

تأثیر زمین ریخت شناسی دیرین بر احتمال وقوع لغزش های عمیق در نهشته های ولکانیکی، مطالعه موردی: گردنه صائین (جاده اردبیل - سراب)

فرهاد شهیدی^{۱*}، غلامرضا شعاعی^۲، مصطفی محمدی واوسی^۱
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
۲- استادیار گروه زمین شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

f.shahidi@live.com

چکیده

بررسی مناطقی که از لحاظ زمین شناسی و زمین ریخت شناسی مستعد وقوع زمین لغزش هستند در تمام پروژه های عمرانی بویژه سازه های خطی امری ضروری می باشد. اگر منطقه مورد نظر دارای شواهد متعدد رخداد زمین لغزش های قدیمی باشد، اهمیت این مسئله دوچندان می شود. زمین لغزش ۱۶ خرداد سال ۱۳۸۴ که در منطقه ولکانیکی (گردنه صائین) در حدفاصل جاده نیر- سراب رخ داده مثال خوبی برای این مطلب است. عوامل مختلفی در ایجاد این زمین لغزه نقش داشته اند که از جمله می توان به عوامل زمین شناسی (لیتولوژی و ساختار زمین شناسی)، ضخامت و بافت خاک و سنگ های سست، درصد پوشش گیاهی، کاربری زمین ها، میزان پستی و بلندی، شیب دامنه، و بالاخره آب های زیر زمینی اشاره نمود. بدین منظور برای مشخص کردن یکی از عوامل مهم تاثیرگذار در وقوع لغزش، ۵ گمانه حفاری شده در محل بررسی گردید و با استفاده از شواهد سطحی چینه ای، انطباق چینه شناسی لایه های درگیر در لغزش انجام پذیرفت. مطالعات انجام شده نشان داد که یکی از عوامل محتمل وقوع لغزش شرایط محلی زمین ریخت شناسی دیرین و وجود یک محدوده فروافتاده با تغییرناگهانی ضخامت خاک و سنگ لغزیده در محل لغزش بوده است. چنین فروافتادگی سبب زهکش شدن آب های عمقی از منطقه بالادست و در طول زمان بسوی زمین لغزش گردنه صائین شده و در نتیجه باعث تشکیل زون هوازده ولکانیکی مستعد چنین لغزش بزرگی شده است.

کلمات کلیدی: زمین لغزش، زمین ریخت شناسی دیرین، ولکانیسم، مواد آذرآواری، گردنه صائین

۱- مقدمه

حرکت و جابجایی بخشی از مواد دامنه در امتداد یک سطح گسیختگی مشخص را «لغزش» می نامیم. زمین لغزش عبارت از لغزش زمین در جهت شیب و یا سقوط یک توده سنگ و یا مخلوطی از سنگ و خاک است (Varnes D.J., 1978). لغزش انواع مختلف داشته و در هر نوع مصالحی می تواند ایجاد شود. ویژگی های توده متحرک و شکل سطح گسیختگی معمولاً به عنوان عوامل طبقه بندی لغزش ها بکار گرفته می شوند.

این فرآیند بر روی زمین های شیب دار عمل کرده و ممکن است باعث تخریب منازل و تاسیسات، مسدود گشتن مسیر جاده ها و رودخانه ها شود و در بعضی مواقع که حجم عملکرد آن عظیم باشد باعث ایجاد دریاچه هایی نیز می گردد. زمین لغزش ها و ناپایداری شیب ها از خطرات مهم فعالیت های انسانی هستند که اغلب باعث ایجاد خسارات اقتصادی، آسیب دیدن املاک و هزینه های نگهداری بالا می شوند و در برخی موارد نیز تلفات جانی در پی دارند. آن ها می توانند در شیب های طبیعی و هم در شیب های مصنوعی رخ دهند. از مناطق مستعد وقوع زمین لغزش می توان مناطق آتشفشانی را نام برد که ساختار زمین شناسی و وجود شرایط تجزیه هیدروترمالی قابل توجه در مناطق آتشفشانی و کانه زایی رسی در منطقه تاثیر زیادی بر زمین لغزش های بزرگ

