بسم الله الرحمن الرحيم

٤٠٤٩٥

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تحویل در مرکز

پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

مهندسی زلزله

۱۳۸۱/۲۱/۱۷
017247

موضوع

بررسی رفتار مقاطع RBS در برابر بارهای لرزه‌ای

دانشجو

رضا آریائی

۴۰۴۹۰

استاد راهنما

دکتر بهرخ حسینی هاشمی

استاد مشاور

دکتر فرهاد بهنام‌فر

اسفند ماه ۱۳۸۰

۴۰۴۹۰

تقدیم به

پدرو مادرعزیزم

استاد راهنما:

دکتر بهرخ حسینی هاشمی

امضاء

استاد مشاور:

دکتر فرهاد بهنام‌فر

امضاء

هیأت ژوری:

۱- استاد مدعو:

دکتر مالک

امضاء

۲- استاد ممتحن:

دکتر عبدالرضا سروقد مقدم

امضاء

سرپرست تحصیلات تکمیلی:

دکتر بهرخ حسینی هاشمی

امضاء

فهرست عناوین

عنوان | صفحه

فصل اول: مطالعه بر روی قاب خمشی ویژه تا قبل از زلزله نورث‌ریج

۱-۱- قاب مقاوم خمشی ۴

۱-۲- پاسخ قابهای مقاوم خمشی در برابر بارهای جانبی ۵

۱-۳- طراحی شکل‌پذیر ستون در قاب خمشی ۷

۱-۴- چشمهٔ اتصال ۹

۱-۵- اتصال تیر به ستون ۱۲

۱-۵-۱- مطالعه بر روی اتصالات تا قبل از زلزله نورث‌ریج ۱۲

۱-۵-۲- دلایل شکست ۱۴

۱-۵-۲-۱- نحوهٔ اجرا و کنترل صحت انجام کار ۱۴

۱-۵-۲-۱- نحوهٔ اجرا و کنترل صحت انجام کار ۱۴

۱-۵-۲-۲- طراحی جوش ۱۴

۱-۵-۲-۳- مکانیسم‌های شکست ۱۴

۱-۵-۲-۴- افزایش تنش جاری شدن فولاد ۱۵

۱-۵-۲-۵- عدم گسیختگی بال ۱۵

۱-۵-۲-۶- تمرکز تنش ۱۵

۱-۵-۲-۷- اثرات شرایط تنش سه محوری ۱۶

۱-۵-۲-۸- سرعت بارگذاری ۱۸

۱-۵-۲-۹- وجود دال بر روی بال بالائی تیر ۱۸

فصل دوم: روشهای طراحی شکل‌پذیر، قابهای مقاوم خمشی بعد از زلزله نورث‌ریج

۲-۱- طراحی قابهای بادبندی شده ۲۰

فهرست عناوین

عنوان — صفحه

۲-۲- روشهای طراحی شکل‌پذیر اتصالات تیر به ستون ۲۴

۲-۲-۱- قوی کردن اتصال ۲۴

۲-۲-۲- روش ضعیف کردن مقطع تیر یا کاهش مقطع تیر (RBS) ۲۷

۲-۳- تاریخچهٔ توسعه استفاده از مقاطع RBS ۲۷

۲-۳-۱- تاریخچهٔ اولیه ۲۸

۲-۴- مروری بر نتایج آزمایشات نمونه‌های مقاطع کاهش یافته ۳۲

۲-۵- مدلهای تحلیلی ۳۳

۲-۵-۱- قابهای مطالعه موردی ۳۵

۲-۵-۲- طرح نهائی قابها ۳۸

۲-۵-۳- تحلیل استاتیکی غیرخطی (پوش‌اور) ۴۲

۲-۵-۳-۱- نتایج پوش‌اور بدست آمده از قابهای سه طبقه ۴۳

۲-۵-۳-۲- نتایج پوش‌اور بدست آمده از قابهای ۱۰ طبقه ۴۷

۲-۵-۴- عملکرد لرزه‌ای قابها ۴۹

۲-۵-۵- تحلیل به روش اجزاء محدود اتصالات RBS ۵۸

فصل سوم: مراحل طراحی مقاطع استخوان برای قابهای مقاوم خمشی ویژه

مقدمه ۶۱

۳-۱- طراحی RBS ۶۱

۳-۲- اندازه‌های RBS ۶۱

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

