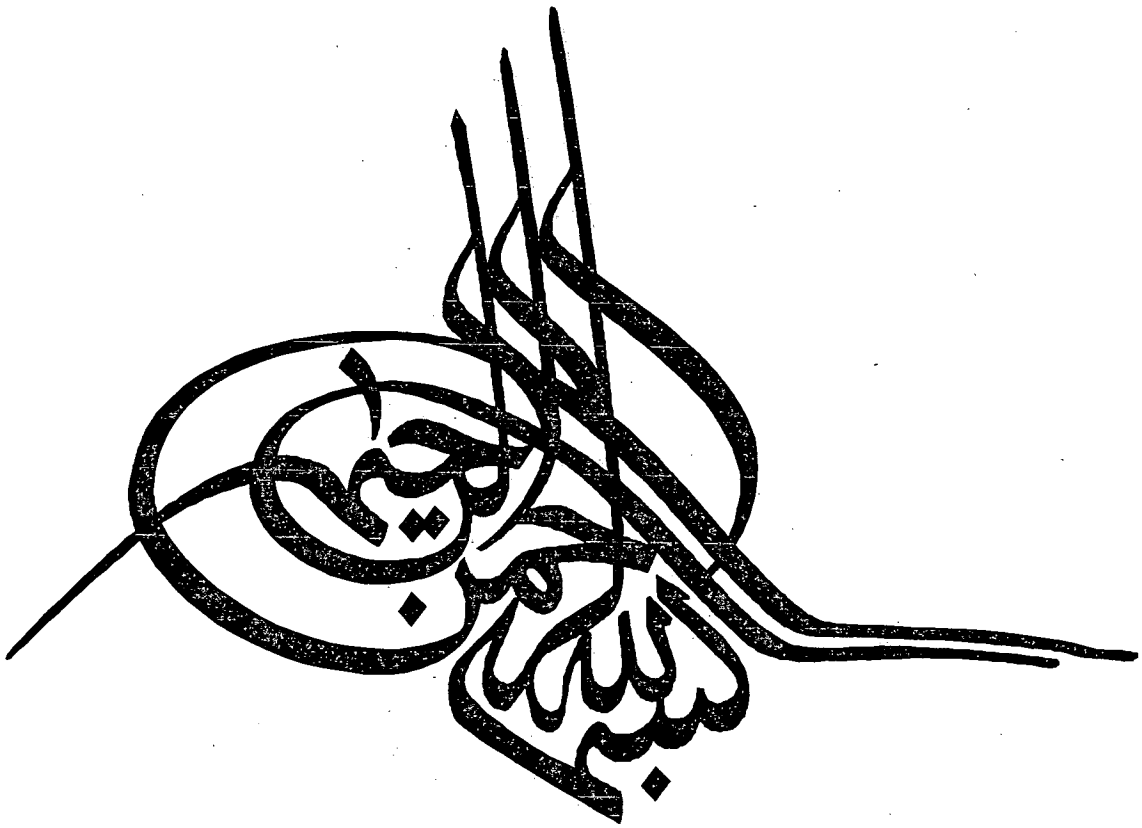

١٤٤٢٣٧-٢٠١٣٤٦٦

دانشگاه تبریز

دانشکده: **مهندسی عمران**

گروه : **سازه**

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته: **مهندسی زلزله**

عنوان :

اعمال اثر مودهای پیچشی به روش ساده در روش تحلیل استاتیکی غیرخطی سازه ها

استاد راهنما:

دکتر حسین غفارزاده

استاد مشاور :

دکتربهمن فرهمندآذر ۲ ۱۳۸۹/۸/

پژوهشگر :

آناهیتا اسلام پور

زمستان-۱۳۸۸

مرکز اطلاعات علمی و منابع
قسمت مدارک

۱۴۴۲۳۷

تقدیم به:

خانواده عزیزم و کلیه دوستانی که مرا در این راه یاری نمودند.

نام خانوادگی دانشجو: اسلام پور **نام**: آناهیتا

عنوان پایان نامه: اعمال اثر مودهای پیچشی به روش ساده در روش تحلیل استاتیکی غیرخطی سازه ها

استاد راهنما: جناب آقای دکتر حسین غفارزاده

استاد مشاور: جناب آقای دکتر بهمن فرهمندآذر

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته**: عمران **گرایش**: مهندسی زلزله **دانشگاه**: تبریز

دانشکده: مهندسی عمران **تاریخ فارغ التحصیلی**: ۱۳۸۸/۱۱/۱۲ **تعداد صفحه**: ۱۲۷

کلید واژه ها: آنالیز پوش اور،آنالیز دینامیکی غیر خطی،پیچش،قاب خمشی بتنی

چکیده:

