Civil and Project Journal, 2022, 4(6), 47-54
https://doi.org/10.22034/CPJ.2023.382074.1175

Civil and Project Journal
http://www.cpjournals.com/

Research Article

Numerical modeling and evaluation of the stability of gables on the threshold of landslide (Case study: Semnan-Kiasar road)

Rahman Sharifi[1*], Mohammad Madah[2]

1*- Assistant Professor, Civil. Civil. Semnan Azad University. Semnan. Iran
2- Graduated from Semnan Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Semnan Branch, Semnan, Iran

Received: 25 May 2022; Revised: 05 July 2022; Accepted: 18 October 2022; Published: 18 October 2022

Abstract

Every year one of slope instability that damages the lives of many people would enter the landslide. Therefore, understanding the factors affecting the landslide is one of the most essential measures to prevent landslide damage is reduced. Stability analysis of soil slopes in order to determine the most probable failure surface, ie the lowest confidence level, Geotechnical Engineering is one of the important issues. One key factor which may stability of soil slopes, especially roadside slopes to endanger, there is a landslide or the landslide. soil Geostudio (SLOPE / W) has any impact on the safety factor (F.S) to Shirvani, will be studied. AUTO CAD to design the transverse profiles and the list of calculated volumes and density test have been conducted at the site. Also, using cross sections, the most critical point mode selected and the scope (to drift) software SLOPE / W. And in this regard, with trial and error soil shear strength parameters software has been determined.The results showed that the effect of the natural slope, road construction on slopes with a gradient steeper than 24 degrees reduces slope stability and reliability result in the stability range of solutions slope protection such as the implementation staircase gable (width of stairs 3 meters and the step height of 4 meters 1.25: 1). in this regard, the slope safety factor increased about 28 percent. The results showed trenching operation to a height of 4 meters with a slope of 1:1 stable and 9 meters on the slope of the trench 1:1 becomes unstable. It can be concluded that the operations slope excavation and road margins has a direct effect on the stability of slopes.

Keywords:

numerical modeling, landslides, safety, slope stability

Cite this article as: Sharifi, R., Madah, M., (2022). Numerical modeling and evaluation of the stability of gables on the threshold of landslide (Case study: Semnan-Kiasar road). Civil and Project Journal, 4(6), 47-54. https://doi.org/10.22034/CPJ.2023.382074.1175

ISSN: 2676-511X / **Copyright:** © 2022 by the author.

Open Access: This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Journal's Note: CPJ remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

*Corresponding author E-mail address: *r.sharifi@areeo.ac.ir*

نشریه عمران و پروژه، ۱۴۰۱، ۴(۶)، ۵۴-۴۷
https://doi.org/10.22034/CPJ.2023.382074.1175

نشریه عمران و پروژه
http://www.cpjournals.com/

مدل سازی عددی و ارزیابی پایداری شیروانی های درآستانه لغزش (مطالعه موردی : جاده سمنان-کیاسر)

رحمان شریفی[1*]، محمد مداح[2]

۱- عضوهیات علمی مرکزتحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی(تات)، تهران، ایران

۲- دانش آموخته دانشکده فنی مهندسی سمنان، دانشگاه آزاداسلامی واحدسمنان، سمنان. ایران

تاریخ دریافت: ۰۴ خرداد ۱۴۰۱ ؛ تاریخ بازنگری: ۱۴ تیر ۱۴۰۱؛ تاریخ پذیرش: ۲۶ مهر ۱۴۰۱ ؛ تاریخ انتشار آنلاین: ۲۶ مهر ۱۴۰۱

