

# تحلیل سینماتیک زمین لغزش امام زاده علی - جاده هراز

نوشته : دکتر حمیدرضا کریم نژاد\* ، دکتر جعفر غیومیان\*

محسن شریعت جعفری\* و دکتر محسن پور کرمانی\*\*

## Kinematics analysis of Emamzadeh Ali Landslide in Haraz Road, Central Alborz

By: Dr.H.R.Karimnejad\* , Dr.J.Ghayoumian\* , M.Shariate Jafari\* and Dr.M.Pour kermani\*\*

### چکیده:

در این پژوهش زمین لغزش امامزاده علی مورد بررسی دقیق قرار گرفته است. این زمین لغزش در کیلومتر ۸۰ جاده هراز در جنوب خاوری کوه نموند واقع است و یکی از زمین لغزشهای نسبتاً بزرگ این محور ارتباطی می باشد. در این مقاله سعی گردیده تا به کمک شواهد بندست آمده از بررسیها و اندازه گیریهای صحرایی و نیز با در نظر گرفتن شرایط زمین شناسی و ساختاری خاص این ناحیه ساز و کار این حرکت دامنه ای تعیین گردد. براین اساس یک الگو برای نشان دادن مراحل مختلف توسعه و تکامل زمین لغزش مذکور ارائه گردیده است. بررسیهای انجام گرفته نشان می دهد که ساز و کار این زمین لغزش چرخشی - انتقالی است و در پیدایش چنین ساز و کاری شرایط زمین شناسی و ساختمانی خاص این ناحیه نقش مهمی را ایفا نموده اند.

واژه های کلیدی: زمین لغزش، جاده هراز، البرز مرکزی، ساز و کار چرخشی - انتقالی

### Abstract

In this research Emamzadeh Ali Landslide have been investigated accurately. The landslide is located approximately 80Km. from Tehran in Haraz Road, southeast of Damavand Mountain. It is one of the slides along the road. In this paper mechanism of the slide have been discussed. To find out about the mechanism of the slide the results of the field investigation and measurement, including geological and structural condition of the area were analyzed. Based on the mechanism, a pattern for development of the slide has been presented. The study indicates a rotational- transitional mechanism, which in its geological evolution and structural conditions played significant role.

Key Words: Land slide, Haraz Road, Central Alborz, rotational- transitional mechanism

### ۱- مقدمه

حداکثر ۲۷۵ متر پهنا است. همچنین دارای پرتگاههای متعدد با ارتفاع ۱۰ - ۱ متر و شیب تند (متوسط حدود ۴۰٪) می باشد. مواد تشکیل دهنده این لغزش به شدت بهم ریخته و از همگسیخته است و شامل حجم عظیمی از سنگ و خاک متشکل از مواد کوهرفتی و نیز بخشی از سازندهای سنگی

زمین لغزش امامزاده علی در اواخر خرداد ماه ۱۳۷۰ در دامنه شمال باختری کوه زردلاش در جاده هراز مقابل بقعه متبرکه امامزاده علی به وقوع پیوست. این رانش از نظر ابعاد دارای حداکثر ۷۸۰ متر برآزا و



شیل‌های ذغالدار و ماسه‌سنگ به شدت چین‌خورده (ژوراسیک زیرین) و مواد کوهرفتی و نهشته‌های تراورتن (کواترنر).

بررسی‌های صحرایی نشان می‌دهند که مواد تشکیل دهنده بینه زمین‌لغزش متعلق به سازندهای میلا، مبارک و احتمالاً بخشی از سازند روته به همراه مواد کوهرفتی و سنگهای تراورتن عهد حاضر است. بویژه ماسه‌سنگهای کوارتزیتی به شدت فرسوده سازند میلا و بخش زیرین سنگ آهک مبارک که ماری است نقش قابل توجهی در شکل‌گیری این پدیده داشته‌اند. در این ناحیه واحدهای سنگ چینه‌ای نوران اول و سازند الیکا متعلق به هسته تاننیس پل ورکوه هستند که بر اثر عملکرد گسل جنوب آب اسک بالا رانده شده و بر مقابل شیل و ماسه‌سنگهای سازند شمشک واقع شده‌اند. وقوع چین‌خوردگی و ایجاد گسله‌های متعدد در این ناحیه برزه‌شدگی شدید سنگها و کاهش پارامترهای ژئوتکنیکی آنها را باعث گردیده است.

