بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده فنی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

پاسخ ضربه ساختمان های مجاور با ارتفاع مختلف تحت حرکات ناهمگون نزدیک به گسل

از

محسن حاجی‌کاظمیان

استاد راهنما

دکتر رضا صالح‌جلالی

اسفند ۹۲

دانشکده فنی

گروه عمران

گرایش سازه

پاسخ ضربه ساختمان های مجاور با ارتفاع مختلف تحت حرکات ناهمگون نزدیک به گسل

از

محسن حاجی کاظمیان

استاد راهنما

دکتر رضا صالح جلالی

اسفند ۹۲

تقدیم به

خانواده عزیزم

به پاس زحماتشان

باسپاس از خالق هستی

بر خود می دانم تا از کسانی که مرا در تهیه این پایان نامه یاری نمودند تشکر کنم

از این رو از اساتید محترم گروه عمران دانشگاه گیلان بویژه جناب آقای دکتر صالح جلالی که راهنمای من در انجام این تحقیق بودند

سپاسگذارم

همچنین از پدر و مادر عزیزم که با صبر و شکیبایی مرا حمایت کردند کمال تشکر را دارم.

پاسخ ضربه ساختمان‌های مجاور با ارتفاع مختلف تحت حرکات ناهمگون نزدیک به گسل

محسن حاجی‌کاظمیان

در این تحقیق مدل ساده‌ای از ساختمان‌های مجاور سه و هفت طبقه تحت مولفه‌های افقی و عمودی حاصل از حرکات موازی و عمود بر گسل با بزرگا و اختلاف فازهای مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. در مدل‌های سازه‌ای در نظر گرفته شده هر طبقه شامل یک کف صلب و دو ستون دارای صلبیت محوری بدون جرم بوده که با فنرهای دورانی غیرخطی و میراگرهای دورانی خطی به هم متصلند. جهت مدل کردن نیروی ضربه بین ساختمان‌ها از مدل ویسکوالاستیک غیرخطی استفاده شده است. معادلات دیفرانسیل حاکم بر مدل به روش رانگ-گوتای مرتبه چهارم حل گردیده است. برای مدل‌های در نظر گرفته شده نتایج نشان می‌دهد با فرض رفتار خطی مصالح: ۱-ضربه باعث افزایش جابجایی نسبی و نیروی برشی ساختمان هفت طبقه در طبقات بالاتر از تراز ضربه می‌گردد لیکن ضربه در پاسخ‌های ساختمان سه طبقه تقریباً بی‌تاثیر است. با فرض رفتار غیرخطی مصالح : ۲- بر اثر ضربه حداکثر جابجایی نسبی و نیز تغییر شکل‌های ماندگار در ساختمان هفت طبقه در طبقات بالای محل برخورد افزایش چشمگیری نشان می‌دهد. همچنین تغییر شکل‌های ماندگار در ساختمان سه طبقه نیز افزایش می‌یابد.۳- اثر ضربه بر نیروی برشی ساختمان‌ها ناچیز است. ۴-رفتار غیرخطی مصالح سبب کاهش حداکثر نیروی ضربه و حداقل فاصله لازم جهت جلوگیری از برخورد نسبت به حالت خطی می‌گردد. ۵-در هر دو حالت خطی و غیر خطی اختلاف فاز در تحریک پایه ها می تواند سبب افزایش ۱/۵ برابری حداکثر نیروی ضربه و حداقل فاصله لازم جهت جلوگیری از برخورد ساختمان‌ها گردد. ۵- برای مدل های در نظر گرفته شده در این تحقیق اثر مؤلفه افقی حرکت زمین در حداکثر نیروی ضربه و حداقل فاصله لازم جهت جلوگیری از برخورد غالب بوده و اثر مولفه های عمودی و دورانی حرکت زمین قابل صرف‌نظر می‌باشد.

کلید واژه ها : برخورد، حرکت زمین نزدیک گسل، جهت گیری پیشرونده ، حرکت ناهمگون، پاسخ لرزه ای، ساختمانهای مجاور.