چکیده

شناخت عوامل موثر در وقوع زمین لغزش‌ها یکی از مهمترین و ضروری‌ترین اقدامات جهت پیشگیری وکاهش خسارات زمین لغزش می‌باشد. تحلیل پایداری شیروانی‌های خاکی به منظور تعیین محتمل‌ترین سطح گسیختگی یا به عبارتی یافتن کمترین ضریب اطمینان، یکی ازمسائل مهم مهندسی ژئوتکنیک می‌باشد. از عوامل مهمی که ممکن است پایداری شیروانی‌های خاکی به خصوص دامنه‌های حاشیه جاده‌ها را به مخاطره اندازد، وجود زمین لغزش‌ها یا همان رانش زمین می‌باشد. در پژوهش حاضر با توجه به زمین لغزش‌های اتفاق افتاده در استان مازندران ، هدف بررسی و مدل‌سازی عددی پایداری دامنه حاشیه جاده‌ها در بخشی از راه سمنان کیاسر تحت تاثیر عامل شیب طبیعی زمین و خاک برداری و ترانشه‌برداری از دامنه با استفاده از نرم افزارهای ژئوتکنیکی در مهندسی خاک Geostudio (SLOPE/W) بوده وتاثیر هر یک بر ضریب اطمینان (F.S) شیروانی مورد نظر، مورد مطالعه و بررسی قرارگرفت. تحقیق انجام شده به روش توصیفی و تجربی بوده و برای به دست آوردن داده‌ها جهت تعیین پارامترهای مقاومت برشی خاک، از ترازیابی مستقیم برای برداشت پروفیل عرضی در طول مسیر استفاده شده و با استفاده از نرم افزار مهندسی راه و ترابری به نام ROAD WARE و نرم افزار AUTO CAD پروفیل‌های عرضی محل مورد نظر طراحی و لیست احجام محاسبه و آزمایش دانسیته در محل انجام گرفته است . همچنین با استفاده از مقاطع عرضی، بحرانی‌ترین حالت مقطع انتخاب و شکل دامنه (قبل از رانش) توسط نرم افزار SLOPE/W طراحی شده و در همین راستا با سعی و خطا پارامترهای مقاومت برشی خاک به کمک نرم افزار تعیین گردیده است . نتایج نشان داد با توجه به اثر شیب طبیعی، جاده سازی در دامنه با شیب تندتر از ۲۴ درجه باعث کاهش پایداری دامنه و ضریب اطمینان می‌گردد، لذا جهت پایداری دامنه از راهکار حفاظتی شیب نظیر اجرای پلکانی شیروانی (عرض پله ۳متر و ارتفاع پله ۴ متر۱:۱/۲۵) استفاده گردید که در همین راستا ضریب اطمینان شیب حدود ۲۸ درصد افزایش پیدا کرد. همچنین نتایج نشان داد ترانشه برداری تا ارتفاع ۴ متر با شیب ۱:۱ پایدار و از ارتفاع ۹ متر به بعد شیب ترانشه ۱:۱ ناپایدار شده است. نهایتا انجام عملیات های خاک برداری و شیب دامنه تاثیر مستقیم بر پایداری دامنه حاشیه جاده ها دارد.

کلمات کلیدی:

