

بررسی زمینلغزش مدرسه سواد کوه توسط توموگرافی مقاومت الکتریکی

اصغر عظیمی آهنگری^۱، محمد رضا مشرفی فر^۲

^۱ کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، شرکت چشمه ساران، مازندران، ایران. azimiasen@yahoo.com
^۲ دکتری زمین شناسی تکتونیک، استاد یار دانشگاه یزد، ایران. m.moshrefifar@yazduni.ac.ir

چکیده

زمین لغزش در محدوده مدرسه‌ای نوساز در شهرستان زیرآب از استان مازندران رخ داده است. ساخت ساز در این منطقه در زمین‌های کوهپایه‌ای و با شیب نسبتاً تند اجرا شده است. اکثر این سازه‌ها با مشکل لغزش زمین روبه‌رو هستند و آسیب‌های زیادی نیز متحمل شده‌اند. زمین لغزش، ترک‌ها و شکستگی‌های متعددی در ساختمان مدرسه به وجود آورده است. با توجه به اهمیت سازه، برداشت‌های مقاومت ویژه الکتریکی به دو روش توموگرافی دو بعدی با آرایش دوقطبی-دوقطبی و سونداژزنی قائم الکتریکی انجام شد. همچنین سه گمانه ژئوتکنیکی نیز حفر شد. تلفیق نتایج داده‌های توموگرافی، سونداژ قائم الکتریکی و گمانه‌های اکتشافی نشان می‌دهد که در لایه زیرسطحی و در عمق ۴ الی ۵ متر یک مسیر جریان آب وجود دارد، که موجب تضعیف لایه‌ها و ایجاد لغزش شده است. با زهکشی و هدایت جریان آب می‌توان تا حدود زیادی زمین لغزش را تثبیت کرد. **واژه‌های کلیدی:** توموگرافی الکتریکی، زمین لغزش، سونداژ قائم، گمانه اکتشافی، جریان زیرسطحی، زیرآب.

Study of savadkuh school landslide using electrical resistance tomography

Asghar Azimi-Ahangary¹, Mohammad Reza Moshrefifar²

¹ MsC of Geology, Cheshme Saran co. Mazandaran, Iran.

² Ph.D of engineering geology, Yazd Universit, Iran.

Abstract

Landslide occurred in the newly-built school in the Zirab city of Mazandaran province. The construction of this area was carried out in hilly terrain with a relatively steep slope. Most of these structures are faced with the problem of landslide and incurred a lot of damage. The landslide has caused numerous cracks and fractures in the school building. According to the importance of the structure, electrical resistivity tomography (ERT) was performed using two-dimensional tomography with bipolar-bipolar arrangement and vertical electrical sounding (VES). Also, three geotechnical boreholes were drilled. Combining the results of ERT, VES and exploratory boreholes shows that there is a water flow path in the subsurface layer and at a depth of 4 to 5 meters, which weakens the layers and creates a slip. With landscaping and directing the flow of water, landslide can be largely stabilized.

Keywords: electrical resistivity tomography, Landslide, vertical electrical sounding, exploratory boreholes, Subsurface flow, Zirab.

۱ مقدمه

زمین لغزش یکی از عمده ترین مخاطرات آسیب رسان در مناطق شمالی است، که بسیاری از سازه‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد و موجب تخریب آن‌ها می‌شود. به همین منظور باید با به‌کارگیری روش‌های مناسب به بررسی و تحلیل این پدیده پرداخت. تا بتوان با شناسایی و درک درست از رخداد موجود، راه‌حلی برای تثبیت و کنترل لغزش پیشنهاد داد. روش توموگرافی مقاومت ویژه الکتریکی بطور وسیع در بررسی زیر سطحی زمین لغزش‌ها کاربرد دارد (جنگمن و جومارد، ۲۰۰۷). با استفاده از این روش تصاویری دوبعدی از تغییرات لایه‌ها و ساختارهای زمین لغزش بدست می‌آید. با توجه به متغیر بودن مقادیر مقاومت ویژه الکتریکی در محیط اشباع، هوازدگی سنگ‌ها و لایه‌های متفاوت می‌توان تخمینی از سطح لغزش و عوامل به وجود آورنده لغزش بدست آورد. در بسیاری از حالات، نتایج بدست آمده از این روش به ساخت هندسه توده لغزیده، طرح سطح لغزش و تعیین مناطق با درصد اشباع آب منجر می‌شود (دمولین، ۲۰۰۳). روش توموگرافی تصویر الکتریکی با قدرت تفکیک بالا در دو جهت از ساختار زیر سطحی بدست می‌آید (لوک و بارکر، ۱۹۹۶). با توجه به این که تغییرات زیر سطحی

