و PT بعد از جوشکاری

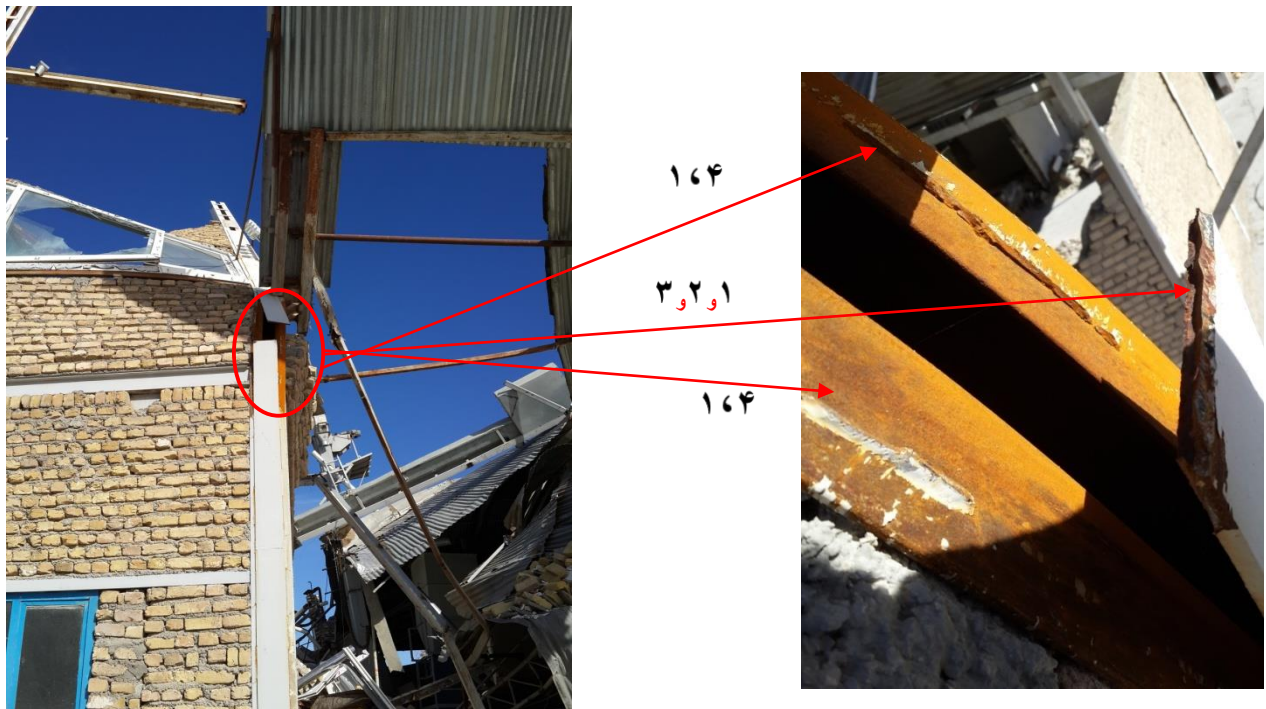
تیپ ۱۰



شکل ۱۰- ساختمان فولادی واقع در محله فولادی، سرپل ذهاب

محل بازرسی	سرپل ذهاب - محله فولادی
نوع اتصال	اتصال روی هم (Fillet) ساپورت بادی بند به ستون
نوع عیوب	۱. مونتاژ مستقیم ساپورت به جان تیر آهن (عدم استفاده از ورق تقویتی به بال ستون) ۲، ۳. ترک ۴. اعوجاج تیر آهن ستون ۵. عدم جوشکاری قسمت بالای ساپورت بادی بند
دلایل عیوب	۱. تقسیم نامناسب ساق جوش گلوپی بین ستون و ساپورت بادی بند ۲. تقسیم نامناسب ساق جوش گلوپی بین ناودانی بادی بند و ساپورت بادی بند ۳. آلودگی سطح (جوشکاری بر روی محل ضد زنگ خورده) ۴. ابعاد نامناسب ورق تقویتی ستون سبب اعوجاج تیر آهن گشته است.
الزامات مبحث ۱۰ مقررات ملی ساختمان	۱. ردیف الف بند شماره : ۱۰-۲-۹-۲ (سطح مقطع موثر در جوش‌های گوشه‌ای) ۲. ردیف ب بند شماره : ۱۰-۲-۹-۲، سطح مقطع موثر در جوش‌های گوشه‌ای شکل‌های (۱۰-۹-۲) و (۱۰-۹-۷)
راهکارهای پیش‌گیری	۱. استفاده از جوشکار و مونتاژ کار آموزش دیده ۲. بازرسی VT حین جوشکاری و PT بعد از جوشکاری

