# دانشگاه گیلان

**پردیس دانشگاهی**

**پایان نامه کارشناسی ارشد**

## عنوان :

# مقاوم سازی سازه های بتن آرمه با استفاده از دیوار برشی و ستون برشی


از :

**آرمان کریمی**

استاد راهنما :

**دکتر رحمت مدندوست**


**اسفند ۹۱**

پردیس دانشگاهی

گروه عمران

گرایش سازه

عنوان :

# مقاوم سازی سازه های بتن آرمه با استفاده از دیوار برشی و ستون برشی

از :

آرمان کریمی

استاد راهنما :

دکتر رحمت مدندوست

استاد مشاور

دکتر ملک رنجبر

اسفند ۹۱

**تقدیم**

**این پایان نامه را به همسر عزیزم و پدر و مادر زحمتکشم ، که همیشه یار و همراه من بوده اند تقدیم می کنم .**

## تقدیر و تشکر :

با تشکر فراوان از زحمات بی دریغ و راهنمایی های ارزنده استاد راهنما جناب آقای دکتر رحمت مدندوست که با راهنمایی های خود در شکل گیری این پایان نامه مرا یاری فرمودند و همچنین از زحمات استاد محترم مشاور آقای دکتر ملک محمد رنجبرو اساتید محترم داور آقایان دکتر علی صدر ممتازی و دکتر عطا اله حاجتی مدارایی نهایت تشکر و سپاسگزاری را دارم.

## فهرست مطالب

**عنوان** **صفحه**


**فصل اول**

**مقدمه** ..... ۱

**فصل دوم**

رفتار سازه های بتن آرمه تحت بارهای لرزه‌ای ..... ۳

۲-۱- شکل پذیری ساختمانهای بتن آرمه ..... ۴

۲-۱-۱- مقدمه ..... ۴

۲-۱-۲- تعریف شکل‌پذیری ..... ۵

۲-۲- رفتار مصالح ساختمانی..... ۶

۲-۲-۱- بتن ..... ۶

۲-۲-۲- فولاد ..... ۷

۲-۳- رفتار سازه‌های بتن آرمه تحت بارگذاری دوره‌ای ..... ۸

۲-۳-۲- رفتار خمشی اعضاء..... ۱۱

۲-۳-۲-۱- روابط بار تغییر شکل ..... ۱۱

۲-۳-۲-۲- محاسبه منحنی‌های هیسترزیس..... ۱۲

۲-۳-۳- رفتار برشی اعضاء ..... ۱۳

۲-۳-۳-۱- روابط بار – تغییر شکل ..... ۱۳

۲-۳-۳-۲- اعضاء بتن آرمه با تسلیح قطری ..... ۱۴

۲-۳-۴- دیوارهای برشی ..... ۱۵
۲-۳-۴-۱- دیوارهای برشی کوتاه ..... ۱۵
۲-۳-۴-۲- دیوارهای برشی طره‌ای ..... ۱۶
۲-۳-۴-۳- دیوارهای برشی با بازشوها ..... ۱۸
۲-۴- بررسی خسارات زلزله..... ۱۹
۲-۵- رفتار ساختمانهای بتن در زلزله ..... ۱۹
۲-۵-۱-زلزله ۱۹۶۷ کاراکاس ..... ۱۹
۲-۵-۲- زلزله‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۶۸ تاکاچی اوکی ژاپن ..... ۲۱
۲-۵-۳- زلزله ۱۹۷۱ سان فرناندو کالیفرنیا ..... ۲۴
۲-۵-۴- زلزله ۱۹۷۶ گوتمالا ..... ۲۶
۲-۵-۵- زلزله ۱۹۷۸ میاجیکن اولی ، ژاپن ..... ۲۷
۲-۵-۶- ۱۹۹۵ کوبه ژاپن..... ۲۹
۲-۵-۷- زلزله منجیل – رودبار ۱۳۶۹..... ۳۲
۲-۵-۷-۱- کارخانه سیمان خزر ..... ۳۲
۲-۵-۷-۲- نیروگاه برق لوشان ..... ۳۳
۲-۵-۷-۳- ساختمانهای شهر رشت ..... ۳۳

