



مقایسه پارامترهای طبقه بندی ژئومکانیکی توده سنگ (RMR) بر

اساس داده های سطحی و زیر سطحی: در تونل انتقال آب هریرود

محمد غفوری^۱؛ غلامرضا لشکری پور^۱؛ حمیدرضا رستمی بارانی^۱؛ عباسعلی صبا^۲

(۱) گروه زمین شناسی دانشگاه فردوسی مشهد

(۲) شرکت مهندسی مشاور طوس آب

چکیده

طبقه بندی ژئوتکنیکی توده سنگ شامل فرآیند جمع آوری و تحلیل داده های کیفی و کمی می باشد، که در نهایت به عنوان یک ابزار سریع جهت تخمین ملزومات سیستم نگهدارنده و برآورد پارامترهای مقاومتی و تغییر شکل پذیری توده سنگ مورد استفاده قرار می گیرد. یک برنامه طبقه بندی ژئومکانیکی توده سنگ علاوه بر فراهم کردن داده های کمی، برای برآورد نوع تحکیمات مورد نیاز و پارامترهای مقاومتی توده سنگ، نقش مهم دیگری از جمله فراهم کردن ارتباط بین گروه های طراحی و پیمانکاری را نیز به عهده دارد. تونل انتقال آب هریرود به طول ۹۴۲ متر در سنگ هایی با ویژگی های زمین شناسی مختلف قرار گرفته است. رده بندی ژئومکانیکی توده سنگ در برگزیده تونل در دو مرحله (مرحله امکان پذیری و مرحله مطالعات تکمیلی) انجام شده است. در این مقاله تغییرات پارامترهای مختلف رده بندی RMR بر اساس برداشت های سطحی (قبل از احداث تونل) و برداشت های زیر سطحی (بعد از حفر تونل) مقایسه شده است. و در نهایت با هدف طراحی نهایی سیستم نگهدارنده این تونل به ۷ بخش با خصوصیات زمین شناسی مهندسی مختلف تقسیم شده و برای هر بخش RMR تعیین گردیده و مورد ارزیابی قرار گرفته است. سپس توصیه های لازم برای نگهداری و پایداری تونل ارائه شده است.

واژگان کلیدی: طبقه بندی ژئومکانیکی، تونل انتقال آب هریرود، توده سنگ، پارامترهای مقاومتی

Comparison of Rock Mass Rating (RMR) parameters according to surface and subsurface data: in water transported tunnel Hariroud

Abstract

Rock mass classification consists of collection and analysis of qualitative and quantitative data for estimation of support requirements, strength parameters and deformability of rock masses. A rock mass classification program not only provides a quantitative data and strength parameters for tunnel support, but also plays an important role in rock mass projects and provides a link between designer and constructor.

Hariroud water transportation tunnel with a length of 942 m excavated in rocks with different properties. In this paper, this tunnel divided into 7 parts with different properties. For each part a comparison was made between Rock Mass Rating parameters according to surface and subsurface data which was available in different phases of study. A few suggestions on the tunnel support presented according to the Rock Mass Rating (RMR) method.

Key words: Geomechanics Classification, Hariroud water transportation tunnel, Rock mass, strength parameters.



مقدمه

ویژگی های مهندسی توده سنگ در مقایسه با سنگ بکر مستقیماً قابل اندازه گیری نمی باشند. به منظور ارزیابی ویژگی های اساسی و اصلی توده سنگ و همچنین برآورد کمی یا عددی هر یک از پارامترهای موثر در رفتار مهندسی سنگ، شناخت ویژگی های توده سنگ های ساختگاه بسیار ضروری است. یکی از روش های رایج برای مطالعه توده سنگ ها، طبقه بندی مهندسی آنهاست (Hoek, 2000).

