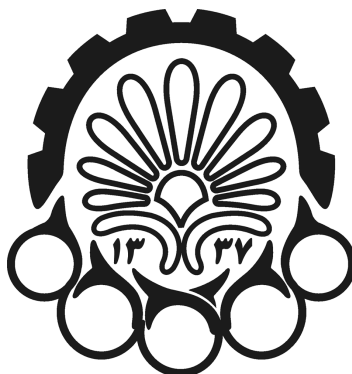


به نام محمد باقر بن محمد باقر



دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد
گرایش مهندسی سازه

توسط:

موسی نازک کارماهر

استاد راهنما:

دکتر اردشیر دیلمی

زمستان ۱۳۸۶

بسمه تعالی
فرم اطلاعات پایان نامه
کارشناسی ارشد و دکترا



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)
معاونت پژوهشی

تاریخ:

پیوست:

نام و نام خانوادگی: موسی نازک کارماهر دانشجوی: آزاد (X) بورسیه (....) معادل (....)
شماره دانشجویی: ۸۴۱۲۴۰۷۱ دانشکده: عمران و محیط زیست رشته تحصیلی: عمران-سازه

نام و نام خانوادگی استاد راهنما: دکتر اردشیر دیلمی

عنوان پایان نامه به فارسی: بهسازی قابهای خمشی سازه‌های فولادی با ستونهای مرکب I-شکل
عنوان پایان نامه به انگلیسی: Upgrading Steel Moment Frame Structures with Double-I-Section Columns

نوع پروژه: کارشناسی ارشد (X) کاربردی (X) بنیادی (....) توسعه‌ای (....) نظری (....)
دکتر----- (....)

تاریخ شروع: تاریخ خاتمه: ۸۶/۱۲/۲۷ تعداد واحد: ۶
سازمان تأمین کننده اعتبار: ----

واژه‌های کلیدی به فارسی: ستون دوپل I-شکل، اتصال ورق-بال-جوش شده، صفحه کناری-با-بازشو، مدلسازی اجزاء محدود، مطالعات پارامتری، سطح عملکرد قاب خمشی

واژه‌های کلیدی به انگلیسی: Sideplate-with-Opening, WFP Connection, Double-I-Section Column, Finite Element Modeling, Parametric Study, Performance Level

نظرها و پیشنهادهای به منظور بهبود فعالیت‌های پژوهشی دانشگاه:
استاد راهنما:

دانشجو:

امضاء استاد راهنما: تاریخ:

نسخه ۱: معاونت پژوهشی

نسخه ۲: کتابخانه و به انضمام دو جلد پایان نامه به منظور تسویه حساب با کتابخانه و مرکز اسناد و مدارک علمی

چکیده فارسی

اتصال ورق-بال-جوش شده با ستون بال پهن جزء اتصالات بعد-نورتریج می باشد و به عنوان اتصال پیش-تأیید شده معرفی شده و روش طراحی آن برای قاب خمشی ویژه ارائه شده است. در کشور ایران بسیاری از قابهای خمشی موجود با اتصال ورق-بال-جوش شده و با فرض قاب خمشی ویژه طراحی شده اند، اما به دلیل کمبود مقاطع بال پهن از مقاطع دابل I-شکل برای ستونها استفاده شده است.

در این تحقیق نشان داده شده است که اتصال ورق-بال-جوش شده هنگامیکه با ستون دابل I-شکل بکار برده می شود، رفتار نیمه گیردار و ترد از خود نشان می دهد که به ترتیب باعث افزایش دررفت قاب خمشی و کاهش ظرفیتهای چرخشی اتصال می شود. این مسأله باعث کاهش سطح عملکرد قابهای خمشی موجود می شود. به منظور اصلاح رفتار اتصالات و تقویت قابهای خمشی، استفاده از صفحات کناری-با-بازشو برای تقویت اتصالات موجود پیشنهاد شده است، به طوریکه تیر متعامد موجود از داخل بازشو عبور می کند. در این روش مکانیزم انتقال نیرو اصلاح شده و با حذف عملکرد قوطی شکل ستون رفتار اتصال به مقدار قابل توجهی بهبود می یابد. اتصال تقویت شده رفتار گیردار و شکل پذیر از خود نشان می دهد که به ترتیب باعث کاهش دررفت قاب خمشی و افزایش ظرفیتهای چرخشی اتصال می شود. این مسأله به ارتقاء سطح عملکرد قابهای خمشی موجود منجر می شود.

سه قاب خمشی ۳، ۷ و ۱۲ طبقه با اتصالات ورق-بال-جوش شده و ستونهای دابل با فرض قاب خمشی ویژه بر اساس روش استاتیکی معادل طراحی شده اند. در کل ۲۰ تیب اتصال با تیر و ستونهای متفاوت طراحی شده است. از آنجائیکه تحلیل روی تمامی اتصالات کار دشواری است تنها ۶ اتصال بر اساس پراکندگی مناسب برای تحلیل اجزاء محدود انتخاب شده است.

با استفاده از تحلیل اجزاء محدود به کمک نرم افزار ANSYS منحنی های هیستریسیس لنگر-چرخش اتصالات منتخب تحت بارگذاری سیکلی استخراج شده است. با مطالعه روی منحنی های لنگر-چرخش ظرفیتهای چرخشی اتصالات بر اساس سطوح عملکرد استفاده بی وقفه، ایمنی جانی و آستانه فروریزش تعیین شده است. به منظور سازه سازی، منحنی های لنگر-چرخش اتصالات به صورت سه خطی و چشمه اتصالات به صورت خطی تقریب زده شده است.

