بررسی پایداری دیواره شمالی معدن گلگهر با استفاده از سیستم رده‌بندی امتیاز پایداری شیب

حامد بوستان‌زر[1]، کوروش شهریار[2]، حمیدرضا محمدی[3]، رحمان ترابی[3]

1- دانشجوی کارشناسی ارشد استخراج معدن، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، Boostanzar@gmail.com

2- استاد دانشکده مهندسی معدن، متالورژی و نفت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، K_shahriar@aut.ac.ir

3- کارشناس ارشد مکانیک سنگ، شرکت سنگ آهن گلگهر، Hamid_azizabadi@yahoo.com

4- دانشیار گروه مهندسی معدن، دانشگاه تربیت مدرس، Rtorabi@modares.ac.ir

چکیده

یکی از جنبه های بحرانی در طراحی معدن تحلیل پایداری شیب و تعیین شیب پایدار است، و همچنین یکی از روش های پایه در تحلیل-های ژئومکانیکی، روش‌های تجربی هستند. طبقه‌بندی توده‌سنگ ستون فقرات روش های تجربی را تشکیل می دهد و به طور وسیعی در مهندسی سنگ به کار می‌رود. با وجود اینکه تمام سیستم‌های طبقه بندی ایجاد شده می‌توانند به طور موفقیت‌آمیز برای تونلسازی و معدنکاری زیرزمینی به کار برده شوند، بیشتر آنها در مورد مسائل شیب دارای نقایص و محدودیت های زیادی هستند. به ویژه، از جهت کاربرد آنها برای توده‌سنگ های به شدت درزه دار و به دلیل کمبود نمودارهای طراحی مناسب برای تخمین زاویه پایدار شیب، محدودیت هایی به وجود می آیند. با توجه به کمبود نمودارهای طراحی مناسب پایداری شیب برای توده سنگ‌های پردرزه، یک سیستم جدید طبقه‌بندی توده‌سنگ به نام امتیاز پایداری شیب (SSR) توسط طاهری و تانی (2009) پیشنهاد شده است. طبقه‌بندی پیشنهادی علاوه بر شاخص مقاومت زمین شناسی، پنج پارامتر دیگر را که تاثیر نسبی بر پایداری شیب دارند مدنظر قرار می‌دهد که عبارتند از: UCS، نوع سنگ، روش حفاری شیب، شرایط آب زیرزمینی و نیروی زمین‌لرزه. همچنین نمودارهای طراحی SSR برای زوایای شیب مختلف (با ضرایب ایمنی = 1، 1/2، 1/3، 1/5) ارائه شده است. در این مطالعه سیستم طبقه بندی جدید توده سنگ (SSR) را برای تحلیل پایداری دیواره شمالی معدن سنگ آهن گل گهر مورد استفاده قرار گرفت، نتایج نشان داد که مقدار SSR، 71 است و شیب پایدار دیواره نهایی 38 درجه است. سپس یک آنالیز حساسیت ارتفاع نسبت به فاکتور ایمنی برای زاویه شیب 45 درجه انجام شد، نتایج نشان داد که شیب فعلی تا ارتفاع 185 متر می‌تواند پایدار باشد.

کلمات کلیدي: پايداري شيب، طبقه‌بندي توده‌سنگ، GSI، امتياز توده شيب (SSR)، نمودارهاي طراحي

Abstract

One of the critical aspects in mine design is slope stability analysis and the determination of stable slopes, and also one of the basic methods in the geomechanical analysis are the empirical methods. Rock mass classifications form backbone of the empirical design approach and are wide employed in rock engineering. Even though all the developed rock mass classification systems can be successfully applied in tunneling and underground mining, most of them suffer strong limitations and shortcomings in case of rock slope problems. In particular, limitations arise from their applications to closely jointed rock masses and from the lack of suitable design charts to estimate the stable angle of the slope. Given the lack of suitable systems in the characterization of slope stability of heavily jointed rock masses, a new rock mass classification system called Slope Stability Rating (SSR) have been proposed by Taheri and Tani (2009). In addition to the Geological Strength Index, the proposed system considers five additional parameters whose relative effects on the stability of fractured rock slopes such as: UCS, rock type, slope excavation method, groundwater condition and earthquake force. Also, The SSR design charts for different slope angles (FS =1, 1.2, 1.3, 1.5) were presented. In this study the new rock mass classification (SSR) system was used for determination stable slope of the northern pit wall (slope) of Gol-e-Gohar iron ore mine. The examinations showed that The SSR value is 71 and the stable slope angle of the final pit wall is 38 degrees. Then a sensitivity analyses was applied for height and safety factor for the slope angle of 45 degrees, the results showed that the current slope can be stable to 185 m of height.

