بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی و مهندسی
بخش مهندسی عمران

پایان‌نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته عمران
گرایش مکانیک خاک و پی

بررسی نشست دینامیکی فونداسیون واقع بر شیب شیروانی مسلح

مؤلف :
محمدعلی کشاورز کرمانی

استاد راهنما :
دکتر محمدحسین باقری‌پور

استاد مشاور :
دکتر سید مرتضی مرندی

بهمن ماه ۱۳۹۱

این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط درجه کارشناسی ارشد به

بخش مهندسی عمران

دانشکده فنی و مهندسی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دورهٔ مذبور شناخته نمی‌شود.

دانشجو : محمدعلی کشاورز کرمانی

استاد راهنما : دکتر محمدحسین باقری‌پور

استاد مشاور : دکتر سید مرتضی مرندی

داور ۱ : دکتر رضا رهگذر

داور ۲ : دکتر حامد صفاری

نماینده تحصیلات تکمیلی در جلسه دفاع: دکتر غلامعباس بارانی

معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده : دکتر مریم احتشام‌زاده

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است.

تقدیم به :

- مادرم که سوختن شمع وجودش گرمی‌بخش دل و روشنگر راهم است.
- پدرم که همواره در خاطرم زنده است و تا همیشه همراهم خواهد بود.
- خانواده وهمه‌ی دوستانی که در تمامی مراحل زندگی یاری‌ام نموده‌اند.

تشکر و قدردانی:

اکنون که به یاری خداوند متعال نگارش این پایان‌نامه به اتمام رسیده است بر خود لازم می‌دانم که از زحمات استاد گرانقدر جناب آقای دکتر محمدحسین باقری‌پور که دلسوزانه مرا درانجام مراحل مختلف پایان‌نامه راهنمایی فرمودند قدردانی نمایم. از درگاه خداوند متعال برای ایشان سلامتی و توفیق روز افزون در تمامی مراحل زندگی را خواستارم. از زحمات ریاست محترم بخش مهندسی عمران، جناب آقای دکتر غلامعباس بارانی، تشکرمی‌نمایم. همچنین از جناب آقای دکتر رضا رهگذر و جناب آقای دکتر حامد صفاری که در طول دوران تحصیل افتخار علم آموزی در محضر ایشان را داشتم و زحمت داوری این پایان‌نامه را نیز بر عهده داشتند، صمیمانه سپاسگزارم. در انتها از مساعدت و همکاری آقای مهندس عبدالعلی شریف‌نسب وآقای مهندس محمد باقر مؤذن‌پور طی این مدت، نیز سپاسگذاری و قدردانی ویژه می‌نمایم.

چکیده :

احداث سازه‌ها بر روی شیب‌های شیروانی مسلح، سبب می‌شود تا این شیب‌ها به عنوان بستری برای فونداسیون سازه‌ها، عمل نمایند.کلیه‌ی مطالعات تئوری انجام شده‌ی گذشته پیرامون بررسی رفتار دینامیکی فونداسیون واقع بر شیب، به روش شبه استاتیکی بوده است.

در این تحقیق یک فونداسیون نواری بر روی شیب شیروانی مسلح شده با ژئوگرید مورد مطالعه قرارگرفته است. به منظور بررسی نشست دینامیکی فونداسیون واقع بر شیب شیروانی مسلح، تحت اثر رکوردهای مختلف شتاب زلزله، از نرم افزار FLAC 2D استفاده گردیده است. لذا، نشست دینامیکی فونداسیون تحت تأثیر پارامترهای بارگذاری لرزه‌ای، مانند بزرگا (M)، شتاب ماکزیمم (PGA) و مدت زمان پایه‌ی زلزله (T_d)، همچنین هندسه‌ی شیب، مشخصات خاک و فاصله‌ی ژئوگریدها، با درنظرگرفتن میرایی خاک و مسلح کننده، به روش تحلیل دینامیکی مورد مطالعه قرارگرفته است. نتایج حاصله نشان می‌دهدکه افزایش مدت زمان پایه‌ی زلزله، بیش از سایر پارامترهای بارگذاری لرزه‌ای، در افزایش نشست دینامیکی فونداسیون مؤثر بوده، و کاهش ارتفاع شیب شیروانی، و فاصله‌ی ژئوگریدها نسبت به هم نیز، در کاهش این نشست نقش داشته است. همچنین افزایش مدول الاستیسیته خاک تأثیر چندانی در کاهش نشست دینامیکی نهایی فونداسیون نداشته است، لذا می‌توان گفت که سهم عمده‌ی نشست نهایی فونداسیون، تحت اثر بار زلزله نشست‌های غیرالاستیک می‌باشند.

