بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده مهندسی

۹۲۳۱۹٤٥٥

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران

گرایش مکانیک خاک و پی

عنوان :

ظرفیت باربری لرزه‌ای فونداسیون‌های واقع بر خاکهای لایه‌ای

استاد راهنما:

دکتر مسعود اولی پور

استاد مشاور:

دکتر علی حقیقی

نگارنده :

مهدی جهانی

بهمن ماه ۱۳۹۲

باسمه تعالی

دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده مهندسی

(نتیجه ارزشیابی پایان نامه کارشناسی ارشد)

پایان نامه آقای: مهدی جهانی**دانشجوی رشته:** کارشناسی ارشد عمران **گرایش**: مکانیک خاک و پی

دانشکده مهندسی **به شماره دانشجویی**: ۹۰۳۱۹۰۲

با عنوان:

ظرفیت باربری لرزه‌ای فونداسیون‌های واقع بر خاکهای لایه‌ای

جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد در تاریخ : ۹۲/۱۱/۲۶ توسط هیأت داوران مورد ارزشیابی قرار گرفت و با درجه عالی تصویب گردید.

۱. **اعضا ی هیأت داوران :**	**رتبه علمی**	**امضاء**
استاد راهنما: دکتر مسعود اولی پور	استادیار	.....
استاد مشاور: دکتر علی حقیقی	استادیار	.....
استاد داور: دکتر جواد احدیان	استادیار	.....
استاد داور:دکتر اکبر حسنی پور	استادیار	.....
نماینده تحصیلات تکمیلی:دکتر محمدرضا صفاریان	استادیار	.....
۲. **مدیرگروه:** مهندس سید عبدالله حسینی دهدشتی	مربی	.....
۳. **معاون پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده:** دکتر علی حقیقی	استادیار	.....
٤. **مدیرتحصیلات تکمیلی دانشگاه:** دکتر مسعود قربان پورنجف آبادی	استاد	.....

تقدیم به:

همسرفداکار

و

پسرعزیزم

سپاسگزاری

سپاس ایزد یکتا را که توانایی انجام و ارائه این تحقیق را بر من ارزانی داشت. در اینجا فرصت را مغتنم می‌دانم و از کلیه مساعدت‌ها، راهنمائی‌ها و پشتیبانی‌های ارزندهٔ استاد راهنمای خود، جناب آقای دکتر مسعود اولی پور، تشکر و قدردانی می‌نمایم. همچنین از استاد مشاور خود جناب آقای دکتر علی حقیقی به‌دلیل راهنمایی‌های ارزنده و صمیمانه ایشان نهایت تشکر را دارم.

چکیده

نام خانوادگی: **جهانی**	نام: **مهدی**	شماره دانشجویی: **۹۰۳۱۹۰۲**
عنوان پایان نامه: ظرفیت باربری لرزه‌ای فونداسیون‌های واقع بر خاکهای لایه‌ای		
استاد راهنما: **دکتر مسعود اولی پور**		
استاد مشاور: **دکتر علی حقیقی**		
درجه تحصیلی: **کارشناسی ارشد**	رشته: **مهندسی عمران**	گرایش: **مکانیک خاک و پی**
دانشگاه:**شهیدچمران اهواز**	دانشکده: **مهندسی**	گروه: **عمران**
تاریخ فارغ التحصیلی : ۹۲/۱۱/۲۶		تعداد صفحه: ۱۱۰

کلیدواژه:**ضریب ظرفیت باربری لرزه‌ای، مکانیزم گسیختگی، تعادل‌حدی، آنالیزدینامیکی، پلکسیس**

برخلاف حالات استاتیکی ظرفیت باربری فونداسیون‌ها، بررسی ظرفیت باربری در هنگام وقوع زلزله، کمتر مورد توجه محققان قرارگرفته‌است. در این میان با توجه به لایه‌ای‌بودن پروفیل‌های خاک در بسیاری از مناطق لرزه خیز، تعیین ظرفیت باربری لرزه‌ای فونداسیون‌های واقع بر این خاکها منجر به طراحی اقتصادی فونداسیون‌های سطحی می‌گردد.

