

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ



دانشکده فنی و مهندسی
بخش مهندسی عمران

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران
گرایش سازه

بهبود عملکرد لرزه‌ای قاب خمشی با تیر خرپایی به وسیله سیستم‌های
اتلاف انرژی

مؤلف :

محمد جواد کریمزاده

استاد راهنما :

پروفسور حامد صفاری

استاد مشاور :

دکتر محمد جواد فدایی

بهمن ۱۳۹۱



این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط درجه کارشناسی ارشد به

بخش مهندسی عمران

دانشکده فنی مهندسی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی شود.

دانشجو: محمد جواد کریم زاده

استاد راهنما: دکتر حامد صفاری

استاد مشاور: دکتر محمد جواد فدایی

داور ۱: دکتر سعید شجاعی

داور ۲: دکتر علی اکبر مقصودی

نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده در جلسه دفاع: دکتر سید صابر ناصر علوی

معاون آموزشی و پژوهشی دانشکده: دکتر مریم احتشام زاده

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است.

تقدیم به:

روح پدرم

مادر مهربانم

برادر و خواهر عزیزم

تشکر و قدردانی:

سپاس بی دریغ خود را از استاد فرهیخته و گرانقدر خود، جناب آقای پروفیسور حامد صفاری ابراز می‌دارم و امیدوارم بتوانم قدردان زحمات و راهنمایی‌های ایشان باشم. تشکر و سپاس خویش را تقدیم می‌دارم به جناب آقای دکتر امیراحمد هدایت که مرا از راهنمایی‌های موثر و سخاوتمندانه خویش بی‌نصیب نگذاشتند.

محمد جواد کریم‌زاده

بهمن ۱۳۹۱

چکیده:

استفاده از سیستم قاب خمشی خرپایی برای دهانه‌های بلند در برخی ساختمان‌ها رایج گردیده است. بکارگیری این تیرهای خرپایی سبب افزایش سختی و کاهش شکل‌پذیری سازه می‌شود. برای رفع این مشکل، در برخی از مراجع، با ایجاد ناحیه ویژه در وسط تیر خرپایی، شکل‌پذیری سازه را افزایش می‌دهند. در این پایان‌نامه ابتدا رفتار لرزه‌ای سیستم‌های قاب خمشی خرپایی ارائه شده در سایر مراجع بررسی شده و سپس برای بهبود پاسخ لرزه‌ای این سیستم، استفاده از میراگرهای ویسکوز در وسط تیر قاب خمشی خرپایی و در طرفین تیر قاب خمشی خرپایی، پیشنهاد شده است. به منظور بررسی کارایی روش پیشنهادی چند نمونه از سازه‌هایی که در سایر مراجع بکار گرفته شده، توسط نرم‌افزار PERFORM 3D مدل‌سازی و تحلیل‌های غیرخطی استاتیکی و غیرخطی دینامیکی بر روی آن‌ها انجام پذیرفته است. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از میراگر ویسکوز در عناصر افقی دو سر تیر خرپایی قاب خمشی خرپایی، عملکرد لرزه‌ای مناسب‌تری نسبت به استفاده از میراگر ویسکوز در وسط تیر قاب خمشی خرپایی دارد و سبب کاهش بیشتر پاسخ لرزه‌ای و تاخیر در تسلیم ستون‌ها می‌گردد.

کلید واژه‌ها: قاب خمشی خرپایی، میراگر ویسکوز، ناحیه ویژه، شکل‌پذیری، بهبود عملکرد لرزه‌ای.

فهرست

- ۱- مقدمه و اهداف پایان نامه ۱
- ۱-۱- مقدمه ۲
- ۲-۱- اهداف پایان نامه ۳
- ۲- معرفی سیستم های قاب خمشی خرپایی ۴
- ۱-۲- سیستم قاب خمشی خرپایی معمولی (TMF) ۵
- ۲-۲- سیستم قاب خمشی خرپایی ویژه (STMF) ۶
- ۲-۳- طراحی سیستم قاب خمشی خرپایی ویژه مطابق AISC ۹
- ۱-۳-۲- ضوابط آیین نامه ۱۰
- ۲-۳-۲- ناحیه ویژه ۱۰
- ۳-۳-۲- مقاومت اعضای ناحیه ویژه ۱۱
- ۴-۳-۲- مقاومت اعضای خارج از ناحیه ویژه ۱۱
- ۵-۳-۲- محدودیت های عرض ضخامت ۱۲
- ۶-۳-۲- مهار جانبی ۱۲
- ۴-۲- سیستم های ارائه شده جدید ۱۳
- ۳- معرفی میراگرها و تاثیر آن در بهسازی سازه ها ۱۶
- ۱-۳- مقدمه ۱۷
- ۲-۳- انواع میراگرها ۱۸
- ۱-۲-۳- میراگرهای اصطکاکی ۱۸
- ۲-۲-۳- میراگرهای تسلیمی ۱۸
- ۳-۲-۳- میراگرهای آلیاژی (SMA) ۱۹
- ۴-۲-۳- میراگرهای جرمی ۲۰
- ۵-۲-۳- میراگرهای ویسکوز مایع ۲۰
- ۳-۳- اثر میرایی بر پاسخ سازه ۲۶

