ششمین کنفرانس زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران
دانشگاه تربیت مدرس، مهر ۱۳۸۸

بررسی پارامترهای زمین‌شناسی مهندسی ساختگاه سد مخزنی شوریجه به منظور ارزیابی کیفیت توده سنگ

سمانه سلیمانی
*شرکت مهندسی مشاور طوس‌آب، مشهد**
مهدی متولی‌زاده
شرکت مهندسی مشاور طوس‌آب، مشهد
حمید بهرامی
شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی، مشهد

چکیده

شمال شرقی ایران به سبب فشارهای تکتونیکی در صفحه توران و ایران دستخوش تغییرات شگرف چون کوهزایی هزارمسجد (کپه‌داغ) شده است. ساختگاه سد مخزنی شوریجه به منظور کنترل آب خروجی رودخانه کشفرود در بین چنین عوارض زمین‌ریخت‌شناسی انتخاب شده و به سبب تحمل تنش‌های تکتونیکی خواص متفاوتی از لحاظ کیفیت توده سنگ نشان می‌دهد. بررسی کیفیت توده سنگ میزبان، تکیه‌گاه‌های چپ و راست و همچنین بستر از لحاظ پارامترهای ژئوتکنیکی و ژئومکانیکی هدف اصلی تحقیق حاضر است. چنین برآوردهایی در نهایت به قضاوت‌های مهندسی در خصوص ساخت و ساز خواهد انجامید.

کلید واژه‌ها: رودخانه کشفرود- سد مخزنی شوریجه- پارامترهای ژئوتکنیکی و ژئومکانیکی- توده سنگ

Engineering Geology Analysis of Shurijeh Reservoir Dam to Evaluate of Rock Mass Quality

Samaneh Soleymani
Toossab Consultant Engineering Co.
Mehdi Motevvalizadeh
Toossab Consultant Engineering Co.
Hamid Bahrami
Razavi Khorasan Regional Water Co.

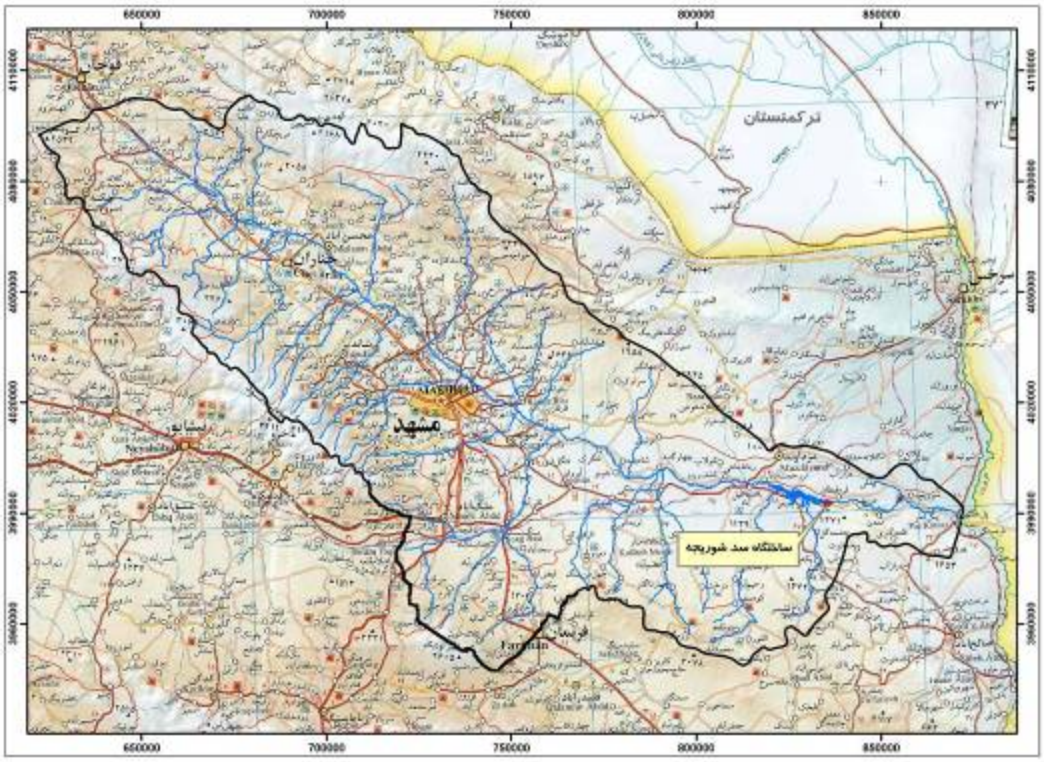
Abstract: The eastern north of Iran changed by the tectonic pressures in Turan and Iran plate, such as: Hezar Masjed Mountain chain (Koppeh-Dagh). Among this geomorphological structures Shurijeh reservoir dam selected to control the external water from Kashafrud river that have different characterizes because of this tectonic pressures. The main goal of this article is

