



دانشکده مهندسی عمران

# بررسی رفتار لرزه‌ای سازه‌های بلند با کمر بند خرابی و محاسبه ضریب رفتار آنها

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

نام دانشجو:

مسیحا کلانتری

استاد راهنما:

دکتر علی جعفروند

تیر ماه ۱۳۹۰

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

با سپاس از لطف و عنایت الهی که هر چه دارم ثمره رحمت اوست. بر خود لازم می‌دانم تا سپاس خود را  
نثار آنانی کنم که مرا در رسیدن به این صفحه از پایان‌نامه یاری کرده‌اند.  
در ابتدا از کمک‌های بی‌شائبه استاد عزیزم جناب آقای دکتر علی جعفروند تشکر می‌کنم که در تمامی  
لحظه‌های انجام این پایان‌نامه بنده را با صبر و شکیبایی یاری کرده‌اند.  
سپس از پدر و مادر عزیزم تشکر می‌کنم که همواره امید و دلگرمی من در زندگی بوده‌اند.

## چکیده

لزوم استفاده از ساختمان‌های بلند در شهرهای پر جمعیت، هر روز بیشتر احساس می‌شود، لذا استفاده از سیستم‌های سازه‌ای مناسب و کارآمد از لحاظ فنی و اقتصادی، ضروری به نظر می‌رسد. سیستم کمربند خرابایی با داشتن یک هسته مهاربندی شده در مرکز سازه که توسط کمربند خرابایی محاط شده است، سیستمی کارا و مطمئنی را در مواجهه با زلزله‌های شدید تامین می‌کند. به دلیل کاهش تغییرمکان‌های جانبی و فولاد مصرفی در سازه، این سیستم مورد توجه خاص محققین قرار گرفته است.

امروزه محاسبه نیروی زلزله طراحی از طیف خطی آن، با اعمال ضریب کاهش بنام ضریب رفتار انجام می‌گیرد. این ضریب اعمال کننده کاهش نیروی جانبی سازه به دلیل اتلاف انرژی در اثر رفتار غیر ارتجاعی، میرایی سازه، اضافه مقاومت مصالح، تردی و شکل‌پذیری اعضاء می‌باشد. به دلیل عدم ارائه ضریب رفتار مشخص برای این نوع سازه‌های خاص در آیین‌نامه‌ها، در این تحقیق به بررسی و به دست آوردن ضریب رفتار سیستم سازه‌ای کمربند خرابایی به وسیله تحلیل استاتیکی غیرخطی با نیروی فزاینده تدریجی (Pushover) پرداخته شده است.

در تحقیق حاضر به محاسبه تغییر مکان جانبی و ضریب رفتار ۷۸ مدل سازه‌ای ۹، ۱۱، ۱۳، ۱۵، ۱۷، ۱۹ طبقه فلزی که به وسیله بادبندهای ضربدری و شورون ( $\Lambda$ ) مهاربندی شده، پرداخته گردیده است. مدل‌ها به صورت قاب خمشی همراه با هسته مرکزی و کمربند خرابایی واقع در ترازهای  $\frac{1}{4}$ ،  $\frac{2}{4}$ ،  $\frac{3}{4}$ ،  $\frac{4}{4}$  ارتفاع سازه، با استفاده از نرم افزار SAP 14.2.0 تحلیل و طراحی گردیده است.

این تحقیق نشان می‌دهد که سیستم مهاربندی شورون نسبت به سیستم مهاربندی ضربدری به دلیل ضریب رفتار بزرگتر، شکل‌پذیری بیشتر و کاهش بیشتر تغییر مکان طبقه بام، سیستم مناسبتری می‌باشد. همچنین در حالت استفاده از مهار بازویی در یک طبقه از سازه بیشترین ضریب رفتار مربوط به قرارگیری کمربند خرابایی در سه چهارم ارتفاع سازه ( $\frac{3}{4}H$ ) و کمترین مربوط به قرارگیری آن در یک چهارم ارتفاع سازه ( $\frac{1}{4}H$ ) می‌باشد و با افزودن تعداد کمربند خرابایی در ارتفاع سازه، ضریب رفتار افزایش می‌یابد. به طور کلی برای سیستم سازه‌ای کمربند خرابایی در حالت استفاده از بادبند ضربدری و شورون ( $\Lambda$ ) به ترتیب ضریب رفتار ۶/۰۰ و ۶/۵۰ پیشنهاد می‌شود.

