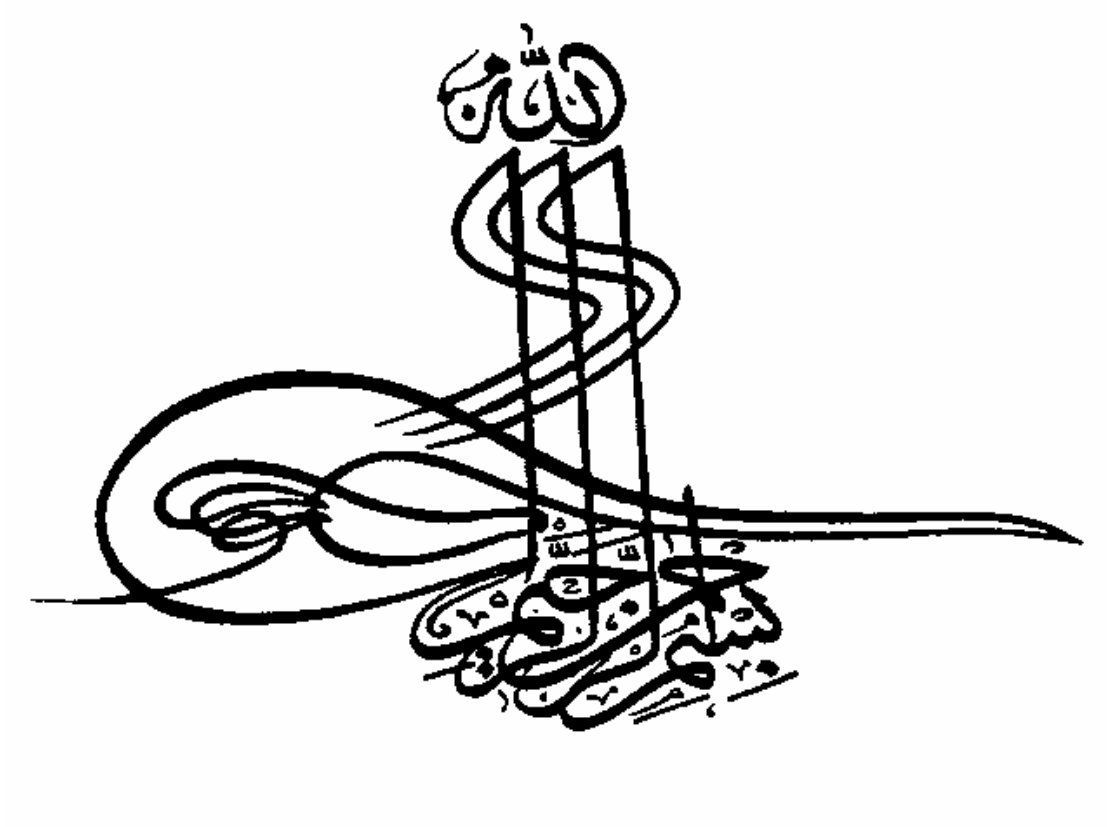

دانشکده فنی مهندسی

گروه عمران

بررسی رفتار غیرارتجاعی سازه‌های مهاربندی شده با بادبندهای زیپی

اساتید راهنما:

دکتر هوشیار ایمانی کله سر

دکتر یعقوب محمدی

استاد مشاور:

مهندس مرتضی‌علی قربانی

توسط:

سهیلا نعیمی حفظ آباد

شهریور ۱۳۸۸

تقدیم به

روح بلند پدرم،

مهربانی‌ها و دلسوزی‌های مادرم

و همه عزیزانی که راهنما و مشوق من بوده‌اند.

سپاسگزاری

سپاس و ستایش ایزد دانا را که خالق روح دانستن است. یگانه معبودی که یادش اولین و آخرین پناه روزهای دشوار زندگی‌ام بوده و خواهد بود.

اکنون که مراحل تدوین این پایان‌نامه به انجام رسیده است، لازم می‌دانم از اساتید ارجمند جناب آقای دکتر هوشیار ایمانی، استادیار محترم دانشکده فنی دانشگاه محقق اردبیلی و جناب آقای دکتر یعقوب محمدی، استادیار محترم دانشکده فنی دانشگاه محقق اردبیلی به عنوان اساتید راهنمای این پایان‌نامه، که علاوه بر راهنمایی‌های ارزشمند، مطالب علمی و کاربردی بسیاری نیز از ایشان فراگرفتم، صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم. همچنین از استاد گرامی جناب آقای مهندس مرتضی‌علی قربانی به عنوان استاد مشاور پایان‌نامه سپاسگزاری می‌نمایم.

از جناب آقای دکتر بهمن فرهمند آذر، استادیار محترم دانشکده عمران دانشگاه تبریز و جناب آقای دکتر سیدحسین قاسم‌زاده‌موسوی‌نژاد، استادیار محترم دانشکده فنی دانشگاه محقق اردبیلی که در جلسه دفاعیه اینجانب حضور داشتند و ما را از نظرات ارزنده خود بهره‌مند ساختند، تشکر و قدردانی می‌نمایم. همچنین از جناب آقای دکتر مرتضی یاری، استادیار محترم رشته مهندسی مکانیک دانشکده فنی دانشگاه محقق اردبیلی که به عنوان نماینده تحصیلات تکمیلی در جلسه ارائه، افتخار حضور به ما دادند، تشکر می‌نمایم.

