پیشنهاد مطالعات ژئوفیزیکی مسیر تونل انتقال پساب مجتمع مس سونگون جهت شناسایی گسل‌ها و شکستگی‌ها

یوسف شرقی[۱]، فرهاد عزیز افشاری[۲]
[۱]دانشیار، دانشگاه صنعتی سهند، *Sharghi@sut.ac.ir*
[۲]کارشناس ارشد، رئیس واحد تحقیق و توسعه مجتمع مس سونگون، *azizafshari@nicico.com*

چکیده

به منظور انتقال پساب مجتمع مس سونگون به روستای هیزه جان حفر تونلی با استفاده از روش‌های مکانیزه طراحی شده است. هدف ازاحداث تونل، انتقال پساب به سد باطله و سپس انباشت باطله مطابق استانداردهای زیست محیطی و امکان استفاده از آب برگشتی در چرخه مصرف است. شکستگی و گسل یکی از مهم‌ترین پارامترهای اثر گذار بر نرخ نفوذ دستگاه **TBM** در توده سنگ هستند. اینگونه فضاهای خالی می‌توانند مخاطراتی را متوجه روند حفاری تونل نموده و یا حداقل موجب ایجاد وقفه و اختلال در کار حفاری شوند. در این تحقیق مناسب‌ترین روش‌های ژئوفیزیکی برای تشخیص شکستگی‌ها و گسل‌های مسیر تونل معرفی شده است. سپس با در نظر گرفتن زمین شناسی محدوده و هزینه عملیات، پروفیل‌ها و شبکه برداشت ژئوفیزیکی طراحی شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: تونل، ژئوفیزیک، مغناطیس سنجی، ژئوالکتریک، طراحی برداشت

Proposed geophysical study of Sungun copper mine effluent transfer tunnel to identify faults and fractures

Yousef Sharghi[1], Farhad Azizafshari[2]
[1]Mining Engineering Department,Sahand University Of technology
[2]Research and development, Sungun Copper Mine

Abstract

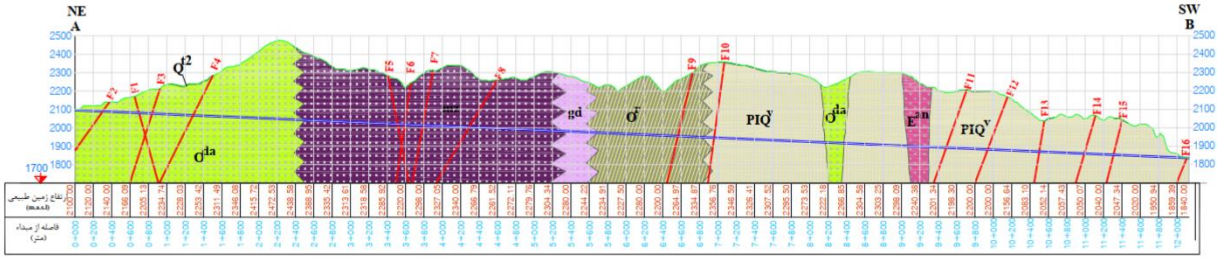
In order to transfer the effluent of Songun copper mine to HizehJan village, tunnel excavation has been proposed using mechanized methods. The purpose of constructing the tunnel is to transfer the effluent to the tailings dam and also to return the recovered water to the Sungun mine. Fractures and faults are one of the most important factors affecting the penetration of the TBM device in the rock mass. Such voids can cause hazards to the tunnel drilling process or cause interruption and disruption in drilling work. In this research, the most suitable geophysical methods for detecting fractures and faults in the tunnel route have been introduced. Then, geophysical profiles and grids are designed considering the geology of the area and the cost of operations.

Keywords: (Tunnel, geophysics, magnetic, geoelectric, Survey planning)