عنوان **صفحه**

چکیده فارسی .....ر

چکیده انگلیسی .....ز

فصل اول؛مقدمه.....۱

۱-۱-پیشگفتار.....۲

۱-۲- رویکرد اصلی پایان‌نامه.....۳

۱-۳- ساختار پایان‌نامه.....۴

فصل دوم؛کلیات ۵

۲-۱- مقدمه...۶

۲-۲- بررسی تحقیقات‌پیشین.....۶

۲-۲-۱- آسیبهای ناشی از ضربه در زلزله‌های گذشته.....۶

۲-۲-۲- مطالعات انجام شده بر روی پاسخ سازه‌های تحت برخورد.....۷

۲-۲-۳- مطالعات انجام شده روی مدل کردن برخورد دو سازه.....۱۳

۲-۲-۴- مطالعات انجام شده در زمینه اثرات زلزله های حوزه نزدیک برسازه‌ها.....۱۵

فصل سوم؛زلزله های نزدیک گسل و مشخصه‌های آن.....۲۲

۳-۱مقدمه.....۲۳

۳-۲-خصوصیات زلزله های نزدیکگسل.....۲۳

۳-۳-پالس های به کار رفته در این پایان نامه.....۲۶

فصل چهارم؛ معادلات حاکم بر مدل سازه ای و مدل برخورد.....۳۳

۴-۱-مقدمه.....۳۴

۴-۲-۱- معادلات دینامیکی ساختمان سه طبقه تحت حرکات ناهمگون پایه‌ها.....۳۶

۴-۲-۲- محاسبه فرکانس های طبیعی و بردارهای مودی ساختمان سه طبقه.....۶۱

۴-۳-۱- معادلات دینامیکی ساختمان هفت طبقه تحت حرکات ناهمگون پایه‌ها.....۶۳

۴-۳-۲- محاسبه فرکانس های طبیعی و بردارهای مودی ساختمان هفت طبقه ۶۶

۴-۴- شبیه سازی نیروی ضربه.....۶۹

۴-۵- معادلات حاکم بر کل سیستم و روش حل.....۷۰

فصل پنجم؛ تجزیه و تحلیل عددی.....۷۱

۵-۱-مقدمه..... ۷۲

۵-۲- اثر ضربه بر پاسخ ساختمان های مجاور تحت حرکت افقی همفاز زمین..... ۷۴

۵-۲-۱- رفتار خطی مصالح ۷۴

۵-۲-۲- رفتار غیرخطی مصالح ۹۴

۵-۳- اثر اختلاف فاز بر حداکثر نیروی ضربه و حداقل فاصله لازم جهت جلوگیری از ضربه ۱۰۲

فصل ششم؛جمع بندی و پیشنهادات.....۱۲۲

۶-۱-مقدمه..... ۱۲۳

۶-۲-جمع بندی..... ۱۲۳

۶-۳-پیشنهادات..... ۱۲۴

مراجع.....۱۲۵

عنوان جدول **صفحه**

جدول ۳-۱- ویژگیهای جابجایی عمود بر گسل..... ۲۸

جدول ۳-۲- ویژگیهای جابجایی در امتداد گسل..... ۲۸

عنوان شکل **صفحه**

شکل ۲-۱- انواع آسیب ناشی از برخورد..... ۸

شکل ۲-۲- مدل سازه ای ساختمانهای مجاور در مرجع [۴۹]..... ۱۲

شکل ۲-۳- مدل در نظر گرفته شده توسط یانکوفسکی [۵۰]..... ۱۲

شکل ۲-۴- مدل در نظر گرفته شده در آزمایشات ون مایر و همکاران..... ۱۳

شکل ۳-۱- تعریف نواحی مختلف در زلزله های نزدیک گسل..... ۲۴

شکل۳-۲- تاریخچه زمانی سرعت مؤلفه موازی و عمود برگسل ثبت شده در ایستگاه ملولند اُورپس در زلزلهٔ امپریال وَلی با جهت گیری پیش رونده..... ۲۵

شکل ۳-۳- نمایش ترسیمی پالس ناشی از اثرات جهت گیری و جابجایی ماندگار زمین..... ۲۶

شکل ۳-۴-حرکت در امتداد گسل، $d_N(t)$ و حرکت عمود بر گسل، $d_F(t)$ برای بزرگای M=6..... ۲۷

شکل ۳-۵-دامنه تغییرات حداکثر جابجایی زمین $d_{\max}$ تعیین شده توسط آنالیز رگرسیون رکوردهای ثبت شده..... ۲۹

شکل۳-۶- مقایسه بین حداکثر دامنه جابجایی حرکت زمین در امتداد گسل محاسبه شده توسط مدلهای رگرسیون G4RM و با استفاده از دامنه رکوردهای ثبت شده با دامنه $2d_{N,\max}$ (جدول۳ -۲) به کار گرفته شده در این مطالعه..... ۳۰