مدل سازی عددی،زمین لغزش، ضریب اطمینان، پایداری شیروانی

* پست الکترونیک نویسنده مسئول:*r.sharifi@areeo.ac.ir*

۱- مقدمه

حرکت توده‌ای از مواد تشکیل دهنده زمین، از یک شیروانی به سمت پایین را زمین لغزش یا ناپایداری شیروانی می‌نامند. توپوگرافی عمدتاً کوهستانی ایران، فعالیت زمین‌ساختی و لرزه‌خیزی زیاد، وضعیت متنوع زمین شناسی و اقلیمی، شرایط طبیعی برای بروز طیف وسیعی از زمین‌لغزه‌ها را ایجاد می‌کند. به همه توده‌های خاکی طبیعی یا مصنوعی که سطح آنها با افق زاویه می‌سازد را سطوح شیبدار می‌گویند. عوامل طبیعی مانند حرکت یخچال ها، هوازدگی، فرسایش، نهشته شدن و رسوب گذاری سبب ایجاد توده‌های خاکی شیب دار طبیعی از قبیل تپه ها، کوه ها، دامنه رودخانه‌ها و تشکیلات ساحلی می‌شوند. انواع پرشدگی‌ها (مانند خاکریزها و سدهای خاکی و بندها) و انواع بریدگی‌ها (شامل بریدگی‌های بزرگراه‌ها، راه آهن، دیوار کانال، حفاری پی‌ها و ترانشه برداری‌ها) نمونه‌هایی از شیب‌های مصنوعی می‌باشند. همه شیب‌ها تحت تاثیر نیروی ثقل وتغیرات آن می‌باشند. وجود دو عامل نیروی جاذبه و آب بطور هم زمان، از عوامل اولیه و مستقیمی هستند که سبب تغیر در شیب ها می‌شوند. همچنین شیب‌ها تحت تاثیر پدیده‌های طبیعی از قبیل واکنش های شیمیایی، زلزله ها، نیروی یخچالی و باد واقع می‌شوند. در همه این موارد، این تاثیر بصورت تخت شدگی کلی شیب است که می‌تواند ناگهانی، آهسته و یا به تدریج باشد. پیش بینی این تغییر با دقت، کار مشکلی است و جلوگیری از بروز این تغییر مسأله مهمتری برای مهندس خاک می‌باشد. پایداری یک شیب عموماً به طور نسبی است به عبارت دیگر یک شیب برای همیشه پایدار نمی‌ماند ولیکن از دیدگاه مهندسی اگر ضریب اطمینان مناسب باشد، شیب پایدار خواهد بود. بعنوان مثال، یک بریدگی بزرگراه با وجود اینکه تغییرات کوچک ناشی از فرسایش را تحمل می‌کند، پایدار است واین بریدگی یک گسیختگی توده‌ای را در مدت زمان معین تجربه نخواهد کرد. از سوی دیگر شاید به عنوان یک شیب قابل قبول که جز در موارد فرسایش تدریجی وپیشرونده ناشی از تراوش یا عمل امواج ومانند آن به طور کلی پایدار به نظر برسد به آن نگاه نکنیم. بنابراین واضح است که در تحلیل شیب‌ها، پایداری اصطلاح توصیف کننده کاملی نیست. شاید واژه مناسب تر پایداری تابعی باشد که الزاماً به یک حالت ویژه و معیارهای کنترل کننده خاصی مربوط است. در چین و هند و سایر نقاط دنیا، خاکریزهای مصنوعی با چندین قرن عمر وجود دارند که هنوز هم پایدارند. به طور کلی در مورد گسیختگی بناهای باستانی مدارک کمی در دسترس است، ولیکن در سال ۱۹۱۶ درگوتنبرگ وسوئد، تحقیقاتی پیرامون تحلیل لغزش‌ها در حین ساخت کانال پاناما صورت گرفته است. همچنین در همین دوره زمانی جریان خاکی عظیمی در رس‌های سریع نزدیک سنت توریب کوبک (ST.TURIBE , RUEBEC) درسال ۱۸۹۸ اتفاق افتاد که جنبش جدیدی جهت ایجاد یک تحلیل سیستماتیک برای پایداری شیب‌ها بوجود آورد. دراین زمینه، برخی از مهندسان سوئدی مطمئن‌ترین روش را برای تحلیل پایداری شیب‌ها ارائه کردند که هنوز نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (نورزاد و رضائیان۱۳۹۰). ابزارهای تحلیلی موجود برای ارزیابی پایداری شیب‌ها عموماً ترکیبی از موارد تئوری همراه با مشاهدات و شواهد تجربی است. همانطور که در مورد اغلب مسائل خاک ها مشخص است، ارزیابی عوامل مورد نظر مشکل است این عوامل زیاد بوده و به هم وابسته‌اند و همراه با تغییرات محیط تغییرمی‌یابند. بعنوان مثال هنگامی‌که تنش‌های برشی بر روی یک شیب برابر یا بیشتر از مقاومت برشی خاک می‌شوند، گسیختگی در آستانه ظهور خواهد بود. معمولا ارزیابی بزرگی تنش‌های برشی و مقاومت برشی به عوامل عدیده وپیچیده‌ای وابسته است. بنابراین پیش بینی‌گسترش احتمالی حرکت تدریجی شیب و متعاقباً پایداری یک شیب اساساً یک ارزیابی از تنش‌های برشی القایی و مقاومت برشی است، که این ارزیابی‌ها با توجه به روش های شیب‌های محدود و نامحدود انجام می‌پذیرد. حدود ۶۰ درصد وسعت ایران را مناطق کوهستانی و تپه ماهوری تشکیل می دهند. این توپوگرافی عمدتا کوهستانی، بستری مناسب برای رخداد زمین لغزش است که بهمراه تکتونیک فعال و لرزه خیزی، وضعیت متنوع زمین شناسی ، اقلیمی و آب وهوائی عمده شرایط مستعد ساز برای وقوع زمین لغزش در کشوررا بوجود

