

بررسی عددی رفتار اتصالات تیر پیوند خمشی با مقطع کاهش یافته به ستون

فخرالدین احمدی دانش آشتیانی^۱، علی ناصری فر^{۲*}

اطلاعات مقاله	چکیده
دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۰۹/۲۳	<p>قاب‌های برون محور فولادی، ویژگی سختی الاستیک بالا که در قاب‌های با مهاربندی هم محور وجود دارد و خاصیت استهلاک پایدار انرژی که در قاب‌های خمشی موجود است را همزمان دارند. در این نوع از سیستم‌های مقاوم لرزه‌ای، انرژی اغلب از طریق تیرهای پیوند مستهلک می‌گردد که به سه نوع تیر پیوند کوتاه برشی، تیر پیوند متوسط با رفتار برشی-خمشی و تیر پیوند بلند خمشی تقسیم می‌شوند. اتصال تیر پیوند به ستون در قاب‌های برون محور فولادی بایستی لنگر خمشی و نیروهای برشی بسیار بالایی را تحمل کند تا تیر پیوند به دوران پلاستیک مورد نیاز دست یابد. اتصال تیر پیوند بلند به ستون به دلیل پتانسیل گسیختگی بالای آن در اتصال بال تیر پیوند به ستون در معرض شکست بوده و قابل کاربرد در مناطق با لرزه خیزی شدید نمی‌باشد. برای غلبه بر این مشکل بایستی تمرکز تنش و کرنش را از انتهای تیر پیوند در محل اتصال به ستون دور نگه داشت. استفاده از تیر پیوند با مقطع کاهش یافته می‌تواند مفصل پلاستیک را به ناحیه با مقطع کاهش یافته انتقال داده و از شکست اتصال جلوگیری کند. این مقاله کاربرد روش کاهش مقطع (RBS) در تیرهای پیوند بلند و رفتار اتصال تیرهای پیوند بلند با مقطع کاهش یافته به ستون را مورد بررسی قرار می‌دهد. تحلیل‌ها با استفاده از نرم افزار المان محدود ABAQUS انجام گرفته و نتایج آنالیزها نشان می‌دهد که با این روش تمرکز تنش و کرنش از انتهای تیر پیوند در نزدیک وجه ستون تا حدود زیادی دور شده و رفتار اتصال بهبود می‌یابد.</p>
پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۲/۰۲	
واژگان کلیدی:	
تیر پیوند، RBS، تحلیل عددی، اتصال.	

۱- مقدمه

و رفتار آن در شکل‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است [۱ و ۲]. تیرهای پیوند به شکل‌های مختلف تیرهای پیوند کوتاه که به شکل برشی تسلیم می‌شوند، تیرهای پیوند بلند که در خمش تسلیم می‌شوند یا تیرهای پیوند متوسط هستند که در ترکیب نیروی برشی و خمشی تسلیم می‌شوند [۱]. همانطور که گفته شد، معمولاً تیرهای پیوند

بیش از دو دهه است که قاب‌های مهاربندی شده واگرا به عنوان سیستم مقاوم در مقابل بارهای لرزه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند. این سیستم که بر پایه تسلیم تیر پیوند مابین دو بادبند یا بین بادبند و ستون می‌باشد تحت بارهای لرزه‌ای شکل پذیری و استهلاک انرژی مناسبی نشان داده است

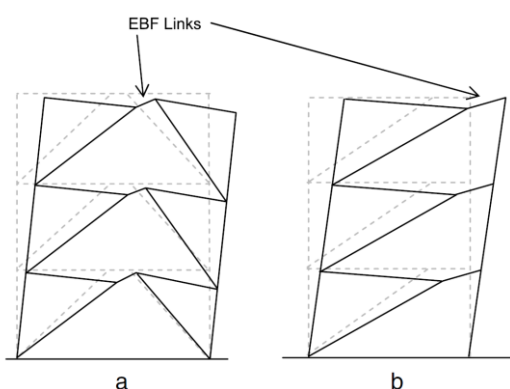
* پست الکترونیک نویسنده مسئول: Anaserifar@kntu.ac.ir

۱. دانشیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۲. دانشجوی دکترای سازه، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

روش، روش مناسبی نمی‌باشد. روش دیگری که می‌توان تمرکز تنش و کرنش را از محل اتصال تیر پیوند به ستون دور کرد، بکار بردن تیر پیوند با مقطع کاهش یافته (RLS^1) همانند تیر با مقطع کاهش یافته (RBS^2) در قابهای خمشی می‌باشد. با اعمال این روش در قابهای EBF^3 محل کرنش های پلاستیک شدید و تغییر شکل های توام با آن در بال تیر پیوند از جوش های نفوذی حساس در انتهای تیر پیوند و وجه ستون دور شده و به قسمتی که مقطع تیر پیوند در آنجا کاهش پیدا کرده، انتقال پیدا می‌کند. همانند اتصالات RBS ، هدف از اتصالات RLS ، کاهش کرنش های پلاستیک در جوش های انتهای تیر پیوند می‌باشد که در معرض گسیختگی می‌باشند. با کاهش کرنش های پلاستیک بوجود آمده در محل بحرانی اتصال، گسیختگی اتصال به تاخیر افتاده و شکل پذیری کلی تیر پیوند نیز بایستی بهبود یابد.

برمان و همکاران [۶] کاربرد تیر پیوند با مقطع کاهش یافته را به صورت عددی در تیرهای پیوند با طول مختلف مورد بررسی قرار دادند. این تحلیل ها نشان داد که با بکار بردن RLS ، کرنش های پلاستیک در محل های بحرانی مستعد ترک و شکست برای مثال بال انتهایی تیر پیوند به طور قابل ملاحظه ای در مقایسه با تیرهای پیوند بدون کاهش مقطع، کاهش پیدا می‌کند.



