

شبیه سازی و تحلیل غیر خطی رفتار لرزه‌ای ورق‌های اتصال مهاربندی

مجتبی گرجی ازندریانی، دانشجوی دکتری دانشگاه سمنان، سمنان، ایران
احمد ملکی، استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مراغه، مراغه، ایران
مهدی یوسفوند، دانشجوی دکتری دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مراغه، مراغه، ایران

gorji1365@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۴/۳/۲۵ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۴/۱۰/۸

چکیده:

در این پژوهش به شبیه‌سازی رفتار ورق اتصال مهاربندی تحت بار گذاری تناوبی پرداخته شده است. به همین منظور برای مدل‌سازی و شبیه‌سازی رفتار ورق اتصال از نرم افزار ABAQUS استفاده شده است. در مدل‌سازی از تحلیل استاتیکی غیرخطی، مصالح و هندسه غیرخطی، شرایط مرزی انعطاف‌پذیر و بارگذاری تناوبی استفاده شده و در نهایت تعدادی مدل ساخته و با نتایج مدل‌های آزمایشگاهی صحت‌سنجی شده است. این مقاله نشان می‌دهد که رفتار تناوبی ورق‌های اتصال را می‌توان بار روش اجزاء محدود به خوب پیش‌بینی کرد. نتایج شبیه‌سازی و تحلیل غیرخطی ورق اتصال به خوبی توانایی مدل‌سازی رفتار لرزه‌ای را دارا می‌باشد. همچنین به خوبی می‌تواند کماتش ورق اتصال در فشار را مدل‌سازی و پیش‌بینی نماید.

کلید واژگان: ورق اتصال، مهاربندهای همگرا، شبیه‌سازی، ظرفیت کماتشی، نرم افزار ABAQUS.

۱- مقدمه

قاب‌های مهاربندی همگرا می‌باشد در اثر رفتار محوری اعضای مهاربندی مقاوم در برابر نیروهای جانبی زلزله فراهم می‌شود به دلیل پیچیدگی رفتار در اتصالات و طراحی‌های موجود که بر اساس آنالیز استاتیکی صورت می‌پذیرد، سبب گشته تا تحقیقات و مطالعات در زمینه رفتار غیر ارتجاعی مهاربندها، هم به صورت آزمایشگاهی و هم تئوریک افزایش یابد.

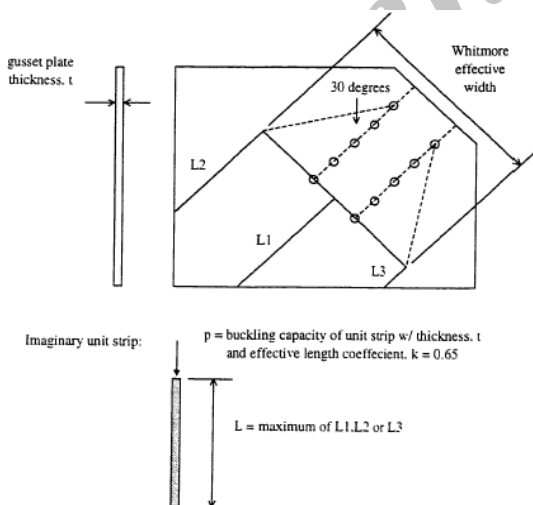
پیشینه تحقیقات انجام شده بر روی ورق‌های اتصال مهاربندی به سال ۱۹۵۰ که توسط ویتومور انجام شده است بر می‌گردد. در سال ۱۹۵۰ ویتومور [۱] مطالعاتی بر روی توزیع تنش در ورق‌های اتصال استفاده شده در اتصالات وارنر انجام داده است. هدف اصلی ویتومور در

یکی از رایج‌ترین سیستم‌های جانبی مقاوم در برابر زلزله قاب‌های مهاربندی جانبی هستند. استفاده از قاب‌های مهاربندی جانبی به اوایل قرن بیستم میلادی بر می‌گردد. در اوایل قاب‌های مهاربندی برای تحمل نیروهای ناشی از باد مورد استفاده قرار می‌گرفت و پس از آن برای نیروهای جانبی ناشی از زلزله توسعه یافت. یکی از ویژگی‌های مهم قاب‌های مهاربندی همگرا سختی مناسب در برابر تغییر مکان های جانبی نسبی طبقات در اثر بارهای جانبی ناشی از زلزله می‌باشد. این سختی مناسب که عامل مهمی در استهلاک انرژی در

مطالعاتشان پارامترهای ضخامت ورق اتصال، ابعاد ورق اتصال، زاویه مهاربندی و کمانش خارج از صفحه را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان میداد که ظرفیت فشاری ورقهای اتصال رابطه مستقیم با ضخامت ورق اتصال دارد، همچنین اثرات لنگرهای ایجاد شده در اثر تغییرات زاویه مهاربندی در اتصالات قاب به ورق اتصال تأثیر کمتری در توزیع تنش در ورق اتصال دارد.