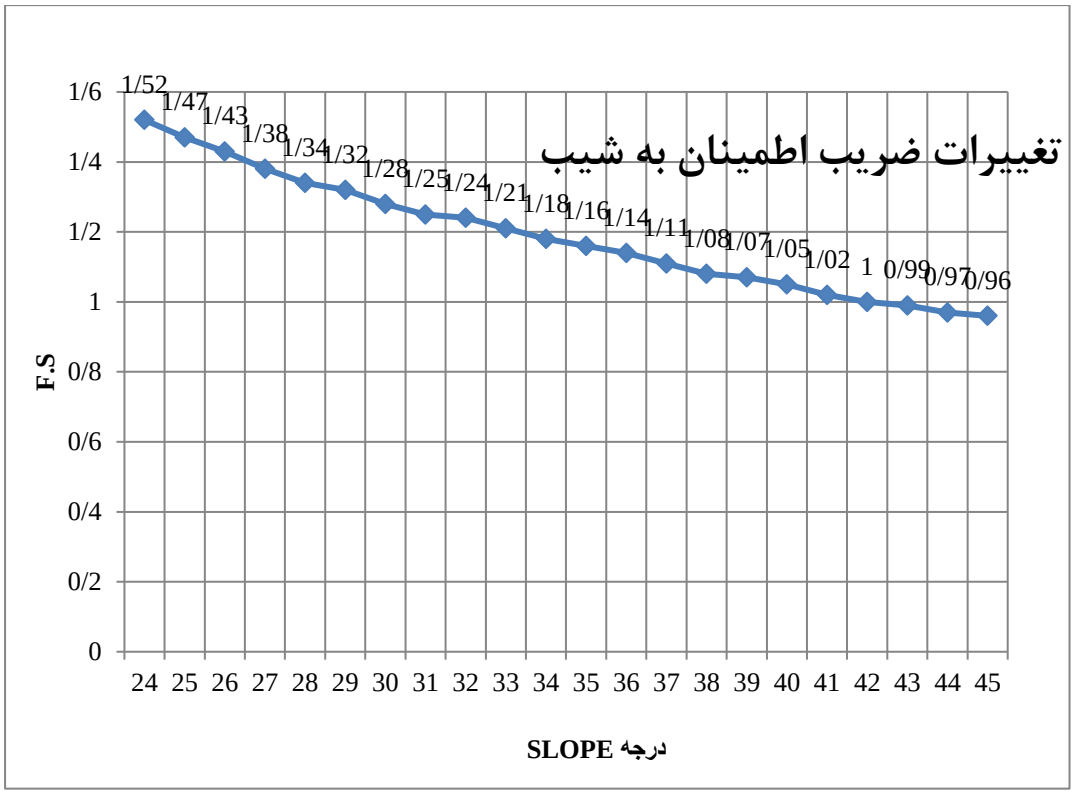
می‌آورند. گیلان، مازندران، چهارمحال و بختیاری، آذر بایجان شرقی و غربی، اردبیل، تهران، مرکزی، زنجان، کهکیلویه و بویراحمد، فارس، کردستان، کرمانشاه، خراسان و لرستان از استانهایی هستند که تعداد گزارشات وقوع و خسارات وارده از زمین لغزه ها در آن ها چشمگیر تر است (آشتیانی و همکاران،۱۳۷۳).

