

بررسی عوامل موثر در ایجاد حرکت‌های توده‌ای (لغزش) مطالعه موردی: منطقه اردل استان چهارمحال و بختیاری^۱

حسن احمدی^۲ علی طالبی اسفندرانی^۳

چکیده

حرکت‌های توده‌ای یکی از پدیده‌های طبیعی است که هر ساله خسارت‌های زیادی را به نقاط مختلف کشور وارد می‌کند. لغزش گله‌شور در استان چهارمحال و بختیاری یکی از مواردی است که به علت احداث جاده ارتباطی این استان به استان خوزستان و فراهم شدن شرایط مناسب، زمین لغزشی به طول ۱۲۵، عرض ۱۱۰ و عمق ۲۴ متر رخ داده است. به منظور تعیین عوامل موثر در ایجاد این زمین لغزش، پستی و بلندی آب و هوا، زمین‌شناسی و تکتونیک، ژئومورفولوژی، پوشش گیاهی و ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی و مکانیکی خاک در توده لغزیده و همچنین در دامنه‌ای دیگر به‌عنوان دامنه منظم، جهت مقایسه مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. بر این اساس، شیب طبقات سازند هم‌جهت با شیب توپوگرافی (۴۰-۲۰ درصد)، حساسیت سازند مارنی با کانی غالب اسمکتیت (که در اثر جذب آب انبساط می‌یابد) و خمیرآبی کم، تخریب پوشش گیاهی و تغییر کاربری اراضی، نزولات جوی به‌صورت باران و برف (سالانه حدود ۶۸۰ میلی‌متر) و جاده‌سازی در پایین‌دست دامنه، از جمله عواملی هستند که موجب ایجاد زمین لغزش فوق گردیده‌اند. محاسبات آنالیز پایداری شیب دامنه با استفاده از نرم‌افزار رایانه‌ای Stable نشان می‌دهد که زمین لغزش در عمق حدود ۲۴ متر رخ داده و با برآورد حجم توده لغزیده برابر ۱۷۲۰۰۰ مترمکعب و مقادیر حد خمیری و روانی $LL_m = 30/15$ و $PL = 28/6$ (حدود ۵۲۰۶۹-۸۳۹۳۲ مترمکعب آب مورد نیاز است تا زمین لغزش فوق به‌وقوع پیوندد که براساس میزان بارش و سطح (۱۵۰ هکتاری) بالادست توده لغزشی، مقدار ۱۵۲۶۰۳ مترمکعب آب وارده توده گردیده است. این مقدار آب می‌تواند رطوبت توده را علاوه بر حد خمیری به حد روانی و بیشتر هم برساند. علاوه بر این موثر در وقوع زمین لغزش که ذکر گردید، می‌توان از عامل تکتونیک (زمین ساخت) و احداث جاده در پایین‌دست به‌عنوان عامل تشدیدکننده زمین لغزش نام برد.

واژه‌های کلیدی: حرکت توده‌ای، لغزش، آنالیز پایداری شیب‌ها، حد روانی، حد خمیری، تکتونیک و دامنه منظم

۱- تاریخ دریافت: ۷۹/۹/۲۲، تاریخ تصویب نهایی: ۸۰/۶/۲۶

۲- استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۳- عضو هیات علمی دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی یزد

۱- مقدمه

مهندسی زلزله (۱۳۶۸) در نقاط مختلف کشور صورت گرفته است که مطالعات زلزله رودبار (۱۳۶۹) و زمین لغزش روستای چلو در استان چهارمحال و بختیاری (۱۳۷۲) نمونه هایی از آن می باشند (۸).

بدین ترتیب و با توجه به اینکه تاکنون مطالعه گسترده ای به صورت خاص روی حرکت های توده ای منطقه اردل (روستای گله شور) صورت نگرفته است و نیز با نظر به اینکه جاده ارتباطی استان چهارمحال و بختیاری به استان خوزستان از این منطقه می گذرد و هر ساله بر اثر ایجاد حرکت های توده ای خسارات فراوانی را به وجود می آورد، بر آن شدیم تا یکی از لغزش های اتفاق افتاده در منطقه را انتخاب و عوامل موثر در ایجاد آن را بررسی کنیم تا بتوانیم نتیجه آن را جهت مناطق مشابه به کار برده و راه حل های مناسبی جهت پیشگیری از آنها ارائه نماییم.

