بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران مرکز

عنوان:

بررسی عملکرد لرزه‌ای ساختمان‌های فولادی با سیستم قاب‌خمشی بهسازی شده با استفاده از مهاربندهای مقاوم در برابر کمانش (BRB)

نگارش:

علیرضا مرادی

استاد راهنما: **دکتر سهیل منجمی‌نژاد**

استاد مشاور: **دکتر علی مزروعی**

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته

مهندسی عمران – گرایش سازه

خرداد ۱۳۹۱

سپاس بیکران بر همدلی و همراهی و همگامی پدر و مادر دلسوز و مهربانم که سجده‌ی ایثارشان گل محبت را در وجودم پروراند و دامان گهربارشان لحظه‌های مهربانی را به من آموخت. آن دو فرشته‌ای که از خواسته‌هایشان گذشتند، سختی‌ها را به جان خریدند و خود را سپر بلای مشکلات و ناملایمات کردند تا من به جایگاهی که اکنون در آن ایستاده‌ام برسم.

این پژوهش را به وجود مقدس خانواده مهربانم پیشکش می‌نمایم...

تشکر و قدردانی

به تأثی از کرامت حدیث « من لم یشکر الناس لم یشکر الله عز و جل» بر خود واجب می‌دانم که از استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر *سهیل منجمی‌نژاد* به پاس راهنمایی‌های ارزشمند و رهنمودهای بی-دریغ و همیشگی‌شان در جهت پیشبرد بهتر و سریع‌تر این پژوهش نهایت تشکر و قدردانی را بعمل آورم.

از جناب آقای دکتر *علی مزروعی* بابت قبول زحمت مشاوره و کنترل کارهای انجام شده و ارایه پیشنهادات موثرشان در تکمیل طرح، کمال تشکر را دارم.

همچنین از اساتید محترم دکتر *عبدالرضا سروقدمقدم*، دکتر *شهریار طاووسی*، دکتر *احمد نیکنام*، دکتر *جعفر عسگری مارنانی* و دکتر *حامد کمیلی* که در خلال انجام پایان‌نامه از راهنمایی‌هایشان استفاده نمودم، متشکرم.

در خاتمه از زحمات و همفکری‌های *خواهران گرانقدرم* و همچنین دوستان خوبم آقایان مهندس *مهرداد نوروزی*، *محسن بشارت*، *رضا بیگلریان* و *رضا تنباکوچی* صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایم. محبت‌ها و مساعدت‌های ارزشمندشان همواره در خاطرم باقی خواهد ماند.

عنوان

بررسی عملکرد لرزه‌ای ساختمان‌های فولادی با سیستم قاب‌خمشی بهسازی شده با استفاده از مهاربندهای مقاوم در برابر کمانش (BRB)

چکیده

با توجه به کاهش روزافزون انرژی‌ها در دنیا، علم مقاوم‌سازی جزو مهمترین علوم در گرایش‌های سازه‌ای مهندسی عمران بشمار می‌رود. از این دانش به عنوان یک راهکار مفید برای جلوگیری از صرف هزینه، زمان و انرژی، جهت کاربری مداوم ساختمان‌های ضعیف ساخته شده، استفاده می‌شود.

در پژوهش انجام گرفته با توجه به دامنه وسیع کاربرد سیستم قاب خمشی در کشورمان، مقاوم‌سازی ساختمان‌هایی با این سیستم، با استفاده از مهاربند کمانش‌ناپذیر بررسی شده است. مهاربندهای مقاوم در برابر کمانش با توجه به سختی بالای جانبی که فراهم می‌کنند باعث پوشش بزرگترین ضعف سیستم قاب خمشی یعنی تغییر مکان‌های زیاد، خواهند شد.

بمنظور ارزیابی مقایسه‌ای این روش در تأثیر آن روی ساختمان‌های مختلف، رفتار لرزه‌ای سه ساختمان کوتاه (۴طبقه)، متوسط(۸طبقه) و بلند (۱۲ طبقه) با پلان مستطیل شکل یکسان، قبل و بعد از مقاوم‌سازی مورد مطالعه قرار گرفته است. در مطالعه رفتار ساختمان‌ها از تحلیل‌های استاتیکی خطی، غیرخطی به روش بارافزون و تحلیل دینامیکی غیرخطی به روش تاریخچه زمانی با استفاده از هفت زوج شتاب‌نگاشت در نرم‌افزار SAP2000 استفاده شده است.

