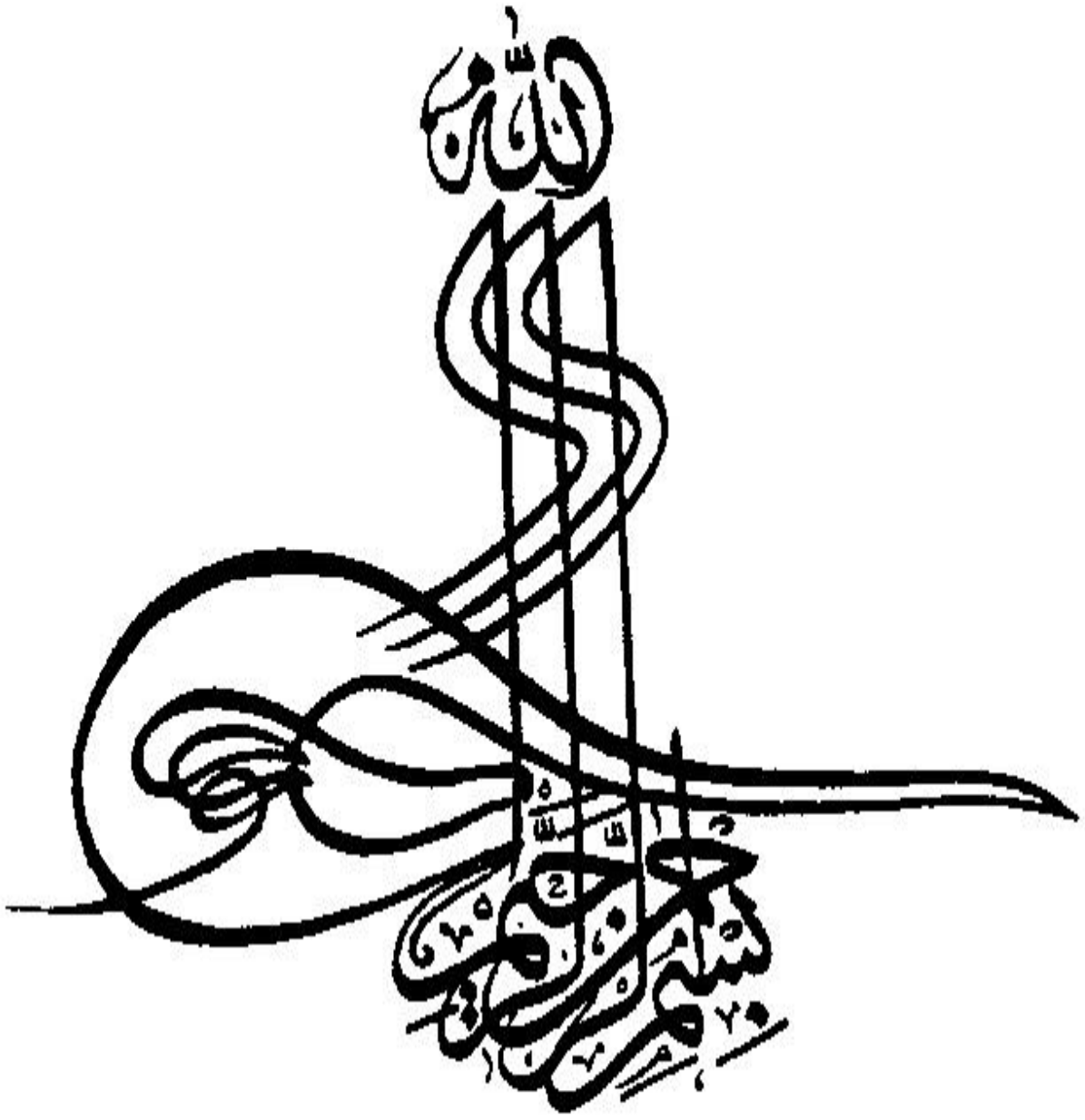
بسم الله الرحمن الرحيم

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه علم و فرهنگ

دانشکده فنی و مهندسی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران – گرایش سازه

