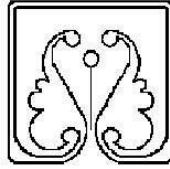




بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ





دانشگاه گیلان
دانشکده فنی

پایان نامه کارشناسی ارشد

پاسخ ساختمان های چند طبقه تحت حرکات ناهمگون نزدیک به گسل

از :

آلاء عامریان

استاد راهنما :

دکتر رضا صالح جلالی

اسفند ۱۳۹۰

تقدیم به راهروان علم
تقدیم به استادان راه دانش
و تقدیم به تمام کسانی که برای ارتقاء زندگی بشری کوشند

تقدیم به اساتید فریخته گروه عمران دانشگاه کیلان

و

تقدیم به خواهرم با محیا

تقدیر

اینک که بیاری ایزدانا توفیق برداشتن این گام را در راه علم یافته ام، بر خود لازم می دانم از تمامی بزرگوارانی که در این فعالیت تحقیقاتی مرایاری و راهبانی نموده اند، شکر و قدردانی کرده و برای ایشان از محضر خالق متعال، آرزوی سلامت و سعادت نمایم.

بخصوص از استاد راهبانی ارجمند جناب آقای دکتر رضا صالح جلالی که در تمام مراحل این پیمان نامه مرا از راهبانی های ارزنده و هوشمندانه خود بهره مند ساخته و با صبوری و دقت نظر مراحل تحقیق را دلسوزانه پیگیری فرمودند صمیمانه سپاسگزاری می نمایم. همچنین از جناب آقای پرفور Mihaïlo D. Trifunac به پاس مشاوره های گرانها و نقطه نظرات سازنده کمال امتنان دارم. از اساتید گرانقدر جناب آقای دکتر سعید پورزیغلی و جناب آقای دکتر آرش بهار که زحمت بازخوانی و داوری این پیمان نامه را تقبل فرمودند خالصانه قدردانی می نمایم. از کلیه اساتید محترم گروه عمران به پاس الطاف و آموزه های بسیاری از علم و ادب سپاسگزارم.

از خانواده عزیزم به پاس همراهی، تشویق و حمایت و دعای خیر در تمامی طول تحصیل صمیمانه سپاس گزاری می نمایم.

آلاء عامریان

اسفند ۱۳۹۰

پاسخ ساختمان های چند طبقه تحت حرکات ناهمگون نزدیک به گسل

آلاء عامریان

در این تحقیق پاسخ‌های خطی و غیرخطی یک مدل سازه ای از ساختمان های چند طبقه با تعداد طبقات سه و هفت، تحت حرکات ناهمگون عمود بر گسل و موازی گسل مورد بررسی قرار گرفته است. در این مدل تیرها صلب و ستون ها با سختی دو خطی مدل گردیده اند. در تحلیل ها بیشینه جابجایی نسبی طبقات سازه با در نظر گرفتن رفتار غیرخطی مصالح، رفتار غیرخطی هندسی، اثر وزن و نیز اثر همزمان مولفه های افقی، قائم و دورانی زمین مورد نظر است. جهت حل معادلات غیرخطی حرکت از روش رانگ-کوتای مرتبه چهارم استفاده گردیده است. برای ساختمان های خطی نتایج نشان می دهد که تحت اثر همزمان حرکات ناهمگون چند مولفه‌ای با افزایش اختلاف فاز بیشینه جابجایی نسبی طبقه اول افزایش یافته و به ۲ تا ۴ برابر نسبت به فرض معمول در مهندسی زلزله، یعنی حالتی که سازه فقط تحت حرکت افقی همفاز قرار دارد، می رسد درحالیکه این روند در سایر طبقات مشاهده نمی گردد. وقتی سازه وارد ناحیه غیرخطی می شود اثر حرکات ناهمگون مولفه های قائم و دورانی حرکت زمین بر جابجایی نسبی طبقات بالا نیز حایز اهمیت می گردد. در این شرایط حرکت ناهمگون افقی زمین تنها سبب بزرگنمایی جابجایی نسبی طبقه اول گردیده درحالیکه اثر همزمان مولفه‌های افقی، عمودی و دورانی زمین سبب افزایش ۳ تا ۵ برابری تغییر شکل‌های نسبی تمام طبقات نسبت به فرض معمول در مهندسی زلزله می‌گردد. بیشینه جابجایی نسبی طبقات سازه تحت حرکات عمود بر گسل می تواند ۳ تا ۱۰ برابر بزرگتر از پاسخ سازه تحت حرکات موازی گسل باشد.

