

بررسی تغییرات نفوذ پذیری توده سنگ ساختگاه سد چهچه و رابطه آن با تراکم درزه ها، درصد خرد شدگی و RQD

سعید صفری^{۱*}، غلامرضا لشکری پور^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استاد گروه زمین شناسی دانشکده علوم پایه دانشگاه فردوسی مشهد

SaeedSafary_geo@yahoo.com

چکیده

امروزه با گسترش جوامع بشری و افزایش تقاضا برای مصرف آب و از طرفی مشکل تامین آب به منظور برطرف سازی نیازهای ناشی از توسعه و گسترش جوامع، موجب تغییر روش سنتی ذخیره سازی به روش های جدیدتر چون سدهای مخزنی شده است. سد چهچه سدی سنگریزه ای با هسته رسی در شمال شرقی ایران و در مجاورت مرز ایران و ترکمنستان قرار دارد. در این مقاله به منظور بررسی نفوذپذیری توده سنگ ساختگاه سد، آزمایشات لوژان بر روی گمانه های حفر شده در محل ساختگاه سد انجام گرفته و سپس نتایج حاصله با تراکم درزه ها، میزان خرد شدگی و RQD، که از بررسی مغزه های گمانه های حفاری شده بدست آمده اند، مقایسه گردیده است.

کلمات کلیدی: نفوذ پذیری، درصد خرد شدگی، آزمایش لوژان، RQD.

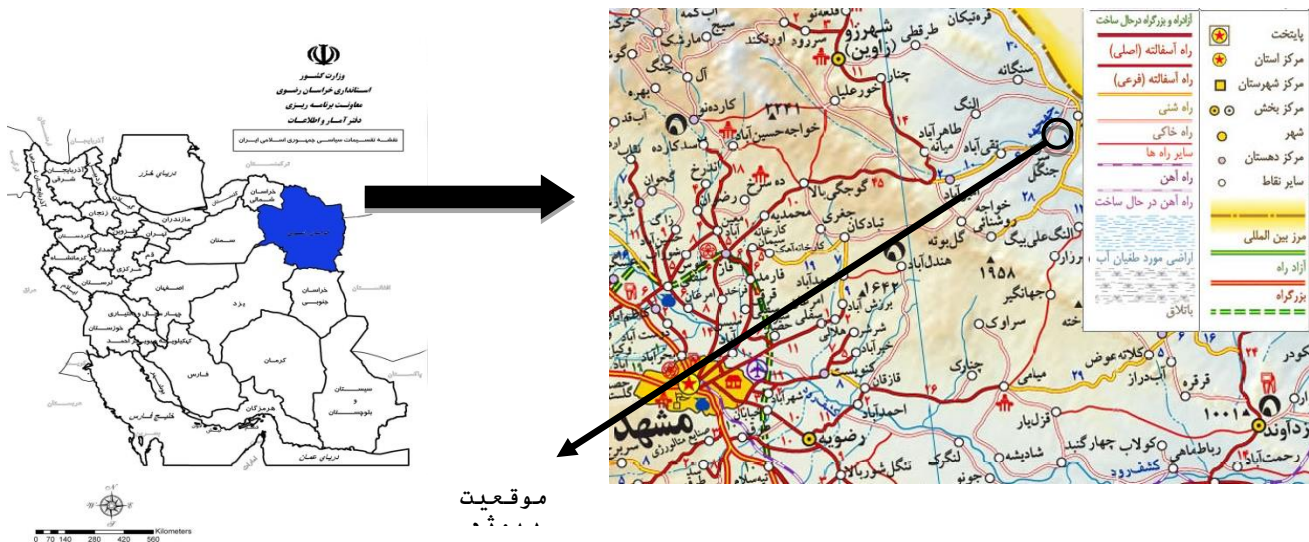
۱- مقدمه

در مطالعه بستر سدها، زمین شناسی مهندسی، نقشی کلیدی را ایفا می کند. کیفیت توده سنگ یکی از خصوصیات زمین شناسی بسیار مهم در طراحی و ساخت سدها می باشد. به طور کلی، ساختارهای زمین شناسی، ناپیوستگی ها و درجه هوازدگی توده سنگ مهم ترین پارامترهای مؤثر در مهندسی توده سنگ می باشند (Bell 2007). از سوی دیگر قابلیت هدایت هیدرولیکی توده سنگ به شدت تحت تاثیر خصوصیات ناپیوستگی ها است. بنابراین یکی از بزرگترین مسائل مورد مطالعه در بررسی ساختگاه سدها، برآورد رابطه بین خصوصیات ناپیوستگی ها و رفتار هیدرولیکی توده سنگ می باشد (Hedayati et al. 2012). مسأله تراوش از پی سدها هم از نظر مقدار تراوش و به هدر رفتن مقادیر قابل توجهی از آب ذخیره در پشت سد و هم از نظر مشکلات فنی ناشی از تراوش بر اثر گرادیان هیدرولیکی تشکیل شده و نیروهای برکنش (Uplift) ایجاد شده در ارتباط با پایداری سد، حائز اهمیت است. بنابراین کنترل این مسأله، یکی از ضروریات هر پروژه سدسازی می باشد، بدین منظور لازم است نفوذپذیری پی تا عمق مطمئن و مورد نظر برآورد گردد (عظیمی، اله بخش، ۱۳۸۶). متداولترین و مرسومترین روش برای تعیین نفوذپذیری پی های سنگی در صحرا، آزمایش فشار آب می باشد که در سال ۱۹۳۳ توسط لوژان (Lugeon) پیشنهاد و به همین نام معروف شده است. بطور کلی یکی از مهمترین پارامترها در طراحی سدها، نفوذپذیری ساختگاه این سازه ها است. زیرا نشت در پی سدها، باعث از دست دادن آب، بروز فشار بالابرنده و به خطر انداختن پایداری سد می گردد. لذا بدین منظور گمانه هایی در محل احداث سدها حفر شده و ضمن مطالعه مغزه های بدست آمده آزمایش فشار آب (لوژان) نیز انجام می گیرد.