بررسي عملكرد اتصالات تير با مقطع كاهش يافته (RBS) در قاب

نگارش

مصطفی شرفی

استاد راهنما

دکتر علی نیکخو

اسفندماه ۱۳۹۰

فرم ز

بسمه تعالی

صورتجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر(عج) جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای **مصطفی شرفی** تحت عنوان : **"بررسی عملکرد اتصالات تیر با مقطع کاهش یافته (RBS) در قاب"** در تاریخ ۹۰/۱۲/۹ با حضور هیأت داوران در دانشگاه علم و فرهنگ برگزار گردید. به موجب آیین نامه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد، ارزشیابی هیات داوران به شرح ذیل است.

قبول با درجه (عالی) دفاع مجدد □ مردود□

اعضای هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
۱- استاد راهنما:	جناب آقای دکتر علی نیکخو	استادیار	
۲- استاد داور:	جناب آقای دکتر علیرضا آقابابایی	دانشیار	
۳- استاد داور:	جناب آقای دکتر نادر خواجه‌احمدعطاری	استادیار	
٤- نماینده دانشکده:	جناب آقای دکتر علیرضا آقابابایی	دانشیار	

آموزش دانشکده

ماده ۲۰ آیین‌نامه آموزشی- ارزشیابی پایان نامه	
الف) نمره از ۱۸ تا ۲۰	عالی
نمره از ۱۶ تا ۱۸	بسیار خوب
نمره از ۱۴ تا ۱۶	خوب
نمره از ۱۲ تا ۱۴	قابل قبول
ب) نمره کمتر از ۱۲	غیر قابل قبول

ضروری است که یک نسخه تکمیل شده این فرم مطابق شیوه‌نامه تدوین پایان‌نامه‌ها در ابتدای پایان‌نامه الصاق گردد.

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزتر از جانم

به پاس تمام زحمات بی دریغ شان

تقدیر و تشکر

حال که با توکل بر خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولیعصر (عج) موفق به تهیه و تدوین این پایان نامه گردیده ام، شایسته است مراتب تشکر و قدردانی خود را از تلاشها و زحمات بی دریغ استاد گرانقدر **جناب آقای دکتر علی نیکخو** که با صبوری همواره در پیش برد و به بار نشستن این تحقیق مرا یاری نمودند ابراز نموده و سلامت و توفیق روز افزون ایشان را از درگاه الهی آرزو نمایم.

چکیده:

در پی زلزله نورثریج در سال ۱۹۹۴ در کالیفرنیای آمریکا و زلزله ی کوبه در سال ۱۹۹۵ سازه هایی که از قابهای خمشی فولادی استفاده می کردند به طور جدی دچار آسیبهایی همچون شکست ترد در ناحیه ی اتصالات خود شدند که لزوم بازنگری در روشهای طراحی و اجرای اتصالات را مطرح کرد.حاصل بازنگری ها و تحقیقات انجام شده پس از زلزله های مذکور تدوین آیین نامه های جدید با رویکرد انتقال محل تشکیل مفصل پلاستیک از بر ستون بر روی تیر که یک عضو شکل پذیر در قاب است، بود.یکی از راهکارهای عمده برای رسیدن به اهداف ترسیم شده که کاهش تنش اتصال در بر ستون و افزایش شکل پذیری اتصال و همچنین انتقال محل تشکیل مفصل پلاستیک به محلی دور از ناحیه ی اتصال است تضعیف تیر از طریق کاهش مقطع تیر(RBS)بود.روش تضعیف تیر یا کاهش مقطع تیر (RBS) به دلیل رفتار شکل پذیر و همچنین جذب انرژی بالا و کاهش هزینه نسبت به روشهای دیگرمورداستقبال بیشتر طراحان و فعالان صنعت ساختمان گردید.در مطالعه ی حاضر به بررسی عملکرد جابجایی و جابجایی نسبی طبقات(Drift)در قابهای یک تا چهار طبقه دارای اتصال RBS از طریق تحلیل تاریخچه زمانی با استفاده از هفت رکورد شتاب نگاشت پرداخته می شود. در بخش دوم تعداد نقاط پلاستیک ایجاد شده در هر دو قاب با اتصال معمولی و اتصالات RBS دار تحت اثر هفت رکورد شتاب نگاشت مورد بررسی قرار خواهد گرفت.در انتها برای قاب سه طبقه با قاب دارای اتصال RBS و اتصال معمولی شتاب نسبی طبقات بر اثر شتاب نگاشتهای مذکور و ارائه و بررسی خواهد شد.در مطالعه حاضر ازنرم افزار آباکوس که نرم افزار اجزا محدودی است برای مدل سازی و آنالیز استفاده شده است.