نتایج حاکی از ضعف مشهود سیستم‌های اولیه و رفتار مناسب ساختمان‌های مقاوم‌سازی شده می‌باشند. کاهش مفاصل پلاستیک و تغییرمکان طبقات، بهبود سطوح عملکرد و افزایش خاصیت جذب و استهلاک انرژی ناشی از نیروهای زلزله، جزو مهمترین پارامترهای رفتاری بهبود یافته بعد از مقاوم‌سازی در ساختمان‌های تحت بررسی بوده است.

کلمات کلیدی: قاب خمشی، مقاوم‌سازی، مهاربند مقاوم در برابر کمانش

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... **أ**

فهرست شکل ها ..... **د**

فهرست جدول ها ..... **ص**

فهرست نمودارها ..... **ط**

فصل اول: مهاربند مقاوم در برابر کمانش **۱**

۱-۱- مقدمه **۱**

۱-۲- معرفی مهاربند مقاوم در برابر کمانش **۳**

۱-۳- اجزای تشکیل دهنده مهاربند مقاوم در برابر کمانش **٤**

۱-۳-۱- هسته مهاربند ۵

۱-۳-۱-۱- قسمت مهار شده جاری شونده ۶

۱-۳-۱-۲- قسمت مهار شده جاری نشونده ۷

۱-۳-۲- اتصالات مهاربند ۷

۱-۳-۲-۱- اتصالات پیچی ۸

۱-۳-۲-۲- اتصالات پینی (پرچ ثابت) ۸

۱-۳-۲-۳- اتصالات جوشی ۹

۱-۳-۲-۴- اتصالات خاص ۱۰

۱-۳-۳- غلاف ۱۱

۱-۳-۳-۱- عامل جداکنندگی و انبساط مواد ۱۱
۱-۳-۳-۲- کمانش موضعی در هسته مرکزی ۱۲
۱-۴- تایید صحت عملکرد ۱۳
۱-۵- پیکر بندی مهاربند کمانش ناپذیر ۱٤
۱-۶- توزیع مهاربند مقاوم در برابر کمانش ۱٦
۱-۷- مزایا و معایب مهاربندهای مقاوم در برابر کمانش ۱۸
۱-۷-۱- مزایا ۱۸
۱-۷-۲- معایب ۱۹
۱-۸- بررسی اقتصادی ۲۰
۱-۹- تحقیقات انجام گرفته پیرامون مهاربندهای مقاوم در برابر کمانش ۲۲
۱-۹-۱- ایده اولیه ۲۲
۱-۹-۲- تعمیم ایده اولیه ۲۳
۱-۹-۳- استفاده از ملات ۲۵
۱-۹-۴- بررسی مقاطع مختلف جهت کنترل کمانش ۲۵
۱-۹-۵- استفاده از غلاف برای کنترل کمانش ۲۶
۱-۹-۶- تحقیقات ترمبلای ۲۸
۱-۹-۷- تحقیقات کلارک ۳۰
۱-۹-۸- تحقیقات ایواتا ۳۰
۱-۹-۹- تحقیقات سابلی ۳۱
۱-۹-۱۰- تحقیقات چن ۳۲

۱-۹-۱۱- تحقیقات تسای و لای ۳۴
۱-۹-۱۲- تحقیقات ترمبلای و بویاتای ۳۶
۱-۹-۱۳- ادامه روند تحقیقات تسای ۳۷
۱-۹-۱۴- تحقیقات آیکن ۳۹
۱-۹-۱۵- تحقیقات ایواتا ۴۱
۱-۱۰- پیشرفت و توسعه مهاربندهای کمانش ناپذیر ٤٣
۱-۱۰-۱- مهاربند کمانش ناپذیر با هسته کوتاه ۴۴
۱-۱۰-۲- اتصالات مهاربند کمانش ناپذیر ۴۴
۱-۱۰-۳- کاهش دریفت پسماند ۴۵
۱-۱۱- محاسبات مهاربندهای مقاوم در برابر کمانش ٤٧
۱-۱۱-۱- طراحی ۴۷
۱-۱۱-۲- کنترل رفتار مهاربند ۵۰
۱-۱۲- دامنه استفاده از مهاربند مقاوم در برابر کمانش ۵۱
فصل دوم : معرفی مدلها ۵۹
۲-۱- مقدمه ۵۹
۲-۳- مشخصات سازه‌ها ۵۹
۲-۳- سازه‌های قبل از مقاوم‌سازی ٦١
۲-۳-۱- بازگذاری ثقلی ٦١
۲-۳-۲- بازگذاری جانبی ۶۲
۲-۴- سازه‌های بعد از مقاوم سازی ٦٢

