

## بررسی زمین شناسی مهندسی و مهندسی ژئوتکنیکی علل رویداد زمین لغزش در ارتفاعات البرز، مازندران

سیدحسین گلمائی

گروه آبیاری دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه مازندران

تاریخ دریافت: ۸۰/۷/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۸۰/۱۰/۱۳

### چکیده

زمین شناسی دامنه شمالی رشته کوه های البرز بر مبنای خصوصیات چینه شناسی و زمین ساختی به دشت خزر و ناحیه مرزی شمالی تقسیم می شود. به منظور بررسی حرکت رانشی شیب های طبیعی، شیروانی ها در برش ها و بررسی علل زمین شناسی و ژئوتکنیکی زمین لغزه در دامنه شمالی رشته کوه های البرز، محورهای قائم شهر- فیروزکوه، ساری - کیاسر و ریگ چشمه - دوانگه، مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است. از نظر زمین شناسی این نواحی بیشتر از رسوبات بر جای که بطور عمده از رس لای دار و یا لای رس دار که در بعضی از نواحی ممکن است با ماسه ریز دانه همراه باشد تشکیل شده اند. جریان آب در لایه های فوق، موجب زمین لغزه های سطحی در دامنه ها می شود که ضخامت مواد لغزیده حدود ۶ تا ۷ متر است. با تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده از آزمایش های مکانیک خاک، زمین لغزه توجیه می شود. بطور کلی وضع قرار گرفتن لایه های خاک با توجه به شیب زمین و شیب لایه های خاک که عامل موثر پایداری ترانشه و خاکریز است مورد مطالعه قرار می گیرد. وجود لایه های سنگ آهکی که اغلب در جهت عمود بر شیب زمین قرار گرفته اند، به عنوان عامل توجیه کننده افزایش ضریب ایمنی در برابر زمین لغزه ذکر گردیده است. در بعضی از مناطق وجود آب در لایه های فوقانی دامنه های شیب دار موجب گسیختگی تدریجی و یا گل روان می شود. همچنین، در این تحقیق به هم خوردن جریان زهکشی آب بر اثر عملیات خاکی جهت جاده سازی که موجب ناپایداری و لغزش شیروانی می شود مورد توجه قرار گرفته است. نهایتاً نسبت تنش برشی به تنش قائم در حالت زهکشی شده و زهکشی نشده بصورت  $\left(\frac{t}{\sigma_n}\right)_d \geq 0.4$  و  $\left(\frac{t}{\sigma_n}\right)_u \geq 0.25$  بیان می شود که می توانند به عنوان معیارهای کمی جهت پیش بینی وقوع زمین لغزه ارائه شوند.

واژه های کلیدی: زمین لغزه، لغزش شیروانی، گسیختگی زمین، پایداری شیروانی، ضریب ایمنی.



## مقدمه

دینامیکی زمین لغزه با اهمیت است. در مطالعه زمین لغزه ها، شاخص مکانیکی مصالح، الگوسازی و تحلیل مناسب زمین لغزه ها، اوضاع زمین شناسی موثر در زمین لغزه و شاخص زمین ریخت شناسی زمین های مستعد زمین لغزه، می باید مورد ملاحظه قرار گیرد (۷، ۵ و ۹).

زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه (محورهای قائم شهر- فیروزکوه، ساری - کیاسر و ریگ چشمه - دودانگه شکل ۱)، با چند الگوی گسیختگی به قرار زیر رخ می دهد (شکل های ۲، ۳ و ۴):

۱) لغزش چرخشی بصورت مدور ساده: (۲) لغزش چرخشی بصورت مدور پله ای: (۳) لغزش خزشی، حرکت آهسته و پیوسته بدون تغییر در نیروهای وارده که منجر به ایجاد شرایطی در خاک می گردد که حالت آن نزدیکی به گسیختگی است، بدون آنکه سطح مشخصی به عنوان سطح گسیختگی بوجود آید. و (۴) لغزش جریانی بصورت سیلان گل که در مصالح بسیار حساس که رطوبت خاک از حد بحرانی تجاوز کرده، با سرعت تغییر مکان بسیار زیاد رخ می دهد (۷ و ۹).

در این مقاله کوشش می شود که بین تعبیر و تفسیرهای زمین شناسی و مشخصه های ژئوتکنیکی اندازه گیری شده (شیب زمین، مشخصه های فیزیکی و مکانیکی خاک، حرکت آبهای سطحی، اثر هوازدگی و اثر لایه های سنگ های آهکی) رابطه منطقی برقرار کرده تا از آن بتوان معیارهایی جهت پیش بینی وضعیت آتیه گسیختگی شیروانی در این منطقه بدست داد.

