

ارزیابی رفتار لرزه ای اتصالات تیر I به ستون قوطی در قاب های خمشی ویژه

زهرا صنیعی نیا^۱، *علی مزروعی^۲، مهدی قاسمیه^۲، هادی پزشکی^۴

چکیده

این مقاله یک مطالعه تجربی و آزمایشگاهی از رفتار اتصالات تیر I به ستون قوطی می باشد. این اتصال شامل سه دسته اتصال با ورق روسری و زیر سری، اتصال مستقیم با مقطع ثابت و اتصال مستقیم با مقطع افزایش یافته می باشد. به منظور واجد شرایط نمودن این اتصالات در استاندارد ۲۸۰۰ و بهبود شرایط لرزه ای آن، ۶ نمونه آزمایشگاهی تمام مقیاس مطابق آیین نامه های بین المللی، مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفته است. بدین منظور از هر نوع اتصال دو نمونه کاملاً یکسان مورد آزمایش قرار گرفته است. در ابتدا جزئیات مربوط به طراحی، نحوه ساخت، بارگذاری، گزارش آزمایشها و نتایج حاصله بیان می شود. سپس در ادامه مقایسه عددی بین رفتار هیستریزس و عملکرد این سه نوع اتصال با یکدیگر تحت بار گذاری چرخه ای صورت گرفته است.

کلمات کلیدی

اتصال تیر I به ستون قوطی، اتصال با ورق روسری و زیر سری، اتصال مستقیم با مقطع ثابت، اتصال مستقیم با مقطع افزایش یافته، رفتار هیستریزس

۱. دانشجوی دکتری گرایش سازه دانشگاه تهران، saneei@ut.ac.ir

۲. * عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز، amazroi@yahoo.com

۳. عضو هیأت علمی دانشگاه تهران، mghassem@ut.ac.ir

۴. دانش آموخته کارشناسی ارشد پژوهشگاه زلزله، hadipezeshki@yahoo.com

امروزه در قاب های خمشی فولادی، مقاطع I در تیرها و مقاطع قوطی شکل نیز در ستون ها به صورت گسترده ای استفاده می شوند. نظر به اینکه این نوع اتصال در استاندارد ۲۸۰۰ [۱] معرفی شده ولی دارای پیش زمینه تحقیقاتی زیادی نمی باشد، بنابراین نیاز است برابر آیین نامه های معتبر بین المللی قبل از استفاده در هر پروژه ای، طبق آزمایشات مشخصی واجد شرایط شود. از جمله مطالعات صورت گرفته بر روی اتصال تیر I به ستون قوطی در داخل کشور می توان به آزمایشات انجام شده توسط مزروعی و همکاران اشاره نمود [۷-۲]. در آزمایشات انجام شده دیگر نتایج نشان داد که وجود سخت کننده های داخلی در مقابل ورق های زیرین و فوقانی اتصال تاثیر قابل ملاحظه ای بر صلبیت اتصال می گذارد [۸]. از جمله مطالعات عددی که در این زمینه انجام شد می توان به بررسی عددی رفتار لرزه ای چشمه اتصال اشاره نمود [۹]. همچنین به منظور ارتقا اینگونه اتصالات، استفاده از ورق های کناری و استفاده از ورق های میانگذر پیشنهاد گردید که به منظور بررسی رفتار این هندسه جدید در اتصال مدل های سه بعدی اجزای محدود غیر خطی تحت بارهای چرخه ای مورد ارزیابی قرار گرفت [۱۰-۱۱].

همچنین مطالعات بر روی این نوع اتصال در کشور های مختلف در حال انجام است و هر کشور با توجه به روش ساخت خود و همچنین آموخته های حاصل از آموزه های جهانی سعی می کند تا جزئیات و روش ساخت مناسبی را مورد مطالعه قرار داده و ارائه نماید. نمونه هایی از این موارد در کشورهای جنوب شرق آسیا مانند تایوان و همچنین در هند به وضوح قابل مشاهده است [۱۵-۱۲]. از جمله جزئیات ارائه شده برای اتصال تیر I به ستون قوطی استفاده از مقطع افزایش یافته می باشد. به منظور بررسی اثر هندسه افزایش عرض بال، سه هندسه متفاوت مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج آزمایشگاهی نشان داد که تقریباً همه نمونه ها از عملکرد مورد انتظار برخوردارند [۱۲]. از جمله راهکارهایی به منظور بهبود

