# بسم الله الرحمن الرحيم

**دانشکده فنی و مهندسی**

**بخش مهندسی عمران**

**پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران گرایش سازه**

# تحلیل عملکردی لرزه‌ای ساختمان‌های بلند نامتقارن بتن آرمه با سیستم دوگانه قاب خمشی - دیوار برشی

**مؤلف :**

**لطف‌الله قاسمی**

**استاد راهنما :**

**دکتر رضا رهگذر**

**استاد مشاور :**

**دکتر محمد محسن توفیق**

**شهریورماه ۱۳۹۱**

این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط درجه کارشناسی ارشد به

**بخش مهندسی عمران**

**دانشکده فنی و مهندسی**

**دانشگاه شهید باهنر کرمان**

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی شود.

دانشجو : لطف‌الله قاسمی

استاد راهنما : دکتر رضا رهگذر

استاد مشاور : دکتر محمد محسن توفیق

داور ۱ : دکتر سعید شجاعی

داور۲ : دکتر حسین ابراهیمی

نماینده تحصیلات تکمیلی در جلسه دفاع : دکتر باقری پور

معاونت آموزشی و پژوهشی دانشکده : دکتر مریم احتشام زاده

**حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است.**

**تقدیم به:**

صبورترین مادر و فداکارترین پدر،

آنانکه وجودم برایشان همه رنج بود و وجودشان برایم همه مهر، توانشان رفت تا به توان برسم و مویشان سپید گشت تا رویم سپید بماند.

**تقدیم به:**

همسر عزیزم.

## تشکر و قدردانی

به نام او که اولین آموزنده است.

حمد و سپاس خداوندی را سزاست که رفعت مقام علمی انسان را از مجاری تفکر و تدبر در آیات خود و پدیده‌های مستور در طبیعت مقرر فرموده است او که شاکرترین بندگانش از حق شکر او عاجز و عابدترین آنان در عبادتش قاصر، شکر را تعلیم داده و بر آن ثواب عظیم مقرر فرمود.

حال که به لطف پروردگار این کار تحقیقاتی به پایان رسیده، بایسته می‌دانم از تمامی عزیزانی که مرا در این راه یاری نموده‌اند سپاسگزاری نمایم.

از استاد گرامی جناب آقای **دکتر رضا رهگذر** که قبول زحمت فرمودند تا این پایان نامه را در سایه راهنمایی‌های استادانه و صمیمانه ایشان به پایان برسانم، تشکر و سپاسگزاری می‌نمایم.

# چکیده

با توجه به پیشرفت روز افزون طراحی براساس عملکرد با استفاده از تغییرمکان، مطالعاتی روی سازه‌های مختلف انجام شده که بیشتر این مطالعات برروی سازه‌های متقارن در پلان بوده‌است. در این تحقیق سازه‌های بتنی بلند نامتقارن در پلان با دیواربرشی- قاب‌خمشی طراحی شده براساس استاندارد ۲۸۰۰ ایران را مورد بررسی قرار خواهیم داد و از این طریق سطح عملکرد سازه‌های طراحی شده براساس این استاندارد را به دست آورده تا مشخص شود که چه سطح عملکردی را در زلزله طراحی پوشش می‌دهد. برای نشان دادن این موضوع از معیار پذیرش اعضا و معیار تغییرمکان در آنالیز بار افزون و دینامیکی استفاده شده‌است. همچنین برای نشان دادن تاثیر خروج از مرکزیت در سطح عملکرد، محل مرکز سختی به میزان ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد بعد سازه نسبت به مرکز جرم انتقال یافته است. در این تحقیق، اگر چه مرکز جرم طبقات معیار کنترل تغییرمکان هدف و اعمال روش آنالیز مودال پوش‌آور قرار داده شده‌اند، ولی تمرکز اصلی بر روی نتایج بدست آمده بر روی دولبه مدل‌های نامتقارن و مقایسه آن با نتایج آنالیز دینامیکی غیرخطی قرار داده شده‌است.