## فصل سوم

دیوارهای برشی و انواع آن..... ۳۹
۳-۱- انواع دیوار برشی..... ۴۰
۳-۲- سیستم دیوار برشی متناسب ..... ۴۰

۳-۳- سیستم دیوار برشی نامتناسب ..... ۴۰
۳-۴- دیوارهای برشی کوپل ..... ۴۱
۳-۴-۱- رفتار دیوارهای برشی کوپل ..... ۴۱
۳-۵- ارزیابی ایمنی و بررسی آسیب پذیری ساختمانهای بتن آرمه در برابر زلزله ..... ۴۳
۳-۶- مراحل ارزیابی ساختمان ..... ۴۴
۳-۷-ارزیابی ساختمانهای بتنی با دیوار برشی ..... ۴۷
۳-۷-۱- تشریح ساختمان ..... ۴۷
۳-۷-۲- عملکرد این ساختمانها ..... ۴۷
۳-۷-۳- جریان بارها ..... ۴۸
۳-۷-۴- ارزیابی ساختمانها در مناطق با زلزله خیزی شدید و متوسط ..... ۴۸

## فصل چهارم

ارزیابی و مقاوم سازی سازه‌های بتن آرمه با استفاده از دیوار برشی در حالات متقارن و نامتقارن با استفاده از آیین نامه های مختلف ..... ۵۷
۴-۱- مقدمه ..... ۵۸
۴-۲- معرفی مسئله و مدل سازیها ..... ۵۸
۴-۳- الگوی بارگذاری در آنالیز استاتیکی پوش آور ..... ۶۰
۴-۴- تعریف مفاصل پلاستیکی در مدلها ..... ۶۱
۴-۵- مشخصات کلی مدلها ..... ۶۲
۴-۶- طراحی اجزای سازه‌ای و رعایت ضوابط شکل‌پذیری متوسط ..... ۶۴
۴-۷- منحنی ظرفیت سازه‌ها ..... ۶۴

۴-۸- آنالیز دینامیک غیرخطی ..... ۷۴

۴-۹- مقایسه ماکزیمم تغییر مکان نسبی طبقات در آنالیزهای خطی استاتیکی و دینامیکی ..... ۷۷

## فصل پنجم

بررسی و مقاوم سازی سازه‌های بتن آرمه به کمک سیستم ستون برشی و مقایسه آن با سایر سیستم ها ..... ۷۹

۵-۱- خلاصه..... ۸۰

۵-۲- مقدمه ..... ۸۰

۵-۳- ضریب رفتار ..... ۸۱

۵-۴- عوامل موثر بر ضریب رفتار..... ۸۱

۵-۵- ضریب مقاومت افزون..... ۸۲

۵-۶- ضریب تنش مجاز ..... ۸۳

۵-۷- تعیین ضریب رفتار ..... ۸۴

۵-۸- تحلیل استاتیکی غیرخطی ..... ۸۴

۵-۹- مقایسه نتایج..... ۸۵

## فصل ششم

نتیجه گیری ..... ۹۰

پیشنهادات ..... ۹۲

مراجع و مأخذ ..... ۹۳-۹۴

**فهرست جداول**

نمودار ۳-۱ نمودار جریان برای ارزیابی ایمنی ساختمانهای موجود بر اساس ATC۲۲ ..... ۴۵