۲-۴-۱- بارگذاری ثقلی ۶۲
۲-۴-۲- بارگذاری جانبی ۶۲
۲-۵- برش پایه به روش استاتیکی خطی ٦٣
۲-۵-۱- محاسبات ساختمان چهارطبقه ۶۴
۲-۵-۲- محاسبات ساختمان هشت طبقه ۶۵
۲-۵-۳- محاسبات ساختمان دوازده طبقه ۶۷
۲-۵-۴- اختلاف ایجاد شده در برش پایه ۶۹
۲-۶- مقاطع مصرفی در طرح بهسازی ۷۰
فصل سوم: بهسازی ۷۲
۳-۱- مقدمه ۷۲
۳-۲- مقایسه ویرایش دوم و سوم آیین نامه ۲۸۰۰ ..... ٧٤
۳-۲-۱- درجه اهمیت ساختمانها ۷۵
۳-۲-۲- گروهبندی ساختمانها بر حسب شکل ۷۵
۳-۲-۳- قاعده جذب نیرو در سیستم های مقاوم جانبی دوگانه ۷۶
۳-۲-۴- ضریب بازتاب ساختمان ۷۶
۳-۲-۵- سیستم قاب خمشی معمولی ۷۸
۳-۲-۶-بررسی موردی مقدار برش پایه آیین نامه ۷۸
۳-۳- لزوم بهسازی ۷۹
۳-۴- تعاریف کلی ۸۰
۳-۴-۱- دستورالعمل بهسازی (نشریه شماره ۳۶۰) ۸۰

۳-۴-۲- نقطه عملکرد سازه ۸۰
۳-۴-۳- تراز های زلزله ای ۸۱
۳-۴-۴- هدف بهسازی ۸۲
۳-۴-۵- سطح عملکرد ۸۲
۳-۴-۶- بهسازی سازه ها ۸۳
۳-۵- راهبرد های مقاومسازی ۸٤
۳-۵-۱- راهبرد فنی کاهش نیاز ۸۶
۳-۵-۱-۱- کاهش جرم ساختمان ۸۶
۳-۵-۱-۲- سیستم جداساز لرزه ای ۸۷
۳-۵-۱-۳- استفاده از میراگر جهت بهسازی ۸۸
۳-۵-۲- راهبردهای فنی افزایش ظرفیت ۸۹
۳-۵-۲-۱- اصلاح موضعی اجزا ۸۹
۳-۵-۲-۲- راهبرد حذف یا کاهش نامنظمی در سازه ۸۹
۳-۵-۲-۳- راهبرد افزایش مقاومت و سختی جانبی سازه ۹۰
۳-۵-۲-۳-۱- کاربرد مهاربند همگرا ۹۴
۳-۵-۲-۳-۲- کاربرد مهاربند واگرا ۹۴
۳-۵-۲-۳-۳- کاربرد مهاربندهای بتنی ۹۵
۳-۵-۲-۳-۴- کاربرد دیوار برشی ۹۶
۳-۶- استفاده از مهاربند مقاوم در برابر کمانش برای بهسازی ۹۷
۳-۶-۱- ساختمان های مقاومسازی شده با مهاربند کمانش ناپذیر ۹۸

