

بررسی و تحلیل زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی زمین لغزش سایت پیشنهادی کارخانه کمپوست شهرستان ساری، استان مازندران

مهرداد صفایی^۱، مربی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مازندران
مریم فتاحی‌بندی، دانشجوی کارشناسی ارشد، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی

پذیرش مقاله: ۱۳۸۸/۰۸/۱۰

دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۰۳/۰۳

چکیده

به منظور ارزیابی پایداری شیب در محل پیشنهادی برای احداث کارخانه کمپوست ساری، بررسی‌های صحرایی، آزمایشگاهی و تحلیل داده‌های زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی محل ساختگاه انجام گرفت. نتایج بررسی‌ها حاکی از وجود رخساره لغزش قدیمی در محل ساختگاه بود. پس از جمع‌آوری داده‌ها و عوامل موثر بر وقوع مجدد رانش زمین با استفاده از مدل تحلیل پایداری به روش حدی و در نرم‌افزار Slope/w، محاسبه ضرایب اطمینان در شرایط مختلف به روش بیشاب انجام گرفت. بر اساس نتایج، کم‌ترین مقدار ضریب اطمینان در شرایط اشباع و تحت بار دینامیکی ناشی از زلزله احتمالی (تحلیل شبه استاتیکی)، معادل ۰/۶۷۶ است. بیش‌ترین ضریب اطمینان نیز در شرایط استاتیکی معادل ۱/۳ است که در صورت اعمال زهکشی به ۱/۵۰ افزایش می‌یابد. بر این اساس، پیشنهاد احداث زهکش‌های عمقی و چاه‌های زهکشی جمع‌آوری کننده آب‌های زیرزمینی و جریان‌های زیر سطحی به منظور کاهش درجه اشباع توده و افزایش ضریب اطمینان، ضمن تعیین ایمنی لازم، از لحاظ اقتصادی نیز موجه خواهد بود.

کلمات کلیدی: تحلیل پایداری، تثبیت، روش زهکشی، زهکش عمقی، ضریب اطمینان

مقدمه

به دلیل گسترش مخاطرات ناشی از زمین‌لغزش‌های مخرب در نواحی جنگلی و کوهستانی استان مازندران، به خصوص ناحیه مورد تحقیق در جنوب شهرستان ساری، انتخاب مکان مناسب برای اجرای طرح‌های توسعه‌ای از جمله احداث ساختگاه‌های مناسب برای کارخانه کمپوست با توجه به معضلات زیست‌محیطی منطقه از اهمیت و حساسیت بالایی برخوردار است. در این مقاله با هدف ارزیابی ایمنی سایت پیشنهادی نسبت به وقوع لغزش، بررسی‌های لازم به منظور تحلیل پایداری و ارزیابی ساختگاه انجام و روش‌های کنترل و کاهش خطر زمین‌لغزش با افزایش ضریب اطمینان دامنه پیشنهاد شد. در حال حاضر کاربردی‌ترین روش‌های تحلیل پایداری شیب، روش تعادل حدی است (کمک‌پناه و همکاران، ۱۳۷۳). روش‌های مختلف تعادل حدی در تحلیل پایداری، بر مبنای شکل سطح گسیختگی ارائه شده است که از جمله می‌توان به روش‌های شیب بی‌نهایت کولمان در سال ۱۸۶۶، گنستر در سال ۱۹۶۸ برای سطوح گسیختگی مستقیم، و در شرایط با سطح گسیختگی دایره‌ای، به انواع روش‌های باریکه‌ای فلینیوس در سال ۱۹۳۶، دایره اصطکاکی تیلور در سال ۱۹۴۶، اسپنسر در سال ۱۹۸۱ و روش بیشاب و بیشاب اصلاحی در سال ۱۹۵۵ اشاره کرد (شریعت‌جعفری، ۱۳۷۵). روش تعادل حدی برای تحلیل مسائل پایداری شیب با فرض اینکه خاک در شکست از معیار "موهر-کولمب" پیروی کند، استفاده می‌شود و معمولاً برای شیروانی‌های خاکی یا توده سنگ خرد شده با مقطع دایره‌ای مناسب است.

^۱ safai1344@yahoo.com

حسن‌پور (۱۳۷۸) در مطالعات پایداری زمین لغزش سنگ ساوه با توجه به وقوع لغزش چرخشی، از میان روش‌های مختلف تحلیل پایداری، روش بیشاب با کمک نرم‌افزار m5stab، به دلیل سهولت و دقت و صحت نتایج مناسب‌تر دانسته است. طاهری (۱۳۸۲) ضمن به‌کارگیری روش بیشاب با مقایسه نتایج آن با روش تحلیل حدی Chen در سال ۱۹۷۱ در مطالعات بررسی پایداری دیواره بریدگی تونل مترو اصفهان، نتایج روش Bishop را، نسبت به تحلیل حدی Chen، محافظه‌کارانه‌تر دانسته، توجه به شکل سطح لغزش بایستی تحلیل دایره‌ای با روش تعادل حدی بیشاب مناسب است. طاهری (۱۳۷۶) در بررسی روش‌های پایداری‌سازی شیب‌های بزرگراه شمالی تبریز، ضمن مقایسه روش‌های تعادل حدی Bishop و Morgenstern (۱۹۶۰) با کمک نرم‌افزار Stabilt در شرایط مختلف تحلیل پایداری، معتقد است نتایج روش Bishop، مقادیر ضریب اطمینان بیش‌تری را نشان داده است.