شکل ۳-۷- اندازه‌گیری میزان افت تنش در سطح گسل با استفاده از رکوردهای ثبت شده در نزدیکی آن و مقایسه آن با میزان افت تنش حاصل از $\dot{d}_F$ و بکار گرفته شده در این تحقیق..... ۳۱

شکل ۳-۸-حرکت عمود بر گسل ثبت شده در زلزله پارکفیلدکالیفرنیا..... ۳۲

شکل ۳-۹ -حرکت در امتداد گسل ثبت شده در زلزله سنفرناندو کالیفرنیا ۳۲

شکل ۴-۱-مدل ساختمان‌های برخورد کننده..... ۳۵

شکل ۴-۲-مدل ساختمان سه طبقه تحت حرکات ناهمگون زمین..... ۳۷

شکل ۴-۳- مدل تغییر شکل یافته ساختمان سه طبقه تحت حرکات ناهمگون پایه‌ها ۳۸

شکل ۴-۴- دیاگرام آزاد طبقه سوم..... ۴۱

شکل ۴-۵-مدل سختی دورانی دوخطی ۴۳

شکل ۴-۶- دیاگرام آزاد طبقه دوم ۴۵

شکل ۴-۷- دیاگرام آزاد طبقه اول ۵۰

شکل ۴-۸- مدل ساختمان هفت طبقه تحت حرکات ناهمگون زمین ۶۴

شکل(۵-۱) تاریخچه زمانی پاسخ ساختمانهای مجاور تحت پالس عمود برگسل با بزرگای M=۷ در حالت خطی.....۷۷

شکل(۵-۲) تاریخچه زمانی جابجایی ساختمانهای مجاور و نیروی ضربه طبقات تحت پالس عمود برگسل
با بزرگای M=۷ در حالت خطی..... ۷۹

شکل(۵-۳) تاریخچه زمانی پاسخ ساختمانهای مجاور تحت پالس عمود برگسل با بزرگای M=۶ در حالت خطی..... ۸۲

شکل(۵-۴) تاریخچه زمانی پاسخ ساختمانهای مجاور تحت پالس موازی گسل با بزرگای M=۷ در حالت خطی..... ۸۵

شکل(۵-۵) تاریخچه زمانی پاسخ ساختمانهای مجاور تحت پالس موازی گسل با بزرگای M=۶ در حالت خطی..... ۸۸

شکل(۵-۶) تغییرات حداکثر نیروی ضربه طبقات بر حسب فاصله اولیه بین ساختمانهای مجاور تحت مولفه افقی
حرکت بدون اختلاف فاز..... ۹۰

شکل(۵-۷) تغییرات حداکثر نیروی ضربه طبقات بر حسب فاصله اولیه بین ساختمانهای مجاور تحت مولفه افقی
پالس عمود بر گسل با بزرگای M=7 بدون اختلاف فاز ۹۰

شکل(۵-۸) تاریخچه زمانی نیروی برشی ساختمانهای مجاور تحت پالس عمود بر گسل با بزرگای M=۷ در حالت خطی.....۹۳

شکل(۵-۹)تاریخچه زمانی پاسخ ساختمانهای مجاور تحت پالس عمود بر گسل با بزرگای M=۷ در حالت غیر خطی.....۹۶

شکل(۵-۱۰) تغییرات حداکثر نیروی ضربه طبقات بر حسب فاصله اولیه بین ساختمانهای مجاور تحت مولفه افقی
و افقی عمودی حرکت عمود بر گسل در حالت غیر خطی.....۹۷

شکل(۵-۱۱) تغییرات حداکثر نیروی ضربه طبقات بر حسب فاصله اولیه بین ساختمانهای مجاور تحت مولفه افقی
پالس عمود بر گسل با بزرگای M=7 بدون اختلاف فاز در حالت غیر خطی.....۹۸

شکل(۵-۱۲) تغییرات حداکثر نیروی ضربه طبقه سوم بر حسب فاصله اولیه بین ساختمانهای مجاور تحت مولفه افقی
پالس عمود بر گسل..... ۹۸

شکل(۵-۱۳) تاریخچه زمانی نیروی برشی ساختمانهای مجاور تحت پالس عمود بر گسل با بزرگای M=۷
در حالت غیر خطی.....۱۰۱

شکل (۵-۱۴)تغییرات ماکزیمم نیروی ضربه طبقه اول بر حسب اختلاف فاز و فاصله اولیه بین ساختمانهای مجاور
تحت مولفه افقی حرکت عمود بر گسل در حالت خطی.....۱۰۳