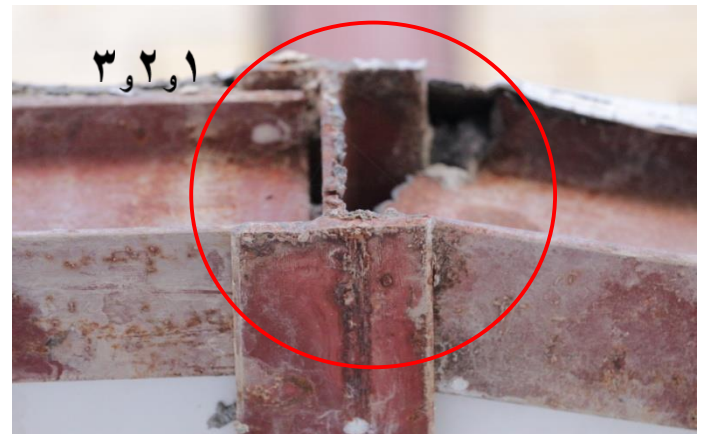
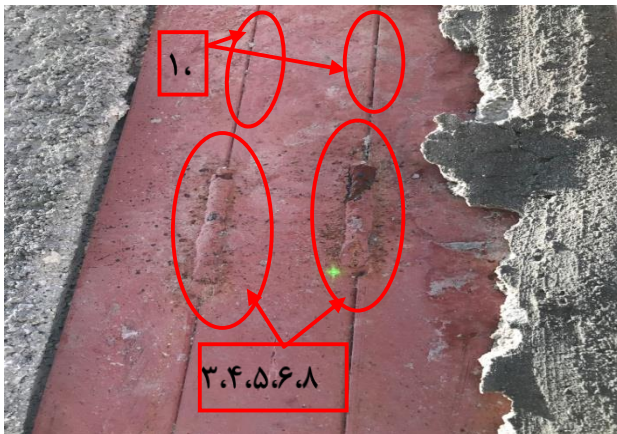
تیپ ۱۱



شکل ۱۱- سوله صنعتی واقع در شهرک صنعتی سرپل ذهاب

محل بازرسی	شهرک صنعتی سرپل ذهاب
نوع اتصال	اتصال روی هم (Fillet) ورق تقویتی به ستون و اتصال سر به سر (Butt Joint) ورق‌های تقویتی به یکدیگر
نوع عیوب	- ترک - نفوذ ناقص (Lack of Penetration) - گرده جوش ضعیف (Poor Reinforcement) - هم سطح بودن جوش با فلز پایه - تقسیم نامناسب ساق جوش بین ورق تقویتی و ستون
دلایل عیوب	- تقسیم نامناسب ساق جوش گلولی بین ستون و تقویتی - عدم آماده سازی سطح قبل از جوشکاری (سنگ زنی و پخ سازی) در جوش Butt Joint موجب نفوذ ناقص جوش (LOP) شده است.
الزامات مبحث ۱۰ مقررات ملی ساختمان	- ردیف الف بند شماره : ۱-۲-۹-۲-۱۰، سطح مقطع موثر در جوش‌های شیار - ردیف الف بند شماره : ۲-۲-۹-۲-۱۰، سطح مقطع موثر در جوش‌های گوشه ای (شکل ۱۰-۲-۹-۳)
راهکارهای پیش‌گیری	- استفاده از جوشکار آموزش دیده - بازرسی VT حین جوشکاری

