

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

1. 1128

۸۷/۱/۱۰۹۴۷۹
۱۷/۱۲/۲۳



بررسی امکان تعیین معیاری عددی برای تشخیص نامنظمی ارتفاعی سختی سازه

امین یونسی اقدم

دانشکده فنی

گروه عمران

تیر ۱۳۸۷

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد سازه

استاد راهنما: دکتر سعید تاروردیلو

۱۰۸۸۳۵

انجمن اطلاعات درک مهندسی
مهندسان

۱۳۸۷/۱۲/۲۳

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

تقدیر و تشکر:

انجام این تحقیق و آماده‌سازی آن بدون کمک‌های بی‌شائبه اساتید گرانقدر و دوستان عزیزم امکان پذیر نبود. بر خود لازم می‌دانم تشکر و قدردانی خود را تقدیم این عزیزان بنمایم.

- استاد عزیزم جناب آقای دکتر سعید تاروردیلو که با راهنمایی‌های دلسوزانه زمینه‌ساز انجام این تحقیق شد.
- اساتید گرانقدر دانشکده فنی، آقای دکتر حسین شوکتی، آقای دکتر محمد رضا شیدایی، آقای دکتر حبیب سعید منیر، آقای دکتر چنگیز غیرتمند، آقای دکتر میرعلی محمدی و همچنین آقای دکتر عیسی جهانگیر عضو هیات علمی دانشکده آبیاری و سایر اساتید که در طول تحصیل مرا یاری نمودند.
- از همکلاسیها و دوستان عزیزم، سعید موحدی، سید کاوش حسینی، علی ناصر، کاوه دهقانیان، ابوالفضل حسین الدینف، امید اسپیلی، مهدی اسکندرزاده، آرش فرجادی، مجتبی رضوی، هادی ولیزاده، محمد ضیائی، خانم ندا فخریه، خانم مریم شیرزادیان، خانم نعیمه شیرزادیان، خانم سحر محمد زاده، رضا حسینقلی‌زاده، کیوان محمودیان، حسن احمدی، جعفر واحدی، جعفر شاینده، خلیل عفتی، امیر علیپور، مهدی فرازمنند، بردیا مرجانی، حامد محله‌ای، میرحبیب محمودی، حجت محمدی، مرتضی وکیلی، فخرالدین قهرمانی، رامین بهرامی‌نژاد، روح‌الله فارسیمدان، یاسر نادری، کیوان زینالی، امیر عبدالهی، عارف خدرلو، محمد شیخ‌بگلو، هزار مدرسی، محسن بوانی، نصران فاطمی، سیامک امیر فخری، هادی لهفتان، امیر رفعت‌نژاد و سایر دوستان و تمامی کارکنان دانشکده فنی که در کنار آنها لحظات دلنشین و خاطره‌انگیزی را سپری نمودم.

فهرست مطالب

۱	چکیده فارسی
۲	فصل اول: مقدمه
۴	۱-۱. اهداف مطالعه
۴	۲-۱. رئوس مطالب پایان نامه
۶	فصل دوم: مروری بر کارهای انجام شده روی نامنظمی ارتفاعی
۶	۱-۲. خرابی های سازه ای در زلزله های گذشته
۱۲	۲-۲. دیدگاه آیین نامه در زمینه نامنظمی ارتفاعی
۱۲	۱-۲-۲. آیین نامه UBC
۱۴	۲-۲-۲. آیین نامه Eurocode ۸
۱۴	۳-۲-۲. آیین نامه لرزه ای ژاپن (BSL)
۱۴	۴-۲-۲. آیین نامه (۷-۰۵) ASCE
۱۵	۵-۲-۲. آیین نامه NEHRP
۱۵	۶-۲-۲. آیین نامه لرزه ای کانادا NBCC
۱۵	۷-۲-۲. آیین نامه نیوزلند (NZS)
۱۶	۸-۲-۲. راهنمای FEMA ۳۵۶
۱۷	۹-۲-۲. آیین نامه زلزله ۲۸۰۰ ایران
۱۹	۳-۲. مروری بر تحقیقات انجام شده روی نامنظمی ارتفاعی
۲۴	فصل سوم: مدل سازی
۲۴	۱-۳. نحوه مدل کردن نامنظمی
۲۶	۲-۳. تعیین سختی جانبی طبقه
۲۷	۳-۳. نرم افزار OpenSEES
۲۷	۱-۳-۳. مدلسازی ستونها
۲۸	۲-۳-۳. مدلسازی تیر
۲۸	۳-۳-۳. مدل مصالح و مقاطع
۲۸	۴-۳-۳. بارگذاری

- ۳-۳-۵. استهلاک رایلی ۲۹
- ۳-۳-۶. روش نیوتن - رافسون ۳۰
- ۳-۳-۷. همگرایی ۳۲

فصل چهارم: انتخاب و مقیاس کردن شتاب نگاشتها جهت انجام آنالیز تاریخچه پاسخ غیر خطی. ۳۳

- ۱-۴. معرفی روش آنالیز تاریخچه پاسخ ۳۴
- ۲-۴. انتخاب شتاب نگاشت ها ۳۴
- ۳-۴. مقیاس کردن شتاب نگاشت ها ۳۷