کلمات کلیدی: قاب خمشی ویژه ، اتصالات RBS ، زلزله نورثریج، تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی، Drift، ABAQUS ، اتصالات استخوانی

فهرست مطالب

عنوان صفحه

پیشگفتار----------۱

فصل اول:کلیات

۱-۱-مقدمه----------۴

۱-۲-هدف طراحی لرزه ای ----------۶

۱-۳-قاب خمشی ----------۷

۱-۴-رفتار قاب خمشی در برابر زلزله ----------۷

۱-۵-قاب خمشی ویژه(SMF) ----------۹

۱-۶-اتصال تیر به ستون در قاب خمشی ویژه ----------۱۰

فصل دوم:معرفی اتصال(RBS)

۲-۱-خرابی اتصالات در اثر زلزله نورثریج ----------۱۳

۲-۲-علل خرابی در اتصالات قبل از نورثریج ----------۱۶

۲-۲-۱-هندسه اتصال ----------۱۶

۲-۲-۲-تنش ثانویه----------۱۶

۲-۲-۳-پانل زون ضعیف ----------۱۷

۲-۲-۴-تنش تسلیم واقعی فولاد ----------۱۷
۲-۲-۵-سوراخ دسترسی جوشکاری ----------۱۷
۲-۲-۶-مواد جوشکاری نامرغوب ----------۱۸
۲-۲-۷-جوشکاری اتصال بال پایین تیر و بال ستون در موقعیت
غیر مجاز ----------۱۸
۲-۲-۸-مونتاژ ونصب ناصحیح ----------۱۸
۲-۳-تحقیقات پس از زلزله نورثریج ----------۱۹
۲-۳-۱-اتصالات تقویت شده ----------۲۰
۲-۳-۲-اتصالات تضعیف شده(RBS) ----------۲۱
۲-۴-تاریخچه گسترش اتصالات(RBS) ----------۲۳
۲-۵-مکانیزم انتقال نیرو در اتصال قبل از نورثریج و
اتصال(RBS) ----------۲۵
۲-۵-۱-اتصال قبل نورثریج ----------۲۵
۲-۵-۲-اتصال(RBS) ----------۲۷
۲-۶-طراحی اتصال RBS برای سیستم قاب خمشی ویژه ----------۲۸
۲-۶-۱-طراحی(RBS)----------۲۹
۲-۶-۲-اندازه(RBS) ----------۲۹