در این تحقیق با تعمیم روش مرلوس و رومو برای خاکهای دو لایهٔ رسی، ضرایب ظرفیت باربری لرزه‌ای فونداسیون‌های واقع بر این خاکها محاسبه گردید. سپس با استفاده از زیرمجموعهٔ دینامیکی نرم افزار پلکسیس، تأثیر پارامترهای شتاب نگاشت زلزله بر ظرفیت باربری لرزه‌ای پی‌های واقع بر خاکهای دو لایهٔ رسی بررسی‌گردید.

نتایج نشان داد که افزایش شتاب زلزله با ثابت بودن سایر پارامترها، باعث سطحی‌ترشدن مکانیزم گسیختگی و تشکیل آن در لایهٔ فوقانی می‌گردد و ظرفیت باربری لرزه ای کاهش می-یابد. درضمن کاهش فرکانس شتاب نگاشت و همزمان افزایش مدت زمان اعمال زلزله باعث کاهش ظرفیت باربری لرزه‌ای گردید، به طوریکه در فرکانس۲۰ هرتز و مدت زمان ٤ ثانیه و در شتابهای ۰/٤g و ۰/٥g، فونداسیون ظرفیت باربری خود را به طور کامل ازدست داد. همچنین به طور کلی مکانیزم گسیختگی در خاکهای لایه‌ای تمایل به تشکیل در لایهٔ ضعیفتر دارد، به طوریکه در شرایط وقوع رس ضعیف بر رس قوی، مکانیزم گسیختگی به طور کامل در لایهٔ فوقانی تشکیل می‌شود و در حالاتیکه رس قوی بر روی رس ضعیف قرارمی‌گیرد، مکانیزم گسیختگی وارد لایهٔ زیرین می‌گردد.

