

نقش کانی شناسی سازند آغاچاری در رفتار هیدرولیکی توده سنگ مغار نیروگاه سد مسجدسلیمان

آرش برجسته^۱، علی حسین جلیلیان^۲

^۱ عضو هیئت علمی- صنعتی وزارت نیرو، سازمان آب و برق خوزستان، اهواز
*barjasteh@hotmail.com

^۲ گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه پیام نور، تهران
jalilian@pnu.ac.ir

چکیده: رفتار هیدرولیکی سازندهای زمین شناسی و توده های سنگی یکی از مهم ترین جنبه های کاربرد مهندسی سنگ در حفاری های زیرزمینی است. بیشتر حفاری های زیرزمینی با چالش های مستقیم و غیرمستقیم ناشی از آب های زیرزمینی مواجه هستند که منجر به افزایش زمان، هزینه و خطرپذیری حفاری ها می شود. تراوش آب به درون حفریات زیرزمینی سبب خزش و آماس در لایه های رسی و بروز مشکلات مختلف در سازه های هیدرولیکی می گردد. در این نوشتار نقش کانی شناسی سازند آغاچاری در رفتار هیدرولیکی توده سنگ سقف مغارهای نیروگاه و مبدل سد جریانی مسجدسلیمان و بروز ناپایداری در بخشی از این سازه بررسی شده است. یافته های این تحقیق در برنامه ریزی برای مدیریت بهینه و افزایش عمر مفید سد مفید خواهد بود.

واژگان کلیدی: آماس، گل سنگ، رفتار هیدرولیکی، مغار نیروگاه، سد مسجدسلیمان

۱- مقدمه

بررسی رفتار هیدرولیکی و فرآیندهای مکانیکی مربوط به توده های سنگی یکی از مهم ترین جنبه های کاربرد مهندسی سنگ به ویژه در حفاری های زیرزمینی است (Barjasteh, 2019). سد گدار لندر (مسجدسلیمان) از نوع سنگریزه ای با

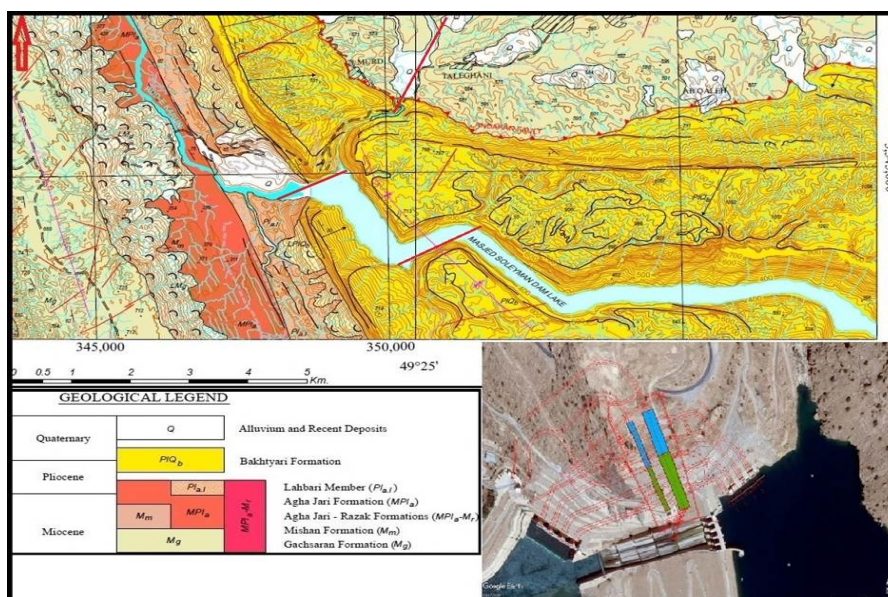
هشتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران



8th Symposium of Sedimentological Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024
University of Hormozgan

