بسم الله الرحمن الرحيم

اسفندماه 1391

دانشکده مهندسی عمران

مدلسازی عددی اتصال صلب تیر به جان ستون دوبل با استفاده از ورق کناری

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی عمران گرایش سازه

دانشجو: محمد جواد حاجی رجبی(8911149004)

استاد راهنما:

دکتر محمد سعید کریمی

استاد مشاور:

دکتر محمد علی کافی

دانشگاه سمنان

دانشکده مهندسی عمران

صورتجلسه دفاعیه پایان نامه کارشناسی ارشد

پایان نامه ی آقای/خانم ..... برای اخذ درجه کارشناسی ارشد مهندسی عمران – گرایش .....
تحت عنوان "....." در جلسه مورخ / / بررسی و با نمره

عدد	
حروف	

مورد تایید قرار گرفت.

اعضای هیئت داوران:

استاد راهنمای اول: امضاء:

استاد راهنمای دوم: امضاء:

استاد مشاور اول: امضاء:

استاد مشاور دوم: امضاء:

استاد داور: امضاء:

استاد داور: امضاء:

مدیر تحصیلات تکمیلی دانشکده: ..... امضاء .....

دانشگاه سمنان

دانشکده مهندسی عمران

اینجانب ..... متعهد می شوم که محتوای علمی این نوشتار با عنوان "....." که به عنوان پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران گرایش ..... به دانشگاه ارائه شده است، دارای اصالت پژوهشی بوده و حاصل فعالیت های علمی اینجانب می باشد.

در صورتی که خلاف ادعای فوق در هر زمانی محرز شود، کلیه حقوق معنوی متعلق به این پایان نامه از اینجانب سلب شده و موارد قانونی مترتب به آن نیز از طرف مراجع قابل پیگیری است.

نام و نام خانوادگی:

شماره دانشجویی:

امضاء

مجوز بهره‌برداری از پایان‌نامه

بهره‌برداری از این پایان‌نامه در چهارچوب مقررات کتابخانه و با توجه به محدودیتی که توسط استاد راهنما به شرح زیر تعیین می‌شود، بلامانع است:

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه برای همگان با ذکر مرجع بلامانع است.

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه با اخذ مجوز از استاد راهنما با ذکر مرجع بلامانع است.

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه تا تاریخ ..... ممنوع است.

نام استاد یا اساتید راهنما:

تاریخ:

امضاء:

چکیده

با توجه به کاربرد وسیع ستون های دوبل IPE در ایران و نبود جزئیات برای برقراری یک اتصال کاملا صلب از سمت جان ستون های دوبل، در این تحقیق نحوه برقراری اتصال گیردار تیر از سمت جان ستون دوبل IPE مورد بررسی قرار گرفت و سعی شد تا روش های تقویتی ارائه شود تا اتصال شرایط کاملا صلب را احراز نماید. در این تحقیق به منظور بررسی رفتار غیرخطی سیستم اتصال تیر به ستون دوبل، به روش اجزاء محدود تحت اثر بارگذاری چرخه ای استاندارد AISC از برنامه اجزاء محدود ABAQUS استفاده شده است. این برنامه از روش اجزاء محدود جهت آنالیز مدل ها استفاده می کند. تعداد زیادی مدل عددی مورد بررسی قرار گرفت که نتایج 48 عدد از آنها ارائه گردیده است. به علت در اختیار نداشتن نتایج آزمایشگاهی برای مدل های اتصال به جان ستون دوبل، ابتدا از نتایج آزمایشگاهی اتصال صلب تیر به بال ستون های دوبل جهت اعتبار سنجی مدلسازی عددی استفاده شد. در ابتدا مدل های با ورق روسری و زیرسری که در اتصال از سمت بال مورد استفاده قرار می گیرد مدنظر قرار گرفت. در این اتصالات سعی شد تا با افزودن ورق های پیوستگی افقی و نیز در بعضی مدل ها ورق قائم در فضای بین جان های ستون و ورق پوشش جان ستون صلبیت مدل افزایش یابد. بررسی ها نشان داد اگرچه ورق های پیوستگی افقی و قائم داخلی موجب افزایش صلبت مدل می شوند اما همچنان این نوع اتصالات در زمره اتصالات نیمه صلب قرار می گیرند. علت این امر چرخش های نسبی زیاد در نوک ورق های اتصال می باشد. لذا جهت تقویت این اتصال از ورق ماهیچه ای به همراه ورق های اتصال روسری و زیرسری استفاده شده است. افزودن ورق های ماهیچه ای همراه با ورق های پیوستگی افقی و قائم در داخل جان ستون و ورق پوشش سمت جان ستون، به جهت محدودکردن دوران نسبی نوک ورق اتصال منجر به افزایش چشمگیر صلبیت اتصال گردید به گونه ای که این نوع اتصالات در زمره اتصالات صلب برای استفاده در قاب های خمشی ویژه می تواند مورد استفاده قرار گیرد. بخش دیگر پایان نامه به مدل های اتصال صلب تیر به سمت جان ستون دوبل بوسیله ورق کناری اختصاص دارد. نتایج آزمایش صلبیت این نوع اتصال را نیز تایید کرد. موثرترین عامل در افزایش سختی اتصال، نسبت سختی ستون به تیر بود. یعنی افزایش فاصله بین پروفیل های مقطع ستون دوبل منجر به افزایش چشمگیر سختی اتصال خواهد شد. همچنین برای بررسی اثر تیرهای متعامد بر میزان صلبیت و سختی اتصال، مطالعاتی بر روی اتصال دوطرفه به سمت بال و جان و نیز اتصال چهارطرفه تیر به ستون دوبل انجام شد که نشان داد مدلسازی اتصالات به صورت دوطرفه و چهارطرفه رفتار اتصالات را با تقریب بهتری پیش بینی می کند و در مقایسه با مدلسازی یکطرفه، اتصالات صلبیت بیشتری از خود نشان می دهند. همچنین نتایج بدست آمده از تحلیل های انجام شده نشان می دهند که مدل ها دارای مقاومت و شکل پذیری مناسبی می باشند و می توان از آن در قاب های خمشی ویژه در مناطق با لرزه خیزی زیاد استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: سازه های فلزی، اتصال به جان ستون، ورق ماهیچه ای، ورق کناری.