۳۰	۴- روش های طراحی لرزه ای
۳۱	۴-۱- مقدمه
۳۱	۴-۲- روش های طراحی لرزه ای
۳۲	۴-۲-۱- روش های متداول
۳۳	۴-۲-۲- روش طراحی بر اساس سطح عملکرد
۳۵	۴-۲-۳- روشهای طراحی بر اساس جابجایی
۳۵	۴-۲-۴- روش طراحی بر اساس جلوگیری از خسارت
۳۷	۴-۲-۵- روش طراحی بر پایه ی انرژی
۴۵	۴-۲-۶- طراحی المان های سازه STMF
۴۹	۵- پارامترهای مدل سازی در نرم افزار PERFORM
۵۰	۵-۱- مدل تیر
۵۲	۵-۲- مدل ستون
۵۳	۵-۳- مدل مهاربند
۵۴	۵-۴- مدل میراگر ویسکوز
۵۶	۶- مطالعات عددی
۵۷	۶-۱- مدل های مورد بررسی
۶۸	۶-۲- تحلیل استاتیکی غیرخطی (پوش آور)
۸۱	۶-۳- آنالیز دینامیکی غیرخطی
۱۰۶	۷- نتیجه گیری و پیشنهادات برای تحقیقات آینده
۱۰۷	۷-۱- نتایج
۱۰۸	۷-۲- پیشنهادات برای تحقیقات آینده
۱۰۹	۸- منابع

فهرست اشکال

- شکل ۲-۱: سیستم قاب خمشی خرپایی معمولی..... ۵
- شکل ۲-۲: الف-تشکیل مفصل پلاستیک در ستون ب-کمانش اعضای قطری در تیر خرپایی... ۵
- شکل ۲-۳: منحنی هیستریسیس قاب خمشی خرپایی معمولی..... ۶
- شکل ۲-۴: سیستم قاب خمشی خرپایی ویژه با قطری X شکل..... ۷
- شکل ۲-۵: منحنی هیستریسیس قاب خمشی ویژه با قطری X شکل..... ۷
- شکل ۲-۶: سیستم قاب خمشی خرپایی ویژه با مستطیل ویراندیل..... ۸
- شکل ۲-۷: منحنی سیستم قاب خمشی خرپایی ویژه با مستطیل ویراندیل..... ۸
- شکل ۲-۸: نمونه ای از قاب خمشی خرپایی ویژه و عبور تاسیسات..... ۹
- شکل ۲-۹: مدل پیشنهادی مرجع [۶]..... ۱۳
- شکل ۲-۱۰: جزییات و نحوه قرارگیری BRB در مدل مرجع [۶]..... ۱۴
- شکل ۲-۱۱: مدل پیشنهادی مرجع [۸]..... ۱۴
- شکل ۲-۱۲: جزییات و نحوه قرارگیری BRB در مدل مرجع [۸]..... ۱۵
- شکل ۳-۱: تأثیر استفاده از میراگرهای اصطکاکی بر منحنی ظرفیت سازه و نقطه عملکرد..... ۱۸
- شکل ۳-۲: تأثیر استفاده از میراگرهای فلزی تسلیمی بر منحنی ظرفیت سازه و نقطه عملکرد..... ۱۹
- شکل ۳-۳: تأثیر استفاده از میراگرهای ویسکوالاستیک بر منحنی ظرفیت سازه و نقطه عملکرد..... ۲۰
- شکل ۳-۴: میراگر ویسکوز مایع..... ۲۱
- شکل ۳-۵: رابطه بین سرعت و نیرو در میراگر ویسکوز..... ۲۲
- شکل ۳-۶: رابطه سرعت-جابجایی میراگر ویسکوز..... ۲۲
- شکل ۲-۷: رابطه بین α و Γ در میراگر ویسکوز..... ۲۳
- شکل ۳-۸: نحوه نصب میراگر ویسکوز..... ۲۳
- شکل ۳-۹: تأثیر استفاده از میراگرهای ویسکوز بر کاهش برش و جابجایی..... ۲۴
- شکل ۳-۱۰: تأثیر استفاده از میراگرهای ویسکوز بر نقطه عملکرد..... ۲۴
- شکل ۳-۱۱: استفاده از میراگر ویسکوز در ساختمان..... ۲۵
- شکل ۳-۱۲: طیف پاسخ طرح بر اساس ضریب میرایی..... ۲۶
- شکل ۳-۱۳: محاسبه سختی سکانت K_S ۲۹
- شکل ۴-۱: افزایش حالت ارتجاعی (Bruneau et al., 2003) [۳]..... ۳۶
- شکل ۴-۲: ایده آل سازی مفهوم تقاضای انرژی و پاسخ سازه (Uang, ۱۹۹۱) [۳ و ۲۱]..... ۳۹
- شکل ۴-۳: ضریب رفتار، مطابق با روش نیومارک و هال (۱۹۸۲) [۳ و ۱۹ و ۲۶]..... ۴۰