۱ مقدمه

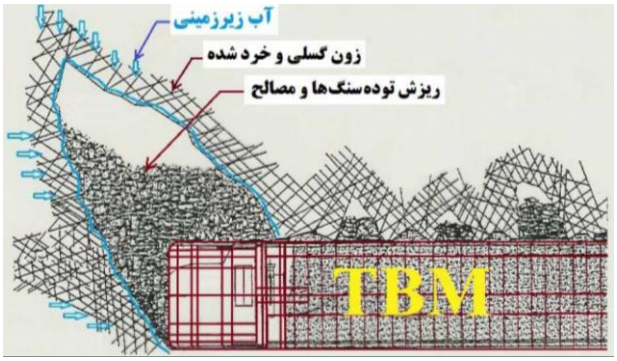
سدهای باطله معدنی معمولا به منظور انباشت و رسوب مواد باطله حاصل از کارخانجات کنسانتره مواد معدنی ساخته می شوند. در اغلب موارد آب بازیابی شده به چرخه تولید بازگشته و مجدد مورد استفاده قرار می گیرد. برای نیل به این هدف در معدن مس سونگون، بررسی‌های گسترده ای پیرامون این موضوع صورت گرفته است و به‌منظور جمع‌آوری و ذخیره پساب‌کارخانه تغلیظ مس، حفاری تونل انتقال پساب و احداث سد باطله در حوضه آبریز رودخانه هیزجان چای مدنظر قرارگرفته است. با توجه به طول زیاد تونل و لزوم اجرای هرچه سریع‌تر و ایمن این طرح و با عنایت به میزان اندک تونل‌سازی با روش های سنتی، استفاده از روش حفاری مکانیزه در اولویت کار قرار گرفته است. به علت محدودیت دامنه کاربرد TBM ها در شرایط پیچیده و نامطلوب زمین شناسی، مطالعه مسیر تونل از اهمیت خاصی برخودار است. مقطع زمین شناسی مسیر تونل پیش بینی شده ، نشان دهنده حضور واحدهای مختلف زمین شناسی (عمدتا آذرین) و گسل های متعدد است(شکل ۱). عمق تونل در بخش های

مختلف مسیر متغیر بوده و در برخی نقاط به ۴۰۰ متر می‌رسد. آشنایی با زمین شناسی مسیر تونل به کاهش مشکلات و کم کردن هزینه طرح کمک ارزنده‌ای خواهد کرد. زمین های سست و ریزشی، سنگهای پردرزه، گسل خورده، هوازده و متورم شونده،



هنگام حفر تونل مشکلات زیادی را بوجود می‌آورند (شکل ۲).

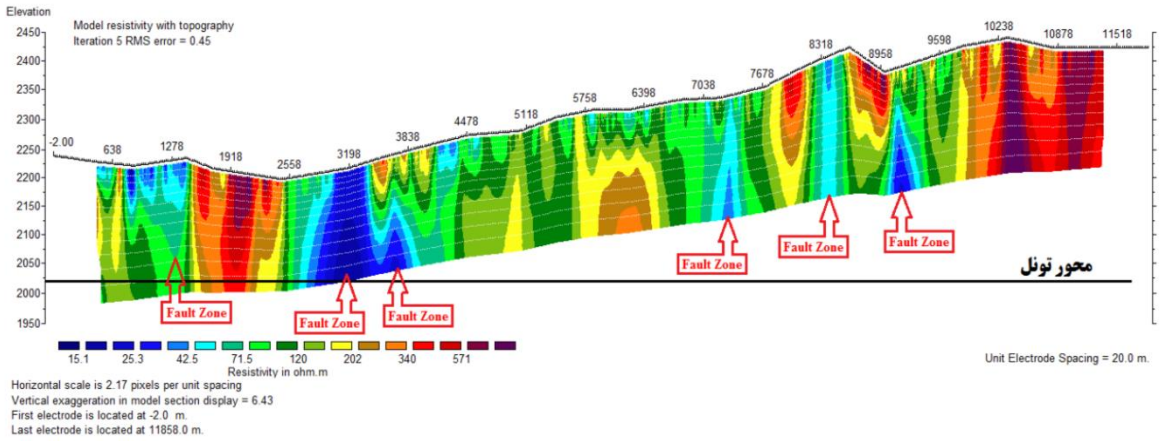
شکل ۱: مقطع زمین شناسی مسیر تونل انتقال پساب؛ o^{da}: سنگ‌های ولکانیکی داسیت، PIQ^{V} : گدازه‌های اسیدی، E^{an}: آندزیت‌های پرفیری، ***mz***: مونزونیت، ***gd***: گرانیت، (طوس آب، ۱۳۹۸).



شکل ۲: طرحی شماتیک از ریزش توده سنگ‌ها و توقف دستگاه **TBM** در یک زون گسلی (جودکی و همکاران،۱۳۹۷).

