دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
دانشکده مهندسی زراعی
گروه مهندسی آب

پایان نامه دوره کارشناسی‌ارشد در رشته سازه‌های آبی

موضوع:

بررسی پایداری و پایدارسازی شیروانی خاکی با استفاده از نرم‌افزار Plaxis

استادان راهنما:
دکتر سید حسن گلمایی- دکتر محسن مسعودیان
استاد مشاور:
مهندس مهراوه حصیرچیان
استادان داور:
دکتر شاهنظری- دکتر ضیاتباراحمدی

دانشجو:
سیده ساجده میرنیا

بهمن ۱۳۹۲

سپاس خدای را
که به من جرأت نفس کشیدن داد و اجازه‌ی حیات و اختیار چگونه زندگی کردن و بشارت داد بر تعقل ورزیدن و اندیشیدن.

با تقدیر و تشکر از اساتید محترم
جناب آقای دکتر سید حسن گلمایی که راهنمایی‌ها و تجربیاتشان را در اختیار اینجانب قرار دادند و
جناب آقای دکتر محسن مسعودیان که همواره پاسخگوی سوالات اینجانب بودند و
استاد مشاور سرکار خانم مهندس مهراوه حصیرچیان که در تهیه‌ی این تحقیق مرا همراهی نمودند و
از اساتیدی که در طول تحصیلم از لطف آن‌ها بهره بردم و
خانواده‌ی عزیزم که در فراهم نمودن شرایط برای به ثمر رسیدن این تحقیق یاری‌ام دادند.

تقدیم به :

پدر و مادر عزیزم

چکیده

به هر گونه حرکت توده‌ای از خاک یا سنگ و یا ترکیبی از هر دو که ممکن است در شیروانی‌های خاکی مصنوعی و طبیعی رخ دهد، زمین‌لغزه می‌گویند. این پدیده بیش‌تر از هر چیز ناشی از دست بردن بشر در شیب‌های طبیعی است. در زمین‌لغزش، محدوده‌ی سرعت توده ممکن است بسیار کم مانند خزش یا بسیار زیاد مانند سقوط ناگهانی باشد. در شیروانی‌هایی که به هر دلیلی زمین‌لغزش در حال شروع، گسترش و یا انجام گرفتن است، موضوع پایدارسازی آن‌ها مطرح می‌شود که یکی از این روش‌های پایدارسازی، نصب شمع است. برای ارزیابی پایداری یک شیروانی از معیار ضریب اطمینان استفاده می‌شود. در این مطالعه از روش نصب شمع به‌عنوان یک راه‌حل پیشگیرانه برای ثبات در شیروانی استفاده شده است. در این روش سطح گسیختگی به لایه‌های پایدار زیرین دوخته شده و پایداری شیروانی تأمین می‌گردد. در استفاده از این روش باید شناخت کاملی از حدود و عمق سطح لغزش در اختیار باشد تا امتداد شمع‌ها از سطح لغزش عبور کند و در لایه‌ی پایدار زیرین فرو رود. در این روش، برای تأمین پایداری کلی شیروانی به همراه شمع‌های داخل آن، بایستی پایداری شمع و شیروانی به طور جداگانه برآورده شود. در این تحقیق پایداری و پایدارسازی دو شیروانی مصنوعی و طبیعی مورد بررسی قرار گرفت که شیروانی طبیعی یکی از پروفیل‌های طولی محور آزاد مهر آلاشت است. محدوده‌ی مورد مطالعه در جنوب دریای خزر و در شمال غربی شهر پل سفید واقع است. مقطع عرضی و داده‌های فیزیکی و مکانیکی منطقه‌ی مورد مطالعه از گزارش ژئوتکنیک منطقه‌ی سوادکوه استخراج گردید و مورد استفاده قرار گرفت. نرم‌افزار مورد استفاده در این تحقیق نرم‌افزار المان محدود پلکسیس سری ۸/۲ است. در این کار بعد از ارزیابی پایداری دو شیروانی مصنوعی و طبیعی، نحوه‌ی تغییرات ضریب اطمینان به ازای فاصله‌های مختلف از پنجه و طول‌های مختلف شمع مورد بررسی قرار گرفت. برای تعیین فاصله‌ی مناسب شمع از پنجه‌ی شیروانی باید دو معیار در نظر گرفته شد، اول ایمنی شیروانی که با ضریب اطمینان مطلوب بدست می‌آید، دوم ایمنی شمع که تغییر مکان آن باید از حدی کم‌تر باشد. برای تعیین طول مناسب شمع هم باید کم‌ترین نیروی برشی و گشتاور خمشی به آن وارد شود. درنهایت با مقایسه‌ی ضریب اطمینان شیروانی مصنوعی و طبیعی به‌ترتیب با مقدارهای ۱/۶ و ۱/۳ از شمع-هایی به‌طول ۱۳/۸۵ و ۶/۸ متر که در فاصله‌ی ۱۱/۵ و ۳/۷۸ متر از پنجه هستند و ضریب اطمینان‌های ۱/۶۵۹۴ و ۱/۲۲ را ایجاد کردند، استفاده شد. فاصله‌های بهینه‌ی یاد شده به‌طور تقریبی در وسط شیروانی واقع شدند که با مطالعات گذشته تطبیق دارد.