**کلمات کلیدی**: ساختمان‌های بتنی، سطح عملکرد، نامتقارن در پلان، تحلیل پوش‌آور، تحلیل غیرخطی تاریخچه زمانی، دیوار برشی

# فهرست مطالب

**عنوان** **صفحه**


**فصل اول: مقدمه، هدف و نحوه انجام کار پایان نامه ..... ۱**

۱-۱) مقدمه ..... ۲

۱-۲) اهداف تحقیق حاضر ..... ۴

۱-۳) فصل بندی پایان نامه ..... ۵

**فصل دوم : پیشینه علمی موضوع ..... ۷**

۲-۱) مقدمه ..... ۸

۲-۲) تعیین سطوح عملکرد براساس دستورالعمل بهسازی ..... ۸

۲-۳) احتمال رویداد سطوح مختلف زلزله ..... ۱۱

۲-۴) آنالیز پوش‌آور استاتیکی غیرخطی سازه‌ها ..... ۱۲

۲-۴-۱) ارزیابی ظرفیت لرزه‌ای ..... ۱۵

۲-۴-۲) ارزیابی تقاضای لرزه‌ای ..... ۱۵

۲-۴-۳) الگوهای بار جانبی ..... ۱۶

۲-۵) پاسخ پیچشی در محدوده رفتار الاستیک و غیرالاستیک ..... ۱۸

۲-۶) اهمیت آثار پیچشی سازه‌های نامتقارن در روش‌های آنالیز استاتیکی غیرخطی ..... ۲۰

**فصل سوم : تغییرمکان هدف براساس دستورالعمل بهسازی ..... ۲۲**

۳-۱) مقدمه ..... ۲۳

۳-۲) روش به‌دست آوردن تغییرمکان هدف در FEMA-356 ..... ۲۳

۳-۳) روش به‌دست آوردن جابه‌جایی تقاضا در ATC-40 ..... ۲۸

۳-۴) تحلیل‌های غیرخطی ..... ۳۰

۳-۴-۱) تحلیل‌های غیرخطی دینامیکیNDA ..... ۳۰

۳-۴-۲) آنالیز دینامیکی با استفاده از طیف پاسخ غیرخطیRSA ..... ۳۱

۳-۴-۳) تحلیل دینامیکی افزایشیIDA ..... ۳۱
۳-۴-۴) آنالیز تاریخچه زمانی غیرخطی RHA ..... ۳۲
۳-۵) تحلیل استاتیکی غیرخطی (پوش‌آور) ..... ۳۳
۳-۵-۱) فرضیات روش تحلیل استاتیکی غیرخطی ..... ۳۴
۳-۵-۲) مزایا و معایب روش استاتیکی غیرخطی ..... ۳۴
۳-۵-۳) تحلیل استاتیکی غیرخطی در نرم‌افزار ..... ۳۵
۳- ۶ الگوی بار جانبی طبق نشریه ۳۶۰ ..... ۳۵
۳-۷) الگوی بار جانبی متناسب با نیروهای جانبی حاصل از تحلیل دینامیکی خطی طیفی .... ۳۷
**فصل چهارم : مدل‌سازی اعضا، تحریک‌های زلزله و روش‌های تحلیل مورد استفاده ..... ۳۹**
۴-۱) مقدمه ..... ۴۰
۴-۲) انتخاب تحریکات زلزله ..... ۴۰
۴-۲-۱) تفاوت‌های حرکات نزدیک به گسل با حرکات دور از گسل ..... ۴۰
۴-۲-۲) تحریکات مورد استفاده در آنالیزهای با خروج از مرکزیت یک‌طرفه ..... ۴۱
۴-۲-۳) تحریکات مورد استفاده در آنالیزهای با خروج از مرکزیت دو طرفه ..... ۴۱
۴-۳) روش آنالیز مودال پوش‌آور ..... ۴۲
۴-۳-۱) ساختمان چندطبقه با رفتار الاستیک ..... ۴۳
۴-۳-۲) ساختمان‌های چندطبقه با رفتار غیرالاستیک ..... ۴۶
۴-۳-۳) آنالیز تاریخچه زمانی مودی غیروابسته ..... ۴۷
۴-۴) نحوه مدل‌سازی رفتار غیرخطی المان‌ها ..... ۵۰
**فصل پنجم : مدل‌های نامتقارن ..... ۵۲**
۵-۱) مقدمه ..... ۵۳