۲-۶-۳-طراحی RBSبه روش مرحله به مرحله ----------۳۱

۲-۷-ملاحضات اضافی طراحی----------۴۰

فصل سوم:طراحی و تحلیل

۳-۱-هدف ----------۴۳

۳-۲-معرفی قابهای مورد مطالعه ----------۴۳

۳-۳-فرضیات طراحی ----------۴۳

۳-۴-طراحی ----------۴۵

۳-۴-۱-طراحی ناحیه ی بریده شده تیر ----------۴۶

۳-۴-۲-مهار جانبی ----------۴۶

۳-۴-۳-خواص مصالح ----------۴۷

۳-۵-تحلیل ----------۴۸

۳-۵-۱-تحلیل تاریخچه زمانی ----------۴۸

۳-۵-۱-۱-بزرگی زلزله ----------۵۰

۳-۵-۱-۲-شدت زلزله ----------۵۰

۳-۵-۱-۳-فاصله از منبع زلزله ----------۵۱

۳-۵-۱-۴-خصوصیات خاک ----------۵۲

۳-۶-مشخصات حرکات شدید خاک ----------۵۳

۳-۶-۱-حرکات شدید زمین ----------۵۳
۳-۶-۲-حداکثر حرکات زمین ----------۵۴
۳-۶-۳-مدت دوام حرکات شدید ----------۵۴
۳-۶-۴-محتوای فرکانسی ----------۵۸
۳-۷-مقیاس کردن رکوردها ----------۶۲
۳-۷-۱-مقیاس سازی به روش استاندارد ۲۸۰۰ ایران ----------۶۲
۳-۸-مشخصات رکوردها ----------۶۶

فصل چهارم:انتخاب نرم افزار و مدل سازی

۴-۱-هدف مدل سازی ----------۷۹
۴-۲-انتخاب نرم افزار ----------۷۹
۴-۳-قابلیتهای نرم افزار ABAQUS ----------۸۰
۴-۴-مدل سازی و کنترل نرم افزار ----------۸۰
۴-۵-المانهای مورد استفاده ----------۸۳
۴-۶-سخت افزار ----------۸۵