منطقه مورد بررسی در جنوب روستای ارزفون واقع در دامنه‌های جنوبی شهرستان ساری قرار داشته که راه دسترسی آن از طریق جاده اصلی ساری به کیاسر و جاده فرعی سنگ‌پل به ارزفون است. نزدیک‌ترین رودخانه اصلی منطقه، سالار دره و ناحیه دارای پوشش جنگلی و گسترش سازند مارنی میوسن گزارش شده است. با انجام بررسی‌های صحرایی و مشاهدات سرزمینی رخساره لغزش قدیمی، ضمن ثبت ویژگی‌های توده و آثار آن بر روی زمین، نسبت به انجام نقشه‌برداری توده با مقیاس ۱:۵۰۰ اقدام شد و آن‌گاه بر مبنای ویژگی‌های زمین‌شناسی ناحیه، شامل لیتولوژی سازندهای درگیر لغزش، گسترش نواحی گسلی و شرایط هیدروژئولوژیکی، نسبت به انتخاب نقاط مناسب برای حفاری‌های ژئوتکنیکی به منظور احداث گمانه اقدام شد. در این گمانه‌ها، تا سنگ کف شرایط سطح آب زیرزمینی، تغییرات لایه‌بندی و عمق سنگ کف به همراه پارامترهای مقاومتی خاک (Φ , γ , C) هر لایه و نوع خاک بر مبنای طبقه‌بندی یونیفاید تعیین شد. پس از تجزیه و تحلیل شرایط سایت و نوع و سازگار لغزش قدیمی، نسبت به تحلیل پایداری سایت و برآورد ضرایب اطمینان در شرایط مختلف استاتیکی و شبه استاتیکی و تحت تغییرات درجه اشباع خاک و سطح آب زیرزمینی با کمک نرم‌افزار Slope/w، و بر پایه نظریه Bishop اقدام و نتایج در قالب پیشنهادهای اجرایی مناسب برای افزایش ضریب ایمنی سایت ارائه شد.

مواد و روش‌ها

موقعیت و مشخصات عمومی منطقه: رخساره زمین لغزش ارزفون در جنوب روستای ارزفون لاجیم واقع در دامنه‌های جنوبی شهرستان ساری با مختصات طول ۵۳/۳/۲ شرقی و عرض ۳۶/۲۳/۹ شمالی قرار دارد (شکل ۱). مهم‌ترین راه دسترسی به منطقه، جاده سنگ‌پل به ارزفون، و زهکش اصلی منطقه، رودخانه سالار دره از سر شاخه‌های رودخانه تجن است. از نظر مورفولوژی، این منطقه کوهستانی با پروفیل ضخیم خاک‌های جنگلی و پی‌سنگ با تناوب مارن‌سیلتی، ماسه‌سنگ و سیلتستون آهکی و با پوشش جنگلی است. ناحیه دارای آب و هوای معتدل با بارندگی حدود ۶۷۰-۷۰۰ میلی‌متر در سال است.

داده‌های کتابخانه‌ای: شامل نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰/۰۰۰ چهارگوشه پل‌سفید، نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ لاجیم، تصویر ماهواره‌ای ETM⁺ ناحیه و داده‌های ایستگاه‌های باران‌سنجی اطراف سایت مورد بررسی؛ بر مبنای این داده‌ها، ویژگی‌های پایه سایت، شامل توپوگرافی، لیتولوژی و تکتونیک و شرایط اقلیمی ارزیابی شد.

داده‌های صحرایی: بررسی رخنمون‌های سنگی و مصالح درگیر لغزش، شناسایی نواحی نشت آب و جریان‌های سطحی و اندازه‌گیری صحرایی دبی چشمه‌ها، همچنین اندازه‌گیری شیب و امتداد رخنمون سنگی، و نمونه‌برداری از تناوب‌های لیتولوژیکی و ارزیابی اسکارپ‌های اصلی و جانبی و پنجه شیب رخساره لغزشی قدیمی. تعیین محل گمانه‌های اکتشافی با توجه به ارزیابی صحرایی، از عمق سنگ‌کف و نواحی و تمرکز جریان زیر سطحی و انجام نقشه‌برداری ۱:۵۰۰ از توده لغزشی بعد از پاک‌تراشی جنگل، به منظور آماده‌سازی سایت انجام شده بود. داده‌های آزمایشگاهی حفاری، سه گمانه ژئوتکنیکی تا عمق سنگ‌کف با اعماق ۶-۸ متر در داخل رخساره لغزش قدیمی، و یک گمانه تکمیلی با عمق ۱۳ متر در بخش لغزش فعال شمالی رخساره است. انجام نمونه‌برداری دست‌نخورده و ارزیابی

آزمایشگاهی داده‌های خاک، شامل جنس لایه خاک بر مبنای طبقه‌بندی یونیفاید مقایر SPT، وزن مخصوص تر و خشک خاک، چسبندگی و ضریب اصطکاک داخلی خاک در شرایط زهکشی نشده به همراه پارامترهای μ ، ϵ S است.



شکل ۱- موقعیت منطقه ارزفون

به‌طورکلی، در این تحقیق، مراحل ذیل برای ارزیابی پای‌داری شیب و ارائه روش مناسب تثبیت انجام شد.