واژه‌های کلیدی: شیروانی خاکی، ضریب اطمینان، شمع، پایدارسازی، آزادمهر-آلاشت، نرم‌افزار پلکسیس.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول -کلیات

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- ضرورت تحقیق ۲

۱-۳- فرضیات ۴

۱-۴-اهداف ۴

۱-۵- ساختار پایان‌نامه ۴

فصل دوم- مرور منابع

۲-۱- مقدمه ۶

۲-۲- تئوری موضوع ۷

۲-۲-۱- انواع ناپایداری شیروانی ۷

۲-۲-۱-۱-طبقه بندی از نظر شکل و حرکت مواد ۸

۲-۲-۱-۱-۱- ریزش ۸

۲-۲-۱-۱-۲- لغزش ۸

۲-۲-۱-۱-۳- جاری شدن ۱۱

۲-۲-۱-۲-طبقه‌بندی براساس انجمن بین‌المللی مهندسی زمین‌شناسی لغزش‌ها ۱۲

۲-۲-۱-۲-۱- سقوط ناگهانی ۱۲

۲-۲-۱-۲-۲- خزش ۱۳

۲-۲-۱-۳-طبقه‌بندی براساس سرعت حرکت مواد ۱۳

۲-۲-۲- تحلیل پایداری شیروانی ۱۴

۲-۲-۲-۱-روش تعادل حدی ۱۴

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۲-۲-۲-۲-روش عددی ۱۵
۲-۲-۳- روش‌های پایدارسازی شیروانی ۱۶
۲-۲-۳-۱- روش نصب شمع ۱۸
۲-۲-۳-۲- ژئوسنتتیک‌ها (ژئوتکستایل و ژئوگرید) ۲۲
۲-۲-۳-۳- بیومهندسی ۲۴
۲-۲-۳-۴- روش اصلاح هندسی شیب ۲۵
۲-۲-۳-۴-۱- خاکریزی ۲۶
۲-۲-۳-۴-۲- خاکبرداری ۲۶
۲-۲-۳-۵- روش میخ‌کوبی ۲۷
۲-۲-۴- مدل‌های رفتار مورد استفاده ۲۸
۲-۲-۴-۱- مدل مور-کلمب ۲۹
۲-۲-۴-۱-۱- مدول یانگ ۲۹
۲-۲-۴-۱-۲- نسبت پواسون ۳۰
۲-۲-۴-۱-۳- چسبندگی ۳۰
۲-۲-۴-۱-۴- زاویه‌ی اصطکاک ۳۱
۲-۲-۴-۱-۵- زاویه‌ی اتساع ۳۱
۲-۲-۴-۲- مدل الاستیک خطی ۳۱
۲-۲-۵- ضریب اطمینان ۳۲
۲-۳- مروری بر مطالعات گذشته ۳۳

