بسم الله الرحمن الرحيم
إنه من سليمان وإنه

دانشگاه صـــــنعتی امیرکبیر

(پلی‌تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد

بررسی عملکرد لرزه ای سازه های بتن آرمه با سیستم دال دو طرفه قارچی

توسط:

حسین ســـــــلیمانخانی

استاد راهنما:

دکتر ابوالقاسم کرامتی

زمستان ۱۳۸۷

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی‌تکنیک تهران)

بسمه تعالی

فرم اطلاعات پایان‌نامه
کارشناسی- ارشد و دکترا

تاریخ:
شماره:

معاونت پژوهشی
فرم پروژه تحصیلات تکمیلی ۷

مشخصات دانشجو:

نام و نام خانوادگی:حسین سلیمانخانی دانشجوی آزاد ● بورسیه ○ معادل ○

شماره دانشجوئی: ۸۵۱۲۴۰۰۶ دانشکده: مهندسی عمران و محیط زیست رشته تحصیلی: مهندسی عمران گروه: سازه

مشخصات استاد راهنما:

نام و نام خانوادگی: جناب آقای دکتر ابوالقاسم کرامتی درجه و رتبه: استادیار دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست

نام و نام خانوادگی: ----- درجه و رتبه:

مشخصات استاد مشاور:

نام و نام خانوادگی: ----- درجه و رتبه:

نام و نام خانوادگی: ----- درجه و رتبه:

عنوان پایان‌نامه به فارسی : بررسی عملکرد لرزه‌ای سازه‌های بتن‌آرمه با سیستم دال دوطرفه قارچی

عنوان پایان‌نامه به انگلیسی: **Seismic Performance Evaluation of Reinforced Concrete Flat-Slab Structures**

نوع پروژه: کارشناسی○ ارشد● دکترا ○ سال تحصیلی:

کاربردی ○ بنیادی○ توسعه‌ای ○ نظری●

تاریخ شروع : ۸۶/۷/۱ تاریخ خاتمه : ۸۷/۱۲/۱۲ تعداد واحد : ۶ سازمان تأمین کننده اعتبار : دانشگاه

واژه‌های کلیدی به فارسی: سازه‌های بتن‌آرمه، دال بتنی، عملکرد لرزه‌ای، آنالیز غیرخطی، پاسخ لرزه‌ای.

واژه‌های کلیدی به انگلیسی : Reinforced Concrete, Concrete Slabs, Seismic Performance, Nonlinear Analysis, Seismic Response

مشخصات ظاهری	تعداد صفحات	تصویر○ جدول○ نمودار ○ نقشه ○ واژه‌نامه ○			تعداد مراجع	تعداد صفحات ضمائم
زبان متن	فارسی ●	انگلیسی ○	چکیده	فارسی ● انگلیسی ●		
یادداشت						

نظرها و پیشنهادها به منظور بهبود فعالیت‌های پژوهشی دانشگاه

استاد:

دانشجو:

امضاء استاد راهنما: **تاریخ:**

۱ : ارائه به معاونت پژوهشی به همراه یک نسخه الکترونیکی از پایان‌نامه و فرم اطلاعات پایان‌نامه بصورت PDF همراه چاپ چکیده (فارسی انگلیسی) و فرم اطلاعات پایان‌نامه

۲ : ارائه به کتابخانه دانشکده (شامل دو جلد پایان نامه به همراه نسخه الکترونیکی فرم در لوح فشرده طبق نمونه اعلام شده در صفحه خانگی کتابخانه مرکزی)

به نام خدا

تاریخ:

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی‌تکنیک تهران)

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب **حسین سلیمانخانی** متعهد می شوم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب تحت نظارت و راهنمائی اساتید دانشگاه صنعتی امیرکبیر بوده و به دستاوردهای دیگران که در این پژوهش از آنها استفاده شده است مطابق مقررات و روال متعارف، ارجاع و در فهرست منابع و مأخذ ذکر گردیده است. این پایان نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نگردیده است.

در صورت اثبات تخلف در هر زمان ، مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از درجه اعتبار ساقط بوده و دانشگاه حق پیگرد قانونی خواهد داشت.

کلیه نتایج و حقوق حاصل از این پایان نامه متعلق به دانشگاه صنعتی امیرکبیر می‌باشد. هر گونه استفاده از نتایج علمی و عملی، واگذاری اطلاعات به دیگران یا چاپ و تکثیر، نسخه برداری، ترجمه و اقتباس از این پایان نامه بدون موافقت کتبی دانشگاه صنعتی امیرکبیر ممنوع است. نقل مطالب با ذکر مأخذ بلامانع است.