رابین هویچ و چنگ [۷] ۱۹۹۳ [۷] تحقیقاتی بر روی رفتار ورقهای اتصال تحت بارگذاری تناوبی که شامل بررسی اثرات ضخامت ورق اتصال، هندسه، لغزش پیچها و سخت کننده‌های لبه بوده است صورت گرفته است. مدل قاب آزمایشگاهی رابین هویچ و چنگ به نحوی طراحی شده بود که کمانش ورق اتصال قبل از کمانش مهاربندی رخ دهد. نتایج نشان می‌دهد که در سیکلهای فشاری افت مقاومت در ورق اتصال بعد از پس کمانش رخ می‌دهد و در سیکلهای کششی تأثیر کمتری در افت مقاومت کششی دارد. استفاده از سخت کننده های لبه باعث افزایش ظرفیت در کشش و فشار و بهبودی در اتلاف انرژی را نشان می‌دهد.

والدبریج وهمکاران [۸] ۲۰۰۴ [۸] مطالعات پارامتری بر روی رفتار ورقهای اتصال فولادی تحت بارگذاری یکنواخت و تناوبی با استفاده از نرم‌افزار ABAQUS انجام شده است. والدبریج وهمکاران اثرات سختی اعضای قاب، رفتار غیر خطی مصالح، نقص اولیه و لغزش پیچها را در مدل ساخته شده با نرم افزار اعمال کرده و با مدل‌های آزمایشگاهی صحت سنجی شده است. نتایج والدبریج وهمکاران نشان می‌دهد که کمانش ورق اتصال در فشار باعث کاهش اندکی در ظرفیت فشاری و پایداری خوبی در سیکل‌های پس کمانشی می‌باشد.



شکل ۱- عرض مؤثر ویتمور و روش تورتون

این تحقیق تعیین موقعیت و بزرگی تنش‌های ایجاد شده در ورق اتصال تحت بارگذاری کششی بوده است. ویتمور بر اساس نتایج تحقیقاتش پیشنهاد داد که در سطحی برابر با ضخامت ورق اتصال در عرض مؤثر ویتمور از ورق اتصال توزیع تنش به صورت یکنواخت است (شکل ۱).

چاکاربارتا و بجورهود [۲] ۱۹۸۳ [۲] تحقیقاتی بر روی مقاومت کششی ورقهای اتصال در محدوده غیر ارتجاعی تحت بارگذاری کششی یکنواخت انجام دادند. روش طراحی ورقهای اتصال بر مبنای تسلیم شدگی در مقطع بحرانی (عرض مؤثر ویتمور) و ارزیابی آن با نتایج آزمایشگاهی بوده است. نتایج آزمایشات چاکاربارتا و بجورهود نشان می‌دهد که گسیختگی در نمونه‌ها در آخرین ردیف از سوراخ پیچ‌های ورق اتصال رخ می‌دهد. همچنین طراحی ورقهای اتصال بر مبنای تسلیم شدگی در مقطع بحرانی تطابق خوبی با نتایج آزمایشگاهی داشته است.

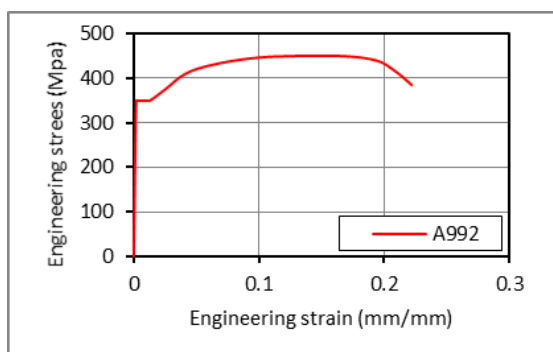
تورتون [۳] ۱۹۸۴ [۳] مطالعاتی به بررسی مدل بلوک برشی و مقاومت گسیختگی ورقهای اتصال و همچنین با کاستن از شرایط مرزی روشی برای تعیین مقاومت فشاری ورقهای اتصال پیشنهاد داده است. تورتون پیشنهاد کرد مقاومت شاری ورق اتصال را می‌توان معادل با یک ستون لاغر با طولی مساوی ماکزیمم طول‌های L_1 ، L_2 و L_3 و ضریب طول مؤثر $k=0.65$ در نظر گرفت (شکل ۱).