کلید واژه: حرکت زمین نزدیک گسل، پاسخ لرزه ای، حرکت ناهمگون زمین

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
ب	تقدیم
پ	تقدیر
ت	فهرست مطالب
ج	فهرست جداول
چ	فهرست اشکال
ر	چکیده (فارسی)
ز	چکیده (انگلیسی)
۱	فصل اول؛ کلیات
۲	۱-۱- مقدمه
۳	۲-۱- رویکرد اصلی پایان نامه
۵	۳-۱- ساختار پایان نامه
۶	فصل دوم؛ مروری بر مطالعات گذشته
۷	۱-۲- مقدمه
۷	۲-۲- بررسی تحقیقات پیشین
۷	۱-۲-۲- مروری بر تحقیقات انجام شده در زمینه اثرات زلزله های حوزه نزدیک بر سازه ها
۱۴	۲-۲-۲- تحقیقات گذشته در زمینه این پایان نامه
۲۶	فصل سوم؛ زلزله های نزدیک گسل و مشخصه های آن
۲۷	۱-۳- مقدمه

۲۷	۲-۲- گسل های لرزه ای.....
۲۸	۳-۳- خصوصیات زلزله های نزدیک گسل.....
۳۳	۴-۳- پالس های به کار رفته در این پایان نامه.....

فصل چهارم؛ معادلات دینامیکی

۴۰	
۴۱	۱-۴- مقدمه.....
۴۱	۲-۴- معادلات دینامیکی حرکت سازه هفت طبقه تحت حرکات ناهمگون پایه ها.....
۵۷	۱-۲-۴- محاسبه فرکانس های طبیعی و مولفه های بردار مودی سازه هفت طبقه.....
۶۰	۳-۴- روش حل معادلات غیرخطی حرکت سازه.....

فصل پنجم؛ تحلیل عددی

۶۲	
۶۳	۱-۵- مقدمه.....
۶۵	۲-۵- بررسی پاسخ های سازه سه طبقه.....
۹۴	۳-۵- بررسی پاسخ های سازه هفت طبقه.....

فصل ششم؛ جمع بندی و پیشنهادات

۱۳۱	
۱۳۲	۱-۶- مقدمه.....
۱۳۲	۲-۶- جمع بندی و نتایج.....
۱۳۳	۳-۶- پیشنهادها.....

مراجع

۱۳۴	
۱۴۵	پیوست ۱- تعریف پارامترهای معادله حرکت سازه هفت طبقه
۱۵۶	پیوست ۲- معادلات دینامیکی حرکت سازه سه طبقه

فهرست جداول

صفحه	عنوان جدول
	جدول ۱-۲- دامنه تغییرات جابجایی نسبی جانبی (Drift) برای سیستم‌های مختلف سازه‌ای
۲۳.....	در محدوده ایمن تا خراب [۹۷و۱۸].....
۳۵.....	جدول ۱-۳- ویژگیهای جابجایی عمود بر گسل [۱۱۰].....
۳۵.....	جدول ۲-۳- ویژگیهای جابجایی موازی با گسل [۱۱۰].....

فهرست اشکال

عنوان شکل	صفحه
شکل ۱-۲- سازه یک طبقه تحت تحریکات افقی زمین [۹۰].....	۱۵
شکل ۲-۲- (a) سازه N طبقه و (b) نوسانگر یک درجه آزادی هم ارز آن [۹۰].....	۱۶
شکل ۳-۲- (a) تغییر شکل ستون ها در یک سیستم دو درجه آزاد در جریان پاسخ های خارج از صفحه تحت تحریک ناشی از گذر موج SH یا Love (b) تغییر شکل ستون های یک سازه طویل در جریان پاسخ های داخل صفحه تحت تحریک ناشی از موج رایله [۹۱].....	۱۷
شکل ۴-۲- مدل ساده شده سیستم دو درجه آزاد شکل (۳-۲) [۹۱].....	۱۸
شکل ۵-۲- (a) فنر دورانی الاستوپلاستیک (b) مدل سازه ای یک طبقه [۹۳-۹۵].....	۲۰
شکل ۶-۲- مقایسه حداکثر سرعت زمین (مقیاس عمودی سمت چپ) و حداکثر جابجایی نسبی سازه (محور عمودی سمت راست) بر اثر جابجایی های عمود بر گسل (d_F) و موازی گسل (d_N) و زلزله های رخ داده در زمین های رسوبی ($s = 0$) و بسترهای سنگی ($s = 2$) [۱۸].....	۲۲
شکل ۷-۲- مقایسه معیارهای کلاسیک خرابی [۹۸] با خرابی سیستم های سازه ای متداول [۹۷] بر حسب حداکثر تغییر مکان نسبی جانبی وقتی تحریکات ناشی از مولفه دورانی زمین لحاظ گردیده است [۱۸].....	۲۴
شکل ۸-۲- (a) مدل با چهار ستون تحت پالس انتشار یافته در جهت محور X با سرعت فاز C و (b) پالس جابجایی حرکت زمین [۹۹].....	۲۵
شکل ۱-۳- انواع مختلف گسلش [۱۰۱].....	۲۸
شکل ۲-۳- تعریف نواحی مختلف در زلزله های نزدیک گسل [۴۲].....	۲۹
شکل ۳-۳- تاثیر تجمع انرژی حاصل از شکست نواحی مختلف گسل [۴۲].....	۲۹
شکل ۴-۳- رکوردهای سرعت ثبت شده در سه ناحیه مختلف نزدیک گسل با جهت گیری پیش رونده، پس رونده و دور از گسل در زلزله Landers سال ۱۹۹۲ [۳۱].....	۳۰
شکل ۵-۳- تاریخچه زمانی سرعت مؤلفه موازی و عمود بر گسل ثبت شده در ایستگاه Meloland Overpass	