طبقه بندی توده سنگ پایه و اساس طراحی تجربی بوده و به طور وسیع در مهندسی سنگ بکار رفته است. در بسیاری از پروژه های تونلسازی طبقه بندی سنگ ها به عنوان تنها مبنای عملی برای طراحی سازه های پیچیده زیرزمینی تلقی می شود. در سال های اخیر، با تجربه ثابت شده که اگر طبقه بندی یک توده سنگ به دقت صورت گیرد، می توان به عنوان یک ابزار نیرومند در طراحی ها و تحلیل پایداری تونل به کار گرفته شود (Singh and Goel, 1999).

عدم کفایت زمان خود ایستایی سنگ برای اجرای روش انتخاب شده و ناکافی بودن مقاومت سنگ در شرایط تنش دار دو دسته از مشکلات اصلی زمین شناسی در ۸۷ پروژه حفاری سنگ در کشور آمریکا بوده است (Nelson, 1993). به نظر می رسد که استفاده از روش های طبقه بندی قادر به رفع این مشکل باشد (بارتون، ۱۳۸۲).

هدف اصلی بکارگیری یک سیستم طبقه بندی این است که بتوان مشخصه هایی را با استفاده از تکنیک های ساده ارزیابی، سنجش و دسته بندی کرد. بهره گیری از نتایج چنین گروه بندی هایی امکان برآورد ماهیت ذاتی سنگ و چگونگی رفتار مهندسی آن را در شرایط مختلف فراهم می آورد. در این تحقیق رده بندی ژئومکانیکی (RMR) برای توده سنگ تونل انتقال آب هریرود در دو مرحله انجام شده است. قبل از احداث تونل برای برآورد RMR، به منظور امکان پذیری طرح برداشت های سطحی در مسیر پیشنهادی انجام گرفت. بعد از حفر تونل برای برآورد پارامترهای مختلف (از جمله تعیین تحکیمات بهینه) در طول تونل اقدامات مذکور نیز در درون مسیر تونل انجام گردید. سپس مقایسه ای بین برداشت های سطحی و زیرسطحی انجام شد. بر اساس برداشت های صحرائی و آزمایشات انجام شده در مراحل مطالعات اولیه (امکان پذیری) مسیر پیشنهادی تونل به سه ناحیه تقسیم بندی شده است. در هنگام اجرای حفاری در سازند مزدوران مشاهده گردید در بخش هایی از این سازند که لایه های مارنی به همراه آهک به صورت متناوب وجود دارد نقش بسزایی در تعیین نوع سیستم نگهدارنده دارند. لذا در مرحله مطالعات تکمیلی طرح رده بندی توده سنگ با هدف افزایش دقت طراحی نهایی تحکیمات مورد بازبینی قرار گرفته است و مسیر تونل به هفت محدوده تقسیم بندی شده و در هر ناحیه به طور مجزا رده بندی انجام پذیرفته است.



زمین شناسی عمومی

تونل هریرود تونلی تاسیساتی به طول ۹۴۲ متر است که جهت انتقال آب از سد دوستی به شهر مشهد در حال حفر است. این تونل به لحاظ جغرافیایی در سلسله ارتفاعات مزدوران و در فاصله ۷.۵ کیلومتری جنوب شرق روستای مزدوران در استان خراسان رضوی قرار دارد. از نظر تقسیم بندی ساختمانی رسوبی ایران این منطقه جزئی از زون کپه داغ محسوب می شود. سازندهای تیرگان، شوربجه، مزدوران و کشف رود به ترتیب از قسمت ورودی تا خروجی تونل رخنمون دارند. ویژگی های زمین شناسی هر سازند در محل امتداد تونل به شرح زیر می باشد.

سازند تیرگان (K_{tr}): این سازند جدید ترین رسوبات در قسمت ورودی تونل هستند و متشکل از سنگ آهک های تخریبی ائولیتیک و ستبر لایه با میان لایه های نازک ماری و شیل می باشد. این سازند با رخنمون بسیار کم در مسیر تونل، تنها حدود ۱۶ متر از ابتدای مسیر ترانشه ورودی تونل را تشکیل می دهند. لذا رده بندی توده سنگ در این سازند صورت نگرفته است.