۲- مواد و روش ها

هدف اصلی در پژوهش حاضر، دستیابی به پیامد عملی، پیدا کردن راه حل برای مسائل واقعی، توسعه دانش کاربردی و همچنین تصمیم گیری یا پیش بینی و کنترل است، بنابراین نوع پژوهش از نظر هدف، کاربردی می‌باشد. از آنجایی که در این تحقیق سعی بر آن است تا وضع موجود بررسی و توصیف گردد و همچنین تاثیر متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته مورد بررسی قرار گرفته است، لذا نوع تحقیق از نظر روش، علاوه برتوصیفی، تجربی نیز می باشد. برای انجام این پژوهش به این ترتیب عمل شد که با داشتن رقوم ارتفاعی دامنه مورد نظر قبل از لغزش و به دنبال آن انجام عملیات نقشه برداری و برداشت دامنه پس از لغزش طراحی مقاطع عرضی و همچنین معلوم بودن شعاع رانش و شعاع محاسبه شده توسط نرم افزار، با سعی و خطا و با استفاده از نرم افزارهای ژئوتکنیکی به روش تحلیل برگشتی مقادیر پارامترهای مقاومت برشی خاک حاصل شده و همچنین با انجام آزمایش دانسیته در محل مقدار وزن مخصوص طبیعی خاک تعیین گردیده است و در ادامه نشان داده شد که چه راهکارهایی بر پایداری شیروانی‌های خاکی اثر مثبت داشته و نهایتاً موجب افزایش ضریب اطمینان خواهد شد. برای تعیین پارامترهای مقاومت برشی خاک از روش مهندسی معکوس استفاده شده است، بدین نحو که پس از شناسایی دامنه مورد نظر، دامنه رانشی به فواصل ۳۰ متری در طول ۳۳۰ متر از جاده عمود بر جاده و در امتداد راستای رانش در قالب ۱۲ مقطع عرضی تقسیم و با عملیات نقشه برداری مستقیم ترازیابی مقاطع دامنه رانشی برداشت شده و با استفاده از نرم افزار ROAD WARE پروفیل طولی مسیر و مقاطع عرضی طراحی و تبدیل به فایل dxf شده و در محیط AUTO CAD ترسیم و پارامترهای مربوطه و لیست احجام تعیین گردیده‌است. با توجه به مقاطع عرضی بدست آمده، بحرانی ترین حالت مقطع جهت آنالیز در نرم افزارslope/w انتخاب گردیده است .

به استناد کنترل شعاع رانش که در طبیعت رخ داده و اطلاعات آن برداشت گردیده بود ($R \cong 18.90m$)و شعاع بحرانی محاسباتی که توسط نرم افزارslope/w برابر با ($R \cong 19.84m$) محاسبه که کمتر از ۵ درصد اختلاف داشته و دال بر صحت نرم افزار می باشد . لذا مقادیر پارامترهای مقاومت برشی خاک به ازای ضریب اطمینان برابر با یک، با سعی وخطا تعیین ومیزان ناپایداری خاک در طبقات شیب مختلف تجزیه و تحلیل شد (شکل۱).

با توجه به شکل ۱ همان طور که مشاهده می‌شود به ازای افزایش شیب از ۲۴ تا ۴۵ درجه، مقادیر ضرایب اطمینان بر اساس نرم افزار slope/w و به روش بیشاب به ترتیب از ۱/۵۲ به عدد۰/۹۶کاهش می‌یابد. یعنی زمانی که شیب توپوگرافی منطقه با توجه به پارامترهای مقاومت برشی خاک از ۲۴ درجه بیشتر شود، شیروانی مورد نظر ناپایدار خواهد بود (یعنی ضریب اطمینان کمتر از ۱/۵).



شکل ۱ : تاثیر تغییرات درجه شیب بر ضریب اطمینان پایداری

همچنین می‌توان با توجه به طبقه بندی آسیب پذیری زمین لغزش که توسط پک و همکاران در سال ۱۹۹۸ ارائه گردیده‌است (جدول ۱)، کلاس آسیب پذیری را تعیین نمود که در همین راستا با توجه به شیب توپوگرافی طبیعی زمین (حدود ۴۲ درجه) و عدد نظیر ضریب اطمینان آن (F.S=۱) کلاس آسیب پذیری از نوع آسیب پذیری زیاد خواهد بود.

جدول ۱ : طبقه بندی آسیب پذیری زمین لغزش (پک و همکاران، ۱۹۹۸

ردیف	کلاس آسیب پذیری زمین لغزش	ضریب پایداری
۱	آسیب پذیری زمین لغزش کم	F.S> 1/5
۲	آسیب پذیری زمین لغزش متوسط	1/5 >F.S> 1/25
۳	آسیب پذیری زمین لغزش زیاد	1/25 >F.S> 1
۴	آسیب پذیری زمین لغزش خیلی زیاد	F.S< 1

همچنین در تحلیل ها مشخص گردید ۱. به ازای افزایش وزن مخصوص خاک(۱۵و۱۷و۱۸و۲۰) با ثابت بودن c= 10.5 وϕ =19 ضریب اطمینان پایداری شیروانی بر اساس نرم افزار slope/w به روش بیشاب از ۱/۰۸ به عدد ۰/۹۶ روند