آستانه اصل و همکاران [۴] ۱۹۸۱ [۴] در دانشگاه میشیگان تحقیقاتی بر روی رفتار مهاربندها و اتصالات آن انجام داده است. هدف اصلی آستانه اصل و همکاران بررسی رفتار کمانشی داخل و خارج صفحه مهاربندی بوده است. در مدل آزمایشگاهی از مقاطع دویل نشی پشت به پشت برای اعضای مهاربندی استفاده شده است. تحقیقات آستانه اصل و همکاران به دلیل ارائه یک رویکرد نوین در طراحی سازه های فولادی از اهمیت بالایی برخوردار است. نتایج تحقیقات آستانه اصل و همکاران نشان می‌دهد زمانی که کمانش خارج از صفحه مهاربندی رخ می‌دهد مفاصل پلاستیک در ورق اتصال ایجاد می‌شود، این مفاصل پلاستیک نیاز به آزادی دورانی در ورق اتصال دارد که در غیر اینصورت در تعدادی دوره بارگذاری کمی منجر به گسیختگی ورق اتصال می‌شود. از این رو برای ایجاد آزادی دورانی در ورق اتصال بایست انتهای مهاربندی حداقل به اندازه دو برابر ضخامت ورق اتصال از خط آزاد خمش فاصله داشته باشد.

هو و چنگ [۵] ۱۹۸۷ [۵] در تحقیقاتشان به بررسی اثرات ضخامت ورق اتصال، هندسه و شرایط مرزی در رفتار کمانشی ورقهای اتصال تحت بارگذاری یکنواخت فشاری بوده است. نتایج تحقیقات هو و چنگ نشان می‌دهد که ورقهای نازکتر تمایل به کمانش در بارگذاری های تقریباً کمتر از بارتسلیم شدگی که توسط ویتمور پیشنهاد شده بود دارند.

یام و چنگ [۶] ۱۹۹۳ [۶] مطالعات آزمایشگاهی بر روی رفتار فشاری و مقاومت نهایی ورقهای اتصال صورت گرفته است. یام و چنگ در

ABAQUS استفاده شده است. به منظور شبیه‌سازی رفتار لرزه‌ای ورق اتصال از داده‌های حاصل تحقیقات رابین‌هوپیچ و چنگ ۱۹۹۳ [۸] سه مدل آزمایشگاه انتخاب و مدل‌سازی شده است. مشخصات و خصوصیات رفتاری مصالح در مدل‌سازی همان فولاد مورد استفاده در آزمایش می‌باشد که فولاد A992 با منحنی تنش-کرنش که در شکل ۲ نشان داده شده می‌باشد استفاده شده است. مدل پلاستیسته که در این تحلیل استفاده شده بر مبنای سطح تسلیم فون میسز که پیش فرض نرم افزار می‌باشد است. اثر سخت شوندگی پلاستیک نیز با استفاده از مدل سخت شوندگی غیر خطی تعریف شده است.



شکل ۲- منحنی تنش-کرنش فولاد A992

۴- شرایط مرزی و بارگذاری

شرایط مرزی اعمالی همان شرایط مرزی نمونه‌های آزمایش رابین‌هوپیچ و چنگ (۱۹۹۳) همانطور که در شکل ۳ دیده می‌شود همه درجات آزادی در انتهای تیر وستون متصل به هم در همه جهات بسته شده است. برای مقاطع تیر و ستون از مهار جانبی استفاده نشده ولی برای مقطع مهاربندی برای جلوگیری از کمانش خارج از صفحه از مهارهای جانبی استفاده شده است. نوع بارگذاری اعمالی به صورت شبه استاتیکی و بصورت اعمال جابجایی‌های رفت و برگشتی به مقطعی مهاربندی اعمال شده است. این نوع بارگذاری باعث ایجاد کمانش، و افت مقاومت در کشش و فشار را به خوبی نشان می‌دهد. بارگذاری در این آزمایش به نحوی است که در سیکل‌های فشاری بعد از کمانش ورق اتصال و کمی افت مقاومت با باربرداری سیکل‌های فشاری به سیکل کششی تبدیل می‌شود. نحوه بارگذاری در مدل طبق مدل آزمایشگاهی از الگوی بارگذاری ATC-24 می‌باشد. در شکل ۴ الگوی بارگذاری ATC-24 نشان داده شده است.