نتایج روش های تحلیل استاتیکی غیر خطی موسوم به تحلیل های پوش اور در تخمین پاسخ لرزه ای سازه های با پلان نامنظم همراه با خطاهای زیادی هستند، بطوریکه این روشها نمی توانند اثرات ناشی از دوران های پیچشی و نیز مودهای بالا را در طراحی لرزه ای سازه ها بطور دقیق ارزیابی کنند. در سالهای اخیر تلاش های زیادی در جهت اصلاح روش پوش اورکلاسیک صورت گرفته است، روشهایی نظیر روش تحلیل پوش اور مودال، روش تحلیل پوش اور ادپتیو و روش تحلیل تاریخچه زمانی که بوجود آمده اند تا حدودی از کاستی های روش تحلیل پوش اور بکاهند، ولی بکارگیری این روشها نیز مستلزم استفاده از نرم افزارها و ابزارهای پیشرفته می باشند. در این پژوهش با استفاده از نرم افزار SAP2000 که در عین ساده وکاربردی بودن آن، نرم افزار پیشرفته ای برای تحلیل های غیر خطی می باشد، روشهای متداول در آنالیز و طراحی لرزه ای سازه های تحت پیچش بررسی شده و روشی ساده جهت در نظر گرفتن آثار پیچش درتحلیل های پوش اور معمولی بدون انجام تحلیل های تاریخچه زمانی که بسیار وقت گیر و پرهزینه می باشند ارائه می گردد.

فهرست مطالب

صفحه

فصل اول – مقدمه و چارچوب پایان‌نامه ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- هدف پایان‌نامه ۹