**کلمات کلیدی:** سیستم کمربند خرابایی، ضریب رفتار، تحلیل استاتیکی غیر خطی، هسته مهاربندی

## فهرست مطالب

۱	فصل ۱: ساختمان های بلند
۲	۱-۱- مقدمه
۳	۲-۱- تعریف ساختمان بلند مرتبه
۳	۱-۲-۱- تعریف کلی
۳	۲-۲-۱- تعریف دقیق
۳	۳-۱- تعریف انواع ساختمان بلند مرتبه
۴	۴-۱- انواع مختلف سیستم های سازه ای بلند و رفتار لرزه ای هر سیستم
۴	۱-۴-۱- سیستم های مختلف سازه ای
۴	۱-۱-۴-۱- دیوارهای باربر موازی
۵	۲-۱-۴-۱- هسته ها و دیوارهای باربر نمایی
۵	۳-۱-۴-۱- صندوق های بر خود متکی
۵	۴-۱-۴-۱- دال طره شده
۵	۵-۱-۴-۱- دال مسطح
۵	۶-۱-۴-۱- سیستم فاصله گذاری
۶	۷-۱-۴-۱- سیستم معلق
۶	۸-۱-۴-۱- خرپای متناوب
۶	۹-۱-۴-۱- قاب صلب
۶	۱۰-۱-۴-۱- قاب صلب و هسته مرکزی
۷	۱۱-۱-۴-۱- قاب خرپایی
۷	۱۲-۱-۴-۱- قاب با خرپای کمربندی و هسته مرکزی
۷	۱۳-۱-۴-۱- لوله در لوله
۷	۱۴-۱-۴-۱- لوله های دسته شده
۱۰	۵-۱- سیستم مرکب از دیوار برشی و قاب توام با کمربند خرپایی
۱۰	۱-۵-۱- مقدمه
۱۲	۲-۵-۱- تاریخچه تحقیقات
۱۶	۳-۵-۱- مفهوم مهاربند بازویی
۱۷	۱-۳-۵-۱- انتقال نیرو از هسته به ستون های اطراف در سیستم مهار بازویی
۱۸	۲-۳-۵-۱- مشکلات استفاده از سیستم مهار بازویی
۱۹	۴-۵-۱- مهار بازویی مجازی
۱۹	۱-۴-۵-۱- کمربند خرپایی به عنوان مهار بازویی مجازی
۲۲	۲-۴-۵-۱- حالت های متفاوت مهار بازویی
۲۳	۶-۱- روشی عمومی برای مهاربندی سازه های نیمه مرتفع
۲۴	۱-۶-۱- سیستم دیوار برشی و قاب توام با کمربندهای خرپایی صلب
۲۸	۲-۶-۱- رفتار سیستم کمربند خرپایی