- در زلزله Imperial Valley با جهت گیری پیش رونده [۱۰۳]..... ۳۱
- شکل ۳-۶- نمایش ترسیمی پالس ناشی از اثرات جهت گیری و جابجایی ماندگار زمین [۷] ۳۲
- شکل ۳-۷- ساختار مولفه های موازی و عمود بر گسل بر حسب مکانیزم گسیختگی [۷] ۳۳
- شکل ۳-۸- حرکت در امتداد گسل، $d_N(t)$ و حرکت عمود بر گسل، $d_F(t)$ برای بزرگای $M=6$ [۹۳] ۳۲
- شکل ۳-۹- دامنه تغییرات حداکثر جابجایی زمین d_{max} تعیین شده توسط آنالیز رگرسیون رکوردهای ثبت شده [۹۳]..... ۳۶
- شکل ۳-۱۰- مقایسه بین حداکثر دامنه جابجایی حرکت زمین در امتداد گسل محاسبه شده توسط مدل های رگرسیون G4RM و با استفاده از دامنه رکوردهای ثبت شده ناحیه خاکستری رنگ به ازای $p=0.1$ و $p=0.9$ با دامنه $2d_{N,max}$ ، به کار گرفته شده در این مطالعه (منحنی خط چین) [۹۳]..... ۳۷
- شکل ۳-۱۱- اندازه گیری میزان افت تنش در سطح گسل با استفاده از رکوردهای ثبت شده در نزدیکی آن و مقایسه آن با میزان افت تنش حاصل از \dot{d}_F (خطوط پیوسته: جدول ۳-۱) و \dot{d}_N (خطوط نقطه چین- جدول ۳-۲)
- به کار گرفته شده در این تحقیق [۹۳] ۳۸
- شکل ۳-۱۲- حرکت در امتداد گسل زمین ثبت شده در زلزله California, San Fernando [۱۰۷] ۳۹
- شکل ۳-۱۳- حرکت عمود بر سطح گسل زمین ثبت شده در زلزله California, Parkfield [۲] ۳۹
- شکل ۴-۱- مدل سازه هفت طبقه تحت حرکات ناهمگون پایه ها..... ۴۲
- شکل ۴-۲- مدل تغییر شکل یافته سیستم هفت طبقه تحت حرکات ناهمگون پایه ها..... ۴۳
- شکل ۴-۳- دیاگرام آزاد طبقه اول..... ۴۷
- شکل ۴-۴- (a) مدل سختی دورانی دو خطی (b) سیستم الاستوپلاستیک و سیستم خطی مربوط به آن..... ۴۸
- شکل ۴-۵- دیاگرام آزاد طبقه ۱ام..... ۵۱
- شکل ۴-۶- دیاگرام آزاد طبقه هفتم..... ۵۴
- شکل ۴-۷- اشکال مودی سازه هفت طبقه..... ۶۰
- شکل ۵-۱- پاسخ تاریخیچه زمانی طبقه اول سازه سه طبقه تحت پالس عمود بر گسل به بزرگای $M=6$ و حرکت افقی همفاز..... ۶۶