## مواد و روشها

با حفر گمانه ها بصورت دستی و یا بوسیله دستگاه حفاری دورانی نمونه برداری از لایه های خاک بعمل می آید. با انجام آزمایش های صحرایی

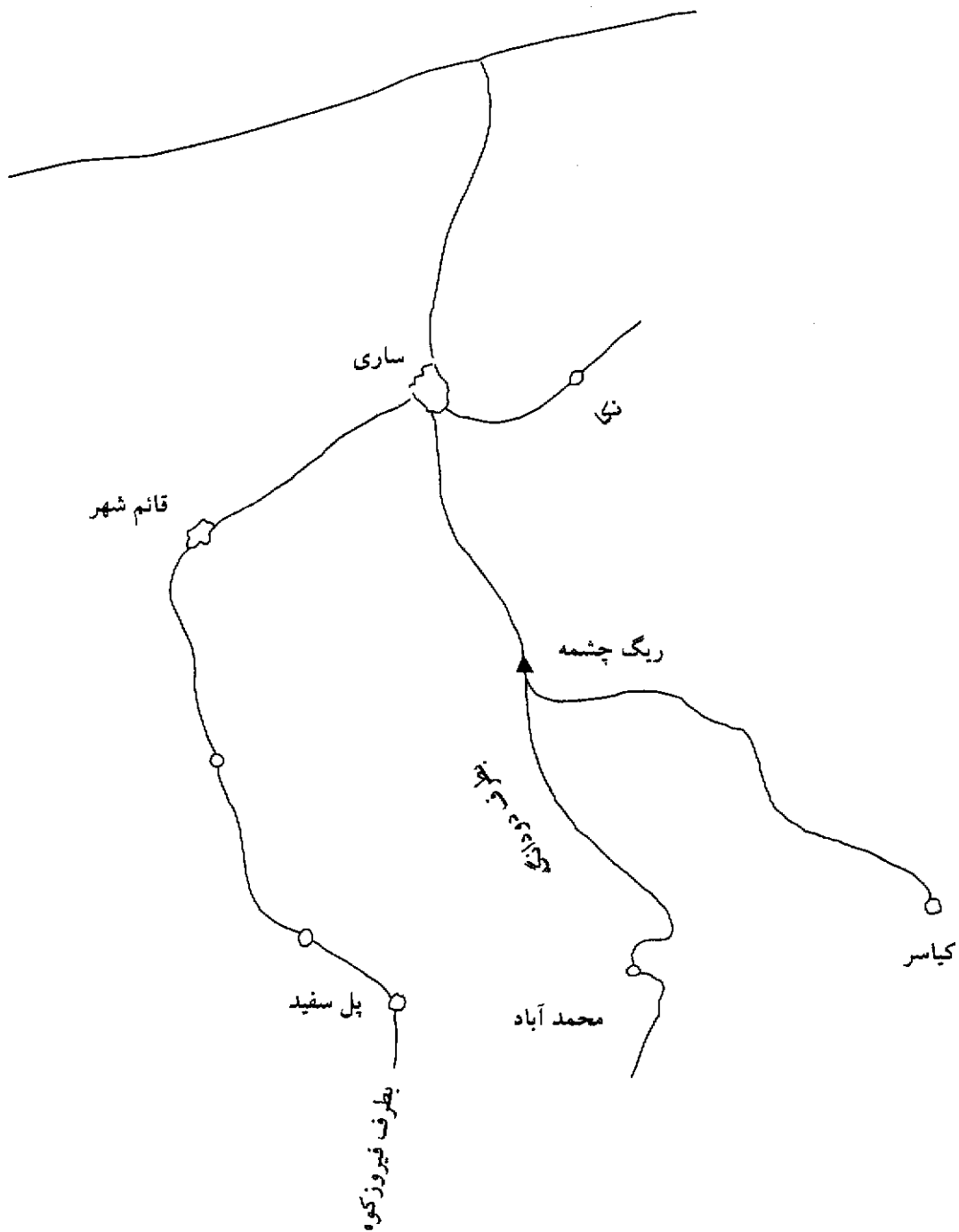
استان مازندران از بخش های جلگه ای و کوهستانی تشکیل یافته که در جنوب، ارتفاعات البرز در امتداد غربی - شرقی آن را محدود می کند. بخش جلگه ای با شیب عمومی غربی - شرقی به طرف دشت گرگان امتداد می یابد. بیشتر تشکیلات زمین شناسی ارتفاعات البرز مربوط به دوران مزوزوئیک می باشد. بطور مثال اغلب تشکیلات زمین شناسی ارتفاعات نور تا نکا به دوران مزوزوئیک مربوط می شود (۱ و ۵). بخش وسیعی از منطقه کوهستانی خزر- البرز دارای تشکیلات کرتاسه بوده که متشکل از سنگ مازن و سنگ آهک است (۳ و ۵). لایه روبراه این تشکیلات از نهشته های برجای رس سیلتی و ماسه ریز دانه تشکیل شده که در هر لحظه در معرض لغزش قرار دارد (۱، ۲ و ۷). از نظر تشکیلات زمین شناسی، بخشهای جلگه ای اغلب از ذرات ریز سخت نشده رس، لای و ماسه کوارترنری بوجود آمده اند. در واقع اختلاف ارتفاع در توپوگرافی ارتفاعات البرز و دشت ساحلی، باعث بوجود آمدن رودخانه های فصلی و دائمی شده است، که بر اثر فعالیت آنها این ذرات فرسایش یافته از ارتفاعات حمل و منجر به نهشته شدن رسوبات کوارترنری می شود (۱ و ۵).