کاهشی را طی می کند . ۲. به ازای افزایش چسبندگی خاک (۵و۱۰و۱۵و۲۰) با ثابت بودن**۱۹**= φ **و۱۷.۸**=γضریب اطمینان پایداری شیروانی بر اساس نرم افزار **slope/w** به روش بیشاب از ۰/۷۶ به عدد ۱/۳۷روند افزایشی را طی می‌کند .۳. به ازای افزایش زاویه اصطکاک داخلی خاک(۰و۱۰و۲۰و۳۰) با ثابت بودن **c= 10.5** KPa **و۱۷/۸**=γ ضریب اطمینان پایداری شیروانی بر اساس نرم افزار slope/w به روش بیشاب از ۰/۳ به عدد۱/۳۷روند افزایشی را طی می‌کند . ۴. با توجه پارامترهای مقاومت برشی خاک دامنه (φ و c) به دست آمده در پژوهش حاضرترانشه برداری با شیب ۱:۱ زاویه شیب ۴۵ درجه ساخته از ارتفاع ۴ تا ۹ متر (شکل ۴-۸۹و شکل ۴-۹۰) پایدارو از ارتفاع ۹ متر بیشتر ناپایدار است .

۳- بحث و نتیجه‌گیری

سوال اول:

تغییرات ضریب اطمینان پایداری شیروانی (F.S) نسبت به شیب توپوگرافی منطقه مورد نظر چگونه است؟ تغییرات به صورت خطی معکوس می‌باشد به طوری که هرچه قدر مقدار درجه شیب طبیعی زمین بیشتر می‌شود، مقدار ضریب اطمینان شیب کاهش می یابد.

فرضیه اول :

فرض می شود تغییرات پایداری شیب نسبت به شیب طبیعی زمین به صورت خطی باشد. نتایج نشان داد تغییرات ضریب اطمینان در مقابل شیب طبیعی زمین مطابق با به صورت خطی می‌باشد، بنابرین فرض اول صحیح است.

سوال دوم:

تغییرات ضریب اطمینان پایداری شیروانی(F.S) نسبت به تغییرات ارتفاع ترانشه برداری چگونه است؟ تغییرات به صورت خطی معکوس می باشد. به طوریکه هر چه ارتفاع ترانشه برداری خاک بیشتر می شود. ضریب پایداری شیروانی کاهش می‌یابد.

فرضیه دوم:

فرض می‌شود تغییرات ضریب اطمینان شیروانی نسبت به تغییرات ارتفاع ترانشه برداری به صورت خطی باشد. تغییرات ضریب اطمینان شیروانی در مقابل تغییرات ارتفاع ترانشه برداری مطابق با به صورت خطی بوده و با افزایش ترانشه برداری ضریب اطمینان کاهش می یابد .بنابرین فرض دوم صحیح است.

موضوع مدلسازی عددی و ارزیابی پایداری شیروانی های در آستانه لغزش در دامنه ای مشرف به جاده سمنان کیاسر بوده با استفاده از آنالیز برگشتی در شرایط خاک با رطوبت طبیعی پارامترهای مقاومتی خاک به ازای F.S=1 و همچنین وزن

مخصوص طبیعی خاک در محل بدست آمد اثر شیب طبیعی دامنه و ارتفاع ترانشه برداری بر ضریب اطمینان در برنامه slope/w مورد تحلیل قرار گرفت، نتایج نشان داد.

۱- جاده‌سازی در دامنه با شیب تندتر از ۲۴ درجه باعث کاهش پایداری دامنه می‌شود و در شیب شیروانی با ۴۲ درجه شیروانی ناپایدار است .

۲- ارتفاع ترانشه برداری با نسبت ۱:۱ تا ارتفاع ۴ متر شیروانی پایدار و تا ارتفاع ۹ متر پایداری کاهش یافته واز ارتفاع ۹ متر به بعد شیروانی ناپایدار است .

۳- با کاهش نسبت شیب ترانشه برداری از نسبت ۱: ۱به ۱:۱.۲۵ اجرای پله با شیب حدود ۳۸ درجه(برم سازی) ،عرض پله ۳مترو ارتفاع ۴ متر ضریب اطمینان شیب حدود ۲۸ درصد افزایش پیدا کرد.

منابع

۱- اکرامی راد ،سید عبدالله و اسلامی ،ابوالفضل (۱۳۹۱)زمین لغزش بزرگ دشتگان رودبار (مسیر آزاد راه رشت –قزوین)بررسی علل و چگونگی پایدار سازی آن .مجله علمی پژوهشی شریف شماره ۲-۲۸.