۷-۱- محل بهینه سیستم مهار بازویی در ساختمان‌های بلند ..... ۳۰

۸-۱- جابجایی‌های خمشی و برشی سیستم مهار بازویی در ساختمان‌های بلند ..... ۳۱

## فصل ۲: بررسی پارامترهای لرزه‌ای ..... ۳۳

۱-۲- مقدمه ..... ۳۴

۲-۲- تاریخچه و سیر تکامل ضریب رفتار ..... ۳۴

۳-۲- مبانی و روش‌های محاسبه ضریب رفتار ..... ۳۶

۱-۳-۲- روش‌های آمریکایی ..... ۳۷

۱-۱-۳-۲- روش طیف ظرفیت فریمن ..... ۳۷

۲-۱-۳-۲- روش ضرب شکل‌پذیری یوآنگ ..... ۳۹

۱-۲-۱-۳-۲- ضریب شکل‌پذیری کلی سازه ..... ۴۰

۲-۲-۱-۳-۲- ضریب کاهش بر اثر شکل‌پذیری ( $R_{\mu}$ ) ..... ۴۰

۳-۲-۱-۳-۲- ضریب مقاومت افزون ( $\Omega$ ) ..... ۴۱

۴-۲-۱-۳-۲- ضریب تنش مجاز ( $\gamma$ ) ..... ۴۱

۵-۲-۱-۳-۲- فرمول‌بندی ضریب رفتار ..... ۴۲

۲-۳-۲- روش‌های اروپایی ..... ۴۳

۱-۲-۳-۲- روش تئوری شکل‌پذیری ..... ۴۳

۲-۲-۳-۲- روش انرژی ..... ۴۴

۳-۳-۲- مقایسه روش‌های محاسبه ضریب رفتار ..... ۴۵

۴-۳-۲- اجزای ضریب رفتار ..... ۴۶

۱-۴-۳-۲- شکل‌پذیری ..... ۴۶

۱-۱-۴-۳-۲- ضریب شکل‌پذیری کلی سازه ..... ۴۶

۲-۱-۴-۳-۲- ضریب کاهش بر اثر شکل‌پذیری ..... ۴۷

۲-۴-۳-۲- مقاومت افزون ..... ۵۱

۱-۲-۴-۳-۲- عوامل موثر در مقاومت افزون ..... ۵۲

۲-۲-۴-۳-۲- تعیین ضریب رفتار ناشی از مقاومت افزون ..... ۵۳

۳-۲-۴-۳-۲- برخی برآوردهای ناشی از ضریب مقاومت افزون ..... ۵۴

۵-۳-۲- درجه نامعینی ..... ۵۵

## فصل ۳: روش‌های ارزیابی مشخصات لرزه‌ای سازه‌ها ..... ۵۷

۱-۳- مقدمه ..... ۵۸

۲-۳- مبانی ارزیابی لرزه‌ای ..... ۵۸

۳-۳- سطوح عملکرد سازه‌ای ..... ۵۹

۱-۳-۳- قابلیت استفاده بی وقفه (IO) ..... ۵۹

۲-۳-۳- ایمنی جانی (LS) ..... ۵۹

۳-۳-۳- آستانه فروریزش (CP) ..... ۶۰

۶۰	۴-۳- انتخاب سطح عملکرد مطلوب.....
۶۰	۵-۳- اعضای اصلی و غیر اصلی.....
۶۱	۶-۳- روش‌های آنالیز خطی سازه.....
۶۲	۷-۳- روش‌های آنالیز غیر خطی سازه‌ها.....
۶۳	۸-۳- اعضای کنترل شونده توسط نیرو و تغییر مکان.....
۶۴	۹-۳- طراحی بر اساس عملکرد (تغییر شکل).....
۶۵	۱-۹-۳- مزایای روش طراحی بر اساس عملکرد سازه‌ها.....
۶۵	۲-۹-۳- معرفی تحلیل استاتیکی غیر خطی به عنوان یک روش تحلیل در طراحی بر اساس عملکرد.....
۶۸	۳-۹-۳- مزایای استفاده از تحلیل بار افزون در طراحی سازه‌ها بر اساس سطح عملکرد.....
۶۹	۴-۹-۳- محدودیت‌های تحلیل بار افزون.....
۷۰	۱۰-۳- آنالیز استاتیکی غیر خطی.....
۷۳	۱۱-۳- تعیین مفاصل پلاستیک.....
۷۳	۱-۱۱-۳- ستون‌ها.....
۷۴	۱-۱-۱۱-۳- ستون‌ها با نسبت $PPCL < 0.15$ .....
۷۴	۲-۱-۱۱-۳- ستون‌ها با نسبت $0.15 < PPCL < 0.5$ .....
۷۴	۳-۱-۱۱-۳- ستون‌ها با نسبت $PPCL > 0.5$ .....
۷۷	۲-۱۱-۳- تیرها.....
۷۹	۳-۱۱-۳- مهاربندها.....
۸۰	<b>فصل ۴: معرفی مدل‌ها و ارزیابی رفتار آن‌ها</b> .....
۸۱	۱-۴- مقدمه.....
۸۲	۲-۴- معرفی مدل‌ها.....
۸۵	۳-۴- مقاطع.....
۸۶	۴-۴- بارگذاری.....
۸۶	۱-۴-۴- بارگذاری ثقیلی.....
۸۷	۲-۴-۴- بارگذاری جانبی.....
۸۸	۵-۴- فرضیات.....
۸۸	۶-۴- آنالیز استاتیکی غیر خطی.....
۸۹	۱-۶-۴- الگوهای بارگذاری.....
۹۱	۲-۶-۴- تعیین مفاصل پلاستیک.....
۹۱	۷-۴- روند تشکیل مفاصل پلاستیک.....

۱۰۴	۸-۴ محاسبه شکل‌پذیری و ضریب رفتار سازه
۱۰۴	۹-۴ نمودارهای پوش آور
۱۱۵	۱۰-۴ مقایسه تغییر مکان تراز بام
۱۱۸	۱۱-۴ مقایسه ضریب رفتار
۱۲۱	۱۲-۴ مقایسه ضریب رفتار حالات مختلف قرارگیری کمر بند خریابی
۱۲۳	۱۳-۴ مقایسه ضریب شکل‌پذیری بادبندهای ضربدری و شورون (A)
۱۲۵	۱۴-۴ تحلیل دینامیکی غیر خطی و محاسبه ضریب رفتار لازم
۱۲۹	<b>فصل ۵: نتیجه گیری و پیشنهادات</b>
۱۳۰	۱-۵ مقدمه
۱۳۱	۲-۵ نتیجه گیری
۱۳۲	۳-۵ پیشنهادات جهت ادامه کار
۱۳۳	مراجع
۱۳۸	پیوست‌ها



## فهرست اشکال

- فصل ۱: ساختمان‌های بلند ..... ۱
- شکل (۱-۱) طبقه بندی ساختمان‌ها از لحاظ شکل هندسی [۱] ..... ۳
- شکل (۲-۱) انواع مختلف سیستم‌های سازه‌ای بلند [۲، ۳، ۴] ..... ۹
- شکل (۳-۱) مدل تحلیلی برای سازه با طبقه سخت به صورت خرابای محیطی [۳۲] ..... ۱۳
- شکل (۴-۱) محل بهینه مهار بازویی دوم، در سازه با هسته دیوار برشی [۳۶] ..... ۱۴
- شکل (۵-۱) ساختمان بلند با بازوهای متداول [۳۷] ..... ۱۶
- شکل (۶-۱) حالات و تعداد مختلف قرارگیری مهار بازویی [۳۷] ..... ۱۷
- شکل (۷-۱) روش انتقال نیرو از هسته به ستون‌های پیرامونی [۳۷] ..... ۱۸
- شکل (۸-۱) ساختمان بلند با کمر بند خرابایی به عنوان بازوی مجازی [۳۷] ..... ۲۰
- شکل (۹-۱) انتقال نیرو از هسته به دیافراگم‌های طبقات [۳۷] ..... ۲۱
- شکل (۱۰-۱) انتقال نیرو از دیافراگم‌های طبقات به ستون‌ها از طریق کمر بند خرابایی [۳۷] ..... ۲۱
- شکل (۱۱-۱) حالت‌های متفاوت مهاربازویی [۳۷] ..... ۲۲
- شکل (۱۲-۱) رفتار خرابای کلاهدک [۷] ..... ۲۴
- شکل (۱۳-۱) توزیع تنش در اعضای کناری و هسته مقاوم [۴] ..... ۲۵
- شکل (۱۴-۱) عملکرد هسته مرکزی و کمر بند خرابایی [۴، ۵، ۶] ..... ۲۶
- شکل (۱۵-۱) مکانیسم سیستم کمر بند خرابایی [۴] ..... ۲۷
- شکل (۱۶-۱) کاهش حرکت تفاضلی بین ستون‌ها [۴] ..... ۲۷
- شکل (۱۷-۱) سیستم کمر بند خرابایی [۴] ..... ۲۹
- شکل (۱۸-۱) مدل ساده سازه برای یک سیستم خرابای میانی [۴] ..... ۳۰