با استفاده از نرم افزار Minitab به مطالعه پارامتری نتایج تحلیل اجزاء محدود پرداخته شده است. با استفاده از رگرسیون چند متغیره فرمولهایی حاصل شده است که ظرفیتهای چرخشی و منحنی های لنگر-چرخش اتصالات و چشمه اتصالات را بر حسب عمق تیر و ستون بیان می کند. با استفاده از فرمولهای بدست آمده رفتار ۱۴ اتصال دیگر تخمین زده شده است.

به کمک نرم افزار Perform-2D پاسخ قابهای خمشی با استفاده از تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی تحت ۷ شتابنگاشت زلزله های مهم تعیین شده است. برای این کار اتصالات با فنرهای سه خطی و چشمه اتصالات با فنرهای خطی مدلسازی شده اند. سطح عملکرد قابهای خمشی از نسبت دررفت طبقات به ظرفیتهای چرخشی اتصالات بدست آمده است.

در نهایت اتصالات موجود به وسیله صفحات کناری-با-بازشو تقویت شده اند و تمامی مراحل بالا برای تعیین سطح عملکرد جدید قابهای خمشی انجام شده است. سپس تأثیر تقویت اتصالات در ارتقاء سطح عملکرد قابهای خمشی مشاهده شده است.

تشکر و قدردانی

در اینجا لازم است از زحمات خانواده عزیزم و استاد ارجمند جناب آقای دکتر دیلمی که در تمام مراحل انجام این پایان نامه مرا یاری نموده‌اند تشکر و سپاسگذاری نمایم.

فهرست مطالب

الف) مبانی نظری

فصل ۱: مقدمه	۱
۱-۱- شرح کلی	۱
۲-۱- اهداف تحقیق	۷
۳-۱- نمای پایان نامه	۸
فصل ۲: ضوابط طبقه‌بندی اتصالات کاملاً گیردار، نیمه‌گیردار و ساده	۱۲
۱-۲- طبقه‌بندی اتصالات طبق آیین‌نامه (2005) ANSI/AISC 360	۱۲
۱-۲-۱-۱- مدلسازی اتصال در قاب	۱۲
۱-۲-۱-۲- طبقه‌بندی اتصالات	۱۳
۱-۲-۱-۳- سختی اتصال	۱۴
۱-۲-۱-۴- مقاومت اتصال	۱۴
۱-۲-۱-۵- شکل‌پذیری اتصال	۱۶
۱-۲-۱-۶- تحلیل و طراحی سیستم سازه‌ای	۱۶
۲-۲- طبقه‌بندی اتصالات طبق آیین‌نامه (2000) FEMA 355D	۱۷
۱-۲-۲-۱- اتصالات کاملاً گیردار (FR)	۱۷
۲-۲-۲- اتصالات نیمه‌گیردار (PR)	۱۸
فصل ۳: ضوابط طبقه‌بندی قابهای خمشی ویژه، متوسط و معمولی	۲۸
۱-۳- طبقه‌بندی قابهای خمشی طبق آیین‌نامه لرزه‌ای (2005) ANSI/AISC 341	۲۸
۱-۳-۱- قاب خمشی ویژه (SMF)	۳۰

- ۴۲۳-۱-۲- قاب خمشی متوسط (IMF).....
- ۴۴۳-۱-۳- قاب خمشی معمولی (OMF).....
- ۴۵۳-۱-۴- تأیید صلاحیت اتصال خمشی ویژه و متوسط.....
- ۴۶۳-۱-۵- آزمایش صلاحیت سیکلی اتصال تیر-به-ستون.....
- ۵۶۳-۲-۲- طبقه‌بندی قابهای خمشی طبق آیین‌نامه (2000) FEMA 350/351.....
- ۵۶۳-۲-۱- آزمایشات خاص- پروژه برای اتصالات غیر پیش-تأییدشده.....
- ۶۱۳-۲-۲- اتصالات پیش-تأییدشده FEMA.....

فصل ۴: ارزیابی سطح عملکرد و معیارهای بهسازی لرزه‌ای قابهای خمشی فولادی جوشی موجود..... ۶۳

- ۶۳۴-۱- روشهای اساس-عملکرد.....
- ۶۵۴-۲- ارزیابی سطح عملکرد قابهای خمشی فولادی براساس (2000) FEMA 351.....
- ۶۶۴-۲-۱- اساس روش.....
- ۶۹۴-۲-۲- هدف عملکرد.....
- ۷۳۴-۲-۳- تحلیل سازه.....
- ۷۸۴-۲-۴- ضوابط مدلسازی ریاضی.....
- ۸۳۴-۲-۵- تعیین پاسخ سازه.....
- ۸۳۴-۲-۶- تعیین ظرفیت سازه.....
- ۸۶۴-۳- روشهای مدلسازی غیرخطی براساس (2000) FEMA 355C.....
- ۸۶۴-۳-۱- رفتار غیرخطی سیکلی اجزاء سازه‌ای.....
- ۹۰۴-۳-۲- مدلسازی غیرخطی اجزاء سازه‌ای.....
- ۹۱۴-۳-۳- مدلسازی غیرخطی اتصالات جوشی.....
- ۹۴۴-۳-۴- مدلسازی غیرخطی اتصالات نیمه‌گیردار.....
- ۹۷۴-۳-۵- مدلسازی غیرخطی تیرها.....
- ۹۸۴-۳-۶- مدلسازی غیرخطی چشمه اتصال.....
- ۱۰۲۴-۳-۷- مدلسازی بارهای ثقلی برای اثرات $P - \Delta$