تشکر ویژه خود را از جناب آقای دکتر کاظم شاکری، استادیار محترم دانشکده فنی دانشگاه محقق اردبیلی، جناب آقای دکتر علی داوران، استادیار محترم دانشکده عمران دانشگاه تبریز و مهندس علی شهماری، دانشجوی دکترای مهندسی سازه دانشکده فنی دانشگاه تربیت مدرس، که بدون راهنمایی‌ها و یاری مستمر ایشان انجام این پایان‌نامه بسیار دشوار می‌گردید، اعلام می‌دارم.

از کلیه دوستان گرامی و افرادی که به هر نحو در انجام پایان نامه سهیم بوده‌اند، کمال تشکر و سپاس را دارم.

نام خانوادگی: نعیمی حفظ‌آباد **نام**: سهیلا

عنوان پایان نامه: بررسی رفتار غیرارتجاعی سازه‌های مهاربندی شده با بادبندهای زیپی

اساتید راهنما: دکتر هوشیار ایمانی کله‌سر، دکتر یعقوب محمدی

استاد مشاور: مهندس مرتضی‌علی قربانی

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته**: عمران **گرایش**: سازه **دانشگاه**: محقق اردبیلی

دانشکده: فنی و مهندسی **تاریخ فارغ التحصیلی**: ۱۳۸۸/۶/۳۱ **تعداد صفحه**: ۱۲۸

کلید واژه ها: سیستم مهاربندی شورون، کمانش، مفاصل پلاستیک، سیستم مهاربندی زیپی، آنالیز پوش‌اور، ضریب‌رفتار، سیستم مهاربندی زیپی معلق.

چکیده

قاب‌های با مهاربندی شورون یکی از انواع معمول قاب‌های مهاربندی هم‌مرکز می‌باشند. رفتار این چنین سیستم‌هایی توسط کمانش مهاربند فشاری طبقه اول کنترل می‌شود، که منجر به محدود کردن گسیختگی به یک محل و اتلاف مقاومت جانبی می‌شود. بر اثر افزایش بار جانبی اعضای فشاری کمانش کرده و مفاصل پلاستیک در آن‌ها ایجاد می‌گردد، به علت عدم توانایی در توزیع گسترده‌تر مفاصل پلاستیک، کمانش در مهاربندهای طبقات پایین‌تر مشاهده شده و فقط این اعضا در اتلاف انرژی زلزله شرکت دارند و مهاربندهای طبقات بالاتر عملاً در ناحیه الاستیک باقی می‌مانند. با کمانش اعضای طبقات پایین، ظرفیت برشی کل قاب کاهش می‌یابد و بر همین اساس این سازه‌ها ضریب‌رفتار مطلوبی نخواهند داشت. در طبقات پایین به علت کمانش عضو فشاری نیروی عمودی نامتعادل به محل تقاطع مهاربندها در تیر فوقانی وارد می‌شود، که سبب تغییرمکانی بیش از اندازه در وسط تیر می‌گردد. پی آمد این امر تیرهای قوی و نامتناسب با اعضای دیگر است. برای جبران این کاستی‌ها مدل جدیدی تحت عنوان مهاربند زیپی (Zipper Frame) پیشنهاد می‌شود. در این مدل یک عضو عمودی در وسط سیستم مهاربندی تعبیه می‌شود که به صورت مفصلی به تیر پایین و تیر بالای قاب متصل می‌گردد. برای بررسی این مدل جدید، با استفاده از نرم افزار OpenSees قاب‌های دو بعدی مهاربندی زیپی و شورون مدل گردیده‌اند. این مدل‌ها تحت آنالیز پوش‌اور قرار گرفته و با استفاده از نرم‌افزار Matlab و Excel از لحاظ شکل‌پذیری، تغییرمکان طبقات و نیروی داخلی اعضا با یکدیگر مقایسه شده‌اند. از نتایج

حاصله در رابطه با سیستم مهاربندی زیپی می‌توان به توزیع کمانش و مفاصل پلاستیک تا طبقات فوقانی اشاره کرد که سبب دخالت تمامی مهاربندها در اتلاف انرژی زلزله می‌شود. همچنین تغییرمکان وسط تیرهای محل اتصال مهاربندها در سیستم مهاربندی زیپی نسبت به سیستم مهاربندی شورون کمتر می‌باشد. شایان ذکر است که شکل‌پذیری و ضریب‌رفتار مهاربندی زیپی نسبت به مهاربندی شورون بیشتر می‌باشد.

فهرست مطالب

فصل اول ۱

مقدمه و کلیات ۱

۱- ۱ مقدمه ۱
۱-۲ منحنی هیسترزیس و رفتار رفت و برگشتی سازه ها ۳
۱-۲-۱ رفتار هیسترزیس مهاربندهای قطری ۹
۱-۳ گسیختگی مهاربندها ۱۲
۱-۴ انواع فرم‌های سازه‌ای مقاوم در برابر بار جانبی ۱۳
۱-۴-۱ سیستم قاب خمشی مقاوم ۱۳
۱-۴-۲ سیستم‌های مهاربندی ۱۶
۱-۴-۳ دیوار برشی فولادی ۱۷
۱-۵ انواع سیستم های مهاربندی ۱۹
۱-۵-۱ سیستم مهاربندی همگرا (CBF) ۱۹
۱-۵-۲ مهاربندی با اعضای کششی خارج از محور(OBS) ۲۲
۱-۵-۳ سیستم مهاربندی واگرا (EBF) ۲۳
۱-۵-۴ مهاربندی زانویی تعویض‌پذیر (KBF) ۲۶
۱-۶ مقایسه سختی جانبی سیستم‌های CBF و EBF و MRF ۲۸
۱-۷ ایده‌های جدید برای اصلاح برخی مهاربندهای CBF ۳۲
۱-۷-۱ مهاربند مقاوم در برابر کمانش BRBF (کمانش تاب) ۳۲
۱-۷-۲ مهاربند زیپی ۳۴
۱-۷-۲-۱ مقدمه ۳۴
۱-۷-۲-۲ مروری بر کارهای آزمایشگاهی و تحلیلی ۳۸
۱-۸ هدف از انجام پایان نامه ۴۲
۱-۹ ساختار پایان نامه ۴۲