شکل (۱-۱۹) تغییر شکل ساده (الف خمشی ب) برشی [۵] ..... ۳۲

## فصل ۲: بررسی پارامترهای لرزه‌ای ..... ۳۳

شکل (۱-۲) طیف نیروهای وارد بر سازه در دو حالت ارتجاعی و غیر ارتجاعی [۴۳] ..... ۳۸

شکل (۲-۲) رفتار کلی یک سازه متعارف [۴۳] ..... ۳۹

شکل (۳-۲) مدل رفتاری ساده برای سیستم یک درجه آزادی [۱۲] ..... ۴۴

شکل (۴-۲) تغییرات نیاز شکل‌پذیری تغییر مکانی با تغییر مقاومت جانبی سیستم [۴۸] ..... ۴۷

شکل (۵-۲) طیف ارتجاعی و غیر ارتجاعی با شکل‌پذیری ثابت [۴۸] ..... ۴۸

شکل (۶-۲) مقایسه ضرایب کاهش بر اثر شکل‌پذیری [۴۶] ..... ۵۱

شکل (۷-۲) منحنی پاسخ کلی واقعی و ساده شده سازه [۱۷] ..... ۵۴

## فصل ۳: روش‌های ارزیابی مشخصات لرزه‌ای سازه‌ها ..... ۵۷

شکل (۱-۳) زنجیر ایمن پاولی [۶۱] ..... ۶۳

شکل (۲-۳) منحنی تغییر مکان-برش پایه [۶۴] ..... ۶۶

شکل (۳-۳) طیف تقاضای زلزله [۱۶] ..... ۶۷

شکل (۴-۳) طریقه به دست آوردن نقطه عملکرد [۱۶] ..... ۶۷

شکل (۵-۳) پارامترهای موثر در تعریف مفاصل پلاستیک [۱۷] ..... ۷۴

شکل (۶-۳) تعریف چرخش عضو [۱۷] ..... ۷۸

## فصل ۴: معرفی مدل‌ها و ارزیابی رفتار آن‌ها ..... ۸۰

شکل (۱-۴) پلان و تیریزی سازه‌ها ..... ۸۲

شکل (۲-۴) آرایش مهاربندها در مهارهای بازویی ..... ۸۳

- شکل (۳-۴) آرایش مهاربندها در هسته مرکزی ..... ۸۳
- شکل (۴-۴) مفاصل پلاستیک تشکیل شده گام آخر مدل Q9XE در الگوی توزیع بار جانبی ..... ۹۲
- شکل (۵-۴) مفاصل پلاستیک تشکیل شده گام آخر مدل Q9XE در الگوی توزیع بار جانبی ..... ۹۲
- شکل (۶-۴) مفاصل پلاستیک تشکیل شده گام آخر مدل Q9XE در الگوی توزیع یکنواخت ..... ۹۳
- شکل (۷-۴) مفصل پلاستیک تشکیل شده گام آخر مدل Q9XE در الگوی توزیع یکنواخت ..... ۹۳
- شکل (۸-۴) مفاصل پلاستیک تشکیل شده گام آخر مدل Q11XE در الگوی توزیع بار جانبی ..... ۹۴
- شکل (۹-۴) مفصل پلاستیک تشکیل شده گام آخر مدل Q11XE در الگوی توزیع بار جانبی ..... ۹۴
- شکل (۱۰-۴) مفاصل پلاستیک تشکیل شده گام آخر مدل Q11XE در الگوی توزیع یکنواخت ..... ۹۵
- شکل (۱۱-۴) مفصل پلاستیک تشکیل شده گام آخر مدل Q11XE در الگوی توزیع یکنواخت ..... ۹۵
- شکل (۱۲-۴) مفاصل پلاستیک تشکیل شده گام آخر مدل Q13XE در الگوی توزیع بار جانبی ..... ۹۶
- شکل (۱۳-۴) مفاصل پلاستیک تشکیل شده گام آخر مدل Q13XE در الگوی توزیع بار جانبی ..... ۹۶
- شکل (۱۴-۴) مفاصل پلاستیک تشکیل شده گام آخر مدل Q13XE در الگوی توزیع یکنواخت ..... ۹۷
- شکل (۱۵-۴) مفاصل پلاستیک تشکیل شده گام آخر مدل Q13XE در الگوی توزیع یکنواخت ..... ۹۷
- شکل (۱۶-۴) مفاصل پلاستیک تشکیل شده گام آخر مدل Q15XE در الگوی توزیع بار جانبی ..... ۹۸
- شکل (۱۷-۴) مفاصل پلاستیک تشکیل شده گام آخر مدل Q15XE در الگوی توزیع بار جانبی ..... ۹۸
- شکل (۱۸-۴) مفاصل پلاستیک تشکیل شده گام آخر مدل Q15XE در الگوی توزیع یکنواخت ..... ۹۹
- شکل (۱۹-۴) مفاصل پلاستیک تشکیل شده گام آخر مدل Q15XE در الگوی توزیع یکنواخت ..... ۹۹
- شکل (۲۰-۴) مفاصل پلاستیک تشکیل شده گام آخر مدل Q17XE در الگوی توزیع بار جانبی ..... ۱۰۰
- شکل (۲۱-۴) مفاصل پلاستیک تشکیل شده گام آخر مدل Q17XE در الگوی توزیع بار جانبی ..... ۱۰۰
- شکل (۲۲-۴) مفاصل پلاستیک تشکیل شده گام آخر مدل Q17XE در الگوی توزیع یکنواخت ..... ۱۰۱
- شکل (۲۳-۴) مفاصل پلاستیک تشکیل شده گام آخر مدل Q17XE در الگوی توزیع یکنواخت ..... ۱۰۱

