

۱۷۱۱۰۵۳۷۵  
۱۷۱۱۰۰۹

اللَّهُ الرَّحْمَنُ الرَّحِيمُ



دانشگاه مازندران

دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

مهندسی عمران - سازه

# بررسی رفتار و آسیب پذیری ساختمانهای بتنی مسلح همراه با دیوار برشی بر اساس مفاهیم انرژی

استاد راهنما:

دکتر جواد واثقی امیری

استاد مشاور:

دکتر محمد رضا داوودی

نگارش:

کیومرث یحیی زاده احمدی

شهریور ۱۳۸۷

۱۳۸۷ / ۹ / ۱۷

۱۹۱۴

موسسه اطلاعات مازندران  
تلفن: ۰۱۱۰۳۳۳۳۳۳۳  
پست الکترونیک: info@uz.ac.ir

باسمہ تعالیٰ

دائتگاه صنعتی  
نوشیروانی بابل

تحصیلات تکمیلی

ارزشیابی پایان نامه در جلسه دفاعیه

شماره دانشجویی : ۸۴۵۱۳۶۴۰۰۸

نام و نام خانوادگی دانشجوی : کیومرث یحیی زاده احمدی

مقطع : کارشناسی ارشد

رشته تحصیلی : مهندسی عمران - سازه

سال تحصیلی : نیمسال دوم ۸۷-۱۳۸۶

عنوان پایان نامه :

«بررسی رفتار و آسیب پذیری ساختمانهای بتنی مسلح همراه با دیوار برشی بر اساس مفاهیم انرژی»

تاریخ دفاع : ۸۷/۶/۳۱

نمره پایان نامه ( به عدد ) : ۱۹.۵

نمره پایان نامه ( به حروف ) : نوزده و نیم

هیات داوران :

استاد راهنما : دکتر جواد واثقی

استاد مشاور : دکتر محمد رضا داودی

استاد مدعو : دکتر مرتضی حسینعلی بیگی

استاد مدعو : دکتر غلامرضا عبدا... زاده

نماینده کمیته تحصیلات تکمیلی : دکتر مرتضی نقی پور

امضا

امضا

امضا

امضا

امضا

## قدردانی و سپاس

خدای را شاکرم که شرایط را برای عرصه ای که بدان عمیقا عشق می ورزم برایم مهیا نمود و نگارش این رساله تحت عنوان بررسی رفتار و آسیب پذیری ساختمانهای بتنی مسلح همراه با دیوار برشی بر اساس مفهوم انرژی به پایان رسید. در اینجا بر خود لازم می دانم تا مراتب سپاس، احترام و ارادت جاویدان خود را از اساتید محترم جناب آقای دکتر جواد وثاقتی امیری در کسوت استاد راهنما و جناب آقای دکتر محمد رضا داوودی در کسوت استاد مشاور که توفیق تلمذ در حضورشان را داشته ام اعلام دارم. همچنین لازم است که از جناب آقای مهندس بهنود گنجوی که در هر چه بهتر شدن این رساله از هیچ کوششی دریغ نورزیده است کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم.

تقدیم به خانواده عزیزم که امید و دلگرمی همراه من هستند.

## چکیده

مطالعات نشان می دهد که سازه ها تحت اثر زمین لرزه های مخرب وارد مرحله غیر ارتجاعی می شوند. لذا مطالعه رفتار غیر ارتجاعی سازه ها تحت اثر این زمین لرزه ها ضروری به نظر می رسد. در روشهای طراحی لرزه ای مرسوم، تحریکات و جنبشهای لرزه ای با یکسری نیروهای افقی منتج شده از مدل دینامیکی سازه در تراز طبقات، مدل می شوند. پژوهشهای مختلف انجام شده ثابت می کنند که صرف بحث نیرو- تغییر مکان در حالت ارتجاعی یا حتی الاستو پلاستیک کامل دو خطی نمی تواند توجیه کننده تمامی رفتارهای لرزه ای سازه باشد. در روش طرح مبتنی بر نیرو و تغییر مکان کمبودهایی وجود دارد که در آن به حساب آوردن تاثیرات خسارت جمعی و انرژی هیستریزیس مرتبط با چرخه های غیر ارتجاعی در این روشها دشوار است. وارد آمدن خسارت سازه ای با مفهوم رفتار غیر ارتجاعی و در نتیجه انرژی هیستریزیس نزدیکی بسیاری دارند. لذا می توان گفت که انرژی هیستریزیس در این سطوح، معیاری قابل توجه جهت طراحی و یا کنترل سازه می تواند باشد. بستگی زیاد انرژی هیستریزیس با خسارت سازه ای موجب شده تا این مفهوم و روشهای نوین طراحی سازه ای مورد توجه محققان و مهندسان قرار گیرد.