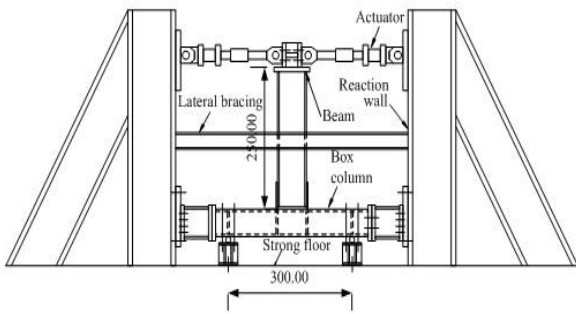
رفتار لرزه ای اینگونه اتصالات استفاده از پشت بند در هر دو طرف بال می باشد [۱۵]. Kim و همکاران [۱۸-۱۶] آزمایشات با جزئیات مناسبی انجام دادند. نتیجه این مطالعات مبنای تحقیقات علمی انتشارات FEMA [۱۹] بوده است. از دیگر جزئیات ارائه شده استفاده از سخت کننده های تی شکل خارجی می باشد لیکن با این نوع اتصال مشکل ضعف چشمه اتصال باقی خواهد ماند [۲۰]. در ادامه در یک مجموعه مطالعات پیوسته اتصالاتی برای مقاطع مرکب مورد بررسی قرار گرفته و نتایج با یکدیگر مقایسه شده اند [۲۱ و ۲۲]. در این مجموعه اتصال تیر پیوسته تقریباً بهترین رفتار را نشان می دهد البته این اتصال از نظر مکانیزم شباهت زیادی به ورق میانگذر دارد، در حالیکه اجرای ورق میانگذر بسیار آسان تر خواهد بود. در بررسی آزمایشگاهی دیگر پارامتر های مختلف از جمله نوع جوش، نوع فولاد، نرخ کرنش و نوع بارگذاری و تاثیر آن بر روی میزان گیرداری اتصال مورد مطالعه قرار گرفت [۲۳].

از آنجاییکه تا کنون با توجه به استفاده گسترده اتصالات تیر I به ستون قوطی در داخل کشور و معرفی این اتصال به عنوان اتصالاتی مناسب در رفتار لرزه ای قاب های خمشی فولادی در استاندارد ۲۸۰۰، آزمایشات منظم و هدفمندی مبنی بر واجد شرایط نمودن این اتصال مطابق با استاندارد های بین المللی صورت نگرفته است لذا لازم است نا این مهم بر آورده شود. در این مقاله نتایج حاصل از ۶ نمونه آزمایشگاهی با مقیاس واقعی، که شامل ۳ دسته دو تایی اتصال مستقیم تیر با مقطع ثابت، اتصال مستقیم با مقطع افزایش یافته و اتصال تیر با ورق روسری و زیر سری می باشد. جفت انتخاب کردن نمونه ها طبق آیین نامه اتصالات برای واجد شرایط نمودن اتصال در نظر گرفته شده است.

۱- طراحی نمونه های آزمایشگاهی

به منظور تخمین دقیق تری از مقاطع مورد آزمایش، که بیانگر اتصالات متوسط از نظر ظرفیت خمشی باشد، یک ساختمان مسکونی متداول ۱۲ طبقه طراحی شده است و





شکل ۲- نحوه SET UP آزمایش

سپس در یکی از محورهای کناری در طبقه اول با توجه به مقاطع بدست آمده برای تیر و ستون محل اتصال را مورد بررسی و ارزیابی قرار داده ایم. پلان ساختمان مسکونی مورد نظر به ابعاد 25×15 متر می باشد. از آنجا که تیرها در باربری خمشی مشارکت دارند از تیر ورق ها از مقاطع قوطی به دلیل بالا بودن مقاومت خمشی و پیچشی در دو جهت انتخاب گردیده است. همچنین فرض شده است خاک زمین نوع III می باشد. در اتصالات نیز در اتصالات جوشی از الکتروود E6013 و E7018 استفاده شده است. شکل ۱ جزئیات مربوط به ابعاد تیر و ستون را نشان می دهد.

در جدول ۱ مشخصات مصالح اجزای نمونه های آزمایشگاهی ارائه شده است.

الف- اتصال با ورق روسری و زیر سری (CP)

از آنجاییکه در اتصال با ورق های روسری و زیر سری تیر هرگز ستون را لمس نمی کند، لذا انتقال نیرو تنها توسط ورق های پوششی صورت می گیرد. در این نوع اتصال سعی می شود تا با سخت کردن محل اتصال، مفصل پلاستیک خارج از بر اتصال، در خارج از محل ورق های اتصال قرار گیرد از طرفی دیگر طول ورق های روسری و زیر سری بر اساس تقاضای نیروی جوش به منظور انتقال نیرو از تیر به ستون تعیین می شود، در نتیجه به منظور ارضا نمودن هر دو شرط فوق و با توجه به آسانی روش اجرا، ورق روسری می بایست به شکل انگشتی بریده شود؛ جوش گوشه طولی به همراه جوش گوشه عرضی در این ورق ها استفاده می شود. همچنین به منظور محدود