نام و نام خانوادگی دانشجو

حسین سلیمانخانی

امضاء

بسمه تعالی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی عمران

توجه: این قسمت در زمان تصویب پروژه تکمیل شده و در صفحه اول کلیه نسخ پایان‌نامه گنجانده می‌شود.

عنوان، اهداف و روش تحقیق این پروژه کارشناسی ارشد مطابق با مشخصات زیر در تاریخ شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی امیرکبیر به تصویب رسید.

عنوان پروژه: بررسی عملکرد لرزه‌ای سازه‌های بتن‌آرمه با سیستم دال دو طرفه قارچی

اهداف و روش تحقیق: در این تحقیق عملکرد لرزه‌ای سازه‌های با دال تخت و وقوع برش پانچ در اتصالات دال به ستون که رفتار غالب در این‌گونه سازه‌هاست، از طریق تحلیل‌های غیرخطی دینامیکی بررسی شده است.

نام و امضای دانشجو	**نام و امضای استاد راهنما**	**امضای مدیر تحصیلات تکمیلی دانشکده**
حسین سلیمانخانی	جناب آقای دکتر ابوالقاسم کرامتی	

توجه: این قسمت در زمان ارائه پروژه تکمیل شده و همراه با قسمت فوق در صفحه اول پایان‌نامه گنجانده می‌شود.

اینجانب دکتر ابوالقاسم کرامتی استاد راهنمای پروژه گواهی می‌نمایم که کلیه قسمتهای مندرج در این پایان‌نامه توسط دانشجو، آقای حسین سلیمانخانی به انجام رسیده و محتوای آن مطابق با عنوان، اهداف و روش تحقیق فوق می‌باشد.

امضای استاد راهنما:

تاریخ:

اعضاء هیات داوران پس از بررسی کامل کار انجام شده از نظر کیفی، نوآوری، احاطه به موضوع و نحوه ارائه، رای نهایی خود را بدین صورت اعلام می‌نمایند:

نام استاد راهنما:	**نام داور:**	**نام داور:**
جناب آقای دکتر ابوالقاسم کرامتی	**جناب آقای دکتر محمدتقی کاظمی**	**جناب آقای دکتر فرامرز خوشنودیان**
امضاء:	**امضاء:**	**امضاء:**

توجه: اعضاء محترم هیات داوران می‌توانند نظرات تکمیلی خود را در پشت همین برگه مرقوم فرمایند.

ضروری است کلیه مطالب و اسامی تایپ شوند.

دریغ است ایران که ویران شود

کنام پلنگان و شیران شود

چو ایران نباشد تن من مباد

بدین بوم و بر زنده یک تن مباد

تشکر و سپاس

شایسته می‌بینم از زحمات و محبت جناب آقای دکتر ابوالقاسم کرامتی که طی مدت انجام این پژوهش اینجانب را یاری نمودند تقدیر و سپاسگزاری نمایم. همچنین از جناب آقای مـــهندس علی‌اصغر طاهری بهبهانی که هیچ‌گاه کمک‌ها و رهنمودهایشان را از اینجانب دریغ ننمودند صمیمانه تقدیر و تشکر می‌نمایم.

تقدیم به

پدر فداکار ،

مادر مهربان ،

برادر و خواهران عزیزم.

دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست

چکیده پایان نامه کارشناسی ارشد تحت عنوان :

بررسی عملکرد لرزه‌ای سازه‌های بتن‌آرمه با سیستم دال دوطرفه قارچی

ارائه شده توسط حسین سلیمانخانی **شماره دانشجویی** ۸۵۱۲۴۰۰۶ **گرایش** مهندسی عمران – مهندسی سازه