شکل ۱- قابهای EBF با تیرهای پیوند میانی و تیرهای پیوند متصل به ستون [۳]

یا متصل به ستون هستند یا مابین دو بادبند قرار می‌گیرند. تیرهای پیوند که به ستون متصل هستند ظرفیت دوران غیرارتجاعی کمتری از تیرهای پیوند میانی دارند. زیرا این نوع تیرهای پیوند در اتصالات دچار گسیختگی می‌شوند [۳]. آزمایش های قبلی که توسط محققین دیگر بر روی تیرهای پیوند متصل به ستون انجام گرفته است نشان داده است که این اتصالات بدلیل گسیختگی جوش نفوذی در محل اتصال بال تیر پیوند به ستون یا گسیختگی بال تیر پیوند در نزدیکی جوش نفوذی دچار خرابی می‌شود [۴]. بدلیل مشکلاتی که عنوان شد، آیین نامه طراحی لرزه ای آمریکا AISC2005 [۵] تا زمانی که آزمایش های تکمیلی بر روی این اتصالات انجام نگرفته است طراحان را از بکار بردن تیر پیوند متصل به ستون منع کرده است.

در بین سه نوع مختلف تیر پیوند از نظر طول، تیرهای پیوند برشی بدلیل شکل پذیری و سختی و مقاومت بهتر، بیشتر توصیه شده است. به این دلیل بیشتر تحقیقات گذشته بر روی بررسی عملکرد این نوع تیر پیوند متمرکز شده است. اما به نظر می‌رسد الزامات عملکردی و معماری جهت داشتن بازشوهای بزرگ در دهانه های مهاربندی شده دلیل اصلی تمایل به استفاده از تیرهای پیوند بلند در قابهای مهاربندی شده و اگر می‌باشد. کاربرد قاب های با تیرهای پیوند متصل به ستون بیشتر مورد توجه می‌باشد بدلیل اینکه از نظر معماری دارای انعطاف پذیری بیشتری می‌باشد. زیرا مکان های مختلفی برای جایگذاری درها و پنجره ها در این شکل سیستم وجود دارد.

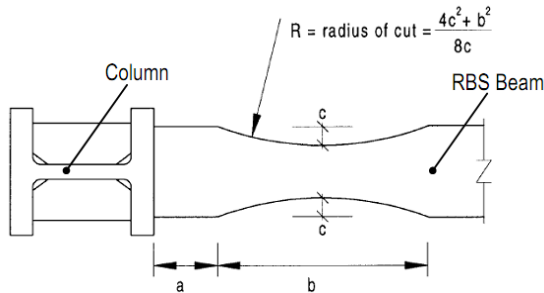
عملکرد ضعیف اتصالات تیر پیوند به ستون ممکن است با کاهش تنش و کرنش های شدید در نزدیکی جوش های بحرانی اتصال بال تیر پیوند به ستون بهبود یابد. برای رسیدن به این هدف، Prinز و همکاران [۳] جان تیر پیوند را در نزدیکی اتصال سوراخ کرده و به طور عددی این مساله را مورد مطالعه قرار دادند. ولی به دوران پلاستیک هدف و مورد نیاز دست نیافتند و به این نتیجه رسیدند که این

³ Eccentrically Braced Frames

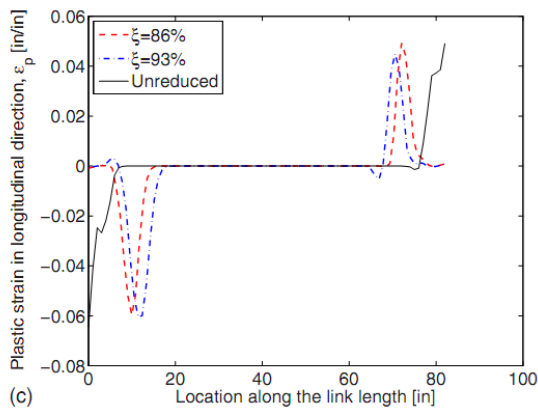
¹ Reduced Link Section

² Reduced Beam Section

کاهش یافته با طولهای مختلف مورد بررسی قرار گرفت و به این نتیجه رسیدند که با کاهش مقطع تیر پیوند مفصل پلاستیک از انتهای تیر پیوند دور شده و به ناحیه کاهش یافته انتقال پیدا می کند که نتایج آن در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۲- جزئیات اتصال تیر با مقطع کاهش یافته به ستون [۷]



شکل ۳- کرنش پلاستیک در وسط بال تیر پیوند و در طول آن [۶]

۳- هدف و ضرورت تحقیق

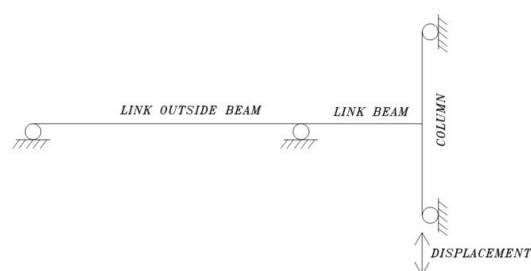
مدل عددی که برمان و همکاران [۶] استفاده کرده بودند فقط شامل تیر پیوند بوده که المانهای مجاور نظیر ستون، بادبند و تیر خارج از پیوند در آن مدل سازی نشده بود. به همین دلیل شرایط مرزی استفاده شده در مطالعات آنها ممکن است غیر واقعی باشد و نتایج بدست آمده با واقعیت متفاوت باشد. در مقاله حاضر رفتار تیر پیوند خمشی با مقطع کاهش یافته با شرایط مرزی نزدیک به واقعیت مورد بررسی قرار گرفته است. به این منظور بعد از صحت سنجی روش مدل سازی، روش RBS به تیر پیوند بلند در شرایط واقعی با المانهای مجاور اعمال گردیده و رفتار اتصال تیر پیوند به ستون مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- تیر پیوند با مقطع کاهش یافته