- شکل ۴-۴: ضریب اصلاح انرژی براساس زمان تناوب (نیومارک وهال)..... ۴۱
- شکل ۵-۳: مکانیسم تسلیم یک دهانه از سازه STMF..... ۴۶
- شکل ۶-۴: طراحی المان های سازه ۴۸
- شکل ۱-۵: مولفه های پایه برای مدل دوران قطری ۵۰
- شکل ۲-۵: اجرای مدل دوران قطری ۵۰
- شکل ۳-۵: خصوصیات لازم برای مفصل ۵۰
- شکل ۴-۵: الف- نمودار F-D در PERFORM ب- نمودار F-D در FEMA..... ۵۱
- شکل ۵-۵: سطح تسلیم P-M-M: الف- رابطه ممان دو محوره در $P=0$ ۵۱
- شکل ۶-۵: نمودار نیرو-تغییر شکل ۵۱
- شکل ۷-۵: المان میله و اسکوز ۵۴
- شکل ۸-۵: خصوصیات میراگر مایع ۵۵
- شکل ۹-۵: مدل ماکسول برای مدل سازی میراگر ۵۵
- شکل ۱-۶: سازه خمشی خرپایی ویژه (چاا و گوئل ۲۰۰۶) ۵۸
- شکل ۲-۶: سازه خمشی خرپایی همراه با میراگر و اسکوز در ناحیه ویژه (مدل دوم)..... ۵۹
- شکل ۳-۶: سازه خمشی خرپایی به همراه میراگر و اسکوز در طرفین پایین تیر (مدل سوم)..... ۵۹
- شکل ۴-۶: سازه خمشی خرپایی به همراه میراگر و اسکوز در یک طرف پایین تیر (مدل چهارم)..... ۶۰
- شکل ۵-۶: سطح مقطع اعضای تیر خرپایی ۶۱
- شکل ۶-۶: مقاطع اعضای تیر خرپایی ۶۱
- شکل ۷-۶: جابجایی نسبی محل قرارگیری میراگر در سازه همراه میراگر در ناحیه میانی تیر ۶۳
- شکل ۸-۶: ضرایب توزیع میرایی میراگر در طبقات مختلف در سازه همراه میراگر در ناحیه میانی ۶۴
- شکل ۹-۶: جابجایی نسبی محل قرارگیری میراگر در سازه همراه دو میراگر در طرفین تیر ۶۴
- شکل ۱۰-۶: جابجایی نسبی محل قرارگیری میراگر در سازه همراه میراگر در یک طرف تیر ۶۵
- شکل ۱۱-۶: ضرایب توزیع میرایی میراگر در طبقات مختلف سازه همراه میراگر در طرفین تیر ۶۵
- شکل ۱۲-۶: منحنی پوش آور و نقطه عملکرد قاب خمشی خرپایی بدون میراگر و اسکوز (سازه ۱) ۷۰
- شکل ۱۳-۶: منحنی پوش آور و نقطه عملکرد قاب خمشی خرپایی همراه میراگر و اسکوز در ناحیه ویژه (سازه ۲) ۷۱
- شکل ۱۴-۶: منحنی پوش آور و نقطه عملکرد قاب خمشی خرپایی همراه با دو میراگر و اسکوز در طرفین تیر خرپایی (سازه ۳) ۷۲