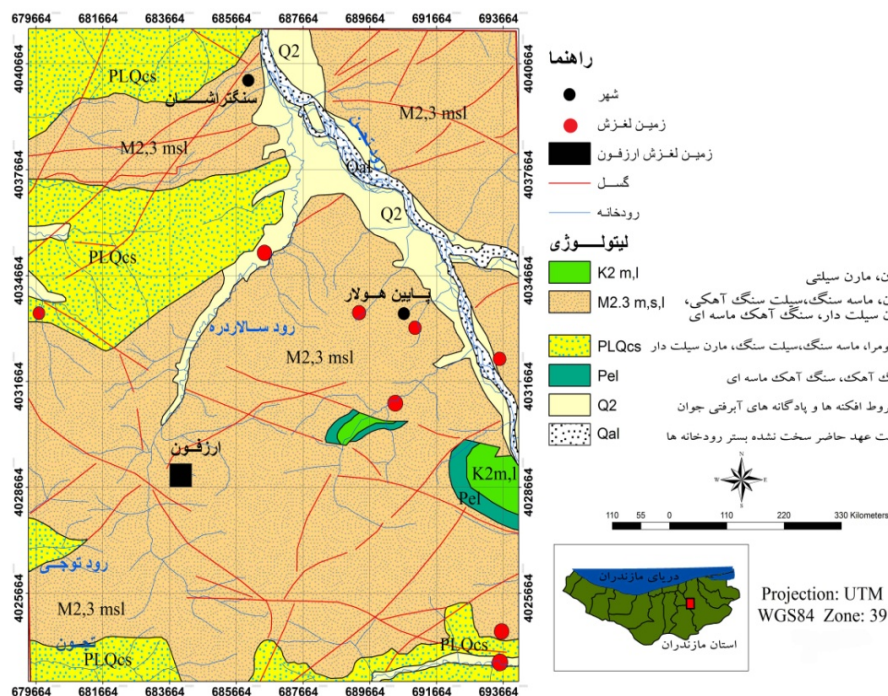
۱. انجام مطالعات دفتری مقدماتی و ارزیابی واقعیت‌های موجود
۲. تفسیر تصویر ماهواره‌ای، نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی پایه
۳. نقشه‌برداری ۱:۵۰۰ از سایت لغزش و رسم پروفیل‌های عرضی و طولی
۴. انجام آزمون‌های صحرایی و شناسایی مصالح درگیر لغزش
۵. بررسی و شناسایی ژئومتری لغزش، شامل اسکارپ اصلی و جانبی و پنجه رانش به‌منظور تعیین نقاط مناسب برای احداث گمانه اکتشافی
۶. حفاری و نمونه‌برداری به‌منظور انجام آزمون‌های صحرایی و تشریح نظری خاک و عمق دست‌رسی به آب
۷. انجام آزمون‌های آزمایشگاهی برای تعیین خصوصیات فیزیکی و مقاومتی خاک
۸. تجزیه و تحلیل داده‌ها و ارائه بهترین شیوه پایداری توده

زمین‌شناسی منطقه: منطقه مورد تحقیق، از نظر ساختمانی در بخش خاوری البرز مرکزی قرار گرفته است. این منطقه از نظر لیتولوژی از سازند مارن‌دار هم‌ارز سازند قرمز بالایی (M2,3m,s,1) پوشیده شده است که به‌دلیل فرسایش‌پذیری بالا، ضخامت خاک در آن قابل توجه است. مخصوصاً با قرار گرفتن در محدوده اطراف گسل‌ها و منطقه برشی آن‌ها و تاثیر هوازدگی، ضخامت خاک افزایش می‌یابد. این واحد از مارن، ماسه‌سنگ و سیلت سنگ آهکی، مارن سیلت‌دار و سنگ آهک ماسه‌ای تشکیل شده است.

گسل بزرگ شمال البرز، تقریباً در فاصله ۲۰ کیلومتری جنوب این منطقه می‌گذرد و تعدادی از گسل‌های فرعی و پوشیده، در اطراف منطقه مورد تحقیق مشاهده می‌شوند. نزدیک‌ترین گسل محلی به‌طول حدود شش کیلومتر با راستای شمال شرق به جنوب غرب و در فاصله حدود ۴۰۰ متری محدوده عبور می‌کند. دومین گسل محلی به‌طول بیش از ۵/۵ کیلومتر، با روند شمال غرب به جنوب شرق و به‌فاصله ۶۰۰ متری از سایت مورد نظر قرار دارد. ضمناً چند گسل محلی در فاصله یک کیلومتری غرب محدوده و در نزدیکی رودخانه سالاردره به هم می‌رسند. همچنین گسل بزرگ‌تری به‌طول بیش از ۱۷ کیلومتر با روند شمال غرب به جنوب شرق در فاصله ۲/۵ کیلومتری شمال شرق محدوده عبور می‌کند که در نقشه‌های زمین‌شناسی به‌نام خاصی اشاره نشده است، ولی از روستای ارزفون عبور می‌گذرد.

