INSO
20359
1st. Edition
2016

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۲۰۳۵۹
چاپ اول
۱۳۹۴

سامانه‌های طبقه‌بندی توده‌های سنگی جهت مقاصد مهندسی- راهنما

Rock-Mass Classification Systems for Engineering Purposes- Guide

ICS: 93.020

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن‌ماه ۱۳۷۱ تنهامرجع رسمی کشوراست که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) را به عهده دارد.

نام مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۹/۲۶ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود.پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح و بررسی می‌شود و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1]، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط [4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ضمن تـوجه به شرایط کلی ونیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهـای بین المـللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکزکالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1-International Organization for Standardization
2-International Electrotechnical Commission
3-International Organization for Legal Metrology (Organization International de Metrologie Legal)
4-Contact point
5-Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«سامانه‌های طبقه‌بندی توده‌های سنگی جهت مقاصد مهندسی- راهنما»

رییس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
سعیدی رضوی، بهزاد (دکتری زمین شناسی)	عضو هیأت علمی پژوهشگاه استاندارد ایران
دبیر:	
باقری ثانی، مهدی (کارشناس ارشد مهندسی معدن)	اداره کل استاندارد استان گلستان
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
احمدی، منصوره (کارشناس ارشد زمین شناسی)	مدیر فنی آزمایشگاه بنیاد بتن کاسپین
اسمعیلی آتشگاه، سیدمحمد (کارشناس مهندسی عمران)	آزمایشگاه پی بتن گرگان
آریا خواه، علی اصغر (کارشناس مهندسی عمران)	مدیر آزمایشگاه بتن استراباد استان گلستان
تات هشتیکه، ولی (کارشناس مهندسی عمران)	مدیر فنی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان گلستان
تبریزیان، محمد رضا (کارشناس مهندسی معدن)	مسئول فنی شرکت کاوشگران عمق زمین
جعفری ایوری، سیدعلی (کارشناس مهندسی عمران)	اداره کل استاندارد استان گلستان
جعفری جوزانی، حسین (کارشناس مهندسی عمران)	شرکت ساختمانی ایستافر
حسینی، سیدمرتضی (کارشناس مهندسی صنایع)	مدیر فنی آزمایشگاه گرگان زمین

رقیمی، مصطفی (دکتری زمین شناسی)	عضو هیأت علمی دانشگاه گلستان
شریعت علوی، حسین (کارشناس ارشد مهندسی معدن)	شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس
عمرانی، هادی (دکتری زمین شناسی)	عضو هیأت علمی دانشگاه گلستان
فرمانی، محمود (کارشناس ارشد مدیریت)	مدیر کل استاندارد گلستان
قاسمی، رضا (دانشجوی دکتری مهندسی معدن)	سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی
مدنی، مطهره سادات (کارشناس ارشد آمار)	دانشگاه پیام نور واحد گرگان
یزدی، محسن (کارشناس مهندسی مواد)	معاون شرکت مصالح ساختمانی گرگان زمین

فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
آشنایی با سازمان ملی استاندارد	ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد	ج
پیش گفتار	و
۱ هدف و دامنه کاربرد	۱
۲ مراجع الزامی	۱
۳ اصطلاحات و تعریف	۲
۴ اهمیت و کاربرد	۳
۵ اصول طبقه‌بندی	۵
۶ روش تعیین پارامترها	۶
۷ دقت	۸
۸ پیوست الف (الزامی) روش‌های طبقه‌بندی توده سنگ	۹

پیش گفتار

استاندارد «سامانه‌های طبقه‌بندی توده‌های سنگی جهت مقاصد مهندسی- راهنما» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط تهیه و تدوین شده و در ششصد و نوزدهمین اجلاسیه کمیته ملی استاندارد ساختمان و مصالح ساختمانی مورخ ۹۴/۱۱/۱۷ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هرگونه پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، در هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، برای مراجعه به استانداردهای ملی ایران باید همواره از آخرین تجدید نظر آن‌ها استفاده کرد.

در تهیه وتدوین این استاندارد سعی شده است که ضمن توجه به شرایط موجود و نیازهای جامعه، در حد امکان بین این استاندارد و استاندارد ملی کشورهای صنعتی و پیشرفته هماهنگی ایجاد شود.

منبع و مأخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرارگرفته به شرح زیر است:

ASTM D5878:2008, Standard Guides for Using Rock-Mass Classification Systems for Engineering Purposes

سامانه‌های طبقه‌بندی توده‌های سنگی جهت مقاصد مهندسی- راهنما

هشدار- در این استاندارد تمام موارد ایمنی و بهداشتی درج نشده است. در صورت مواجهه با چنین مواردی، مسئولیت برقراری شرایط بهداشت و ایمنی مناسب و اجرای آن بر عهده کاربر این استاندارد می‌باشد.

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین و انتخاب یک روش مناسب برای طبقه‌بندی توده سنگ برای مقاصد خاص مهندسی مانند تونل‌زنی، حفر چاهک، حفر فضاهای سنگی، نگهدارنده‌های زمینی، اصلاح و تثبیت شیب‌های سنگی و آماده‌سازی پی‌ها و پایه‌ها می‌باشد. این روش‌های طبقه‌بندی ممکن است برای مواردی مانند قابلیت شکاف‌پذیری سنگ‌ها، کیفیت مصالح سازه‌ها و مقاومت در برابر فرسایش نیز استفاده شوند. در این استاندارد روش‌های طبقه‌بندی زیادی مورد استفاده قرار گرفته است ولی برخی از روش‌های ذکر نشده ممکن است در شرایط خاص مناسب‌تر باشند. استفاده مؤثر و معتبر از این استاندارد ملزم به در دسترس بودن تعاریف کامل از اهداف مهندسی مورد نظر و همچنین تعاریف کامل و مناسب از اطلاعات زمین‌شناسی و آب‌شناسی محل مورد نظر می‌باشد. علاوه بر این شخص یا اشخاصی که از این استاندارد استفاده می‌کنند باید تجربیات میدانی کافی در مورد مطالعات مرتبط با رفتار توده سنگ‌ها داشته باشند. این استاندارد ویژگی‌های اساسی هفت روش طبقه‌بندی را بیان می‌کند که دامنه کاربرد هر روشی نسبت به زمان تدوین آن تکامل یافته است. همچنین این استاندارد زمینه‌های کاربرد هر یک از روش‌های طبقه‌بندی را به طور خلاصه بیان می‌کند.

توجه- این استاندارد مجموعه‌ای سازمان یافته از اطلاعات و یا یک سری از انتخاب‌ها را ارایه کرده ولی یک رشته عملیات مشخص را پیشنهاد نمی‌کند. این استاندارد نمی‌تواند جایگزین مطالعات یا تجربیات انجام شده باشد و باید همراه داوری‌های حرفه‌ای افراد متخصص مورد استفاده قرار گیرد. تمام جنبه‌های ذکر شده در این استاندارد در همه شرایط کاربردی نیست. همچنین این استاندارد نباید بدون در نظر گرفتن شرایط خاص محل عملیات، مورد استفاده قرار گیرد.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزیی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

2-1 ASTM D653, Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids.

2-2 ASTM D3740, Practice for Minimum Requirements for Agencies Engaged in Testing and/or Inspection of Soil and Rock as Used in Engineering Design and Construction.

2-3 ASTM D4879, Guide for Geotechnical Mapping of Large Underground Openings in Rock.

2-4 ASTM D6026, Practice for Using Significant Digits in Geotechnical Data.

2-5 ASTM D6032, Test Method for Determining Rock Quality Designation (RQD) of Rock Core.

2-6 ASTM D7012, Test Method for Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures.

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

۳-۱

طبقه‌بندی

classification

یک آرایش یا تقسیم‌بندی منظم از مواد، فرآورده‌ها، روش‌ها یا خدمات که در گروه‌هایی بر مبنای ویژگی‌های مشابه مانند منشأ، ترکیب، مشخصات یا نحوه استفاده قرار گرفته‌اند.

۳-۲

توده سنگ (سنگ درجا)

rock mass (in situ rock)

سنگ به صورت طبیعی و درجا، شامل مواد سنگی و ناپیوستگی‌های ساختاری آن. (توده سنگ همچنین شامل حداقل مقداری از مواد موجود در زمین به صورت مخلوط، بسته به شرایط، می‌باشد.)

۳-۳

ماده‌سنگ (سنگ بکر، عنصر سنگ)

rock material (intact rock, rock element)

سنگ بدون ناپیوستگی‌های ساختاری، سنگ در حالتی که لازم است در آزمون‌های خصوصیت آزمایشگاهی مورد استفاده قرار گیرد.

۳-۴

ناپیوستگی‌های ساختاری (ناپیوستگی)

structural discontinuity

یک انقطاع یا تغییر ناگهانی در ویژگی‌های ساختاری سنگ مانند استحکام، سفتی و یا تراکم که معمولاً در سطوح یا قسمت‌های داخلی مثل لایه‌بندی، شکاف‌ها، درزه‌ها و گسله‌ها و یا سطوح تورق اتفاق می‌افتد.

یادآوری- ممکن است شکستگی‌های خیلی ریز سنگ‌ها از نظر سنگ‌شناس به عنوان ناپیوستگی ساختاری در نظر گرفته شود ولی از نظر زمین‌شناس به عنوان ماده‌سنگ لحاظ شود. به طور مشابه اتفاقات منطقه‌ای در توده سنگ ممکن است بی‌ارتباط با تحلیل‌های ناحیه‌ای باشد.

۵-۳

روش طبقه‌بندی

classification system

یک گروه یا سلسله مراتب طبقه‌بندی که به صورت ترکیبی برای یک هدف معین مانند تعیین یا ارزیابی یک ویژگی خاص در توده سنگ استفاده می‌شود.

۴ اهمیت و کاربرد

روش‌های طبقه‌بندی موجود در این استاندارد و کاربرد آن‌ها به شرح زیر می‌باشد.

۴-۱ روش طبقه‌بندی امتیاز توده سنگ یا طبقه‌بندی ژئومکانیکی (RMR)[1]

این روش در مواردی مانند تونل‌زنی، معدن‌کاری در سنگ‌های سخت، معدن‌کاری زغال‌سنگ، پایداری شیب‌های سنگی، پایه‌های سنگی، قابلیت حفاری، قابلیت شکاف‌برداری، قابلیت هوازدگی و نصب پیچ سنگ[2] کاربرد دارد.

۴-۲ روش طبقه‌بندی امتیاز ساختاری سنگ (RSR)[3]

این روش در نگهداری تونل‌ها و حفریات زیرزمینی و سایر مسائل مربوط به نگهدارنده‌ها در معدن‌کاری و ساختمان‌سازی کاربرد دارد.

۴-۳ روش Q یا روش مؤسسه ژئوتکنیک نروژ (NGI)[4]

این روش در مواردی مانند حفر و نگهداری تونل‌ها و اتاق‌های زیرزمینی، قابلیت شکاف‌برداری، قابلیت حفاری، قابلیت فرسایش هیدرولیکی و پایداری در برابر لرزه در سقف‌های سنگی کاربرد دارد.

۴-۴ روش طبقه‌بندی سنگ یکپارچه (URCS)[5]

این روش در مواردی مانند فونداسیون‌ها، روش‌های حفاری، پایداری شیب‌ها، استفاده از مصالح خاک، ویژگی‌های انفجاری مصالح خاک و انتقال آب‌های زیرزمینی کاربرد دارد.

۴-۵ روش طبقه‌بندی مواد سنگی (RMFCS)[6]

این روش بیشتر در حفاری‌های کم‌عمق به ویژه با در نظر گرفتن قابلیت فرسایش هیدرولیکی در کانال‌های زمینی سرریز آب، قابلیت حفاری، کیفیت ساخت سنگ‌ها، انتقال سیالات و پایداری توده سنگ کاربرد دارد.

1- Rock Mass Rating System
2- Rock bolt
3- Rock Structure Rating System
4- Norwegian Geotechnical Institute System
5- Unified Rock Classification System
6- Rock Material Field Classification System

۴-۶ روش جدید تونل‌زنی اتریشی (NATM)[1]

این روش برای هر دو شیوه تونل‌زنی متناوب (حفاری و انفجار) و پیوسته (ماشین TBM) کاربرد دراد. این یک فرآیند تونل‌زنی است که از طراحی تا مرحله ساخت به وسیله پایش مداوم جابجایی سنگ‌ها ادامه می‌یابد. وسایل نگهداری به منظور دستیابی به پایداری، بازبینی شده است.

