Archive of SID

دومین کنفرانس ملی مهندسی ژئوتکنیک ایران
کرمانشاه، ۹ و ۱۰ مهر ماه ۱۳۹۳

ارزیابی نفوذپذیری ساختگاه سد ماشکیدسفلی

مجتبی براهوئی[۱]، فریبا کارگران‌بافقی[۲]، محمدرضا مشرفی‌فر[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه یزد، گروه زمین‌شناسی

۳،۲- استادیار، دانشگاه یزد، گروه زمین‌شناسی

Humanworld25@yahoo.com

خلاصه

ارزیابی نفوذپذیری ساختگاه سد یکی از پارامترهای مهم در مطالعات ژئوتکنیکی ساختگاه سد می‌باشد. آزمایش لوژان روش متداول تعیین نفوذپذیری سنگ‌ها است. بر اساس تحلیل اطلاعات حاصل از این آزمایش میزان نفوذپذیری توده‌سنگ، ارزیابی می‌شود و بررسی دقیق این اطلاعات سبب می‌گردد بخش‌هایی که نیاز به تزریق بیشتری جهت آب‌بندی دارند، مشخص شوند و آب‌بندی ساختگاه سد به بهترین شکل صورت گیرد. در این مقاله نتایج آزمایش نفوذپذیری تکیه‌گاه راست، تکیه‌گاه چپ و بستر سد ماشکیدسفلی موردبررسی قرار گرفت و مشخص شد که سنگ‌های جناح چپ دارای میانگین لوژان ۱۴، سنگ‌های جناح راست دارای میانگین لوژان ۱۶ و سنگ‌های بستر ساختگاه دارای میانگین لوژان ۱۲ می‌باشند. در آخر با طبقه‌بندی نفوذپذیری سنگ‌ها بر اساس میانگین و میانگین وزنی لوژان، سنگ‌های کل ساختگاه در رده متوسط قرار گرفتند.

کلمات کلیدی: نفوذپذیری، سد، ماشکیدسفلی، لوژان

۱. مقدمه

در سدها فرار و اتلاف آب بیشتر از درزه و شکاف سنگ‌ها در اثر فشارهای هیدرولیکی آب پشت سد رخ می دهد و از موضوعات مهمی است که باید در طراحی و ساخت سدها مورد توجه قرار گیرد[۱]. مرسوم‌ترین روش اندازه‌گیری نفوذپذیری توده‌های سنگی درزه‌دار در صحرا، شیوه ابداع‌شده توسط Lugeon(1933) است. در این روش که به نام آزمایش لوژان موسوم است، ابتدا میزان آبخوری توده تحت یک فشار ثابت اندازه‌گیری می‌شود و سپس با تغییر فشار آب، منحنی تغییرات خورند در برابر فشار آب ترسیم می‌شود [2].

اساس کار این آزمایش این است که در محل معینی از یک گمانه، آب تحت‌فشار به سنگ تحمیل می‌شود و دبی حجمی آب ورودی و فشار آن اندازه‌گیری می‌شود و بر اساس تعریف قراردادی آن میزان نفوذپذیری سنگ ارزیابی می‌شود. در آزمایش لوژان افزایش فشار آب به‌صورت پله‌ای بوده و برحسب شرایط به‌صورت پله‌های ۱ و ۲ و ۳ اتمسفر و یا ۲، ۴ و ۶ اتمسفر انتخاب می‌شود. در هر پله حجم آب تزریقی به محل موردنظر برحسب لیتر در دقیقه اندازه‌گیری شده و معمولاً لازم است که تفاوت بین دو قرائت در فاصله زمانی ۵ دقیقه، کمتر از ۱۰ درصد باشد تا بتوان آزمایش آن پله را پایان‌یافته تلقی نموده و پله بعدی را شروع نمود.

---

[1] دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی مهندسی
[۲] استادیار دانشگاه یزد
[۳] استادیار دانشگاه یزد

www.SID.ir

Archive of SID

بعد از انجام آزمایش، مقدار لوژان برای هر پله برآورد می‌گردد و سپس با رسم منحنی‌های هالسبی (Houlsby 1976)، وضعیت جریان مشخص و مقدار لوژان برای هر قطعه آزمایش محاسبه می‌شود. با توجه به رفتار توده‌سنگ در مقابل کاهش و افزایش فشار آب، محققین رفتار های گوناگونی را برای توده‌سنگ تعریف نموده‌اند که این رفتارها می‌تواند به شکل خطی، آشفته، بازشدگی، شستشوی درزه‌ها و پر شدن درزه‌ها می‌باشد [۳].