فصل دوم ۴۴

ضریب‌رفتار ۴۴

۲-۱ مقدمه ۴۴
۲-۲ تاریخچه پیدایش و پیشینه ضریب رفتار ۴۵
۲-۳ روابط مربوط به ضریب رفتار ۴۸
۲-۴- نگرش های طراحی ۴۹
۲-۴-۱- طراحی به روش حالت حدی ۵۰
۲-۴-۲ طراحی به روش تنش مجاز ۵۱
۲-۵ ضریب کاهش نیرو به علت شکل‌پذیری ۵۲
۲-۵-۱ رابطه Newmark-Hall ۵۲
۲-۵-۲ رابطهNassar-Krawinkler ۵۴

۲-۵-۳ رابطه Miranda-Bertero ۵۵
۲-۶ جمع‌بندی ۵۵

فصل سوم ۵۷

مواد و روش‌ها ۵۷

۳-۱ مقدمه ۵۷
۳-۲ مشخصات سازه‌ها ۵۷
۳-۳ بارگذاری ۵۷
۳-۴ طراحی مقاطع ۵۸
۳-۵ معرفی نرم‌افزار OPENSEES ۶۰
۳-۶ فرضیات مدل‌سازی در OPENSEES ۶۱
۳-۷ تحلیل استاتیکی غیرخطی ۶۱
۳-۷-۱ نقطه کنترل ۶۲
۳-۷-۲ الگوی توزیع بار جانبی ۶۲
۳-۷-۲-۱ توزیع بار ثابت ۶۲
۳-۷-۲-۲ توزیع بار متغیر ۶۳
۳-۷-۳ روش دوخطی کردن منحنی ظرفیت بر اساس دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود ۶۳
۳-۷-۴ تغییرمکان هدف ۶۴
۳-۷-۴-۱ تعیین تغییرمکان هدف ۶۴
۳-۷-۵ روند محاسبه ضریب‌رفتار ۶۵
۳-۸ جمع‌بندی ۶۶

فصل چهارم ۶۸

بررسی رفتار مدل‌ها ۶۸

۴-۱ مقدمه ۶۸
۴-۲ بررسی نیروی محوری اعضای مهاربندها ۷۱
۴-۳ کمانش اعضای فشاری ۸۳
۴-۴ تغییرمکان وسط دهانه تیر در محل اتصال مهاربندها ۸۸
۴-۵ رفتار ستون زیپی ۹۲
۴-۶ نمودار برش پایه- تغییرمکان ۹۳
۴-۷ محاسبه ضریب‌رفتار ۹۷
۴-۸ سیستم مهاربندی زیپی معلق ۱۰۱
۴-۸-۱ مدل اول: تقویت مهاربندهای شورون در طبقه بالا ۱۰۱
۴-۸-۲ مدل دوم: تقویت تیرها ۱۰۹
۴-۸-۳ مدل سوم: تعبیه مهاربند V در طبقه آخر ۱۱۶
۴-۸-۴ مقایسه سه مدل قاب مهاربندی زیپی معلق ۱۲۱

فصل پنجم ۱۲۳

نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۱۲۳
۵-۱ مقدمه ۱۲۳
۵-۲ نتایج ۱۲۳
۵-۳ پیشنهادات ۱۲۴
منابع و مراجع ۱۲۶

فهرست شکل ها

شکل های فصل اول

شکل ۱-۱- رفتار ایده آل سازه تحت بار رفت و برگشتی در محدوده غیر خطی ۴
شکل ۱-۲- رفتار سازه تحت بارگذاری افزایشی- پوش هیسترزیس ۵
شکل ۱-۳- مدل الاستو-پلاستیک ۵
شکل ۱-۴- مدل الاستو پلاستیک با کرنش سخت شدگی ۶
شکل ۱-۵- مدل الاستو پلاستیک با کرنش نرم شدگی ۶
شکل ۱-۶- مدل رامبرگ اسگود ۶
شکل ۱-۷- مدل سه خطی ۶
شکل ۱-۸- مدل کلاف- جانستون ۷
شکل ۱-۹- مدل تاکدا ۷
شکل ۱-۱۰- مدل لغزشی ۸
شکل ۱-۱۱- مدل نرمالیزه شده ۸
شکل ۱-۱۲- رفتار سازه ها تحت اثر بار دوره‌ای. الف- رفتار بد، ب- رفتار خوب ۹
شکل ۱-۱۳- رفتار هیسترزیس مهاربندهای کوتاه، دراز و متوسط ۹
شکل ۱-۱۴- نمونه‌ای از پاسخ چرخه‌ای عضو مهاربند ۱۱
شکل ۱ـ۱۵ـ منحنی نیروی محوری ـ جابجائی محوری ۱۲
شکل ۱ـ۱۶ـ منحنی نیروی محوری ـ دوران مفصل پلاستیک ۱۲
شکل ۱-۱۷- قاب صلب و رفتار آن در برابر بار جانبی ۱۳
شکل ۱-۱۸- نمونه ای از حلقه های هیسترزیس قاب خمشی ۱۴
شکل ۱-۱۹- ناحیه پانلی ۱۵
شکل ۱-۲۰- نمونه هایی از اتصالات گیردار ۱۵
شکل ۱-۲۱- نمایی از اشکال مختلف قاب مهاربندی شده ۱۶
شکل ۱-۲۲- نمایی از اتصال مهاربند به قاب بتنی و جزئیات اتصال آن ۱۷
شکل ۱-۲۳- مشابهت دیوار برشی و تیر ورق طره ای ۱۸
شکل ۱-۲۴- منحنی هیسترزیس دیوار برشی فولادی ۱۸
شکل ۱-۲۵- چگونگی ایجاد میدان کشش قطری ۱۹
شکل ۱-۲۶- نمونه ای از منحنی هیسترزیس قاب مهاربندی شده هم مرکز(CBF) ۲۰
شکل ۱-۲۷- اشکال مختلف قاب هم گرا ۲۱