از نظر ژئوتکنیکی، حرکت توده ای شیب های طبیعی، شیروانی خاک ریزها و خاک برداریها، موقعی رخ می دهد که نیروی چسبندگی و اصطکاک داخلی روی یک سطح پتانسیل گسیختگی، ناپدید شده و نیروی ثقل باعث جابجایی توده ای بطرف پایین شود. لغزش ممکن است ناگهانی و یا تدریجی باشد. تعاریف و طبقه بندی بطور مطلق پذیرفته شده نمی باشد (۴، ۱۰، ۱۱ و ۱۳).

در نظر گرفتن استیباطهای مهندسی ژئوتکنیک و زمین شناسی مهندسی در رفتار استاتیکی و



# دریای خزر



۱۷



شکل ۱ - نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه.

جدول ۱- خلاصه مشخصه های فیزیکی و مکانیکی خاک در مناطق مختلف تحت مطالعه.

- طبقه بندی خاک در سیستم رده بندی گروهی اشترن صورت گرفته است.

- محاسبه ضریب ایمنی در مقابل لغزش با فرمول های ۱ و ۲ بعمل آمده است.

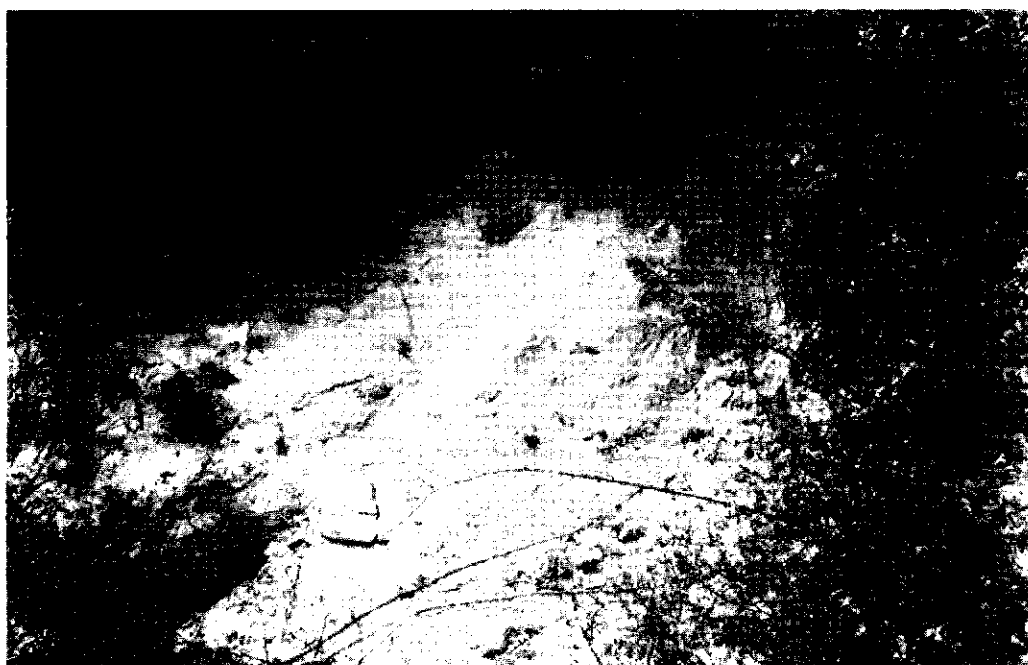
- نسبت تنش برشی به تنش قائم در حالت زهکشی نشده و زهکشی شده است.  $\left(\frac{t}{\sigma_n}\right)_d$  و  $\left(\frac{t}{\sigma_n}\right)_u$