۲. موقعیت جغرافیایی سد

منطقه موردمطالعه (حوزه آبریز رودخانه ماشکیدسفلی) در جنوب شرق ایران و در شرق استان سیستان و بلوچستان و جنوب شرق شهرستان سراوان-بخش بم پشت واقع گردیده است. محدوده حوزه موردبررسی در مختصات ″3′4°27 تا ″23′8°27 عرض شمالی و ″45′32°62 تا 56′40°62 طول شرقی قرار دارد.

راه دسترسی به این ساختگاه از طریق مسیرهای آسفالته زاهدان-خاش (به طول ۱۶۰ کیلومتر)، خاش-سراوان (به طول ۱۵۵ کیلومتر) و سراوان-دهک (به طول ۳۵ کیلومتر) است. این منطقه در موقعیت ′42°62 طول شرقی، ′04°27 عرض شمالی و بر روی رودخانه ماشکید واقع شده است. این رودخانه خود از تلاقی دو رودخانه روتک و ماشکید، در بالادست به وجود آمده است [۴].

شکل ۱. محدوده منطقه موردمطالعه

۳. نفوذپذیری ساختگاه سد ماشکیدسفلی با افزایش عمق

جهت بررسی و برآورد ویژگی‌های ژئوتکنیکی ساختگاه سد ماشکیدسفلی و تعیین نفوذپذیری سنگ‌های ساختگاه تعداد ۱۵ حلقه گمانه با متراژ ۵۶۲ متر حفاری گردیده است. تعداد ۹۶ قطعه در این گمانه‌ها مورد آزمایش فشار آب قرار گرفت که عمق متوسط هر قطعه ۵ متر است. با استفاده از نتایج این آزمایش‌ها و روش هالسبی، مقادیر لوژان و رفتار هیدروژئومکانیکی توده سنگ در هر مقطع آزمایش به‌دست‌آمده است که در جداول و نمودارهای زیر نشان داده‌شده‌اند.