با در نظر گرفتن توزیع لنگر خمشی، بال های تیر را می توان به طور عمد تضعیف کرد تا رفتارهای غیرارتجاعی در ناحیه ضعیف شده متمرکز گردند. این درحالی است که لنگر بوجود آمده در اتصال تیر پیوند به ستون محدود شده است. اشکال مختلف RBS نظیر برش ثابت، برش دوزنقه ای، سوراخ دار و برش دایره ای قبلا پیشنهاد گردیده و مورد آزمایش قرار گرفته اند. در بین این اشکال متنوع، در عمل و در تحقیقات از RBS با برش دایره ای بدلیل ساخت آسان و نتایج آزمایشها استقبال زیادی صورت گرفته است. انگلهارت و همکاران [۷] به این نتیجه رسیدند که تمرکز تنش در برش های تیز بال می تواند باعث ترک گردد در حالی که تغییر مقطع های صاف نظیر برش دایره ای می تواند به نتایج بهتری از نظر عملکرد منجر شود. رفتار با شکل- پذیر پیوند پایدار اتصالات RBS با برش دایره ای توسط تعداد زیادی از مطالعات در گذشته مورد تایید قرار گرفته است. این نوع از اتصالات که در سند اتصالات از پیش تایید شده [۸] توضیح داده شده و در شکل (۲) نشان داده شده است به طور عمده بر اساس کارهایی است که توسط انگلهارت و همکاران [۹] و جونز و همکاران [۱۰] انجام گرفته است. با استفاده از ابعادی که در شکل ۲ برای RBS نشان داده شده است محل مفصل پلاستیک در تیر قابهای خمشی ویژه از وجه ستون به وسط قسمت RBS منتقل می گردد. بدلیل اینکه تنشهایی که نزدیک جوشهای بال تیر به ستون بوجود می آیند محدود هستند، اتصال RBS از پیش تایید شده تا حدودی حساسیت کمتری نسبت به کیفیت جوش- های بال تیر به ستون دارد.

اگرچه کاربرد روش RBS در قابهای خمشی ویژه به طور گسترده در گذشته مورد بررسی قرار گرفته است ولی کاربرد این روش در تیر پیوند بدلیل گرادین شدید لنگر خمشی و همچنین طول نسبتا کوتاه تیر پیوند در مقایسه با تیر در قابهای خمشی، مورد تردید می باشد. برمان و همکاران [۶] رفتار تیر پیوند با مقطع کاهش یافته را به طور عددی مورد بررسی قرار دادند. در مطالعات آنها، تیر پیوند با مقطع

ایزوتروپیک مدل گردیده است. با توجه به اینکه کاهش مقاومت مصالح در تحلیل‌های المان محدود مدل‌سازی نشده است. در نتیجه در صورتی که در تحلیل‌ها، کاهش در مقاومت نمونه‌ها مشاهده گردد، می‌تواند در نتیجه‌ی کماتش‌های موضعی باشد. شرایط مرزی و پروتکل بارگذاری مدل عددی همانند مدل آزمایشگاهی می‌باشد که در شکل ۵ نشان داده شده است.



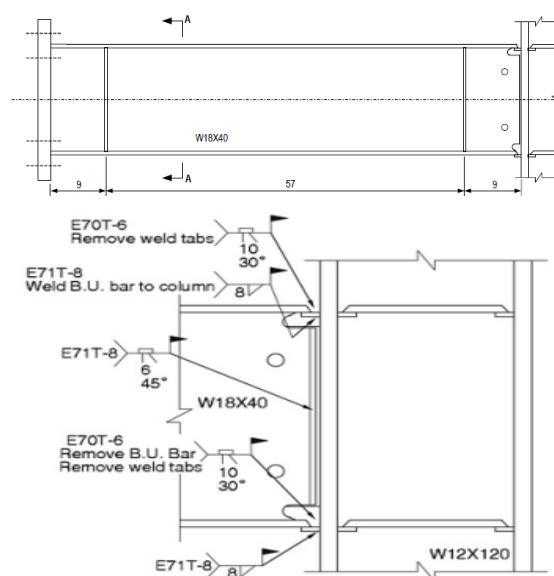
شکل ۵- شرایط مرزی و بارگذاری

در این مطالعات برای صحت‌سنجی روش مدل‌سازی، مدل عددی تحت بارگذاری مونوتونیک قرار گرفته و نتایج آن با نتایج بارگذاری چرخه‌ای نمونه آزمایشگاهی با مقیاس کامل که توسط اکازاکی و همکاران [۶] انجام گرفته است (نمونه MWM) مورد مقایسه قرار گرفته است. مقایسه‌ها شامل رفتار کلی و محل تشکیل مفصل پلاستیک می‌باشد. در شکل ۶ دیاگرام نیروی برشی تیر پیوند در مقابل دوران انتهایی آن، برای مطالعه عددی و آزمایشگاهی نشان داده شده است که نشان می‌دهد مطابقت خوبی بین این دو مطالعه وجود دارد.

به منظور ارزیابی محل شروع خرابی، کرنش پلاستیک معادل (PEEQ) به عنوان معیار آسیب در این مطالعه انتخاب شده است که نشان می‌دهد در تحلیل‌های عددی مقدار حداکثر این پارامتر در بال تیر پیوند در نزدیکی اتصال رخ می‌دهد. نتایج آزمایشگاهی مطابق شکل ۷ نیز شروع خرابی را در این محل نشان. در این شکل مقادیر پارامتر کرنش پلاستیک معادل PEEQ در تغییر مکان نسبی ۳٪ با نمونه آسیب دیده آزمایشگاهی مقایسه شده است. همانطور که این شکل نشان می‌دهد مقادیر حداکثر پارامتر PEEQ

۴- صحت‌سنجی مدل‌سازی

برای صحت‌سنجی مدل‌سازی عددی، نمونه MWM از مطالعات آزمایشگاهی اکازاکی و همکاران [۴] انتخاب شده است. در این نمونه تیر پیوند بلند با جوش نفوذی کامل به ستون متصل شده بود. ابعاد و هندسه این نمونه آزمایشگاهی در شکل ۴ نشان داده شده است. از دو عدد سخت‌کننده در یک طرف جان و در دو انتهای تیر پیوند استفاده شده که ضخامت آنها ۸ میلی‌متر بوده است. ورق‌های پیوستگی با ضخامت ۱۴ میلی‌متر به موازات بال تیر پیوند در طرفین جان ستون استفاده شده بود. در مدل‌سازی عددی که برای صحت‌سنجی استفاده شده است، مشخصات فولادی که برای تیر و ستون استفاده شده است همانند نمونه آزمایشگاهی با تنش تسلیم ۳۵۹ مگاپاسکال و مدول الاستیسیته ۲۱۰ گیگاپاسکال ولی صورت دو خطی در نظر گرفته شده است.