فصل پنجم:عملکرد قابها

۵-۱-مقدمه ----------۸۷

۵-۲-میانگین جابجایی نقطه ی میانی تیر ----------۸۸

۵-۳-نسبت جابجایی نسبی طبقات ----------۱۰۰

۵-۳-۱-ضرورت بررسی جابجایی نسبی----------۱۰۱

۵-۴-تعداد نقاط پلاستیک شده در قابها ----------۱۱۶

۵-۵-شتاب نسبی ----------۱۲۰

۵-۶-شکل پذیری----------۱۲۸

فصل ششم:نتیجه گیری

۶-۱-نتیجه گیریها ----------۱۳۱

۶-۲-پیشنهادات ----------۱۳۳

فهرست منابع----------۱۳۴

فهرست جداول

عنوان صفحه

جدول ۳-۱ جزئیات قابهای طراحی شده ----------۴۵

جدول ۳-۲ ابعاد بدست آمده برای ناحیه بریده شده تیر ----------۴۶

جدول ۳-۳ طبقه بندی نوع زمین براساس سرعت موج برشی متوسط----------۵۲

جدول ۳-۴ مشخصات شتاب نگاشت ----------۶۶

جدول ۴-۱ مقایسه جابجایی حاصل از نرم افزار SAP,ABAQUS ----------۸۱

جدول ۵-۱ ماکزیمم جابجایی در قاب یک طبقه بدون RBS ----------۹۱

جدول ۵-۲ ماکزیمم جابجایی در قاب یک طبقه RBS دار ----------۹۴

جدول ۵-۳ ماکزیمم جابجایی در قاب دو طبقه بدون RBS ----------۹۵

جدول ۵-۴ ماکزیمم جابجایی در قاب دو طبقه RBS دار ----------۹۵

جدول ۵-۵ ماکزیمم جابجایی در قاب سه طبقه بدون RBS ----------۹۶

جدول ۵-۶ ماکزیمم جابجایی در قاب سه طبقه RBS دار ----------۹۶

جدول ۵-۷ ماکزیمم جابجایی در قاب چهار طبقه بدون RBS ----------۹۷

جدول ۵-۸ ماکزیمم جابجایی در قاب چهار طبقه RBS دار ----------۹۷

جدول ۵-۹ مقایسه ماکزیمم جابجایی میانگین برای قابهایRBS و بدون RBS

و درصد نسبت آنها ----------۹۸

جدول۵-۱۰ ماکزیمم نسبت جابجایی نسبی طبقات قاب دو طبقه معمولی ----------۱۰۴

جدول ۵-۱۱ ماکزیمم نسبت جابجایی نسبی طبقات طبقات برای قاب دو

طبقه RBS دار ----------۱۰۷

جدول ۵-۱۲ ماکزیمم نسبت جابجایی نسبی طبقات برای قاب سه طبقه معمولی

برای طبقات ۱ و ۲ ----------۱۰۸

جدول ۵- ۱۳ ماکزیمم نسبت جابجایی نسبی طبقات برای قاب سه طبقه معمولی

برای طبقات ۳ و ۲ ----------۱۰۹

جدول ۵- ۱۴ ماکزیمم نسبت جابجایی نسبی طبقات برای قاب سه طبقه معمولی

RBS دار برای طبقات ۲ و ۱----------۱۰۹

جدول ۵-۱۵ ماکزیمم نسبت جابجایی نسبی طبقات برای قاب سه طبقه معمولی

RBS دار برای طبقات ۳ و ۲ ----------۱۱۰

جدول ۵- ۱۶ ماکزیمم نسبت جابجایی نسبی طبقات برای قاب ۴ طبقه معمولی

برای طبقات ۱ و ۲ ----------۱۱۰

جدول ۵-۱۷ ماکزیمم نسبت جابجایی نسبی طبقات برای قاب ۴ طبقه معمولی

برای طبقات ۲ و ۳ ----------۱۱۱

جدول ۵-۱۸ ماکزیمم نسبت جابجایی نسبی طبقات برای قاب ۴ طبقه معمولی

برای طبقات ۳ و ۴ ----------۱۱۱

جدول ۵-۱۹ ماکزیمم نسبت جابجایی نسبی طبقات برای قاب ۴ طبقه RBSدار

برای طبقات ۱ و ۲----------۱۱۲

جدول ۵-۲۰ ماکزیمم نسبت جابجایی نسبی طبقات برای قاب ۴ طبقه RBSدار

برای طبقات ۲ و ۳ ----------۱۱۲

جدول ۵-۲۱ ماکزیمم نسبت جابجایی نسبی طبقات برای قاب ۴ طبقه RBSدار

برای طبقات ۳ و ۴ ----------۱۱۳

جدول ۵-۲۲ تعداد مفاصل تشکیل شده در قاب بر اثر اعمال ۷ شتاب نگاشت ----------۱۱۷

جدول ۵-۲۳ ماکزیمم شتاب نسبی طبقات در قاب سه طبقه معمولی مربوط به طبقه ۱ و ۲ ----------۱۲۳

جدول ۵-۲۴ ماکزیمم شتاب نسبی طبقات در قاب سه طبقه معمولی مربوط به طبقه ۲ و ۳ ----------۱۲۳

جدول ۵-۲۵ ماکزیمم شتاب نسبی طبقات در قاب سه طبقه RBS دار مربوط به طبقه ۱ و ۲ ----------۱۲۶

جدول ۵-۲۶ ماکزیمم شتاب نسبی طبقات در قاب سه طبقه RBS دار مربوط به طبقه ۲ و ۳ ----------۱۲۷

فهرست شکل ها

عنوان صفحه

شکل ۱-۱ نمودار آزاد قاب خمشی یک دهانه دو طبقه تحت نیروی جانبی

$p_۱, p_۲$ ناشی از زلزله ----------۸

شکل ۱-۲ جزئیات طراحی اتصال تیر به ستون معمول در سیستم SMF ----------۱۰

شکل ۲-۱ جزئیات یک نمونه از اتصالات رایج قبل از نورثریج ----------۱۴

شکل ۲-۲ منحنی هیسترزیس یک نمونه از اتصالات رایج قبل از نورثریج----------۱۴

شکل ۲-۳ چند نمونه از نمونه های گسترش ترک در اتصالات در طی زلزله نورثریج ----------۱۵