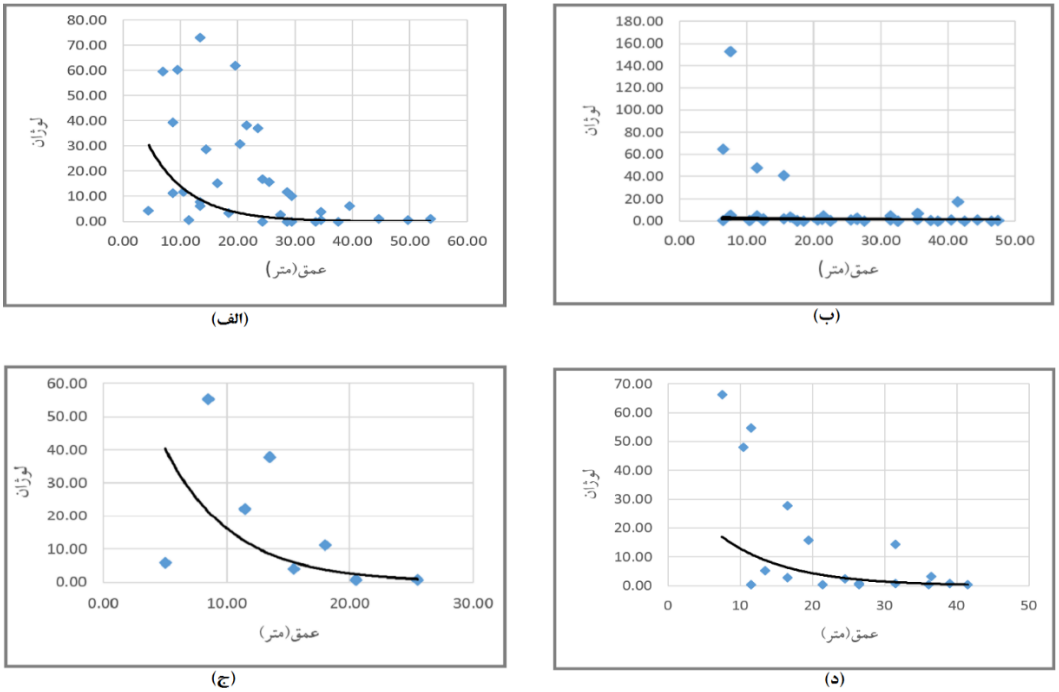
www.SID.ir

Archive of SID

آزمایش لوژان به ما اجازه ارزیابی متوسط نفوذپذیری را در طول مشخصی از گمانه می‌دهد. عدد لوژان به‌دست‌آمده از آزمایش به حضور درزه‌های ساختاری، میکرودرزه‌ها و شکاف‌ها حساس است و تحت تأثیر افزایش این پارامترها عدد لوژان نیز تغییر می‌یابد. میزان عمق در زیر سطح زمین، فاکتور مهمی در میزان هدایت هیدرولیکی توده‌های سنگی خردشده می‌باشد. افزایش عمق سبب می‌شود تا میزان بارهای لیتواستاتیکی افزایش یابند و درزه‌ها و شکاف‌ها تنگ‌تر شده و بسته شوند [۵].

همین‌طور که در نمودارهای بخش‌های مختلف ساختگاه سد که در زیر آورده شده‌اند مشاهده می‌گردد، با افزایش عمق میزان عدد لوژان و به عبارتی نفوذپذیری سنگ‌ها کاهش می‌یابد اما میزان کاهش عدد لوژان با عمق برای همه بخش‌ها یکسان نیست.

شکل ۲ نمودارهای تغییرات لوژان با افزایش عمق را نشان می‌دهد. در نمودارهای ترسیم‌شده، میزان عمق در برابر لوژان بر اساس وسط هر قطعه در نظر گرفته‌شده و نمودارها به ترتیبی که در شکل مشاهده می‌گردد، برای قسمت‌های مختلف ساختگاه سد ترسیم‌شده‌اند. در تکیه‌گاه راست ساختگاه (۲-الف) مشاهده می‌شود که با افزایش عمق میزان لوژان کاهش می‌یابد تا جایی که از عمق ۳۰ متری به بعد مقادیر لوژان به کمتر از ۱۰ می‌رسد و نشان‌دهنده این است که سنگ‌ها از این عمق به پایین دارای نفوذپذیری کمی می‌باشند. در همین نمودار (الف)، با افزایش عمق بیشتر از ۴۰ متر، عدد لوژان بسیار کاهش می‌یابد و می‌توان گفت توده سنگ‌های این بخش نفوذناپذیر می‌گردند. همان‌طور که از شکل ملاحظه می‌گردد در کلیه بخش‌ها با افزایش عمق، به دلیل افزایش بارهای لیتواستاتیکی میزان لوژان و نفوذپذیری سنگ‌ها کاهش می‌یابد ولی مقدار کاهش نفوذپذیری در همه‌ی بخش‌ها یکسان نیست. خط میل ترسیم‌شده در نمودار بستر ساختگاه به‌صورت خطی درآمده است و مقادیر پایین لوژان را مشخص می‌سازد که این نشان می‌دهد توده سنگ‌های این بخش، دارای نفوذپذیری کمتری نسبت به سایر قسمت‌های ساختگاه سد می‌باشند. از طرفی با توجه به‌کل نمودارهای ترسیم‌شده می‌توان گفت، از عمق ۳۰ متری به پایین توده سنگ‌های کل ساختگاه سد دارای نفوذپذیری کمی می‌باشند.



شکل ۲. نمودارهای تغییرات لوژان با افزایش عمق: (الف) تکیه‌گاه راست، (ب) بستر، (ج) سرریز، (د) تکیه‌گاه چپ.

۴. رفتار هیدرولیکی سنگ‌های ساختگاه سد

برخلاف نظر بسیاری از مولفان که مقادیر بالا و پایین را به ترتیب متناظر با تزریق پذیری بیشتر و کمتر می دانند، به سبب ناهمسانگردی مسیر های آبی و ویژگی های متفاوت جریان، همواره نمی توان تناسب مستقیمی میان مقادیر لوژان و خورند مایع تزریق (دوغاب جهت آب بندی سد) بدست آورد. یافتن رابطه میان مقادیر لوژان و خورند آمیزه تزریق بر اساس شرایط زمین شناسی ساختگاه و در نظر گرفتن هدایت هیدرولیکی سنگ می باشد [۶]. جهت بررسی وضعیت توده سنگ های ساختگاه نیاز است تا نوع جریان بر اساس مقادیر لوژان در پله‌های مختلف فشار، برای هر قطعه از آزمایش،

www.SID.ir

Archive of SID

ارزیابی گردد. چگونگی تغییر مقادیر لوژان در فشارهای مختلف اعمال‌شده در آزمایش نفوذپذیری لوژان را بر اساس رفتار هیدرولیکی سیستم درز و شکاف‌ها، تخلخل، حفرات انحلالی و نحوه گسترش حفرات در سنگ تقسیم‌بندی می‌کنند [۷].