فهرست مطالب

1-1 لزوم انجام تحقیق 2
2-1 اهداف تحقیق و نوآوری ها 3
3-1 فرضیه های تحقیق 3
4-1 فرضیات تحقیق 4
5-1 روش تحقیق 4
6-1 ساختار پایان نامه 4
7-1 فلوچارت های پایان نامه 5
1-2 مقدمه 8
2-2 ضوابط طبقه بندی اتصالات 8
1-2-2 طبقه‌بندی بر اساس معیار سختی چرخشی 8
2-2-2 طبقه‌بندی بر اساس معیار مقاومت خمشی 9
3-2-2 طبقه‌بندی اتصالات بر اساس ظرفیت چرخش پلاستیک (شکل‌پذیری) 9
3-2 طبقه‌بندی اتصالات طبق آیین نامه AISC 2005 9
1-3-2 سختی اتصال 10
2-3-2 مقاومت اتصال 11
3-3-2 شکل‌پذیری اتصال 11
4-2 طبقه‌بندی اتصالات طبق آیین نامه FEMA 355D(2000) [1] 11
1-4-2 اتصالات کاملاً گیردار (FR) 11
2-4-2 اتصالات نیمه‌گیردار (PR) 12
5-2 طبقه‌بندی قابهای خمشی طبق آئین نامه لرزه‌ای AISC 2005 18
1-5-2 قاب خمشی ویژه (SMF) 19
2-5-2 قاب خمشی متوسط (IMF) 21
3-5-2 قاب خمشی معمولی (OMF) 22
4-5-2 تأیید صلاحیت اتصال در قاب های خمشی ویژه و متوسط 23
5-5-2 آزمایش تائید صلاحیت چرخه ای اتصال تیر به ستون 23
6-2 طبقه‌بندی قابهای خمشی طبق آئین نامه FEMA 350/351 (2000) 29
1-6-2 آزمایشات اتصالات غیر پیش تائید شده 29
2-6-2 اتصالات پیش تائید شده FEMA 32
7-2 آسیب های وارده به اتصالات صلب 33

2-7-1 اتصالات خمشی قبل از نورتریج و آسیب‌های وارده به آنها [7] 34
2-7-2 طبقه‌بندی آسیب‌های اتصالات جوشی در زلزله نورتریج [8] 36
2-7-3 آسیب‌های تیر 36
2-7-4 آسیب‌های بال ستون 37
2-7-5 آسیب‌ها، نواقص و ناپیوستگی‌های جوش 38
2-7-6 آسیب ورق اتصال جان 38
2-7-7 آسیب چشمه اتصال 39
2-7-8 سایر آسیب‌ها 39
2-7-9 عوامل مؤثر بر آسیب دیدگی اتصالات خمشی در زلزله نورتریج [9] 40
3-1- مقدمه 43
3-2- اتصالات صلب جوشی متداول در ایران 43
3-3- بررسی آزمایشات تجربی انجام شده بر روی اتصال صلب تیر به بال ستون های دوبل I شکل 44
3-3-1- آزمایش تحت بار غیرچرخه ای با استفاده از ورق های زیرسری و روسری 44
3-3-2- نتایج آزمایش تجربی اتصال گیردار به بال ستون دوبل تحت بارگذاری چرخه ای با استفاده از ورق روسری و زیرسری[12] 54
3-3-3- نتایج آزمایش تجربی اتصال گیردار به بال ستون دوبل تحت بارگذاری چرخه ای با استفاده از ورق کناری[12] 63
3-3-4- مطالعه آزمایشگاهی صفحات کناری با اصلاح صفحات اتصال و بکار بردن لچکی های افقی توسط نقی پور و همکاران [14] 67
3-4- نتایج مدلسازی های عددی انجام شده بر روی اتصالات گیردار تیر به بال ستون دوبل I شکل 69
3-4-1- مدل اتصال یکطرفه تیر به بال ستون دوبل با ورق روسری و زیرسری و سخت کننده قائم میانی توسط دیلمی و همکاران[12]: 69
3-4-2- مدل اتصال یکطرفه تیر به بال ستون دوبل با ورق ذوزنقه ای توسط دیلمی و همکاران[12] 71
3-4-3- مدل عددی اتصال یکطرفه تیر به بال ستون دوبل با ورق کناری توسط دیلمی و همکاران[12] 73
3-4-4- مدل عددی اتصال گیردار تیر به جان ستون دوبل فولادی با استفاده از ورق روسری وزیرسری توسط کریمی و همکاران [15] 75
4-1- مقدمه 81
4-2- مدل سازی اجزاء محدود 82
4-2-1- مدل پاره‌سازه 82
4-2-2- الگوی بارگذاری چرخه ای 86
4-2-3- مشخصت مصالح 88
4-2-4- المانهای استفاده شده برای مدل سازی نمونه های عددی 91
4-2-5- مدلسازی حجمی 92
4-2-6- شبکه بندی مدلها 92
4-2-7- شرایط مرزی 93

