



بررسی شکل پذیری و رفتار چشمه اتصال در اتصال پیشنهاد شده توسط استاندارد ۲۸۰۰ زلزله ایران براساس مطالعات تحلیلی و آزمایشگاهی

* محمدقاسم وتر^۱، محمود میری^۲، فرشاد غفاری^۳، امین حداد^۴

چکیده

بعد از زلزله نورث ریج و شکست های غیرمنتظره در اتصالات ساختمان های فولادی با قاب خمشی لزوم استفاده از اتصالات شکل پذیر و جایگزین شدن اتصالات جدید مطرح شد. شکل پذیری مناسب به همراه عدم افت زیاد مقاومت از مهمترین امتیازات اتصالات خمشی ویژه به شمار می رود. از طرفی دیگر چشمه اتصال در قاب های خمشی ویژه، که شکل پذیری بالایی از این قاب ها انتظار می رود، نقش بسیار مهمی را ایفا می کند، به طوریکه چشمه اتصال ضعیف باعث ایجاد تغییر شکل زیاد طبقه و شکست ترد در اتصال می شود. از آنجا که استاندارد ۲۸۰۰ زلزله ایران در ویرایش سوم خود نیز اتصال با ورق های زیرسری و بالاسری را برای قاب های خمشی ویژه پیشنهاد کرده است، از اینرو در این تحقیق به مطالعه آزمایشگاهی رفتار لرزه ای این اتصال پرداخته شده است. نتایج این تحقیق نشان می دهد که اتصال پیشنهادی در استاندارد ۲۸۰۰ از نظر شکل پذیری و استهلاک انرژی در ردیف اتصالات مورد استفاده در قاب های خمشی ویژه قرار نمی گیرد و همچنین نشان دهنده امکان سبقت تشکیل مفصل پلاستیک در چشمه اتصال نسبت به تیر می باشد.

کلمات کلیدی

شکل پذیری، چشمه اتصال، اتصال با ورق زیر سری و بالاسری، مفصل پلاستیک، رفتار چرخه ای

*۱. استادیار، عضو هیأت علمی پژوهشگاه بین المللی مهندسی زلزله و زلزله شناسی ایران، vetr@iiees.ac.ir

۲. استادیار، عضو هیأت علمی دانشگاه سیستان و بلوچستان، mmiri@hamoon.usb.ac.ir

۳و۴. کارشناس ارشد مهندسی سازه-دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان، ghaffary.farshad@gmail.com



۱. توانایی لازم جهت رسیدن به تغییر شکل نسبی معادل 0.04 رادیان جهت چرخش اتصال تیر به ستون را داشته باشد.

۲. مقاومت خمشی اتصال در بر ستون در چرخش 0.04 رادیان، حداکثر 20 درصد نسبت به لنگر پلاستیک اسمی کاهش داشته باشد.

۳. مقاومت برشی اتصال تحت بار زلزله به کمک رابطه (۱) ارزیابی گردد:

$$V = [1.1R_y M_p] / L_h \quad (1)$$

که R_y ضریب افزایش تنش تسلیم، M_p لنگر پلاستیک اسمی، L_h فاصله ی بین تشکیل مفصل پلاستیک در دهانه تیر می باشد.

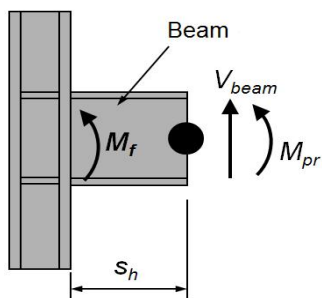
ب) طرح چشمه اتصال در آیین نامه AISC

بررسی چشمه اتصال شامل سه بخش کنترل مقاومت برشی، کنترل ضخامت و در صورت نیاز استفاده از سخت کننده در جان ستون می شود [۳].

حداقل مقاومت برشی R_u مورد نیز در چشمه اتصال ستون زمانی که مفصل پلاستیک به درون تیر منتقل شود از رابطه (۲) محاسبه می گردد:

$$R_u = \frac{\sum M_f}{(d_b - t_f)} - V_c \quad (2)$$

در رابطه فوق V_c برش ستون و M_f مقدار لنگر در چهره ستون می باشد. همانطور که در شکل ۱ نیز نشان داده شده است مقدار M_f برابر با مجموع لنگر پلاستیک تیر و لنگر ناشی از برش موجود در محل مفصل پلاستیک در تیر می باشد.