۳-۶-۲- ساختمان هتل تایپه کشور تایوان ۹۹
۳-۶-۳- ساختمان هتل بلندمرتبه کشور ژاپن ۱۰۰
۳-۶-۴- نمونه های مقاومسازی شده ۱۰۲
۳-۶-۵- استفاده از مهاربند کمانش ناپذیر در مقاومسازی پل ها ۱۰۳
فصل چهارم: تحلیل استاتیکی غیرخطی ۱۰۶
۴-۱- مقدمه ۱۰۶
۴-۲- تحلیل استاتیکی غیر خطی ۱۰۷
۴-۲-۱- فرضیات روش بارافزون ۱۰۸
۴-۲-۲- تغییر مکان هدف ۱۰۸
۴-۳- مدلسازی ۱۱۵
۴-۳-۱- فرایند تحلیل استاتیکی غیرخطی درنرم افزار ۱۱۵
۴-۳-۲-بارگذاری ۱۱۶
۴-۳-۳- الگوی بار جانبی طبق نشریه ۳۶۰ ..... ۱۱۶
۴-۳-۳-۱- توزیع نوع اول ۱۱۷
۴-۳-۳-۲-توزیع نوع دوم ۱۱۸
۴-۳-۴- مفاصل پلاستیک اعضا در آنالیز بارافزون ۱۱۸
۴-۳-۴-۱- اختصاص مفاصل تیرها ۱۱۹
۴-۳-۴-۲- اختصاص مفاصل ستون‌ها ۱۱۹
۴-۳-۴-۳- اختصاص مفاصل مهاربندها ۱۲۰
۴-۴- بررسی نتایج ۱۲۰

۴-۴-۱- بررسی مفاصل پلاستیک ۱۲۰
۴-۴-۲- منحنی ظرفیت سازهها ۱۲۵
۴-۴-۲-۱- مقایسه منحنی های ظرفیت در سه ساختمان ۱۳۰
۴-۵- مطالعات انجام شده پیرامونی ۱۳۳
۴-۵-۱- مقاوم سازی با مهاربند همگرای معمولی ۱۳۳
۴-۵-۲- تغییر دهانه های مهاربندی شده در محور عرضی ۱۳۵
۴-۶- مزایا و معایب روش استاتیکی غیر خطی ۱۳۷
فصل پنجم: تحلیل دینامیکی غیرخطی ۱٤۰
۵-۱- تحلیل های دینامیکی غیر خطی(NDA) ۱٤۰
۵-۱-۱- تحلیل دینامیکی افزایشی **۱٤۱**
۵-۱-۲- تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی ۱۴۱
۵-۲- مدلسازی ۱٤۳
۵-۳- شتابنگاشت ۱٤٤
۵-۳-۱- شتابنگاشت‌های انتخاب شده ۱۴۷
۵-۳-۲- مقیاس کردن شتابنگاشت‌ها ۱۴۸
۵-۳-۲-۱- روش پیشنهادی آیین نامه ۲۸۰۰ ..... ۱۴۹
۵-۴- بررسی نتایج ۱٥٤
۵-۴-۱- بررسی سطوح عملکرد ۱۵۶
۵-۴-۲- بررسی معیار تغییرمکان بام نسبت به زمان ۱۵۷
۵-۴-۳- بررسی معیار تغییرمکان نسبی طبقات ۱۶۸

۵-۴-۴- بررسی نمودار هیسترزیس سازه ها ۱۷۶
۵-۴-۵- بررسی تغییرات برش پایه ۱۸۲
نتایج کلی **۱۸۶**
ارایه پیشنهادات برای انجام پروژههای آتی **۱۸۹**
منابع و مراجع **۱۹۱**

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱) مقایسه رفتار مهاربندهای همگرای معمولی با مهاربند مقاوم در برابر کمانش ٤

شکل ۱-۲) اجزای تشکیل دهنده مهاربند مقاوم در برابر کمانش ۵

شکل ۱-۳) انواع پیکربندی های رایج برای هسته مهاربند مقاوم در برابر کمانش ۵

شکل ۱-۴) اتصال گیردار مهاربند مقاوم در برابر کمانش به سازه با استفاده از پیچ..... ۸

شکل ۱-۵) اتصال ساده مهاربند مقاوم در برابر کمانش به سازه ۹

شکل ۱-۶) اتصال گیردار مهاربند مقاوم در برابر کمانش به سازه با استفاده ازجوش ۱۰

شکل ۱-۷)جزییات اتصال مهاربند مقاوم در برابر کمانش به سازه بتنی ۱۰

شکل ۱-۸) جزییات فاصله بین ملات و بخش جاری نشونده ۱۱

شکل ۱-۹) خرابی های رایج مهاربند مقاوم در برابر کمانش ۱۲

شکل ۱-۱۰) شیوه های استفاده از مهاربند مقاوم در برابر کمانش با پیکربندی ضربدری ۱۵

شکل ۱-۱۱) کاهش طول قسمت جاری شونده ۱۵

شکل ۱-۱۲) منحنی های هیسترزیس مربوط به پیکربندی قطری و ضربدری ۱۵

شکل ۱-۱۳) پیکربندی های رایج مهاربند مقاوم در برابر کمانش ۱٦

شکل ۱-۱۴) نمودار مقایسه ای نرمال کردن مهاربندها برای توزیع مناسب در طبقات ۱۸

شکل ۱-۱۵) اولین گونه مهاربندهای مقاوم در برابر کمانش ۲۳

شکل ۱-۱۶) آزمایش مهاربند مقاوم در برابر کمانش و رفتار چرخه ای نتیجه شده در آزمایش ۲٤