استاد راهنما : دکتر ابوالقاسم کرامتی **تاریخ تحویل :** ۱۳۸۷/۱۲/۱۲

خسارات مالی و تلفات جانی ناشی از وقوع زمین‌لرزه‌های بزرگ در جهان لزوم درک رفتار دقیق سازه‌ها در هنگام وقوع زلزله را بیش از پیش روشن کرده است. در سال‌های اخیر بررسی کفایت سازه‌ها از طریق کنترل مقاومت جای خود را به ارزیابی عملکرد لرزه‌ای آن‌ها داده است. در این پژوهش ارزیابی عملکرد سازه‌های بتن‌آرمه با دال تخت با قاب خمشی پیرامونی با انجام تحلیل‌های استاتیکی و دینامیکی غیرخطی صورت گرفته و وقوع گسیختگی در اثر برش پانچ در اتصالات دال به ستون در این اینگونه سازه‌ها بررسی شده است. نتایج حاصل از تحلیل‌های استاتیکی و دینامیکی غیرخطی با هم مقایسه شده‌اند و دقت نتایج حاصل از تحلیل Pushover برای ارزیابی سازه‌ها بررسی شده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهند که نتایج حاصل از تحلیل استاتیکی غیرخطی و دینامیکی غیرخطی در ساختمان‌های این پژوهش تطابق قابل قبولی دارند. برای ارزیابی رفتار سازه‌ها از نتایج حاصل از تحلیل‌های دینامیکی و معیارهای دستورالعمل بهسازی استفاده شده است. پس از ارزیابی سازه‌ها مشاهده شد که در اینگونه سازه‌ها در زلزله‌های با احتمال وقوع ۱۰٪ در ۵۰ سال (زلزله با دوره بازگشت ۴۷۵ سال) در اتصالات دال به ستون گسیختگی در اثر برش پانچ اتفاق نمی‌افتد ولی سازه‌ها معیارهای سطح عملکرد ایمنی جانی (LS) را ارضا نمی‌کنند و در زلزله‌های شدید (Maximum Considered Earthquake) در اتصالات دال به ستون در این سازه‌ها گسیختگی در اثر برش پانچ اتفاق می‌افتد. نتایج به دست آمده لزوم بررسی دقیق‌تر رفتار اتصالات دال- ستونی را در هنگام طراحی اینگونه سازه‌ها روشن می‌سازد. صرفاً استفاده از یک سیستم باربر جانبی برای تحمل نیروهای لرزه‌ای نمی‌تواند مانع از وقوع گسیختگی در اثر برش پانچ در زلزله‌های شدید شود و با توجه ظرفیت شکل‌پذیری کم در اتصالات دال به ستون، در اثر تغییرمکان‌های جانبی به وجود آمده در سازه امکان وقوع گسیختگی در اثر برش پانچ هم‌چنان وجود دارد.

کلمات کلیدی : سازه‌های بتن‌آرمه، دال بتنی، عملکرد لرزه‌ای، آنالیز غیرخطی، پاسخ لرزه‌ای.

فهرست مطالب

چکیده ..... الف

فهرست جداول ..... ح

فهرست اشکال ..... خ

فصل اول – مقدمه ۱

۱-۱- پیشگفتار ۱

۱-۲- روش طراحی بر اساس عملکرد ۳

۱-۳- سطوح عملکرد ساختمان ۴

۱-۳-۱- سطوح عملکرد اجزای سازه‌ای ۶

۱-۳-۲- سطوح عملکرد اجزای غیرسازه‌ای ۱۱

۱-۳-۳- سطوح عملکرد کلی ساختمان ۱۳

۱-۴- سطوح خطر زلزله ۱۶

۱-۴-۱- سطوح خطر زلزله بر اساس ATC-40 ..... ۱۶

۱-۴-۲- سطوح خطر زلزله بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ ..... ۱۶