در این پژوهش، سه قاب ۸، ۱۲ و ۱۵ طبقه بتنی مسلح با دیوار برشی که بارگذاری جانبی آنها به دو روش استاتیکی معادل و دینامیکی طیفی و بر اساس آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله (استاندارد-۲۸۰۰- ویرایش سوم) صورت گرفته، انتخاب و به وسیله نرم افزار ETABS2000 طراحی شده اند، سپس تحلیل دینامیکی غیر خطی سازه ها تحت اثر ۱۳ شتابنگاشت حرکت زمین با استفاده از نرم افزار IDARC-2D (ver 6.1) انجام شده است. هدف از این مطالعه بررسی نحوه توزیع خسارت، جابجایی نسبی و انرژی هیستریزیس در طبقات ساختمانهای بتنی مسلح با دیوار برشی است. در ادامه برای بررسی بیشتر از چند توزیع بارگذاری جانبی (NEHRP1994, UBC1997)، مود اول سازه، ترکیب سه مود اول سازه (CQC) و مستطیلی اصلاح شده) نیز استفاده شده است.

نتایج به دست آمده حاکی از آن است که به رغم یکسان بودن مقاومت در ارتفاع سازه، برای توزیع یکنواخت خسارت، انرژی هیستریزیس و جابجایی نسبی نیاز به افزایش مقاومت طبقاتی که خسارت بیشتری دارند و کاهش مقاومت طبقاتی که خسارت کمتری دارند، می باشد. با وجودی که ممکن است بعضی الگوهای بار در مقایسه با الگوهای بارگذاری جانبی دیگر در تعدادی طبقات، عملکرد بهتری داشته باشند، ولی این بدین مفهوم نیست که این الگوها، الگوهای بهینه برای توزیع نیروی جانبی زلزله باشند. بنابراین برای استفاده مناسب از سازه نیاز به تعریف الگویی جدید می باشد تا بتوان از حداکثر ظرفیت سازه استفاده بهینه نمود.

# فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: ادبیات موضوع
۲	۱-۱- مقدمه
۶	۲-۱- معیارهای برآورد خرابی در سازه
۸	۳-۱- مروری بر کارهای انجام شده
۱۱	۴-۱- ساختار پایان نامه
۱۳	فصل دوم: تئوری انرژی هیستریزیس و خسارت در طرح لرزه ای سازه ها
۱۴	۱-۲- مقدمه
۱۵	۲-۲- معادلات انرژی در سیستم چند درجه آزادی با رفتار غیر خطی
۱۶	۳-۲- انرژی هیستریزیس
۱۶	۱-۳-۲- مدل هیستریزیس دو خطی
۱۷	۲-۳-۲- مدل سختی و فرسایشی کلاف
۲۰	۳-۳-۲- مدل تاکدا
۲۱	۴-۳-۲- مدل هیستریزیس فرسایشی سه خطی
۲۵	۵-۳-۲- اصل فرسایش نیروی مبتنی بر انرژی
۲۹	۴-۲- شاخص خسارت
۳۱	۱-۴-۲- مدل‌های خسارت بر مبنای تغییر شکل و یا شکل پذیری
۳۲	۲-۴-۲- مدل خسارت مبتنی بر انرژی تلف شده
۳۳	۳-۴-۲- مدل خسارت بر مبنای فرمولهای مرکب
۳۴	۴-۴-۲- تعریف جنبشی مدل خسارت
۳۶	۵-۴-۲- برآورد خسارت در تحریکات دوره ای
۳۸	۶-۴-۲- تغییر طیفی خسارت
۴۰	۷-۴-۲- طراحی لرزه ای بر پایه شکل پذیری و خسارت تجمعی
۴۱	فصل سوم: معرفی مدل‌های مورد مطالعه و نرم افزار IDARC
۴۲	۱-۳- مقدمه
۴۲	۲-۳- ساختمانهای مورد بررسی در این مطالعه
۴۵	۳-۳- مشخصات شتابنگاشتها در تحلیل دینامیکی غیر خطی

