

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

١٤٢٣٦٩



مطالعه پایداری و نشست خاکریز جاده شهید کلانتری
در ناحیه ساحل غرب دریاچه ارومیه

سعیده ابرزاده

دانشکده فنی

گروه عمران

دی ماه ۱۳۸۸

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

استاد راهنما: دکتر کاظم بدو

پایان نامہ خانم صدیقہ فیروزہ بہ تاریخ ۸۸،۱۱،۷ شماره ۲۷۳-۲ ف مور دپذیرش هیات محترم

داوران بارتبہ عالی و نمرہ ۱۸،۵ قرار گرفت۔
شعبہ دینم

۱- استاد راہنما و رئیس هیئت دوران:

دکتر کاظم لدو

۲- استاد مشاور: راوہ راجلی:

دکتر صدیقہ فیروزہ

۳- داور خارجی:

دکتر ہارن بکوری

۵- نمایندہ تحصیلات تکمیلی:

دکتر عبدالنوری نیا

تقدیم به:

پدر و مادر بزرگوارم،

همسر مهربانم

و خواهر و برادر عزیزم

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از مساعدت های صبورانه استاد محترم جناب آقای دکتر کاظم بدو که با پیگیری های مداوم، من را کمک و راهنمایی فرمودند تشکر و قدردانی می کنم.

از اساتید عالیقدر دوره کارشناسی ارشد، آقایان دکتر هادی بهادری، دکتر محمدی، دکتر مومیوند و سایر اساتید که در طول تحصیل مرا یاری نموده اند سپاسگزاری می نمایم.

از ریاست، کارمندان و کادر فنی محترم گروه عمران و دانشکده فنی دانشگاه ارومیه نیز به سبب کوشش هایشان در جهت فراهم آوردن محیطی علمی نهایت تشکر را دارم.

از برادر عزیزم آقای مهندس مصطفی ابرزاده که در تهیه این پایان نامه همراهم بودند قدردانی می نمایم.

از دوستان عزیزم به ویژه خانم مهندس سمیرا آقایی و خانم مهندس رها اشتیاقی به خاطر ارائه کمک ها، نظرات و پیشنهادات ارزشمند و ایجاد دلگرمی در انجام این پایان نامه، صمیمانه تشکر می کنم.

در پایان لازم است از خانواده گرامی ام که در دوران تحصیل یار و یاور من بوده اند، نهایت سپاسگزاری را بجای آورم.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
I.....	فهرست مطالب
V.....	فهرست جداول
VI.....	فهرست نمودارها
VII.....	فهرست اشکال

فصل اول: مقدمه

۱.....	مقدمه
--------	-------

فصل دوم: ادبیات فنی و پیشینه پژوهش

۲-۱-۲.....	مقدمه
۴-۲-۲.....	اهداف آنالیز پایداری شیروانیها
۴-۳-۲.....	مفاهیم پایداری شیب
۵-۴-۲.....	مدل های شکست
۸-۵-۲.....	پایداری خاکریزهای قرار گرفته روی بسترهای سست
۹-۶-۲.....	مکانیزمهای گسیختگی خاکریزها
۹-۱-۶-۲.....	ظرفیت باربری
۹-۲-۶-۲.....	گسیختگی دورانی
۹-۳-۶-۲.....	گسیختگی لغزشی
۱۰-۴-۶-۲.....	گسیختگی به سبب پهن شدگی
۱۰-۷-۲.....	مفهوم ضریب اطمینان
۱۳-۸-۲.....	حل معادله تحکیم با استفاده از سری فوریه
۱۵-۹-۲.....	تحکیم ثانویه
۱۶-۱۰-۲.....	نمونه‌هایی از پارامترهای نشست تحکیمی و روابط تجربی
۱۷-۱۱-۲.....	زهکش‌های ماسه‌ای قائم
۲۱-۱-۱۱-۲.....	نمونه‌هایی از استفاده عملی از زهکش‌های قائم
۲۱-۱-۱-۱۱-۲.....	ایستگاه راه آهن در ولفورت

۲۳.....	۲-۱-۱۱-۲- فرودگاه کانسای.....
۲۴.....	۳-۱-۱۱-۲- مطالعه موردی تأثیرات استفاده از زهکش.....
۲۶.....	۴-۱-۱۱-۲- تأثیر زهکش های قائم در از بین رفتن فشار آب حفره ای با توجه به بارهای سیکلیک در رس ها.....
۲۶.....	۱۲-۲- ژئوسیتتیک ها.....
۲۷.....	۱-۱۲-۲- پلیمر های مورد استفاده در ژئوسیتتیک ها.....
۲۸.....	۲-۱۲-۲- عملکرد ژئوسیتتیکها.....
۲۸.....	۳-۱۲-۲- تقسیم بندی ژئوسیتتیکها.....
۳۰.....	۱-۳-۱۲-۲- ژئوتکستایلها.....
۳۱.....	۱۳-۲- خاکریزهای مسلح شده با ژئوتکستایل.....
۳۵.....	۱۴-۲- روشهای تعادل حدی.....
۳۷.....	۱۵-۲- روش المان محدود.....