تفسیرهای انجام‌شده در جهت بررسی رفتار هیدرولیکی ساختگاه سد ماشکید سفلی بر اساس روش هالسبی است. هالسبی جهت بهتر شدن تزریق آب‌بندی سد پیشنهادتی ارائه کرد. وی بیان نمود که مقدار هدایت هیدرولیکی باید بر اساس رفتار مشاهده‌شده در مقادیر لوژان محاسبه‌شده از مراحل مختلف فشار آب در گمانه صورت گیرد.

هالسبی (۱۹۷۶) بر اساس مشاهداتش رفتارهای هیدرولیکی را به پنج گروه زیر تقسیم‌بندی نمود.

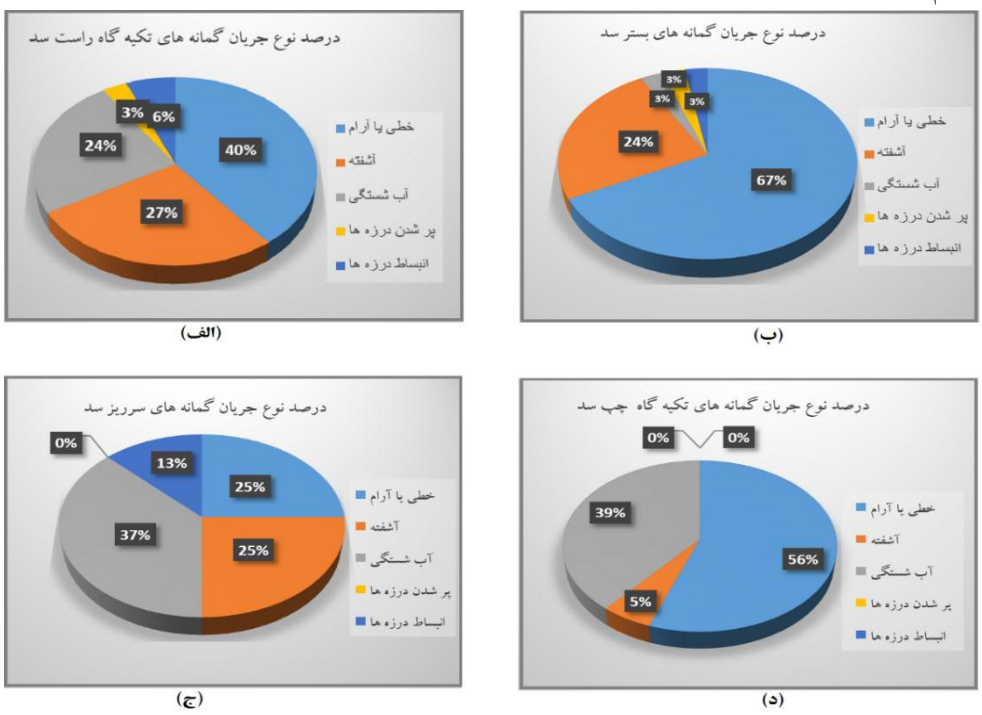
جریان خطی یا آرام: هداست هیدرولیکی توده سنگ در این حالت مستقل از فشار آب بکار گرفته‌شده است. این رفتار مشخصه توده سنگ‌های با هدایت هیدرولیکی پایین است که مقادیر نشت در آن نسبتاً پایین می‌باشد (کمتر از ۵ لوژان).

جریان آشفته: هدایت هیدرولیکی توده سنگ با افزایش فشار آب، کاهش می‌یابد. این رفتار مشخصه توده سنگ‌هایی است که ترک‌های نسبتاً تا به‌طور متوسط باز دارند.