۵-۲) خروج از مرکزیت سختی و مقاومت در مطالعات پیشین .....۵۳
۵-۳) انواع خروج از مرکزیت‌های سختی پس‌از اصلاح مدل دیوار برشی .....۵۳
۵-۳-۱) خروج از مرکزیت سختی نوع اول(استفاده از عناصر مقاوم قوی و ضعیف) .....۵۴
۵-۳-۲) خروج از مرکزیت سختی نوع دوم (توزیع غیریکنواخت) .....۵۴
۵-۴) لحاظ کردن خروج از مرکزیت مقاومت به‌صورت غیرمستقیم .....۵۴
۵-۵) استفاده از روش قاب ژنریک برای طراحی قاب‌های خمشی.....۵۵
۵-۵-۱) فرضیات مورد استفاده در طراحی قاب‌های ژنریک بتن آرمه .....۵۵
۵-۵-۲) الگوی بار جانبی مورد استفاده در طراحی قاب‌های ژنریک .....۵۶
۵-۵-۳) الگوریتم محاسبه الگوی بار جانبی و طراحی سختی اعضا در قاب‌های ژنریک ...۵۶
۵-۶) مدل‌های مورد استفاده در فصل ششم.....۵۷
۵-۶-۱) مدل ۱۰ طبقه متقارن .....۵۸
۵-۶-۲) مدل‌های نامتقارن با خروج از مرکزیت سختی نوع اول .....۵۸
۵-۶-۳) مدل‌های نامتقارن با خروج از مرکزیت سختی نوع دوم .....۶۱
۵-۶-۴) مدل‌های مورد استفاده در فصل هفتم .....۶۴
۵-۶-۵) مدل ۲۲ طبقه متقارن .....۶۴
۵-۶-۶) مدل‌های نامتقارن با خروج از مرکزیت جرم .....۶۴

**فصل ششم : ارزیابی تأثیرات انواع خروج از مرکزیت یک جهته بر تخمین تقاضای لرزه‌ای سازه‌ها به روش MPA.....۶۸**

۶-۱) مقدمه.....۶۹
۶-۲) مولفه‌های پیچشی مود شکل‌ها .....۶۹
۶-۳) ارزیابی تأثیرات خروج از مرکزیت سختی نوع اول بر تخمین تقاضای لرزه‌ای مدل‌های نامتقارن .....۷۱

۶-۳-۱) ارزیابی تأثیرات خروج از مرکزیت سختی نوع اول برتقاضای لرزه‌ای لبه نرم .....۷۱

۶-۳-۲) ارزیابی تأثیرات خروج از مرکزیت سختی نوع اول بر تقاضای لرزه‌ای لبه سخت .۸۰

۶-۴) ارزیابی تأثیرات خروج از مرکزیت سختی نوع دوم بر تخمین تقاضای لرزه‌ای مدل‌های نامتقارن .....۸۸

۶-۴-۱) ارزیابی تأثیرات خروج از مرکزیت سختی نوع دوم بر تقاضای لرزه‌ای لبه نرم ....۸۸

۶-۴-۲) ارزیابی تأثیرات خروج از مرکزیت سختی نوع دوم به تقاضای لرزه‌ای لبه سخت: ۹۶

**فصل هفتم : ارزیابی تأثیرات خروج از مرکزیت دو جهته بر تخمین تقاضای لرزه‌ای سازه‌ها به روش MPA .....۱۰۳**

۷-۱) مقدمه.....۱۰۴

۷-۲) ارزیابی تأثیرات خروج از مرکزیت دو جهته بر تخمین تقاضای لرزه‌ای مدل‌های نامتقارن ۲۲ طبقه .....۱۰۴