شماره پروفیل	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
طبقه بندی خاک	A-7-6	A-6	A-6	A-6	A-6	A-7-6	A-7-6	A-6	A-7-6
زاویه شیب روانی یا افق (درجه)	۵۰	۱۴	۱۶	۱۷	۳۵	۴۲	۱۷	۴۳	۳۵
زاویه اصطکاک داخلی زهکشی شده (درجه)	۲۳	۲۲	۲۲	۲۲	۲۲	۲۱	۲۱	۲۴	۲۴
زاویه اصطکاک داخلی خاک زهکشی نشده (درجه)	۱۱	۱۶	۱۸	۱۲/۵	۱۴	۱۴/۵	۱۴/۵	۱۳	۱۰
ضریب چسبندگی خاک زهکشی شده (تن بر متر مربع)	۱/۰	۰/۷	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۶	۰/۶	۱/۸	۱/۸
ضریب چسبندگی خاک زهکشی نشده (تن بر متر مربع)	۱/۱۵	۰/۸	۰/۹۳	۱/۱۱	۰/۹۶	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۹۳	۰/۲۸
ضخامت قشر خاک (متر)	۵/۸	۱۳/۰	۴/۰	۳/۵	۳/۰	۳/۵	۳/۰	۴/۰	۳/۰
مقاومت کششی (تن بر متر مربع)	۴۵			۴۵۰	۴۵۰	۴۵۰		۴۵۰	۱۵
مجموع مجذورات ضخامت $\sum R^2$ (متر مربع)	۳/۶۵			۰/۳۲	۲			۰/۲۵	۱۶
فاصله موثر طول لغزش S (متر)	۱۲			۱۲	۵۶			۲۴	
ضریب چسبندگی مرکب (تن بر متر مربع) $C_t$	۳/۶۵			۱/۸	۲/۴			۳/۰۱	
ضریب ایمنی (فرمول ۱)	۰/۳۴	۰/۹۲	۰/۹۰	۰/۹۲	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۹۶
ضریب ایمنی (فرمول ۲)	۰/۹۸	۰/۹۲	۰/۹۰	۰/۹۲	۰/۹۳	۰/۹۰	۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۹۶
$\left(\frac{t}{\sigma_n}\right)_d$	۰/۵۰	۰/۳۹	۰/۴۲	۰/۴۳	۰/۴۶	۰/۴۲	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۷۸
$\left(\frac{t}{\sigma_n}\right)_u$	۰/۲۷	۰/۲۹	۰/۳۰	۰/۳۵	۰/۳۸	۰/۳۳	۰/۳۵	۰/۳۲	۰/۳۶





شکل ۲- لغزش لایه فوقانی سمت بر روی لایه تحتانی مقاوم مارن، زمین لغزه ارمه ساری - ریگ چشمه.



شکل ۳- لغزش قشر سست دارای لایه‌های سنگ آهکی. ساری - کیاسر.



شکل ۴- فصل مشترک قشر سست و زمین مقاوم مارن، ساری- کیاسر.

شیروانی‌ها در برش‌ها، بررسی علت‌های زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی زمین لغزه، محور قائم‌شهر- فیروزکوه از یک طرف و محور ساری- کیاسر و همچنین محور ریگ چشمه- دودانگه از طرف دیگر مورد توجه قرار گرفته است.

بررسی مشاهدات صحرائی و نتایج آزمایشگاهی، راه‌حلهایی را مشخص می‌کند که می‌توان بسیاری از مناطق لغزشی در شمال ایران را با روش اصولی تر مورد تجزیه و تحلیل قرار داد.