4-2-8- تحلیل سازه 95
4-3- مشخصات مدل ها 95
5-1- مقدمه 105
5-2- بررسی عملکرد اتصال یکطرفه تیر به جان ستون دوبل با استفاده از ورق روسری و زیرسری 105
5-2-1- مدل شماره1 (CA01) اتصال تیر از سمت بال به جهت اعتبار سنجی 105
5-2-1-1- مشخصات هندسی مدل 105
5-2-1-2- نحوه بارگذاری 106
5-2-1-3- بررسی نتایج 107
5-2-2- مدل شماره2 (CA02) به جهت اعتبار سنجی 108
5-2-2-1- مشخصات هندسی مدل 109
5-2-2-2– مقایسه منحنی چرخه ای لنگر-زاویه دریفت 110
5-2-2-3- پوش منحنی چرخه ای ممان – زاویه دریفت 111
5-2-2-4- منحنی چرخه ای لنگر- زاویه دریفت چرخش چشمه اتصال 112
5-2-3- مدل شماره1 (M01) 113
5-2-3-1 – مشخصات هندسی مدل 113
5-2-3-2 –نتایج 115
5-2-3-3- سختی اتصال 116
5-2-3-4-کانتور تنش وکرنش 117
5-2-4- مدل اتصال گیردار با ورق روسری و زیرسری شماره2 (M02) 117
5-2-4-1 –مشخصات هندسی مدل 117
5-2-4-2 –نتایج 119
5-2-4-3- سختی اتصال 120
5-2-4-4-کانتور تنش وکرنش 120
5-2-5- مدل اتصال گیردار با ورق روسری و زیرسری شماره 03 (M03) 121
5-2-5-1–مشخصات هندسی مدل 121
5-2-5-2 –نتایج 122
5-2-5-3- سختی اتصال 124
5-2-5-4-کانتور تنش وکرنش 124
5-2-6- مدل اتصال گیردار با ورق روسری و زیرسری شماره 04 (M04) 124
5-2-6-1–مشخصات هندسی مدل 124
5-2-6-2 –نتایج 125
5-2-6-3- سختی اتصال 127
5-2-6-4-کانتور تنش وکرنش 127
5-2-7- مدل اتصال گیردار با ورق روسری و زیرسری شماره 05 (M05) 128

5-2-7-1- مشخصات هندسی مدل 128
5-2-7-2 –نتایج 129
5-2-7-3- سختی اتصال 130
5-2-7-4-کانتور تنش وکرنش 131
5-3- بررسی و مقایسه نتایج 131
5-3-1- مقدمه 131
5-3-2- بررسی صلبیت مدل های عددی بر اساس مبحث دهم مقررات ملی ساختمان [4] 131
5-3-3-بررسی صلبیت بر اساس آئین نامه AISC2005 132
5-3-4 – بررسی و تحلیل رفتار مدل های عددی اتصال تیر به جان ستون دوبل 133
5-3-4-1- مقایسه منحنی های استهلاک انرژی 133
5-3-4-2- بررسی تاثیر استفاده از ورق قائم و مایل بر رفتار اتصال 134
5-3-4-3- مقایسه ضریب شکل پذیری 135
5-4- بررسی عملکرد اتصال دوطرفه تیر به جان و بال ستون دوبل 137
5-4-1- مدل اتصال دوطرفه تیر به بال و جان ستون دوبل (2M01) 137
5-4-1-1 –مشخصات هندسی مدل 137
5-4-1-2–نتایج 138
5-4-1-3- سختی اتصال 140
5-4-1-4-کانتور تنش وکرنش 140
5-4-2- مدل اتصال دوطرفه تیر به بال و جان ستون دوبل (2M02) 140
5-4-2-1 –مشخصات هندسی مدل 141
5-4-2-2- نتایج 142
5-4-2-3- سختی اتصال 143
5-4-2-4-کانتور تنش وکرنش 143
5-4-3- مدل اتصال دوطرفه تیر به بال و جان ستون دوبل (2M03) 144
5-4-3-1 –مشخصات هندسی مدل 144
5-4-3-2 –نتایج 145
5-4-3-3- سختی اتصال 147
5-4-3-4-کانتور تنش وکرنش 147
5-4-4- مدل اتصال دوطرفه تیر به جان ستون دوبل (2M04) 148
5-4-4-1 –مشخصات هندسی مدل 148
5-4-4-2 –نتایج 149
5-4-4-3- سختی اتصال 150
5-4-4-4-کانتور تنش وکرنش 150
5-5- بررسی و مقایسه نتایج 151