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۴۵	۳-۴- الگوهای بارگذاری جانبی
۴۶	۳-۴-۱- روش استاتیکی معادل
۴۷	۳-۴-۲- الگوی بارگذاری طیفی
۴۸	۳-۵- تحلیل غیر خطی سازه های بتنی و نرم افزار تخصصی IDARC
۵۰	۳-۵-۱- مدل سازی اعضای سازه
۵۳	۳-۵-۲- مدل هیستریزیس غیر خطی
۵۸	۳-۵-۳- مطالعه خسارت سازه ای با استفاده از شاخص خسارت پارک و انگ
<b>فصل چهارم: تفسیر و بررسی نتایج حاصل از تحلیل دینامیکی غیر خطی IDARC</b>	
۶۱	۴-۱- مقدمه
۶۲	۴-۲- اثر زمین لرزه بر روی توزیع خسارت، انرژی هیستریزیس و جابجایی نسبی در تراز طبقات
۶۳	۴-۲-۱- قاب ۸ طبقه
۶۳	۴-۲-۱-۱- تیر
۶۴	۴-۲-۱-۲- دیوار
۶۴	۴-۲-۱-۳- طبقه
۶۵	۴-۲-۲- قاب ۱۲ طبقه
۶۵	۴-۲-۲-۱- تیر
۶۶	۴-۲-۲-۲- دیوار
۶۶	۴-۲-۲-۳- طبقه
۶۷	۴-۲-۳- قاب ۱۵ طبقه
۶۷	۴-۲-۳-۱- تیر
۶۸	۴-۲-۳-۲- دیوار
۶۸	۴-۲-۳-۳- طبقه
۹۱	۴-۳- مقایسه روش استاتیکی معادل و دینامیکی طیفی در توزیع جابجایی، خسارت و انرژی هیستریزیس
۹۱	۴-۳-۱- قاب ۸ طبقه
۹۱	۴-۳-۱-۱- تیر
۹۱	۴-۳-۱-۲- دیوار



## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۹۲	۳-۱-۳-۴- طبقه
۹۳	۳-۲-۴- قاب ۱۲ طبقه
۹۳	۳-۲-۱-۴- تیر
۹۳	۳-۲-۲-۴- دیوار
۹۴	۳-۲-۳-۴- طبقه
۹۴	۳-۳-۴- قاب ۱۵ طبقه
۹۴	۳-۳-۱-۴- تیر
۹۵	۳-۳-۲-۴- دیوار
۹۵	۳-۳-۳-۴- طبقه
۱۰۳	۴-۴- مقایسه خسارت و انرژی هیستریزیس در تیر، ستون و دیوار در قابهای استاتیکی و دینامیکی
۱۱۴	۴-۵- بررسی شاخص خسارت کل (Overall Damage) در سازه های مورد مطالعه
۱۱۵	۴-۶- بررسی توزیع انرژی هیستریزیس، خسارت و جابجایی نسبی در تراز طبقات با استفاده از الگوهای بارگذاری جانبی مختلف
۱۲۱	فصل پنجم: نتایج و ارائه پیشنهادات
۱۲۲	۵-۱- نتایج
۱۲۴	۵-۲- پیشنهادات
۱۲۵	منابع و مراجع
۱۳۱	پیوست A

# فهرست اشکال

عنوان

صفحه

## فصل اول: ادبیات موضوع

- ۷ شکل (۱-۱): نحوه توزیع جابجایی نسبی طبقات، قاب فولادی طراحی شده بر اساس آیین نامه UBC 97 تحت اثر زلزله Northridge 1994 (مولفه CNP196)

## فصل دوم: تئوری انرژی هیستریزیس و خسارت در طرح لرزه ای سازه ها

- ۱۸ شکل (۱-۲): مدل هیستریزیس دو خطی فرسایشی
- ۱۹ شکل (۲-۲): شاخص اتلاف انرژی هیستریزیس مدل دو خطی فرسایشی ( $\beta = 0.10$ )
- ۱۹ شکل (۳-۲): مدل سختی فرسایشی کلاف
- ۲۰ شکل (۴-۲): شاخص اتلاف انرژی هیستریزیس مدل کلاف ( $\beta = 0.10$ )
- ۲۲ شکل (۵-۲): مدل هیستریزیس تاکدا
- ۲۳ شکل (۶-۲): شاخص اتلاف انرژی هیستریزیس از مدل تاکدا
- ۲۳ شکل (۷-۲): مدل سه خطی فرسایشی ( $a, b$ )
- ۲۶ شکل (۸-۲): شاخص اتلاف انرژی هیستریزیس از مدل سه خطی
- ۲۷ شکل (۹-۲): پاسخ ماکزیمم برای جنبشهای مختلف
- ۲۸ شکل (۱۰-۲): نسبت ساده شده بین مقاومت کاهش یافته و انرژی هیستریزیس
- ۲۹ شکل (۱۱-۲): مقایسه نسبتهای تغییرشکل - نیرو برای روشهای تحلیلی و تجربی، برای طیف CH-6  
 $b$ : مقایسه انرژی اتلاف شده برای تعداد سیکل در طیف CH-6
- ۳۰ شکل (۱۲-۲): مقایسه نسبتهای تغییرشکل - نیرو برای روشهای تحلیلی و تجربی، برای نمونه VH=1  
 $b$ : مقایسه انرژی اتلاف شده تجمعی برای نمونه VH-3, VH-1
- ۳۲ شکل (۱۳-۲): افزایش جابجایی پلاستیک
- ۳۳ شکل (۱۴-۲): مفهوم فیزیکی شاخص خسارت
- ۳۶ شکل (۱۵-۲): تعریف هندسی از مدل خسارت
- ۳۸ شکل (۱۶-۲): مدل خستگی بر مبنای انرژی برای تهیه سیستم های بدون مخرب، به طور متوسط مخرب و شدیداً مخرب
- ۳۹ شکل (۱۷-۲): تغییرات طیفی خسارت کلی و مولفه ای آن تحت رکوردهای ال سنترو و یاریمکا برای سیستم های مخرب