جمع‌آوری دقیق اطلاعات ژئوتکنیکی، ژئوفیزیکی، طراحی مناسب ماشین حفاری و بهره برداری صحیح از پارامترهای دستگاه در شرایط مختلف برای غلبه بر مشکلات اجرایی ضروری می‌باشد. روش‌های ژئوفیزیکی مختلفی را برای شناسایی گسل‌ها می‌توان مورد استفاده قرار داد. زون‌های گسلی و خرد شده باعث افزایش تخلخل شده و در نتیجه محلی برای عبور آب‌های زیرزمینی و تجمع آنها می‌شوند. حضور آب در این زون‌ها باعث افزایش رسانایی و کاهش مقاومت ویژه می‌گردد. از این رو استفاده از روش مقاومت سنجی برای شناسائی شکستگی‌ها و زون‌های خرد شده در ساختگاه‌های زمین شناسی به طور گسترده ای توسط محققین مختلف گزارش شده است (حسن و همکاران، ۲۰۱۸؛ گانرد و همکاران ۲۰۰۶؛ مندال و همکاران ۲۰۱۹؛ موتا و همکاران ۲۰۰۴؛ گانرود و همکاران ۲۰۰۶).

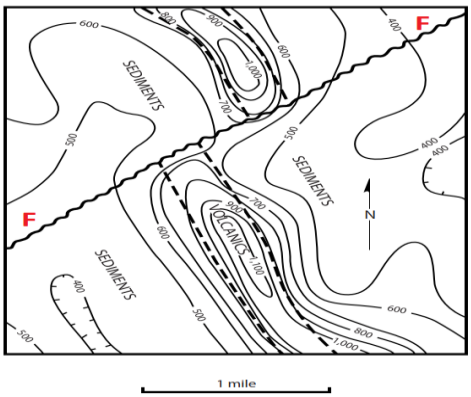
علاوه بر این وجود زون‌های گسلی و خرد شده، سبب افزایش میزان کانی‌های با رسانایی بالا، نفوذ سیالات منفذی و و شکستگی‌ها شناسایی برای در نتیجه کاهش مقاومت ویژه می‌گردد. از این‌رو استفاده از روش مقاومت‌سنجی زون‌های خردشده در ساختگاه‌های زمین‌شناسی، به طور گسترده‌ای توسط محققین استفاده می‌شود (شکل ۳).



شکل ۳: مقطع مقاومت ویژه مدل وارون در یکی از خطوط برداشت مسیر تونل گمرود با در نظر گرفتن توپوگرافی، منطبق با مسیر تونل (جودکی و همکاران ۱۳۹۷).

بررسی گسل به روش مغناطیسی به تباین مغناطیسی سنگ‌های اطراف گسل بستگی دارد (اویسی موخر و همکاران، ۱۳۸۷). و تحت این شرایط به عنوان روشی موثر در نقاط گوناگون دنیا استفاده شده است (شکل ۴). این روش هم در مناطقی که با رسوبات پوشیده شده اند و در آنها امکان مشاهده مستقیم گسل وجود ندارد و هم در بررسی گسل در بین واحدهای آذرین به کار می‌رود. قریب (۱۹۸۵) در مطالعات ژئوفیزیک در حوضه قرادیگ مصر که دارای پوشش ضخیم رسوبی و پتانسیل هیدروکربوری است از روش مغناطیس سنجی برای تعیین گسترش شکستگی‌های منطقه استفاده کرده است.

توانایی روش مغناطیس سنجی در آشکارسازی ناهمگنی‌های زیرسطحی مانند گسل‌ها، خردشدگی‌ها، حفره‌ها، فضاهای خالی زیرسطحی و پدیده‌هایی مانند کارستی شدن اثبات شده است (ماته و همکاران ۲۰۰۶؛ ریباکو و همکاران ۲۰۰۵؛ خلیل ۲۰۱۶؛ اورفانو و آپوستوپولوس ۲۰۰۶، موچالس ۲۰۰۶؛ دوقسا و همکاران ۲۰۱۲).



شکل ۴: تفسیر کیفی شدت میدان کل مغناطیسی در نیوفاندلند کانادا، گسلی با جابجایی راستگرد یک سازنده ولکانیکی را که در بین سازندهای رسوبی قرار دارد جابجا کرده است. گسل بصورت خط موج دار و حاشیه سازند ولکانیکی بصورت خط چین نشان داده شده است (هینز و همکاران ۲۰۱۳).

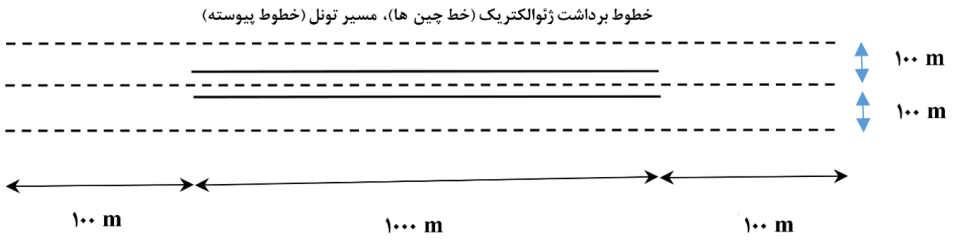
گسل باعث خرد شدن سنگ‌های منقطه شده و فضاهای مناسبی برای تجمع رس ایجاد می‌کند که وزن مخصوص کمتری نسبت به سنگ در برگیرنده دارند در ضمن گسل‌ها باعث جابجایی در موقعیت لایه‌های با وزن مخصوص مختلف می‌شوند که این پدیده استفاده از روش گرانی جهت تعیین محل گسل را توجیه پذیر می‌کند. (میلانو و همکاران، ۲۰۲۱).