۱-۴-۳- سطوح خطر زلزله بر اساس دستورالعمل بهسازی ۱۷

۱-۵- طیف طرح ۱۷

۱-۵-۱- طیف طرح استاندارد ۱۷

۱-۵-۲- طیف طرح ویژه ساختگاه ۱۸

۱-۵-۳- شتابنگاشت ۱۸

۱-۵-۴- شتابنگاشت سازگار با طیف طرح ۱۸

۱-۶- اهداف بهسازی ۱۹

۱-۷- روش‌های تحلیل سازه ۲۰

۱-۷-۱- محدوده کاربرد روش‌های خطی ۲۱

۱-۷-۲- محدوده کاربرد روش‌های غیرخطی ۲۲
۱-۸- رفتار اجزای سازه ۲۳
۱-۸-۱- مقاومت مصالح ۲۴
۱-۸-۲- ظرفیت اجزای سازه ۲۴
فصل دوم – مطالعات گذشته ۲۷
۲-۱- مقدمه ۲۷
۲-۲- تحقیقات صورت گرفته در ارتباط با دال تخت ۲۸
۲-۲-۱- پژوهش‌های مرتبط با سختی در سازه‌های دال تخت ۲۸
۲-۲-۲- پژوهش‌های مرتبط با مقاومت در سازه‌های دال تخت ۲۹
۲-۲-۳- پژوهش‌های مرتبط با عملکرد لرزه‌ای سازه‌های دال تخت ۲۹
۲-۲-۴- پژوهش‌های مرتبط با فروریزش پیشرونده (Progressive Collapse) ۳۰
فصل سوم – مبانی دستورالعمل بهسازی برای مدل‌سازی ۳۷
۳-۱- انتخاب روش تحلیل ۳۷
۳-۲- مدل‌سازی ۳۷
۳-۲-۱- اعضای اصلی و غیراصلی ۳۸
۳-۲-۲- پیچش ۳۸
۳-۲-۴- دیافراگم ۳۹
۳-۲-۵- اثرات P-Δ ۳۹
۳-۲-۶- اثر همزمان مولفه‌های زلزله ۴۰
۳-۳- ترکیبات بارگذاری ۴۰
۳-۴- تحلیل استاتیکی غیرخطی (Pushover) ۴۱
۳-۵- تحلیل دینامیکی غیرخطی ۴۲
۳-۶- معیارهای پذیرش در روش‌های غیرخطی ۴۳
فصل چهارم – مدل‌سازی ۴۴

۴-۱- توصیف سازه مدل ۴۴
۴-۲- طراحی سازه ۴۷
۴-۲-۱- آیین‌نامه طراحی ۴۷
۴-۲-۲- بارگذاری ۴۷
۴-۲-۳- جزییات اجزای سازه ۴۹
۴-۳- ساخت مدل سازه مورد مطالعه ۴۹
۴-۳-۱- OpenSees ۵۰
۴-۳-۲- Concrete04 ..... ۵۱
۴-۳-۳- Steel02 ..... ۵۹
۴-۳-۴- توصیف مدل تحلیلی سازه مورد مطالعه ۶۴
۴-۳-۵- مصالح ۷۰
۴-۳-۶- المان‌ها ۷۲
فصل پنجم - تحلیل سازه‌ها و نتایج ۷۴
۵-۱- مقدمه ۷۴
۵-۲- زلزله‌های مورد استفاده در پژوهش ۷۴
۵-۲-۱- طیف طرح استاندارد و طیف پاسخ زلزله‌ها ۸۳
۵-۳- تحلیل استاتیکی غیرخطی (Pushover) ۸۴
۵-۳-۱- محاسبه تغییرمکان سازه ۸۸
۵-۴- تحلیل دینامیکی غیرخطی ۹۴
۵-۴-۱- روش نیومارک ۹۴
۵-۴-۲- میرایی ۹۶
۵-۴-۳- نتایج حاصل از تحلیل دینامیکی غیرخطی ۹۸
۵-۴-۴- مقایسه نتایج حاصل از تحلیل Pushover و تحلیل دینامیکی ۱۰۱
۵-۵- ارزیابی لرزه‌ای ساختمان مورد مطالعه ۱۰۲

۵-۵-۱- ارزیابی کلی ۱۰۲
۵-۵-۲- ارزیابی اعضا ۱۰۳
۵-۶- بررسی نتایج ۱۰۷
فصل ششم – نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۱۱۰
۶-۱- خلاصه ۱۱۰
۶-۲- نتیجه‌گیری ۱۱۰
فهرست مراجع ۱۱۲