سازند شوربجه (K_{sh}): این سازند متشکل از ماسه سنگ و کنگلومرای قهوه ای مایل به سرخ رنگ است که حدود ۲۸۶.۵ متر از طول مسیر تونل را در بر گرفته است. ماسه سنگ ها نسبتاً مقاوم ریز تا متوسط دانه با دانه های کوارتزی تشکیل شده است. بخش کنگلومرای سازند با مقاومت کلی بالا حاوی دانه های چرتی با قطر چند میلیمتر تا حدود ۷ سانتیمتر است.

سازند مزدوران (J_m): این سازند به طول حدود ۴۵۸ متر بیشترین رخنمون را در مسیر تونل دارد. سنگ های تشکیل دهنده این سازند شامل سنگ های آهکی با لایه بندی ضخیم تا حدود ۲ متر و مقاومت بسیار بالا، تناوبی از آهک و شیل ضعیف، آهک ضخیم لایه و مقاوم همراه با حفرات کارستی و تناوبی از آهک نازک لایه با بین لایه های نازک ماری و شیل و سیلت سنگ قرمز رنگ و دولومیت های فوق العاده مقاوم می باشد.

سازند کشف رود (J_{ksh}): این سازند طولی حدود ۱۸۳ متر از بخش انتهایی تونل را می پوشاند و شامل شیل های سیاه رنگ با مقاومت پایین است.

رده بندی ژئومکانیکی (RMR)

در رده بندی ژئومکانیکی سنگ ها برای هر پارامتر یک رقم به عنوان امتیاز در نظر گرفته می شود که بستگی به شرایط و ویژگی های هر پارامتر می تواند رقم خاصی باشد. و در نتیجه برای ارزشیابی نهایی سنگ باید این مقادیر را با هم جمع کنیم. به طور کلی باید گفت که در این طبقه بندی اعداد بزرگ معرف شرایط بهتر توده سنگ بوده و در نتیجه سنگی که مجموع ارقام شش پارامتر آن بیشتر باشد از کیفیت مهندسی بهتری برخوردار می باشد (Bieniawski, 1989).

امتیاز توده سنگ بر اساس رده بندی RMR از رابطه زیر تعیین می شود.

$$RMR = R_S + R_{RQD} + R_{SD} + R_{CD} + R_W + R_{OD} \quad (1-1)$$

که در آن



R_S : امتیاز مقاومت فشاری تک محوری برای سنگ سالم (UCS)

R_{RQD} : امتیاز مربوط به RQD

R_{SD} : امتیاز مربوط به فاصله بین ناپیوستگی ها

R_{CD} : امتیاز مربوط به وضعیت ناپیوستگی ها

R_W : امتیاز مربوط به شرایط آب زیرزمینی

R_{OD} : امتیاز مربوط به راستای نسبی یا جهت یافتگی ناپیوستگی ها

در این مطالعه با توجه به شرایط، توده سنگ در برگیرنده تونل در مرحله امکان پذیری به سه منطقه و در مرحله مطالعات تکمیلی از نظر ژئوتکنیکی به هفت منطقه ساختاری تقسیم شده و هر ناحیه به طور مجزا رده بندی بر اساس سیستم RMR (Bieniawski, 1989) انجام شده است. مرز هریک از منطقه های ساختاری تونل عمدتاً با تغییر در نوع سنگ هم خوانی داشته و منطبق است. نتایج طبقه بندی RMR توده سنگ در برگیرنده تونل خط انتقال آب در مقاطع مختلف (جدول ۱) با توجه به داده های سطحی و جدول ۲ با توجه به داده های زیر سطحی در هنگام حفر تونل) ارائه شده است.