۴-۷ روش امتیاز سقف معدن زغال‌سنگ (CMRR)[2]

این روش برای لایه‌های زغال‌سنگ موجود در سنگ‌ها به طور ویژه زمانی که صلاحیت و ویژگی‌های ساختاری آن‌ها به وسیله ناپیوستگی‌های موجود در توده سنگ تحت تأثیر قرار گرفته‌اند، کاربرد دارد. در این روش توده به بلوک‌هایی که بر مبنای خصوصیات ژئومکانیکی تعریف شده‌اند تقسیم و امتیازدهی می‌شود. این بلوک‌ها حداقل ۱۵ سانتی‌متر ضخامت دارند. در نهایت امتیاز سقف از ترکیب امتیاز بلوک‌ها به‌دست می‌آید.

۴-۸ روش ژاپنی طبقه‌بندی توده سنگ[3]

جامعه مهندسین زمین‌شناسی ژاپن هفت روش عمده طبقه‌بندی را برای استفاده در این کشور به رسمیت شناخته است که به طور مختصر به شرح ذیل می‌باشد.

۴-۸-۱ طبقه‌بندی توده سنگ برای تونل‌های راه آهن (مؤسسه تحقیقات تکنیکی راه آهن)

در این روش توده سنگ بر مبنای میزان سرعت موج P، نیروی فشاری محدودنشده و وزن واحد طبقه‌بندی می‌شود. الگوهای نگهداری تونل مانند بتن‌پاشی و پیچ‌سنگ با توجه به طبقه‌بندی توده سنگ حاصل پیشنهاد می‌شود.

۴-۸-۲ طبقه‌بندی توده سنگ برای تونل‌ها و شیب‌ها (شرکت بزرگراه‌های عمومی ژاپن)

این روش توده سنگ را با استفاده از پارامترهایی مانند شاخص کیفیت سنگ (RQD)[4]، سرعت موج P، نیروی فشاری محدودنشده و وزن واحد طبقه‌بندی می‌کند.

۴-۸-۳ طبقه‌بندی توده سنگ برای فونداسیون سدها (وزارت ساخت و ساز)

این روش توده سنگ را بر مبنای فاصله درزه‌ها، شرایط درزه‌ها و نیروی قطعات سنگی طبقه‌بندی می‌کند.

۴-۸-۴ طبقه‌بندی توده سنگ برای تونل‌های آب (وزارت کشاورزی، جنگلداری و ماهیگیری)

در این روش توده سنگ در چهار گروه بر پایه سرعت موج p، نیروی فشاری، نسبت پواسون و نوع سنگ طبقه‌بندی می‌شود.

1- New Austrian Tunneling Method
2- Coal Mine Roof Rating System
3- Japanese Rock Mass Classification System
4- Rock Quality Designation

۴-۸-۵ طبقه‌بندی توده سنگ (مؤسسه مرکزی تحقیقات صنایع الکتریکی)

این روش توده سنگ را بر مبنای نوع سنگ و خصوصیات هوازدگی طبقه‌بندی می‌کند.

۴-۸-۶ طبقه‌بندی توده سنگ (شرکت توسعه صنایع الکتریکی)

این روش مشابه روش ذکرشده در بند ۴-۸-۵ می‌باشد. سه پارامتر مورد استفاده در این روش عبارت است از: میزان هوازدگی، سختی و فاصله درزه‌ها.

۴-۸-۷ طبقه‌بندی توده سنگ برای گرانیت‌های هوازده برای استفاده در فونداسیون پل‌ها

این روش از نتایجی مانند مشاهدات توده سنگ بکر، مطالعات ژئوفیزیکی، آزمون‌های آزمایشگاهی بر روی نمونه‌های سنگی، آزمون‌های فشارسنجی و سایر آزمون‌های درجا یا ترکیبی از آن‌ها برای محاسبه نیرو و سفتی استفاده می‌کند.

یادآوری ۱- در استفاده از این استاندارد کاربر باید قادر به تصمیم‌گیری در مورد انتخاب مناسب‌ترین روش برای هدف مهندسی مورد نظر باشد. در گام بعدی با تهیه اطلاعات و منابع مورد نیاز برای روش طبقه‌بندی انتخاب شده و همچنین سوابق استفاده از این روش در موارد مشابه، میزان موفقیت روش انتخابی را در موقعیت جهان واقعی بررسی نماید. کاربر باید توجه داشته باشد که ممکن است مشاوره و مطالعه در مورد انتخاب روش مناسب منجر به انتخاب‌های اولیه زیادی شود که انتخاب روش مناسب‌تر مستلزم تکمیل بیشتر اطلاعات و استفاده از افراد متخصص می‌باشد.

یادآوری ۲- کیفیت نتایج حاصل در این استاندارد ارتباط مستقیم با صلاحیت افراد متخصص و مناسب بودن وسایل و امکانات مورد استفاده دارد.

۵ اصول طبقه‌بندی

۵-۱ پارامترهایی مورد نیاز در هر طبقه‌بندی و همچنین اصطلاحات و تعاریف ذکر شده توسط مؤلف یا مؤلفین برای هر روش به شرح زیر می‌باشد.

۵-۱-۱ روش طبقه‌بندی امتیاز توده سنگ یا طبقه‌بندی ژئومکانیکی (RMR)

پارامترهای مورد نیاز در این روش عبارت است از: نیروی فشاری تک‌محوری، شاخص کیفیت سنگ (RQD)، فاصله‌داری ناپیوستگی‌ها، شرایط ناپیوستگی‌ها، شرایط آب زیرزمینی و جهت ناپیوستگی‌ها.

۵-۱-۲ روش طبقه‌بندی امتیاز ساختاری سنگ (RSR)

پارامترهای مورد نیاز در این روش عبارت است از: نوع سنگ به علاوه مقاومت آن، ساختار زمین‌شناسی، فاصله درزه‌ها، جهت و امتداد درزه‌ها، وضعیت هوازدگی درزه‌ها و جریان آب زیرزمینی.

۵-۱-۳ روش Q را روش مؤسسه ژئوتکنیک نروژ (NGI)

پارامترهای مورد نیاز در این روش عبارت است از: شاخص کیفیت سنگ (RQD)، تعداد دسته‌درزه‌ها، زبری درزه‌ها، دگرگونی درزه‌ها، عامل کاهش آب درزه‌ها و عامل کاهش تنش درزه‌ها.

۵-۱-۴ روش طبقه‌بندی سنگ یکپارچه (URCS)

پارامترهای مورد نیاز در این روش عبارت است از: درجه هوازدگی، نیروی فشاری تک‌محوری، ناپیوستگی‌ها و وزن واحد.

۵-۱-۵ روش طبقه‌بندی مواد سنگی (RMFCS)

پارامترهای مورد نیاز در این روش عبارت است از: ویژگی‌های ماده‌سنگ (مانند نوع سنگ، کانی‌شناسی، تخلخل اولیه، اندازه ذرات سنگ گسسته، سختی، نیروی مرکب محدودنشده، وزن واحد و رنگ)، ویژگی‌های توده سنگ (مانند نوع ناپیوستگی‌ها، فاصله دسته درزه‌ها، پایداری درزه‌ها، بازشدگی درزه‌ها، تعداد درزه‌ها، زبری دیواره درزه‌ها، پرشدگی درزه‌ها، نوع پدیده‌های زمینی و ساختاری قابل توجه، سرعت موج لرزه‌ای و شاخص کیفیت سنگ)، شرایط آب زیرزمینی (مانند تخلخل اولیه، تخلخل ثانویه، هدایت هیدرولیکی، قابلیت انتقال، سطح آب زیرزمینی و نوع آبخوان).

۵-۱-۶ روش جدید تونل‌زنی اتریشی (NATM)

اصطلاحات و تعاریف مورد استفاده در این روش عبارت است از: پایدار وناپایدار-شکننده، خیلی شکننده و غلتان و جاری- انفجار سنگ، فشارنده، خیلی فشارنده، جاری و متورم.

۵-۱-۷ روش امتیاز سقف معدن زغال‌سنگ (CMRR)

پارامترهای مورد نیاز در این روش عبارت است از: مقاومت برشی ناپیوستگی‌ها، چسبندگی، زبری، تراکم ناپیوستگی‌ها، فاصله‌داری، پایداری، تعداد ناپیوستگی‌ها، مقاومت فشاری، حساسیت در برابر رطوبت، تعدیل بستر قوی، تعدیل تماس واحدها، تعدیل آب زیرزمینی و تعدیل بار اضافه.

۵-۲ مقایسه پارامترهای مورد نیاز در این روش‌ها بیانگر شباهت‌های بسیار قوی در بین آن‌ها است که این مطلب دور از انتظار نمی‌باشد بنابراین می‌توان ارتباط معناداری بین روش‌های RMR، RSR و Q ایجاد نمود. در برخی از منابع و مقالات، روش تعیین این پارامترها برای مقاصد مهندسی به صورت درجا بیان شده است.

۶ روش تعیین پارامترها

پیوست این استاندارد شامل جداول و مطالبی است که برای تعیین پارامترهای ذکر شده در هر یک از روش‌های طبقه‌بندی مورد نیاز است و باید در ارتباط با مراجع معتبر و با در نظر گرفتن جزئیات، مورد استفاده قرار گیرد.

۶-۱ راهنمایی الف- روش RMR

در این روش پنج پارامتر تعیین می‌گردد که پس از اعمال تعدیل مربوط به جهت ناپیوستگی‌ها، مجموع این پارامترها، امتیاز تعدیل شده این روش خواهد شد. اثر شیب و عمق ناپیوستگی‌ها باید در تونل‌زنی و کارهای معدنی در نظر گرفته شود.

۶-۲ راهنمایی ب- روش RSR

این روش شامل تعیین شش پارامتر است که مجموع آن‌ها طبق رابطه (۱) امتیاز این روش خواهد شد.

$$RSR = A+B+C \qquad (۱)$$

که در آن:

A: امتیاز نوع و مقاومت سنگ و ساختار زمین‌شناسی؛

B: فاصله و جهت درزه‌ها؛

C: هوازدگی درزه‌ها و جریان آب زیرزمینی.

۶-۳ راهنمایی پ- روش Q

تعیین پارامترهای RQD، تعداد دسته‌درزه (J_n)، عدد زبری درزه (J_r)، عدد دگرگونی درزه (J_a)، عامل کاهش آب درزه (J_w) و عامل کاهش تنش (SRF) و سپس استفاده از رابطه (۲) جهت تعیین امتیاز این روش.

$$Q = (RQD/J_n) \times (J_r/J_a) \times (J_w/SFR) \qquad (۲)$$

۶-۴ راهنمایی ت- روش URCS

تعیین پارامترهای درجه هوازدگی (A-E)، نیروی محاسبه شده (A-E)، ناپیوستگی‌ها (A-E)، وزن واحد (A-E) و در نهایت امتیاز کلی که از AAAA تا EEEE تغییر می‌کند.

۶-۵ راهنمایی ث- روش RMFCS

یک فرآیند کلی برای ارزیابی عملکرد طبقه‌بندی شامل تعاریف و توصیف‌های پارامترهایی مانند واحدهای سنگی و ارکان طبقه‌بندی مانند ویژگی‌های ماده‌سنگ، ویژگی‌های توده سنگ، ویژگی‌های آب زیرزمینی، فرسایش هیدرولیکی در کانال‌های زمینی، مشخصات حفاری، کیفیت ساخت، انتقال سیالات و پایداری توده سنگ.

۶-۶ راهنمایی ج- روش NATM

شامل تعیین نوع توده سنگ، محاسبه ضریب نگهداری، طبقه سیمان حفاری برای روش‌های رایج تونل‌زنی (طبقه سیمان حفاری برای روش تونل زنی پیوسته با TBM به وسیله زمان ایستایی و ضریب نگهدارنده تعیین می‌شود. سایر محاسبات بدست آمده مشابه تونل‌زنی پیوسته هستند هر چند ممکن است تفاوت‌هایی در روش محاسبه ضرایب امتیازدهی داشته باشند.)

یادآوری- زمان ایستایی مدت زمانی است که یک دهنه فعال زیرزمینی بدون نگهدارنده مصنوعی پایدار می‌ماند. دهنه فعال عبارت است از فاصله بزرگ‌ترین دهنه بدون نگهداری تا اولین نگهدارنده.