شکل ۲-۴ جزئیات تعدادی از اتصالات تقویت شده ----------۲۱

شکل ۲-۵ اتصال RBS با برش های مختلف ----------۲۲

شکل ۲-۶ شمایی از اتصال RBS با برش شعاعی ----------۲۴

شکل ۲-۷ نمودار هیسترزیس یک نمونه از اتصالات RBS با برش شعاعی----------۲۵

شکل ۲-۸ نحوه ی انتقال نیرو در اتصالات قبل از نورثریج ----------۲۶

شکل ۲-۹توزیع تنش اصلی بدست آمده از تجزیه و تحلیل اجزاء

محدود در جان تیر ----------۲۷

شکل ۲-۱۰ پارامترهای RBS ----------۳۰

شکل ۲-۱۱ مقطع عرضی تیر در کمترین مقطع RBS ----------۳۲

شکل ۲-۱۲ دیاگرام آزاد خمش تیر بین مراکز RBS ----------۳۴

شکل ۳-۱ نمودار تنش – کرنش ۳ خطه ایده آل فولاد ----------۴۷

شکل ۳-۲روابط میان شتاب حداکثر و شدت زلزله ----------۵۱

شکل ۳-۳ نمودار هیوسید ----------۵۶

شکل ۳-۴ چگالی طیفی توان نرمال شده برای تعداد ۱۶۱

رکورد شتاب نگاشت افقی بر روی آبرفت ----------۶۱

شکل ۳-۵ مقایسه طیف پاسخ شتاب متوسط گیری شده با طیف

استاندارد ۲۸۰۰ برای محاسبه ضریب مقیاس سازه ها ----------۶۵

شکل ۳-۶ شتاب نگاشتها ی ثبت شده مربوط به هر رکورد ----------۶۹

شکل۳-۷ نمودار مدت زمان جنبش موثر زلزله لوموپریتا(۲) ----------۷۰

شکل۳-۸ نمودار مدت زمان جنبش موثر زلزله مورگان هیل ----------۷۰

شکل۳-۹ نمودار مدت زمان جنبش موثر زلزله نورثریج(۱) ----------۷۱

شکل۳-۱۰ نمودار مدت زمان جنبش موثر زلزله نورثریج(۲) ----------۷۱

شکل۳-۱۱ نمودار مدت زمان جنبش موثر زلزله نورثریج(۳) ----------۷۲

شکل۳-۱۲ نمودار مدت زمان جنبش موثر زلزله سن فرناندو ----------۷۲

شکل۳-۱۳ نمودار مدت زمان جنبش موثر زلزله ویدرنروز----------۷۳

شکل ۳-۱۴ طیف دامنه فوریه زلزله لوما پریتا (۲) ----------۷۴

شکل ۳-۱۵ طیف دامنه فوریه زلزله مورگان هیل ----------۷۴

شکل ۳-۱۶ طیف دامنه فوریه زلزله نورثریج(۱)----------۷۴

شکل ۳-۱۷ طیف دامنه فوریه زلزله نورثریج(۲) ----------۷۵

شکل ۳-۱۸ طیف دامنه فوریه زلزله نورثریج(۳) ----------۷۵

شکل ۳-۱۹ طیف دامنه فوریه زلزله سن فرناندو ----------۷۶

شکل ۳-۲۰ طیف دامنه فوریه زلزله ویدرنروز ----------۷۶

شکل ۳-۲۱ طیف پاسخ رکوردها در مقیاس با طیف استاندارد۲۸۰۰ ----------۷۷

شکل ۴-۱ جابجایی برای قاب یک طبقه در نرم افزار SAP ----------۸۲

شکل ۴-۲ جابجایی برای قاب دو طبقه در نرم افزار SAP ----------۸۲

شکل ۴-۳ جابجایی برای قاب سه طبقه در نرم افزار SAP ----------۸۳

شکل ۴-۴ نمونه تیر با مقطع کاهش یافته و مش بندی شده در نرم افزار ----------۸۴

شکل ۴-۵ نمونه ای از قابهای یک و دو طبقه مدل سازی شده و مونتاژ شده در نرم افزار ----------۸۴