در زمین لغزش‌ها در هر دو جهت افقی و قائم می‌باشد، لذا استفاده از سونداژ الکتریکی یک بعدی ساده سازی بیش از حد می‌باشد (حجت و رنجبر، ۱۳۹۰). تفسیر دو بعدی برداشت‌های توموگرافی معمولاً نتایج واقعی تری بدست می‌دهند (قربانی و تدین، ۱۳۸۸). به منظور بالا بردن دقت از یک سونداژ قائم الکتریکی در پایین دست مدرسه و دو گمانه اکتشافی به اعماق ۱۰ و ۶ متر هم استفاده شده است.

۲ روش تحقیق

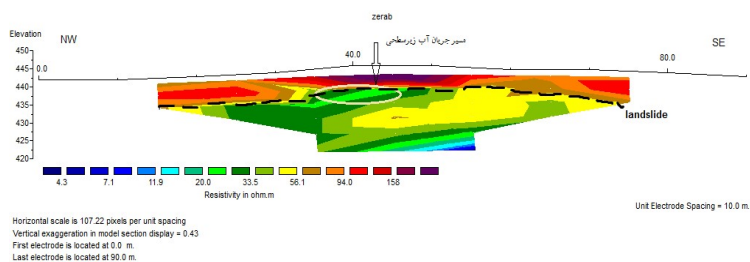
منطقه مورد مطالعه در شهرستان زیراب از استان مازندران و بین طول‌های جغرافیایی $36^{\circ}10'30''$ و $36^{\circ}10'40''$ شرقی و عرض‌های جغرافیایی $52^{\circ}58'40''$ و $52^{\circ}59'00''$ شمالی واقع شده است. دسترسی به منطقه مورد مطالعه از طریق جاده آسفالته قائمشهر- فیروزکوه امکان پذیر است. منطقه مورد مطالعه در رشته کوه البرز واقع شده است. اکثر سازه‌ها در دامنه ای پر شیب که دارای پوشش جنگلی می‌باشد بنا شده است. بیشتر سنگ‌ها و تشکیلات زمین شناسی این منطقه مربوط به سازند شمشک می‌باشد. جنس این سازند اغلب ماسه سنگ، شیل های زغال دار و سنگ آهک می‌باشد (آقائباتی، ۱۳۸۵). میزان بالای هوازدگی به دلیل رطوبت بالای منطقه و همچنین فرسایش پذیری خاک‌های جنگلی بالا دست موجب شده است تا لایه‌های ریزدانه رسی و مارنی سطح زمین را بپوشاند. موقعیت چیدمان برداشت توموگرافی و محل سونداژ قائم الکتریکی و محل گمانه-های اکتشافی در تصور ماهواره‌ای مشخص شده است. (شکل ۱)



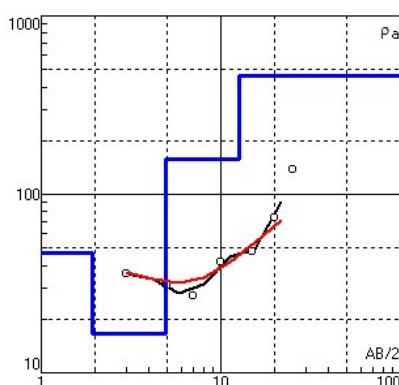
شکل ۱: H1, H2 محل حفر گمانه‌های اکتشافی، sh محل سونداژ قائم الکتریکی و P-1 موقعیت پروفیل توموگرافی الکتریکی، منحنی زرد رنگ هندسی و مرزهای توده لغزشی

