

بررسی امکانات تثبیت زمین لغزه در جاده‌های جنگلی (پیچ صنوبر در جنگل خیرودکنار به عنوان یک مدل علمی)^۱

محمد رضا گرجی^۳

نصرتا... ساریخانی^۲

چکیده

زمین لغزه در مسیر راه‌های جنگلی، پدیده‌ای با ابعاد گسترده باعث ایجاد محدودیت مدیریت و بهره‌برداری از جنگل است. پرهیز از نقاط حساس، در مرحله طراحی شبکه، بهترین راه‌خلاصی از این مشکل است که نیاز به تشخیص تخصصی دارد. در موارد زیادی نیز ناگزیر از عبور دادن مسیر راه از روی این نقاط (حتی اگر شناسایی شود) هستیم و گاه هم عوارض آن پس از ساخت جاده بروز می‌کند. بازسازی راه در چنین مواردی بسیار پرهزینه، مشکل و وقت گیر و گاه ناممکن است؛ به طوری که اغلب به دلیل جدی بودن مسئله و کمبود اطلاعات تخصصی در این باره، متوسل به تغییر مسیر می‌شویم. باتوجه به مسائل فوق، این پدیده در قالب یک طرح پژوهشی از نظر نوع خاک و زمین یعنی دانه‌بندی، رطوبت، قابلیت جذب و نفوذ... بررسی و کلاسه‌بندی و برای تکمیل مطالعات قبلی موارد زیر مطرح شد:

- آنالیز و تعیین پایداری شروانی آزاد خاک و تشخیص وضعیت آن از نظر حساسیت به حرکت؛
- انجام آزمایشات مقاومت برشی خاک، عمق سفره زیرزمینی، اثرات شدت بارندگی، پروفیل حفره، عمق و وضعیت جنس و سطح لایه غیرقابل نفوذ (برای طراحی ابنیه فنی).
- تهیه نقشه توپوگرافیک از محل حساس، طراحی ابنیه فنی و سازه‌های توریسنگی و شبکه زهکشی.
- برآورد حجم سازه‌ها و عملیات ساختمانی و آماده‌سازی ابنیه فنی، دیواره سازی معین، زهکشی و هزینه‌های مربوطه.
- در این تحقیق پیچ صنوبر به دلایل منطقی (بازسازی‌های مکرر و پرهزینه و در آخر تغییر مسیر) به عنوان یک مدل، مورد بررسی قرار گرفت و در پایان معلوم شد در صورت داشتن اطلاعات کافی، بازسازی به روال علمی بسیار منطقی‌تر از تغییر مسیر بوده است.

واژه‌های کلیدی: زمین لغزه، زهکشی، توریسنگ، عمق لایه غیرقابل نفوذ، ابنیه فنی، مقاومت برشی، پروفیل حفره، شبکه راه‌های جنگلی.

^۱ - تاریخ دریافت: ۸۰/۴/۱۸، تاریخ تصویب نهایی: ۸۱/۹/۲۵

^۲ - دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

^۳ - کارشناس ارشد جنگلداری

مقدمه

زمین لغزه (Landslide) عبارت است از حرکت کلی و عمقی تمام قشر خاک بر روی سطح زمین مادری.

در بعضی مواضع این قشر اغلب رسی سیلنتی و قابل نفوذ آب است که بر روی یک سطح صابونی صاف و غیرقابل نفوذ قرار داد. در اراضی جنگلی با توجه به خاک‌های عمیق و حاوی مواد آلی و در نتیجه نفوذپذیری زیاد و همزمان، مرطوب بودن خاک و بارندگی زیاد و اغلب کوهستانی بودن عرصه‌ها این پدیده فراوان‌تر است. این پدیده معضلات بزرگی را در اراضی کوهستانی، چه جنگلی و یا غیرجنگلی در هنگام ساخت یا استفاده از بزرگراه‌ها، راه‌آهن، مسیر دکل‌های فشار قوی ... به وجود می‌آورد که ما را ملزم به بررسی و آنالیز پایداری دامنه‌ها و شیب‌ها و برآورد ابعاد مسئله می‌نماید.