نمودار ۳-۲ جریان برای ارزیابی ایمنی ساختمانهای موجود ATC۲۲ ..... ۴۶

جدول ۴-۱ الگوی بار وارد بر طبقات در سازه A..... ۶۰

جدول ۴-۲ تعریف سختی اولیه المانها ..... ۶۲

جدول ۴-۳ مشخصات مودهای سازه A ..... ۶۳

جدول ۴-۴ مرکز برش طبقات سازه A ..... ۶۴

جدول ۴-۵ مرکز جرم طبقات سازه A ..... ۶۴

جدول ۴-۷ بررسی عملکرد مودها ..... ۷۸

**فهرست شکل ها**

شکل ۲-۱ رفتار مصالح شکننده و شکل پذیر .....۵

شکل ۲-۲ روابط تنش –کرنش بتن تحت بار فشاری .....۷

شکل ۲-۳ روابط تنش –کرنش فولاد .....۸

شکل ۲-۴ رفتار هیسترزیس فولاد .....۸

شکل ۲-۵ رابطه تنش چسبندگی – لغزش .....۱۰

شکل ۲-۶ اثر محصور سازی دور پیچ بر روی روابط تنش کرنش .....۱۰

شکل ۲-۷ محصور سازی بتن توی تنگهای مربعی .....۱۰

شکل ۲-۸ اثر مقدار تنگها بر منحنی تنش –کرنش بتن .....۱۰

شکل ۲-۹ اثر خاموت گذاری در جلو گیری از کمانش میلگردهای طولی .....۱۱

شکل ۲-۱۰ روابط لنگر- انحنا اعضا تحت اثر بار محوری ثابت و لنگر خمشی صعودی .....۱۲

شکل ۲-۱۱ روابط بین لنگر و زاویه دوران برای گسیختگی خمشی تیر ستون ها تحت بار محوری ثابت لنگرپاد متقارن تکرار۱۱

شکل ۲-۱۲ روابط بین نیروی برشی و زاویه دوران برای ستونهای که تحت بار محوری ثابت و لنگر پاد متقارن تکراری رفت و برگشتی شکست برشی متحمل می شوند .....۱۴

شکل ۲-۱۳ روابط بین لنگر و زاویه دوران برای تیر ستون های با تسلیح موازی .....۱۵

شکل ۲-۱۴ ترک های قطری و روابط بار تغییر مکان برای یک دیوار برشی .....۱۶

شکل ۲-۱۵ رابطه بار- تغییر شکل یک دیوار پر کننده.....۱۷

شکل ۲-۱۶ مد های شکست دیوار برشی طره ای .....۱۸

شکل ۲-۱۷ شکست برشی دیوارهای با بازشو و فولاد گذاری قطری.....۱۸

شکل ۲-۱۸ شکست فشاری ستون در طبقه زیر زمین ساختمان کارومی پس از زلزله ۱۹۶۷.....۲۱

شکل ۲-۱۹ شکست برشی یک ستون کوتاه در یک ساختمان مدرسه در سال ۱۹۶۸ ژاپن..... ۲۲

شکل ۲-۲۰ شکست ستون های کوتاه و دیوارهای برشی پس از گسیختگی ستون های بلند در سال ۱۹۶۸ ژاپن..... ۲۳

شکل ۲-۲۱ ویرانی یک ساختمان دبیرستان در اثر تنه زدگی در درز ساخت سال ۱۹۶۰ ژاپن..... ۲۳

شکل ۲-۲۲ ساختمان بیمارستان اولیوویو پس از زلزله ..... ۲۴

شکل ۲-۲۳ یکی از ستون های میانی طبقه اول ساختمان اولیوویو ۱۹۷۱ ..... ۲۴

شکل ۲-۲۴ ترک در دیوار برشی و پوسته شدن بتن..... ۲۶

شکل ۲-۲۵ ساختمان درمانگاه بیماران روانی بیمارستان اولیوویو پس از زلزله..... ۲۶

شکل ۲-۲۶ نمای خارجی هتل ترمینال پس از زلزله..... ۲۷

شکل ۲-۲۷ یکی از ستون های طبقه دوم هتل ترمینال پس از زلزله..... ۲۷

شکل ۲-۲۸ شکست یک ساختمان اداری بر اثر ارتعاش پیچشی..... ۲۸

شکل ۲-۲۹ شکست دیوار برشی دارای بازشو در یک ساختمان اداری ..... ۲۹

شکل ۲-۳۰ تخریب کامل طبقه اول و جدا شدن پی ساختمان..... ۳۰

شکل ۲-۳۱ فرو ریختن کامل طبقه اول کج شدن و واژگونی ساختمان چهار طبقه..... ۳۱

شکل ۲-۳۲ فرو ریختن طبقه سوم ساختمان هشت طبقه..... ۳۱

شکل ۲-۳۳ آسیب دیدن ستون در اتصال با تیر ..... ۳۲

شکل ۲-۳۴ سازه بتن آرمه ساختمان اصلی سالم است ولی سازه فرعی اجری خرد شده و در حال فرو ریختن است..... ۳۴