## فصل سوم: معرفی مدلهای مورد مطالعه و نرم افزار IDARC

- ۴۴ شکل (۱-۳): قاب ۸ طبقه

## فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل (۲-۳): نمودار لنگر- انحنا عضو به صورت دو خطی و سه خطی	۵۱
شکل (۳-۳): مدل رشته ای برای دیوار برشی	۵۲
شکل (۴-۳): معرفی پارامتر کاهش سختی در رفتار هیستریزیس مدل سه پارامتری	۵۵
شکل (۵-۳): معرفی پارامتر کاهش مقاومت در رفتار هیستریزیس مدل سه پارامتری	۵۶
شکل (۶-۳): معرفی پارامتر باریک شدگی در رفتار هیستریزیس مدل سه پارامتری	۵۶
شکل (۷-۳): اثر کیفی پارامترهای کاهش سختی بر رفتار هیستریزیس مدل سه پارامتری	۵۷
شکل (۸-۳): اثر کیفی پارامترهای کاهش مقاومت بر رفتار هیستریزیس مدل سه پارامتری	۵۷
شکل (۹-۳): اثر کیفی پارامتر باریک شدگی بر رفتار هیستریزیس مدل سه پارامتری	۵۷

### فصل چهارم: تفسیر و بررسی نتایج حاصل از تحلیل دینامیکی غیرخطی IDARC

شکل (۱-۴): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع انرژی هیستریزیس (بر حسب درصد) در تیرهای طبقات قاب ۸ طبقه استاتیکی	۷۰
شکل (۲-۴): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع خسارت در تیرهای طبقات قاب ۸ طبقه استاتیکی	۷۰
شکل (۳-۴): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع انرژی هیستریزیس (بر حسب درصد) در تیرهای طبقات قاب ۸ طبقه دینامیکی	۷۱
شکل (۴-۴): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع خسارت در تیرهای طبقات قاب ۸ طبقه دینامیکی	۷۱
شکل (۵-۴): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع انرژی هیستریزیس (بر حسب درصد) در دیوارهای طبقات قاب ۸ طبقه استاتیکی	۷۲
شکل (۶-۴): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع خسارت در دیوارهای طبقات قاب ۸ طبقه استاتیکی	۷۲
شکل (۷-۴): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع انرژی هیستریزیس (بر حسب درصد) در دیوارهای طبقات قاب ۸ طبقه دینامیکی	۷۳
شکل (۸-۴): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع خسارت در دیوارهای طبقات قاب ۸ طبقه دینامیکی	۷۳
شکل (۹-۴): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع انرژی هیستریزیس (بر حسب درصد) در طبقات قاب ۸ طبقه استاتیکی	۷۴
شکل (۱۰-۴): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع خسارت در طبقات قاب ۸ طبقه استاتیکی	۷۴
شکل (۱۱-۴): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع انرژی هیستریزیس (بر حسب درصد) در طبقات قاب ۸ طبقه دینامیکی	۷۵
شکل (۱۲-۴): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع خسارت در طبقات قاب ۸ طبقه دینامیکی	۷۵
شکل (۱۳-۴): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع جابجایی نسبی (درصد) در طبقات قاب ۸ طبقه استاتیکی	۷۶
شکل (۱۴-۴): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع جابجایی نسبی (درصد) در طبقات قاب ۸ طبقه دینامیکی	۷۶