۲- ایزانلو، اسماعیل. (۱۳۷۶). بررسی قابلیت داده های سنجش از راه دور و GIS برای پهنه بندی خطر حرکات توده ای در حوضه آبریز رودخانه بیدواز. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس تهران.

۳- باقرزاده آلپاوتی، فاطمه. (۱۳۹۱). بررسی مخاطرات زمین شناسی وژئوتکنیکی شهر و تهیه نقشه های پهنه بندی.پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر.

۴- رضایی، فریدون و چمچالی، منوچهر. (۱۳۸۷). مطالعه لغزش دشتگان و تحلیل خطر آن بر روی بزرگراه قزوین- رشت. گروه زمین شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان.

۵- رمضانی اردی، توکل و اسماعیلی فلک، مهزاد. (۱۳۹۲). بررسی تاثیر درجه شیب در تحلیل پایداری شیروانی ها با بهره گیری از روش های تعادل حدی.دانشگاه فنی و مهندسی محقق اردبیلی.

۶- شکیبا, ابوالفضل؛ رحمان شریفی؛ محمود نیکخواه شهمیرزادی و مهدی جلیلی، (۱۳۹۴)، بررسی پایداری شیروانی تحت اثر ترانشه برداری از دامنه با نگرش بر وقوع زمین لغزش (مطالعه موردی : راه روستایی اردغان در شمال شرق ایران)، همایش ملی معماری شهرسازی عمران و گردشگری توسعه پایدار شهری، قزوین، کانون معماران ایران،

۷- شکیبا, ابوالفضل؛ رحمان شریفی؛ محمود نیکخواه شهمیرزادی و مهدی جلیلی، (۱۳۹۴)، بررسی پایداری شیروانی تحت اثرشیب دامنه بانگرش بروقوع زمین لغزش مطالعه موردی: راه روستایی اردغان درشمال شرق ایران، اولین همایش ملی علوم زمین و توسعه شهری، تبریز، شرکت کیان طرح دانش،

۸- فعله گری، محسن و طالبی، علی. (۱۳۹۲). بررسی اثر جاده سازی در وقوع زمین لغزش در حوزه آب خیز سد ایلام. مجله پژوهش آب و خاک. جلد بیستم. شماره اول.

۹- قشقایی، ایمان و فرخ پور، اسماعیل. (۱۳۹۲). پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش AHP بخش مارگون شهرستان بویراحمد. کارشناسی ارشد ژئوتکنیک. دانشگاه آزاد اسلامی واحد یاسوج.

۱۰- عطاالله، کلارستاقی، حبیب نژاد، محمود، احمدی، حسن. (۱۳۸۵). مطالعه وقوع زمین لغزش ها در ارتباط با تغییر کاربری اراضی و جاده سازی در حوزه آبریز تجن – ساری، پژوهش های جغرافیایی.

۱۱- مرادی، غلام و عبدالمالکی، آروین. (۱۳۹۲). بررسی تعادل حدی وعددی شیروانی های خاکی وسنگی و ارائه ی روشی برای پایدارسازی آنها. دانشکده عمران، دانشگاه تبریز.

۱۲- نصیری، شهرام. (۱۳۸۳). نگرشی بر زمین لغزش های ایران مطالعه موردی ناپایداری شیب ها درجاده هراز، پایگاه ملی داده های علوم زمین کشور.

۱۳- نورزاد، رضا و رضایان، امین. (۱۳۹۰). تعیین سطح لغزش بحرانی دایره ای در تحلیل پایداری شیروانی با الگوریتم بهینه سازی جامعه مورچه ها. سمنان: ششمین کنگره ملی مهندسی عمران.

14- Bishop, A.W., (1955), “The use of slip circle in the stability analysis of slopes “, Geotechnique, PP.7- 17.

15- Duncan, J.M., Stark, T.D., (1996),"Soil strengths from back-analysis of slope failures", Proc. Specialty Conf. Stability

And Perf. Of Slopes and Embankments, pp. 890-904.

16- Janbu, N., (1973), “Slipe stability computations “, In: Hirschfield, E., Poulos, S., editors,

Embankment dam engineering (Casagerande memorial volume), New York, John Wiley, PP. 47-36.