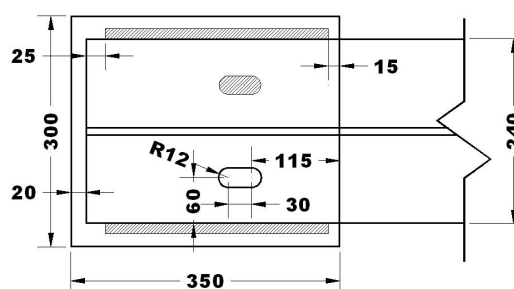
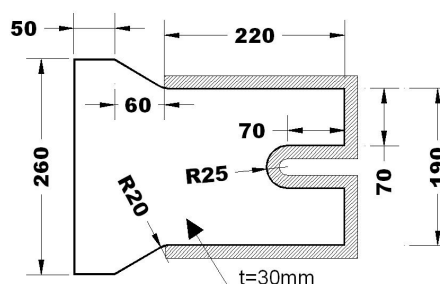
شکل ۱- ابعاد هندسی تیر و ستون

شکل ۲ نحوه ابزار بندی آزمایش را نشان می دهد. همچنین در جدول ۱ مشخصات مشخصات مصالح اجزای نمونه های آزمایشگاهی ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات مصالح مصرفی

Mechanical properties of the tested steel coupons				
Member	Coupon	Yield Strength (Mpa)	Tensile Strength (Mpa)	Elongation (%)
Beam flange plate	15	351.0	4824.0	29
Beam web plate& shear plate	8	2520.0	3990.0	30.8
Column plate & Bottom plate	20	2530.0	3642.0	36
Continuity plate	25	2520.0	3210.0	32.3
Top plate	30	2170.0	3630.0	29.7

کردن ورق زیر سری از جوش کام به همراه جوش گوشه طولی در ورق زیر سری استفاده می شود. شکل ۳ جزئیات مربوط به این اتصال را نشان می دهد.



شکل ۳- جزئیات مربوط به ورق روسری و زیر سری

شکل ۴- جزئیات سوراخ دسترسی و ورق برشی در اتصال مستقیم

(پ) اتصال با مقطع افزایش یافته (IBS)

در این نوع اتصال، با افزایش عرض بال محل تشکیل مفصل پلاستیک به دور از بر اتصال هدایت می شود. جزئیات افزایش عرض بال تیر مطابق با جزئیات ارائه شده در اتصال RBS معرفی شده در جزئیات AISC2009 می باشد. شکل ۵ جزئیات ورق بال تیر را در این اتصال نشان می دهد.

(ب) اتصال مستقیم (DC)

در اتصال مستقیم بال و جان تیر به صورت مستقیم به ستون توسط جوش نفوذی متصل می شود. روش طراحی مطابق با جزئیات اتصال WUF-W معرفی شده در AISC2009 [۲۴] می باشد. جزئیات ورق برشی و سوراخ دسترسی در شکل ۴ ارائه شده است.

شکل ۵- جزئیات بال تیر در اتصال با مقطع افزایش یافته

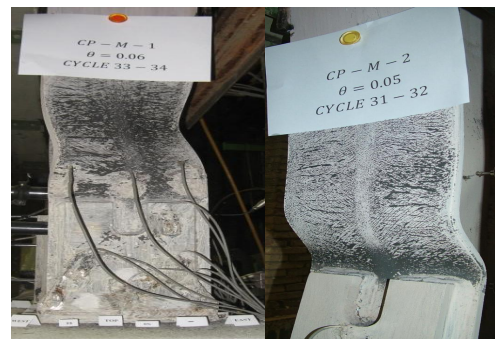


تفاوت اصلی اتصال با مقطع افزایش یافته با اتصال مستقیم این است که در این اتصال از ورق برشی استفاده نمی شود.

۲- مشاهدات نمونه های آزمایشگاهی

الف) اتصال با ورق پوششی

رفتار دو نمونه آزمایش شده کاملاً شکل پذیر بود به طوریکه در ابتدای بارگذاری رفتاری الاستیک از خود نشان داد. با ادامه بارگذاری در چرخه های ۵ درصد رادیان با گسترش جاری شدن بال تیر و کماتش آن، کماتش جان تیر نیز در ناحیه خارج از اتصال آغاز شد. در چرخه های پایانی ۶ درصد دریافت با کماتش شدید بال و جان تیر برای جلوگیری از آسیب به ابزارآلات آزمایشگاهی، آزمایش متوقف شد. ایجاد تغییر شکل های بزرگ و تشکیل مفصل پلاستیک در خارج از ناحیه اتصال از نکات مهم این نمونه می باشد (شکل ۶).