Key words: slope stability, rock mass classification, GSI, Slope Stability Rating (SSR), design charts

1- مقدمه

به منظور كاهش مقدار باطله برداري كه بايد در ابتداي معدنكاري سطحي انجام شود و نيز افزايش سودآوري، ديواره نهايي معادن معمولا در حداكثر شيب ممكن حفاري مي شوند. متاسفانه اين اهداف اقتصادي مي‌تواند تحت تاثير ريزش شيب ها قرار گيرد. بنابراين ارزيابي پيوسته پايداري ديواره معدن يک بخش مهم در طراحي معادن روباز به شمار مي رود. تخمين پايداري شيب براي بسياري از معادن، نه تنها طي مطالعات امكانسنجي، همچنين در طي مراحل حفاري و عمليات، مورد نياز است. يكي از روش‌هاي طراحي تجربي شيرواني‌هاي سنگي استفاده از سيستم هاي رده-بندي توده سنگ مي‌باشد. بسياري از اين روش ها در مرحله امكان پذيري طراحي يک پروژه كه اطلاعات جامع كمي در رابطه با خواص ژئوتكنيكي توده سنگ در دسترس است، كاربرد دارند. تجربه به دفعات نشان داده كه استفاده درست از رده بندي توده‌سنگ مي-تواند ابزار قدرتمندي در طراحي‌ها باشد. از آنجا كه اين رده‌بندي‌ها بر پايه مشاهده، تجربه و قضاوت

مهندسي منطبق شده است، جهت ارزيابي كيفيت توده-سنگ كاربرد قابل توجهي دارد. بنابراين سيستم هاي طبقه‌بندي توده‌سنگ براي تخمين سريع و قابل اطمينان زاويه پايدار يک شيب ضروري هستن د. در ادامه به معرفي اجمالي سيستم هاي طبقه‌بندي توده‌سنگ مي‌پردازيم.

2- مروري بر سيستم هاي طبقه‌بندي توده‌سنگ

طبقه‌بندي مهندسي سنگ ستون فقرات روش هاي طراحي تجربي بوده و به طور وسيعي در مهندسي سنگ به كار رفته است [1]. بسياري از سيستم هاي طبقه‌بندي توده‌سنگ كه در 100 سال اخير توسعه داده شده اند، در ابتدا با تجربه طراحي تونل ايجاد شده اند. دو مورد از رايج‌ترين سيستم هاي طبقه‌بندي كه پذيرش قابل قبولي در مهندسي معدن و عمران بدست آورده-اند، سيستم طبقه‌بندي ژئومكانيكي، RMR (بنياوسكي 1973) و شاخص كيفيت تونلسازي سنگ Q (بارتون و همكاران 1974)، هستند [2]. از آنجايي كه RMR بر اساس تجربيات تونل ابداع شده، جهت تخمين خواص توده سنگ اطراف سازه هاي زيرزميني معيار خوبي مي باشد. ولي در مورد شيب هاي سنگي مرتفع به علت تغييرات دامنه امتياز هر پارامتر نحوه امتيازدهي سوال برانگيز مي باشد [3]. سيستم Q نيز در تونلسازي كاربرد دارد و براي طراحي شيب‌ها مورد استفاده قرار نمي‌گيرد. در جدول (1) تعدادي از ساير طبقه-بندي‌هايي كه تا كنون ايجاد شده اند، ارائه شده است. با وجود اينكه اين سيستم هاي طبقه‌بندي مي-توانند به طور موفق كيفآميزي براي تونلسازي و معدنكاري زيرزميني به كار برده شوند، بيشتر آنها واقعاً در مورد مسائل شيب سنگ داراي نقايص و محدوديت‌هاي زيادي هستند. به ويژه، از جهت كاربرد آنها براى توده سنگهاى به شدت درزه دار و به دليل كمبود نمودارهاى طراحى مناسب براى تخمين زاويه پايدار شيب، محدوديت‌هايى به وجود مى‌آيند.