geotechnical and geomechanical investigations to evaluate of right and left abutments and bed rock quality that these results lead to construction engineering judgments in the end.
Key Words: Kashafrud river- Shurijeh reservoir dam- geotechnical and aeromechanical parameters- rock mass.

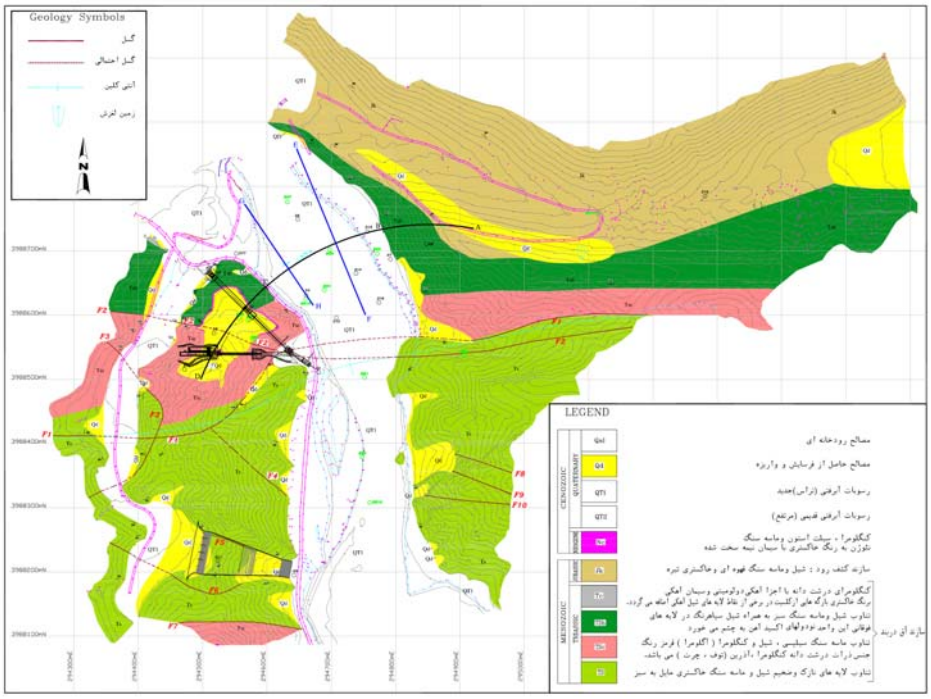
۱ مقدمه

ساختگاه سد مخزنی شوریجه بر روی رودخانه کشف‌رود و در فاصله ۱۲۵ کیلومتری جنوب شرقی مشهد و در مختصات جهانی X=۲۹۴۵۷۴ و Y=۳۹۸۸۶۰۹ واقع شده است (شکل ۱). ساختگاه مورد نظر از نظر زمین‌شناسی و با توجه به تقسیم‌بندی ساختاری رسوبی ایران در زون هزارمسجد-کپه‌داغ قرار گرفته است.