تیپ ۱۲



شکل ۱۲- ساختمان‌های فولادی در تمام مناطق زلزله‌زده استان کرمانشاه

محل بازرسی		مناطق زلزله‌زده استان کرمانشاه (سرپل ذهاب، ازگله، ثلاث باباجانی، قصر شیرین، اسلام آباد)
نوع اتصال		انواع اتصالات جوشکاری
عیوب گسترده در منطقه	۱. عدم اجرای جوشکاری	۵. گرده جوش ضعیف (Poor Reinforcement)
	۲. عدم مونتاژ مناسب جهت جوشکاری	۶. بریدگی کنار جوش (Under Cut)
دلایل عیوب	۳. تقویتی‌های ضعیف	۷. بی‌نظمی فواصل در جوش منقطع نو به ای
	۴. پاشش مذاب جوش (Spatter)	۸. عدم تمیز کاری بعد از جوش
عدم رعایت الزامات جوشکاری بند ۱۰-۲-۹-۲ مبحث دهم مقررات ملی ساختمان (طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی)		۱. جوشکاری توسط جوشکاران آموزش ندیده
راهکارهای پیش‌گیری		۲. عدم انجام بازرسی چشمی جوش (VT) - گل جوش بر روی اکثر جوش‌ها باقی مانده است.
الزامی کردن استانداردهای ساخت و نصب و بازرسی دقیق از سازه‌ها		

۲. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

علل اصلی آسیب و تخریب بسیاری از ساختمان‌های فولادی در زلزله‌ی کرمانشاه، مرتبط با اتصالات جوش بوده که در بخش قبل، به دلایل ایجاد این عیوب و راهکارهای پیش‌گیری این عیوب اشاره شده است. جهت کاهش این عیوب بهتر است تیم طراحی، اجرا و نظارت به خوبی به وظایف خود واقف باشد تا دیگر این عیوب در جوش ساختمان مشاهده نشود. عیوب اصلی جوش عبارتند از:

- ۱- عدم همترازی (Hi-Lo)
- ۲- گرده‌ی جوش ضعیف (POOR REINFORCEMENT)
- ۳- بریدگی کنار جوش (UNDER CUT)
- ۴- عدم رعایت فواصل منظم در جوش منقطع نو به ای
- ۵- عدم مونتاژ مناسب جهت جوشکاری
- ۶- سر رفتگی فلز جوش (OVERLAP)
- ۷- جرقه و پاشش مذاب جوش (SPATTER)
- ۸- حفره‌ی لوله‌ای (کرمی - CRATER PIPE)
- ۹- گرده‌ی کم گلولی جوش
- ۱۰- ترک
- ۱۱- استفاده از فلز پرکننده‌ی نامناسب
- ۱۲- عدم جوشکاری و تقویت محل برشکاری شده
- ۱۳- نفوذ ناقص (LACK OF PENETRATION)
- ۱۴- هم‌سطح بودن جوش با فلز پایه
- ۱۵- عدم تمیزکاری بعد از جوش

با توجه به تخریب‌های مشاهده شده و علل آن‌ها و با در نظر گرفتن مقاومت بعضی از ساختمان‌ها، می‌توان زلزله‌ی کرمانشاه را به نقطه‌ی عطفی برای تجدید نظر در ساخت‌وسازها تبدیل کرد. در همین راستا، استفاده از جوشکار آموزش دیده و انجام بازرسی چشمی جوش، شاید ۲ نکته‌ی اساسی باشد که بیش از سایر نکات مطرح شده در مورد جوش در ساختمان‌ها، بتواند از حوادث ناشی از ضعف در این نوع اتصالات و تخریب ساختمان‌ها بکاهد. لزوم بازرسی جوش در سه مرحله شامل قبل، حین و بعد از جوشکاری که هریک شامل مراحل ذیل است در کاهش حوادث نقش اساسی ایفا می‌کند.

الف) قبل از جوشکاری

✓ مرور طراحی‌ها و مشخصات WPS

✓ چک کردن تاییدیه رویه‌ها و پرسنل مورد استفاده PQR

✓ بنا نهادن نقاط تست

✓ نصب نقشه‌ای برای ثبت نتایج

✓ مرور مواد مورد استفاده

✓ چک کردن ناپیوستگی‌های فلز پایه

✓ چک کردن فیت آپ و ترازبندی اتصالات جوش

(ب) حین جوشکاری

چندین آیتم وجود دارد که نیاز به کنترل دارد تا در نهایت جوش رضایت‌بخشی حاصل شود. آزمون چشمی اولین متد برای کنترل این جنبه از ساخت است. این می‌تواند ابزار ارزشمندی در کنترل پروسه باشد. بعضی از این جنبه‌های ساخت که باید کنترل شوند شامل موارد زیر است:

✓ کیفیت پاس ریشه جوش

✓ آماده سازی ریشه اتصال قبل از جوشکاری طرف دوم

✓ پیش گرمی و دماهای میان پاسی

✓ توالی پاس‌های جوش

✓ لایه‌های بعدی جهت کیفیت جوش معلوم

✓ تمیز نمودن بین پاس‌ها

✓ پیروی از پروسیجر کاری همچون ولتاژ، آمپر، ورود حرارت، سرعت.