در سال 1997 هوك و براون شاخص مقاومت زمين شناسي را براي هر دو مورد توده سنگ‌هاي ضعيف وسخت معرفي نمودند. آنها چارتي را براي تعيين GSI ارائه نمودند كه متخصصين مي توانند توده سنگ را تنها بر اساس

استان يزد، شهرستان طبس، ميدان دانشگاه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد طبس، دبيرخانه همايش
تلفن: ۳۲- ۴۲۳۶۱۲۹ (۰۳۵۳) دورنگار: ۴۲۳۶۱۳۳ (۰۳۵۳)
وب سايت همايش: www.hamayesh-tabas.ir

بررسي‌هاي مشاهده اي رده بندي نمايند [1]. ازآنجايي كه تعيين مقدار GSI تا حدي بستگي به نظر شخص دارد و نيازمند تجربه زياد است، روشي كمي براي تعيين آن توسط سونمز و اولوسي [1] (1999) ارائه شده است، تا اختلاف در تعيين مقاد ير تعيين شده براي GSI توسط افرد مختلف به خصوص افراد كم تجربه كاهش يابد [4]. اين چارت سپس توسط موارد مطالعاتي بيشتر شيب توسط همين افراد (در سال 2002) كمي اصلاح شد كه در شكل (1) آن را ملاحظه مي كنيد. براي نشان دادن كمبود پارامترها براي توصيف شرايط سطحي ناپيوستگي ها و ساختار توده‌سنگ، اين چارت كمي GSI دو اصطلاح را به صورت نشان داده شده در شكل (1) به نام هاي، امتياز ساختاري توده سنگ[2] (SR) و امتياز شرايط سطحي درزه[3] (SCR) مد نظر قرار مي‌دهد. SR بر اساس تعداد حجمي درزه[4] (Jv)، و SCR از سه پارامتر امتياز زبري[5] (R_r)، امتياز هوازدگي[6] (R_w) و امتياز پركننده[7] (R_f) تخمين زده مي‌شود. براي تعيين SR و SCR از روابط زير استفاده مي‌شود [5]:

$$SCR = R_r + R_w + R_f \qquad (1)$$

$$SR = -17.5Ln(J_v) + 79.8 \qquad r \approx 1 \qquad (2)$$

نحوه تعيين R_r و R_w و R_f و همچنين SR و SCR در حاشيه-هاي شكل (1) آمده است. اين چارت به صورت مبنايي براي ايجاد يک سيستم جديد طبقه بندي توده سنگ، كه در ادامه معرفي خواهيم كرد، به كار رفته است.

با توجه به اين مطالب و به اقتضاي نياز مهندسان كه پيش از استفاده از روش‌هاي طراحي پيچيده‌تر، به دنبال يک روش تجربي براي ارزيابي پايداري شيب‌هاي سنگي بزرگمقياس هستند، در اين مقاله يک سيستم طبقه‌بندي سنگ جديد با نمودارهاي طراحي مناسب را معرفي خواهيم كرد.

---

1. Sonmez & Ulusay
2. Structure Rating
3. Surface Condition Rating
4. Volumetric Joint Count
5. Rating of Roughness
6. Rating of Weathering
7. Rating of infilling

استان یزد، شهرستان طبس، میدان دانشگاه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد طبس، دبیرخانه همایش
تلفن: ۳۲- ۴۲۳۶۱۲۹ (۰۳۵۳) دورنگار: ۴۲۳۶۱۳۳ (۰۳۵۳)
وب سایت همایش: www.hamayesh-tabas.ir

3- سيستم جديد طبقه‌بندي توده‌سنگ براي شيب‌ها

طاهري و تاني[1] (2009) سيستم طبقه‌بندي جديدي، به نام امتياز پايداري شيب[2] (SSR) پيشنهاد كرده‌اند كه براي انجام بررسي‌هاي اوليه پايداري شيب مورد استفاده قرار مي‌گيرد. پارامترهايي كه در اين طبقه‌بندي به كار مي‌روند عبارتند از: شاخص مقاومت زمين‌شناسي[3] (GSI)، مقاومت فشاري تك محوره (UCS) سنگ بكر، نوع سنگ، روش حفاري شيب، شرايط آب زيرزميني، نيروي زمين‌لرزه بر اساس وزن هر پارامتر، مقادير امتيازدهي مثبت و يا منفي با توجه به تاثير آنها بر شرايط پايداري شيب‌هاي سنگي درزه‌دار مد نظر قرار گرفته مي‌شوند، سپس با محاسبه مجموع امتيازهاي اين 6 پارامتر، مقدار SSR مربوطه بدست مي‌آيد [2].

