

طالافلا

۱۲۷۱۶۷

دانشگاه نبرد  
دانشکده فنی مهندسی

گروه مهندسی عمران

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد عمران - سازه

# تأثیر بادبندهای کمانش تاب پر روی رفتار لرزه‌ای قاب های بتن مسلح

اساتید راهنما:

دکتر عباسعلی تسنیمی

دکتر محمد فروغی

استاد مشاور:

دکتر نادر عبدلی یزدی

۱۳۸۸/۷/۱

پژوهش و نگارش:

حمید رضا جوکار

آرکای اطلاعات مبدن علمی بزرگ  
تسبیه مدرک

اسفند ۸۷

۱۲۶۸۶۷

## تقدیر و تشکر:

سپاس خدایی را که همواره بزرگترین یاریگرم بوده و با لطف بی کرانش مسیر زندگی ام را روشن نموده است. تمام آنچه دارم و هستم وامداد پدر، مادر و مادر بزرگ عزیزم است که قادر به سپاسگذاری نخواهم بود. حاصل تمام تلاش ها و موفقیت هایم در طول این پروژه، مدیون آقای دکتر عباسعلی تسنیمی است که همواره با راهنمایی ارزنده، افقی باز در برابر دیدگانم گشودند. همچنین از رهنمودها و حمایت های دلسوزانه آقای دکتر محمد فروغی و آقای دکتر نادر عبدلی یزدی نهایت تشکر و قدر دانی را دارم.

با سپاس از زحمات آقای دکتر مسعود سلطانی محمدی و همچنین آقای دکتر رضا مرشد که به عنوان متخصص و صاحب نظر قبول زحمت نمودند و داوری پایان نامه را بر عهده گرفتند.

لحظه های ناب همراهی و لطف تمام دوستانم هرگز فراموشم نخواهد شد.



مدیریت تحصیلات تکمیلی

صور تجلسه دفاعیه پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

جلسه دفاعیه پایان نامه تحصیلی آقای حمیدرضا جوکار

دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده فنی مهندسی دانشگاه یزد، در رشته / گرایش: عمران - سازه

تحت عنوان «تاثیر پایداری کمانش تاب بر روی رفتار لرزه ای قابهای بتن مسلح»

تعداد واحد: ۶ در تاریخ ۱۳۸۷/۱۲/۱۵

امضاء

نام و نام خانوادگی

با حضور اعضای هیات داوران متشکل از:

۱- استاد راهنما

پروفسور عباسعلی تسنیمی - دکتر محمد فروغی

۲- استاد مشاور

دکتر نادر عبدلی یزدی

۳- داور خارج از گروه

دکتر مسعود سلطانی محمدی

۴- داور داخل گروه

دکتر رضا مرشد

تشکیل گردید و پس از ارزیابی پایانی نامه توسط هیات داوران، با درجه عالی و نمره

مورد تصویب قرار گرفت.

به عدد ۱۹ به حروف لفظی

نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه (ناظر)

نام و نام خانوادگی: دکتر محمدباقر فخرزاد

امضاء:

## چکیده

استفاده از مهاربند های فولادی به عنوان یکی از راهکارهای مقاوم سازی لرزه ای در قابهای بتن مسلح توصیه شده است. یکی از مشکلات این مهاربندها وقوع کمانش در هنگام اعمال بار فشاری است که این مسئله باعث می شود مهاربند قبل از رسیدن به حد تسلیم ناپایدار شود. به عبارت دیگر رفتار مهاربند در کشش و فشار همسان نیست و در نتیجه منحنی های هیستریسیس این سیستم ها نامنظم خواهند بود. یکی از روش های حل این مشکلات استفاده از مهاربند های کمانش تاب (Buckling-Restrained Brace) می باشد. این مهاربندها متشکل از یک هسته فولادی است که در غلاف فولادی پر شده از بتن محصور شده است. این هسته مرکزی مستقل از سیستم مقاوم در برابر کمانش، می تواند تغییر طول دهد.