با توجه به حفاری‌های انجام شده و بازدیدهای میدانی، عمده توده‌سنگ‌های محدوده ساختگاه متعلق به دوره تریاس، سازند آق‌دربند (تناوب شیل و ماسه‌سنگ و بعضا کنگلومرا و توف) می‌باشد (شکل ۲). لایه‌بندی این سازندها مانند سینا و میان‌کوهی عمدتا با شیب و جهت شیب ۶۷/۰۰۲ آرایش یافته‌اند. محل سد بر روی یال شمالی تاقدیس مزدوران (با محور شرقی- غربی) واقع شده است. علاوه بر لایه‌بندی که مهمترین ناپیوستگی‌های موجودند درزه‌ها و سیستم گسلی نیز به دلیل تکتونیک پیچیده منطقه کپه‌داغ بر توده سنگ اعمال شده‌اند که گسل‌های مذکور با نام‌های F1 و F2 (شکل ۲) دارای جهت‌یابی شرق، جنوب‌شرق- غرب و شمال‌غرب می‌باشند. راستای این گسل‌ها تقریبا موازی امتداد محور تاقدیس مزدوران هستند. نقشه زمین‌شناسی محدوده سد به همراه گسل‌های محدوده ساختگاه در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۱- نقشه راه‌های دسترسی به محل



شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی محل سد

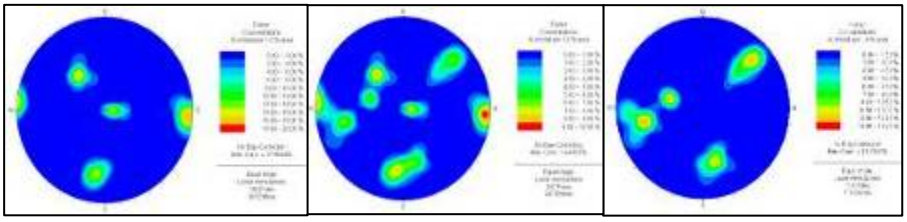
مچنین از مطالعات درزه‌نگاری، سیستم‌های غالب ناپیوستگی در دو دسته قابل شناسایی است. بررسی‌های ژئوتکنیکی حاصل از حفاری و برداشت‌های صحرایی در کنار تفسیر ناپیوستگی‌ها برآورد صحیحی از قضاوت‌های مهندسی را در اختیار قرار می‌دهد.

۲ بحث

به طور کلی مطالعات صورت گرفته در این تحقیق شامل بررسی وضعیت درزه‌ها، شاخص کیفی توده سنگ، نفوذپذیری و طبقه‌بندی مهندسی توده‌های سنگی بر اساس RMR و Q است. این فعالیت‌ها در قالب مطالب ذیل مورد بحث قرار گرفته است.

۲-۱- وضعیت درزه‌ها

اولین گام در بررسی‌های زمین‌شناسی مهندسی توده سنگ مطالعات مربوط به ناپیوستگی‌ها می‌باشد. بدین منظور پس از برداشت‌های درزه‌نگاری سیستماتیک، نتایج آماری برای تحلیل جهت‌یابی سیستم‌های غالب ناپیوستگی با استفاده از نرم‌افزار Dips مدل شد که نتایج حاصل در نگاره‌های قطبی قابل بررسی است (شکل ۳).



شکل ۳- نگاره قطبی ناپیوستگی‌ها به ترتیب از راست: تکیه‌گاه راست، ساختگاه سد، تکیه‌گاه چپ

به طور کلی جهت‌یابی غالب شیب و میزان آن در دو سیستم ناپیوستگی ۷۲/۲۲۶ و ۸۷/۰۸۹ و لایه‌بندی با شیب و جهت شیب۶۷/۰۰۲ جای می‌گیرد. با توجه به سیستم فشاری منطقه‌ای شمالی- جنوبی و نیز جهت-یابی گسل‌های مجاور طرح در جهت عمود بر آن یعنی در راستای شرقی- غربی، این نوع درزه‌ها را می‌توان از نوع درزه‌های کششی به حساب آورد. عمده این سطوح مسطح بوده و بازشدگی در آنها کم (کمتر از ۱ میلی‌متر) می-باشد. جداول ۱ و ۲ ویژگی‌های مهندسی ناپیوستگی‌ها را در محل ساختگاه نشان می‌دهد که حاصل از مطالعات درزه‌نگاری میدانی و گمانه‌های اکتشافی محدوده طرح با استفاده از روش‌های پیشنهادی ISRM (1981) است.