شکل ۱-۱۷) نمونه های آزمایش شده جهت کنترل کمانش ۲۵

شکل ۱-۱۸) کمانش هسته فشاری..... ۲۷

شکل ۱-۱۹) مشخصات آزمایش سریدهارا ۲۸
شکل ۱-۲۰) جزییات مهاربندهای آزمایش شده توسط ترمبلای ۲۸
شکل ۱-۲۱) پاسخ هیسترزیس اندازه گیری شده..... ۲۹
شکل ۱-۲۲) نمونه های بررسی شده در تحقیقات ایواتا..... ۳۱
شکل ۱-۲۳) جزییات مهاربندهای آزمایش شده در تحقیقات چن ۳۳
شکل ۱-۲۳) پاسخ هیسترزیس مهاربند مقاوم در برابر کمانش در تحقیقات چن ۳۳
شکل ۱-۲۴) پاسخ هیسترزیس مهاربند مقاوم در برابر کمانش در تحقیقات تسای و لای ۳۵
شکل ۱-۲۵) نمودار بار محوری-تعداد سیکل بارگذاری در بررسی اثر مواد غیرچسبنده..... ۳۶
شکل ۱-۲۶) خصوصیات هندسی مجموعه آزمایش تسای و مراحل بارگذاری ۳۷
شکل ۱-۲۷) پاسخ نمونه تحت تأثیر بارگذاری چرخه ای و تصویر شکست بعلت کمانش صفحه اتصال..... ۳۸
شکل ۱-۲۸) طول مهار نشده صفحه اتصال ۳۸
شکل ۱-۲۹) جزییات مجموعه آزمایشات آیکن..... ۴۰
شکل ۱-۳۰) آرم تجاری شرکت های اصلی تولید کننده مهاربند مقاوم در برابر کمانش..... ۴۳
شکل ۱-۳۱) انواع اتصالات انحصاری مهاربند مقاوم در برابر کمانش..... ۴۴
شکل ۱-۳۳) پلان سیستم ترکیبی ۴۶
شکل ۱-۳۴) حداکثر درصد دریفت پسماند طبقات ۴۶
شکل ۱-۳۵) نیروی وارده به مهاربند ۴۸
شکل ۱-۳۶) طول متفاوت هسته مهاربندهای مقاوم در برابر کمانش ۴۹
شکل ۱-۳۷) قسمت غیرمنشوری هسته..... ۵۱

شکل ۱-۳۸) استفاده از سیستم های مختلف باربر جانبی در کشور ژاپن..... ۵۲

شکل ۱-۳۹)مجموعه ورزشی تایپه ۵۵

شکل ۱-۴۰) ساختمان بتنی مقاومسازی شده با مهاربند کمانش ناپذیر..... ۵۵

شکل ۱-۴۱) شکل اتصال مهاربند مقاوم در برابر کمانش به سازه بتنی و یکی از شکست های رایج آن ۵۶

شکل ۲-۱) پلان و نحوه اعمال بار شطرنجی کف‌ها..... ۶۰

شکل ۲-۲) نمای دو جهت عمود سه ساختمان تحت بررسی قبل و بعد از اضافه شدن مهاربندها ۶۰

شکل ۲-۳) محاسبات ضریب زلزله ساختمان ۴طبقه با سیستم قاب خمشی..... ۶۴

شکل ۲-۴) محاسبات ضریب زلزله ساختمان ۴طبقه با سیستم مهاربند مقاوم در برابر کمانش ۶۴

شکل ۲-۵) محاسبات ضریب زلزله ساختمان ۸طبقه با سیستم قاب خمشی..... ۶۵

شکل ۲-۶) محاسبات ضریب زلزله ساختمان ۸طبقه با سیستم مهاربند مقاوم در برابر کمانش ۶۶