فصل سوم- مواد وروش‌ها

۳-۱- مقدمه ۳۹
۳-۲- تهیه نقشه و پروفیل برای مقطع مورد مطالعه ۴۰

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۳-۳- آزمایش های لازم برای بدست آوردن پارامترها ۴۳
۳-۳-۱- تعیین چسبندگی و زاویه‌ی اصطکاک ۴۳
۳-۳-۲- آزمایش دانه بندی ۴۳
۳-۳-۳- تعیین وزن مخصوص و درصد رطوبت خاک ۴۵
۳-۳-۴- آزمایش نفوذ استاندارد SPT ۴۵
۳-۴- وضعیت زمین شناسی منطقه‌ی طرح ۴۶
۳-۵- تاریخچه و قابلیت‌های نرم‌افزار پلکسیس ۴۷
۳-۶- توصیف کلی برنامه ۴۸
۳-۶-۱- اطلاعات ورودی ۴۸
۳-۶-۱-۱- المان‌ها ۴۹
۳-۶-۱-۲- رسم هندسه‌ی مدل ۵۰
۳-۶-۱-۲-۱- صفحات ۵۰
۳-۶-۱-۲-۲- سطح مشترک ۵۰
۳-۶-۱-۳- مش‌بندی ۵۲
۳-۶-۱-۴- ایجاد تنش اولیه ۵۲
۳-۶-۲- محاسبات ۵۲
۳-۶-۳- اطلاعات خروجی ۵۲
۳-۶-۴- منحنی‌ها ۵۳
۳-۶-۵- معرفی مدل‌های رفتاری و پارامترهای آن ۵۳
۳-۶-۵-۱- مدل رفتاری مور-کلمب ۵۳
۳-۶-۵-۲- مدل رفتاری الاستیک خطی ۵۳

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۳-۷- مدل‌سازی با نرم‌افزار پلکسیس ۵۳

۳-۷-۱- بلوک لغزش ۵۴

۳-۷-۱-۱- مدل‌سازی بلوک لغزش ۵۵

۳-۷-۱-۲- ارزیابی تنش در لغزشگاه ۵۶

۳-۷-۲- مدل‌سازی شیروانی خاکی مصنوعی ۵۸

۳-۷-۲-۱- رسم هندسه‌ی مدل ۵۹

۳-۷-۲-۲- مش‌بندی ۵۹

۳-۷-۲-۳- محاسبات ۶۱

۳-۷-۲-۴- نصب شمع ۶۱

۳-۷-۳- مدل‌سازی شیروانی خاکی طبیعی ۶۲

۳-۷-۳-۱- یافتن مشخصات مصالح ۶۳

۳-۷-۳-۱-۱- مدول یانگ ۶۳

۳-۷-۳-۱-۲- ضریب پواسون ۶۴

۳-۷-۳-۱-۳- چسبندگی ۶۴

۳-۷-۳-۱-۴- زاویه‌ی اصطکاک داخلی ۶۴

۳-۷-۳-۲- رسم هندسه‌ی مدل ۶۵

۳-۷-۳-۳- مش‌بندی ۶۶

۳-۷-۳-۴- محاسبات ۶۷

۳-۷-۳-۵- نصب شمع ۶۷

فصل چهارم- نتایج و بحث

۴-۱- مقدمه ۶۹

۴-۲- وضعیت شیروانی خاکی مصنوعی قبل از نصب شمع ۶۹

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۴-۳- تعیین طول و فاصله‌ی مناسب شمع از پنجه‌ی شیروانی خاکی مصنوعی ۷۱

۴-۳-۱- تعیین فاصله‌ی شمع از پنجه با در نظر گرفتن ایمنی شیروانی ۷۱

۴-۳-۲- تعیین فاصله‌ی شمع از پنجه‌ی شیروانی با در نظر گرفتن ایمنی شمع ۷۳

۴-۳-۳- تعیین طول مناسب شمع در فاصله‌ی ۱۱/۵ متر از پنجه‌ی شیروانی ۷۴

۴-۴- وضعیت شیروانی خاکی طبیعی قبل از نصب شمع ۷۷

۴-۵- تعیین طول و فاصله‌ی مناسب شمع از پنجه‌ی شیروانی خاکی طبیعی ۷۸

۴-۵-۱- تعیین فاصله‌ی شمع از پنجه با در نظر گرفتن ایمنی شیروانی ۷۸

۴-۵-۲- تعیین فاصله‌ی شمع از پنجه‌ی شیروانی با در نظر گرفتن ایمنی شمع ۸۰

۴-۵-۳- تعیین طول مناسب شمع در فاصله‌ی ۳/۷۸ متر از پنجه‌ی شیروانی.....۸۱

فصل پنجم- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵-۱- مقدمه ۸۵

۵-۲- بحث و نتیجه‌گیری ۸۵

۵-۳- پیشنهادات.....۸۷

منابع ۸۸

پیوست ۱

محدوده‌ی لغزش بعد از نصب شمع در فاصله‌های مختلف از پنجه‌ی شیروانی خاکی مصنوعی ۹۲

پیوست ۲

ضریب اطمینان به‌ازای طول‌های مختلف شمع در یک فاصله‌ی ثابت از شیروانی خاکی طبیعی.....۹۳

پیوست ۳

محدوده‌ی لغزش بعد از نصب شمع در فاصله‌های مختلف از پنجه‌ی شیروانی خاکی طبیعی.....۹۵