فصل سوم: مشخصات ژئوتکنیکی پروژه و مطالعات صورت گرفته

۴۰.....	۱-۳- معرفی طرح شهید کلانتری.....
۴۰.....	۲-۳- پروژه راه تبریز- ارومیه.....
۴۱.....	۳-۳- شرح پروژه.....
۴۲.....	۴-۳- اهداف مطالعات.....
۴۲.....	۵-۳- مطالعات زمین شناسی عمومی ومهندسی.....
۴۳.....	۶-۳- ویژگی ها و تقسیمات سنگ شناسی دامنه جنوب غربی شهر ارومیه ورسوبات آبرفتی گستره دشت ارومیه.....
۴۳.....	۱-۶-۳- رسوبات آبرفتی گستره شهر ارومیه.....
۴۳.....	۲-۶-۳- زمین ساخت منطقه.....
۴۴.....	۳-۶-۳- شرایط زمین شناسی مهندسی محدوده پروژه.....
۴۴.....	۷-۳- وضعیت ژئوتکنیکی ساختگاه.....
۴۴.....	۱-۷-۳- تشریح لایه های شناسایی شده.....
۴۵.....	۱-۱-۷-۳- لایه های ریز دانه رس و لای (CL-ML و CL و ML).....
۴۵.....	۱-۱-۷-۳- زیر لایه رس ولای سفت.....
۴۵.....	۲-۱-۷-۳- زیر لایه رس بسیار سفت.....
۴۵.....	۳-۱-۷-۳- زیر لایه رس نرم تا سفت.....
۴۶.....	۲-۱-۷-۳- لایه های درشت دانه ماسه ای SP-SM وSM-SC وSW-SM وSC-SM.....
۴۶.....	۱-۲-۱-۷-۳- زیر لایه درشت دانه ماسه ای متراکم تا بسیار متراکم.....
۴۶.....	۲-۲-۱-۷-۳- زیر لایه درشت دانه ماسه ای تراکم متوسط.....

- ۴۶.....۳-۲-۱-۷-۳-۳ زیر لایه درشت ماسه ای بسیار سست.....
- ۴۶.....۳-۱-۷-۳-۳ وضعیت آب زیرزمینی.....
- ۴۷.....۲-۷-۳-۳ خصوصیات فیزیکی لایه های خاک.....
- ۴۷.....۱-۲-۷-۳-۳ خصوصیات فیزیکی لایه های رس ولای.....
- ۴۷.....۲-۲-۷-۳-۳ خصوصیات فیزیکی لایه های ماسه ای.....
- ۴۷.....۳-۷-۳-۳ خصوصیات مکانیکی لایه های خاک.....
- ۴۹.....۸-۳-۳ نشست خاکریز.....

فصل چهارم: مدل سازی عددی و محاسبات نشست و پایداری جاده ساحل غرب دریاچه ارومیه

- ۵۰.....۱-۴-۱-۴ مقدمه.....
- ۵۰.....۲-۴-۲-۴ مدلسازی خاکریز جاده بدون استفاده از مسلح کننده.....
- ۵۰.....۱-۲-۴-۴ مدل هندسی.....
- ۵۲.....۲-۲-۴-۴ خصوصیات مصالح.....
- ۵۲.....۳-۲-۴-۴ بارگذاری.....
- ۵۴.....۴-۲-۴-۴ شرایط مرزی.....
- ۵۴.....۵-۲-۴-۴ المان بندی.....
- ۵۵.....۶-۲-۴-۴ شرایط اولیه.....
- ۵۵.....۷-۲-۴-۴ آنالیز مدل.....
- ۵۸.....۸-۲-۴-۴ نتایج تحلیل مدل.....
- ۵۹.....۱-۸-۲-۴-۴ بررسی روند تغییر مکان های قائم (نشست).....
- ۶۴.....۲-۸-۲-۴-۴ بررسی تغییر مکان های افقی.....
- ۶۵.....۳-۸-۲-۴-۴ بررسی تغییرات فشار آب حفره ای اضافی.....
- ۶۹.....۴-۸-۲-۴-۴ بررسی ضرایب اطمینان.....
- ۷۱.....۳-۴-۳-۴ مدل سازی خاکریز جاده با استفاده از مسلح کننده.....
- ۷۱.....۱-۳-۴-۴ مدل سازی با استفاده از ژئوتکستایل.....
- ۷۱.....۱-۱-۳-۴-۴ مدل هندسی.....
- ۷۲.....۲-۱-۳-۴-۴ مشخصات مصالح.....
- ۷۳.....۳-۱-۳-۴-۴ آنالیز مدل.....
- ۷۴.....۴-۱-۳-۴-۴ نتایج تحلیل مدل.....
- ۷۵.....۱-۴-۱-۳-۴-۴ بررسی روند تغییر مکان های قائم (نشست).....
- ۷۸.....۲-۴-۸-۳-۴-۴ بررسی تغییر مکان های افقی.....