کلیدواژه: نشست‌دینامیکی، فونداسیون‌نواری، شیب‌شیروانی‌مسلح، رکورد شتاب زلزله، نرم‌افزار FLAC 2D

فهرست مطالب

عنوان **شماره صفحه**

فصل اول: مقدمه و معرفی اهداف تحقیق

۱-۱-بیان مسئله و اهمیت تحقیق..... ۲

۱-۲- مطالعات انجام شده..... ۳

۱-۳- ساختار پایان نامه..... ۴

فصل دوم : تحلیل دینامیکی پی‌های واقع بر بستر مسطح و شیبدار

۲-۱- مبانی تحلیل پی‌ها تحت اثر بارهای دینامیکی..... ۷

۲-۱-۱- تحلیل پی‌ها تحت اثر بارهای افقی گذرا..... ۸

۲-۱-۲- تحلیل پی ها تحت اثر بارهای قائم گذرا..... ۱۲

۲-۲- تحلیل نشست و ظرفیت باربری لرزه ای فونداسیون..... ۱۶

۲ -۲-۱- مطالعات پراکاش و پوری..... ۱۷

۲-۲-۲- مطالعات سوبرا..... ۱۹

۲-۳- تحلیل رفتار و ظرفیت باربری لرزه‌ای فونداسیون واقع بر شیب..... ۲۲

۲-۳-۱- مطالعات ساراما وچن..... ۲۲

۲ -۳-۱-۱- اثر سطح آب زیرزمینی بر ظرفیت باربری لرزه‌ای..... ۲۳

۲-۳-۱-۲- تأثیر شتاب های زلزله وارد بر خاک و سازه..... ۲۴

۲-۳-۱-۳- تأثیر فاصله‌ی فونداسیون از لبه‌ی شیب..... ۲۵

۲-۳-۲- مطالعات چودهاری و سوبارائو..... ۲۶

۲-۳-۲-۱- روش تحلیل..... ۲۶

۲-۳-۲-۲- انتخاب سطح گسیختگی..... ۲۷

۲-۳-۲-۳- معادله‌ی پیشنهادی برای ظرفیت باربری لرزه‌ای..... ۲۹

۲-۴-خلاصه و نتیجه‌گیری فصل..... ۳۰

فصل سوم: بررسی رفتار دینامیکی فونداسیون واقع بر خاک مسلح

۳-۱- بررسی ظرفیت باربری لرزه ای فونداسیون واقع بر خاک مسلح..... ۳۲
۳-۲- بررسی نشست دینامیکی فونداسیون واقع بر خاک مسلح..... ۳۶
۳-۲-۱- مطالعات داس و همکاران..... ۳۷
۳-۲-۲- مطالعات بوشهریان و همکاران..... ۴۱
۳-۳-خلاصه و نتیجه گیری فصل..... ۴۳

فصل چهارم : بررسی رفتار دینامیکی فونداسیون واقع بر شیب شیروانی مسلح

۴-۱- ظرفیت باربری لرزه‌ای فونداسیون..... ۴۵
۴-۱-۱ معادلات تعادل – تسلیم..... ۴۶
۴-۱-۲- معیار تسلیم..... ۴۶
۴ -۱-۳- روش تحلیل..... ۴۷
۴-۲- نشست فونداسیون تحت اثر بارهای چرخه ای ۵۰
۴-۲-۱- مشخصات مدل آزمایشگاهی..... ۵۰
۴-۲-۲- اثر تعداد چرخه‌های بارگذاری..... ۵۲
۴-۲-۳- اثر سطح اولیه‌ی بار یکنواخت افزایشی..... ۵۳
۴-۲-۴- اثر بار دامنه‌ی بار چرخه‌ای..... ۵۴
۴-۳-خلاصه و نتیجه گیری فصل..... ۵۵