5-5-1- بررسی صلبیت مدل های عددی بر اساس مبحث دهم مقررات ملی ساختمان [4] 151
5-5-2- بررسی صلبیت بر اساس آئین نامه AISC2005 152
5-5-3 – بررسی و تحلیل رفتار مدل های عددی اتصال دوطرفه تیر به بال و جان ستون دوبل 154
5-5-3-1- مقایسه منحنی های استهلاک انرژی 154
5-5-3-2- بررسی تاثیر استفاده از ورق قائم و مایل بر رفتار اتصال 155
5-5-3-3- مقایسه ضریب شکل پذیری 157
6-1- مقدمه 160
6-2- مدل های اتصال چهار طرفه تیر به بال و جان ستون دوبل با استفاده از ورق روسری و زیرسری 160
6-2-1- مدل اتصال چهار طرفه تیر به بال و جان ستون دوبل (4M01) 160
6-2-1-1 – مشخصات هندسی مدل 160
6-2-1-2 –نتایج 161
6-2-1-3- سختی اتصال 162
6-2-1-4-کانتور تنش وکرنش 163
6-2-2- مدل اتصال چهار طرفه تیر به بال و جان ستون دوبل (4M02) 163
6-2-2-1 –مشخصات هندسی مدل 163
6-2-2-2 –نتایج 164
6-2-2-3- سختی اتصال 166
6-2-2-4-کانتور تنش وکرنش 166
6-2-3- مدل اتصال چهار طرفه تیر به بال و جان ستون دوبل (4M03) 167
6-2-3-1 –مشخصات هندسی مدل 167
6-2-3-2 –نتایج 168
6-2-3-3- سختی اتصال 170
6-2-3-4-کانتور تنش وکرنش 170
6-2-4- مدل اتصال چهار طرفه تیر به بال و جان ستون دوبل (4M04) 170
6-2-4-1 –مشخصات هندسی مدل 171
6-2-4-2 –نتایج 171
6-2-4-3- سختی اتصال 173
6-2-4-4-کانتور تنش وکرنش 173
6-2-5- مدل اتصال چهار طرفه تیر به بال و جان ستون دوبل (4M05) 174
6-2-5-1 –مشخصات هندسی مدل 174
6-2-5-2 –نتایج 175
6-2-5-3- سختی اتصال 177
6-2-5-4-کانتور تنش وکرنش 177
6-2-6- مدل اتصال چهار طرفه تیر به بال و جان ستون دوبل (4M06) 177

6-2-6-1 –مشخصات هندسی مدل..... 178
6-2-6-2 –نتایج..... 178
6-2-6-3- سختی اتصال 180
6-2-6-4-کانتور تنش وکرنش 180
6-2-7- مدل اتصال چهار طرفه تیر به بال و جان ستون دوبل (4M07)..... 181
6-2-7-1 –مشخصات هندسی مدل..... 181
6-2-7-2 –نتایج..... 182
6-2-7-3- سختی اتصال 183
6-2-7-4-کانتور تنش وکرنش 184
6-2-8- مدل اتصال چهار طرفه تیر به بال و جان ستون دوبل (4M08)..... 184
6-2-8-1 –مشخصات هندسی مدل..... 184
6-2-8-2 –نتایج..... 185
6-2-8-3- سختی اتصال 187
6-2-8-4-کانتور تنش وکرنش 187
6-2-9- مدل اتصال چهار طرفه تیر به بال و جان ستون دوبل (4M09)..... 188
6-2-9-1- مشخصات هندسی مدل 188
6-2-9-2 –نتایج..... 189
6-2-9-3- سختی اتصال 190
6-2-9-4-کانتور تنش وکرنش 191
6-3- بررسی و مقایسه نتایج 191
6-3-1- بررسی صلبیت مدل های عددی بر اساس مبحث دهم مقررات ملی ساختمان [4]..... 191
6-3-2- بررسی صلبیت بر اساس آئین نامه AISC2005 193
6-3-2-1- بررسی بر اساس معیار سختی..... 193
6-3-3– بررسی و تحلیل رفتار مدل های عددی اتصال تیر به جان ستون دوبل..... 195
6-3-3-1- مقایسه منحنی های استهلاک انرژی..... 195
6-3-3-2- بررسی تاثیر استفاده از ورق قائم و مایل بر رفتار اتصال..... 195
6-3-4- مقایسه ضریب شکل پذیری 197
7-1- مقدمه 200
7-2- مدل های اتصال یکطرفه تیر به جان ستون دوبل با استفاده از ورق ماهیچه ای..... 200
7-2-1- مدل اتصال یکطرفه با ورق ماهیچه ای(HP1) 200
7-2-1-1 –مشخصات هندسی مدل..... 200
7-2-1-2 –نتایج..... 201
7-2-1-3- سختی اتصال 202
7-2-1-4-کانتور تنش وکرنش 203