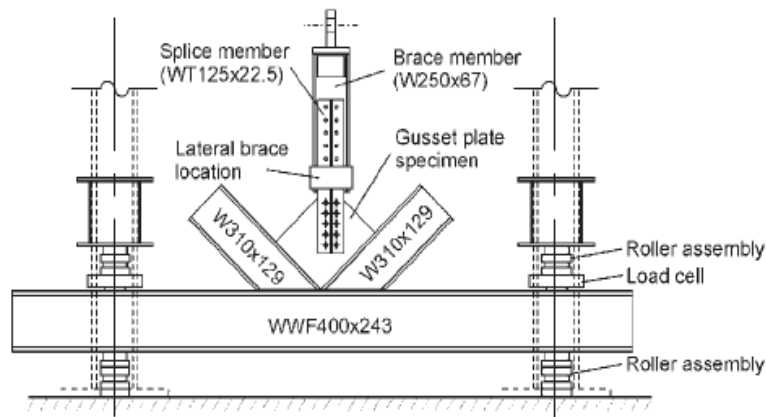
۲- مدل سازی المان محدود ورق اتصال

روش اجزاء محدود یک روش عددی است که می‌توان آنرا برای حل مسائل متعدد و متنوع مهندسی در حالات مختلف پایدار، گذرا، خطی یا غیرخطی مانند تحلیل تنش، انتقال حرارت و جریان سیال بکار گرفت. این روش که ریشه‌های آن به سال‌های اولیه ۱۹۰۰ میلادی بر می‌گردد. عملاً در دهه ۶۰ میلادی به صورت کلاسیک مدون و داخل مباحث مهندسی به خصوص مهندسی مکانیک و عمران شد و در دهه پایانی هزاره دوم بطور شگفت‌آوری در مراکز علمی و صنعتی جهان رسوخ نمود. در این میان آباکوس یک مجموعه از برنامه‌های مدل‌سازی بسیار توانمند می‌باشد که مبتنی بر روش اجزاء محدود، قابلیت حل مسایل از یک تحلیل خطی ساده تا پیچیده ترین مدل‌سازی غیر خطی را دارا می‌باشد. این نرم‌افزار دارای مجموعه المان‌های بسیار گسترده‌ای می‌باشد که هر نوع هندسه‌ای را می‌توان به صورت مجازی توسط این المان‌ها مدل کرد. همچنین دارای مدل‌های مواد مهندسی بسیار زیادی است که در مدل‌سازی انواع مواد با خواص و رفتار گوناگون نظیر فلزات، لاستیک‌ها، پلیمرها، کامپوزیت‌ها، بتن تقویت شده، فوم‌های فبری و نیز شکننده و همچنین مواد موجود در زمین نظیر خاک و سنگ، قابلیت بالایی را ممکن می‌سازد. [۹]

روش‌های بکار رفته در آنالیز سازه‌ها ممکن است در دو دسته‌بندی ضمنی و صریح قرار گیرند. بسته به نوع مسئله و برخی ملاحظات آنالیزی و اقتصادی و با توجه به معایب و مزایای این روش‌ها، پروسه آنالیز برای یک مسئله دلخواه انتخاب می‌شود. در روش صریح مقادیر پاسخ محاسبه شده در هر مرحله فقط به مقادیری که در هر مرحله بدست می‌آیند بستگی دارد، بطوریکه آنالیز مستقیماً از هر مرحله‌ای به مرحله بعدی پیش می‌رود. در روش ضمنی مقادیر جدید برای یک مرحله مفروض شامل یک یا چندین مقدار مرتبط با همان مرحله می‌باشد. بدین صورت که باید مقادیر آزمایشی برای کمیت‌های لازم فرض شود و سپس آنها به وسیله عملیات تکراری متوالی اصلاح شوند. بجز در حالتی که محاسبات در هر مرحله بسیار ساده می‌باشد، هزینه عملیات تکراری در هر مرحله یک مانع برای استفاده از این روش می‌باشد. در این مواقع بهتر است که بوسیله یک پروسه، روش ضمنی به یک روش صریح تبدیل شود. در این پروژه از روش اجزای محدود به وسیله نرم‌افزار آباکوس در حالت ضمنی برای تحلیل استفاده شده است.

۳- خصوصیات هندسی و مصالح

در این پژوهش برای برای پیش‌بینی و شبیه‌سازی رفتار ورق اتصال مهاربندی تحت بارگذاری تناوبی از نرم‌افزار اجزاء محدود

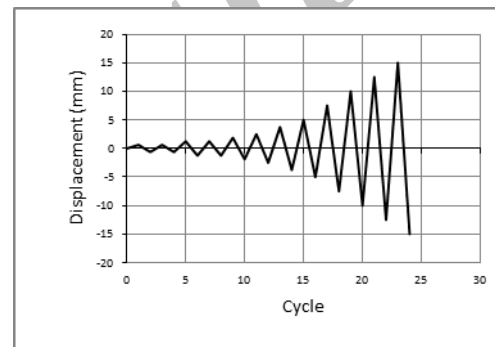


شکل ۳- شرایط مرزی و مدل بارگذاری نمونه های آزمایشگاهی

بررسی یک بار جانبی خیلی کوچک به عنوان نقص اولیه در لبه ورق اتصال در جهت خارج از صفحه کماتش وارد شده است.