شکل ۶- محل تشکیل مفصل پلاستیک در اتصال با ورق پوششی

ب) اتصال مستقیم

از نکات مهم مشاهدات دو نمونه مشابه آزمایش شده، می توان به موارد زیر اشاره نمود. در چرخه ابتدایی زاویه ۵ درصد رادیان با افزایش میزان جاری شدن بال و جان تیر، ترک کوچکی در لبه جوش بال تیر به ستون به وجود آمد که از محل اتصال ورق پشت بند به بال تیر آغاز شده و با ادامه بارگذاری در جهت ضخامت بال تیر به طور جزئی ادامه یافت. تا انتهای سیکل اول زاویه تغییر مکان نسبی طبقه ۶/۰ درصد، نمونه تحت اثر ۳۳ سیکل کامل

بارگذاری قرار گرفت. با توجه به بسیج شدن نوع ناپایداری نمونه تا این مرحله از رفتار، ناپایداری جدیدی حاصل نگردید و فقط دامنه کلیه کماتش های کلی و جانبی نمونه افزایش یافت. همچنین جوش اتصال بال به جان تیر در طول آزمایش با تحمل تغییر شکل های بزرگ سالم مانده، و هیچ ترکی در آن دیده نشد. در اطراف سوراخ دسترسی نیز هیچ گونه آثاری مبنی بر وجود پارگی یا تمرکز تنش مشاهده نشد. وجود ورق برشی جان توانسته ضعف حاصل از وجود سوراخ دسترسی جوش را در مقطع تیر در بر اتصال بخوبی جبران نموده و جوش های آن به جان تیر و بال ستون در طول آزمایش عاری از هر گونه ترک بوده و سالم باقیمانده است. شکل ۷ جزئیات تشکیل مفصل پلاستیک را نشان می دهد

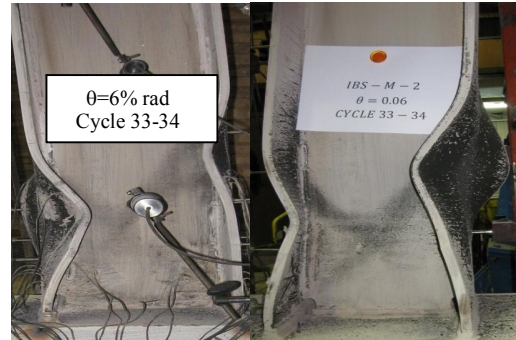


شکل ۷- محل تشکیل مفصل پلاستیک در اتصال مستقیم

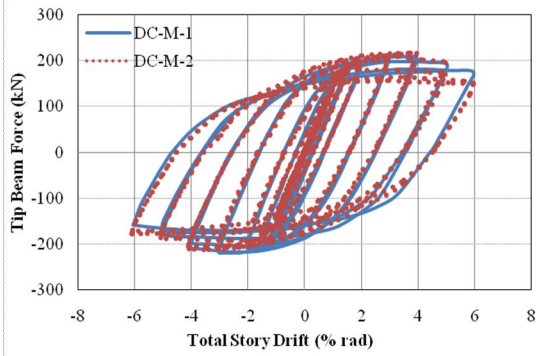
پ) اتصال مستقیم با مقطع افزایش یافته

در اتصال مستقیم با مقطع افزایش یافته، در زاویه های ۵ و ۶ درصد رادیان جاری شدن تیر در قسمت بال و جان ادامه یافت بطوری که کماتش های موضعی در بال و جان تیر خارج از محدوده جوش های اتصال اتفاق افتاده و جوش های بال و جان تیر به ستون کاملاً سالم بوده و هیچ گونه گسیختگی و پارگی در آنها مشاهده نشد. آزمایش در انتهای زاویه دوران ۶ درصد برای جلوگیری از آسیب به ابزارهای آزمایشگاهی متوقف گردید. گستره جاری شدگی تیر وسیع بوده و بال تا حدود دو برابر عمق تیر از بر ستون دچار تغییر شکل های پلاستیک گردیده است. اتصال بال به جان تیر تغییر شکل های بزرگی را بدون هیچ گونه گسیختگی و ترک تحمل کرده است. سوراخ دسترسی