بر اساس مطالعات صورت گرفته در محدوده مدرسه، عوامل ایجاد کننده زمین لغزش به طور خلاصه شامل نفوذ آب‌های سطحی و وجود سازه‌های شیلی زغالدار و همچنین لایه‌های رسی و مارنی سطحی می‌باشد. مساحت زیادی در قسمت بالا دست ساختمان مدرسه زمین‌های زراعی و باغ مرکبات می‌باشد. با توجه به بارندگی فراوان در منطقه و همچنین آبیاری زمین‌ها مقدار زیادی از آب در مسیرهایی از این دامنه پر شیب جاری می‌شود و به لایه‌های زیر سطحی نفوذ می‌کند. به دلیل نبود زهکش اصولی که بتواند تمام آب‌های اضافی را به سمت پایین دست تخلیه کند، مقدار زیادی از این آب در لایه‌های رسی و مارنی نفوذ کرده و فشار آب منفذی را تا حد بسیار زیادی بالا می‌برد. این امر موجب به وجود آمدن شرایط بحرانی و در نهایت لغزش و تشدید آن می‌شود. داده‌های زمین شناسی نیز بیانگر این مطلب است که لایه-های شیلی زغال دار زیر سطحی با افزایش فشار آب منفذی بسیار مستعد لغزش می‌گردد. در مطالعات ژئوالکتریک این زمین لغزش از توموگرافی دو بعدی الکتریکی با آرایه دوقطبی-دوقطبی در طولی برابر ۱۰۰ متر و امتداد شرقی-غربی استفاده شد (شکل ۱). مسیر پروفیل طوری انتخاب شد که بیشترین پوشش را نسبت به محدوده لغزش داشته باشد. فاصله الکترودها ۱۰ متر در نظر گرفته شده است. تجهیزات مورد استفاده شامل یک دستگاه ژئوالکتریک PTANCUMER-SP7 با قدرت ۲۰۰۰ وات، کابل الکتریکی و مجموعه ای از الکترودهای فلزی می‌باشد.

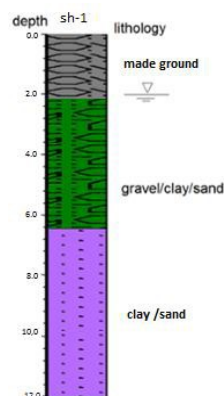
برای تفسیر داده‌ها، از روش کمترین مربعات خطا در نرم افزار Res2Dinv بهره گرفته شد. یک سونداژ قائم الکتریکی نیز در پایین دست مدرسه در قسمتی که احتمال بیشترین جریان زیرزمینی در آن ناحیه قرار داشت با توجه به نمناک بودن و جوشش آب برداشت شد. از آرایش شولومبرژه و در طول ۸۰ متر استفاده شد و داده‌ها نیز در نرم افزار IPI2win مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت.



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۲: الف-مدل توموگرافی ب- نمودار سونداژ قائم الکتریکی ج- ستون چینه شناسی گمانه ژئوتکنیکی

لغزش در انتهای لای‌های ماسه‌ای - شنی اشباع از آب و در عمق حدود سه الی چهار متری اتفاق افتاده است. رسوبات ماسه-ای به دلیل تخلخل بالا و نفوذپذیری زیاد موجب می‌شود تا آب‌های سطحی حاصل از بارندگی و آب‌های جاری در این لایه‌ها تجمع یابد. به دلیل ریز دانه بودن و تخلخل بسیار کم لایه‌های رسی موجود در زیر این لایه ماسه‌ای حالت لغزنده‌ای را در مرز بین این دو لایه ایجاد می‌کند. این عامل موجب مستعد بودن محدوده برای ایجاد زمین لغزش می‌شود. در این محدوده زهکشی مناسبی در نظر گرفته نشده است که می‌تواند پتانسیلی برای لغزش‌های بعدی نیز باشد. با توجه به وجود لایه‌های رسی احتمال لغزش برای این قسمت در طول زمان بسیار زیاد می‌باشد. شکستگی اصلی موجود در مسیر پروفیل باعث ایجاد یک منطقه نفوذ پذیر در سمت چپ پروفیل در جهت شمال غربی شده است. این شکستگی مسیری زیرسطحی برای عبور آب به وجود آورده است. این مسیر در مدل معکوس توموگرافی مقاومت ویژه الکتریکی خروجی نرم افزار قابل مشاهده است. مقاومت ویژه الکتریکی در این قسمت در بازه عددی ۲۰ الی ۳۰ اهم-متر قرار دارد. عمق این محدوده حدود سه الی چهار متر می‌باشد.