## فهرست اشکال

عنوان

صفحه

- شکل (۴-۱۵): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع انرژی هیستریزیس (بر حسب درصد) در تیرهای طبقات قاب ۱۲ طبقه استاتیکی ۷۷
- شکل (۴-۱۶): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع خسارت در تیرهای طبقات قاب ۱۲ طبقه استاتیکی ۷۷
- شکل (۴-۱۷): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع انرژی هیستریزیس (بر حسب درصد) در تیرهای طبقات قاب ۱۲ طبقه دینامیکی ۷۸
- شکل (۴-۱۸): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع خسارت در تیرهای طبقات قاب ۱۲ طبقه دینامیکی ۷۸
- شکل (۴-۱۹): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع انرژی هیستریزیس (بر حسب درصد) در دیوارهای طبقات قاب ۱۲ طبقه استاتیکی ۷۹
- شکل (۴-۲۰): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع خسارت در دیوارهای طبقات قاب ۱۲ طبقه استاتیکی ۷۹
- شکل (۴-۲۱): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع انرژی هیستریزیس (بر حسب درصد) در دیوارهای طبقات قاب ۱۲ طبقه دینامیکی ۸۰
- شکل (۴-۲۲): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع خسارت در دیوارهای طبقات قاب ۱۲ طبقه دینامیکی ۸۰
- شکل (۴-۲۳): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع انرژی هیستریزیس (بر حسب درصد) در طبقات قاب ۱۲ طبقه استاتیکی ۸۱
- شکل (۴-۲۴): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع خسارت در طبقات قاب ۱۲ طبقه استاتیکی ۸۱
- شکل (۴-۲۵): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع انرژی هیستریزیس (بر حسب درصد) در طبقات قاب ۱۲ طبقه دینامیکی ۸۲
- شکل (۴-۲۶): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع خسارت در طبقات قاب ۱۲ طبقه دینامیکی ۸۲
- شکل (۴-۲۷): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع جابجایی نسبی (درصد) در طبقات قاب ۱۲ طبقه استاتیکی ۸۳
- شکل (۴-۲۸): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع جابجایی نسبی (درصد) در طبقات قاب ۱۲ طبقه دینامیکی ۸۳
- شکل (۴-۲۹): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع انرژی هیستریزیس (بر حسب درصد) در تیرهای طبقات قاب ۱۵ طبقه استاتیکی ۸۴
- شکل (۴-۳۰): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع خسارت در تیرهای طبقات قاب ۱۵ طبقه استاتیکی ۸۴
- شکل (۴-۳۱): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع انرژی هیستریزیس (بر حسب درصد) در تیرهای طبقات قاب ۱۵ طبقه دینامیکی ۸۵
- شکل (۴-۳۲): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع خسارت در تیرهای طبقات قاب ۱۵ طبقه دینامیکی ۸۵
- شکل (۴-۳۳): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع انرژی هیستریزیس (بر حسب درصد) در دیوارهای طبقات قاب ۱۵ طبقه استاتیکی ۸۶
- شکل (۴-۳۴): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع خسارت در دیوارهای طبقات قاب ۱۵ طبقه استاتیکی ۸۶
- شکل (۴-۳۵): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع انرژی هیستریزیس (بر حسب درصد) در دیوارهای طبقات قاب ۱۵ طبقه دینامیکی ۸۷
- شکل (۴-۳۶): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع خسارت در دیوارهای طبقات قاب ۱۵ طبقه دینامیکی ۸۷