فصل پنجم : معرفی مبانی مدلسازی وروش حل مسئله

۵-۱- معرفی مبانی حل مسئله در نرم افزار..... ۵۸
۵-۱-۱- معرفی نرم افزار..... ۵۸
۵-۱-۲- مبانی تئوری نرم افزار..... ۵۸
۵-۱-۳- تحلیل لاگرانژی..... ۵۹
۵-۱-۴- شبکه بندی ۵۹
۵-۱-۵- معادلات حاکم در روش تفاضل محدود..... ۶۰
۵-۲- تئوری تحلیل دینامیکی مسائل در FLAC ۶۳
۵-۲-۱- فرضیات تحلیل دینامیکی نرم افزار..... ۶۳
۵-۲-۲- مشخصات روش خطی معادل و روش غیر خطی کامل..... ۶۴

۵-۲-۲-۱- مشخصات روش خطی معادل..... ۶۴
۵-۲-۲-۲- مشخصات روش غیرخطی کامل ۶۴
۵-۲-۳- فرمول‌بندی دینامیکی..... ۶۴
۵-۳- مدلسازی مسئله‌ی نشست دینامیکی فونداسیون باFLAC..... ۶۶
۵-۳-۱- هندسه‌ی مدل..... ۶۶
۵-۳-۲-انتخاب مدل رفتاری..... ۶۶
۵-۳-۳- انتخاب المان‌های مسلح کننده، و مشخصات مربوطه..... ۶۸
۵-۳-۴- نکات مهم در مدلسازی دینامیکی..... ۶۹
۵-۳-۴-۱- بارگذاری دینامیکی..... ۶۹
۵-۳-۴-۲- انتخاب شرایط مرزی در مدل..... ۷۰
۵-۳-۴-۲-۱ مرزهای آرام..... ۷۰
۵-۳-۴-۲-۲- مرزهای منطقه آزاد..... ۷۱
۵-۳-۴-۳- انواع میرایی‌ها در مدل..... ۷۲
۵-۳-۴-۴- شرایط انتقال موج در داخل مدل..... ۷۶
۵-۳-۵- اصلاح خط پایه..... ۷۶
۵-۳-۶- مشخصات رکوردهای زلزله اعمال شده به مدل..... ۷۹
۵-۴- صحت سنجی آنالیز شیب شیروانی غیر مسلح..... ۸۰
۵-۵-خلاصه و نتیجه‌گیری فصل..... ۸۲

فصل ششم : بررسی عددی‌نشست دینامیکی‌فونداسیون واقع برشیب شیروانی مسلح

۶-۱- معرفی مشخصات شیب شیروانی مبنا..... ۸۴
۶-۲- تحلیل استاتیکی شیب شیروانی مبنا..... ۸۶
۶-۳- تأثیر شرایط بارگذاری لرزه ای بر نشست دینامیکی فونداسیون..... ۸۸
۶-۳-۱- معرفی مشخصات و دسته بندی رکوردهای زلزله..... ۸۸
۶-۳-۲- تأثیر مدت زمان پایه‌ی زلزله بر نشست دینامیکی فونداسیون..... ۹۳
۶-۳-۳- تأثیر بزرگای زلزله بر نشست دینامیکی فونداسیون..... ۹۵
۶-۳-۴- تأثیر شتاب ماکزیمم زلزله بر نشست دینامیکی فونداسیون..... ۹۶
۶-۴- تأثیر هندسه‌ی شیب بر نشست دینامیکی فونداسیون..... ۹۷

۶-۴-۱-تأثیر فاصله‌ی فونداسیون از لبه‌ی شیب بر نشست دینامیکی.....۹۸
۶-۴-۲- تأثیر زوایه‌ی شیب شیروانی بر روی نشست دینامیکی فونداسیون.....۹۹
۶-۴-۳- تأثیر ارتفاع شیب شیروانی بر روی نشست دینامیکی فونداسیون.....۱۰۰
۶-۵- تأثیر مشخصات فیزیکی و مکانیکی خاک بر نشست دینامیکی فونداسیون.....۱۰۲
۶-۶- تأثیر فاصله‌ی قائم لایه‌های ژئوگرید بر روی نشست دینامیکی فونداسیون.....۱۰۳
۶-۷-خلاصه و نتیجه‌گیری فصل.....۱۰۵

فصل هفتم : نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۷-۱- خلاصه.....۱۰۷
۷-۲- نتایج.....۱۰۷
۷-۳- پیشنهادات.....۱۱۰