در مورد نحوه امتيازدهي به پارامتر نوع سنگ، لازم به توضيح است كه آناليزهاي پايداري نشان دادند كه تغييرات m_i در معيار شكست هوك براون كه تقريبا معادل زاويه اصطكاك داخلي سنگ بكر است، تاثير قابل ملاحظه‌اي بر پايداري شيب‌هاي سنگي دارد. پايداري شيب از طرف ديگر با وزن مخصوص خشك سنگ متناسب است، بنابراين اين دو پارامتر در اصطلاح نوع سنگ[4] مدنظر قرار گرفته‌اند. در جدول (2) قابل مشاهده است كه با افزايش شماره گروه سنگ، كيفيت توده‌سنگ بهبود مي‌يابد. بنابراين، مقادير امتيازدهي مثبت براي اين پارامتر مدنظر قرار گرفته‌اند [2]. در جدول (3) امتيازهاي مربوط به هر پارامتر آمده است.

طاهري و تاني جهت تهيه يك وسيله مناسب براي تخمين اجرايي پايداري شيب سنگي، تعداد ي نمودار طراحي آماده كرده‌اند. تحليل شيب بوسيله كد تعادل محدود CLARA، با مد نظر قرار دادن شيب هاي با ارتفاع 25 تا 400 متر و زاويه شيب هاي 30° تا 70°، انجام شده است. مقادير SSR براي هر مورد در مقابل

---
[1]. Taheri & Tani
[2]. Slope Stability Rating
[3]. Geological Strength Index
[4]. Rock Type (Lithology)

استان يزد، شهرستان طبس، ميدان دانشگاه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد طبس، دبيرخانه همايش
تلفن: ۳۲- ۴۲۳۶۱۲۹ (۰۳۵۳) دورنگار: ۴۲۳۶۱۳۳ (۰۳۵۳)
وب سايت همايش: www.hamayesh-tabas.ir

هندسه و براي فاكتورها ي ايمني متفاوت محاسبه شده است. سيستم SSR ايجاد شده بر اساس 46 مورد مطالعاتي شيب (9 مورد در ايران و 37 مورد در استراليا) با شرايط پايداري و هندسي متفاوت ايجاد و اعتبارسنجي شده و اصلاحاتي روي آن صورت گرفته است. شكل (2) نمودارهاي طراحي اصلاح شده (نهايي) SSR را نمايش مي دهد، كه مجموعه هايي از روابط ارتفاع-SSR طبق زاويه شيب و براي فاكتورهاي ايمني مختلف (1، 1/2، 1/3، 1/5) هستند. همانطور در شكل مشخص است، مجموعه روابط ارتفاع-SSR شيب، شكل مشابهي دارند، اما با افزايش فاكتور ايمني، تدريجاً به سمت راست انتقال مي يابند [2].

در نها يت با يد تاك يد شود كه س يستم جد يد پي شنهادي SSR براي شي بهايي كه به طور واضح كنترل ساختاري هستند، معتبر ني ست. بنابراين تخمين پايداري شي ب بر اساس SSR تنها هنگام ي بايد مد نظر قرار گيرد، كه شكست هاي بالقوه داراي كنترل ساختاري، مورد بررس ي قرار گرفته اند. به علاوه، نظر به اين كه س يستم امتي ازده ي پي شنهادي بي شتر مربوط به شي بهاي بزرگمقي اس است، فقط با يد براي مواردي كه برخي ناپايداري هاي كوچك محلي قابل قبول هستند، مورد استفاده قرار گيرد [2].

4- استفاده از SSR براي ديواره شمالي معدن گل‌گهر

به منظور بررسي نحوه كاربرد طبقه بندي SSR براي شيب ها، اين رده بندي براي ديواره شمالي معدن سنگ آهن گل گهر مورد استفاده قرار گرفت ه و بر اساس آن پايداري اين ديواره بررسي شده است.

4-1- موقعيت معدن شماره 1 گل‌گهر

معدن شماره 1 سنگ آهن گل گهر با داشتن ذخيره اي بالغ بر 270 ميليون تن در فاصله 55 كيلومتري جنوب غربي شهر سيرجان ، بين طول هاي شرقي $55^{\circ}15'40''$ و $55^{\circ}22'33''$ و عرض‌هاي شمال $29^{\circ}03'10''$ و $29^{\circ}07'04''$ واقع است.