شکل ۱-۲۸- نمونه ای از رفتار هیسترزیس یک مهاربند معمولی ، با قابلیت رفتار فشاری و کششی ۲۱
شکل ۱-۲۹- مهاربندهای خارجی با مقیاس بزرگتر ۲۲
شکل ۱-۳۰- شمایی از مهاربندی با اعضای کششی خارج از محور (OBS) ۲۲
شکل ۱-۳۱- مهاربندی با اعضای کششی خارج از محور در دو دهانه (OBS) ۲۳
شکل ۱-۳۲- اشکال مختلف قابهای با مهاربندی واگرا ۲۴
شکل ۱-۳۳- نمونه ای از منحنی رفتار هیسترزیس قاب با مهاربندی واگرا (EBF) ۲۵
شکل ۱-۳۴- تغییرات پریود مد اول ارتعاش نسبت به e / L ۲۶
شکل ۱-۳۵- تغییرات مقاومت نهایی جانبی بر حسب e / L ۲۶
شکل ۱-۳۶- سیستم مهاربندی زانویی، فرم پیشنهادی بالندرا ۲۷
شکل ۱-۳۷- مقایسه رفتار دو سیستم KBF و EBF ۲۸
شکل ۱-۳۸- مقایسه تغییرات سختی جانبی قاب های فولادی ۲۹
شکل ۱-۳۹- منحنی پوش هیسترتیک مربوط به چند مهاربند با لاغری متفاوت ۳۰
شکل ۱-۴۰- طرح اولیه مهاربند کمانش تاب ۳۳
شکل ۱-۴۱- طرح پیشنهادی فوجیموتو ۳۳
شکل ۱-۴۲- افزایش بار و کمانش هسته در مد بالا ۳۳
شکل ۱-۴۳- ایده کلی مهاربند کمانش تاب ۳۳
شکل ۱-۴۴- نیروی نامتعادل مهاربندهای کششی و فشاری در طراحی به روش تنش مجاز ۳۵
شکل ۱-۴۵- نیروی نامتعادل مهاربندهای کششی و فشاری در طراحی به روش حالت حدی ۳۵
شکل ۱-۴۶- مکانیزم مهاربند شورون و رفتار نیروی جانبی مربوط به آن در مقابل تغییر مکان ۳۶
شکل ۱-۴۷- مکانیزم زیپی در کل ارتفاع ۳۷
شکل ۱-۴۸- انتقال نیروی قائم نامتعادل توسط ستون دوخت ۳۷
شکل ۱-۴۹- مدل زیپی آزمایشگاهی یانگ در مقیاس ۱/۳ ..... ۳۹
شکل ۱-۵۰- پاسخ هیسترتیک قاب مهاربندی زیپی ۳۹
شکل ۱-۵۱- تغییر شکل قاب مهاربندی زیپی ۴۰
شکل ۱-۵۲- تاریخچه های تغییر مکانی مورد استفاده برای ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰٪ از زلزله ۴۰
شکل ۱-۵۳- پاسخ هیسترتیک قاب مهاربندی زیپی، ۵۰٪ از زلزله ۴۱
شکل ۱-۵۴- پاسخ هیسترتیک قاب مهاربندی زیپی، ۷۵٪ از زلزله ۴۱
شکل ۱-۵۵- پاسخ هیسترتیک قاب مهاربندی زیپی، ۱۰۰٪ از زلزله ۴۱

شکل های فصل دوم

شکل ۲-۱- منحنی برش پایه در مقابل تغییرمکان بام ۴۹
شکل ۲-۲ منحنی برش پایه بر حسب جابجایی در طراحی به روش حالت حدی ۵۰
شکل ۲-۳ منحنی برش پایه بر حسب جابجایی در طراحی به روش تنش مجاز ۵۲
شکل ۲-۴- رابطه بین بیشینه جابجایی سازه ارتجاعی با سازه واقعی برای پریودهای کوتاه ۵۳
شکل ۲-۵- رابطه بین بیشینه جابجایی سازه ارتجاعی با سازه واقعی برای پریودهای بلند ۵۳
شکل ۲-۶- ضریب اصلاح مربوط به سیستم چند درجه آزادی ۵۵

شکل های فصل سوم

شکل ۳-۱ مقاطع به کار رفته در قاب مهاربندی شورون ۴ طبقه ۵۸
شکل ۳-۲ مقاطع به کار رفته در قاب مهاربندی زیپی ۴ طبقه ۵۹
شکل ۳-۳- مقاطع به کار رفته در قاب مهاربندی شورون ۸ طبقه ۵۹
شکل ۳-۴- مقاطع به کار رفته در قاب مهاربندی زیپی ۸ طبقه ۶۰
۳-۵ نمودار تنش- کرنش Steel01 ۶۱
شکل ۳-۶ منحنی ساده شده نیرو - تغییر مکان ۶۴