- شکل ۵-۲- پاسخ تاریخچه زمانی طبقه دوم و سوم سازه سه طبقه تحت پالس عمود بر گسل به بزرگای $M=6$ و حرکت افقی همفاز.....۶۶
- شکل ۵-۳- پاسخ تاریخچه زمانی طبقه اول سازه سه طبقه تحت پالس عمود بر گسل به بزرگای $M=6$ و حرکت افقی همفاز.....۶۷
- شکل های ۵-۴ الی ۵-۶- حداکثر تغییر مکان نسبی طبقات سازه سه طبقه با مصالح خطی برای طول $L = 10m$ ، پریود $T_1 = 0.3sec$ و تحت حرکات عمود بر گسل با بزرگای $M = 5, 6, 7$ ۶۸~۷۰
- شکل های ۵-۷ الی ۵-۹- حداکثر تغییر مکان نسبی طبقات سازه سه طبقه با مصالح خطی برای طول $L = 10m$ ، پریود $T_1 = 0.3sec$ و تحت حرکات موازی با گسل با بزرگای $M = 5, 6, 7$ ۷۱~۷۳
- شکل های ۵-۱۰ و ۵-۱۱- ضریب بزرگنمایی حداکثر جابجایی نسبی طبقات اول تا سوم سازه سه طبقه با مصالح خطی برای طول $L = 10m$ ، پریود $T_1 = 0.3sec$ و تحت حرکات عمود گسل.....۷۵~۷۶
- شکل های ۵-۱۲ و ۵-۱۳- ضریب بزرگنمایی حداکثر جابجایی نسبی طبقات اول تا سوم سازه سه طبقه با مصالح خطی برای طول $L = 10m$ ، پریود $T_1 = 0.3sec$ و تحت حرکات موازی با گسل.....۷۷~۷۸
- شکل ۵-۱۴- مقایسه حداکثر جابجایی نسبی طبقه اول ناشی از تحلیل عددی (منحنی ممتد و توپر) با مقادیر حاصل از رابطه تقریبی (۵-۶) (منحنی خط چین) برای سازه سه طبقه به طول $L = 10m$ ، پریود $T_1 = 0.3sec$ و تحت حرکات عمود بر گسل.....۸۰
- شکل ۵-۱۵- مقایسه حداکثر جابجایی نسبی طبقه اول ناشی از تحلیل عددی (منحنی ممتد و توپر) با مقادیر حاصل از رابطه تقریبی (۵-۶) (منحنی خط چین) برای سازه سه طبقه به طول $L = 10m$ ، پریود $T_1 = 0.3sec$ و تحت حرکات موازی با گسل.....۸۱
- شکل های ۵-۱۶ الی ۵-۱۸- حداکثر تغییر مکان نسبی طبقات سازه سه طبقه با مصالح غیرخطی برای طول $L = 10m$ ، پریود $T_1 = 0.3sec$ و تحت حرکات عمود بر گسل با بزرگای $M = 5, 6, 7$ ۸۳~۸۵
- شکل های ۵-۱۹ الی ۵-۲۱- حداکثر تغییر مکان نسبی طبقات سازه سه طبقه با مصالح غیرخطی برای طول

۸۶~۸۸..... $M = 5, 6, 7$ و تحت حرکات موازی با گسل با بزرگای $T_1 = 0.3 \text{sec}$ ، پریود $L = 10m$

شکل های ۲۲-۵ و ۲۳-۵- ضریب بزرگنمایی حداکثر جابجایی نسبی طبقات اول تا سوم سازه سه طبقه با مصالح

۹۰~۹۱..... غیرخطی برای طول $L = 10m$ ، پریود $T_1 = 0.3 \text{sec}$ و تحت حرکات عمود گسل.....

شکل های ۲۴-۵ و ۲۵-۵- ضریب بزرگنمایی حداکثر جابجایی نسبی طبقات اول تا سوم سازه سه طبقه با مصالح

۹۲~۹۳..... غیرخطی برای طول $L = 10m$ ، پریود $T_1 = 0.3 \text{sec}$ و تحت حرکات موازی با گسل.....

شکل ۲۶-۵- پاسخ تاریخیچه زمانی طبقات اول تا چهارم سازه هفت طبقه تحت پالس عمود بر گسل به بزرگای

۹۴..... $M=6$ و حرکت افقی همفاز.....

شکل ۲۷-۵- پاسخ تاریخیچه زمانی طبقات پنجم، ششم و هفتم سازه هفت طبقه تحت پالس عمود بر گسل

۹۵..... به بزرگای $M=6$ و حرکت افقی همفاز.....

شکل های ۲۸-۵ الی ۳۰-۵- حداکثر تغییر مکان نسبی طبقات سازه هفت طبقه با مصالح خطی برای طول

۹۷~۹۹..... $M = 5, 6, 7$ و تحت حرکات عمود بر گسل با بزرگای $T_1 = 0.7 \text{sec}$ ، پریود $L = 10m$

شکل های ۳۱-۵ الی ۳۳-۵- حداکثر تغییر مکان نسبی طبقات سازه هفت طبقه با مصالح خطی برای طول

۱۰۰~۱۰۲..... $M = 5, 6, 7$ و تحت حرکات موازی با گسل با بزرگای $T_1 = 0.7 \text{sec}$ ، پریود $L = 10m$

شکل های ۳۴-۵ الی ۳۷-۵- ضریب بزرگنمایی حداکثر جابجایی نسبی طبقات اول تا هفتم سازه هفت طبقه با مصالح

۱۰۴~۱۰۷..... خطی برای طول $L = 10m$ ، پریود $T_1 = 0.7 \text{sec}$ و تحت حرکات عمود گسل.....