استان يزد، شهرستان طبس، ميدان دانشگاه، دانشگاه آزاد اسلامي واحد طبس، دبيرخانه همايش
تلفن: ۳۲- ۴۲۳۶۱۲۹ (۰۳۵۳) دورنگار: ۴۲۳۶۱۳۳ (۰۳۵۳)
وب سايت همايش: www.hamayesh-tabas.ir

معدن داراي 2200 متر طول و 750 متر عرض مي باشد و عمق نهايي آن به 260 متر مي رسد. جنس سنگ ديواره شمالي پيت كوارتز شيست مي باشد [6]. عمق فعلي معدن 135 متر است.

4-2- تعيين امتياز SSR

در ابتدا بايد امتياز هر يک از پارامترهايي را كه در تعيين SSR شركت دارند را با توجه به جدول (2) تعيين كنيم، سپس جمع جبري امتياز همه پارامترها، مقدار SSR را به ما مي دهد. در انتها با استفاده از نمودارهاي طراحي مربوط به ضريب ايمني مورد قبول در كارهاي معدني، وضعيت پايداري ديواره شيب مناسب را بررسي خواهيم كرد.

ابتدا بايد GSI را تعيين كنيم. با استفاده از شكل (1) مقدار SCR برابر 9 بدست آمده است. مقادير مربوطه براي شرايط درزه در جدول (4) آمده اند. با توجه به اين كه مقدار J_v براي اين ديواره 6/15 است، با استفاده از رابطه (2) يا نمودار حاشيه شكل (1) مقدار SR برابر با 48 و در نهايت مقدار GSI با استفاده از نمودار مربوطه برابر با 44 بدست آمد. براي تعيين مقاومت فشاري تک محوره تعدادي آزمايش بر روي نمونه هاي كوارتزشيست انجام شد، كه نتايج آن در جدول (5) آمده است. با توجه به اينكه سنگ ديواره شمالي كه از جنس كوارتزشيست است، در گروه 5 قرار مي‌گيرد. جدول (7) امتياز هر يک از پارامترهاي تعيين كننده را نشان مي دهد. در نهايت از مجموع امتيازات همه پارامترها SSR برابر با 71 بدست مي‌آيد. براي بررسي وضعيت ايمني شيب مذكور به شكل (2-ب) مراجعه مي‌شود. شيب مناسب براي ديواره نهايي برابر با 38 درجه (با ضريب ايمني 1/2) بدست آمد. نمودار شكل (3-ب) تغييرات زاويه شيب نسبت به فاكتور ايمني را نمايش مي‌دهد. همچنين آناليز حساسيت فاكتور ايمني نسبت به ارتفاع شيب براي زاويه شيب فعلي ديواره، يعني شيب 45 درجه در سنگ، انجام شده است. همانطور كه در

استان يزد، شهرستان طبس، ميدان دانشگاه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد طبس، دبيرخانه همايش
تلفن: ۳۲- ۴۲۳۶۱۲۹ (۰۳۵۳) دورنگار: ۴۲۳۶۱۳۳ (۰۳۵۳)
وب سايت همايش: www.hamayesh-tabas.ir

شکل (3-ب) می‌توان مشاهده کرد، نتایج این آنالیز نشان می‌دهد که در صورت ادامه معدنکاری با شیب فعلی، هنگامیکه عمق معدن به 185 متر برسد، احتمال شکست دیواره شمالی بسیار زیاد است.

5- بحث و نتیجه‌گیری

از این مطالعه نتایج زیر بدست آمده اند:

1) سیستم‌های طبقه‌بندی توده‌سنگ به طوری که در سال‌های اخیر برای مسائل پایداری شیب ایجاد شده‌اند، به ویژه در تحلیل پایداری شیب توده سنگ‌های پر درزه یا شکسته شده، دارای محدودیت‌هایی هستند.

2) با توجه به بررسی ها مقدار GSI برای کوارتز شیست برابر با 44 بدست آمد. مقاومت فشاری کوارتز شیست خشک برابر با 67 MPa می‌باشد.

3) مقدار امتیاز SSR برای دیواره شمالی برابر با 71 بدست آمد. بنابراین با در نظر گرفتن فاکتور ایمنی 1/2 زاویه پایدار دیواره در حدود 38 درجه می‌باشد.

4) آنالیز حساسیت فاکتور ایمنی نسبت به ارتفاع شیب نشان داد که در صورت ادامه معدنکاری با شیب فعلی، یعنی 45 درجه در سنگ، هنگامیکه عمق معدن به 185 متر برسد احتمال شکست دیواره شمالی وجود دارد.