۶-۷ راهنمایی چ- روش CMRR

تعیین آزمون غوطه‌وری، برگه داده‌های میدانی، دستورالعمل برای برگه داده‌های میدانی، امتیاز چسبندگی و زبری، امتیاز فاصله‌داری و پایداری، تعدیل مجموعه ناپیوستگی‌ها، امتیاز مقاومت سنگ یا توده، امتیاز

حساسیت در برابر رطوبت، برگه محاسبه امتیاز واحد، برگه محاسبه امتیاز سقف، تعدیل بستر قوی، تعدیل تماس واحدها، تعدیل آب زیرزمینی و تعدیل بار اضافی که در نهایت منجر به تعیین امتیاز این روش می‌شود.

یادآوری ۱- تمام مشاهدات و مقادیر محاسبه شده باید مطابق با راهنمایی‌ها و روش‌های گرد کردن که در استاندارد D6026 ذکر شده باشد.

یادآوری ۲- روشی که در این استاندارد برای جمع‌آوری، محاسبه و ثبت داده‌ها مشخص شده، به طور مستقیم ارتباطی با اینکه کدام‌یک از این داده‌ها می‌تواند در طراحی یا سایر کاربردها استفاده شوند ندارد. چگونگی استفاده از نتایج بدست آمده طبق این استاندراد منوط به هدف و دامنه کاربرد آن می‌باشد.

۷ دقت

دقت برای بعضی از مؤلفه‌های ذکر شده در برخی از روش‌های طبقه‌بندی مانند نیروی فشاری تک‌محوری و شاخص کیفیت سنگ بیان می‌شود.

پیوست الف

(الزامی)

روش‌های طبقه بندی توده سنگ

روش RMR

جدول ۱- طبقه بندی ژئومکانیکی توده سنگ درزه دار

جدول ۱ الف- پارامترهای طبقه بندی و امتیاز آن‌ها

پارامتر			محدوده مقادیر						
۱	مقاومت ماده سنگ بکر	شاخص نیروی بار نقطه‌ای	> ۱۰ *MPa*	۴-۱۰ *MPa*	۲-۴ *MPa*	۱-۲ *MPa*	برای این محدوده، مقاومت فشاری تک محوری ترجیح داده می‌شود.		
		مقاومت فشاری تک محوری	> ۲۵۰*MPa*	(۱۰۰-۲۵۰)*MPa*	(۵۰-۱۰۰)*MPa*	(۲۵-۵۰)*MPa*	(۵-۲۵) *MPa*	(۱-۵) *MPa*	< ۱ *MPa*
	امتیاز		۱۵	۱۲	۷	٤	۲	۱	۰
۲	*RQD*		٪۹۰-٪۱۰۰	٪۷۵-٪۹۰	٪۵۰-٪۷۵	٪۲۵-٪۵۰	< ٪۲۵		
	امتیاز		۲۰	۱۷	۱۳	۸	۳		
۳	فاصله ناپیوستگی‌ها		> ۲*m*	(۰٫۶-۲)*m*	(۲۰۰-۶۰۰)*mm*	(۶۰-۲۰۰)*mm*	< ۶۰*mm*		
	امتیاز		۲۰	۱۵	۱۰	۸	۵		
۴	شرایط ناپیوستگی‌ها		سطوح خیلی زبر- غیر ادامه دار- بدون جداشدگی- دیواره سنگ هوازده نشده است	سطوح کمی زبر- جداشدگی کمتر از یک میلی‌متر- دیواره‌ها کمی هوازده	سطوح کمی زبر- جداشدگی کمتر از یک میلی‌متر- دیواره ها به شدت هوازده	سطوح صیقلی یا شکستگی با ضخامت کمتر از ۵ میلی متر یا جداشدگی ۱-۵ میلی‌متر و پیوسته	شکستگی های صاف با ضخامت بیشتر از ۵ میلی‌متر یا جداشدگی بیشتر از ۵ میلی متر و پیوسته		
	دسته بندی		۳۰	۲۵	۲۰	۱۰	۰		
۵	آب زیرزمینی	ورود جریان در هر ۱۰ متر طول تونل	هیچ	کمتر از ده لیتر در دقیقه	(۱۰-۲۵) لیتر در دقیقه	(۲۵-۱۲۵) لیتر در دقیقه	بیشتر از ۱۲۵ لیتر در دقیقه		
		نسبت فشار آب درزه / تنش اصلی	۰	۰٫۰ -۰٫۱	۰٫۱ -۰٫۲	۰٫۲ -۰٫۵	> ۰٫۵		
		شرایط کلی	کاملاً خشک	مرطوب	خیس	چکیدن	جریان		
	امتیاز		۱۵	۱۰	۷	٤	۰		

ادامه روش RMR

جدول ۱ ب- اصلاح امتیاز برای جهت درزه‌ها

امتداد و جهت درزه‌ها		خیلی مطلوب	مطلوب	نسبتاً خوب	نامطلوب	خیلی نامطلوب
امتیاز	تونل	۰	-۲	-۵	-۱۰	-۱۲
	فونداسیون	۰	-۲	-۷	-۱۵	-۲۵
	شیب	۰	-۵	-۲۵	-۵۰	-۶۰

جدول ۱ ج- امتیاز کلی روش *RMR*

امتیاز	۱۰۰-۸۱	۸۰-۶۱	۶۰-۴۱	۴۰-۲۱	< ۲۰
شماره طبقه	*I*	*II*	*III*	*IV*	*V*
توصیف	سنگ خیلی خوب	سنگ خوب	سنگ نسبتاً خوب	سنگ ضعیف	سنگ خیلی ضعیف

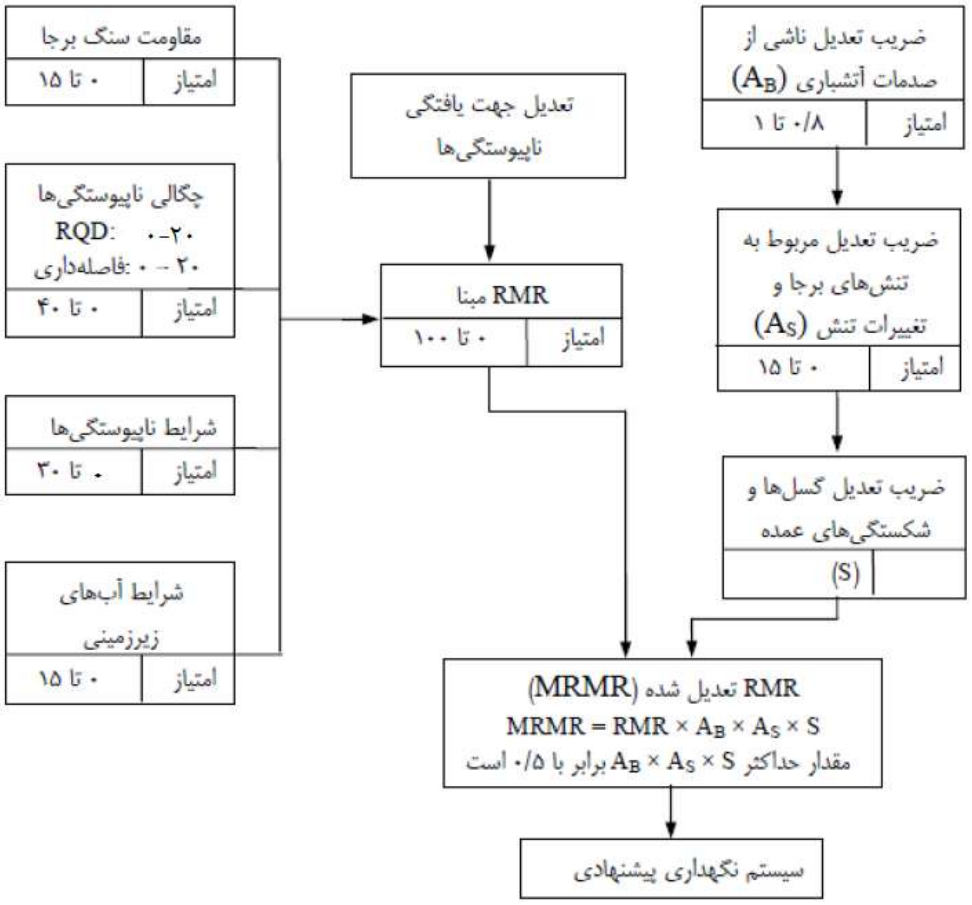
جدول ۱ د- مفهوم طبقه توده سنگ

شماره طبقه	*I*	*II*	*III*	*IV*	*V*
میانگین زمان ایستایی	۱۰ سال برای دهنه ۱۵ متری	۶ ماه برای دهنه ۸ متری	۱ هفته برای دهنه ۵ متری	۱۰ ساعت برای دهنه ۲/۵ متری	۳۰ دقیقه برای دهنه ۱ متری
چسبندگی توده سنگ	$> ۴۰۰ KPa$	$۳۰۰\text{-}۴۰۰ KPa$	$۲۰۰\text{-}۳۰۰ KPa$	$۱۰۰\text{-}۲۰۰ KPa$	$< ۱۰۰ KPa$
زاویه اصطکاک توده سنگ	$> 45^\circ$	$35^\circ - 45^\circ$	$25^\circ - 35^\circ$	$15^\circ - 25^\circ$	$< 15^\circ$