فهرست مطالب

فرم ارزشیابی ..... أ

اهدانامه ..... ب

قدردانی ..... ت

فهرست مطالب ..... ث

فهرست شکل‌ها و جداول ..... د

فهرست علائم ..... ز

چکیده پایان نامه به زبان فارسی ..... ض

فصل اول: مقدمه و هدف ۱

۱-۱ دورنما و اهداف کلی تحقیق ۲

۱-۲ ساختار پایان نامه ۳

فصل دوم: مروری بر پژوهش‌های پیشین ٤

فصل سوم: مبانی نظری و روش انجام پژوهش ۱۳

۳-۱ تئوری پراکاش و کومار ۱۳

۳-۱-۱ فرضیات تئوری پراکاش و کومار ۱۳

۳-۱-۲ ظرفیت باربری استاتیکی ۱٤

۳-۱-۳ تعادل دینامیکی ۱٦

۳-۲ تئوری مرلوس و رومو ۱۹

۳-۲-۱ فرضیات روش مرلوس و رومو ۲۰

۳-۲-۲ محاسبهٔ ظرفیت باربری ۲۱

۳-۲-۲-۱ لنگرهای محرک ۲۵

۳-۲-۲-۲ لنگرهای مقاوم ۲۵

۳-۲-۲-۳ تعادل‌حدی ۲۷

۳-۳ برنامهٔ اجزا محدود پلکسیس ۲۸

۳-۳-۱ معرفی خصوصیات کلی برنامهٔ Plaxis 2d ۲۹

۳-۳-۱-۱ برنامهٔ ورودی ۲۹

۳-۳-۱-۱-۱ تنظیمات عمومی ۳۰
۳-۳-۱-۱-۲ مدل هندسی ۳۲
۳-۳-۱-۱-۲-۱ صفحات ۳۲
۳-۳-۱-۱-۲-۲ ژئوگریدها ۳۳
۳-۳-۱-۱-۲-۳ سطوح مشترک ۳۳
۳-۳-۱-۱-۲-٤ تونل‌ها ۳۳
۳-۳-۱-۱-۳ بارها و شرایط مرزی ۳۳
۳-۳-۱-۱-٤ مشخصات مصالح ۳٤
۳-۳-۱-۱-٤-۱ مدل‌های رفتاری خاک ۳٤
۳-۳-۱-۱-٤-۲ مدل‌سازی رفتار مصالح سازه‌ای ۳٤
۳-۳-۱-۱-۵ ایجاد شبکه ۳۵
۳-۳-۱-۱-٦ شرایط اولیه ۳۵
۳-۳-۱-۲ برنامهٔ محاسبات ۳۵
۳-۳-۱-۲-۱ تحلیل پلاستیک ۳٦
۳-۳-۱-۲-۲ تحلیل تحکیم ۳۷
۳-۳-۱-۲-۳ تحلیل اطمینان ۳۷
۳-۳-۱-۲-٤ تحلیل دینامیکی ۳۷
۳-۳-۱-۲-۵ اجرای مرحله به مرحله ۳۷
۳-۳-۱-۳ برنامهٔ خروجی ۳۸
۳-۳-۱-٤ برنامهٔ منحنی‌ها ۳۸
۳-۳-۲ معرفی خصوصیات ماژول دینامیکی برنامهٔ Plaxis 2d ۳۸
۳-۳-۲-۱ برنامهٔ ورودی ۳۸
۳-۳-۲-۱-۱ تنظیمات کلی ۳۸
۳-۳-۲-۱-۱-۱ ارتعاشات منبع منفرد ۳۹
۳-۳-۲-۱-۱-۲ مسائل زمین لرزه ۳۹
۳-۳-۲-۱-۲ بارها و شرایط مرزی ۳۹
۳-۳-۲-۱-۲-۱ مرزهای جاذب ۳۹
۳-۳-۲-۱-۲-۲ بارهای خارجی و جابجایی‌های معین ٤۰

۳-۳-۲-۱-۲-۳ پارامترهای مدل..... ٤١
۳-۳-۲-۲ محاسبات..... ٤٢
۳-۳-۲-۲-۱ انتخاب تحلیل دینامیکی..... ٤٣
۳-۳-۲-۲-۲ فعال‌سازی بارهای دینامیکی..... ٤٣
۳-۳-۲-۲-۳ تعیین ضریب بار سری‌های زمانی از فایل داده‌ها..... ٤٤
۳-۳-۲-۳ خروجی..... ٤٦
۳-۳-۲-٤ منحنی‌ها..... ٤٦
۳-۳-۳ تئوری و فرضیات رفتار دینامیکی در Plaxis 2d..... ٤٦
۳-٤ ظرفیت باربری لرزه‌ای خاک‌های رسی دو لایه بر اساس روش تعمیم یافته مرلوس و رومو..... ٤٨
۳-٤-۱ تعیین رابطهٔ ظرفیت باربری لرزه‌ای..... ٤٩
۳-٤-۲ تعیین پارامترهای موردنیاز حل مسئله..... ٥٣
۳-٥ ظرفیت باربری لرزه‌ای خاک‌های دو لایه رسی به روش آنالیز دینامیکی..... ٥٤
۳-٥-۱ مشخصات مدل اجزا محدود..... ٥٤
۳-٥-۲ روش انجام آنالیز و تعیین پارامترهای موردنیاز تحلیل..... ٥٦
فصل چهارم: ارائه نتیجه‌ها و تحلیل داده‌ها..... ٥٨
٤-۱ ظرفیت باربری لرزه‌ای رس تک لایه در روش مرلوس و رومو..... ٥٨
٤-۱-۱ تأثیرات ارتفاع سازه و شتاب ماکزیمم..... ٥٨
٤-۱-۲ تأثیرات عمق فونداسیون..... ٦٠
٤-۲ ظرفیت باربری لرزه‌ای خاک رس دو لایه در روش تعمیم یافتهٔ مرلوس و رومو..... ٦٢
٤-۲-۱ تأثیرات ارتفاع سازه و شتاب ماکزیمم..... ٦٢
٤-۲-۲ تأثیرات نسبت چسبندگی لایه‌ها..... ٦٤
٤-۲-۳ تأثیرات عمق لایهٔ فوقانی..... ٦٥
٤-۲-٤ تأثیرات عمق فونداسیون..... ٦٧
٤-۳ ظرفیت باربری لرزه‌ای رس تک لایه در آنالیز دینامیکی..... ٧٠
٤-۳-۱ تأثیرات شتاب ماکزیمم..... ٧٠
٤-۳-۲ تأثیرات فرکانس اعمالی..... ٧٢
٤-۳-۳ تأثیرات اعمال شتاب..... ٧٢
٤-٤ ظرفیت باربری لرزه ی خاک رسی دو لایه در آنالیز دینامیکی..... ٧٢