شکل ۲-۳۵ خرد شدن و ریختن و ترک های عمیق ..... ۳۴

شکل ۲-۳۶ واژگونی کامل ساختمان ها..... ۳۷

شکل ۲-۳۷ خرابی کامل سازه بر اثر زلزله شدید..... ۳۷

شکل ۲-۳۸ خرابی ستون ناشی از فشار و خمش و برش همزمان..... ۳۸

شکل ۲-۳۹ خرابی دیوارها با ستون های کناری ..... ۳۸

شکل ۳-۱ دیوارهای برشی متناسب و نا متناسب..... ۴۰

شکل ۳-۲ رفتار برشی تحت اثر بار جانبی..... ۴۲

شکل ۳-۳ دیوار برشی به ضحامت ۱۲ اینچ ..... ۴۳

شکل۴-۱ محل قرار گیری دیوار برشی در سازه A ..... ۵۹

شکل۴-۲ محل قرار گیری دیوار برشی در سازه B ..... ۵۹

شکل۴-۳ محل قرار گیری دیوار برشی در سازه C ..... ۵۹

شکل۴-۴ محل قرار گیری دیوار برشی در سازه D ..... ۵۹

شکل۴-۵ محل قرار گیری دیوار برشی در سازه E ..... ۵۹

شکل ۴-۶ منحنی ظرفیت سازه A در بارگذاریهای مختلف ..... ۶۵

شکل ۴-۷ منحنی ظرفیت سازه B در بارگذاریهای مختلف..... ۶۶

شکل ۴-۸ منحنی ظرفیت سازه C در بارگذاریهای مختلف ..... ۶۶

شکل ۴-۹ منحنی ظرفیت سازه D در بارگذاریهای مختلف ..... ۶۷

شکل ۴-۱۰ منحنی ظرفیت سازه E در بارگذاریهای مختلف ..... ۶۷

شکل ۴-۱۱ منحنی ظرفیت سازه ELF در سازه ها مختلف ..... ۶۸

شکل ۴-۱۲ منحنی ظرفیت سازه SRSS در سازه های (A-B-C-D-E ) ..... ۶۹

شکل ۴-۱۳ منحنی ظرفیت سازه MODE۱در سازه های ( A-B-C-D-E)..... ۶۹

شکل ۴-۱۴ منحنی ظرفیت سازه Uniform در سازه های (A-B-C-D- E) ..... ۷۰

شکل ۴-۱۵ تعیین نقطه عملکرد سازه مدل (A) در الگوی بار (SRSS ) ..... ۷۰

شکل ۴-۱۶ تغییر مکان در نقطه عملکرد سازه A برای بارگذاریهای مختلف ..... ۷۱

شکل ۴-۱۷ تغییر مکان نسبی طبقات سازه A در بارگذاری متفاوت..... ۷۱

شکل ۴-۱۸ تغییر مکان نسبی طبقات سازه (A-B-C-D-E) تحت بار ELF ..... ۷۲

شکل ۴-۱۹ تغییر مکان نسبی طبقات سازه A-B-C-D-E) تحت بار SRSS ..... ۷۳

شکل ۴-۲۰ تغییر مکان نسبی طبقات سازه A-B-C-D-E) تحت بار Mode۱ ..... ۷۳

شکل ۴-۲۱ تغییر مکان نسبی طبقات سازه A-B-C-D-E) تحت بار Uniform ..... ۷۴

شکل ۴-۲۲ تغییر مکان نسبی طبقات سازه در برابر شتاب نگاشت ChiChi ..... ۷۵

شکل ۴-۲۳ تغییر مکان نسبی طبقات سازه در برابر شتاب نگاشت North ..... ۷۶

شکل ۴-۲۴ تغییر مکان نسبی طبقات سازه در برابر شتاب نگاشت Palm ..... ۷۶

شکل ۴-۲۵ تغییر مکان نسبی طبقات سازه در برابر سه شتاب نگاشت ..... ۷۷

شکل ۵-۱ سیستم قاب خمشی و سیستم ستون برشی..... ۸۱

شکل ۵-۲ نمودار پاسخ کلی سازه..... ۸۲

شکل ۵-۳ منحنی پوش اور و مدل رفتار دو خطی..... ۸۵

شکل ۵-۴ نمودار مقایسه ضریب شکل پذیری سیستم ها..... ۸۶

شکل ۵-۵ نمودار مقایسه ضریب مقاومت افزون سیستم ها..... ۸۷

شکل ۵-۶ نمودار مقایسه ضریب تنش مجاز سیستم ها ..... ۸۷

شکل ۵-۷ نمودار مقایسه ضریب رفتار سیستم ها..... ۸۸