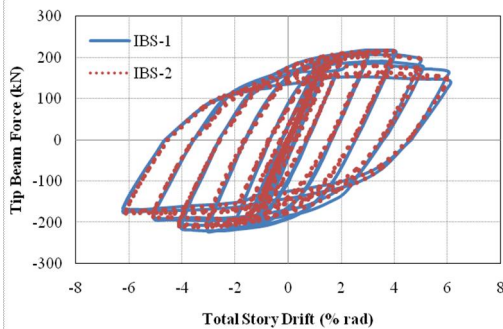
جوش نیز در طی آزمایش کاملاً سالم مانده و هیچ گونه تمرکز تنش و پارگی در اطراف آن دیده نشده است. شکل ۸ جزئیات تشکیل مفصل پلاستیک را نشان می دهد



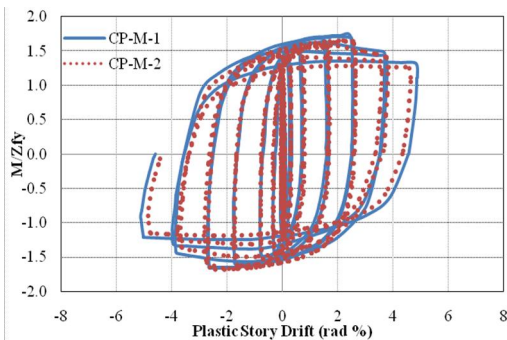
شکل ۸- محل تشکیل مفصل پلاستیک در اتصال مستقیم با مقطع افزایش یافته



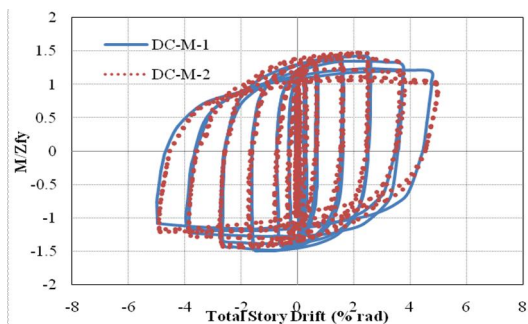
شکل ۱۰- نمودار هیستریزس در اتصال مستقیم



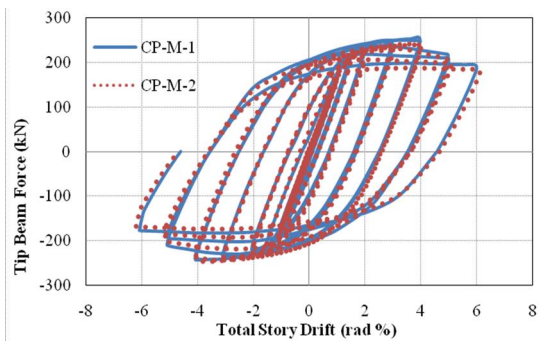
شکل ۱۱- نمودار هیستریزس در اتصال با مقطع افزایش یافته



شکل ۱۲- نمودار زاویه تغییر مکان پلاستیک طبقه با لنگر نرمال شده در انتهای تیر



شکل ۱۳- نمودار زاویه تغییر مکان پلاستیک طبقه با لنگر نرمال شده در انتهای تیر در اتصال با مقطع افزایش یافته

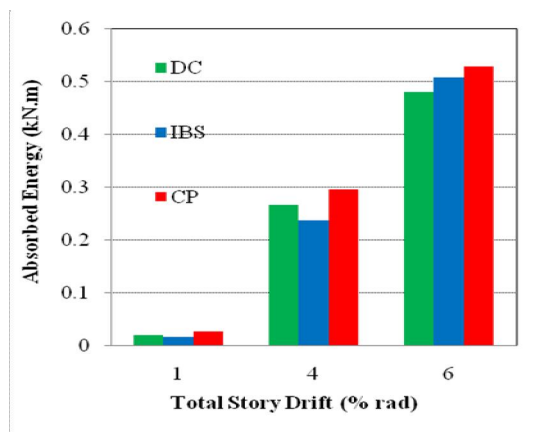


شکل ۹- نمودار هیستریزس در اتصال با ورق پوششی

۳- ارزیابی لرزه ای اتصال

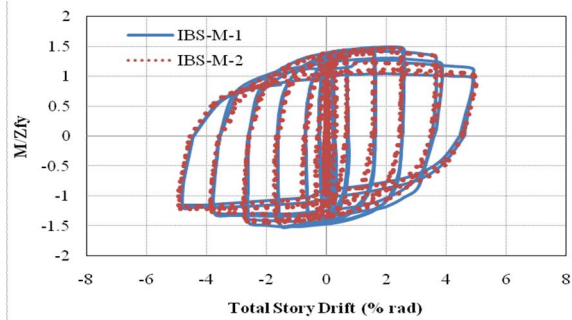
این سه نوع اتصال با شرایط پذیرش همچنین در اشکال ۹ الی ۱۱ نمودار زاویه تغییر مکان پلاستیک نسبی طبقه با لنگر نرمال شده در سه دسته اتصال مستقیم، اتصال مستقیم با مقطع افزایش یافته و اتصال با ورق های پوششی ارائه شده است. همچنین در اشکال ۱۲ الی ۱۴ نمودار زاویه تغییر مکان پلاستیک نسبی طبقه با لنگر نرمال شده در سه دسته اتصال مستقیم، اتصال مستقیم با مقطع افزایش یافته و اتصال با ورق های پوششی ارائه شده است.