شکل های فصل چهارم

شکل ۴-۱- الف- تغییر شکل جانبی طبقات قاب مهاربندی شورون ۴ طبقه ۶۹
شکل ۴-۱-ب- تغییر شکل جانبی طبقات قاب مهاربندی زیپی ۴ طبقه ۶۹
شکل ۴-۱-پ- تغییر شکل جانبی طبقات قاب مهاربندی شورون ۸ طبقه ۷۰
شکل ۴-۱-ت- تغییر شکل جانبی طبقات قاب مهاربندی زیپی ۸ طبقه ۷۰
شکل ۴-۲- شماره گره ها و المان های قاب مهاربندی شورون ۴ طبقه ۷۱
شکل ۴-۳- شماره گره ها و المان های قاب مهاربندی زیپی ۴ طبقه ۷۲
شکل ۴-۴- شماره گره ها و المان های قاب مهاربندی شورون ۸ طبقه ۷۲
شکل ۴-۵- شماره گره ها و المان های قاب مهاربندی زیپی ۸ طبقه ۷۳
شکل ۴-۶- نیروی بادبندهای فشاری قاب مهاربندی شورون ۴ طبقه ۷۴
شکل ۴-۷- نیروی بادبندهای فشاری قاب مهاربندی زیپی ۴ طبقه ۷۴
شکل ۴-۸- نیروی بادبندهای فشاری قاب مهاربندی شورون ۸ طبقه ۷۵
شکل ۴-۹- نیروی بادبندهای فشاری قاب مهاربندی زیپی ۸ طبقه ۷۵
شکل ۴-۱۰- نیروی بادبندهای کششی قاب مهاربندی شورون ۴ طبقه ۷۶

شکل ۴-۱۱- نیروی بادبندهای کششی قاب مهاربندی زیپی ۴ طبقه ۷۶
شکل ۴-۱۲- نیروی بادبندهای کششی قاب مهاربندی شورون ۸ طبقه ۷۷
شکل ۴-۱۳- نیروی بادبندهای کششی قاب مهاربندی زیپی ۸ طبقه ۷۷
شکل ۴-۱۴- تغییر مکان جانبی طبقات قاب مهاربندی شورون ۴ طبقه ۷۹
شکل ۴-۱۵- تغییر مکان جانبی طبقات قاب مهاربندی زیپی ۴ طبقه ۷۹
شکل ۴-۱۶- تغییر مکان جانبی طبقات قاب مهاربندی شورون ۸ طبقه ۸۰
شکل ۴-۱۷- تغییر مکان جانبی طبقات قاب مهاربندی زیپی ۸ طبقه ۸۰
شکل ۴-۱۸- منحنی تغییر مکان جانبی طبقات قاب مهاربندی شورون ۴ طبقه ۸۱
شکل ۴-۱۹- منحنی تغییر مکان جانبی طبقات قاب مهاربندی زیپی ۴ طبقه ۸۱
شکل ۴-۲۰- منحنی تغییر مکان جانبی طبقات قاب مهاربندی شورون ۸ طبقه ۸۱
شکل ۴-۲۱- منحنی تغییر مکان جانبی طبقات قاب مهاربندی زیپی ۸ طبقه ۸۱
شکل ۴-۲۲- منحنی تغییر مکان جانبی نسبی طبقات قاب مهاربندی شورون ۴ طبقه ۸۲
شکل ۴-۲۳- منحنی تغییر مکان جانبی نسبی طبقات قاب مهاربندی زیپی ۴ طبقه ۸۲
شکل ۴-۲۴- منحنی تغییر مکان جانبی نسبی طبقات قاب مهاربندی شورون ۸ طبقه ۸۲
شکل ۴-۲۵- منحنی تغییر مکان جانبی نسبی طبقات قاب مهاربندی زیپی ۸ طبقه ۸۲
شکل ۴-۲۶- نمودار نیروی محوری- تغییرمکان مهاربندهای فشاری در قاب مهاربندی شورون ۴ طبقه ۸۴
شکل ۴-۲۷- نمودار نیروی محوری- تغییرمکان مهاربندهای فشاری در قاب مهاربندی زیپی ۴ طبقه ۸۴
شکل ۴-۲۸- نمودار نیروی محوری-دوران مهاربندهای فشاری در قاب مهاربندی شورون ۴ طبقه ۸۵
شکل ۴-۲۹- نمودار نیروی محوری-دوران مهاربندهای فشاری در قاب مهاربندی زیپی ۴ طبقه ۸۵
شکل ۴-۳۰- نمودار نیروی محوری- تغییرمکان مهاربندهای فشاری در قاب مهاربندی شورون ۸ طبقه ۸۶
شکل ۴-۳۱- نمودار نیروی محوری- تغییرمکان مهاربندهای فشاری در قاب مهاربندی زیپی ۸ طبقه ۸۶
شکل ۴-۳۲- نمودار نیروی محوری-دوران مهاربندهای فشاری در قاب مهاربندی شورون ۸ طبقه ۸۷
شکل ۴-۳۳- نمودار نیروی محوری-دوران مهاربندهای فشاری در قاب مهاربندی زیپی ۸ طبقه ۸۷
شکل ۴-۳۴- محل اتصال مهاربندها به تیر فوقانی ۸۸
شکل ۴-۳۵- تغییر مکان وسط تیر در قاب مهاربندی شورون ۴ طبقه ۸۹
شکل ۴-۳۶- تغییر مکان وسط تیر در قاب مهاربندی زیپی ۴ طبقه ۸۹
شکل ۴-۳۷- تغییر مکان وسط تیر در قاب مهاربندی شورون ۸ طبقه ۹۰
شکل ۴-۳۸- تغییر مکان وسط تیر در قاب مهاربندی زیپی ۸ طبقه ۹۰
شکل ۴-۳۹- مقایسه تغییر مکان وسط دهانه تیر در قاب مهاربندی شورون ۴ طبقه ۹۱