فصل پنجم: تحلیل استاتیکی و دینامیکی مدل ها ۳۹

- ۱-۵. مدل‌های منظم و نامنظم مورد مطالعه ۴۰
- ۱-۱-۵. تعریف مدلها ۴۰
- ۲-۱-۵. طراحی مدلها ۴۲
- ۱-۲-۱-۵. روش آنالیز استاتیکی معادل ۴۲
- ۲-۱-۵. روش آنالیز دینامیکی طیف پاسخ ۴۳
- ۳-۱-۵. کنترل دررفت مجاز در طراحی ۴۴
- ۲-۵. توزیع برش پایه و لنگر واژگونی ۴۹
- ۳-۵. توزیع دررفت خطی و غیر خطی ۵۲
- ۱-۳-۵. توزیع ارتفاعی دررفت خطی و غیر خطی در مدل‌های حالت (الف) ۵۳
- ۱-۳-۵. مدل‌های ده طبقه حالت (الف) ۵۳
- ۲-۳-۵. مدل‌های بیست طبقه حالت (الف) ۵۵
- ۲-۳-۵. توزیع ارتفاعی دررفت خطی و غیر خطی در مدل‌های حالت (ب) ۵۷
- ۱-۲-۳-۵. مدل‌های ده طبقه حالت (ب) ۵۷
- ۲-۳-۵. مدل‌های بیست طبقه حالت (ب) ۵۸
- ۴-۵. حساسیت به نامنظمی سختی در موقعیتهای ارتفاعی مختلف ۶۰
- ۵-۵. تعیین معیاری عددی در تشخیص نامنظمی سختی سازه ۶۲
- ۶-۵. بررسی منظم بودن مدلها با مقایسه دررفت نسبی دو طبقه مجاور ۶۴
- ۷-۵. توزیع ارتفاعی دوران پلاستیک در مدل‌های منظم و نامنظم ۶۵
- ۸-۵. توزیع ارتفاعی شکل پذیری دورانی در مدل‌های منظم و نامنظم ۶۸
- ۹-۵. بررسی نامنظمی مدلها از دیدگاه آیین نامه لرزه ای ژاپن (BSL) ۷۱

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات ۷۳

- ۱-۶. نتایج ۷۴

۶-۲. پیشنهادات ۷۵

مراجع ۷۶

چکیده انگلیسی ۷۸

عنوان و صفحه جداول

فصل دوم

جدول (۱-۲): حدود نامنظمی ارتفاعی در سازه ها ۱۷

فصل چهارم

جدول (۱-۴): مشخصات شتاب نگاشتهای نزدیک به گسل مورد استفاده و ضرایب مقیاس ۳۷

فصل پنجم

جدول (۱-۵): فرضیات بارگذاری ثقلی و پارامترهای تعیین ضریب زلزله در مدل‌های مورد مطالعه ۴۳

جدول (۲-۵): مقادیر دررفت نسبی واقعی طرح (غیرخطی) در سطوح عملکرد مختلف در قابهای خمشی

فولادی مطابق با FEMA۳۵۶ ۴۵

جدول (۳-۵): مشخصات مقاطع بال پهن مورد استفاده در مدل‌های این مطالعه ۴۷

جدول (۴-۵): مقاطع و ارتفاع ستونها در مدل‌های منظم ده طبقه ۴۷

جدول (۵-۵): مقاطع و ارتفاع ستونها در مدل‌های منظم بیست طبقه ۴۷

جدول (۶-۵): مقاطع و ارتفاع ستون در طبقه نرم (i) و طبقه بالای آن ($i+1$) در مدل‌های نامنظم ده طبقه حالت

(الف) ۴۸

جدول (۷-۵): مقاطع و ارتفاع ستون در طبقه نرم (i) و طبقه بالای آن ($i+1$) در مدل‌های نامنظم بیست طبقه

حالت (الف) ۴۸

عنوان و صفحه شکل ها

فصل اول

شکل (۱-۱): توزیع تا حد ممکن یکنواخت خرابی ها در ساختمان منظم (سمت راست)؛ تمرکز خرابی و افزایش تغییر شکلهای غیر خطی در طبقه اول ساختمان نامنظم (سمت چپ) حین وقوع زلزله..... ۳

فصل دوم

- شکل (۱-۲): نمایی از مرکز درمانی Olive View با ناپیوستگی در دیوار برشی..... ۷
- شکل (۲-۲): شکست در ستونهای طبقه اول مرکز درمانی Olive View..... ۷
- شکل (۳-۲): مکانیزم طبقه نرم در طبقه اول ساختمان Casa Micasa در نیکاراگوئه..... ۸
- شکل (۴-۲): مکانیزم طبقه نرم در طبقه همکف آپارتمانی در محدوده Marina، سانفرانسیسکو..... ۸
- شکل (۵-۲): ساختمان خدماتی بخش El Centro Imperial، کالیفرنیا. شکست ستونها در طبقه اول بدلیل ناپیوستگی در دیوارهای برشی..... ۹
- شکل (۶-۲): نمایی از شکست خمشی در ستونهای طبقه اول در ساختمان خدماتی بخش Imperial..... ۹
- شکل (۷-۲): وقوع شکست در ستونهای طبقه دوم بدلیل کاهش طول آزاد و افزایش نیروی طلب در آنها در مرکز درمانی Olive View..... ۱۰
- شکل (۸-۲): شکست ستون طبقه اول بدلیل کاهش طول آزاد و افزایش نیروی طلب در آن در ساختمانی در نیکاراگوئه..... ۱۰
- شکل (۹-۲): خرابی ستون طبقه اول در یک مرکز درمانی در El Asnam، الجزایر..... ۱۱
- شکل (۱۰-۲): خرابی شدید در ستونهای گوشه در ساختمان Mene Grande در ونزوئلا..... ۱۱
- شکل (۱۱-۲): انواع نامنظمی های ارتفاعی (مطابق با آیین نامه ۹۷ UBC)..... ۱۸
- شکل (۱۲-۲): نمودارهای توزیع برش طبقه در مقیاس لگاریتمی در محدوده ۲۰ درصدی نتایج آنالیز طیفی، برای مدل ۱۵ طبقه با کاهش در طبقات ۸ تا ۱۵؛ مدل ۱۵ طبقه با کاهش در طبقات ۱ و ۲؛ مدل ۲۰ طبقه با کاهش در طبقات ۱ و ۲ (به ترتیب از راست به چپ)..... ۱۹
- شکل (۱۳-۲): تغییر در سختی و ظرفیت: (a) کاهش در سختی، ظرفیت ثابت؛ (b) کاهش در ظرفیت، سختی ثابت؛ (c) کاهش در سختی و ظرفیت..... ۲۰
- شکل (۱۴-۲): میانگین دررفت غیر خطی نیاز حاصل از آنالیزهای تاریخچه پاسخ برای قاب منظم و قابهای نامنظم سختی، ظرفیت و ترکیب سختی و ظرفیت که به ترتیب با Regular، KM، SM و KS نشان داده شده اند، (با ضریب تغییر ۲)..... ۲۲