منابع.....۱۱۱

فهرست اشکال

عنوان **شماره صفحه**

شکل ۲-۱ بارگذاری افقی گذرا وارد بر پی (حالت گسیختگی دورانی).....۸

شکل ۲-۲: تغییرات زاویه‌ی دوران در پی پیوسته در اثر بار افقی گذرا.....۱۱

شکل ۲-۳ : ارتباط پارامترهای مختلف بر روی مقدار ماکزیمم دوران پی.....۱۲

شکل ۲-۴ : سطح گسیختگی توده‌ی خاک برای تعیین ظرفیت باربری پی پیوسته.....۱۳

شکل ۲-۵ : چگونگی جابجایی پی و سطح گسیختگی خاک در اثر بارگذاری گذرا.....۱۵

شکل ۲-۶ : نمودار بدون بعد تغییر مکان حداکثر پی پیوسته در اثر بارگذاری گذرا.....۱۶

شکل ۲-۷: سطح گسیختگی خاک برای ظرفیت باربری لرزه‌ای.....۱۷

شکل ۲-۸ : مقادیر نسبی ضرایب ظرفیت باربری لرزه ای با توجه به تغییرات φ و ψ.....۱۸

شکل ۲-۹ : نمودارهای محاسبه‌ی ضریب شتاب افقی بحرانی K^*h ۱۸

شکل ۲- ۱۰ : تغییرات $tg\alpha_{AE}$ بر حسب مقادیر φ و K^*.....۱۹

شکل ۲-۱۱ : دیاگرام آزاد مکانیزم گسیختگی M_1 برای آنالیز ظرفیت باربری لرزه‌ای.....۲۰