بررسی تغییرات رده بندی RMR بر اساس داده های سطحی و زیرسطحی

با مقایسه طبقه بندی توده سنگ در برگیرنده تونل خط انتقال آب در مرحله اجرا نسبت به مرحله مطالعات اولیه طرح (امکان پذیری) میزان تغییرات هر پارامتر در مقاطع مورد نظر به منظور شناخت چگونگی گسترش آنها در طول مسیر تونل در شکل ۱ نشان داده شده است. ناحیه بندی های جدید بر اساس تفاوت لیتولوژی واحدهای ضعیف که در بین واحدهای مقاوم قرار گرفته اند انجام شده است. در این محدوده ها پارامترهایی مانند مقاومت فشاری تک محوره و شرایط ناپیوستگی ها بیشترین درصد تغییر را نسبت به ناحیه های مجاور داشته اند.

در هر محدوده ابتدا درصد تغییرات هر یک از پارامترهای موثر در رده بندی RMR محاسبه شده و قدر مطلق آنها را بدست آورده سپس میانگین درصد تغییرات قدر مطلق برای هر پارامتر در شکل ۲ ارائه شده است. بیشترین میزان تغییرات مربوط به شرایط آب زیرزمینی بوده که این اهمیت ویژه ای را برای مطالعات تکمیلی رده بندی توده سنگ بویژه در قسمت هایی از تونل با فشار روباره زیاد و یا وجود ناهمگونی در توده سنگ را نشان می دهد. شواهد حفرات کارستی در مقطع B و توسعه درز و شکاف و افزایش هوازدگی درزها در مقطع C موجب شد تا در مطالعات مرحله امکان سنجی این مقاطع را مرطوب فرض کنیم. مقاومت فشاری تک محوری با ۱۶ درصد تغییرات نیز در مرحله دوم قرار گرفته است. با مقایسه نمونه های سنگی اخذ شده از گمانه های اکتشافی در مراحل اولیه و گمانه های پیشاهنگ که همزمان در راستای حفاری درون سینه کار تونل تهیه گردیده اند. مشاهده می گردد که مقاومت فشاری مغزه های تهیه شده از گمانه های پیشاهنگ حدود ۱۵ درصد کمتر از نمونه های تهیه شده از گمانه های اکتشافی بوده است. و این احتمالاً به دلیل انتشار ریز ترک ها در اثر عملیات



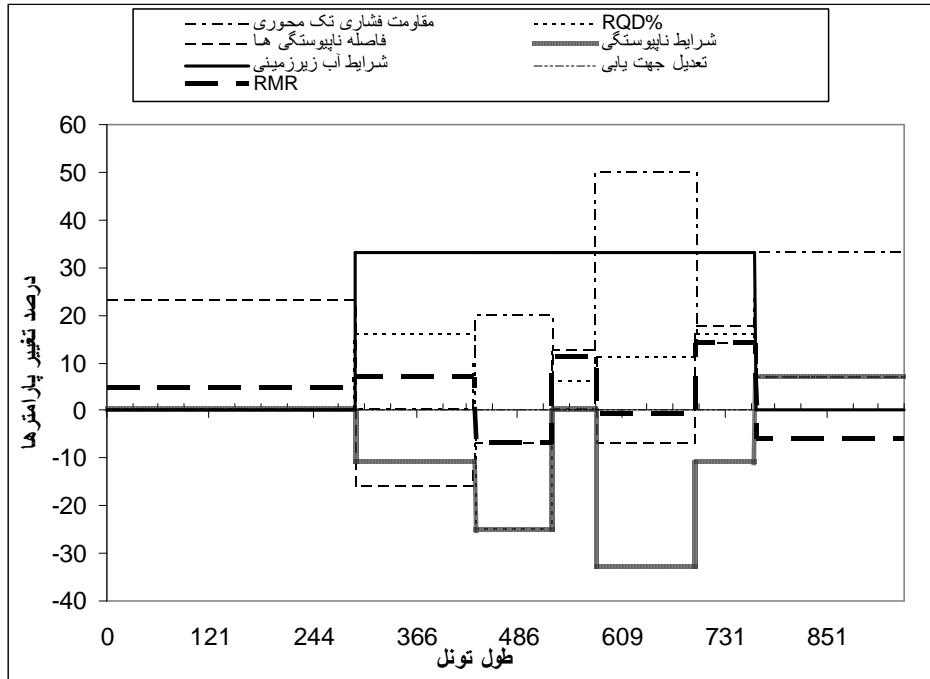
آتشباری بوده است. شکل ۳ مقایسه نتایج رده بندی RMR بر اساس داده های سطحی و زیر سطحی را نشان می دهد.