7-2-2-مدل اتصال یکطرفه با ورق ماهیچه ای(HP2) 203
7-2-2-1 –مشخصات هندسی مدل 204
7-2-2-2-نتایج 205
7-2-2-3- سختی اتصال 206
7-2-2-4-کانتور تنش وکرنش 206
7-2-3- مدل اتصال یکطرفه با ورق ماهیچه ای(HP3) 207
7-2-3-1 –مشخصات هندسی مدل 207
7-2-3-2 –نتایج 208
7-2-3-3- سختی اتصال 210
7-2-3-4- کانتور تنش وکرنش 210
7-2-4- مدل اتصال یکطرفه با ورق ماهیچه ای(HP4) 210
7-2-4-1- مشخصات هندسی مدل 211
7-2-4-2 –نتایج 212
7-2-4-3- سختی اتصال 213
7-2-4-4-کانتور تنش وکرنش 213
7-2-5- مدل اتصال یکطرفه با ورق ماهیچه ای(HP5) 214
7-2-5-1- مشخصات هندسی مدل 214
7-2-5-2 –نتایج 215
7-2-5-3- سختی اتصال 216
7-2-5-4-کانتور تنش وکرنش 217
7-2-6- مدل اتصال یکطرفه با ورق ماهیچه ای(HP6) 217
7-2-6-1 –مشخصات هندسی مدل 217
7-2-6-2 –نتایج 219
7-2-8-2- سختی اتصال 220
7-2-6-4-کانتور تنش وکرنش 220
7-2-7- مدل اتصال یکطرفه با ورق ماهیچه ای(HP7) 221
7-2-7-1 –مشخصات هندسی مدل 221
7-2-7-2 –نتایج 222
7-2-7-3- سختی اتصال 224
7-2-7-4-کانتور تنش وکرنش 224
7-3- بررسی و مقایسه نتایج 224
7-3-1- مقدمه 224
7-3-2- بررسی صلبیت مدل های عددی بر اساس مبحث دهم مقررات ملی ساختمان [4] 225
7-3-2-1-بررسی صلبیت بر اساس آئین نامه AISC2005 225

7-3-2-2 – بررسی و تحلیل رفتار مدل های عددی اتصال تیر به جان ستون دوبل 227
7-3-2-2 -1- مقایسه منحنی های استهلاک انرژی 227
7-3-2-2 -2- بررسی تاثیر استفاده از ورق قائم و افقی بر رفتار اتصال 228
7-3-2-2 -3- مقایسه ضریب شکل پذیری 229
8-1- مقدمه 232
8-2- مدل اتصال یکطرفه به جان ستون دوبل با استفاده از ورق کناری 232
8-2-1 مدل اتصال دوطرفه به بال ستون دوبل با ورق کناری (CA03) به جهت اعتبارسنجی..... 232
8-2-1-1 –مشخصات هندسی مدل..... 232
8-2-1-2 – مقایسه منحنی چرخه ای لنگر-زاویه دریفت 233
8-2-1-3- پوش منحنی چرخه ای ممان– زاویه دریفت..... 235
8-2-1-4- منحنی پوش لنگر- زاویه دریفت چرخش اتصال..... 235
8-2-2- مدل اتصال تیر به جان ستون دوبل با استفاده از ورق کناری (SP1) 236
8-2-2-1 –مشخصات هندسی مدل..... 237
8-2-2-2–نتایج..... 238
8-2-2-3- سختی اتصال 240
8-2-2-4-کانتور تنش وکرنش 240
8-2-3- مدل اتصال تیر به جان ستون دوبل با استفاده از ورق کناری (SP2) 240
8-2-3-1 –مشخصات هندسی مدل..... 241
8-2-3-2 –نتایج..... 241
8-2-3-3- سختی اتصال 243
8-2-3-4-کانتور تنش وکرنش 243
8-2-4- مدل اتصال تیر به جان ستون دوبل با استفاده از ورق کناری (SP3) 244
8-2-4-1 –مشخصات هندسی مدل..... 244
8-2-4-2 –نتایج..... 245
8-2-4-3- سختی اتصال 246
8-2-4-4-کانتور تنش وکرنش 246
8-2-5- مدل اتصال تیر به جان ستون دوبل با استفاده از ورق کناری (SP4) 246
8-2-5-1 –مشخصات هندسی مدل..... 247
8-2-5-2 –نتایج..... 248
8-2-5-3- سختی اتصال 249
8-2-5-4-کانتور تنش وکرنش 249
8-2-6- مدل اتصال تیر به جان ستون دوبل با استفاده از ورق کناری5 (SP5)..... 250
8-2-6-1 - مشخصات هندسی مدل 250
8-2-6-2 –نتایج..... 250

8-2-6-3- سختی اتصال 252
8-2-6-4-کانتور تنش وکرنش 252
8-2-7- مدل اتصال تیر به جان ستون دوبل با استفاده از ورق کناری (SP6) 253
8-2-7-1 –مشخصات هندسی مدل 254
8-2-7-2 - نتایج 254
8-2-7-3- سختی اتصال 256
8-2-7-4-کانتور تنش وکرنش 256
8-2-8- مدل اتصال تیر به جان ستون دوبل با استفاده از ورق کناری 7 (SP7) 257
8-2-8-1 –مشخصات هندسی مدل 257
8-2-8-2 –نتایج 258
8-2-8-3- سختی اتصال 259
8-2-8-4-کانتور تنش وکرنش 259
8-2-9- مدل اتصال تیر به جان ستون دوبل با استفاده از ورق کناری (SP8) 259
8-2-9-1 –مشخصات هندسی مدل 260
8-2-9-2 –نتایج 261
8-2-9-3- سختی اتصال 262
8-2-9-4-کانتور تنش وکرنش 262
8-2-10- مدل اتصال تیر به جان ستون دوبل با استفاده از ورق کناری (SP9) 263
8-2-10-1 –مشخصات هندسی مدل 264
8-2-10-2 –نتایج 264
8-2-10-3- سختی اتصال 266
8-2-10-4-کانتور تنش وکرنش 266
8-2-11- مدل اتصال تیر به جان ستون دوبل با استفاده از ورق کناری (SP10) 266
8-2-11-1 –مشخصات هندسی مدل 267
8-2-11-2 –نتایج 268
8-2-11-3- سختی اتصال 269
8-2-11-4-کانتور تنش وکرنش 269
8-2-12- مدل اتصال تیر به جان ستون دوبل با استفاده از ورق کناری (SP11) 270
8-2-12-1- مشخصات هندسی مدل 270
8-2-12-2 –نتایج 271
8-2-12-3- سختی اتصال 272
8-2-12-4-کانتور تنش وکرنش 273
8-2-13- مدل اتصال تیر به جان ستون دوبل با استفاده از ورق کناری (SP12) 273
8-2-13-1- مشخصات هندسی مدل 273