در جنگل، با توجه به حساسیت بیشتر اراضی و فراوانی بیشتر نقاط از یک طرف و لزوم ایجاد شبکه راه‌های جنگلی کامیون رو در حدود ۳۰ متر در هر هکتار به طور متوسط و صرف نظر از مسیرهای بسیار متراکم (تراسکیدرو) یک مسئله بسیار جدی است. مسیر راه‌های جنگلی در کل شبکه، دانسته یا ندانسته و خواسته یا ناخواسته از بعضی از این نقاط می‌گذرد، علیرغم این که اصل اول، شناخت این مواضع و پرهیز از آن است.

جاری ساختن آب دامنه بالادست در کانال کناری راه جنگلی که امری لازم، بدیهی و معمول است و نفوذ موضعی این آب (مثلاً به علت نشست اندک بدنه راه و در نتیجه ایجاد انحنای در کف کانال) گاه می‌تواند خود به تنهایی محرکی برای آغاز و به طور مضاعف ایجاد یک حرکت توده‌ای تمام عیار باشد (مثال پیچ صنوبر) صرف نظر از اینکه تجمع و خروج آب کانال‌ها از یک نقطه خروجی (در محل لوله‌های عرضی و یا پل‌ها) خود نیز می‌تواند باعث ایجاد فرسایش شیاری باشد که منجر به حرکت توده‌ای دو طرف مسیر گردد. درجاده‌سازی، عملیات خاکبرداری یا خالی کردن زیر قشر حساس (در سمت دامنه) و خاکریزی بر روی این قشر (در سمت دره) نیز خود محرک دیگری است.

در نتیجه باید گفت حرکت‌های توده‌ای بسیار پیچیده بوده و عوامل ایجاد آنها ثابت نیستند، ضمن اینکه در طول زمان‌های مختلف یا کاربری‌های مختلف اراضی، به صورت مختلف بروز می‌کنند و تغییر شکل محلی نیز دارند. به عنوان مثال در دره مجاور زمزم در سری چلیبر (جنگل آموزشی) به دلیل تغییر کاربری جنگل به مرتع در اثر توسعه چرا و قطع درختان در دهساله اخیر، کل اراضی اطراف گاوسرا علیرغم کوچک بودن دره زمزم (بخصوص در غرب آن) در حال حرکت است و این حرکت توده‌ای دارای چنان ابعادی است که عبور راه از غرب به شرق سری چلیبر در تمام طول دره را غیر ممکن می‌سازد (درحالی که عبور از این مانع اجباری است) و تنها در یک نقطه احتمال تثبیت و گذر با عملیات سنگین و پرهزینه زه‌کشی و ابنیه فنی وجود دارد. این گونه مسائل حاد درحوزه جنگل‌های نیزنگ از توابع نوشهر موجبات جابه‌جایی مسیر به طول حدود ۷۰ متر به سمت پایین در عمق ۲۰ متری شده و در منطقه چمستان و لایوچ گذشته از جابه‌جایی و تخریب راه منجر به سقوط دکل‌های فشار قوی و میلیون‌ها خسارت گردیده به طوری که پس از تعویض مکرر دکل‌های ساقط، در نهایت اقدام به تغییر کلی مسیر دکل‌های فشار قوی در طول ده‌ها کیلومتر شد.

به این ترتیب حتی علیرغم تشخیص‌های کارشناسانه، گاه به علت مخفی بودن عوامل حرکت و تشدید آن در عملیات راهسازی، با این پدیده مخرب مواجه می‌شویم. در هر حال با توجه به ابعاد وسیع مسئله لازم است مطالعات گسترده‌ای را برای شناسایی و پرهیز از آن و به علاوه برای ارزیابی چگونگی بازسازی و هزینه‌های آن (در صورت بروز) انجام دهیم تا قادر به انتخاب راه‌حلی منطقی (بازسازی و یا تغییر مسیر) باشیم. این بررسی گامی است در این راستا که امید است با جدیت در خور مسئله ادامه یابد.

مواد و روش‌ها

مواد

این بررسی یک فاز تکمیلی از طرح تحقیقاتی بررسی پدیده زمین لغزه در جاده‌های جنگلی کوهستانی، است که بر پایه

در پایان با مشخص بودن حجم عملیاتی که باید برای تثبیت انجام شود (دیواره سازی معین و زهکشی با ابعاد معلوم) هزینه‌ها قابل تخمین بوده و تصمیم‌گیری در مورد بازسازی یا تغییر مسیر ممکن می‌شود (در مورد تعیین دقیق هزینه‌ها براساس حجم‌های عملیاتی، لازم است بررسی‌ها ادامه یابد).