- ۸۰.....۳-۴-۸-۳-۴- بررسی تغییرات فشارآب حفره ای اضافی
- ۸۴.....۴-۴-۸-۳-۴- تغییر شکل‌های ژئوتکستایل
- ۸۶.....۲-۳-۴- مدل سازی با استفاده اززهکش های قائم
- ۸۶.....۱-۲-۳-۴- مدل هندسی
- ۸۸.....۲-۲-۳-۴- آنالیز مدل
- ۸۸.....۳-۲-۳-۴- نتایج تحلیل مدل
- ۸۸.....۱-۳-۲-۳-۴- بررسی روندتغییر مکان های قائم(نشست)
- ۹۲.....۲-۳-۲-۳-۴- بررسی تغییر مکان های افقی
- ۹۴.....۳-۳-۸-۳-۴- بررسی تغییرات فشارآب حفره ای اضافی

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات

- ۹۸.....۱-۵- مقدمه
- ۹۸.....۲-۵- تغییر مکان های قائم (نشست خاکریز)
- ۱۰۱.....۳-۵- تغییر مکان های قائم (نشست خاکریز)
- ۱۰۳.....۴-۵- فشار آب حفره ای
- ۱۰۴.....۵-۵- پایداری
- ۱۰۴.....۶-۵- خلاصه نتایج
- ۱۰۴.....۷-۵- پیشنهادات

فهرست جداول

- جدول ۱-۲: عوامل کنترل کننده در پتانسیل نوع شکست..... ۷
- جدول ۲-۲: انواع پلیمرهای مورد استفاده در تولید ژئوسینتتیکها و وزن مخصوص نسبی آنها..... ۲۷
- جدول ۲-۳: فاکتورهای کنترل ژئوتکتستایلهای تولید شده در کارخانه..... ۳۱
- جدول ۱-۳: خصوصیات مکانیکی و تغییر شکل پذیری لایه های مختلف در ساختگاه..... ۴۸
- جدول ۱-۴: مشخصات مصالح پی..... ۵۳
- جدول ۲-۴: مشخصات مصالح خاکریز..... ۵۳
- جدول ۳-۴: مراحل آنالیز مدل..... ۵۶
- جدول ۴-۴: مراحل آنالیز مدل مسلح شده با ژئوتکتستایل..... ۷۴
- جدول ۵-۴: مراحل آنالیز مدل مسلح شده با استفاده از زهکش..... ۸۸
- جدول ۱-۵: مقادیر فشار آب حفره ای..... ۱۰۳

فهرست نمودارها

نمودار ۴-۱: نشست تاج خاکریز در مراحل مختلف تحلیل.....	۶۲
نمودار ۴-۲: نشست نقاط کنترل A,B,C نسبت به زمان.....	۶۳
نمودار ۴-۳: تغییر مکان افقی تاج خاکریز در مراحل مختلف تحلیل.....	۶۵
نمودار ۴-۴: فشار آب حفره ای اضافی در لایه سیلتی نسبت به زمان.....	۶۹
نمودار ۴-۵: ضریب اطمینان پایداری.....	۷۱
نمودار ۴-۶: نشست تاج خاکریز در مراحل مختلف تحلیل.....	۷۷
نمودار ۴-۷: نشست نقاط کنترل A,B,C نسبت به زمان.....	۷۸
نمودار ۴-۸: تغییر مکان افقی تاج خاکریز در مراحل مختلف تحلیل.....	۷۹
نمودار ۴-۹: فشار آب حفره ای اضافی در لایه سیلتی نسبت به زمان.....	۸۳
نمودار ۴-۱۰: نشست تاج خاکریز در مراحل مختلف تحلیل.....	۹۱
نمودار ۴-۱۱: نشست نقاط کنترل A,B,C نسبت به زمان.....	۹۲
نمودار ۴-۱۲: تغییر مکان افقی تاج خاکریز در مراحل مختلف تحلیل.....	۹۳
نمودار ۴-۱۳: فشار آب حفره ای اضافی در لایه سیلتی نسبت به زمان.....	۹۷
نمودار ۵-۱: مقایسه نشست تاج خاکریز در سه حالت مسلح شده با ژئوتکستایل ، زهکش قائم و غیر مسلح در پایان ساخت.....	۹۹
نمودار ۵-۲: مقایسه نشست تاج خاکریز در سه حالت مسلح شده با ژئوتکستایل ، زهکش قائم و غیر مسلح در ۹۰۰ روز پس از پایان ساخت.....	۹۹
نمودار ۵-۳: مقایسه نشست تاج خاکریز در سه حالت مسلح شده با ژئوتکستایل، زهکش قائم و غیر مسلح در ۱۸۰۰ روز پس از پایان ساخت.....	۱۰۰
نمودار ۵-۴: مقایسه نشست تاج خاکریز در سه حالت مسلح شده با ژئوتکستایل ، زهکش قائم و غیر مسلح در پایان تحکیم.....	۱۰۰
نمودار ۵-۵: مقایسه تغییر مکان افقی تاج خاکریز در سه حالت مسلح شده با ژئوتکستایل ، زهکش قائم و غیر مسلح در پایان ساخت.....	۱۰۱
نمودار ۵-۶: مقایسه تغییر مکان افقی تاج خاکریز در سه حالت مسلح شده با ژئوتکستایل ، زهکش قائم و غیر مسلح در ۹۰۰ روز پس از پایان ساخت.....	۱۰۲
نمودار ۵-۷: مقایسه تغییر مکان افقی تاج خاکریز در سه حالت مسلح شده با ژئوتکستایل ، زهکش قائم و غیر مسلح در ۱۸۰۰ روز پس از پایان ساخت.....	۱۰۲
نمودار ۵-۸: مقایسه تغییر مکان افقی تاج خاکریز در سه حالت مسلح شده با ژئوتکستایل ، زهکش قائم و غیر مسلح در پایان تحکیم.....	۱۰۳