۵- مش بندی

در مش بندی مدل ها از المان های پوسته ای S4R (چهار گره در هر المان و شش درجه آزادی در هر گره) استفاده شده است (شکل ۵). این المان ها می توانند کماتش های موضعی و کلی مدل را به خوبی شبیه سازی کنند. در مدل سازی اثرات جابجایی های بزرگ و هندسه غیر خطی در نرم افزار در نظر گرفته شده است. همچنین با در نظر گرفتن اثرات جابجایی های بزرگ در تحلیل، کماتش موضعی و رفتار پس کماتشی را می توان شبیه سازی نمود. از جزئیات جوش در مدل سازی صرفه نظر شده است. در جدول یک خلاصه ای از خصوصیات هندسی و رفتاری مدل های آزمایشگاهی ارائه شده است.

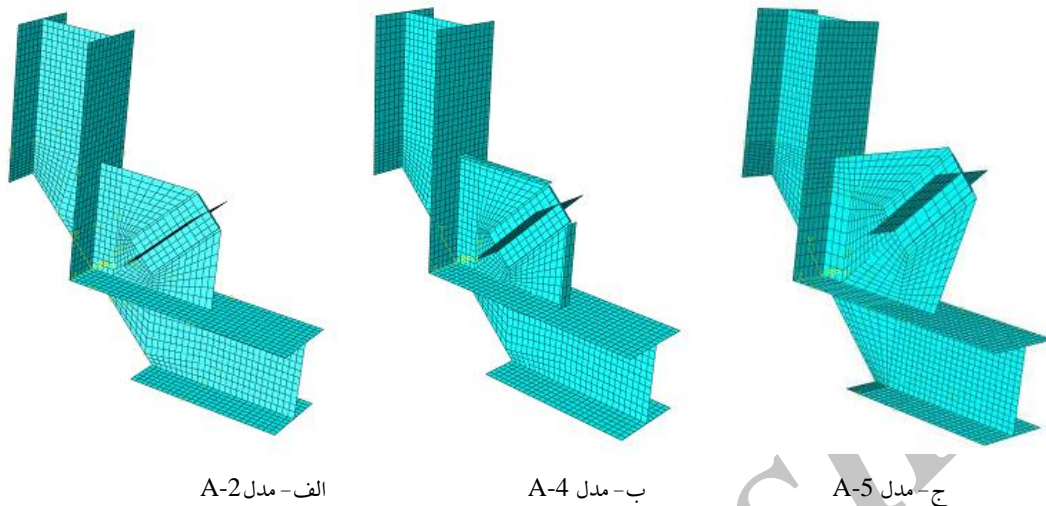


شکل ۴- مدل بارگذاری به روش ATC-24

برای اینکه پدیده کماتش در یک المان سازه ای تحت فشار مشاهده شود باید حداقل یکی از سه عامل: نقص اولیه هندسی، وجود بارهای جانبی در جهت خارج از صفحه کماتش و خروج از مرکزیت بارهای اعمالی وجود داشته باشد. در حالت واقعی وجود عوامل فوق باعث بروز کماتش می شود ولی چون در محیط نرم افزار از این عوامل وجود ندارد، ایجاد نقص اولیه برای وقوع پدیده کماتش در نمونه ها مورد

جدول ۱- داده ها و نتایج نمونه آزمایش رابین هویج و چنگ

نمونه ها	ابعاد ورق (mm)	خصوصیات مصالح			مقاومت کششی نهایی (MPa)	مقاومت فشاری نهایی (MPa)
		مدول الاستیسیته (MPa)	تنش تسلیم (MPa)	تنش نهایی (MPa)		
A-2	550x450x6.18	206000	443	530	1340	1128
A-4	550x450x6.18	206000	443	530	1265	1149
A-5	550x450x9.32	206000	449	537	1887	907



الف- مدل A-2

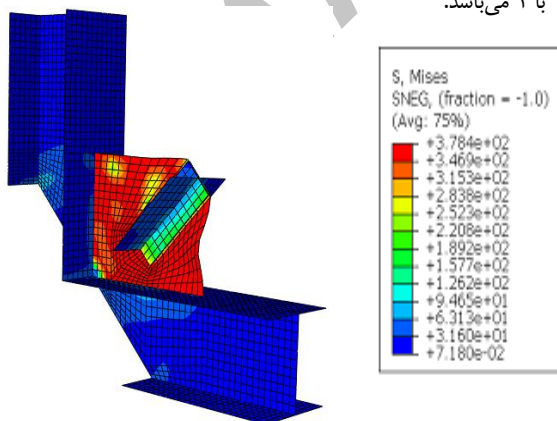
ب- مدل A-4

ج- مدل A-5

شکل ۵- نمونه مدل‌های اجزاء محدود آزمایش رابین‌ویچ و چنگ (۱۹۹۳)