روش تحقیق

پارامترهای اندازه‌گیری شده؛

-تعیین طول و عرض و عمق منطقه حرکتی؛

-تعیین سرعت حرکت؛

-تشخیص نوع حرکت (طبقه‌بندی)؛

که در راستای اهداف فوق پارامترهایی از قبیل حدود آتربرگ، درصد رطوبت خاک، دانه‌بندی به روش هیدرومتری، اندازه‌گیری سرعت (به روش ساریخانی) تعیین عمق سنگ بستر، انجام گرفت، به علاوه تعیین ضریب نفوذپذیری خاک در آزمایشگاه انجام شد.

برای این منظور روش آزمایش با پتانسیل نزولی (برای خاک‌های ریزدانه با ضریب نفوذپذیری کم) مورد استفاده قرار گرفت. مرسوم است که مقدار ضریب K در درجه حرارت $20^{\circ}C$ داده شود.

تعیین پارامترهای مقاومت برشی در آزمایشگاه:

در آزمایشگاه پارامترهای مقاومت برشی خاک با روش مستقیم و یا آزمایش برش سه محوری انجام می‌گرفت. معمولاً سه نوع آزمایش سه محوری استاندارد انجام می‌شود: اول آزمایش تحکیم یافته زهکشی شده (CD)، دوم آزمایش تحکیم نیافته زهکشی نشده (Cu) و سوم آزمایش تحکیم نیافته زهکشی شده یا آزمایش سریع (uu) که روش سوم در آزمایشگاه مکانیک خاک ساری مورد استفاده قرار گرفت.

وسایل مورد استفاده

برای انجام آزمایش‌های مکانیک خاک نیاز به حفر پروفیل بود که این کار با ساده‌ترین روش و وسیله انجام شد، برای برداشت نمونه خاک برای اندازه‌گیری پارامترهای مهندسی از یک لوله فلزی به ارتفاع ۴۵ و قطر ۴ اینچ استفاده شد

آن، با مطالعات زمین‌شناسی و شکل و فرم زمین، طبقات خاک و سنگ مادری و خواص ژئوتکنیکی، شیب‌ها از نظر ثبات و پایداری مورد بررسی قرار گرفتند.

بنابراین ضمن کوشش بر مشخص بودن استعداد زمین برای شروع لغزش، روش‌های بالابردن پایداری مواضع حساس به حرکت یا دارای حرکت و کنترل آن بر اساس اندازه‌گیری‌های لازم بخصوص برای قرارگرفتن سازه‌ها بر روی آن مورد بررسی واقع می‌شوند.

برای انجام این بررسی پیچ صنوبر واقع در پارسل ۱۱ سری نمخانه جنگل آموزشی و پژوهشی دانشکده به دلایل زیر به عنوان یک مدل انتخاب شد؛

-امکان دسترسی سریع و به موقع در هر زمان که لازم باشد؛

-محدودیت بودجه‌های این طرح؛

-انجام مطالعات اولیه در یک طرح پژوهشی انجام یافته که بخش مهمی از آن مربوط به پیچ صنوبر بود؛

-اقدامات زیادی از چندین سال پیش در این نقطه انجام پذیرفت که بدون نتیجه بود (به علت فقدان بررسی‌های لازم) و در نهایت منجر به تغییر مسیر راه در محور حدود ۸۰۰ متر با هزینه‌ای بالغ بر ۱۰ میلیون تومان بر اساس فهرست بهای امروز شد در حالی که به نظر مجری این طرح، این کار با بازسازی محل با هزینه‌ای بسیار کمتر عملی بود؛

-به طور کلی این بررسی جنبه آموزشی دارد و لازم بود کاربردی باشد؛

-پیچ صنوبر عملاً یک مدل زنده و معرف برای انجام بررسی و ارائه نتایج حقیقی به شمار می‌رود.

برای طراحی ابنیه فنی مناسب (شبکه زهکشی زیرزمینی، دیواره توری سنگی) و آنالیز پایداری شیروانی آزاد خاک آزمایشاتی با تعیین پارامترهای مقاومت برشی خاک، تعیین ضریب نفوذپذیری خاک، تعیین عمق سفره زیرزمینی آب و شدت بارندگی منطقه در پروفیل حفره انجام شد. سپس با تهیه نقشه توپوگرافیک از منطقه حجم توده، شکل کلی آن و شبکه زهکشی تعیین شد.