شکل ۴- نمونه آزمایشگاهی MWM [۴]

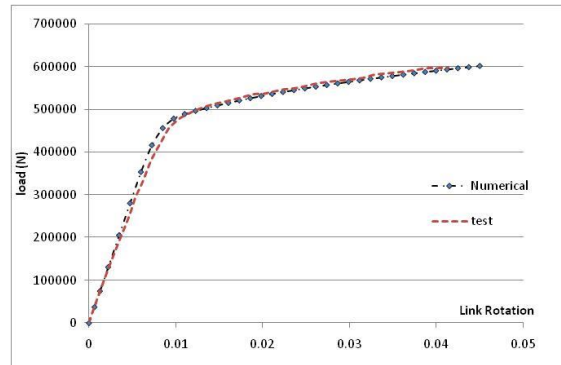
در این مقاله از نرم‌افزار المان محدود ABAQUS [۱۱] برای مدل‌سازی عددی استفاده شده است. در این نرم‌افزار از المانهای یکپارچه ۸ گرهی جهت مدل‌سازی بالها و جان تیر پیوند و ستون و تیر خارج از پیوند استفاده شده است. در تحلیل‌ها اثرات غیرخطی هندسی و مصالح در نظر گرفته شده است. رفتار غیرخطی مصالح با استفاده از مدل

۵- نمونه‌ها

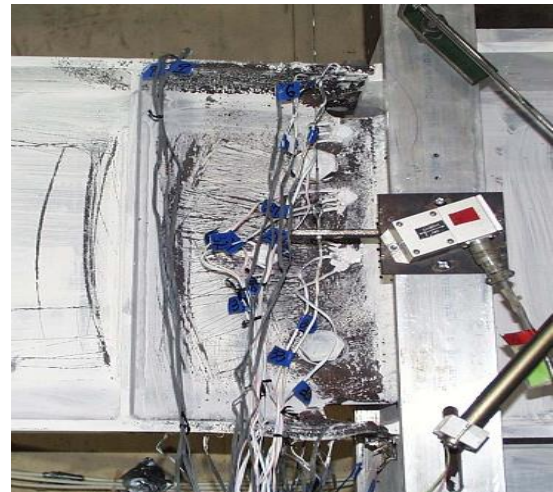
در این مقاله پنج مدل اتصال تیر پیوند خمشی به ستون مورد بررسی قرار گرفته است که در همه مدلها، تیر پیوند بلند به طول ۱۶۰ سانتی متر و با مقطع IPE300 بوده و به طور مستقیم به ستونی با طولی ۲۰۰ سانتی متر، با مقطع IPB240 متصل شده است. تیر خارج از پیوند نیز IPE300 بوده که در انتهای نزدیک تیر پیوند با ورقهایی بر روی بال تقویت شده است. برای مدل‌سازی تمامی اعضا از المانهای Solid استفاده شده است.

نمونه شماره یک، نمونه رایجی از اتصال مستقیم تیر پیوند به ستون می‌باشد که بالهای تیر پیوند توسط جوشهای نفوذی کامل، بطور مستقیم به بال ستون متصل شده است. در مطالعه عددی، این نمونه به عنوان نمونه مرجع در نظر گرفته شده که در آن تیر پیوند بلند بدون هیچ نوع اصلاحی به طور مستقیم به ستون وصل شده است. این اتصال شبیه اتصال تیر به ستون در قابهای خمشی می‌باشد که قبل از زلزله نورتریج بسیار رایج بوده است. جزئیات نمونه‌های بعدی طوری طراحی شده است که با استفاده از روش کاهش مقطع تیر پیوند به عملکرد بهتری از اتصال تیر پیوند به ستون دست یابیم. در نمونه شماره ۲ (2side-RBS) بال تیر پیوند در دو انتهای آن کاهش یافته و در دو طرف قسمت کاهش یافته از یک جفت سخت‌کننده و در دو طرف جان استفاده شده است. در شکل شماره ۸- الف بطور شماتیک نشان داده شده است. در نمونه شماره ۳ (1Side-RBS) بال تیر پیوند فقط در انتهای نزدیک به ستون کاهش پیدا کرده است. با توجه به نتایج بدست آمده از تحلیل نمونه‌های ۲ و ۳ و برای بهبود بیشتر رفتار اتصال، در نمونه‌های شماره ۴ و ۵ اصلاحاتی به ترتیب در نمونه‌های شماره ۲ و ۳ انجام گرفته بطوریکه در هر نمونه یک جفت ورق به صورت موازی با جان تیر پیوند در لبه بال تیر پیوند متصل به ستون استفاده شده است که در شکل ۸- ب نشان داده شده است.

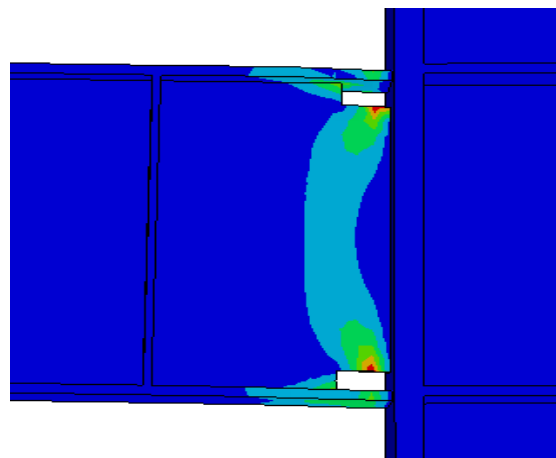
در بالهای تیر پیوند در نزدیکی اتصال رخ می‌دهد جایی که در نمونه‌های آزمایشگاهی نیز محل خرابی می‌باشد.



شکل ۶- منحنی نیروی برشی در مقابل دوران تیر پیوند



شکل ۷- الف) محل خرابی اتصال در نمونه آزمایشگاهی



شکل ۷- ب) محل کرنش‌های پلاستیک حداکثر در مطالعات عددی

نظر گرفته شده برای RBS طبق جدول شماره یک می-باشد.