فصل سوم

- شکل (۱-۳): هندسه قاب ده طبقه منظم (مدل پایه)..... ۲۵
- شکل (۲-۳): تشکیل مکانیزم طبقه در طبقه اول..... ۲۵
- شکل (۳-۳): تعیین سختی طبقه (K) با اعمال جفت نیروهای واحد..... ۲۶

- شکل (۳-۴): مدل ساده شده ستونهای طبقه با فرض تیر صلب..... ۲۶
- شکل (۳-۵): شکل شماتیک از نحوه مدل سازی اجزا سازه ای / ژئوتکنیکی در OpenSEES..... ۲۷
- شکل (۳-۶): شکل شماتیک المان beamWithHinge..... ۲۸
- شکل (۳-۷): استهالک رایلی..... ۳۰
- شکل (۳-۸): روش نیوتن - رافسون..... ۳۱
- شکل (۳-۹): روش نیوتن - رافسون اصلاح شده..... ۳۱

فصل چهارم

- شکل (۴-۱): شتاب نگاشتهای مورد استفاده در آنالیز دینامیکی غیر خطی..... ۳۵
- شکل (۴-۲): مقیاس کردن طیف میانگین طیفهای پاسخ در آنالیز دینامیکی غیر خطی دو بعدی مطابق با روش NEHRP..... ۳۸
- شکل (۴-۳): طیف طرح و طیف شتاب نگاشتهای مورد استفاده (مقیاس نشده)..... ۳۸
- شکل (۴-۴): طیف طرح و طیف شتاب نگاشتهای مورد استفاده (مقیاس شده در دوره تناوب اصلی)..... ۳۸

فصل پنجم

- شکل (۵-۱): مدل منظم؛ مدل نامنظم حالت (الف) (طراحی شده) و مدل نامنظم حالت (ب) (طراحی نشده) با نامنظمی در طبقه اول..... ۴۱
- شکل (۵-۲): کاهش در شتاب طیفی بدلیل افزایش در دوره تناوب اصلی مدلهای نامنظم حاصل از کاهش سختی در یک طبقه..... ۴۱
- شکل (۵-۳): نمونه ای از مقاطع بال پهن ستون در مدلهای مورد مطالعه و مشخصات آن..... ۴۶
- شکل (۵-۴): نمودارهای توزیع برش و لنگر واژگونی در ارتفاع برای مدلهای منظم و نامنظم ده طبقه حاصل از آنالیزهای استاتیکی و طیفی..... ۴۹
- شکل (۵-۵): نمودارهای توزیع برش و لنگر واژگونی در ارتفاع برای مدلهای منظم و نامنظم بیست طبقه حاصل از آنالیزهای استاتیکی و طیفی..... ۵۰
- شکل (۵-۶): نمودار پراکندگی دررفت غیر خطی مدل منظم ده و بیست طبقه حاصل از هفت زلزله مورد استفاده در آنالیز تاریخچه پاسخ غیر خطی..... ۵۲
- شکل (۵-۷): نمودار توزیع ارتفاعی دررفت خطی حاصل از آنالیز استاتیکی بر اساس نیروهای طراحی در مدلهایی ۱۰ طبقه حالت (الف) با نامنظمی سختی در طبقه اول و در طبقه پنجم (از راست به چپ)..... ۵۳
- شکل (۵-۸): نمودار توزیع ارتفاعی دررفت غیر خطی حاصل از آنالیز تاریخچه پاسخ غیر خطی در مدلهایی ده طبقه حالت (الف) با نامنظمی سختی در طبقه اول و در طبقه پنجم (از راست به چپ)..... ۵۳
- شکل (۵-۸-a): نسبت ظرفیت برشی مورد انتظار ستون در مدل نامنظم به مدل منظم برای طبقه اول و پنجم..... ۵۴
- شکل (۵-۹): مقایسه توزیع ارتفاعی دررفت غیر خطی با توزیع حاصل از γ_R کردن نمودار دررفت خطی در مدلهایی منظم و مدل $1K35$ ده طبقه حالت (الف) (از راست به چپ)..... ۵۴