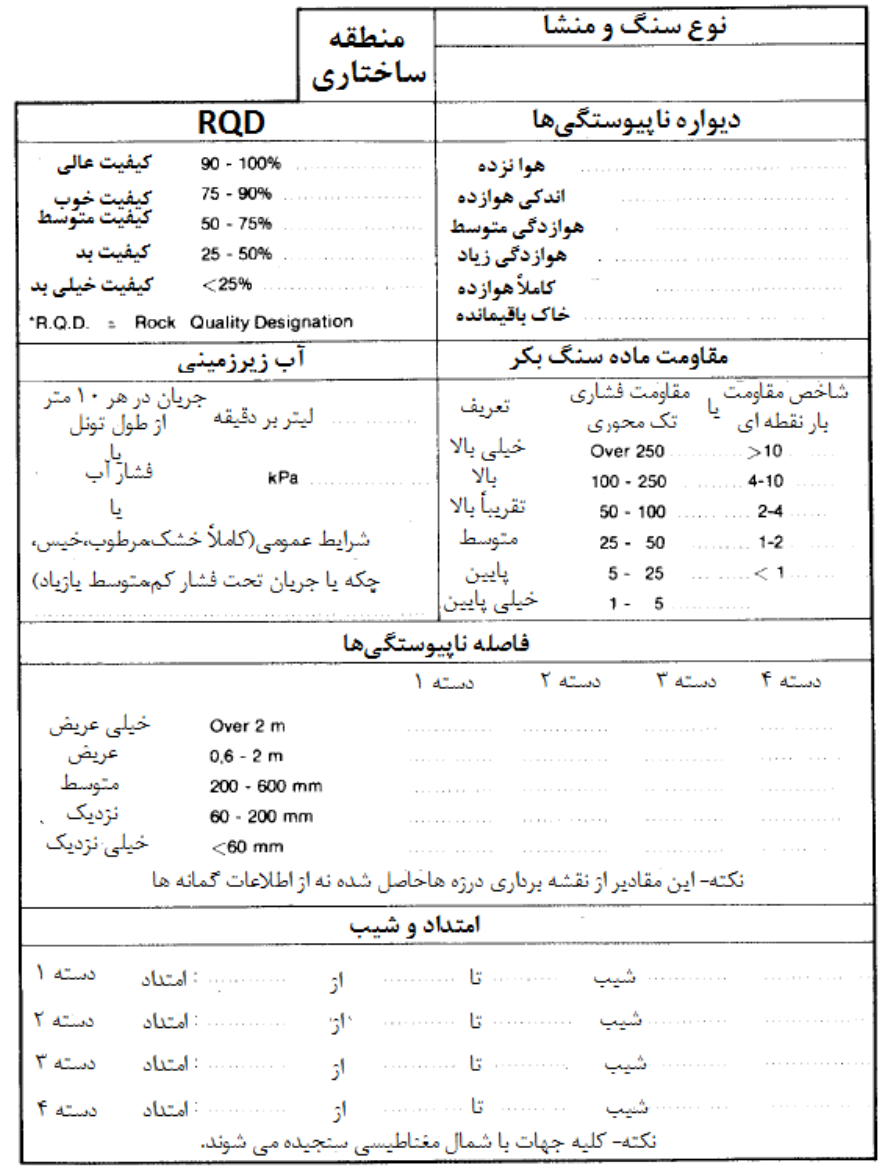
ادامه روش RMR

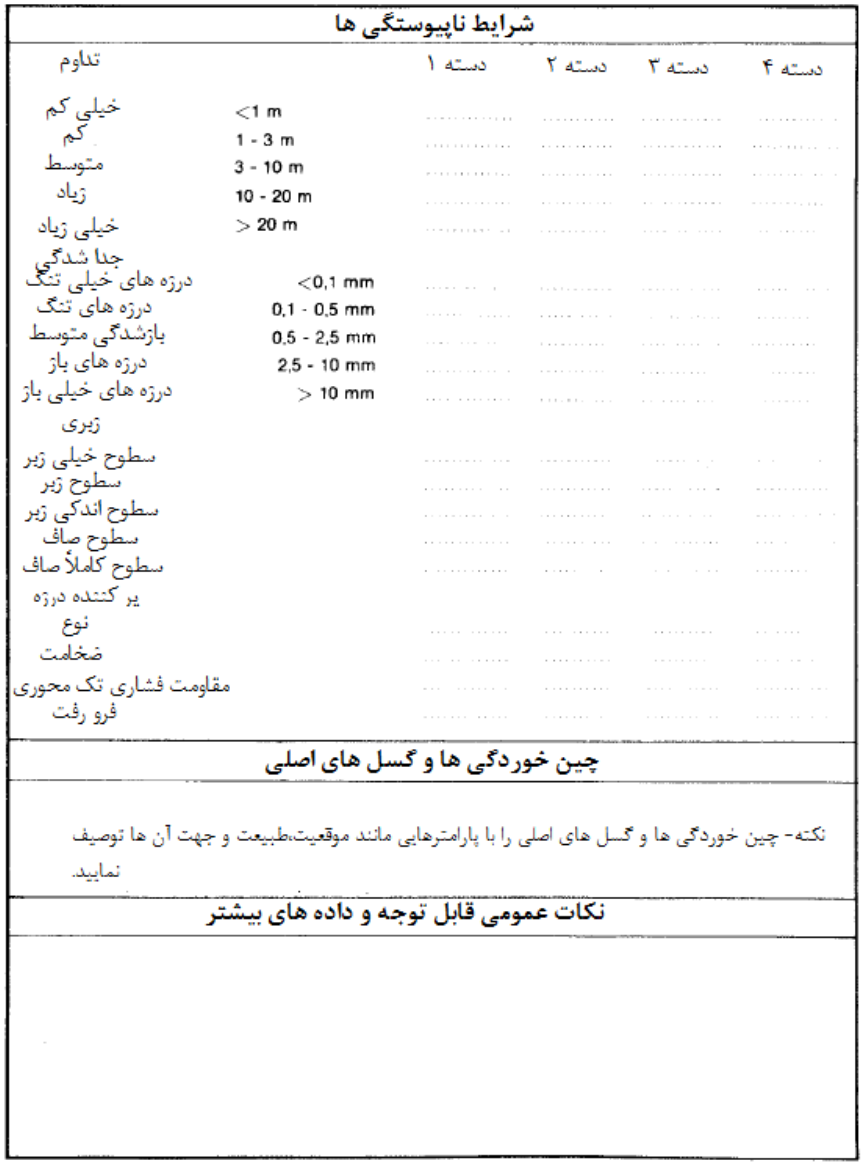
جدول ۲- تأثیر جهت و امتداد ناپیوستگی‌ها در تونل زنی

امتداد عمود بر محور تونل			
برخلاف شیب		در جهت شیب	
$20 - 45^{\circ}$ شیب	$45 - 90^{\circ}$ شیب	$20 - 45^{\circ}$ شیب	$45 - 90^{\circ}$ شیب
نامطلوب	نسبتاً خوب	مطلوب	خیلی خوب
بدون امتداد خاص		**امتداد موازی با محور تونل**	
$0 - 20^{\circ}$ شیب		$45 - 90^{\circ}$ شیب	$20 - 45^{\circ}$ شیب
نسبتاً خوب		خیلی نامطلوب	نسبتاً خوب



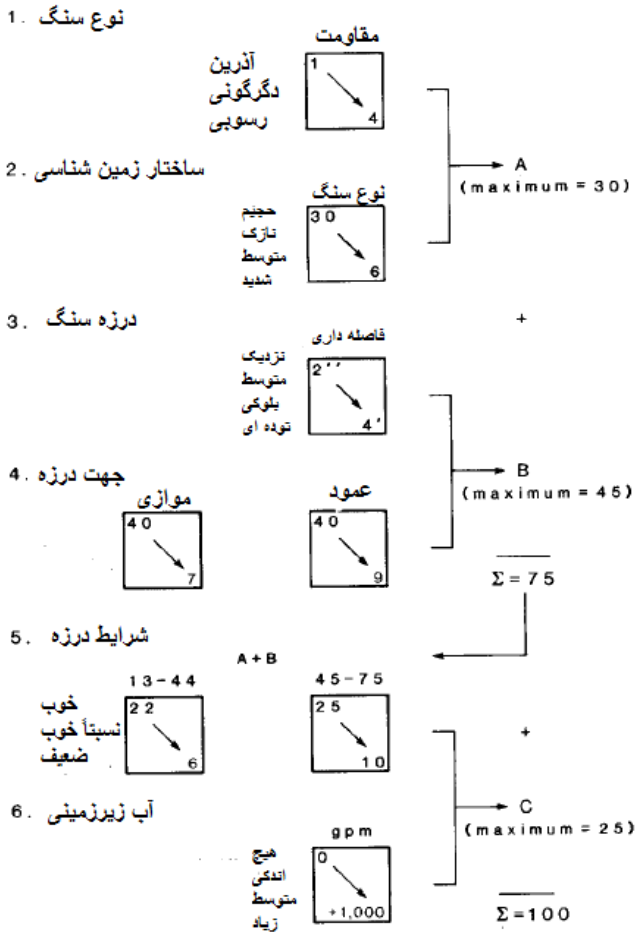
شکل ۱- تعدیل‌های طبقه‌بندی ژئومکانیکی برای کاربردهای معدن‌کاری





شکل ۲- یک نمونه برگه ورود اطلاعات در طبقه‌بندی RMR

روش RSR



شکل ۳- نحوه محاسبه امتیاز در روش RSR

جدول ۳- نحوه محاسبه پارامتر A

نوع سنگ اصلی		ساختمان زمین‌شناسی			
		توده ای	عنصراً گسله شده یا چین خورده	نسبتاً گسله شده یا چین خورده	بشدت گسله شده یا چین خورده
آذرین	سخت	۳۰	۲۲	۱۵	۹
	متوسط	۲۷	۲۰	۱۳	۸
	نرم	۲۴	۱۸	۱۲	۷
	هوازده	۱۹	۱۵	۱۰	۶
دگرگونی	سخت	۳۰	۲۲	۱۵	۹
	متوسط	۲۷	۲۰	۱۳	۸
	نرم	۲۴	۱۸	۱۲	۷
	هوازده	۱۹	۱۵	۱۰	۶
رسوبی	سخت	۲۷	۲۰	۱۳	۸
	متوسط	۲۴	۱۸	۱۲	۷
	نرم	۱۹	۱۵	۱۰	۶
	هوازده	۱۹	۱۵	۱۰	۶

جدول ۴- نحوه محاسبه پارامتر B

	امتداد عمود بر محور			امتداد موازي با محور		
	جهت پيشروي			جهت پيشروي		
	هم شيب		مخالف شيب	هر دو		
	شيب مهمترين درزه ها			شيب مهمترين درزه ها		
متوسط فاصله داري	-۲۰ ۰	-۵۰ ۲۰	-۹۰ ۵۰	۲۰-۵۰	۵۰-۹۰	۰-۲۰	۲۰-۵۰	-۹۰ ۵۰
درزه‌ها خيلي نزديك به هم، كوچكتر از ۲ اينچ	۹	۱۱	۱۳	۱۰	۱۲	۹	۹	۷
درزه ها نزديک به هم بين ۲تا ٦ اينچ	۱۳	۱٦	۱۹	۱۵	۱۷	۱٤	۱٤	۱۱
نسبتاً درزه‌دار، از ٦ تا ۱۲ اينچ	۲۳	۲٤	۲۸	۱۹	۲۲	۲۳	۲۳	۱۹
نسبتاً درزه‌دارتابلوكي، ۱تا۲ فوت	۳۰	۳۲	۳٦	۲۵	۲۸	۳۰	۲۸	۲٤
بلوكي تا توده‌اي، ۲ تا ٤ فوت	۳٦	۳۸	٤۰	۳۳	۳۵	۳٦	۳٤	۲۸
توده‌اي، بزرگتر از ٤ فوت	٤۰	٤۳	٤۵	۳۷	٤۰	٤۰	۳۸	۳٤

جدول ۵- نحوه محاسبه پارامتر C

	حاصل جمع ضرائب A و B					
	۱۳-٤٤			شرايط درزه ها	٤۵-۷۵		
	۱				۱		
پيش‌بيني جريان آب ورودي برحسب ft gpm/۱۰۰۰	۲	۳			۲	۳	
هيچ	۲۲	۱۸	۱۲		۲۵	۲۲	۱۸
كم و كوچكتر از ۲۰۰ gpm	۱۹	۱۵	۹		۲۳	۱۹	۱٤
متوسط ۱۰۰۰ gpm- ۲۰۰	۱۵	۱۱	۷		۲۱	۱٦	۱۲
زيادتر از ۱۰۰۰ gpm	۱۰	۸	٦		۱۸	۱٤	۱۰

روش Q (NGI)

جدول ۵- نحوه محاسبه امتیاز پارامترهای شش‌گانه روش Q (NGI)

شرح	مقدار	ملاحظات
۱- شاخص کیفی سنگ	RQD	۱- وقتیکه مقدار RQD بین ۱۰-۰ باشد برای ارزیابی Q مقدار RQD برابر با ۱۰ فرض می شود.
A. خیلی ضعیف	۰-۲۵	
B. ضعیف	۲۵-۵۰	
C مناسب	۵۰-۷۵	۲- مقادیر RQD با فواصل ۵ یعنی ۱۰۰،۹۵،۹۰ و غیره به اندازه کافی دقیق هستند.
D. خوب	۷۵-۹۰	
E. خیلی خوب	۹۰-۱۰۰	
۲-عدد دسته درزه	J_n	
A. توده‌ای (massive) , بدون درزه یا درزه کم	۰/۵-۱	
B. یک دسته درزه	۲	
C. یک دسته درز به‌اضافه درزه‌های اتفاقی	۳	۱- برای تقاطع دو تونل J_n را در ۳ ضرب کنید: (J_n ۳)
D. دو دسته درزه	۴	
E. دو دسته درزه به‌اضافه درزه‌های اتفاقی	۶	۲- برای ورودی تونل J_n را در ۲ ضرب کنید: (J_n ۲)
F. سه دسته درزه	۹	
G. سه دسته درزه به‌اضافه درزه‌های اتفاقی	۱۲	
H. چهار دسته درزه و درزه‌های اتفاقی، شدیدا درزه‌دار، مانند حبه‌قند، وغیره	۱۵	
J سنگ خردشده, خاک مانند	۲۰	
۳-عدد زبری درزه	J_r	
a دیواره درزه‌ها در تماس با یکدیگر و	۰	
b دیواره درزه‌ها در تماس با یکدیگر قبل از ۱۰cm برش	۰	
A. درزه‌های غیر ممتد	۴	۱- چنانچه فاصله بندی متوسط دسته درزه‌ها بزرگتر از ۳ متر باشد مقدار ۱ را به J_r اضافه کنید.
B. زبر و نامنظم، موجدار	۳	
C. صاف، موجدار	۲	
D. آیینه ای، موجدار	۱/۵	۲- J_r=۰/۵-۲ را می توان برای درزه‌های مسطح و آیینه ای که دارای لایه بندی باشند استفاده کرد به شرطی که لایه ها در جهتی قرار گرفته باشند که مقاومت حداقل باشد.
E. زبر یا نامنظم , مسطح	۱/۵	
F. صاف, مسطح	۱	
G. آیینه ای, مسطح	۰/۵	
c دیواره درزه‌ها وقتی برش اتفاق می افتد درتماس با هم قرار نمی‌گیرند.		
H. مناطق حاوی کانی‌های رسی با ضخامت کافی که از تماس دیواره ها جلوگیری کند.	۱	
J بخش ماسه ای, شنی یاسنگ خردشده با ضخامت کافی که ازتماس دیواره ها جلوگیری کند.	۱	

