بسم الله الرحمن الرحيم

١٣٨٧١٥

دانشگاه ارومیه

ارزیابی روشهای تحلیل غیرخطی استاتیکی برای قابهای بتن آرمه نامنظم

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

مجتبی ابراهیمیان امیری

استاد راهنما: دکتر علیرضا مناف پور

۱۳۸۹/۴/۸

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

تهیه مدارک

دانشکده فنی – مهندسی

گروه عمران

زمستان ۱۳۸۸

۱۳۸۷۱۵

(آقای مجتبی ابراهیمان امیری)

پایان‌نامه کارشناسی ارشد به تاریخ ۱۸/۱۱/۸۸ شماره ۲۶۶-۲ف مورد پذیرش هیات محترم داوران با رتبه و نمره (۱۸) قرار گرفت.

۱- استاد راهنما و رئیس هیئت داوران : علیرضا مناف‌پور

۲- استاد مشاور :

۳- داور خارجی : چنگیز غیرتمند

۴- داور داخلی : محمد [illegible]

۶- نماینده تحصیلات تکمیلی : جواد نوری‌نیا

حق طبع و نشر مطالب این پایان‌نامه در انحصار دانشگاه اروميه می‌باشد.

تقدیم به

خانواده عزیزم

و

همه کسانیکه دوستشان دارم

تقدیر و تشکر

اینک که کار نگارش این پایان‌نامه به یاری ایزدی به اتمام رسیده است، بر خود لازم می‌دانم از زحمات تمامی بزرگوارانی که هر یک در تهیه و گردآوری این تحقیق، یاریگر اینجانب بوده‌اند تشکر و قدردانی نمایم.

در ابتدا مراتب قدردانی و تشکر خود را از زحمات پدر، مادر و خانواده عزیزم که دلسوزانه در تمامی مراحل زندگی راهنما و پشتیبان همیشگی اینجانب بوده‌اند اعلام می‌دارم. از زحمات جناب آقای دکتر منافپور استاد راهنمایم که در تهیه این پایان نامه همواره از راهنمایی‌های راه‌گشای ایشان برخوردار بودم تشکر می‌نمایم. از اساتید بزرگوار، آقایان: دکتر تاوردیلو و دکتر غیرتمند که زحمت داوری این پایان‌نامه را بر عهده داشتند، سپاسگزاری می‌نمایم. از اقوام عزیزم که همواره حمایتگر اینجانب بودند نهایت تشکر و قدردانی را دارم. در انتها از تمامی دوستان عزیزم، آقایان: عیسی قدیریان، آرش نوروزی، محمد قلعه برخورداری، فرید حکمتی کرد، علی سیفی، مهدی زارع، یاسر سام خانیانی، حسام الدین منصورنیا، ابراهیم ملا اکبری، ابراهیم عرب مختاری، سید علی حسینی، رحیم کیان، صلاح الدین زرین، منصور نادری، نیما وظیفه خواه، سجاد نصیری، فرهاد خلیلی، سالار زارعی، سعید یاورزاده، عسگر عباداللهی، فرشید برزگر، سید احمد سید خرمی، بهبود بوستانی، حامد جورابلو و مهدی کتابی تشکر می‌نمایم.

فهرست مطالب

چکیده ۱

فصل اول- مقدمه ۲

۱-۱- پیش گفتار ۲
۱-۲- محدودیت های روش تحلیل استاتیکی غیرخطی ۳
۱-۳- نگاهی بر مطالعات گذشته ۳
۱-۴- اهداف پایان نامه ۶
۱-۵- شرح فصول پایان نامه ۶

فصل دوم- مروری بر انواع روشهای تحلیل لرزه ای ۸

۲-۱- مقدمه ۸
۲-۲- ا صول کلی طراحی براساس عملکرد ۸
۲-۳- بررسی نیاز به تحلیل های خطی و غیر خطی ۱۱
۲-۴- تحلیل پوش اور ۱۲
۲-۵- روش طیف ظرفیت در ATC-40 ..... ۱۶
۲-۵-۱- محاسبه تقاضا از روش طیف ظرفیت ۱۸
۲-۵-۲- روش ضرایب تغییر مکان درFEMA-356 ..... ۲۵
۲-۶- مروری بر نشریه FEMA-440 ..... ۳۰
۲-۶-۱- اصلاح روند ATC-40 ..... ۳۰
۲-۶-۲- اصلاح روند FEMA-356 ..... ۳۲
۲-۷- انواع روشهای تحلیل مودال ۳۵
۲-۷-۱- تحلیل تاریخچه زمانی مودال برای سازه های با رفتار خطی ۳۵
۲-۷-۲- تحلیل تاریخچه‌زمانی بصورت مودهای مستقل از هم برای سازه‌های با رفتار غیرخطی ۳۸