منابع:

1- Singh B., Goel R.K., ***Rock Mass Classification, a Practical Approach in Civil Engineering***. Elsevier Science Ltd, 1999.
2- Taheri A., Tani K., 2009, ***Assessment of the Stability of Rock Slopes by the Slope Stability Rating Classification System***, Rock Mech Rock Eng, Springer-Verlag, 00603-009-0050-4.
3- Douglas K., 2002,. ***The Shear Strength of Rock Masses***. Ph.D. thesis. University of New South Wales, Department of Civil Engineering, Australia.
4- Sonmez H, Ulusay R., 1999, ***Modification to the geological strength index (GSI) and their applicability to stability of slopes***, Int J Rock Mech Min Sci 36:743–760300325.
5- Sonmez H., Ulusay R., 2002, ***A discussion on the Hoek–Brown failure criterion and suggested modification to the criterion verified by slope stability case studies***, Yerbilimleri (Earthsciences) 26:77–99 150 175 200 225.
6- مهندسین مشاور کوشا معدن، ***طرح بهره برداری از معدن سنگ آهن گل‌گهر***، مدیریت

استان یزد، شهرستان طبس، میدان دانشگاه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد طبس، دبیرخانه همایش
تلفن: ۳۲- ۴۲۳۶۱۲۹ (۰۳۵۳) دورنگار: ۴۲۳۶۱۳۳ (۰۳۵۳)
وب سایت همایش: www.hamayesh-tabas.ir

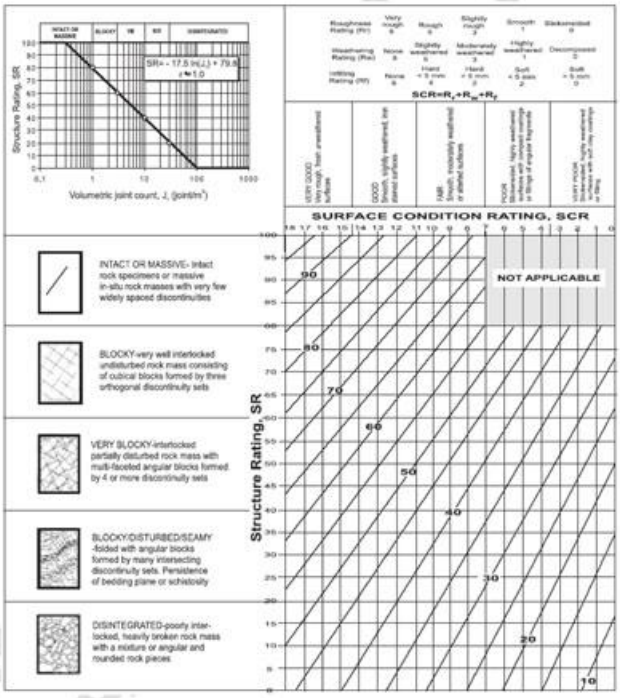
امور معدن شرکت سنگ آهن گل گهر، 1384.

ضمائم

جدول1- مروري بر سيستم‌هاي طبقه‌بندي توده‌سنگ [1و2و3]

سيستم طبقه‌بندي	ايجاد كننده	مشخصات	توضيح
امتيازدهي توده سنگ MRMR (Mining Rock Mass Rating)	لايوبشر (Laubscher) (1977)	در نظر گرفتن اثر تنش‌هاي القا شده برجا، اثر آتشباري و هوازدگي را در RMR و اصلاح آن	اساساً براي معدنكاري زيرزميني معرفي شده است، كاربرد آن براي طراحي شيب‌هاي سنگي داراي محدوديت‌هايي مي‌باشد
مقاومت توده‌سنگ (RMS) (Rock Mass Strength)	سلبي (Selby) (1980)	بر مبناي شيروانی‌هاي طبيعي سنگي پايدار توسعه داده شده.	براي شيب ديواره معادن كه عمر محدود دارند، محافظه‌كارانه مي‌باشد
سيستم SRMR (Slope Rock Mass Rating)	روبرتسون و همكاران (Robertson et.al) (1987)	براي مقادير RMR < 40	جهت ارزيابي پارامترهاي مقاومت توده‌سنگ توسعه داه شده
سيستم M-RMR (Modified Rock Mass Classification)	يونال (Unal) (1996)	طبقه‌بندي بهتر توده‌سنگ‌هاي ضعيف لايه‌اي وحاوي رس	پايگاه داده‌اي اين روش بسيار محدود بوده وجهت كاربردهاي كلي توصيه نمي شود
امتياز توده شيب SMR (Slope Mass Rating)	رومانا (Romana) (1985)	براي ارزيابي پايداري شيب‌هاي سنگي	سينگ و گول محدوديت‌هاي آن را در مورد توده‌سنگ‌هاي شيب‌هاي بزرگ مقياس ثابت