شکل ۲-۱۲ : مکانیزم گسیختگی M_1 برای آنالیز ظرفیت باربری لرزه‌ای.....۲۰

شکل ۲- ۱۳ : مکانیزم گسیختگی M_2 برای آنالیز ظرفیت باربری لرزه‌ای.....۲۱

شکل ۲-۱۴ : مکانیزم گسیختگی لرزه‌ای فونداسیون نواری واقع بر شیب.....۲۳

شکل ۲-۱۵ : هندسه‌ی سطح گسیختگی فونداسیون دور از لبه‌ی شیب.....۲۳

شکل ۲-۱۶ ضرایب ظرفیت باربری لرزه ای بر حسب زوایه و فاصله از لبه‌ی شیب.....۲۵

شکل ۲-۱۷ : سطح گسیختگی نوع اول.....۲۶

شکل ۲-۱۸ : دیاگرام آزاد نواحی گسیختگی فونداسیون تحت اثر بارهای لرزه‌ای.....۲۷

شکل ۲-۱۹ : انواع سطحوح گسیختگی نوع دوم و نوع سوم.....۲۸

شکل ۲-۲۰: دیاگرام آزاد نیروهای مؤثر بر سطوح گسیختگی.....۲۹

شکل ۳-۱ : مکانیزم گسیختگی کولمب برای خاک مسلح در شرایط بارگذاری لرزه‌ای.....۳۳

شکل ۳- ۲ : نیروی بیرون کشیدگی برای هر ژئوتکستایل.....۳۳

شکل ۳- ۳ : نیروی کششی در طول مؤثر لایه تسلیح.....۳۴

شکل ۳-۴: گوه ی فعال و تمامی نیروی های مؤثر وارده..... ۳۵
شکل ۳-۵ : فونداسیون نواری واقع بر N لایه‌ی تسلیح ژئوتکستایل..... ۳۵
شکل ۳-۶ : مشخصات مدل آزمایشگاهی ، مقطع وپلان..... ۳۸
شکل ۳-۷ : تغییرات نشست دینامیکی فونداسیون بر حسب تعداد چرخه‌های بارگذاری..... ۳۸
شکل ۳-۸ : تغییرات نشست دینامیکی بر حسب تعداد چرخه های بارگذاری (سری A)..... ۳۹
شکل ۳-۹ : تغییرات نشست دینامیکی بر حسب تعداد چرخه های بارگذاری (سری B) ۳۹
شکل ۳-۱۰ : تغییرات نشست دینامیکی بر حسب تعداد چرخه های بارگذاری (سری C) ۴۰
شکل ۳-۱۱ : تغییرات نشست دینامیکی بر حسب تغییرات q_d/q_u , q_s/q_u ۴۰
شکل ۳-۱۲ : آرایش المان های قلابدار افزوده شده به یک ژئومش معمولی..... ۴۱
شکل ۳- ۱۳تغییرات‌نشست فونداسیون‌بر حسب‌تعداد چرخه‌ی بار،(خاک مسلح با شبکه‌قلابدار)۴۲
شکل ۳-۱۴ تغییرات نشست فونداسیون بر حسب تعداد چرخه‌ی بار، (خاک مسلح با ژئومش)... ۴۲
شکل ۴-۱: میدان مشخصه‌ی تنش برای فونداسیون واقع بر شیب شیروانی..... ۴۷
شکل ۴-۲ : توزیع بار بحرانی برای شیب مسلح شده‌ی یکنواخت وشیب با افزایش خطی‌تسلیح.. ۴۸
شکل ۴-۳ : نمودار بدون بعد طراحی فونداسیون برای بارگذاری لرزه‌ای و $\varphi=25^o$..... ۴۹
شکل ۴-۴: نحوه‌ی توسعه‌ی ناحیه‌ی پلاستیک برای $K_h=0.2$ و $\beta=25^o$..... ۵۰
شکل ۴-۵: نمای شماتیک مدل آزمایشگاهی..... ۵۱
شکل ۴-۶ : مشخصات هندسی مدل آزمایشگاهی..... ۵۲
شکل ۴-۷ : تغییرات نسبت نشست بر حسب تعداد چرخه های بارگذاری..... ۵۳
شکل ۴-۸ : تغییرات نسبت نشست چرخه‌ای فونداسیون بر حسب نسبت بار یکنواخت افزایشی... ۵۴
شکل ۴-۹ : تغییرات نسبت نشست چرخه‌ای فونداسیون بر حسب نسبت دامنه‌ی بار چرخه‌ای..... ۵۵
شکل ۵-۱ : چرخه‌ی محاسبات صریح مورد استفاده در FLAC..... ۵۹
شکل ۵-۲ : بردارهای نیروی گره ای و سرعت و تانسور تنش برای المانهای چهار ضلعی ومثلثی ۶۰
شکل ۵- ۳ : روند کلی حل مسائل در نرم افزار FLAC..... ۶۲
شکل ۵-۴ : روند کاهش حداکثر نیروی نامتعادل..... ۶۳
شکل ۵-۵ : هندسه‌ی مدل وپارامترهای مربوطه..... ۶۶
شکل ۵-۶ : معیار گسیختگی موهر – کولمب..... ۶۷
شکل ۵-۷ : شرایط مرزی مدل با توجه به بارگذاری دینامیکی..... ۷۰

شکل ۵-۸ : منحنی میرایی بدون بعد نسبت به فرکانس زاویه‌ای.....۷۳
شکل ۵- ۹ : نمایش شماتیک نیروهای الاسیتک و ویسکوز در المان ژئوگرید.....۷۵
شکل ۵-۱۰: روند اصلاح خط پایه.....۷۸
شکل ۵-۱۱ : نمونه رکورد اصلاح شده.....۷۹
شکل ۵-۱۲: مدل ساخته شده در نرم افزار FLAC.....۸۱
شکل ۶-۱ : شکل شماتیک پارامترهای مدل مبنا.....۸۴
شکل ۶-۲ : مدل مبنای غیر مسلح.....۸۶
شکل ۶-۳ : مدل مبنای مسلح شده با ژئوگرید.....۸۷
شکل ۶-۴ : ضریب اطمینان مدل مبنای مسلح شد با ژئوگرید.....۸۷
شکل ۶-۵ : خطوط هم‌تراز نشست استاتیکی فونداسیون در مدل مبنا.....۸۸
شکل ۶-۶ : رکوردهای شتاب زلزله.....۹۱
شکل ۶-۷ نحوه‌ی بارگذاری لرزه‌ای بستر شیب شیروانی مسلح.....۹۳
شکل۶-۸ : تغییرات نشست دینامیکی فونداسیون بر حسب تغییرات مدت زمان پایه‌ی زلزله.....۹۴
شکل ۶-۹ :تغییرات نسبت نشست فونداسیون بر حسب تعداد سیکل‌های بارگذاری.....۹۵
شکل ۶-۱۰ : تغییرات نشست دینامیکی فونداسیون بر حسب بزرگای زلزله.....۹۶
شکل ۶-۱۱: تغییرات نشست دینامیکی فونداسیون بر حسب شتاب ماکزیمم زلزله..... ۹۶
شکل ۶-۱۲: تغییرات نسبت نشست فونداسیون بر حسب نسبت دامنه‌ی بار سیکلی.....۹۷
شکل ۶-۱۳: بردارهای جابجایی فونداسیون واقع بر شیب شیروانی مسلح تحت اثر بار زلزله.....۹۷
شکل ۶-۱۴: رکورد شتاب زلزله‌ی شماره‌ی ۹.....۹۸
شکل ۶-۱۵:تغییرات نشست‌دینامیکی‌فونداسیون برحسب تغییرفاصله‌ی‌فونداسیون ازلبه‌ی شیب.. ۹۹
شکل ۶-۱۶: تغییرات نشست دینامیکی فونداسیون بر حسب تغییر زاویه‌ی شیب شیروانی.....۱۰۰
شکل ۶-۱۷ : تغییرات نشست دینامیکی فونداسیون بر حسب ارتفاع شیب شیروانی.....۱۰۰
شکل ۶-۱۸: بردارهای جابجایی برای ارتفاع های مختلف شیب های شیروانی.....۱۰۱
شکل ۶-۱۹: تغییرات نشست دینامیکی فونداسیون برحسب زوایه اصطکاک داخلیوچسبندگی۱۰۲
شکل ۶-۲۰: تغییرات نشست دینامیکی فونداسیون بر حسب فاصله‌ی ژئوگریدها.....۱۰۴
شکل ۶-۲۱: نحوه‌ی توزیع نیروی ایجاد شده در ژئوگریدها تحت اثر بارگذاری لرزه‌ای.....۱۰۴