۱-۳- چارچوب پایان‌نامه ۱۰

فصل دوم - پیشینه تحقیقاتی ۱۱

فصل سوم- روشهای تحلیل پوش‌اور سازه‌های نامنظم تحت پیچش ۲۳

۳-۱- مقدمه ۲۴

۳-۲- نامنظمی سازه‌ها در پلان ۲۵

۳-۲-۱- کلیات ۲۵

۳-۲-۲- تعاریف نامنظمی از دیدگاه آیین‌نامه‌های مختلف ۲۶

۳-۲-۲-۱- آیین‌نامه لرزه‌ای ۲۸۰۰ ایران ۲۶

۳-۲-۲-۲-آیین نامه اروپایی ، EUROCODE ۲۷

۳-۲-۲-۳- آیین‌نامه (1997) UBC ۲۸

۳-۳- پیچش ۲۸

۳-۳-۱-پیچش واقعی ۲۸

۳-۳-۲- پیچش تصادفی ۲۹

۳-۳-۳- ملاحظات خاص پیچشی ۳۱

۳ -۳-۴-دسته‌بندی دیافراگم‌ها ۳۱

۳-۳-۵- ملاحظات خاص مدل‌سازی ۳۲

۳-۴- روشهای تحلیل پوش‌اور با در نظرگرفتن اثرات مودهای بالاتر ۳۳

- مقدمه ۳۳

۳-۴-۱- اصول روش پوش‌اور معمولی ۳۴

۳-۴-۱-۱- کلیات ۳۴

۳-۴-۱-۲- تغییرمکان هدف ۳۸

۳-۴-۱-۲-۱- روش طیف ظرفیت ۳۹

۳-۴-۱-۲-۲-روش ضریب تغییرمکان ۴۰

۳-۴-۱-۲-۳- روش N_2 ۴۲

۳-۴-۱-۳- الگوی بارگذاری جانبی ۴۴

۳-۴-۱-۳-۱- توزیع بار ثابت ۴۴

۳-۴-۱-۳-۲- توزیع بار متغیر ۴۶

۳-۴-۲- پوش‌اور مودال ۴۶

۳-۴-۲- ۱- پاسخ سیستم غیرالاستیک ۴۹

۳-۴-۲-۲- تحلیل تاریخچه پاسخ مودال غیروابسته ۴۷

۳-۴-۲-۳- خاص مود n ام سیستم یک درجه آزادی غیرالاستیک ۵۰

۳-۴-۲-۴- خلاصه روش تحلیل تاریخچه پاسخ مودال غیروابسته ۵۱

۳-۴-۲-۵- روش تحلیل پوش‌اور مودال ۵۲

۳-۴-۳- روش پوش‌اور ادپیتو ۵۴

۳-۴-۳-۱- روش پوش‌اور ادپیتو مبتنی بر نیرو (FAP) ۵۴

۳-۴-۳-۲- روش پوش‌اور ادپیتو مبتنی بر جابجایی (DAP) ۵۸

فصل چهارم- مواد و روشها ۶۲

۴-۱- مقدمه ۶۳

۴-۲- مشخصات مدل مورد مطالعه ۶۳

۴-۲-۱- کلیات ۶۳

۴-۲-۲- مصالح مصرفی ۶۵
۴-۲-۳- بارگذاری ۶۶
۴-۲-۳-۱- بارگذاری ثقلی ۶۶
۴-۲-۳-۲- بارگذاری جانبی ۶۶
۴-۳- تحلیل سازه توسط نرم افزار SAP2000 ۶۸
۴-۳-۱- تحلیل استاتیکی خطی و طراحی مقاطع ۶۸
۴-۳-۲- تحلیل‌های استاتیکی غیرخطی، پوش‌اور ۷۶
۴-۳-۳- تحلیل دینامیکی غیرخطی ۸۰
۴-۳-۳-۱- ماتریس میرایی ۸۱
۴-۳-۳-۲- انتخاب و اصلاح شتاب نگاشت برای تحلیل‌های تاریخچه زمانی ۸۲
۴-۳-۳-۳- رکوردهای انتخاب شده برای انجام تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی ۸۳
۴-۳-۳-۴- اصلاح رکوردهای انتخاب شده ۸۴
۴-۳-۳-۵- طیف‌های پاسخ شبه شتاب رکوردهای اصلاح شده ۸۷
- فلوچارت روند انجام کار ۹۲
فصل پنجم- مقایسه نتایج تحلیل پوش‌اور و تحلیل تاریخچه زمانی تحت خروج از مرکزیت‌های مختلف و یافتن روشی جهت اعمال مود پیچشی ۹۳
مقدمه ۹۴
۵-۱- سازه های با پلان منظم ۹۴
۵-۱-۱- نتایج بدست آمده از تحلیل‌های پوش اور و تاریخچه زمانی و مقایسه آنها ۹۴
۵-۱-۲- اصلاح نتایج تحلیل های پوش اور ۱۰۰
۵-۱-۳- ارایه روشی ساده جهت اعمال مود پیچشی ۱۰۷
۵-۱-۴- ارایه روشی ساده جهت بدست آوردن ضریب η ۱۱۰

۵-۲- سازه‌های با پلان نامنظم ۱۱۳
۵-۳- بحث و نتیجه گیری ۱۲۲
۵-۳-۱- سازه با پلان منظم و ایجاد خروج از مرکزیت‌های صفر تا ۳۰ درصدی ۱۲۲
۵ -۳-۲- سازه با پلان نامنظم ۱۲۳
۵-۴- پیشنهادات ۱۲۴
منابع ۱۲۶

فهرست جداول

صفحه

جدول ۴-۱- مشخصات مصالح مصرفی در مدل سازه‌ای ۶۵

جدول ۴-۲- پارامترهای بارگذاری جانبی ۶۷

جدول ۴-۳- توزیع نیروی جانبی در ارتفاع ۶۷

جدول ۴-۴- مقطع ستونها ۶۹

جدول ۴-۵- مقطع تیرها ۷۰

جدول ۴-۶- شکل مودی دو موداول مدل سازه‌ای ۷۵

جدول ۴-۷- جرم طبقات مدل سازه‌ای ۸۰

جدول ۴-۸- مشخصات رکوردهای انتخاب شده ۸۴

جدول ۵-۱- تغییرمکان مرکز جرم بام در حالت رفت ۹۶

جدول ۵-۲- تغییرمکان حداکثر بام در حالت رفت ۹۶

جدول ۵-۳- پارامتر η در حالت رفت ۹۶

جدول ۵-۴- تغییرمکان مرکز جرم بام در حالت برگشت ۹۷

جدول ۵-۵- تغییرمکان حداکثر بام در حالت برگشت ۹۷

جدول ۵-۶- پارامتر η در حالت برگشت ۹۷

جدول ۵-۷- حداکثر مقدار تغییرمکان مرکز جرم بام ۹۸

جدول ۵-۸- حداکثر مقدار تغییرمکان بام ۹۸

جدول ۵-۹- حداکثر مقدار پارامتر η ۹۸

جدول ۵-۱۰- تغییرمکان هدف برای اصلاح تحلیل های پوش اور (مرکز جرم بام تحلیل‌های دینامیکی تحلیل‌های دینامیکی) ۱۰۲

جدول ۵-۱۱- تغییر مکان حداکثر بام از تحلیل‌های پوش‌اور اصلاح شده ۱۰۲

جدول ۵-۱۲- نسبت تغییرمکان حداکثر بام از تحلیل‌های دینامیکی و تحلیل‌های پوش‌اور اصلاح شده ۱۰۲

جدول ۵-۱۳- نسبت افزایش تغییرمکان ماکزیمم به ازای افزایش خروج از مرکزیت (s) در تحلیل های پوش اور ۱۰۳

جدول ۵-۱۴- میزان افزایش تغییرمکان ماکزیمم نسبت به حالت بدون خروج از مرکزیت ۱۰۳

جدول ۵-۱۵- - میزان خروج از مرکزیت اعمالی به هر فایل جهت رسیدن به نتایج آنالیز دینامیکی غیرخطی ۱۰۸

جدول ۵-۱۶- میزان خروج از مرکزیت اعمالی به هر فایل جهت رسیدن به نتایج آنالیز دینامیکی غیرخطی ۱۰۸