فهرست عناوین

عنوان | صفحه

۳-۳- روش گام به گام برای طراحی مقطع RBS ۶۳

۳-۴- نکات اضافی مهم در طراحی مقاطع RBS ۶۹

فصل چهارم: مقایسه نتایج آزمایشگاهی و تئوری مدل موضعی

مقدمه ۷۵

۴-۱- آزمایشات انجام شده توسط پوپوف ۷۵

۴-۱-۱- مقاطع بکار رفته در اتصال تیر به ستون ۷۵

۴-۱-۲- شرح آزمایش ۷۶

۴-۱-۳- بارگذاری تاریخچه زمانی ۷۷

۴-۱-۴- پردازش اطلاعات ۷۷

۴-۱-۵- نتایج آزمایش ۷۸

۴-۲- مدلسازی کامپیوتری که در این پایان‌نامه انجام گرفته است ۷۹

۴-۲-۱- مدلسازی موضعی اتصال تیر به ستون ۷۹

۴-۲-۲- انتخاب المان برای بررسی موضعی ۸۰

۴-۲-۳- مقاطع بکار رفته در مدل اتصال تیر به ستون ۸۱

۴-۲-۴- بارگذاری تاریخچه زمانی ۸۲

۴-۲-۵- نتایج ۸۲

۴-۲-۶- نکات حائز توجه در مدلسازی و اجرای برنامه ۸۴

فهرست عناوین

عنوان — صفحه

فصل پنجم: بهسازی سازه‌های موجود با استفاده از مقطع کاهش یافته تیر

مقدمه ۱۰۶

۵-۱- شرح مدلسازی حالت کلی با استفاده از المان BEAM24 ..... ۱۰۷

۵-۲- انتخاب المان برای بررسی کلی ۱۰۷

۵-۳- مقاطع بکار رفته در مدل کلی قاب ۱۰۸

۵-۴- تعیین خصوصیت فولاد بکار رفته در مدلسازی ۱۰۹

۵-۵- نحوهٔ آرایش مقاطع لاغر شده تیر ۱۰۹

۵-۶- نحوهٔ نامگذاری قابها ۱۱۰

۵-۷- آنالیز استاتیکی غیرخطی ۱۱۱

۵-۸- نحوه شکل‌گیری مفاصل پلاستیک در قابهای مختلف RBSدار ۱۱۲

۵-۸-۱- مفاصله پلاستیک در ستونها ۱۱۳

۵-۸-۲- مفاصل پلاستیک در تیرها ۱۱۳

۵-۸-۳- بررسی نسبت تعداد گره‌های مفصل شده ستونها به کل گره‌های ستونهای قاب سه طبقه ۱۱۴

۵-۸-۴- بررسی نسبت تعداد گره‌های مفصل شده ستونها به کل گرههای ستونهای قاب شش طبقه ۱۳۸

۵-۸-۵- بررسی تعداد گره‌های مفصل شده تیرهای قاب سه طبقه ۱۴۵

۵-۸-۶- بررسی تعداد گره‌های مفصل شده تیرهای قاب شش طبقه ۱۴۹

۵-۹- تعیین ضریب رفتار قاب RBS و قاب بدون RBS ۱۵۳

فهرست عناوین

عنوان | صفحه

۵-۹-۱- طرز بدست آوردن ضریب رفتار R ۱۵۳

۵-۹-۲- بدست آوردن ضریب رفتار R برای قابهای مختلف ۱۵۴

۵-۹-۳- نتیجه‌گیری ضریب رفتار بدست آمده برای قاب RBS دار و قاب بدون RBS . ۱۵۹

۵-۱۰- مقایسه عملکرد حالتهای مختلف قاب RBSدار و قاب بدون RBS ۱۶۳

۵-۱۰-۱- مقاومت ۱۶۳

۵-۱۰-۲- خسارت ۱۶۴

۵-۱۰-۳- شکل‌پذیری ۱۶۵

فصل ششم: مقایسه رفتار ساختمان طراحی شده با RBS و بدون RBS با استفاده از آنالیز دینامیکی

مقدمه ۱۶۹

۶-۱- طراحی قابهای سه و شش طبقه برای حالت RBSدار و بدون RBS ۱۶۹

۶-۲- بررسی عملکرد قابهای سه و شش طبقه برای هر دو حالت با RBS و بدون RBS برای دو زلزله ۰/۳۵g طبس و زلزله ۰/۲۵g ال‌سنترو ۱۷۲