می تواند داشته باشد (Hasegava S. et al., 2009). از عواملی که باعث ایجاد و فعال شدن این پدیده می گردند می توان به وجود فرسایش شدید در مسیر رودها و آبراهه‌ها، شیب زیاد واحدهای رسوبی و سنگی و عدم اتصال محکم بین واحدها و سنگ بستر، بارندگی شدید و افزایش آب بین منفذی در رسوبات آبرفتی اشاره کرد. همچنین فعالیت‌های انسانی مانند خاکبرداری و ایجاد راه-ها، بارگذاری ناشی از ساخت و ساز روی زمین‌های شیب دار و مستعد، قطع درختان و پوشش گیاهی منطقه، ورود آب ناشی از چاه‌های فاضلاب، استخرها و آبیاری چمنزارها می تواند باعث فعال شدن و تسریع این پدیده شود که در این میان لغزش در مسیر سازه‌های خطی مانند جاده‌ها و خطوط راه آهن یکی از مناطق با فرکانس لغزش بالاست. مطالعات زیادی بر روی ارزیابی تاثیرات جاده در وقوع گسیختگی‌ها انجام شده است (Sidle L.C., et al., 1985; Swanson F.J. and Dyrness C.T., 1975; Reid L.M., 1981; Mosley M.P., 1980; Coker R.J. and Fahey B.D., 1993). که ذکر تمام آن‌ها از حوصله این بحث خارج است. یکی از تاثیرات جاده‌ها در ایجاد لغزش نقش آن‌ها در فرسایش است. بزرگترین تاثیر جاده‌ها بر میزان فرسایش حجم خاک جابه جا شده بعد از ساخت آن است (Gucinski H. et al., 2001). مقدار بزرگی فرسایش مرتبط با جاده؛ با آب و هوا، زمین‌شناسی، توپوگرافی، عمر جاده، تجارب ساخت و شدت بارندگی متفاوت است (Gucinski H. et al., 2001). شکل سنگ بستر، لایه‌بندی، جنس و نوع سفره آب زیرزمینی (Jiu J. Jiao, 2005) و چینه‌شناسی مناطق آتشفشانی (Sandro de Vita, 2006) نیز می تواند در وقوع زمین لغزش تاثیرگذار باشد.