شکل ۱: برش و لنگر در مفصل پلاستیک

مقاومت جانبی و ظرفیت شکل پذیری از ضروری ترین عوامل حاکم بر ظرفیت لرزه ای ساختمان ها است. با توجه به استفاده فراوان از قاب های خمشی فولادی در طراحی لرزه ای سازه ها و با توجه به این نکته که این سازه ها را در گذشته بر اساس ضوابط مربوط به نحوه تشکیل مفصل پلاستیک و نحوه گسترش آن مورد بررسی قرار نداده اند در نتیجه پس از زلزله نورتریج تحقیقات به سمت افزایش شکل پذیری اتصالات گیردار پیش رفت. تحقیقات گسترده نشان دادند که بهترین شیوه افزایش شکل پذیری و اتلاف انرژی به صورتی است که مفصل پلاستیک ابتدا در تیر و سپس در چشمه اتصال و در انتها در ستون تشکیل شود. همچنین بیان شده است که تغییر شکل زیاد چشمه اتصال علاوه بر تغییر شکل نسبی زیاد طبقه، موجب تمرکز تنش در بال ستون و در مجاورت جوش های اتصال تیر به ستون می شود. در مشخصات فنی طرح لرزه ای سازه های فولادی آمریکا تغییر شکل برشی چشمه اتصال با کنترل مقاومت آن محدود شد و وظیفه جذب انرژی و تامین شکل پذیری اتصال، به تشکیل مفصل پلاستیک در تیر سپرده شد [۳].

نظر به اینکه اتصال با ورق های زیر سری و بالا سری در آیین نامه ملی کشور مبحث دهم استاندارد ملی و استاندارد ۲۸۰۰ زلزله ایران ویرایش سوم بعنوان قاب خمشی ویژه معرفی شده است و چشمه اتصال آن نیز با فرض تامین رابطه تیر ضعیف ستون قوی طرح می شود، از اینرو در این تحقیق به ذکر بخشی از خصوصیات نادیده گرفته شده در استاندارد ۲۸۰۰ زلزله ایران، مربوط به طراحی قاب های خمشی ویژه و همچنین طراحی چشمه اتصال ستون، با توجه به آیین نامه AISC پرداخته شده است.

الف) قاب خمشی ویژه براساس آیین نامه ی AISC

براساس آیین نامه AISC آمریکا اتصالاتی جز قاب خمشی ویژه قلمداد می شود که نیازهای زیر را برآورده

که در رابطه بالا d_z عمق چشمه اتصال بین ورق های پیوستگی و W_z عرض چشمه اتصال بین بال های ستون می باشد و بقیه پارامترها در بخش های قبلی معرفی گردیده است. برای ارزیابی اتصال با ورق بالاسری و زیر سری، که چشمه اتصال و ضوابط مربوط به تیر و ستون آن براساس استاندارد ۲۸۰۰ و مبحث دهم مقررات ملی ساختمان طراحی شده است به بررسی آزمایشگاهی و عددی در این خصوص پرداخته ایم [۲۱].

۲- نمونه ی آزمایشگاهی

برای ارزیابی اتصال ذکر شده در استاندارد ۲۸۰۰ ایران دو نمونه ی آزمایشگاهی از نظر رفتار چرخه ای مورد بررسی قرار گرفتند. در نمونه اول تیر IPE27 ساخت ایران به طول ۱/۵ متر از فولاد ST37 ساخت ایران به یک ستون بال پهن که از ورق های SM400 ساخته شده است متصل گردیده است که چشمه اتصال در آن مطابق با توصیه های استاندارد ۲۸۰۰ و مبحث دهم مقررات ملی ساختمان طراحی شده است. ورق های پیوستگی با ابعاد ۱۱×۱۱×۲۵ در داخل ستون و در امتداد بال های تیر قرار گرفت. در این اتصال معیار ستون قوی - تیر ضعیف برای تضمین مکانیزم مفصل پلاستیک تیر، ارضا گردید. نحوه ساخت نمونه ها بر اساس شرایط کارگاهی در ایران می باشد و جوشکاری نمونه ها با الکتروود متعارف ۶۰۱۳ انجام شده است. برای مونتاژ ورق زیرسری و بالاسری اتصال، در محل برخورد با ستون از پیخ ۴۵ درجه جهت اجرای جوش های نفوذی (CJP) استفاده شده است. از دو ورق به ابعاد ۱۹×۸×۱ در دو طرف جان تیر برای اتصال به بال ستون و انتقال برش استفاده شده است. جزییات مقطع ستون ساخته شده از ورق، ورق زیرسری و بالاسری اتصال در شکل ۲ آمده است.