به منظور تفسیر سونداژ قائم الکتریکی از گمانه اکتشافی برای بالا بردن دقت استفاده شد. لایه اول مقاومت ۳۰ الی ۴۵ اهم-متر و حدود ۱ تا ۲ متر ضخامت دارد. جنس این لایه مصالح کاربردی در پی سازی ساختمان می‌باشد. این لایه تقریباً اشباع است. این مقدار رطوبت نیز در اثر نفوذ آب باران و فاضلاب‌ها که در قسمت بالادست محدوده به این ناحیه جریان می‌یابد، ایجاد شده است.

لایه دوم با ضخامتی حدود دو الی سه متر و مقاومتی بین ۴۰ تا ۶۰ اهم - متر می‌باشد. جنس لایه در این ناحیه شن و ماسه بوده و بالا رفتن جزئی مقاومت در این قسمت بیانگر برخورد به سطح آب باشد در عمق ۲ متری می‌باشد. جنس لایه سوم رس

و ماسه می‌باشد. این لایه به صورت بکر و دست نخورده است. که از عمق حدود ۵ الی ۶ متری شروع شده و تا اعماق پایین تر همین لایه و مشخصات آن قابل ارزیابی است.

۳ نتیجه‌گیری

نتایج نشان می‌دهد که یک جریان زیر سطحی در عمق ۳ الی ۴ متری در موقعیت غربی پروفیل وجود دارد. جنس این لایه شنی-ماسه ای می‌باشد که نفوذپذیری بالایی دارد. وجود لایه رسی در زیر این لایه موجب افزایش فشار آب منفزی شده و احتمال لغزش مجدد را افزایش می‌دهد. در قسمت بالا دست جاده و محدوده لغزش دو کانال به منظور زهکشی آب‌های جاری وجود دارد. با توجه به ابعاد کانال‌های زهکشی برای مواقع سیلاب پتانسیل عبور آب و زهکشی در این کانال‌ها بسیار پایین می‌باشد. این امر می‌تواند موجب خسارت به ساختمان‌های پایین دست محدوده لغزشی گردد. در فصل‌های پر باران نفوذ آب-های سطحی افزایش می‌یابد و لایه های زیرسطحی مسیر جاده را به حالت اشباع در می‌آورد. این حالت زنگ خطری در تشدید زمین لغزش می‌باشد. به منظور تثبیت لغزش یک زهکش مناسب باید در این محدوده اجرا شود. در ضمن با توجه به کاربرد سازه برای مدرسه توصیه می‌شود مدرسه تخلیه شود.

۴ تشکر و قدر دانی

از شورای شهر و شهرداری شهرستان زیراب و مدیریت بحران استانداری مازندران تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

- آقناباتی، س.ع. ۱۳۸۵. زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
حجت، آ.، رنجبر، ح. ۱۳۹۰. اصول ژئوالکترونیک کاربردی، موسسه انتشارات ستایش.
قربانی، ا.، تدین، م.، ۱۳۸۹. اعتبار سنجی تفسیر سونداژ الکتریک توسط مدلسازی سه بعدی: چهارمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران. ۲۵ الی ۲۸ شهریور ۱۳۸۹، ارومیه.
- Demoulin, A., Pissart, A., and Schroeder, C., 2003, On the origin of late Quaternary paleo-landslides in the Liege (E Belgium) area, *Int. J. Earth Sci.*, **92**, 795-805.
- Jomard, H., Lebourg, T., Binet, S., Tric, E., and Hernandez, M., 2007, Characterization of an internal slope movement structure by hydro-geophysical surveying. *Terra Nova*, **19**, 48-57.
- Jongmans, D., and Garambois, S., 2007, Geophysical investigation of landslides: a review. *Bulletin De La Societe Geologique De France*, **178**, 101-112.1927-1
- Loke, M.H., and Barker, R.D., 1996, Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections by quasi-Newton method, *Geophys. Prospect.*, **44**, 131-152.