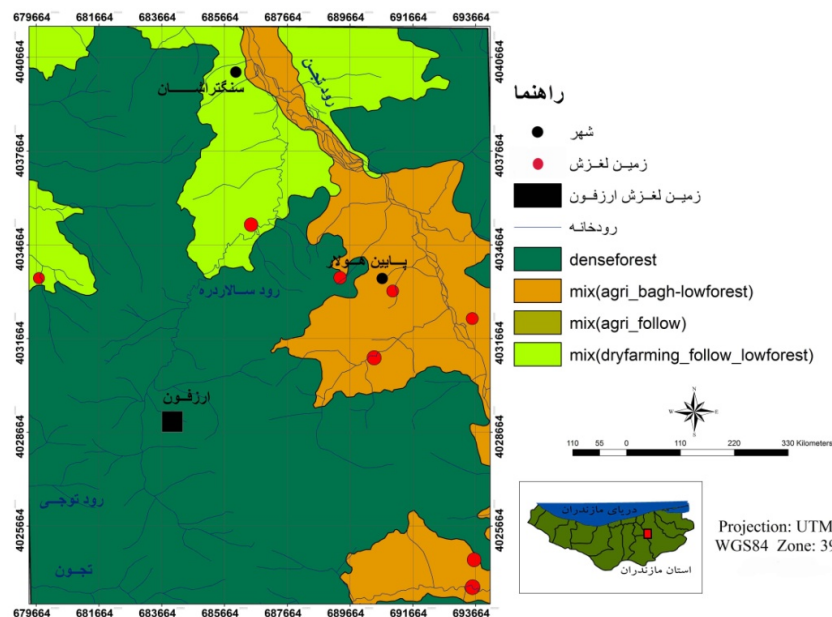


شکل ۲- لغزش ارزفون در واحد مارن دار میوسن ls.3m.M2



شکل ۳- نقشه زمین شناسی ارزفون (بر گرفته از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ پل سفید، سازمان زمین شناسی کشور)

از نظر هیدروژئولوژی منطقه، در قسمت جنوبی محدوده مورد تحقیق، دو چشمه با دبی کم و همچنین نشت آب وجود دارد که مجموع آن در انتهای محدوده نقشه برداری، وارد آبراهه یا رودخانه محلی قسمت جنوب محدوده می شود. اندازه گیری انجام شده بر روی دبی دو چشمه و نشت آب ها نشان می دهد که دبی متوسط $0/6$ لیتر بر ثانیه را در بر می گیرد. در قسمت انتهایی و جنوب محدوده مورد تحقیق، یک رودخانه محلی عبور می کند که هرز آب و نشت آب و آب های سطحی قسمت جنوبی را به پایین دست هدایت می نماید. رودخانه اصلی، که در فاصله حدود یک کیلومتری غربی محدوده جاری است، به سالاردره معروف است که در شمال به رودخانه تجن متصل می شود. از نظر کاربری اراضی، این منطقه در ناحیه ای جنگلی واقع شده و دارای مورفولوژی کوهستانی است.



شکل ۴- منطقه لغزشی ارزفون در منطقه‌ای با پوشش جنگلی

ریشه گیاهان، علاوه بر بالا بردن مقاومت برشی خاک، با جذب بخشی از آب زیرزمینی به خشک کردن شیب و افزایش پایداری دامنه کمک می‌کند که مانع از تاثیر منفی باران و باد می‌شود. با توجه به اینکه منطقه مورد تحقیق از نوع جنگلی و از درخت پوشیده شده است و با در نظر گرفتن لیتولوژی حساس و مارن‌دار منطقه، انجام هر گونه تغییر کاربری که منجر به قطع درختان و همچنین بارگرزایی بر روی دامنه شود، زمینه را برای رخداد ناپایداری دامنه‌ای مستعد می‌کند. کاربری آینده این سایت کارخانه کمپوست است که در دست احداث است.

نوع توزیع فصلی نزولات جوی در منطقه مورد تحقیق تحت‌تأثیر عوامل اقلیمی و توپوگرافی، متنوع است، به‌طوری‌که وضعیت بارندگی از قسمت‌های پست شمالی به سمت ارتفاعات جنوب منطقه بارندگی به صورت برف بیش‌تر می‌شود و ذوب تدریجی این نزولات در فصل بهار و تابستان منبع اصلی آب رودخانه تلار و شعب فرعی آن خواهد بود. بیش‌ترین میزان بارندگی در ایستگاه استخرپشت، ۷۵۳/۱ میلی‌متر و کم‌ترین میزان بارندگی (۵۷۹/۹ میلی‌متر) مربوط به ایستگاه تلار است. به‌طور کلی بارش یکی از تغییرپذیرترین و مهم‌ترین عناصر اقلیمی است و نقش مهمی در ایجاد حرکات دامنه‌ای دارد. کم‌ترین بارش مربوط به ماه‌های تیر و مرداد و بیش‌ترین مربوط به آذر و آبان است. بیش‌ترین میزان بارش جوی در ایستگاه‌ها، مربوط به پاییز و کم‌ترین میزان بارش در ایستگاه‌ها مربوط به فصل تابستان است.