٤-٤-١ تأثیرات نسبت چسبندگی لایه‌ها ٧٣
٤-٤-٢ تأثیرات عمق لایهٔ فوقانی ٧٤
٤-٤-٣ تأثیرات فرکانس شتاب نگاشت ٧٧
٤-٤-٤ تأثیرات مدت زمان اعمال شتاب ٧٩
٤-٤-٥ تأثیرات شتاب ماکزیمم ٨٠
فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات ٨٤
٥-١ نتایج تحلیل ٨٤
٥-٢ پیشنهادات ٨٦
پیوست الف ٨٧
پیوست ب ٩٢
پیوست ج ٩٧
فهرست مقالات مستخرج از پایان نامه ١٠٧
مراجع ١٠٨
چکیده پایان نامه به انگلیسی ..... a

فهرست شکل‌ها وجداول

شکل ۲-۱ شمای گسیختگی زیر پی در روش تریاندافیلیدیس [٤] ٥

شکل ۲-۲ شمای گسیختگی زیر پی در روش ریچارد [٨] ٧

شکل ۲-۳ مکانیزم گسیختگی در روش بودهو و القرنی [٩] ٨

شکل ۲-٤ مکانیزم گسیختگی در روش کومار و موهان رائو [١٠] ٨

شکل ۲-٥ نمای میز لرزه در آزمایش‌های ناپت [١٣] ١٠

شکل ۲-٦ مکانیزم گسیختگی پی در آزمایش‌های ناپت [١٣] ١١

شکل ۳-۱ شمای گسیختگی زیر پی در روش پراکاش و کومار [٤] ١٤

شکل ۳-۲ تغییرمکان مرکز جرم اسپیرال در اثر دوران پی در روش پراکاش و کومار [٤] ١٨

شکل ۳-۳ دوران کامل ساختمان در زمین لرزهٔ ۱۹۸۵ مکزیکوسیتی [١] ١٩

شکل ۳-٤ نشست سازه در زمین لرزهٔ ۱۹۸۵ مکزیکوسیتی [١] ٢٠

شکل ۳-٥ نیروهای وارد بر سیستم خاک-سازه-فونداسیون [١] ٢١

شکل ۳-٦ دوران سیستم خاک-سازه-فونداسیون [١] ٢١

شکل ۳-۷ پارامترهای هندسی سیستم خاک-سازه-فونداسیون [١] ٢٣

شکل ۳-۸ مختصات مرکز سطح گسیختگی در ناحیهٔ مستطیلی [١] ٢٤

شکل ۳-۹ پنجرهٔ اصلی برنامهٔ ورودی [١٦] ٣٠

شکل ۳-۱۰ پنجرهٔ تنظیمات عمومی [١٦] ٣١

شکل ۳-۱۱ موقعیت گره‌ها و نقاط تنشی در المان‌های خاک [١٦] ٣٢

شکل ۳-۱۲ پنجرهٔ اصلی برنامهٔ محاسبات [١٦] ٣٦

شکل ۳-۱۳ پارامترهای الاستیک در مدل رفتاری موهر-کولمب [١٦] ٤١

شکل ۳-۱٤ مقادیر میرایی رایلی برای خاک(a) و برای صفحات (b) [١٦] ٤٢

شکل ۳-۱٥ جعبهٔ Multipliers [١٦] ٤٤

شکل ۳-۱٦ انتخاب فایل SMC برای بارگذاری زلزله [١٦] ٤٥

شکل ۳-۱۷ پارامترهای هندسی مسئله ٥٠

شکل ۳-۱۸ مش‌بندی و ابعاد مدل هندسی ٥٥

شکل ٤-۱ تغییرات ضریب ظرفیت باربری لرزه‌ای رس تک لایه در روش مرلوس و رومو ٥٩

شکل ٤-۲ تغییرات ضریب ظرفیت باربری لرزه‌ای رس تک لایه در دو حالت پی روی سطح و پی دفن شده در