هدف از این پژوهش ارزیابی عملکرد لرزه ای قاب خمشی بتن مسلح مهاربندی شده با مهاربند کمانش تاب و مقایسه این سامانه با قاب خمشی بتن مسلح مهاربندی شده با مهاربند متعارف و قاب خمشی بتن مسلح می باشد. در اولین گام مدل رفتار چرخه ای مطلوبی برای اعضای مهاربندی مورد بررسی قرار گرفت. در گام بعد مطالعه رفتار لرزه ای سازه های طراحی شده در سطوح خطر مختلف با استفاده از تحلیل های دینامیکی غیر خطی انجام شده است. توسعه منحنی های شکنندگی هر سه سامانه لرزه ای و مقایسه نتایج بدست آمده نشان می دهد که استفاده از مهاربند کمانش تاب می تواند برای سازه های کوتاه تا متوسط مناسب باشد.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	<b>فصل اول : مقدمه و کلیات</b>
۱	۱-۱ مقدمه
۲	۲-۱ هدف پژوهش
۲	۳-۱ مراحل انجام پژوهش
۴	<b>فصل دوم: مهندسی زلزله بر اساس عملکرد</b>
۴	۱-۲ مقدمه
۴	۲-۲ مهندسی زلزله بر اساس عملکرد
۵	۳-۲ مبانی احتمالاتی مهندسی زلزله بر اساس عملکرد
۷	۴-۲ مفاهیم اساسی و ملزومات مهندسی زلزله بر اساس عملکرد
۷	۱-۴-۲ اهداف طراحی در مهندسی بر اساس عملکرد
۷	۲-۴-۲ سطوح عملکرد
۹	۳-۴-۲ سطوح خطر
۱۰	<b>فصل سوم: معرفی و تاریخچه ای از مهاربندهای کمانش تاب</b>
۱۰	۱-۳ مقدمه
۱۳	۲-۳ اجزای مهاربند مقاوم در برابر کمانش (BRB)
۱۷	۳-۳ تاریخچه گسترش مهاربندهای پوشش دار (BRB)
۱۷	۱-۳-۳ مهاربند مقاوم در کمانش در ژاپن
۲۳	۲-۳-۳ مهاربند مقاوم در کمانش در هندوستان
۲۵	۳-۳-۳ مهاربند مقاوم در کمانش در ایالات متحده
۲۸	۴-۳-۳ مهاربند مقاوم در کمانش در تایوان
۳۲	۴-۳-۳ مزایا و معایب قاب های چهاربندی مقاوم در کمانش
۳۴	<b>فصل چهارم: معادلات حاکم و روس های طراحی سازه با مهاربندهای کمانش تاب</b>
۳۴	۱-۴ مقدمه
۳۴	۲-۴ پایداری مهاربندهای معصولی
۳۵	۱-۲-۴ تعیین بار بحرانی
۳۸	۲-۲-۴ طول موثر

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۳۹	۳-۲-۴ ضوابط طراحی پایداری بر حسب آیین نامه AISC
۴۰	۳-۴ پایداری کلی بادبند مقاوم در کمانش تحت فشار محوری
۴۵	۴-۴ کمانش هسته داخلی تحت مح های بالاتر
۴۹	۵-۴ کمانش پیچشی هسته داخلی
۵۰	۱-۵-۴ کمانش پیچشی الاستیک مستون صلیبی شکل
۵۳	۶-۴ طراحی بر اساس عملکرد بر پایه جابجایی
۵۵	۱-۶-۴ شیوه طراحی برای یک سیستم یک درجه آزادی
۵۷	۲-۶-۴ شیوه طراحی برای سازه های چند طبقه
۶۲	۷-۴ طراحی بر اساس عملکرد بر پایه جابجایی در قابهای دو گانه
۶۲	۱-۷-۴ میرایی معادل سازه با مهار بند مقاوم در کمانش
۶۵	۲-۷-۴ مطالعات پارامتریک برای صیرایی معادل
۶۸	۳-۷-۴ شیوه طراحی
۷۳	۸-۴ طراحی لرزه ای بر اساس انرژی
۷۵	۱-۸-۴ طیف انرژی هیستریزیس و طیف تجمعی شکل پذیری
۷۹	۲-۸-۴ شیوه طراحی
۸۱	۹-۴ توصیه های لرزه ای AISC برای طراحی قاب های بادبندی مقاوم در کمانش
۸۱	۱-۹-۴ کلیات
۸۲	۲-۹-۴ اعضای بادبندی
۸۵	۳-۹-۴ اتصالات بادبند
۸۵	۴-۹-۴ شروط ویژه مرتبط با شمای بادبندی
۸۷	۵-۹-۴ ستون
۸۷	۶-۹-۴ تیر
۸۷	۱۰-۴ طراحی گام به گام بر اساس AISC
۸۹	<b>فصل پنجم: مدلسازی</b>
۸۹	۱-۵ مقدمه
۸۹	۲-۵ معرفی نرم افزار مورد استفاده