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲
دانشگاه هرمزگان

هسته رسی قائم و با بلندای ۱۷۷ متر، پهنای تاج ۱۵ متر و طول تاج ۴۹۷ متر بر روی رودخانه کارون ساخته شده است (شکل ۱). این سد در حدود ۱۴ کیلومتری شهرستان مسجدسلیمان و ۲۶ کیلومتری پایین دست سد کارون ۱ (شهید عباسپور) جای دارد. افزون بر ساختار و ابعاد سد که یکی از بلندترین سدهای سنگریزه‌ای ایران محسوب می‌شود، در این ساختگاه مجموعه‌ای از سازه‌های زیرزمینی مهم از جمله مغار نیروگاه و مغار مبدل‌ها (ترانسفورماتورها) ایجاد شده است (مهاب قدس، ۱۳۸۶؛ سد تونل پارس، ۱۳۹۷). در پهنه پیرامونی سد، سازندهای نئوژن (گچساران، میشان، آغاچاری و بختیاری) رخنمون دارند (برجسته، ۱۴۰۱). یکی از مسائل مهم مرتبط با سازه‌های هیدرولیکی عظیم، تراوش آب به درون حفریات زیرزمینی و خزش و آماس در لایه‌های رسی و ایجاد مشکلات در پایداری آنهاست (شکل ۲). در این نوشتار نقش کانی‌شناسی لایه‌های تورم‌پذیر سازند آغاچاری (بخش لهری) در رفتار هیدرولیکی توده سنگ سقف مغارهای نیروگاه و سد مسجدسلیمان و بعضی از پیامدهای ناشی آن بررسی شده است. در این راستا، نمونه‌های گوناگون از مغارهای مورد نظر تهیه و تحت پتروگرافی و بررسی با پراش پرتو ایکس (XRD) قرار گرفته‌اند.



شکل ۱: جایگاه سد مسجد سلیمان بر روی نقشه زمین‌شناسی (N.I.O.C., 1967) و تصویر ماهواره‌ای گوگل ارث.

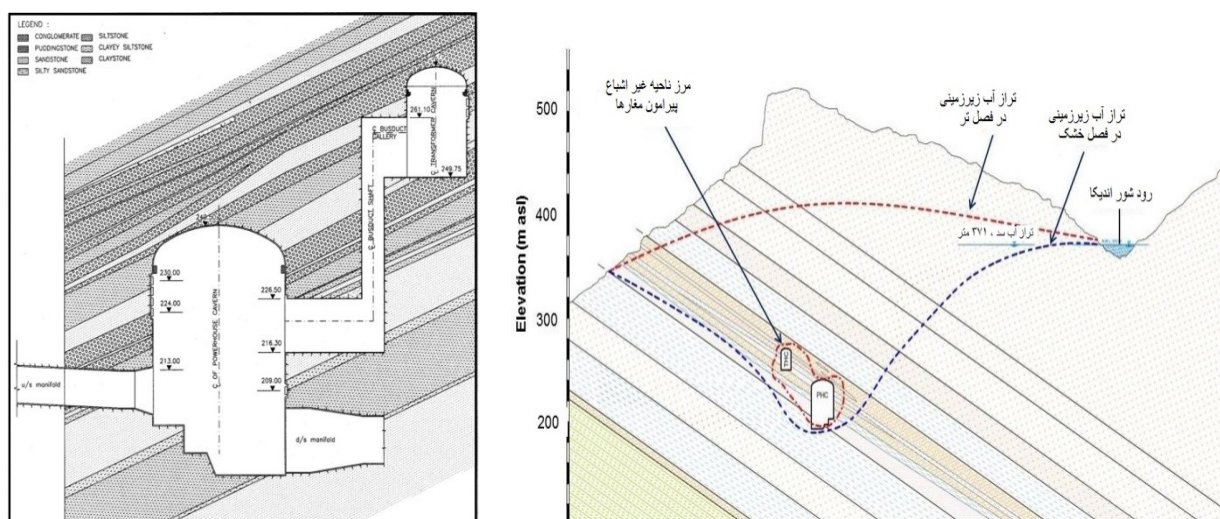
هشتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران



8th Symposium of Sedimentological Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024
University of Hormozgan

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲
دانشگاه هرمزگان

پی سد و مغار نیروگاه مسجدسلیمان بر سازند آغاچاری (بخش لهبری) بنا شده است، اما در ترازهای بالا با یک دگرشیبی بارز با سازند بختیاری (میو-پلیوسن) جایگزین می شود (شکل ۳). البته در باره مرز سازند بختیاری با عضو لهبری در این محدوده دیدگاه های گوناگونی ارائه شده است (برجسته و جلیلیان، ۱۴۰۱).



شکل ۲: برش زمین شناسی (چپ) از جایگاه مغارهای سد در تکیه گاه راست (Stabel and Samani, 2003) و وضعیت تراز آب زیرزمینی (راست) در پیرامون آنها (سد تونل پارس ۱۳۹۷).