شکل ۴-۴۰- مقایسه تغییر مکان وسط دهانه تیر در قاب مهاربندی زیپی ۴ طبقه ۹۱
شکل ۴-۴۱- مقایسه تغییر مکان وسط دهانه تیر در قاب مهاربندی شورون ۸ طبقه ۹۱
شکل ۴-۴۲- مقایسه تغییر مکان وسط دهانه تیر در قاب مهاربندی زیپی ۸ طبقه ۹۱
شکل ۴-۴۳- نیروی داخلی ستون زیپی در قاب مهاربندی زیپی ۴ طبقه ۹۳
شکل ۴-۴۴- نیروی داخلی ستون زیپی در قاب مهاربندی زیپی ۸ طبقه ۹۳
شکل ۴-۴۵- نمودار برش پایه- تغییر مکان قاب مهاربندی شورون ۴ طبقه ۹۴
شکل ۴-۴۶- نمودار برش پایه- تغییر مکان قاب مهاربندی زیپی ۴ طبقه ۹۴
شکل ۴-۴۷- نمودار برش پایه- تغییر مکان قاب مهاربندی شورون ۸ طبقه ۹۵
شکل ۴-۴۸- نمودار برش پایه- تغییر مکان قاب مهاربندی زیپی ۸ طبقه ۹۵
شکل ۴-۴۹- مقایسه نمودار برش پایه- تغییر مکان قاب های مهاربندی شورون و زیپی ۴ طبقه ۹۶
شکل ۴-۵۰- مقایسه نمودار برش پایه- تغییر مکان قاب های مهاربندی شورون و زیپی ۸ طبقه ۹۶
شکل ۴-۵۱- تعیین مقادیر لازم برای محاسبه ضریب رفتار در قاب مهاربندی شورون ۴ طبقه ۹۷
شکل ۴-۵۲- تعیین مقادیر لازم برای محاسبه ضریب رفتار در قاب مهاربندی زیپی ۴ طبقه ۹۸
شکل ۴-۵۳- تعیین مقادیر لازم برای محاسبه ضریب رفتار در قاب مهاربندی شورون ۸ طبقه ۹۹
شکل ۴-۵۴- تعیین مقادیر لازم برای محاسبه ضریب رفتار در قاب مهاربندی زیپی ۸ طبقه ۱۰۰
شکل ۴-۵۵- سیستم مهاربندی زیپی معلق، تقویت مهاربندهای شورون طبقه بالا (نوع اول) ۱۰۲
شکل ۴-۵۶- نمودار برش پایه- تغییر مکان قاب مهاربندی زیپی معلق نوع اول ۴ طبقه ۱۰۳
شکل ۴-۵۷- مقایسه نمودار برش پایه- تغییر مکان قاب های مهاربندی زیپی و زیپی معلق نوع اول ۴ طبقه ۱۰۳
شکل ۴-۵۸- نمودار برش پایه- تغییر مکان قاب مهاربندی زیپی معلق نوع اول ۸ طبقه ۱۰۴
شکل ۴-۵۹- مقایسه نمودار برش پایه- تغییر مکان قاب های مهاربندی زیپی و زیپی معلق نوع اول ۸ طبقه ۱۰۴
شکل ۴-۶۰- نیروی داخلی مهاربند فشاری در طبقه آخر قاب مهاربندی زیپی معلق نوع اول ۴ طبقه ۱۰۵
شکل ۴-۶۱- مقایسه نیروی مهاربند فشاری در طبقه آخر قاب زیپی و زیپی معلق نوع اول۴ طبقه ۱۰۵
شکل ۴-۶۲- نیروی داخلی مهاربند فشاری در طبقه آخر قاب زیپی معلق نوع اول ۸ طبقه ۱۰۶
شکل ۴-۶۳- مقایسه نیروی مهاربند فشاری در طبقه آخر قاب زیپی و زیپی معلق نوع اول ۸ طبقه ۱۰۶
شکل ۴-۶۴- کمانش عضو فشاری طبقه آخر در قاب مهاربندی زیپی معلق نوع اول ۴ طبقه ۱۰۷
شکل ۴-۶۵- مقایسه کمانش عضو فشاری طبقه آخر در قاب مهاربندی زیپی و زیپی معلق نوع اول ۴ طبقه ۱۰۷
شکل ۴-۶۶- کمانش عضو فشاری طبقه آخر در قاب مهاربندی زیپی معلق نوع اول ۸ طبقه ۱۰۸
شکل ۴-۶۷- مقایسه کمانش عضو فشاری طبقه آخر در قاب ۸ طبقه زیپی و زیپی معلق نوع اول ۱۰۸
شکل ۴-۶۸- سیستم مهاربندی زیپی معلق، تقویت تیرها(نوع دوم) ۱۰۹