شکل ۲-۷) محاسبات ضریب زلزله ساختمان ۱۲طبقه با سیستم قاب خمشی ۶۷

شکل ۳-۱) بدست آوردن نقطه عملکرد سازه ۸۱

شکل ۳-۲) سطوح عملکرد..... ۸۳

شکل ۳-۳) روش های مقاومسازی..... ۸۷

شکل ۳-۴) جداسازهای لرزه ای و تاثیرات استفاده از آنها در طیف پاسخ سازه..... ۸۸

شکل ۳-۵) انواع میراگرها..... ۸۹

شکل ۳-۶) وجود طبقه نرم در طبقات میانی و اولین تراز ۹۰

شکل ۳-۷) افزایش مقاومت و سختی سازه..... ۹۱

شکل ۳-۸) تاثیر افزایش مقاومت در عملکرد لرزه ای سازه ۹۲

شکل ۳-۹) تاثیر افزایش سختی در عملکرد لرزه ای سازه ۹۳
شکل ۳-۱۰) امکان استفاده موثر در طراحی معماری در صورت اضافه شدن مهاربند در نما ۹۳
شکل ۳-۱۱) استفاده از مهاربند همگرا جهت بهسازی لرزه ای ساختمان بتنی..... ۹٤
شکل ۳-۱۲) استفاده از مهاربند واگرا جهت بهسازی لرزه ای ساختمان بتنی..... ۹٤
شکل ۳-۱۳) استفاده از مهاربند بتنی پیش تنیده پیش ساخته..... ۹۵
شکل ۳-۱۴) پاسخ محوری عضو مهاربندی هنگام اعمال نیروی جانبی..... ۹۵
شکل ۳-۱۵) استفاده از دیوار برشی فولادی برای بهسازی لرزه ای..... ۹٦
شکل ۳-۱۶) منحنی های ظرفیت قاب در شیوه های مختلف بهسازی لرزه ای..... ۹۷
شکل ۳-۱۷) استفاده از میراگرهای ویسکوز در مهاربندهای قطری ۹۸
شکل ۳-۱۸) مدلسازی کامپیوتری هتل تایپه ۱۰۰
شکل ۳-۱۹) طرح تقویت اتصالات خمشی..... ۱۰۰
شکل ۳-۲۰) میزان تغییر مکان نسبی طبقات هتل بلند مرتبه زاپن..... ۱۰۱
شکل ۳-۲۱) مقاومسازی هتل ۲۰ طبقه توکیو..... ۱۰۲
شکل ۳-۲۲) استفاده از مهاربند مقاوم در برابر کمانش در بهسازی پل ها ۱۰٤
شکل ۴-۱) مقایسه رفتار خطی و غیرخطی اعضای سازه ۱۰۷
شکل ۴-۲) نمودار ظرفیت سازه ۱۰۸
شکل ۴-۳) تغییر مکان هدف سازه ۴ طبقه با سیستم مهاربند مقاوم در برابر کمانش ۱۱۱
شکل ۴-۴) تغییر مکان هدف سازه ۴ طبقه با سیستم قاب خمشی..... ۱۱۲
شکل ۴-۵) تغییر مکان هدف سازه ۸ طبقه با سیستم مهاربند مقاوم در برابر کمانش ۱۱۲

شکل ۴-۶) تغییر مکان هدف سازه ۸ طبقه با سیستم مهاربند قاب خمشی..... ۱۱۳
شکل ۴-۷) تغییر مکان هدف سازه ۱۲ طبقه با سیستم مهاربند مقاوم در برابر کمانش..... ۱۱۳
شکل ۴-۸) تغییر مکان هدف سازه ۱۲ طبقه با سیستم قاب خمشی ۱۱٤
شکل ۴-۹) روش های توزیع بار جانبی..... ۱۱٦
شکل ۴-۱۰) تشکیل مفاصل پلاستیک خمشی در تیرها..... ۱۱۹
شکل ۴-۱۱) مفاصل پلاستیک سازه ۴ طبقه قبل و بعد از مهاربندی در سطح خطر اول ۱۲۱
شکل ۴-۱۲) مفاصل پلاستیک سازه ۴ طبقه قبل و بعد از مهاربندی در سطح خطر دوم..... ۱۲۱
شکل ۴-۱۳) مفاصل پلاستیک سازه ۸ طبقه قبل و بعد از مهاربندی در سطح خطر اول ۱۲۲
شکل ۴-۱۴) مفاصل پلاستیک سازه ۸ طبقه قبل و بعد از مهاربندی در سطح خطر دوم..... ۱۲۲
شکل ۴-۱۵) مفاصل پلاستیک سازه ۱۲ طبقه قبل و بعد از مهاربندی در سطح خطر اول..... ۱۲۳
شکل ۴-۱۶) مفاصل پلاستیک سازه ۱۲ طبقه قبل و بعد از مهاربندی در سطح خطر دوم ۱۲۳
شکل ۴-۱۷) موقعیت جدید قرارگیری مهاربندهای محور عرضی در پلان..... ۱۳۵
شکل ۴-۱۸) مقایسه نمودار ظرفیت روش بارافزون با چرخه کامل بارگذاری ۱۳۸