در مطالعات اولیه بطور کلی پنج عامل موثر در ایجاد پایداری و یا ناپایداری زمین‌های شیب‌دار موثر بوده‌اند. با توجه به جدول ۱، این عوامل عبارتند از:

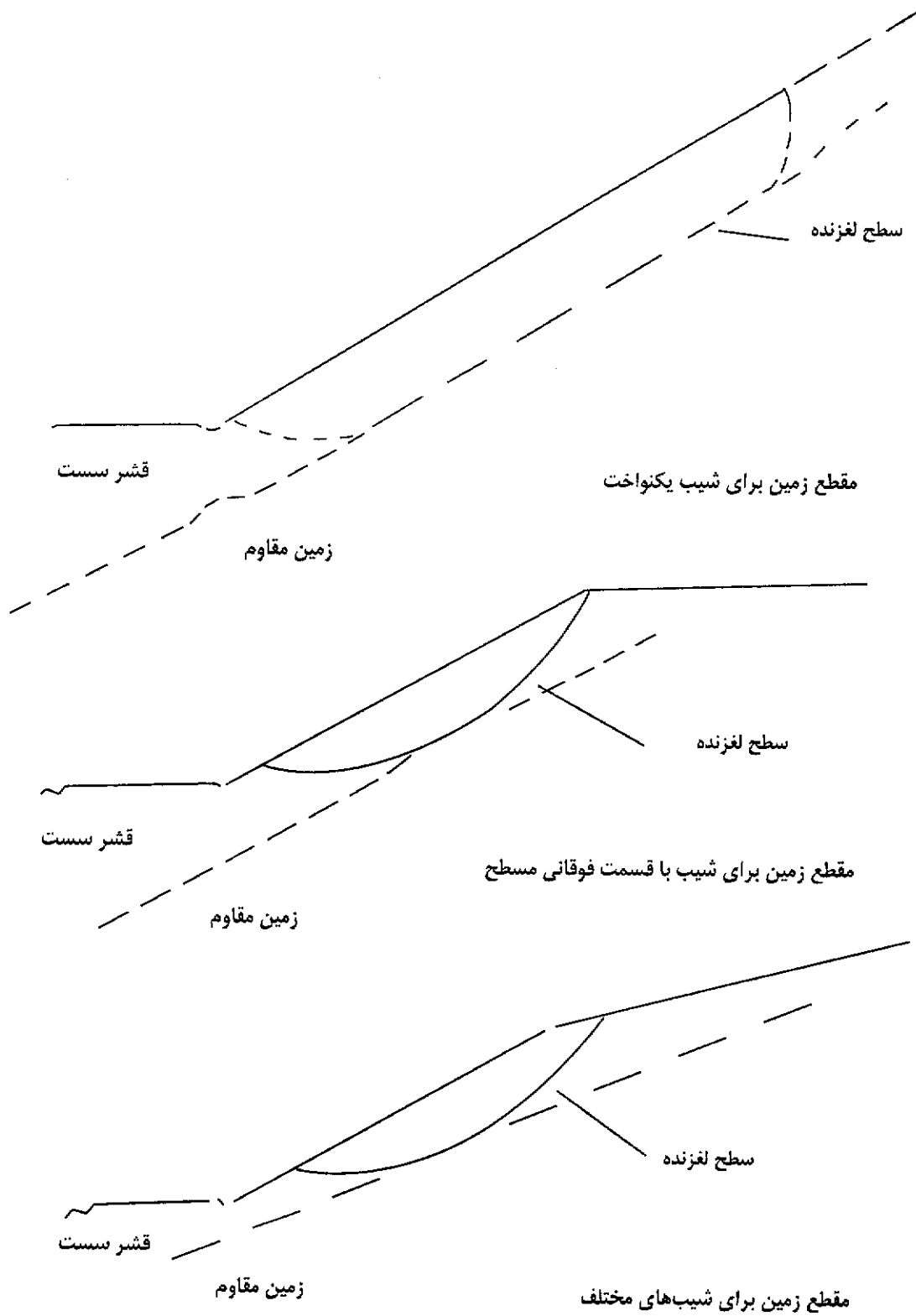
و آزمایشگاهی مشخصه‌های فیزیکی و مکانیکی خاک تعیین می‌شود. با تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده از طریق آزمایش‌ها، علل گسیختگی زمین و زمین لغزه توجیه می‌شود.

در رابطه با زمین‌شناسی، بطور کلی وضع قرار گرفتن لایه‌های زمین با توجه به شیب زمین و شیب لایه‌های زمین که عامل موثر در پایداری ترانشه و خاکریز است، مورد مطالعه قرار می‌گیرد. لذا در بررسی زمین لغزه، سعی بر آن شده است که مسائل مربوط به اثرات شیب زمین و شیب لایه‌ای زمین مورد مطالعه و تحقیق قرار گیرد.