روش مرلوس و رومو ٦١
شکل ٤-٣ تغییرات ضریب ظرفیت باربری لرزه‌ای در مقابل شتاب ماکزیمم و ارتفاع سازه در خاک رس دو لایه در روش تعمیم یافتهٔ مرلوس و رومو ٦٣
شکل ٤-٤ تغییرات ضریب ظرفیت باربری لرزه‌ای در مقابل شتاب ماکزیمم در خاک رس دو لایه در روش تعمیم یافتهٔ مرلوس و رومو ٦٥
شکل ٤-٥ تغییرات ضریب ظرفیت باربری لرزه‌ای در مقابل عمق لایهٔ فوقانی در خاک رس دو لایه در روش تعمیم یافتهٔ مرلوس و رومو ٦٦
شکل ٤-٦ تغییرات ضریب ظرفیت باربری لرزه‌ای در حالات پی روی سطح و پی مدفون در خاک رس دو لایه در روش تعمیم یافتهٔ مرلوس و رومو ٦٩
شکل ٤-٧ تغییرات ضریب ظرفیت باربری لرزه‌ای رس تک لایه در آنالیز دینامیکی ٧١
شکل ٤-٨ تغییرات ضریب ظرفیت باربری لرزه‌ای در مقابل شتاب ماکزیمم در خاک رس دو لایه در آنالیز دینامیکی ٧٤
شکل ٤-٩ تغییرات ضریب ظرفیت باربری لرزه‌ای در مقابل عمق لایهٔ فوقانی در خاک رس دو لایه در آنالیز دینامیکی ٧٦
شکل ٤-١٠ تغییرات ضریب ظرفیت باربری لرزه‌ای در مقابل فرکانس در خاک رس دو لایه در آنالیز دینامیکی ..٧٨
شکل ٤-١١ تغییرات ضریب ظرفیت باربری لرزه‌ای در مقابل زمان در خاک رس دو لایه در آنالیز دینامیکی ٨٠
شکل ٤-١٢ تغییرات ضریب ظرفیت باربری لرزه‌ای نسبت به شتاب ماکزیمم در خاک رس دو لایه در آنالیز دینامیکی ٨٢
شکل الف-١ نمودارهای ضریب ظرفیت باربری لرزه‌ای در شرایط $\frac{h_1}{B}$ =٠/٢٥ ..... ٨٨
شکل الف-٢ نمودارهای ضریب ظرفیت باربری لرزه‌ای در شرایط $\frac{h_1}{B}$ =٠/٥٠ ..... ٨٩
شکل الف-٣ نمودارهای ضریب ظرفیت باربری لرزه‌ای در شرایط $\frac{h_1}{B}$ =٠/٧٥ ..... ٩٠
شکل الف-٤ نمودارهای ضریب ظرفیت باربری لرزه‌ای در شرایط $\frac{h_1}{B}$ =١ ..... ٩١
شکل ب-١ نمودارهای ضریب ظرفیت باربری لرزه ی در شرایط $\frac{h_1}{B}$ =٠/٢٥ و B=١m و $\frac{D_f}{B}$ = ٠/٢٥ ..... ٩٣
شکل ب-٢ نمودارهای ضریب ظرفیت باربری لرزه‌ای در شرایط $\frac{h_1}{B}$ =٠/٥٠ و B=١m و $\frac{D_f}{B}$ = ٠/٢٥ ..... ٩٤
شکل ب-٣ نمودارهای ضریب ظرفیت باربری لرزه‌ای در شرایط $\frac{h_1}{B}$ =٠/٧٥ و B=١m و $\frac{D_f}{B}$ = ٠/٢٥ ..... ٩٥
شکل ب-٤ نمودارهای ضریب ظرفیت باربری لرزه‌ای در شرایط $\frac{h_1}{B}$ =١ و B=١m و $\frac{D_f}{B}$ = ٠/٢٥ ..... ٩٦
شکل ج-١ نمودارهای ضریب ظرفیت باربری لرزه‌ای در شرایط B= ١m و freq= ٢٠hz و t=٢s ٩٨