$$M_f = M_{pr} + V_{beam} \times S_h, \quad M_{pr} = R_y Z F_y \quad (۳)$$

که در رابطه (۳)، M_{pr} و V_{beam} به ترتیب لنگر و برش در محل تشکیل مفصل پلاستیک می باشد و S_h در شکل ۱ مشخص شده است. مقاومت برشی چشمه اتصال باید در رابطه (۴) صدق کند:

$$R_v \leq \phi_v R_v, \quad \text{Where } \phi_v = 1.0 \quad (۴)$$

در این رابطه R_v مقاومت برشی اسمی می باشد که از رابطه (۵) محاسبه می شود:

$$R_v = 0.6 F_y d_c t_p \left[1 + \frac{3 b_{cf} t_{cf}^2}{d_b d_c t_p} \right] \quad (۵)$$

بطوریکه $d_c, d_b, b_{cf}, t_{cf}, F_y$ و t_p به ترتیب عمق ستون، عمق تیر، عرض بال ستون، ضخامت بال ستون، حداقل تنش تسلیم جان ستون و ضخامت چشمه اتصال می باشد.

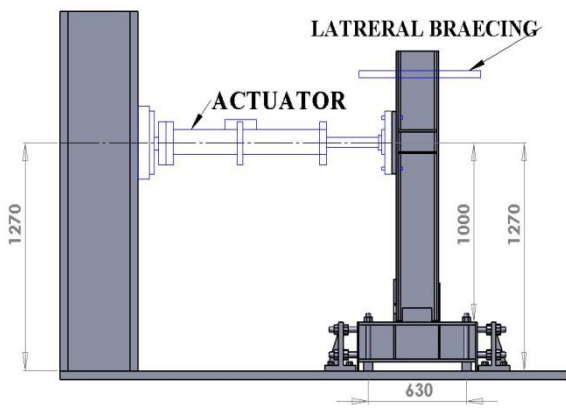
ج) طرح چشمه اتصال در استاندارد ۲۸۰۰ زلزله ایران

چشمه اتصال تیر باید مقاومت کافی برای مقابله با برش ناشی از لنگر خمشی تیر به علت بارهای ثقلی به علاوه ۱/۸۵ برابر نیروی زلزله را دارا باشد، لیکن مقاومت برشی چشمه اتصال لازم نیست از برشی برابر $\frac{0.8 \sum M_{pb}}{d_b}$ تیرهای متصل به بال های ستون در محل اتصال بیشتر باشد [۲]. $\sum M_{pb}$ در رابطه بالا مجموع لنگر های خمیری تیرهای متصل به ستون در یک صفحه می باشد. مقاومت برشی چشمه اتصال را می توان با استفاده از رابطه (۶) محاسبه نمود.

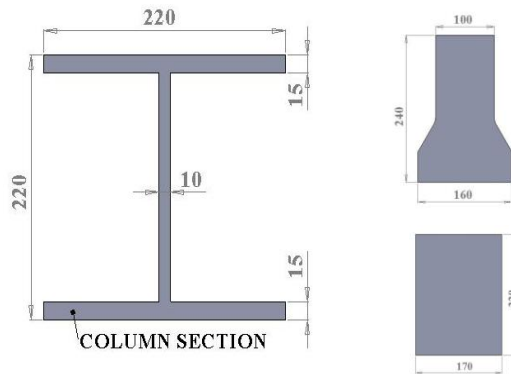
$$V_z = 0.55 F_y d_c t_p \left[1 + \frac{3 b_c t_{cf}^2}{d_b d_c t_p} \right] \quad (۶)$$

ضخامت چشمه اتصال در آیین نامه AISC و استاندارد ۲۸۰۰ زلزله ایران باید رابطه (۷) را اکتان نماید:

$$t_p \geq \frac{(d_z + W_z)}{90} \quad (۷)$$



شکل ۳: پیکر بندی و جزئیات نمونه آزمایشگاهی



شکل ۲: جزئیات ورق بالاسری و زیر سری و مقطع ستون

تاریخچه بارگذاری طبق الگوی استاندارد پیشنهاد شده توسط آیین نامه AISC انتخاب شد [۳].

۵- بررسی رفتار نمونه آزمایشگاهی در فرآیند بارگذاری

نمونه های آزمایشگاهی به وسیله آهک پوشیده شده اند تا چگونگی جاری شدن و نحوه ایجاد مفصل پلاستیک به صورت تجربی مورد بررسی قرار گیرند.