۲-۸- تحلیل استاتیکی غیر خطی مودال ۳۹
۲-۸-۱- خصوصیات سیستم یکدرجه آزاد با رفتار غیرخطی ۳۹
۲-۸-۲- خلاصه روش تحلیل استاتیکی غیر خطی مودال ۴۲
۲-۹- مروری بر مطالعات گذشته ۴۴
۲-۹-۱- روش تحلیل پوش اور حد بالا ۴۴
۲-۹-۲- روش تحلیل پوش اور متناسب با جرم ۴۶
۲-۹-۳- روش تحلیل پوش اور مودال سازگار ۴۷
۲-۹-۴- تحلیل پوش اور سازگار ۴۹
۲-۹-۵- الگوی بار پیشنهادی چندمودی برای سازه های نامتقارن ۴۹
۲-۹-۶- الگوی بار پیشنهادی بوسیله Lee ۵۰
۲-۹-۷- روش پوش‌اور مودال متوالی ۵۱
۲-۹-۸- روش پوش‌اور سازگار براساس برش طبقه ۵۲

فصل سوم- معرفی نرم افزار، قابها و شتابنگاشت ها ۵۴

۳-۱- مقدمه ۵۴
۳-۲- معرفی نرم افزار ۵۵
۳-۳- معرفی سیستم های سازه ای ۵۷
۳-۴- طراحی نهایی قابها در برابر نیروی زلزله ۵۸
۳-۵- معرفی شتاب نگاشت های مورد استفاده ۶۳
۳-۵-۱- تاریخچه زمانی شتابنگاشت های انتخابی ۶۳
۳-۵-۲- نگاهی بر پروسه مقیاس کردن رکوردهای لرزه ای در آیین نامه ۲۸۰۰ ..... ۶۵

فصل چهارم- اعمال روشهای تحلیلی روی قابها ۶۸

۴-۱- مقدمه ۶۸
۴-۲- انجام تحلیل پوش‌اور ۶۸
۴-۳- انجام روش ضرایب تغییر مکان در FEMA-356 و FEMA-440 ..... ۷۱

۴-۴- انجام روش تحلیل استاتیکی غیر خطی مودال ۷۲
۴-۵- انجام تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیر خطی روی قابها ۸۰

فصل پنجم- ارائه نتایج ۸۱

۵-۱- مقدمه ۸۱
۵-۲- تغییر مکان حداکثر طبقات در سطح عملکرد ایمنی جانی ۸۴
۵-۳- تغییر مکان حداکثر طبقات در سطح عملکرد عدم فروریزش ۸۶
۵-۴- نسبت تغییر مکان نسبی طبقات در سطح عملکرد ایمنی جانی ۹۰
۵-۵- نسبت تغییر مکان نسبی طبقات در سطح عملکرد عدم فروریزش ۹۲
۵-۶- معیار خرابی تیرهای طبقات در سطح عملکرد ایمنی جانی ۹۶
۵-۷- معیار خرابی تیرهای طبقات در سطح عملکرد عدم فروریزش ۹۸
۵-۸- توزیع مفاصل پلاستیک تشکیل شده ۱۰۲
۵-۹- مقایسه تحلیل دینامیکی غیرخطی برای قابهای منظم و نامنظم ۱۰۵
۵-۱۰- مقایسه نتایج با مطالعات قبلی ۱۰۵

فصل ششم- ارائه روش تحلیل پوش‌اور مودال ارتقاء یافته شده برای سطح عملکرد عدم فروریزش ۱۰۷

۶-۱- مقدمه ۱۰۷
۶-۲- خلاصه روش تحلیل استاتیکی غیرخطی مودال پیشنهادی ۱۰۸
۶-۳- ارائه نتایج بدست آمده از روش پیشنهادی ۱۱۲
۶-۳-۱- قابهای شش طبقه ۱۱۲
۶-۳-۲- قاب ده طبقه منظم ۱۱۴
۶-۳-۳-قابهای سیزده طبقه ۱۱۵

فصل هفتم- نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات برای تحقیقات آتی ۱۱۹

۷-۱- نتیجه گیری ۱۱۹
۷-۲- ارئه پیشنهادات برای تحقیقات آتی ۱۲۲

مراجع ۱۲۳

پیوست الف- میزان آرماتورهای تیرهای طبقات ۱۲۶

چکیده انگلیسی ۱۳۳

فهرست جداول

فصل اول- مقدمه ۲

فصل دوم- مروری بر انواع روشهای تحلیل لرزه ای ۸

جدول۲-۱- سطوح عملکردی تعریف شده در FEMA-273 ..... ۱۰

جدول۲-۲- مقادیر C_0 از روش ضرایب تغییر مکان در FEMA-356 ..... ۲۷

جدول۲-۳- مقادیر C_m از روش ضرایب تغییر مکان در FEMA-356 ..... ۲۷

جدول۲-۴- مقادیر C_2 از روش ضرایب تغییر مکان در FEMA-356 ..... ۲۸

جدول۲-۵- مقادیر ضرایب ثابت فرمول بالا از روش ضرایب تغییر مکان در FEMA-440 ..... ۳۱