۷-۲-۱) ارزیابی تأثیرات خروج از مرکزیت دو جهته بر تقاضای لرزه‌ای لبه نرم .....۱۰۴

۷-۲-۲) ارزیابی تأثیرات خروج از مرکزیت دوجهته بر تقاضای لرزه‌ای لبه سخت .....۱۰۹

**فصل هشتم : نتیجه‌گیری و پیشنهادات .....۱۱۲**

۸-۱) نتایج کلی.....۱۱۳

۸-۲) پیشنهادهایی برای تحقیقات آینده.....۱۱۵

**فهرست منابع غیر فارسی .....۱۱۶**

**فهرست منابع فارسی.....۱۱۸**

# فهرست جدول ها

**عنوان جدول** **صفحه**

جدول (۲-۱) احتمال رویداد سطوح مختلف در نظر گرفته شده در FEMA-356 و دستورالعمل بهسازی ۱۱

جدول (۲-۲) سطوح طراحی و یا بهسازی بر مبنای عملکرد ۱۲

جدول (۳-۱) تعیین $T_S$ براساس آیین نامهٔ ۲۸۰۰ ۲۵

جدول (۳-۲) تعیین A براساس آیین‌نامهٔ ۲۸۰۰ ۲۷

جدول (۴-۱) خصوصیات عمومی تحریکات نزدیک به گسل مورد استفاده در فصل ششم ۴۱

جدول (۴-۲) خصوصیات عمومی تحریکات دور از گسل مورد استفاده در فصل ششم ۴۱

جدول (۴-۳) خصوصیات عمومی تحریکات مورد استفاده در فصل هفتم ۴۲

جدول (۵-۱) طول دیوارهای برشی برای مقادیرمختلف خروج از مرکزیت سختی نوع اول ۵۹

جدول (۵-۲) ابعاد عناصرسازه‌ای مدل ۱۰طبقه متقارن ۶۶

جدول (۵-۳) ابعاد عناصر سازه‌ای مدل ۲۲ طبقه متقارن ۶۷

# فهرست شکل‌ها

**عنوان شکل** **صفحه**


شکل (۲-۱)سطوح عملکردی سازه‌ها ۱۰

شکل (۳-۱) یک نمونه منحنی پوش‌آور ۲۹

شکل (۳-۲) حالت‌های مختلف توزیع نیروی جانبی ۳۵

شکل (۴-۱) چگونگی انجام آنالیز مودال تاریخچه زمانی سیستم‌های الاستیک ۴۵

شکل (۴-۲) چگونگی آنالیز تاریخچه زمانی مودی غیروابسته سیستم‌های غیرالاستیک ۵۰

شکل (۴-۳) اعضای ستون و دیوار برشی با استفاده از المان الیافی نحوه‌ای مدل ۵۱

شکل (۵-۱) پلان شماتیک مدل نامتقارن ۱۰ طبقه با خروج از مرکزیت سختی نوع اول برابر ۵٪ بعد پلان ۵۹

شکل (۵-۲) پلان شماتیک مدل نامتقارن ۱۰ طبقه با خروج از مرکزیت سختی نوع اول برابر ۱۰٪ بعد پلان ۶۰

شکل (۵-۳) پلان شماتیک مدل نامتقارن ۱۰ طبقه با خروج از مرکزیت سختی نوع اول برابر ۱۵٪ بعد پلان ۶۰

شکل (۵-۴) پلان شماتیک مدل نامتقارن ۱۰ طبقه با خروج از مرکزیت سختی نوع اول برابر ۲۰٪ بعد پلان ۶۱

شکل (۵-۵) پلان شماتیک مدل نامتقارن ۱۰ طبقه با خروج از مرکزیت سختی نوع دوم برابر ۵٪ بعد پلان ۶۲

شکل (۵-۶) پلان شماتیک مدل نامتقارن ۱۰ طبقه با خروج از مرکزیت سختی نوع دوم برابر ۱۰٪ بعد پلان ۶۲