جدول ۱- ویژگی‌های مهندسی ناپیوستگی‌های توده‌سنگی حاصل از بازدیدهای میدانی

موقعیت	Angle with Core Axis (درصد)				Roughness (درصد)				Shape (درصد)					Aperture (درصد)				Infilling (درصد)					Weathering (درصد)			
	H	SH	V	SV	SS	P	S	R	CR	I	PL	St	U	Ti	OP	MO	WI	carbo	Co	Loam	ox	clean	HW	MW	SW	FS
تکیه گاه راست	–	۲۹	۳	٦٨	–	۲	٥٠	٤٨	–	۲٥	۳۰	٤٥	–	٦٧	۳۳	–	–	٤۳	–	–	۳۹	۱۸	۲	–	۹۲	٦
تکیه گاه چپ	٥	٦٤	–	۳۱	–	۲	٥۲	٤٦	–	٥۲	۳٦	۱۲	–	٤۹	٤۷	٤	–	۱۲	۸	۲	۷۰	۸	–	–	۹۷	۳
بستر	٤	٥۰	٦	٤۰	۱۱	٤	٤٤	٤۱	–	٥۸	۲٥	۱۷	–	٦٤	۳۳	۳	–	۳۷	۲	–	٤۷	۱٤	–	۳	۹٥	۲

Weathering	Infilling	Aperture	Shape	Roughness	Angle with Core Axis
1-fs :fresh stained	**1**-Clean	**1-Wi** :Wide(1-10cm)	**1-U** :Undulation	**1-R** :Rough	**1-SV** :Subvertical
2-SW :Slightly weathered	**2**-Ox-Oxides	**2-MO** :Moderately(5-10mm)	**2-St** :Stepped	**2-S** :Smooth	**2-V** :Vertical
3-MW :Moderately weathered	**3**-Loam	**3-OP** :Open(1-5mm)	**3-PL** :Plannar	**3-P** :Polished	**3-SH** :Sub Horizontal
4-HW :Highly weathered	**4**-Co-Coal	**4-Ti** :Tight(0.1-1mm)	**4-I** :Irregular	**4-SS** :Slicken side	**4-H** :Horizontal
	5-Carbonate		**5-CR** :Curved		

جدول ۲- وضعیت ناپیوستگی‌ها در گمانه‌های اکتشافی ساختگاه سد شوریجه

موقعیت	وضعیت نا پیوستگی																										
	تداوم (متر) درصد					فاصله داري(متر) درصد				زبري درصد			شكل درصد		بازشدگي(ميليمتر) درصد					پرشدگي(نوع) درصد						مقاومت ديواره (هواردگي) درصد			تعداد دسته درزه ها
	<۱	۱-۳	۳-۱۰	۱۰-۲۰	>۲۰	۰/۶-۲	۰/۲-۰/۶	۰/۰۶-۰/۲	>۲	C	S	R	P	ir	<۰/۱	۰/۱-۰/۵	۰/۵-۲/۵	۲/۵-۱۰	>۱۰	نمس	گوژ	اکسید	کلسیت	رس و لای	MW	HW	SW	Jn
تکیه گاه راست	٦	۷	۳	-	۸۲	۱۷	٤۹	۲۲	۱۲	-	۳٥	٦٥	٤۲	٥٦	٤۲	۲۲	۳۸	۲۱	۱۱	۸	۲٤	۲	۳۱	۲۷	۱٦	٦	-	۹٤	G
تکیه گاه چپ	-	۲۷	۱۸	-	٥٥	-	۲۷	٦٥	۸	-	٥۲	٤۸	٤۷	٥۳	٤۷	۱۸	۲۹	۳۹	۱٤	۷	۲٦	-	٤٥	۲۲	۷	-	-	۱۰۰	G

G: سه دسته درزه باضافه درزه هاي اتفاقي

ir :irregular **R** :Rough **MW**:Moderately weathered

P:plannar **S** :Smooth **HW**:Highly weathered

C :slickenside **SW**:Slightly weathered

۲-۲- *شاخص کیفی توده‌سنگ (RQD)*

نتایج بررسی‌های مغزه‌های بازیافتی در جدول ۳ جهت سهولت بررسی به طور خلاصه ذکر شده است.