شکل ۴-۶۹- نمودار برش پایه- تغییر مکان قاب مهاربندی زیپی معلق نوع دوم ۴ طبقه ۱۱۰
شکل ۴-۷۰- مقایسه نمودار برش پایه- تغییر مکان قاب های مهاربندی زیپی و زیپی معلق نوع دوم ۴ طبقه ۱۱۰
شکل ۴-۷۱- نمودار برش پایه- تغییر مکان قاب مهاربندی زیپی معلق نوع دوم ۸ طبقه ۱۱۱
شکل ۴-۷۲- مقایسه نمودار برش پایه- تغییر مکان قاب های مهاربندی زیپی و زیپی معلق نوع دوم ۸ طبقه ۱۱۱
شکل ۴-۷۳- نیروی داخلی مهاربند فشاری در طبقه آخر قاب مهاربندی زیپی معلق نوع دوم ۴ طبقه ۱۱۲
شکل ۴-۷۴- مقایسه نیروی مهاربند فشاری در طبقه آخر قاب زیپی و زیپی معلق نوع دوم۴ طبقه ۱۱۲
شکل ۴-۷۵- نیروی داخلی مهاربند فشاری در طبقه آخر قاب مهاربندی زیپی معلق نوع دوم ۸ طبقه ۱۱۳
شکل ۴-۷۶- مقایسه نیروی مهاربند فشاری در طبقه آخر قاب های مهاربندی زیپی و زیپی معلق نوع دوم ۸ طبقه ۱۱۳
شکل ۴-۷۷- کمانش عضو فشاری طبقه آخر در قاب مهاربندی زیپی معلق نوع دوم ۴ طبقه ۱۱۴
شکل ۴-۷۸- مقایسه کمانش عضو فشاری طبقه آخر در قاب های زیپی و زیپی معلق نوع دوم ۴ طبقه ۱۱۴
شکل ۴-۷۹- کمانش عضو فشاری طبقه آخر در قاب ۸ طبقه زیپی معلق نوع دوم ۱۱۵
شکل ۴-۸۰- مقایسه کمانش عضو فشاری طبقه آخر در قاب ۸ طبقه زیپی و زیپی معلق نوع دوم ۱۱۵
شکل ۴-۸۱- سیستم مهاربندی زیپی معلق ۴ طبقه، تعبیه بادبند V (نوع سوم) ۱۱۷
شکل ۴-۸۲- سیستم مهاربندی زیپی معلق ۸ طبقه، تعبیه بادبند V (نوع سوم) ۱۱۷
شکل ۴-۸۳- نمودار برش پایه- تغییر مکان قاب مهاربندی زیپی معلق نوع سوم ۴ طبقه ۱۱۸
شکل ۴-۸۴- مقایسه نمودار برش پایه- تغییر مکان قاب های مهاربندی زیپی و زیپی معلق نوع سوم ۴ طبقه ۱۱۸
شکل ۴-۸۵- نمودار برش پایه- تغییر مکان قاب مهاربندی زیپی معلق نوع سوم ۸ طبقه ۱۱۹
شکل ۴-۸۶- مقایسه نمودار برش پایه- تغییر مکان قاب های مهاربندی زیپی و زیپی معلق نوع سوم ۸ طبقه ۱۱۹
شکل ۴-۸۷- نیروهای داخلی اعضای بادبند v در قاب مهاربندی زیپی معلق نوع سوم ۴ طبقه ۱۲۰
شکل ۴-۸۸- نیروهای داخلی اعضای بادبند v در قاب مهاربندی زیپی معلق نوع سوم ۸ طبقه ۱۲۰
شکل ۴-۸۹- مقایسه نمودار برش پایه- تغییر مکان قابهای زیپی معلق نوع اول، دوم و سوم ۴ طبقه ۱۲۲
شکل ۴-۹۰- مقایسه نمودار برش پایه- تغییر مکان قابهای زیپی معلق نوع اول، دوم و سوم ۸ طبقه ۱۲۲

فهرست جداول

جدول۲-۱ ضرایب میرایی بر اساس UBC-94 ..... ۵۰
جدول ۲-۲ مقادیر پارامترهای a و b بر حسب α ۵۴

فهرست نمادها

Dsp ..... تغییر مکان
LocForc ..... نیروی داخلی در محور مختصات محلی
Base Shear ..... برش پایه
Dsp(a,b) ..... تغییر مکان گره شماره a در جهت درجه آزادی b
LocForc(c,d) ..... نیروی داخلی المان شماره c در جهت درجه آزادی d
ZBF ..... قاب مهاربندی زیپی
SZBF ..... قاب مهاربندی زیپی معلق

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱- ۱ مقدمه

ساختمان ساخته شده در طول عمر مفید خود متحمل بارهای گوناگونی اعم از بارهای دائمی و موقت می‌شود. کشور ما با قرارگیری بر کمربند زلزله آلپاید که از دریای مدیترانه تا کوه‌های هیمالیا کشیده شده است، از اهمیت بالایی در شناخت نیروهای زلزله برخوردار است. وقوع زلزله‌های پی‌درپی در مناطق زلزله‌خیز کشور، خسارات مالی و جانی فراوانی را تحمیل نموده است. خاطره تلخ زلزله خرداد ۱۳۶۹رودبار گیلان که طی آن ده‌ها هزار نفر انسان بی گناه جان باختند و میلیاردها تومان خسارت مالی به بار آورد، هنوز از اذهان پاک نشده بود که زلزله مخرب اسفند ماه ۱۳۷۵ در اردبیل عده‌ای از هموطنان را به کام مرگ کشید. با توجه به توضیحات فوق، به اهمیت اثر نیروی زلزله، با درک دقیق از رفتار سیستم‌های مختلف مقاوم در برابر بارجانبی، پی‌برده و ارزیابی نقاط ضعف و قوت سیستم‌ها، با توجه به حد بهره برداری و گسیختگی روشن خواهد شد. ویژگی مهم نیروی زلزله در این است که رفتار مصالح، رفتار لرزه‌ای سازه، نوع زلزله و شدت آن، تماما" بر روی نیروی وارد بر سازه توسط زلزله مؤثر بوده و طبیعت این نیرو را نسبت به دیگر نیروهای وارد بر سازه پیچیده‌تر می‌سازد.