جدول ۵-۱۷- حداکثر مقدار پارامتر η ۱۱۱

جدول ۵-۱۸- حداکثر مقدار پارامتر η با پلان نا منظم ۱۱۷

جدول ۵-۱۹- حداکثر مقدار تغییرمکان مرکز جرم بام با پلان نامنظم ۱۱۷

جدول ۵-۲۰- حداکثر مقدار تغییرمکان بام با پلان نامنظم ۱۱۷

جدول ۵-۲۱- حداکثر مقدار پارامتر η در حالت ایجاد خروج از مرکزیت دستی ۱۱۸

جدول ۵-۲۲- حداکثر مقدار تغییرمکان مرکز جرم بام در حالت ایجاد خروج از مرکزیت دستی ۱۱۸

جدول ۵-۲۳- حداکثر مقدار تغییرمکان بام در حالت ایجاد خروج از مرکزیت دستی ۱۱۸

جدول۵ -۲۴- نسبت حداکثرهای مقادیر پارامتر η در هر دو حالت ۱۱۹

جدول ۵-۲۵- نسبت حداکثرهای مقادیر تغییرمکان بام در هر دو حالت ۱۱۹

فهرست شکل‌ها

صفحه

شکل ۳-۱- نمایش گرافیکی لنگر پیچشی بوجود آمده از خروج از مرکزیت مرکز جرم نسبت به مرکز سختی ۳۰

شکل۳-۲- منحنی پوش سیستم چند درجه آزاد و یک‌درجه آزاد معادل Alvarez-Botero و Lopez-Menjivar ۳۶

شکل ۳-۳- منحنی پوش سیستم یک‌درجه آزاد معادل و دوخطی Alvarez-Botero و Lopez-Menjivar (۲۰۰۴) ۳۷

شکل ۳-۴- شرح مفهومی تحلیل تاریخچه پاسخ مودال غیر وابسته سیستمهای MDF غیر الاستیک ۵۰

شکل ۳-۵- خواص مود n ام سیستم SDOF غیر الاستیک از منحنی پوش‌اور ۵۱

شکل ۳-۶- نمایش گرافیکی محاسبه بردار نیرو در هر گام ۵۸

شکل ۴-۱ – شکل سه بعدی سازه بتنی ۶۴

شکل ۴-۲- پلان سازه بتنی ۶۴

شکل ۴-۳- ابعاد تیرها و ستونها در قاب کناری ۶۵

شکل ۴-۴- نتایج طراحی قاب محور (۱) ۷۲

شکل ۴-۵- نتایج طراحی قاب محور (۲) ۷۲

شکل ۴-۶- نتایج طراحی قاب محور (۳) ۷۳

شکل ۴-۷- نتایج طراحی قاب محور (A) ۷۳

شکل ۴-۸- نتایج طراحی قاب محور (B) ۷۴

شکل ۴-۹- نتایج طراحی قاب محور(C) ۷۴

شکل ۴-۱۰- منحنی نیرو- تغییرمکان مفاصل ۷۸

شکل ۴-۱۱- شتاب‌نگاشت اصلاح شده رکورد Eq-1، Loma Prieta(1028 Hollister City Hall) ۸۵

شکل ۴-۱۲- شتاب‌نگاشت اصلاح شده رکورد Eq-2، Loma Prieta(Gilroy Array #2) ۸۵

شکل ۴-۱۳- شتاب‌نگاشت اصلاح شده رکورد Eq-3، Landers(Joshua Tree) ۸۵

شکل ۴-۱۴- شتاب‌نگاشت اصلاح شده رکورد Eq-4، Landers(Barstow) ۸۵

شکل ۴-۱۵- شتاب‌نگاشت اصلاح شده رکورد Eq-5، Imperial Valley(El Centro Array #9) ۸۶

شکل ۴-۱۶- شتاب‌نگاشت اصلاح شده رکورد Eq-6، Imperial Valley(El Centro Array #12) ۸۶