فهرست جداول

جدول ۱-۱- کنترل خرابی و سطوح عملکرد مختلف ۱۸

جدول ۱-۲- تعریف سطوح عملکرد ساختمان ۱۹

جدول ۱-۳- سطوح عملکرد سازه‌ای و خرابی‌های پیش‌بینی شده در اعضای قائم ۲۳

جدول ۱-۴- سطوح عملکرد ساختمان و محدوده آن ۲۸

جدول ۱-۵- اهداف بهسازی ۳۳

جدول ۱-۶- اطلاعات لازم برای محاسبه ظرفیت اجزای سازه در تحلیل‌های خطی ۳۸

جدول ۱-۷- اطلاعات لازم برای محاسبه ظرفیت اجزای سازه در تحلیل‌های غیرخطی ۳۹

جدول ۵-۱- مشخصات زلزله‌های استفاده شده در این پژوهش ۸۸

جدول ۵-۲- تغییرمکان جانبی نسبی طبقات (٪) برای ساختمان ۴ طبقه ۱۰۵

جدول ۵-۳- تغییرمکان جانبی نسبی طبقات (٪) برای ساختمان ۸ طبقه ۱۰۶

جدول ۵-۴- تغییرمکان حداکثر بام (cm) حاصل از تحلیل دینامیکی غیرخطی ۱۱۱

جدول ۵-۵- تغییرمکان جانبی نسبی طبقات (٪) برای ساختمان ۴ طبقه ۱۱۲

جدول ۵-۶- تغییرمکان جانبی نسبی طبقات (٪) برای ساختمان ۸ طبقه ۱۱۳

جدول ۵-۷- محدودیت تغییرمکان جانبی برای قاب خمشی بتن‌آرمه ۱۱۶

جدول۵-۸- محدوده دوران پلاستیک مجاز برای ساختمان ۴ طبقه ۱۱۷

جدول۵-۹- محدوده دوران پلاستیک مجاز برای ساختمان ۸ طبقه ۱۱۸

جدول ۵-۱۰- دوران پلاستیک ماکزیمم در ساختمان ۴ طبقه ۱۱۹

جدول ۵-۱۱- دوران پلاستیک ماکزیمم در ساختمان ۸ طبقه ۱۱۹

جدول ۵-۱۲- دوران اتصال دال به ستون در ساختمان ۴ طبقه برای زلزله‌های شدید (MCE) ۱۲۰

جدول ۵-۱۳- دوران اتصال دال به ستون در ساختمان ۸ طبقه برای زلزله‌های شدید (MCE) ۱۲۰

فهرست اشکال

شکل ۱-۱- تعریف ظرفیت شکل‌پذیری ۱۵

شکل ۱-۲- منحنی ظرفیت در حالت کلی ۲۲

شکل ۱-۳- منحنی نیرو - تغییر شکل اجزا ۳۶

شکل ۱-۴- رابطه نیرو – تغییر شکل برای تعریف رفتار غیرخطی اجزا ۳۷

شکل ۱-۵- معیار پذیرش تغییرشکل در اعضا ۳۹

شکل ۲-۱- تغییرمکان جانبی نسبی مجاز در برابر نسبت برش (V_g/V_o) ۴۹

شکل ۴-۱- پلان طبقات a) ساختمان ۴ طبقه b) ساختمان ۸ طبقه ۵۸

شکل ۴-۲- نمای طبقات a) ساختمان ۴ طبقه b) ساختمان ۸ طبقه ۵۹

شکل ۴-۳- تجزیه یک مقطع بتن‌آرمه مستطیلی ۶۳

شکل ۴-۴- منحنی پوش در کشش و فشار در مدل Chang و Mander ۶۶

شکل ۴-۵- رفتار هیسترزیس بتن در مدل Chang و Mander ۶۸

شکل ۴-۶- منحنی باربرداری از منحنی پوش فشاری (Chang , Mander , 1994) ۷۱

شکل ۴-۷- منحنی تنش-کرنش بتن Concrete04 ..... ۷۲

شکل ۴-۸- مدل ساختاری فولاد ۷۴

شکل ۴-۹- کاهش انحنای گذار در اثر افزایش تعداد چرخه‌ها ۷۵

شکل ۴-۱۰- منحنی هیسترزیس مصالح Steel02 ..... ۷۵

شکل ۴-۱۱- جابجایی تنش در اثر سخت‌شوندگی ایزوتروپ ۷۶

شکل ۴-۱۲- اثر سخت‌شوندگی ایزوتروپیک بر رفتار فولاد ۷۷

شکل۴-۱۳- قاب دو بعدی سازه ۷۸

شکل ۴-۱۴- مدل ارائه شده برای اتصال تیر به ستون ۷۹

شکل ۴-۱۵- نحوه مدل نمودن اتصال دال به ستون ۸۰

شکل۴-۱۶- مدل ارائه شده برای پیش‌بینی گسیختگی در اثر برش پانچ ۸۱

شکل۴-۱۷- چرخش مجاز در اتصال به ازای نسبت برش ۸۲

شکل ۴-۱۸- پاسخ هیسترزیس مدل استفاده شده برای پیش‌بینی گسیختگی ناشی از برش پانچ ۸۲