جدول ۱: ابعاد RBS

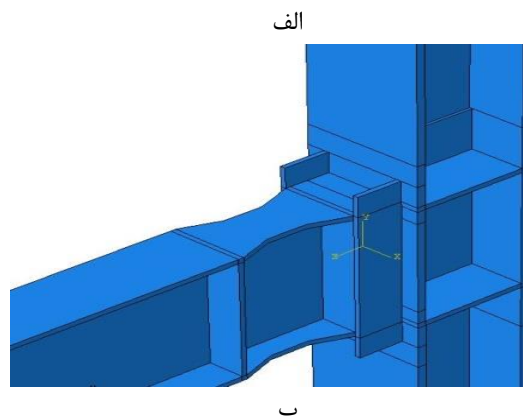
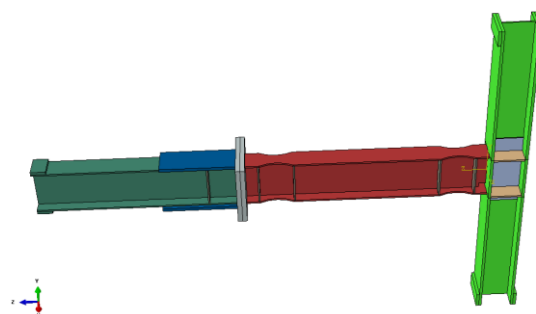
RBS region dimensions			
Beam	a(mm)	b(mm)	c(mm)
IPE300	90	225	30

۶- نتایج آنالیزها

در این مطالعه، نتایج آنالیز همه مدل‌هایی که در بخش قبلی توضیح داده شد تحت بارگذاری مونوتونیک مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. منحنی ممان - دوران و نیروی برشی بر حسب دوران انتهای تیر پیوند برای همه مدل‌ها مورد مطالعه قرار گرفته تا رفتار اتصال تیر پیوند خمشی با مقطع کاهش یافته به ستون را مورد بررسی قرار دهد. به منظور بررسی تاثیر کاهش مقطع بال تیر پیوند بر روی رفتار اتصال، مقادیر کرنش پلاستیک معادل (PEEQ) و تنش ون مایسز در وسط بال تیر پیوند و در طول آن به عنوان پارامتر اصلی در نظر گرفته شده است.

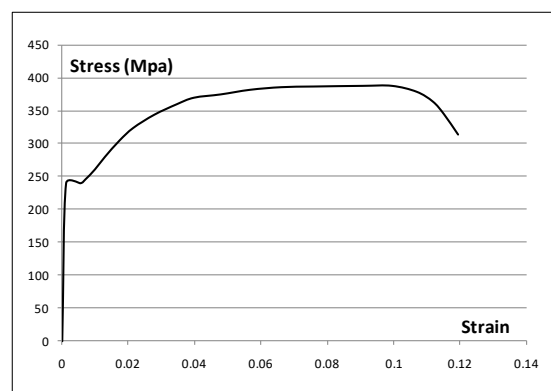
۶-۱- منحنی لنگر - دوران

پاسخ ممان - دوران اتصال تیر پیوند به ستون که از تحلیل‌های المان محدود بدست آمده است در شکل ۱۰ نشان داده شده است. لنگر تیر پیوند در وجه ستون اندازه گیری شده و دوران از تقسیم جابجایی انتهای تیر پیوند به طول آن بدست آمده است. همانطوریکه از شکل ۱۰ قابل مشاهده است ظرفیت خمشی پلاستیک همه مدل‌ها از ظرفیت خمشی تیر پیوند با مقطع کاهش یافته بالاتر می‌باشد. همچنین مدل مرجع مقدار ظرفیت خمشی (Mp) را بعد از دوران ۱٪ رد کرده است. اما نمونه‌های دو طرف RBS بعد از دوران ۲٪ به ظرفیت خمشی پلاستیک تیر پیوند بدون کاهش مقطع رسیده است. این مطالعه نشان می‌دهد که همه مدل‌ها، قبل از دوران ۶٪ هیچ نوع کاهش مقاومتی از خود نشان نمی‌دهند. پس بنابراین هیچ نوع کماتش موضعی در آنها مشاهده نمی‌شود. شایان ذکر است که اضافه کردن ورق‌های کناری به اتصال تیر پیوند با مقطع کاهش یافته به ستون تاثیر زیادی در ظرفیت خمشی اتصال ندارد.



شکل ۸- الف: تصویر شماتیک پیکره بندی اتصال تیر پیوند به ستون و ۸-ب: موقعیت ورق‌های تقویتی

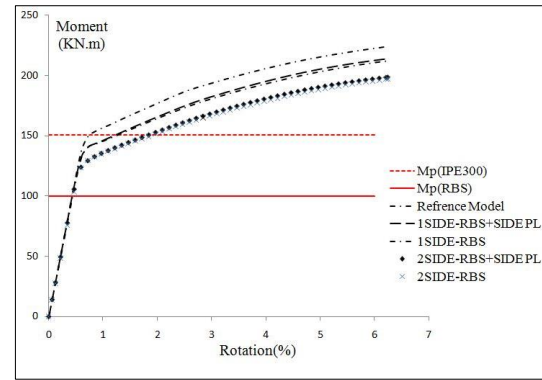
در همه مدل‌ها، شرایط تکیه‌گاهی و بارگذاری به همان صورت است که در شکل ۵ نشان داده شد. فولاد در نظر گرفته شده در همه مدل‌ها ST37 با تنش تسلیم ۲۴۰ مگاپاسکال بوده است که منحنی تنش کرنش آن در شکل ۹ نشان داده شده است.