از بیدگاه ساختاری طبقات سنگی در این ناحیه دارای لایه‌بندی با شیب به سمت شمال خاوری هستند. گسل جنوب آب اسک در شمال باختری زمین‌لغزش امامزاده علی قرار گرفته است. این گسل تقریباً دارای ریخت سینوسی است. روند کلی آن WNW-ESE است که در نزدیکی کوه بمانوند (جنوب آب اسک) روند NW-SE را بخود می‌گیرد. مطالعه آماری بر روی خش لغزهای اندازه‌گیری شده در این ناحیه نشان می‌دهد که این گسله دارای موقعیت N72W/85NE است (کریم نژاد و همکاران، ۱۳۷۸). شواهد چینه‌شناسی نشان می‌دهند که گسل مزبور بصورت معکوس عمل کرده است. در ناحیه جنوب آب اسک بر اثر عملکرد این گسله سازندهای متعلق به نوران اول (سازند میلا، سازند مبارک و سازند روته) و سازند الیکا از نوران نوم بالا رانده شده و بر مقابل شیل و ماسه‌سنگهای سازند شمشک قرار گرفته‌اند. در جنوب آب اسک تغییر مکان حاصل از عملکرد این گسله چند صد متر گزارش شده است (Allenbach 1970). در این ناحیه از گسله مزبور دو گسله محلی دیگر تحت عنوان F1 و F2 منشعب می‌شوند. گسله F1 گسله‌ای است با شیب تقریباً قائم و روند NW-SE که با زاویه ۱۵ درجه نسبت به گسله اصلی (گسله جنوب آب اسک) واقع شده است. شواهد صحرایی نشانگر عملکرد واژگون گسله است. گسل F2 احتمالاً گسله‌ای است واژگون و قائم که با زاویه ۷۵ درجه نسبت به گسله جنوب آب اسک قرار گرفته است.

تمرکز این سطوح در این ناحیه و عملکرد تکتونیک موجب خردشدگی و نرزدار شدن شنید سنگهای این ناحیه شده است که این موضوع کاهش پارامترهای مقاومت برشی را در پی داشته است. دو گسله جنوب آب اسک و F1 به ترتیب از طرف NW, NE لغزش امامزاده علی را محدود کرده‌اند و

بشدت فرسوده و نرزدار زیرین می‌باشد. این رانش موجب مسبود شدن رودخانه هراز و تشکیل یک سد زمین‌لغزشی و به تبع آن یک بریچه لغزشی به عمق متوسط ۱۵ متر گردید (شکل ۱). این رانش خسارت‌های بسیاری را باعث گردید از جمله: تخریب کامل حدود ۲۸۰ متر از جاده هراز، خسارت‌های ناشی از ۴۵ روز مسبود شدن آن به عنوان یکی از مهمترین محورهای ارتباطی شمال کشور، مخارج لازم برای جابجایی چند میلیون تن مواد لغزشی و ترمیم جاده، تخریب کامل بقعه متبرکه امامزاده علی- امامزاده جعفر و امامزاده شیرین، تخریب چند واحد مسکونی و تجاری، مدفون شدن یک روستای بیلاقی با ۱۵ خانوار (روستای پشنگ امامزاده). انهدام تعدادی دکل برق فشار قوی و دکل مخابرات.

هدف از انجام این پژوهش بررسی و تحلیل سینماتیک بر روی مکانیسم و چگونگی ایجاد این زمین لغزش، همچنین مطالعه بر روی نحوه ایجاد برخی از ساختمانهایی که در داخل لغزش و یا حواشی آن ایجاد شده‌اند، می‌باشد. براساس تعریف سینماتیک اشاره دارد به حرکت توده‌ها بدون اشاره به نیروهایی که باعث حرکت آنها شده‌اند (Goodman, R.E, 1989). در این پژوهش سعی بر آن است تا با بررسی شواهد صحرایی و تعیین مکانیسم گسیختگی و نیز با بردن نظر گرفتن وضعیت خاص زمین‌شناسی و ساختاری ناحیه لغزش، مراحل مختلف توسعه سینماتیکی زمین‌لغزش مورد تحلیل قرار گیرد. برنهایت براین اساس الگویی برای چگونگی ایجاد و توسعه زمین‌لغزش فوق‌الذکر و نیز برخی از ساختارهای ایجاد شده در حاشیه‌ها و توده لغزشی ارائه گردیده است.