۲- مواد و روش ها**وضعیت و مشخصات منطقه**

لغزش مورد نظر در یکی از روستاهای شهرستان اردل استان چهارمحال و بختیاری موسوم به گله شور رخ داده که راه ارتباطی این استان به استان خوزستان از این منطقه می گذرد. شیب متوسط زیرحوزه مورد مطالعه ۳۲/۶ درصد، ارتفاع متوسط از سطح دریا ۱۹۹۳ متر و میانگین بارندگی ۱۰ ساله برابر ۶۸۰ میلی متر در سال تعیین گردیده است. اقلیم منطقه در روش آمبرژه نیمه مرطوب سرد و در روش دومارتن نیمه مرطوب می باشد.

سازندهای زمین شناسی منطقه شامل سازند آهکی کرتاسه، کنگلو مرای بختیاری و آبرفت دوره کواترنر است. سازند آبرفتی به علت وجود لایه های ماری در صورت اشباع شدن، از

هر ساله مناطق زیادی از کشور بر اثر بروز حرکت های توده ای، خسارت های جانی و مالی فراوانی می بینند. براساس گزارش کمیته ملی کاهش بلایای طبیعی وزارت کشور (۱۳۷۳)، سهم خسارات سالانه ناشی از حرکت های توده ای در ایران، ۵۰ میلیارد تومان برآورد گردیده است (۳). در این بین، استان چهارمحال و بختیاری به دلیل وضعیت توپوگرافی و زمین شناسی و به ویژه سنگ و وجود عوامل تشدید کننده در ایجاد حرکت های توده ای (از جمله حرکات زمین ساخت و اقلیم نیمه مرطوب و مهمتر از همه، تخریب اکوسیستم جنگلی و تغییر کاربری اراضی از نظر پتانسیل حرکت های توده ای مخصوصاً لغزش) شایان توجهی خاص است. لغزش گله شور یکی از مواردی است که توده ای به طول ۱۲۵ متر، عرض ۱۱۰ متر و عمق حدود ۲۴ متر روی دامنه به طرف پایین حرکت نموده است (۵).

در سه دهه گذشته در دنیا مطالعات گسترده ای در زمینه علل، ساز و کار، میزان خطر، پهنه بندی و نحوه پیشگیری و کنترل حرکات توده ای انجام گرفته است، ولی متأسفانه امر فوق در ایران به طور شایسته مورد توجه قرار نگرفته و به طور پراکنده و برحسب وظایف سازمان ها مطالعات مختلفی صورت گرفته است که موارد زیر نمونه هایی از آنهاست:

مطالعه زمین شناسی منطقه لغزیده مشرف به سدلتیان (کوثر و هاروارد، ۱۳۵۴)، بررسی عوامل موثر بر حرکات توده ای سازند مارن میوسن حوزه آبخیز طالقان (فلاح راد، ۱۳۶۹)، بررسی عوامل موثر بر حرکات توده ای حوزه آبخیز دریاچه ولشت و نحوه پیشگیری و کنترل آن (۳ و ۷). همچنین مطالعات نسبتاً گسترده ای پس از تشکیل موسسه بین المللی زلزله شناسی و

ضریب اطمینان پایینی برخوردار بوده و مستعد لغزش است. از نظر تکتونیکی، در منطقه زمین‌لرزه‌هایی با قدرت ۴-۵ ریشتر ثبت گردیده و نقشه ساز و کار ژرفی گسلش‌های زمین‌لرزه‌ای نشان می‌دهد که اکثر زمین‌لرزه‌ها در زاگرس دارای گسلشی با ساز و کار معکوس تا راندگی بوده‌اند (۱).

۱-۲- میزان رطوبت

با توجه به مطالعات انجام‌شده از ابتدای سال آبی قبل از لغزش، از سطح ۱۵۰ هکتاری بالادست توده، حدود ۱۵۲۶۰۳ مترمکعب آب وارد توده گردیده است که این مقدار آب می‌تواند رطوبت توده را علاوه بر حد خمیری به حد روانی نیز برساند.