بررسی تاریخیچه رانش زمین در منطقه: به دلیل گسترش مارن‌های میوسن در این منطقه، به‌طور کلی قابلیت بروز لغزش در ناحیه بالا است. زمین لغزش‌های سلیم‌بهرام، گرمستان، هولار و امره از زمین لغزش‌های مهم اطراف سایت واقع بر این زون هستند. اکثر دامنه‌های جنگلی این ناحیه، دارای پروفیل‌های خاص مناطق لغزشی است. سایت مورد بررسی، شامل یک زمین لغزش چرخشی قدیمی بوده که دو مرحله لغزش را نشان می‌دهد؛ این لغزش تحت‌تأثیر تجمع خاک‌های رسی (CH) بر روی پی سنگ سیلتستون آهکی و نفوذ آب‌های تراوشی از حد ماسه سنگ‌های مارن و مارن آهکی، سیلتستون آهکی و نفوذ آب‌های تراوشی از حد واسط سنگ‌های مارن و مارن آهکی و سیلتستون و ماسه‌سنگ‌های ریزدانه به‌وقوع پیوسته است. اسکارپ اصلی این لغزش با بلندی بیش از پنج متر در میانه سایت، جایی که گاوسرا بر آن قرار داشته، از جنس سنگ‌های سیلتستون و سیلتستون آهکی لوماشولی مشهود است. لغزش دیگر سایت با جهت شمال غربی در بالادست سایت، لغزشی قرار دارد که در ادامه، پنجه این لغزش قدیمی فعال بوده، به‌شدت جاده دسترسی را با خطر روبه‌رو می‌سازد. بنابراین تاریخیچه لغزشی منطقه و سایت حاکی، از سابقه فعالیت لغزشی در این ناحیه را نشان می‌دهد و می‌تواند مستعد لغزش‌های بعدی باشد.

بررسی ژئومتریک توده رانش و آثار آن بر روی زمین: از نظر وضعیت ژئومتریک، محدوده مورد تحقیق را می‌توان در سه بخش بررسی شمالی، میانی و جنوبی محدود کرد.

قسمت شمالی: قسمت شمالی محدوده مورد تحقیق به ابعاد تقریبی 120×100 متر است که در قسمت غربی دارای ترانشه‌ای با شیب تند توپوگرافی و همراه با روانه گلی بوده، این روانه گلی باعث بروز مشکلاتی برای راه دسترسی به منطقه شده است. این قسمت پس از خاکبرداری دچار نشست شده که ارایه فعالیت در این بخش را با مشکلاتی مواجه نموده است.

قسمت میانی: این قسمت خط الرأس و جداکننده دو بخش شمالی و جنوبی و واحد دامداری سنتی قدیمی نیز بر روی آن استقرار یافته، جز نقاط پایدار بوده که پی‌سنگ نیز در عمق کم و حتی در بعضی نقاط بیرون‌زدگی داشته است. این بخش عرض تقریبی ۳۰ متر و به‌طول بیش از ۱۲۰ متر را تشکیل می‌دهد.

قسمت جنوبی: این قسمت بخش جنوبی که عمده فعالیت روی آن متمرکز شده و بیش از ۲:۳ مساحت محدوده را دربر می‌گیرد به‌طول ۲۵۰ متر و عرض متوسط ۱۵۰ متر است که حفر دو گمانه اکتشافی در جنوب و شمال این بخش نشان می‌دهد که پی‌سنگ در قسمت جنوبی در عمق هفت متر و در قسمت شمالی در عمق ۱۲ متری آن وجود دارد که این اعداد قبل از خاکبرداری بوده است. البته قسمت جنوبی یک زمین‌لغزش فسیل بوده و به‌همین دلیل مورفولوژی ملایمی پیدا کرده است؛ حجم اصلی مصالح لغزش فسیل، به‌مرور به‌وسیله جریان آب‌راه‌های که از پنجه لغزش عبور می‌کند، به‌صورت رسوب از منطقه خارج شده است. در پی اجرای عملیات خاکبرداری و تراس‌بندی و پلکانی کردن شیب بخش شمالی (در جهت شمال غربی)، یک زمین‌لغزش جدید با ایجاد ترک‌های کششی فعال شده است. به‌طوری‌که لغزش جریانی مشرف به جاده، پنجه این لغزش نسبتاً بزرگ را تشکیل داده است.

بررسی‌های ژئوتکنیکی و ویژگی‌های مصالح لغزشی: مصالح لغزشی عمدتاً شامل خاک‌های ریزدانه رسی، سیلتی با چسبندگی کم و با پلاستیسیته کم تا زیاد بوده، بیش از ۸۵ درصد مصالح از رس و سیلت و مابقی (۱۰-۱۵ درصد) ماسه و شن همراه با خرده‌سنگ‌های سیلتستونی هستند. عدد اکتیویته (A) سایت در حد $0.5 - 0.67$ محاسبه شده که مبین غیر فعال بودن رس‌های آن است و عمدتاً از رس‌های کائولونیتی همراه با مقدار کمی رس‌های کلریتی و مونت‌مورینیت تشکیل شده است.

خاک‌های حاوی این کانی‌ها، بر اثر افزایش رطوبت و اشباع شدن، خواص مکانیکی ویژه‌ای پیدا کرده، در مقابل آب خواص انبساط شونده، واگرایی و فروریزنده، نشان می‌دهند. با افزایش آب دامنه‌ها، فاصله بین ورقه‌های رسی بیش‌تر شده، با انبساط آن‌ها مقاومت برشی خاک‌ها کاهش می‌یابد. به‌طور کلی، تحت شیب‌های کم‌تر از پنج درجه، تورم و انقباض خاک‌های رسی موجب خرابی ابنیه می‌شود؛ ولی در شیب‌های بالاتر از پنج درجه، تورم خاک‌های رسی سبب ایجاد خزش تورمی، خزش دامنه‌ای و در نهایت وقوع لغزش می‌شود. لذا وجود رس در کنار سایر شرایط مانند رطوبت و توپوگرافی مناسب و تحریکات حاصل از دست‌کاری‌های مصنوعی باعث فعال شدن لغزش می‌شود.