## فهرست اشکال

صفحه

عنوان

- شکل (۴-۳۷): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع انرژی هیستریزیس (بر حسب درصد) در طبقات قاب ۱۵ طبقه استاتیکی ۸۸
- شکل (۴-۳۸): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع خسارت در طبقات قاب ۱۵ طبقه استاتیکی ۸۸
- شکل (۴-۳۹): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع انرژی هیستریزیس (بر حسب درصد) در طبقات قاب ۱۵ طبقه دینامیکی ۸۹
- شکل (۴-۴۰): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع خسارت در طبقات قاب ۱۵ طبقه دینامیکی ۸۹
- شکل (۴-۴۱): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع جابجایی نسبی (درصد) در طبقات قاب ۱۵ طبقه استاتیکی ۹۰
- شکل (۴-۴۲): تاثیر جنبش زمین بر نحوه توزیع جابجایی نسبی (درصد) در طبقات قاب ۱۵ طبقه دینامیکی ۹۰
- شکل (۴-۴۳): مقایسه مقدار میانگین توزیع انرژی هیستریزیس و خسارت ناشی از ۱۳ شتابنگاشت، در تیرها و دیوارهای قاب ۸ طبقه در دو روش استاتیکی معادل و دینامیکی طیفی ۹۷
- شکل (۴-۴۴): مقایسه مقدار میانگین توزیع انرژی هیستریزیس، خسارت و جابجایی نسبی ناشی از ۱۳ شتابنگاشت، در طبقات قاب ۸ طبقه در دو روش استاتیکی معادل و دینامیکی طیفی ۹۸
- شکل (۴-۴۵): مقایسه مقدار میانگین توزیع انرژی هیستریزیس و خسارت ناشی از ۱۳ شتابنگاشت، در تیرها و دیوارهای قاب ۱۲ طبقه در دو روش استاتیکی معادل و دینامیکی طیفی ۹۹
- شکل (۴-۴۶): مقایسه مقدار میانگین توزیع انرژی هیستریزیس، خسارت و جابجایی نسبی ناشی از ۱۳ شتابنگاشت، در طبقات قاب ۱۲ طبقه در دو روش استاتیکی معادل و دینامیکی طیفی ۱۰۰
- شکل (۴-۴۷): مقایسه مقدار میانگین توزیع انرژی هیستریزیس و خسارت ناشی از ۱۳ شتابنگاشت، در تیرها و دیوارهای قاب ۱۵ طبقه در دو روش استاتیکی معادل و دینامیکی طیفی ۱۰۱
- شکل (۴-۴۸): مقایسه مقدار میانگین توزیع انرژی هیستریزیس، خسارت و جابجایی نسبی ناشی از ۱۳ شتابنگاشت، در طبقات قاب ۱۵ طبقه در دو روش استاتیکی معادل و دینامیکی طیفی ۱۰۲
- شکل (۴-۴۹): مقایسه مقدار میانگین توزیع انرژی هیستریزیس و خسارت ناشی از ۱۳ شتابنگاشت، در تیرها، ستونها، دیوارها و طبقه در سازه های ۸، ۱۲ و ۱۵ طبقه در روش استاتیکی معادل ۱۰۶
- شکل (۴-۵۰): مقایسه مقدار میانگین توزیع انرژی هیستریزیس و خسارت ناشی از ۱۳ شتابنگاشت، در تیرها، ستونها، دیوارها و طبقه در سازه های ۸، ۱۲ و ۱۵ طبقه در روش دینامیکی طیفی ۱۰۷
- شکل (۴-۵۱): نمودارهای لنگر- انحنای تیر در حالت‌های (a) گسیختگی، (b) تسلیم، (c) ترک خوردگی، (d) بدون خسارت ۱۱۱
- شکل (۴-۵۲): نمودارهای لنگر- انحنای ستون در حالت‌های (b) تسلیم، (c) ترک خوردگی، (d) بدون خسارت ۱۱۲
- شکل (۴-۵۳): نمودارهای لنگر- انحنای دیوار در حالت‌های (b) تسلیم، (d) بدون خسارت ۱۱۳
- شکل (۴-۵۴): نمودارهای برش - جابجایی نسبی برای طبقات سازه ۱۵ طبقه در حالت استاتیکی ۱۱۴
- شکل (۴-۵۵): شاخص خسارت کل برای ۱۳ شتابنگاشت در سازه های ۸، ۱۲ و ۱۵ طبقه ۱۱۷
- شکل (۴-۵۶): توزیع مقدار میانگین انرژی هیستریزیس و شاخص خسارت ۷ شتابنگاشت برای ۶ الگوی بار در تراز طبقات سازه های ۸، ۱۲ و ۱۵ طبقه ۱۱۹

## فهرست اشکال

صفحه

عنوان

۱۲۰

شکل (۴-۵۷): توزیع مقدار میانگین جابجایی نسبی ۷ شتابنگاشت برای ۶ الگوی بار در تراز طبقات سازه های ۸، ۱۲ و ۱۵ طبقه

## فهرست جداول

صفحه	عنوان
	<b>فصل سوم: معرفی مدلهای مورد مطالعه و نرم افزار IDARC</b>
۴۶	جدول (۱-۳): مشخصات شتابنگاشتهای انتخاب شده
	<b>فصل چهارم: تفسیر و بررسی نتایج حاصل از تحلیل دینامیکی غیرخطی IDARC</b>
۱۰۸	جدول (۱-۴): درصد خسارت کل وارده به تیرها، ستونها و دیوارهای قاب
۱۰۸	جدول (۲-۴): درصد انرژی جذب شده کل توسط تیرها، ستونها و دیوارهای قاب
۱۱۶	جدول (۳-۴): شاخص خسارت کل

فصل اول :