۲ روش‌های پیشنهادی

روش‌های ژئوفیزیک در اکتشاف ساختگاه تونل‌ها، به منظور تعیین موقعیت‌های غیرعادی است که باید به وسیله روش‌های مستقیم و دقیق مجدد بررسی و تایید شوند. ترکیب و تلفیق مطالعات ژئوفیزیک و ژئوتکنیک باعث می‌شود که سطح گسترده

و کامل‌تری از اطلاعات مربوط به ناحیه مورد مطالعه بدست آید. بنابراین طرح ریزی یک برنامه جامع مطالعات شامل بررسی‌های زمین شناسی و ژئوفیزیک در شرایط پیچیده و مشکل‌دار زمین شناسی، شرط اصلی و اساسی برای طراحی و ساخت یک فضای زیرزمینی با حداقل ریسک است.

در ادامه روش‌های ژئوفیزیکی موثر و کم هزینه برای برداشت یک کیلومتر از طول تونل به شرح ذیل پیشنهاد می‌گردد. با توجه به تجربیات مناسب در بررسی گسل‌ها توسط روش مقاومت ویژه، این روش برای این مطالعه مناسب خواهد بود. حدود تقریبی منطقه عملیات که باید در آن بررسی‌های ژئوفیزیکی با روش ژئوالکتریک انجام گیرد در شکل ۵ نشان داده شده است. برای اندازه گیری مقاومت ویژه نقاط کم عمق آرایه دایپل – دایپل پیشنهاد می‌شود. آرایه پل –دایپل به همراه دایپل – دایپل برای دسترسی به عمق بیشتر انجام پیشنهاد می‌گردد. آرایه ترکیبی دایپل دایپل برای پرش‌های ۱ تا ۱۲ و آرایه پل دایپل برای پرش‌های ۸ تا ۱۶ با فاصله ایستگاهی ۲۰ متر.

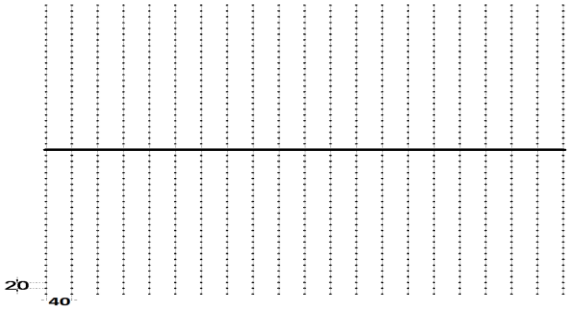


شکل ۵: خطوط برداشت ژئوالکتریک در اطراف مسیر یک کیلومتری تونل.

برای بررسی وجود گسلهای عمیق و پنهان در محدوده تونل با توجه به محدودیت عمق روش‌های الکتریکی، مطالعات مغناطیس سنجی در محدوده تونل پیشنهاد می‌گردد. بی هنجاری‌های مغناطیسی توسط برداشتهای مغناطیسی با رزولوشن بالا قابل آشکارسازی هستند. روش‌های جدید در پردازش، فیلترینگ و تفسیر داده‌های مغناطیسی اطلاعات ارزشمندی در مورد گسل‌ها در اختیار قرار می‌دهند. نظر به اینکه لیتولوژی منطقه عمدتاً آذرین است این مطالعات می‌تواند نتیجه مطلوبی در این خصوص ارائه دهد. این مطالعات در قیاس با سایر روش‌های ژئوفیزیکی از سرعت مناسبی برخوردار بوده و هزینه پایینی دارند و در ضمن عملکرد خوبی در این خصوص از خود نشان داده اند. معمولاً مطالعات مغناطیس سنجی در اکثر پروژه‌های زمین شناسی و ژئوتکنیکی به همراه سایر مطالعات انجام می‌شود. بنابراین مطالعات مغناطیس سنجی در مسیر این تونل همراه با سایر مطالعات اکیداً توصیه می‌گردد. عمق تونل مورد مطالعه در برخی از نقاط به بیش از ۴۰۰ متر می‌رسد. به منظور دسترسی به اطلاعات این عمق طول پروفیل مورد مطالعه بایستی بیش از دو برابر این طول انتخاب گردد. بنابراین طول خطوط برداشت عمود بر تونل به طول یک کیلومتر پیشنهاد می‌شود.