فهرست اشکال

- شکل ۱-۲: حالت های مختلف لغزش توده در شیروانی های رسی..... ۵
- شکل ۲-۲: نسبت ابعادی توده های گسیختگی..... ۶
- شکل ۳-۲: لغزش پیش رونده..... ۸
- شکل ۴-۲: خرابی خاکریز روی خاک سست از لحاظ ظرفیت باربری..... ۹
- شکل ۵-۲: خرابی خاکریز روی خاک سست به سبب گسیختگی دورانی..... ۹
- شکل ۶-۲: خرابی خاکریز روی خاک سست به سبب گسیختگی لغزشی..... ۱۰
- شکل ۷-۲: خرابی خاکریز..... ۱۰
- شکل ۸-۲: تعاریف مختلف ضریب اطمینان..... ۱۲
- شکل ۹-۲: دو نوع توزیع فشار آب حفره ای اضافه با عمق، (a) توزیع یکنواخت با عمق در لایه خاک با ضخامت کم و (b) توزیع مثلثی در لایه خاک با ضخامت زیاد..... ۱۳
- شکل ۱۰-۲: توزیع تئوریکی فشار آب حفره ای اضافه با عمق..... ۱۴
- شکل ۱۱-۲: رابطه بین فاکتور زمان و درجه تحکیم متوسط برای توزیع یکنواخت و مثلثی فشار آب حفره ای اضافه اولیه..... ۱۵
- شکل ۱۲-۲: تحکیم ثانویه..... ۱۶
- شکل ۱۳-۲: (a) مقطع قائم یک زهکش ماسه ای نیمه بسته (b) پلان یک شبکه مربعی از زهکش ماسه ای (c) پلان یک شبکه مثلثی از زهکش ماسه ای..... ۱۸
- شکل ۱۴-۲: فاکتور زمان برای تحکیم شعاعی..... ۲۰
- شکل ۱۵-۲: مقطع مربوط به محدوده مورد نظر..... ۲۲
- شکل ۱۶-۲: منحنی نشست- زمان حوزه آزمایش ۳..... ۲۲
- شکل ۱۷-۲: مکانیسم عمل زهکش های ماسه ای..... ۲۳
- شکل ۱۸-۲: موقعیت نشست های مربوط به لایه رسی هالوسن..... ۲۴
- شکل ۱۹-۲: نتایج حاصل از آزمایش انجام گرفته در ابعاد اصلی..... ۲۵
- شکل ۲۰-۲: انواع ژئوسیتتیک های موجود..... ۲۹
- شکل ۲۱-۲: فاکتور ظرفیت باربری برای خاکهای غیر همگن..... ۳۲
- شکل ۲۲-۲: تعریف متغیرهایی که در تعیین ارتفاع گسیختگی برای خاکریز مسلح بکار میروند..... ۳۲
- شکل ۲۳-۲: تاثیر غیر همگنی بر عمق ناحیه گسیختگی زیر شالوده صلب..... ۳۳
- شکل ۲۴-۲: شکل کلی روش تعادل حدی ارائه شده توسط (Mylleville and Rowe (1988)..... ۳۵
- شکل ۱-۳: نمای مسیر از تبریز تا ارومیه..... ۴۱