(پ) بعد از جوشکاری

از طریق این مرحله از بازرسی نسبت به مراحل‌ی که قبلاً طی شده و در نتیجه جوش رضایت‌بخشی را به وجود آورده، اطمینان حاصل خواهد شد. بعضی از مواردی که نیاز به توجه خاصی بعد از تکمیل جوشکاری دارند، شامل موارد زیر است:

✓ ظاهر جوش به وجود آمده

✓ اندازه جوش به وجود آمده

✓ طول جوش

✓ صحت ابعادی

✓ میزان تغییر شکل

هم چنین دانستن متالورژی جوشکاری از جمله تأثیر عناصر در فولاد، می‌تواند نقطه‌ی عطفی برای طراحان، جوشکاران و ناظران باشد. در این راستا علاوه بر مدرک جوشکاری، مدرک متالورژی جوشکاری برای جوشکاران باید صادر و الزامی گردد و جوشکارانی که موفق به اخذ این مدرک نشده‌اند، نباید به امر خطیر جوشکاری بپردازند. در این راستا به تأثیر چند عنصر مهم در جوشکاری فولاد پرداخته می‌شود.

الف) کربن (Carbon) از آنجایی که میزان سختی پذیری (hardenability) در فولاد را معین می‌کند. هر چه میزان کربن بیش‌تر باشد، فولاد سخت‌تر می‌شود. اگر فولاد کربنی (بالای ۰/۳۰ درصد) جوشکاری شده و ناگهان سرد شود، یک ناحیه‌ی ترد و شکننده (brittle) در کنار جوش ایجاد می‌گردد (منطقه‌ی متأثر از حرارت).

ب) منگنز (Manganese) در فولاد، باعث افزایش سختی‌پذیری و استحکام کششی (tensile strength) می‌شود. اگر مقدار منگنز بالای ۰/۶۰ درصد باشد و به خصوص اگر با درجه‌ی بالایی از کربن ترکیب شود، قابلیت جوشکاری قطعاً کم خواهد شد. در این شرایط معمولاً ترک افزون ایجاد خواهد شد. اگر میزان منگنز خیلی کم باشد، تخلخل داخلی (internal porosity) و ترک ممکن است گسترش یابد.

پ) سیلیکون (Silicon) برای بهبود کیفیت و استحکام کششی در فولاد به کار می‌رود. میزان بالای سیلیکون، به خصوص همراه با کربن بالا، منجر به ترک می‌شود.

ت) مقدار گوگرد (Sulfur) در انواع فولادها پایین نگه داشته می‌شود (۰/۳۵ درصد و حداکثر ۰/۰۵ درصد) زیرا درصد بالای گوگرد احتمال ترک را افزایش می‌دهد.

ث) فسفر (Phosphorus) به عنوان ناخالصی در فولاد در نظر گرفته می‌شود. در نتیجه مقدار آن تا حد امکان پایین نگه داشته می‌شود. میزان فسفر بالای ۰/۰۴ درصد باعث می‌شود که جوش شکننده (brittle) شود.

از نکات قابل توجه در بحث جوشکاری ساختمان‌ها، توجه به ضوابط آیین‌نامه‌ی مبحث ۱۰ مقررات ملی ساختمان می‌باشد که باید با ریزینی خاصی به این ضوابط دقت کرد تا از صدمات و خسارات جوشکاری جلوگیری شود.

با توجه به اینکه بخش بزرگی از هزینه‌های جوشکاری صرف نیروی انسانی می‌شود، کمبود متخصصین جوشکاری در سطوح مختلف که براساس استانداردهای معتبر (ملی یا بین‌المللی) آموزش دیده و تأیید صلاحیت شده باشند، هزینه‌های زیادی را به کشور تحمیل می‌نماید.

هم‌چنین کارشناسان صنعت جوش، در کنار تربیت نیروی انسانی ماهر و دارای صلاحیت در تمامی سطوح براساس استانداردهای بین‌المللی، مهم‌ترین چالش پیش روی صنعت جوش ایران را تدوین مقررات، نظام‌نامه‌ها و استانداردهای لازم با توجه به خصوصیات فرهنگی و اقلیمی و اجرایی نمودن آن‌ها در صنایع مختلف کشور عنوان می‌کنند.