شکل ۵-۸ نمودار مقایسه وزن سیستم ها..... ۸۹

**چکیده :**

**عنوان :** مقاوم سازی سازه های بتن آرمه با استفاده از دیوار برشی و ستون برشی

**نام دانشجو :** آرمان کریمی

از آنجا که روشهای گوناگونی برای مقاوم سازی ساختمانهای بتنی وجود دارد در این تحقیق به دو روش مهم و کاربردی ، یکی روش دیوار برشی و دیگری ستون برشی پرداخته شده است . شناسایی رفتار سازه های بتن آرمه در مقابل بارهای جانبی نظیر زلزله و ارزیابی ساختمانها قبل و بعد از زلزله امری مهم می باشد. در قسمت اول پایان نامه به معرفی انواع دیوار برشی و تحلیل و آنالیز دستی و نرم افزاری آن پرداخته است و سپس ساختمان بتنی پنج طبقه با دیوار برشی با انواع درصد تقارن های مختلف و بر اساس آیین نامه های معتبر تحلیل سه بعدی و طراحی و آنالیزهای غیر خطی و بار افزون انجام گرفته است . با انجام این تحلیل ها و رسم طیف ظرفیت سازه و منحنی های ظرفیت برای تک تک اعضاء اهداف عملکردی سازه مورد بررسی قرار گرفته است . در این پایان نامه بررسیها و مقایسه ها برای انواع تحلیل ها استاتیکی و دینامیکی غیر خطی و نیز انواع الگوی بارگذاری استاتیکی و همچنین تحت شتاب نگاشت های مختلف صورت گرفته است قسمت دوم به سیستم ستون برشی می پردازد که می تواند به عنوان یکی از نوین ترین سیستم های سازه ای بتن آرمه مطرح باشد که ضمن پایداری و مقاومت سازه ای ،مسائل معماری نیز می تواند براحتی در آن لحاظ شود . بیرون زدگی ستونها حجیم از دیوارهای جداکننده ، در سازه های رایج بتنی ،مخصوصاً در سازه های با تعداد طبقات زیاد ، معضل و دغدغه ای برای مهندسین به ویژه معماران در جهت زیبایی داخلی و استفاده از سطح مفید بنا بوده است ، با عریض نمودن ستون ها در یک جهت و پنهان کردن آنها در دیوارهای جدا کننده این مشکل تا حدودی می تواند بر طرف شود . این سیستم در پایان نامه حاضر به عنوان سیستم ستون برشی شناخته می شود . از مزایای دیگر این سیستم می تواند به مواردی همچون کاهش وزن سازه ، عدم نیاز به استفاده از دیوار برشی و المان مرزی و کاهش تغییر مکان نسبی جانبی سازه اشاره کرد . شناخت رفتار این سیستم ، به دست آوردن ضریب رفتار و مقایسه آنها با سیستم های قاب خمشی و قاب خمشی + دیوار برشی به وسیله تحلیل غیر خطی استاتیکی مد نظر است . نتایج نشان می دهند، ضریب رفتار برای هر سه سیستم با افزایش ارتفاع کاهش یافته و به طور میانگین برای ستون برشی R= ۷. ۲ ، قاب خمشی R = ۵ . ۸ و قاب مختلط R= ۸ . ۲ می باشد . همچنین شکل پذیری ستون برشی بیشتر از قاب خمشی و جابجایی نسبی آن مخصوصاً در سازه های با طبقات زیاد ، کمتر از سیستم های دیگر است . مقایسه وزن سیستم ها نشان می دهند که از لحاظ اقتصادی ستون برشی در اولویت اول ، قاب خمشی در اولویت دوم و قاب مختلط در اولویت سوم قرار دارد .