جدول۲-۶- مقادیر ضرایب ثابت فرمول بالا از روش ضرایب تغییر مکان در FEMA-440 ..... ۳۲

فصل سوم- معرفی نرم افزار، قابها و شتابنگاشت ها ۵۴

جدول۳-۱- مقادیر مربوط به پارامترهای رفتار هیسترزیس در نرم افزار IDARC-2D ۵۶

جدول ۳-۲-مشخصات فولاد انتخابی ۵۷

جدول ۳-۳- مشخصات بتن انتخابی ۵۷

جدول ۳-۴- خصوصیات هیسترزیس ۵۷

جدول ۳-۵- بارهای مرده و زنده طبق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران ۵۸

جدول ۳-۶- پارامترهای لرزه ای وابسته به نوع زمین و میزان خطر لرزه خیزی منطقه ۶۰

جدول ۳-۷- مشخصات هندسی مقاطع برای قاب شش طبقه منظم و نامنظم ۶۱

جدول ۳-۸- مشخصات هندسی مقاطع برای قاب ده طبقه منظم و نامنظم ۶۱

جدول ۳-۹- مشخصات هندسی مقاطع برای قاب سیزده طبقه منظم و نامنظم ۶۲

جدول ۳-۱۰- مشخصات آرماتورگذاری مقاطع ستونها ۶۲

جدول ۳-۱۱- مشخصات دینامیکی قابهای مورد مطالعه براساس آیین نامه ۲۸۰۰ ..... ۶۳

جدول ۳-۱۲- مشخصات رکوردهای لرزه ای ۶۳

فصل چهارم- اعمال روشهای تحلیلی روی قابها ۶۸

جدول ۴-۱- پارامترهای محاسبه شده برای قابهای مورد مطالعه از روش ضرایب تغییر مکان در FEMA-356 ..... ۷۱

جدول ۴-۲- تغییر مکان هدف برای قابهای مورد مطالعه از روش ضرایب تغییر مکان در FEMA-356 و FEMA-440 برحسب سانتی متر ۷۲

جدول ۴-۳- مشخصات دینامیکی قاب شش طبقه منظم برای روش MPA ۷۳

جدول ۴-۴- مشخصات دینامیکی قاب شش طبقه نامنظم برای روش MPA ۷۳

جدول ۴-۵- مشخصات دینامیکی قاب ده طبقه منظم برای روش MPA ۷۳

جدول ۴-۶- مشخصات دینامیکی قاب ده طبقه نامنظم برای روش MPA ۷۳

جدول ۴-۷- مشخصات دینامیکی قاب سیزده طبقه منظم برای روش MPA ۷۴

جدول ۴-۸- مشخصات دینامیکی قاب سیزده طبقه با یک دهانه عقب رفتگی در ارتفاع برای روش MPA ۷۴

جدول ۴-۹- مشخصات دینامیکی قاب سیزده طبقه با دو دهانه عقب رفتگی در ارتفاع برای روش MPA ۷۴

جدول ۴-۱۰- مشخصات دینامیکی سازه یکدرجه آزاد متناسب با هرمود برای قاب شش طبقه منظم... ۷۶

جدول ۴-۱۱- مشخصات دینامیکی سازه یکدرجه آزاد متناسب با هرمود برای قاب شش طبقه نامنظم ۷۶

جدول ۴-۱۲- مشخصات دینامیکی سازه یکدرجه آزاد متناسب با هرمود برای قاب ده طبقه منظم ۷۶

جدول ۴-۱۳- مشخصات دینامیکی سازه یکدرجه آزاد متناسب با هرمود برای قاب ده طبقه نامنظم ۷۷

جدول ۴-۱۴- مشخصات دینامیکی سازه یکدرجه آزاد متناسب با هرمود برای قاب سیزده طبقه منظم ۷۷

جدول ۴-۱۵- مشخصات دینامیکی سازه یکدرجه آزاد متناسب با هر مود برای قاب سیزده طبقه نامنظم با یک دهانه عقب رفتگی در ارتفاع ۷۷

جدول ۴-۱۶- مشخصات دینامیکی سازه یکدرجه آزاد متناسب با هر مود برای قاب سیزده طبقه نامنظم با دو دهانه عقب رفتگی در ارتفاع ۷۷