- شکل (۴-۲۴) مفاصل پلاستیک تشکیل شده گام آخر مدل Q19XE در الگوی توزیع بار جانبی ..... ۱۰۲
- شکل (۴-۲۵) مفاصل پلاستیک تشکیل شده گام آخر مدل Q19XE در الگوی توزیع بار جانبی ..... ۱۰۲
- شکل (۴-۲۶) مفاصل پلاستیک تشکیل شده گام آخر مدل Q19XE در الگوی توزیع یکنواخت ..... ۱۰۳
- شکل (۴-۲۷) مفاصل پلاستیک تشکیل شده گام آخر مدل Q19XE در الگوی توزیع یکنواخت ..... ۱۰۳
- شکل (۴-۲۸) منحنی پوش آور مدل N9X ..... ۱۰۵
- شکل (۴-۲۹) منحنی پوش آور مدل N9A ..... ۱۰۵
- شکل (۴-۳۰) منحنی پوش آور مدل Q9XA ..... ۱۰۵
- شکل (۴-۳۱) منحنی پوش آور مدل Q9AA ..... ۱۰۶
- شکل (۴-۳۲) منحنی پوش آور مدل Q9XB ..... ۱۰۶
- شکل (۴-۳۳) منحنی پوش آور مدل Q9AB ..... ۱۰۶
- شکل (۴-۳۴) منحنی پوش آور مدل Q9XC ..... ۱۰۷
- شکل (۴-۳۵) منحنی پوش آور مدل Q9AC ..... ۱۰۷
- شکل (۴-۳۶) منحنی پوش آور مدل Q9XD ..... ۱۰۷
- شکل (۴-۳۷) منحنی پوش آور مدل Q9AD ..... ۱۰۸
- شکل (۴-۳۸) منحنی پوش آور مدل Q9XE ..... ۱۰۸
- شکل (۴-۳۹) منحنی پوش آور مدل Q9AE ..... ۱۰۸
- شکل (۴-۴۰) تغییر مکان تراز بام مدل ۹ طبقه ..... ۱۱۵
- شکل (۴-۴۱) تغییر مکان تراز بام مدل ۱۱ طبقه ..... ۱۱۵
- شکل (۴-۴۲) تغییر مکان تراز بام مدل ۱۳ طبقه ..... ۱۱۶
- شکل (۴-۴۳) تغییر مکان تراز بام مدل ۱۵ طبقه ..... ۱۱۶
- شکل (۴-۴۴) تغییر مکان تراز بام مدل ۱۷ طبقه ..... ۱۱۶