فهرست جداول

عنوان **شماره صفحه**

جدول ۲-۱: ضرایب ظرفیت باربری..... ۱۴

جدول ۲-۲ ضرایب ظرفیت باربری لرزه‌ای فونداسیون نواری واقع برشیب..... ۲۴

جدول ۲-۳: ضرایب ظرفیت باربری لرزه‌ای فونداسیون واقع برشیب با توجه به β و D_f/B ۲۹

جدول ۳-۱ : مشخصات بارگذاری دینامیکی مدل..... ۳۷

جدول ۳-۲ : مشخصات خاک مورد آزمایش..... ۴۱

جدول ۳-۳ : مشخصات فونداسیون مدل آزمایشگاهی..... ۴۱

جدول ۳-۴ : مشخصات المان های تسلیح مدل آزمایشگاهی..... ۴۲

جدول ۴-۱: مشخصات فنی ژئوگریدها..... ۵۱

جدول ۵-۱ : معرفی ویژگی های مدل موهر– کولمب در FLAC..... ۶۸

جدول ۵-۲ : مشخصات فنی ژئوگرید UX1500 MSE کمپانی Tensar..... ۶۸

جدول ۶-۱ : مقادیر پارامترهای در نظر گرفته شده برای مدل مبنا..... ۸۵

جدول ۶-۲ : مشخصات رکوردهای زلزله..... ۹۰

فصل اول:

مقدمه و معرفی اهداف تحقیق

مقدمه:

درسالهای اخیراستفاده از مسلح‌کننده‌های پلیمری مانند ژئوسینتتیک‌ها در مهندسی ژئوتکنیک افزایش یافته است. [۱]تسلیح خاک با استفاده از ژئوسینتتیک‌ها به منظور افزایش مقاومت کششی خاک، یکی از مسائل حائز اهمیت در مهندسی ژئوتکنیک می‌باشد. از این مسلح کننده‌ها می‌توان برای بهبود ظرفیت باربری، و گسترش ناحیه بارگذاری زیر فونداسیون نیز استفاده نمود.

اندرکنش مسلح کننده و خاک به شکل مؤثری زاویه اصطکاک داخلی و چسبندگی مؤثر خاک را افزایش می‌دهد. یکی از کاربردهای مهم ژئوسینتتیک به عنوان مسلح کننده، استفاده از آنها در شیب‌های شیروانی خاکی به منظور افزایش پایداری این شیب‌ها می‌باشد که استفاده از آنها امکان اجرای شیب‌های پایدار تندتری را فراهم می‌آورد. [۱]

امروزه با توجه به کمبود فضاهای شهری، استفاده از خاکریزهای مسلح با حجم عملیات خاکی کمتر به عنوان جایگزین خاکریز و دیواره های غیر مسلح، افزایش یافته است. از سوی دیگر گسترش ساخت و سازدر مجاورت دامنه‌ی شیب مناطق کوهستانی، ترانشه‌ها وخاکریز بزرگراه‌ها، سبب شده که این شیب‌های خاکی به عنوان بستری برای سازه‌ها مورد استفاده قرارگیرند. کاهش ظرفیت باربری و افزایش نشست فونداسیون واقع بر شیب‌ها درحالت بارگذاری استاتیکی، براساس مطالعات انجام شده، نیاز به بررسی رفتار دینامیکی فونداسیون واقع بر این شیب‌ها را بیش از پیش حائز اهمیت می‌گرداند.