- شکل ۳-۲: موقعیت ساختگاه پل تقاطع سلماس در مسیر آزاد راه شهید کلانتری..... ۴۱
- شکل ۳-۳: تغییرات عدد S.P.T مبنا برای کل ساختگاه..... ۴۹
- شکل ۴-۱: مقطع عرضی خاکریز جاده..... ۵۱
- شکل ۴-۲: شرایط هندسی مدل..... ۵۴
- شکل ۴-۳: شرایط مرزی جریان..... ۵۵
- شکل ۴-۴: نحوه المان بندی مدل..... ۵۵
- شکل ۴-۵: نقاط کنترل..... ۵۸
- شکل ۴-۶: تغییر مکان های قائم (نشست) خاکریز در پایان ساخت..... ۶۰
- شکل ۴-۷: تغییر مکان های قائم (نشست) در پایان ۹۰۰ روز پس از پایان ساخت..... ۶۰
- شکل ۴-۸: تغییر مکان های قائم (نشست) در پایان ۱۸۰۰۰ روز پس از پایان ساخت..... ۶۱
- شکل ۴-۹: تغییر مکان های قائم (نشست) در پایان تحکیم..... ۶۲
- شکل ۴-۱۰: تغییر مکان افقی خاکریز در پایان تحکیم..... ۶۴
- شکل ۴-۱۱: فشار آب حفره ای اضافی در پایان ساخت خاکریز..... ۶۵
- شکل ۴-۱۲: فشار آب حفره ای اضافی پس از اعمال بار ترافیک..... ۶۶
- شکل ۴-۱۳: فشار آب حفره ای اضافی ۹۰۰ روز پس از پایان ساخت..... ۶۷
- شکل ۴-۱۴: فشار آب حفره ای اضافی ۱۸۰۰ روز پس از پایان ساخت..... ۶۷
- شکل ۴-۱۵: فشار آب حفره ای اضافی در پایان تحکیم..... ۶۸
- شکل ۴-۱۶: پایداری خاکریز در پایان ساخت..... ۷۰
- شکل ۴-۱۷: پایداری در پایان تحکیم..... ۷۰
- شکل ۴-۱۸: مقطع عرضی جاده مسلح با استفاده از ژئوتکستایل..... ۷۲
- شکل ۴-۱۹: مدل مش بندی شده در خاکریز مسلح با ژئوتکستایل..... ۷۳
- شکل ۴-۲۰: تغییر مکان های قائم (نشست) خاکریز در پایان ساخت..... ۷۵
- شکل ۴-۲۱: تغییر مکان های قائم (نشست) خاکریز در پایان ۹۰۰ روز پس از ساخت..... ۷۶
- شکل ۴-۲۲: تغییر مکان های قائم (نشست) در پایان ۱۸۰۰ روز پس از ساخت..... ۷۶
- شکل ۴-۲۳: تغییر مکان های قائم (نشست) در پایان تحکیم..... ۷۷
- شکل ۴-۲۴: تغییر مکان افقی خاکریز در پایان تحکیم..... ۷۹
- شکل ۴-۲۵: فشار آب حفره ای اضافی در پایان ساخت خاکریز..... ۸۱
- شکل ۴-۲۶: فشار آب حفره ای اضافی پس از اعمال بار ترافیک..... ۸۱
- شکل ۴-۲۷: فشار آب حفره ای اضافی ۹۰۰ روز پس از پایان ساخت..... ۸۲
- شکل ۴-۲۸: فشار آب حفره ای اضافی ۱۸۰۰ روز پس از پایان ساخت..... ۸۲

- شکل ۴-۲۹: فشار آب حفره ای اضافی در پایان تحکیم..... ۸۳
- شکل ۴-۳۰: تغییر مکان های قائم ژئوتکستایل در پایان ساخت..... ۸۴
- شکل ۴-۳۱: تغییر مکان های قائم ژئوتکستایل در پایان تحکیم..... ۸۵
- شکل ۴-۳۲: تغییر مکان های افقی ژئوتکستایل در پایان ساخت..... ۸۵
- شکل ۴-۳۳: تغییر مکان های افقی ژئوتکستایل در پایان تحکیم..... ۸۶
- شکل ۴-۳۴: مقطع عرضی جاده مسلح با استفاده از زهکش..... ۸۷
- شکل ۴-۳۵: مدل مش بندی شده در خاکریز مسلح با زهکش..... ۸۷
- شکل ۴-۳۶: تغییر مکان های قائم (نشست) خاکریز در پایان ساخت..... ۸۹
- شکل ۴-۳۷: تغییر مکان های قائم (نشست) خاکریز در پایان ۹۰۰ روز پس از ساخت..... ۹۰
- شکل ۴-۳۸: تغییر مکان های قائم (نشست) خاکریز در پایان ۱۸۰۰ روز پس از ساخت..... ۹۰
- شکل ۴-۳۹: تغییر مکان های قائم (نشست) در پایان تحکیم..... ۹۱
- شکل ۴-۴۰: تغییر مکان افقی خاکریز در پایان تحکیم..... ۹۳
- شکل ۴-۴۱: فشار آب حفره ای اضافی در پایان ساخت خاکریز..... ۹۵
- شکل ۴-۴۲: فشار آب حفره ای اضافی پس از اعمال بار ترافیک..... ۹۵
- شکل ۴-۴۳: فشار آب حفره ای اضافی ۹۰۰ روز پس از پایان ساخت..... ۹۶
- شکل ۴-۴۴: فشار آب حفره ای اضافی ۱۸۰۰ روز پس از پایان ساخت..... ۹۶
- شکل ۴-۴۵: فشار آب حفره ای اضافی در پایان تحکیم..... ۹۷