شکل ج-۲ نمودارهای ضریب ظرفیت باربری لرزه‌ای در شرایط B= ۱m و freq= ۲۰hz و t=۳s.....۹۹
شکل ج-۳ نمودارهای ضریب ظرفیت باربری لرزه‌ای در شرایط B= ۱m و freq= ۲۰hz و t=٤s..... ۱۰۰
شکل ج-٤ نمودارهای ضریب ظرفیت باربری لرزه‌ای در شرایط B= ۱m و freq= ۲۵hz و t=۲s..... ۱۰۱
شکل ج-۵ نمودارهای ضریب ظرفیت باربری لرزه‌ای در شرایط B= ۱m و freq= ۲۵hz و t=۳s..... ۱۰۲
شکل ج-٦ نمودارهای ضریب ظرفیت باربری لرزه‌ای در شرایط B= ۱m و freq= ۲۵hz و t=٤s..... ۱۰۳
شکل ج-۷ نمودارهای ضریب ظرفیت باربری لرزه ی در شرایط B=۱m و freq= ۳۰hz و t=۲s..... ۱۰٤
شکل ج-۸ نمودارهای ضریب ظرفیت باربری لرزه‌ای در شرایط B= ۱m و freq= ۳۰hz و t=۳s..... ۱۰۵
شکل ج-۹ نمودارهای ضریب ظرفیت باربری لرزه‌ای در شرایط B= ۱m و freq= ۳۰hz و t=٤s..... ۱۰٦

جدول ۳-۱ مشخصات خاک در مدل پلکسیس.....٥٤
جدول ۳-۲ مشخصات فونداسیون در مدل پلکسیس.....۵۵

فهرست علائم

q_u	ظرفیت باربری نهایی استاتیکی
C	چسبندگی
B	عرض پی
r_0	شعاع اولیه اسپیرال لگاریتم
N_γ و N_C	ضرایب ظرفیت باربری استاتیکی
γ_s	وزن واحد حجم خاک
r	شعاع منحنی اسپیرال لگاریتمی
φ	زاویه اصطکاک داخلی خاک
θ	زاویهٔ شعاع منحنی اسپیرال لگاریتمی
M_{Rc}	لنگر ناشی از چسبندگی
M_{RW}	لنگر ناشی از وزن خاک
W_s	وزن تودهٔ خاک
$\bar{x}$	فاصلهٔ بین مرکز جرم خاک و مرکز دوران
H	ارتفاع محل اثر بار افقی تا پی
W_e	بار استاتیکی ناشی از وزن سازه
D_2	پالس‌های دینامیکی وابسته به زمان
R_1	نیروی مقاوم خاک ناشی از اصطکاک
R_2	نیروی مقاوم خاک ناشی از چسبندگی
R_3	نیروی مقاوم ناشی از خروج ازمرکزیت مرکز جرم نسبت به مرکز دوران
R_4	نیروی مقاوم ناشی از جابجایی مرکز جرم تودهٔ خاک دوران‌کننده
R_5	نیروی اینرسی گوهٔ گسیختگی
M_{we}	لنگر ناشی از وزن سازه حول مرکز دوران
P_t	نیروی افقی تابع زمان