۱-۱-بیان مسئله و اهمیت تحقیق :

با توجه به مطالب عنوان شده، بررسی رفتار شیب‌های شیروانی خاکی مسلح به عنوان بستر سازه به نظر ضروری می‌رسد. بررسی رفتار فونداسیون واقع بر شیب شیروانی، به منظور ارائه‌ی راهکارهایی، برای کاهش آسیب پذیری سازه‌های واقع بر این شیب‌ها، هنگام وقوع زلزله، دارای اهمیت می‌باشد.

مطالعه‌ی نشست دینامیکی فونداسیون واقع بر شیب های شیروانی تحت اثر بارگذاری زلزله، مسئله ایست که با توجه به اهمیت موضوع، تاکنون کمتر مورد مطالعه و بررسی واقع شده است. لذا در این پایان‌نامه به بررسی نشست دینامیکی فونداسیون واقع بر شیب شیروانی مسلح تحت اثر بارگذاری دینامیکی زلزله پرداخته می‌شود. فونداسیون مورد بررسی، فونداسیون نواری می‌باشد و ژئوگرید به عنوان المان مسلح کننده‌ی شیب شیروانی، در نظر گرفته شده است. به منظور حل

مسئله و مدلسازی دینامیکی از نرم افزار FLAC 2D که برمبنای روش تفاضلات محدود[1] به تحلیل مسائل می‌پردازد، استفاده گردیده است. برای اعمال تحریک دینامیکی به مدل، رکوردهای مختلف شتاب زلزله به بستر شیب شیروانی اثر داده شده است.

در این مطالعه، تأثیر پارامترهای بارگذاری لرزه ای مانند بزرگا (M)، ماکزیمم شتاب (PGA) و مدت زمان پایه‌ی زلزله (T_d)، بر نشست دینامیکی فونداسیون، مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین میزان اثرگذاری پارامترهای هندسی شیب شیروانی، مشخصات فیزیکی و مکانیکی خاک و فاصله‌ی المانهای ژئوگرید بر این نشست نیز بررسی گردیده است.

۱-۲- مطالعات انجام شده:

در زمینه‌ی بررسی نشست و ظرفیت باربری لرزه‌ای فونداسیون واقع بر شیب‌ها، مطالعات اندکی صورت گرفته است. از جمله مطالعات صورت گرفته در زمینه‌ی ظرفیت باربری لرزه‌ای فونداسیون واقع بر شیب، به مطالعات فرزانه و عسکری[۲]، سوبرا و رینولدز[2] [۳] ، ساوادا، نوماچی و چن [3] [۴] ، ساراما و چن [4] [۵] و چودهاری و سوبارائو[5] [۶] می‌توان اشاره نمود.

در مطالعات انجام شده‌ی فوق به بررسی ظرفیت باربری لرزه‌ای و نحوه‌ی گسیختگی توده‌ی خاک زیر فونداسیون، با استفاده از روش تعادلات محدود، به صورت شبه استاتیکی پرداخته شده است.

عمده‌ی مطالعات انجام شده در زمینه‌ی بررسی نشست دینامیکی فونداسیون واقع بر خاک مسلح ، مطالعات آزمایشگاهی می‌باشد. از آن جمله می‌توان به مطالعات داس و همکاران[6] [۷] و تحقیقات بوشهریان و همکاران [۸] اشاره نمود.

بررسی‌های انجام شده بر روی رفتار فونداسیون واقع بر شیب شیروانی مسلح تحت اثر بارهای دینامیکی بسیار محدود می‌باشد. در زمینه‌ی تئوری، ظرفیت باربری لرزه‌ای فونداسیون نواری واقع بر شیب شیروانی مسلح، با استفاده از روش مشخصه‌ی تنش و به صورت شبه استاتیکی، توسط جهان اندیش و کشاورز[۹] مورد بررسی قرارگرفته است. اخیراً نیز تحقیقات آزمایشگاهی پیرامون بررسی رفتار نشست فونداسیون نواری واقع بر شیب شیروانی مسلح تحت اثر بارهای چرخه‌ای[7]، توسط السواف و نذیر[8] [۱۰] صورت گرفته است.