کیفیت پایه (BQ) (Basic Quality)	-	بر اساس یک پایگاه داده گسترده از پروژه-های اطراف چین معرفی شد	هیچ داده آماری ارائه شده‌ای برای تایید فرمول آن وجود ندارد
شاخص توده‌سنگ (RMi) (Rock Mass Index)	پالمستروم (Palmstorm) (1995)	تعیین مقاومت توده‌سنگ به عنوان یک ماده سازه‌ای	به عنوان یک عبارت نسبی از مقاومت توده‌سنگ نگریسته می‌شود، در شیب استفاده نشده است.



شکل 1- چارت کمی اصلاح شده GSI [5]

جدول2- گروه‌های تعریف شده سنگ به منظور پایداری شیب [2]

گروه	نوع سنگ	نام سنگ‌ها	مقادیر m_i	وزن مخصوص خشک سنگ

استان یزد، شهرستان طبس، میدان دانشگاه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد طبس، دبیرخانه همایش
تلفن: ۳۲- ۴۲۳۶۱۲۹ (۰۳۵۳) دورنگار: ۴۲۳۶۱۳۳ (۰۳۵۳)
وب سایت همایش: www.hamayesh-tabas.ir

				(kN/m³)
1	رسوبی	شیل رس، گلسنگ، سنگ رس و مارن	4	25/0
2	دگرگونی	شیست‌ها و میلونیت‌ها	6	26/6
3	رسوبی دگرگونی	شیل سنگ آهک، دولومیت، سنگ آهک، چالک وسیلتستون شیل، فیلیت و مرمر	9	27/0
4	رسوبی آذرین	انیدریت و گیپسیم توف، بازالت، برش، داسیت و ریولیت	16	27/2
5	رسوبی دگرگونی آذرین	برش، گرایویک، ماسه‌سنگ و کنگلومرا هورنفلس دولریت،اپسیدین،آندزیت، نوریت و آگلومرا	20	27/3
6	آذرین	گرانیت، گرانودیوریت، دیوریت گابرو	28	28/6

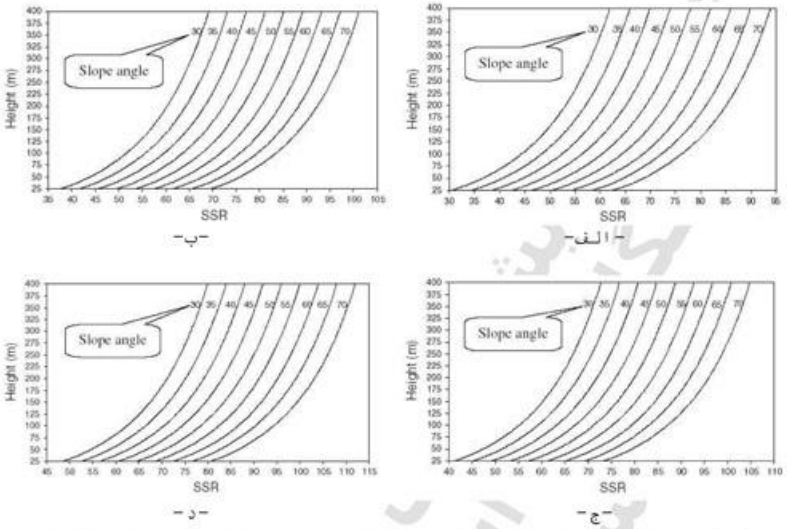
اولین همایش ملی معدن و علوم وابسته
دانشگاه آزاد اسلامی واحد طبس
اسفند 1388

استان یزد، شهرستان طبس، میدان دانشگاه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد طبس، دبیرخانه همایش
تلفن: ۳۲- ۴۲۳۶۱۲۹ (۰۳۵۳) دورنگار: ۴۲۳۶۱۳۳ (۰۳۵۳)
وب سایت همایش: www.hamayesh-tabas.ir

جدول2- سیستم طبقه‌بندي امتیاز پایداري شیب (SSR) ارزیابي اولیه پایداري شیب [2]