M_t	لنگر ناشی از نیروی افقی تابع زمان
M_{R1}	لنگر ناشی از نیروی اصطکاک
M_{R4}	لنگر ناشی از جابجایی مرکز جرم تودهٔ خاک دوران‌کننده
ψ	زاویهٔ دوران پی
g	شتاب جاذبهٔ ثقل زمین
M_{R5}	لنگر ناشی از نیروی اینرسی خاک حول مرکز دوران
F_{he}	نیروی اینرسی افقی زلزله
W_{sa}	وزن خاک احاطه کنندهٔ فونداسیون
H_e	ارتفاع سازه تا تراز فونداسیون
L	طول فونداسیون
D_f	عمق فونداسیون
q	فشار وارد برخاک
m_e	جرم سازه
a_e	شتاب اعمالی در مرکز جرم سازه
t_i	زمان در یک لحظه
x_{ig} و y_{ig}	مختصات مرکز دوران نسبت به لبه فونداسیون
x_d و y_d	مختصات مرکز دوران نسبت به مرکز جرم سازه
H_{eq}	ارتفاع مرکز جرم تا تراز فونداسیون
M_{awe}	لنگر محرک ناشی از وزن سازه
M_{afh}	لنگر ناشی از نیروی افقی زلزله
M_{aie}	لنگر ناشی از اثر پی- دلتا
β	زاویهٔ بین شعاع اولیهٔ اسپیرال با شعاع گذرنده از لبهٔ پی
α	زاویهٔ بین شعاع گذرنده از لبهٔ پی و شعاع انتهایی اسپیرال
r_1	شعاع اسپیرال گذرنده از یک لبهٔ پی
M_{rsf}	لنگر ناشی از چسبندگی حول مرکز دوران
M_{rcd}	لنگر ناشی از وزن خاک زیر فونداسیون و واقع در گوهٔ گسیختگی
B_1	فاصلهٔ افقی مرکز اسپیرال تا نقطهٔ تقاطع گوهٔ گسیختگی با تراز فونداسیون
M_{rsa}	لنگر ناشی از خاک احاطه کنندهٔ فونداسیون

$\sum M_a$	مجموع لنگرهای محرک
$\sum M_r$	مجموع لنگرهای مقاوم
q_{ue}	ظرفیت باربری لرزه‌ای
Δt	بازهٔ کوچک زمانی
d_{eq}	ضخامت معادل صفحه
EI	سختی خمشی
EA	سختی محوری
M_P	لنگر ماکزیمم خمشی
N_P	نیروی محوری ماکزیمم
V_P	سرعت موج فشاری
V_S	سرعت موج برشی
$\overline{\overline{M}}$	ماتریس جرم
$\overline{\overline{C}}$	ماتریس میرایی
$\overline{\overline{K}}$	ماتریس سختی
$\underline{u}$	بردار جابجایی
$\underline{\dot{u}}$	بردار سرعت
$\underline{\ddot{u}}$	بردار شتاب
$\underline{F}$	بردار بارگذاری
α_r و β_r	ضرایب میرایی رایلی
σ_n	تنش نرمال
τ	تنش برشی
d_1 و d_2	ضرایب آسودگی
$\dot{u}_x$	سرعت در جهت محور طولی
$\dot{u}_y$	سرعت در جهت محور عرضی
C_1	چسبندگی خاک لایهٔ فوقانی
C_2	چسبندگی خاک لایهٔ تحتانی
γ_1	وزن واحد حجم خاک لایهٔ فوقانی
γ_2	وزن واحد حجم خاک لایهٔ تحتانی

h_1	ضخامت خاک لایهٔ فوقانی
θ_1	زاویه مطابق شکل ۳-۱۷
F	تابع ظرفیت باربری لرزه‌ای
N_{ce}	ضریب ظرفیت باربری لرزه‌ای
E	مدول الاستیسیتهٔ خاک
υ	ضریب پواسون
f_{req}	فرکانس طیف شتاب نگاشت
a_{max}	بزرگترین دامنهٔ طیف شتاب سینوسی
$\ddot{u}$	شتاب طیف سینوسی

فصل اول

مقدمه و هدف

پی یک سازه به طورکلی وظیفه انتقال بار روسازه به خاک زیرین و کنترل نشست سازه را در اثر این بار به عهده دارد. بارهای وارد بر سازه را می‌توان در دو گروه استاتیکی و دینامیکی تقسیم بندی نمود. بارهای استاتیکی شامل بارهای زنده و مرده و باربرف می‌باشد و بارهای دینامیکی شامل بار زلزله، باد، امواج دریا، بارهای ماشین آلات و انفجار می‌باشد.