FEMA350 نیز نشان می‌دهد که θ_{SD} (زاویه تغییر مکان نسبی در سطح عملکرد کاهش مقاومت) با توجه به افت مقاومت بسیار ناچیز $0/04$ رادیان خواهد بود. به علاوه θ_U (زاویه تغییر مکان نسبی در سطح عملکرد نهایی) نیز می‌تواند برابر حداکثر ظرفیت اتصال یعنی $0/06$ رادیان لحاظ شود. در نتیجه هر سه اتصال با ورق پوششی و اتصال درختی با مقطع ثابت و مقطع متغیر به عنوان اتصال قاب خمشی ویژه ارزیابی می‌گردد. همچنین مقایسه انرژی بین این سه نوع اتصال در شکل ۱۵ نشان می‌دهد که اتصال با ورق پوششی در جذب انرژی از عملکرد بهتری برخوردار است.



شکل ۱۵- مقایسه جذب انرژی بین سه نوع اتصال

مقایسه رفتار برشی چشمه اتصال در نمودار ۱۶ نشان می‌دهد که چشمه اتصال در زاویه تغییر مکان نسبی $0/06$ رادیان، در اتصال با ورق پوششی $0/15$ رادیان و در نمونه اتصال مستقیم با مقطع ثابت $0/23$ و در اتصال درختی متغیر $0/26$ رادیان در زاویه کل تغییر مکان نسبی طبقه مشارکت نموده است. این مقادیر نشان می‌دهد که رفتار چشمه اتصال در دو اتصال درختی با مقطع ثابت و اتصال درختی با مقطع متغیر مشابه یکدیگر است، لیکن چشمه اتصال در اتصال با ورق پوششی رفتار الاستیک بیشتری از خود نشان می‌دهد که این مزیت این نوع اتصال بر اتصالات درختی می‌باشد.



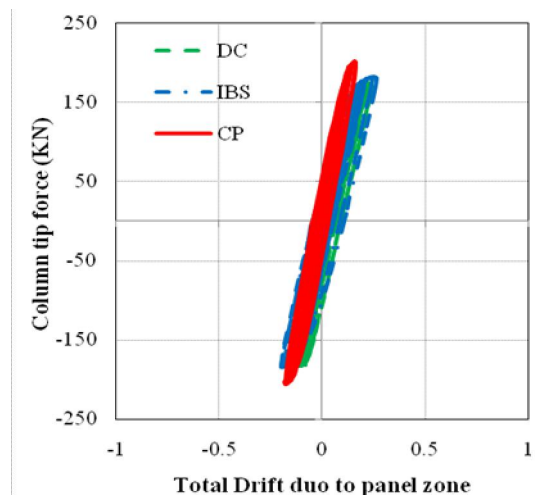
شکل ۱۴- نمودار زاویه تغییر مکان پلاستیک طبقه با لنگر نرمال شده در انتهای تیر در اتصال با مقطع افزایش یافته

مطابق شکل نمونه های آزمایش شده رفتار چرخه ای پایدار و قابل اطمینانی از خود نشان داده اند. در هر دو نمونه آزمایش شده برای هر اتصال، تا زاویه تغییر مکان نسبی طبقه برابر $0/04$ رادیان هیچ گونه زوال مقاومت مشاهده نمی‌گردد و بنابراین هر دو نمونه ضوابط AISC2005 در خصوص تائید صلاحیت اتصال قاب خمشی ویژه را بر آورده می‌نمایند. مطابق این ضوابط نمونه باید بتواند حداقل $0/03$ رادیان زاویه تغییر مکان نسبی طبقه را تحمل نماید و در زاویه $0/04$ رادیان، ظرفیت نمونه از ۸۰ درصد مقدار ظرفیت تیر کمتر نگردد. مطابق نمودارهای فوق اتصال با ورق پوششی (CP) تا $0/04$ رادیان تغییر مکان نسبی طبقه دچار هیچ گونه افت مقاومتی نشده است و تا $0/06$ رادیان با $0/2$ افت مقاومت مقدار 252 کیلونیوتن را تحمل کرده است. در اتصال درختی با مقطع ثابت (DC) و اتصال درختی با مقطع متغیر (IBS) تا $0/04$ رادیان تغییر شکل نسبی طبقه، روند مشابهی مانند اتصال با ورق زیر سری و رو سری مشاهده می‌شود. لیکن در $0/06$ رادیان اتصال درختی مستقیم و اتصال درختی با مقطع متغیر با باربری 215 کیلو نیوتن افت مقاومت $0/15$ مشاهده می‌شود. مشاهدات نشان می‌دهد که هر سه اتصال، $0/04$ رادیان زاویه تغییر مکان پلاستیک نسبی طبقه (با افت کمتر از $0/2$) را تحمل نموده اند. بر این اساس هر سه اتصال ضوابط AISC1997 برای اتصال قاب خمشی ویژه که در آن حداقل $0/03$ رادیان چرخش غیر الاستیک با حداکثر 20% افت مقاومت خمشی مورد نیاز می‌باشد را برآورده می‌نمایند. بررسی اتصال مطابق ضوابط