شکل ۴-۱۷- شتاب‌نگاشت اصلاح شده رکورد Eq-7، San Fernando(135 LA Hollywood Stor Lot) ۸۶
شکل ۴-۱۸- شتاب‌نگاشت اصلاح شده رکورد Eq-8، Northridge(La Hollywood Storage FF) ۸۶
شکل ۴-۱۹- طیف شبه شتاب اصلاح شده Eq-1، Loma Prieta(1028 Hollister City Hall) ۸۸
شکل ۴-۲۰- طیف شبه شتاب اصلاح شده Eq-2، Loma Prieta(Gilroy Array #2) ۸۸
شکل ۴-۲۱- طیف شبه شتاب اصلاح شده Eq-3، Landers(Joshua Tree) ۸۹
شکل ۴-۲۲- طیف شبه شتاب اصلاح شده Eq-4، Landers(Barstow) ۸۹
شکل ۴-۲۳- طیف شبه شتاب اصلاح شده Eq-5، Imperial Valley(El Centro Array #9) ۹۰
شکل ۴-۲۴- طیف شبه شتاب اصلاح شده Eq-6، Imperial Valley(El Centro Array #12) ۹۰
شکل ۴-۲۵- طیف شبه شتاب اصلاح شده Eq-7، San Fernando(135 LA Hollywood Stor Lot) ۹۱
شکل ۴-۲۶- طیف شبه شتاب‌آلود اصلاح شده Eq-8، Northridge(La Hollywood Storage FF) ۹۱
شکل ۵-۱- منحنی حداکثر تغییرمکان مرکز جرم بام در برابر میزان خروج از مرکزیت بدست آمده از تحلیل‌های استاتیکی غیرخطی و تاریخچه زمانی ۹۹
شکل ۵-۲- منحنی حداکثر پارامتر η در برابر میزان خروج از مرکزیت بدست آمده از تحلیل‌های استاتیکی غیرخطی و تاریخچه زمانی ۹۹
شکل ۵-۳- منحنی تغییرمکان هدف برای اصلاح تحلیل‌های پوش‌اور (تغییر مکان مرکز جرم بام تحلیل‌های دینامیکی) ۱۰۴
شکل ۵-۴- منحنی تغییرمکان حداکثر بام از تحلیل‌های پوش‌اور اصلاح شده ۱۰۴
شکل ۵-۵- منحنی نسبت تغییرمکان حداکثر بام از تحلیل‌های دینامیکی و تحلیل‌های پوش‌اور اصلاح شده ۱۰۵
شکل ۵-۶- منحنی نسبت افزایش تغییرمکان ماکزیمم به ازای افزایش درصد خروج از مرکزیت ۱۰۵
شکل ۵-۷- منحنی میزان افزایش تغییرمکان ماکزیمم ۱۰۶
شکل ۵-۸- منحنی میزان خروج از مرکزیت افزایش یافته جهت رسیدن به نتایج آنالیز دینامیکی غیر خطی ۱۰۹
شکل ۵-۹- منحنی میزان خروج از مرکزیت اعمالی به هر فایل جهت رسیدن به نتایج آنالیز دینامیکی غیرخطی ۱۰۹
شکل ۵-۱۰- منحنی حداکثر پارامتر η برای آنالیزهای پوش اور اصلاح شده ۱۱۱
شکل ۵-۱۱- میانگین منحنی ها جهت تعیین مقدار پارامتر η به ازای خروج از مرکزیت های مختلف ۱۱۲
شکل ۵-۱۲- قاب با پلان نا منظم (خروج از مرکزیت ۱۰ درصدی) ۱۱۵
شکل ۵-۱۳- قاب با پلان نا منظم (خروج از مرکزیت ۲۰ درصدی) ۱۱۵

شکل ۵-۱۴- قاب با پلان نا منظم (خروج از مرکزیت ۳۰ درصدی) ۱۱۶

شکل ۵-۱۵- منحنی تغییر مکان حداکثر بام با پلان نا منظم ۱۲۰

شکل ۵-۱۶- منحنی های حداکثر پارامتر η با پلان نا منظم ۱۲۰

شکل ۵-۱۷- نسبت حداکثرهای مقادیر تغییرمکان بام در هر دو حالت پلان منظم و نا منظم ۱۲۱

شکل ۵-۱۸- نسبت حداکثرهای مقادیر پارامتر η درهر دوحالت پلان منظم و نا منظم ۱۲۱

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

در سال‌های اخیر نیاز به مدل‌سازی سه بعدی سازه‌ها جهت ملحوظ کردن اثرات پیچش به مراتب بیشتر از قبل در جامعه مهندسین مطرح شده است. این نیاز بخصوص در هنگام زلزله‌های شدید که خرابی در سازه‌های نامنظم بیشتر تحت اثرات مودهای پیچشی قرار دارد، به میزان بالایی قابل لمس می‌باشد. پیچش در ساختمانها عموماً دراثر نامنظمی پلان سازه و عدم انطباق مرکز جرم و مرکز سختی اتفاق می‌افتد که این خروج از مرکزیت ممکن است یک‌جهته (یک‌بعدی) و یا دوجهته (دوبعدی) باشد. این نامنظمی در توزیع جرم و سختی،در ظرفیت و تقاضای لرزه‌ای ساختمان تاثیرگذار خواهد بود.

روش‌های تحلیل ارتجاعی کنونی براساس فرض رفتار خطی برای سازه‌ها استوار می‌باشند.این بدین معنی است که در اثر نیروهای ناشی از زلزله تنش‌ها در هیچ نقطه‌ای از سازه از تنش تسلیم تجاوز نمی کند.همچنین تغییر شکل‌ها و تغییر مکان‌های سازه طوری محدود می شوند که تغییرات هندسه ساختمان از حد معینی تجاوز نکند. لیکن طرح ساختمان‌ها براساس فرضیات مزبور برای زلزله‌های بزرگ که احتمال می‌رود در طول عمر مفید ساختمان فقط یک بار رخ دهد، اقتصادی نمی‌باشد.