شکل های ۳۸-۵ و ۴۱-۵- ضریب بزرگنمایی حداکثر جابجایی نسبی طبقات اول تا هفتم سازه هفت طبقه با مصالح

۱۰۸~۱۱۱..... خطی برای طول $L = 10m$ ، پریود $T_1 = 0.7 \text{sec}$ و تحت حرکات موازی با گسل.....

شکل ۴۲-۵- مقایسه حداکثر جابجایی نسبی طبقه اول ناشی از تحلیل عددی (منحنی ممتد و توپر) با مقادیر حاصل

از رابطه تقریبی (۵-۶) (منحنی خط چین) برای سازه هفت طبقه به طول $L = 10m$ ، پریود $T_1 = 0.7 \text{sec}$

۱۱۳..... و تحت حرکات عمود بر گسل.....

- شکل ۵-۴۳- مقایسه حداکثر جابجایی نسبی طبقه اول ناشی از تحلیل عددی (منحنی ممتد و توپر) با مقادیر حاصل از رابطه تقریبی (۵-۶) (منحنی خطچین) برای سازه هفت طبقه به طول $L = 10m$ ، پریود $T_1 = 0.7sec$
- ۱۱۴.....و تحت حرکات موازی با گسل.....
- شکل های ۵-۴۴ الی ۵-۴۶- حداکثر تغییر مکان نسبی طبقات سازه هفت طبقه با مصالح غیرخطی برای طول $L = 10m$ ، پریود $T_1 = 0.7sec$ و تحت حرکات عمود بر گسل با بزرگای $M = 5,6,7$۱۱۶~۱۱۸
- شکل های ۵-۴۷ الی ۵-۴۹- حداکثر تغییر مکان نسبی طبقات سازه هفت طبقه با مصالح غیرخطی برای طول $L = 10m$ ، پریود $T_1 = 0.7sec$ و تحت حرکات موازی با گسل با بزرگای $M = 5,6,7$۱۱۹~۱۲۱
- شکل های ۵-۵۰ و ۵-۵۳- ضریب بزرگنمایی حداکثر جابجایی نسبی طبقات اول تا هفتم سازه هفت طبقه با مصالح غیرخطی برای طول $L = 10m$ ، پریود $T_1 = 0.7sec$ و تحت حرکات عمود گسل.....۱۲۳~۱۲۶
- شکل های ۵-۵۴ و ۵-۵۷- ضریب بزرگنمایی حداکثر جابجایی نسبی طبقات اول تا هفتم سازه هفت طبقه با مصالح غیرخطی برای طول $L = 10m$ ، پریود $T_1 = 0.7sec$ و تحت حرکات موازی با گسل.....۱۲۷~۱۳۰
- شکل پ-۱-۲- مدل سازه سه طبقه تحت حرکات ناهمگون پایه ها.....۱۵۷
- شکل پ-۲-۲- مدل تغییر شکل یافته سیستم سه طبقه تحت حرکات ناهمگون پایه ها.....۱۵۸
- شکل پ-۲-۳- دیاگرام آزاد طبقه سوم.....۱۵۹
- شکل پ-۲-۴- اشکال مودی سازه سه طبقه.....۱۶۰



فصل اول

کلیات



۱-۱- مقدمه

نظر به مطالعات انجام گرفته در چند دهه اخیر بر روی رکورد های ثبت شده از زلزله ها در نزدیکی گسل و مشاهده تاثیر این نوع حرکات روی سازه های گوناگون، نیاز به تحقیق بیشتر در مورد این رکوردها و اهمیت بررسی آثار آن روی سازه ها بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. اولین تحقیقات در زمینه زلزله های نزدیک گسل^۱ از حدود نیم قرن پیش آغاز گردید. در آن زمان زمین لرزه ها را بر اساس فاصله محل ثبت رکورد تا گسل، به دو دسته زلزله های نزدیک گسل و دور از گسل^۲ تقسیم بندی نمودند [۱]. البته بعدها این تعریف اصلاح گردید و عوامل دیگری جز فاصله نیز در این تقسیم بندی تاثیر گذاشتند [۲].