- شکل (۵-۱۰): نمودار توزیع ارتفاعی دریافت خطی حاصل از آنالیز استاتیکی بر اساس نیروهای طراحی در مدل‌هایی ۲۰ طبقه حالت (الف) با نامنظمی سختی در طبقه اول و پنجم (بالا از راست به چپ) و در طبقه دهم و پانزدهم (پایین از راست به چپ)..... ۵۵
- شکل (۵-۱۱): نمودار توزیع ارتفاعی دریافت غیر خطی حاصل از آنالیز تاریخچه پاسخ غیر خطی در مدل‌هایی ۲۰ طبقه حالت (الف) با نامنظمی سختی در طبقه اول و پنجم (بالا از راست به چپ) و در طبقه دهم و پانزدهم (پایین از راست به چپ)..... ۵۶
- شکل (۵-۱۲): نمودار توزیع ارتفاعی دریافت خطی حاصل از آنالیز استاتیکی در مدل‌هایی ده طبقه حالت (ب) با نامنظمی سختی در طبقه اول و در طبقه پنجم (از راست به چپ)..... ۵۷
- شکل (۵-۱۳): نمودار توزیع ارتفاعی دریافت غیر خطی حاصل از آنالیز تاریخچه پاسخ غیر خطی در مدل‌هایی ده طبقه حالت (ب) با نامنظمی سختی در طبقه اول و در طبقه پنجم (از راست به چپ)..... ۵۷
- شکل (۵-۱۴): نمودار توزیع ارتفاعی دریافت خطی حاصل از آنالیز استاتیکی بر اساس نیروهای طراحی در مدل‌هایی ۲۰ طبقه حالت (ب) با نامنظمی سختی در طبقه اول و پنجم (بالا از راست به چپ) و در طبقه دهم و پانزدهم (پایین از راست به چپ)..... ۵۸
- شکل (۵-۱۵): نمودار توزیع ارتفاعی دریافت غیر خطی حاصل از آنالیز تاریخچه پاسخ غیر خطی در مدل‌هایی بیست طبقه حالت (ب) با نامنظمی سختی در طبقه اول و پنجم (بالا از راست به چپ) و در طبقه دهم و پانزدهم (پایین از راست به چپ)..... ۵۹
- شکل (۵-۱۶): حساسیت به وجود طبقه نرم با شدت‌های مختلف در موقعیت‌های مختلف ارتفاعی در محدوده رفتار خطی برای مدل‌های ده و بیست طبقه حالت (الف) (از راست به چپ)..... ۶۰
- شکل (۵-۱۷): حساسیت به وجود طبقه نرم با شدت‌های مختلف در موقعیت‌های مختلف ارتفاعی در محدوده رفتار غیرخطی برای مدل‌های ده و بیست طبقه حالت (الف) (از راست به چپ)..... ۶۰
- شکل (۵-۱۸): حساسیت به وجود طبقه نرم با شدت‌های مختلف در موقعیت‌های مختلف ارتفاعی در محدوده رفتار خطی برای مدل‌های ده و بیست طبقه حالت (ب) (از راست به چپ)..... ۶۱
- شکل (۵-۱۹): حساسیت به وجود طبقه نرم با شدت‌های مختلف در موقعیت‌های مختلف ارتفاعی در محدوده رفتار غیرخطی برای مدل‌های ده و بیست طبقه حالت (ب) (از راست به چپ)..... ۶۱
- شکل (۵-۲۰): بدست آوردن تقریبی از دریافت خطی طبقه مورد نظر در مدل منظم با متوسط گیری از دریافت خطی طبقات مجاور آن طبقه در مدل نامنظم ۶۲
- شکل (۵-۲۱): حساسیت به وجود طبقه نرم با شدت‌های مختلف در موقعیت‌های مختلف ارتفاعی در محدوده رفتار خطی با استفاده از دریافت تخمینی مدل منظم، برای مدل‌های ده و بیست طبقه حالت (الف) (از راست به چپ) ۶۲
- شکل (۵-۲۲): حساسیت به وجود طبقه نرم با شدت‌های مختلف در موقعیت‌های مختلف ارتفاعی در محدوده رفتار خطی با استفاده از دریافت تخمینی مدل منظم، برای مدل‌های ده و بیست طبقه حالت (ب) (از راست به چپ)..... ۶۳
- شکل (۵-۲۳): نمودار نرخ دریافت خطی طبقه نرم به طبقه بالای آن برای شدت‌های مختلف نامنظمی در مدل‌های ده و بیست طبقه حالت (الف) (از راست به چپ)..... ۶۴
- شکل (۵-۲۴): نمودار نرخ دریافت خطی طبقه نرم به طبقه بالای آن برای شدت‌های مختلف نامنظمی در مدل‌های ده و بیست طبقه حالت (ب) (از راست به چپ)..... ۶۴