۲- موقعیت جغرافیایی سد:

سد چهچهه سدی سنگریزه ای با هسته رسی، که حجم کل مخزن آن ۲۲/۵ میلیون مترمکعب، حداکثر ارتفاع از بستر رودخانه ۴۷ متر، طول تاج آن ۲۵۰ متر و عرض تاج آن ۱۰ متر می‌باشد. این سد در شمال شرقی ایران و در مجاورت مرز ایران و ترکمنستان واقع شده است. موقعیت جغرافیایی ساختگاه این سد در عرض جغرافیایی "36.36.53" و طول جغرافیایی "60.16.30" واقع شده است. دستیابی به محل سد از طریق جاده آسفالتی مشهد به کلات به طول 70Km و در پایین دست اسماعیل بیگ جاده خاکی به سمت راست منشعب می‌شود که پس از طی حدود 24Km و گذشتن از روستاهای امیر آباد، تقی آباد و سر جنگل به محل ساختگاه می‌رسیم. شکل (۱)

منطقه مورد مطالعه سد چهچهه از دیدگاه زمین شناسی ساختمانی در پهنه ساختاری هزار مسجد-کپه داغ قرار دارد. سیستم کپه داغ عمدتاً از رسوبات دریایی میوژنوسینکلینال ژوراسیک- کرتاسه تشکیل شده است. در این حوضه رسوبی، سنگهای مارن، شیلی، آهکی و ماسه سنگی ژوراسیک- کرتاسه بیشترین گسترش را در منطقه دارند.



شکل (۱): موقعیت سد چهچهه

۳- زمین ریخت شناسی:

گستره آبریز رودخانه چهچهه در بخشی از منطقه کوهستانی قره داغ و رشته کوه بزنگان قرار دارد. ارتفاع بلندترین نقطه منطقه، ۲۵۹۲ متر از سطح دریا در کوه قره داغ و مجاور کوه گرگی و در ابتدای حوضه آبریز رودخانه خور است که به سمت شرق و رشته کوه بزنگان، ارتفاعات کاهش می‌یابد. بلندترین ارتفاع در شرق و جنوب شرق حوضه در کوههای آبگرم و قزلق به ارتفاع ۲۰۰۰ متر از سطح دریاست که در کوه گل عرب قرار دارد. پست ترین نقطه منطقه در بستر رودخانه در ساختگاه ۵۵۵ متر از سطح دریا ارتفاع دارد.

ساختمان درون این بخش از حوضه از تعدادی تاقدیس و ناودیس تشکیل گردیده که عموماً روند شمال غربی- جنوب شرقی دارند. بخش بیشتر مساحت حوضه آبریز رودخانه خور از رسوبات سازند شوربیجه که شامل گل سنگ، سنگهای تبخیری، آهکهای اوولیتییک، ماسه سنگهای درشت دانه کلاستیک و گنگلومرا می‌باشد، تشکیل شده است که در بین ماسه سنگهای قرمز، لایه‌های تبخیری گچی وجود دارند. بعد از سازند شوربیجه، سازندهای آهکی چمن بید، مزدوران و تیرگان، بقیه حوضه را تا محل

تلاقی جاده اصلی کلات تشکیل می‌دهند. این سازندها برخلاف سازند شوربجه سخت فرسا بوده و از مقاومت بالایی برخوردارند بنابراین ارتفاعات، دره‌ها و پرتگاهها را تشکیل داده‌اند. این سازندها از نفوذپذیری بیشتری نسبت به سازند شوربجه برخوردار بوده و ضمن آنکه بر خلاف سازند شوربجه، اثر آلوده کنندگی بر کیفیت آب ندارند. ابتدای حوضه‌ی آبریز آبگرم نیز از سازند آهکی مزدوران و چمن بید تشکیل شده است ولی عمده حوضه‌ی آبریز از سازندهای سست فرسا مانند سازندهای سنگانه و آتامیر و نیز از نهشته‌های لسی عهد حاضر تشکیل شده‌اند. این رسوبات ارتفاعی با شیب ملایم را ایجاد نموده‌اند و در بخشهای ماسه سنگی آتامیر که سخت فرسا بوده ستیغ‌های منفردی در بین ارتفاعات تپه ماهوری سازندهای سست فرسا تشکیل نموده‌اند.

۴- زمین شناسی پی سد:

منطقه مورد مطالعه در زون زمین ساختی- رسوبی هزار مسجد- کپه داغ قرار می‌گیرد. از دید چینه شناسی نهشته‌های زمان ژوراسیک - کرتاسه و رسوبات کواترنر در حوضه آبریز رخنمون دارند. سازندهای تشکیل دهنده‌ی حوضه آبریز منطقه مورد مطالعه از قدیم به جدید به شرح زیر می‌باشد:

سازند چمن بید (ژوراسیک میانی تا فوقانی): این سازند در کوههای قره داغ - هزار مسجد به صورت پنجه‌ای و جانبی و به سمت ارتفاعات آهکهای جسیم و دولومیت‌های سازند مزدوران تبدیل می‌شود.

سازند مزدوران (ژوراسیک فوقانی): این سازند بخشی از ارتفاعات جنوبغربی حوضه‌ی آبریز را تشکیل می‌دهد.

سازند شوربجه (کرتاسه تحتانی): این سازند با بیشترین گسترش بخشی از جنوب غربی حوضه‌ی آبریز را می‌سازد.

سازند تیرگان (کرتاسه تحتانی): رخنمون این سازند در بخش مرکزی رودخانه خور که منطبق بر ساختارهای ناودیسی است تظاهر دارد.

سازند سرچشمه (کرتاسه تحتانی): این سازند با یک لایه کلیدی از آهکهای آمونیت دار از بخش سازند سنگانه جدا می‌شود. محل ساختگاه سد و نیز بخشی از دریاچه در این سازند قرار می‌گیرد.

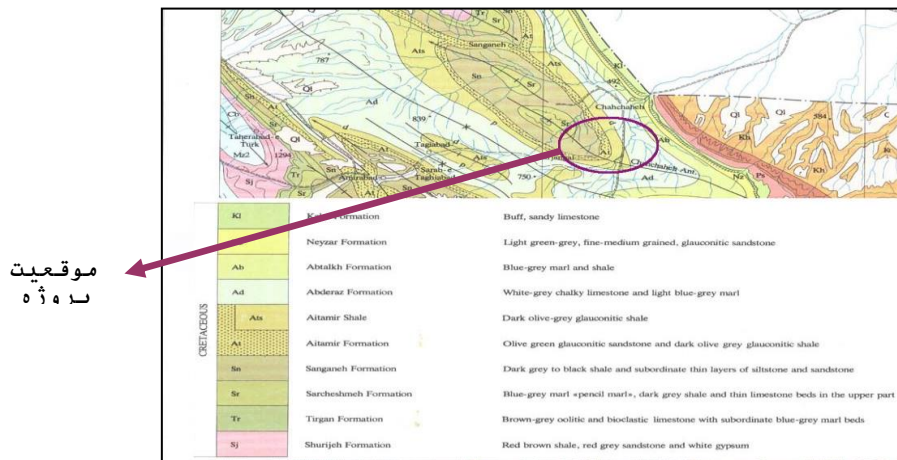
سازند سنگانه (قسمت فوقانی کرتاسه تحتانی): رخنمون این سازند در بالادست تظاهر دارد و سنگ بستر غیرقابل نفوذ دریاچه سد را می‌سازد.