۶-۱- مدل A-2:

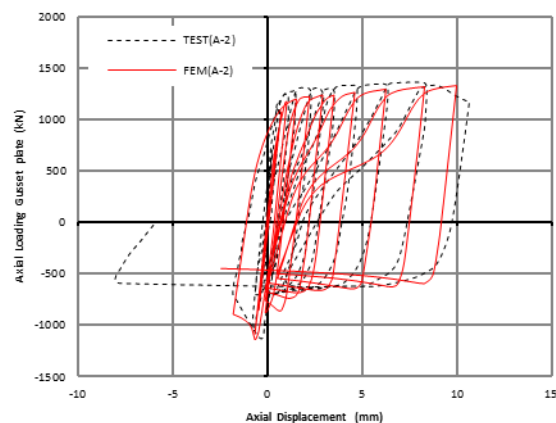
نمونه A-2 یکی از نمونه‌های آزمایش شده توسط رابین‌ویچ و چنگ می‌باشد که در این نمونه از ورق اتصال با ابعاد $450 \times 550 \times 6.18$ میلیمتر و مقاطع تیر و ستون $W310 \times 129$ از وصله مهاری $WT125 \times 22.5$ و برای مهاربندی از مقطع $W250 \times 67$ استفاده شده است. حداکثر جابجایی اعمال شده در کشش برابر با ۱۰ میلیمتر و در فشار برابر با ۲- میلیمتر می‌باشد. مقادیر نیروی کششی نهایی و نیروی فشاری نهایی مدل آزمایشگاهی به ترتیب برابر با ۱۳۴۰ و ۱۱۲۸ کیلو نیوتن و نیروهای نهایی کششی و فشاری متناظر پیش‌بینی شده توسط مدل‌های المان محدود به ترتیب برابر با ۱۴۱۰ و ۱۱۳۰ کیلو نیوتن می‌باشد که نسبت نتایج المان محدود به آزمایش در حالت کشش $1/0.5$ و در حالت فشار برابر با ۱ می‌باشد.



شکل ۷- نمودار هیستریزیس نیروی محوری به جابجایی نمونه A-2

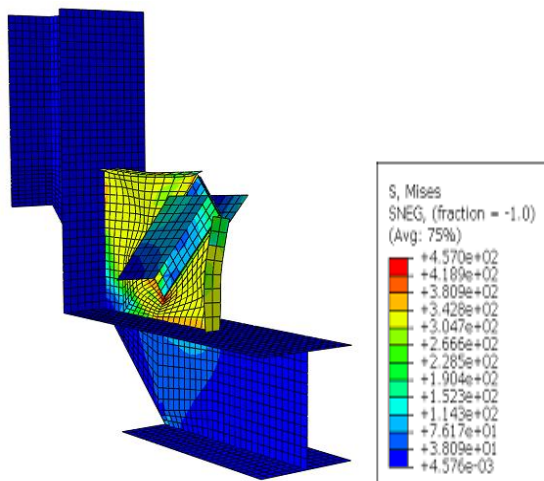
۶-۲ اعتبار سنجی مدل‌های المان محدود

در اعتبار سنجی نتایج این پژوهش سه نمونه از مدل‌های ورق اتصال آزمایش رابین‌ویچ و چنگ (۱۹۹۳) که آزمایش شده اند، به وسیله نرم افزار اجزاء محدود ABAQUS مدل سازی شده است. مشخصات فولاد، شرایط مرزی، بارگذاری و دیگر جزئیات نمونه‌های عددی همانند شرایط آزمایشگاهی مدل سازی شده است. که در ادامه به نتایج و مشخصات بدست آمده از مطالعات المان محدود و نمونه های آزمایشگاهی اشاره خواهد شد.

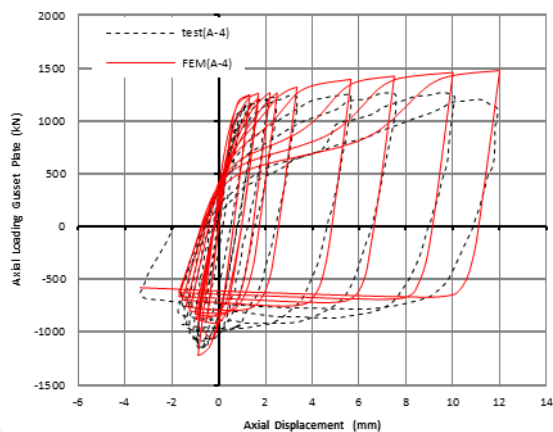


شکل ۶- مدل عددی A-2

کشش برابر با ۱۲ میلیمتر و در فشار برابر با ۱/۷- میلیمتر می‌باشد. مقادیر نیروی کششی نهایی و نیروی فشاری نهایی مدل آزمایشگاهی به ترتیب برابر با ۱۲۶۵ و ۱۱۴۹ کیلو نیوتون و نیروهای نهایی کششی و فشاری متناظر پیش‌بینی شده توسط مدل‌های المان محدود به ترتیب برابر با ۱۳۸۳ و ۱۱۸۱ کیلو نیوتون می‌باشد که نسبت نتایج المان محدود به آزمایش در حالت کشش ۱/۰۹ و در حالت فشار برابر با ۱/۰۳ می‌باشد.