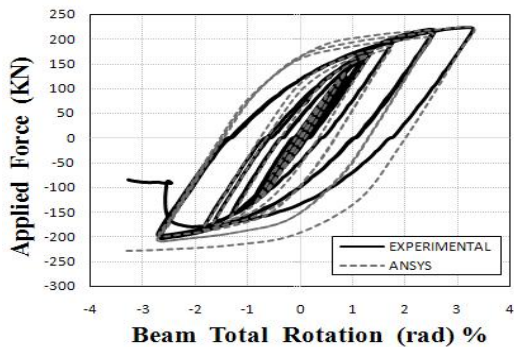
در حین بارگذاری چرخه ای ناحیه ی بعد از اتصال ورق بالاسری و بر روی تیر شروع به جاری شدن می کند و با افزایش سیکل و دامنه بارگذاری آهک های روی ورق های بالاسری و زیر سری نیز شروع به ریختن می کند که نشان دهنده ی جاری شدن ورق ها می باشد. چشمه اتصال که با توجه به آیین نامه ۲۸۰۰ و مبحث دهم استاندارد ملی برای ساختمان های فولادی طراحی گردید مطابق شکل ۴ همزمان شروع به جاری شدن می کند. در ادامه بارگذاری مفصل پلاستیک روی ورق ها و چشمه اتصال متمرکز می شود. اولین گسیختگی در این نمونه از ابتدای باریک شدگی بر روی ورق بالاسری رخ داده است و به دنبال آن ورق های برشی و سپس ورق زیرسری گسیخته شده اند. در شکل ۵ مشاهده می شود که در پایان بارگذاری چشمه اتصال نمونه آزمایشگاهی که بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ زلزله طراحی شده بود به راحتی تسلیم شده است.

نمونه دوم از یک تیر IPE20 به طول ۱/۵ متر استفاده شده است که به کمک ورق های اتصال بال در بالا و پایین تیر به یک ورق به ضخامت ۳ سانتی متر که با کف صلب آزمایشگاه درگیر می باشد، متصل شده است و شرایط اجرای آن همانند نمونه اول است.

۴- پیکر بندی و بارگذاری آزمایش

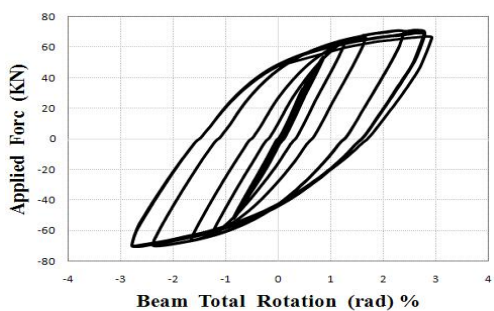
در شکل ۳ پیکر بندی آزمایش، قاب صلب آزمایشگاه و جک هیدرولیکی به همراه نمونه آزمایشگاهی در نمونه اول دیده می شود. شرایط پیکر بندی نمونه دوم نیز مشابه نمونه اول است با این تفاوت که به جای ستون ورق ضخیم انتهای تیر به کف صلب آزمایشگاه متصل شده است. در انتهای ستون شرایط تکیه گاهی گیردار به کمک پیچ های پر مقاومت که به کف صلب آزمایشگاه پیچ شده اند تامین شده است. جک هیدرولیکی با ظرفیت حداکثر ۲۵۰ کیلو نیوتن و با حداکثر دامنه تغییر مکانی رفت و برگشتی ۱۵ سانتی متر تغییر مکان چرخه ای را بر سر آزاد تیر اعمال می کند. همچنین به منظور ناپایداری خارج از صفحه نمونه آزمایشگاهی، از یک مهار کننده جانبی در فاصله مناسب بر روی تیر استفاده شده است. محل اعمال بار جک هیدرولیکی در نمونه اول به فاصله ۱ متری از چهره ستون و در نمونه دوم به فاصله ۱،۵ متری از لبه اتصال، بر روی تیر می باشد. در قسمت وارد شدن بار بر تیر از سخت کننده هایی جهت جلوگیری از لهیدگی استفاده شده است.

از ۰/۰۳ که به علت ضخیم بودن ورق ها، مفصل پلاستیک به داخل تیر منتقل شده و رفتار لرزه ای را کمی نسبت به نمونه اول بهبود بخشیده است.