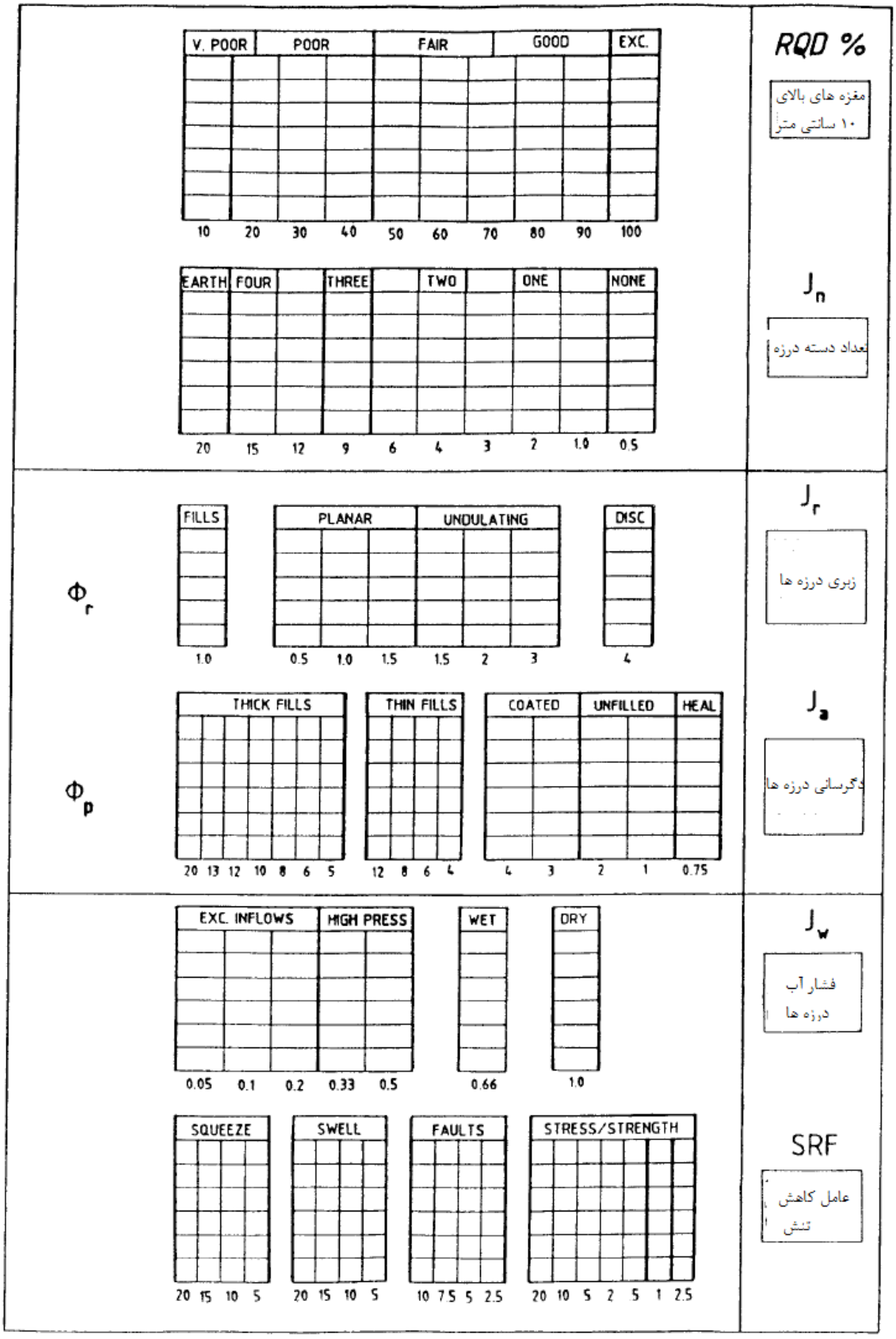
ادامه جدول ۵- نحوه محاسبه امتیاز پارامترهای شش‌گانه روش Q (NGI)

شرح	مقدار	ملاحظات
۴-عدد دگرسانی درزه	J_a	Φ_r (درجه)
a. *دیواره درزه‌ها در تماس با هم هستند*	..	
A. شدیدا جوش خورده، سخت، نرم نشونده، مواد پرکننده غیر قابل نفوذ	./۷۵	
B. دیواره های درزه دگرگون نشده سطوح درزها فقط زنگ زده است.	۱/۰	(۲۵-۳۵)
C. دیواره درزه‌ها کمی دگرگون شده است. مواد پوششی درزه‌ها از کانی‌های نرم نشونده، ذرات ماسه ای، سنگ متلاشی شده عاری از مواد رسی و غیره	۲/۰	(۲۵-۳۵)
D. مواد پوشش درزه‌ها از لای، یا رس ماسه‌ای، بخشهای کوچک رسی (نرم نشونده)	۳/۰	(۲۰-۲۵)
E. مواد پوششی درزه‌ها از مواد رسی نرم یا با اصطکاک کم، یعنی کائولینیت، میکا همچنین کلریت، تالک، گچ و گرافیت و غیره و مقادیر کم رسهای تورمی (پوشش ناپیوسته با ضخامت ۱-۲mm و یا کمتر است).	۴	(۸-۱۶)
b. دیواره درزه‌ها تا قبل از ۱۰ cm برش در تماس با هم قرار می‌گیرند.		
F. ذرات ماسه‌ای، سنگ متلاشی شده عاری از مواد رسی و غیره	۴/۰	(۲۵-۳۰)
G. شدیدا پیش تحکیم شده، مواد پرکننده رسی نرم نشونده، (ممتد، ضخامت ۵ mm >)	۶/۰	(۱۶-۲۴)
H. پیش تحکیم شده متوسط یا کم، مواد پرکننده رسی نرم شونده، (ممتد ضخامت ۵ mm >)	۸	(۱۲-۱۶)
J. مواد پرکننده متورم شونده مانند مونت موری لونیت، (ممتد ضخامت ۵ mm >) مقدار J_a بستگی به درصد اندازه ذرات رس و میزان دسترسی به آب دارد)	۸/۰-۱۲/.	(۶-۱۲)
c. دیواره درزه‌ها پس از برش در تماس باهم قرار نمی‌گیرند.		
K. نواحی یا نوارهای متلاشی‌شده یا خرد شده	۶/۰	(۶-۲۴)
L. و رس (برای شرایط رس به بندهای J,H,G	۸/۰	
M. مراجعه شود.)	۸/۰-۱۲/۰	
N. نواحی یا نوارهای از جنس لای یا رس لای‌دار، مقدار کم رس، نرم نشونده	۵/۰	
O. نواحی یا نوارهای ضخیم وممتد رس	۱۰/۰-۱۳/۰	(۶-۲۴)
P و R (برای شرایط رس به J,H,G .مراجعه شود)	۱۳/۰-۲۰/۰	

ادامه **جدول ۵ - نحوه محاسبه امتیاز پارامترهای شش‌گانه روش Q (NGI)**

شرح	مقدار	ملاحظات
۵-ضریب کاهش آب درزه	J_w	(فشار تقریبی آب kgf/cm^2)
A. حفاری خشک با جریان آب جزئی یعنی 5lit /min < بصورت موضعی	۱/۰	<۱/۰
B. آب با مقدار یا فشار متوسط, بعضا آب‌شستگی مواد پرکننده درزه‌ها	۰/۶۶	۱/۰-۲/۵
C. جریان آب زیاد با فشار بالا در سنگ خوب با درزه‌های پر نشده	۰/۵	۲/۵-۱۰/۰
D. جریان آب زیاد یا فشار بالا, آب شستگی مواد پرکننده بطور قابل ملاحظه	۰/۳۳	۲/۵-۱۰/۰
E. جریان فوق العاده زیاد آب با فشار در لحظه آتشکاری، کاهش آب در طول زمان	۰/۲-۰/۱	>۱۰
F. جریان فوق العاده زیاد آب با فشار بطور مداوم و بدون کاهش در طول زمان	۰/۱-۰/۰۵	>۱۰
۶- ضریب کاهش تنش	**SRF**	۱- این مقادیر SRF را چنانچه مناطق برشی تونل راقطع نمیکند بلکه فقط تحت تاثیر قرارمی دهد به میزان ٪ ۵۰-۲۵ کاهش دهید
a. مناطق ضعیفی تونل را قطع می کند که ممکن است موجب سستی توده سنگ هنگام حفاری تونل شود.		
A. وقوع متعدد مناطق ضعیف که حاوی رس یا سنگ خرد شده و تجزیه شده است, سنگ خیلی سست در اطراف تونل (درهر عمق)	۱۰	۲- برای تنش در جای شدیدا غیرایزوتروپ (اگراندازه گیری شده است):
B. مناطق ضعیف منفرد حاوی رس, یا سنگ تجزیه شده و هوازده (۵۰m> عمق حفاری)	۵/۰	اگر $5<\frac{\sigma_1}{\sigma_3}<10$، مقدار σ_c را به $0.8\ \sigma_c$ و σ_t را به $0.8\sigma_t$ کاهش دهید.
C. مناطق ضعیف منفرد حاوی رس, یا سنگ تجزیه شده و هوازده (۵۰m> عمق حفاری)	۲/۵	
D. مناطق برشی متعدد در سنگ سالم و خوب (بدون رس)، سنگ سست در اطراف تونل (هرعمقی)	۷/۵	وقتی $\frac{\sigma_1}{\sigma_3}>10$، مقدار σ_c و σ_t را به $0.6\sigma_t$ و $0.6\ \sigma_c$ کاهش دهید. مقاومت فشاری تک محوری و σ_t مقاومت کششی است (بارنقطه ای). σ_1 و σ_3 تنش‌های اصلی بزرگتروکوچکترهستند.
E. مناطق برشی منفرد در سنگ سالم و خوب (عاری از رس)، (۵۰m> عمق حفاری)	۵/۰	
F. مناطق برشی مجرد در سنگ سالم و خوب (عاری از رس)، (۵۰m> عمق حفاری)	۲/۵	
G. درزه‌های باز سست, شدیدا درزه‌دار یا حبه قند مانند (هرعمقی)	۵	

Q (NGI)



شکل ۴- جدول ثبت نتایج پارامترهای روش طبقه‌بندی Q

روش URCS

جدول ۶ الف- درجه هوازدگی

هوازده				دگرسان شده	شرایط ظاهری	
کوچکتر از ماسه		بزرگتر از گراول				
کاملاً تجزیه‌شده (*CDS*) *E*		تا حدودی تجزیه‌شده (*PDS*) *D*		تغییر رنگ داده (*STS*) *C*	به صورت بصری تازه *B*	در ابعاد میکرو تازه (*MFS*) *A*
روان	غیر روان	روان	غیر روان	مقایسه با حالت دگرسان نشده	واحد وزن جذب نسبی	

جدول ۶ ب- مقاومت تخمینی

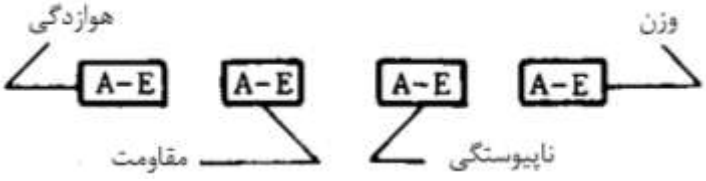
تغییرشکل مجدد	واکنش در برابر ضربه چکش کروی			
شکننده	شکاف (برشی)	تورفتگی (فشاری)	ایجاد حفره (کششی)	بازگشت ضربه (الاستیک)
E	*D*	*C*	*B*	*A*
< ۱۰۰۰ *Psi* < ۷ *MPa*	۱۰۰۰- ۳۰۰۰*Psi* ۷-۲۱*MPa*	۳۰۰۰-۸۰۰۰ *Psi* ۲۱-۵۵ *MPa*	۸۰۰۰-۱۵۰۰۰*Psi* ۵۵-۱۰۳*MPa*	> ۱۵۰۰۰ *Psi* > ۱۰۳ *MPa*