سیستم‌های مختلف سازه‌ای با کاهش نیروی زلزله وارده به کمک پارامترهای مختلفی چون شکل‌پذیری، استهلاک انرژی و ... آن را جذب نموده و از خرابی کلی سازه جلوگیری می‌کنند.

با بررسی اجمالی خسارات وارد بر سازه‌ها در زلزله‌های گذشته، مشخص شده که سازه‌های فولادی به جهت شکل‌پذیر بودن مصالح و قابلیت جذب انرژی، عملکرد بهتر و اقتصادی‌تری نسبت به سایر سازه‌ها دارند. به طور کلی در مناطق لرزه‌خیز، از نظر اقتصادی مناسب نیست که طراحی ساختمان‌های رایج طوری باشد که این سازه‌ها در زلزله‌های شدید، در محدوده الاستیک باقی بمانند. قبلاً تمام سازه‌ها در محدوده الاستیک و بسته به شدت لرزه خیزی منطقه و اهمیت سازه طرح می شدند، ولی اکنون طرح لرزه‌ای و با صرفه می‌طلبد که از رفتار جذب کنندگی انرژی با تغییرشکل‌های غیرارتجاعی در مقابل زلزله شدید استفاده شود. طراحی لرزه‌ای سازه‌ها معمولاً بر این اساس صورت می گیرد که اعضایی در سازه باشند که در زلزله‌های شدید، رفتار غیرارتجاعی از خود نشان داده و انرژی لرزه‌ای را جذب نمایند [۱].

قاب‌های فولادی معمولی هنگامی که تحت اثر زلزله قوی قرار می‌گیرند، متحمل تغییرشکل‌های جانبی بزرگی می‌شوند، در صورتی که این تغییرشکل‌ها بیش از اندازه باشند، موجب آسیب مشهود اجزاء سازه‌ای و غیرسازه‌ای می‌شوند. برای جلوگیری از این قبیل تغییرشکل‌ها، انواع روش‌ها و شیوه‌های مختلف در قاب‌های فولادی استفاده می‌شود. یکی از این روش‌ها استفاده از المان‌های قطری (مهاربند) به عنوان اعضای سازه‌ای الحاقی جهت افزایش سختی، استهلاک انرژی و کنترل تغییرشکل نسبی طبقات می‌باشد.

مهاربندهای معمولی متشکل از اعضای فولادی تک با سطح مقطع‌های گوناگون می‌باشند که برای تحمل توأم نیروی فشاری و کششی وارده طراحی می‌شوند. کمانش این اعضای فولادی تک توسط نسبت لاغری (نسبت سختی و طول بادبند به شعاع ژیراسیون) کنترل می‌شود. به منظور جلوگیری از کمانش مهاربند معمولاً سطح مقطع بزرگی به عضو تخصیص داده می‌شود. به طور کلی مهاربندهای معمولی دارای ظرفیت شکل‌پذیری محدود، رفتار هیسترزیس نامتقارن و زوال قابل ملاحظه مقاومت در برابر بارگذاری فشار می‌باشند [۱۰]. نمونه‌هایی در زلزله‌های واقعی وجود داشته که در آن تیرها، ستون‌ها، اتصالات جوشی و

پیچی دچار خرابی شده‌اند و یا یکی از مکانیزم‌های شکست ترد در خود مهاربند اتفاق افتاده است، که در نهایت با چنین رفتار غیرالاستیک کنترل نشده مهاربندها، شکست کلی سازه به وجود آمده است.

۱-۲ منحنی هیسترزیس و رفتار رفت و برگشتی سازه ها

یکی از خصوصیات مصالح گذر از مرحله خطی و ورود به ناحیه پلاستیک (غیر خطی) می‌باشد که با ورود به این مرحله، مصالح مشخصات و توانایی تحمل نیروی خود را به طور کامل از دست نمی‌دهند، بلکه در این ناحیه می‌توانند مقداری نیرو تحمل نمایند. این موضوع در مورد فولاد به عنوان یکی از بهترین مصالح ساختمانی به خوبی مشاهده می‌شود. ضمناً به منظور جلوگیری از طراحی مقاطع غیراقتصادی و سنگین و با توجه به توانایی مصالح در ناحیه غیرخطی لازم است که با شناخت کافی از رفتار پلاستیسیته مصالح از این توانایی در طراحی استفاده شود. انتهای ناحیه غیرخطی نمودار تنش ـ کرنش مصالح، به حدی می‌رسد که در آن مصالح بسوی گسیختگی و از بین رفتن پیش می‌رود، به این حد، حد نهایی یا نقطه انهدام مصالح گفته می شود.

اگر یک میله تحت کشش محوری رفت و برگشتی قرار گیرد، منحنی ایده آل الاستوپلاستیک نیرو- تغییر مکان آن مشابه شکل ۱-۱ خواهد بود. این منحنی ها را، منحنی هیسترزیس می‌نامند و منظور منحنی‌هایی است که در اثر بارگذاری و باربرداری حاصل می‌شود.

اگر رفتار یک سازه غیرخطی به صورت یک مدل الاستو پلاستیک نشان داده شود، کل انرژی انتقالی به سیستم سطح ذوزنقه است که از این مقدار سطح مثلث قابل برگشت است و بقیه در سیستم تلف شده است. این انرژی در باربرداری (انرژی ارتجاعی) موجب تغییر شکل سازه در جهت مقابل می شود [۱].

آنچه از نمودار هیسترزیس یک سازه تحت زلزله خاص استنتاج میشود، عبارتند از:

۱- سطح زیر منحنی و میزان جذب انرژی

۲- شیب منحنی و سختی سازه در هر دوره از بارگذاری

۳- تعداد دوره‌های رفت و برگشتی

۴- مقدار مقاومت سازه در هر دوره