چکیده

طراحی و احداث خاکریز روی بسترهای نرم یکی از مسائل چالش انگیز در مهندسی ژئوتکنیک به شمار می‌رود. به علت قابلیت تحکیم پذیری زیاد و مقاومت برشی کم این خاک‌ها مشکلاتی در روند پایداری و نشست خاکریز ایجاد می‌شود. جاده شهید کلاتری از ارومیه تا تبریز و از طریق وسط دریاچه ارومیه در حال احداث می‌باشد. قسمتی از جاده در ناحیه ساحل غرب دریاچه از روی خاک سست رسوبات دریاچه ای که عموماً از لایه های خاک رسی - سیلتی ریز دانه با مقاومت برشی کم و خاصیت تحکیم پذیری بالا تشکیل شده اند، عبور می‌کند. در هنگام کاوش های صحرایی لایه های نازکی از رسوبات دانه ای که عموماً از ماسه ریزدانه با خاصیت سیمانتاسیون کم تشکیل شده اند نیز به صورت لنت های نازک در میان رسوبات ریزدانه مشاهده گردید. این مطالعه برای اولین بار در این قسمت از جاده که از ناحیه ساحل غرب دریاچه عبور کرده و دارای رسوبات سست دریاچه ای با خصوصیات خاص ژئوتکنیکی است، انجام گرفته است. این قسمت از جاده در هنگام ترسالی جزو دریاچه بوده و در زیر آب قرار می‌گیرد. در هنگام خشکسالی آب دریاچه فروکش و عقب نشینی کرده و بستر دریاچه برون زد داشته و خشک می‌شود. بدنه خاکریز جاده نیز به همراه این تغییرات شاهد روند اشباع و غیر اشباع می‌شود که تأثیر مستقیم در پایداری و نشست خاکریز جاده خواهد داشت. این مسائل درنوع خود در کشور جدید و نو می‌باشد.

هدف از انجام این تحقیق، بررسی تأثیر استفاده از ژئوتکستایل و زهکشهای قائم برای کنترل نشست و پایداری در خاکهای سست است که با استفاده از نرم افزار المان محدود Plaxis به بررسی این موارد پرداخته شده و جهت مدل کردن خاک سست از مدل رفتاری خاک نرم خزشی استفاده شده است. در این مطالعه تأثیر استفاده از ژئوتکستایل و زهکش های قائم به صورت موردی و با استفاده از پارامترهای مربوط به خاک بستر دریاچه ارومیه مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به نتایج می‌توان گفت که خاکریز مدل شده پایدار بوده و در صورت تسلیح خاک سست به وسیله ژئوتکستایل و یا زهکش های قائم، روندکاهشی در مقادیر تغییر مکان‌های عمودی ایجاد می‌شود. همچنین زهکش های قائم روند کاهش فشار آب حفره ای را افزایش می‌دهند.

کلمات کلیدی: خاکریز، خاک سست، ژئوتکستایل، زهکش های قائم، نرم افزار Plaxis.

فصل اول

مقدمه

از نظر مهندسين ژئوتکنیک، از مسائل مهمی که در ارتباط با ساخت خاکریز روی بستر سست وجود دارد، رفتار پیچیده خاک سست بستر است. این پیچیدگی رفتار به خصوصیات خاک های سست مربوط می شود. از خصوصیات این مصالح، تحکیم پذیری زیاد و رفتار خزشی این خاک ها می باشد. اعمال بار از طریق ابنیه و یا ساخت خاکریز جهت احداث جاده روی این بسترهای سست عموماً با مشکل پایداری و نشست همراه است.

جهت آنالیز نشست و پایداری خاکریزها، اغلب نرم افزارهای المان محدود¹ و روش های المان مرزی² یا تفاضل محدود³ مورد استفاده قرار می گیرد. نرم افزار المان محدود Plaxis که به صورت دو بعدی است. جهت آنالیز پایداری و نشست در کاربردهای مختلف ژئوتکنیکی مورد توجه قرار گرفته است.

در این پایان نامه پایداری و نشست خاکریز جاده شهید کلاتری، در ناحیه ساحل غرب دریاچه ارومیه، مورد مطالعه قرار گرفته است. جاده شهید کلاتری، از ارومیه تا تبریز و از طریق مسیر میانی دریاچه ارومیه، در حال احداث می باشد. قسمتی از جاده در ناحیه ساحل غرب دریاچه از روی خاک سست حاوی رسوبات دریاچه ای که عموماً از لایه های خاک رسی - سیلتی ریزدانه با مقاومت برشی کم و خاصیت تحکیم پذیری بالا تشکیل شده اند، عبور می کند. در هنگام کاوش های صحرائی، لایه های نازکی از رسوبات دانه ای که عموماً از ماسه ریز دانه با خاصیت سیمانناسیون کم تشکیل شده اند، نیز به صورت لئزهای نازک، در میان رسوبات ریزدانه مشاهده گردید. در صورتیکه این لئزها تا نزدیکی سطح زمین و در میان رسوبات ریزدانه سست گسترش داشته باشد، تأثیر مهمی در افزایش و تسریع روند تحکیم و نشست خاکریز جاده می تواند داشته باشد.

اجرای زهکش های قائم و یا تسلیح خاکریز جاده با استفاده از ژئوتکستایل از جمله روش های بهبود خاک با استفاده از روش های ژئوتکنیکی، برای بهبود وضعیت پایداری و کاهش نشست جاده می باشد. در این تحقیق، تأثیر این روش ها، مورد ارزیابی قرار گرفته است.