## زمین‌شناسی ناحیه زمین لغزش

از بیدگاه زمین‌شناسی و زمین‌شناسی ساختمانی این لغزش در ناحیه‌ای واقع گردیده که با واحدهای سنگ چینه‌ای چین‌خورده و تمرکز سطوح تاننوسته ساختاری (سطوح گسله، برزه‌ها و ...) مشخص شده است. واحدهای سنگ چینه‌ای که در ناحیه مورد بررسی برونزد دارند عبارتند از: بخش بالایی سازند میلا(؟) مرکب از ماسه‌سنگهای کواتزیتی برنگ قرمز روشن بشدت فرسوده (کامبرین میانی- بالایی) (Allenbach 1970) معتقد است که احتمالاً ماسه‌سنگهای مزبور متعلق به بخش بالایی سازند میلا است - سازند مبارک که در بخش زیرین ماری و در بخش بالایی متشکل از سنگ آهکهای لایه‌ای بشدت نرزدار حاوی فسفیل (کربنفر زیرین)؛ می‌باشد سازند روته متشکل از سنگ‌آهکهای فسفیلدار (پرمین میانی)؛ بخش زیرین سازند الیکا شامل سنگ آهکهای نازک لایه ورمیکوله (تریاس زیرین)، سازند شمشک مرکب از تناوب

است:

پرتگاه اصلی این زمین لغزش دارای شیب نزدیک به قائم است (شکل ۲). پرتگاه اصلی یک دیواره سنگی با فرازای متوسط ۷ متر و شیب متوسط ۸۰ درجه است. بر روی سطح این دیواره آثار حرکت به صورت خش لغزها با اندازه زاویه‌ای ریک (Rake) حدود ۷۵ تا ۸۰ درجه دیده می‌شود. این موضوع نشانگر حرکت ثقلی با شیب تند بر این محل است.

ب - بالا راندگی پاشنه لغزش در هنگام رخداد گسیختگی در دامنه مزبور و اطلاعات جمع‌آوری شده محلی نشان می‌دهند که در هنگام لغزش، پاشنه لغزش بالا راندگی پیدا کرده است که نشانه حرکتی با مؤلفه چرخشی رو به بالا در پای دامنه است.

ج - حرکت برشی توده گسیخته شده منجر به تشکیل خش لغزهایی در امتداد دیواره پرتگاه جانبی (سوی شمال خاوری) زمین لغزش شده است. (شکل ۲) این خش لغزها را در بخشهای میانی دیواره پرتگاه جانبی (پرتگاه سمت راست) زمین لغزش نشان می‌دهد. بررسیهای صورت گرفته بر روی اندازه زاویه‌ای ریک (Rake) این خش لغزها نشانگر افزایش شیبی از حدود ۲۰ تا ۲۵ درجه در پایین بست به حدود ۷۵ تا ۸۰ درجه در بالادست پرتگاه مزبور بوده که تاییدی بر وجود مؤلفه چرخشی و انتقالی در این رانش است. به این مفهوم که توده گسیخته شده در امتداد یک منحنی به طرف پایین حرکت کرده است (توجه داشته باشید که پرتگاه جانبی خود بخشی از سطح گسیختگی اصلی است).

لازم به ذکر آنکه در بخشهای بالایی دامنه مؤلفه ثقلی بر مؤلفه انتقالی غلبه دارد و در بخشهای پایین دامنه مؤلفه انتقالی بر مؤلفه ثقلی غلبه می‌کند و در قسمتهای میانی لغزش حرکت انتقالی و ثقلی توأم با یکدیگر انجام می‌پذیرد.

د - در اثر گسیختگی مکرر (مرکب)، پرتگاههای متعددی به موازات سطح پرتگاه اصلی در این زمین لغزش تشکیل گردیده‌اند.