همانگونه که مشخص است متوسط RQD در واحدهای سنگ بستر تا عمق ۲۵ متری کمتر از ۵۰٪ (رده ضعیف) و در عمق بیشتر، بالای ۵۰٪ (رده متوسط) می‌باشد.

جدول ۳- وضعیت شاخص کیفیت توده سنگی (RQD)در ساختگاه سد شوریجه

موقعیت	شماره گمانه	عمق 0 تا25 متر			گروه	عمق 25 تا50 متر			گروه	توضیحات
		% RQD				% RQD				
		حداکثر	حداقل	منوسط		حداکثر	حداقل	منوسط		
تکیه گاه راست	S2	96	0	70	Fair	90	75	86	Good	Very Poor : 0-25 (R.Q.D)
	S3	96	13	81	Good	-	-	-	-	Poor : 25-50 (R.Q.D)
	S12	100	0	77	Good	100	100	100	EXC.	Fair : 50-75 (R.Q.D)
	BH'6	88	0	44	Poor	77	20	45	Poor	Good : 75-90 (R.Q.D)
	BH9	100	54	84	Good	100	37	84	Good	Excellent : 90-100 (R.Q.D)
بستر	S14	80	0	50	Fair	79	60	74	Fair	گمانه هاي BH : حفاريهاي اكتشافي مطالعات مرحله اول
	S4	86	0	37	Poor	81	34	68	Fair	
	S7	74	0	43	Poor	88	0	55	Fair	
	S15	100	0	69	Fair	-	-	-	-	گمانه هاي S: حفاريهاي اكتشافي مطالعات مرحله دوم
	S16	100	0	52	Fair	-	-	-	-	
	S6	98	0	80	Good	-	-	-	-	
	S13	100	0	71	Fair	-	-	-	-	
	BH3	87	0	25	V.Poor	78	8	59	Fair	
	BH2	95	0	60	Fair	80	16	44	Poor	
	BH4	85	0	46	Poor	85	62	79	Good	
	BH13	57	0	11	V.Poor	-	-	-	-	
	BH1	61	0	28	Poor	94	39	62	Fair	
	BH5	100	0	67	Fair	100	96	98	EXC.	
	BH12	54	0	15	V.Poor	-	-	-	-	
	BH7	97	15	59	Fair	100	67	83	Good	
تکیه گاه چپ	S8	94	0	47	Poor	97	10	67	Fair	
	BH11	87	0	28	Poor	74	0	32	Poor	

۲-۳- *نفوذپذیری پی‌سنگ*

این فاکتور بر اساس نتایج آزمایش‌های لوژن در جدول ۴ مورد بررسی قرار گرفته است که در ادامه ارائه می‌گردد. ۳۶۳