سازند آتامیر (بین کرتاسه تحتانی - فوقانی): این سازند بخش مرکزی حوضه‌ی آبریز را تشکیل می‌دهد و روستای امیر آباد نیز بر روی این سازند قرار دارد.

سازن آبدراز (کرتاسه فوقانی): این سازند بخشی از حوضه‌ی مرکزی را تشکیل داده است.

رسوبات پلیوسن: ضخامت کمی از این رسوبات را می‌توان در حوضه‌ی آبریز دید. این رسوبات منابع عمده رسوبات عهد حاضر را شکل داده‌اند.

رسوبات کواترنر: این رسوبات در اثر عوامل جوی به صورت نهشته‌های آبرفتی، واریزه‌ای و بادی رسوبگذاری شده‌اند.



شکل (۲): نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سرخس و محل پروژه (سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی)

۵- بررسی مقادیر لوژان، RQD، زونهای خرد شده و تراکم درزه‌ها

۵-۱- نفوذپذیری توده سنگ

شناسایی ساختگاه و تعیین خصوصیات آن نه تنها در تمام پروژه های عمرانی مطرح است، بلکه سهم عمده ای از تحقیقات ژئوتکنیکی را به خود اختصاص می دهد (فاخر، ۱۳۸۷). از شاخص های مهم در بررسی رفتار توده سنگ و تجزیه و تحلیل های مهندسی، بررسی ویژگیهای هیدرولیکی توده سنگ است که بصورت صحرائی و با استفاده از آزمایش لوژان تعیین میگردد. این آزمایش با تزریق آب تحت فشار در قطعات ۵ متری از گمانه به منظور تعیین آبخوری سنگ انجام می گیرد. در جدول (۱) تحلیل آماری نفوذپذیری در ساختگاه سد به تفکیک جناحین و بستر رودخانه ارائه شده است. همانگونه که در جدول (۱) مشاهده می شود، ۵۸٪ نفوذپذیریها در محدوده لوژان ۰-۳ قرار دارند که این خود نشانگر نفوذپذیری کم پی سنگ و کیفیت خوب آن می باشد.

جدول (۱): تحلیل آماری نفوذپذیری در ساختگاه سد چهجه به تفکیک جناح راست، چپ و بستر رودخانه

موقعیت گمانه ها	شماره گمانه ها	0-3 (نفوذپذیری بسیار کم)	3-10	10-30	30-60	60-100	>100	جمع کل
جناح چپ	CH-1	5=45.5%	3=27.3%	2=18.2%	1=9%			11=100%
	CH-11	1=50%					1=50%	2=100%
	CH-12	5=42%	3=25%	4=33%				12=100%
	CH-15	3=75%		1=25%				4=100%
	CH-103	4=4.0%	0.00%	0.00%	2.00%	0.00%	2.00%	8=100%
	CH-110	2=2.00%	3.00%	3.00%	1.00%	1.00%	1.00%	11=100%
CH-111	-	-	-	-	-	-	-	-
جمع کل و درصد جناح چپ								
جناح راست	CH-4	8=57%	1=7%					14=100%
	CH-5	6=60%	1=10%	1=10%	1=10%		1=10%	10=100%
	CH-7	4=100%						4=100%
	CH-8	3=60%	1=20%					5=100%
	CH-14	3=60%				2=40%		5=100%

11=100%	-	-	-	2=18%	-	9=82%	CH-101	
4=100%	-	1=25%	-	-	-	3=75%	CH-104	
4=100%	1=25%	-	-	-	3=75%	-	CH-105	
7=100%	-	-	-	-	-	7=100%	CH-105A	
12=100%	2=17%	1=8%	-	-	2=17%	7=58%	CH-106	
5=100%	-	-	-	1=20%	-	4=80%	CH-107	
12=100%	-	-	-	-	2=17%	10=83%	CH-108	
96=100%	9=9%	6=6%	2=2%	6=6%	10=10%	64=67%	جمع کل و درصد جناح راست	
4=100%				1=25%		3=75%	CH-2	بستر رودخانه
3=100%			1=33%	2=67%			CH-3	
3=100%					2=67%	1=33%	CH-6	
1=100%		1=100%					CH-9	
1=100%						1=100%	CH-10	
1=100%					1=100%		CH-13	
2.00%	-	-	-	-	1=50%	1=50%	CH-102	
3	-	-	-	2=67%	-	1=33%	CH-109	
15=100%	-	1=7%	-	3=20%	4=27%	7=46%	جمع کل در بستر سد	
160=100%	13=8%	8=5%	7=4%	18=11%	23=14%	91=58%	مجموع و درصد کل ساختمان	

۲-۵- کیفیت توده سنگ

کیفیت توده سنگ توسط پارامتری بنام (Rock Quality Designation, RQD) در حفاریهای ژئوتکنیک ارزیابی می شود. این پارامتر که عبارتست از مجموع طول مغزه های حفاری بیش از ۱۰ سانتیمتر نسبت به کل حفاری در هر نوبت حفاری (Run)، بیانگر میزان سلامت توده سنگ می باشد.

در گمانه های بدست آمده از حفاری های انجام شده در ساختمان سد چهچهه، مقادیر متفاوتی از RQD، بین حداکثر مقدار یعنی ۱۰۰ تا حداقل مقدار ممکن یعنی صفر را نشان دادند. با توجه به بررسی ها و مقادیر بدست آمده برای ساختمان، شواهد حاکی از آن است که مقادیر RQD اکثراً بالای ۷۰٪ بوده و این خود نشانگر کیفیت خوب سنگ بستر می باشد.

۳-۵- زونهای خرد شده

ویژگیهای مهندسی سنگهای یکپارچه به مشخصات اجزاء تشکیل دهنده سنگ و نحوه پیوند آنها با یکدیگر وابسته است و رفتار توده سنگ تا حد زیادی به نوع، فاصله و دیگر مشخصات گسستگیهای آن بستگی دارد.

بررسی روشهایی که در سالهای اخیر برای طبقه بندی ژئوتکنیکی سنگ ابداع شده (از جمله RQD، Q، RSR و RMR) نشان می دهد که همه آنها بدون استثناء بیشترین تأکید را بر گسستگیهای توده سنگ قرار داده اند. در محدوده سد گسستگی های سنگ تا حد زیادی بر مقاومت و تغییر شکل پذیری پی، جریان آب زیرزمینی، فرار آب از مخزن و پایداری دامنه ها تاثیر زیادی دارد.