**کلید واژه ها :** مهندسی زلزله – طرح لرزه ای – آسیب پذیری لرزه ای – دیوار برشی –ستون برشی – رفتار سازه ای – ضریب رفتار

## Abstract:

**Title :** The strengthinning of reinforced concrete buildings by the shear walls and shear columns

**Author :** Arman karimi

since there are different methods for retrofitting concrete structures used in this study is important in two ways, one way or another shear wall shear field are investigated. Identify the behavior of reinforced concrete structures against lateral loads, such as earthquakes and building evaluation is important before and after the earthquake . In the first part of the thesis introduces shear wall types and analysis software manually examined The five-story concrete building with shear walls and the different types of symmetry and three-dimensional analysis and design of valid codes and nonlinear pushover analyzes have been conducted. By doing this analysis and draw a structural capacity and capacity curves for individual members, we examined the structural and functional purposes. This thesis reviews and comparisons for a variety of nonlinear static and dynamic analysis and static loading pattern types and under different acceleration occurred. The second part of the shear field, which can be regarded as one of the most modern systems of reinforced concrete structures is proposed which guarantees stability and strength of structures, which may very easily be considered as on architecture. Large protrusions from the walls, columns, separators, common in concrete structures, particularly in structures with large classes, the problem concerns for engineers especially for architects and interior beauty of the benefit is based. With the wide columns in one direction and hide those in the walls separating the problem can partly be overcome. The system of the present thesis is known as shear-column system. Another benefit of this system can construct such as weight loss, no need to use shear walls and the German border and reduce the relative position of the structure for noted. Understanding the behavior of this system, and compared their behavior to obtain the coefficient of moment frames and frame bending + shear wall systems with nonlinear static analysis is considered. Results suggest, behavior coefficients for all three systems decreased with increasing altitude, and the average shear Column R= ۷.۲ , moment frame R = ۵،۸ , motley frame R= ۸،۲ . The ductility of the columns of moment frames and shear displacement of most of the structures, especially in large classes, less than other systems. Weight comparisons show that the economic system as a priority column shear, moment frames per second priority and third priority is the mixed frames.



**Key words:** Earthquake engineering - Seismic Design - Earthquake Vulnerability -Shear Wall - Shear Column - Structural behavior - behavior factor.

فصل اول

مقدمه :

کشور ایران در ناحیه زلزله خیز جهان قرار گرفته است و هر ازچندگاهی یکبار شاهد زلزله بزرگی در نواحی مختلف خود بوده است ، که خسارات و صدمات مالی و جانی جبران ناپذیری را در برداشته است . مقاوم سازی ساختمان در برابر نیروهای ناشی از زلزله یکی از راه حلهای مقابله با زلزله و خسارات ناشی از آن است . مقاوم سازی به روشهای گوناگون و با در نظر گرفتن پارامترهای مختلفی انجام می گیرد که هر روش مزایا و محدودیت‌هایی دارد در این پروژه ابتدا به مطالعه رفتار سازه‌های بتن آرمه تحت بارهای لرزه ای و بررسی شکل پذیری آنها و سپس روش های ارزشیابی ساختمانهای بتن آرمه موجود در برابر بارهای ناشی از زلزله پرداخته است و همچنین در این تحقیق دو روش مقاوم سازی یکی روش دیوار برشی و دیگری ستون برشی در نظر گرفته شده است . از آنجا که مقاوم سازی به روش دیوار برشی ، روشی رایج و ساخته شده است ابتدا به انواع دیوار برشی و سپس رفتارهای آن و تحلیل و آنالیز دیوار برشی پرداخته می شود . اما عملکرد برخی سازه‌های بتنی در زلزله‌های گذشته نشان می‌دهد که این قبیل سازه‌ها در برابر زلزله می‌توانند آسیب‌پذیر باشند . در ارزیابی لرزه‌ای سازه بتنی ، چگونگی رفتار سازه بویژه در شرایطی که در اثر زلزله از محدوده رفتار الاستیک خارج می‌شود ، بررسی می‌گردد و بدین منظور مقایسه‌ای بین پارامتر نیاز لرزه-ای و پارامتر ظرفیت سازه صورت می‌گیرد. در روش طیف ظرفیت لازم است اهداف عملکردی سازه ، منحنی ظرفیت سازه ، نقطه عملکرد سازه تعیین شوند . در این پایان نامه ساختمان بتنی با دیوار برشی  با انواع درصد تقارن‌های مختلف و بر اساس آیین نامه‌های معتبر تحلیل سه بعدی و طراحی و آنالیزهای غیر خطی و بار افزون انجام گرفته است . با انجام این تحلیل‌ها و رسم طیف ظرفیت سازه و منحنی‌های ظرفیت برای تک تک اعضاء اهداف عملکردی سازه مورد بررسی قرار گرفته است . بررسیها و مقایسه-ها برای انواع تحلیل‌ها استاتیکی و دینامیکی غیر خطی و نیز انواع الگوی بارگذاری استاتیکی و نیز تحت شتاب نگاشت‌های مختلف صورت گرفته است  و در قسمت دوم پایان نامه به بررسی سیستم ستون برشی و مقایسه آن با سیستم‌های رایج می پردازد از آنجا که با بررسی تحقیقات گذشته می‌توان دریافت که در مورد ضریب رفتار اکثر سیستم‌های سازه‌ای تحقیقات نسبتاً وسیعی صورت گرفته است ، لیکن در مورد سیستم ستون برشی به دلیل تازگی موضوع ، بررسی گسترده و جامعی مشاهده نشده است .