۶-۳- نتایج بدست آمده از آنالیز دینامیکی قاب RBSدار و قاب بدون RBS ۱۷۲

۶-۳-۱- تشکیل مفاصل پلاستیک در ستونها ۱۷۳

۶-۳-۲- تشکیل مفاصل پلاستیک در تیرها ۱۷۴

۶-۳-۳- اقتصادی‌تر بودن استفاده از مقاطع RBSدار ۱۷۵

فهرست عناوین

عنوان | صفحه

فصل هفتم: نتیجه گیری

۷-۱- بدست آوردن مدل چهار خطه برای رفتار فولاد تیر و ستون ۱۸۹

۷-۲- نحوهٔ تشکیل مفاصل پلاستیک در قابهای RBSدار و قابهای بدون RBS... ۱۸۹

۷-۲-۱- نتیجه گیری قسمت مقاومت ۱۹۳

۷-۲-۲- نتیجه گیری قسمت خسارت ۱۹۴

۷-۲-۳- نتیجه گیری قسمت شکل‌پذیری ۱۹۴

۷-۳- نتایج بدست آمده از مقایسه رفتاری قاب طرح شده RBS دار و قاب بدونRBS.... ۱۹۵

۷-۴- نتیجه گیری کلی ۱۹۵

پیشنهاد برای کارهای آینده ۱۹۷

مراجع ۲۰۰

چکیده

در این پایان‌نامه ابتدا با انطباق مدل موضعی کامپیوتری با مدل واقعی ساخته شده توسط پوپوف یک نمودار قابل اطمینان از رفتار فولاد بدست آمده و سپس با انجام مدلسازی کلی در طراحی قابها رفتار اندازه‌های مختلف در فواصل مختلف مقاطع لاغر شده تیر بررسی گردید. بدین معنی که با شکل‌گیری مفاصل پلاستیک در تیرها و ستونهای قابهای مختلف RBS دار، مشخص شد که قابهای RBS دار دارای مقاومت بهتری نسبت به قابهای بدون RBS هستند و طبقه نرم در آنها دیرتر بوجود می‌آید. همچنین نشان داده شد که برخی از انواع قابهای RBSدار نسبت به انواع دیگر مقاومترند.

پارامتر دیگر مورد بررسی، خسارت بوجود آمده در قابها بود که مشخص شد در قابهای RBS دار، تعداد مفاصل پلاستیک ایجاد شده در ستونها نسبت به قابهای بدون RBS تا نسبت تغییرمکان جانبی ۲/۵ درصدی بطرز قابل توجهی کمتر است و به عبارت دیگر قابهای RBSدار تا محدوده تغییرمکان جانبی ذکر شده نسبت به قابهای بدون RBS به مراتب خسارت کمتری می‌بینند. همچنین نشان داده شد که برخی از انواع قابهای RBSدار نسبت به انواع دیگر کمتر خسارت می‌بینند.

سومین پارامتر مهم قابل بررسی از روی تعداد مفاصل پلاستیک ایجاد شده در قاب، شکل‌پذیری قابهاست. هرچقدر تعداد مفاصل پلاستیک ایجاد شده در تیرها بیشتر باشند، نشان دهنده آن است که آن قاب رفتار شکل‌پذیرتری دارد. در بررسی‌های انجام شده دیده شد که قابهای RBSدار بطرز چشمگیری شکل‌پذیرتر از قابهای بدون RBS هستند. یعنی تعداد مفاصل پلاستیک ایجاد شده در آنها به مراتب بیشتر از تعداد مشابه در قابهای بدون RBS است. به علاوه طرز شکل‌گیری مفاصل پلاستیک در تیرهای قابهای RBSدار نشان می‌دهد که تا نسبت تغییرمکان جانبی ۲/۵ درصدی، مفاصل پلاستیک در تیرها در انتهای تیر به ستون بوجود نیامده و فقط در انتهاهای RBSها بوجود می‌آیند و این موضوع از این جهت که بواسطه ایجاد تنش کمتر در قسمت انتهائی تیر، اتصال سالمتر می‌ماند بسیار حائز اهمیت است. در این قسمت نیز شکل‌پذیرتربودن برخی از انواع قابهای RBSدار نسبت به سایر انواع قابهای RBSدار نشان داده شد. از RBS نه تنها در طراحی قابها

استفاده می‌شود بلکه حتی در مورد قابهای ساخته شده نیز می‌توان برای بهبود رفتار قاب تحت اثر بارهای جانبی از جمله زلزله از RBS استفاده کرد.

برای نشان دادن این مطلب، دو قاب مشابه یکی با RBS و دیگری بدون RBS تحت آنـالیز دینامیکی قرار گرفتند و عملکرد بهتر قاب RBSدار مورد توجه قرار گرفت. همچنین آنالیز دینامیکی در مورد قابهائی که یکی برای حالت با RBS و دیگری برای حالت بدون RBS طراحی شده بـودند انجام شد و مشخص شد که قابی که برای حالت با RBS طراحی شده است باوجود اینکه المان‌های با ابعاد و مقاطع کوچکتری دارد ولی در مقایسه با قابی که برای حالت بدون RBS طراحی شده است رفتار مناسبتری دارد.