۲- معرفی منطقه

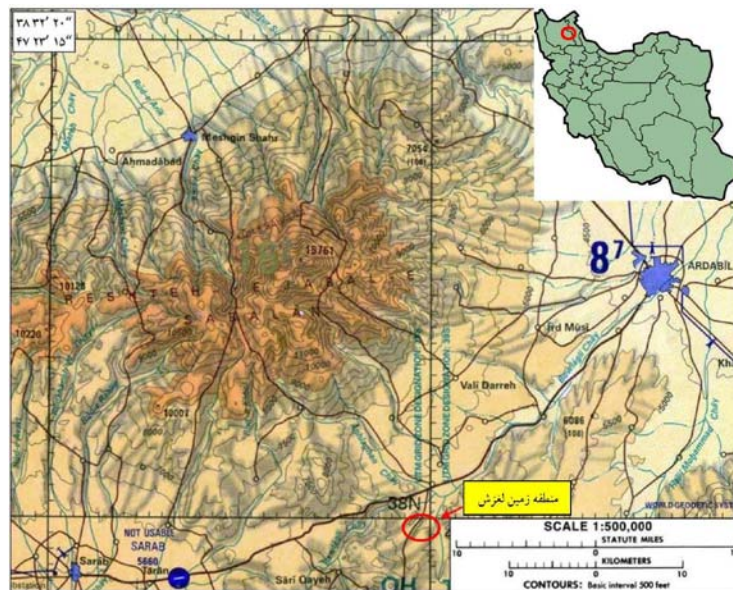
۱-۱- موقعیت جغرافیایی

کوه آتشفشان سبلان، در ۴۰ کیلومتری جنوب غرب اردبیل، ۲۵ کیلومتری جنوب شرقی مشکین شهر در شمال استان اردبیل واقع است. کوه بطور کلی سه قله دارد، قله بزرگتر (۴۸۲۰ متر از سطح دریا) را «سبلان سلطان» و دو قله دیگر را «هرم داغ» سبلان کوچک و «آقام داغ» کسری می نامند (امامی م، ۱۳۷۹). منطقه مورد بررسی در ۴۷ کیلومتری مرکز استان و ۱۲ کیلومتری نیر در محور مواصلاتی اردبیل- سراب بین دو روستای ایلانجوق و ساری قیه و در گردنه صائین قرار دارد. که بخشی از رودخانه بالیخلوچای با امتداد شمال شرقی- جنوب غربی از منطقه لغزش گذر می کند. بلندترین ارتفاع منطقه ۲۱۲۴ متر و پست ترین نقطه که حوالی رودخانه‌ی بالیخلوچای را شامل می شود حدود ۱۸۴۰ از سطح دریا بلندنا دارد. حوضه آبریز منطقه از سمت جنوب به شمال می باشد. به دلیل زمین لغزش اخیر و عملیات جاده سازی، بخشی از رودخانه‌ی بالیخلوچای مسدود شده و دریاچه‌ی مصنوعی و موقتی را پدید آورده است (قهرمانی ا، ۱۳۸۴). دسترسی به منطقه‌ی لغزش از طریق جاده اصلی و ترانزیتی اردبیل- تبریز، پس از گذر از شهرستان نیر و روستای برجلو- ایلانجوق امکان پذیر است.

۲-۲- زمین شناسی سبلان

آتشفشان مرکزی سبلان بر روی یک آهیکته بوم (horst) شرقی- غربی، به ارتفاع حدود ۲۷۰۰ متر که از سنگهای آتشفشانی ائوسن تشکیل شده فوران نموده است (امامی م، ۱۳۷۹). فعالیت قدیمی سبلان از ائوسن شروع گردید، ولی آنچه کوه سبلان را بوجود آورده در پلیوسن شروع به فعالیت نموده و تا آخرین دوره بین یخچالی ادامه داشته است (Didon J. and Gemain Y.M., 1976). بعد از ائوسن، مرحله بعدی فعالیت این کوه، متعلق به میوسن است، بنابراین، تکامل در طی زمان طولانی انجام شده است. فعالیت

آتشفشانی سنزوئیک در ایران مرکزی و کوه‌های البرز به اوج خود رسیده و حجم عظیمی از سنگ‌های بازالتی، آندزیتی، داسیتی و ریولیتی را به صورت گدازه و توف بیرون ریخته است (شاهبیک ا.، ۱۳۷۲). در سبلان نیز وجود یک مخزن عظیم ماگمایی به عنوان منبع گرمایی و بارش فراوان به صورت برف و باران و همچنین نفوذپذیری بالای این منطقه در اثر عملکرد گسل‌های شعاعی و حلقوی این آتشفشان، همگی شرایط عالی برای ایجاد یک سیستم هیدروترمال و ظهور چشمه‌های آبگرم را فراهم کرده است (رجایی م.، ۱۳۸۰).



شکل ۱- نقشه توپوگرافی و موقعیت جغرافیایی زمین لغزش گردنه صائین جاده اردبیل - سواب (U.S. Defense Mapping) (Agency Aerospace Center, 1994)

(Lescuyer. R.L. et Riou. R., 1976) فازهای آتشفشانی سبلان را به ۴ قسمت تقسیم کرده‌اند:

- ۱) جریان‌های گدازه‌ای سبلان قدیم: بیشترین قسمت کوه سبلان را تشکیل می‌دهند و شامل ردیف‌های آندزیتی زیرین، تراکی آندزیت‌های میانی و گدازه‌های داسیتی انتهایی می‌باشند.
- ۲) فرونشینی کالدار و فعالیت انفجاری: فوران مواد انفجاری، همراه با خروج ماگمای کم حرارت بصورت جریان‌های ایگنمبریتی و پومیسی در دره‌های اطراف، انتشار یافته، و در انتها انفجاری شدید، نهشته‌های گسترده‌ای از خاکستر آتشفشانی را ایجاد نموده است.
- ۳) گنبدها و جریان‌های گدازه سبلان جوان: ترکیب این گنبدها و گدازه‌ها، تراکی آندزیت تا داسیتی است (Didon J. and Gemain Y.M., 1976).
- ۴) تحولات ماگمایی آتشفشان سبلان (رسوبات آذرآواری): در غرب و جنوب غربی اردبیل، رسوبات کواترنر پیشین را رسوبات آواری، با خاستگاه آتشفشان سبلان پوشانده‌اند. این رسوبات، بصورت جریان‌های گلی یا لاهار با قلوه‌های

درشت (بیش از یک مترمکعب) و فراوان، حاصل از گدازه‌های سبلان، در یک زمینه آرزلی که با لایه‌های خاکستر در تناوب‌اند دیده می‌شوند.