بین این دو نقطه نصب شدند. میزان جابه‌جایی در مدت ۶ ماه و هرامه دوبار با دید رفتن ژالون‌ها و اندازه‌گیری مقدار جابه‌جایی آنها اندازه‌گیری شد. این روش ثابت کرد که در زمان حرکت مقدار جابه‌جایی افقی صفر و مقدار جابه‌جایی عمودی ۱۰۴ میلی‌متر است. دلیل این مسئله حرکت توده به مقدار ۱۰ متر در سال‌های قبل و به تدریج بوده است که در زمان آزمایش به حد نصاب ثبوت موقت رسیده بود با توجه به این‌که خاک در قسمت بالای جاده ثابت بوده و حرکت از زیر آن (به علت عملیات خاکریزی) ظاهر می‌شده و پس از تغییر مسیر خاکریزی مجدداً انجام نشده.

رطوبت بالای خاک نشان دهنده رسیدن سریع خاک به حد روانی است و در نتیجه گسیختگی ذرات خاک را سبب می‌شود. منحنی دانه‌بندی خاک در اعماق مختلف نیز نشان‌دهنده ساختمان نامتعادل آن است.

تجزیه و تحلیل داده‌ها و نتیجه‌گیری نتایج اندازه‌گیری‌ها و آزمایشات زهکشی

ضریب نفوذپذیری خاک (K) در آزمایشگاه برابر 10^{-4} × ۰/۰۰۵ تعیین شد؛

عدد h' یا ارتفاع آب زیرزمینی با اندازه‌گیری محلی برابر ۱ متر تعیین گردید؛

ضریب جریان سطحی (y) برای مناطق کوهستانی معادل ۰/۸ در نظر گرفته شد؛

مقدار e-۱ به طور تجربی (برای مناطق کوهستانی) برابر ۰/۷ منظور شد؛

نتایج مربوط به پارامترهای مقاومت برشی خاک (اندازه‌گیری شده در محل یا در آزمایشگاه)

-زاویه اصطکاک داخلی $\phi = 23/40^\circ$ ؛

-ضریب چسبندگی خاک $C = 1/61 \text{ t/m}^3$ ؛

-ضریب چسبندگی خاک در زیر پی $C' = 1/64 \text{ t/m}^3$ ؛

-وزن واحد حجم خاک $\gamma = 1/61 \text{ t/m}^3$ ؛

-ارتفاع آب زیرزمینی با اندازه‌گیری در محل $h' = 1$ ؛

-انجام محاسبات مربوط به طراحی دیواره با استفاده از داده‌های فوق و داده‌های زیر:

(روش u). برای تهیه نقشه توپوگرافیک موضع و محوطه، از شاخص، ژالون و شیب‌سنج سونتو و قطب‌نمای سونتو استفاده شد.

روش نمونه‌برداری

با توجه به اینکه فاکتورهای فیزیکی و حدود آتربرگ در طرح اولیه اندازه‌گیری شده بود، فقط احتیاج به اندازه‌گیری پارامترهای مهندسی $(k1, \phi, C)$ بود.

با استفاده از روش u نمونه‌برداری انجام شد به صورتی‌که برای بررسی مقاومت برشی خاک در سطح لغزش، از برداشت نمونه در محل اتصال لایه زیرین بر روی سطح لغزنده خودداری شد. زیرا بافت خاک در این سطح با حالت‌های قشرهای بالاتر تفاوت دارد.

-برداشت‌های لازم برای طراحی زهکشی:

برای طراحی زهکشی از قشر لایه بر روی طبقه غیرقابل نفوذ استفاده نشد، به دلیل این‌که اختلاف نفوذپذیری خاک با لایه زیرین یعنی قشر غیرقابل نفوذ بسیار است بنابراین قشر لغزنده خاک از نظر K همگن فرض شد^۱ و نمونه‌ها به طریق u از قسمت میانی در عمق ۱/۲۰ برداشت شد (با استفاده از نظرات کارشناسی).