- شکل ۶-۱۵: منحنی پوش آور و نقطه عملکرد قاب خمشی خرپایی همراه با یک میراگر ویسکوز در یک طرف تیر خرپایی (سازه ۴)..... ۷۳
- شکل ۶-۱۶: نسبت تقاضا به ظرفیت ستون ها در حالت حدی تغییرشکل در سازه های مورد بررسی ۷۳.....
- شکل ۶-۱۷: نسبت تقاضا به ظرفیت تیرها در حالت حدی تغییرشکل در سازه های مورد بررسی ۷۴
- شکل ۶-۱۸: نسبت تقاضا به ظرفیت اعضای قطری تیر در حالت حدی تغییرشکل در سازه های مورد بررسی ۷۴.....
- شکل ۶-۱۹: نمودار پوش آور و نقطه عملکرد چهار سازه مورد بررسی ۷۵.....
- شکل ۶-۲۰: نمودار برش طبقات-دریفت طبقات و دریفت هدف طبقات در چهار سازه مورد بررسی ۷۵.....
- شکل ۶-۲۱: نمودار برش-دریفت طبقات در قاب خمشی خرپایی همراه میراگر در ناحیه ویژه ۷۸..
- شکل ۶-۲۲: نمودار برش-دریفت طبقات در قاب خمشی خرپایی همراه دو میراگر در طرفین تیر (سازه ۳)..... ۷۹
- شکل ۶-۲۳: نمودار برش-دریفت طبقات در قاب خمشی خرپایی همراه یک میراگر در یک طرف تیر (سازه ۴)..... ۷۹
- شکل ۶-۲۴: نمودارهای شتاب، سرعت، جابجایی زلزله های مورد استفاده ۸۲.....
- شکل ۶-۲۵: طیف طرح آیین نامه NEHRP..... ۸۶
- شکل ۶-۲۶: طیف طرح در آیین نامه ی NEHRP 2003 و طیف پاسخ زلزله ۸۶.....
- شکل ۶-۲۷: طیف پاسخ زلزله ها ۸۹.....
- شکل ۶-۲۸: برش نرمال شده سازه خمشی خرپایی ویژه ۹۱.....
- شکل ۶-۲۹: برش نرمال شده سازه خمشی خرپایی همراه میراگر در ناحیه میانی ۹۱.....
- شکل ۶-۳۰: برش نرمال شده سازه خمشی خرپایی همراه دو میراگر در طرفین تیر ۹۱.....
- شکل ۶-۳۱: برش نرمال شده سازه خمشی خرپایی همراه یک میراگر در یک طرف تیر ۹۲.....
- شکل ۶-۳۲: مقایسه میانگین برش نرمال شده سازه های مورد بررسی ۹۲.....
- شکل ۶-۳۳: لنگر خمشی نرمال شده سازه خمشی خرپایی ویژه ۹۲.....
- شکل ۶-۳۴: لنگر خمشی نرمال شده سازه خمشی خرپایی همراه میراگر در ناحیه میانی تیر ۹۳.....
- شکل ۶-۳۵: لنگر خمشی نرمال شده سازه خمشی خرپایی همراه دو میراگر در طرفین تیر ۹۳.....
- شکل ۶-۳۶: لنگر خمشی نرمال شده سازه خمشی خرپایی همراه یک میراگر در یک طرف تیر ۹۳.....
- شکل ۶-۳۷: مقایسه میانگین لنگر خمشی نرمال شده سازه های مورد بررسی ۹۴.....