¹ - Finite Element

² - Boundary Element

³ - Finite Difference

این مطالعه، با توجه به مقطع موجود از این خاکریز، در حالت های مختلف ارتفاع آب زیرزمینی، با توجه به بار ترافیکی اعمال شده به صورت استاتیکی، با استفاده از نرم افزار المان محدود Plaxis مورد ارزیابی قرار گرفته است. مطالعات انجام گرفته در پنج فصل ارائه شده است:

- فصل اول، مقدمه ای از مطالعات انجام گرفته، شرح داده شده است.
- فصل دوم، شامل مفاهیم پایداری، فاکتور اطمینان و انواع مدهای گسیختگی ناشی از عدم پایداری خاکریز است. همچنین چگونگی محاسبات مربوط به فاکتور اطمینان، نشست و شرح مختصری از روش های اصلاح خاک، نمونه هایی از نمونه های عملی استفاده از زهکش های قائم و تأثیر استفاده از ژئوتکستایل در تسلیح خاک در این فصل ارائه شده است.
- در فصل سوم، به معرفی اجمالی پروژه شهید کلاتری و همچنین شرح مطالعات زمین شناسی انجام گرفته در منطقه و وضعیت ژئوتکنیکی ساختگاه و شرح لایه های خاک بستر پرداخته شده است.
- در فصل چهارم، جزئیات مدلسازی خاکریز، در ناحیه مورد نظر، با استفاده از هندسه مقطع عرضی و اطلاعات مربوط به لایه های خاک بستر و خاکریز، که با توجه به مطالعات انجام گرفته در کاوش های زمین شناسی در منطقه مورد نظر، جمع آوری شده، بیان شده است. مدلسازی برای سه حالت مختلف خاکریز ساده، خاکریز مسلح با ژئوتکستایل و خاکریز زهکشی شده، در نظر گرفته شده است. با توجه به متغیر بودن سطح آب زیرزمینی، هر یک از سه حالت ذکر شده، در بیست فاز محاسباتی، مورد بررسی قرار گرفته است.
- فصل پنجم، شامل بررسی آنالیزهای صورت گرفته در فصل چهارم است که به صورت اجمالی، تحت عنوان نتیجه گیری ارائه شده است؛ پیشنهاداتی نیز برای ادامه مطالعه بیان شده است.

فصل دوم

ادبیات فنی و پیشینه پژوهش

۱-۲- مقدمه

از نظر مهندسی ژئوتکنیک از مسائل مهمی که در ارتباط ساخت خاکریز روی بستر سست وجود دارد، رفتار پیچیده خاک سست بستر است. این پیچیدگی رفتار به خصوصیات خاک های سست مربوط می شود. از خصوصیات این مصالح، تراکم پذیری زیاد و رفتار خزشی آن ها می باشد. اعمال بار از طریق ابنیه و یا ساخت خاکریز جهت احداث جاده در بسترهای سست عموماً با مشکل پایداری و نشست همراه است [۱].

خاک های سست شامل رس های عادی تحکیم یافته، سیلتهای رسی و ... می باشد [۲]. از خصوصیات اصلی این نوع خاک ها تراکم پذیری زیاد و مقاومت برشی کم (کمتر از $20kPa$) است. این نوع خاک ها دارای مشخصات زیر هستند:

- درصد رطوبت طبیعی بالا
- میزان حد روانی و حد خمیری بالا
- نفوذپذیری کم
- مقاومت برشی کم که معمولاً با عمق تغییر می کند. خاک های با مقاومت برشی کمتر از $10kPa$ خاک های خیلی نرم و خاک های با مقاومت برشی کمتر از $20kPa$ خاک های نرم به شمار می آید.
- تراکم پذیری بالا که با افزایش درصد مواد آلی افزایش می یابد [3].
- در طراحی و ساخت خاکریز در صورتیکه بستر آن دارای ظرفیت باربری کافی باشد با مشکلات اندکی مواجه می شویم، در صورتیکه در بسترهای سست پیچیدگی های متعددی برای مهندسین طراح و ناظر به وجود می آید. در ساخت خاکریز در بسترهای سست با مشکلات زیر مواجه هستیم:

- مقاومت برشی کم
- ناپایداری خاکریز
- تراکم پذیری و نشست خاکریز

طراحی خاکریز براساس ظرفیت باربری، نشست و پایداری انجام می‌شود. طراحی زمانی رضایت بخش خواهد بود که فاکتور اطمینان کافی برای هر یک از این موارد داشته باشیم [3]. (Hunter & Fell (2003) رفتار تغییرشکل و پاسخ فشار حفره‌ای اضافی ۱۳ خاکریز ابزاربندی شده ساخته شده روی خاک نرم را تحلیل کردند. نتایج تحلیل نشان داد که تغییر شکل‌های جانبی در پنجه خاکریز و کلهای عمودی در پنجه و ۵ متری اطراف خاکریز بوجود آورنده اولین احتمال گسیختگی می‌باشند [4].