شکل ۴-۱۹- مکانیزم محبوس‌شدگی در مقاطع مستطیلی و دایروی ۸۵
شکل ۴-۲۰- مقاطع مورد استفاده ۸۶
شکل ۵-۱- نگاشت مولفه افقی زلزله ارمنستان (*Spitak*) ۸۹
شکل۵-۲- نگاشت مولفه افقی زلزله کوبه (*Kobe*) ۹۰
شکل۵-۳- نگاشت مولفه افقی زلزله لوماپریتا (*Loma Prieta*) ۹۱
شکل۵-۴- نگاشت مولفه افقی زلزله نرتریج (*Northtidge*) ۹۲
شکل۵-۵- نگاشت مولفه افقی زلزله پارکفیلد (*Parkfield*) ۹۳
شکل۵-۶- نگاشت مولفه افقی زلزله سن‌فرناندو (*SanFernando*) ۹۴
شکل ۵-۷- نگاشت مولفه افقی زلزله طبس (*Tabas*) ۹۵
شکل ۵-۸- طیف طرح استاندارد ۹۶
شکل ۵-۹- مقایسه طیف پاسخ زلزله‌های مورد استفاده با طیف طرح استاندارد ۲۸۰۰ برای ساختمان ۴ طبقه ۹۷
شکل ۵-۱۰- توزیع بار جانبی برای انجام آنالیز Pushover ۹۸
شکل ۵-۱۱- منحنی Pushover برای ساختمان ۴ طبقه ۹۹
شکل ۵-۱۲- منحنی Pushover برای ساختمان ۸ طبقه ۱۰۰
شکل۵-۱۳- منحنی Pushover و منحنی دو خطی ساختمان ۴ طبقه تحت بار جانبی مثلثی ۱۰۲
شکل۵-۱۴- منحنی Pushover و منحنی دو خطی ساختمان ۴ طبقه تحت بار جانبی یکنواخت ۱۰۳
شکل۵-۱۵- منحنی Pushover و منحنی دو خطی ساختمان ۸ طبقه تحت بار جانبی مثلثی ۱۰۴
شکل۵-۱۶- منحنی Pushover و منحنی دو خطی ساختمان ۸ طبقه تحت بار جانبی یکنواخت ۱۰۵
شکل ۵-۱۷- تغییر مکان جانبی نسبی طبقات (٪) ۱۰۶
شکل ۵-۱۸- تغییرات نسبت میرایی مودال با فرکانس طبیعی ۱۱۰
شکل ۵-۱۹- تغییرمکان جانبی نسبی طبقات (٪) برای ساختمان ۴ طبقه ۱۱۲
شکل ۵-۲۰- تغییرمکان جانبی نسبی طبقات (٪) برای ساختمان ۸ طبقه ۱۱۳
شکل ۵-۲۱- مقایسه نتایج حاصل از تحلیل استاتیکی و دینامیکی غیرخطی ساختمان ۴ طبقه ۱۱۴
شکل ۵-۲۲- مقایسه نتایج حاصل از تحلیل استاتیکی و دینامیکی غیرخطی ساختمان ۸ طبقه ۱۱۴
شکل ۵-۲۳- مدل پیشنهادی برای پیش‌بینی خرابی در اثر برش پانچ ۱۱۵
شکل۵-۲۴- تعیین دوران پلاستیک در انتهای عضو ۱۱۷