- شکل (۵-۲۵): نمودار توزیع ارتفاعی دوران پلاستیک در پای ستونهای طبقات در مدل‌های ده طبقه منظم و نامنظم حالت (الف) ۶۵
- شکل (۵-۲۶): نمودار توزیع ارتفاعی دوران پلاستیک در پای ستونهای طبقات در مدل‌های ده طبقه منظم و نامنظم حالت (ب) ۶۶
- شکل (۵-۲۷): نمودار توزیع ارتفاعی دوران پلاستیک در پای ستونهای طبقات در مدل‌های بیست طبقه منظم و نامنظم حالت (الف) با طبقه اول نرم و با طبقه پنجم نرم (بالا از راست به چپ)، با طبقه دهم نرم و با طبقه پانزدهم نرم (پایین از راست به چپ) ۶۶
- شکل (۵-۲۸): نمودار توزیع ارتفاعی دوران پلاستیک در پای ستونهای طبقات در مدل‌های بیست طبقه منظم و نامنظم حالت (ب) با طبقه اول نرم و با طبقه پنجم نرم (بالا از راست به چپ)، با طبقه دهم نرم و با طبقه پانزدهم نرم (پایین از راست به چپ) ۶۷
- شکل (۵-۲۹): توزیع ارتفاعی شکل پذیری دورانی در مدل‌های ده طبقه منظم و نامنظم حالت (الف) با طبقه اول نرم و با طبقه پنجم نرم (بالا از راست به چپ) ۶۸
- شکل (۵-۳۰): توزیع ارتفاعی شکل پذیری دورانی در مدل‌های ده طبقه منظم و نامنظم حالت (ب) با طبقه اول نرم و با طبقه پنجم نرم (بالا از راست به چپ) ۶۹
- شکل (۵-۳۱): توزیع ارتفاعی شکل پذیری دورانی در مدل‌های بیست طبقه منظم و نامنظم حالت (الف) با طبقه اول نرم و با طبقه پنجم نرم (بالا از راست به چپ)؛ با طبقه دهم نرم و با طبقه پانزدهم نرم (پایین از راست به چپ) ۶۹
- شکل (۵-۳۲): توزیع ارتفاعی شکل پذیری دورانی در مدل‌های بیست طبقه منظم و نامنظم حالت (ب) با طبقه اول نرم و با طبقه پنجم نرم (بالا از راست به چپ)؛ با طبقه دهم نرم و با طبقه پانزدهم نرم (پایین از راست به چپ) ۷۰
- شکل (۵-۳۳): بررسی منظمی یا نامنظمی در مدل‌های ده طبقه منظم و نامنظم با طبقه اول نرم و با طبقه پنجم نرم در حالت (الف) (سمت راست) و حالت (ب) (سمت چپ) ۷۱
- شکل (۵-۳۴): بررسی منظمی یا نامنظمی در مدل‌های بیست طبقه منظم و نامنظم با طبقه اول، پنجم، دهم و پانزدهم نرم در حالت (الف) (سمت راست) و حالت (ب) (سمت چپ) ۷۲

چکیده

هدف اصلی آیین نامه‌های لرزه‌ای ارائه ضوابط و دستورالعمل‌های جامع جهت طراحی ایمن یک سازه است، بگونه‌ای که در حین وقوع یک زلزله شدید، با توزیع تا حد ممکن یکنواخت تغییر شکل‌های غیر خطی در المانهای اصلی، سازه بدون وارد شدن به مرحله خرابی کلی سازه‌ای در سطح عملکرد مناسبی قرار گیرد. وجود نامنظمی ارتفاعی به دلیل توزیع غیر یکنواخت خواص هندسی، فیزیکی و مقاومتی در ارتفاع ساختمان می‌تواند منجر به تمرکز ناخواسته تغییر شکل‌های غیرخطی و تشکیل مکانیزم‌های اتلاف نامطلوب حین وقوع زلزله شده و انهدام موضعی یا کلی را در پی داشته باشد. از این رو تعیین معیارهای تشخیص نامنظمی و بررسی اثر آن در میزان تغییر شکل‌های خطی و غیر خطی و توزیع نیروی برشی در سازه از اهمیت خاصی برخوردار است. در صورتی که یک سازه نامنظم تلقی شود، اکثر آیین نامه‌های لرزه‌ای همچون UBC استفاده از روش استاتیکی معادل جهت تخمین نیروهای طراحی را اجازه نمی‌دهند و بجای آن روش‌های دینامیکی را پیشنهاد می‌کنند. از طرفی به دلیل ابهام در محاسبه و نحوه کنترل معیارهای ارائه شده در این آیین نامه جهت تشخیص نامنظمی ارتفاعی سختی، در اکثر موارد این کنترل توسط طراحان ساختمان انجام نمی‌گیرد و سازه منظم فرض می‌شود.

این مطالعه درصدد بررسی امکان تعیین معیاری عددی برای تشخیص نامنظمی ارتفاعی سختی است که محاسبه و کنترل آن ساده تر و عملی باشد. ارزیابی معیارهای عددی آیین نامه‌ها در تشخیص نامنظمی ارتفاعی سختی و بررسی اثر موقعیت ارتفاعی قرارگیری این نوع نامنظمی در رفتار لرزه‌ای سازه‌ها نیز مد نظر این مطالعه است. در این راستا با بررسی پاسخهای خطی و غیر خطی این سازه‌ها، کفایت و دقت معیارهای ارائه شده در آیین نامه‌های لرزه‌ای در زمینه نامنظمی ارتفاعی سختی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. بدین منظور مدل‌های سازه‌ای با موقعیت‌های مختلف نامنظمی سختی در ارتفاع و با دو شیوه مختلف مدل کردن نامنظمی سختی ایجاد شدند. در حالت اول مدل‌های منظم و نامنظم، بدون کنترل معیار تشخیص نامنظمی، طراحی شده‌اند. در حالت دوم فرض شد که نامنظمی پس از طراحی اولیه در سازه رخ داده است. این سازه‌ها با استفاده از نرم افزار المان محدود OpenSEES مدل شده و رفتار آنها تحت آنالیزهای استاتیکی و دینامیکی خطی و غیر خطی بررسی می‌شوند.

با توجه به فرضیات مدلسازی و مقایسه نتایج آنالیزهای استاتیکی و دینامیکی و بررسی حساسیت این سازه‌ها به موقعیت ارتفاعی قرارگیری نامنظمی سختی، مشاهده شد که معیارهای ارائه شده توسط آیین نامه‌ها در خصوص تشخیص نامنظمی ارتفاعی سختی تا حد زیادی کلی و سختگیرانه بوده و حساسیت سازه‌ها به موقعیت ارتفاعی نامنظمی بستگی دارد. همچنین روشی برای تعیین معیاری عددی جهت تشخیص نامنظمی ارتفاعی سختی پیشنهاد شد.