- شکل ۶-۳۸: جابجایی حداکثر سازه خمشی خرپایی ویژه ۹۵
- شکل ۶-۳۹: جابجایی حداکثر سازه خمشی خرپایی همراه میراگر در ناحیه میانی ۹۵
- شکل ۶-۴۰: جابجایی حداکثر سازه خمشی خرپایی همراه دو میراگر در طرفین تیر ۹۶
- شکل ۶-۴۱: جابجایی حداکثر سازه خمشی خرپایی همراه یک میراگر در یک طرف تیر ۹۶
- شکل ۶-۴۲: مقایسه میانگین جابجایی حداکثر سازه های مورد بررسی ۹۶
- شکل ۶-۴۳: دریافت طبقات سازه خمشی خرپایی ویژه ۹۷
- شکل ۶-۴۴: دریافت طبقات سازه خمشی خرپایی همراه میراگر در ناحیه میانی تیر ۹۷
- شکل ۶-۴۵: دریافت طبقات سازه خمشی خرپایی همراه دو میراگر در طرفین تیر ۹۷
- شکل ۶-۴۶: دریافت طبقات سازه خمشی خرپایی همراه دو میراگر در طرفین تیر ۹۸
- شکل ۶-۴۷: مقایسه میانگین دریافت طبقات سازه های مورد بررسی ۹۸
- شکل ۶-۴۸: نسبت تقاضا به ظرفیت ستون در سازه ها ۹۹
- شکل ۶-۴۹: نسبت تقاضا به ظرفیت تیر در سازه ها ۱۰۰
- شکل ۶-۵۰: نسبت تقاضا به ظرفیت اعضای قطری تیر در سازه ها ۱۰۰
- شکل ۶-۵۱: نیروی میراگر در سازه خمشی خرپایی همراه میراگر در ناحیه میانی تیر ۱۰۱
- شکل ۶-۵۲: نیروی میراگر در سازه خمشی خرپایی همراه دو میراگر در طرفین تیر ۱۰۱
- شکل ۶-۵۳: نیروی میراگر در سازه خمشی خرپایی همراه یک میراگر در یک طرف تیر ۱۰۲
- شکل ۶-۵۴: مقایسه نیروی ایجاد شده در میراگرهای سه سازه خمشی خرپایی ۱۰۲
- شکل ۶-۵۵: میانگین جابجایی نسبی دو سر میراگر در سازه خمشی خرپایی همراه میراگر در ناحیه میانی تیر ۱۰۲
- شکل ۶-۵۶: میانگین جابجایی نسبی دو سر میراگر در سازه خمشی خرپایی همراه دو میراگر در طرفین تیر ۱۰۳
- شکل ۶-۵۷: میانگین جابجایی نسبی دو سر میراگر در سازه خمشی خرپایی همراه یک میراگر در یک طرف تیر ۱۰۳
- شکل ۶-۵۸: مقایسه میانگین جابجایی نسبی دو سر میراگر در سه سازه خمشی خرپایی ۱۰۳
- شکل ۶-۵۹: میانگین انرژی تلف شده در سازه خمشی خرپایی ویژه ۱۰۴
- شکل ۶-۶۰: میانگین انرژی تلف شده در سازه خمشی خرپایی همراه میراگر در ناحیه میانی ۱۰۴
- شکل ۶-۶۱: میانگین انرژی تلف شده در سازه خمشی خرپایی همراه دو میراگر در طرفین تیر ۱۰۵

شکل ۶-۵۹: میانگین انرژی تلف شده در سازه خمشی خرپایی همراه یک میراگر در یک طرف تیر ۱۰۵

فهرست جداول

جدول ۳-۱: خلاصه کاربرد و رفتار انواع میراگرها.....	۲۵
جدول ۳-۲: ضرایب $B1$ و BS بر حسب میرایی مورد نظر.....	۲۶
جدول ۴-۱: توصیف سطوح عملکردی در راهنمای NEHRP.....	۳۴
جدول ۵-۱: پارامترهای مدل سازی برای تیر فولادی در روش غیرخطی.....	۵۲
جدول ۵-۲: پارامترهای مدل سازی برای ستون فولادی در روش غیرخطی.....	۵۳
جدول ۵-۳: پارامترهای مدل سازی و معیارهای پذیرش مهاربندها در روشهای غیرخطی.....	۵۴
جدول ۶-۱: مقاطع تیر مدل های پیشنهادی (Chao and Goel 2006).....	۶۱
جدول ۶-۲: مقاطع ستون ها (Chao and Goel 2006).....	۶۲
جدول ۶-۳: مشخصات میراگرهای سازه خمشی خرپایی همراه با میراگر ویسکوز در ناحیه میانی تیر.....	۶۶
جدول ۶-۴: مشخصات میراگرهای سازه خمشی خرپایی همراه میراگر ویسکوز در طرفین تیر.....	۶۷
جدول ۶-۵: مشخصات میراگرهای سازه خمشی خرپایی همراه میراگر ویسکوز در یک طرف تیر.....	۶۷
جدول ۶-۶: زلزله های استفاده شده در تحلیل دینامیکی غیرخطی.....	۸۲

۱- مقدمه و اهداف پایان نامه

بر اساس توصیه‌های استانداردهایی نظیر AISC، ساختمان‌های فولادی می‌توانند به صورت سیستم‌های سازه‌ای قاب همراه با تیر و یا همراه با تیر خرپایی طراحی و ساخته شوند. برخی طراحان به دلایل زیر سیستم سازه‌ای قاب خمشی همراه با تیر خرپایی را به سیستم قاب همراه با تیر ترجیح می‌دهند: ۱. اقتصادی بودن این سیستم بخصوص برای دهانه‌های بلند ۲. تیرهای خرپایی نیازمند جزئیات اتصال خمشی ساده‌ای می‌باشد ۳. لوله‌ها و تاسیسات می‌توانند در بازشدگی‌های جان قرار داده شده و استفاده بهتری از فضا به عمل آید، به علاوه اینکه در بسیاری موارد ارتفاع طبقات کمتر خواهد بود ۴. این سیستم در مقایسه با سیستم‌های بادبندی مشکلات معماری کمتری دارد [۱].