فصل اول

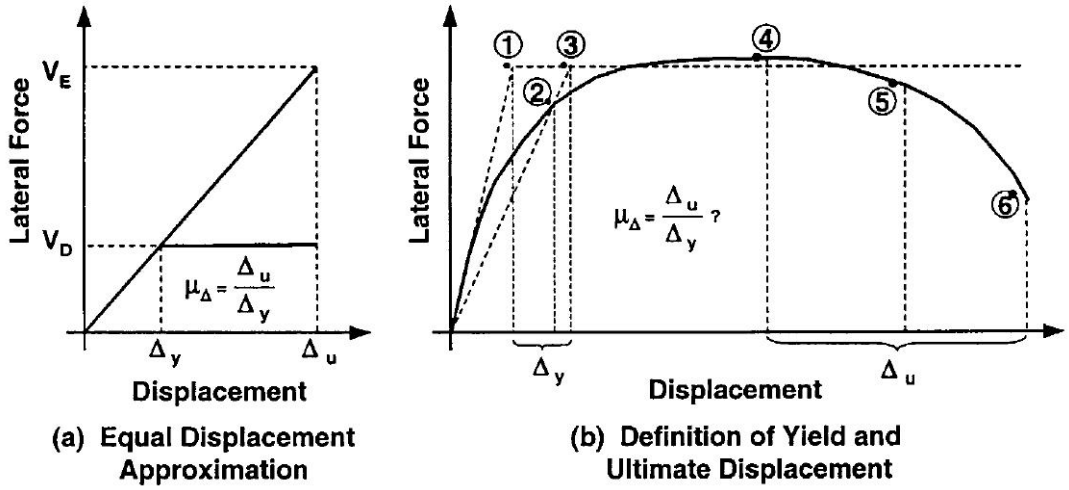
مقدمه

۱-۱- پیشگفتار

فلسفه طراحی سازه‌های مقاوم در برابر زلزله طی سال‌های اخیر دستخوش تغییرات عمده‌ای گشته است. در این سال‌ها تأکید بر مقاومت جای خود را به اهمیت ارزیابی عملکرد داده است. طی حدود ۷۰ سال گذشته - سال‌هایی که برای طراحی سازه‌ها برای زلزله نیاز به محاسباتی بر اساس آیین‌نامه‌ها بوده است - بین مقاومت و عملکرد تفاوتی قائل نمی‌شدند. ولی در سال‌های اخیر این باور به تدریج از بین رفته است. هم‌اکنون این باور قطعی است که صرفاً با افزایش مقاومت، لزوماً نه ایمنی افزایش پیدا می‌کند و نه خسارات کاهش می‌یابد. با توسعه مبانی طراحی بر اساس ظرفیت (Capacity Design) در دهه ۸۰ میلادی در نیوزلند توسط Park و Paulay، روشن شد که توزیع مقاومت در سازه، از مقدار مطلق برش پایه طراحی مهم‌تر است. هم‌اکنون مشخص شده که در ساختمان‌های با قاب خمشی، در صورتی که از تشکیل مفاصل پلاستیک در تیرها پیش از ستون‌ها اطمینان حاصل شود و همچنین مقاومت برشی اعضا از برش متناظر با مقاومت خمشی آن‌ها بیشتر باشد، تحت زمین‌لرزه‌ها عملکرد بهتری را می‌توان انتظار داشت. این مسئله که عملکرد ساختمان در جریان طراحی کنترل شود به عنوان یک شروع خوب برای طراحی لرزه‌ای سازه بر اساس عملکرد شناخته شده است. هنگامی که در دهه‌های ۷۰ و ۸۰ میلادی اهمیت پاسخ غیرالاستیک سازه به زمین‌لرزه‌های شدید شناخته شد، محققین تلاش‌های روزافزونی را برای کمی کردن ظرفیت تغییرشکل‌های غیرالاستیک اجزای سازه در پیش گرفتند. عموماً ظرفیت تغییرشکل‌های غیرالاستیک را بر حسب

ظرفیت شکل‌پذیری جابجایی (μ_Δ) بیان می‌کنند که به خاطر ارتباط مستقیم با ضریب کاهش نیرو (R) به عنوان یک شاخص مفید شناخته شده است. از ضریب کاهش نیرو (R) معمولاً برای کاهش برش پایه مورد انتظار در رفتار کاملاً الاستیک، به برش پایه سطح طراحی استفاده می‌شود. با در نظر گرفتن شکل (۱-۱)، از اصل تقریبی جابجایی مساوی نتیجه می‌شود:

$$R = \mu_\Delta \qquad (۱-۱)$$



شکل ۱-۱- تعریف ظرفیت شکل‌پذیری [۱]

البته در این دیدگاه اشکالاتی وجود دارد. از آنجاییکه رفتار هیسترزیس سیستم‌های غیرالاستیک با رفتار الاستوپلاستیک تفاوت زیادی دارد، استفاده از اصل تقریبی جابجایی مساوی برای سازه‌های با پریود خیلی کم و خیلی زیاد مناسب نیست و در مورد سازه‌های با پریود متوسط نیز در اعتبار نتایج حاصل از آن شک وجود دارد. در اصل تقریبی جابجایی مساوی (Equal Displacement Approximation) فرض بر این است که جابجایی سازه تحت زمین‌لرزه‌ای مشخص، چه سازه کاملاً الاستیک باقی بماند و چه وارد مرحله غیرالاستیک شود، یکسان است. افزون بر آن رسیدن به اتفاق نظر در تعریف جابجایی‌های حد تسلیم و حد نهایی در مجامع علمی کار مشکلی است. برای جابجایی‌های حد تسلیم و حد نهایی تعاریف گوناگونی ارائه شده است. با وجود این تعاریف در اختصاص ظرفیت شکل‌پذیری جابجایی به سازه‌ها، تفاوت قابل توجهی در مقادیر محاسبه شده بر اساس تعاریف مختلف وجود دارد. در روش کاهش نیروها با یک ضریب برای تعیین مقاومت مورد نیاز فرض بر این است که یک سیستم سازه‌ای خاص می‌تواند شکل‌پذیری و در نتیجه ضریب کاهش نیروی مشخصه خود را داشته باشد. شکل‌پذیری در سازه‌های بتنی و مصالح بنایی به عوامل متعددی مانند نسبت نیروی محوری، درصد آرماتور و هندسه سازه بستگی دارد. به علاوه