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱) شکل پذیری تجمعی مهاربند مقاوم در برابر کمانش با فولادهای مختلف ٦

جدول ۱-۲) مقایسه هزینه های مهاربند مقاوم در برابر کمانش با مهاربند همگرای ویژه ۲۰

جدول ۱-۳) مقایسه هزینه ها ۲۲

جدول ۱-۴) خصوصیات هسته و حفاظ نمونه های آزمایش شده ۲٦

جدول ۱-۵) نتایج تحلیل تاریخچه زمانی در مطالعات سابلی ۳۲

جدول ۱-۶) نمونه های آزمایش شده توسط تسای و لای ۳٤

جدول ۱-۷) تقاضاهای آزمایشگاهی مجموعه مهاربندی شده با مهاربند مقاوم در برابر کمانش ٤۰

جدول ۱-۸) نتایج تحلیل تاریخچه زمانی روی سیستم دوگانه قاب خمشی-مهاربند مقاوم در برابر کمانش ٤۲

جدول ۱-۹) تقاضاهای آزمایشگاهی برای شکلپذیری ٤۳

جدول ۱-۱۰)پارامترهای تحلیل و طراحی ٤۸

جدول ۲-۱) معرفی علایم اختصاری بکار رفته در نامگذاری مدلها ٦۱

جدول ۲-۲) مقاطع استفاده شده برای ستون های ساختمان چهارطبقه ٦۵

جدول ۲-۳) مقاطع استفاده شده برای تیرهای ساختمان چهارطبقه ٦۵

جدول ۲-۴) مقاطع استفاده شده برای ستون های ساختمان هشت طبقه ٦٦

جدول ۲-۵) مقاطع استفاده شده برای تیرهای ساختمان هشت طبقه ٦۷

جدول ۲-۶) مقاطع استفاده شده برای ستون های ساختمان دوازده طبقه ٦۸

جدول ۲-۷) مقاطع استفاده شده برای تیرهای ساختمان دوازده طبقه ٦۹

جدول ۲-۸) تفاوت ایجاد شده در ضریب زلزله..... ٦٩
جدول ۲-۹) مقاطع استفاده شده برای مهاربندهای بکار رفته ۷۰
جدول ۳-۱) خصوصیات ساختمان های منظم در پلان ۷۵
جدول ۳-۲)مقادیر کمینه و بیشینه ضریب بازتاب ۷۷
جدول ۳-۳)درصد افزایش ضریب زلزله در ویرایش های اول تا سوم ۷۹
جدول ۳-۴) مقایسه رفتار کیفی سیستم های مختلف سازه ای..... ۹۷
جدول ۴-۱) مقدار ضریب C_0..... ۱۰۹
جدول ۴-۲) مقدار ضریب C_m..... ۱۱۰
جدول ۴-۳) مقدار ضریب C_2..... ۱۱۰
جدول ۵-۱) معرفی زوج شتابنگاشت‌ها..... ۱٤۸
جدول ۵-۲) بیشینه شتابهای وارده به سازه های تحت بررسی در نرم افزار برای هر شتابنگاشت ۱٥٤
جدول ۵-۳) تحلیل های انجام شده در نرم افزار ۱٥٥
جدول ۵-۴) بیشترین تغییرمکان های ایجاد شده تحت تأثیر شتابنگاشت ها..... ۱٦۸
جدول ۵-۵) برش پایه تحت تأثیر همه شتابنگاشت ها..... ۱۸۳
جدول ۵-۶) برش پایه تحت تأثیر شتابنگاشت های اعمال شده..... ۱۸٤