### سینماتیک زمین لغزش امام زاده علی

تاریخچه فعالیت دامنه لغزشی مقابل بقعه امامزاده علی نشانگر این است که این زمین لغزش یک رانش دوباره فعال شده قدیمی است که در رانش اخیر وسعت محدوده برگیر لغزش بزرگتر می‌باشد. بر روی عکسهای هوایی (مقیاس ۱:۲۰۰۰۰) سال ۱۳۵۲ آثار گسیختگی دامنه مزبور مشاهده می‌شود. بنابراین احتمالاً اولین حرکت دامنه مزبور مربوط به پیش از سال ۱۳۵۲ است. تنها حرکت ثبت شده این دامنه پیش از حرکت اخیر مربوط به حرکت اریببشت ماه ۱۳۶۹ است که در اثر آن در حدود ۲۳ روز جاده هراز مسدود گردید. بطور کلی فعالیت دامنه مزبور در طی دو دهه

در توسعه و تکامل زمین لغزش مزبور نقش اساسی و کنترل کننده را داشته‌اند. بویژه اینکه بخشی از پرتگاه سمت شمال خاوری زمین لغزش منطبق بر سطح گسله F1 است (کریم‌نژاد، ۱۳۷۸). همانطور که در ادامه نشان داده خواهد شد سطوح گسلی F1، F2 منطبق بر محل پرتگاههای جانبی و ترکهای حاشیه‌ای زمین لغزش بوده و محل آنها را تعیین کرده‌اند.

### مکانیسم زمین لغزش امام زاده علی

عملکرد حرکتیهای دامنه‌ای با توجه به شرایط محیطی و زمین‌شناسی مختلف متفاوت است. بطور معمول در مطالعه و بررسی عملکرد حرکتیهای دامنه‌ای به طبقه‌بندی‌هایی که تاکنون توسط محققین مختلف پیشنهاد گردیده، رجوع می‌شود و بایستی توجه داشت که هیچ‌یک از این طبقه‌بندی‌ها کامل و قابل قبول برای تمامی شرایط ایجاد حرکتیهای توده‌ای نمی‌باشد.

با استناد به شواهد و بررسیهای صحرایی ساز و کار حرکت در این زمین لغزش از نوع چرخشی با مؤلفه‌های حرکتی انتقالی و ثقلی است. در وقوع چنین ساز و کاری شرایط زمین‌شناسی و ساختاری ویژه این ناحیه به ویژه وجود ناپیوستگی‌های ساختاری چون نرزه‌ها و گسله‌هایی با جهت‌گیری مناسب نقش بسیار مهمی را داشته‌اند.

بنا به عقیده (Bray و Hoek (1981 در حرکتیهای دامنه‌ای که سیماهای ساختاری و زمین‌شناسی نظیر سطوح لایه‌بندی و نرزه‌ها، توده سنگ را به صورت یک توده ناپیوسته تبدیل می‌کنند، مسیر گسیختگی عموماً توسط یک یا تعداد زیادی سطوح ناپیوستگی تعریف می‌شود. در چنین شرایطی نحوه قرارگیری سطوح ناپیوستگی متعدد نسبت به یکدیگر تعریف کننده شکل سطح لغزش است.

زمین لغزش مزبور بطور غالب در امتداد سطوح نرزه‌های متعدد که مربوط به تاقنیس پل و رکوه هستند بوقوع پیوسته است (کریم‌نژاد و همکاران ۱۳۷۸). چگونگی قرارگیری این سطوح نرزه‌ای نسبت به سطوح لایه‌بندی شکل کئی سطح لغزش را تعیین کرده است، به عبارت دیگر حرکت در امتداد این سطوح کوچک نرزه‌ای تعریف کننده نهایی حرکت در امتداد یک سطح برش میانگین خواهد بود که این سطح میانگین منحنی شکل است. از آنجائیکه قطب سطوح برشی بر روی تصویر استریوگرافیک در امتداد نوایر کوچک توزیع شده‌اند، احتمالاً این سطح منحنی بخشی از سطح یک مخروط یا مقطع دایره است (کریم‌نژاد، ۱۳۷۸). شواهد صحرایی نیز تأییدی بر منحنی شکل بودن سطح لغزش در این حرکت دامنه‌ای است. بنابراین با توجه به مطالب گفته شده در بالا و شواهدی که در نیل آمده است، زمین لغزش فوق‌الذکر یک زمین لغزش مرکب چرخشی - انتقالی



پدایش ترکهای کششی با آرایش پلکانی (En Echelone) در سطح زمین می‌گردند. (شکل، ۴C). این دسته ترکهای پلکانی بر حاشیه سمت راست رانش، با زاویه ۴۵ درجه در جهت حرکت عقربه‌های ساعت و بر حاشیه سمت چپ با زاویه ۴۵ درجه در خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت به ترتیب نسبت به سطح برشی جانبی راستگرد رانش و سطح برشی جانبی چپگرد آن جهت‌گیری نموده و تشکیل شده‌اند. ادامه حرکت توده لغزشی منجر به بازشدگی بیشتر ترکهای مزبور می‌گردد. (شکل، ۵).