جدول ۴-۱۷- تغییرمکان نهائی قاب شش طبقه منظم برای روش MPA ۷۸

جدول ۴-۱۸- تغییرمکان نهائی قاب شش طبقه نامنظم برای روش MPA ۷۸

جدول ۴-۱۹- تغییرمکان نهائی قاب ده طبقه منظم برای روش MPA ۷۸

جدول ۴-۲۰- تغییرمکان نهائی قاب ده طبقه نامنظم برای روش MPA ۷۹
جدول ۴-۲۱- تغییرمکان نهائی قاب سیزده طبقه منظم برای روش MPA ۷۹
جدول ۴-۲۲- تغییرمکان نهائی قاب سیزده طبقه نامنظم با یک دهانه عقب رفتگی در ارتفاع بـرای روش MPA ۷۹
جدول ۴-۲۳- تغییرمکان نهائی قاب سیزده طبقه نامنظم با دو دهانه عقب رفتگی در ارتفاع برای روش MPA ۷۹

فصل پنجم- ارائه نتایج ۸۱

جدول ۵-۱- طبقه بندی معیار خرابی Park & Ang براساس آسیب های سازه‌ای ۸۳

فصل ششم- ارائه روش تحلیل پوش‌اور مودال ارتقاء یافته برای سطح عملکرد عدم فروریزش ۱۰۷

فصل هفتم- نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات برای تحقیقات آتی ۱۱۹

پیوست الف- میزان آرماتورهای تیرهای طبقات ۱۲۶

جدول پ-۱- میزان آرماتورهای تیرهای طبقات برای قاب شش طبقه منظم ۱۲۷
جدول پ-۲- میزان آرماتورهای تیرهای طبقات برای قاب شش طبقه نامنظم ۱۲۷
جدول پ-۳- میزان آرماتورهای تیرهای طبقات برای قاب ده طبقه منظم..... ۱۲۸
جدول پ-۴- میزان آرماتورهای تیرهای طبقات برای قاب ده طبقه نامنظم..... ۱۲۸
جدول پ-۵- میزان آرماتورهای تیرهای طبقات برای قاب سیزده طبقه منظم..... ۱۲۹
جدول پ-۶- میزان آرماتورهای تیرهای طبقات برای قاب سیزده طبقه نامنظم با یک دهانه عقب رفتگی در ارتفاع ۱۳۰
جدول پ-۷- میزان آرماتورهای تیرهای طبقات برای قاب سیزده طبقه نامنظم با دو دهانه عقب رفتگـی در ارتفاع ۱۳۱

فهرست اشکال

فصل اول- مقدمه ۲

فصل دوم- مروری بر انواع روشهای تحلیل لرزه ای ۸

شکل ۲-۱- سطوح عملکردی تعریف شده در FEMA-273 ..... ۱۰

شکل۲-۲- نمایش شماتیکی از مراحل انجام تحلیل پوش اور ۱۳

شکل۲-۳- نمونه ای از الگوی بار جانبی براساس مود اول ارتعاشی ۱۳

شکل۲-۴- نمونه ای از الگوی بار بشکل مثلث معکوس ۱۴

شکل۲-۵- نمونه ای از الگوی بار مستطیلی ۱۴

شکل۲-۶- نمونه ای از الگوی بار آیین نامه ای ۱۵

شکل۲-۷- نمایش شماتیکی از روش تحلیل پوش اور و رسم منحنی ظرفیت سازه ۱۷

شکل۲-۸- تبدیل طیف ظرفیت به طیف دو خطی ایده ال ۲۰

شکل۲-۹- طیف تقاضا و طیف تقاضای کاهش یافته براساس ضرایب کاهش طیفی ۲۲

شکل۲-۱۰- تلاقی طیف ظرفیت با طیف تقاضا در محل تغییر مکان هدف ۲۲

شکل۲-۱۱- نمایش نقطه ای عملکرد فرضی اولیه روی طیف ظرفیت ۲۳

شکل۲-۱۲- نمایشی از کل روش طیف ظرفیت در ATC-40 ..... ۲۴

شکل۲-۱۳- تبدیل منحنی ظرفیت بصورت دو خطی از روش FEMA-356 ..... ۲۶

شکل۲-۱۴- نمایش شماتیکی از روش ضرایب تغییر مکان در FEMA-356 ..... ۲۹

شکل۲-۱۵- نمایش شماتیکی از نحوه انجام تحلیل تاریخچه زمانی مودال را برای سیستم های چند درجه آزادی(MDOF) ۳۷

شکل۲-۱۶- تبدیل منحنی ظرفیت به منحنی ظرفیت سیستم یکدرجه آزاد معادل با رفتار غیر خطی ۴۰