از زمان ترزاقی[1] تاکنون تحقیقات گسترده‌ای در زمینه بسط و توسعهٔ تئوریهای تعیین ظرفیت باربری و نشست خاک زیر پی‌ها با در نظرگرفتن حالات مختلف، نظیر پی‌های واقع بر سطح شیبدار، تداخل و اندرکنش پی‌های مجاور هم، لایه‌ای‌بودن پروفیل خاک و غیره صورت گرفته‌است و نتایج حاصل از این تحقیقات در مقالات متعدد به چاپ رسیده‌است؛ ولی برخلاف حالات استاتیکی، گزارشات کمتری در خصوص ظرفیت باربری فونداسیون‌ها در هنگام مواجهه با بارهای دینامیکی در دسترس می‌باشد. شاید دلیل این امر تعدد و پیچیدگی پارامترهای تأثیرگذار بر ظرفیت باربری لرزه ای فونداسیون‌ها نسبت به حالات استاتیکی است. ازسوی دیگر ضعف و نقصان وسایل آزمایشگاهی برای مدل‌کردن حالات لرزه‌ای نیز در اندک بودن این تحقیقات بی‌تأثیرنبوده‌است.

بارهای وارد بر یک پی در هنگام وقوع زلزله عبارتند از: بارهای متناوب قائم و افقی و لنگرهای متناوب حول یک یا چند محور.

علاوه بر مشخصات فیزیکی خاک همچون زاویهٔ اصطکاک داخلی، چسبندگی، مدول الاستیسیته، ضریب پواسون و میزان سربار، مشخصات شتابنگاشت اعمالی مانند فرکانس

[1] Terzaghi

شتاب نگاشت، مدت زمان اعمال شتاب و ماکزیمم شتاب اعمالی نیز از پارامترهای مؤثر در میزان ظرفیت باربری لرزه‌ای فونداسیون‌ها می‌باشد.

آنچه که پیداست، ظرفیت باربری فونداسیون‌های سطحی در هنگام زلزله کاهش می‌یابد. همچنین زلزله ممکن است باعث روانگرایی، عدم پایداری شیب، دوران و نشست و در نهایت گسیختگی پی گردد. با توجه به استفاده وسیع از پی‌های سطحی در مناطق لرزه خیز و لایه‌ای بودن پروفیلهای خاک در بسیاری از این مناطق، تعیین ظرفیت باربری لرزه‌ای و چگونگی تأثیر پارامترهای مختلف بر آن، منجر به طراحی بهینه پی‌های مذکور خواهد شد. این در حالیست که تقریباً در این زمینه، مقاله و گزارشی مستند در دست نمی‌باشد.

۱-۱ دورنما و اهداف کلی تحقیق

این پژوهش بر مطالب زیر استوار است:

۱- تعیین ظرفیت باربری لرزه‌ای فونداسیون‌های سطحی واقع بر خاکهای رسی دو لایه بر اساس آنالیز شبه استاتیکی و روش تحلیلی مرلوس[1] و رومو[2] [۱]

۲- بررسی پارامترهایی نظیر ارتفاع سازه، شتاب ماکزیمم وارد بر سازه، عمق فونداسیون، عمق لایهٔ فوقانی و نسبت چسبندگی لایه‌های رسی بر ظرفیت باربری لرزه‌ای فونداسیون‌های سطحی واقع بر خاکهای رسی دو لایه

۳-بررسی پارامترهایی نظیر فرکانس، زمان و شتاب ماکزیمم شتاب نگاشت بر ظرفیت باربری لرزه‌ای فونداسیون‌های سطحی واقع بر خاکهای رسی دو لایه

[1] Merlos
[2] Romo

۱-۲ ساختار پایان نامه

ساختار پایان نامه در ۵ فصل گنجانده شده‌است. در فصل اول به مقدمه ای از موضوع پرداخته می‌شود. در فصل دوم پیشینهٔ تاریخی تعیین ظرفیت باربری لرزه‌ای ارائه شده‌است. در فصل سوم تئوریهای مورد نیاز حل مسئله و روش حل مسئله بررسی می‌شود. فصل چهارم به ارائهٔ نمودارها و نتایج بدست آمده از روش شبه استاتیکی و همچنین آنالیزهای نرم افزار پلکسیس اختصاص دارد. در فصل پنجم نیز خلاصهٔ نتایج و پیشنهادات ارائه می‌گردد.