جدول ۱- نتایج طبقه بندی RMR در مرحله امکان سنجی تونل

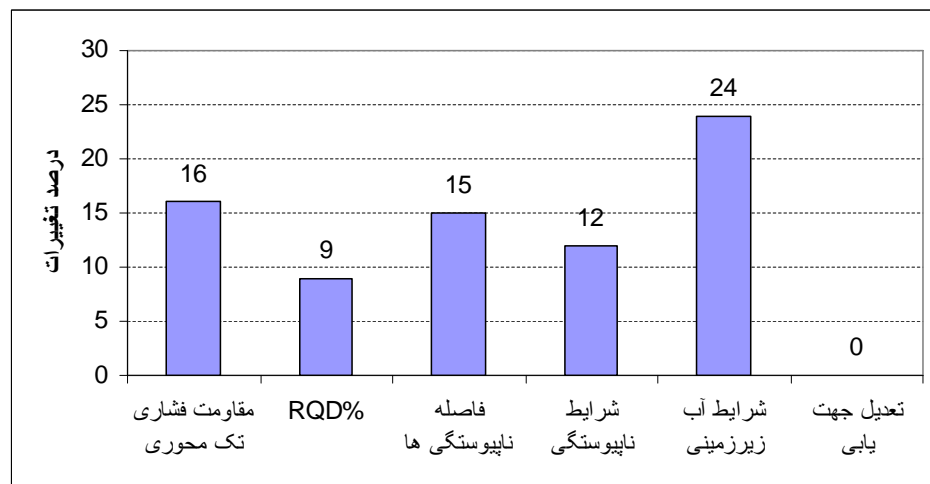
مقطع C		مقطع B		مقطع A		پارامتر
(767-942)		(294-767)		(0-294)		
امتیاز	مقدار	امتیاز	مقدار	امتیاز	مقدار	
4	27-45	6	50-78	6	36-85	مقاومت فشاری تک محوری
12	50-75	15	50-95	15	75-90	RQD%
12	0.2-0.6	14	0.6-2	10	0.2-0.6	فاصله ناپیوستگی ها (m)
5	1-3	5	1-3	3	1-10	تداوم (m)
3	1-5	3	1-5	3	1-5	بازشدگی (mm)
1	Smooth	5	Rough	3	Slightly rough	ناهمواری
2	Soft filing <5	2	Hard filing >5	2	Hard filing >5	پرشدگی
3	S.W	5	S.W	4	S.W	هوازدگی
10	Wet	10	Wet	15	Dray	شرایط آب زیرزمینی
-5	Fair	-5	Fair	-5	Fair	تعدیل جهت یابی
47		60		56		امتیاز RMR
Fair		Fair- Good		Fair		توصیف سنگ

جدول ۲ - ضرایب طبقه بندی RMR برای مقاطع مختلف تونل هریزود.