شکل۲-۱۷- نمونه ای از الگوی توزیع بار مودی براساس روش MPA ۴۲

شکل۲-۱۸- تبدیل منحنی دوخطی سیستم چند درجه آزاد به سیستم یکدرجه آزاد معادل ۴۵

شکل۲-۱۹- الگوی بار روش پوش‌اور سازگار براساس برش طبقه ۵۳

فصل سوم- معرفی نرم افزار، قابها و شتابنگاشت ها ۵۴

شکل ۳-۱- منحنی تنش – کرنش بیان کننده خصوصیات فولاد و بتن ۵۵

شکل ۳-۲- قابهای مورد مطالعه ۵۸

شکل ۳-۳- تاریخچه زمانی شتابنگاشت ها ۶۳

شکل ۳-۴- مقایسه طیف پاسخ آیین نامه ۲۸۰۰ با طیف پاسخ میانگین حاصل از شتابنگاشت ها ۶۵

شکل ۳-۵- تاریخچه زمانی شتابنگاشت های مقیاس شده ۶۶

شکل ۳-۶- نمونه‌ای از طیف پاسخ تغییرمکان غیرالاستیک برای زمین لرزه های مورد استفاده ۶۷

فصل چهارم- اعمال روشهای تحلیلی روی مدلها ۶۸

شکل ۴-۱- منحنی ظرفیت و دوخطی ایده ال قاب سیزده طبقه منظم ۷۰

شکل ۴-۲- طیف پاسخ آیین نامه ۲۸۰۰ (شتاب طیفی – پریود) ۷۱

شکل ۴-۳- الگوی بارگذاری جانبی متناسب با هر مود برای روش MPA ۷۵

فصل پنجم- ارائه نتایج ۸۱

شکل ۵-۱- مقایسه پاسخ های لرزه‌ای برای قاب شش طبقه نامنظم ۸۴

شکل ۵-۲- پاسخ های تغییرمکان حداکثر طبقات برای قابهای مورد مطالعه در سطح عملکرد ایمنی جانی ۸۵

شکل ۵-۳- پاسخ های تغییرمکان حداکثر طبقات برای قابهای شش طبقه منظم و نامنظم در سطح عملکرد عدم فروریزش ۸۷

شکل ۵-۴- پاسخ های تغییرمکان حداکثر طبقات برای قابهای ده طبقه منظم و نامنظم در سطح عملکرد عدم فروریزش ۸۸

شکل ۵-۵- پاسخ های تغییرمکان حداکثر طبقات برای قابهای سیزده طبقه منظم و نامنظم در سطح عملکرد عدم فروریزش ۸۹

شکل ۵-۶- پاسخ های نسبت تغییرمکان نسبی طبقات برای قابهای مورد مطالعه در سطح عملکرد ایمنی جانی ۹۰

فهرست اشکال

شکل ۵-۷- پاسخ های نسبت تغییرمکان نسبی طبقات برای قابهای شش طبقه منظم و نـامنظم در سـطح عملکرد عدم فروریزش ۹۳

شکل ۵-۸- پاسخ های نسبت تغییرمکان نسبی طبقات برای قابهای ده طبقـه مـنظم و نـامنظم در سـطح عملکرد عدم فروریزش ۹۴

شکل ۵-۹- پاسخ های نسبت تغییرمکان نسبی طبقات برای قابهای سیزده طبقه منظم و نامنظم در سـطح عملکرد عدم فروریزش ۹۵

شکل ۵-۱۰- پاسخ های معیار خرابی تیرهای طبقات برای قابهای مورد مطالعه در سطح عملکرد ایمنـی جانی ۹۶

شکل ۵-۱۱- پاسخ های معیار خرابی تیرهای طبقات برای قابهای شش طبقه مـنظم و نـامنظم در سـطح عملکرد عدم فروریزش ۹۸

شکل ۵-۱۲- پاسخ های معیار خرابی تیرهای طبقات برای قابهـای ده طبقـه مـنظم و نـامنظم در سـطح عملکرد عدم فروریزش ۱۰۰

شکل ۵-۱۳- پاسخ های معیار خرابی تیرهای طبقات برای قابهای سیزده طبقه منظم و نـامنظم در سـطح عملکرد عدم فروریزش ۱۰۱

شکل ۵-۱۴- مکانیزم گسیختگی(تشکیل مفاصل پلاستیک) بدست‌آمـده از تحلیـل اسـتاتیکی غیرخطـی مودال برای قاب ده طبقه نامنظم ۱۰۲

شکل ۵-۱۵- مکانیزم گسیختگی(تشکیل مفاصل پلاستیک) بدست‌آمده از تحلیل دینامیکی غیرخطی برای قاب ده طبقه نامنظم ۱۰۳

شکل ۵-۱۶- مکانیزم گسیختگی(تشکیل مفاصل پلاستیک) بدست‌آمده از تحلیل استاتیکی غیرخطی رایج برای قاب ده طبقه نامنظم ۱۰۴

شکل ۵-۱۷- پاسخ‌های نسبت تغییرمکان نسبی طبقات برای قابهای مورد مطالعه تحت تحلیـل دینـامیکی غیرخطی ۱۰۵

شکل ۵-۱۸- تغییرمکان نسبی طبقات قابهای ۹ و ۲۰ طبقه، ارائه شده بوسیله چوپرا و گوئل ۱۰۶