- ۱۰۳ ملاحظات دیگر مدلسازی ۸-۳-۴
- ۱۰۳ FEMA 351 (2000) براساس خمشی فولادی براساس ۴-۴
- ۱۰۴ اهداف و معیارهای تقویت ۱-۴-۴
- ۱۰۷ روشهای تقویت ۲-۴-۴

فصل ۵: بررسی اتصال ورق-بال-جوش شده متداول با ستون دابل I-شکل در ایران ۱۱۴

- ۱۱۵ اتصال صلب جوشی متداول در ایران ۱-۵
- ۱۱۶ انواع قابهای ساختمانی و شریط هر یک از آنها ۲-۵
- ۱۱۶ منحنی لنگر- دوران ($M-\theta$) اتصالات ۳-۵
- ۱۱۷ خط تیر ۴-۵
- ۱۱۸ رفتار قاب با اتصالات نیمه‌گیردار ۵-۵
- ۱۱۹ مشخصات نمونه‌های آزمایشی ۶-۵
- ۱۲۳ نتایج آزمایشها ۷-۵
- ۱۲۳ نتایج آزمایش نمونه اول (S.N.1) ۱-۷-۵
- ۱۲۳ نتایج آزمایش نمونه دوم (S.N.2) ۲-۷-۵
- ۱۲۵ نتایج آزمایش نمونه سوم (S.N.3) ۳-۷-۵
- ۱۲۶ نتایج آزمایش نمونه چهارم (S.N.4) ۴-۷-۵
- ۱۲۷ نتایج آزمایش نمونه پنجم (S.N.5) ۵-۷-۵
- ۱۲۸ نتایج آزمایش نمونه ششم (S.N.6) ۶-۷-۵
- ۱۲۸ نتایج آزمایش نمونه هفتم (S.N.7) ۷-۷-۵
- ۱۲۹ مقایسه نتایج آزمایشها و نتیجه‌گیری کلی ۸-۵

فصل ۶: بررسی اتصال صفحه کناری ۱۳۲

- ۱۳۲ پیش زمینه ۱-۶
- ۱۳۴ اتصال صفحه کناری مجزا بالهای بالایی و پایینی تیر ۲-۶

- ۱۳۵ ۳-۶- اتصال صفحه کناری.....
- ۱۳۹ ۱-۳-۶- طراحی اتصال صفحه کناری برای قاب خمشی ویژه.....
- ۱۴۰ ۲-۳-۶- فرآیند ساخت و نصب.....
- ۱۴۲ ۴-۶- ویژگیهای سیستم اتصال صفحه کناری.....
- ۱۴۲ ۱-۴-۶- جدایی بین انتهای تیر و ستون.....
- ۱۴۳ ۲-۴-۶- تغییر رفتار چشمه اتصال.....
- ۱۴۳ ۳-۴-۶- استفاده از جوش گوشه بجای جوش شیاری.....
- ۱۴۴ ۴-۴-۶- مسیرهای ساده شده انتقال بار.....
- ۱۴۴ ۵-۴-۶- عملکرد سیکلی مناسب.....
- ۱۴۵ ۶-۴-۶- پیوستگی تیر به تیر در دو طرف ستون.....
- ۱۴۶ ۷-۴-۶- صرفه جویی در هزینه.....
- ۱۴۶ ۵-۶- اشکال مختلف سیستم اتصال صفحه کناری.....
- ۱۴۷ ۱-۵-۶- انواع اتصال صفحه کناری برای اتصالات قابهای خمشی.....
- ۱۴۷ ۲-۵-۶- انواع اتصال صفحه کناری برای اتصالات قابهای دوگانه مهاربندی شده.....
- ۱۵۰ ۶-۶- عملکرد اتصال صفحه کناری در "تعدیل زوال پی در پی کفها" در اثر حملات تروریستی.....
- ۱۵۱ ۱-۶-۶- مکانیزم عملکرد اتصال صفحه کناری در مقابل انفجار.....

فصل ۷: تقویت اتصال ورق-بال-جوش شده متداول با ستون دوبر I-شکل به وسیله

- ۱۵۳ صفحه کناری-با-بازشو.....
- ۱۵۳ ۱-۷- روشهای تقویت اتصالات تیر به ستون قوطی.....
- ۱۵۶ ۲-۷- تقویت اتصالات موجود بوسیله صفحه کناری.....
- ۱۵۹ ۳-۷- ایده استفاده از اتصال صفحات کناری تمام-عمق برای ستونهای دوبر.....
- ۱۶۱ ۴-۷- تقویت اتصالات ورق-بال-جوش شده با ستونهای دوبر بوسیله صفحه کناری-با-بازشو.....

ب) کارهای تحلیلی انجام شده

فصل ۸: طراحی قابهای خمشی با ستونهای دابل I-شکل و اتصالات ورق-بال-جوش شده رایج و اتصالات

- تقویت شده با صفحه کناری-با-بازشو ۱۶۳
- ۱-۸- مشخصات ساختمانهای مورد بررسی ۱۶۴
- ۲-۸- طراحی قاب خمشی A ۱۶۶
- ۱-۲-۸- نیروی معادل زلزله ۱۶۶
- ۲-۲-۸- طراحی تیرها و ستونها ۱۶۹
- ۳-۸- طراحی اتصالات قاب خمشی A ۱۷۵
- ۱-۳-۸- طراحی اتصالات ورق-بال-جوش شده متداول ۱۷۵
- ۲-۳-۸- طراحی اتصالات تقویت شده با صفحه کناری-با-بازشو ۱۸۲