جدول ۶ ج- ناپیوستگی‌ها

توانایی انتقال آب		نفوذپذیری خیلی کم		
دارای تقاطع سطوح باز (۳-*D*) *E*	بدون تقاطع سطوح باز (۲-*D*) *D*	جامد (سطوح پنهان جداشدگی) (*LPS*) *C*	جامد (شکستگی ترجیحی) (*SPB*) *B*	جامد (شکستگی تصادفی) (*SRB*) *A*
در هم قفل شده	حالت			

جدول ۶ د- وزن واحد

کمتر از ۱۳۰*PCF* ۲/۱۰*g/cc* *E*	۱۳۰-۱۴۰*PCF* ۲/۱۰ ،۲/۲۵ *g/cc* *D*	۱۴۰-۱۵۰*PCF* ۲/۲۵-۲۴۰*g/cc* *C*	۱۵۰-۱۶۰*PCF* ۲/۴۰-۲/۵۵ *g/cc* *B*	بزرگتر از ۱۶۰*PCF* ۲/۵۵ *g/cc* *A*



شکل ۴- عناصر اصلی و روش کلی امتیازدهی در روش URCS

جدول ۷ الف- قابلیت فرسایش هیدرولیکی در کانال‌های زمینی

ارکان طبقه‌بندی	طبقه ۱	طبقه ۲	طبقه ۳
	پایداری بالا در برابر فرسایش	**پایدار در برابر فرسایش**	**پایداری متوسط در برابر فرسایش**
توجه- شاخص قابلیت فرسایش آبکند (K_h) شامل موارد ذیل است: مقاومت مواد، اندازه بلوک، مقاومت برشی ناپیوستگی‌ها و ساختارهای زمینی مرتبط	تجربیات مربوط به نرخ فرسایش آبکند ماده‌سنگ کمتر از ۰/۳m/hr در سطح تخلیه واحد ۹/۲ $m^3/s/m$ و انرژی هد ۹m و باید شرط زیر را برآورده کند. $K_h \geq 100$	تجربیات مربوط به نرخ فرسایش آبکند ماده‌سنگ کمتر از m/hr (۰/۳ تا ۳) در سطح تخلیه واحد ۹/۲$m^3/s/m$ و انرژی هد ۹m و باید شرط زیر را برآورده کند. $10 < K_h < 100$	تجربیات مربوط به نرخ فرسایش آبکند ماده‌سنگ بیشتر از ۳m/hr در سطح تخلیه واحد ۹/۲ $m^3/s/m$ و انرژی هد ۹m و باید شرط زیر را برآورده کند. $1 \leq K_n \leq 10$

جدول ۷ ب- مشخصات حفاری سنگ

ارکان طبقه بندی	طبقه ۱	طبقه ۲	طبقه ۳
	خیلی سخت شکاف	**سخت شکاف**	**آسان شکاف**
	ماده سنگ نیازمند حفاری و انفجار و یا فرآیند سخت برای حفر می‌باشد و باید شرایط زیر را برآورده کند:	ماده سنگ نیازمند تکنیک‌های شکافتن جهت حفر سنگ می‌باشد و باید شرایط زیر را برآورده کند:	ماده سنگ مانند یک ماده معمولی به وسیله ماشین-های زمینی و تجهیزات شکاف دهی قابل حفر است و باید شرایط زیر را برآورده کند:
شاخص قابلیت فرسایش آبکند	$K_h \geq 100$	$10 < K_h < 100$	$K_h \leq 10$
سرعت تقریبی موج لرزه‌ای	$\geq 2.450\ m/s$	$2.150 - 2.450 m/s$	$\leq 2.150 m/s$
حداقل توان تجهیزات مورد نیاز جهت حفاری سنگ	$260KW$ برای $K_h <$ ۱۰۰۰ $375KW$ برای $K_h <$ ۱۰۰۰۰ و انفجار برای $K_h >$ ۱۰۰۰۰	$185\ KW$	$110KW$

جدول ۷ ج- کیفیت ساخت

ارکان طبقه‌بندی	طبقه ۱	طبقه ۲	طبقه ۳
	درجه بالا	**درجه متوسط**	**درجه پایین**
	ماده‌سنگ مناسب برای سنگ دانه‌های با تحمل تنش بالا. مواد مناسب برای فیلتر و زهکشی و پوشش-های سنگ ریزه و سایر کاربردهای ساختمانی که نیازمند ماندگاری طولانی هستند و باید تمام شرایط زیر را برآورده کند.	ماده‌سنگ به طور بالقوه برای کاربردهای ساختمانی مناسب است. ممکن است نیازمند ارزیابی‌های بیشتر باشد در صورتی که حداقل یکی از شروط زیر برقرار باشد.	ماده‌سنگ مناسب برای سنگدانه، فیلتر، زهکشی و پوشش‌های سنگ ریزه. اساساً به عنوان مواد خاکی در سدهای خاکی عمل می‌کند و باید حداقل یکی از شروط زیر را برآورده کند.
مقاومت	$> ۵۰ MPa$	$(۱۲٫۵-۵۰)\ MPa$	$< ۱۲٫۵ MPa$
سختی	سنگ سخت تا خیلی سخت	سنگ تقریباً سخت	سنگ تقریباً نرم تا خیلی نرم
وزن واحد	$> 2/24\ \ g/cm^3$	$2/08 - 2/24\ \ g/cm^3$	$< 2/08\ \ g/cm^3$

جدول ۷ د- انتقال سیالات

ارکان طبقه بندی	طبقه ۱	طبقه ۲	طبقه ۳
	نفوذ پذیری کم ماده سنگ ظرفیت پایینی برای انتقال آب دارد و باید تمام شرایط زیر را برآورده کند.	**نفوذ پذیری متوسط** ماده سنگ به طور بالقوه قابلیت انتقال آب را از طریق حفرات تخلخل اولیه دارد. ممکن است نیازمند ارزیابی‌های بیشتر باشد در صورتی که حداقل یکی از شروط زیر برقرار باشد.	**نفوذ پذیری بالا** ماده سنگ ظرفیت بالایی برای انتقال آب از طریق تخلخل ثانویه دارد و باید حداقل یکی از شروط زیر را برآورده کند.
سنگ‌های محلول	در توده سنگ هیچ سنگ محلولی وجود ندارد	در صورت وجود سنگ محلول، به صورت جزئی در توده سنگ است	سنگ‌های محلول مانند سنگ آهک، ژیپس، دولومیت، مرمر یا هالیت بخش اصلی توده سنگ را تشکیل می‌دهد.
تخلخل اولیه	تخلخل اولیه بسیارکم، منافذ به هم وصل نیستند یا فاقد زهکشی آزادند	منافذ زیر ذره بین دستی با بزرگ نمایی ده برابر قابل مشاهده و دارای زهکشی آزاد آهسته	منافذ با چشم غیر مسلح قابل مشاهده‌اند. زهکشی آزاد و سریع
تعداد دسته درزه‌ها	یک دسته درزه و دارای شکستگی‌های تصادفی و یا توده سنگ بکر و توده‌ای	دو و یا بیشتر دسته درزه و شکستگی‌های تصادفی	سه و یا بیشتر دسته درزه مرتبط به هم
پرشدگی درزه‌ها	درزه‌ها تنگ و یا پرشده با مواد چسبنده، رس روان یا سیمان نرم متورم	درزه‌ها باز و یا پرشده با سیمان غیر روان، غیرمتورم و نرم	درزه‌ها باز ویا پر شده با ماسه و گراول با چسبندگی کمتر از ۱۵ درصد و سیمان نرم و غیر روان
منافذ اصلی شامل انحلالی (مانند غارها و درزه‌های بزرگ)، نهشته‌ای (مانند مجراها و لایه‌های لاوا یا میان لایه‌های گراول) یا ساختاری و تکتونیکی (مانند گسل و درزه تنش آزاد)	حفرات اصلی در توده سنگ وجود ندارد		هر گونه منفذ اصلی در توده سنگ واقع شده است.
هدایت هیدرولیکی (سدها) انتقال پذیری (چاه‌های آب) انتقال‌پذیری(چاه ذخیره‌ای)	$< 10^6 m/s$ $< 10^3 m^2/S$ $< 10^6 m^2/S$		$> 10^6 m/s$ $> 1 m^2/S$ $> 10^4 m^2/S$

جدول ۷ ه- پایداری توده سنگ

ارکان طبقه بندی	طبقه ۱	طبقه ۲	طبقه ۳
	پایدار ماده سنگ پتانسیل بسیارکمی برای ناپایداری دارد و باید تمام شرایط زیر را برآورده کند	**بالقوه ناپایدار** ماده سنگ مستعد برای ناپایداری است. ممکن است نیازمند ارزیابی‌های بیشتر باشد در صورتی که حداقل یکی از شروط زیر برقرار باشد.	**ناپایدار** ماده سنگ به طور قابل توجهی مستعد برای ناپایداری است و باید حداقل یکی از شروط زیر را برآورده کند.
مقاومت	$> ۵۰ MPa$	$(۱۲٫۵-۵۰)\ MPa$	$< ۱۲٫۵ MPa$
سختی	سنگ سخت تا خیلی سخت	سنگ تقریباً سخت	سنگ تقریباً نرم تا خیلی نرم
RQD	>۷۵	۲۵-۷۵	<۲۵
تعداد دسته درزه در توده سنگ	یک دسته درزه و شکستگی‌های تصادفی یا توده سنگ بکر و توده‌ای است و هیچ مؤلفه مغایر شیب وجود ندارد	دو و یا بیشتر دسته درزه به علاوه شکستگی‌های تصادفی و هیچ کدام از دسته درزه‌ها مغایر شیب نیست	سه و یا بیشتر دسته درزه متقاطع که دارای یک و یا بیشتر دسته درزه مغایر جهت شیب است
شرایط آب درزه	نامحدود	نامحدود	محدود

جدول ۸- طبقه بندی توده سنگ طبق روش NATM

طبقه	نوع سنگ	توصیف
A	A1: پایدار	تغییر شکل کم که به سرعت کاهش می‌یابد و بدون خرده سنگ.
	A2: نیمه پایدار	تغییر شکل کم که به سرعت کاهش می‌یابد و مقداری خرده سنگ در تاج به علت ناپیوستگی‌ها.
B	B1: شکننده	تغییر شکل کم که به سرعت کاهش می‌یابد. ضعف ساختاری که عملیات انفجار باعث جداشدگی بلوک‌ها در تاج و دیواره‌های بالایی می‌شود.
	B2: خیلی شکننده	تغییر شکل کم که به سرعت کاهش می‌یابد. مقاومت ساختاری ضعیف، تحرک بالای توده سنگ که عملیات انفجار باعث ریزش سریع و شدید در مناطق بدون نگهداری می‌شود.
	B3: غلتان	حفاری حتی در مقاطع کوچک باعث جاری شدن توده سنگ می‌شود. عدم وجود چسبندگی و درگیری بلوک‌ها باعث ناپایداری می‌شود.
C	C1: انفجار سنگ	رهاسازی ناگهانی انرژی باعث انفجار سنگ می‌شود.
	C2: فشارنده	تغییر شکل بعد از مدت زمان طولانی کاهش می‌یابد. توسعه ناپایداری‌ها در مناطق روان و سنگ توده چسبنده.
	C3: خیلی فشارنده	تغییر شکل‌های بزرگ که در ابتدا سریع ولی با گذشت زمان کند کاهش می‌یابد. توسعه شدید شکستگی‌ها در مناطق روان.
	C4: جاری	چسبندگی خیلی کم، اصطکاک کم، توده سنگ نرم و خاصیت روانی دارد. مواد سنگی حتی در فضاهای بسیار کوچک فاقد نگهداری به داخل تونل جریان می‌یابد.
	C5: متورم	توده سنگ دارای کانی‌هایی است که بر اثر حذب آب افزایش حجم می-دهند مانند کانی‌های رسی متورم، نمک و انیدرید

محاسبه ضریب نگهدارنده (SF)

$$SF = [\sum (SQ \times RF)]/AR$$

که در آن:

SQ تعداد نگهدارنده (SQ/m)؛

RF ضریب امتیاز (جدول ۹)؛

AR امتیاز منطقه = $C \times W/4$ که در آن:

C شرایط قسمت حفاری شده بدون کف سازی؛

W حداکثر عرض مقطع عرضی.