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲- ۱-نمونه‌هایی از ریزش در مناطقی از جهان ۸
شکل ۲- ۲-لغزش‌های چرخشی کم عمق ۹
شکل ۲- ۳-لغزش چرخشی مرکب ۱۰
شکل ۲- ۴-لغزش متوالی ۱۰
شکل ۲- ۵-تفاوت لغزش انتقالی و چرخشی ۱۱
شکل ۲- ۶-شکل شماتیک از جاری شدن ۱۱
شکل ۲- ۷-نمونه‌ای از سقوط ناگهانی ۱۲
شکل ۲- ۸-شکل شماتیک از خزش ۱۳
شکل ۲- ۹-شیروانی‌های پایدارسازی شده با شمع ۲۰
شکل ۲- ۱۰-تغییر شکل ۴ حالت از محدودیت سر شمع در مدل‌سازی عددی ۲۱
شکل ۲- ۱۱-نمونه‌ای از کاربرد ژئوتکستایل‌ها ۲۳
شکل ۲- ۱۲-انواع ژئوگریدها ۲۳
شکل ۲- ۱۳-مثالی از اجرای پوشش گیاهی روی شیروانی خاکبرداری شده ۲۴
شکل ۲- ۱۴-عملیات خاکبرداری و خاکریزی متداول برای شیروانی‌ها در شرایط احتمال وقوع زمین-لغزه ۲۷
شکل ۲- ۱۵-نمونه‌ای از شیروانی‌های میخ‌کوبی شده ۲۸
شکل ۲- ۱۶-تعریف E_0 و E_{50} برای نتایج آزمایش سه محوری زه‌کشی شده ۳۰
شکل ۲- ۱۷-دوایر تنش و پوش گسیختگی ۳۱
شکل۳- ۱- محدوده‌ی جاده‌ی فرعی آلاشت ۴۱
شکل۳- ۲-پروفیل طولی(۱) ۴۲
شکل۳- ۳-منحنی دانه‌بندی نمونه‌ی خاک مقطع منطقه‌ی آلاشت ۴۴
شکل۳- ۴-موقعیت گره‌ها و نقاط تنش در المان‌های خاک ۴۹
شکل۳- ۵-توزیع گره و نقاط تنش در المان‌های سطح مشترک ۱۵ گرهی و اتصال آن‌ها به المان‌های خاک ۵۱
شکل۳- ۶-شمایی از بلوک لغزش ۵۴

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل۳- ۷-مدل بلوک لغزش ۵۵
شکل۳- ۸-المان‌بندی بلوک لغزش ۵۵
شکل۳- ۹-توزیع تنش در بلوک لغزش.....۵۶
شکل۳- ۱۰-تغییر شکل بلوک ۵۶
شکل۳- ۱۱-توزیع تنش مؤثر بعد از اعمال تغییر مکان ۵۷
شکل۳- ۱۲-توزیع تنش نرمال در لغزشگاه ۵۷
شکل۳- ۱۳-توزیع تنش برشی در لغزشگاه ۵۷
شکل۳- ۱۴-هندسه‌ی شیروانی خاکی..... ۵۸
شکل۳- ۱۵-نمودار تأثیر مش‌بندی بر ضریب اطمینان ۶۰
شکل۳- ۱۶-المان‌بندی مدل در حالت خیلی ریز ۶۱
شکل۳- ۱۷-المان‌بندی مدل با شمعی به طول ۱۳/۸۵ متر و فاصله از پنجه‌ی ۱۱/۵ متر.....۶۲
شکل۳- ۱۸-هندسه‌ی شیروانی قبل از خاکبرداری و مختصات نقاط ۶۶
شکل۳- ۱۹-هندسه‌ی شیروانی بعد از خاکبرداری و مختصات نقاط ۶۶
شکل۳- ۲۰-مش‌بندی شیروانی خاکی طبیعی در حالت خیلی ریز ۶۷
شکل۳- ۲۱-شیروانی پایدار شده با شمعی به طول ۹/۸ و قطر ۰/۸ متر در فاصله‌ی ۶۸
شکل ۴- ۱-محدوده‌ی لغزش شیروانی خاکی مصنوعی قبل از نصب شمع ۷۰
شکل ۴- ۲-مکانیزم گسیختگی مدل برای حالت بدون شمع ۷۰
شکل ۴- ۳-نمودار نحوه‌ی تغییرات ضریب اطمینان برحسب تغییرات فاصله‌ی شمع از پنجه..... ۷۲
شکل ۴- ۴-محدوده‌ی لغزش بعد از نصب شمع برای کم‌ترین و بیش‌ترین فاصله از پنجه..... ۷۳
شکل ۴- ۵-محدوده‌ی لغزش شیروانی خاکی مصنوعی بعد از نصب شمع به طول ۱۳/۸۵ و فاصله از
پنجه‌ی ۱۱/۵ متر ۷۵
شکل ۴- ۶-مکانیزم گسیختگی مدل بعد از نصب شمع به طول ۱۳/۸۵و فاصله از پنجه‌ی ۱۱/۵متر ۷۵
شکل ۴- ۷-گشتاور خمشی وارد بر شمع به طول ۱۳/۸۵ متر ۷۶
شکل ۴- ۸-نیروی برشی وارد بر شمع به طول ۱۳/۸۵ متر ۷۶
شکل ۴- ۹-محدوده‌ی لغزش شیروانی خاکی طبیعی بعد از خاکبرداری و قبل از نصب شمع ۷۷