شکل ۵-۱ نمودارهای جابجایی قاب یک طبقه بدون RBS برای ۷ شتاب نگاشت ----------۹۱

شکل ۵-۲ نمودارهای جابجایی قاب یک طبقه RBS دار برای ۷ شتاب نگاشت----------۹۴

شکل ۵-۳ نمودار مقایسه ماکزیمم جابجایی میانگین برای قابها ----------۹۸

شکل ۵-۴ نمودار مقایسه درصد نسبت جابجایی قابها ----------۹۹

شکل ۵-۵ پاسخ نسبت جابجایی نسبی طبقات برای قاب دو طبقه ی معمولی----------۱۰۳

شکل ۵-۶ پاسخ نسبت جابجایی نسبی طبقات برای قاب دو طبقه RBS دار----------۱۰۷

شکل ۵-۷ مقایسه ماکزیمم نسبت جابجایی نسبی طبقات برای قاب بدون RBS و معمولی

برای قاب دو طبقه----------۱۱۳

شکل ۵-۸ مقایسه ماکزیمم نسبت جابجایی نسبی طبقات برای قاب بدون RBS و معمولی

برای قاب سه طبقه----------۱۱۴

شکل ۵-۹ مقایسه ماکزیمم نسبت جابجایی نسبی طبقات برای قاب بدون RBS و معمولی

برای قاب ۴ طبقه ----------۱۱۴

شکل ۵- ۱۰ مقایسه نسبت افزایش جابجایی نسبی طبقات برای قاب RBS دار نسبت به معمولی ----------۱۱۵

شکل ۵-۱۱ نمونه هایی از چگونگی گسترش مفصل پلاستیک اتصال معمولی و اتصال RBS ----------۱۱۸

شکل ۵-۱۲ پاسخ شتاب نسبی طبقات برای قاب سه طبقه بدون RBS مربوط به طبقه ۱ و ۲ ----------۱۲۲

شکل ۵-۱۳ پاسخ شتاب نسبی طبقات برای قاب سه طبقه RBS دار مربوط به طبقه ۱ و ۲ ----------۱۲۶

شکل ۵-۱۴ مقایسه شتاب نسبی طبقات برای قاب معمولی و RBS دار ----------۱۲۷

شکل ۵-۱۶:نمودار هیسترزیس مربوط به اتصال RBS----------۱۲۹

شکل ۵-۱۵:نمودار هیسترزیس مربوط به اتصال معمولی----------۱۲۹

پیشگفتار

سازه های فولادی در سطح جهان و در کشور ما کاربرد وسیعی دارند، این نوع از سازه ها نیاز به دقت کافی درمرحله طراحی و به خصوص در مرحله ساخت داردکه متاسفانه علی رغم پیشرفتهای خوبی که در بحث طراحی در کشور ما در سالهای اخیر حاصل شده است از مسائل مهم مطروحه در حال حاضر بحث ساخت این گونه سازه ها ست که از جمله مشکلات در صنعت ساختمان است از این رو آشنایی کافی با روش های صحیح و بهینه ی طراحی،ساخت،مقاوم سازی و تقویت این نوع از سازه ها لازم و ضروری به نظر می رسد.

هر ساله در سطح جهان و به طبع در کشور ما که یکی از نقاط زلزله خیز جهان است زلزله های کوچک و بزرگی اتفاق می افتد که سبب بازنگری در دیدگاهها و معیارهای موجود برای طراحی و ارائه راهکارهای جدید برای بهسازی و تقویت سازه های موجود می شود.درس های آموخته شده از این زلزله ها ضرورت ویرایش آیین نامه های موجود و ارائه روشهای نوین را آشکار ساخته است.

یکی از موارد مشاهده شده در سازه های فولادی پس از زلزله ها شکست ترد در اتصالات فولادی بود از این رو برای جلوگیری ازاین نوع شکست و تامین شکل پذیری لازم برای اتصال تغییرات عمده ای در نحوه ی طراحی و اجرای اتصالات در سازه های فولادی ایجاد شد.هدف اصلی از این تغییرات انتقال مرکزیت تنشها و در نتیجه انتقال محل ایجاد مفصل پلاستیک از بر ستون به محلی به دور از این ناحیه که قاعدتا باید روی تیر که در سازه به عنوان یک عضو شکل پذیر از آن یاد می شود،است.

تامین این هدف در اتصالات فولادی با استفاده از دو سناریوی پیشنهادی صورت میگیرد.

۱-تقویت اتصال در ناحیه ی بحرانی

۲-تضعیف تیر در محل مورد نظر برای ایجاد مفصل و در نتیجه جذب تنش وارده به اتصال