بررسی وضعیت منطقه حرکتی از نظر شکل، نوع و سرعت حرکت:

تجزیه تحلیل وضعیت منطقه و چگونگی حرکت و حدود آتربرگ براساس آزمایشات انجام شده در طرح اولیه می‌باشد. طول منطقه حرکت در این نقطه حرکتی به حدود ۷۵ متر می‌رسد و عرض آن متغیر است به طوری‌که در بالا حدود ۱۰ متر و در قسمت‌های میانی و پایین ۲۰ تا ۳۰ متر است.

اختلاف ارتفاع از بالا تا پایین منطقه حرکتی حدود ۱۴ متر (متوسط شیب حدود ۲۰ درصد) است. در تعیین سرعت و نوع حرکت افقی و عمودی از روش ساریخانی (ژالون گذاری) استفاده شد به طوری‌که در هر سمت در دو طرف منطقه حرکتی یک ژالون در نقطه‌ای ثابت روی زمین نصب شد و بقیه ژالون‌ها در فواصل ۵ متر در خط مستقیم

^۱ - با بررسی و مشاهده محلی قشر لغزنده کاملاً همگن به نظر می‌رسد

نیروی فعال یا رانش خاک = S_a

با توجه به شکل، پایداری توده که مقطع آن به صورت $OF'ZNAF$ نشان داده شده است، پایداری دیواره باید مورد بررسی قرارگیرد. سطحی که نیروی فعال رانش خاک (S_a) به آن وارد می‌شود، سطح $A-B$ می‌باشد و بنابراین مقدار زاویه‌ای که بین این سطح و خط افق به وجود می‌آید برابر $96^\circ = 90^\circ + 6^\circ$ می‌باشد.

سرباری از خاک به عمق ۱ متر که بر روی سطح $Q-E$ قرار گرفته به سرباری به عمق 0.5 متر (P_1) که بر روی سطح $Z-N$ قرار گرفته تبدیل می‌شود (متوسط ارتفاع در مثلث).

وزن کل خاکریز و دیواره و نیز لنگر حاصله حول نقطه‌ای است که از لحاظ رفتار واقعی سازه، گردش و دوران بالقوه حول آن صورت می‌گیرد. پس خواهیم داشت.

$$M_s \text{ یا لنگر مقاوم برابر خواهد بود با:}$$

$$W = (7 + 0.5)(2.5 + 1)1.7 = 44.63t/m$$

$$M_s = W \left(\frac{3.5}{2} + 0.5 \right) \cos 6^\circ + \frac{7.5}{2} \sin 6^\circ$$

$$M_s = 44.63 \times 2.629 = 117.33$$

با در نظر گرفتن $B = 96^\circ$ و توجه به نمودارهای ۳-۱۵ (به گزارش نهایی طرح مراجعه شود)، ضریب رانش خاک برابر خواهد بود با:

$$K_a = 0.2535$$

نیروی برآیند $H = AE = AN \cos 6^\circ + QN \sin 6^\circ = 7.274$

S_{ah} مولفه افقی، S_a نیروی فعال یا رانش خاک، $M_i S_{ah}$ لنگر حاصله حول نقطه M_{if} عبارتند از:

$$S_a = \frac{1}{2} K_a Y_t H^2 + K_a p H$$

با توجه به فاصله دیواره مورد نظر از جسم جاده موجود (در دوطرف محل حرکت) و مشخص بودن ارتفاع جاده، ارتفاع دیواره که در فاصله‌ای مشخص (حدود ۱۰ متر) در سمت دره باید قرارگیرد (با توجه به شیب سطح غیرقابل نفوذ و مقدار ϕ)، برابر ۷ متر در نظر گرفته شد که (حداقل) یک متر آن به عنوان پی استحکامی در داخل قشر نفوذناپذیر قرار می‌گیرد.

در نتیجه، مشخصات دیواره توریسنگی را بر اساس داده‌ها و نظر کارشناسی مطابق ارقام زیر در نظر گرفتیم تا پس از محاسبات، در صورت ناکافی بودن اصلاح شود:

وزن واحد حجم توریسنگ به طور استاندارد

$$Y_g = 1/65 t/m^3$$

$$h = 7 \text{ m}$$

زاویه تمایل دیواره نسبت به خاکریز $a = 6^\circ$ ؛

زاویه دیواره قائم نسبت به سطح افق $B = 90^\circ + 6^\circ = 96^\circ$ ؛

شدت سرباره به دیوار $P = 1/75 t/m^3$ ؛

زاویه شیب سطوح خاکریز با افق $\Sigma = 0$ ؛

تورهای سیمی شش ضلعی به قطر سه میلی‌متر و ابعاد

10×8 سانتی‌متر؛

عرض پاشنه دیواره در انتها $b = 4/5 \text{ m}$ ؛

وزن گره در تئوری کولمب W ؛

عرض پاشنه به غیر از دنباله پی $b = 2/5 \text{ m}$ ؛

عرض پنجه $b' = 1 \text{ m}$.