# ادبیات موضوع



۱-۱- مقدمه

امروزه به خوبی مشخص شده است که سازه های طراحی شده براساس ضوابط آیین نامه های موجود، در برابر زلزله های شدید، متحمل خسارات سنگین خواهند شد. ولی با این وجود هنوز بیشتر ضوابط طراحی لرزه ای (خصوصاً در طراحی اولیه سازه ها) بر پایه تحلیل های ارتجاعی و استفاده از یک نیروی استاتیکی معادل با زلزله بنا شده اند [5,8]. بارهای لرزه ای اصولاً ماهیتی قراردادی و اعتباری داشته و نیروهای طراحی لرزه ای پیشنهاد شده توسط آیین نامه ها عموماً به مراتب کوچکتر از نیروهایی می باشند که در هنگام زلزله به سازه وارد می گردند. نیروهای به کار گرفته شده به وسیله زلزله به ویژگی های الاستیک و پلاستیک سازه بستگی دارند. بنابراین بین تأثیر بارگذاری زلزله و مقاومت سازه رابطه ای وجود دارد که طرح لرزه ای را نسبتاً فاقد کارایی می سازد. بررسی های انجام شده نشان می دهد که معیار مقاومت یک معیار ناکافی برای طراحی یک ساختمان در برابر زلزله است، زیرا سازه در زلزله های قوی تسلیم شده و وارد ناحیه خمیری می گردد. بنابراین طراحی لرزه ای برای یک نیروی معین بی معناست زیرا با فرض رفتار الاستو پلاستیک کامل در حوزه خمیری، حداکثر نیروی وارد بر سازه با مقاومت تسلیم آن برابر است و نیروی زلزله در چنین شرایطی عملاً تابعی از خواص سازه خواهد بود [۱].

هدف اصلی کاهش تقاضاهای نیرو از طریق فاکتورهای کاهش پاسخ، عملی ساختن روش های آنالیز الاستیک خطی معمول می باشد. پیشرفت های اخیر در مهندسی زلزله بر پایه اجرا، روش های مبتنی بر جابجایی را بر روش های مبتنی بر نیرو برتری بخشیده به طوری که آنالیز غیر الاستیک برای تعیین حداکثر تقاضاهای جابجایی ضروری به نظر می رسد. بدست آوردن برآوردهای دقیق تقاضاهای جابجایی غیرالاستیک ماکزیمم در صورتی که سیستم های سازه ای دارای رفتار ثابت غیرالاستیک

باشند، ممکن می شود. بنابراین قسمت اصلی سازه‌های موجود در مناطق لرزه‌ای که کمبود ظرفیت تحت حرکات شدید را نشان می‌دهند، سرانجام به تجمع آسیب در سراسر دوره پاسخ شان منجر می‌شود.

تخریب در خواص مکانیکی بتن، مصالح ساختمانی، سازه‌های فولادی و خاک‌ها، معمولاً تحت باربرداری دوره‌ای مکرر در دامنه پاسخ غیرالاستیک مشاهده می‌شود. طبقه‌بندی سیستم‌های کاهنده به دو گروه امکان‌پذیر است.

۱- سیستم‌های زوال سختی<sup>۱</sup> (SD)

۲- سیستم‌های زوال مقاومت و سختی<sup>۲</sup> (SSD)

تحت سیکل‌های جابجایی غیرالاستیک دامنه ثابت وضع شده، گروه اول، ظرفیت اتلاف انرژی دوره‌ای ثابت در هر سیکل را نشان می‌دهد. اما گروه دوم، ظرفیت اتلاف انرژی دوره‌ای کاهش یافته را تحت سیکل‌های دامنه ثابت نشان می‌دهد. بنابراین ظرفیت اتلاف انرژی دوره‌ای را می‌توان به عنوان واحد مناسب در تمیز دادن بین سیستم‌های SD و SSD به کار برد.

طرح لرزه‌ای رایج عموماً این امکان را برای سازه به وجود می‌آورد که در طی حرکت شدید زمین، در معرض تغییر شکل غیرالاستیک قرار گیرد. بنابراین نیروی جانبی طرح می‌تواند به طرز چشمگیری نسبت به ماکزیمم نیروی ورودی الاستیک کاهش یابد. مقدار کاهش نیروی لرزه‌ای طرح به تغییر شکل و توانایی‌های اتلاف انرژی سازه بستگی دارد. به این دلیل، تخمین حداکثر جابجایی پاسخ در طی یک زمین لرزه و رابطه آن با اتلاف انرژی مهم است.

---

1 - Stiffness Deteriorating

2 - Stiffness and Strength Deteriorating

تقاضاهای تغییر شکل وضع شده روی یک جزء سازه‌ای به وسیله یک جنبش زمین لرزه در طبیعت به صورت دوره‌ای هستند و اثرات وابسته خسارت تجمعی می‌تواند یک نقش قابل توجهی در تغییر و اصلاح پایداری لرزه‌ای سیستم داشته باشد. همچنان که مال هوترا [49] نشان داده است، دامنه اوج به تنهایی یک ملاک مناسبی از پتانسیل خسارت یک زمین لرزه نیست، بنابراین یک پیش‌بینی خوبی از کارایی سیستم نمی‌باشد. زیرا سختی، مقاومت و ظرفیت اتلاف انرژی تلف شده به طور ذاتی وابسته به تعداد بارگذاری‌های دوره‌ای غیرالاستیک هستند.