شکل ۷: نمودار هیستریزس نمونه آزمایشگاهی و مقایسه

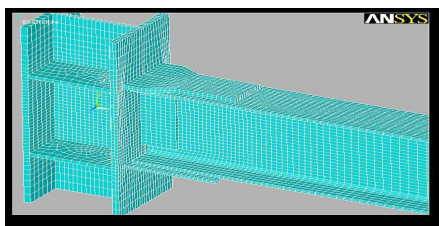
با نمونه تحلیلی ANSYS



شکل ۸: نمودار هیستریزس نمونه دوم آزمایشگاهی

۶- بررسی تحلیلی اتصال با ورق زیرسری و بالاسری

برای بررسی این اتصال به صورت عددی به روش اجزا محدود از نرم افزار ANSYS استفاده شده است. این نرم افزار قادر به در نظر گرفتن تغییر شکل های بزرگ غیر خطی در حالت تحلیل سه بعدی است. برای مدل سازی اتصال از المان حجمی SOLID 45 کمک گرفته ایم و از مش بندی مناسب و منظم Hex استفاده شده است و برای بررسی دقیق تر در ناحیه اتصال تیر به ستون و چشمه اتصال از مش ریزتری استفاده شده است (شکل ۹).



شکل ۹: مش بندی در نرم افزار ANSYS

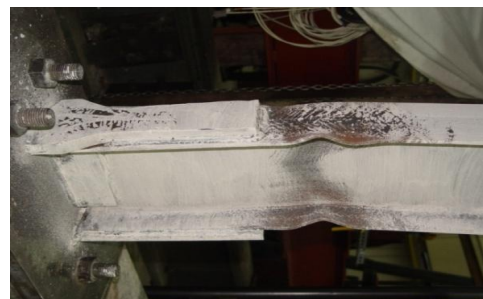


شکل ۴: جاری شدن همزمان چشمه اتصال با تیر



شکل ۵: اولین گسیختگی در ورق بالاسری اتصال

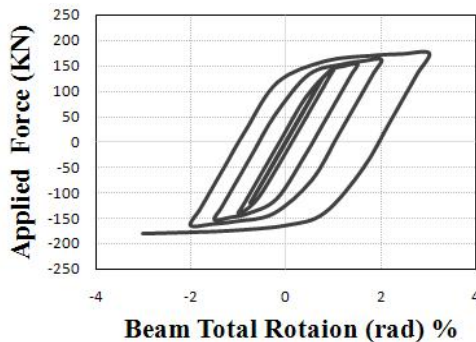
در نمونه دوم که از ورق های بالاسری و زیرسری به نسبت قوی تری از نمونه ی یک استفاده شده است همانطور که در شکل ۶ دیده می شود جاری شدگی بیشتر به ناحیه ی بعد از ورق های زیرسری و بالاسری معطوف شده است و کل مقطع را در بر می گیرد. نخستین تغییر شکل ها در بال های تیر و در نزدیکی ورق های اتصال رخ می دهد و با افزایش کمانش موضعی، بال تیر در نزدیکی ورق های بالاسری و زیرسری دچار گسیختگی می شود.



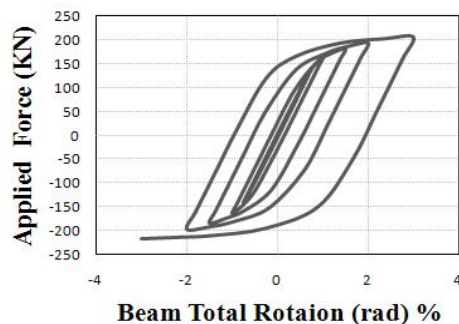
شکل ۶: نحوه تشکیل مفصل پلاستیک در نمونه دوم

در شکل ۷ و ۸ منحنی نیرو برحسب چرخش کلی تیر نمونه های آزمایشگاهی آورده شده است که چرخش کلی تیر در نمونه اول ۰/۰۲۵ رادیان و در نمونه دوم کمتر

ستون در انتهای سیکل ۰/۰۳ رادیان به نیروی ۱۸/۱ تن رسیده است و اتصال با ورق زیرسری و روسری به نیروی ۲۱/۶ تن رسیده است که تقریباً ۲۰ درصد افزایش نیرو نسبت به اتصال مستقیم تیر به ستون مشاهده می‌گردد



(الف)



(ب)