جدول ۴- مشخصات نفوذپذیری توده‌های سنگی سد شوریجه

موقعیت	شماره گمانه	نفوذ پذيري عمق 0 تا25 متر			گروه	نفوذ پذيري عمق 25 تا50 متر			گروه	توضیحات
		حداکثر	حداقل	منوسط		حداکثر	حداقل	منوسط		
تکیه گاه راست	S2	11.26	0.04	3.2	Low	4.43	1.02	2.5	V.Low	0-1(Impermeable) لوژن
	S3	2.96	0.04	0.85	Imp.	-	-	-	-	1-3(Very Low) لوژن
	S12	20.88	11.37	17.73	Medium	-	-	0.01	Imp.	3-10(Low) لوژن
	BH'6	74.5	15.2	31.4	High	5.9	4.90	5.4	Low	10-30(Medium) لوژن
	BH9	4.67	3.67	4.17	Low	4	0.05	2.3	V.Low	30-60(High) لوژن
بستر	S14	13.5	6	8.8	Low	-	-	1.7	V.Low	>60(Very High) لوژن
	S4	29.8	0.1	10	Low	-	-	0.1	Imp.	
	S7	123.16	0.57	26.8	Medium	-	-	4.28	Low	گمانه هاي BH: حفاريهاي اكتشافي مطالعات مرحله اول
	S6	81.7	33.9	55.14	High	-	-	-	-	
	BH3	15.04	4.56	9.8	Low	-	-	48	High	
	BH13	-	-	1.71	V.Low	-	-	-	-	گمانه هاي S: حفاريهاي اكتشافي مطالعات مرحله دوم
	BH2	-	-	8.56	Low	-	-	22.2	Medium	
	BH4	1.7	0.24	1	Imp.	-	-	0.6	Imp.	
	BH1	16.48	7.3	11.9	Medium	5.12	0	1.54	V.Low	
	BH5	-	-	0.57	Imp.	-	-	0.07	Imp.	
	BH12	-	-	26.4	Medium	-	-	-	-	
	BH7	40.9	13.12	27	Medium	-	-	24.4	Medium	
تکیه گاه چپ	S8	117.35	10.08	30.14	High	27.13	0.71	12.7	Medium	
	BH11	14.5	0	0.9	Imp.	1	0.6	0.16	Imp.	

با توجه به نتایج، توده سنگی بستر و تکیه‌گاه راست رودخانه در محل محور سد در رده سنگهای با نفوذپذیری متوسط تا پایین قرار دارد. و توده سنگی تکیه‌گاه چپ تا عمق ۲۵ متری در رده سنگهای با نفوذپذیری متوسط (متوسط نفوذپذیری ۱۵/۵ لوژن) و در اعماق بیشتر جزء سنگهای با نفوذپذیری پایین (متوسط نفوذپذیری ۶/۴ لوژن) محسوب می‌شود.

۲-۴- نتایج آزمون‌های آزمایشگاهی

در خصوص برآورد دقیق‌تر پارامترهای کیفی، آزمون‌های آزمایشگاهی به تعداد مناسب بر روی نمونه‌های سنگ بکر انجام شد. به طور خلاصه پارامترهای ژئومکانیکی سنگ بکر در جدول ۵، و خصوصیات ژئومکانیکی توده سنگ بر اساس روابط اصلاح شده هوک (Hoek, 2006) در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۵- ویژگی‌های ژئومکانیکی سنگ بکر در ساختگاه سد شوریجه

موقعیت	نوع سنگی	وزن مخصوص (g/cm^3)		مقاومت فشاری (Mpa)		مدول الاستیسیته (Gpa)		نسبت پواسن		درصد جذب آب	درصد تخلخل
		خشک	اشباع	خشک	اشباع	خشک	اشباع	خشک	اشباع		
تکیه گاه راست	شیل	۲/٦٥	۲/٦۷	–	۳۷	۲۵	۱٦/۲	۰/۲۲	۰/۲٤	۱/۱۵	۲/۲
	ماسه سنگ	۲/٦٤	۲/٦٦	۱۰٤/۵	۹۱/۵	٤۵/٦	٤۲	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۷٤	۱/٤
بستر	شیل آهکی و شیل ماسه دار	۲/۷	۲/۷۲	٦۳	٤۳	۳۷/۵	۱٦/۳	۰/۲۱	۰/۲۳	۰/۵۷	۱/٤٦
	ماسه سنگ	۲/۵٦	۲/۵۷	–	۸۹/۵	۳۹/۵	۳۸/۵	۰/۱۷	۰/۲۱	۰/٦۵	۰/٦۵
	کنگلومرا و برش آهکی	۲/٦۷	۲/٦۸	–	۱۱۲/۲	–	٤٤/٦	–	۰/۱۷	۰/٤۳	۱/۱۱
تکیه گاه چپ	شیل	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	ماسه سنگ	۲/۵۷	۲/۵۹	۱۱۹/۳	۱۱۷/۲	۵۰/۵	٤٤	۰/۲۱	۰/۲۲	۰/۷٤	۰/٤