فصل ۹: تحلیل اجزاء محدود اتصالات مورد بررسی تحت بارگذاری سیکلی

- ۱-۹- مدلسازی اجزاء محدود ۱۹۲
- ۱-۱-۹- مدل میانقاب ۱۹۲
- ۲-۱-۹- الگوی بارگذاری سیکلی ۱۹۴
- ۳-۱-۹- مشخصات مصالح ۱۹۶
- ۴-۱-۹- المانهای مورد استفاده ۲۰۰
- ۵-۱-۹- مدلسازی حجم ۲۰۳
- ۶-۱-۹- شبکه بندی مدلها ۲۰۵
- ۷-۱-۹- شرایط مرزی ۲۰۸
- ۸-۱-۹- تحلیل سازه ۲۱۰
- ۲-۹- معتبرسازی نتایج تحلیل ۲۱۱
- ۳-۹- تحلیل اجزاء محدود نمونه های مورد بررسی تحت بارگذاری سیکلی ۲۱۷
- ۱-۳-۹- مدل های اجزاء محدود نمونه ها ۲۱۸

۲۱۸ ۲-۳-۹- مودهای کماتشی نمونه‌ها

۲۱۹ ۳-۳-۹- منحنی‌های هیسترسیس لنگر-چرخش

فصل ۱۰: بررسی نتایج حاصل از تحلیل اجزاء محدود اتصالات مورد بررسی ۲۵۰

۲۵۱ ۱-۱۰- طبقه‌بندی اتصالات مورد بررسی

۲۵۲ ۲-۱۰- تعیین ظرفیتهای چرخشی اتصالات مورد بررسی

۲۵۳ ۳-۱۰- تقریب رفتار چشمه اتصالات به صورت خطی

۲۵۴ ۴-۱۰- تقریب رفتار اتصالات به صورت دوخطی و سه‌خطی

۲۵۵ ۵-۱۰- مقایسه نتایج بدست آمده برای اتصالات متداول و تقویت‌شده

فصل ۱۱: مطالعه پارامتری روی نتایج تحلیل اجزاء محدود اتصالات مورد بررسی ۲۷۰

۲۷۰ ۱-۱۱- اطلاعات موجود از تحلیل برای ۶ اتصال منتخب

۲۷۱ ۲-۱۱- فرمول‌بندی اطلاعات موجود با استفاده از رگرسیون

۲۷۲ ۳-۱۱- معیارهای انتخاب بهترین فرمول

۲۷۳ ۴-۱۱- استخراج فرمولهای لازم

۲۷۳ ۵-۱۱- تخمین رفتار ۱۴ اتصال دیگر با استفاده از فرمولهای استخراج‌شده

فصل ۱۲: تعیین سطح عملکرد قابهای خمشی مورد بررسی با استفاده از تحلیل دینامیکی غیرخطی با در

نظر گرفتن رفتار اتصالات متداول و تقویت‌شده ۲۸۰

۲۸۱ ۱-۱۲- مدل‌سازی غیرخطی قابهای خمشی مورد بررسی

۲۸۱ ۱-۱-۱۲- مدل‌سازی تیرها

۲۸۴ ۲-۱-۱۲- مدل‌سازی ستونها

۲۸۴ ۳-۱-۱۲- مدل‌سازی چشمه اتصالات

۲۸۵ ۲-۱۲- تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی قابهای خمشی مورد بررسی

۲۸۹ ۳-۱۲- تعیین سطح عملکرد قابهای خمشی مورد بررسی

فصل ۱۳: تقویت اتصال ورق-بال-جوش شده متداول با ستون دابل I-شکل به وسیله سخت کننده‌های

قائم ۲۹۹

۱۳-۱- تقویت اتصال ورق-بال-جوش شده متداول بوسیله سخت کننده‌های قائم ۳۰۰

۱۳-۲- مدلسازی اجزاء محدود ۳۰۳

۱۳-۳- تحلیل اجزاء محدود تحت بارگذاری سیکلی ۳۰۵

۱۳-۴- طبقه‌بندی بر اساس آیین‌نامه‌های معتبر ۳۰۶

۱۳-۵- توزیع تنش و کرنش در لحظه شکست ۳۰۷

۱۳-۶- توزیع تنش و کرنش نمونه تقویت شده در زوایای دریفیت متفاوت ۳۱۲

۱۳-۷- مقایسه روش تقویت با سخت کننده‌های قائم و صفحات کناری-بازشو ۳۱۵

فصل ۱۴: نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۳۲۱

لیست مراجع ۳۲۵

فهرست جدولها

- جدول ۲-۱- طبقه‌بندی اتصالات مختلف جوشی و پیچی بر اساس میزان گیرداری اتصالات ۲۳
- جدول ۳-۱- شرایط زاویه دررفت میان طبقه برای سطوح عملکرد مختلف (FEMA 351, 2000) ۵۷
- جدول ۳-۲- الگوی بارگذاری سیکلی کنترل‌کننده زاویه دررفت (FEMA 351, 2000) ۵۹
- جدول ۳-۳- حداقل زاویه‌های تأیید صلاحیت، θ_{SD} و θ_U ، برای قاب خمشی ویژه و متوسط
(FEMA 351, 2000) ۶۰
- جدول ۳-۴- اتصالات پیش-تأییدشده برای ساختمانهای جدید (FEMA 350, 2000) ۶۲
- جدول ۳-۵- اتصالات تقویت‌کننده پیش-تأییدشده برای ساختمانهای موجود (FEMA 351, 2000) ۶۲
- جدول ۴-۱- پارامترهای عملکرد ۶۶
- جدول ۴-۲- سطح عملکرد ساختمان (FEMA 351, 2000) ۷۱
- جدول ۴-۳- سطح عملکرد اجزاء سازهای (FEMA 351, 2000) ۷۱
- جدول ۴-۴- معیارهای انتخاب روش تحلیل (FEMA 351, 2000) ۷۵
- جدول ۴-۵- ظرفیتهای عملکرد اتصالات پیش-تأییدشده برای ساختمانهای جدید (FEMA 351, 2000) ۸۴
- جدول ۴-۶- ظرفیتهای عملکرد اتصالات تقویت‌کننده پیش-تأییدشده برای ساختمانهای موجود
(FEMA 351, 2000) ۸۴
- جدول ۴-۷- ظرفیتهای عملکرد اتصالات غیرپیش-تأییدشده (FEMA 351, 2000) ۸۵
- جدول ۴-۸- تعیین ظرفیت دررفت میان طبقه برای سطوح عملکرد (FEMA 351, 2000) ۸۵
- جدول ۸-۱- نیروهای معادل زلزله برای قابهای خمشی ۳، ۷ و ۱۲ طبقه ۱۷۰
- جدول ۸-۲- کنترل دررفت نسبی واقعی طبقات برای قابهای خمشی مورد بررسی ۱۷۱
- جدول ۸-۳- جزئیات ستونهای دابل مورد استفاده در قابهای خمشی ۱۷۴