شکل (۵-۷) پلان شماتیک مدل نامتقارن ۱۰ طبقه با خروج از مرکزیت سختی نوع دوم برابر ۱۵٪ بعد پلان ۶۳

شکل (۵-۸) پلان شماتیک مدل نامتقارن ۱۰ طبقه با خروج از مرکزیت سختی نوع دوم برابر ۲۰٪ بعد پلان ۶۳
شکل (۵-۹) پلان شماتیک مدل نامتقارن ۲۲ طبقه با خروج از مرکزیت‌های جرم دوجهته ۶۵
شکل (۶-۱) تغییرمکان نسبی‌در لبه‌نرم طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع اول برابر با ۵ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی وآنالیز پوش‌آور (شتاب‌نگاشت‌های بم،ناقان) ۷۴
شکل (۶-۲) تغییرمکان نسبی درلبه نرم طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع اول برابر با ۵ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی وآنالیز مودال پوش‌آور (شتابنگاشت‌های بم (جیرفت)، کجور) ۷۵
شکل (۶-۳) تغییرمکان نسبی درلبه نرم طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع اول برابر با ۵ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی وآنالیز پوش‌آور (منجیل، طبس) ۷۵
شکل (۶-۴) تغییرمکان نسبی درلبه نرم طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع اول برابر با ۱۰ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی وآنالیز مودال (شتابنگاشت‌های ناقان، کجور) ۷۶
شکل (۶-۵) تغییرمکان نسبی درلبه‌نرم طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع اول برابر با ۱۰ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی وآنالیز پوش‌آور (بم (جیرفت)، بم (بم)) ۷۶
شکل (۶-۶) تغییرمکان نسبی‌در لبه‌نرم طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع اول برابر با ۱۰ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی وآنالیز پوش‌آور(شتاب‌نگاشت‌هایمنجیل، طبس) ۷۷
شکل (۶-۷) تغییرمکان نسبی در لبه نرم طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع اول برابر با ۱۵درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی وآنالیز پوش‌آور(بم (جیرفت)، منجیل) ۷۷
شکل (۶-۸) تغییرمکان نسبی در لبه نرم طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع اول برابر با ۱۵درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی وآنالیز پوش‌آور(بم (بم)، کجور) ۷۸
شکل (۶-۹) تغییرمکان نسبی در لبه نرم طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع اول برابر با ۱۵درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی وآنالیز مودال پوش‌آور(طبس، ناقان) ۷۸
شکل (۶-۱۰) تغییرمکان نسبی در لبه نرم طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع اول برابر با ۲۰درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی وآنالیز پوش‌آور (کجور، منجیل) ۷۹

شکل (۶-۱۱) تغییرمکان نسبی در لبه نرم طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع اول برابر با ۲۰درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی وآنالیز پوش‌آور (بم (بم)، طبس) ۷۹
شکل (۶-۱۲) تغییرمکان نسبی در لبه نرم طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع اول برابر با ۲۰درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی وآنالیز مودال پوش‌آور (بم (جیرفت)، ناقان) ۸۰
شکل (۶-۱۳) تغییرمکان نسبی در لبه سخت طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع اول برابر با ۵ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی وآنالیز پوش‌آور (بم (جیرفت)، منجیل) ۸۲
شکل (۶-۱۴) تغییرمکان نسبی در لبه سخت طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع اول برابر با ۵ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی وآنالیز مودال پوش‌آور (بم (بم)، ناقان) ۸۳
شکل (۶-۱۵) تغییرمکان نسبی در لبه سخت طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع اول برابر با ۵ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی وآنالیز مودال پوش‌آور (طبس، کجور) ۸۳
شکل (۶-۱۶) تغییرمکان نسبی در لبه سخت طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع اول برابر با ۱۰ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی وآنالیز مودال پوش‌آور (بم (جیرفت)، منجیل)۸۴
شکل (۶-۱۷) تغییرمکان نسبی در لبه سخت طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع اول برابر با ۱۰ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی وآنالیز مودال پوش‌آور (بم (بم)، کجور ) ۸۴
شکل (۶-۱۸) تغییرمکان نسبی در لبه سخت طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع اول برابر با ۱۰ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی وآنالیز مودال پوش‌آور (ناقان، طبس) ۸۵
شکل (۶-۱۹) تغییرمکان نسبی در لبه سخت طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع اول برابر با ۱۵ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی وآنالیز مودال پوش‌آور (بم (بم)، منجیل) ۸۵
شکل (۶-۲۰) تغییرمکان نسبی در لبه سخت طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع اول برابر با ۱۵ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی وآنالیز مودال پوش‌آور (کجور، طبس) ۸۶
شکل (۶-۲۱) تغییرمکان نسبی در لبه سخت طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع اول برابر با ۱۵ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی وآنالیز مودال پوش‌آور (بم (جیرفت)، ناقان)۸۶
شکل (۶-۲۲) تغییرمکان نسبی در لبه سخت طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع اول برابر با ۲۰ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی وآنالیز مودال پوش‌آور (بم (جیرفت)، منجیل)۸۷