هنگامی که سازه‌ای تحت تأثیر زلزله شدیدی قرار می‌گیرد تنش‌ها در آن از حد تسلیم تجاوز می‌کند، تا جایی که می‌توان گفت زلزله‌ای با شدت متوسط در ساختمانی که براساس آئین‌نامه‌های متداول طرح شده‌است، تنش‌هایی فراتر از تنش‌های مجاز ایجاد خواهد کرد. بنابراین می‌توان انتظار داشت ساختمانهایی که براساس آئین‌نامه زلزله طرح شده‌اند حتی در زلزله‌هایی با شدت متوسط نیز دچار صدمه شوند. از این‌رو ضرورت استفاده از روشهای تحلیلی غیرخطی برای پیش‌بینی عملکرد ساختمان‌ها در مقابل زلزله احساس می‌شود. در روشهای غیرخطی نیروهای داخلی اعضاء به واسطه رفتار غیرخطی آنها برآورد می‌گردد، به همین جهت نتایج نسبت به روشهای تحلیل خطی دارای دقت بیشتری است.

امروزه دیگر در طراحی لرزه‌ای سازه‌های مدرن که عموماً دارای شکلی پیچیده بوده و تحت بارهای عظیمی قرار دارند، استفاده از روشهای معمول قدیم مانند تحلیلهای استاتیکی معادل و تحلیلهای طیفی مودال، مرسوم نمی‌باشد. از سوی دیگر به دلیل پیشرفت روشهای محاسباتی و ضوابط آئین‌نامه‌های طراحی موجود، روشهای تاریخچه زمانی غیرخطی به عنوان یک ابزار عملی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

واقعی‌ترین ارزیابی محاسبه تغییر شکل‌ها و نیروها در سازه‌ها با استفاده از تحلیل تاریخچه زمانی غیر ارتجاعی انجام می‌پذیرد. در این تحلیل باید از موارد زیر اطمینان حاصل کرد:

۱) رکورد زلزله مناسب با شرایط ساختگاه و سطح خطر منطقه با اطمینان مشخص انتخاب شود.

۲) مدل سازه‌ای واقع گرایانه باشد.

۳) مدل چرخه‌ای نیرو ـ تغییرشکل هر المان سازه‌ای نشانگر رفتار واقعی آن باشد.

۴) روش‌های تحلیل و تفسیر نتایج قابل اعتماد باشند.

۵) شناسایی مدها و در نتیجه خرابی اجزا و المان‌ها نیز واقع‌گرایانه باشد.

اگرچه بین محققان توافق زیادی وجود دارد که تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیرخطی بیشترین پتانسیل را برای ارزیابی دقیق عملکرد سازه‌های طراحی شده دارد، ولی با توجه به اینکه این روش هنوز به اندازه کافی برای کاربرد در طراحی‌های عمومی تکامل نیافته است و همچنین در تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیر خطی مدلسازی و محاسبات بسیار پیچیده و وقت گیر است، بخصوص که این روش نیازمند اطلاعات تاریحچه زمانی حرکات زمین و همچنین تعیین رفتار هیسترزیس دقیق اعضای سازه می‌باشد که براحتی قابل پیش‌بینی نیست.بنابر این برای بسیاری از سازه‌های معمول با توزیع جرم و سختی یکنواخت در پلان و ارتفاع، استفاده از این روش معقول نمی‌باشد به همین جهت روشهای تقریبی و ساده تری مانند تحلیل استاتیکی غیرخطی که کاربرد عملی بیشتری دارند توجه هر دو گروه مهندسین تجربی و مهندسین زلزله را جلب کرده است.

در سال‌های اخیر روش تحلیلی استاتیکی غیرخطی در میان مهندسین طراح جایگاه خوبی را برای خود بازکرده است. هدف روش تحلیل استاتیکی غیرخطی و به عبارتی تحلیل پوش اور(Pushover)، ارزیابی عملکرد سازه از طریق تخمین ظرفیت مقاومت و تغییرشکل سازه با استفاده از تحلیل استاتیکی غیرخطی و مقایسه این ظرفیتها با میزان تقاضای سازه در سطح عملکردی مورد نظر می‌باشد.

تحلیل استاتیکی غیرخطی روشی است که هم اثر رفتار غیرخطی مصالح و المانها را در تحلیل لحاظ می‌کند و هم نسبت به تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیرخطی بسیار سریع و ساده‌تر است. از طرفی با وجود نرم افزارهای تحلیل سازه معمول امکان انجام این نوع تحلیل‌ها به سادگی فراهم شده و امکان کنترل نتایج و بررسی خطاهای احتمالی در هر مرحله از تحلیل وجود دارد.