- جدول ۸-۴- جزئیات اتصالات ورق-بال-جوش شده مورد استفاده در قابهای خمشی ۱۸۲
- جدول ۸-۵- جزئیات اتصالات تقویت شده بوسیله صفحه کناری-با-بازشو ۱۸۸
- جدول ۹-۱- نمونه اتصالات متداول و تقویت شده منتخب برای تحلیل اجزاء محدود ۱۹۲
- جدول ۹-۲- الگوی بارگذاری سیکلی کنترل شونده توسط زاویه دریافت میان طبقه
..... (FEMA 350/351, 2000) ۱۹۶
- جدول ۱۱-۱- اطلاعات بدست آمده برای ۶ اتصال از تحلیل اجزاء محدود ۲۷۱
- جدول ۱۱-۲- فرمولهای بدست آمده از رگرسیون برای ظرفیتهای چرخشی اتصال متداول و تقویت شده ۲۷۴
- جدول ۱۱-۳- فرمولهای بدست آمده از رگرسیون برای مشخصات چشمه اتصال متداول و تقویت شده ۲۷۴
- جدول ۱۱-۴- فرمولهای بدست آمده از رگرسیون برای مشخصات اتصال متداول و تقویت شده ۲۷۴
- جدول ۱۱-۵- مقایسه بین نتایج بدست آمده از تحلیل و تخمین برای ظرفیتهای چرخشی ۲۷۵
- جدول ۱۱-۶- مقایسه بین نتایج بدست آمده از تحلیل و تخمین برای مشخصات اتصال ۲۷۵
- جدول ۱۱-۷- مقایسه بین نتایج بدست آمده از تحلیل و تخمین برای مشخصات چشمه اتصال ۲۷۶
- جدول ۱۱-۸- اطلاعات بدست آمده از تحلیل و تخمین برای تمامی ۲۰ اتصال متداول و تقویت شده ۲۷۹
- جدول ۱۲-۱- حداکثر دریفتهای بدست آمده از تحلیل تاریخچه زمانی قابهای خمشی
تحت ۷ شتابنگاشت زلزله ۲۹۲
- جدول ۱۲-۲- نسبت دریافت طبقه به ظرفیت چرخشی اتصال برای قابهای خمشی
با اتصالات متداول و تقویت شده ۲۹۴

فهرست شکلها

- شکل ۱-۲- تعریف سختی، مقاومت و شکل پذیری روی پاسخ لنگر-چرخش یک اتصال نیمه گیردار
۱۳ (ANSI/AISC 360, 2005)
- شکل ۲-۲- طبقه بندی پاسخ لنگر-چرخش اتصالات به اتصالات کاملاً گیردار (FR)، نیمه گیردار (PR)
و ساده (simple) (ANSI/AISC 360, 2005)
۱۵ (ANSI/AISC 360, 2005)
- شکل ۳-۲- مقاومت و سختی نسبی اتصالات نیمه گیردار و کاملاً گیردار (FEMA 355D, 2000)
۱۹ (FEMA 355D, 2000)
- شکل ۴-۲- مدلسازی انعطاف پذیری اتصال در قاب (FEMA 355D, 2000)
۲۰ (FEMA 355D, 2000)
- شکل ۵-۲- مدل میانفاب برای مقایسه نسبت دریفت قاب با اتصال نیمه گیردار و صلب
۲۰ (FEMA 355D, 2000)
- شکل ۶-۲- نمونه هایی از اتصالات کاملاً گیردار جوشی (FEMA 355D, 2000)
۲۴ (FEMA 355D, 2000)
- شکل ۷-۲- نمونه هایی از اتصالات نیمه گیردار سخت به همراه نتایج آزمایش سیکلی
۲۵ (FEMA 355D, 2000)
- شکل ۸-۲- نمونه ای از اتصالات نیمه گیردار متوسط به همراه نتایج آزمایش سیکلی
۲۵ (FEMA 355D, 2000)
- شکل ۹-۲- نمونه هایی از اتصالات نیمه گیردار نرم به همراه نتایج آزمایش سیکلی
۲۶ (FEMA 355D, 2000)
- شکل ۱۰-۲- نمونه هایی از اتصالات نیمه گیردار کامپوزیتی به همراه نتایج آزمایش سیکلی
۲۷ (FEMA 355D, 2000)
- شکل ۱-۳- مقاومت و شکل پذیری مورد قبول برای اتصال خمشی ویژه (ANSI/AISC 341, 2005)
۳۲ (ANSI/AISC 341, 2005)
- شکل ۲-۳- بدست آوردن نیروهای بحرانی هنگام تشکیل مفاصل پلاستیک (FEMA 351, 2000)
۳۳ (FEMA 351, 2000)
- شکل ۳-۳- هندسه و تعادل نیروها برای بدست آوردن برش حداکثر، V_{pz} ، روی چشمه اتصال
۳۴ (FEMA 355D, 2000)