### نتایج و بحث

در رابطه با حرکت توده‌ای شیب‌های طبیعی و





شکل ۵ - مقطع مختلف شیب زمین در حالات مختلف جهت بررسی مکانیزم لغزش خاک

خاک، درجه،  $\alpha$  - زاویه شیروانی با افق، درجه،  
 $H$  - عمق قشر هوازده، متر،  $\gamma_a$  - چگالی مستغرق  
 خاک، تن بر متر مربع،  $\gamma$  - چگالی خاک، تن بر متر  
 مربع.

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد در نقاطی  
 که زمین فاقد لایه‌های سنگ آهکی است مقدار  
 ضریب ایمنی زمین لغزه حدود یک می‌باشد  
 (زاویه شیروانی با افق کمتر از ۱۵ درجه). لیکن  
 در محدوددهایی که توده خاک حاوی لایه‌های  
 سنگ آهکی می‌باشد، محاسبات نشان می‌دهد که  
 شیب زمین برای ضریب ایمنی یک، می‌باید خیلی  
 کمتر از وضع واقعی موجود باشد، مثلاً در  
 پروفیل ۱ زاویه شیروانی با افق ۵۰ درجه است. در  
 صورتیکه برای  $F=1$  زاویه شیروانی با افق  
 می‌بایستی ۱۷ درجه باشد (جدول ۱، پروفیل ۱).  
 در این شرایط، رابطه [۱] به طریق زیر اصلاح و  
 تکمیل می‌گردد(۴).

[۲]

$$F = \frac{C + \frac{\sigma \sum R^2}{3S.H} + \gamma_b H (\cos \alpha)^2 \operatorname{tg} \phi}{\gamma . H . \sin \alpha \cos \alpha}$$

که در آن:

$R$  = ضخامت لایه سنگ آهک، متر،  $S$  = محدوده  
 تحت تاثیر سنگ آهک، متر،  $\sigma$  = مقاومت کششی  
 سنگ آهک، تن بر متر مربع می‌باشند. (در منطقه  
 مورد مطالعه مقاومت فشاری سنگ آهک حدود  
 ۵۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع و مقاومت کششی  
 سنگ آهک حدود ۴۵ کیلوگرم بر سانتی متر مربع  
 اندازه‌گیری شده است). با در نظر گرفتن اثرات  
 لایه‌های سنگ آهکی می‌توان علت پایداری شیب  
 های ۳۵ الی ۵۰ درجه را توجیه نمود.

$$C_f = C + \frac{\sigma \sum R^2}{3S.H}$$

ضریب چسبندگی مرکب است. در صورتیکه توده  
 خاک فاقد لایه‌های سنگ آهکی باشد،  $C_f=C$

(۱) شیب زمین: هر چه شیب زمین زیادتر باشد  
 ناپایداری خاک و امکان لغزش بیشتر است.

(۲) مشخصه‌های فیزیکی و مکانیکی خاک: نظر  
 به اینکه نوع خاک منطقه مورد نظر تقریباً  
 مشابه و یکسان (همگن) می‌باشد، لذا  
 می‌توان بیان نمود که یکی از دلایل مهم  
 لغزش زمین، کم بودن زاویه اصطکاک داخلی  
 خاک و ضریب چسبندگی آن می‌باشد.

(۳) حرکت آبهای سطحی: جریان آبهای سطحی  
 در خاک موجب کاهش ضریب ایمنی زمین  
 شیب‌دار در مقابل لغزش می‌شود.

(۴) اثر هوازدگی قشرهای خاک: بطور کلی روابط  
 علمی دقیقی جهت تعیین سرعت رسوخ  
 اثرات هوازدگی در دسترس نمی‌باشد. عوامل  
 زیادی مانند شیب زمین، جهت آن در مقابل  
 آفتاب و انواع گیاهان و غیره، در این مورد  
 موثر می‌باشند. بررسی‌های اجمالی نشان  
 می‌دهد که سرعت رسوخ اثرات هوازدگی در  
 حدود ۴۰ الی ۸۰ سانتی متر در سال  
 می‌باشد(۴).

(۵) اثر لایه‌های سنگ آهکی: در بعضی از مناطق  
 لغزشی مشاهده شده است که لایه‌های  
 سنگ‌های آهکی مانند بست‌های کششی  
 عمل کرده و مانع لغزش خاک می‌شوند.