بخش بالائی مغار از کنگلومرای سبتر لایه تا توده ای (۹۰ تا ۹۵ درصد) گاهی همراه با عدسی های نازک تا متوسط و لایه های ماسه سنگی (۵ درصد) و گل سنگ (۵ تا درصد) ساخته شده است (مهاب قدس ۱۳۶۷). اما بخش زیرین شامل تناوبی از طبقات کنگلومرایی سبتر تا بسیار سبتر (۶۰ تا ۷۵ درصد)، گل سنگ های نازک تا بسیار سبتر (۲۰ تا ۳۰ درصد) و لایه های ماسه سنگی متوسط تا سبتر (۵ تا ۱۰ درصد) بنا شده است. عدسی هایی از ماسه سنگ لای دار و لای سنگ، در ترازهای مختلف و با ضخامت های متفاوت با گسترش افقی دیده می شود. درزه خوردگی لایه های ماسه سنگی در حد متوسط تا زیاد است که بیشتر به درصد رس موجود در آنها بستگی دارد. زیاد بودن درصد رس در ماسه سنگ ها به رفتار شکل پذیر در تنش های زمین ساختی و در نتیجه به درزه خوردگی کمتر آنها می انجامد (برجسته، ۱۴۰۱). از دیدگاه زمین ریخت شناسی، جایگاه مغارهای سد در کرانه راست رودخانه کارون جای دارد. این دامنه یک پشته نامتقارن از

هشتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران



8th Symposium of Sedimentological Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024
University of Hormozgan

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲
دانشگاه هرمزگان

رخنمون سازند بختیاری با روند شمال باختری-جنوب خاوری است که از سوی جنوب باختری به پرتگاه‌های پرشیب و نزدیک به قائم مشخص می‌شود که با شکستگی‌های باز و لغزش و چرخش بلوکی همراه است. این پشته دارای شیب ملایمی به سوی شمال خاوری است.

۲- بحث

۲-۱- کانی‌شناسی و پتروگرافی لایه‌های رسی

نتایج به‌دست آمده از پتروگرافی نمونه‌های مورد مطالعه نشان‌دهنده درصد چشم‌گیری از کانی‌های رسی صفحه‌ای و تا اندازه‌ای رس‌های متورم شونده در این لایه‌ها است (شکل ۳). یکی از پیامدهای وجود چنین کانی‌هایی در لایه‌های رسی، گل‌سنگ، ماسه‌سنگ لای‌دار و لای‌سنگ‌های شکل‌پذیر مغارهای سد، آماسیدگی به دلیل نشت آب از لایه‌های تراوای ماسه‌سنگی و کنگلومرانی در ترازهای بالاتر است. افزون بر این، نتایج آزمون‌های آزمایشگاهی نشان می‌دهد که توان آماسیدگی این لایه‌ها در شرایط اشباع گوناگون، تغییر می‌کند که وابسته به شرایط خشک یا تر محیط (فصل‌های بارش یا ماه‌های خشک سال) است (Doostmohammadi et al., 2009).

	CS1-2/2	CS12-3/1	CS12-4/2
Expand. Clays	12	11	15
Mica	11	14	17
Kaolinite	2	4	3
Qtz	16	13	13
Fsp	1	1	1
Cc	43	44	35
Dol	14	13	16
H ₂ O	4.9	4.2	5.2
C	6.91	6.86	6.12
S	0.024	0.021	0.024
Σ non sheet silic.	75	71	66
Σ Sheet-silicates	25	29	35

شکل ۳: تصاویر میکروسکوپی (چپ) و نتیجه آزمایش‌های شیمیایی و پراش پرتو ایکس برخی از نمونه‌ها (راست). عکس‌ها در نور پولاریزان گرفته شده‌است (Lahmeyer and Moshanir, 1982).