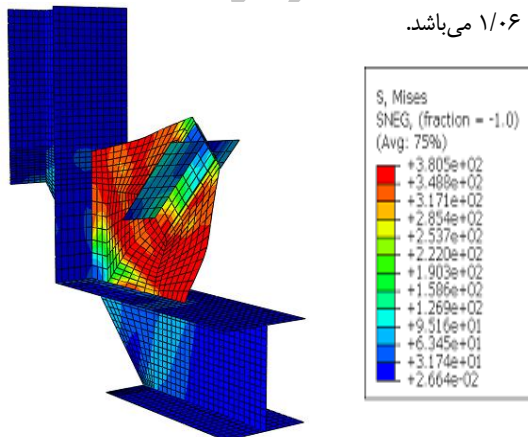


شکل ۹- نمودار هیستریزس نیروی محوری به جابجایی نمونه A-4



شکل ۸- مدل عددی A-4

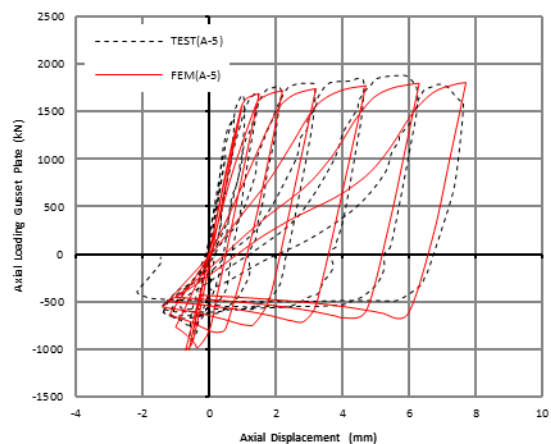
کشش برابر با ۷/۷ میلیمتر و در فشار برابر با ۱/۸- میلیمتر می‌باشد. مقادیر نیروی کششی نهایی و نیروی فشاری نهایی مدل آزمایشگاهی به ترتیب برابر با ۱۸۸۷ و ۹۰۷ کیلو نیوتون و نیروهای نهایی کششی و فشاری متناظر پیش‌بینی شده توسط مدل‌های المان محدود به ترتیب برابر با ۱۹۱۰ و ۹۶۸ کیلو نیوتون می‌باشد که نسبت نتایج المان محدود به آزمایش در حالت کشش ۱/۰۱ و در حالت فشار برابر با ۱/۰۶ می‌باشد.



شکل ۱۱- نمودار هیستریزس نیروی محوری به جابجایی نمونه A-4

۳-۶- مدل A-5:

نمونه A-5 یکی دیگر از نمونه‌های آزمایش شده توسط رابین‌ویچ و چنگ (۱۹۹۳) می‌باشد که در این نمونه از ورق اتصال با ابعاد ۴۵۰×۵۵۰×۹.۱۳ میلیمتر و مقاطع تیر و ستون W310x129 از وصله مهاری WT125x22.5 و برای مهاربندی از مقطع W250x67 استفاده شده است. حداکثر جابجایی اعمال شده در



شکل ۱۰- مدل عددی A-4

نمودار هیستریزس آزمایشگاهی و تحلیل عددی تحت بارگذاری تناوبی نشان می‌دهد که افت مقاومت کمانشی در ورق اتصال بعد از پس کمانش به خوبی توسط مدل اجزاء محدود پیش‌بینی شده و همچنین مقاومت کششی مدل‌های اجزاء محدود ورق اتصال در تشابه نزدیکی با مدل آزمایشگاهی بوده است (جدول ۲).