کلمات کلیدی: نامنظمی ارتفاعی سختی، معیار تشخیص نامنظمی، موقعیت ارتفاعی، تغییر شکل‌های خطی و غیر

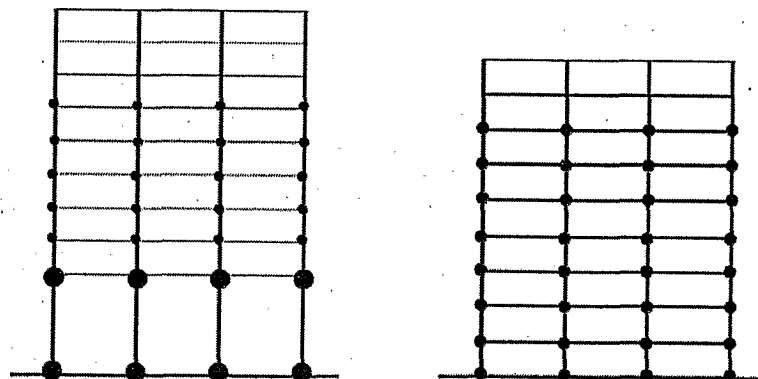
خطی

فصل اول

مقدمه

قسمتی از سازه که مسئولیت مقاومت در برابر نیروهای جانبی بخصوص نیروهای زلزله را دارد، سیستم باربر جانبی سازه نامیده می شود. بررسی خرابی ساختمانها در زلزله های گذشته نشان داده است که آسیبهای ناشی از زلزله بطور کلی از محلهایی در سیستم باربر جانبی که ضعف سازه ای دارند، شروع شده است. این نقاط ضعف و محلهای مستعد تمرکز خرابی می توانند به دلیل تغییر ناگهانی در خواص فیزیکی، هندسی یا مقاومتی سیستم باربر جانبی سازه ایجاد شوند که تمرکز بیشتر خرابی و افزایش تغییر شکلهای غیر خطی در قسمتهای محدودی از سازه می تواند منجر به انهدام کلی سازه شود. هدف اصلی آیین نامه های لرزه ای ارائه ضوابط و دستورالعملهای جامع جهت طراحی مطمئن و مناسب یک سازه است بگونه ای که در حین وقوع یک زلزله شدید، با توزیع تا حد ممکن یکنواخت تغییر شکلهای غیر خطی در المانهای اصلی، سازه بدون وارد شدن به مرحله خرابی کلی سازه ای در سطح عملکرد مناسبی قرار گیرد.

تحت تحریکات لرزه ای میزان خرابی سازه‌ای و غیر سازه‌ای در ساختمانهای نامنظم در مقایسه با ساختمانهای منظم افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته و در برخی موارد به انهدام کلی سازه نیز منجر شده است. این امر به دلیل تشکیل مکانیزمهای اتلاف نامطلوب همراه با تمرکز تغییر شکلهای غیر خطی در برخی قسمتهای سازه می باشد. (شکل ۱-۱)



شکل (۱-۱): توزیع تا حد ممکن یکنواخت خرابی ها در ساختمان منظم (سمت راست)؛ تمرکز خرابی و افزایش تغییر شکلهای غیر خطی در طبقه اول ساختمان نامنظم (سمت چپ) حین وقوع زلزله

به عنوان تعریف، یک سازه نامنظم ارتفاعی سازه ای است که خواص فیزیکی، هندسی و مقاومتی در ارتفاع آن توزیع غیر یکنواختی داشته باشند. از انواع مهم نامنظمی ارتفاعی می توان به نامنظمی ارتفاعی سختی، ظرفیت، جرم و نامنظمی ارتفاعی هندسی اشاره کرد. نامنظمی های ارتفاعی می توانند به دلیل اختلاف شدید در جرم دو طبقه مجاور (نامنظمی جرمی) یا در سختی جانبی دو طبقه مجاور (نامنظمی سختی) یا به دلیل گسستگی در سیستم باربر جانبی (نامنظمی ظرفیت) و یا اختلاف شدید در ابعاد ساختمان در ارتفاع (نامنظمی هندسی) در یک سازه ایجاد شوند.

در اکثر آیین نامه های طراحی لرزه ای، روش نیروهای جانبی معادل (روش استاتیکی معادل) برای تعیین نیروهای طراحی مورد استفاده قرار می گیرد. در این روش فرض می شود نیروهای ایجاد شده در حین زلزله با شتاب ماکزیمم زمین متناسبند و این نیروها با یک سری نیروهای جانبی معادل که در ارتفاع سازه توزیع شده اند، تخمین زده می شود و پاسخ سازه در مد اصلی ارتعاش آن رخ می دهد. فرضیاتی که این روش بر آن استوار است برای سازه های منظم یا به عبارتی سازه هایی با توزیع یکنواخت سختی، ظرفیت و جرم در ارتفاع صادق است. آیین نامه های لرزه ای مختلف جهت تشخیص نامنظم بودن یک سازه، معیارهای کمی و کیفی مختلفی را ارائه کرده اند. در صورتی که مطابق با این معیارها سازه نامنظم تلقی شود، آیین نامه ها استفاده از روش استاتیکی را در تعیین نیروهای طراحی اجازه نداده و بجای آن روشهای دقیقتری همچون روش آنالیز طیف پاسخ را توصیه کرده اند.