۳- محدوده مورد مطالعه (گردنه صائین)

در تاریخ ۱۶ خرداد ماه ۱۳۸۴ و در ساعت ۲۱، زمین لغزشی نسبتاً بزرگ در ۱۲ جاده نیر- سراب استان اردبیل به وقوع پیوست. طول و عرض جغرافیایی این زمین $35^{\circ} 53' 47''$ و $43^{\circ} 58' 37''$ است. محل وقوع این زمین لغزش در حاشیه غربی یکی از سرشاخه‌های رودخانه بالیخلو است. به دنبال زمین لغزش، در حدود ۳۵۰ متر از جاده ارتباطی نیر- سراب به کلی تخریب شد و حدود ۱۰۰ میلیارد ریال خسارت به بارآمد (حقیقی م، ۱۳۸۹). این منطقه از نظر زمین‌شناسی قسمتی از زون البرز- آذربایجان می‌باشد و در داخل زون آتشفشانی ترشیر- کواترنر قرار دارد (رجایی م، ۱۳۸۰). آب‌هایی که از ارتفاعات سبلان سراریر می‌شوند به دلیل نفوذپذیری بالای ولکانیت‌ها و اغلب از طریق شکستگی‌ها و احتمالاً از طریق دودکش آتشفشانی به طرف اعماق نفوذ می‌کنند و پس از طی زمان ماندگاری که در برخی نقاط در حدود ۲۰ تا ۲۵ سال به طول می‌انجامد، قسمتی از این آب‌ها توسط سیستم‌های گسلی که در حاشیه‌ی فرورفتگی سراب- اردبیل قرار دارد، به سطح برمی‌گردند (رجایی م، ۱۳۸۰). منطقه عمدتاً از سنگ‌های آذرین و آذرآواری پوشیده شده است که ناشی از آتشفشان سبلان می‌باشند (ستارزاده قدیمی، ۱۳۸۰). شواهد مورد بررسی حاکی از آن است که سبلان در مرحله پس از فعالیت آتشفشانی خود بوده و شرایط تکنونیک جدید در ناحیه هنوز در جریان است. در دامنه جنوبی سبلان، چشمه‌های گوگردی زیادی وجود دارد که آب آن‌ها در حدود ۴۰ درجه سانتی‌گراد حرارت دارد و تنها گواه فعالیت آتشفشان سبلان است (درویش‌زاده، ۱۳۷۴).

۴- مطالعات پیشین در منطقه مورد مطالعه

نتایج مطالعات صحرایی مشخص کرده است که تقریباً تمام گسل‌های واقع در منطقه نسبتاً کوچک، اغلب پوشیده، با امتداد شمال شرقی- جنوب غربی (NE-SW) و از نوع معکوس می‌باشند اما تعداد کمی از این گسل‌ها در عمق‌های بیشتری قرار دارند، و ضمن برقراری ارتباط با مناطق گرم درونی موجبات شکل‌گیری و فعالیت چشمه‌های متعدد آب گرم را فراهم می‌کنند، چشمه‌های آب گرم با فعالیت بالای منطقه در امتداد رخنمون‌های این گسل‌ها واقع شده‌اند، همچنین جابجایی قائم در دسته‌های الحاقی این گسل‌ها سبب شکل‌گیری برخی سیمای‌های زمین‌ریخت‌شناسی ویژه در این منطقه شده است (ستارزاده قدیمی، ۱۳۸۰). سنگ‌های پومیس به سن البگو- میوسن قسمت مرکزی و شرق محدود را پوشانیده است. این سنگ‌ها طبیعتاً سست بوده و نسبت به سنگ‌های مجاور (آندزیت و بازالت) بیشتر تحت تاثیر فرسایش قرار گرفته‌اند به طوری که در محل برخورد این سنگ‌ها در دامنه شمالی و در محل زمین‌لغزش یک پرتگاه طویل شکل گرفته است. علت سست بودن آن‌ها نیز مربوط به حفره‌دار بودن و هوازدگی است؛ که موجب ایجاد درز و شکاف در سنگ‌ها می‌شود. بیشترین رخنمون مربوط به سنگ بازالت الیوین‌دار و پیروکسن آندزیت (سنگ‌های خرد شده شکل ۲-الف) است. لازم به ذکر است که تندشیب مشرف به جاده در محل وقوع لغزش از این سنگ‌ها تشکیل شده است (مددی، ۱۳۸۸). از تخریب سنگ‌های فوق در دامنه‌ها، مواد منفصل که دارای دانه‌بندی ناهمگن هستند، فراهم آمده است. در بیشتر قسمت‌های دامنه‌ای که جاده از آن عبور می‌کند سنگ‌های آذرین و آذرآواری بشدت هوازده شده و عمق متوسط مواد هوازده به بیشتر از ۵ متر می‌رسد (هاشمی طباطبائی، ۱۳۸۴). با توجه به حفاری‌های انجام شده یک لایه رس ضعیف با