فواصل برداشت ایستگاه‌های مغناطیس سنجی برابر با ۲۰ متر در روی خطوط در نظر گرفته شده است. شکل ۶ وضعیت قرارگیری خطوط و ایستگاه‌های برداشت مغناطیسی را نسبت به مسیر تونل نشان می‌دهد.

برای تعیین محل زون‌های خرد شده که عمدتاً با رس پر شده‌اند و همچنین تعیین محل حفره‌های کارستی در مسیر تونل در بخش‌های آهکی و کم عمق می‌توان از مطالعات گرانی سنجی استفاده نمود. با توجه به هزینه زیاد انجام این مطالعات، پیشنهاد می‌شود تصمیم گیری در مورد مطالعات گرانی سنجی بعد از انجام روش مغناطیس سنجی و عملیات ژئوالکتریک صورت گیرد. برای تایید نتایج برداشت‌های ژئوفیزیک پیشنهاد می‌شود بررسی‌های زمین شناسی به همراه مطالعات دورسنجی همزمان با انجام این مطالعات صورت گیرد.



شکل۶: وضعیت قرار گیری خطوط و ایستگاه‌های برداشت مغناطیسی نسبت به مسیر تونل.

۳ نتیجه‌گیری

به منظور تعیین محل شکستگی‌ها و گسل‌های احتمالی مسیر تونل انتقال پساب مجتمع مس سونگون روش‌های ژئوفیزیکی مختلفی در این مطالعه پیش بینی شده است. وجود خلل و فرج در سنگ‌ها و حضور سیالات منفذی در آنها، باعث تغییر در مقاومت ویژه الکتریکی خواهد شد که می‌توان این روش را در این محدوده به کار برد. با توجه به سرعت بالا و هزینه کم مطالعات مغناطیسی و نیز وضعیت زمین شناسی محدوده مورد مطالعه این روش نیز همراه با روش مقاومت ویژه برای محدوده مورد مطالعه پیشنهاد گردید. روش‌های دورسنجی و بررسی‌های زمین شناسی برای کنترل نتایج ژئوفیزیک موثر خواهند بود.

منابع

طوس آب، زمین شناسی عمومی مسیر تونل انتقال باطله، (۱۳۹۸)، گزارش طرح جامع آب، شرکت ملی صنایع مس.

جودکی, وحید, اجل لوئیان, رسول, یزدخواستی, نرگس. (۱۳۹۷). مقایسهٔ نتایج برگردان دوبُعدی داده‌های مقاومت‌سنجی با شرایط زمین‌شناسی در مسیر حفاری قطعه ۳ و۴ تونل قمرود .نشریه انجمن زمین شناسی مهندسی ایران، (۱)۱۱ن، ۴۹-۶۴

Ganerød, G. V., Rønning, J. S., Dalsegg, E., Elvebakk, H., Holmøy, K., Nilsen, B., & Braathen, A. (2006). Comparison of geophysical methods for sub-surface mapping of faults and fracture zones in a section of the Viggja road tunnel, Norway. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 65(3), 231-243.

Hasan, M., Shang, Y., & Jin, W. (2018). Delineation of weathered/fracture zones for aquifer potential using an integrated geophysical approach: A case study from South China. Journal of Applied Geophysics, 157, 47-60.

Lee, S. C. H., Noh, K. A. M., & Zakariah, M. N. A. (2021). High-resolution electrical resistivity tomography and seismic refraction for groundwater exploration in fracture hard rocks: A case study in Kanthan, Perak, Malaysia. Journal of Asian Earth Sciences, 104880.

Milano, M., Varfinezhad, R., Bizhani, H., Moghadasi, M., Kalateh, A. N., & Baghzendani, H. (2021). Joint interpretation of magnetic and gravity data at the Golgohar mine in Iran. Journal of Applied Geophysics, 195, 104476.

Mpofu, M., Madi, K., & Gwavava, O. (2020). Remote sensing, geological, and geophysical investigation in the area of Ndlambe Municipality, Eastern Cape Province, South Africa: Implications for groundwater potential. Groundwater for Sustainable Development, 11, 100431.

Ndougsa-Mbarga, T., Feumoe, A. N. S., Manguelle-Dicoum, E., & Fairhead, J. D. (2012). Aeromagnetic data interpretation to locate buried faults in south-east Cameroon. Geophysica, 48(1-2), 49-63.