- شکل (۴-۴۵) تغییر مکان تراز بام مدل ۱۹ طبقه ..... ۱۱۷
- شکل (۴-۴۶) مقایسه حالات مختلف کمر بند خرابی در سازه ۹ طبقه ..... ۱۱۸
- شکل (۴-۴۷) مقایسه حالات مختلف کمر بند خرابی در سازه ۱۱ طبقه ..... ۱۱۸
- شکل (۴-۴۸) مقایسه حالات مختلف کمر بند خرابی در سازه ۱۳ طبقه ..... ۱۱۹
- شکل (۴-۴۹) مقایسه حالات مختلف کمر بند خرابی در سازه ۱۵ طبقه ..... ۱۱۹
- شکل (۴-۵۰) مقایسه حالات مختلف کمر بند خرابی در سازه ۱۷ طبقه ..... ۱۱۹
- شکل (۴-۵۱) مقایسه حالات مختلف کمر بند خرابی در سازه ۱۹ طبقه ..... ۱۲۰
- شکل (۴-۵۲) مقایسه ضریب رفتار در حالت قرارگیری کمر بند خرابی در ۴۴ ارتفاع ..... ۱۲۱
- شکل (۴-۵۳) مقایسه ضریب رفتار در حالت قرارگیری کمر بند خرابی در ۳۴ ارتفاع ..... ۱۲۱
- شکل (۴-۵۴) مقایسه ضریب رفتار در حالت قرارگیری کمر بند خرابی در ۲۴ ارتفاع ..... ۱۲۲
- شکل (۴-۵۵) مقایسه ضریب رفتار در حالت قرارگیری کمر بند خرابی در ۱۴ ارتفاع ..... ۱۲۲
- شکل (۴-۵۶) مقایسه ضریب رفتار در حالت قرارگیری کمر بند خرابی در ۲۴ و ۴۴ ارتفاع ..... ۱۲۲
- شکل (۴-۵۷) مقایسه ضریب شکل پذیری در حالت قاب خمشی و هسته مرکزی ..... ۱۲۳
- شکل (۴-۵۸) مقایسه ضریب شکل پذیری در حالت قرارگیری کمر بند خرابی در ۴۴ ارتفاع ..... ۱۲۳
- شکل (۴-۵۹) مقایسه ضریب شکل پذیری در حالت قرارگیری کمر بند در ۳۴ ارتفاع ..... ۱۲۴
- شکل (۴-۶۰) مقایسه ضریب شکل پذیری در حالت قرارگیری کمر بند خرابی در ۲۴ ارتفاع ..... ۱۲۴
- شکل (۴-۶۱) مقایسه ضریب شکل پذیری در حالت قرارگیری کمر بند خرابی در ۱۴ ارتفاع ..... ۱۲۴
- شکل (۴-۶۲) مقایسه ضریب شکل پذیری در حالت قرارگیری کمر بند خرابی در ۲۴ و ۴۴ ارتفاع ..... ۱۲۵
- شکل (۴-۶۳) شتابنگاشت طیس ..... ۱۲۶
- شکل (۴-۶۴) شتابنگاشت السنترو ..... ۱۲۶

- شکل (۴-۶۵) شتابنگاشت نورثریج ..... ۱۲۷
- شکل (۴-۶۶) ضریب رفتار در حالت تحلیل استاتیکی غیرخطی و تحلیل دینامیکی تحت زلزله طیس ..... ۱۲۸
- شکل (۴-۶۷) ضریب رفتار در حالت تحلیل استاتیکی غیرخطی و تحلیل دینامیکی تحت زلزله السنترو ..... ۱۲۸
- شکل (۴-۶۸) ضریب رفتار در حالت تحلیل استاتیکی غیرخطی و تحلیل دینامیکی تحت زلزله نورثریج ..... ۱۲۸

## فصل ۵: نتیجه گیری و پیشنهادات ..... ۱۲۹

### مراجع ..... ۱۳۳

### پیوست‌ها ..... ۱۳۸

منحنی پوش آور مدل N11X ..... ۱۳۹

منحنی پوش آور مدل N11A ..... ۱۳۹

منحنی پوش آور مدل Q11XA ..... ۱۳۹

منحنی پوش آور مدل Q11AA ..... ۱۴۰

منحنی پوش آور مدل Q11XB ..... ۱۴۰

منحنی پوش آور مدل Q11AB ..... ۱۴۰

منحنی پوش آور مدل Q11XC ..... ۱۴۱

منحنی پوش آور مدل Q11AC ..... ۱۴۱

منحنی پوش آور مدل Q11XD ..... ۱۴۱

منحنی پوش آور مدل Q11AD ..... ۱۴۲

منحنی پوش آور مدل Q11XE ..... ۱۴۲

منحنی پوش آور مدل Q11AE ..... ۱۴۲

منحنی پوش آور مدل N13X ..... ۱۴۳

منحنی پوش آور مدل N13A ..... ۱۴۳

منحنی پوش آور مدل Q13XA ..... ۱۴۳

منحنی پوش آور مدل Q13AA ..... ۱۴۴

۱۴۴	.....	منحنی پوش اور مدل Q13XB
۱۴۴	.....	منحنی پوش اور مدل Q13AB
۱۴۵	.....	منحنی پوش اور مدل Q13XC
۱۴۵	.....	منحنی پوش اور مدل Q13AC
۱۴۵	.....	منحنی پوش اور مدل Q13XD
۱۴۶	.....	منحنی پوش اور مدل Q13AD
۱۴۶	.....	منحنی پوش اور مدل Q13XE
۱۴۶	.....	منحنی پوش اور مدل Q13AE
۱۴۷	.....	منحنی پوش اور مدل N15X
۱۴۷	.....	منحنی پوش اور مدل N15A
۱۴۷	.....	منحنی پوش اور مدل Q15XA
۱۴۸	.....	منحنی پوش اور مدل Q15AA
۱۴۸	.....	منحنی پوش اور مدل Q15XB
۱۴۸	.....	منحنی پوش اور مدل Q15AB
۱۴۹	.....	منحنی پوش اور مدل Q15XC
۱۴۹	.....	منحنی پوش اور مدل Q15AC
۱۴۹	.....	منحنی پوش اور مدل Q15XD
۱۵۰	.....	منحنی پوش اور مدل Q15AD
۱۵۰	.....	منحنی پوش اور مدل Q15XE
۱۵۰	.....	منحنی پوش اور مدل Q15AE
۱۵۱	.....	منحنی پوش اور مدل N17X
۱۵۱	.....	منحنی پوش اور مدل N17A
۱۵۱	.....	منحنی پوش اور مدل Q17XA
۱۵۲	.....	منحنی پوش اور مدل Q17AA
۱۵۲	.....	منحنی پوش اور مدل Q17XB