شکل (۶-۲۳) تغییرمکان نسبی در لبه سخت طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع اول برابر با ۲۰ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی وآنالیز مودال پوش‌آور (طبس، کجور) ۸۷
شکل (۶-۲۴) تغییرمکان نسبی در لبه سخت طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع اول برابر با ۲۰ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی وآنالیز مودال پوش‌آور (بم (بم)، ناقان) ۸۸
شکل (۶-۲۵) تغییرمکان نسبی‌در لبه‌نرم طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع دوم برابر با ۵ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور(بم (جیرفت)، کجور) ۸۹
شکل (۶-۲۶) تغییرمکان نسبی‌در لبه‌نرم طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع‌دوم برابر با ۵ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور(بم (بم)، منجیل) ۹۰
شکل (۶-۲۷) تغییرمکان نسبی‌در لبه‌نرم طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع‌دوم برابر با ۵ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور(طبس، ناقان) ۹۰
شکل (۶-۲۸) تغییرمکان نسبی‌در لبه‌نرم طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع‌دوم برابر با ۱۰ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور(بم (جیرفت)، کجور) ۹۱
شکل (۶-۲۹) تغییرمکان نسبی‌در لبه‌نرم طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع‌دوم برابر با ۱۰ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور(طبس، ناقان) ۹۱
شکل (۶-۳۰) تغییرمکان نسبی‌در لبه‌نرم طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع‌دوم برابر با ۱۰ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور(بم (بم)، منجیل) ۹۲
شکل (۶-۳۱) تغییرمکان نسبی‌در لبه‌نرم طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع دوم برابر با ۱۵ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور(بم (بم)، کجور) ۹۲
شکل (۶-۳۲) تغییرمکان نسبی‌در لبه‌نرم طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع‌دوم برابر با ۱۵ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور(ناقان، طبس) ۹۳
شکل (۶-۳۳) تغییرمکان نسبی‌در لبه‌نرم طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع‌دوم برابر با ۱۵ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور(بم (جیرفت)، منجیل) ۹۳
شکل(۶-۳۴) تغییرمکان نسبی‌در لبه‌نرم طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع‌دوم برابر با ۲۰ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور(بم (جیرفت)، منجیل) ۹۴