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۴- ۱۰-مکانیزم گسیختگی مدل برای حالت بدون شمع..... ۷۷
شکل ۴- ۱۱- نمودار نحوه‌ی تغییرات ضریب اطمینان برحسب تغییرات فاصله‌ی شمع از پنجه ۷۹
شکل ۴- ۱۲-محدوده‌ی لغزش شیروانی خاکی بعد از نصب شمع در فاصله‌ی ۴/۹۸ متر از پنجه.... ۷۹
شکل ۴- ۱۳- محدوده‌ی لغزش شیروانی خاکی بعد از نصب شمع در فاصله‌ی ۳/۲۳ متر از پنجه... ۸۰
شکل ۴- ۱۴-محدوده‌ی لغزش بعد از نصب شمع به طول ۶/۸ در فاصله‌ی ۳/۷۸ متری از پنجه ۸۲
شکل ۴- ۱۵- مکانیزم گسیختگی مدل بعد از نصب شمع به طول۶/۸ و فاصله از پنجه‌ی ۳/۷۸ متر ۸۲
شکل ۴- ۱۶- نیروی برشی وارد بر شمع به طول ۶/۸ متر ۸۳
شکل ۴- ۱۷- گشتاور خمشی وارد بر شمع به طول ۶/۸ متر ۸۳

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱-طبقه‌بندی براساس سرعت حرکت مواد..... ۱۳
جدول ۳- ۱ -مختصات مقطع مورد مطالعه..... ۴۳
جدول ۳- ۲ -داده‌های مربوط به آزمایش دانه‌بندی..... ۴۴
جدول ۳- ۳ -تعیین وزن مخصوص و درصد رطوبت خاک..... ۴۵
جدول ۳- ۴ -مقدار عدد نفوذ استاندارد **SPT**..... ۴۶
جدول ۳- ۵ -مشخصات مصالح شکل (۳-۶)..... ۵۴
جدول ۳- ۶ -اطلاعات هندسی مدل ۵۹
جدول ۳- ۷ -مشخصات لایه‌ی ۱ و ۲ و شمع..... ۵۹
جدول ۳- ۸ -تغییرات ضریب اطمینان به ازای تغییر مش‌بندی..... ۶۰
جدول۳- ۹ -مشخصات مصالح برای لایه‌ی بالا، پایین و شمع..... ۶۵
جدول ۴-۱ -مقادیر ضریب اطمینان به ازای فاصله‌ی شمع از پنجه و طول شمع واقع در سنگ بستر ۷۱
جدول ۴- ۲ -تغییر مکان شمع به ازای فاصله‌های مختلف شمع از پنجه..... ۷۳
جدول ۴- ۳ -مقادیر نیروی برشی و گشتاور خمشی برای شمع در فاصله‌ی ۱۱/۵ متر از پنجه..... ۷۴
جدول ۴- ۵ -میانگین ضریب اطمینان به‌ازای فاصله‌های مختلف شمع از پنجه‌ی شیروانی..... ۷۸
جدول ۴- ۶ -میانگین ضریب اطمینان به‌ازای فاصله‌های مختلف شمع از پنجه‌ی شیروانی..... ۸۰
جدول ۴- ۷ -مقادیر نیروی برشی و گشتاور خمشی برای شمع در فاصله‌ی ۳/۷۸ متر از پنجه..... ۸۱

فصل اول
کلیات

۱-۱-مقدمه

از جمله حساس‌ترین و مهم‌ترین مسایل در پروژه‌های عمرانی به‌ویژه پروژه‌های بزرگ و سنگین نظیر احداث ساختمان‌های بزرگ، سدها، انتخاب مسیر بزرگراه‌ها، تونل‌های عبور و مرور و نیز توسعه‌های گوناگون معدنی مطالعه و تأمین پایداری شیروانی‌های طبیعی و مصنوعی است.