شکل (۵-۱۵)تغییرات ماکزیمم نیروی ضربه طبقه اول بر حسب اختلاف فاز و فاصله اولیه بین ساختمانهای مجاور
تحت مولفه های افقی و عمودی حرکت عمود بر گسل(u+v) در حالت خطی.....۱۰۴

شکل (۵-۱۶)تغییرات ماکزیمم نیروی ضربه طبقه اول بر حسب اختلاف فاز و فاصله اولیه بین ساختمانهای مجاور
تحت مولفه های افقی و عمودی حرکت عمود بر گسل(u-v) در حالت خطی.....۱۰۵

شکل (۵-۱۷)تغییرات ماکزیمم نیروی ضربه طبقه دوم بر حسب اختلاف فاز و فاصله اولیه بین ساختمانهای مجاور
تحت مولفه افقی حرکت (u) عمود بر گسل در حالت خطی.....۱۰۶

شکل (۵-۱۸)تغییرات ماکزیمم نیروی ضربه طبقه دوم بر حسب اختلاف فاز و فاصله اولیه بین ساختمانهای مجاور تحت مولفه های افقی و عمودی حرکت عمود بر گسل(u+v) در حالت خطی.....۱۰۷

شکل (۵-۱۹)تغییرات ماکزیمم نیروی ضربه طبقه دوم بر حسب اختلاف فاز و فاصله اولیه بین ساختمانهای مجاور تحت مولفه های افقی و عمودی حرکت عمود بر گسل(u-v) در حالت خطی.....۱۰۸

شکل (۵-۲۰)تغییرات ماکزیمم نیروی ضربه طبقه سوم بر حسب اختلاف فاز و فاصله اولیه بین ساختمانهای مجاور تحت مولفه افقی حرکت(u) عمود بر گسل در حالت خطی.....۱۰۹

شکل (۵-۲۱)تغییرات ماکزیمم نیروی ضربه طبقه سوم بر حسب اختلاف فاز و فاصله اولیه بین ساختمانهای مجاور تحت مولفه های افقی و عمودی حرکت عمود بر گسل(u+v) در حالت خطی.....۱۱۰

شکل (۵-۲۲)تغییرات ماکزیمم نیروی ضربه طبقه سوم بر حسب اختلاف فاز و فاصله اولیه بین ساختمانهای مجاور تحت مولفه های افقی و عمودی حرکت عمود بر گسل(v-u) در حالت خطی.....۱۱۱

شکل (۵-۲۳)تغییرات ماکزیمم نیروی ضربه طبقه اول بر حسب اختلاف فاز و فاصله اولیه بین ساختمانهای مجاور تحت مولفه افقی حرکت (u) عمود بر گسل در حالت غیر خطی ۱۱۳

شکل (۵-۲۴)تغییرات ماکزیمم نیروی ضربه طبقه اول بر حسب اختلاف فاز و فاصله اولیه بین ساختمانهای مجاور تحت مولفه های افقی و عمودی حرکت عمود بر گسل (u+v) در حالت غیر خطی.....۱۱۴

شکل (۵-۲۵)تغییرات ماکزیمم نیروی ضربه طبقه اول بر حسب اختلاف فاز و فاصله اولیه بین ساختمانهای مجاور تحت مولفه های افقی و عمودی حرکت عمود بر گسل(u-v) در حالت غیر خطی.....۱۱۵

شکل (۵-۲۶)تغییرات ماکزیمم نیروی ضربه طبقه دوم بر حسب اختلاف فاز و فاصله اولیه بین ساختمانهای مجاور تحت مولفه افقی حرکت (u)عمود بر گسل در حالت غیر خطی ۱۱۶

شکل (۵-۲۷)تغییرات ماکزیمم نیروی ضربه طبقه دوم بر حسب اختلاف فاز و فاصله اولیه بین ساختمانهای مجاور

تحت مولفه های افقی و عمودی حرکت عمود بر گسل(u+v) در حالت غیر خطی.....۱۱۷

شکل (۵-۲۸)تغییرات ماکزیمم نیروی ضربه طبقه دوم بر حسب اختلاف فاز و فاصله اولیه بین ساختمانهای مجاور تحت مولفه های افقی و عمودی حرکت عمود بر گسل(u-v) در حالت غیر خطی.....۱۱۸

شکل (۵-۲۹)تغییرات ماکزیمم نیروی ضربه طبقه سوم بر حسب اختلاف فاز و فاصله اولیه بین ساختمانهای مجاور تحت مولفه افقی حرکت(u) عمود بر گسل در حالت غیر خطی ۱۱۹