شکل (۶-۳۵) تغییرمکان نسبی‌در لبه‌نرم طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع‌دوم برابر با ۲۰ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور(بم (بم)، کجور) ۹۴
شکل (۶-۳۶) تغییرمکان نسبی‌در لبه‌نرم طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع‌دوم برابر با ۲۰ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور(طبس، ناقان) ۹۵
شکل (۶-۳۷) تغییرمکان نسبی‌در لبه‌سخت طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع دوم برابر با ۵ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور(طبس، منجیل) ۹۷
شکل (۶-۳۸) تغییرمکان نسبی‌در لبه‌سخت طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع دوم برابر با ۵ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور(بم (جیرفت)، کجور)۹۷
شکل (۶-۳۹) تغییرمکان نسبی‌در لبه سخت طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع دوم برابر با ۵ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور(بم (بم)، ناقان) ۹۸
شکل (۶-۴۰) تغییرمکان نسبی‌در لبه‌سخت طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع‌دوم برابر با ۱۰ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور(بم (جیرفت)، منجیل)۹۸
شکل (۶-۴۱) تغییرمکان نسبی‌در لبه سخت طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع دوم برابر با ۱۰ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور(بم (بم)، طبس) ۹۹
شکل (۶-۴۲) تغییرمکان نسبی‌در لبه سخت طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع دوم برابر با ۱۰ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور(ناقان، کجور) ۹۹
شکل (۶-۴۳) تغییرمکان نسبی‌در لبه سخت طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع دوم برابر با ۱۵ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور(منجیل، کجور) ۱۰۰
شکل (۶-۴۴) تغییرمکان نسبی‌در لبه سخت طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع دوم برابر با ۱۵ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور(بم (جیرفت) ، طبس) ۱۰۰
شکل (۶-۴۵) تغییرمکان نسبی‌در لبه سخت طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع دوم برابر با ۱۵ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور(ناقان، بم (بم)) ۱۰۱
شکل (۶-۴۶) تغییرمکان نسبی‌در لبه سخت طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع دوم برابر با ۲۰ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور(طبس، ناقان) ۱۰۱

شکل (۶-۴۷) تغییرمکان نسبی‌در لبه سخت طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع دوم برابر با ۲۰ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور(بم(جیرفت)، کجور) ۱۰۲

شکل(۶-۴۸) تغییرمکان نسبی‌در لبه سخت طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت سختی نوع دوم برابر با ۲۰ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور(بم (بم)، ناقان) ۱۰۲

شکل (۷-۱) تغییرمکان نسبی‌در لبه نرم طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت جرم دو جهته برابر با ۵ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور (بم (بم)، طبس) ۱۰۵

شکل (۷-۲) تغییرمکان نسبی‌در لبه نرم طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت جرم دو جهته برابر با ۵ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور (ناقان ، منجیل) ۱۰۵

شکل (۷-۳) تغییرمکان نسبی‌در لبه نرم طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت جرم دو جهته برابر با ۱۰ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور (طبس ، بم) ۱۰۶

شکل (۷-۴) تغییرمکان نسبی‌در لبه نرم طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت جرم دو جهته برابر با ۱۰ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور (ناقان ، منجیل) ۱۰۶

شکل (۷-۵) تغییرمکان نسبی‌در لبه نرم طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت جرم دو جهته برابر با ۱۵ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور (طبس ، بم) ۱۰۷

شکل (۷-۶) تغییرمکان نسبی‌در لبه نرم طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت جرم دو جهته برابر با ۱۵ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور (ناقان ، منجیل) ۱۰۷

شکل (۷-۷) تغییرمکان نسبی‌در لبه نرم طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت جرم دو جهته برابر با ۲۰ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور (طبس ، بم) ۱۰۸

شکل (۷-۸) تغییرمکان نسبی‌در لبه نرم طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت جرم دو جهته برابر با ۲۰ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور (ناقان ، منجیل) ۱۰۸

شکل (۷-۹) تغییرمکان نسبی در لبه سخت طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت جرم دو جهته برابر با ۵ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور (ناقان ، بم) ۱۰۹

شکل (۷-۱۰) تغییرمکان نسبی در لبه سخت طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت جرم دو جهته برابر با۱۰ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور (ناقان ، بم) ۱۱۰