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۹۰	۳-۵- رفتار چرخه ای مهاربندهای متعارف و کمانش تاب
۹۰	۱-۳-۵ مدل های رفتار چرخه ای مهاربند
۹۰	۱-۱-۳-۵ مدل های پدیده شناسی
۹۴	۲-۱-۳-۵ مدل های فیزیکی
۹۵	۳-۱-۳-۵ مدل های المان محدود پیوسته
۹۶	۲-۳-۵ مدل رفتاری مورد استفاده
۹۶	۴-۵ المان
۹۸	۱-۴-۵ مدل رفتار فولاد
۹۸	۱-۱-۴-۵ مدل هیستریزیس مینگوتو- پینتو
۱۰۴	۲-۴-۵ معرفی مصالح فولادی موجود در OpenSees
۱۰۸	۳-۴-۵ مدل رفتاری بتن
۱۰۸	۱-۳-۴-۵ مدل هیستریزیس یاسین
۱۱۵	۴-۴-۵ معرفی مصالح بتنی موجود در OpenSees
۱۱۸	۵-۵ شبیه سازی کمانش در مهاربند های متعارف
۱۲۲	۶-۵ شبیه سازی پدیده خستگی سیکل کم
۱۲۴	۷-۵ رفتار چرخه ای شبیه سازی شده مهاربند متعارف
۱۲۶	۸-۵ رفتار چرخه ای شبیه سازی شده مهاربند کمانش تاب
۱۳۰	<b>فصل ششم : قابهای مورد مطالعه</b>
۱۳۰	۱-۶ مقدمه
۱۳۰	۲-۶ معرفی قاب مورد مطالعه
۱۳۸	<b>فصل هفتم : تحلیل شکنندگی لرزه ای</b>
۱۳۸	۱-۷ مقدمه
۱۳۸	۲-۷ معرفی شکنندگی لرزه ای
۱۳۹	۳-۷ مطالعات قبلی انجام شده در مورد تحلیل های شکنندگی لرزه ای
۱۴۲	۴-۷ روش های موجود در مطالعه شکنندگی لرزه ای
۱۴۲	۱-۴-۷ ماتریس احتمال خسارت



## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۴۲	۲-۴-۷ متحنی های شکنندگی
۱۴۳	۵-۷ روش توسعه منحنی های شکنندگی
۱۴۵	۱-۵-۷ سطوح خسارت و معیارهای خرابی
۱۴۶	۲-۵-۷ تحریکات لرزه ای ورودی
۱۵۰	۶-۷ منحنی های شکنندگی برای سازه
۱۵۰	۱-۶-۷ متحنی های شکنندگی برای سازه قاب خمشی بتن مسلح معمولی با مهاربند متعارف (CBFA)
۱۵۳	۲-۶-۷ متحنی های شکنندگی برای سازه قاب خمشی بتن مسلح معمولی با مهاربند کمانش تاب (BRBFA)
۱۵۶	۳-۶-۷ متحنی های شکنندگی برای سازه قاب خمشی بتن مسلح ویژه (MRFA)
۱۵۹	۴-۶-۷ متحنی های شکنندگی برای سازه قاب خمشی بتن مسلح معمولی با مهاربند متعارف (CBFB)
۱۶۲	۵-۶-۷ متحنی های شکنندگی برای سازه قاب خمشی بتن مسلح معمولی با مهاربند کمانش تاب (BRBFB)
۱۶۵	۶-۶-۷ متحنی های شکنندگی برای سازه قاب خمشی بتن مسلح ویژه (MRFB)
۱۶۸	۷-۷ مقایسه منحنی های شکنندگی لرزه ای
۱۷۰	فصل هشتم: نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات
۱۷۰	۸-۱- نتیجه گیری
۱۷۱	۸-۲- پیشنهادات
۱۷۲	مراجع

## فهرست جداول

صفحه	عنوان
۲۱	جدول (۱-۳) نسبت $pe/py$
۲۹	جدول (۲-۳) انواع جدا کننده ها
۸۲	جدول (۱-۴) ضرایب طراحی برای سیستم مقاوم در برابر زلزله
۱۲۰	جدول (۱-۵) نام و مشخصات مهاربند برای تعداد تقسیمات مختلف
۱۲۱	جدول (۲-۵) مشخصات مهاربند برای مقادیر مختلف بیشینه مقدار تغییرشکل اولیه هندسی
۱۲۴	جدول (۳-۵) مشخصات نمونه مهاربند متعارف
۱۲۴	جدول (۴-۵) پارامترهای تنظیم شده برای شبیه سازی رفتار چرخه ای مهاربند متعارف
۱۲۷	جدول (۵-۵) مشخصات نمونه (۱-۹۹) مهاربند کمانش تاب
۱۲۷	جدول (۶-۵) پارامترهای تنظیم شده برای شبیه سازی رفتار چرخه ای مهاربند کمانش تاب
۱۳۱	جدول (۱-۶) پارامترهای لرزه ای بر اساس استاندارد ۲۸۰۰
۱۳۴	جدول (۲-۶) نتایج طراحی برای مهاربند متعارف
۱۳۶	جدول (۳-۶) نتایج طراحی برای مهاربند کمانش تاب
۱۴۲	جدول (۱-۷) ماتریسی احتمال خسارت
۱۴۵	جدول (۲-۷) مقادیر مشخص شده برای سطوح عملکرد در FEMA-356(2000)
۱۴۷	جدول (۳-۷) شتاب تکگاشت های با سطح خطر احتمال وقوع ۲٪ در ۵۰ سال
۱۴۸	جدول (۴-۷) شتاب تکگاشت های با سطح خطر احتمال وقوع ۱۰٪ در ۵۰ سال
۱۴۹	جدول (۵-۷) شتاب تکگاشت های با سطح خطر احتمال وقوع ۵۰٪ در ۵۰ سال

## فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۲	شکل (۱-۱) شمای کلی مهاربند مقاوم در کمانش
۶	شکل (۱-۲) ساختار صهندسی زلزله بر اساس عملکرد
۱۰	شکل (۱-۳) مقایسه رفتار هیستریک مهاربندهای متعارف و کمانش تاب
۱۱	شکل (۲-۳) شمای کلی مهاربند مقاوم در کمانش
۱۲	شکل (۳-۳) انواع سطح مقطع برای مهاربند مقاوم در کمانش
۱۲	شکل (۴-۳) شمای واقعی مهاربند مقاوم در کمانش
۱۳	شکل (۵-۳) اجزای مهاربند مقاوم در کمانش
۱۵	شکل (۶-۳) فاصله بیت ملات و قسمت تسلیم شده
۱۸	شکل (۷-۳) مکانیزم مورد استفاده برای وقوع تغییر شکل‌های مجاز پانل
۱۸	شکل (۸-۳) تقویت در محل بیرون زدگی مهاربند از پوشش بتنی
۲۰	شکل (۹-۳) یک نمونه مدل آزمایشگاهی مهاربند محصور شده در پانل بتنی
۲۲	شکل (۱۰-۳) سطح مقطع نمونه‌ها
۲۲	شکل (۱۱-۳) پاسخ سیکلی نمونه‌ها
۲۳	شکل (۱۲-۳) مفهوم هستونک غلاف‌دار
۲۴	شکل (۱۳-۳) اجزای هستونک فشاری و رفتار فشاری ستونک
۲۴	شکل (۱۴-۳) ستونک غلاف دار
۲۶	شکل (۱۵-۳) مستهلک کننده‌های هیستریک
۲۶	شکل (۱۶-۳) نمودار هیستریزیس مستهلک کننده‌های هیستریک
۲۷	شکل (۱۷-۳) مهاربندهای مهام در کمانش با اتصال پین و طوقه
۳۰	شکل (۱۸-۳) تفاوت چار محوری تحت بار سیکلی
۳۰	شکل (۱۹-۳) پاسخ سیکلی ورق سیلیکون ۲mm
۳۱	شکل (۲۰-۳) پروفیل هسته فولادی در بادبند دوپل
۳۱	شکل (۲۱-۳) نسبت کرنش بادبند به دریافت طبقه
۳۶	شکل (۱-۴) مهاربند با دو تکیه گاه مفصلی
۳۸	شکل (۲-۴) ضرایب طول مؤثر نظری و پیشنهادی AISC برای ستون با شرایط مرزی مختلف

## فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۴۱	شکل (۳-۴) آنالیز بر روی مهار بند محصور شده در بتن
۴۵	شکل (۴-۴) معیارهای مقاومت کمانشی
۴۶	شکل (۵-۴) مهاربند غیر چسبنده تحت بار محوری
۵۱	شکل (۶-۴) نمای ستون صلیبی شکل تحت بار محوری فشاری
۵۲	شکل (۷-۴) شمای تغییر شکل صفحه تحت بار فشاری با یک گوشه آزاد و سه گوشه با تکیه‌گاه ساده
۵۵	شکل (۸-۴) شمای سیستم DTBF
۵۵	شکل (۹-۴) مدل آنالیز و نمودار بار - جابجایی DTBF یک طبقه
۵۷	شکل (۱۰-۴) محاسبه شتاب پاسخ ماکزیمم
۶۰	شکل (۱۱-۴) توزیع انرژی هیستریزس در راستای ارتفاع
۶۰	شکل (۱۳-۴) توزیع انرژی هیستریزس در واحد سطح مهاربند
۶۱	شکل (۱۳-۴) تاثیرات تنش تسلیم مهاربند بر روی ممان ماکزیمم تنش
۶۳	شکل (۱۴-۴) رابطه بار- جابجایی سازه با مهاربندهای مقاوم در کمانش
۶۵	شکل (۱۵-۴) حلقه هیستریک سازه با مهاربند پوشش‌دار
۶۶	شکل (۱۶-۴) نسبت سختی معادل سازه یک درجه آزادی با مهاربند کمانش تاب
۶۸	شکل (۱۷-۴) تنش تسلیم اپتیمم مهاربند کمانش تاب و نسبت مقاومت تسلیم اپتیمم برای نسبت سختی مختلف
۷۰	شکل (۱۸-۴) منحنی ظرفیت قبل و بعد از قرار گرفتن مهاربند کمانش تاب
۷۶	شکل (۱۹-۴) تغییر شکل پلاستیک تجمعی
۷۶	شکل (۲۰-۴) رابطه نیرو - جابجایی برای سیستم الاستوپلاستیک و خطی
۷۷	شکل (۲۱-۴) فلوچارت ساخت طیف انرژی هیستریزس و شکل پذیری تجمعی
۷۸	شکل (۲۲-۴) طیف انرژی هیستریزس با شکل پذیری ثابت
۷۸	شکل (۲۳-۴) طیف شکل پذیری تجمعی با نسبت شکل پذیری هدف مختلف
۷۹	شکل (۲۴-۴) تغییرات سطح محصور شده با حلقه هیستریزس
۸۴	شکل (۲۵-۴) دیاگرام نیرو - جابجایی مهاربند
۸۶	شکل (۲۶-۴) مد تغییر شکل در مهاربندهای V و A

## فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۹۱	شکل (۲-۵) رفتار چرخه‌ای مدل ارائه شده توسط ایکدا و همکارانش
۹۱	شکل (۳-۵) مدل اولیه رفتار چرخه‌ای مهاربند
۹۲	شکل (۴-۵) آزمایش مهاربند فولادی و مدل پدیده شناسی آن
۹۴	شکل (۵-۵) ناحیه بندی مدل فیزیکی رفتار چرخه‌ای مهاربند
۹۵	شکل (۶-۵) نمودار نیروی محوری نسبت به تغییر مکان محوری برای مهاربند کمانش تاب
۹۷	شکل (۷-۵) نمونه ای از مقاطع رشته ای
۹۸	شکل (۸-۵) مدل رفتاری فولاد
۱۰۰	شکل (۹-۵) کاهش سیکلی انحنا
۱۰۱	شکل (۱۰-۵) مثالی از رابطه تنش- کرنش فولاد بر اساس مدل مینگوتو و پینتو
۱۰۱	شکل (۱۱-۵) حساسیت رابطه تنش-کرنش فولاد نسبت به پارامترهای سیکلی انحنا
۱۰۲	شکل (۱۲-۵) انتقال تنش ناشی از سخت شدگی کرنشی
۱۰۳	شکل (۱۳-۵) اثر سخت شدگی کرنشی بر رابطه تنش-کرنش
۱۰۴	شکل (۱۴-۵) پارامترهای منحنی پوش Steel01
۱۰۵	شکل (۱۵-۵) رفتار هیستریزیس Steel01 بدون سخت شدگی ایزوتروپیک
۱۰۵	شکل (۱۶-۴) رفتار هیستریزیس Steel01 با سخت شدگی ایزوتروپیک در فشار
۱۰۶	شکل (۱۷-۵) رفتار هیستریزیس Steel01 با سخت شدگی ایزوتروپیک در کشش
۱۰۶	شکل (۱۸-۵) پارامترهای منحنی پوش Steel02
۱۰۷	شکل (۱۹-۵) رفتار هیستریزیس Steel02 بدون سخت شدگی ایزوتروپیک
۱۰۷	شکل (۲۰-۵) رفتار هیستریزیس Steel02 با سخت شدگی ایزوتروپیک در فشار
۱۰۸	شکل (۲۱-۵) رفتار هیستریزیس Steel02 با سخت شدگی ایزوتروپیک در کشش
۱۰۹	شکل (۲۲-۵) مدل اصلاح شده بتن فشاری کنت-پارک
۱۱۰	شکل (۲۳-۵) رابطه باربرداری و بارگذاری هیستریزیس
۱۱۱	شکل (۲۴-۵) پارامترهای هیستریزیس مدل یاسین
۱۱۳	شکل (۲۵-۵) حلقه های هیستریزیس کششی
۱۱۶	شکل (۲۶-۵) پارامترهای مصالح Concrete01

## فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۱۱۶	شکل (۲۷-۵) رابطه تنش- کرنش هیستریسیس Concrete 01
۱۱۷	شکل (۲۸-۵) پارامترهای مصالح Concrete 02
۱۱۷	شکل (۲۹-۵) رابطه تنش- کرنش هیستریسیس Concrete 02
۱۱۸	شکل (۳۰-۵) صقایسه رفتار هیستریسیس مدل های Concrete 01 و Concrete 02
۱۱۹	شکل (۳۱-۵) شکل هندسی اولیه المان
۱۲۰	شکل (۳۲-۵) نسبت بارکمانش به بار کمانش المان ۱۰قطعه ای برای مقطع $HSS\ 5x5x\ 3/8$ با دو انتهای مفصلی
۱۴۱	شکل (۳۳-۵) منحنی کمانش برای سطح مقطع $HSS\ 5x5x\ 3/8$ برای نقص اولیه مختلف
۱۲۲	شکل (۳۴-۵): صقایسه بارکمانش محاسبه شده از مدل و AISC برای سطح مقطع $HSS\ 5x5x\ 3/8$ با دو انتهای مفصلی
۱۲۳	شکل (۳۵-۵) نمایش یک چرخه کامل و کرنش متناظر
۱۲۵	شکل (۳۶-۵) مقایسه نتایج آزمایشگاهی و تحلیلی حاصل از رفتار چرخه ای مهاربند
۱۲۶	شکل (۳۷-۵) تصویر از آزمایش ۱-۹۹ بر روی مهاربند کمانش قاب
۱۲۸	شکل (۳۸-۵) مقایسه نتایج آزمایشگاهی و تحلیلی حاصل از رفتار چرخه ای مهاربند
۱۳۰	شکل (۱-۶) مشخصات قاب های مورد مطالعه
۱۳۱	شکل (۲-۶) ضریب بازتاب ساختمان برای انواع زمینهای مندرج در استاندارد ۲۸۰۰ با خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد
۱۳۲	شکل (۳-۶) مشخصات قاب بتن مسلح ویژه
۱۳۳	شکل (۴-۶) مشخصات قاب بتن مسلح معمولی
۱۳۴	شکل (۵-۶) مشخصات قاب بتن مسلح معمولی با مهاربند متعارف
۱۳۵	شکل (۶-۶) نمودار ساختاری مهاربند کمانش قاب
۱۳۶	شکل (۷-۶) مشخصات قاب بتن مسلح معمولی با مهاربند کمانشی قاب
۱۴۱	شکل (۱-۷) روش استفاده شده در به دست آوردن منحنی شکنندگی
۱۴۱	شکل (۲-۷) تولید منحنی شکنندگی برای پل، با استفاده از تحلیل غیر خطی تاریخچه زمانی
۱۴۳	شکل (۳-۷) نمونه‌ای از منحنی‌های شکنندگی
۱۵۰	شکل (۴-۷) پاسخ سازه مهاربندی شده با مهاربند متعارف به نگاشتها و منحنی برآزش شده به نتایج

## فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۱۵۱	شکل (۵-۷) منحنی شکنندگی سازه مهاربندی شده با مهاربند متعارف به شتاب نگاشتهای برای سطح عملکرد آستانه فروریزش
۱۵۱	شکل (۶-۷) منحنی شکنندگی سازه مهاربندی شده با مهاربند متعارف به شتاب نگاشتهای برای سطح عملکرد ایمنی جانی
۱۵۲	شکل (۷-۷) منحنی شکنندگی سازه مهاربندی شده با مهاربند متعارف به شتاب نگاشتهای برای سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه
۱۵۲	شکل (۸-۷) منحنی شکنندگی سازه مهاربندی شده با مهاربند متعارف به شتاب نگاشتها برای سه سطح عملکرد
۱۵۳	شکل (۹-۷) پاسخ سازه مهاربندی شده با مهاربند کمانش تاب به شتاب نگاشتها و منحنی برازش شده به نتایج
۱۵۴	شکل (۱۰-۷) منحنی شکنندگی سازه مهاربندی شده با مهاربند کمانش تاب سطح عملکرد آستانه فروریزش
۱۵۴	شکل (۱۱-۷) منحنی شکنندگی سازه مهاربندی شده با مهاربند کمانش تاب سطح عملکرد ایمنی جانی
۱۵۵	شکل (۱۲-۷) منحنی شکنندگی سازه مهاربندی شده با مهاربند کمانش تاب برای سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه
۱۵۵	شکل (۱۳-۷) منحنی شکنندگی سازه مهاربندی شده با مهاربند متعارف به شتاب نگاشتها برای سه سطح عملکرد
۱۵۶	شکل (۱۴-۷) پاسخ سازه به شتاب نگاشتها و منحنی برازش شده به نتایج
۱۵۷	شکل (۱۵-۷) منحنی شکنندگی سازه خمشی برای سطح عملکرد آستانه فروریزش
۱۵۷	شکل (۱۶-۷) منحنی شکنندگی سازه خمشی برای سطح عملکرد ایمنی جانی
۱۵۸	شکل (۱۷-۷) منحنی شکنندگی سازه خمشی برای سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه
۱۵۸	شکل (۱۸-۷) منحنی شکنندگی سازه خمشی به شتاب نگاشتها برای سه سطح عملکرد
۱۵۹	شکل (۱۹-۷) پاسخ سازه مهاربندی شده با مهاربند متعارف به شتاب نگاشتها و منحنی برازش شده به نتایج

## فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۱۶۰	شکل (۷-۲۰) منحنی شکنندگی سازه مهاربندی شده با مهاربند متعارف به شتاب نگاشتهای برای سطح عملکرد آستانه فروریزش
۱۶۰	شکل (۷-۲۱) منحنی شکنندگی سازه مهاربندی شده با مهاربند متعارف به شتاب نگاشتهای برای سطح عملکرد ایمنی جانی
۱۶۱	شکل (۷-۲۲) منحنی شکنندگی سازه مهاربندی شده با مهاربند متعارف به شتاب نگاشتهای برای سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه
۱۶۱	شکل (۷-۲۳) منحنی شکنندگی سازه مهاربندی شده با مهاربند متعارف به شتاب نگاشتهای برای سه سطح عملکرد
۱۶۲	شکل (۷-۲۴) پاسخ سازه مهاربندی شده با مهاربند کمانش تاب به شتاب نگاشتهای و منحنی برازش شده به نتایج
۱۶۳	شکل (۷-۲۵) منحنی شکنندگی سازه مهاربندی شده با مهاربند کمانش تاب سطح عملکرد آستانه فروریزش
۱۶۳	شکل (۷-۲۶) منحنی شکنندگی سازه مهاربندی شده با مهاربند کمانش تاب سطح عملکرد ایمنی جانی
۱۶۴	شکل (۷-۲۷) منحنی شکنندگی سازه مهاربندی شده با مهاربند کمانش تاب برای سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه
۱۶۴	شکل (۷-۲۸) منحنی شکنندگی سازه مهاربندی شده با مهاربند متعارف به شتاب نگاشتهای برای سه سطح عملکرد
۱۶۵	شکل (۷-۲۹) پاسخ سازه به شتاب نگاشتهای و منحنی برازش شده به نتایج
۱۶۶	شکل (۷-۳۰) منحنی شکنندگی سازه خمشی برای سطح عملکرد آستانه فروریزش
۱۶۶	شکل (۷-۳۱) منحنی شکنندگی سازه خمشی برای سطح عملکرد ایمنی جانی
۱۶۷	شکل (۷-۳۲) منحنی شکنندگی سازه خمشی برای سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه
۱۶۷	شکل (۷-۳۳) منحنی شکنندگی سازه خمشی به شتاب نگاشتهای برای سه سطح عملکرد
۱۶۸	شکل (۷-۳۴) مقایسه منحنی‌های شکنندگی هر سه سیستم مقاوم باربر جانبی A برای سطح عملکرد آستانه فروریزش
۱۶۸	شکل (۷-۳۵) مقایسه منحنی‌های شکنندگی هر سه سیستم مقاوم باربر جانبی A برای سطح عملکرد ایمنی جانی



## فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۱۶۸	شکل (۷-۳۶) مقایسه منحنی‌های شکنندگی هر سه سیستم مقاوم باربر جانبی A برای سطح عملکرد عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه
۱۶۹	شکل (۷-۳۷) مقایسه منحنی‌های شکنندگی هر سه سیستم مقاوم باربر جانبی B برای سطح عملکرد آستانه فروریزش
۱۶۹	شکل (۷-۳۸) مقایسه منحنی‌های شکنندگی هر سه سیستم مقاوم باربر جانبی B برای سطح عملکرد ایمنی جانی
۱۶۹	شکل (۷-۳۹) مقایسه منحنی‌های شکنندگی هر سه سیستم مقاوم باربر جانبی B برای سطح عملکرد عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه

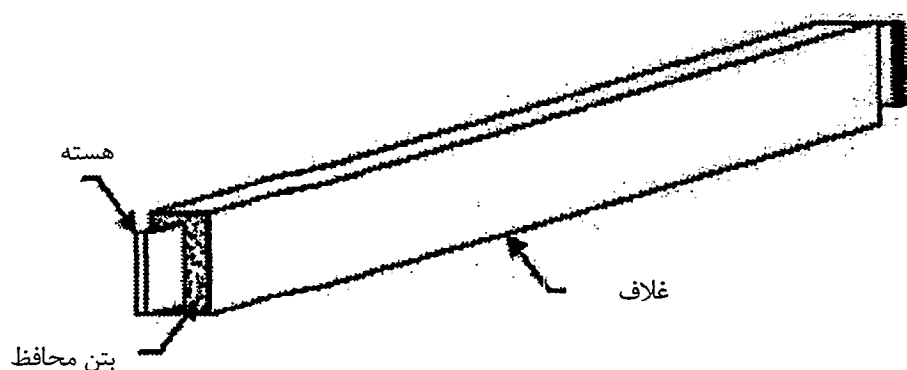
## فصل اول

### کلیات

#### ۱-۱ مقدمه

بسیاری از سازه های بتن مسلح در زلزله های اخیر عملکرد ضعیفی از خود نشان داده اند و برای کاهش این خطر قابل ملاحظه نیاز به تقویت این سازه می باشد. دلایل زیادی برای تقویت یک سازه مطرح است. از جمله می توان به تغییر آیین نامه های لرزه ای و کاربری ساختمان، خطاهای طراحی و ضعف های اجرایی اشاره نمود. استفاده از مهاربندهای فولادی به عنوان یک راهکار توصیه شده است. این سیستم کمترین وزن اضافی را به سازه اولیه افزوده و بعد از تعبیه می توان از بازشوهای گسترده استفاده کرد. لیکن مودهای خرابی نامطلوب مهاربندهای فولادی که با کمناش خمشی ( تحت بارهای فشاری ) همراه است، موجب تضعیف مهاربند و کمناش زودرس قبل از جاری شدن می گردند. رفتار هیستریس نامتقارن و نا مانا و نیز کاهش سختی و مقاومت طی چرخه های بارگذاری این پدیده را تشدید می کنند. برای جلوگیری از کمناش زود هنگام مهاربند ها یکی از راه حل ها، استفاده از بادبند های با ضریب لاغری بسیار کم می باشد. کاهش ضریب لاغری باعث افزایش چشمگیر سختی محوری و در نهایت تمرکز خرابی در سازه می گردد بنابراین این روش هزینه زیادی را طلب می کند و نمی توان از آن به عنوان روشی مناسب نام برد. در صورتیکه بتوان به نحوی جلوی کمناش مهاربند را گرفت تا در کشش و فشار رفتار یکسانی داشته و به حد تسلیم برسد، انتظار می رود که یک سیستم مقاوم جانبی بسیار پایدار و اقتصادی با ظرفیت اتلاف انرژی بالا، بدست آید. یک روش برای رسیدن به این هدف، استفاده از مهاربندهای پوشش داری است که می تواند در مقابل کمناش مقاومت کند. به این مهاربند ها اصطلاحاً مهاربند کمناش تاب ( Buckling- Restrained Brace ) گفته می شود. این مهاربند ها از یک هسته مرکزی و پوشش بتنی پیرامونی تشکیل یافته اند. هسته به گونه ای باید طراحی شود که هم در فشار و هم در کشش به مرحله تسلیم برسد. برای جلوگیری از کمناش کلی هسته در فشار، هسته داخل یک غلاف فولادی قرار داده می شود و فضای بین غلاف و هسته فولادی با

ملات یا بتن پر می گردد در شکل (۱-۱) نمای کلی یک مهاربند مقاوم در کمانش آورده شده است.



شکل (۱-۱) نمای کلی مهاربند مقاوم در کمانش

## ۱-۲ هدف پژوهش

هدف از این پژوهش بررسی و ارزیابی عملکرد لرزه ای قاب خمشی بتن مسلح مهاربندی شده با مهاربند کمانش تاب و مقایسه این سامانه با قاب خمشی بتن مسلح مهاربندی شده با مهاربند صتعارف و قاب خمشی بتن مسلح با استفاده از چارچوب ارزیابی مبتنی به روش های بر اساس عملکرد می باشد .

## ۱-۳ مرأ حل انجام پژوهش و آرایش فصول

این پژوهش در شش فصل آماده شده است.

- فصل اول به ذکر کلیاتی در مورد مهاربند کمانش تاب و هدف از پژوهش می پردازد.
- فصل دوم مفاهیم پایه مهندسی زلزله بر اساس عملکرد به اختصار مورد بررسی قرار گرفته است.
- فصل سوم مهاربند مقاوم در کمانش (BRB) معرفی و تاریخچه گسترش آن و مختصری از تحقیقات انجام شده توسط محققین ارائه گردیده است.

- فصل چهارم شرح دقیق مهاربندهای مقاوم در کمانش را ارائه می کند و پایداری کلی، جزیی و پیچشی این مهاربندها در آن مطرح می شود. چند شیوه مختلف برای طراحی سازه هایی که دارای مهاربند مقاوم در کمانش هستند تشریح شده و در انتها توصیه های لرزه ای AISC برای طراحی قاب های بادبندی مقاوم در کمانش آورده شده است.
- فصل پنجم نرم افزار OpenSees معرفی و مدلی برای شبیه سازی رفتار چرخه ای مهاربند کمانش تاب و متعارف مورد بررسی قرار گرفته است. بررسی مدل های رفتار مصالح مورد استفاده و معرفی قاب های مورد مطالعه نیز مورد توجه واقع شده است.
- فصل ششم در این فصل قاب های مورد مطالعه معرفی شده اند.
- فصل هفتم به معرفی تحلیل شکنندگی پرداخته و بررسی نتایج حاصل از تحلیل های انجام شده با این روش در ادامه ارائه گردیده اند و در نهایت، جمع بندی نتایج و پیشنهادات برای پژوهش های بعدی آورده شده است.