جدول ۶- ویژگی‌های ژئومکانیکی توده سنگ در ساختگاه سد شوریجه

پارامتر نوع توده سنگ	شرایط	مقاومت فشاری تک محوری (Mpa)	مدول تغییر شکل (Gpa)	چسبندگی (Mpa)	زاویه اصطکاک (deg)
شیل و شیل ماسه‌دار	خشک	۵	۵/۶	۱/۲۷	۲۷
	اشباع	۲/۹	۴/۳	۰/۷۶	۲۷
ماسه سنگ سیلیسی	خشک	۲۰/۵	۹/۵	۴/۲	۳۹
	اشباع	۱۸/۸	۹/۵	۳/۹	۳۹
کنگلومرا و برش آهکی	خشک	–	–	–	–
	اشباع	۲۰/۱	۹/۵	۴	۴۰
شیل آهکی	خشک	۷/۸	۷/۱	۱/۹	۲۸/۲
	اشباع	۵/۵	۶	۱/۳	۲۸/۲

۲-۵- طبقه‌بندی‌های ژئومکانیکی *RMR* و *Q*

در طبقه بندی توده سنگ با سیستم RMR از پارامترهای مقاومت فشاری تک محوری سنگ بکر، شاخص کیفیت سنگ (RQD)، فاصله ناپیوستگیها، شرایط ناپیوستگیها، شرایط آب زیرزمینی و جهت ناپیوستگیها استفاده می‌شود (Bieniawski, 1989). در این طبقه‌بندی اعداد بزرگ معرف شرایط بهتر توده سنگ می‌باشد.

مبنای طبقه بندی Q بر اساس شاخص کیفیت سنگ (RQD)، تعداد دسته درزه (Jn)، وضعیت زبری درزه (Jr)، وضعیت هوازدگی و دگرسانی درزه‌ها (Ja)، ضریب کاهش آب درزه (Jw) و ضریب کاهش تنش (SRF) می‌باشد (Barton, 1980). در این طبقه‌بندی اعداد بزرگتر، سنگ با کیفیت بهتری را معرفی می‌کنند.

جمع‌بندی نتایج حاصل از آزمون‌های صحرایی و آزمایشگاهی طرح مطالعاتی در قالب طبقه‌بندی‌های ژئومکانیکی RMR و Q در جداول ۷ و ۸ به طور خلاصه ذکر شده‌اند.

جدول ۷- رده‌بندی مهندسی توده‌های سنگی سد به روش امتیازبندی ژئومکانیکی توده‌سنگ (RMR)

نوع توده سنگ / پارامتر		واحد سنگي تكيه گاه راست (سازند آق دربند)		واحد سنگي تكيه گاه چپ (سازند آق دربند)		واحد سنگي بستر (سازند آق دربند)	
		مقدار	امتياز	مقدار	امتياز	مقدار	امتياز
مقاومت فشاري تك محوري (Mpa)		64	6	78	7	81	7
شاخص RQD (%)		72	13	43	7	50	11
فاصله ناپيوستگي ها (m)		0/2-0/6	14	0/2-0/6	12	0/2-0/6	13
وضعيت ناپيوستگي ها	تداوم (m)	>20	0	>20	1	>20	1
	بازشدگي (mm)	0/1-0/5	4	0/5-2/5	3	0/1-0/5	4
	ناهمواري	كمي زبر تا صاف	2	كمي زبر تا صاف	2	كمي زبر تا صاف	2
	پرشدگي	پر كننده سخت < mm5	4	پر كننده سخت < mm5	4	پر كننده سخت < mm5	4
	هوازدگي	كمي هوازده	5	كمي هوازده	5	كمي هوازده	5
شرايط آب زير زميني		خشك	13	خشك	13	مرطوب	10
تعديل امتياز نسبت به جهت يافتگي ناپيوستگي ها		نسبتا مساعد	-7	مساعد	-2	مساعد	-2
جمع امتيازها بدون اعمال تعديل		61		54		57	
جمع امتيازها با اعمال تعديل		54		52		55	
نتيجه		سنگ متوسط		سنگ متوسط		سنگ متوسط	