فصل ششم- ارائه روش تحلیل پوش‌اور مودال ارتقاء یافته برای سطح عملکرد عدم فروریزش ۱۰۷

شکل ۶-۱- پاسخ‌های لرزه‌ای محاسبه شده برای قاب ده طبقه نامنظم برای تغییرمکانهای حداکثر انتخابی ۱۱۰

فهرست اشکال

شکل ۶-۲- پاسخ‌های لرزه‌ای محاسبه شده برای قاب ده طبقه نامنظم از روش پیشنهادی در محل دو برابر تغییرمکان هدف ۱۱۱
شکل۶-۳- پاسخ‌های لرزه‌ای برای قابهای شش طبقه مورد مطالعه ۱۱۲
شکل۶-۴- پاسخ های لرزه‌ای برای قابهای ده طبقه مورد مطالعه ۱۱۴
شکل۶-۵- پاسخ‌های لرزه‌ای برای قابهای سیزده طبقه مورد مطالعه ۱۱۵

فصل هفتم- نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات برای تحقیقات آتی ۱۱۹

پیوست الف- میزان آرماتورهای تیرهای طبقات ۱۲۶

شکل پ-۱- نحوه نامگذاری طبقات و شماره آکس‌ها..... ۱۲۶

چکیده

اگرچه سالهاست که از معرفی روشهای تحلیل استاتیکی غیرخطی به‌عنوان یک جایگزین ساده برای روش تحلیل دینامیکی غیرخطی می‌گذرد، اما هنوز در مورد صحت و سقم پاسخهای لرزه ای بدست آمده از این روش تردید وجود دارد. برخلاف روشهای رایج تحلیل استاتیکی غیرخطی که مهمترین ویژگی آنها سادگی روش می باشد، روش تحلیل دینامیکی غیرخطی بدلیل اینکه نیاز به در نظر گرفتن مجموعه ای از تحریک های زمین لرزه ای دارد بسیار پیچیده و وقتگیر می باشد. در روشهای رایج تحلیل استاتیکی غیرخطی سازه تحت الگوی بار جانبی از پیش تعریف شده قرار می گیرد و بار جانبی بطور افزایشی به سازه اعمال می شود تا سازه به تغییر مکان هدف برسد. فرض اساسی در روشهای تحلیل استاتیکی غیرخطی رایج این است که پاسخ سازه توسط مود اصلی آن کنترل می شود. این فرض در سازه های منظم و کم ارتفاع دقت قابل قبولی داشته، اما برای سازه های نامنظم و مرتفع، بدلیل مشارکت مودهای بالاتر سازه در پاسخ لرزه ای، جوابهای دقیقی را بدست نمی دهد. برای غلبه بر این مشکل روش تحلیل استاتیکی غیرخطی مودال[1] توسط تعدادی از محققین از جمله چوپرا و گوئل[2] ارائه شده است. این روش اثر مودهای بالاتر را در برآورد نیازهای لرزه‌ای سازه‌ها لحاظ می‌کند به این ترتیب که در تحلیل‌های مربوطه از الگوهای بارگذاری متناسب با هر مود بعنوان بارگذاری جانبی سازه استفاده شده و پاسخ سازه در هر مود با انجام تحلیل‌های پوش اور جداگانه بدست می‌آید. نهایتا، پاسخ مجموع سازه از ترکیب پاسخ های سازه در مودهای مختلف با استفاده از قاعده ترکیب مودال[3] محاسبه می‌شود. فرض اساسی در روش تحلیل استاتیکی غیرخطی مودال این است که در سازه های با رفتار غیر خطی، نیروی جانبی مقاوم فقط تابعی از مختصات مودی در همان مود بوده و مستقل از دیگر مودها می‌باشد. به بیان ساده تر، پاسخ های لرزه ای محاسبه در هر مود مستقل از دیگر مودها می باشد. در این تحقیق، پاسخ های لرزه‌ای قابهای بتن آرمه منظم و نامنظم در ارتفاع با استفاده از روشهای رایج تحلیل استاتیکی غیرخطی و روش تحلیل استاتیکی غیرخطی مودال محاسبه شده و ضمن مقایسه با یکدیگر با مقادیر متناظر بدست آمده از تحلیل دینامیکی غیرخطی نیز مقایسه می شوند. قابهای نامنظم مورد استفاده دارای نامنظمی از نوع عقب رفتگی در ارتفاع بوده که این عقب رفتگی تقریبا در میانه ارتفاع قابها اتفاق می افتد. معیارهای ارزیابی شامل جابجایی حداکثر طبقات، نسبت تغییرمکان نسبی طبقات و معیار خرابی طبقات می باشند. پس از مقایسه نتایج بدست آمده، یک روش پیشنهادی نیز ارائه شده که از الگوی بار جانبی متناسب با مودهای غیرالاستیک استفاده کرده است و باعث بهبودی در نتایج بدست آمده از روش تحلیل استاتیکی غیرخطی مودال شده است. در کل نتایج بدست آمده نشان می دهند که با استفاده از روش تحلیل استاتیکی غیرخطی مودال نتایج دقیقتری نسبت به روشهای رایج بدست می آید.