### نتیجه‌گیری

براساس بررسی‌های انجام شده ویژگیهای زمین‌شناسی و الگوی ساختاری این ناحیه نقش بسزایی در ایجاد، توسعه و تکامل این زمین لغزش داشته‌اند. مکانیسم گسیختگی در این زمین لغزش براساس شواهد صحرایی بدست آمده از نوع چرخشی است که با مؤلفه‌های انتقالی نیز همراهی می‌شود. مؤلفهٔ ثقلی در بالا دست و مؤلفهٔ انتقالی در پایین دست توده گسیخته شده غالب می‌باشد. از اینرو این زمین لغزش را می‌توان از نوع مرکب چرخشی - انتقالی قلمداد نمود.

احتمالاً در ایجاد سطح لغزش زیرین مارنهای بخش پایینی سازند مبارک نقش ترخوردگی داشته‌اند. سطح لغزش بطور غالب در امتداد سطوح برزهای مربوط به تاندیس پل و رکوه است به این مفهوم که عناصر سطح لغزش فوق سطوح برزهای کوچکی هستند که به سمت شمال باختری شیب داشته و حرکت در امتداد این سطوح کوچک رخ داده است. گسله‌های F1 و جنوب آب اسک کنترل کننده گسترش جانبی زمین‌لغزش می‌باشند براین اساس محل ترکها و پرتگاههای جانبی زمین‌لغزش از الگوی سطوح ضعف ساختاری منطقه تبعیت می‌کند.

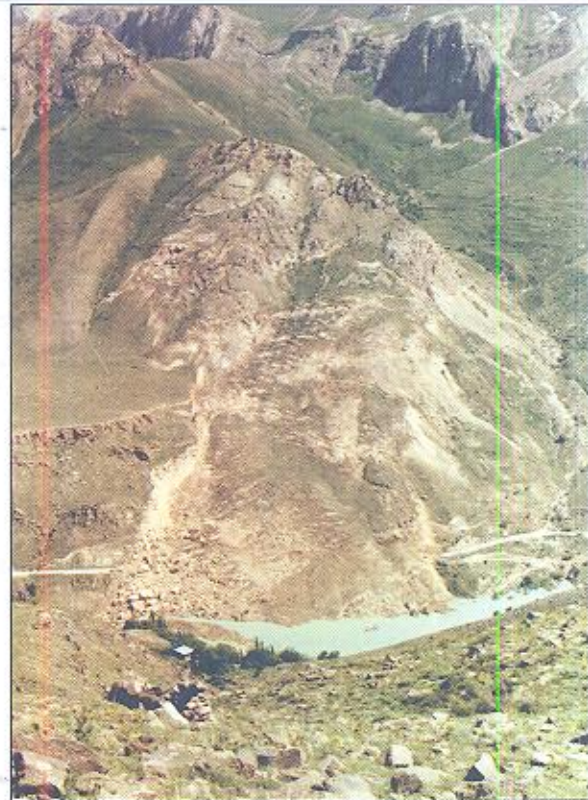
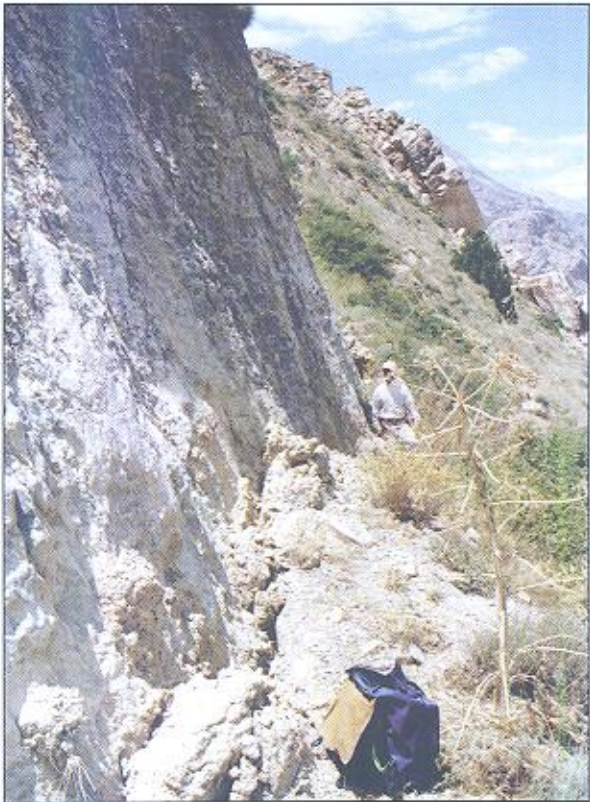
### تشکر و قدردانی

در اینجا بر خود لازم می‌دانیم از مساعدتها و همکاریهای مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور بخاطر فراهم آوردن شرایط لازم برای انجام این پژوهش تشکر نماییم.