جهت دست یابی به شرایط پی و مشخص نمودن بخشهای هوازده و خرد شده توزیع آماری شکستگیها، خرد شدگی های مغزه های بدست آمده از حفاری مورد بررسی قرار گرفته است؛ که در جدول (۲) درصد زونهای خرد شده در قطعاتی از گمانه که آزمایش لوژان صورت گرفته است، و نیز عمق زونهای خرد شده، مشخص گردیده است.

جدول شماره (۲): عمق و درصد پهنه های ضعیف

ردیف	شماره گمانه	عمق به متر سنگ	طول WZ اولیه (m)	درصد پهنه ضعیف با WZ (%)	درصد پهنه ضعیف بدون WZ (%)
۱	CH-1	۵۷	۰,۲۵	۱,۱۴	۷۰
۲	CH-2	۲۲,۰۵	۰,۱۲	۲,۷۲	۲۱۸
۳	CH-3	۱۵	۰,۵۵	۴,۳۳	۶۶
۴	CH-4	۷۰,۴	۲	۳,۸۴	۹۹
۵	CH-5	۵۵,۲۵	۰,۴۵	۱,۰۹	۲۷
۶	CH-6	۱۵,۳	۰,۲۴	۳,۳۳	۱۷۶
۷	CH-7	۲۲	۱,۱	۵,۰۰	۰,۰۰
۸	CH-8	۲۱	۲,۱	۱۲,۲۶	۲,۳۶
۹	CH-9	۵,۳	۰,۲۵	۴,۷۲	۰,۰۰
۱۰	CH-10	۱۰,۲	۱	۹,۸	۰,۰۰
۱۱	CH-11	۸,۶	۰,۳	۳,۴۹	۰,۰۰
۱۲	CH-12	۶۲,۲	۰,۴۱	۲,۶۷	۲,۰۰
۱۳	CH-13	۵,۱۵	۰,۱	۲,۰۰	۰,۰۰
۱۴	CH-14	۲۸,۲۵	۰,۶	۲,۱۲	۰,۰۰
۱۵	CH-15	۲۲,۴	۰,۱۵	۰,۶۶	۰,۳۶
۱۶	CH-101	۵۶,۶	۰,۰۰	۰,۶۱	۰,۶۱
۱۷	CH-102	۱۱,۵۵	۰,۰۰	۳,۴۶	۳,۴۶
۱۸	CH-103	۳۷,۵	۰,۶۵	۳,۰۵	۱,۳۴
۱۹	CH-104	۱۸,۵	۰,۲۵	۱,۶۲	۰,۲۷
۲۰	CH-105A	۳۹,۴۶	۰,۳۷	۱۴,۲۴	۱۳,۴۳
۲۱	CH-106	۵۷,۳۳	۰,۳۳	۵,۴۹	۴,۹۴
۲۲	CH-107	۲۵	۰,۵۹	۴,۷۶	۲,۴۵
۲۳	CH-108	۶۵	۱	۲,۹۶	۱,۴۵
۲۴	CH-109	۱۶,۶	۱	۶,۸۶	۰,۸۹
۲۵	CH-110	۵۸,۵۱	۰,۰۰	۳,۵۳	۳,۵۳
۲۶	CH-111	۵	۰,۳	۲۳	۱۸,۰۸

با توجه به داده های حاصله تراکم خرد شدگی در محل گمانه CH-8، در عمق ۲۱,۲ متری و گمانه CH-105A، در عمق ۳۹,۴۶ متری و همچنین بیشترین درصد زون خرد شده در محل گمانه CH-111، در عمق ۵ متری می باشد. با توجه به بررسی ها حدود ۱۰٪ از فراوانی زونهای خرد شده کمتر از متوسط آن می باشد و این مطلب حاکی از وضعیت مناسب توده سنگ بستر می باشد.

۵- بررسی همخوانی مقادیر لوژان و گسستگی های توده سنگ

۵-۱- ضریب همبستگی پیرسون

ضریب همبستگی شاخصی است ریاضی که جهت و مقدار رابطه بین دو متغیر را توصیف می کند. ضریب همبستگی در مورد توزیع های دو یا چند متغیره به کار می رود. اگر مقادیر دو متغیر شبیه هم تغییر کنند. یعنی با کم یا زیاد شدن یکی دیگری هم کم یا زیاد شود به گونه ای که بتوان رابطه آنها را به صورت یک معادله بیان کرد گوئیم بین این دو متغیر همبستگی وجود دارد. برای سنجش همبستگی ضرایب گوناگونی به کار می رود که یکی از مهمترین آنها ضریب همبستگی ساده پیرسون می باشد:

$$\rho_{x,y} = \frac{cov(x,y)}{\sqrt{(var\ x)(var\ y)}} = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$$

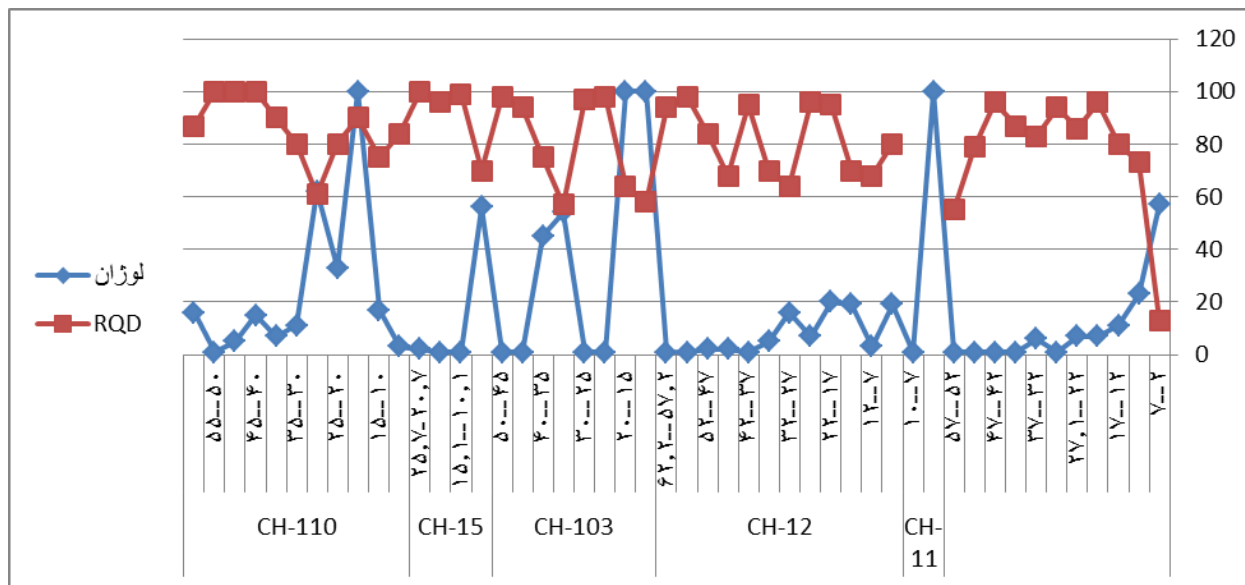
ضریب مذکور بین ۱- تا ۱ متغیر می باشد، هرچه عدد بدست آمده به ۱ یا ۱- نزدیک تر باشد متغیرها همبستگی بیشتری دارند به این معنی تغییرات آنها مشابه یکدیگر است با این توضیح که عدد منفی نشاندهنده همبستگی معکوس می باشد، و همچنین اگر عدد بدست آمده به صفر نزدیک باشد حاکی از عدم همبستگی و یا همبستگی ضعیف بین متغیرها می باشد (بهبودیان، ۱۳۸۳).