انبساط درزه‌ها: رفتار مشابهی بین لوژان و مقدار فشار آب اعمال‌شده در مقادیر پایین و متوسط فشار، مشاهده می‌گردد. در فشارهای بالا حداکثر مقدار لوژان قابل‌دستیابی است. این رفتار که معمولاً در فشارهای متوسط مشاهده می‌گردد زمانی رخ می‌دهد که فشار آب اعمال‌شده بیشتر از تنش اصلی حداقل توده سنگ باشد. این فشار آب سبب انبساط موقت شکاف‌های موجود در توده سنگ می‌گردد. انبساط درزه‌ها باعث افزایش مقطع عرضی جریان آب می‌گردد و درنتیجه، هدایت هیدرولیکی افزایش می‌یابد.

آب شستگی: با انجام آزمایش و ادامه آن هدایت هیدرولیکی باوجود تغییر مراحل فشار، به‌طور پیوسته افزایش می‌یابد. این رفتار نشان می‌دهد که نشت آب سبب ایجاد تخریب ماندگار و غیرقابل‌برگشت در توده سنگ می‌گردد.

پر شدن درزه‌ها: هدایت هیدرولیکی حتی با افزایش فشار آب به‌طور مداوم کاهش می‌یابد. این رفتار نشان می‌دهد که: (۱) آب به‌طور پیوسته ناپیوستگی‌های انفرادی و غیر متداوم را پر می‌کند، (۲) در ناپیوستگی‌ها تورم رخ‌داده است، (۳) ذرات به‌طور آهسته به سمت ناپیوستگی‌ها حرکت می‌کنند و لایه‌ای را تشکیل می‌دهند که سبب بسته شدن ناپیوستگی‌ها می‌گردد [۸]. در شکل ۳ نمودارهای درصد فراوانی نوع جریان‌های هیدرولیکی ساختگاه سد ترسیم شده‌اند.



شکل ۳. نمودارهای نوع جریان هیدرولیکی در ساختگاه سد

www.SID.ir

Archive of SID

الف- تکیه‌گاه راست سد

در این بخش از سد ۵ گمانه حفرشده است و آزمایش‌های لوژان در ۳۳ قطعه انجام‌شده‌اند. همان‌طور که در شکل ۳(الف) مشاهده می‌شود بیشترین نوع جریان در این بخش، جریان آرام است با ۴۰ درصد که شامل ۱۳ قطعه از کل قطعات می‌باشد. جریان آشفته با ۲۷ درصد و در ۹ قطعه بعد از جریان آرام بیشترین مقدار را دارا می‌باشد. پرشدگی درزه‌ها در این بخش تنها در ۱ قطعه مشاهده گردید که شامل ۳ درصد کل نوع جریان در این بخش است.

ب-بستر

در این بخش از سد ۵ حلقه گمانه حفر گردیده است که در آن‌ها ۳۷ قطعه آزمایش صورت گرفته است. تعداد ۲۵ قطعه جریان آرام را نشان می‌دهد که شامل ۶۷ درصد از کل نوع جریان در این بخش می‌باشد. این میزان بالای جریان آرام یک نکته مثبت در سدسازی است و نشان می‌دهد که عمده توده سنگ‌های بستر دارای هدایت هیدرولیکی پایین می‌باشند و میزان نشت از آن‌ها کم است. ۹ قطعه شامل ۲۴ درصد دارای جریان آشفته می‌باشند.

جریان‌های آب شستگی ۱ قطعه، انبساط درزه‌ها ۱ قطعه و پرشدگی درزه‌ها نیز که یک نکته مثبت در سدسازی به شمار می‌رود فقط شامل یک قطعه از کل آزمایش‌های انجام‌شده می‌باشد.

ج- سرریز

در ۲ گمانه حفرشده در این بخش از سد در ۱۰ قطعه آزمایش لوژان انجام‌گرفته است. جریان آب‌شستگی در این بخش بیشترین مقدار را دارا می‌باشد و شامل ۳۷ درصد کل نوع جریان است. جریان آرام تنها ۲۵ درصد که شامل ۲ قطعه می‌باشد را در برگرفته و همچنین هیچ‌گونه جریانی از نوع پرشدگی در این بخش مشاهده نشده است بنابراین ۷۵ درصد نوع جریان‌ها از نوع نامناسب است و توده سنگ‌های این بخش دارای نفوذپذیری بیشتری هستند پس نیاز است تا تزریق آب‌بندی با توجه به عمقی که تا آنجا آزمایش‌ها انجام‌شده‌اند بیشتر موردتوجه قرار گیرد.