عبارت شیروانی خاکی به هرگونه سطح شیب‌دار طبیعی و یا مصنوعی زمین اطلاق می‌گردد. شیروانی-های طبیعی ممکن است به شکل‌های مختلفی در طبیعت وجود داشته باشند که از آن جمله می‌توان به شیروانی‌های خاکی و سنگی دست‌نخورده اشاره نمود که انسان روی ایجاد و شکل‌گیری این نوع شیروانی‌ها دخالت مستقیمی ندارد. شیروانی‌های مصنوعی نیز شامل شیروانی‌های خاکبرداری شده (به طور مثال شیروانی‌های خاکبرداری شده به منظور ساخت جاده یا ساختمان در پای آن‌ها) و یا شیروانی‌های خاکریزی شده‌ی متراکم شده هستند. پایداری یک شیروانی زمانی محقق می‌گردد که میزان نیروی مقاوم حاصل از مقاومت برشی توده‌ی تشکیل دهنده‌ی شیروانی، برای مقابله با اثر مؤلفه‌ای از نیروهای ثقلی (یعنی، نیروهای محرک) که هم راستا با امتداد شیب بوده و تمایل به جابه‌جایی توده به سمت پایین شیروانی دارد، کفایت نماید، در غیر این‌صورت زمین‌لغزش رخ می‌دهد.

به هر گونه لغزش یا حرکت توده‌ای از خاک یا سنگ و یا ترکیبی از هر دو زمین‌لغزه می‌گویند. این پدیده بیش‌تر از هر چیز ناشی از دست بردن بشر در شیب‌های طبیعی است که در اثر احداث خاکریزها و ترانشه‌ها برای احداث جاده‌ها، ساختمان‌ها و ... و نیز کاربری‌های حساب نشده‌ی کشاورزی در شیب‌ها صورت می‌گیرد اما می‌توان عوامل طبیعی مانند فرسایش طبیعی سنگ‌ها و خاک‌ها، بارش‌های شدید و... را در ایجاد این پدیده دخیل دانست.

در ارزیابی پایداری شیروانی‌های در دست طرح، تحلیل پایداری نقش تعیین کننده‌ای، دارد. پارامتر تعیین کننده در تحلیل پایداری شیروانی‌ها، ضریب اطمینان[1] است. ضریب اطمینان عبارت است از نسبت مقاومت موجود در امتداد هر سطح لغزش فرضی و دلخواه، به مقاومت لازم در امتداد آن سطح برای شروع لغزش. در واقع این پارامتر کمیتی است که حاشیه‌ی ایمنی سازه را در مقابل وقوع گسیختگی برشی نشان می‌دهد. هرچه این ضریب بالاتر باشد، منعکس کننده‌ی درجه‌ی پایداری بیش‌تری خواهد بود.

طبق آمار منتشره در سال ۱۹۶۱ تا ۱۹۶۲ بیش از ۹۰۰۰ زمین لغزه در کشور چک به ثبت رسیده است (زاروبا و امی انسیل، ۱۹۶۹)، هم‌چنین در کشور ژاپن سالیانه حدود ۲۰۰۰ گسیختگی ناشی از زمین‌لغزش فقط در خاکریزهای مسیر خطوط راه آهن این کشور اتفاق می‌افتد (سایت ایستاسازه). در کشور ما نیز طی چند سال اخیر زمین‌لغزه‌های زیادی در استان گیلان، مازندران، چهارمحال و بختیاری، آذربایجان شرقی، لرستان و خراسان به ثبت رسیده است که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به زمین لغزش اسفراین بجنورد، رودبار و منجیل اشاره کرد (شوش‌پاشا،۱۳۸۵).

به‌طور کلی برای جلوگیری از ناپایداری شیروانی‌ها و یا طرح یک شیروانی پایدار می‌توان سه روش جابه-جایی محل طرح، کاهش نیروهای رانشی زمین (محرک) و تقویت نیروهای مقاوم در مقابل جابه‌جایی را در نظر گرفت.