- شکل ۳-۴- اتصال ورقهای مضاعف بوسیله جوشهای انگشتانه (ANSI/AISC 341, 2005) ۳۶
- شکل ۳-۵- قرارگیری ورقهای مضاعف با فاصله از جان ستون با جوش شیاری یا نفوذی
..... (ANSI/AISC 341, 2005) ۳۷
- شکل ۳-۶- جوش شیاری با نفوذ کامل و جوش گوشه (ANSI/AISC 341, 2005) ۳۸
- شکل ۳-۷- مدل‌های میانقاب مورد قبول آیین‌نامه برای آزمایش اتصالات تیر-به-ستون
..... (FEMA 355D, 2000) ۴۸
- شکل ۳-۸- تأثیر عمق تیر بر ظرفیت چرخش غیرالاستیک اتصال (FEMA 355D, 2000) ۵۱
- شکل ۳-۹- تأثیر طول دهانه بر ظرفیت چرخش غیرالاستیک اتصال (FEMA 355D, 2000) ۵۲
- شکل ۳-۱۰- الگوهای بارگذاری استفاده شده در تحقیقات SAC (FEMA 355D, 2000) ۵۳
- شکل ۳-۱۱- تأثیر مکانیزم تسلیم یا مود شکست روی عملکرد اتصال (FEMA 355D, 2000) ۵۵
- شکل ۳-۱۲- زاویه افت مقاومت و دررفت نهایی روی منحنی لنگر-چرخش (FEMA 355D, 2000) ۵۸
- شکل ۳-۱۳- مدل میانقاب حداقل و طریقه محاسبه زاویه دررفت میان طبقه (FEMA 350, 2000) ۵۸
- شکل ۴-۱- مقایسه بین روشهای تحلیل در روشهای اساس-مقاومت و اساس-عملکرد ۶۴
- شکل ۴-۲- نمودار سیکلی تنش-کرنش فولاد ساختمانی (Krawinkler et al., 1983) ۸۷
- شکل ۴-۳- رفتار سیکلی تیر فولادی با شکست جوش (Krawinkler et al., 1983) ۸۸
- شکل ۴-۴- رفتار سیکلی تیر فولادی با کمانش موضعی (Krawinkler et al., 1983) ۸۹
- شکل ۴-۵- مقایسه رفتار تیر تحت بارگذاری Cyclic و Monotonic با افت ناچیز حاصل از
کمانش موضعی و جانبی (FEMA 355C, 2000) ۹۱
- شکل ۴-۶- رفتار سیکلی تیر با افت قابل‌ملاحظه حاصل از کمانش موضعی و جانبی
..... (FEMA 355C, 2000) ۹۱
- شکل ۴-۷- مدل پیشنهادی غیرخطی اتصال کاملاًگیردار با در نظر گرفتن افت مقاومت
..... (FEMA 355C, 2000) ۹۴
- شکل ۴-۸- مدلسازی مقاومت و سختی اتصال با فرج‌جایگزین ۹۵
- شکل ۴-۹- مدل هیسترسیس اتصال نیمه‌گیردار با رفتار Pinching بدون در نظر گرفتن افت مقاومت

- ۹۶(Maison & Kasai, 1999)
- شکل ۴-۱۰- منحنی سه-خطی برش-کرنش برشی برای چشمه اتصال (Krawinkler, 1978) ۹۸
- شکل ۴-۱۱- مدل‌های پیشنهادی اتصال با مدل‌سازی جداگانه چشمه اتصال (FEMA 355C, 2000) ۱۰۰
- شکل ۴-۱۲- مدل‌سازی رفتار سه‌خطی چشمه اتصال بوسیله دو فنر دوخطی (FEMA 355C, 2000) ۱۰۱
- شکل ۴-۱۳- پاسخ دینامیکی مدل سه‌خطی چشمه اتصال با مرزهای صلب (FEMA 355C, 2000) ۱۰۱
- شکل ۵-۱- اتصال صلب جوشی متداول در ساختمان‌های فولادی و نحوه تغییر شکل آن تحت لنگرهای وارده ۱۱۵
- شکل ۵-۲- منحنی لنگر-دوران برای انواع اتصالات (مزروعی و همکاران، ۱۳۷۴) ۱۱۷
- شکل ۵-۳- خط تیر و منحنی لنگر-دوران (مزروعی و همکاران، ۱۳۷۸) ۱۱۷
- شکل ۵-۴- رفتار قاب با اتصالات صلب، نیمه‌گیردار و مفصلی (مزروعی و همکاران، ۱۳۷۴) ۱۱۸
- شکل ۵-۵- ساختار مدل آزمایشی (مزروعی و همکاران، ۱۳۷۴) ۱۲۰
- شکل ۵-۶- جزئیات اجرایی نمونه‌های آزمایشی (مزروعی و همکاران، ۱۳۷۴) ۱۲۱
- شکل ۵-۷- نتایج آزمایش نمونه S.N.1 (مزروعی و همکاران، ۱۳۷۸) ۱۲۴
- شکل ۵-۸- نتایج آزمایش نمونه S.N.2 (مزروعی و همکاران، ۱۳۷۸) ۱۲۵
- شکل ۵-۹- نتایج آزمایش نمونه S.N.3 (مزروعی و همکاران، ۱۳۷۸) ۱۲۶
- شکل ۵-۱۰- نتایج آزمایش نمونه S.N.4 (مزروعی و همکاران، ۱۳۷۸) ۱۲۷
- شکل ۵-۱۱- منحنی لنگر-دوران نمونه آزمایشی S.N.5 (مزروعی و همکاران، ۱۳۷۸) ۱۲۷
- شکل ۵-۱۲- منحنی لنگر-دوران نمونه آزمایشی S.N.6 (مزروعی و همکاران، ۱۳۷۸) ۱۲۸
- شکل ۵-۱۳- نتایج آزمایش نمونه S.N.7 (مزروعی و همکاران، ۱۳۷۸) ۱۲۹
- شکل ۵-۱۴- مقایسه رابطه لنگر- دوران هفت نمونه آزمایشی (مزروعی و همکاران، ۱۳۷۴) ۱۲۹
- شکل ۵-۱۵- مقایسه رابطه بار-تغییر مکان هفت نمونه آزمایشی (مزروعی و همکاران، ۱۳۷۴) ۱۳۰
- شکل ۶-۱- مشکلات اتصالات معمول قبل از زلزله نورتریج (Sideplate System Inc.) ۱۳۳
- شکل ۶-۲- اتصال با صفحات کناری در تراز بال‌های بالا و پایین (Sabol, Engelhardt, 1996) ۱۳۴
- شکل ۶-۳- اتصال صفحه کناری (Sideplate System Inc.) ۱۳۵