۲-۲- اهداف آنالیز پایداری شیروانیها

عموماً هدف اولیه آنالیز پایداری شیروانیها، تأمین ایمنی و اقتصادی طرحهای حفاری، خاکریزی، سدهای خاکی، لندفیلها و پشته‌های خاکی می‌باشد. ارزیابی پایداری شیروانیها با تعیین زمین شناسی، مواد و مصالح، محیط و پارامترهای اقتصادی اثرگذار در پروژه و همچنین فهم طبیعت، دامنه و فرکانس پتانسیل مسائل شیروانیها مرتبط می‌باشد. هنگام مواجه با شیروانی‌ها خصوصاً آنالیز پایداری شیروانی‌ها، زمین شناسی گذشته و تجارب ژئوتکنیکی در یک منطقه بسیار با ارزش است. اهداف آنالیز پایداری شیروانیها عبارتند از:

- ارزیابی پایداری شیروانیها در شرایط کوتاه مدت (در مدت زمان ساخت) و دراز مدت
- ارزیابی امکان زمین لغزشها در شیروانیهای طبیعی و مصنوعی
- آنالیز زمین لغزشها و فهم مکانیزم گسیختگی و تأثیر عوامل محیطی بر آن.
- توانایی برای طرح مجدد شیروانی‌های گسیخته شده و طراحی و عملیات ترمیمی و پیشگیرانه در جاهاییکه لازم می‌باشد [5].

۲-۳- مفاهیم پایداری شیب

آنالیز پایداری شیب ممکن است با استفاده از روش‌های نمودارهای منتشر شده یا آنالیز کامپیوتری انجام شود. بیشتر برنامه‌های کامپیوتری که برای آنالیز پایداری شیب استفاده می‌شوند براساس روش تعادل حدی برای مدل‌های دو بعدی می‌باشند. برنامه‌های پیچیده تر که از روش المان محدود یا روش المان مرزی استفاده می‌کنند نیز موجود می‌باشند و این توانایی را به مهندسان می‌دهند که به ارزیابی وضعیت شیب‌ها در حالت‌های دو بعدی و سه بعدی بپردازند. اینچنین آنالیزهایی نیاز دارند تا اطلاعات کاملی از لایه‌های خاکی و پارامترهای آنها در دست باشد که این پارامترها بایستی از تست‌های آزمایشگاهی بدست آید [6].

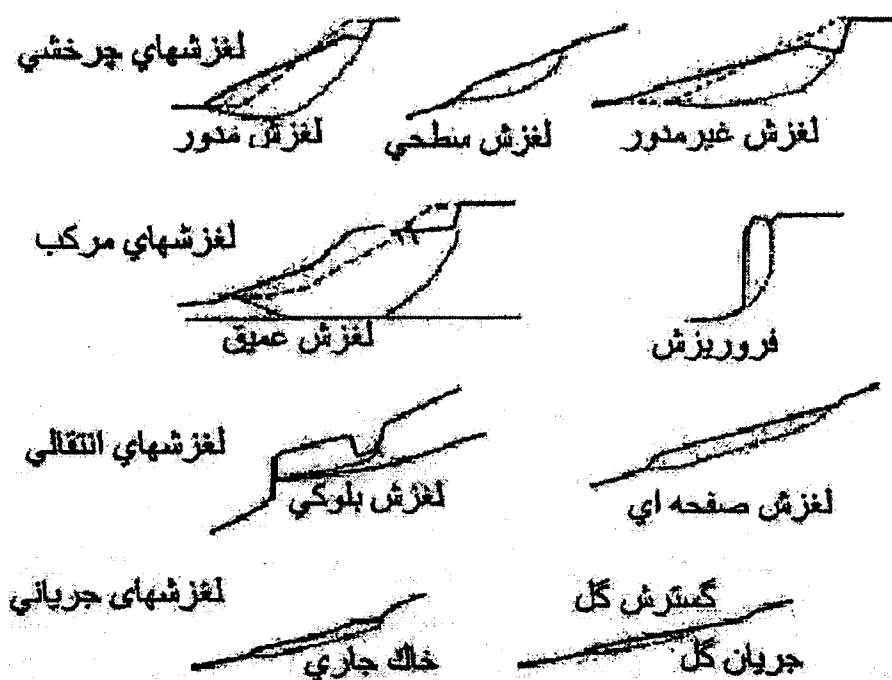
۲-۴- مدل های شکست

ترزاقی و پک در سال ۱۹۶۷ بیان کردند که لغزش ممکن است در حالت های مختلف اتفاق بیافتد. از جمله به صورت کند یا سریع و ناگهانی. این گسیختگی در شیبها معمولاً به علت کاهش مقاومت خاک به صورت کند یا سریع می باشد یا ممکن است به علت تغییر در شرایط هندسی پیش آید. برای مثال تندتر شدن زاویه یک شیب [7].

شکل (۱-۲) لغزش های رایجی را نشان می دهد که در شیب های خاکی انتظار می رود به وقوع بپیوندد.

این اشکال لغزشی عبارتند از:

۱. انتقالی^۱
۲. صفحه ای^۲
۳. دایره ای^۳
۴. غیر دایره ای یا ترکیبی از انواع ذکر شده بالا^۴



شکل ۱-۲: حالت های مختلف لغزش توده در شیروانی های رسی

1- Translational Slides
 2- Slab Slides
 3- Circular Slides
 4- Compound Slides