مطالعات تجربی انجام شده در مراجع [۲ و ۱] نشان داد که در سیستم قاب خمشی خرپایی معمولی (TMF^۱)، به علت کمانش و شکست سریع اعضای جان خرپا در بارهای لرزه‌ای، بیش از ۷۰٪ سختی و مقاومت سازه در سیکل‌های اولیه تغییر شکل از دست می‌رود، که باز هم سبب ایجاد رفتار چرخه‌ای نامناسبی برای اینگونه سازه‌ها می‌گردد. برای بهبود رفتار سازه‌ها در مقابل بارهای لرزه‌ای، سیستم قاب خمشی خرپایی ویژه (STMF^۲) ارائه گردید [۳ و ۴] و رفتار لرزه‌ای این قاب به صورت تحلیلی و آزمایشگاهی در دانشگاه میشیگان بررسی شد. در حال حاضر مقررات لرزه‌ای ساختمان‌های فولادی (AISC^۳) [۵] دو مدل را برای سیستم STMF پیشنهاد کرده است: ۱. استفاده از مستطیل ویراندل ۲. استفاده از اعضای مهاربندی x درون ناحیه ویژه، لازم به ذکر است که آیین‌نامه AISC ترکیب این دو مدل را منع می‌کند. به سبب آنکه برش در ناحیه میانی خرپاها ناچیز است، یکی از محل‌های مناسب برای ایجاد شکل‌پذیری ناحیه میانی خرپا است این ناحیه ویژه، مکانیزم اتلاف انرژی مناسبی را برای سیستم سازه‌ای ایجاد می‌کند. این مکانیزم با استفاده از گسترش مفاصل پلاستیک در اعضای افقی بالا و پایین صورت می‌گیرد. سایر المان‌های خارج از این ناحیه به گونه‌ای طراحی شده‌اند که الاستیک باقی بمانند تا مکانیزم تسلیم را به ناحیه ویژه محدود کنند، در نتیجه تشکیل مفاصل پلاستیک در اعضای افقی ناحیه ویژه و نهایتاً در پای ستون-ها در سیستم STMF، سبب می‌شود این سیستم عملکرد بهتری را از خود نشان دهد. در مرجع [۶] استفاده از ابزارهای اتلاف انرژی مهاربند کمانش ناپذیر (BRB^۴) که به صورت قطری در ناحیه ویژه قرار می‌گیرند و برای حذف خسارت در اعضای افقی بالا و پایین ناحیه ویژه مناسب هستند، پیشنهاد شده است. در سال ۲۰۱۰ پژوهش دیگری توسط مرجع [۷] در مورد این سیستم انجام شد،

¹ Truss Moment Frame

² Special Truss Moment Frame

³ American Institute of Steel Construction

⁴ Buckling Restrained Brace

به این ترتیب که از چهار عدد BRB در طرفین بالا و پایین تیر به جای عناصر تیر خرابایی استفاده گردید و پاسخ لرزه‌ای سیستم را کاهش داد.