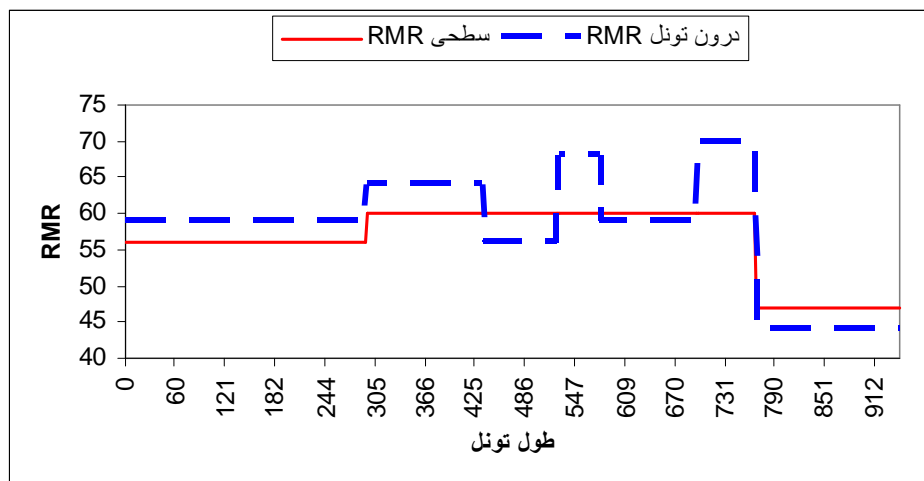
پارامتر	مقطع تونل						مقاومت فشاری تک محوره (MPa)	RQD%	فاصله ذیروستی ها (m)	شرایط ذیروستی ها				شرایط آب زیرزمینی	توصیف جهت باقی	RMR امتیاز	توصیف سنگ				
	G		F		E					D		C						B		A	
	امتیاز	مقدار	امتیاز	مقدار	امتیاز	مقدار				امتیاز	مقدار	امتیاز	مقدار					امتیاز	مقدار	امتیاز	مقدار
Jksh (767-942)	3	25-50	7	75-100	4	35-60	6	70-100	5	40-70	6	70-100	6	60-100							
	13	74	18	93	17	91	16	85	12	71	18	92	15	81							
	10	0.2-0.6	17	0.6-2	13	0.2-2	16	0.6-2	13	0.2-2	12	0.2-0.6	13	0.2-2							
	4	1_3	3	1_10	4	1_3	4	1_3	4	1_3	3	1_10	3	1_10							
	2	2.5_10	3	1_5	2	2.5-5	4	1-2.5	2	1_5	3	0.5-5	2	1_5							
	1	Smooth	5	Rough	3	Slightly rough	5	Rough	4	Rough - Slightly rough	5	Rough	3	Slightly rough							
	2	Soft filing <5mm	2	Hard filing >5mm	2	Hard filing >5mm	2	Hard filing >5mm	2	Hard filing >5mm	2	Hard filing >5mm	2	Hard filing >5mm							
	4	S.W	5	S.W	4	S.W	5	S.W	4	S.W	5	S.W	5	S.W							
	10	Wet	15	Dray	15	Dray	15	Dray	15	Dray	15	Dray	15	Dray							
	-5	Fair	-5	Fair	-5	Fair	-5	Fair	-5	Fair	-5	Fair	-5	Fair							
	44		70		59		68		56		64		59								
	Fair-Poor		Good		Fair-Good		Good-Fair		Fair		Good-Fair		Fair-Good								



شکل ۱- میزان تغییرات و نحوه گسترش پارامترها در هر مقطع



شکل ۲- درصد تغییرات قدرمطلق پارامترهای موثر در رده بندی RMR در کل مسیر تونل



شکل ۳- مقایسه نتایج رده بندی RMR بر اساس داده های سطحی و زیر سطحی

ارزیابی توده سنگ های در برگیرنده تونل بر اساس RMR زیر سطحی

به دلیل ناهمگونی توده سنگ های در برگیرنده تونل سعی شده تا ارزیابی از ویژگی های ژئومکانیکی توده سنگ های تشکیل دهنده مسیر تونل پس از تعیین امتیاز توده سنگ و تعیین حدود تغییرات آن صورت پذیرد. لذا پس از برداشت ویژگی های مهندسی ناپیوستگی های توده سنگی در امتداد تونل انتقال آب هریرود طبق استاندارد ISRM (1981) و اطلاعات حاصل از گمانه های اکتشافی و آزمایش های آزمایشگاهی نظیر شاخص کیفی سنگ، مقاومت فشاری تک محوری و شناخت وضعیت آب زیرزمینی از درون مسیر تونل، طبقه بندی نهایی مهندسی توده سنگ در قسمت های مختلف صورت گرفته است.