شکل (۷-۱۱) تغییرمکان نسبی‌در لبه سخت طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت جرم دو جهته برابر با ۱۵ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور (ناقان ، بم) ۱۱۰
شکل (۷-۱۲) تغییرمکان نسبی‌در لبه سخت طبقات به‌ازای خروج از مرکزیت جرم دو جهته برابر با ۲۰ درصد بعد پلان شامل نتایج آنالیز دینامیکی و آنالیز مودال پوش‌آور (ناقان ، بم) ۱۱۱

# فصل اول

## مقدمه، هدف و نحوه انجام کار پایان نامه

## ۱-۱) مقدمه

هدف از بهسازی لرزه‌ای ساختمان آن است که اعضای سازه‌ای و ملحقات غیرسازه‌ای به گونه‌ای تقویت شوند که در صورت وقوع زلزله، آسیب‌های کمتری به این اجزاء وارد شود. نویسندگان آیین‌نامه‌های FEMA-۳۵۶ و ATC-۴۰ با توجه به اهمیت ساختمان و کارایی آن بعد از وقوع زمین‌لرزه، آسیب‌های احتمالی را تقسیم‌بندی و سطوح بهسازی را بر این اساس تعریف کرده و برای هر کدام از اجزای سازه‌ای و غیره‌سازه‌ای یک سری معیارها از سطح کارکرد کامل تا خرابی‌های زیاد برای یک زلزله با دوره بازگشت معین در نظر گرفته‌اند[1,2]. به عنوان مثال برای ساختمان‌هایی که بعد از زلزله باید سرویس دهی خود را کاملاً حفظ کنند بالاترین سطح بهسازی و برای ساختمان‌هایی که بعد از زلزله تنها سازه ساختمان نباید دچار فروریزش شود پایین‌ترین سطح بهسازی را تعریف کرده‌اند. در بالاترین سطح بهسازی، اجزای سازه ای و غیره سازه‌ای نباید دچار خسارت و خرابی شوند یا اگر احتمالاً خرابی در اجزا به وجود آید، بتوان آن‌ها را سریعاً به قابلیت سرویس دهی کامل رساند. در پایین‌ترین سطح بهسازی، اجزای سازه‌ای می‌توانند به حد گسیختگی برسند و تغییر شکل‌های ماندگار در سازه به وجود آید و اجزای غیرسازه‌ای نیز دیگر کارایی نداشته باشند ولی اسکلت ساختمان باید حفظ شود، به گونه‌ای که افراد بتوانند از ساختمان خارج شوند و خسارت جانی به بار نیاید. بقیه سطوح معرفی شده در این آیین‌نامه‌ها در بین این دو سطح قرار دارند. امروزه چالش مهندسی عمران در این جهت است که طراحی سازه‌ها به نحوی انجام شود که میزان خسارت و پارامترهای تقاضای لرزه‌ای[1] سازه در حد قابل قبولی کنترل شود؛ از اینرو روش‌های تحلیل و طراحی عملکردی در دو دهه اخیر مورد توجه محققان قرار گرفته‌است. در تحلیل‌های الاستیک، اکثر ساختمان‌ها برای نیروی برشی به مراتب کوچکتری نسبت به نیروی برشی متناظر با قوی‌ترین زمین لرزه‌ای که احتمال وقوع آن در منطقه وجود دارد، طراحی می‌شوند. بنابراین آسیب دیدن ساختمان‌ها تحت زمین لرزه‌های بزرگ دور از انتظار نمی‌باشد و به همین منظور تغییرشکل‌های سازه در حوزه غیرالاستیک، در حین زلزله‌های شدید، از اهمیت ویژه‌ای در مهندسی زلزله برخوردار است.

از طرف دیگر مشاهدات به عمل آمده پس از وقوع زلزله‌های شدید نشان می‌دهد که آسیب‌های شدید سازه‌ای، اغلب به علت عدم تقارن در سازه‌ها رخ داده است. توجه به این نکته و تمایل به خلق سازه‌های مدرن نامتقارن در پلان و یا ارتفاع، منجر گردیده است که محققان زیادی در چند دهه اخیر، بررسی پاسخ سازه‌های نامتقارن را موضوع تحقیقات خود قرار دهند و پارامترهای

[1] Seismic Demand