پلاستیسیته بالا در عمق ۵۵ متری در زیر سطح راه فعلی ایجاد شده وجود دارد که احتمالاً سطح لغزش است (قهرمانی ا.، ۱۳۸۴). همچنین مورفوسکپی دانه‌ها و مواد هوازده نشان می‌دهد که دانه‌ها زاویه‌دار بوده و اثر سایش در روی آن‌ها به چشم نمی‌خورد؛



شکل ۲-الف) نمایی از لغزش ب) توف‌های پومیزی دگرسان شده، ج) توف لیتیک دگرسان شده که بر اثر فعالیت هیدروترمال و یخبندان به شدت سست شده است و اجزای آن به راحتی جدا می‌شوند.

بنابراین بیشتر مواد از همان جا تأمین شده و در دامنه استقرار یافته‌اند. انباشته شدن مواد دامنه‌ای نفوذپذیر، زمینه را برای لغزش زمین در تمام واحدهای کاری به غیر از چند واحد که در قسمتهای هموار قرار گرفته‌اند مستعد ساخته است. رودخانه بالیخو در جنوب شهر نیر که به طرف جنوب‌غربی امتداد یافته است بر روی یک گسل احتمالی جریان دارد این گسل از شمال آب گرم برجلو می‌گذرد و دره‌ای که جاده جدید اردبیل-تبریز از آن می‌گذرد تقریباً مسیر این گسل را دنبال می‌کند (مددی ع.، ۱۳۸۸).

۵- بررسی‌های صحرائی و بحث

مشاهدات صحرائی نشان می‌دهد که منطقه مورد مطالعه در گذشته لغزش‌های متعددی را تجربه نموده است. توده لغزیده شامل سنگ، قطعات آواری توف‌های سبلان و نهشته‌های واریزه‌ای می‌باشد. همچنین بررسی‌ها نشان از وجود سطوح هاموکی در زمین‌های اطراف دارد که نشان دهنده مستعد بودن منطقه در وقوع لغزش است. همراه با تطابق مطالعات قبلی، هنگام انجام برداشت‌های صحرائی به شواهد چینه‌ای مهمی برخورد شد که به نظر می‌رسد از دلایل مهم ایجاد لغزش باشند. وجود یک لایه کلیدی که در اطراف لغزش رخنمون دارد اما در محل لغزش دیده نمی‌شود احتمالاً نشانه‌ای از وجود تغییر شیب لایه و عبور آن از زیر مواد لغزیده می‌باشد. این لایه همان توف لیتیک دگرسان شده (شکل ۲-ب) است که در دو سوی لغزش در مسیر جاده برونزد داشته و

قابل مشاهده می‌باشد (شکل ۳)، اما با شیب ملایمی به سمت لغزش و در جهت جاده امتداد دارد و در زیر منطقه لغزشی ناپدید شده و مجدداً از سمت دیگر بیرون زدگی پیدا می‌کند. زمین لغزش صائین ترکیبی از حرکت چرخشی و انتقالی بوده است (شکل ۲-الف) و در آن مواد به پایین دامنه جابه جا شده و علاوه بر تخریب جاده، به دلیل مسدود کردن مسیر رودخانه دریاچه کوچکی نیز تشکیل داده‌اند. وجود آثاری از جاده قدیمی بر روی توده لغزیده به زیبایی این موضوع را نشان می‌دهد. برای بررسی دقیق‌تر و انطباق شواهد صحرایی اطلاعات ۵ گمانه حفاری شده در محل بررسی گردید و با استفاده از شواهد سطحی چینه‌ای، انطباق چینه‌شناسی لایه‌های درگیر در لغزش انجام پذیرفت؛ و تمام داده‌ها جمع‌آوری شده به صورت جداولی وارد نرم افزار Rockwork 15 شد و لاگ‌های هر گمانه به صورت جداگانه ترسیم و مورد مطالعه قرار گرفت. سپس سه مقطع چینه‌ای برای ترسیم انتخاب شد یکی در جهت جاده (گمانه‌های ۱، ۲ و ۳) و دو عدد دیگر تقریباً عمود بر جاده (گمانه‌های ۲، ۴ و ۵ و گمانه‌های ۳، ۴ و ۵) در نظر گرفته شد که نتایج حاکی از صادق بودن شواهد چینه‌شناسی موجود در سطح دارد.