روش معمول انتخاب شده طرح در شرایط نیرو، بر طیف واکنش الاستیک و غیرالاستیک مبتنی است، که از آنالیز و تفسیر رفتار مشاهده شده سازه‌ای نتیجه گرفته می‌شود. بحث‌انگیزترین جنبه روش‌های معمول طرح مشخص شده با مقررات مختلف، با تفسیر طیف طرح الاستیک به عنوان اندازه فرسایش، و با تعریف ضریب کاهش واکنش الاستیک به عنوان عملکرد رفتار فرضی غیرالاستیک نشان داده می‌شود. اگرچه این ضریب که به عنوان ضریب رفتار نیز شناخته می‌شود، برپایه مقایسه بین طیف واکنش الاستیک و غیرالاستیک و آنالیز سازه‌ای غیرخطی قرار دارد. اغلب در مراحل متفاوت این روش‌ها، عدم اطمینان و تردیدی به وجود می‌آید، چون طیف غیرالاستیک بدست آمده از انتخاب این متدولوژی، کلیت اطلاعات لازم برای توصیف پتانسیل آسیب را شامل نمی‌شود. در زمینه طرح لرزه‌ای، یک روش مبتنی بر نیرو و یا مقاومت است که در شرایط شتاب یا سرعت طیفی تعریف می‌شود. روش طرح مبتنی بر مقاومت به صورت زیر عمل می‌کند:

ابتدا یک طیف طرح الاستیک ایجاد می‌شود و سپس ضریب کاهش لرزه‌ای برای کاهش شرایط نیروی الاستیک تا سطح پایین‌تر نیروی طرح به کار می‌رود که برخی پاسخ غیرالاستیک را تأیید می‌کند. به علاوه باید بررسی شود که تغییر مکان نسبی طبقه مشخص شده از مقررات لرزه‌ای تجاوز

نکرده باشد. همچنین شرایط مناسب و کافی برای اجزای متعدد سازه‌ای درگیر، تعیین و مشخص می‌شوند. نقش و سهم ضرایب کاهش نیرو که برای شکل‌پذیری سازه‌ای محاسبه می‌شوند توسط چندین محقق مطرح شده‌اند (چوپرا و گوئل [22]). در سال‌های اخیر، روش‌های طرح مبتنی بر جابجایی به عنوان راه‌های جایگزین برای روش‌های مبتنی بر نیرو مطرح شده‌اند (موهل [6] و پریستلی و کالوی [7]). چون برخی بر این باورند که تغییر مکان نسبت به نیرو رفتار لرزه‌ای سازه‌ها را بهتر نشان می‌دهد. روش مطرح شده در طرح مبتنی بر تغییر مکان شامل مراحل زیر می‌باشد:

ابتدا تغییر مکان محصول فرض شده، سپس طراح تغییر مکان هدف را انتخاب می‌کند و با استفاده از تغییر مکان‌های هدف و محصول، فاکتور شکل‌پذیری تعریف می‌شود. اتلاف انرژی مرتبط با این شکل‌پذیری ممکن است در شرایط میرایی معادل بیان شود. با دانش و آگاهی از این میرایی معادل و تغییر مکان هدف، طیف پاسخ تغییر مکان الاستیک برای تعیین دوره مؤثر به کار می‌رود. پس از تعیین سختی سکانت از دوره مؤثر و جرم، با دانستن این سختی سکانت و تغییر مکان هدف، نیروی طرح محاسبه می‌شود [27]. تأثیر آسیب‌پذیری تجمعی مرتبط با دوره که ممکن است در نتیجه تغییر شکل‌های غیرالاستیک دوره‌ای رخ دهد، در ضریب کاهش نیروی لرزه‌ای (در روش مبتنی بر نیرو) یا شکل‌پذیری (در روش مبتنی بر تغییر مکان) منعکس نمی‌شود. چون این روش‌ها فقط پاسخ ماکزیمم را در نظر می‌گیرند [9]. در واقع اجزای سازه‌ای فقط تابع پاسخ‌های اوج نیست، (یعنی شتاب اوج، تغییر مکان و ...) بلکه تابع توانایی در جذب و اتلاف انرژی پخش شده در سازه می‌باشد.

همانطوری که در قسمتهای قبلی اشاره شده است در روشهای طراحی لرزه ای متداول، الگوی توزیع نیروی طراحی زلزله و به تبع آن توزیع عناصر مقاوم سازه ای بر این پیش فرض قرار گرفته است که سازه در محدوده رفتار ارتجاعی خود ارتعاش خواهد کرد. این در حالی است که سازه های