شکل ۹- منحنی تنش کرنش فولاد

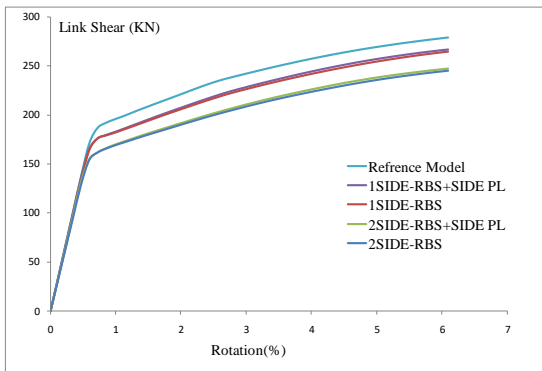
جزئیات RBS با برش دایره‌ای که در شکل ۲ نشان داده شده بود در این مطالعه بکار گرفته شده است. اتصالات RBS بر طبق پیشنهادهای که توسط Engelhardt و همکاران [۱۰] ارائه شده طراحی شده است. ابعاد نهایی در

طبقه در حدود ۳ درصد اندازه گیری شده اند. این شکل نشان می‌دهد که کرنش‌های پلاستیک بالا در انتهای تیر پیوندی که مقطع آن کاهش نیافته (مدل مرجع) اتفاق می‌افتد که می‌توان نتیجه گرفت برای تیرهای پیوند خمشی، کرنش پلاستیک در انتهای تیر پیوند بسیار چشمگیر بوده و با کاهش مقطع تیر پیوند، محل کرنش‌های پلاستیک حداکثر از انتهای تیر پیوند به مقطع کاهش یافته انتقال پیدا می‌کند.

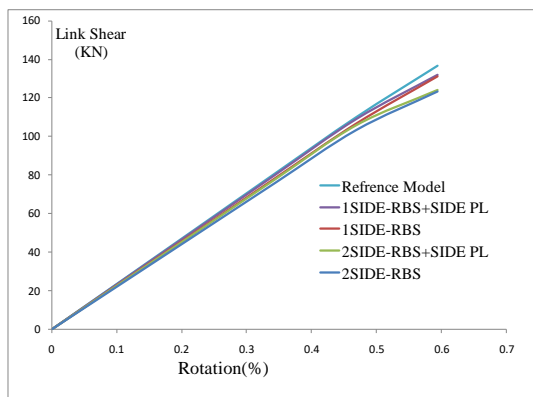


شکل ۱۰- منحنی لنگر- دوران اتصال تیر پیوند به ستون

در شکل ۱۱(الف) منحنی نیروی برشی تیر پیوند در مقابل تغییر شکل انتهایی آن نشان داده شده است. این شکل نشان می‌دهد که با کاهش مقطع تیر پیوند فقط در انتهای نزدیک ستون (مدل ۳ و ۵) مقاومت خمشی در حدود ۷٪ کاهش پیدا کرده است. در حالی که در صورت کاهش مقطع تیر پیوند در هر دو انتهای آن (مدل ۲ و ۴) مقاومت خمشی اتصال در حدود ۱۴ درصد کاهش پیدا می‌کند. همان‌طوریکه از این شکل پیداست اضافه کردن ورق‌های کناری به اتصال تیر پیوند به ستون، تاثیر عمده‌ای در مقاومت و سختی اتصال ندارد.

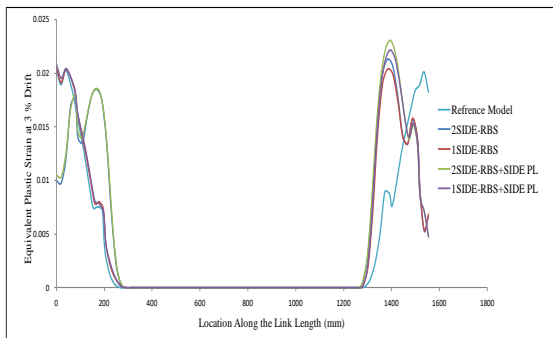


الف



ب

شکل ۱۱- دیاگرام نیروی برشی تیر پیوند در مقابل دوران آن

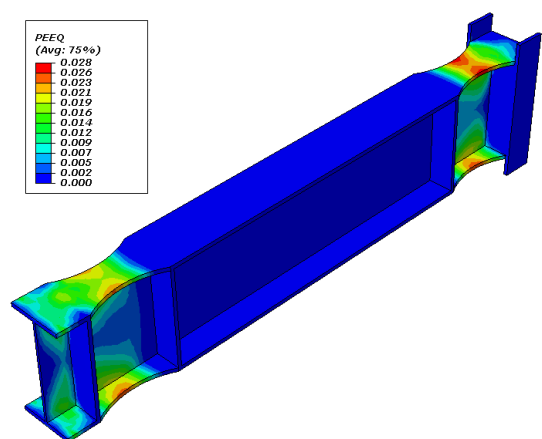


شکل ۱۲- کرنش پلاستیک معادل در طول تیر پیوند خمشی

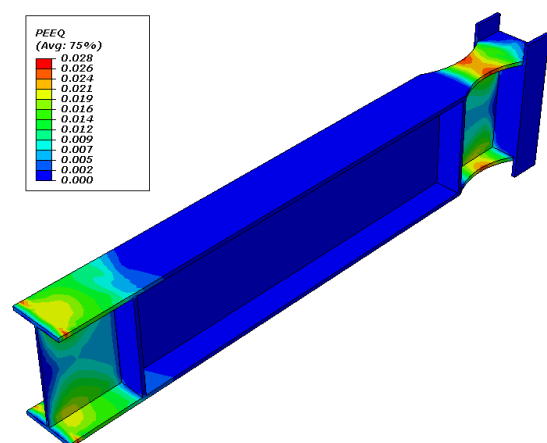
سختی اتصال همه مدل‌ها در شکل ۱۱(ب) به طور دقیق‌تر نشان داده شده است که نشان می‌دهد با اعمال روش RBS به انتهای تیر پیوند خمشی در نزدیکی اتصال سختی اتصال در حدود ۴ درصد کاهش پیدا می‌کند. در حالی که اگر هر دو انتهای تیر پیوند هم نزدیک ستون و هم نزدیک بادبند کاهش پیدا کند، سختی اتصال در حدود ۱۰ درصد کاهش پیدا می‌کند. در این آنالیزها به این نتیجه دست یافتیم که افزودن ورق‌های کناری به اتصال در خارج از محدوده RBS تاثیری در سختی اتصال تیر پیوند به ستون ندارد.