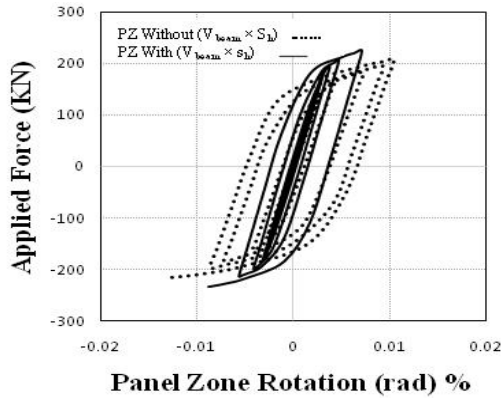
شکل ۱۰: نمودار هیستریزس تا سیکل ۰/۰۳ (الف) اتصال مستقیم تیر به ستون (ب) اتصال با ورق فوقانی و تحتانی

همانطور که در شکل ۱۱ و ۱۲ قابل مشاهده می‌باشد، در هر دو اتصال مورد بررسی قرار گرفته چشمه اتصال جاری شده است. این در حالی است که در استاندارد ۲۸۰۰ زلزله ایران و مبحث دهم مقررات ملی ساختمان اثر ایجاد مفصل پلاستیک در تیر در نظر گرفته نشده و این امر باعث تشکیل شدن زودتر یا همزمان مفصل پلاستیک در چشمه اتصال نسبت به تیر می‌گردد و از تمام ظرفیت تیر و اتصال برای استهلاک انرژی استفاده نشده است. ولی در آیین نامه های AISC و Euro Code در آمریکا و اروپا طبق رابطه (۳)، لنگر ناشی از نیروی برشی در محل مفصل پلاستیک درون تیر $(V_{beam} \times S_h)$ در طراحی چشمه اتصال آورده شده است [۵،۳]. اتصال WFP (اتصال توسط ورق تقویتی بالا و پایین) در FEMA350 اثر ایجاد مفصل

مقطع تیر بکار رفته در این پروژه IPE27 ساخت ایران می‌باشد. برای یافتن مشخصات فولاد مصرفی و برای بررسی عددی نمونه‌ها، بر اساس آیین‌نامه ASTM-A370 تست کشش فولاد از نمونه آزمایشگاهی گرفته شد. فولاد مصرفی با مقاومت تسلیم 3000 kg/cm^2 و مقاومت نهایی 4500 kg/cm^2 و مدول الاستیسیته $2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ می‌باشد. مدل سازی رفتار فولاد با استفاده از معیار تسلیم von-mises و در نظر گرفتن رفتار غیر خطی مصالح و با ضریب پواسون ۰/۳ انجام گرفت. از منحنی سه خطی فولاد با سخت شوندگی ایزوتروپیک استفاده گردیده است. برای اطمینان از صحت مدل سازی و نتایج تحلیل‌ها ابتدا نمونه آزمایشگاهی اتصال با ورق زیرسری و بالاسری را با نمونه نرم‌افزاری با توجه به شرایط ذکر شده شبیه سازی کرده و مورد مقایسه قرار داده‌ایم. همانطور که در شکل ۸ مشاهده می‌شود نمونه آزمایشگاهی و نمونه تحلیلی مطابقت خوبی از نظر رفتار چرخه‌ای با هم دارند.

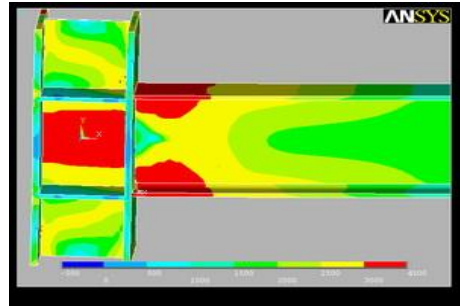
در ادامه اتصال با ورق بالاسری و زیرسری که به کمک استاندارد ۲۸۰۰ طراحی گردید و مورد آزمایش قرار گرفت را به صورت تحلیلی با اتصال مستقیم تیر به ستون مورد مقایسه قرار داده‌ایم. برای بررسی مقاومت و نحوه تشکیل مفصل پلاستیک، این دو اتصال در نرم افزار ANSYS تحت بارگذاری چرخه‌ای قرار گرفتند. تاریخچه بارگذاری مانند بارگذاری چرخه‌ای در آزمایشگاه می‌باشد. باتوجه به اینکه مقطع ستون برای هر دو اتصال یکی می‌باشد و همچنین چشمه اتصال بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ زلزله ایران و مبحث دهم مقررات ملی ساختمان طرح شده است، ولی چشمه اتصال نمونه‌ها رفتار متفاوت از خود نشان داده است. در اتصال با ورق زیر سری و بالاسری افزایش صلبیت ناحیه اتصال تیر به ستون باعث دور شدن مفصل پلاستیک از چهره ستون و انتقال آن به درون تیر در جلوی ورق‌های اتصال می‌شود که باعث کاهش بازوی لنگر در تیر شده که متناسب با آن افزایش لنگر در چهره ستون طبق رابطه (۳) و برش در چشمه اتصال طبق رابطه (۲) را خواهیم داشت. همانطور که در نمودارهای هیستریزس دو اتصال در شکل ۱۰ دیده می‌شود اتصال مستقیم تیر به