[1] Modal Pushover Analysis
[2] Chopra & Goel
[3] SRSS

فصل اول

مقدمه

۱-۱- پیشگفتار:

معمولا در آیین‌نامه‌ها برای ارزیابی و تحلیل لرزه‌ای سازه‌ها از روشهای خطی و استاتیکی معادل استفاده می‌شود، اما این روشها دارای ضعفهای زیادی می‌باشند. عدم در نظر گرفتن رفتار واقعی المان‌های سازه‌ای و عدم ثبت رفتار سازه در گام‌های میانی از عمده ضعف‌های این روش‌ها می‌باشد. بهمین منظور موجب شده‌است تا محققین و مهندسین تمایل به استفاده از روش‌های جدیدتر غیرخطی داشته باشند. همانطور که می‌دانیم روش‌های تحلیل دینامیکی غیرخطی بسیار وقت‌گیر بوده و نیاز به در نظر گرفتن مجموعه‌ای از تحریک‌های زمین دارد و در مجموع پیچیدگی های خاص خود را دارد ولی روش‌های تحلیل استاتیکی غیرخطی می‌توانند گزینه مناسبی جهت ارزیابی عملکرد سازه‌ها محسوب شوند.

روش پوش‌اور معمولی بعنوان اولین و ساده‌ترین روش تحلیل استاتیکی غیرخطی توانسته است جایگاه خوبی را در چندسال اخیر در میان روشهای مختلف به خود اختصاص دهد.استفاده از این روش (تحلیل استاتیکی غیر خطی) در مهندسی زلزله بکار Suzen وGolkan در سال ۱۹۷۴ برمی گردد[۱] که در آن یک سیستم یکدرجه آزاد معادل جهت بیان رفتار یک سازه چند درجه آزاد مورد استفاده قرار می گرفت.

در روش تحلیل پوش‌اور یک سازه تحت بار جانبی که متناسب با شکل مود غالب سازه (مود اول الاستیک) می باشد قرار می گیرد و این بار بطور افزایشی به سازه اعمال میشود تا سازه به تغییرمکان از پیش تعیین شده ای (تغییرمکان هدف) در نقطه کنترل کننده(که معمولا بام میباشد) برسد، سپس دراین تغییرمکان پاسخهای سازه را (تغییرمکان طبقات ، نسبت تغییرمکان نسبی بین طبقات،تنشهای اعضا و معیار خرابی) ثبت می کنیم.

بهر حال این روش علیرغم اینکه اخیرا گسترش زیادی پیدا کرده است ولی اصولا فاقد یک پشتوانه تئوریک قوی میباشد.عدم درنظرگیری مشارکت مودهای بالاتر و کاهش سختی بعد از تسلیم و نداشتن دلیل موجه برای در نظر گرفتن سیستم معادل یکدرجه آزاد از ضعفهای این روش محسوب میشود همچنین مقایسه جوابهای حاصله از تحلیل پوش اور با تحلیل غیرخطی تاریخچه زمانی حاکی از اختلاف این دو تحلیل دارد. برای از بین بردن این محدودیتها روش تحلیل استاتیکی غیرخطی مودال و روشهای تحلیلی جدیدی پیشنهاد شده اند که در این پایان نامه مورد بررسی قرار گرفته اند و برای تعیین دقت روشها ، نتایج این روشها با روش تحلیل دینامیکی غیرخطی بعنوان مبنا مورد مقایسه قرار گرفته اند. روش تحلیل استاتیکی غیرخطی مودال قادر است اثر مودهای بالاتر از مود اصلی را در پاسخ نهایی سازه لحاظ کند، لذا استفاده از این روش در ارزیابی لرزه ای ساختمانهای بلند و نامنظم در ارتفاع و پلان از اهمیت خاصی برخوردار است.

در این پایان نامه نیازهای لرزه ای قابهای بتن آرمه دوبعدی منظم و نامنظم در ارتفاع که دارای عقب رفتگی در ارتفاع[1] هستند از روش های مختلف تحلیل استاتیکی غیرخطی محاسبه شده و با مقادیر بدست آمده از روش تحلیل دینامیکی غیرخطی مقایسه گردیده‌اند.