۲-۲- پوشش گیاهی

مقایسه عکس‌های هوایی سال‌های ۱۳۳۵ و ۱۳۷۵ (دوره ۴۰ ساله) نشان می‌دهد که منطقه پوشیده از جنگل بلوط با تراکم ۴۰ درصد می‌باشد، در حالی که امروزه به کمتر از ۵ درصد رسیده است. علاوه بر آن، تغییر کاربری جنگل به زراعت دیم از مهمترین عوامل ایجاد لغزش محسوب می‌شود (۱ و ۶).

۳-۲- آزمایش فیزیکی و شیمیایی خاک

به‌منظور بررسی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک توده لغزش‌یافته، پس از حفر پروفیل، مطالعات مختلف در آنها انجام گرفت که نتایج حاصل به قرار ذیل می‌باشد:

الف - میزان شوری ۰/۴۱-۰/۶۶ میلی‌موس بر سانتی‌متر است که از نظر شوری جزو خاک‌های غیرشور محسوب می‌شود.

ب - میزان گچ یا سولفات کلسیم در تمام لایه‌های پروفیل تقریباً صفر است.

ج - میزان آهک اندازه‌گیری شده ۴۰-۵۰ درصد می‌باشد که از نظر آهک متوسط است.

د - بافت خاک در ۵ نقطه پیرامون توده لغزش‌یافته اندازه‌گیری شد که با توجه به میانگین وزنی بافت (۳۳ درصد رس، ۳۱ درصد سیلت و ۳۶ درصد شن) دارای بافت لوم رسی است که جزو خاک‌های با بافت متوسط به حساب می‌آید.

ه - میزان pH یا اسیدیته کل اشباع بین ۷/۴-۷/۸ است که جزو خاک‌های خنثی به شمار می‌رود.

۴-۲- کانی‌های رسی خاک

با افزایش عمق از افق سطحی به لایه بعدی، مقدار ایلیت نسبت به کانی ورمی‌کولیت افزایش نشان می‌دهد، ولی مجدداً در لایه سوم در بخش رس درشت، مقدار نسبی کانی‌ها همانند لایه اولی است (۱۰).

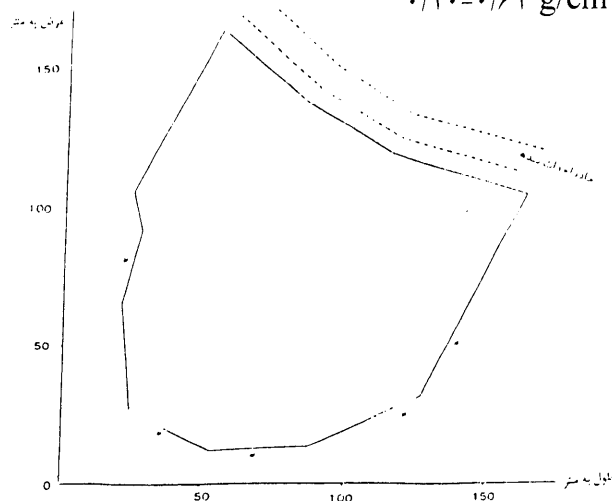
کانی‌های رسی غالب در بخش رس درشت این خاک، کانی‌های ایلیت و کائولینیت و در بخش رس ریز، لایه‌های سوم و چهارم، اسمکتیت و ورمی‌کولیت است. اسمکتیت‌ها که دارای بار لایه‌ای کم هستند، پیوند بین‌لایه‌ای ضعیفی دارند و مولکول‌های دوقطبی نظیر آب می‌توانند بین لایه‌های آنها نفوذ کنند و موجب انبساط کانی شوند. ورمی‌کولیت از این نظر حالت حد واسط را دارد و دارای انبساط متوسطی است (۹ و ۶). بنابراین با نفوذ رطوبت، رس‌های اسمکتیت و ورمی‌کولیت منبسط شده و با کوچکترین نیرو احتمال لغزش لایه‌های رویی به روی این لایه (لایه چهارم) وجود دارد. پس با قطع درختان جنگلی و به‌دلیل عدم وجود ریشه‌هایی که موجب استحکام لایه‌های خاک می‌شوند، با ورود آب به این لایه، لغزش صورت خواهد گرفت.