فصل اول

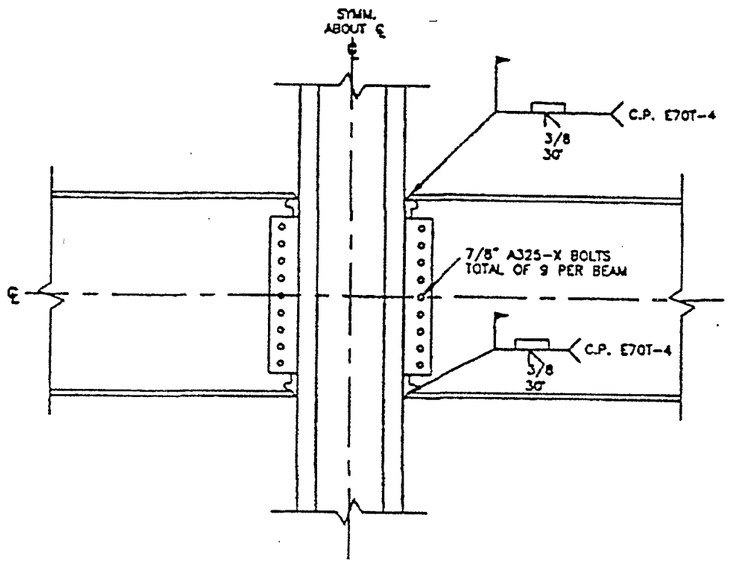
مطالعه بر روی قابهای خمشی ویژه تا قبل از زلزله نورث‌ریج

۱-۱- قاب خمشی ویژه

قاب خمشی ویژه قابی است که در حین مقاومت در برابر نیروهای جانبی مانند زلزله همراه با ایجاد تغییرشکلهای غیرالاستیک در قاب، بواسطه کمانش نکردن موضعی المان‌های قاب و تشکیل نشدن مفاصل پلاستیک در ستونها و یا به عبارت دیگر شکل‌پذیری بالائی که از خود نشان می‌دهند همچنان پایدار باقی می‌مانند. در حقیقت تفاوت قابهای خمشی ویژه و قابهای خمشی در شکل‌پذیرتر بودن قابهای خمشی ویژه است. که این امر از طریق تقویت اتصالات اینگونه قابها میسر می‌گردد. استفاده از این قابها از آنجا که فضاهای وسیعتری را در پلان ساختمان ایجاد می‌کند همواره مورد توجه طراحان ساختمان بوده است.

در سیستم قاب خمشی ویژه از اتصالات تیر بال پهن با جوش نفوذی به بال ستون استفاده می‌شود. شکل (۱-۱) اتصال تیر به ستون در قاب خمشی ویژه بکار رفته در منطقه متأثر از زلزله نورث‌ریج را نشان می‌دهد.

روش معمول استفاده از اینگونه اتصالات تا قبل از زلزله نورث‌ریج استفاده از پیچ یا جوش در اتصال جان تیر به ستون بود و برای اتصال بال تیر به بال ستون از جوش نفوذی شیاری استفاده می‌شد. طراحان همیشه چنان فرض کرده‌اند که برش تیر از طریق اتصال جان تیر به ستون منتقل می‌شود و لنگر از طریق بالهای تیر منتقل می‌شود. تحقیقات جدید توسط لی در سال ۱۹۹۷ [۳] ودیگران بیانگر این مطلب است که در واقعیت چنین اتفاقی نمی‌افتد، یعنی اینکه برش اتصال کاملاً از طریق اتصال جان تیر به ستون و لنگر کاملاً از طریق بالها منتقل نمی‌شوند. چراکه در توزیع بار، اثر تغییرشکل هم باید مدنظر قرار بگیرد. معمولاً ظرفیت باربری مورد نیاز براساس لنگر پلاستیک تیر تعیین می‌شود. بعد از مشاهده معایب اتصالات قابهای خمشی ویژه در زلزله نورث‌ریج یک ملاک طراحی جدید مبنی بر اینکه در اتصال، بال ستون به حالت الاستیک باقی بماند و تغییرشکل غیرالاستیک در قسمتی از تیر دور از ستون ایجاد گردد پیشنهاد گردید و این موضوع با استفاده از طراحی به روش ظرفیت عملی گردید.



شکل (۱-۱): اتصال خمشی قبل از زلزله نورث‌ریج [۴]

۱-۲- پاسخ قابهای مقاوم خمشی در برابر بارهای جانبی [۴]

الف – نیروهای داخلی

یک قاب مقاوم خمشی فولادی شامل سه جزء تیر، ستون و چشمهٔ اتصال می‌باشد. منظور از تیر عضو محدود شده بین ستونها است. چشمهٔ اتصال محل تقاطع تیر و ستون است.

در طراحی‌های قدیم، اتصال تیر به ستون، به عنوان یک نقطه درنظر گرفته می‌شد، ولی امروزه طراحی چشمهٔ اتصال به عنوان یک عامل مهم در طراحی شکل‌پذیر سازه، بسیار اهمیت دارد.شکل (۱-۲) نحوهٔ توزیع لنگر خشمی، نیروی برشی و نیروی محوری را در قاب خمشی دو طبقه تحت اثر نیروهای جانبی نشان می‌دهد.