شکل (۵-۳۰)تغییرات ماکزیمم نیروی ضربه طبقه سوم بر حسب اختلاف فاز و فاصله اولیه بین ساختمانهای مجاور تحت مولفه های افقی و عمودی حرکت عمود بر گسل(u+v) در حالت غیر خطی.....۱۲۰

شکل (۵-۳۱)تغییرات ماکزیمم نیروی ضربه طبقه سوم بر حسب اختلاف فاز و فاصله اولیه بین ساختمانهای مجاور تحت مولفه های افقی و عمودی حرکت عمود بر گسل(u-v) در حالت غیر خطی.....۱۲۱

Pounding response of adjacent buildings with different height to near-fault differential strong ground motion

In this study a simple model of three and seven-storey adjacent buildings excited by the horizontal and vertical components of fault-normal pulse and fault-parallel displacement with different magnitudes and time lags has been considered. In the considered model each storey consist of a rigid diaphragm connected to two axially rigid mass-less columns by nonlinear rotational springs and linear rotational dashpots. Pounding has been simulated by the nonlinear viscoelastic model and the system of coupled differential equations has been solved by the fourth-order Runge-Kutta method. For the considered models the results indicate that for linear behavior of material: (1)The impact force increases the drift of seven-storey building in upper stories, but it doesn't affect drifts of three-storey building significantly. Same results have been observed for shear force more or less. For nonlinear behavior: (2)The impact force tends to increase maximum drift and permanent deformation of seven-storey building in upper levels. It also increases permanent deformation of three-storey building. (3)Pounding effect on buildings shear force is negligible. (4)Material nonlinearity reduces the maximum impact force and minimum distance required to avoid pounding in comparison to linear behavior.(5) The time lag in ground motion can increase up to 1.5 times the maximum impact force and minimum distance required avoiding collision in both linear and nonlinear cases.(7) For considered model in this study, the effect of the horizontal component of ground motion is predominant on the maximum impact force and the minimum distance required avoiding collision. In other words, the effects of the vertical and rocking components of ground motion are negligible.

Keywords: Pounding, near-fault ground motion, forward directivity, differential ground motion, seismic response, adjacent buildings

فصل اول:

مقدمه

۱-۱-پیشگفتار

تجربه زلزله‌های ۱۹۶۴ آلاسکا [۱]، ۱۹۶۷ ونزوئلا[۲]، ۱۹۷۱ سان فرناندو [۳]، ۱۹۷۲ماناگوا [۴]،۱۹۷۷رومانی [۵]، و۱۹۷۷ تسالونیکی[۶]، ۱۹۸۵ مکزیکوسیتی [۷]، ۱۹۸۹ لوما پریتا [۸و۹]، ۱۹۹۹ آتن [۱۰] و ۱۹۹۵ کوبه [۱۱] نشان دهنده‌ی احتمال برخورد سازه‌های مجاور یا قسمت‌های مختلف پل‌ها در حین زمین لرزه می باشند که ممکن است پیامدهای غیرقابل جبرانی داشته باشند.

نتایج تحقیقات گذشته نشان داده است که ضربه بین سازه‌ها می‌تواند باعث آسیب در نقاط برخورد و افزایش قابل توجه در پاسخ سازه گردد. آسیب نوع اول ممکن است باعث خسارت‌های موضعی گردد حال آنکه آسیب نوع دوم می‌تواند منجر به تخریب کلی سازه و واژگونی آن گردد. دلیل اصلی برخورد بین ساختمان‌ها معمولا ارتعاش غیر هم فاز آن‌ها می‌باشد که این نوع ارتعاش به دلیل تفاوت در مشخصات دینامیکی ساختمان‌ها پدید می‌آید[۱۲و۱۳]. از سوی دیگر در مورد سازه‌های طویل پدیده ضربه بین قسمت‌های فوقانی سازه اغلب به دلیل اثر انتشار موج و اعمال تحریکات لرزه‌ای متفاوت به تکیه گاه‌های سازه ایجاد می‌شود[۱۴و۱۵]. ساده‌ترین راه برای جلوگیری از ضربه ایجاد فاصله مناسب بین ساختمان‌های مجاور یا اعضای سازه‌های طویل می‌باشد [۱۶] اما به دلیل تغییر شکل‌های بزرگ در سازه‌های نزدیک گسل [۱۷] فواصل تعیین شده در آیین نامه‌ها مناسب نبوده و تحقیقات بیشتری را در این زمینه می‌طلبد.