با توجه به مطالب گفته شده منطقه لغزشی از لحاظ چینه‌شناسی و زمین‌ریخت‌شناسی دیرین در یک فروافتادگی (depression) قرار گرفته است. همچنین به دلیل وجود فروافتادگی، وجود یک دشت تقریباً مسطح در بالادست و خردشدگی سنگ‌ها در بالای لغزش (شکل ۲-الف) بهترین مکان برای تجمع آب‌های سطحی و زیرزمینی بوده و به دلیل شیب‌دار بودن سنگ بستر، عمق زیاد دگرسانی و وجود مواد منفصل در سطح، موقعیت ایده‌آلی را برای وقوع زمین لغزش به وجود آورده، البته احداث جاده و تغییر هندسه و شیب دامنه نیز در تسریع این امر بی‌تاثیر نبوده است.

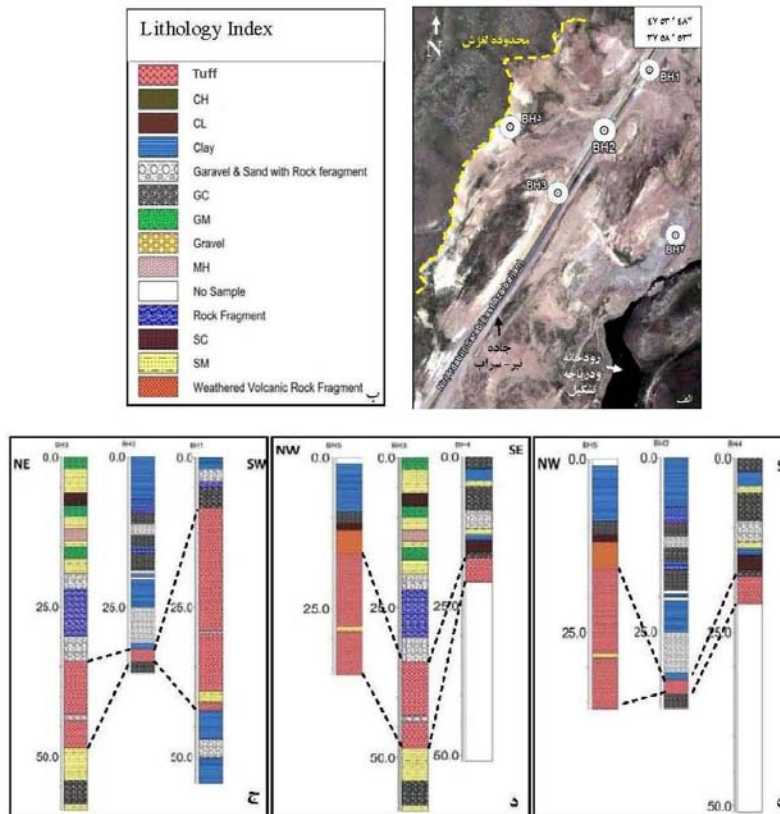


شکل ۳- لایه توف لیتیک و جهت شیب آن در الف) شمال شرقی لغزش و ب) جنوب غربی لغزش؛ این لایه در محدوده لغزش بیرون زدگی ندارد.