جدول (۳)- ضرایب همبستگی محاسبه شده با استفاده از نرم افزار Excel

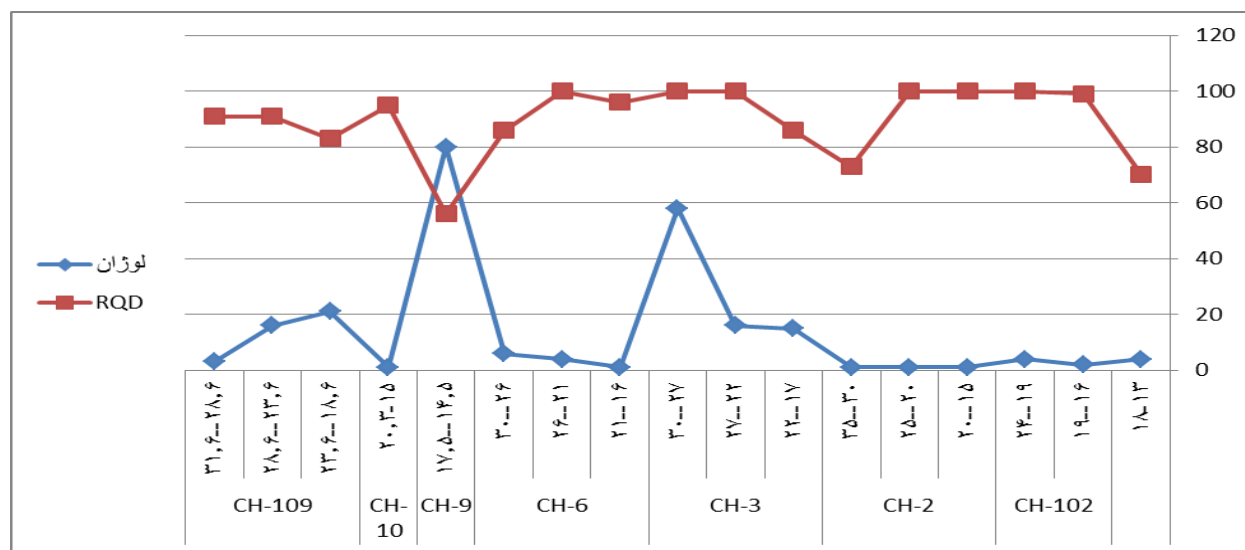
ضریب همبستگی پیرسون	
-0.396	همبستگی لوژان و RQD
0.187	همبستگی لوژان و زونهای خرد شده
0.260	همبستگی لوژان و تراکم درزه ها

۵-۲- مقایسه مقادیر نفوذپذیری لوژان و RQD

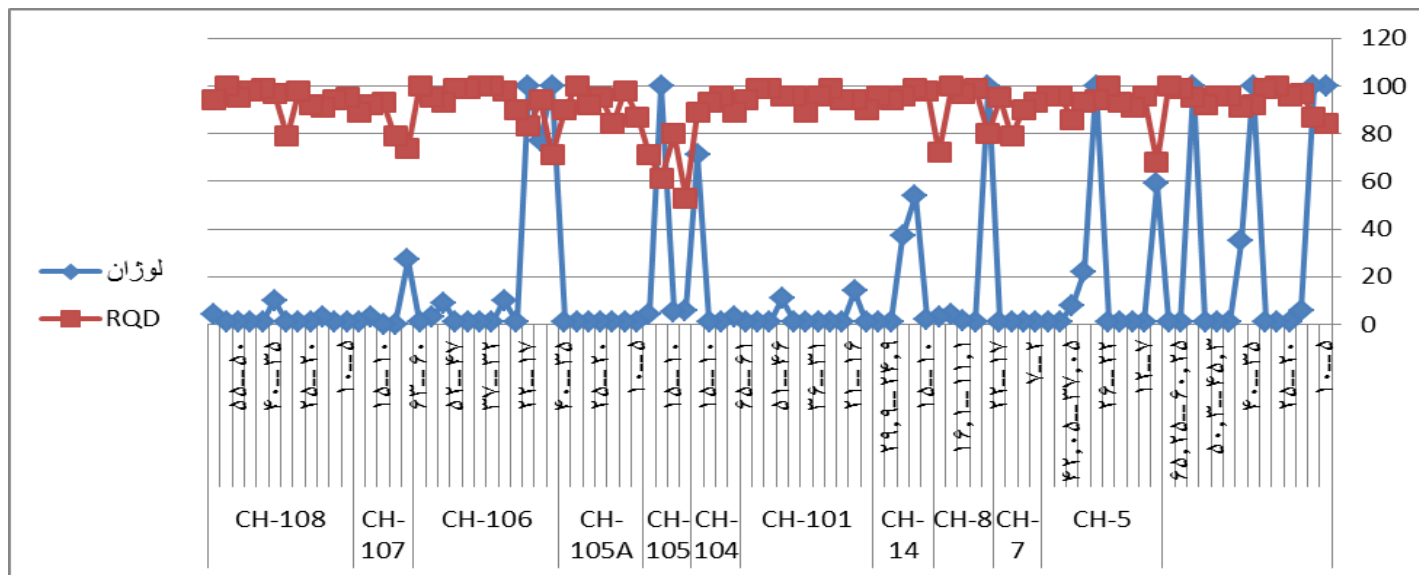
در نمودار شماره ۱ مقادیر نفوذپذیری لوژان و RQD با یکدیگر مقایسه شده اند همانگونه که انتظار می رود با توجه به ماهیت شاخص RQD، رابطه معکوس بین آن و نفوذپذیری در اکثر قطعات مشهود است. در جدول (۳) ضرایب همبستگی بین مقادیر لوژان و RQD و سایر موارد با استفاده توابع نرم افزار Excel محاسبه شده و نشان داده شده اند که با عنایت به جدول مذکور ضریب همبستگی متغیرهای فوق الذکر (-0.396) بدست آمده است که علامت منفی بیانگر همبستگی معکوس و عدد محاسبه شده حاکی از همبستگی نسبتاً ضعیف بین مقادیر لوژان و شاخص کیفی توده سنگ باشد که یکی از دلایل آن می تواند هوازدگی زیاد توده سنگ باشد و نیز دلایل دیگری از جمله، پدیده های شکست هیدرولیکی، بازشدگی الاستیکی درزه ها، خردشدگی و زبری سطوح آنها، پرشدگی درزه ها و یا عدم ارتباط هیدرولیکی درزه های توده سنگ، می تواند در آن مؤثر باشد. البته در زمان مقایسه حالت قدر مطلق آن را بررسی می کنند که در این صورت بیشترین همبستگی مربوط به این پارامتر می باشد.