اخیر همواره متشاء بروز مشکلات فراوان بوده است. همانگونه که پیش از این گفته شد در وقوع چنین حرکتی شرایط خاص زمین‌شناسی و ساختاری این ناحیه نقش مهمی را ایفا نموده‌اند. بررسیهای انجام شده نشان می‌دهد که احتمالاً سطح گسیختگی قاعده‌ای در مواد سست به ویژه مارنهای بخش زیرین سازند مبارک که علاوه بر آن منطبق بر سطوح ناپیوستگی‌های ساختاری به ویژه برزها هستند واقع می‌باشد. حرکتی پیشین تأیید می‌کنند که لغزش در این مواد نسبتاً ضعیف، بارها رخ داده است. بطوریکه موجب ایجاد گسیختگی‌های متعدد در بالای دامنه شده که موقعیت آنها در طی مراحل مختلف حرکت از مکانی به مکان دیگر تغییر کرده است. بنابراین اگر فرض کنیم که شرایط لغزش در امتداد سطح لغزش قاعده‌ای پیش از سطوح لغزش در حاشیه زمین‌لغزش ایجاد گردیده است، محل ترکها در حاشیه زمین‌لغزش به واسطه گسترش سطح لغزش قاعده‌ای هنگامی که شرایط برای گسیختگی فراهم می‌شود، تعیین می‌گردد. براین اساس با توجه به زمین‌شناسی ساختمانی منطقه و توضیحات بالا مراحل مختلف ایجاد، توسعه و تکامل زمین لغزش مزبور را می‌توان با الگوی نشان داده شده در شکل (۴) بیان نمود.

در اولین مرحله، یک سطح لغزش در امتداد پی زمین لغزش ایجاد می‌گردد که در عین حال از الگوی ساختاری غالب در ناحیه تبعیت می‌کند. (شکل ۴A)؛ در مرحله بعدی سطح مزبور به سمت بالا و پایین شیب دامنه و نیز به طور جانبی توسعه و گسترش می‌یابد. (شکل، ۴B)، با ادامه توسعه جانبی در برخی از قسمتها با توجه به شرایط خاص زمین‌شناسی و ساختاری ناحیه، سطح مزبور به طرف سطح زمین متقابل می‌گردد و توسعه خود را در این جهت ادامه می‌دهد. (شکل، ۴C). در ادامه محل پرتگاههای جانبی و ترکهای حاشیه‌ای به دلیل گسترش سطح لغزش زیرین به سمت سطح زمین با توجه به سطوح ضعیف ساختاری در طرفین زمین لغزش و با پیروی از جهت‌گیری این سطوح زمانی که شرایط برای گسیختگی فراهم می‌شود، تعیین می‌گردد. براین اساس سطوح ناپیوستگی گسله جنوب آب اسک و گسله F1 که در طرفین محدوده لغزش واقع شده‌اند، نقش بسزایی در توسعه و کنترل سینماتیکی زمین‌لغزش دارند؛ به طوری که بخشی از پرتگاه سمت راست این رانش (سوی شمال خاوری) منطبق بر سطح گسله محلی F1 است. این نشانه‌ای بر کنترل ساختاری حدود گسترش این زمین لغزش است. در این مرحله سطوح برشی در حاشیه زمین لغزش تحت مکانیسم نوع II و نوع III (Lawn, Wilshaw, 1975) توسعه می‌یابند که سبب حرکتیهای برشی امتداد لغز به همراه مؤلفه‌های ثقلی می‌گردند.

در مرحله بعدی توسعه این سطوح به سمت سطح زمین موجب



شکل (۱) زمین لغزش امام زاده علی یک روز پس از وقوع لغزش. دریاچه لغزشی (Landslide Lake) و سد زمین لغزشی (Landslide dam) دیده می‌شود. نگاه به سوی جنوب (عکس از مرکز تحقیقات حفاظت خاک و ایجیداری کشور).