8-2-13-2 –نتایج 274
8-2-13-3- سختی اتصال 276
8-2-13-4-کانتور تنش وکرنش 276
8-2-14- مدل اتصال تیر به جان ستون دوبل با استفاده از ورق کناری (SP13) 276
8-2-14-1 –مشخصات هندسی مدل 277
8-2-14-2 –نتایج 278
8-2-14-3- سختی اتصال 279
8-2-14-4-کانتور تنش وکرنش 279
8-2-15- مدل اتصال تیر به جان ستون دوبل با استفاده از ورق کناری (SP14) 280
8-2-15-1 –مشخصات هندسی مدل 281
8-2-15-2 –نتایج 281
8-2-15-3- سختی اتصال 283
8-2-15-4-کانتور تنش وکرنش 283
8-2-16- مدل اتصال تیر به جان ستون دوبل با استفاده از ورق کناری (SP15) 284
8-2-16-1 –مشخصات هندسی مدل 284
8-2-16-2 –نتایج 285
8-2-16-3- سختی اتصال 286
8-2-16-4-کانتور تنش وکرنش 286
8-2-17- مدل اتصال تیر به جان ستون دوبل با استفاده از ورق کناری (SP16) 287
8-2-17-1 –مشخصات هندسی مدل 287
8-2-17-2- نتایج 288
8-2-17-3- سختی اتصال 290
8-2-17-4-کانتور تنش وکرنش 290
8-2-18- مدل اتصال تیر به جان ستون دوبل با استفاده از ورق کناری (SP17) 290
8-2-18-1 –مشخصات هندسی مدل 291
8-2-18-2 –نتایج 291
8-2-18-3- سختی اتصال 293
8-2-18-4-کانتور تنش وکرنش 293
8-2-19- مدل اتصال تیر به جان ستون دوبل با استفاده از ورق کناری (SP18) 294
8-2-19-1- مشخصات هندسی مدل 294
8-2-19-2 –نتایج 295
8-2-19-3- سختی اتصال 296
8-2-19-4-کانتور تنش وکرنش 297
8-2-20- مدل اتصال تیر به جان ستون دوبل با استفاده از ورق کناری (SP19) 298

8-2-20-1 –مشخصات هندسی مدل 298
8-2-20-2 –نتایج 299
8-2-20-3- سختی اتصال 300
8-2-20-4-کانتور تنش وکرنش 300
8-2-21- مدل اتصال تیر به جان ستون دوبل با استفاده از ورق کناری (SP20) 300
8-2-21- مدل اتصال تیر به جان ستون دوبل با استفاده از ورق کناری (SP20) 301
8-2-21-1- مشخصات هندسی مدل 301
8-2-21-2 –نتایج 302
8-2-21-3- سختی اتصال 303
8-2-21-4-کانتور تنش وکرنش 303
8-3- بررسی و مقایسه نتایج 304
8-3-1- بررسی صلبیت مدل های عددی بر اساس مبحث دهم مقررات ملی ساختمان [4] 304
8-3-2- بررسی صلبیت بر اساس آئین نامه AISC2005 305
8-3-3 – بررسی و تحلیل رفتار مدل های عددی اتصال تیر به جان ستون دوبل 307
8-3-3-1- مقایسه منحنی های استهلاک انرژی 307
8-3-3-1- مقایسه ضریب شکل پذیری 308
9-1- مقدمه 310
9-2- معرفی نتایج 310
9-3- خلاصه نتایج 316
9-4- مدل های پیشنهادی اتصال صلب تیر به سمت جان ستون دوبل 317
9-4-1- مدل های اتصال صلب تیر به سمت جان ستون دوبل قابل پذیرش توسط معیار آئین نامه ایران 317
9-4-2- مدل های اتصال صلب تیر به سمت جان ستون قابل پذیرش توسط معیارهای AISC 318
9-5- پیشنهادات 319
فهرست مراجع 321