نمودار شماره (۱): مقایسه رابطه لوژان و RQD در جناح چپ



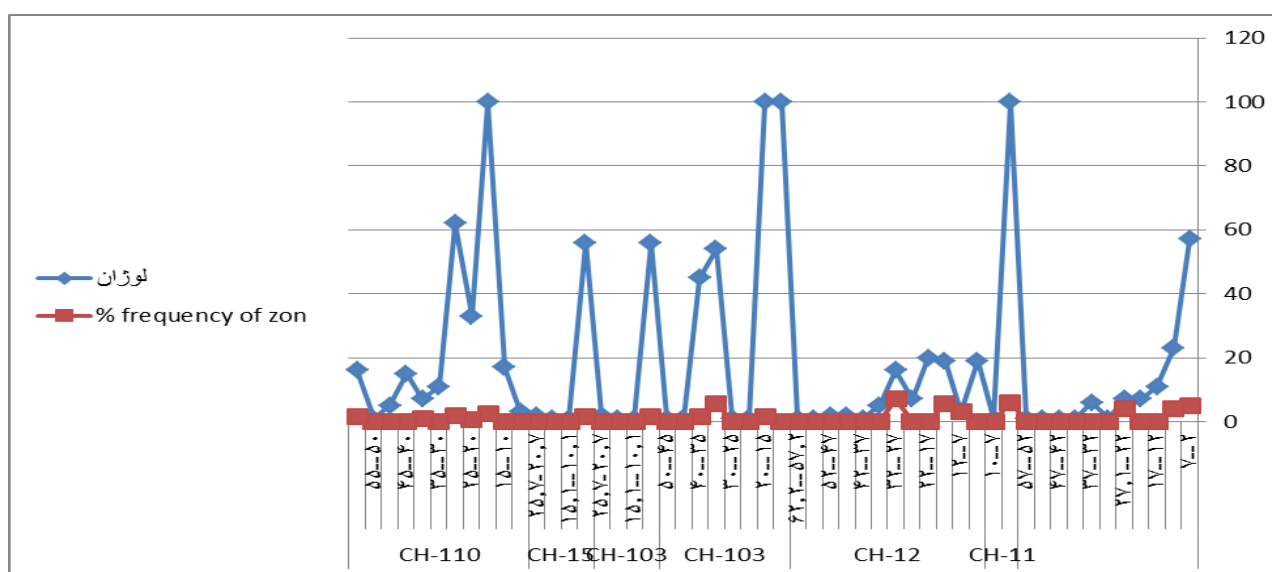
ادامه نمودار شماره (۱): مقایسه رابطه لوژان و RQD در محور سد



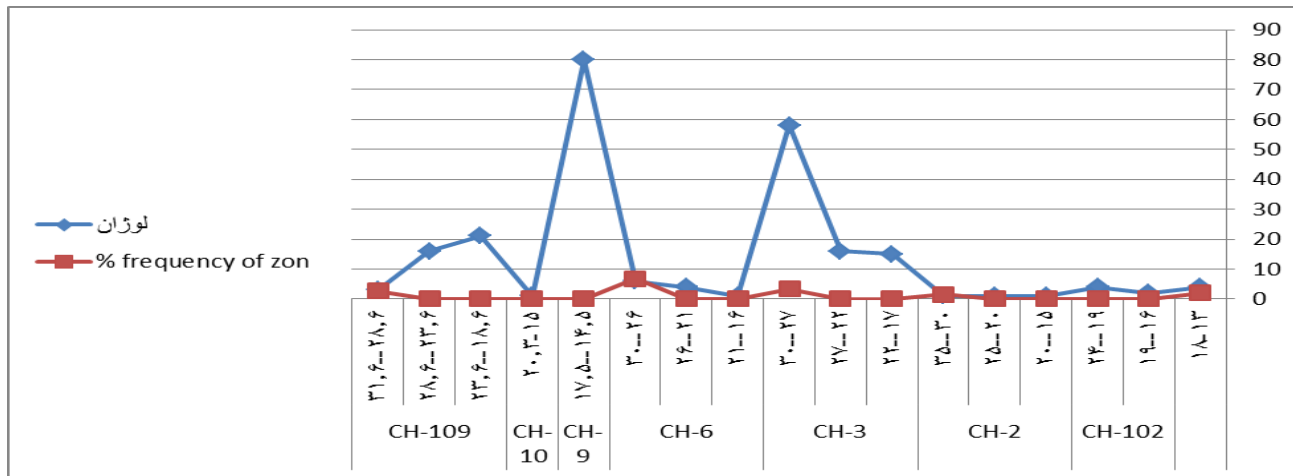
ادامه نمودار شماره (۱): مقایسه رابطه لوژان و RQD در جناح راست