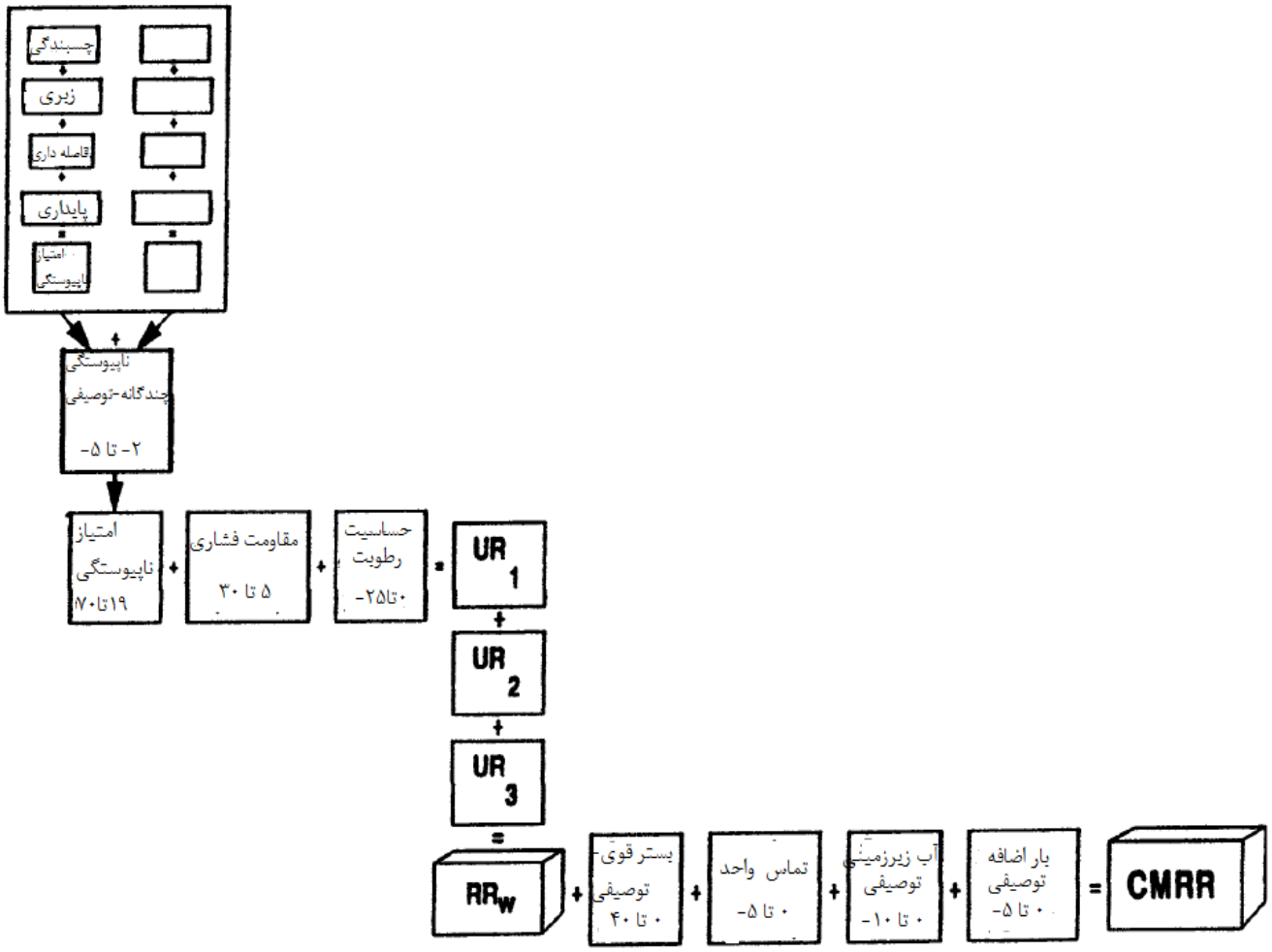
جدول ۹- نوع نگهدارنده و ضریب امتیاز

نوع نگهدارنده			ضریب امتیاز
پیچ سنگ	پیچ‌های منبسط شونده	m	۱
	پیچ همراه سیمان	m	۱/۵
	پیچ‌های خود حفار	m	۲
	پیچ‌های دوغابی شده	m	۲/۵
	پیچ‌های سیمانی پیش تنیده	m	۳
شبکه سیمی	لایه اول	m^2	۱
	لایه دوم	m^2	۱/۵
	کف	m^2	۰/۵
قاب‌های فولادی با ستون‌های توزیع بار		m	۲
بتن پاشی (شاتکریت)		m^3	۱۵
شیارهای تغییر شکل		m	۴
میخ سنگ	میخ بدون ملات سیمان	m	۰/۷
	میخ با ملات سیمان	m	۱
	میخ‌های خود حفار	m	۱/۵
	میخ‌های دوغابی شده	m	۲
	میخ‌های دوغابی کننده	m	۳
صفحات لینار	آهسته	m^2	۲/۵
	پیشرو	m^2	۴

		2	3	4	5	6	7	8	9	
حداکثر طول گردشده		ضریب نگهدارنده 1.0	2.0	3.0	4.5	6.8	10.0	15.0	23.0	
1	no limit									
2	4.00 m									
3	3.00 m									
4	2.20 m									
5	1.70 m									
6	1.30 m									
7	1.00 m									
8	0.80 m									
9	0.60 m									
10	0.45 m									

شکل ۵- ماتریس طبقه حفاری برای تونل‌زنی متناوب

روش CMRR



شکل ۶- محاسبات مربوط روش CMRR

آزمون غوطه‌وری

معدن ---------- تاریخ----------

شماره واحد ---------- آزمون‌گر----------

توصیف نمونه (مانند سنگ‌شناسی، لایه بندی و غیره) ----------

غوطه‌وری		قابلیت شکست	
مشاهدات	**امتیاز**	**مشاهدات**	**امتیاز**
وضعیت ظاهری آب			
زلال = ۰	-------	بدون تغییر = ۰	-------
کمی کدر = ۲-	-------	تغییر کم = ۳-	-------
کدر = ۵-	-------	تغییر زیاد = ۱۰-	-------
شیب سازند			
بدون شیب = ۰	--------		
کم = ۲-	--------	امتیاز کل: -------	
زیاد = ۵-	--------		
شکستگی نمونه			
بدون شکستگی = ۰	--------		
کم و تصادفی = ۲-	--------		
زیاد و جهت ترجیهی = ۵-	--------		
آزمونه خردشده = ۱۵-	--------		
امتیاز کل : --------			

شکل ۷- برگه داده‌های آزمون غوطه‌وری

فرآیند آزمون غوطه‌وری:

۱- انتخاب نمونه (تقریباً اندازه دستی)؛

۲- آزمون دستی قابلیت شکست پذیری؛

۳- آبکشی آزمونه (برای از بین بردن کثیفی، غبار و غیره از سطح آزمونه)؛

۴- غوطه‌ورسازی در آب به مدت ۲۴ ساعت؛

۵- مشاهده و امتیازدهی وضعیت ظاهری آب، شیب سازند، شکستگی نمونه و محاسبه شاخص کل آزمون غوطوری؛

۶- انجام دوباره آزمون دستی قابلیت شکست‌پذیری؛

۷- انتخاب بزرگ‌ترین عدد منفی حاصل از شاخص آزمون غوطه‌وری یا شاخص قابلیت شکست‌پذیری به عنوان امتیاز هوازدگی.

دستورالعمل‌های تهیه برگه صحرایی ثبت داده‌ها در روش CMRR

۱- طبقه‌بندی را برای تمامی سقف قابل مشاهده به کار ببرید. (در صورت لزوم از چندین برگه استفاده نمایید).

۲- از معیار ذکر شده در زیر هر گروه، برای طبقه‌بندی آن گروه استفاده نمایید.

۳- با توصیف هر یک از واحدها شروع کنید و برای توصیف هر لایه از ویژگی‌هایی مانند مقاومت، حساسیت در برابر رطوبت و پایداری استفاده نمایید.

۴- در گام بعدی ناپیوستگی‌های موجود در لایه‌ها (مانند سطح لایه‌بندی، ادخال‌ها و لایه‌بندی‌های متقاطع) را بر طبق معیار ذکر شده در زیر هر ستون توصیف نمایید.

۵- سه ردیف برای ثبت سه و یا بیشتر ناپیوستگی فراهم شده است.

تعاریف

اصطلاحات و تعاریف مورد استفاده به شرح زیر است:

واحد– هر بخش از لایه سنگی که بیشتر از ۱۵ سانتی‌متر ضخامت داشته و یک عضو ساختاری در سقف را تشکیل می‌دهد.

ناپیوستگی- هر سطحی که پیوستگی جانبی یا عمودی یک یا چندین واحد را قطع می‌کند مانند سطوح لایه‌بندی، برش‌ها، درزه‌ها و غیره.

تماس- حد واصل بین لایه‌های سقف که ممکن است به صورت تیز یا دندانه‌ای توصیف شود.

مقاومت- مقاومت فشاری سنگ بکر بر روی نمونه دستی به وسیله آزمون اثر چکش نشان داده می‌شود.

حساسیت در برابر رطوبت– نمونه به مدت ۲۴ ساعت در آب غوطه‌ور می‌شود تا درجه ازهم‌پاشیدگی تعیین گردد.

فاصله‌داری- نشان‌دهنده میزان فاصله ناپیوستگی‌ها از یکدیگر است.

چسبندگی- شامل ارزیابی توانایی یک سطح (مانند سطح لایه‌بندی یا ناپیوستگی) برای مقاومت در برابر جداشدگی یا برش که به وسیله تعیین تعداد ضربه مورد نیاز برای شکافتن ناپیوستگی با استفاده از یک اسکنه ۹ سانتی‌متری ارزیابی می‌شود.

زبری- شکل ناپیوستگی را توصیف می‌کند که آیا دندانه‌دار، موجی یا صاف است.

جهت- شامل ارزیابی جهت ناپیوستگی نسبت به جهت اصلی و همچنین ارزیابی شیب ناپیوستگی.

ادامه روش CMRR

جدول ۱۰- امتیاز چسبندگی- زبری

زبری ↓	(۱) چسبندگی زیاد	(۲) چسبندگی متوسط	(۳) چسبندگی ضعیف	(۴) سطوح چسبنده
(۱) دندانه‌دار	۳۵	۲۹	۲۴	۱۰
(۲) موج‌دار	۳۵	۲۷	۲۰	۱۰
(۳) صفحه‌ای	۳۵	۲۵	۱۶	۱۰
یادآوری- اگر واحد مورد بررسی فاقد لایه‌بندی یا ناپیوستگی بود، آزمون را برای توده سنگ به کار ببرید. چسبندگی زیاد نشان می‌دهد ناپیوستگی‌ها اثر منفی (ضعیف‌کننده) بر روی توده سنگ نداشته‌اند.				

جدول ۱۱- امتیاز فاصله داری- پایداری

پایداری (m) ↓	(۱) $> ۱/۶m$	(۲) ($۰/۶$ تا $۱/۸$) m	(۳) ($۰/۲$ تا$۰/۶۱$) m	(۴) ($۰/۰۶$ تا $۰/۲$) m	(۵) $< ۰/۰۶\ m$
۰ تا ۰/۹	۳۵	۳۰	۲۴	۱۷	۹
۰/۹ تا ۳	۳۲	۲۷	۲۱	۱۵	۹
۳ تا ۹	۳۰	۲۵	۲۰	۱۳	۹
> ۹	۳۰	۲۵	۲۰	۱۳	۹
یادآوری- اگر واحد مورد بررسی فاقد لایه بندی یا ناپیوستگی بود، امتیاز ۳۵ را وارد کنید و اگر چسبندگی زیاد است باز هم امتیاز ۳۵ را وارد کنید.					