جدول ۸- طبقه‌بندی مهندسی توده‌های سنگی سد شوریجه به روش Q (NGI)

نوع توده سنگ / پارامتر	واحد سنگي تكيه گاه راست (سازند آق دربند)		واحد سنگي تكيه گاه چپ (سازند آق دربند)		واحد سنگي بستر (سازند آق دربند)	
	مقدار	امتياز	مقدار	امتياز	مقدار	امتياز
شاخص كيفي سنگ RQD%	72	72	43	43	50	50
تعداد دسته درزه ها J_n	سه دسته درزه + تصادفي	12	سه دسته درزه + تصادفي	12	سه دسته درزه + تصادفي	12
عدد زبري درزه ها J_r	زبر - صاف	1/5-3	زبر - صاف	1/5-3	زبر - صاف	1/5-3
عدد هوازدگي درزه ها J_a	كمي دگرسان شده	2	كمي دگرسان شده	2	كمي دگرسان شده	2
عدد كاهش آب درزه ها J_w	خشك	1	خشك	1	جريان متوسط	0.66
ضريب كاهش تنش SRF	تنش متوسط	1	تنش متوسط	1	تنش متوسط	1
امتياز Q	4/5-9		2/7-5/3		2-4/1	
توصيف	سنگ متوسط		سنگ متوسط تا ضعيف		سنگ متوسط تا ضعيف	

۳- نتیجه‌گیری

به طور کلی بر اساس نتایج حاصله کیفیت توده سنگ بر اساس رده‌بندی‌های RMR و Q برای نواحی مختلف ساختگاه به شرح زیر مورد توجه است.

۱- تکیه‌گاه راست که بیشتر شامل سنگ‌های سازند آق‌دربند است به لحاظ تقسیم‌بندی RMR و Q در رده کیفی متوسط جای دارد.

۲- بستر و تکیه‌گاه چپ نیز که بیشتر شامل سنگ‌های سازند آق‌دربند می‌باشند به لحاظ تقسیم‌بندی RMR در رده کیفی متوسط و بر اساس رده‌بندی Q در رده متوسط تا ضعیف جای دارند.

۳- با توجه به وضعیت ناپیوستگیها و پارامترهای ژئومکانیکی توده سنگی، شیب گودبرداری‌ها می‌بایستی طوری انتخاب شود تا ضمن حفظ ایمنی و پایداری توده‌های سنگی، مسائل اجرایی نیز در آن لحاظ گردد.

۴- در تکیه‌گاه راست واحد سنگی کنگلومرا، گل سنگ و ماسه سنگ نئوژن از استحکام پایین و نفوذپذیری متوسط تا پایینی برخوردار می‌باشد. بنابراین به منظور استقرار هسته رسی در سنگ تکیه گاه، برداشت بخش فوق الذکر ضروری به نظر می‌رسد.

۵- با توجه به سیستم ناپیوستگی‌های غالب و پارامترهای ژئومکانیکی توده سنگی، ناپایداری در دیواره رو به شمالغرب و همچنین در دیواره رو به جنوبشرق در جناح راست محرز است و بایستی پس از گودبرداری نسبت به پایدارسازی این قسمتها اقدام نمود. به منظور پایدار سازی دیواره‌های ناپایدار فوق الذکر و با تشخیص دستگاه نظارت می‌توان از تور سیمی و اجرای شاتکریت به ضخامت ۵ الی ۱۰ سانتیمتر استفاده نمود.

۴- مراجع

شرکت مهندسی مشاور طوس‌آب، ۱۳۸۵، گزارش زمین‌شناسی و زمین‌شناسی مهندسی سد مخزنی شوریجه، مطالعات مرحله دوم طرح.

Barton, N., 1980, "Application of the Q-System in design decisions subsurface space", New york, 1, 553-561.

Bieniawski, Z.T., 1989, "Engineering Rock mass classifications", Wiley and Sons, New York.

Hoek, E., 2006, "Practical Rock Engineering", 237pp.

International society for rock mechanic, 1981, "Rock characterization, testing and monitoring-ISRM suggested methods", Oxford: Pergamon.