۵-۲- آزمایش‌های مکانیک خاک

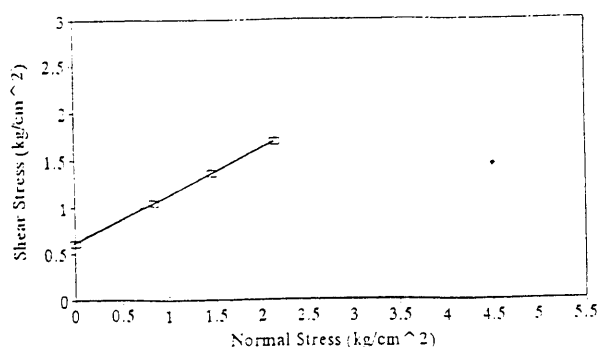
به‌منظور بررسی و اندازه‌گیری پارامترهای مقاومت برشی (C و ϕ)، آزمایش‌های متداولی وجود دارد که در این تحقیق با توجه به تعداد

و مقدار ϕ بین $21/09-35/83$ درجه است (۱۰) (شکل ۲). حدود آتیرگ نیز با توجه به نیاز تحلیل پایداری شیبها به این پارامترها محاسبه گردیده که مقدار میانگین حد روانی در خاک پیرامون توده لغزش یافته برابر $48/6$ درصد و حدود خمیری $30/15$ درصد به دست آمده است.

نمونه ها و نوع خاک و نیاز پروژه، آزمایش برش مستقیم انتخاب گردیده است. بر این اساس، از ۵ پروفیل مورد نظر نمونه هایی آماده گردید (شکل ۱). آزمایش برش مستقیم در شرایط تحکیم نیافته زهکشی نشده CUU روی نمونه ها انجام شد که نتایج آن نشان می دهد که در دامنه لغزش یافته در پنج نمونه مقدار C بین $0/61-0/10$ g/cm^2



شکل ۱- سطح توده لغزیده و محل نمونه برداری های آن



D.D (g/cm^3)	C (kg/cm^2)	ϕ (deg)
1.36	0.61	27.07

B.H(T.P) No.	DEPTH (m)	TEST CONDITION	RATE (mm/min)	MOLD (cm)
2	2.20	UU	1.00	31.15*2

SA.NO.	SAMPLE CONDITION	WATER CONTENT(%)	SHEAR ST. (Kg/cm^2)	NORMAL ST. (kg/cm^2)
1	Saturated	24.38	1.11	0.84
2	Saturated	24.94	1.22	1.47
3	Saturated	22.95	1.77	2.14

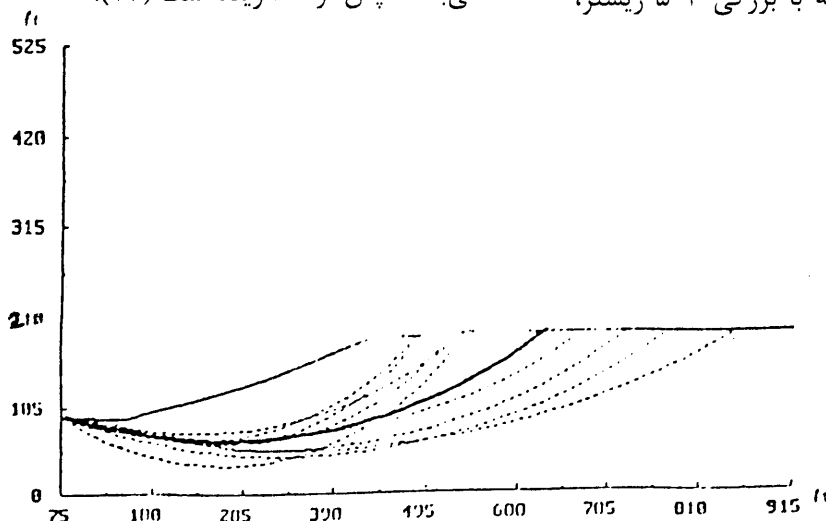
شکل ۲- نتیجه آزمایش برش مستقیم روی نمونه خاک پروفیل ۲