پلاستیک در تیر را در محاسبات وارد نموده و در رابطه (۳)، مقدار S_h را برابر با طول ورق تقویتی (بالاسری یا زیرسری) در نظر گرفته است و مقدار S_h در اتصال مستقیم تیر به ستون (WUF) برابر نصف ارتفاع تیر متصل به ستون می باشد [۴].

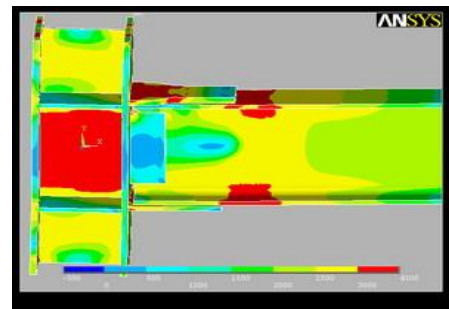


شکل ۱۴: تاثیر در نظر گرفتن $(V_{beam} \times S_h)$ در میزان چرخش چشمه اتصال

همانطور که در شکل ۱۳ مشاهده می شود چشمه اتصال با در نظر گرفتن اثر $(V_{beam} \times S_h)$ و افزایش ضخامت نسبت به شکل ۱۲، کمتر جاری شده است و همچنین در منحنی چرخش چشمه اتصال بر حسب نیرو (شکل ۱۴) مشاهده می شود که چشمه اتصال چرخش کمتری را تحمل می کند، که باعث بهبود تشکیل مفصل پلاستیک در تیر شده است و تا چرخش کلی 0.03 اتصال 9% نیروی بیشتری را تحمل کرده است.

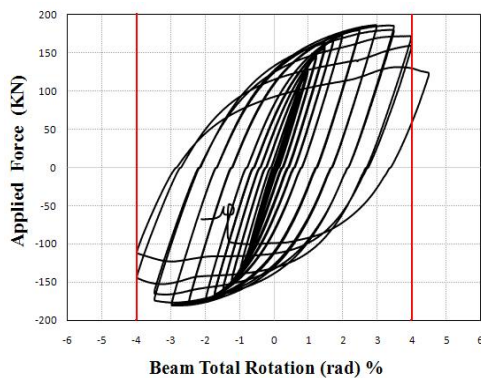


شکل ۱۱: تشکیل مفصل پلاستیک در اتصال مستقیم

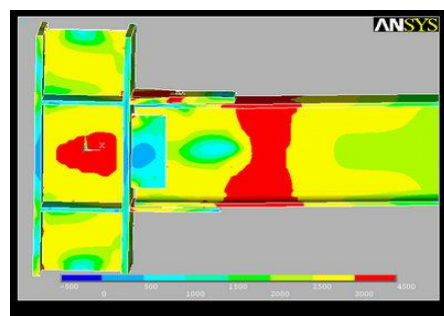


شکل ۱۲: تشکیل مفصل پلاستیک در نمونه آزمایشگاهی بدون در نظر گرفتن $(V_{beam} \times S_h)$

۷- بررسی نقش چشمه اتصال در شکل پذیری اتصالات قاب های خمشی ویژه در FEMA 350 برای بررسی عملکرد چشمه اتصال در اتصالات قاب های خمشی ویژه که مفصل پلاستیک را به درون تیر منتقل می کنند، دو نمونه آزمایشگاهی تحت بارگذاری چرخه ای قرار گرفت (شکل ۱۵ و ۱۶).



شکل ۱۵: نمودار هیستریزس نمونه اول با چشمه اتصال ضعیف



شکل ۱۳: تشکیل مفصل پلاستیک در نمونه تحلیلی با در نظر گرفتن اثر $(V_{beam} \times S_h)$

به عدم تضمین عملکرد ستون قوی- تیر ضعیف در این طراحی می گردد و در نهایت باعث افزایش تغییر مکان نسبی طبقه می شود.