اولین تحقیقات در زمینه زلزله‌های نزدیک گسل[۱] از حدود نیم قرن پیش آغاز گردید. در آن زمان زمین‌لرزه‌ها را بر اساس فاصله محل ثبت رکورد تا گسل، به دو دسته زلزله‌های نزدیک گسل و دور از گسل[۲] تقسیم‌بندی نمودند[۱۸]. البته بعدها این تعریف اصلاح گردید و عوامل دیگری جز فاصله نیز بر این تقسیم‌بندی تاثیر گذاشتند[۱۹].

در اغلب موارد به زلزله‌هایی که سایت ثبت زلزله در فاصله‌ای کمتر از ۱۵ تا ۲۰ کیلومتری از محل وقوع آن قرار داشته باشد زلزله‌های حوزه نزدیک گفته می شود [۲۰]. این نوع زمین‌لرزه‌ها توسط حرکات شدید پالسی با دوره زمانی کوتاه شناخته می‌شوند. این حرکات پالسی شکل مخصوصاً در نواحی با جهت‌گیری پیش‌رونده[۳] که شکست گسل با سرعتی نزدیک به سرعت موج برشی به آن محل نزدیک می شود بسیار آشکارتر خواهد بود [۲۱]. علاوه براین، نگاشت‌های ثبت شده در نواحی نزدیک گسل از لحاظ محتوای فرکانسی نسبت به زلزله‌های دور از گسل غنی‌تر هستند [۲۲]. رکوردهای بدست آمده از زلزله‌های

1. Near-Field Earthquakes

2. Far-Field Earthquakes

3. Forward Directivity

حوزه نزدیک شامل مقادیر بزرگ جابجایی دائمی زمین نیز می‌باشند که این پدیده ناشی از تغییر شکل تکتونیکی زمین بوده و بطورکلی در مولفه موازی گسل قابل رویت می‌باشد. لذا در اکثر موارد با اثرات ناشی از جهت‌گیری انتشار شکست ترکیب نخواهد شد[۲۳و۲۴]. گزارشات ارایه شده پس از وقوع زلزله‌های نورثریج در سال ۱۹۹۴ و کوبه در سال ۱۹۹۵ نشان داد که پاسخ سازه‌ها تحت زلزله‌های نزدیک گسل در مقایسه با دور از گسل متفاوت بوده لذا محققان را به سمت مطالعه دقیق‌تر این موضوع سوق داد. در این مطالعات نشان داده شد که نیاز تغییر مکانی زلزله‌های نزدیک گسل بسیار بالا بوده و این امر ناشی از آزاد شدن حجم زیاد انرژی در مدت زمان کوتاه می‌باشد[۲۵]. از اینرو سازه‌هایی که برطبق آیین نامه‌های لرزه‌ای گذشته طراحی شده‌اند به هیچ وجه نمی‌توانند تامین کننده این نیاز باشند[۱۷]. در همین راستا در آیین نامه UBC 97 [۲۶] و برخی دیگر از آیین نامه‌های طراحی لرزه‌ای مساله زلزله‌های نزدیک به منبع لرزه‌ای مورد توجه قرار گرفته است [۲۷]. در ایران نیز بعد از زلزله طبس در سال ۱۹۷۸ [۲۸و۲۹] و زلزله بم در سال ۲۰۰۳ [۳۰و۳۱]، توجه بیشتری به زلزله‌های نزدیک گسل معطوف گردیده است.

در زلزله‌هایی که پیش‌تر به آن‌ها اشاره شد (۱۹۶۴ آلاسکا, ۱۹۸۹ لوما پریتا, ۱۹۹۵ کوبه و...) پدیده‌ی دیگری علاوه بر زمین‌لرزه باعث تخریب ساختمان‌ها گردید و آن ضربه‌ی بین ساختمان‌ها بود زیرا از طرفی پالس‌های زمین‌لرزه نزدیک به گسل باعث افزایش تغییر شکل‌ها و افزایش احتمال برخورد می شود و از طرفی برخورد بین سازه‌ها خسارت را تشدید می کند. از اینرو بررسی پدیده ضربه ساختمان‌ها در زلزله‌های نزدیک به گسل از اهمیت بالایی برخوردار است.

۱-۲- رویکرد اصلی پایان نامه

زلزله حوزه نزدیک را می‌توان 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 زلزله‌های نزدیک گسل و قدرت تخریب بالای تکانه‌های ناشی از آن‌ها نشان داده که طراحی سازه‌هایی که در محدوده نزدیک گسل قرار می‌گیرند نیازمند توجه خاصی می‌باشند. از اینرو جهت طراحی سازه‌های مجاور احتیاج است که ماکزیمم نیروی ضربه قابل انتظار در زمان زلزله، به منظور ارزیابی آسیب بالقوه ناشی از برخورد و نیز حداقل فاصله لازم برای پیشگیری از برخورد شناخته شوند.