۱-۲-ضرورت تحقیق

لغزش زمین طبیعی و هم‌چنین لغزش خاکریزهایی که به دست بشر ساخته می شود، از پدیده‌هایی است که در بسیاری از نقاط جهان رخ می‌دهد. جابه‌جایی و لغزش توده‌ی زمین، اعم از خاک و سنگ، اثرات مخرب فراوانی بر راه‌های ارتباطی و تونل‌ها، خطوط آب و فاضلاب، حتی ساختمان‌ها و ... می‌گذارد. راه‌ها و تونل‌ها که امکان برقراری ارتباط بین نقاط مختلف کشور را فراهم می‌کنند و به ناچار از مناطق مختلف به لحاظ توپوگرافی، زمین‌شناسی و آب و هوایی عبور می‌کنند، در مقایسه با سایر بناها، بیش‌تر در معرض پدیده‌ی ناپایداری شیروانی‌های طبیعی زمین و نیز خاکریزها قرار دارند که به موجب آن تخریب،

1 .Safety Factor

انسداد و یا کاهش سطح عملکرد آن‌ها ایجاد می‌شود و به‌طور کلی ایمنی عمومی در آن‌ها تقلیل می‌یابد و هزینه‌های هنگفت بازرسی، نگهداری، تعمیر و بازسازی را به بار خواهد آورد. در موارد بحرانی، وقوع این نوع ناپایداری‌ها ممکن است موجب بروز تلفات جانی برای استفاده‌کنندگان از جاده‌ها در پایین‌دست شیروانی‌ها شود. ضررهای اقتصادی ناشی از گسیختگی شیروانی‌ها به دو بخش هزینه‌های مستقیم و غیر-مستقیم تقسیم می‌گردد که به اندازه و مقدار گسیختگی وابسته است. منظور از هزینه‌های مستقیم، هزینه‌های مربوط به بازسازی، نگهداری و جایگزینی سازه‌ها و تأسیسات حمل و نقل و هزینه‌های غیر-مستقیم از دست رفتن درآمدهای ناشی از مالیات، عدم امکان استفاده از شریان‌های مسدود شده به علت ریزش شیروانی و هم‌چنین از بین رفتن محصولات صنعتی و کشاورزی به‌خاطر آسیب رسیدن به زمین‌ها است.

لغزش شیروانی‌ها ممکن است در شرایط طبیعی و صرفاً تحت اثر مؤلفه برشی وزن توده‌ی لغزنده اتفاق بیفتد، و یا ممکن است در شرایط غیرطبیعی و بر اثر عواملی چون زلزله، باران‌های شدید و طولانی، و یا جریان سیل رخ دهد. البته در شرایط اول، یعنی شرایط طبیعی، عوامل جانبی دیگری مانند فرسایش قسمت‌هایی از شیب بر اثر جریان آب، باد، بالا آمدن تدریجی سطح آب زیرزمینی و یا حتی فعالیت‌های تدریجی بشری شامل انواع بارگذاری و باربرداری می‌تواند مؤثر باشد.

پیامدهای ناشی از گسیختگی شیروانی‌ها، اغلب کم‌تر از میزان واقعی آن تخمین زده می‌شود. در این ارتباط، سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده‌ی آمریکا اعلام نموده که این کشور، هرساله به سبب وقوع ناپایداری و گسیختگی در شیروانی‌های واقع در نواحی شهری و بین شهری، متحمل بیش از یک میلیارد دلار خسارت مالی و تقریباً ۵۰ کشته می‌گردد. در مورد ایران نیز پدیده‌ی زمین لغزش با توجه به مورفولوژی‌های متنوع، فعالیت زمین‌ساختی و لرزه‌خیزی زیاد، شرایط متنوع زمین‌شناسی و اقلیمی، طیف وسیعی را دارا است. بنابراین ضروری است که مسائل ناپایداری شیروانی‌ها و نحوه‌ی تثبیت آن به طور گسترده و منسجم مورد پژوهش قرار گیرد، تا هم از آسیب بیش‌تر به سرمایه‌های ملی جلوگیری شود و هم موجبات توسعه‌ی راه‌ها و سیستم ارتباطی کشور بیش از پیش فراهم شود. در همین راستا موضوع پایدارسازی شیروانی‌ها مطرح می‌شود. امروزه با توجه به تنوع گسیختگی شیب‌ها و هم‌چنین تنوع شرایط محیطی از روش‌های مختلفی جهت پایدارسازی شیروانی‌ها استفاده می‌شود که برای نمونه می‌توان به اجرای میخ‌کوبی، احداث دیوارهای حایل، نصب شمع[۲]، استفاده از میکروشمع، مسلح‌سازی با استفاده از ژئوسنتتیک[۳]، استفاده از الکتروسینتیک، اصلاح هندسه‌ی شیروانی، احداث زه‌کش‌های سطحی و زیرزمینی،

2 .pile
3.Geosynthetic

استفاده از روش‌های بیومهندسی[4] هم‌چون گسترش پوشش گیاهی، اجرای مهار در بدنه و شیب و... اشاره کرد.