چرخه ای در مقایسه با اتصال مستقیم و درختی متغیر ۱۰ درصد بیشتر انرژی جذب می کند. توزیع تنش وان میز و همچنین توزیع کرنش اتصالات نشان می دهد که اتصال مستقیم و اتصال درختی متغیر از یک فیوز قابل اعتمادی تحت بارگذاری چرخه ای برخوردار نیستند. همچنین نتایج آزمایشگاهی نشان داد که چشمه اتصال تحت بارگذاری چرخه ای تقریباً الاستیک باقی خواهد ماند.

مراجع

- [۱] آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله؛ استاندارد ۲۸۰۰ مرکز تحقیقات و مسکن
- [۲] مزروعی، علی؛ سیمونیان، واهاک؛ نیکخواه عشقی، مجید. "بررسی تجربی درصد گیرداری اتصالات صلب جوشی متداول در ایران" گزارش تحقیقاتی شماره گ-۳۰۵، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن. ۱۳۷۸.
- [۳] مزروعی، علی؛ قاسمیه، مهدی؛ قبادی، محمد سهیل. "بازرسی فنی جوش نفوذی کامل در اتصالات گیردار فولادی با کاربرد مهندسی" اولین کنفرانس بین المللی بازرسی فنی و آزمون غیر مخرب. ۱۳۸۶.
- [۴] مزروعی، علی؛ قاسمیه، مهدی؛ قبادی، محمد سهیل. "ارزیابی آزمایشگاهی رفتار اتصالات گیردار جوشی تیر به ستون در سازه های متداول" مجله ملی سازه و فولاد ۴، ۳-۱۵. ۱۳۸۷.
- [۵] مزروعی، علی؛ قاسمیه، مهدی؛ قبادی، محمد سهیل. "بررسی آزمایشگاهی تاثیر نرخ کرنش بر ناحیه حرارت دیده مجاور جوش در اتصالات گیردار فولادی" مجله تازه های ساختمان و مسکن ۲، ۲۷-۳۴. ۱۳۸۷.
- [۶] قاسمیه، مهدی؛ مزروعی، علی؛ قبادی، محمد سهیل. "مقاومت عمود بر صفحه جوش گوشه جهت ارزیابی رفتار اتصالات گیردار در سازه های فولادی رایج" کنفرانس کنگره ملی مهندسی عمران- دانشگاه تهران. ۱۳۸۷.



شکل ۱۶- مقایسه رفتار چشمه اتصال در سه نوع اتصال مستقیم اتصال درختی و اتصال با ورق پوششی

۴- نتیجه گیری

اتصال با ورق پوششی با جزئیات جدید ارائه شده، تمرکز تنش در محل اتصال را حذف کرده و می تواند به عنوان اتصال کاملاً گیردار در قاب های خمشی ویژه واجد شرایط شناخته شود. در جزئیات جدید ارائه شده به منظور ایجاد مفصل پلاستیک خارج از ادوات اتصال و همچنین تامین شرایط آیین نامه AISC بر روی محل تشکیل مفصل پلاستیک، ورق روسری به شکل انگشتی بریده شد تا خطوط جوش بیشتری به منظور تامین مقاومت کافی تامین شود. همچنین در ورق زیر سری به شکل مستطیلی، جوش گوشه به همراه جوش کام در نظر گرفته شده است. ورق برشی جان نیز بر اساس ظرفیت برشی تیر طراحی شده است. اتصال با ورق پوششی به نسبت اتصال مستقیم و اتصال درختی با مقطع متغی از شکل پذیری بیشتری برخوردار است. بر اساس نتایج آزمایشگاهی و تحلیل های عددی، اتصال با ورق پوششی همانند اتصال مستقیم و اتصال درختی با مقطع متغیر، تا ۶ درصد دریفت را با افت کمتر از ۲۰٪ سپری کرده است که می تواند جزئی اتصالات از پیش تأیید صلاحیت شده در قاب های خمشی ویژه قرار گیرد. همچنین اتصال با ورق پوششی تحت بارگذاری