نامنظمی ارتفاعی سختی یکی از معمول ترین انواع نامنظمی ارتفاعی است که به دلایل مختلفی ممکن است رخ دهد. افزایش ارتفاع یک طبقه به دلیل مسائل معماری یا نوع کاربری طبقه، می تواند کاهش سختی جانبی را در آن طبقه نسبت به طبقات دیگر به همراه داشته باشد. همچنین ترک خوردگی یا نقص در اتصالات در یک طبقه در اثر زلزله های گذشته، می تواند باعث کاهش سختی جانبی آن طبقه شود. در برخی موارد المانهای غیر سازه ای همچون دیوارها و میانقاپها همراه با المانهای اصلی سیستم باربر جانبی در سختی جانبی طبقه شرکت می کنند. حذف این المانها در یک طبقه مشخص نیز می تواند باعث کاهش سختی آن طبقه نسبت به طبقه بالایی آن شده و نامنظمی سختی را بوجود آورد. با وجود ضوابط و معیارهای تشخیص نامنظمی ارائه شده در آیین نامه ها، کنترل برخی از این

معیارها با ابهامات و مشکلاتی همراه است. در اکثر آیین نامه ها جهت تشخیص نامنظمی ارتفاعی سختی، سختی جانبی یک طبقه با سختی جانبی طبقه بالای آن مقایسه می شود. لیکن به نحوه محاسبه سختی جانبی یک طبقه اشاره ای نشده است و به دلیل مشکلات و ابهام در محاسبه این معیار در اکثر موارد طراحان ساختمان این کنترل را انجام نداده و سازه را منظم فرض می کنند. از این رو نیاز به تعیین معیاری عددی برای تشخیص نامنظمی سختی سازه که کنترل و محاسبه آن ساده تر و عملی باشد، احساس می شود. از طرفی در تعریف معیارهای آیین نامه به موقعیت ارتفاعی نامنظمی سختی اشاره ای نشده است. لیکن به نظر می رسد که تاثیر نامنظمی سختی بر رفتار سازه در محدوده خطی و غیر خطی در موقعیتهای مختلف ارتفاعی یکسان نباشد.

۱-۱. اهداف مطالعه

در این مطالعه امکان تعیین معیاری عددی برای تشخیص نامنظمی ارتفاعی سختی که محاسبه و کنترل آن ساده تر و عملی باشد، بررسی می شود. ارزیابی معیارهای عددی آیین نامه ها در تشخیص نامنظمی ارتفاعی سختی و بررسی اثر موقعیت ارتفاعی قرارگیری این نوع نامنظمی در رفتار لرزه ای سازه ها نیز مد نظر این مطالعه است. در این راستا با بررسی پاسخهای خطی و غیر خطی این سازه ها، کفایت و دقت معیارهای ارائه شده در آیین نامه های لرزه ای در زمینه نامنظمی ارتفاعی سختی مورد ارزیابی قرار می گیرد. بدین منظور مدل های سازه ای با موقعیتهای مختلف نامنظمی سختی در ارتفاع و با دو شیوه مختلف مدل کردن نامنظمی سختی ایجاد می شود. در حالت اول مدل های منظم و نامنظم، بدون کنترل معیار تشخیص نامنظمی، طراحی شده اند. در حالت دوم فرض می شود که نامنظمی پس از طراحی اولیه در سازه رخ داده است. این سازه ها بصورت قاب برشی یک دهانه و چندین طبقه با استفاده از نرم افزار المان محدود OpenSEES [۱] مدل شده و رفتار آنها تحت آنالیزهای استاتیکی خطی و آنالیزهای تاریخیچه پاسخ غیر خطی با استفاده از چندین زلزله واقعی مورد مطالعه قرار می گیرد.

۲-۱. رئوس مطالب

مطالب این پایان نامه در شش فصل آورده شده است. در فصل اول در رابطه با معرفی نامنظمی ارتفاعی در سازه ها، دیدگاه آیین نامه ها در برخورد با مسئله نامنظمی و همچنین اثرات نامنظمی های ارتفاعی در افزایش خرابی ها و تمرکز تغییر شکل های غیر خطی در برخی قسمتهای محدود سازه، اشاره مختصری شد. ضرورت ارزیابی معیارهای ارائه شده در آیین نامه ها در تشخیص نامنظمی و بررسی اثر موقعیت قرارگیری نامنظمی ارتفاعی سختی بیان شد.

در فصل دوم پس از ارائه گزارشی از خرابی های ناشی از زلزله های گذشته در ساختمانها که عمدتاً بدلیل وجود نامنظمی ارتفاعی در آنها رخ داده اند، دیدگاه آیین نامه های مختلف در ارتباط با نامنظمی های ارتفاعی مطرح می شود. همچنین به مطالعات و کارهای انجام شده توسط سایر محققان در این زمینه اشاره می شود.

در فصل سوم به مدل های مورد مطالعه، نحوه ایجاد آنها، شیوه های مختلف مدل کردن نامنظمی پرداخته و پس از معرفی نرم افزار OpenSEES [۱]، المانها و موارد مد نظر مدلسازی در این نرم افزار توضیح داده شده است.

در فصل چهارم نحوه انتخاب و مقیاس کردن شتاب نگاشت های مورد استفاده در آنالیز های تاریخیچه پاسخ غیرخطی شرح داده شده است.

در فصل پنجم مشخصات مدل‌های منظم و نامنظم در دو حالت مورد مطالعه معرفی می‌شود. با انجام آنالیزهای استاتیکی خطی و آنالیز طیفی مقادیر نیروهای طراحی حاصل از دو روش مقایسه می‌شود. همچنین توزیع مقادیر دررفت خطی حاصل از آنالیز استاتیکی معادل و توزیع دررفت غیر خطی حاصل از آنالیز تاریخچه پاسخ غیر خطی در تمامی مدل‌های مورد مطالعه بررسی می‌شود و مقادیر پاسخها با معیارهای آیین نامه‌های مختلف مقایسه می‌شود. توزیع شکل پذیری و دورانهای پلاستیک نیز در مدلها مورد تحقیق قرار می‌گیرد. با بررسی حساسیت طبقات مختلف به وجود نامنظمی، روشی برای تعیین معیاری عددی جهت تشخیص نامنظمی سختی، بر اساس میزان افزایش تغییر شکلها در یک طبقه در اثر وجود نامنظمی، پیشنهاد می‌شود.