رفتارسازه‌ها به هنگام رخداد زلزله‌های متوسط و بزرگ وارد محدوده غیر ارتجاعی می‌گردند و برای طراحی آنها نیاز به یک تحلیل غیرارتجاعی است ، ولی به دلیل پر هزینه بودن این روش و سهولت روش ارتجاعی ، روش های تحلیل و طراحی متداول ، براساس تحلیل ارتجاعی سازه و با نیروهای کاهش یافته زلزله صورت می‌گیرد .لذا در این تحقیق به وسیله تحلیل‌های غیر خطی ، به بررسی ضریب رفتار سیستم ستون برشی با تعداد طبقات مختلف و تعداد دهانه‌های مختلف و تأثیر افزایش ارتفاع در عملکرد سازه پرداخته شده است . هدف از این مطالعه شناخت رفتار این سیستم ، به دست آوردن ضریب رفتار آن و مقایسه آن با سیستم-های رایج قاب خمشی و قاب خمشی + دیوار برشی (قاب مختلط) می باشد.

**فصل دوم :**

# رفتار سازه‌های بتن آرمه تحت بارهای لرزه‌ای

## ۲-۱- شکل پذیری[1] ساختمانهای بتن آرمه :

### ۲-۱-۱- مقدمه

در اغلب سازه‌های ساختمانی مخصوصاً آنهایی که بصورت قاب و بطور کلی هیپراستاتیک ساخته می شوند، با قبول اینکه در زلزله‌های متوسط و شدید تنش حداکثر در بعضی از اعضاء به حد تنش تسلیم برسد، می توان به یک طرح اقتصادی دست یافت . بنابراین سازه باید در طول مدت زلزله، تغییر مکان‌های نسبتاً بزرگ را بدون از دست دادن مقاومت در مقابل نیروهای جانبی تحمل نماید و در عین حال انسجام لازم جهت حمل بارهای قائم را داشته باشد . مهمترین ماهیت این حالت حدی، شکل پذیری است که عبارت است از تحمل تغییر مکان‌های غیر خطی بزرگ بدون از دست دادن مقدار قابل ملاحظه مقاومت ، بهره‌گیری از این خاصیت سازه امر نسبتاً جدیدی در تکامل مهندسی سازه می‌باشد.

ظرفیت شکل‌پذیری یک سیستم ساختمانی بتن آرمه برای سهولت، با مقایسه نسبت تغییر مکان جانبی در ارتفاع مناسب مانند سقف ساختمان با تغییر مکان حد جاری شدن در همان تراز محاسبه می‌گردد . به این نسبت ضریب شکل‌پذیری تغییر مکان گفته می‌شود . چون انتقال از واکنش ارتجاعی بصورت غیر خطی انجام می‌گیرد، ساده سازی‌های قابل قبول مورد نیاز می‌باشند. مخصوصاً در تعریف تغییر مکان حد جاری شدن؛ با وجوداینکه چنین شکل‌پذیری کلی نمایانگر واکنش غیر خطی تمامی سیستم می باشد، در طراحی باید دقت بیشتری را به شکل‌پذیری مورد نیاز بالقوه در نقاط بحرانی نواحی خمیری سازه معطوف نمود .