فهرست شکل ها

شکل 2- 1: طبقه‌بندی اتصالات بر اساس مقاومت خمشی [5]..... 9
شکل 2- 2: منحنی ممان- چرخش یک اتصال نیمه گیردار[2]..... 10
شکل 2- 3: نمونه منحنی های ممان-چرخش برای اتصالات کاملاً گیردار (FR)، نیمه‌گیردار (PR) و ساده (S)[2] 10
شکل 2- 4: مقاومت و سختی نسبی اتصالات نیمه‌گیردار[1] شکل 2- 5:مدلسازی انعطاف‌پذیری اتصال در قاب[1] ... 13
شکل 2- 6: مدل پاره سازه برای مقایسه نسبت دریفت قاب با اتصال نیمه صلب(سمت راست) و کاملا صلب(سمت چپ) [1] 13
شکل 2- 7: نمونه هایی از اتصالات کاملاً صلب[1]..... 16
شکل 2- 8: نمونه هایی از اتصالات نیمه صلب سخت به همراه نتایج آزمایش چرخه ای [1]..... 17
شکل 2- 9: نمونه‌ای از اتصالات نیمه صلب متوسط به همراه نتیجه آزمایش چرخه ای[1]..... 17
شکل 2- 10: نمونه هایی از اتصالات نیمه صلب نرم به همراه نتیجه آزمایش چرخه ای [1]..... 18
شکل 2- 11: مقاومت و شکل‌پذیری مورد قبول برای اتصال قاب خمشی ویژه [2]..... 20
شکل 2- 12:مدلهای پاره‌سازه یکطرفه موردقبول آئین نامه FEMA355 [1] برای آزمایش اتصالات تیر به ستون..... 25
شکل 2- 13:مدلهای پاره‌سازه دوطرفه موردقبول آئین نامه FEMA355 [1] برای آزمایش اتصالات تیر به ستون..... 26
شکل 2- 14: الگوهای بارگذاری استفاده شده در تحقیقات SAC - (شکل بالا) تاریخچه بارگذاری استاندارد (شکل پائین) تاریخچه بار حوزه نزدیک گسل [8]..... 28
شکل 2- 15: نحوه محاسبه زاویه افت مقاومت و دریفت نهایی از روی منحنی ممان- چرخش [9]..... 30
شکل 2- 16: طریقه محاسبه زاویه دریفت میان‌طبقه FEMA350 [9] 31
شکل 2- 17: اتصال گیردار جوشی مرسوم تا قبل از زلزله نورتریج [7] 34
شکل 2- 18: ناحیه معمول شروع شکست در اتصال تیر به ستون [7] 35
شکل 2- 19: حالت های مختلف شکست در اتصالات قبل از نورتریج [7]..... 36
شکل 2- 20: انواع آسیب های تیر [8]..... 37
شکل 2- 21:آسیب‌های بال ستون [8]..... 37
شکل 2- 22:قلوه‌کن شدن بال ستون: قلوه‌کن شدن بال (C2) [8] 38
شکل 2- 23: آسیب‌های مربوط به جوش [8]..... 38
شکل 2- 24: انواع آسیب‌های ورق اتصال [8]..... 38
شکل 2- 25: آسیب‌های چشمه اتصال [8]..... 39
شکل 2- 26: شکست جان و بال ستون در ناحیه اتصال خمشی [8] 39

شکل 3- 1- اتصال صلب جوشی متداول در ساختمان های فولادی [10] 43

شکل 3- 2-(بالا) ساختار مدل آزمایشی توسط مزروعی و همکاران (پائین) نحوه برپائی آزمایش [10]..... 45
شکل 3- 3- جزئیات اجرایی نمونه های آزمایشی [10] 47
شکل 3- 4- نحوه اعمال بار به نمونه های آزمایش [10]..... 48
شکل 3- 5- نتایج آزمایش نمونه S.N.1 [11] 49
شکل 3- 6- منحنی لنگر دوران و نتایج آزمایش نمونه SN2 در مرحله گسیختگی [11]..... 50
شکل 3- 7- منحنی لنگر دوران و نتایج آزمایش نمونه SN3 در مرحله گسیختگی [11]..... 51
شکل 3- 8- منحنی لنگر- دوران نمونه آزمایشی S.N. 4 [11] 51
شکل 3- 9- منحنی لنگر- دوران نمونه آزمایشی S.N.5 [11] 52
شکل 3- 10- منحنی لنگر- دوران نمونه آزمایشی S.N.6 [11]..... 52
شکل 3- 11- منحنی لنگر دوران و نتایج آزمایش نمونه SN7 در مرحله گسیختگی [11] 53
شکل 3- 12- مقایسه رابطه لنگر- دوران هفت نمونه آزمایشی [11]..... 53
شکل 3- 13-نمای کلی از مدل مورد آزمایش(راست)[12] - شرایط تکیه گاه غلتکی در انتهای تیر(چپ)[12] 55
شکل 3- 14- شکل و ابعاد صفحه روسری در مدل تجربی دیلمی و همکاران[12] کلیه ابعاد بر حسب میلی متر می باشد. 55
شکل 3- 15-نحوه برپائی مدل آزمایشگاهی میانقاب دو طرفه در مدل دیلمی و همکاران [12]..... 57
شکل 3- 16- بارگذاری چرخه ای اعمال شده به مدلهای تجربی دیلمی و همکاران[12]..... 57
شکل 3- 17- منحنی چرخه‌ای بار- تغییر مکان مدل مورد آزمایش دیلمی و همکاران [12] 58
شکل 3- 18- منحنی چرخه‌ای لنگر- زاویه دریفت مدل مورد آزمایش دیلمی و همکاران [12] 59
شکل 3- 19- پوش منحنی لنگر – زاویه دریفت مدل مورد آزمایش دیلمی و همکاران[12]..... 59
شکل 3- 20- (سمت راست)محل قرارگیری کرنش‌سنج ها (سمت چپ) ابعاد مورد استفاده در محاسبه چرخش چشمه اتصال در مدل تجربی دیلمی و همکاران [12] 60
شکل 3- 21- منحنی لنگر- زاویه چرخش چشمه اتصال برای مدل مورد آزمایش توسط دیلمی و همکاران [12]..... 61
شکل 3- 22- چرخش چشمه اتصال به همراه چرخش اعضای اتصال و چرخش کل[13] 61
شکل 3- 23- تغییرمکان سنجهای مورد استفاده درمحاسبه چرخش چشمه اتصال درمدل تجربی دیلمی وهمکاران[12] 62
شکل 3- 24- پوش منحنی لنگر- چرخش اتصال برای مدل مورد آزمایش دیلمی و همکاران [12] 62
شکل 3- 25- هندسه مدل اتصال دوطرفه تیر به ستون دوبل با استفاده از ورق کناری(راست)- مدل آزمایشگاهی همان اتصال(چپ)..... 63
شکل 3- 26- منحنی چرخه ای لنگر- زاویه دریفت مدل دوطرفه اتصال تیر به بال ستون دوبل با ورق کناری 65
شکل 3- 27- پوش منحنی لنگر - زاویه دریفت مدل آزمایشگاهی اتصال دوطرفه با ورق کناری..... 66
شکل 3- 28- منحنی لنگر- زاویه چرخش اتصال مدل آزمایشگاهی اتصال دوطرفه تیر به بال ستون دوبل با ورق کناری 66
شکل 3- 29-(راست) نحوه شبکه بندی اتصال با ورق کناری (چپ) شبکه بندی همان اتصال اصلاح شده با لچکی افقی توسط نقی پور و همکاران..... 67
شکل 3- 30- نحوه بارگذاری چرخه ای معادل در مدل پاره سازه دوطرفه مورد آزمایش[14] 68