جدول ۱- پارامترهای ژئوتکنیکی محل طرح

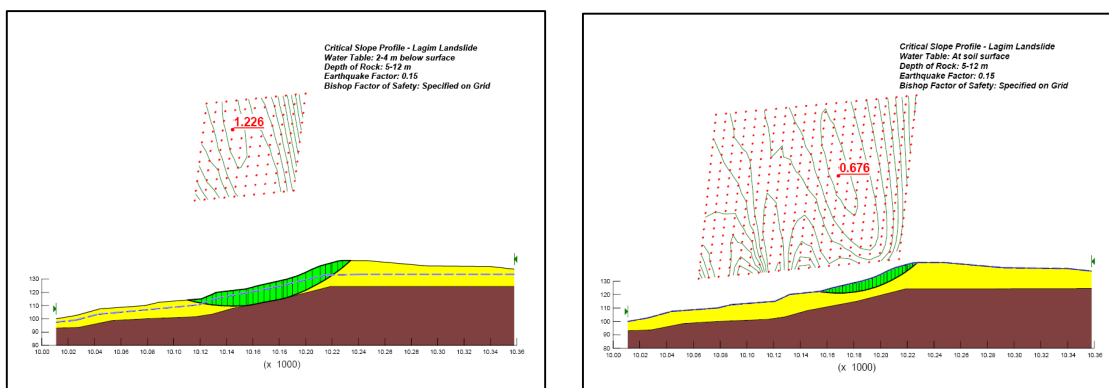
شماره گمانه	عمق (m)	جنس لایه	SPT (ave.)	γ_w ($grcm^{-3}$)	γ_D ($grcm^{-3}$)	CU ($kgcm^{-2}$)	ϕ_u (deg)	CU ($kgcm^{-2}$)	ϕ (deg)	Es ($kgcm^{-2}$)	μ
BH1	۰-۶	CL, CH	۷	۱/۹۰	۱/۴۷	۰/۲	۴	۰/۱۲	۲۸	۷۵	۰/۳۵
.	۶-۸	CL	۱۱	۱/۹۵	۱/۵۳	۰/۳۵	۳	۰/۱۲	۲۳	۱۳۰	۰/۳۵
BH2	۰-۵	CL	۷	۲/۰۱	۱/۶۵	-	-	.	۳۴	۷۰	۰/۳۵
BH3	۰-۱۳	CL, CH	۱۳	۱/۹۹	۱/۶۴	۰/۳۱	۲	.	۴۰	۱۲۰	۰/۳۵
BH4	۰/۵-۵	CH, MH, CL,	۸	۱/۹۷	۱/۵۶	۰/۵۹	۱۲	.	۴۰	۹۰	۰/۳۵

از نظر وضعیت آبی در مصالح، سطح آب زیرزمینی وجود نداشته، اشباع شدن توده خصوصاً در سطوح لغزشی، تحت تأثیر جریان‌های زیرسطحی و سفره‌های معلق در بخش‌های پایین توده است. عمق دستیابی به سنگ کف در گمانه‌های اول تا چهارم، به ترتیب ۵/۷، ۱۲ و پنج متر بوده که حاکی از کم عمق بودن پی سنگ سیلتستونی و سیلتستون آهکی لوماشلی است. از نظر طبقه‌بندی خاک عمدتاً در گروه CL قرار می‌گیرند و بر روی سنگ کف به صورت لایه‌های ۰/۵ - ۱ متری شامل خاک CH است. این خاک‌ها در شرایط نیمه اشباع و در سطوح لغزش در شرایط اشباع قرار دارند.

نتایج و بحث

تحلیل پایداری به روش تعادل حدی و با نرم‌افزار Slope/w، که زیرمجموعه نرم‌افزار GeoOffice است، صورت گرفت و محاسبه ضریب اطمینان، به روش Bishop انجام شد. سطح آب با توجه به مطالعات انجام شده و مشاهدات در محل، در بالادست برابر هفت متر انتخاب شد و با توجه به توپوگرافی، در پایین‌دست به دو متر رسید. عمق سنگ بستر نیز به طور متوسط بین ۵-۱۲ متغیر است. پارامترهای خاکریز با توجه به مطالعات انجام شده $\gamma=19.72$ و $\phi=34$ ، $C=0.1$ KN/M2 و $\phi=34$ ، $C=0.1$ KN/M2 انتخاب و به نرم‌افزار معرفی شد.