رابطه نیرو- تغییر شکل برای مصالح شکننده و مصالح شکل‌پذیر در شکل (۲-۱) رسم شده است . هنگامی که یک سازه هیپراستاتیک شکل‌پذیر تحت تأثیر بارهای بیش از اندازه قرار می گیرد بطور غیرارتجاعی تغییر شکل می‌دهد و در این تغییر شکل، تنشها در آن توزیع مجدد پیدا می‌کند و مقداری از باراضافی به قسمتهای دیگری از سازه که دارای بار کمتری هستند منتقل می‌شود . مفهوم شکل‌پذیری در کاربردهای گوناگون بصورت‌های مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از مزایای شکل‌پذیری می‌توان به موارد زیر اشاره کرد :

الف -اگر سازه بصورت شکل پذیر طرح شود ساکنین آن قبل از فرو ریختن ساختمان از آن آگاهی پیدا خواهند کرد و ساختمان

۱.Ductility

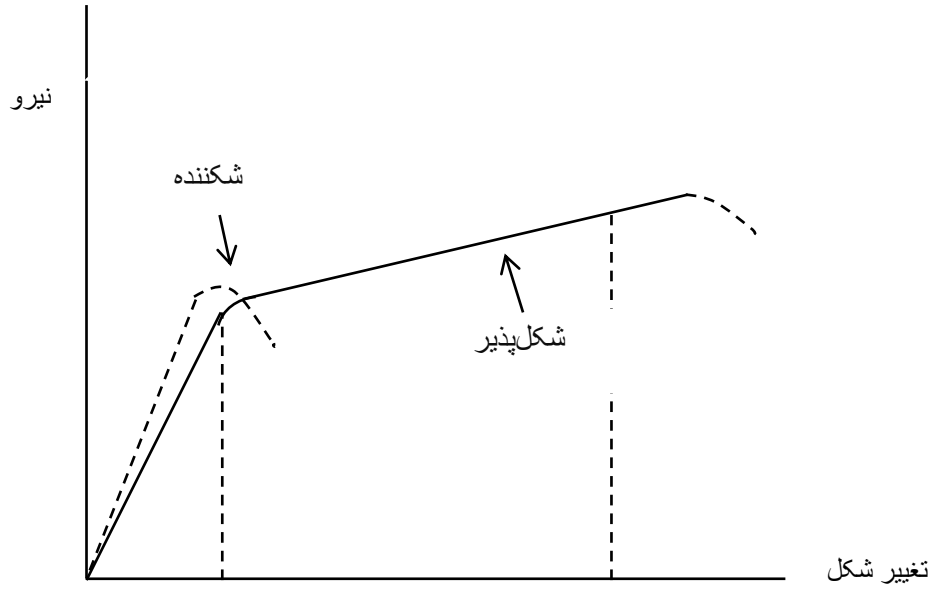
را ترک خواهند نمود.بدین ترتیب احتمال وقوع تلفات در اثر فرو ریختن ساختمان کاهش می‌یابد .

ب–هر قدر ساختمان در اثر بارگذاری تغییر شکل بیشتری بدهد و نرم‌تر باشد نیروهای اینرسی کمتری به آن وارد می‌شود. از این رو خاصیت شکل‌پذیری و رفتار غیرارتجاعی تمایل به کم کردن اثر نیروهای اینرسی ناشی از زلزله دارد.

ج–اگر سازه شکل‌پذیر باشد می‌تواند خود را با اضافه بارهای ضربه‌ای و دینامیکی غیر منتظره و همچنین حرکات ناشی از نشست پی و تغییرات حجم بتن وفق بدهد .

### ۲-۱-۲- تعریف شکل پذیری

**برای شکل پذیری یک سازه تعریف دقیقی وجود ندارد ولی شکل پذیری یک خاصیت مهم سازه های بتنی مقاوم در برابر زلزله می باشد. از این رو در طرح ساختمانهای بتن آرمه با شکل پذیری کافی قضاوت مهندسی و تجربه صحیح، مهم تر از قواعدی است که با فرمولهای ریاضی تعریف شده اند .**




شکل (۲–۱) رفتار مصالح شکننده و شکل‌پذیر[۲]