در فصل ششم نیز به بررسی نتایج این مطالعه پرداخته و پیشنهاداتی برای مطالعات بعدی ارائه می‌شود.

فصل دوم

مروری بر کارهای انجام شده روی نامنظمی ارتفاعی

در ابتدای این فصل گزارشی از خرابی های سازه ای مختلف که در حین وقوع زلزله در ساختمانها رخ داده اند، ارائه می شود که وجود نامنظمی های ارتفاعی در سیستم باربر جانبی علت عمده این خرابی ها بوده است. آنگاه مروری بر ضوابط آئین نامه های معتبر بخصوص آئین نامه UBC [۲] در زمینه نامنظمی ارتفاعی ارائه می گردد. در انتها نیز به کارها و مطالعاتی که توسط محققان روی نامنظمی ارتفاعی و اثرات آن روی پاسخ سازه ها انجام شده، اشاره می شود.

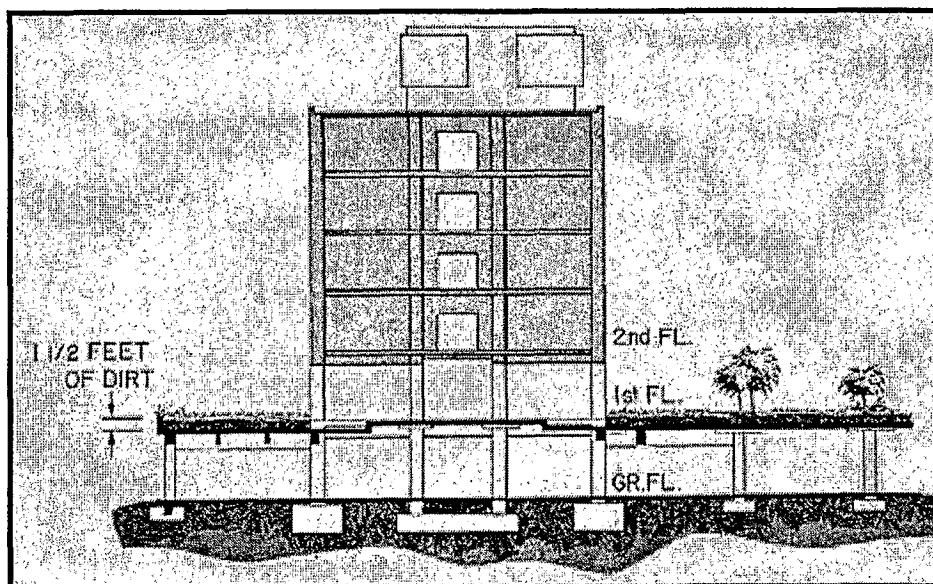
۱-۲- خرابی های سازه ای در زلزله های گذشته

تحت تحریکات لرزه ای میزان خرابی سازه ای و غیر سازه ای در ساختمانهای نامنظم در مقایسه با ساختمانهای منظم افزایش قابل ملاحظه ای داشته و در برخی موارد، به انهدام کلی سازه نیز منجر شده است. ناپیوستگی در توزیع پارامترهای سختی و ظرفیت در ارتفاع، منجر به تشکیل طبقه نرم^۱ و طبقه ضعیف^۲ می شود. بازیابی آسیبهای ناشی از زلزله در ساختمانهای واقعی نشان می دهد که وجود طبقه نرم یا طبقه ضعیف باعث تمرکز ناخواسته تغییر شکلهای

^۱ soft story
^۲ weak story

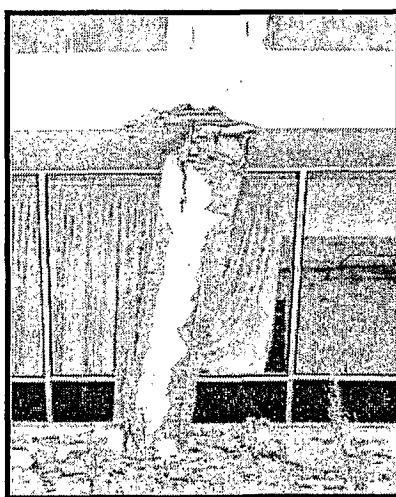
غیر خطی در آن طبقه شده است که در زیر به برخی از خرابی های مشاهده شده در زلزله های گذشته پرداخته می شود.

ساختمان مرکز درمانی Olive view یک سازه شش طبقه بتنی مسلح بود که در زلزله سن فرناندو در سال ۱۹۷۱ دچار خرابی کلی گردید. تغییرات بزرگ در سختی و ظرفیت در طبقه دوم این سازه بدلیل حذف دیوار برشی، تغییر شکلها در این طبقه متمرکز شده و منجر به خرابی شدید در این طبقه گردید (شکل ۱-۲).



شکل (۱-۲): نمایی از مرکز درمانی Olive View با ناپیوستگی در دیوار برشی

گسستگی در توزیع ارتفاعی سختی و ظرفیت به همراه وجود یک جرم سنگین در مجاورت آن، منجر به افزایش ناخواسته شکل پذیری نیاز در المانهای دو طبقه اول شده و باعث شکست در این دو طبقه می شود. بسیاری از ستونها در طبقه زیر زمین در اثر این تغییرات شدید در سختی و ظرفیت و همچنین ناکافی بودن محبوس شدگی هسته بتنی و آرماتورهای طولی دچار شکست شدند (شکل ۲-۲).



شکل (۲-۲): شکست در ستونهای طبقه اول مرکز درمانی Olive View