جدول ۱۲- تعدیل مربوط به تعدیل ناپیوستگی چندگانه

امتیاز دو ناپیوستگی منفرد که هر دو کمتر از ↓	عدد تعدیل
۳۰	-۵
۴۰	-۴
۵۰	-۲

جدول ۱۳- امتیاز مقاومت

مقاومت MPa	امتیاز
$>$ ۱۰۳	۳۰
۵۵ تا ۱۰۳	۲۲
۲۱ تا ۵۵	۱۵
۷ تا ۲۱	۱۰
$<$ ۷	۵

جدول ۱۴- امتیاز حساسیت در برابر رطوبت

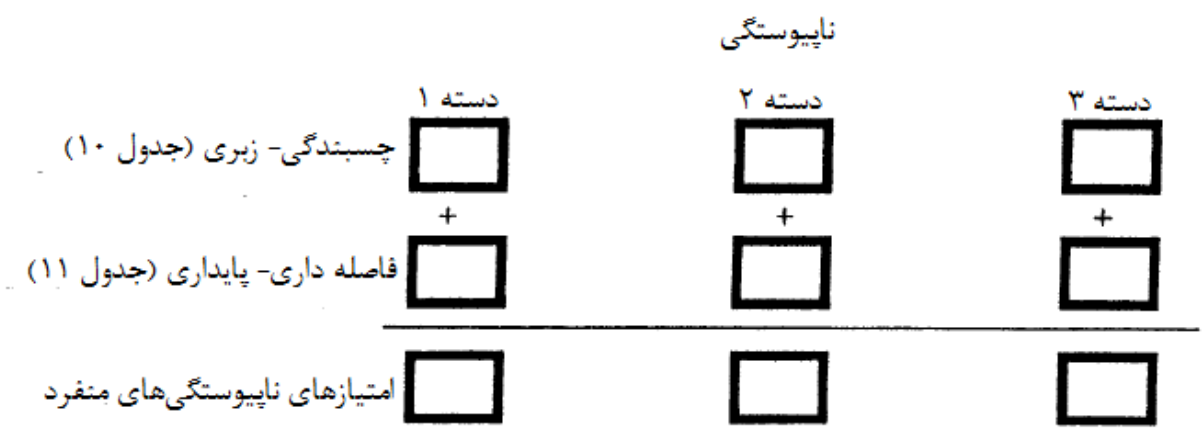
حساسیت در برابر رطوبت	امتیاز
بدون حساسیت	۰
حساسیت کم	-۳
حساسیت متوسط	-۱۰
حساسیت شدید	-۲۵
یادآوری- آزمون غوطه‌وری را برای دقت بیشتر استفاده نمایید. تعدیل را هنگامی که واحد به عنوان سقف در تونل واقع می‌شود یا جریان آب زیرزمینی وجود دارد به کار ببرید.	

ادامه روش CMRR

نام معدن---------- تاریخ ----------

موقعیت---------- جمع آوری داده‌ها به وسیله ----------

شماره واحد ----- محاسبه امتیاز ناپیوستگی‌های منفرد (۱



۲) کمترین امتیاز مربوط به ناپیوستگی‌های منفرد را وارد کنید

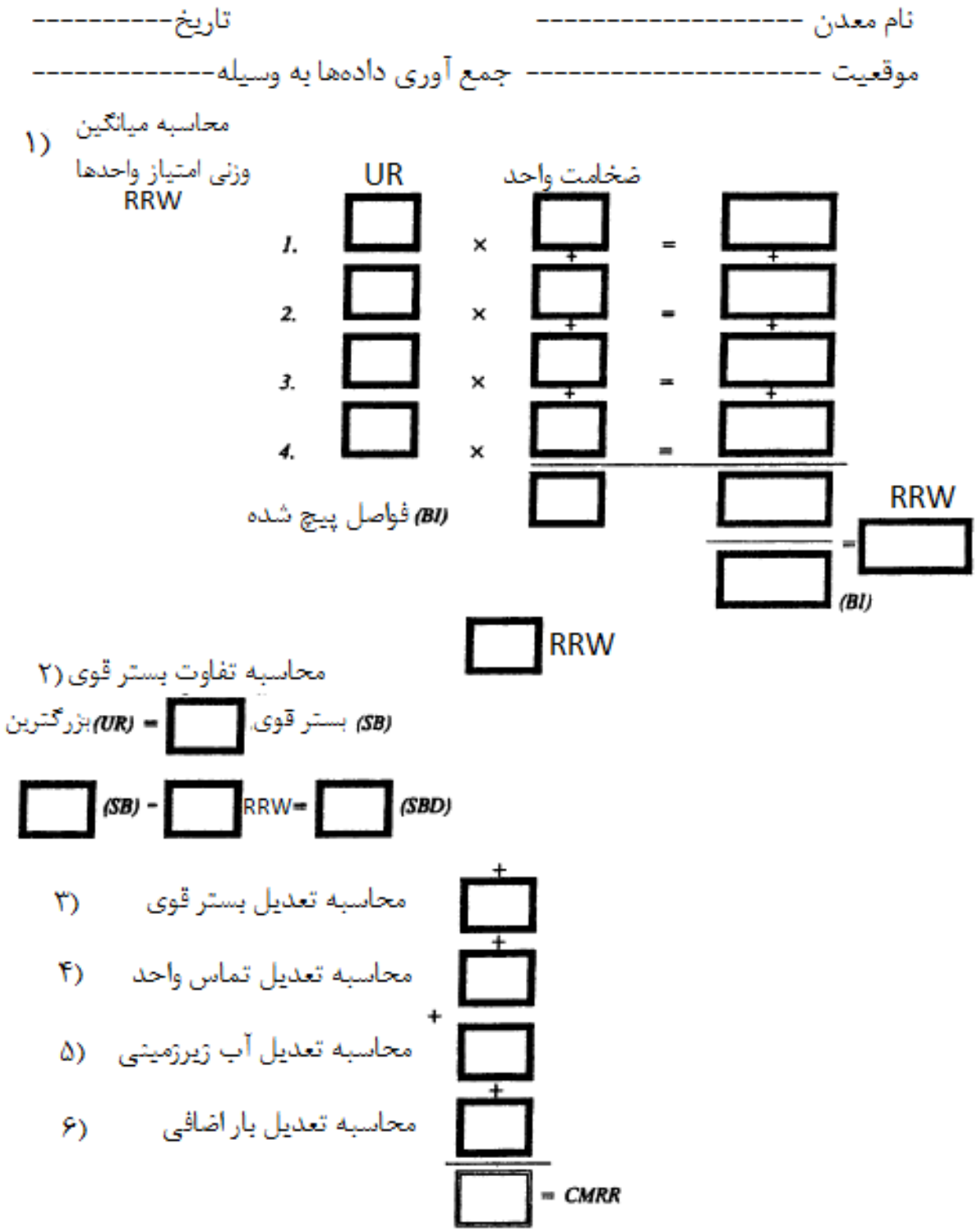
۳) اگر بیشتر از یک دسته ناپیوستگی وجود دارد عدد تعدیل ناپیوستگی چندگانه را از جدول ۱۲ وارد در غیر اینصورت عدد صفر را وارد نمایید

۴) محاسبه مقاومت بلوک (جدول ۱۳)

۵) محاسبه حساسیت در برابر رطوبت واحد (جدول ۱۴) (این امتیاز در صورتی که واحد در معرض آب قرار گرفته باشد به کار می‌رود)

امتیاز واحد UR =

شکل ۸- برگه محاسبه امتیاز واحد



شکل ۹- برگه محاسبه امتیاز سقف

جدول ۱۵- تعدیل بستر قوی

ضخامت بستر قوی ↓ (m)	تفاوت بستر قوی							
	۹-۵	۱۴-۱۰	۱۹-۱۵	۲۴-۲۰	۲۹-۲۵	۳۴-۳۰	۴۰-۳۵	> ۴۰
۰/۳ تا ۰/۶	۰	۲	۴	۵	۷	۸	۹	۱۰
۰/۶ تا ۰/۹	۲	۴	۷	۹	۱۲	۱۴	۱۷	۲۰
۰/۹ تا ۱/۲	۳	۵	۱۰	۱۴	۱۸	۲۱	۲۵	۳۰
> ۱/۲	۴	۸	۱۳	۱۸	۲۳	۲۸	۳۴	۴۰

یادآوری- تعدیل بستر قوی برای وزن سنگ‌های ضعیف‌تری که از آن آویزان است بر طبق ضرایب زیر کاهش می‌یابد.

ضخامت سنگ‌های ضعیف‌تر	ضریب تعدیل بستر قوی
۰ تا ۰/۹	۱
۰/۹ تا ۱/۸	۰/۷
> ۱/۸	۰/۳

جدول ۱۶- تعدیل تماس واحد

تعداد تماس‌های عمده	تعدیل
۰	۰
۱ تا ۲	-۲
۳ تا ۴	-۴
> ۴	-۵

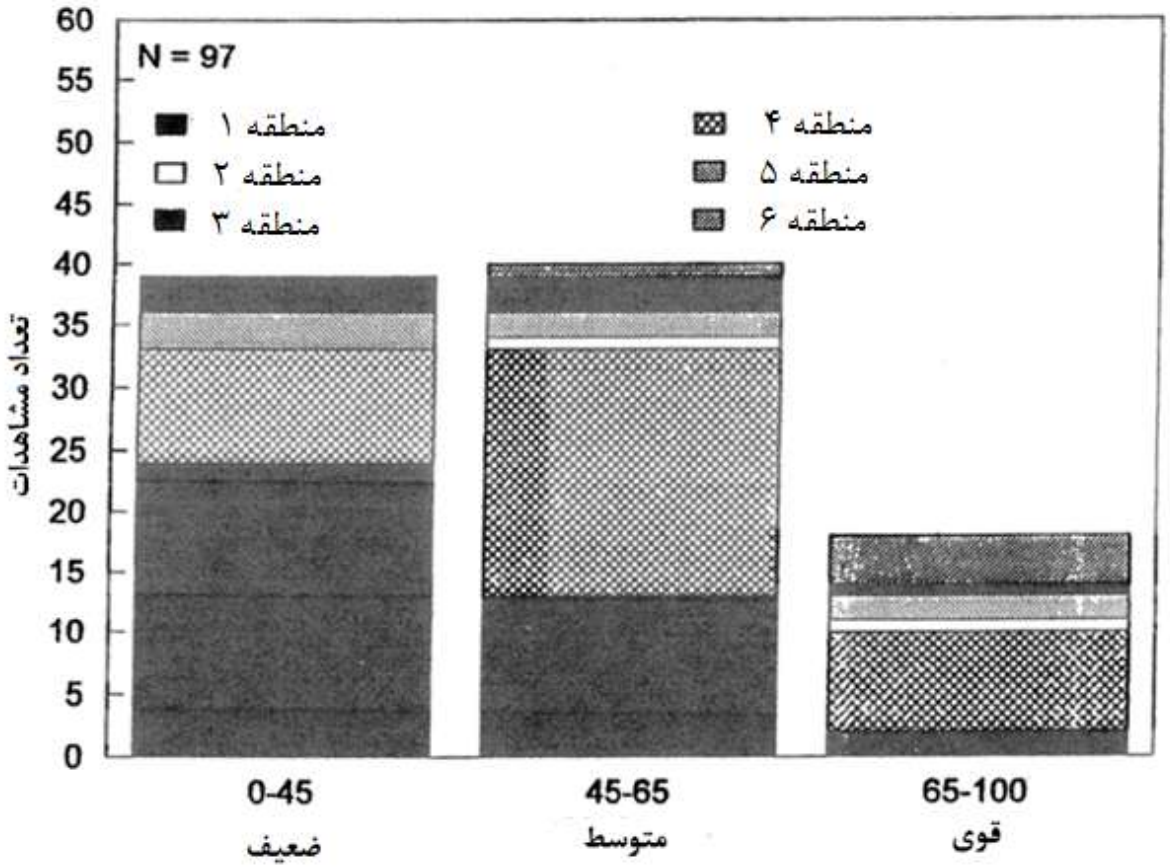
یادآوری- از این تعدیل زمانی استفاده کنید که تماس‌ها به طور قابل ملاحظه‌ای نقاط ضعف هستند (پایداری، چسبندگی پایین).

جدول ۱۷- تعدیل آب زیرزمینی

شرایط	تعدیل
خشک	۰
مرطوب	-۲
چکه کم	-۴
چکه شدید	-۷
جریان	-۱۰
یادآوری- از این تعدیل زمانی استفاده کنید که جریان آب زیرزمینی در سقف وجود دارد نه در سقف و دیوارها	

جدول ۱۷- تعدیل بار اضافی

شرایط	تعدیل
واحدهای بالایی تقریباً مقاومت برابر با فواصل پیچ شده دارند	۰
واحدهای بالایی به طور قابل ملاحظه‌ای ضعیف‌تر از فواصل پیچ شده هستند	۲- تا ۵-



شکل ۱۰- مثالی از روش طبقه‌بندی امتیاز سقف معدن زغال‌سنگ