در اغلب موارد به زلزله هایی که سایت ثبت زلزله در فاصله ای کمتر از ۱۵ تا ۲۰ کیلومتری از محل وقوع آن قرار داشته باشد زلزله های حوزه نزدیک گفته می شود [۳]. این نوع زمین لرزه ها توسط حرکات شدید پالسی با دوره زمانی کوتاه شناخته می شوند. این حرکات پالسی شکل مخصوصا در نواحی با جهت گیری پیش رونده^۳ که شکست گسل با سرعتی نزدیک به سرعت موج برشی به آن محل نزدیک می شود بسیار آشکارتر خواهد بود [۴]. علاوه بر این، نگاشت های ثبت شده در نواحی نزدیک گسل از لحاظ محتوای فرکانسی نسبت به زلزله های دور از گسل غنی تر هستند [۵]. رکوردهای بدست آمده از زلزله های حوزه نزدیک شامل مقادیر بزرگ جابجایی دائمی زمین نیز می باشند که این پدیده ناشی از تغییر شکل تکتونیکی زمین بوده و بطور کلی در مولفه موازی گسل قابل رویت می باشد. به همین جهت در اکثر موارد با اثرات ناشی از جهت گیری انتشار شکست ترکیب نخواهد شد [۶و۷].

اهمیت این موضوعات در طراحی سازه های مهندسی عمران به خوبی درک نشده بود تا اینکه پس از وقوع زلزله های *Northridge* در سال ۱۹۹۴ و *Kobe* در سال ۱۹۹۵ و خرابی زیاد سازه های طراحی شده با آیین نامه های متداول زلزله به محققین ثابت شد که پاسخ سازه ها در زلزله های حوزه دور و نزدیک بسیار با یکدیگر متفاوت بوده و این آیین نامه ها نیازمند بازنگری می باشند. آنها متوجه شدند که زلزله های نزدیک منبع لرزه ای، با توجه به ویژگی های خاص خود توان تخریب بسیار زیادی دارند که در آیین نامه های طراحی لرزه ای رایج در آن زمان مانند UBC 94 مورد نظر قرار نگرفته بودند. پس از آن تحقیقات گسترده ای در مورد زلزله های نزدیک گسل و آثار مخرب آن در جنبه های مختلف طراحی سازه ها آغاز شد. در این تحقیقات نشان داده شد که نیاز تغییر مکانی زلزله های نزدیک گسل بسیار بالا بوده و این امر ناشی از آزاد شدن

-
1. Near-Field Earthquakes
 2. Far-Field Earthquakes
 3. Forward Directivity

حجم زیاد انرژی در مدت زمان کوتاه می باشد [۸]. به دلیل نیاز تغییر مکانی بالای زلزله های نزدیک گسل سازه هایی که برطبق آیین نامه های لرزه ای فعلی طراحی شده اند به هیچ وجه نمی توانند تامین کننده این نیاز تغییر مکانی بالا باشند [۹]. در همین راستا در آیین نامه UBC 97 [۱۰] و برخی دیگر از آیین نامه های طراحی لرزه ای مساله زلزله های نزدیک به منبع لرزه ای مورد توجه قرار گرفته است [۱۱]. در ایران نیز بعد از زلزله طبس در سال ۱۹۷۸ [۱۲ و ۱۳] و بم در سال ۲۰۰۳ [۱۴ و ۱۵]، توجه بیشتری به زلزله های نزدیک گسل معطوف گردید.

تعیین پاسخ سازه ها در مقابل زلزله های نزدیک گسل از جمله موضوعاتی می باشد که مطالعات زیادی را به خود اختصاص داده و این امر به خصوص جهت ارزیابی قابلیت طیف های طراحی موجود برای در نظر گرفتن زلزله های نزدیک گسل انجام یافته است [۱۱ و ۱۶]. در همین زمینه تحلیلی روی سازه های ارتجاعی برای به دست آوردن طیف تغییر مکان نسبی جانبی^۱ به عنوان معیاری از نیاز لرزه ای سازه های چند درجه آزادی تحت رکوردهای نزدیک گسل انجام گرفته و نشان داده شد حتی برای سازه هایی با رفتار ارتجاعی هم نمی توان اثر نزدیکی به گسل را تنها با ضرب یک ضریب در برش پایه طراحی، همانند UBC 97 در نظر گرفت [۱۷]. در این راستا *Trifunac* با مدل کردن یک سازه چند طبقه به صورت یک تیر برشی به بررسی نقش دوران حرکت زمین در پاسخ سازه های نزدیک گسل پرداخته است و نشان داد که بدون در نظر گرفتن سهم این مولفه، تنها برآورد دست پایی از تغییر مکان جانبی سازه را می توان به دست آورد [۱۸]. نوری و جلالی [۱۹] نیز با استفاده از این مدل پاسخ های یک سازه دو طبقه را تحت زلزله های نزدیک گسل مورد بررسی قرار داده و این نتیجه را تایید نمودند. در تحقیق حاضر نیز در ادامه این مطالعات به بررسی پاسخ سازه های چند طبقه تحت حرکات ناهمگون نزدیک گسل پرداخته شده است.