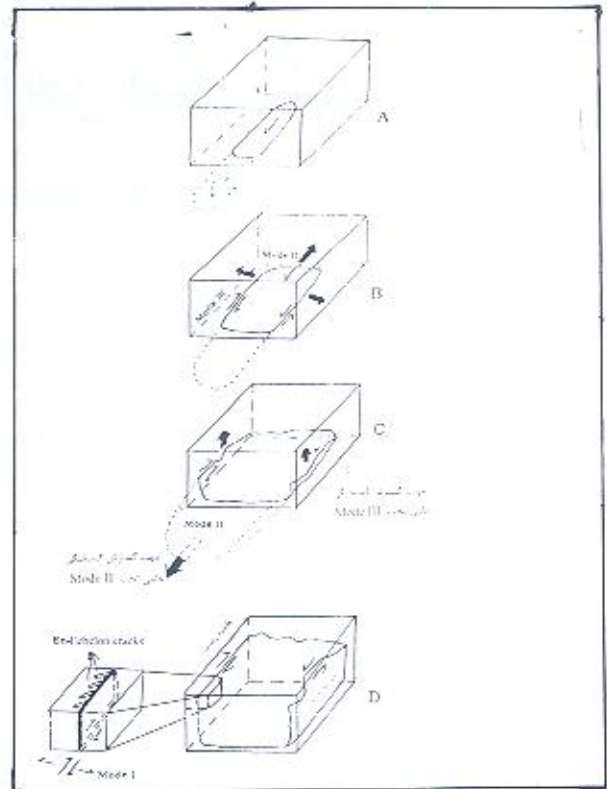
شکل (۲) پرتگاه اصلی زمین لغزش امام زاده علی با فرازای متوسط ۷ متر. جنس سنگهای این دیواره سنگ آهک خاکستری تیره سازند روته می‌باشد.



شکل (۳) خش لغزش ایجاد شده در اثر حرکت توده گسیخته در رانش امام زاده علی که در خاک‌های متراکم شده در سطح برشی پرتگاه جانی تشکیل شده است، نگاه سوی شمال.



شکل (۵) ترکهای کنشی En-Echelon در حاشیه سمت راست لغزش و در نزدیکی عبور روند سطح برشی کناری زمین لغزش- میزان بازشدگی در دو انتهای ترک ۷cm و در قسمت میانه ۱۲cm و عمق آن بیش از ۲۰cm است.



شکل (۴) مراحل شمانیک و ابدءآل از نحوه ایجاد و توسعه سطح لغزش در بی زمین لغزش امامزاده علی و تشکیل سطوح برشی امتداد لغز که نشانگر حاشیه‌های لغزش است. (با تغییر و اصلاح از Fleming and Johnson, 1989)

## کتابنگاری

- کریم ذؤاد، حمیدرضا-۱۳۷۸، «تحلیل ناپایداری شیبهای طبیعی بر محدوده رانگی جنوب آب اسک (جاده هراز) با نگرش ویژه بر نقش عوامل ساختاری»، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی گرایش تکتونیک، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.
- کریم ذؤاد، حمیدرضا، غیومیان، جعفر. شریعت جعفری، محسن، پورکرمانی، محسن-۱۳۷۸، «بررسی نقش عوامل ساختاری بر وقوع حرکت‌های دامنه‌ای در جنوب آب‌اسک - جاده هراز» مجموعه مقالات اولین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، جلد اول، صفحه ۲۲۲-۲۳۴.

## References

- Fleming, R. W. & Johnson, A. M. 1989- Structures associated with strike-slip faults that bound landslide elements." *Engineering Geology* 27, 39-114.
- Goodman, R. E. 1989- *Intraduction to Rock Mechanics*. John Wiley & Sons, Newyork.
- Hoek, E. and Bary, J. W. (1981)- *Rock slope engineering*, \* Institute of Mining and Metallurgy, London.
- Varnes, D. J. 1978,- Slope movement types and processes. In R. L. Schuster & R. S. Krizek (eds), *Landslides. Analysis and control*. \* U.S. Nat. Acad of Sciences, special report 176: 11-33.

\* Soil Conservation & Watershed Management Research Center, Tehran, Iran

\*\* Faculty of Earth Science, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

\* مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور

\*\* دانشکده علوم زمین - دانشگاه شهید بهشتی