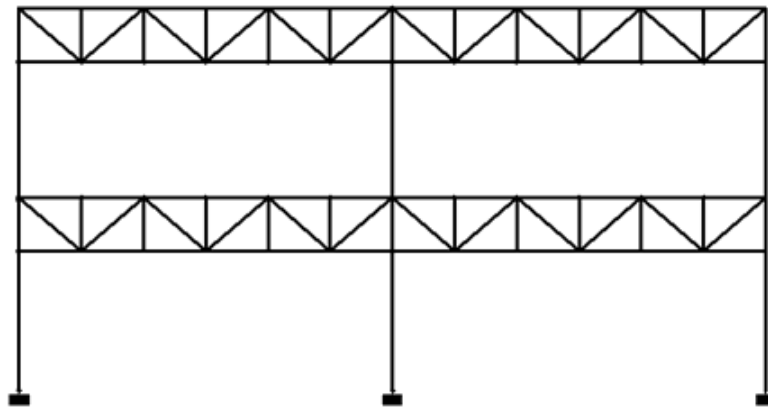
۱-۲- اهداف پایان‌نامه

بر اساس مطالعات انجام شده بر روی قاب‌های خمشی خرابایی، استفاده از سیستم‌هایی جهت جلوگیری از تشکیل مفاصل پلاستیک در ستون‌ها و محدود کردن خرابی در تیرها پیشنهاد شده است. در راستای تحقیقات قبلی انجام گرفته بر روی قاب خمشی خرابایی، در این تحقیق سعی بر این است که با ارائه راهکارهای مناسب، یک سیستم ستون قوی و تیر ضعیف ایجاد گردد و رفتار لرزه‌ای این سیستم‌ها بهبود یابد. ابتدا رفتار لرزه‌ای سیستم‌های قاب خمشی خرابایی ارائه شده در سایر مراجع بررسی شد خواهد شد و سپس برای بهبود پاسخ لرزه‌ای این سیستم، از میراگرهای ویسکوز در وسط تیر قاب خمشی خرابایی و در طرفین تیر قاب خمشی خرابایی، پیشنهاد شده است. به منظور بررسی کارایی روش پیشنهادی چند نمونه از سازه‌هایی که در سایر مراجع بکار گرفته شده، توسط نرم‌افزار PERFORM 3D مدل‌سازی و تحلیل‌های غیرخطی استاتیکی و غیرخطی دینامیکی بر روی آن‌ها انجام خواهد گرفت.

۲- معرفی سیستم‌های قاب خمشی خرپایی

۱-۲- سیستم قاب خمشی خرپایی معمولی (TMF)

نمونه‌ای از سیستم قاب خمشی خرپایی معمولی در شکل (۱-۲) نشان داده شده است. این سیستم به علت نداشتن شکل‌پذیری مناسب، رفتار مناسبی در برابر بارهای لرزه‌ای از خود نشان نمی‌دهد. شکل (۲-۲) عملکرد ضعیف این سیستم و تشکیل مفصل پلاستیک در ستون و کمانش اعضای خرپایی را نشان می‌دهد و نمودار هیستریسیس نامناسب، نشان‌دهنده عملکرد ضعیف این سیستم می‌باشد (شکل ۲-۳).



شکل ۱-۲: سیستم قاب خمشی خرپایی معمولی

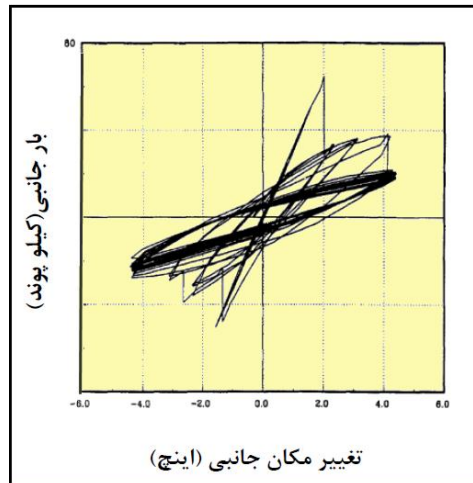


(ب)



(الف)

شکل ۲-۲: الف- تشکیل مفصل پلاستیک در ستون ب- کمانش اعضای قطری در تیر خرپایی



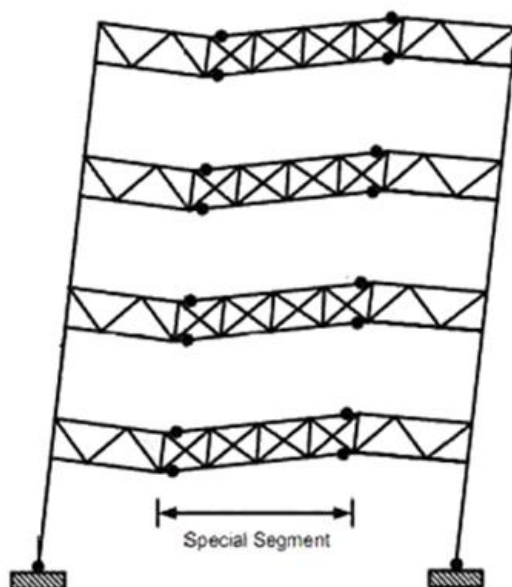
شکل ۲-۳: منحنی هیستریسیس قاب خمشی خرابایی معمولی

طبق آیین نامه UBC1988 قاب خمشی خرابایی معمولی با ضریب رفتار ۶ طراحی می گردید، اما در صورتیکه مجموع مقاومت خمشی خرابا بیش از $1/25$ برابر مقاومت خمشی ستون ها دقیقا قبل و بعد از تراز طبقه باشد، آیین نامه اجازه می داد قاب خمشی خرابایی، به عنوان قاب خمشی خرابایی ویژه به ضریب رفتار ۱۲ طراحی گردد [۸].