د- تکیه‌گاه چپ

آزمایش‌های لوژان در این قسمت در ۱۸ قطعه انجام‌گرفته‌اند و ۵۶ درصد نوع جریان آرام، ۳۹ درصد آب‌شستگی و ۵ درصد جریان آشفته را نشان می‌دهند. بالا بودن میزان نوع جریان آرام در این بخش از سد حاکی از مناسب بودن پی در این بخش از سد است. در آزمایش‌های انجام‌شده همان‌طور که در شکل ۳(د) مشاهده می‌گردد هیچ‌گونه جریانی از نوع پر شدن درزه‌ها و انبساط درزه‌ها در این قطعات آزمایش مشاهده نگردیده است.

۵. طبقه‌بندی سنگ‌های ساختگاه سد بر اساس میزان نفوذپذیری

توصیف نفوذپذیری سنگ‌ها به‌صورت کیفی و بر اساس تغییرات عدد لوژان است، ازاین‌رو با توجه به توصیه‌های بین‌المللی، اعداد لوژان در پنج گروه دسته‌بندی‌شده‌اند [۹].

جدول ۱- طبقه‌بندی نفوذپذیری سنگ‌ها بر اساس عدد لوژان

توصیف نفوذپذیری	غیرقابل نفوذ تا نفوذپذیری خیلی کم	نفوذپذیری کم	نفوذپذیری متوسط	نفوذپذیری زیاد	نفوذپذیری بسیار زیاد
محدوده لوژان	LU ≤ 2	2 < LU ≤ 10	10< LU ≤ 30	30 < LU ≤60	60< LU

در جدول ۲ که در زیر نمایش داده‌شده، داده‌های آزمایش‌های لوژان با استفاده از طبقه‌بندی بین‌المللی ذکرشده در جدول ۱ مورد بررسی قرار گرفتند. سنگ‌های ساختگاه سد ازنظر نفوذپذیری بر اساس لوژان طبقه‌بندی شدند که شرح اطلاعات آن در زیر آمده است.

با توجه به نتایج آماری و محاسبات انجام‌شده، سنگ‌های ساختگاه سد را می‌توان ازنظر نفوذپذیری بر اساس آزمایش‌های لوژان انجام‌شده تقسیم‌بندی نمود که در جدول ۲ این داده‌ها نمایش داده‌شده‌اند. طبقه‌بندی‌های انجام‌شده بر اساس بیشینه و کمینه مقدار لوژان، در قطعات آزمایش‌شده است و در آخر طبقه‌بندی کلی بر اساس میانگین (میانگین لوژان گمانه‌ها) و میانگین وزنی لوژان (میانگین لوژان کل قطعات مورد آزمایش)، انجام‌گرفته شده است. بر اساس مقدار بیشینه لوژان و با توجه به جدول ۱ توده سنگ‌ها اکثراً دارای نفوذپذیری بسیار زیاد می‌باشند ولی با در نظر گرفتن کمینه مقدار لوژان اکثر توده سنگ‌ها در رده غیرقابل نفوذ قرار می‌گیرند. توده سنگ‌های تکیه‌گاه راست و سرریز دارای مقدار میانگین لوژان بالاتری نسبت به سایر قسمت‌ها می‌باشند. درنهایت با توجه به میانگین‌گیری وزنی و میانگین کل داده‌ها توده سنگ‌های کل ساختگاه ازنظر نفوذپذیری در رده متوسط قرار می‌گیرند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- نتایج آماری آزمایش لوژان و طبقه‌بندی سنگ‌های ساختگاه سد

موقعیت	بیشینه مقدار لوژان	طبقه‌بندی سنگ‌ها بر اساس نفوذپذیری بیشینه	کمینه مقدار لوژان	طبقه‌بندی سنگ‌ها بر اساس نفوذپذیری کمینه	میانگین مقدار لوژان	میانگین وزنی مقدار لوژان	طبقه‌بندی سنگ‌ها بر اساس نفوذپذیری میانگین و میانگین وزنی
تکیه‌گاه راست	73	بسیار زیاد	< ۱	غیرقابل نفوذ	۱۶	۱۷	متوسط
بستر	۱۵۳	بسیار زیاد	< ۱	غیرقابل نفوذ	۱۲	۱۱	متوسط
سرریز	۵۵	زیاد	< ۱	غیرقابل نفوذ	۱۷	۱۷	متوسط
تکیه‌گاه چپ	۶۶	بسیار زیاد	< ۱	غیرقابل نفوذ	۱۴	۱۴	متوسط
کل ساختگاه	۸۷	بسیار زیاد	< ۱	غیرقابل نفوذ	۱۵	۱۵	متوسط