در این راستا مدلی ساده از ساختمان‌های مجاور سه و هفت طبقه در نظر گرفته شده و برخورد آن‌ها تحت مولفه‌های افقی و عمودی حاصل از حرکات موازی و عمود بر گسل با بزرگا و اختلاف فازهای مختلف مورد بررسی قرار می گیرد. در این تحقیق بررسی حداکثر نیروی ضربه و حداقل فاصله لازم برای پیشگیری از ضربه و نیز اثر اختلاف فاز بر میزان نیروی ضربه مورد نظر است. هر طبقه شامل یک کف صلب و دو ستون صلب بدون جرم بوده که با دو فنر دورانی غیرخطی بهم متصل شده‌اند. جهت

مدل کردن نیروی ضربه بین سازه‌ها از مدل ویسکوالاستیک غیرخطی استفاده شده است. سیستم تحت حرکات عمود و موازی گسل قرار گرفته و پاسخ تاریخچه زمانی خطی و غیر خطی ساختمان‌ها مورد بررسی قرار می گیرد. در این تحقیق حرکت گسل با پالس‌هایی که متوسط دامنه و پریود آن‌ها بر اساس مشاهده‌ها و رکوردهای ثبت شده کالیبره شده‌اند مدل گردیده است. جهت حل معادلات غیرخطی حرکت سیستم از روش رانگ-کوتای مرتبه چهارم استفاده گردیده که روشی پایدار است.

.

۱-۳- ساختار پایان‌نامه

هدف از این تحقیق بررسی اثر ضربه روی پاسخ ساختمان‌های مجاور و میزان بیشینه نیروی ضربه و حداقل فاصله لازم برای پیشگیری از برخورد ساختمان‌ها و نیز بررسی تاثیر اختلاف فاز پالس‌های ورودی بر بیشینه نیروی برخورد و حداقل فاصله لازم جهت جلوگیری از برخورد تحت حرکات موازی گسل و عمود بر گسل می باشد.

فصل اول مقدمه ای بر پدیده ضربه بین ساختمان‌های مجاور و نیز خصوصیات حرکات زمین در نزدیکی گسل و اهمیت در نظرگرفتن اثراتشان در طراحی ساختمان‌ها و شرح مشخصه‌های کلی مدل‌های مورد بررسی در این تحقیق است.

فصل دوم مرور و بررسی مطالعات گذشته در زمینه پدیده ضربه بین سازه‌های مجاور و نیز اثرات زلزله حوزه نزدیک بر سازه‌ها می‌باشد.

فصل سوم به بیان خصوصیات حرکات شدید زمین در نزدیکی گسل و وجه تمایز آن با حرکات دور از گسل و نیز جزییات پالس‌های به کار گرفته شده در این تحقیق می‌پردازد.

فصل چهارم مدل سازه‌ای به کار گرفته شده در این تحقیق را شرح داده و روابط و معادلات دینامیکی حاکم و مدل شبیه سازی برخورد و پارامترهای به کار رفته در آن و روش حل معادلات را مورد بررسی قرار می‌دهد.

فصل پنجم به بررسی نتایج عددی حاصل از تحلیل‌ها می‌پردازد.

فصل ششم به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری کلی از این تحقیق پرداخته و در آن پیشنهاداتی برای مطالعات آینده ارائه شده است.

فصل دوم:

کلیات

۲-۱-مقدمه

امروزه با توجه به تراکم بالای ساختمان‌ها، بلند مرتبه سازی.ها و آسیب‌های زیادی که در زلزله‌های پیشین بر اثر برخورد ساختمان‌های مجاور گزارش شده، این پدیده مورد توجه محققین قرار گرفته است. در این فصل ابتدا مطالعات مرتبط با پدیده برخورد سازه‌های مجاور شرح داده شده سپس تحقیقاتی که در گذشته پیرامون اثرات زلزله‌های نزدیک گسل بر سازه‌ها انجام گردیده بطور خلاصه آورده شده است.