شکل‌های ۹، ۷ و ۱۱ نمودار هیستریزس بار محوری در برابر جابجایی نمونه‌های A-2، A-4 و A-5 از آزمایش رابین‌هویچ و چنگ (۱۹۹۳) به همراه نمودار هیستریزس پیش‌بینی شده توسط نرم افزار اجزاء محدود نشان داده شده است. مقایسه به دست آمده از

جدول ۲- مقایسه نتایج تحلیل عددی با نتایج آزمایش رابین‌هویچ و چنگ (۱۹۹۳)

نمونه‌ها	نتایج آزمایش		نتایج تحلیل عددی		مقایسه کششی	مقایسه نتایج فشاری
	مقاومت کششی نهایی (MPa)	مقاومت فشاری نهایی (MPa)	مقاومت کششی نهایی (MPa)	مقاومت فشاری نهایی (MPa)	$\frac{TEST}{FEM}$	$\frac{TEST}{FEM}$
A-2	1340	1128	1330	1130	1.01	1
A-4	1265	1149	1470	1220	0.86	1.036
A-5	1887	907	1810	1010	1.04	0.9

۷- نتیجه گیری

نتایج نشان می‌دهد که تحلیل غیرخطی المان محدود برای شبیه سازی همچنان مسئله‌ای پیچیده است. در این مطالعه به شبیه‌سازی رفتار لرزه‌ای ورق‌های اتصال مهاربندی پرداخته شده است.

سه مدل آزمایشگاهی انتخاب و مدل‌های عددی آنها شبیه سازی شده است با مشخصات فولاد، شرایط مرزی، بارگذاری و دیگر جزئیات و شرایط نمونه‌های آزمایشگاهی مدل‌سازی شده است. مقایسه به دست آمده از نمودار هیستریزس آزمایشگاهی و تحلیل عددی تحت بارگذاری تناوبی نشان می‌دهد که افت مقاومت کمانشی در ورق اتصال بعد از پس کمانش به خوبی توسط مدل اجزاء محدود پیش‌بینی شده و همچنین مقاومت کششی مدل‌های اجزاء محدود ورق اتصال در تشابه نزدیکی با مدل آزمایشگاهی بوده است.

۸- منابع

- [1]- Whitmore, R.E., "Experimental Investigation of Stresses in Gusset Plates", Bulletin No. 16, Engineering Experiment Station, University of Tennessee(1950).
- [2]- BJORHOVDE, R. and CHAKRABARTI, S.K., 1983, "Test of Full-Size Gusset Plate Connections", Journal of Structural Engineering, Vol. 111, No. 3, pp. 667-684.
- [3]- Thornton, W.A., 1984, "Bracing Connections for Heavy Construction", Engineering Journal, AISC, Vol. 21, No. 3, pp. 139-148
- [4]- Astaneh-Asl, A. "Seismic behavior and design of gusset plates." Steel Tips Report, Structural Steel Educational Council, Moraga, CA. (1998).
- [5]- Hu, S. Z., and Cheng, J.J.R, 1987, "Compressive Behaviour of Gusset Plate Connections", Structural Engineering Report No. 153, Department of Civil Engineering, University of Alberta, Edmonton, Alberta.

[6]- Yam, C.H.M. and Cheng, J.J.R., 1993, "Experimental Investigation of the Compressive Behaviour of Gusset Plate Connections.", Structural Engineering Report No. 194, Department of Civil Engineering, University of Alberta, Edmonton, Alberta .

[7]- Rabinovitch, J.S. and Cheng, J.J.R., 1993, "Cyclic Behaviour of Steel Gusset Plate Connections", Structural Engineering Report No. 191, Department of Civil Engineering, University of Alberta, Edmonton, Alberta.

[8]- Sheng, N., Yam, C.H. and Iu, V.P., 2001, "Analytical Investigation and Design of the Compressive Strength of Gusset Plate Connections", Journal of Constructional Steel Research, Vol. 58, pp. 1473-1493.

[9]- Abaqus Analysis User Manual (2014). Dassault Systems Simulia Corp. Abaqus Version 6.13

Archive of SID

Simulation and nonlinear analysis behavior of seismic gusset plates connection bracing

Mojtaba Gorji Azandariani

Ph.D Student, Semnan University, Semnan, Iran

Ahmad Maleki

Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Islamic Azad University, Maragheh Branch, Maragheh, Iran

Mehdi Yousefvand

Ph.D Student, Islamic Azad University, Maragheh Branch, Maragheh, Iran

ABSTRACT

In this study, to simulate the behavior gusset plate connection of bracing under cyclic loading is investigated. For this purpose to model and simulated the behavior of ABAQUS software is used gusset plate connection. In modeling the nonlinear static analysis, nonlinear materials and geometry, boundary conditions flexible and cyclic loading of used and finally the model is validated by the results of experimental models. This paper shows that cyclic behavior of the gusset plate connection can be well predicted by the finite element method. The simulation results and analysis as well as the ability to model the behavior of nonlinear seismic is capable connection plate. It can also gusset plate connection buckling in the pressure modeling and predict.

Key words: Gusset plate connection, bracing converged, simulation, buckling capacity, Abaqus softwaro.