۱۵۲	.....	منحنی پوش آور مدل Q17AB
۱۵۳	.....	منحنی پوش آور مدل Q17XC
۱۵۳	.....	منحنی پوش آور مدل Q17AC
۱۵۳	.....	منحنی پوش آور مدل Q17XD
۱۵۴	.....	منحنی پوش آور مدل Q17AD
۱۵۴	.....	منحنی پوش آور مدل Q17XE
۱۵۴	.....	منحنی پوش آور مدل Q17AE
۱۵۵	.....	منحنی پوش آور مدل N19X
۱۵۵	.....	منحنی پوش آور مدل N19A
۱۵۵	.....	منحنی پوش آور مدل Q19XA
۱۵۶	.....	منحنی پوش آور مدل Q19AA
۱۵۶	.....	منحنی پوش آور مدل Q19XB
۱۵۶	.....	منحنی پوش آور مدل Q19AB
۱۵۷	.....	منحنی پوش آور مدل Q19XC
۱۵۷	.....	منحنی پوش آور مدل Q19AC
۱۵۷	.....	منحنی پوش آور مدل Q19XD
۱۵۸	.....	منحنی پوش آور مدل Q19AD
۱۵۸	.....	منحنی پوش آور مدل Q19XE
۱۵۸	.....	منحنی پوش آور مدل Q19AD
۱۵۹	.....	منحنی پوش آور مدل Q19XE
۱۵۹	.....	منحنی پوش آور مدل Q19AE



## فهرست جداول

- جدول (۱-۲) ضرایب پیشنهادی کریوینکر و نصر برای محاسبه  $R_{\mu}$  ..... ۵۰
- جدول (۱-۳) معیارهای پذیرش برای رفتار خمشی ستون در قاب خمشی و قاب مهاربندی شده با محورهای همگرا به شرط  $P/PCL < 0.15$  در روش‌های غیر خطی ..... ۷۵
- جدول (۲-۳) معیارهای پذیرش برای ستون در قاب خمشی و قاب مهاربندی شده با محورهای همگرا به شرط  $0.15 < P/PCL < 0.5$  در روش‌های غیر خطی ..... ۷۶
- جدول (۳-۳) معیارهای پذیرش برای رفتار خمشی تیر در قاب خمشی و قاب مهاربندی شده با محورهای متقارب و تیر پیوند به شرط  $e > 2.6MCE/VCE$  ..... ۷۷
- جدول (۴-۳) مقادیر تغییر طول محوری خمیری و زوایای دوران خمیری برای ارزیابی مهاربند همگرا ..... ۷۹
- جدول (۱-۴) نامگذاری مدل‌های مورد مطالعه ..... ۸۴
- جدول (۲-۴) مقاطع تیرها ..... ۸۵
- جدول (۳-۴) مقاطع ستون‌ها ..... ۸۶
- جدول (۴-۴) مقاطع بادبندها ..... ۸۶
- جدول (۵-۴) الگوهای بارگذاری ..... ۹۰
- جدول (۶-۴) ضریب رفتار سازه ۹ طبقه ..... ۱۰۹
- جدول (۷-۴) ضریب رفتار سازه ۱۱ طبقه ..... ۱۱۰
- جدول (۸-۴) ضریب رفتار سازه ۱۳ طبقه ..... ۱۱۱
- جدول (۹-۴) ضریب رفتار سازه ۱۵ طبقه ..... ۱۱۲
- جدول (۱۰-۴) ضریب رفتار سازه ۱۷ طبقه ..... ۱۱۳
- جدول (۱۱-۴) ضریب رفتار سازه ۱۹ طبقه ..... ۱۱۴

# **فصل ۱: ساختمان‌های بلند**

## ۱-۱- مقدمه

تاریخچه اولین ساختمان‌های بلند به روزگاران باستان برمی‌گردد. سازه‌های ساخته شده با دیوارهای باربر با ارتفاع ۱۰ طبقه، قبلاً در شهرهای رومیان مورد استفاده بود. شهرهای ممالک غربی در قرن نوزدهم به سرعت توسعه پیدا کرد و تراکم جمعیت در آن‌ها باعث شد، ساختمان‌های بلند که با سقوط امپراطوری روم ناپدید شده بود، دوباره احیا گردد.

استفاده از دیوارهای باربر ساخته شده از مصالح بنایی در ساختمان‌ها، مجدداً رایج گردید. ولی اشکال این سازه‌ها این بود که با افزایش ارتفاع سازه بر ضخامت دیوار، یعنی وزن دیوار باید افزوده می‌شد، تا مستقیماً جوابگوی طبیعت نیروی وزن باشد.