---

[1] -Finite difference method
[2] - Soubra & Reynolds
[3] - Sawada & Nomachi & Chen
[4] - Sarama & Chen
[5] - Choud hury & Subbarao
[6] - Das et al.
[7] -Cyclic
[8] - El Sawwaf & Nazir 2011

با توجه به مطالب عنوان شده در این قسمت مشاهده می‌شود که بررسی‌های انجام گرفته بر روی رفتار دینامیکی فونداسیون واقع بر شیب شیروانی مسلح، بسیار محدود می‌باشند و بسیاری از موارد تأثیرگذار در رفتار تنش و نشست فونداسیون نیز مورد توجه قرار نگرفته است. همچنین ملاحظه می گردد که کلیه‌ی مطالعات تئوری، با استفاده از روش شبه استاتیکی انجام شده و تحلیل رفتار دینامیکی فونداسیون، تحت اثر شرایط بارگذاری لرزه‌ای و رکوردهای واقعی زلزله انجام نگرفته است. لذا در تحلیل‌های تئوری انجام شده، عوامل تأثیرگذار در رفتار فونداسیون واقع بر شیب تحت اثر بار زلزله، مانند مدت زمان پایه‌ی زلزله، دامنه‌ی شتاب و نحوه‌ی تکرار آن در یک رکورد زلزله، در نظر گرفته نشده است. همچنین در مطالعات انجام گرفته اثرات میرایی مصالح خاکی و میرایی المان های مسلح کننده‌ی شیب، به عنوان عوامل مؤثر در نتایج تحلیل دینامیکی، لحاظ نگردیده است.

به نظر می‌رسد که مطالعه‌ی رفتار فونداسیون واقع بر شیب شیروانی مسلح تحت اثر رکوردهای واقعی شتاب زلزله، و با در نظرگرفتن، مدت زمان بارگذاری لرزه‌ای، اثرات میرایی، سایر مسائل مرتبط با تحلیل دینامیکی مسئله، می‌تواند از چنان اهمیتی برخوردار باشد که لزوم تحقیقات بیشتر در این زمینه را توجیه نماید.

۱-۳- ساختار پایان نامه:

این پایان‌نامه شامل هفت فصل می‌باشد. فصل اول(فصل حاضر) شامل مقدمه، اهداف و اهمیت تحقیق، می‌باشد. در فصل دوم مبانی تحلیل دینامیکی فونداسیون واقع بر بستر مسطح بررسی گردیده است. همچنین در این فصل به بررسی رفتار و ظرفیت باربری لرزه‌ای فونداسیون واقع بر شیب، برمبنای مطالعات انجام شده پرداخته شده است. فصل سوم به بررسی رفتار دینامیکی فونداسیون واقع بر خاک مسلح، می‌پردازد. همچنین در این فصل روابط ظرفیت باربری لرزه‌ای و نشست دینامیکی فونداسیون واقع بر خاک مسلح، و مطالعات انجام شده مورد بررسی قرار گرفته است. درفصل چهارم مطالعات تئوری و آزمایشگاهی انجام شده پیرامون مسئله‌ی نشست و ظرفیت باربری دینامیکی فونداسیون واقع بر شیب شیروانی مسلح ارائه شده است. اصول حل مسئله‌ی تحلیل دینامیکی فونداسیون واقع بر شیب شیروانی به روش تفاضلات محدود، و مبانی تحلیل دینامیکی مسائل با استفاده از نرم افزار Flac 2D، در فصل پنجم ارائه گردیده است. فصل ششم به مسئله‌ی نشست دینامیکی فونداسیون واقع بر شیب شیروانی مسلح پرداخته، ومطالعه عددی مسئله، مورد بررسی قرار گرفته است. در این فصل همچنین تأثیر پارامترهای مختلف بر نشست دینامیکی

فونداسیون، مورد بررسی قرار گرفته است. فصل هفتم نیز شامل نتیجه‌گیری و پیشنهادات قابل ارائه به منظور ادامه‌ی بررسی‌ها پیرامون این موضوع، می‌باشد. و در انتها فهرست مراجع مورد استفاده در این پایان نامه ارائه گردیده است.

فصل دوم:

تحلیل دینامیکی پی‌های واقع بر بستر مسطح و شیبدار