۲-۲- اثر کانی شناسی لایه ها بر رفتار هیدرولیکی توده سنگ

لایه های کنگلومرانی و ماسه سنگی با توجه به ویژگی های سنگ شناختی و گستردگی سامانه شکستگی در آنها می توانند آبخوان هائی با تراوایی متوسط تا ضعیف ایجاد کنند که با لایه های گل سنگی احاطه شده اند (شکل ۲). از سوی دیگر، وجود واحدهای گل سنگی ستیر به عنوان آبخوان ناتراوا (Aquitard) و لایه های محصور کننده می تواند سفره های معلقی (Perched aquifer) را در واحدهای کنگلومرانی و ماسه سنگی موجود پدید آورد. وجود میان لایه ها و عدسی های نازک رسی و سیلتی درون لایه های کنگلومرانی و ماسه سنگی به دلیل تخلخل بالا به افزایش تراوایی آنها و جریان یافتن آب زیرزمینی درون آنها و سپس گسترش فضاهای خالی و حفرات کارستی می انجامد. بخش بزرگی از آب زیرزمینی تراوش یافته در محدوده مغارها از لایه های کنگلومرایی و ماسه سنگی سرچشمه می گیرد. افزایش مقدار آب نشتی در فصل بارندگی، نشان دهنده تغذیه این آبخوان با ریزش های جوی در محل است که حضور سیستم های درزه و شکستگی و نیز نزدیکی مغار به سطح زمین و جهت شیب لایه های آبدار نیز در آن مؤثر است. گل سنگ ها به عنوان آب بند و لایه های محصور کننده عمل می کنند. البته با وجود سیستم های درزه و شکستگی، ممکن است تراوایی آنها افزایش یافته و اجازه نشت آب به بخش های پایین تر فراهم آید. در نتیجه، گل سنگ ها دچار دگرریختی و بارگذاری نرم شده و تنش های حاصل از آنها به لایه های پایین تر و سقف مغارها منتقل و سبب ناپایداری شده است.

۳- نتیجه گیری

- چینه نگاری و کانی شناسی سازندهای زمین شناسی بر رفتار هیدرولیکی سنگ های پیرامون مغارهای سد مسجد سلیمان موثر بوده است.
- بررسی رفتار لایه های گل سنگی و لای سنگی در سقف مغارها نشان داد که توده سنگ موجود در تماس با مقادیر اندک آب زیرزمینی، دچار پدیده خزش شده است.
- وجود رطوبت و ویژگی های تورمی لایه های گل سنگی و نیز وجود کانی های رسی سبب خزش و فشار تورمی بالا پیرامون مغارهای سد گردیده است.

هشتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران



8th Symposium of Sedimentological
Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024
University of Hormozgan

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲
دانشگاه هرمزگان

مراجع

- برجسته، آ. (۱۴۰۱). نوزمینساخت، جنبش گسلی و چین خوردگی جنبا در پهنه سد گدار لندر، هشتمین همایش ملی زمین ساخت و زمین شناسی ساختاری ایران، دانشگاه بیرجند، ۱۴-۱۵ شهریور. ۸ صفحه.
- برجسته، آ.، جلیلیان، ع.ج. (۱۴۰۱). بررسی نشانه های ساختاری-رسوبی سازند بختیاری (میو-پلیوسن) ساختگاه سد گدار لندر (مسجدسلیمان)، هفتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران، دانشگاه اصفهان، ۲۳-۲۵ آذر. ۶ صفحه.
- مهندسين مشاور سد تونل پارس، ۱۳۹۷. گزارش ویژگی های زمین شناسی و هیدروژئولوژی پروژه سد و نیروگاه برق آبی مسجدسلیمان. ۱۱۹ صفحه.
- مهندسين مشاور مهتاب قدس، ۱۳۸۶. گزارش زمین شناسی، مصالح ساختمانی و زمین لرزه مرحله شناخت طرح برق آبی گدار لندر. ۱۱۸ صفحه.
- Barjasteh, A. (2019). Influence of Geological Structure on Dam Behavior and Case Studies. In: Tosun, H (editor) *Dam Engineering*. IntechOpen Publishing. DOI: 10.5772/intechopen.74153. ISBN: 978-1-78985-480-0M.
- Doostmohammadi, R., Moosavi, M. , Osan, Th., & Mutschler, C. (2009). Influence of cyclic wetting and drying on swelling behavior of mudstone in south west of Iran, *Environ Geol*, (58), 999–1009.
- Lahmeyer International Consulting Engineers, Moshanir Power Engineering Consultants. (1982). Godar-e-Landar Hydroelectric Powerproject Engineering Report: Appendix I, Geology Part A.
- N.I.O.C. 1967, Lali geological map. Scale 1/100000.
- Stabel, B. & Samani, F. (2003). Masjed-e-Soleiman HEPP, Iran - Rock Engineering Investigations, Analysis, Design and Construction. *ISRM 2003*. Technology Roadmap for Rock Mechanics.