۳-۵- مقایسه مقادیر نفوذ پذیری لوژان و زونهای خرد شده

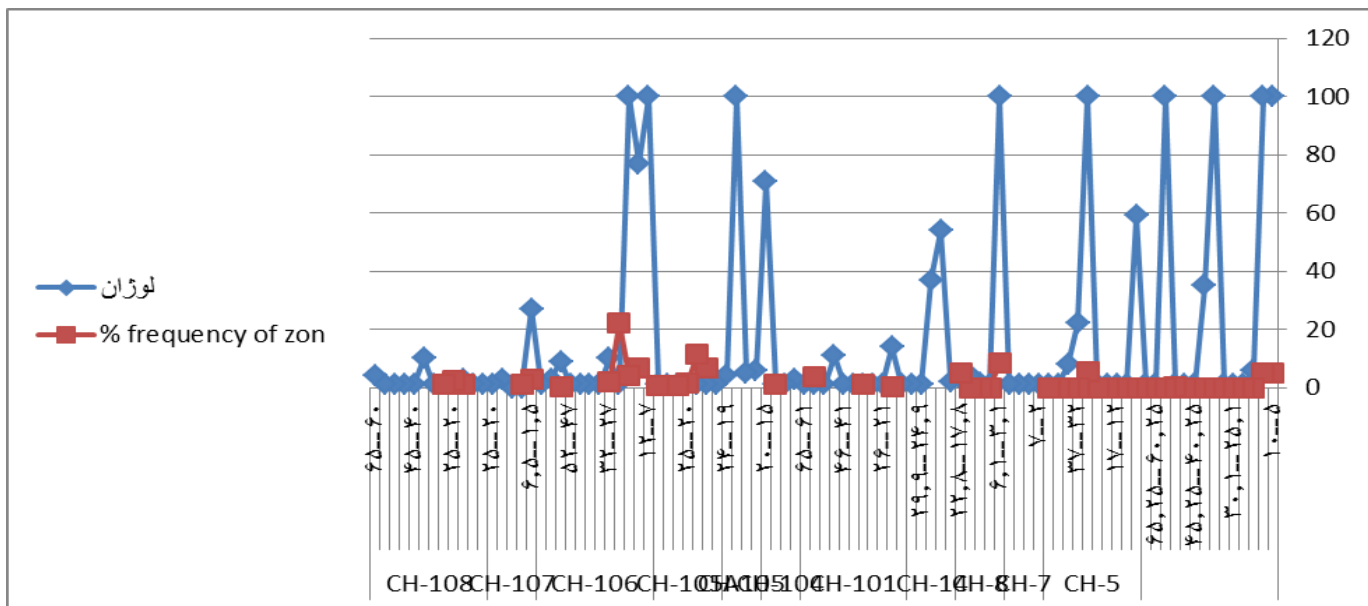
به منظور امکان مقایسه داده های موجود در ارتباط با زونهای خرد شده درصد نسبت مجموع زونهای خرد شده به طول قطعه، مورد بررسی واقع شده و با مقادیر لوژان مقایسه شده اند. با توجه به جدول (۳) ضریب همبستگی بین مقادیر لوژان و درصد زون خرد شده عدد (0.187) می باشد که نشان از همبستگی ضعیف بین آنهاست هرچند که انتظار می رفت زونهای خرد شده سهم بیشتری در تغییرات مقادیر لوژان داشته باشند اما همانطور که در بالا نیز اشاره شد عوامل دیگری باعث کاهش ارتباط این پارامترها با هم دیگر می شوند.



نمودار شماره (۲): مقایسه رابطه لوژان و درصد زونهای خرد شده در جناح چپ



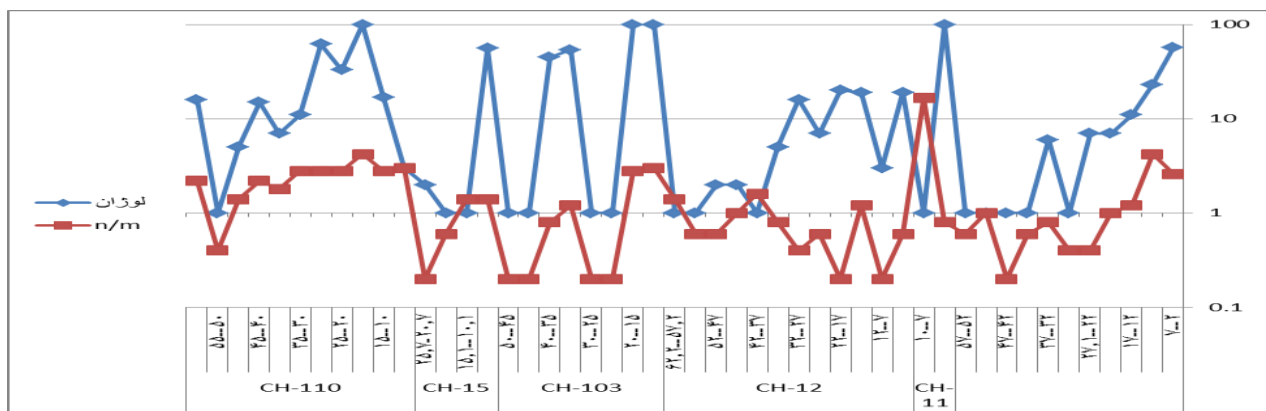
ادامه نمودار (۲) مقایسه رابطه لوژان و درصد زونهای خرد شده در محور سد



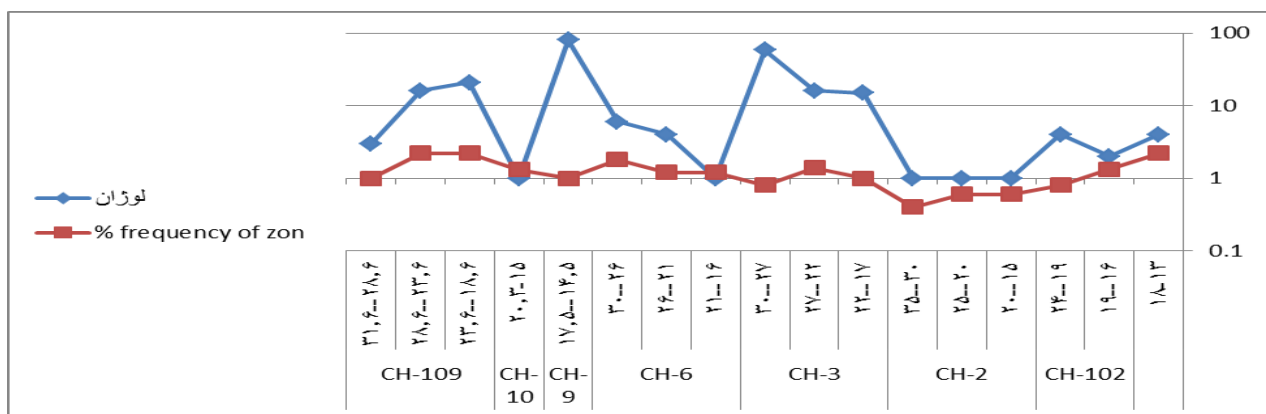
ادامه نمودار (۲) مقایسه رابطه لوژان و درصد زونهای خرد شده در جناح راست