در بررسی لغزش‌ها وقتی در توده خاک، لایه‌های  
 آهکی وجود نداشته باشد، جهت توجیه لغزش  
 می‌توان از رابطه متداول [۱] استفاده نمود، شکل  
 ۵(۱۲):

[۱]

$$F = \frac{C + \gamma_b H (\cos \alpha)^2 \operatorname{tg} \phi}{\gamma . H . \sin \alpha \cos \alpha}$$

که در آن:

$F$  - ضریب ایمنی،  $C$  - ضریب چسبندگی خاک،  
 تن بر متر مربع،  $\phi$  - زاویه اصطکاک داخلی





ضریب چسبندگی خاک می‌باشد. با توجه به جدول ۱، ملاحظه می‌شود برای مناطقی که توده خاک دارای لایه‌های سنگ آهکی است (پروفیل‌های ۱، ۵، ۶ و ۸ از جدول ۱) ضریب ایمنی محاسبه شده از طریق رابطه [۱] خیلی کمتر از یک و ما بین ۰/۳ الی ۰/۴ است. در صورتیکه اصل بر این است که وقتی ضریب ایمنی حدوداً کمتر از واحد است زمین لغزش اتفاق می‌افتد. از نقطه نظر فیزیکی این پدیده این طور توجیه می‌گردد که اگر در توده خاک لایه های سنگ آهکی وجود نداشته و یا در صورت وجود داشتن به عللی شکسته و یا متلاشی شده باشند، زاویه شبروانی با افق برای حالت حدی پایدار در مناطق مذکور حدود ۱۵ الی ۲۰ درجه می‌باشد. علت داشتن زاویه های شبروانی با افق ما بین ۳۵ الی ۵۰ درجه ناشی از وجود ثبات و استحکام لایه‌های سنگ آهکی می باشد. چنانچه ضریب ایمنی با استفاده از فرمول [۲] محاسبه شود، همانطور که در جدول ۱ نیز منعکس شده است مقدار آن ما بین ۰/۹ و ۱ خواهد بود.

با انجام مطالعات شناسایی و بررسی زمین شناسی مهندسی و مهندسی ژئوتکنیک در قسمت‌های رانشی جاده قائم شهر- فیروزکوه، ساری - کیاسر، ریگ چشمه- دودانگه و زمین لغزه تاکام در نزدیکی روستای تاکام (۲۰ کیلومتری جنوب شهرستان ساری)، نتایج زیر حاصل می‌شود:

(۱) لایه فوقانی دامنه‌های شیب‌دار اغلب از خاک رس لای دار بسیار سست تشکیل شده است. این لایه مصالح بر جا بوده که بیشتر از هوازدگی سنگ مارن حاصل گردیده است و عموماً لغزش زمین در این لایه رخ می‌دهد. لایه تحتانی از رس لای دار و لای رس دار تشکیل شده است. این لایه به علت آنکه

تحت تاثیر عوامل جوی قرار نگرفته، از استحکام و پایداری خوبی برخوردار است. (۲) در بعضی مناطق، در جهت تقریباً عمود بر شیب زمین، لایه های سنگ آهک کم ضخامت و درزدار وجود دارد. این لایه های آهکی موجب ازیاد ضریب ایمنی خاک در برابر لغزش می‌شود. در واقع این لایه‌های آهکی مانند بست‌های کششی عمل کرده و مانعی برای رخداد زمین لغزه می‌شود.

(۳) وجود جریان آب در لایه فوقانی، یکی از عوامل مهم گسیختگی تدریجی و یا گل روان می‌باشد، چون جریان آبهای سطحی بجای آنکه در جهت عمودی بداخل زمین نفوذ کند در سطح شیب دار (در عمق عموماً ۳ الی ۶ متری) و در لایه فوقانی (در فصل مشترک بین دو لایه موازی با سطح زمین) حرکت می‌نماید. وجود آب و جریان آن با ایجاد فشار حفره‌ای موجب ناپایداری قشر فوقانی می‌گردد.

(۴) وجود آب زیرزمینی و بهم خوردن زهکشی طبیعی زمین انجام عملیات خاک برداری یکی از عوامل مهم تحریک زمین در جهت ناپایدار کردن آن است، در واقع وضعیت موجود زمین طی زمان با جریان آب زیرزمینی و زهکشی طبیعی تثبیت شده و پایدار می‌شود. عملیات خاک برداری جهت جاده‌سازی (بویژه با انجام برش‌های مرتفع و بی رویه) باعث بهم خوردن جریان زهکشی آب زیرزمینی شده که بنوبه خود موجب ناپایداری و لغزش شبروانی می‌شود.