بر اساس نتایج مندرج در جدول ۲، توده سنگ در برگیرنده تونل در مقاطع C، F با امتیاز (مقادیر RMR) ۵۶ و ۷۰ به ترتیب در رده سنگ های نسبتاً خوب (Fair Rock) و خوب (Good Rock) قرار می گیرند. مقاطع A و E با کسب امتیاز ۵۹ و مقاطع B و D با امتیاز ۶۴ و ۶۸ تقریباً در مرز دو رده سنگی قرار دارند. مقاطع A و E در مرز رده سنگ های نسبتاً خوب و خوب (Fair-Good Rock) و مقاطع B و D در مرز رده سنگ های خوب و نسبتاً خوب (Good-Fair Rock) قرار می گیرند. مقطع G با امتیاز ۴۴ کمترین مقدار RMR را در بین توده سنگ های در برگیرنده تونل داشته و در مرز رده سنگ های نسبتاً خوب تا ضعیف (Fair-Poor Rock) قرار می گیرد. در مقاطع مختلف تونل چسبندگی معادل و زاویه اصطکاک داخلی توده سنگ بر اساس روش ارائه شده توسط بنیائوسکی (Bieniawski, 1989) در جدول ۳ ارائه شده است.

طراحی سیستم نگهدارنده بر اساس روش RMR



یکی از اهداف اصلی یک طرح مهندسی از جمله تونل، تعیین مناسب ترین و اقتصادی ترین سیستم نگهدارنده به همراه بهترین روش حفاری می باشد. در این میان ویژگی های مهندسی توده سنگی مانند ناپیوستگی ها، مقاومت فشاری و مدول الاستیسیته توده سنگی نقش مهم و اساسی جهت تخمین ظرفیت باربری و سیستم نگهدارنده و تحلیل پایداری توده های سنگی در بر گیرنده تونل ها ایفا می کند. برآورد تحکیمات مورد نیاز برای مقاطع مختلف تونل با توجه به دستورالعمل های ارائه شده توسط بنیائوسکی (Bieniawski, 1989) در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۳- مقادیر تقریبی چسبندگی و زاویه اصطکاک توده سنگ در برگیرنده تونل با روش RMR

پارامتر	A	B	C	D	E	F	G
چسبندگی توده سنگ (Kpa)	250-350	300-400	200-300	300-400	250-350	330-400	170-250
زاویه اصطکاک توده سنگ (درجه)	30-40	35-45	25-35	35-45	30-40	37-45	20-25

نتایج و پیشنهادات

طبقه بندی ژئومکانیکی یکی از موفق ترین سیستم های رده بندی توده سنگ در پروژه های تونل سازی می باشد. از این سیستم بیشتر در مراحل امکان پذیری طرح های تونلسازی استفاده می گردد. به منظور افزایش دقت پارامترهای رفتاری و چگونگی گسترش آنها لازم است که همگام با در دسترس قرار گرفتن اطلاعات جدید در مراحل مختلف طرح رده بندی توده سنگ مورد بازبینی قرار گرفته و بروز شود. و سپس طراحی نهایی تحکیمات صورت گیرد.