۲-۱- رویکرد اصلی پایان نامه

زلزله حوزه نزدیک را می توان با ضربه کوتاهی که در ابتدای رکورد وجود دارد و در مدت زمان بسیار کوتاه انرژی زیادی را به سازه منتقل می کند نشان داد. خصوصیات ویژه زلزله های نزدیک به گسل و قدرت تخریب بالای تکانه های ناشی از این زلزله ها نشان داده که طراحی سازه هایی که در محدوده نزدیک گسل قرار می گیرند نیازمند توجه خاصی می باشند. امروزه با پیشرفت در تکنولوژی ثبت و پردازش نگاشت های زمین لرزه و افزایش حجم بانک اطلاعاتی داده های لرزه ای زمینه های مطالعاتی برای شناخت زوایای ناشناخته زمین لرزه های رخ داده در نزدیکی گسل ها فراهم آمده است.

در این راستا مدلی ساده از سازه های طبقاتی با تعداد طبقات سه و هفت در نظر گرفته شده و تحت مولفه های افقی، عمودی و دورانی حاصل از حرکات موازی گسل و عمود بر گسل با بزرگراهی مختلف مورد تحلیل قرار می گیرد. بررسی حداکثر جابجایی نسبی طبقات در این تحقیق مورد نظر است. هر طبقه شامل یک تیر صلب و دو ستون صلب بدون جرم بوده که با دو فنر پیچشی غیرخطی بهم متصل شده اند. ارتفاع طبقات برابر $3/5$ متر در نظر گرفته شده و توزیع جرم و سختی در طبقات به گونه ای است که پرپود مود اول سازه برابر $T_1 = 0.1N$ می باشد. درصد میرایی برای مود اول سیستم ۲ درصد فرض گردیده و پرپود مود اول در سازه سه طبقه برابر $0/3$ ثانیه و در سازه هفت طبقه برابر $0/7$ ثانیه در نظر گرفته شده است. ستون ها بر روی پی های منفرد قرار داشته و جرم های سیستم تحت تاثیر همزمان شتاب وزن و نیز حرکات ناهمگون پایه ها قرار می گیرند. ضرایب دستگاه معادلات دیفرانسیل غیرخطی حرکت که از ترکیب معادلات تعادل سیستم و شرایط هندسی مدل در هر یک از دو سازه به دست می آید به مولفه های افقی، عمودی و دورانی حرکت زمین وابسته می باشد. با توجه به این که حرکات زمین در نزدیکی گسل ها به علت توزیع نامنظم لغزش، توزیع غیریکنواخت صلبیت در اطراف گسل، توزیع غیریکنواخت تنش بر سطح گسل و فرآیند پیچیده و غیرخطی گسلش، بسیار پیچیده بوده و امکان پیش بینی جزئیات حرکت گسل وجود ندارد، در این تحقیق از روشی ساده استفاده شده که در آن حرکت گسل با پالس هایی که متوسط دامنه و پرپود آنها بر اساس مشاهده ها و رکوردهای ثبت شده کالیبره شده اند مدل گردیده است. جهت حل معادلات غیرخطی حرکت سازه از روش رانگ- کوتای مرتبه چهارم استفاده گردیده که روشی پایدار می باشد. تحلیل ها با فرض وجود دامنه های مشابه و اختلاف فاز برای تحریکات زلزله در پای ستون ها انجام شده و حد تسلیم فنرهای پیچشی در تحلیل های غیرخطی مصالح برابر $0/1$ در نظر گرفته شده است. برای بررسی بیشینه پاسخ سازه به ازای تحریکات موازی گسل و عمود بر آن از مولفه های حرکت زمین با ترکیب های مختلف در تحلیل ها استفاده شده که به صورت مولفه های جابجایی افقی تنها (u_g) که فرض معمول در مهندسی زلزله است، جابجایی های افقی و عمودی ($u_g \pm v_g$) و نیز حرکات افقی، عمودی و دورانی زمین بطور همزمان ($u_g \pm v_g \pm \theta_g$) می باشد. در پایان کار می توان روند تغییر میزان جابجایی نسبی طبقات و نسبت سهم هریک از مولفه ها به ازای زلزله با بزرگراهی مختلف را مشاهده کرد.

۳-۱- ساختار پایان نامه

هدف از این تحقیق بررسی میزان جابجایی نسبی طبقات سازه تحت ترکیب های مختلف مولفه های افقی، عمودی و دورانی حاصل از حرکات موازی گسل و عمود بر گسل با بزرگهای مختلف و با در نظر گرفتن تغییر شکل های بزرگ و رفتار غیرخطی مصالح در زلزله حوزه نزدیک است.

فصل اول مقدمه ای بر خصوصیات حرکات زمین در نزدیکی گسل و اهمیت در نظرگرفتن اثرات ناشی از آن در طراحی سازه ها و شرح مشخصه های کلی مدل مورد بررسی در این تحقیق است.