۶. نتیجه‌گیری

- با افزایش عمق میزان نفوذپذیری سنگ‌های ساختگاه سد کاهش می‌یابد.
- به‌طورکلی از عمق ۳۰ متری به بعد توده‌سنگ‌های کل ساختگاه دارای نفوذپذیری کم و در اعماق بیشتر از عمق ۴۰ متر با توجه به اینکه مقدار لوژان کمتر از ۲ می‌گردد سنگ‌های ساختگاه نفوذناپذیر می‌گردند.
- سنگ‌های بستر ساختگاه سد دارای نفوذپذیری کمتری نسبت به سایر بخش‌ها می‌باشند.
- نوع و درصد جریان‌های هیدرولیکی در هر بخش از ساختگاه سد می‌تواند مشخص‌کننده میزان نفوذپذیری سنگ‌ها باشد و در تعیین نحوه تزریق آب‌بندی ساختگاه مؤثر است.
- سنگ‌های بستر سد دارای بیشترین نوع جریان آرام می‌باشند و این نشان‌دهنده نفوذپذیری کمتر این بخش نسبت به سایر قسمت‌ها می‌باشد.

۷. مراجع

۱. اجل لوئیان، ر.، کثیری دولت‌آبادی، ا. و پسندی، م. (۱۳۹۰)، "ارزیابی سازندهای رسوبی ساختگاه سد تنگاب سمیرم با تاکید بر نشت،" فصلنامه پژوهش‌های چینه نگاری و رسوب‌شناسی، سال بیست‌وهفتم، شماره پیاپی ۴۳، ۱۳۶-۱۱۹

۲. قنبری، ع. (۱۳۸۸)، "کاوش‌های صحرایی در مهندسی ژئوتکنیک،" تهران، نشر پژوهشی نوآوران شریف.

۳. قاضی‌فرد، ا.، حافظی مقدس، ن. و تالی، ن. (۱۳۹۰)، کاربرد روش موازنه فشار تزریق و فشار سطح آب مخزن در کنترل نشتی سد زاوین (استان خراسان رضوی)،" فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان، شماره ۳، ۲۴۴-۲۳۳

۴. شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان سیستان و بلوچستان، مهندسین مشاور آب آرا سازه، (۱۳۸۹)، " گزارش مرحله اول مطالعات ژئوتکنیکی سد مخزنی ماشکید سفلی"

5. Gurocak, Z. and Alemdag, S. (2012), "Assessment of Permeability and Injection Depth at the Atasu Dam Site (Turkey) Based on Experimental and Numerical Analyses," Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 71:221–229.

۶. جعفری،م.، قاضی فرد، ا. و زارع، م. (۱۳۸۹)، "ارتباط مقادیر لوژان و خورند دوغاب و کاربرد آن در آب‌بندی پی و تکیه‌گاه‌های سد کارون ۴" مجموعه مقالات نخستین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران، کرمانشاه، ۲۱-۲۳ اردیبهشت، ۲۴۸-۲۳۷

www.SID.ir

Archive of SID

۷. لشکری پور، غ. (۱۳۸۸)، " بررسی رفتار هیدرولیک توده سنگ در آزمایش‌های نفوذپذیری لوژان در سد سیازاخ،" ششمین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط‌زیست ایران، دانشگاه تربیت مدرس، مهر ۱۳۸۸، ۹۴۷-۹۵۶.

8. Camilo Quinones-Rozo, P.E. (2010), "Lugeon Test Interpretation, Revisited" 30th Annual ussd Conference for Collaborative Management of Integrated Watersheds, URS Corporation, pp 405-4014

۹. اسپندار، ر. و ذاکر شبستری، ح. (۱۳۸۴)،" ارزیابی رفتار هیدورژئومکانیکی و نفوذپذیری پی سد رودبار لرستان،" مجموعه مقالات نهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت‌معلم تهران، 178-168

www.SID.ir