۵-۴- مقایسه مقادیر نفوذپذیری لوژان و تراکم درزه ها

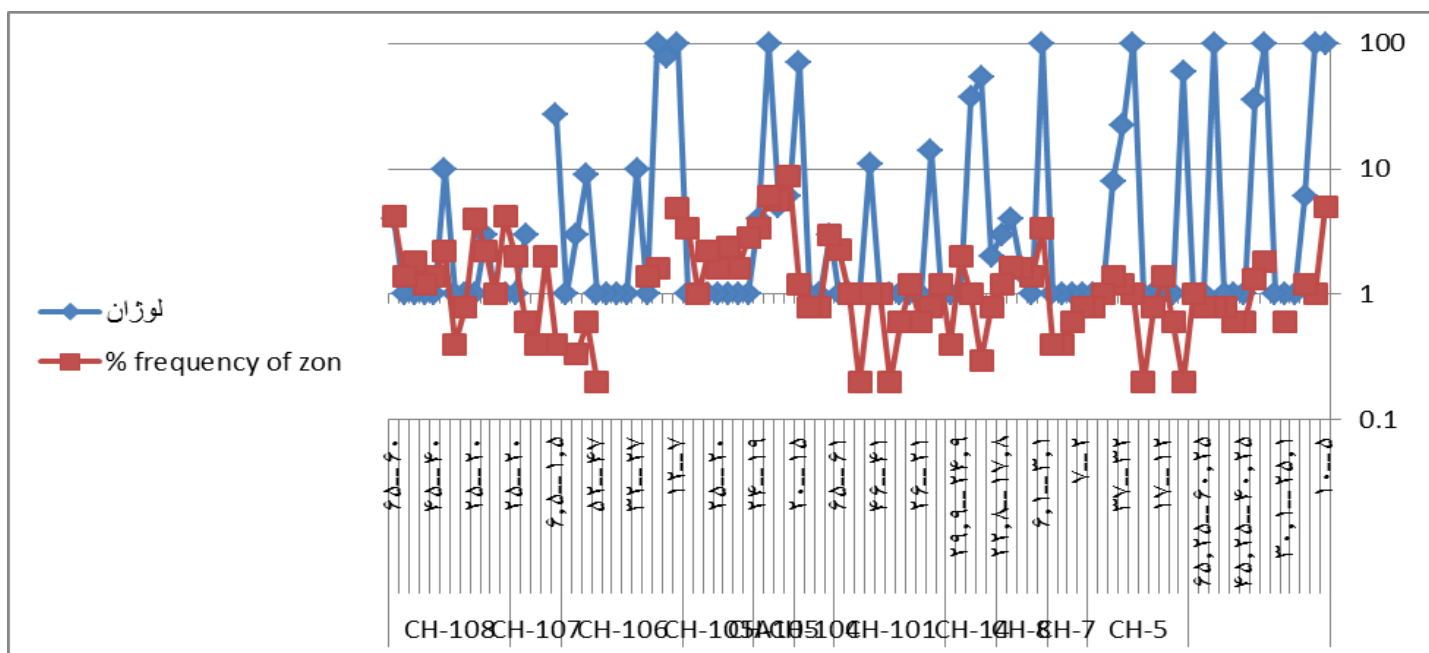
در این مقاله منظور از تراکم درزه ها نسبت تعداد درزه ها به طول قطعه مورد آزمایش می باشد. همانطور که در جدول (۳) مشهود است ضریب همبستگی بین مقادیر نفوذپذیری لوژان و تراکم درزه ها، (0.260) که این خود نشان از همبستگی نسبتاً پایین بین آنهاست. لیکن همبستگی بیشتر مقادیر لوژان و تراکم درزه ها نسبت به سایر موارد بررسی شده، همانگونه که صنایعی و همکاران (۱۳۸۶) نیز اشاره داشته اند، لزوم مطالعه بیشتر خصوصیات درزه ها همانند میزان بازشدگی، فاصله داری، امتداد یافتگی، شکل دیواره و پرشدگی درزه ها را متذکر می گردد.



نمودار (۳): مقایسه مقادیر لوژان و تراکم درزه‌ها در جناح راست



ادامه نمودار (۳): مقایسه مقادیر لوژان و تراکم درزه‌ها در محور سد



ادامه نمودار (۳): مقایسه مقادیر لوژان و تراکم درزه‌ها در جناح راست

تشکر و قدردانی

در اینجا بر خود لازم می‌دانیم که از شرکت آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی به جهت همکاری ایشان و در اختیار قرار دادن اطلاعات مورد نیاز برای انجام این مقاله کمال تشکر را نمایم.

نتیجه گیری:

- از میان عوامل مورد بررسی، تراکم درزه‌ها بیشترین همبستگی را با مقادیر نفوذپذیری لوژان داشته است، که لزوم بررسی بیشتر خصوصیات درزه‌ها مانند میزان بازشدگی، فاصله داری، امتداد یافتگی و پرشدگی درزه‌ها را متذکر می‌گردد.
- همبستگی ضعیف بین مقادیر لوژان و RQD اگر چه دور از انتظار بود لیکن نتایج بررسی‌های صحرایی و حفاری‌های انجام شده حاکی از کیفیت مطلوب توده سنگ می‌باشد.
- زونهای خرد شده که انتظار می‌رفت سهم بیشتری در توجیه تغییرات مقادیر لوژان داشته باشند عملاً بدلیل خاصیت تورمی خرد شدگی‌های شیلی و مارنی همبستگی ضعیفی با تغییرات مقادیر نفوذپذیری نشان می‌دهد.
- با توجه به موارد فوق اینگونه می‌توان اظهار نظر نمود که در تفسیر تغییرات مقادیر نفوذپذیری لوژان جهت دستیابی به نتایج مناسب تر می‌بایست عوامل موثر را بصورت تجمعی مورد بررسی قرار داد.

منابع

- شرکت آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی، (۱۳۸۴)، گزله‌ش زمین شناسی مهندسی سد چهچهه.
- بهبودیان، جواد، (۱۳۸۳). "آمار ناپارامتری"، انتشارات دانشگاه شیراز
- صنایعی، مینا، قاضی فرد، اکبر، هاشمی، محمود، (۱۳۸۶). "بررسی رفتار هیدرو مکانیکی و نفوذپذیری ساختگاه سد صفا"، پنجمین همایش زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، ۶۱۳-۶۰۶.
- عظیمی، رضا، ا. بخش، گوهر، (۱۳۸۶). "بررسی نفوذپذیری پی سد کمال صالح بر اساس نتایج آزمایشات لوژان"، مجموعه مقالات یازدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، ۲۷۹۲-۲۷۸۵.
- فاخر، علی، (۱۳۸۷). "روش‌های پژوهش در ژئوتکنیک"، موسسه انتشارات دانشگاه تهران.
- Hedayati. H, Lashkaripour. G. R, Ghafoori. M, Abbas Ali. S, (2012), "The analysis of engineering properties of the rock mass of Ghordanloo dam site, NE Iran", International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, vol. 2: 17-27.
- Bell. F. G, (2007), Engineering geology, Butterworth-Heinemann: 581.