۲-۶- کاهش کرنش پلاستیک

شکل ۱۲ و ۱۳ نشان می‌دهد که با کاهش مقطع در تیرهای پیوند خمشی چگونه مفصل پلاستیک از انتهای آن دور می‌شود. در این شکل کرنش پلاستیک در طول تیر پیوند و در لایه بیرونی المانهای وسط بال تیر پیوند در مقابل طول تیر پیوند ترسیم شده است. مقادیر کرنش در دریافت کلی



2Side-RBS+ Side PL



1Side-RBS+Side PL

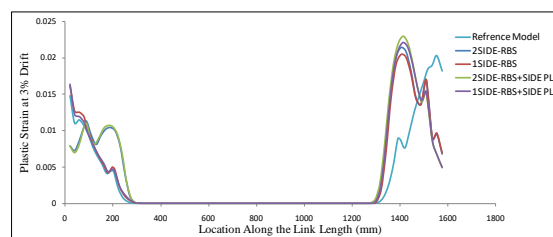
شکل ۱۴- توزیع کرنش پلاستیک معادل

شکل ۱۴ که توزیع PEEQ بر روی تیر پیوند را در دریافت ۳ درصد نشان می‌دهد به طور واضح، مشخص می‌کند که با بکار بردن تیر پیوند خمشی با مقطع کاهش یافته تسلیم موضعی شدید و تغییر شکل های موضعی توام با آن، از انتهای تیر پیوند دور می‌شود.

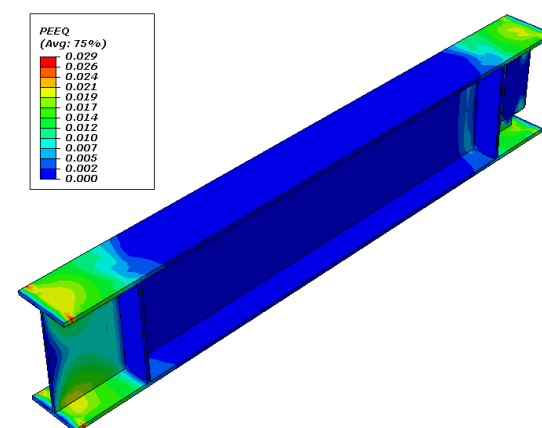
۳-۶- کاهش تنش

برای اینکه تاثیر کاهش مقطع تیر پیوند در رفتار آن را بهتر متوجه شویم توزیع تنش‌های ون مایسز در طول تیر پیوند برای همه مدلها در شکل ۱۵ نشان داده شده است این مقادیر در لایه بیرونی المانهای وسط بال تیر پیوند و در دریافت برابر ۳ درصد اندازه گیری شده اند.

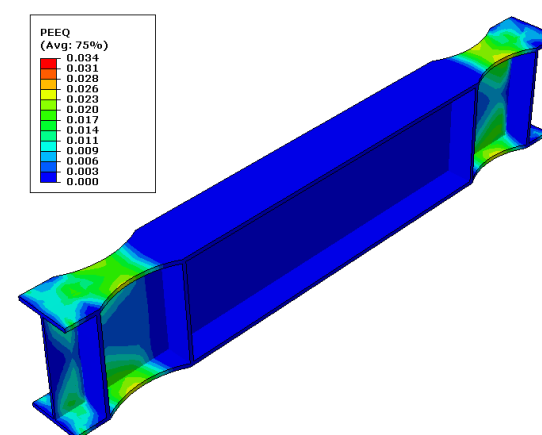
به طور کلی همانطور که از شکل ۱۵ مشاهده می‌شود، در همه مدلها توزیع تنش ون مایسز طوری است که مقدار حداکثر آن در دو انتهای تیر پیوند بویژه در قسمت RBS اتفاق می‌افتد. در مدل مرجع که در آن تیر پیوند بدون



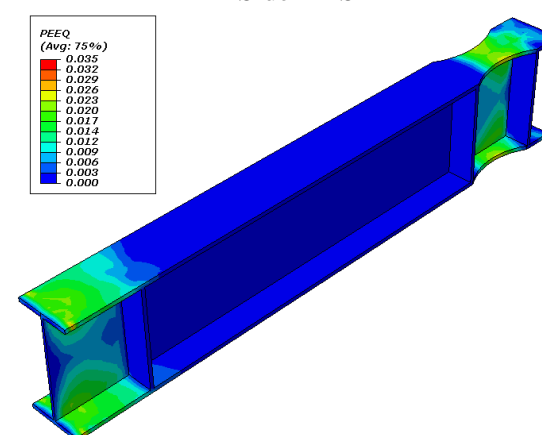
شکل ۱۳- کرنش پلاستیک در طول تیر پیوند خمشی