۲-۲- بررسی تحقیقات پیشین

۲-۲-۱- آسیبهای ناشی از ضربه در زلزله های گذشته

در زلزله آلاسکا در سال ۱۹۶۴، برج اصلی هتل انکوریج وستوار[۴] در برخورد با سالن سه طبقه ای که در مجاورت آن قرار داشت تخریب شد[۱]. در زلزله ونزوئلا ۱۹۶۷ آسیب ناشی از ضربه در منطقه کاراکاس گزارش شده است[۲]. سال ۱۹۷۱ در زلزله سان فرناندو[۵] برخورد بین ساختمان اصلی بیمارستان اولیو ویو[۶] و یکی از پله های آن که کنار سازه اصلی احداث شده بود باعث آسیب پله و کج شدن دائمی آن گردید[۳].در زلزله های ماناگوا ۱۹۷۲ [۴],رومانی ۱۹۷۷[۵] و تسالونیکی ۱۹۷۷ [۶]بسیاری از ساختمان ها به دلیل ضربه آسیب دیدند. در زمین لرزه ۱۹ سپتامبر ۱۹۸۵ مکزیکوسیتی در حدود ۳۳۰ ساختمان برخورد با یکدیگر را تجربه کرده اند که ۱۵ درصد از آنها منجر به فروپاشی شده است[۷]. در طول زلزله سال ۱۹۸۹ لوما پریتا[۷] بیش از ۲۰۰ برخورد مشاهده شد که بین بیش از ۵۰۰ ساختمان رخ داده بود[۸]. همچنین خسارت قابل توجهی به علت برخورد بین بخش هایی از ساختمان یک مدرسه در آتن پس از زلزله ۱۹۹۹ مشاهده شد[۱۰]. شواهدی از اثرات منفی ناشی از برخورد در هنگام زلزله در پل ها نیز دیده شده است. از آن جمله در زلزله لوما پریتا در یک اتوبان دو طبقه برخورد بین جاده طبقه اول و ستون نگه دارنده طبقه دوم منجر به خسارت قابل توجهی به عرشه پل و ستون ها گردید[۹]. در زلزله سن فرناندو ۱۹۷۱نیز ضربه بین عرشه و پایه های پل گزارش شده است[۳۳] .در گزارش آسیب به یک پل بزرگراهی در زلزله ۱۹۹۵ کوبه[۸]، یک دلیل شکستگی قسمتهایی از پل و سقوط عرشه پدیده ضربه عنوان شده است[۱۱].

---

[1]- Anchorage Westward hotel

[5]- San Fernando

[6]- Olive View hospital

[7]- Loma Prieta

[8] -Kobe

با توجه به این خسارات و بسیاری گزارشات دیگر تحقیقات زیادی در این زمینه انجام گردیده که به تعدادی از آنها در این بخش اشاره خواهد شد.

۲-۲-۲- مطالعات انجام شده بر روی پاسخ سازه های تحت برخورد

خسارات ناشی از برخورد سازه های مجاور حاصل از انتقال نیروی عظیم بین سازه های برخورد کننده است و این نیروی برخوردِ بیش از ظرفیت طراحی سازه، منجر به صدمات جدی و حتی فروپاشی سازه می شود.

بررسی آسیب های ناشی از ضربه در زلزله در گزارشات [۳۳و۳۴] پنج نوع عمده از آسیب را نشان می دهد:

۱- برخورد وسط ستونی: طبقات ساختمان های مجاور ممکن است در سطوح مختلف باشند بنابراین طبقه ای از یک ساختمان به ستون ساختمان مجاور برخورد می کند و باعث شکست ستون می شود(شکل ۱-a).

۲- برخورد ساختمان مجاور سنگین تر: جرم ساختمانهای مجاور ممکن است بسیار متفاوت باشد بنابراین ساختمان سبکتر حرکت جانبی قابل توجهی بر اثر ضربه ساختمان سنگین تر خواهد داشت(شکل ۱-b).

۳- برخورد ساختمان مجاور بلندتر: ساختمانهای مجاور ممکن است ارتفاع متفاوتی داشته باشند بنابراین نوسان ساختمانی که بلندتر است به طور ناگهانی توسط ساختمان کوتاه تر محدود شده و منجر به صدمات شدید در طبقات بالای محل برخورد می شود(شکل ۱-c).

۴- برخورد خارج از مرکز: ساختمان در یکی از گوشه ها توسط ساختمان مجاور مورد برخورد قرار گرفته و منجر به القای حرکت پیچشی طبقه و شکست ستون گوشه ای می شود(شکل ۱-d).

۵- برخورد به ساختمان انتهایی: برای ساختمان ها سری و پشت سر هم اثر آونگ باعث حرکت بزرگ و آسیب به ساختمان واقع در انتهای سری می شود(شکل ۱-e).