شکل 3- 31- مدل آزمایشگاهی اتصال اصلاح شده دوطرفه با ورق کناری و لچکی افقی نقی پور و همکاران[14] 68
شکل 3- 32- منحنی لنگر-دوران اتصال اصلاح شده با لچکی افقی 68
شکل 3- 33- نحوه مدلسازی عددی مدل با ورق روسری و زیرسری و ورق قائم میانی توسط دیلمی و همکاران 69
شکل 3- 34- (راست)- کانتور کرنش پلاستیک معادل و (چپ) کانتور تنش فون میسز مدل با ورق روسری و زیرسری و ورق قائم میانی [12] 70
شکل 3- 35- الف) منحنی چرخه ای لنگر-دوران ب) پوش منحنی چرخه ای لنگر-دوران ج) منحنی چرخه ای لنگر-دوران مدل اتصال با ورق روسری و زیرسری و ورق قائم میانی دیلمی و همکاران [12] 71
شکل 3- 36 - نحوه مدلسازی تقویت اتصال با ورق های سخت کننده ذوزنقه ای[12] 71
شکل 3- 37 (راست)- کرنش پلاستیک معادل و(چپ) تنش فون میسز مدل عددی با ورق دوزنقه ای دیلمی و همکاران [12] 72
شکل 3- 38- الف) منحنی چرخه ای لنگر-دوران ب) پوش منحنی چرخه ای لنگر-دوران ج) منحنی چرخه ای لنگر-دوران اتصال مدل عددی با ورق ذوزنقه ای دیلمی و همکاران[12] 73
شکل 3- 39- نحوه مدلسازی اصلاح اتصال با ورق کناری 73
شکل 3- 40- (راست)- کرنش پلاستیک معادل و (چپ) تنش فون میسز[12] 74
شکل 3- 41- الف) منحنی چرخه ای لنگر-دوران مدل عددی ب) پوش منحنی چرخه ای لنگر-دوران ج) منحنی چرخه ای لنگر-دوران اتصال مدل عددی دیلمی و همکاران [12] 75
شکل 3-42- مدل عددی اتصال تیربه سمت جان ستون دوبل باورق های زیرسری و روسری توسط کریمی ورحیمی[15] 76
شکل 3- 43- الف)منحنی نیرو- دوران ب)منحنی ممان-دوران ج)پوش منحنی ممان- دوران د) منحنی ممان-چرخش اتصال مدل عددی اتصال تیر به سمت جان ستون دوبل توسط کریمی و رحیمی[15] 78
شکل 3- 44-الف- توزیع تنش موثر در مدل عددی اتصال تیر به جان ستون دوبل توسط کریمی و رحیمی ب- توزیع کرنش پلاستیک معادل در مدل عددی اتصال تیر به جان ستون دوبل توسط کریمی و رحیمی در زاویه دوران نهائی (θ=0.06) 79

شکل 4- 1-الف : مدل پاره ساز یکطرفه 82
شکل 4- 2-الف معرفی اجزاء مدل با ورق روسری و زیرسری در پاره سازه های یکطرفه 84
شکل 4- 3- مدل پاره‌سازه یک طرفه مورد قبول آیین نامه برای اتصالات خمشی[7]و[1]و[2](راست)-مدل آزمایشگاهی جانمائی شده در سازه (چپ) 85
شکل 4- 4- الگوی بارگذاری چرخه ای استاندارد در تحقیقات SAC [3] 86
شکل 4- 5- طریقه محاسبه زاویه دریفت میان‌طبقه الف-برای مدل های یکطرفه[7] ب- برای مدل های دوطرفه و چهارطرفه بال و جان[11] 87
شکل 4- 6- (راست) منحنی های تنش کرنش مهندسی و حقیقی فولاد نرم ساختمانی ST-37-(چپ) منحنی سه خطی برای مدلسازی رفتار فولاد ST-37 89
شکل 4- 7- مشخصات و معیار تسلیم مصالح چندخطی با سخت‌شوندگی جنبشی[3] 91
شکل 4- 8- هندسه المان C3D8R و C3D6 استفاده شده در مدلسازی های انواع اتصال گیردار در این پایان نامه 91