- [18] Kim, T. Whittaker, A. S. Gilani, A. S. J. Bertero, V. V., and Takhirov, S.M. 2000. Cover-plate and flange-plate reinforced steel moment-resisting connections. Rep.No. PEER 07, Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California at Berkeley, Berkeley.2000
- [19] FEMA. recommended seismic design criteria for new steel moment-frame buildings. Report No. FEMA_350, Federal Emergency Management Agency. 2000.
- [20] Chang-Hoon Kang, Kyung-jae Shin, Young-Suk Oh, Tae-Sup Moon. Hysteresis Behavior of CFT column to H-beam Connections with External T-Stiffeners and Penetrated elements. Journal of Engineering Structures. NO.23, 1194-1201.2001.
- [21] Alostaz Yousef. M.Schneider Stephen P. Analytical Behavior of Connections to Concrete-Filled Steel Tubes. Journal of Constructional Steel Research. NO.40, 95-127. 1996.
- [22] Schneider Stephen, P. Alostaz, Yousef. Experimental Behavior of Connections to Concrete-Filled Steel Tubes. Journal of Constructional Steel Research. NO.45, 321-352. 1998.
- [23] D.Dubina. A.Stratan. Behaviour of welded connections of moment resisting frames beam-to-column joints. Journal of Engineering Structures 24, 1431-1440. 2000.
- [24] AISC. AISC/ANSI. 358-05s1-2009. Supplement No.1 to AISC/ANSI 358-05 Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications, American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago, IL, 2009.
- [7] M. Ghassemieh, M.S. Ghobadi, A.Mazroi. Seismic Performance of Ductile Welded Connections Using T-Stiffener. Journal of Constructional Steel Research. NO.65.766-775. 2008.
- [۸] مصیبی،علیرضا؛ خلیلی جهرمی،کیان؛ شادگار، محمد رضا. "بررسی رفتار اتصالات صلب از نوع تیر" گزارش تحقیقاتی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن. ۱۳۸۲.
- [9] A. Deylami, M.R. Shiravand. The Behavior of Steel Beam to Built-Up Column Moment Connections Using Side plates. 1th International Structural Specialty Conference, Canada.2006.
- [10] S.R. Mirghaderi, M. Moradi, Seismic Behavior of Panel Zones in Beam to Column Connections with Non-planner Webs in Moment Resisting Steel Frames. 4th International Conference on Earthquake Engineering, Taiwan. 2006.
- [۱۱] ترابیان،شهاب الدین. میرقادری، سید رسول. "بهبود جزئیات لرزه ای و روش ساخت اتصال تیر به ستون قوطی شکل و H شکل در قاب های خمشی فولادی" گزارش پیوست رساله دکتری مهندسی عمران- زلزله. دانشگاه تهران. ۱۳۸۶.
- [12] Cheng, Chin. Chun-Chou, Lin. Chein-Hsiang Lin. Ductile Moment Connections Used in Steel Column-Tree Moment-Resisting Frames. Journal of Constructional Steel Research 62,793-801. 2006.
- [13] Satish Kumar, S.R. Prasada Rao, D.V. beam-to-Column Connection with Web Opening-Experimental Study and Finite Element Modeling. Journal of Constructional Steel Research. NO. 62. 739-746. 2006.
- [14] Prasada Rao, D.V. Satish Kumar, S.R. RHS Beam-to-Column Connection with Web Opening-Parametric Study and Design Guidelines, Journal of Constructional Steel Research. NO. 62,747-756. 2006.
- [15] Cheng-Chin Chen, Chun-Chou Lin, Chia-Liang Tsai, Evaluation of Reinforced Connection Between Steel Beams and Box Columns, Engineering Structures 26, 1889-1904. 2004.
- [16] Kim, T. Whittaker, A. S., Gilani, A. S. J., Bertero, V. and Takhirov, S.M., Experimental Evaluation of plate-reinforced steel moment-resisting connections. J. Struct. Eng., 128(4), 483-491. 2002.
- [17] Kim, T. Whittaker, A. S., Gilani, A. S. J., Bertero, V. V., and Takhirov, S.M., Cover-Plate and Flange-Plate Steel Moment-Resisting Connections. J. Struct. Eng., 128(4), 474-482. 2002.