(۵) براساس اندازه‌گیری مشخصه‌های مکانیکی خاک (ضریب چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی) در مناطقی که زمین لغزه بوقوع پیوسته است، برای نسبت تنش برشی به تنش



$$\left(\frac{t}{\sigma_n}\right)_{II} \geq 0.4 \text{ و } \left(\frac{t}{\sigma_n}\right)_{II} \geq 0.25$$

نرمال در حالت‌های زهکشی شده و زهکشی نشده، نامساوی های زیر برقرار است. که می‌توانند به عنوان معیارهایی جهت پیش بینی وقوع زمین لغزه ارائه شوند:

### منابع

۱. بی نام. ۱۳۶۵. مطالعات مرحله اول منابع آب و خاک حوزه تجن مازندران. گزارش مصالح ساختمانی. مهتاب قدس. صفحات ۴-۱.
۲. بی نام. ۱۳۶۵. مطالعات مرحله اول منابع آب و خاک حوزه آبریز تجن مازندران. گزارش فنی مهتاب قدس. ۱۵۹ صفحه.
۳. بی نام. ۱۳۶۸. گزارش توجیهی محل سدهای پاشاکلا رودخانه بابل. مهتاب قدس. ۴۲ صفحه.
۴. بی نام. ۱۳۷۰. گزارش نهایی خدمات مهندسی ژئوتکنیک و مقاومت مصالح. ماندرو. مهندسین مشاور. ۷۰ صفحه.
۵. درویش زاده، علی. ۱۳۷۰. زمین شناسی ایران. نشر دانش امروز. ۹۰۱ صفحه.
۶. طاحونی، شاپور. مترجم. ۱۳۷۱. اصول مهندسی ژئوتکنیک. براجا، ام، داس. ناشر مترجم. ۶۸۶ صفحه.
۷. گلمانی، سیدحسین. ۱۳۷۸. بررسی علل زمین شناسی و ژئوتکنیکی زمین لغزه در ارتفاعات مازندران. گزارش طرح تحقیقاتی. ۴۱ صفحه.
۸. معماریان، حسین. ۱۳۷۱. زمین شناسی برای مهندسین. دانشگاه تهران. ۷۳۶ صفحه.
9. ASCE. 1995. Geotechnical special publication. No. 52. Lands under static and dynamic conditions. ASCE. National convention in San Diego California on October, 23. American Society of Civil Engineers. 115P.
10. Barnes, G.E. 1995. Soil mechanics principles and practice. Macmillan press LTD. 365P.
11. Bowles, J.E. 1979. Physical and geotechnical properties of soils. Mc Graw- Hill. 474p.
12. Lambe, T.W. 1978. Soil mechanics. SI version. Wiley Eastern Limited. pp. 352-373.
13. Terzachi, K., and B. Peck. 1967. Soil mechanics in engineering practice. John Wiley & Sons, INC. 729P.



---

---

## An investigation of the engineering geology and geotechnical engineering reasons of landslides phenomenon in Alborz mountains, Mazandaran

S.H. Golmaee

Irrigation Department, College of Agricultural Sciences, Mazadaran University Sari, Iran.

---

---

### Abstract

Geologically, northern slope of Alborz Mountain is divided into Khazar plain and northern border regions based on structural and stratigraphic characteristics. In order to study the pushing movement of natural slopes, side slopes in cross sections and geological and geotechnical reasons of landslides in northern slopes of Alborz Mountains, three road axes of Ghaemshahr-Firozkoh, Sari- Kiasar and Rigcheshmeh- Dodangeh have been selected. These regions are formed mostly of eluvial deposit like silty clay or clayed silt along with fine sand, which has a weak firmness. Flowage of water in the superficial layers, causes surface landslides along the slopes, so that thickness of slipped materials is about 6 to 7m . By analyzing the results of the soil mechanics tests, the causes of failure of landslide are explained. In general, layering of the soil stratum with respect to land slope and dip of soil layers, which are the effective causes of the trenches and embankment stability, are investigated. Limestone layers which are usually perpendicular to land slope, is the reason of increasing safety factor against landslide. In some regions, existence of water in superficial soil layers causes gradual failure or mud flowing. In this research, disturbance of draining water, caused by soil practices of road construction, leads to instability and side slope sliding is also considered. Finally, shear stress to vertical stress ratio in drained and non-drained conditions are defined as  $\left(\frac{t}{\sigma_n}\right)_d \geq 0.4$

and  $\left(\frac{t}{\sigma_n}\right)_u \geq 0.25$  which can be used as quantitative criteria to forecast the occurrence of landslide.

**Keywords:** Landslide; Slope slide; Earth failure; Slope stability; Safety factor.

۲۵