۶- نتیجه گیری

بررسی مناطقی که از لحاظ زمین‌شناسی و زمین‌ریخت‌شناسی مستعد وقوع زمین لغزش هستند در تمام پروژه‌های عمرانی بویژه سازه‌های خطی امری ضروری می‌باشد. اگر منطقه مورد نظر دارای شواهد متعدد رخداد زمین لغزش‌های قدیمی باشد، اهمیت این مسئله دوچندان می‌شود. زمین لغزش ۱۶ خرداد سال ۱۳۸۴ که در منطقه ولکانیکی (گردنه صائین) در حدفاصل جاده نیر- سراب رخ داده مثال خوبی برای این مطلب است. عوامل مختلفی در ایجاد این زمین لغزه نقش داشته‌اند که از جمله می‌توان به عوامل زمین‌شناسی (لیتولوژی و ساختار زمین‌شناسی)، ضخامت و بافت خاک و سنگ‌های سست، درصد پوشش گیاهی، کاربری زمین-

ها، میزان پستی و بلندی، شیب دامنه، و بالاخره آب‌های زیر زمینی اشاره نمود. لغزش گردنه صائین در یک فروافتادگی (depression) واقع شده است.



شکل ۴- الف) موقعیت قرارگیری گمانه‌ها نسبت به مکان لغزش، ب) راهنمای چینه‌شناسی گمانه‌ها، ج، د، ه) لاگ گمانه‌ها و مقاطع انتخابی را نشان می‌دهند (داده‌های لاگ از مهندسی مشاور تردد راه، ۱۳۸۴).

چنین فروافتادگی سبب زهکش شدن آب‌های عمقی از منطقه بالادست و در طول زمان بسوی زمین لغزش گردنه صائین شده و در نتیجه باعث تشکیل زون هوازده ولکانیکی مستعد چین لغزش بزرگی شده است. بدین ترتیب لغزش گردنه صائین را می‌توان یکی دیگر از دلایل اهمیت بررسی دقیق زمین‌ریخت‌شناسی دیرین (Paleogeomorph) مناطق مستعد لغزش در نظر گرفت که یکی از عوامل محتمل تغییر ناگهانی ضخامت خاک و سنگ لغزیده در محل لغزش بوده است. البته وجود زمین‌لغزش‌های قدیمی در محل حاکی از آن است که منطقه مستعد وقوع لغزش بوده و احتمالاً احداث جاده محرک اولیه وقوع آن بوده است. همچنین به دلیل دگرسان شدن لایه توف در زیر توده لغزشی و خردشدگی کمتر آن نسبت به سنگ‌های دیگر موجود در محل ممکن است باعث ایجاد مانعی در مقابل نفوذ آب و بنابراین ایجاد یک زون اشباع با عمق نسبتاً زیاد شده باشد. گرچه با توجه به عمق کم این لایه در محل گمانه BH5 و ارتفاع پرتگاه لغزش احتمالاً پس از آغاز لغزش بخشی از خود لایه در بالادست به صورت مواد لغزش درگیر و جابه‌جا شده است. علاوه بر این که در زمان احداث جاده به این مهم دقت نشده در مطالعات پایدارسازی توده لغزشی نیز مورد

توجه قرار نگرفته است و این امر باعث شده که بعد از گذشت ۸ سال از عملیات پایدارسازی و خاک برداری، بخشی از لغزش به دلیل اختلال ایجاد شده در هیدرولوژی آن در حال نشست بوده و باعث ایجاد ترک‌هایی در سطح جاده شده است. وجود یک لایه کلیدی در منطقه مانند توف مورد نظر می‌تواند در پیش‌بینی زمین‌لغزش‌های آینده در آن منطقه و مناطق مشابه مورد استفاده قرار گیرد. مشاهدات صحرایی، چینه‌شناسی و ولکانیزم در منطقه نشان می‌دهد که افتادگی‌های مشابه با وجود لایه‌های کلیدی مانند توف لیتیک دگرسان شده می‌تواند نشانگر پتانسیل خطر در امتداد مسیرها در جاده‌های کوهستانی اطراف آتشفشان‌ها باشد.