- شکل ۴-۶- جزئیات اتصال صفحه کناری خمشی تک‌محوره (ICBO, 2002) ۱۳۷
- شکل ۵-۶- جزئیات اتصال صفحه کناری خمشی دومحوره (ICBO, 2002) ۱۳۸
- شکل ۶-۶- فرآیند ساخت کارخانه‌ای اتصال صفحه کناری
 (Houghton, 2002; Sideplate System Inc.) ۱۴۱
- شکل ۷-۶- فرآیند نصب تیر پیوند در ستونهای درختی با اتصال صفحه کناری
 (Sideplate System Inc.) ۱۴۱
- شکل ۸-۶- کمانش موضعی بال و جان تیر (Houghton, 2000) ۱۴۵
- شکل ۹-۶- انواع مختلف اتصال صفحه کناری در قابهای خمشی (Houghton, 2001) ۱۴۸
- شکل ۱۰-۶- انواع مختلف اتصال صفحه کناری در سیستمهای دوگانه (Houghton, 2001) ۱۴۹
- شکل ۱۱-۶- هندسه نمونه‌هایی از اتصالات قبل و بعد نورتریج (Houghton, 2002) ۱۵۰
- شکل ۱۲-۶- عملکرد کابلی اتصال صفحه کناری برای جلوگیری از زوال پی‌درپی کفها در مقابل انفجار
 (Sideplate System Inc.) ۱۵۲
- شکل ۱-۷- نمونه‌هایی از روش تقویت خارجی برای اتصال تیر به ستون قوطی ۱۵۴
- شکل ۲-۷- مقایسه بین تقویت داخلی و خارجی برای اتصال تیر به ستون قوطی ۱۵۵
- شکل ۳-۷- نمونه‌هایی از روش تقویت بر مبنای حذف تماس بال تیر به ستون قوطی ۱۵۶
- شکل ۴-۷- اتصال صفحه کناری برای ساختمانهای جدید و تقویت ساختمانهای موجود
 (FEMA 350/351, 2000) ۱۵۷
- شکل ۵-۷- اتصال صفحه کناری دوطرفه برای ساختمانهای جدید و تقویت ساختمانهای موجود
 (Houghton, 2002) ۱۵۸
- شکل ۶-۷- جزئیات مدل یک‌طرفه صفحه کناری با ستونهای دوبل (دیلمی و شیراوند، ۱۳۸۳) ۱۵۹
- شکل ۷-۷- جزئیات مدل دوطرفه صفحه کناری با ستونهای دوبل (دیلمی و یخچالیان، ۱۳۸۵) ۱۶۰
- شکل ۸-۷- تقویت اتصال ورق-بال-جوش شده موجود بوسیله صفحه کناری-با-بازشو ۱۶۲
- شکل ۱-۸- ۱- پلان ساختمانهای مورد بررسی ۱۶۵