فونداسیون نیز می‌تواند تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر شکل‌پذیری جابجایی داشته باشد. به عنوان مثال دو ستون بتن‌آرمه طره با سطح مقطع و بار محوری یکسان و طول نامساوی شکل‌پذیری یکسانی ندارند. چرا که طول مفصل پلاستیک و چرخش پلاستیک خیلی کم به طول ستون بستگی دارد در حالی که جابجایی الاستیک مستقیماً با طول ستون ارتباط دارد. این جنبه‌ها از عملکرد در مورد سازه‌ی پل‌ها در سال ۱۹۸۵ توسط Park و Priestley بحث شد و روش‌های مشخصی برای محاسبه ظرفیت جابجایی سازه‌ی پل‌ها بر اساس کرنش نهایی، طول مفصل پلاستیک و شرایط فونداسیون ارائه شد. بعدها (سال ۱۹۹۲) Moehle روش مشابهی را برای سازه‌های ساختمانی پیشنهاد کرد. این دیدگاه با لزوم محاسبه ظرفیت شکل‌پذیری سازه و کنترل با نیاز شکل‌پذیری متناظر با ضریب کاهش نیرو، بسیاری از نواقص طراحی بر اساس تنها نیرو را مشخص کرد. کنترل تغییرمکان‌ها در آیین‌نامه‌ها و اصلاح احتمالی مقاومت طراحی در نتیجه کنترل جابجایی، تمایل به ارزیابی عملکرد علاوه بر کنترل مقاومت را نشان می‌دهد که با نام طراحی بر اساس عملکرد یا طراحی بر اساس جابجایی شناخته می‌شود [۱].

۱-۲- روش طراحی بر اساس عملکرد

از آنجاییکه طراحی سازه‌ها به نحوی که الاستیک رفتار کنند به جز در مورد سازه‌های با کاربری خاص مقرون به صرفه نیست، باید رفتار سازه‌ها را به صورت غیرالاستیک در نظر گرفت. تحلیل‌های الاستیک برآورد ضعیفی از رفتار غیرالاستیک سازه ارائه می‌کند. به همین علت محققین درصدد ارائه روش‌هایی برای مدل‌سازی و تحلیل سازه‌ها به صورت غیرخطی برآمدند. در نتیجه این تلاش‌ها گزارش‌ها و دستورالعمل‌های کاربردی چون ATC-40 ، FEMA273 ، FEMA356 ، ASCE/SEI 41 و ... منتشر شدند که روش‌های دقیق‌تر و واقع‌بینانه‌تری را برای مدل‌سازی و تحلیل سازه‌ها ارائه می‌کنند. روشی را که این دستورالعمل‌ها ارائه می‌کنند طراحی بر اساس عملکرد نام دارد. در این روش برای سازه عملکردی خاص را تحت زلزله‌ی مشخص طلب می‌کنند و پس از ارزیابی رفتار غیرخطی، کفایت سازه را بررسی می‌کنند. دستورالعمل‌های مذکور روش‌های دقیقی را جهت مدل کردن رفتار غیرخطی اجزا ارائه می‌کنند. این دستورالعمل‌ها با به کارگیری روش‌های غیرخطی، در مقایسه با روش‌های خطی رفتار سازه را هر چه نزدیک‌تر به واقعیت بررسی می‌کنند و امکان پیش‌بینی دقیق عملکرد اجزای سازه را در اختیار طراحان قرار می‌دهند. مبنای دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود ایران نیز این گزارش‌ها هستند. در ادامه توضیح سطوح عملکرد، روش‌های تحلیل و .... آمده است.

در این پژوهش نیز با استفاده از این دستورالعمل‌ها سازه مورد مطالعه به صورت دقیق‌تر مدل‌سازی و با استفاده از روش‌های تحلیل ارائه شده رفتار واقع‌بینانه‌تری از سازه دیده خواهد شد و عملکرد سازه با توجه به ضوابط ارائه شده بررسی خواهد شد.

۱-۳- سطوح عملکرد ساختمان

یک سطح عملکرد شرایط خسارات محدودی را توصیف می‌کند که برای یک ساختمان مشخص، در یک زمین لرزه مشخص قابل قبول است. عملکرد لرزه‌ای هر سازه به صورت ترکیبی از عملکرد اجزای مختلف سازه‌ای و غیرسازه‌ای آن سازه می‌باشد. در جدول (۱-۱) ترازهای کلی خرابی که برای اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای یک ساختمان پس از وقوع زلزله مورد انتظار می‌باشد، توصیف شده است. این توصیف‌ها پیش‌بینی دقیقی از هر ســطح عملکرد را ارائه نمی‌کند، بلکه تخمینی از شرایط مورد انتظار می‌باشد [۲].