فصل دوم مرور و بررسی مطالعات گذشته در زمینه اثرات زلزله حوزه نزدیک بر سازه ها و تحقیقات مرتبط با موضوع پایان نامه می باشد.

فصل سوم به بیان خصوصیات حرکات شدید زمین در نزدیکی گسل و وجه تمایز آن ها با حرکات دور از گسل و نیز جزییات پالس های به کار گرفته شده در این تحقیق می پردازد.

فصل چهارم مدل سازه ای به کار گرفته شده در این تحقیق را شرح می دهد و روابط و معادلات دینامیکی سیستم و پارامترهای به کار رفته در آن و روش حل معادلات را مورد بررسی قرار می دهد.

فصل پنجم به بررسی نتایج عددی حاصل از تحلیل ها می پردازد.

فصل ششم به جمع بندی و نتیجه گیری کلی از این تحقیق پرداخته و در آن پیشنهادها برای کارها و مطالعات آینده ارائه شده است.



فصل دوم

مروری بر مطالعات گذشته



۲-۱- مقدمه

بعد از مشاهده آسیب های فراوانی که زلزله های نزدیک گسل بر سازه ها وارد کردند محققین بسیاری در جهت شناخت هرچه بهتر ویژگی های خاص حرکات زمین در نزدیکی گسل های فعال و ارائه راهکارهایی جهت طراحی سازه هایی امنتر در این محدوده به مطالعه پرداخته اند. در این فصل ابتدا تحقیقاتی که در گذشته پیرامون اثرات زلزله های نزدیک گسل بر سازه ها انجام شده بطور خلاصه آورده شده است و سپس مطالعات مرتبط با پایان نامه شرح داده می شود.

۲-۲- بررسی تحقیقات پیشین

۲-۲-۱- مروری بر تحقیقات انجام شده در زمینه اثرات زلزله های حوزه نزدیک بر سازه ها

در سال های اخیر مطالعات بسیاری برای شناخت بهتر ماهیت زلزله های نزدیک گسل صورت گرفته است. اولین شواهد لرزه شناختی برای این پدیده توسط *Benioff* در سال ۱۹۵۵ گزارش گردید. در بررسی های وی بر روی رکوردهای بدست آمده از زلزله *Kern county* در سال ۱۹۵۲ در کالیفرنیا انتشار شکست به عنوان یک منبع در حال حرکت در نظر گرفته شده است [۱]. این زمین لرزه ها به تولید رکوردهایی پالسی شکل می انجامد که برخلاف زلزله های عادی که از نوسانات تصادفی تشکیل شده، دربردارنده چند جابجایی و یا پرش با پریود خاص است که همراه با نوسانات تصادفی با دامنه ای کمتر از بخش دامنه پالسی می باشد. زلزله ای پالس مانند نامیده می شود که دارای پالسی با زمان کوتاه و دامنه بزرگ در ابتدای تاریخچه زمانی سرعت باشد [۲۰]. در زلزله های نزدیک گسل تکانه ها دارای شدت و فرکانس بالاتری در جهت انتشار هستند و در انتهای دیگر با شدت و فرکانس پایین تر اتفاق می افتند. این امر در سال ۱۹۸۵ توسط *Singh* بررسی گردید [۴].

می توان گفت تحلیل و بررسی رکوردهای حوزه نزدیک با ثبت رکورد مشهور ایستگاه *C02* در فاصله ۸۰ متری از محل گسل در زلزله *Parkfield* در سال ۱۹۶۶ در کالیفرنیا آغاز گردید. *Housner* و *Trifunac* در سال ۱۹۶۷ با مطالعه این رکوردها، حرکات لرزه ای زمین نزدیک به گسل را با سرعت بالا و پالس های جابجایی با پریود بلند توصیف کرده و آن را از حرکات لرزه ای دور از گسل متمایز کردند [۲]. پس از آن بود که تحلیل کمی و مدرن این نوع حرکات آغاز شد. تفسیرهای فیزیکی و مدلسازی های عددی از رکوردهای ایستگاه *C02*، توسط *Aki* [۲۱] و *Haskell* [۲۲] را می توان به عنوان نقطه شروع برای تجزیه و تحلیل های عددی جدید حرکات قوی زمین به حساب آورد.

عبارت " نزدیک گسل " اولین بار توسط *Bolt* در سال ۱۹۷۵، بعد از زلزله پارکفیلد در سال ۱۹۶۶ و زلزله *Pacoima* در سال ۱۹۷۱ در سان فرناندو مطرح گردید [۲۳]. با مشاهده پاسخ غیرمعمول سازه ها به پالس های بزرگ موجود در زلزله ۱۹۷۱ سان فرناندو و همکاران [۲۴ و ۲۵] و همچنین *Mahin* و همکاران [۲۶] نشان دادند آسیب های وارده به