پس از محاسبات نیروهای وارد شونده به دیواره و محاسبه نقطه ثقل و میزان مقاومت دیواره در برابر نیروهای وارد شونده^۱، ضریب اطمینان در مقابل لغزش برابر $2/77$ به دست آمد که رقمی قابل قبول در حد استانداردهاست که $1/5$ تا 3 می‌باشد.

^۱ - برآیند نیروی مقاوم در برابر لغزش سازه (F_s) از مجموع چند نیروی مقاوم به دست می‌آید که عبارتند از: نیروی اصطکاک بین قاعده پی و دیواره پی (FN)، چسبندگی خاک در سطح لغزش (CB)، نیروی غیرفعال خاک در پنجه دیواره (SP) و نیروی مهار پاشنه دیواره (Sr)

$$F_s = fN + cB + sP \cos g + Sr$$

هزینه‌های تغییر مسیر (به طول حدود ۸۰۰ متر) از قطع مجدد درختان در طول مسیر جدید در مساحتی حدود ۱/۲ هکتار (۸۰۰m×۱۵m) جلوگیری می‌شد.

بحث و نتیجه‌گیری

مواضع حساس به حرکت توده‌ای و یا دارای حرکت (لغزش) قشر نسبتاً ضخیم خاک بر روی یک سطح صاف و صابونی غیرقابل نفوذ) بخصوص در دامنه‌های رو به شمال جنگلی سلسله جبال البرز به علت داشتن شیب و خاک‌های عمیق و مرطوب (بارندگی زیاد) بسیار فراوان است. این پدیده، ابتدا در ردیابی مسیر و طراحی راه‌های جنگلی که شبکه‌ای با تراکم بالا را می‌طلبد که به ۲۰ تا ۳۰ متر در هکتار می‌رسد. مشکلات زیادی را به بار می‌آورد. زیرا در صورت شناسایی باید از آن پرهیز شود. به‌علاوه در بسیاری موارد، به علت مخفی بودن و شناخته نشدن و یا اجبار به عبور، پس از ایجاد راه با حرکت تدریجی و یا سریع، موجبات قطع ارتباط متصدیان مدیریت جنگل و کارگران و حمل و نقل کالا از جمله چوب‌های بهره‌بردار شده، نهال برای جنگل‌کاری... را برای مدتی اغلب طولانی به وجود می‌آورد. رفع این مشکل که ناگزیر از آن هستیم، به دو طریق ممکن است، یکی تثبیت دیواره که گاه ناهمگن و اغلب بسیار پرهزینه است و دیگری تغییر مسیر که نیازمند صرف وقت زیاد و هزینه‌های بالا و تخریب بیشتر جنگل می‌باشد (صرف‌نظر از اینکه گاه تغییر مسیر به علت شرایط توپوگرافیک ممکن نیست).

از مهم‌ترین کارها در صورت مواجه شدن با این پدیده این است که ابتدا بررسی‌های لازم در زمینه امکان تثبیت دیواره و به علاوه محاسبات اولیه هرچند به تقریب انجام پذیرد تا بتوان از دو راه ممکن یعنی تثبیت دیواره با استفاده از توریسنگ^۱ یا تغییر مسیر، آن طریقه را که بهتر و منطقی‌تر است (از نظر زمان و هزینه‌های اجرایی و...) انتخاب نمود.