در این تحقیق بررسی پایداری یک مقطع از شیروانی‌های طبیعی مسیر آزادمهر-آلاشت واقع در منطقه‌ی سوادکوه با استفاده از نرم‌افزار پلکسیس[5] انجام شده است. نقاط تحت لغزش، در دامنه‌ی کوه‌هایی قرار گرفته‌اند که هم‌زمان با خاکبرداری و خاکریزی[6] احداث گردید. عواملی نظیر انتخاب نادرست شیب خاکریز، بسترسازی نادرست و قرار گرفتن در یک ناحیه‌ی لغزشی را می‌توان در ناپایداری این شیروانی‌ها مؤثر دانست. به‌همین جهت در این تحقیق از یکی از روش‌های پایدارسازی شیروانی، یعنی نصب شمع، استفاده شده است تا نحوه‌ی تغییرات پایداری مورد بررسی قرار گیرد. همان‌طور که اشاره شد از نرم افزار پلکسیس سری ۸/۲ جهت مدل‌سازی و دریافت نتایج استفاده شده‌است. قانون رفتاری مورد استفاده در این پژوهش مدل مور-کلمب[7] است.

۱-۳-فرضیات

الف- نصب شمع ضریب اطمینان شیروانی را افزایش می‌دهد.

ب- شمع در محدوده‌ی میانی شیروانی بیش‌ترین ضریب اطمینان را می‌دهد.

۱-۴-اهداف

۱-بررسی پایداری یک شیروانی مصنوعی و طبیعی با استفاده از نرم‌افزار دو بعدی پلکسیس سری ۸/۲

۲-بررسی نحوه‌ی تغییرات ضریب اطمینان شیروانی‌ها بعد از نصب شمع به‌عنوان یک روش پایدارسازی

۳-بررسی مکان و طول بهینه‌ی شمع

۱-۵-ساختار پایان‌نامه

این تحقیق در پنج فصل گنجانده شده است که به اختصار عبارت هستند از:

فصل اول: کلیات، که شامل مقدمه و ضرورت تحقیق، فرضیات و اهداف است.

فصل دوم: مرور منابع، که شامل تئوری موضوع و مروری بر مطالعات گذشته است.

فصل سوم: مواد و روش‌ها که به معرفی نرم‌افزار و نحوه‌ی مدل‌سازی پرداخته می‌شود.

4 .Biological
5.Plaxis
6 .Cut and Fill
7 .Mohr-Coulomb Model

فصل چهارم: نتایج و بحث که تحلیل پایداری و پایدارسازی دو شیروانی مصنوعی و طبیعی را بررسی می‌کند.

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات که نتایج حاصل از کار را به طور مختصر بیان می‌کند و در نهایت چند پیشنهاد ارائه خواهد شد.

فصل دوم
مرور منابع

۲-۱-مقدمه

وقوع ناپایداری در شیروانی‌های طبیعی و مصنوعی، از جمله پدیده‌هایی هستند که در ایران و در بسیاری از نقاط جهان به وفور رخ می‌دهند و ممکن است موجب بروز تلفات جانی برای استفاده‌کنندگان از جاده‌ها و یا ساکنان در پایین‌دست شیروانی‌ها شود. در زمین‌لغزه محدوده‌ی سرعت توده ممکن است بسیار کم مانند خزش (چند سانتیمتر در سال) یا بسیار زیاد مانند سقوط ناگهانی (چند متر در ثانیه) باشد اما اولین علائم وقوع زمین لغزه، پیدایش شکاف‌هایی است که به‌طور معمول در جهت عمود بر شیب پدید می‌آیند و همچنین تورم شیروانی نیز می‌تواند علامتی برای شروع گسیختگی باشد و هرگاه شیروانی به هر دلیل به ناپایداری برسد شروع به گسیختگی می‌کند و زمین‌لغزه روی می‌دهد. برای طبقه‌بندی زمین‌لغزش از ویژگی‌هایی مانند سرعت و حرکت مواد، عمق لغزش، شکل و نوع سطح لغزش و ...استفاده می‌کنند که در بخش (۲-۲-۱) بیش‌تر به آن می‌پردازیم. از انواع گسیختگی‌ها می‌توان به ریزش[۸]، لغزش[۹] و جاری شدن[۱۰] اشاره کرد.

8 . Collapse
9 .Slip
10 . Debris Flow