مقدار اندک چسبندگی برای جلوگیری از تشکیل سطوح لغزش، با عمق بسیار کم که غیر واقعی است، معرفی شد. البته با توجه به مشاهدات در محل، مقدار چسبندگی خاک در حالت زهکشی شده ممکن است بیش از مقدار مذکور نیز باشد. همچنین مقدار ضریب افقی زلزله برای تحلیل شبه استاتیک برابر با ۰/۱۵ انتخاب شد. مقدار مذکور معرف خطر لرزه‌خیزی بالا است. در شرایط اشباع آب در سطح زمین و تحت بار دینامیکی ناشی از وقوع زلزله احتمالی، حداقل ضریب اطمینان برای وقوع لغزش موضعی کم عمق برابر ۰/۶۷۶ و برای لغزش‌های بزرگ‌تر و تا عمق سنگ کف، به ۰/۸۲۱ می‌رسد. در شرایط فعلی که سطح آب توده در اعماق دو تا چهار متری قرار دارد، امکان وقوع لغزش‌های چرخشی تا عمق سنگ کف حداقل ضریب اطمینان برابر ۱/۲۰۸ و برای لغزش‌های عمیق تا سنگ کف، که بخش اعظم شیب را تحت تأثیر قرار می‌دهد و تقریباً به صورت انتقالی عمل می‌کند، حداقل ضریب اطمینان ۱/۳۰۲ برآورد شده است.

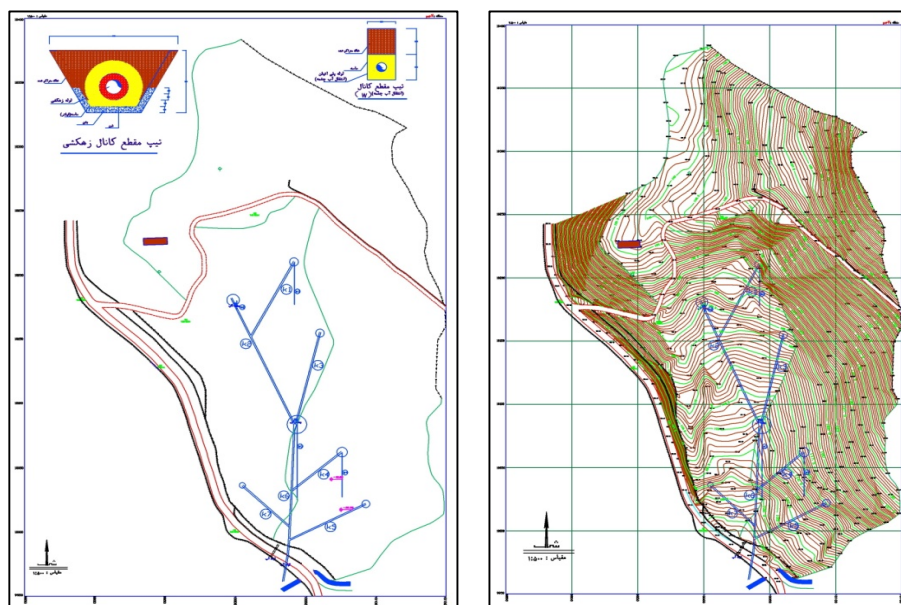


شکل ۵ - تحلیل پایداری دامنه با استفاده از نرم‌افزار Slope/w

با بررسی منطقه مورد نظر مهم‌ترین عوامل موثر در وقوع زمین لغزش آرزفون به صورت زیر مشخص شد.

۱. این زمین لغزش از نوع چرخشی بوده، در سازند مارن‌دار هم‌ارز سازند قرمز بالایی به وقوع پیوسته است. با توجه به بررسی لغزش‌های زیادی که در این سازند رخ داده، مهم‌ترین عامل استعداد لغزشی این سازند را می‌توان به حضور مارن و کانی‌های رسی موجود در آن مربوط دانست که انجام طرح‌های عمرانی بر روی این سازند به مطالعات و آزمایشات دقیق‌تری، نسبت به دیگر سازندهای منطقه، نیاز دارد؛ این سازند به دلیل فرسایش‌پذیری بالا دارای ارتفاع

- کم و شیب ملایمی بوده، ضخامت خاک در آن بالاست؛ همچنین زهکشی ضعیف این سازند که موجب افزایش فشار منفذی در دامنه می‌شود، از مهم‌ترین عواملی است که موجب ناپایداری دامنه می‌شود.
۲. در محدوده مورد تحقیق چند گسل نیز وجود دارد که فاصله نزدیک‌ترین آن‌ها به این نقطه، در حدود ۴۲۰ است. علاوه بر این، نقطه در فاصله کم‌تر از یک کیلومتری محل برخورد چند گسل است. همچنین نزدیک‌ترین گسل اصلی به این منطقه، در فاصله کم‌تر از سه کیلومتری قرار گرفته است. در محدوده اطراف هر گسل، یک محدوده خردشده وجود دارد که در این محدوده، عمق هوازدگی بیش‌تر و در نتیجه مقدار نفوذ آب سطحی و افزایش تراز آب زیرزمینی بیش‌تر خواهد بود. فاصله کم منطقه تا گسل‌های اطراف، موجب شده که این نقطه در محدوده برشی ذکر شده قرار گرفته و اثرات منفی لیتولوژی مارنی این سازند تحت تاثیر این محدوده افزایش یابد؛ در چنین شرایطی، عمق هوازدگی زیاد شده و نفوذ آب‌های سطحی و تراز آب زیرزمینی افزایش می‌یابد.
۳. یکی از مهم‌ترین دلایل رخداد لغزشی در این ناحیه، تغییر کاربری اراضی است که با انجام تغییرات کاربری در محیط جنگلی، که با قطع درختان و حذف اثر مثبت آن‌ها در پایداری دامنه همراه بوده، موجب ناپایداری دامنه‌های منطقه شده است. همچنین وجود جاده در نزدیک منطقه لغزشی، یکی دیگر از عوامل محرک لغزش است. حضور جاده با توجه به بار ترافیکی که بر دامنه اعمال می‌کند، به‌ویژه زمانی که لیتولوژی مستعد لغزش و دامنه دارای آب محتوی قابل ملاحظه‌ای باشد می‌تواند موجب ناپایداری دامنه‌ای شود.
۴. انجام این طرح بر روی یک لغزش فسیل و تحریک آن، که موجب فعالیت مجدد آن شده، از دیگر عوامل مهم و موثر در ناپایداری این سایت به‌شمار می‌رود.
- با توجه به ویژگی‌های منطقه و توده لغزشی، موارد زیر به‌منظور تثبیت و بهبود وضعیت پایداری دامنه پیشنهاد می‌شود. یکی از مهم‌ترین و ضروری‌ترین روش‌هایی که برای تثبیت در دامنه‌های ناپایدار با ویژگی‌های ذکر شده باید به‌کار گرفته شود، زهکشی سلیت لغزشی است. در شکل ۶، پلان طرح زهکشی برای این سایت ارائه شده است، زهکشی توده به‌منظور خروج آب اضافی از توده یا عدم حضور آب به داخل مصالح، به‌صورت سطحی یا عمقی، از جمله روش‌های مناسب برای افزایش ضرایب پایداری و کاهش ریسک خطر است.