۳- بحث و نتیجه‌گیری

۳-۱- تحلیل پایداری شیب دامنه

در این تحقیق برای تحلیل پایداری شیب، از روش بیشاپ (Bishop) استفاده گردید که این روش در قالب بسته نرم‌افزار Stable، جهت ارزیابی پایداری زمین لغزش به کار می‌رود (۱۴). در این روش تاثیر کلیه عوامل شیب، ضرایب C و ϕ ، آثار تکنیکی زلزله با بزرگی ۴-۵ ریشتر،

جنس سازند و عمق غیرقابل نفوذ در ارزیابی مورد استفاده قرار می‌گیرد که با توجه به محاسبات انجام شده، ضریب پایداری در ۱۰ حالت بحرانی (شکل ۳) ترسیم گردیده که از ۱/۱۱ تا ۱/۱۱ متغیر است. بدین ترتیب ملاحظه می‌شود با توجه به عوامل متعددی که در تحلیل پایداری به کار برده شده، مقدار ضریب پایداری در حد ۱ می‌باشد، پس توده لغزیده است (۱۲).



شکل ۳- سطح لغزش در ده حالت بحرانی

برسد، احتمال وقوع لغزش در دامنه‌های با شرایط دامنه فعلی حتمی است.

۳-۲-۲- تکتونیک: با توجه به وجود گسل‌های فعال مانند دویلان، شلمزار و ناغان در منطقه و داده‌های لرزه‌نگاری به مرکزیت لردگان (۳۵ کیلومتری حوزه) و تاثیر شدت زلزله در پایداری دامنه که قبلاً محاسبه شد، مشخص می‌شود که حرکات تکتونیکی علاوه بر ایجاد شکاف در بالادست منطقه لغزشی که موجب نفوذ آب می‌گردد، مانند چاشنی عمل کرده و با توجه به کاهش مقاومت برشی خاک در اثر قطع درختان و نفوذ آب، باعث لغزش توده گردیده است (۱۳).

۳-۳- عوامل تشدیدکننده زمین لغزش گله‌شور

علاوه بر عوامل ایجادکننده لغزش که ذکر گردید، با توجه به مطالعات انجام شده در قسمت‌های

۳-۲- عوامل ایجادکننده زمین لغزش گله‌شور

۳-۲-۱- رطوبت: با توجه به سطح لغزش به دست آمده، عمق متوسط سطح لغزش حدود ۲۴ متر است که با توجه به طول (۱۲۵ متر) و عرض (۱۱۰ متر) توده، حجم آن برابر ۱۷۲۷۰۰ مترمعب می‌باشد. بدین ترتیب، با توجه به مقادیر حد خمیری (۳۰/۱۵) و حد روانی (۴۸/۶) مقداری حدود ۵۲۰۶۹-۸۳۹۳۲ مترمعب آب نیاز است تا توده به حد خمیری روانی برسد. حال با محاسبات آب ورودی به توده بر اثر بارش نزولات جوی به مقدار ۱۵۲۶۳۰ مترمعب دیده می‌شود که این مقدار آب می‌تواند رطوبت توده را علاوه بر حد خمیری، به حد روانی و بیشتر از آن هم برساند. بدیهی است در صورتی که مقدار بارش‌های جوی در سال‌های آتی نیز به این حد

۳-۳-۳- تخریب پوشش گیاهی: طی ۴۰ سال اخیر، درصد تاج پوشش از ۴۰ درصد در سال ۱۳۳۵ به کمتر از ۵ درصد در سال ۱۳۷۴ در دامنه فوق رسیده است.

۳-۳-۴- جاده سازی غیر اصولی: این امر در پایین دست دامنه با مسدود کردن محل عبور آب زیرزمینی و نفوذ به داخل توده و در نتیجه افزایش وزن مواد دامنه، موجب بروز لغزش می گردد.

مختلف، می توان از عوامل زیر به عنوان عوامل تشدید کننده زمین لغزش گله شور نام برد:

۳-۳-۱- شیب: شیب دامنه هایی که پدیده لغزش در آنجا اتفاق افتاده، بالای ۲۰ درصد بوده است، ضمن آنکه هم جهت بودن شیب زمین شناسی با شیب توپوگرافی نیز از عوامل موثر در ایجاد لغزش در منطقه محسوب می گردد.