$$= 0.253 \times \frac{1}{2} \times 1.7 \times 7.27^2 + 0.253 \times 0.5 \times 7.27 = 12.29 \text{ t/m}$$

$$S_{ah} = S_a \cos W = 12.29 \times \cos 24^\circ = 11.23 \text{ t/m}$$

$$S_{av} = S_a \sin W = 12.29 \times \sin 24^\circ = 4.99$$

$$M_{isah} = \left(\frac{1}{3} H + \frac{H+3p/y_t}{H=2P/y_t} - B \sin a - S_{ar} (B \cos a + \frac{HH+3P_t}{3H+2P_{pyt}} \text{ ga}) \right)$$

$$M_i = 11.23 \left(\frac{7.277 \times 7.27 + 1.5 \times 1.7}{3 \times 7.27 + 11.7} - 4.5 \sin 6^\circ \right) 44.9 (45 \cos 6^\circ +$$

$$\frac{7.27 \times 7.27 + 1.5 \times 1.7}{3 \times 7.27 + 11.27} \text{tg} 6^\circ = y 94 \text{ tm/m}$$

در نتیجه W_f وزن گوه خاک و S_{ph} نیروی غیرفعال خاک عبارتند از:

$$W_f = \frac{1}{2} y_t B \cos 60^\circ B \sin 6^\circ = 1.89 \text{ t/m}$$

$$S_{ph} = \frac{1}{2} y_t \text{OR}^2 \text{tg}^2 (4.5 + \frac{\phi}{2}) = 4.36 \text{ t/m}$$

و ضریب اطمینان در برابر لغزش برابر است با:

$$(S.F.)_s = E_s = (\omega + \omega_f + S_{av}) + g\phi + S_{ph} + CBC \cos a + S_{ah} \\ = \frac{44.63 + 1.89 + 4.99}{11.23} \text{tg} 23.4 + 4.36 + 4.5 \cos 6^\circ = 2.77$$

و ضریب واژگونی برابر است با:

$$(S.F.)_r = \Sigma_r = \frac{M_s}{M_i} = \frac{117.33}{0.94} = 124.82$$

ضمناً ضریب نیروی مقاومت در برابر واژگونی (۱۲۴/۸۲) خیلی بالا به نظر می‌رسد، لیکن در صورت کاهش عرض دیواره (برای صرفه‌جویی در هزینه‌ها)، ضریب اطمینان لغزش دیواره، در مقابل نیروهای وارده از سمت خاکریز، کاهش می‌یابد و در نتیجه ابعاد دیواره و مقاومت آن در برابر لغزش و واژگونی به همین صورت پذیرفته شد.

در این تحقیق در ضمن طرح زهکشی در بستر موضع حرکتی داده شد که شرح آن در محدوده این مقاله نمی‌گنجد.

در برآورد کارشناسی هزینه‌های اجرایی معلوم می‌شود که در صورت اجرای طرح تثبیت خاکریز در طول حدود ۱۰ متر با استفاده از سازه‌های توریسنگ با ابعاد داده شده (به اضافه اجرای طرح زهکشی)، ضمن صرفه‌جویی در

^۱ به دلیل قابلیت انعطاف و زه‌کشی خوب

اقتصادی ناممکن می‌گردد و به هر تقدیر ناگزیر از تغییر مسیر خواهیم بود.

توصیه می‌شود در طراحی راه‌های جنگلی نقاط دارای حرکت توده‌ای و یا حساس به لغزش با دقت بسیار شناسایی شوند تا از آن پرهیز گردد. به طور قطع پیش‌گیری بهتر از درمان است. متأسفانه این پدیده گاه قابل تشخیص نیست و گاه نیز خود پس از احداث راه به وجود می‌آید و یا تشدید می‌شود. در نتیجه به طریق با بروز آن در بعضی موارد مواجه هستیم.

در پایان توصیه می‌شود که اولاً بررسی‌ها در مورد این پدیده در پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد و دکترا، بخصوص از نظر تهیه مدل‌هایی جهت آنالیز هزینه‌های راه و هزینه‌های تثبیت و نحوه مقایسه آن‌ها انجام پذیرد. از جمله می‌توان در فاز سوم نسبت به اجرای طرح تثبیت در پیچ صنوبر اقدام نمود تا کل هزینه‌های اجرایی پس از احداث سازه‌های لازم عملاً به دست آید.

در محل مورد بررسی این نتیجه قطعی به دست آمد که استفاده از سازه‌ها و دیواره توریسنگی از نظر فنی امکان‌پذیر و نتایج کار چه از نظر زمانی و چه از نظر هزینه‌ها به مراتب بهتر می‌بود و به اکوسیستم جنگلی هم لطمه کمتری وارد می‌شد. براساس بررسی‌های انجام یافته (ساریخانی) هزینه ساخت هر مترمکعب سازه توریسنگی بین ۱۲۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰ تومان است.

توصیه می‌شود در صورت بروز هر گونه لغزش و حرکت توده‌ای ابتدا امکانات تثبیت دیواره، در بدترین شرایط با استفاده از دیواره‌های توریسنگی بررسی و مطالعه و ابعاد دیواره و سازه‌ها و زهکشی‌ها محاسبه و هزینه‌های آن برآورد شود. به علاوه کلیه هزینه‌ها و صدمات راه جدید (تغییر مسیر) محاسبه و این دو با هم مقایسه شوند.

در اغلب موارد تثبیت راه منطقی‌تر خواهد بود ولی گاه ممکن است نتیجه بررسی‌ها و محاسبات تغییر مسیر را توصیه کند. بعضی اوقات هم هست که تثبیت از نظر فنی و

منابع

- ۱- احمدی حسن، ۱۳۶۷. ژئومرفولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲- بای بوردی محمد، ۱۳۷۲. اصول مهندسی زهکشی و بهسازی خاک، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۳- بنیاد کامبیز، محمدطباطبایی، ۱۳۶۵. مکانیک خاک، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۴- رفاهی حسینقلی، ۱۳۷۵. فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۵- والاس- براهام، ۱۳۷۱. اصول مهندسی ژئوتکنیک، (ترجمه شاپور طاحونی)، انتشارات دانشگاه مازندران.
- ۶- دفتر مطالعات ۱۳۶۹. امور خاک وزارت جهاد - سازه‌های توریسنگی.
- ۷- حسینی عطا...، ساریخانی، ۱۳۶۷. بررسی عوامل حرکت‌های توده‌ای در جنگل دانشکده منابع طبیعی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
- ۸- حسینیان محمدرضا، ۱۳۵۰. اصول محاسبات زهکشی، کمیته آبیاری و زهکشی تهران.
- ۹- ساریخانی نصرت...، ۱۳۷۰. بهره‌برداری جنگل، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۱۰- ساریخانی نصرت...، و باریس مجنونیان، ۱۳۷۰. مشخصات فنی راه‌های جنگلی، سازمان برنامه و بودجه، نشریه شماره ۱۳۱ تهران.
- ۱۱- ساریخانی نصرت...، ۱۳۷۹. دستورالعمل تهیه پروژه راه‌های جنگلی، سازمان برنامه و بودجه، نشریه شماره ۱۴۸ تهران.
- ۱۲- ساریخانی نصرت...، برنامه‌ریزی شبکه راه‌های جنگلی.
- ۱۳- فیض‌نیا سادات و حسن احمدی، ۱۳۸۱. پهنه‌بندی زمین‌لغزش حوزه آبخیز شلمانرود استان گیلان، مجله منابع طبیعی ایران ۵۴ (۳): ۲۲۰-۲۰۷.

Possibilities of Stabilizing Landslide and Mass Movement in Forest Roads (Case Study: Kheiroud-Kenar Forest as a Scientific Model)

N. Sarikhani¹

M. Gorji²

Abstract

The importance of landslide and massmovements, their complexity and heavy costs to forest roads, was the main reason for the continuation of the studies done in 1994 as an M.Sc. research project, which was conducted in Kheiroud-Kenar Research Forest. The previous studies made clear some of the massmovement characters, such as its classification, mechanical behaviors, moisture, Gradient-curves, unrestrainery slope. Then, it became necessary to study the sample area with regard to ground water level, shear resistance, rainfall frequency and intensity, base material, topography in order to be able to calculate and design the drainage and structures for the stabilization of landslide and massmovements and finally to be able to calculate the costs involved.

Thus, the objectives of this research were: 1. To have the basic knowledge of impact on shears strength and slope stability analysis, 2. To have directions for calculation and design of structures and drainage networks to stabilize massmovements and landslides, and 3. To be able to estimate and compare the cost of repairing and rebuilding of the moving part of the road, as well as the costs of constructing a new connecting part of the road.

The results of this study showed that due to the repetitive high costs, repairing and eventually changing the route were not a good decision. Instead, constructing a new connecting road-piece could have been a better solution for the same area.

Keywords: Landslide, Mass movement, Drainage, Shear resistance, Forest road network.

¹ -Assoc. Prof, Faculty of Natural Resources, Univ. of Tehran

² -MSc in Forestry