شکل ۶- نقشه زهکشی توده لغزشی و موقعیت گمانه‌های اکتشافی همراه با مقاطع زهکش

¹ Zone

کاستن از زاویه شیب با روش پلکانی، زهکشی خاک و کاربرد ژئوسنتیک‌ها و انواع پی‌های عمیق و نیمه عمیق همراه با زهکش و احداث دیواره‌های نگهبان، می‌تواند در افزایش ضریب اطمینان دامنه به لغزش و پایدارسازی نسبی آن موثر باشد. همچنین بهبود مشخصات ژئوتکنیکی مصالح با استفاده از مواد شیمیایی، مانند کاربرد دوغ آب آهک در چاه‌های تزریق و ترانسه‌ها و پی نیز از جمله روش‌های پایدارسازی توده برای استقرار سازه است. سکوبندی به وسیله عمل خاکبرداری می‌تواند شیب کلی دامنه را کاهش دهد. در روش باربرداری از دامنه به وسیله حفر ترانسه و کاهش ارتفاع، تعیین محل صحیح باربرداری بسیار حائز اهمیت است. تراس‌بندی یکی از راه حل‌های کاهش شیب خواهد بود. در این روش دامنه مرتفع به چند قسمت کوچک‌تر تقسیم می‌شود. عرض تراس‌ها بایستی حداقل ۲۰ متر باشد تا بتواند هر قسمت به صورت دامنه مجزایی عمل کند.

منابع مورد استفاده

۱. حسن‌پور، ج. ۱۳۷۸. تحلیل پایداری زمین لغزش روستای سنگک. اولین کنفرانس زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، دانشگاه تربیت معلم.
۲. شریعت‌جعفری، م. ۱۳۷۵. زمین لغزش مبنای و اصول پایدار سازی شیب‌های طبیعی. انتشارات سازه، ص. ۲۱۸.
۳. کمک‌پناه، ع. و س. منتظرالقائم. ۱۳۷۳. روش‌های تحلیلی در ارزیابی پایداری شیب‌های طبیعی. موسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله.
۴. طاهری، ع. ۱۳۸۲. بررسی پایداری دیواره بریدگی در تونل‌سازی با روش کند و پوش. سومین کنفرانس زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، دانشگاه بوعلی همدان.
5. Bishop, A.W. and N.R. Morgenstern. 1960. Stability coefficients of Earth slopes. *Geo-technique*, London, 10:129-150.

Analysis and evaluating the stability of the region for development of compost factory project in Lajim-Sari, Iran

Mehrdad Safaie¹, Scientific Board, Agricultural and Natural Resources Research Center, Mazandaran, Iran

Maryam Fattahi Bandpay, MSc Student, Sciences and Researches Unit, Azad Islamic University, Iran

Received: 23 May 2009

Accepted: 31 October 2009

Abstract

In order to assess the stability of slopes of the proposed sites for the construction of a composting plant, field studies, laboratory experiments, analysis of geological engineering and geotechnical data of the site location were performed. Results of studies indicate the existence of the phenomenon of occurrences of old landslides at the site. After collecting data, and analyzing the factors affecting the recurrence of landslide using both limit equilibrium stability analysis and Slope / w software, Factor of Safety (FOS) and probability of occurrences ($FOS < 1$) in various conditions based on Bishop method were calculated. Based on the results, the lowest FOS values under saturated conditions and dynamic loading of the probability of earthquakes was found to be (pseudo static analysis) equal to 0.676 which shows in this situation slope is unconditionally unstable. Highest FOS in static conditions was equivalent to 1.30 where it is applied to drainage would increase to 1.50. Accordingly, construction of deep drains and drainage wells is suggested to collect groundwater and subsurface flows in order to reduce degree of saturation and increase FOS and stability while providing safety would be economically justified.

Key words: Deep drain, Drainage method, Factor of safety, Stability analysis, Stabilization

¹ safai1344@yahoo.com