۳-۳-۲- کانی ها: سازندهای منطقه دارای کانی های رسی از نوع اسمکتیت است که در اثر جذب آب منبسط شده و موجب ناپایداری سازند می شوند.

منابع

- ۱- احمدی، حسن، ۱۳۷۸. ژئومرفولوژی کاربردی، جلد اول (فرسایش آبی)، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲- پدرام، حمید، ۱۳۷۳. بررسی مقدماتی زمین لغزش روستای چلو در استان چهارمحال و بختیاری.
- ۳- زکی زاده، محمدرضا، ۱۳۷۳. بررسی عوامل موثر در حرکت توده ای حوزه آبخیز دریاچه ولشت، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- ۴- سازمان نقشه برداری کشور، ۱۳۵۵. عکس های هوایی ۱/۵۵۰۰ و عکس های هوایی ۱/۲۰۰۰.
- ۵- طالبی اسفندرانی، علی، ۱۳۷۵. عوامل موثر در حرکت های توده ای، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده علوم دریایی و منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۶- فلاحراد، منصور، ۱۳۶۹. بررسی عوامل موثر در حرکات توده ای سازند مارن میوسن طالقان، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- ۷- کوثر، آهنگ، ۱۳۵۸. تثبیت منطقه لغزنده مشرف به سد لتیان، موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع.
- ۸- موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ۱۳۷۰. داده های لرزه نگاری به مرکزیت لردگان.
- 9-Grim, R.E., 1986. Clay mineralogy. 2nd edition, McGraw-Hill book company. New York, 596p.
- 10-Marui, P., 1988. Landslide prevention measures. F.A.O watershed management field manual, Rome, Vo. 13 (4), 345 P.
- 11-O'loaghin, C.L., 1981. Tree roots and slop stability, Forest Resarch Institute, No 104.
- 12- Sawhney, B.L., 1989 Interstratification in layer silicates, In: J.B. Dixon and S.B. Weed, Minerals in soil environments, Soil Sci. Soc. Am. Madison Wis. Vol 8:35.
- 13-Singer, A., 1980. Palygorskite and Sepiolite group minerals. In: Dixon I.B. and S.B. Weed minerals in soil environments, Soil Sci. Soc. Am. Madison Wis. Vol 12:39.
- 14-Zaruba, Q & A. Mencl, 1982. Land slides and their control, Developments in Geotechnical Engineering. Vol:1.1.

Study of Effective Factors on Mass Movements (Landslide)

(Case study : Ardal Region of Chaharmahale
Bakhtiari Province)

H. Ahmadi¹

A. Talebi Esfandarani²

Abstract

Mass movement is one of the natural phenomena that causes considerable damage in different regions of Iran. Galeh Shour landslide in Chahar Mahale Bakhtiari is one of the problems caused by road to Khoozestan province construction. The dimensions of this landslide are 125 m length, 110 m width and 24 m depth. The effective factors on landslide such as topography, weather, geology, tectonic, geomorphology, vegetation cover, physico – chemical and mechanical characteristics of sliding mass were determined and compared with regular hill slopes. Accordingly, uniformity of geologic formations with topographic slope (20-40%), susceptibility of marl formations and their expanding when subjected to water absorption and because of dominant mineral of smectite, low plasticity, degradation of vegetation cover, annual precipitation in the form of rain and snow (680 mm), and road construction on hillslope intensify the landslides. The stability analysis of the hillslope using stable software shows that landslide has occurred in depth of 24 m. The estimated volume of sliding mass was about 172,000 m³. Based on plastic and liquid limit of the mass (LL_m=30.15% and PL=28.6%), about 52069-83932 m³ of water is needed for this landslide to occur. According to the annual precipitation and area (150 ha) of up hill in sliding mass, about 152603 m³ of water has entered the mass. With this absorbed water, the moisture of mass reaches plastic and liquid limit and even more. In addition to the mentioned effective factors on landslide, other factors such as tectonic and road construction in down hill intensify the occurrence of landslide in this region.

Keywords: Mass movement, Landslide, Analysis of slope stability, Liquid limit, Plastic limit, Tectonic, Regular hill slope

¹ - Professor, Natural Resources Faculty of Tehran University

² - Faculty Member, Natural Resources Faculty of Yazd University