- شکل ۸-۲- ساختمانهای ۳، ۷ و ۱۲ طبقه مورد بررسی در جهت قاب خمشی A ۱۶۵
- شکل ۸-۳- بارگذاری ثقلی و جانبی قابهای خمشی ۳، ۷ و ۱۲ طبقه ۱۷۰
- شکل ۸-۴- طراحی قابهای خمشی ۳ و ۷ طبقه به همراه نسبت تنشها ۱۷۲
- شکل ۸-۵- طراحی قاب خمشی ۱۲ طبقه به همراه نسبت تنشها ۱۷۳
- شکل ۸-۶- جزئیات اندازه‌گذاری ستون دویل I-شکل ۱۷۴
- شکل ۸-۷- استفاده از ورق میانی در اتصال صلب تیر با ستونهای دویل (مبحث ۱۰، ۱۳۸۴) ۱۷۷
- شکل ۸-۸- نمونه اتصال واجد شرایط قاب خمشی ویژه (استاندارد ۲۸۰۰، ۱۳۷۸) ۱۷۷
- شکل ۸-۹- اتصال ورق-بال-جوش شده با ستون دویل I-شکل ۱۸۰
- شکل ۸-۱۰- جزئیات اندازه‌گذاری اتصالات ورق-بال-جوش شده با ستون دویل I-شکل ۱۸۱
- شکل ۸-۱۱- اتصال تقویت شده بوسیله صفحه کناری-با-بازشو با ستون دویل I-شکل ۱۸۳
- شکل ۸-۱۲- مراحل پیشنهادی نصب اجزاء تقویت به وسیله صفحه کناری-با-بازشو ۱۸۶
- شکل ۸-۱۳- جزئیات اندازه‌گذاری اتصالات تقویت شده بوسیله صفحه کناری-با-بازشو ۱۸۹
- شکل ۹-۱- مدل میانقاب یک-طرفه مورد قبول آیین‌نامه برای اتصالات خمشی
(FEMA 355D, 2000; FEMA 350, 2000) ۱۹۳
- شکل ۹-۲- مدل میانقاب مورد استفاده در تحلیل اجزاء محدود اتصالات متداول و تقویت شده ۱۹۴
- شکل ۹-۳- نحوه محاسبه زاویه دریافت میان طبقه (FEMA 350/351, 2000) ۱۹۵
- شکل ۹-۴- الگوی بارگذاری سیکلی استاندارد در تحقیقات SAC (FEMA 355D, 2000) ۱۹۵
- شکل ۹-۵- مشخصات مصالح چندخطی سخت‌شوندگی جنبشی (ANSYS, Inc. Theory Reference) ۱۹۸
- شکل ۹-۶- رفتار مصالح چندخطی سخت‌شوندگی جنبشی تحت تنشهای تک‌محوره
(ANSYS, Inc. Theory Reference) ۱۹۹
- شکل ۹-۷- رفتار واقعی و رفتار مدلسازی شده برای فولاد ساختمانی ST-37 ۲۰۰
- شکل ۹-۸- هندسه المان SOLID45 (ANSYS, Element Reference) ۲۰۱
- شکل ۹-۹- هندسه المانهای تماسی TARGE170 و CONTA173
(ANSYS, Element Reference) ۲۰۲

- شکل ۹-۱۰- احجام سازنده نمونه‌های مورد بررسی در نرم‌افزار AutoCAD ۲۰۴
- شکل ۹-۱۱- شبکه‌بندی سطوح تماسی در نمونه‌های مورد بررسی با استفاده از المانهای
TARGE170 و CONTA173 ۲۰۶
- شکل ۹-۱۲- شبکه‌بندی احجام نمونه‌های مورد بررسی با استفاده از المان SOLID45 ۲۰۷
- شکل ۹-۱۳- اعمال شرایط مرزی روی نمونه‌های مورد بررسی ۲۰۹
- شکل ۹-۱۴- هندسه و جزئیات نمونه آزمایشی S.N.2 (مزروعی و همکاران، ۱۳۷۸) ۲۱۲
- شکل ۹-۱۵- نتایج آزمایش نمونه S.N.2 (مزروعی و همکاران، ۱۳۷۸) ۲۱۲
- شکل ۹-۱۶- هندسه و مدل اجزاء محدود نمونه S.N.2 ۲۱۳
- شکل ۹-۱۷- مقایسه نتایج تحلیل اجزاء محدود با نتایج آزمایش تجربی برای نمونه S.N.2 ۲۱۳
- شکل ۹-۱۸- نتایج تحلیل اجزاء محدود برای نمونه S.N.2 ۲۱۴
- شکل ۹-۱۹- هندسه و مدل اجزاء محدود نمونه تقویت‌شده S.N.2-SP ۲۱۵
- شکل ۹-۲۰- مقایسه نتایج تحلیل اجزاء محدود نمونه S.N.2 با نمونه تقویت‌شده S.N.2-SP ۲۱۶
- شکل ۹-۲۱- نتایج تحلیل اجزاء محدود برای نمونه تقویت‌شده S.N.2-SP ۲۱۶
- شکل ۹-۲۲- مدل اجزاء محدود نمونه‌های اتصالات ورق-بال-جوش شده متداول و
اتصالات تقویت‌شده به وسیله صفحه کناری-با-بازشو ۲۲۰
- شکل ۹-۲۳- مود اول کمانش برای نمونه‌های مورد بررسی و بدست آمده از تحلیل کمانش ۲۲۲
- شکل ۹-۲۴- چرخش چشمه اتصال (Mazollani, 2000) ۲۲۶
- شکل ۹-۲۵- چرخش گره اتصال (Mazollani, 2000) ۲۲۷
- شکل ۹-۲۶- نحوه محاسبه لنگرها و چرخشهای مورد نیاز ۲۲۹
- شکل ۹-۲۷- منحنی‌های هیسترسیس نمونه WFP-27-18 و نمونه تقویت‌شده SPO-27-18 ۲۳۰
- شکل ۹-۲۸- منحنی‌های هیسترسیس نمونه WFP-27-22 و نمونه تقویت‌شده SPO-27-22 ۲۳۲
- شکل ۹-۲۹- منحنی‌های هیسترسیس نمونه WFP-33-22 و نمونه تقویت‌شده SPO-33-22 ۲۳۴
- شکل ۹-۳۰- منحنی‌های هیسترسیس نمونه WFP-33-27 و نمونه تقویت‌شده SPO-33-27 ۲۳۶
- شکل ۹-۳۱- منحنی‌های هیسترسیس نمونه WFP-40-27 و نمونه تقویت‌شده SPO-40-27 ۲۳۸
- شکل ۹-۳۲- منحنی‌های هیسترسیس نمونه WFP-40-33 و نمونه تقویت‌شده SPO-40-33 ۲۴۰