ج) در نظر گرفتن لنگر ناشی از ایجاد مفصل پلاستیک در تیر که برابر با $V_{beam} \times S_h$ می باشد در رابطه

$$\frac{0.8 \sum M_{pb}}{d_b}$$

برای جلوگیری از جاری شدن چشمه اتصال قبل از استهلاک کامل انرژی توسط تیر و بهبود رفتار لرزه ای سازه لازم می باشد.

د) ضعف ناحیه ی چشمه اتصال در قاب های خمشی ویژه با شکلپذیری بالا، باعث بروز شکست در جوش می گردد و در نتیجه اتصال به شکلپذیری قابل انتظار خود نمی رسد.

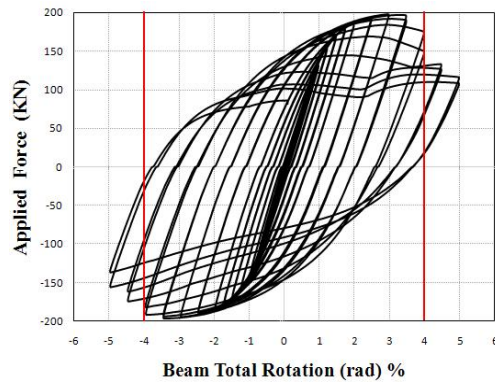
۹- سپاسگذاری

بدین وسیله از همکاری صمیمانه پژوهشگاه بین المللی مهندسی زلزله و زلزله شناسی در خصوص انجام آزمایش ها تقدیر و تشکر می گردد.

مراجع

- [۱] مقررات ملی ساختمان، مبحث دهم، طرح و اجرای ساختمان های فولادی ۱۳۸۷.
- [۲] آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰، ویرایش سوم.

- [3] AISC/ANSI 341-05, (2005), "Seismic revisions for structural steel buildings," Chicago (IL): American Institute of Steel Construction
- [4] FEMA 350., (2000), "Recommended Seismic Design Criteria for New Steel Moment-Frame Buildings," Prepared by the SAC Joint Venture for the Federal Emergency Management Agency, Washington, DC.
- [5] EC8. Part3: design of structures for earthquake resistance. Assessment and retrofitting of buildings. EN 1998-3: June 2005E.
- [6] Cheol-ho Lee, Sang Woo Jeon Jin, Ho Kim and Chia-Ming Uang "Effects of Panel zone Strength and Beam Web Connection Method on Seismic Performance of Reduced Beam Section Steel Moment Connections," Journal of Structural Engineering, PP 1854-865, December 2005.



شکل ۱۶: نمودار هیستریزس نمونه دوم با چشمه اتصال قوی

$$V = \left(\frac{M_{pr}}{d_b} \right) \times \left(\frac{L_b/2 + d_c/2}{L_b/2 - e} \right) \times \left(1 - \frac{d_b}{H_c} \right) \quad (8)$$

نسبت مقاومت چشمه اتصال با توجه به رابطه های (۵) و (۸) بدست آمده است [6]. دو نمونه آزمایشگاهی در جدول ۱ مورد مقایسه قرار گرفتند.

جدول ۱

نمونه	نیروی بیشینه (KN)	ضریب چشمه اتصال V/R_V	سیکل شکست جوش اتصال	سیکل پایانی
اول	۱۸۵	۰/۸۱	۰/۰۴	۰/۰۴
دوم	۲۰۰	۰/۴۷	ندارد	۰/۰۵

ضعف چشمه اتصال باعث افزایش سهم مشارکت این ناحیه در چرخش کلی اتصال می گردد که با توجه به نتایج به دست آمده نه تنها بهبودی در رفتار لرزه ای حاصل نمی گردد بلکه باعث افزایش تغییر مکان نسبی طبقات می گردد.

۸- نتیجه گیری

الف) با توجه به چرخش حداقل ۰/۰۴ رادیان برای اتصالات مورد استفاده در قاب های خمشی ویژه، اتصال پیشنهادی در استاندارد ۲۸۰۰ زلزله ایران نمی تواند در زمره قاب های خمشی ویژه قرار گیرد.

ب) نتایج بدست آمده حاصل از این تحقیق و روند طراحی اتصال برای قاب خمشی ویژه که در استاندارد ۲۸۰۰ آمده است، نشان دهنده تسلیم شدن چشمه اتصال زودتر یا به صورت همزمان نسبت به تیر می باشد که منجر