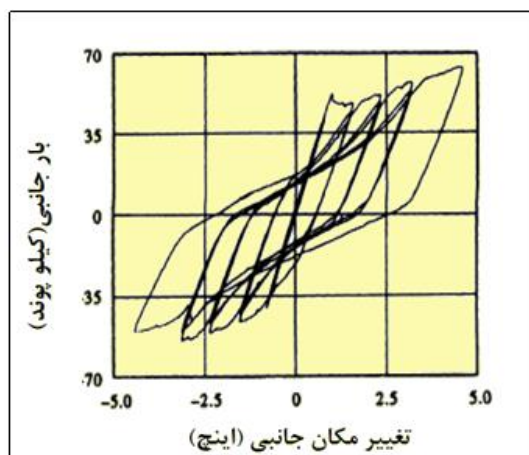
۲-۲- سیستم قاب خمشی خرابایی ویژه (STMF)

برای بهبود رفتار سیستم قاب خمشی خرابایی معمولی در مقابل بارهای لرزه ای، سیستم قاب خمشی خرابایی ویژه ارائه گردید و رفتار لرزه ای این قاب به صورت تحلیلی و آزمایشگاهی توسط گوئل و ایتانی در دانشگاه میشیگان بررسی شد [۲]. آنها برای بهبود رفتار هیستریک قاب خرابایی پیشنهاد کردند که اعضای قطری به شکل X در وسط تیر خرابایی چیدمان شود (شکل ۲-۴)، یعنی دقیقا مشابه آنچه در قاب های مهاربندی شده همگرا، زمان قرار گرفتن در برابر نیروهای جانبی لرزه ای اتفاق می افتد، نیروهای لرزه ای جانبی عمدتا توسط قطری ها تحمل شوند. طبق آیین نامه UBC جهت کنترل افت شدید در مقاومت جانبی با توجه به کماتش مهارهای فشاری، نباید بیش از ۷۰٪ نیروهای زلزله طرح در امتداد هر محور مهاربندی به تنهایی در فشار یا کشش تحمل شود. قطری های X شکل باید از مقاطع فشرده مانند نبشی تک ساخته شوند، به علاوه جهت تحمل نیروی نامتوازن روی یال ها در زمان تسلیم و کماتش قطری ها نیاز به اعضای جان عمودی می باشد. موارد فوق مبانی طراحی تیرهای خرابایی شکل پذیر می باشد، جهت استفاده در یک قاب مقاوم در برابر زلزله تعدادی از این پانل ها را می توان در بخشی از دهانه یک خرابا قرار داد. برش حاصل از بارهای ثقیلی در نواحی میانی تیر خرابایی معمولا کوچک است، به همین دلیل یک محل منطقی برای قرار دادن پانل ها در نواحی میانی می باشد. با افزایش نیروهای جانبی بعد از کماتش و تسلیم

قطری‌های X شکل پانل‌های میانی، مفاصل پلاستیک در یال‌ها در دو انتهای بخش میانی تشکیل می‌شود. این مکانیزم تسلیم و رفتار غیرالاستیک کنترل‌شده (تشکیل ۴ مفصل پلاستیک در یال‌ها و ۲ مفصل پلاستیک در ستون‌ها در صورت گیردار بودن) نیروهای تمام المان‌های خارج از بخش ویژه را به میزان ظرفیت نهایی بخش ویژه محدود می‌کند، در نتیجه سیستم الاستیک باقی خواهد ماند. این سیستم اقتصادی بوده و پاسخ غیرالاستیک عالی همراه با رفتار هیستریک پایدار در زمان قرار گرفتن در برابر زلزله شدید را دارد و همچنین این مزیت را دارد که بعد از یک زمین‌لرزه شدید می‌توان با جایگزین کردن قطره‌های X شکل آسیب‌دیده در بخش میانی خرپا، سازه را به سادگی ترمیم کرد [۷]. منحنی هیستریسیس این سیستم در شکل (۲-۵) نشان داده شده است.



شکل ۲-۵: سیستم قاب خمشی خرپایی ویژه با قطری X شکل



شکل ۲-۵: منحنی هیستریسیس قاب خمشی خرپایی ویژه با قطری X شکل