روش تحلیل استاتیکی غیرخطی برای مدل سازی دو بعدی از سازه‌ها به کار برده می‌شود، که می‌تواند بسیاری از نیازهای تحلیلی را برآورده سازد. در تحلیل پوش اور، سازه تحت یک الگوی بارگذاری جانبی از پیش تعیین شده قرار گرفته و به صورت استاتیکی تا رسیدن به تغییر مکان هدف متناظر با عملکرد مورد نظر بارگذاری می‌شود. تغییرمکان هدف نشانگر تغییرمکان مورد انتظار کل سازه تحت زلزله طراحی متناظر با سطح عملکرد انتخابی است.

در این روش از یک الگوی بارگذاری جانبی که سعی در شبیه سازی نیروهای اینرسی به وجود آمده در جرم سازه در طول یک زلزله را دارد، استفاده می‌شود. با اعمال این بارهای جانبی به سازه، تا رسیدن به تغییر شکل مورد انتظار در زلزله طرح افزایشی تدریجی بار صورت می‌گیرد. در نهایت نیروها و تغییر شکلهای به وجود آمده در تغییر مکان هدف، می‌تواند به عنوان تقاضای نیروها و تغییر شکلها در زلزله مورد نظر به حساب آید و با ظرفیتهای موجود در سازه مقایسه شود که در صورت کافی نبودن ظرفیتهای موجود سازه، باید طرح را اصلاح کرد.

یکی از دستاوردهای این روش، منحنی ظرفیت سازه است که برش پایه در مراحل مختلف تحلیل را در برابر تغییر مکان مرکز جرم بام ارائه می‌نماید که از این منحنی رفتار سازه و شکل

پذیری سازه مشخص است و برای تعیین تغییرمکان هدف کاربرد دارد. این منحنی به دو روش قابل رسم است:

الف- روش کنترل نیرو: در این روش بار گذاری جانبی تا مرحله‌ای ادامه می‌یابد که سازه به مکانیزم تبدیل شود. این روش هنگامی باید مورد استفاده قرار گیرد که مقدار بار مشخص بوده (همانند بار ثقلی) و سازه قادر به تحمل بارهای وارده باشد.

ب- روش کنترل تغییر مکان: در این روش بارگذاری مرحله‌ای تا رسیدن سازه به یک معیار تغییرمکانی ادامه می‌یابد، این روش هنگامی مورد استفاده قرار می‌گیرد که تغییر مکان نسبی طبقات مشخص باشد، شدت بار اعمال شده در آینده مشخص نباشد و یا انتظار کاهش مقاومت سازه و یا ناپایداری برود.

نتایج کلی این تحلیل برای ارزیابی عملکرد مورد انتظار یک سیستم سازه‌ای با تخمین نیازهای مقاومت و تغییر شکل آن در زلزله طرح و مقایسه این نیازها با ظرفیتهای مورد نیاز در سطوح عملکرد مختلف، مورد استفاده قرار می‌گیرند. این ارزیابی توسط پارامترهای مهم عملکرد، از قبیل تغییر شکل کلی سازه، تغییر شکل‌های بین طبقه‌ای، تغییر شکل غیرخطی اعضاء، تغییر شکل بین المان‌ها و نیروهای اتصالات انجام می‌پذیرد.

از روش غیرخطی استاتیکی می‌توان برای رسیدن به دید مناسبی از رفتار واقعی سازه استفاده کرد. روش استاتیکی غیر خطی نسبت به روش استاتیکی خطی که در سالهای اخیر بسیار مورد استفاده قرار گرفته است دارای مزیتهای قابل توجهی است، البته درکنار این مزیتها به دلیل ماهیت و فرضهای اصلی آن، روش مذکور دارای محدودیتهایی در برآورد رفتار لرزه‌ای برخی سازه‌ها می‌باشد. مهمترین مزیتهای روش تحلیل استاتیکی غیر خطی عبارتند از:

الف- در روش استاتیکی خطی طراحی بر اساس نیرو انجام می‌گیرد، اما روش استاتیکی غیرخطی طراحی را بر مبنای عملکرد سازه و جابجایی و تغییر شکلها انجام می‌دهد.

ب- در روش استاتیکی خطی از پارامتر ضریب رفتار (R) برای کاهش نیروهای واقعی ناشی از زلزله و اعمال آنها بر سازه استفاده می‌شود. اما اگر دو ساختمان کاملاً متفاوت و با سیستم سازه‌ای یکسان تحت مطالعه دقیق قرار گیرند معلوم خواهد شد به جهت عملکردهای متفاوت سازه‌ای ناشی از مسائلی چون پیکربندی، ارتفاع سازه، توزیع نیرو و ... ساختمانها دارای سطوح خرابی متفاوتی خواهند بود که این نقص فلسفه طراحی بر اساس خطر یکنواخت در ساختمانها با سیستم سازه‌ای یکسان است. در روش استاتیکی غیر خطی از پارامتر ضریب رفتار استفاده نشده و با اعمال نیروهای جانبی، ساختمان تا رسیدن به یکی از حالتهای حدی تحلیل می‌شود.