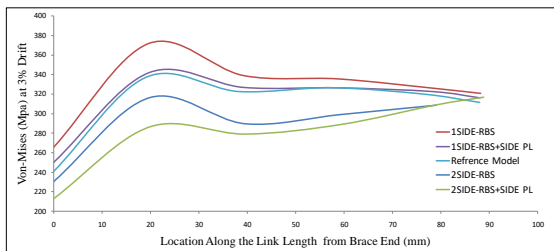
Reference model



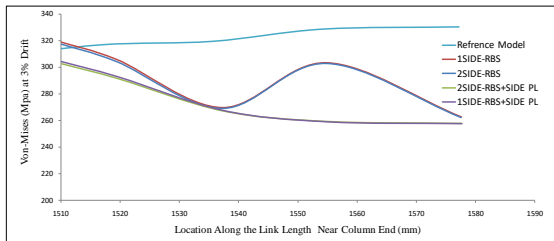
2Side-RBS



1Side-RBS



شکل ۱۶- توزیع مقادیر تنش ون مایسز در طول تیر پیوند در انتهای نزدیک بادبند



شکل ۱۷- توزیع مقادیر تنش ون مایسز در طول تیر پیوند در نزدیکی اتصال

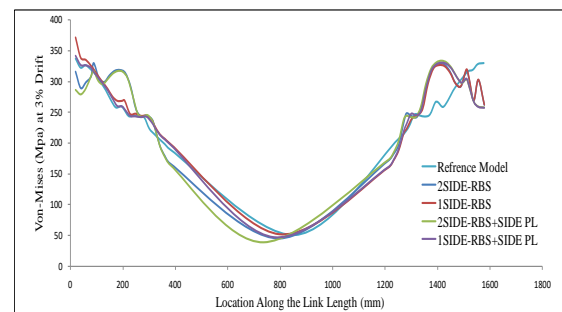
۷- نتیجه گیری

در این مقاله مفهوم استفاده از تیر با مقطع کاهش یافته در تیرهای پیوند خمشی مورد بررسی قرار گرفت. مدل‌سازی عددی با استفاده از نرم‌افزار المان محدود ABAQUS انجام گرفت. بعد از صحت‌سنجی مدل‌سازی با کار آزمایشگاهی که قبلاً توسط محققین دیگر انجام گرفته بود اتصال تیر پیوند خمشی در چیدمان واقعی سازه همراه با تیر خارج از پیوند و ستون مدل‌سازی گردید و مفهوم روش تیر با مقطع کاهش یافته (RBS) به تیر پیوند خمشی با پیکره‌بندی‌های مختلف اعمال شده و مدل‌سازی گردیده و به صورت عددی مورد بررسی قرار گرفت. همانطوریکه نتایج آنالیزها نشان داد با بکار بردن مفهوم RBS در تیرهای پیوند خمشی سختی و مقاومت نهایی اتصال کاهش پیدا می‌کند. نظر به اینکه تمرکز تنش و کرنش بسیار شدیدی در ناحیه بحرانی اتصال تیر پیوند خمشی به بال ستون یعنی در قسمت جوش نفوذی بال تیر پیوند به ستون مشاهده می‌شود با بکار بردن این روش، در همه نمونه‌ها، تمرکز تنش و کرنش از این ناحیه دورتر شده و به ناحیه‌ای که مقطع بال تیر پیوند کاهش پیدا کرده است انتقال می‌یابد.

کاهش مقطع استفاده شده است، حداکثر این مقدار در اتصال بال تیر پیوند به ستون اتفاق افتاده است. در بین همه مدل‌ها، بیشترین مقدار این پارامتر در مدل ۳ در انتهای تیر پیوند نزدیک نقطه اتصال بادبند اتفاق می‌افتد. در مدل فوق الذکر مقدار این پارامتر در انتهای نزدیک بادبند تیر پیوند برابر ۳۷۲ مگاپاسکال می‌باشد در حالی که در همین لحظه مقدار این پارامتر در قسمت کاهش یافته برابر ۳۲۶ مگاپاسکال می‌باشد.

در شکل ۱۶ توزیع تنش ون مایسز، در قسمتی از تیر پیوند نزدیک اتصال بادبند به تیر پیوند، در دوران اتصال برابر با ۳ درصد نشان داده شده است که دیده می‌شود حداکثر مقدار این پارامتر در مدل ۳ اتفاق افتاده است. نتایج نشان می‌دهد که اگر همزمان با کاهش مقطع از ورق‌های کناری در اتصال استفاده شود (مدل ۵) مقدار این پارامتر در این ناحیه کاهش پیدا می‌کند.

از شکل ۱۶ مشخص است که با کاهش مقطع تیر پیوند در انتهای نزدیک بادبند (مدل شماره ۲)، از شدت تنش ون مایسز در این قسمت، در مقایسه با مدل شماره ۳ کاسته شده است. همچنین در صورتی که از ورق‌های کناری در اتصال تیر پیوند به ستون استفاده شود از شدت تنش ون مایسز بر روی بال تیر پیوند در انتهای نزدیک بادبند کاسته می‌شود. شکل ۱۷ نشان می‌دهد که در تیر پیوند خمشی با کاهش مقطع آن مقادیر تنش‌های ون مایسز بر روی بال تیر پیوند در نزدیکی اتصال کاهش پیدا کرده است.



شکل ۱۵- توزیع تنش ون مایسز در طول تیر پیوند

اتصالات تیر پیوند خمشی به ستون و جهت تایید بکارگیری این روش، مطالعات آزمایشگاهی انجام گردد.

این کاهش در مدل شماره ۳ و ۴ که از ورق های جانبی در اتصال استفاده شده است بیشتر مشاهده می شود.

در حالی که نتایج آنالیزها اثر مثبت بکارگیری روش کاهش مقطع در تیرهای پیوند بلند را بطور قابل قبولی نشان می دهد، ولی پیشنهاد می شود قبل از بکارگیری این روش در

۸- مراجع

- [1] Hjeltnstad, K. D., and Popov, E. P. (1983). "Cyclic behavior and design of link beams." J. Struct. Engrg., ASCE, 109(10), 2387-2403.
- [2] Malley, J. O., and Popov, E. P. (1984). "Shear links in eccentrically braced frames." J. Struct. Engrg., ASCE, 110(9), 2275-229.
- [3] Prinz, G.S., Richards, P.W. (2009). "Eccentrically braced frame links with reduced web sections Journal of Constructional Steel Research 65 , 1971-1978
- [4] Okazaki T, Engelhardt MD, Nakashima M, Suita K. (2006) "Experimental performance of link-to-column connections in eccentrically braced frames". J Struct Eng;132(8):1201-11.
- [5] American Institute of Steel Construction (2005), (AISC). Seismic provisions for structural steel buildings. Chicago: Standard ANSI/AISC 341-05, AISC.
- [6] Jeffrey W. Berman, Taichiro Okazaki and Heidrun O. Hauksdottir (2010). "Reduced Link Sections for Improving the Ductility of Eccentrically Braced Frame Link-to-Column Connections." J. Struct. Engrg., Vol. 136(5).
- [7] Engelhardt, M. D., Fry, G., Johns, S., Venti, M., and Holliday, S. (2000). "Behavior and design of radius-cut, reduced beam section connections. " Rep. No. SAC 00/17, SAC Joint Venture, Richmond, Calif.
- [8] ANSI/AISC "Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications,"
- [9] Engelhardt, M. D., Winneberger, T., Zekany, A. J., and Potyraj, T. J.(1998). "Experimental investigation of dogbone moment connections. " Eng. J., 35(4), 128-139.
- [10] Jones, S. L., Fry, G. T., and Engelhardt, M. D. (2002). "Experimental evaluation of cyclically loaded reduced beam section moment connections. " J. Struct. Eng., 128(4), 441-451.
- [11] ABAQUS Version 6.4 Documentation. ABAQUS Inc. (2004).