از زمانی که قاب آهنی و بعداً قاب فولادی موجب رسیدن به ارتفاعات بلندتر و بازشدگی‌هایی مانند در و پنجره‌های بزرگتر گردید، استفاده از سیستم‌های قابی سبک وزن راه حل مناسبی به نظر می‌رسید. تکامل اسکلت فولادی بیش از ۱۰۰ سال طول کشید. همزمان با شناخت آهن به عنوان مصالح ساختمانی مناسب، روش‌های تولید نیز میبایست توسعه و تکامل پیدا می‌کرد.

به منظور ایجاد بهترین شکل برای اعضاء سازه و سوار کردن آن‌ها و همچنین توسعه روش‌های دقیق برای جزئیات ساختمانی، لازم بود که در رفتار ماده جدید تحقیق گردد. مهندس قرن نوزدهم مهندس معمار را وادار کرد تا توانایی عنصر قاب را تشخیص دهد. او استفاده از قاب را در کارخانه‌ها، انبارها و آزمایشگاه‌ها و ... رواج داد.

برای افزایش سختی جانبی اسکلت فولادی، مهندس معمار بادن‌های قطری را در قاب نما وارد کرد و بدین ترتیب اساس خرابی قائم یا دیوار برشی را به وجود آورد. پیشرفت در روش‌های طرح اسکلت فولادی موجب رشد مداوم ارتفاع ساختمان‌ها گردید. اصلاحات بعدی جهت توسعه طرح‌های جدید برای قاب‌ها، بیشتر بر بهبود کیفیت مصالح و روش‌های اجرایی بهتر متمرکز گردید، تا روی افزایش قابل توجه ارتفاع ساختمان‌ها. در سال‌های ۱۸۹۰ بتن به عنوان یکی از مصالح سازه‌ای رایج شروع به کار کرد. اجرای پیشرفته همراه با تکامل مصالح با کیفیت عالی، باعث ظهور ایده‌های جدیدی همچون دال مسطح و دیوارهای نمایی مشبک باربر در طراحی سازه‌ها گردید.

هر دو سیستم به رقابت با دال یک طرفه و دیوارهای پیرامونی، که در سازه‌های قاب صلب رواج داشتند، برخاستند [۱].

## ۲-۱- تعریف ساختمان بلند مرتبه

### ۱-۲-۱- تعریف کلی

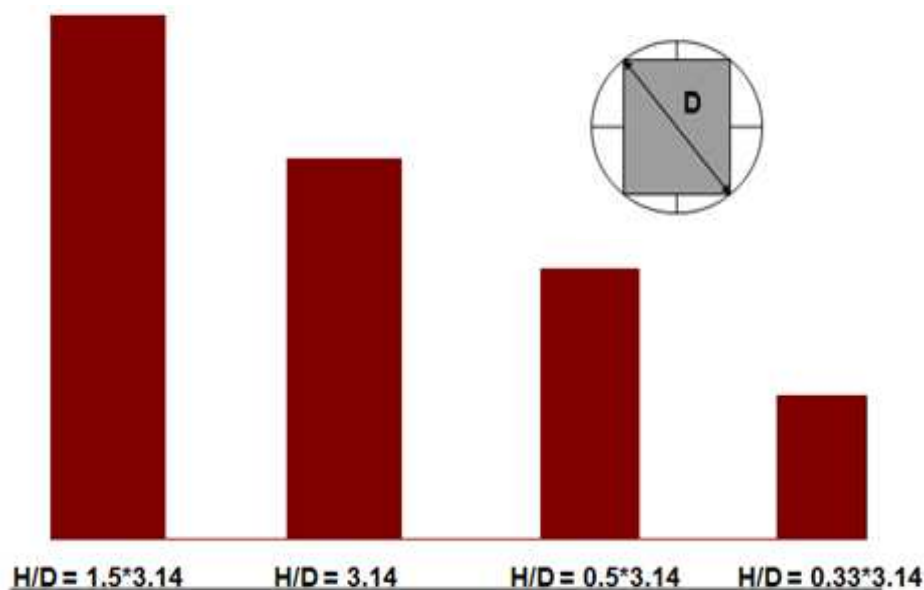
به ساختمانی بلند مرتبه اطلاق می‌شود که در تحلیل و طراحی آن بارهای جانبی عامل تعیین کننده و حاکم بر طرح باشد [۱۸].

### ۲-۲-۱- تعریف دقیق

به طور کلی ساختمان‌های مرتفع که با فرم پلان مربع یا دایره یا مشابه آن مانند ستاره یا صلیب شکل باشد، و از طرفی ارتفاع آن بلندتر از قطر دایره محاطی پلان باشد، ساختمان بلند مرتبه نامیده می‌شود [۱۹].

## ۳-۱- تعریف انواع ساختمان بلند مرتبه

تناسب قطر ساختمان‌های بلند مرتبه با ارتفاع آن‌ها تعیین کننده نوع این ساختمان‌ها از نقطه نظر هندسی می‌باشد (شکل ۱-۱).



شکل (۱-۱) طبقه بندی ساختمان‌ها از لحاظ شکل هندسی [۱]