پ- تحلیل پوش اور باعث می‌شود طراح با رفتار سازه در ورای حد ارتجاعی آشنا شده و با اصلاح رفتار سازه باعث بهبود رفتار لرزه‌ای سازه هنگام پاسخهای غیرخطی گردد.

ت-مفاصل پلاستیکی نقاطی هستند که تنش آنها از تنش حد تسلیم فراتر رفته و خرابی از آنها شروع می‌گردد. از جمله مزایای روشهای پوش اور تشخیص این نقاط می‌باشد، زیرا می‌توان با تشخیص محل مفاصل و نقاطی از سازه که که نخست دچار صدمه می‌شوند، تصمیم مناسبی برای برطرف کردن نقاط ضعف سازه اتخاذ نمود. به کمک قابلیتهای نرم‌افزارهای جدید می‌توان در خلال تحلیل پوش اور محل و همچنین نحوه تشکیل و گسترش این مفاصل در اعضای مختلف را شناسایی کرد و با ایجاد تغییرات مناسب نوع مکانیسم خرابی را تغییر داد. همچنین می‌توان با ارائه دیتلینگ‌های مناسب شکل‌پذیری مناسبی را برای اعضای بحرانی سازه تامین کرد.

از اینرو تحلیل استاتیکی غیرخطی می‌تواند بعنوان روشی برای پیش‌بینی نیازهای تغییرشکل و نیروهای لرزه‌ای معرفی شود که بصورت تخمینی بازتوزیع نیروهای داخلی اعضای سازه‌ای را در محدوده رفتاری فراتر از محدوده ارتجاعی محاسبه کند. در نتیجه انتظار می‌رود تحلیل استاتیکی غیرخطی اطلاعاتی درباره بسیاری از خصوصیات پاسخ فراهم کند که تحلیلهای استاتیکی خطی و دینامیکی قادر به بدست آوردن آنها نباشند.

با همه این مزایا در تحلیل استاتیکی غیرخطی فرض بر این است که تغییر مکان هدف برای سازهٔ چند درجه آزادی، می‌تواند بصورت جابجایی مورد نیاز برای سیستم متناظر یک درجه آزادی معادل تخمین زده شود. اساس این روش بر این فرض استوار است که حداکثر تغییر مکان سیستم چند درجه آزادی با یک بردار شکل منفرد، بدون توجه به اثر مودهای بالاتر، کنترل شود. این فرضیات که همیشه یک تخمین هستند، فقط می‌توانند با محدودیتهایی پذیرفته شوند و برای سیستمهای غیرارتجاعی محافظه‌کارانه می‌باشند. در نتیجه علیرغم اینکه این روش اطلاعات مفید و قاطعی در مورد پارامترهای پاسخ سازه بدست می‌دهد، ضعفهای قابل توجهی نیز دارد که در اینجا به تعدادی از آنها اشاره شده است:

الف- تحلیل استاتیکی غیرخطی، بر مبنای این فرض می‌باشد که پاسخ سازه را می‌توان با پاسخ یک سیستم یک درجه آزادی معادل مرتبط ساخت، بدین معنی که مود اول سازه تعیین کننده می‌باشد. برای سازه‌های با پریود کم و یا به عبارت دیگر سازه‌های کوتاه و یا برای سازه‌هایی که پریود مودهای ارتعاشی آنها از هم فاصله دارند، یعنی سازه‌های منظم، تحلیل پوش اور جوابهای قابل قبولی ارائه می‌دهد. ولی در مورد سازه‌هایی که دارای پریود بالا می‌باشند و یا پریودهای ارتعاشی آنها در مودهای مختلف به هم نزدیک است، تحلیل پوش آور دقت خوبی ندارد.

ب- در تحلیل پوش اور با افزایش بار در هر مرحله، بعضی از اعضای سازه جاری می‌شوند. با جاری‌شدن این اعضا سختی جانبی سازه کاهش می‌یابد. با تغییر مقدار سختی سازه خصوصیات مودال سازه از جمله شکل مود سازه خصوصاً مود اول آن تغییر پیدا می‌کند و لذا بارگذاری جانبی سازه که تابعی از شکل مود اول است تغییر پیدا می‌کند. اما این تغییرات لحاظ نمی‌شود زیرا در صورت لحاظ شدن این موارد تحلیل پوش اور سادگی مورد انتظار را از دست می‌دهد.

پ- در تحلیل پوش اور سازه فقط هل داده می‌شود، در حالیکه در یک زلزله واقعی سازه هم هل داده می‌شود و هم کشیده می‌شود، یعنی حرکت رفت و برگشتی است. لذا به نظر می‌رسد، جوابهای حاصل از تحلیل پوش اور نمی‌توانند معیار خوبی از حرکت ارتعاشی باشند.