براساس نتایج رده بندی نهایی مهندسی توده سنگ (RMR)، امتیاز توده سنگ های در بر گیرنده تونل آبرسانی هریرود در محدوده ۴۰-۷۰ قرار دارد. با توجه به نتایج این سیستم رده بندی مقاطع F و C به ترتیب در رده سنگی خوب و نسبتاً خوب قرار می گیرد. مقطع G در مرز دو رده سنگ های نسبتاً خوب تا ضعیف قرار دارد. مقاطع B، D، A و E به ترتیب در رده سنگ های عمدتاً خوب تا نسبتاً خوب و نسبتاً خوب تا خوب قرار می گیرد. به این ترتیب با شناخت کیفیت سنگ ها می توان رفتار مهندسی و ژئومکانیکی توده سنگ را شناخت و اقدام لازم را برای حفاری و طراحی سیستم نگهدارنده انجام داد. با توجه به مقایسه طبقه بندی ژئومکانیکی توده سنگ در دو مرحله از مطالعات پیشنهاد می گردد که از یک رنج اعداد به جای یک عدد برای مقاومت فشاری تک محوره استفاده گردد. همچنین به منظور شناخت وضعیت آب های زیرزمینی حفر گمانه های اکتشافی تا سطح تراز کف تونل در مراحل مطالعات اولیه و یا استفاده از گمانه های پیشاهنگ در هنگام عملیات حفاری بسیار حائز اهمیت خواهد بود.



منابع

بارتون، نیک، ۱۳۸۲. تونل سازی در سنگ های درزه دار و گسله (با بکارگیری TBM)، ترجمه حسین صالح زاده، انتشارات علم و صنعت ایران.

- Bieniawski, Z. T, 1989. Engineering rock mass classifications, Willey, New York, 251P.
Hoek, E., 2000. Practical Rock Engineering. Course Notes by Evert Hoek, Balkema, Rotterdam. 313p.
ISRM, 1981. Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses, Rock Characterization, Testing and Monitoring, London. Pergamon, Oxford, 221.
Nelson, P.P., 1993. TBM performance analysis with reference to rock properties. In Hudson et al. (eds), comprehensive rock engineering. Ch. 10(4): 261-291.
Singh, B. and Goel, R.K., 1999. Rock mass classification; a practical approach for Civil Engineering.

جدول ۴- تمهیدات اجرایی برای حفاری و نگهداری در مقاطع مختلف تونل خط انتقال، منطبق با سیستم RMR

قاب های فلزی	شاتکریت	پیچ سنگ به قطر ۲۰ mm و کاملاً تزریق شده	حفاری	رده توده سنگ	مقطع	
احتیاجی نیست	در صورت نیاز، یک لایه به ضخامت ۵۰ میلیمتر در سقف	پیچ سنگ به طول ۳ متر و در فاصله های ۲.۵ متر به صورت محلی نصب می گردند در صورت نیاز، از سیستم توری نیز استفاده شود	حفاری به صورت تمام مقطع: پیشروی در هر نوبت ۱ تا ۱.۵ متر پس از ۲۰ متر پیشروی، سیستم نگهداری کامل اجرا می گردد	Good	F B,D	
احتیاجی نیست	به ضخامت ۵۰ تا ۱۰۰ میلیمتر در تاج و ۳۰ میلیمتر در دیواره ها	پیچ سنگ هایی به طول ۴ متر و فاصله ۲ تا ۱.۵ متر در تاج و دیواره ها، با سیم توری در تاج	حفاری با روش سینه کار بالایی و سکوی پایینی: مقدار پیشروی در سینه کار بالایی ۱.۵ تا ۳ متر: پس از ۱۰ متر پیشروی، سیستم نگهداری کامل اجرا می گردد	Fair	A,E	C
قاب های فلزی سبک تا متوسط، در فاصله ۱.۵ متر، در صورت نیاز	به ضخامت ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلیمتر در تاج و ۱۰۰ میلیمتر در دیواره ها	پیچ سنگ های منظم، به طول ۴ تا ۵ متر و به فاصله ۱.۵ تا ۱ متر در تاج و دیواره ها با سیم توری	حفاری با روش سینه کار بالایی و سکوی پایینی: مقدار پیشروی در سینه کار بالایی ۱ تا ۱.۵ متر: پس از ۱۰ متر پیشروی، سیستم نگهداری کامل اجرا می گردد	Poor	G	