۱-۲- محدودیت‌های روش تحلیل استاتیکی غیرخطی :

- در روش طیف ظرفیت[2] در ATC-40 که به اختصار روش CSM خوانده میشود، اثر مودهای بالاتر را در برآورد منحنی ظرفیت در نظر نمی گیرد، از اینرو پاسخهای لرزه ای غیرالاستیک موضعی یک سیستم چند درجه آزاد را نمی تواند بطور دقیق بدست آورد.
- ایجاد رابطه میان انرژی هیسترزیس مستهلک شده بعلت میرائی موثر ساختمان و انرژی هیسترزیس مستهلک شده بوسیله پاسخ ناشی از دامنه ماکزیمم تحریک زمین لرزه واقعی بسیار مشکل و وقت گیر است.
- خصوصیات هیسترزیس یک ساختمان به پریود طبیعی ساختمان خیلی حساس می باشد، بنابراین حضور کاهش سختی ،کاهش مقاومت ممکن است اثر قابل توجه روی تخمین پاسخهای لرزه ای غیرالاستیک داشته باشد.

۱-۳- نگاهی بر مطالعات گذشته:

در سالهای اخیر، ارزیابی رفتار لرزه‌ای سازه‌ها به کمک روشهای غیر خطی بطور گسترده مورد توجه قرار گرفته است. بطور کلی روشهای خطی را زمانی می توان بکار برد که سازه برای سطح زلزله پایینی طراحی شده

[1] setback
[2] capacity spectrum method

باشد و اعضای سازه ای در محدوده رفتار الاستیک خود باقی بمانند. در این موارد می توان به نتایج حاصل از روشهای خطی اعتماد کرد. اما بدون تردید، پاسخهای لرزه ای در سطوح عملکردی نظیر ایمنی جانی و عدم فروریزش احتیاج به در نظر گرفتن رفتار غیر خطی سازه دارد. در این موارد روشهای خطی قطعیت خود را از دست می دهند. بنابراین، روشهای طراحی براساس عملکرد با تحلیل غیر الاستیک می تواند بطور قابل توجهی سبب کاهش این هزینه ها و کاهش در صرف وقت شوند.

مطالعاتی در سالهای اخیر روی روشهای مختلف تحلیل استاتیکی غیر خطی مودال انجام شده است که به اختصار به آنها اشاره‌ای می‌کنیم و توضیح کاملتر آنها در فصل بعدی آمده است.

- {Sun-Pil Kim , Yahya C.Krama,2008}، در روش آنها از یک الگوی بار جانبی متناسب با جرم لرزه ای در تراز کف ها و بام استفاده شده است و نتایج حاصله را با روش تحلیل استاتیکی غیرخطی مودال مقایسه کرده است. مدلهای مورد مطالعه آنها، قابهای فولادی سه، نه و بیست طبقه منظم می باشند[۲] .
- {R.Tabatabaei , H.Saffari .M.J.Fadaee,2008}، از یک الگوی بار سازگار استفاده کرده اند که با تغییر در خصوصیات دینامیکی سازه، این الگوی بار دچار تغییر می شود. آنها روی رفتار کلی مدلهای قاب فولادی نه و سیزده طبقه مطالعه کرده اند و نتایج حاصل را با روشهای موجود در FEMA-273 و روش آنالیز دینامیکی غیر خطی مقایسه کرده اند[۳] .
- {F.R.Rofooei , N.K. Attari , A.Rasekh and A.H.Shodja,2007}، جهت بهبود در دقت روشهای استاتیکی غیر خطی موجود در FEMA-356 و ATC-40 از یک روش تحلیل استاتیکی غیر خطی سازگار مودال استفاده کرده‌اند. سه مدل قاب خمشی فولادی ۱۰، ۱۵ و ۲۰ طبقه مورد بررسی قرار گرفته و با نتایج تحلیل استاتیکی غیر خطی موجود درFEMA-356 با الگوهای بار متفاوت مقایسه شده است[۴] . از نتایج این مطالعه این است که گرچه روش پیشنهادی آنها، دقت روشهای موجود در FEMA-356 را بهبود می بخشد اما این روش نمی تواند برای سازه های بلند مرتبه جایگزین روش تحلیل تاریخچه زمانی باشد.
- {Tysh Shang Jan , Ming Wei Liu , Ying Chieh Kao,2003}، به ارائه روش پوش اور حدبالا پرداخته اند که در روش آنها از یک الگوی بار براساس ترکیبی از شکل مود اول و ضریبی از شکل مود دوم استفاده شده است. قابهای مورد مطالعه، قابهای ۲ تا ۳۰ طبقه می باشند که تحت تحلیل‌های پوش‌اور با الگوی بار مثلث، تحلیل دینامیکی غیرخطی و تحلیل استاتیکی غیرخطی مودال قرار گرفته‌اند. از نتایج مطالعه آنها اینست که، روش پیشنهادی برای سازه های بلند مرتبه که اثر مودهای بالاتر ارتعاشی روی پاسخ دینامیکی بیشتر است پاسخهای منطقی‌تری می‌دهد[۵] .