منابع

- امامی، م. (۱۳۷۹). ماگماتیسزم در ایران، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کل کشور.
- حافظی، م. (۱۳۸۹). بررسی زمین لغزش گردنه صائین اردبیل به منظور تأمین ایمنی راه با روش توموگرافی الکتریکی دوبعدی و سه بعدی، مجله فیزیک زمین و فضا، شماره ۱، صفحه ۲۸-۱۷.
- درویش زاده، ع. (۱۳۷۴). آتشفشان شناسی، انتشارات دانشگاه پیام نور.
- رجایی، م. (۱۳۸۰). هیدروژئوشیمی و ژئومتری چشمه‌های آب معدنی و آب گرم دامنه‌ی جنوب شرقی سبلان (سرعین و بوشلی)، مجموعه مقالات پنجمین همایش انجمن زمین شناسی ایران.
- ستارزاده قدیمی، ی. (۱۳۸۰). فعالیت لرزه‌ای قابل توجه در ناحیه‌ی سرعین واقع در جنوب غربی آتشفشان سبلان، مجموعه مقالات پنجمین همایش انجمن زمین شناسی ایران.
- شاه‌بیک، ا. (۱۳۷۲). زمین شناسی ایران؛ آب‌های معدنی و گرم، سازمان زمین شناسی کشور.
- قهرمانی، ا. (۱۳۸۴). گزارش پایدارسازی و تثبیت زمین‌لغزش گردنه صائین (محور نیر- سراب) در استان اردبیل، اداره کل راه و شهرسازی استان اردبیل.
- مددی، ع. (۱۳۸۸). بررسی ناپایداری ژئومورفولوژیک گردنه صائین (بین شهر نیر و سراب، منطقه آذربایجان) با استفاده از روش آنبالاگان، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۳۷، ص ۹۴-۷۷.
- مهندسین مشاور تردد راه، (۱۳۸۴). گزارش عملیات حفاری و مطالعات مکانیک خاک منطقه رانشی صائین (محور نیر- سراب)، اداره کل راه و ترابری استان اردبیل.
- هاشمی طباطبائی، س. (۱۳۸۴). گزارش مقدماتی زمین لغزش محور مواصلاتی نیر - سراب، بخش ژئوتکنیک، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
- Coker. R.J., Fahey. B.D. (1993). Road related mass movement in weathered granite, Golden Downs and Motueka Forests, New Zealand. A note. J. Hydrol. (NZ) 31 (1), 65-69.
- Dai. F.C., Lee. C.F. (2001). Frequency-volume relation and prediction of rainfall-induced landslides. Engineering Geology 59: 253-26
- Didon. J. and Gemain. Y.M. (1976). Le Sabalan, Volcano Plio-Quaternaire de L'Azerbaijan Oriental (Iran), etude geologique et petrographique de ledifice et de environment regional, these de 3esme Cycle, Unive. Grenoble, 304p
- Gucinski. H., Furniss. M.J., Ziemer. R.R., Brookes. M.H. (2001). Forest roads: a synthesis of scientific information. Gen. Tech. Re PNW-GTR-509. U.S. Department of Agriculture, Forest Service Pacific Northwest Research Station, Portland, OR, 103 pp
- Hasegawa. S., Dahal. R.K., Yamanaka. M., Bhandari. N.P., Yatabe. R., Inagaki. H. (2009). Causes of large landslides in the Lesser Himalaya of central Nepal. Environ Geol 57:1423-1434
- Jiu J. Jiao. (2005). Confined groundwater zone and slope instability in weathered igneous rocks in Hong Kong, Engineering Geology, 80, 71-92
- Lescuyer. R.L. et Riou. R. (1976). Geologio de la region de Mianeh (Azerbaijan). Contribution a l'etude du volcanisme tertiare de l iran. These 3eme Cycle Universite Scientifique et Medicale de Grenhoble. 233p
- Mosley. M.P. (1980). The impact of road erosion in the Dart Valley, Nelson. NZ.J. Forestry 25 (2), 184-198.
- Reid. L.M. (1981). Sediment production from gravel-surfaced forest roads, Clearwater basin, Washington. Publication FRI-UW-8108. University of Washington, Fisheries Research Institute, Seattle.
- Sandro de Vita. (2006). Cyclical slope instability and volcanism related to volcano- tectonism in resurgent calderas: The Ischia island (Italy) case study, Engineering Geology, 86, 148-165
- Sidle. R.C., Pearce. A.J., O'Loughlin. C.L. (1985). Hillslope stability and land use. Water Resource Monograph, vol. 11. American Geophysical Union, Washington, DC, 140 pp.
- Swanson. F.J., Dyrness. C.T. (1975). Impact of clearcutting and road construction on soil erosion by landslides in the western Cascade U.S. Defense Mapping Agency Aerospace Center. (1994). Tactical Pilotage Chart Series - World, 1:500,000 Scale, TPC- G 5A.
- Varnes. D.J. (1978). "Slope movement types and processes," in R.L. Schuster and R.J. Krizek (eds.), Landslides: Analysis and Control, Nat'l. Res. Council, Wash., D.C., Transport. Res. Bd. Spec. Rep, 176, 11-33