	پارامتر		بازه مقادیر					
1	امتیاز GSI اصلاح شده		(مراجعه شود به شکل 1)					
			0-100					
2	امتیاز مقاومت فشاری تک‌محوره (MPa)		0-10	10-25	25-50	50-100	100-150	150-200
			0	7	18	28	37	43
3	امتیاز نوع سنگ (مراجعه شود به جدول 2)		گروه1	گروه2	گروه3	گروه4	گروه5	گروه6
			0	4	9	17	20	25
4	امتیاز روش حفاری		دمپ باطله	انفجار ضعیف	انفجار عادی	انفجار ملایم	پیش شکافی	شیب طبیعی
			-11	-4	0	6	10	24
5	امتیاز آب زیر زمینی	ارتفاع شیب/ارتفاع)*100 سطح آب زیر زمینی تا پایین شیب (	خشک	0-20%	20-40%	40-60%	60-80%	80-100%
			0	-1	-3	-6	-14	-18
6	امتیاز نیروی زمین‌لرزه	شتاب افقی	0	0/15 g	0/20 g	0/25 g	0/30 g	0/35 g
			0	-11	-15	-19	-22	-26

استان یزد، شهرستان طبس، میدان دانشگاه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد طبس، دبیرخانه همایش
تلفن: ۳۲- ۴۲۳۶۱۲۹ (۰۳۵۳) دورنگار: ۴۲۳۶۱۳۳ (۰۳۵۳)
وب سایت همایش: www.hamayesh-tabas.ir



-الف- -ب-

-ج- -د-

شکل2- نمودارهاي طراحي شيب سنگي بر اساس طبقه‌بندي SSR الف) فاکور ايمني1، ب) فاکور ايمني 1/2، ج) فاکورايمني1/3، د) فاکور ايمني 1/5 [2]

جدول 4- تعيين امتياز شرايط سطحي ناپيوستگي‌ها

پارامتر	وضعيت	امتياز
R_r	عموما هموار تا کمي زبر	3
R_w	غالبا کم	3
R_f	کاني تالک و گلسيت	3
SCR	9	

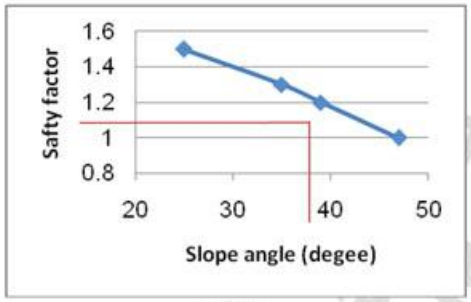
جدول 5- نتايج آزمايشات تعيين مقاومت فشاري تکمحوره کوارتزشيست

مقدار UCS			
حداقل	ميانگين	حد اکثر	انحراف استاندارد
54/98	66/97	81/46	11/4

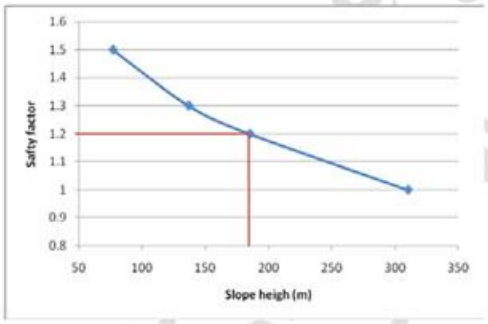
جدول6- امتيازات جهت رده بندي ديواره شمالي معدن سنگ آهن گل‌گهر

پارامتر	GSI	UCS	نوع سنگ	روش حفاري	وضعيت آب	شتاب زمين لرزه
وضعيت	44	67	گروه 5	انفجار ضعيف	40-60%	0/15g
امتياز	44	28	20	-4	-6	-11

استان يزد، شهرستان طبس، ميدان دانشگاه، دانشگاه آزاد اسلامي واحد طبس، دبيرخانه همايش
تلفن: ۳۲- ۴۲۳۶۱۲۹ (۰۳۵۳) دورنگار: ۴۲۳۶۱۳۳ (۰۳۵۳)
وب سايت همايش: www.hamayesh-tabas.ir



-الف-



-ب-

شکل3- نمودارهاي آناليز حساسيت الف) زاويه شيب نسبت به زاويه شيب براي شيب با ارتفاع 260 متر ب) فاکتور ايمني نسبت به ارتفاع شيب با زاويه 45 درجه

استان یزد، شهرستان طبس، میدان دانشگاه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد طبس، دبیرخانه همایش
تلفن: ۳۲- ۴۲۳۶۱۲۹ (۰۳۵۳) دورنگار: ۴۲۳۶۱۳۳ (۰۳۵۳)
وب سایت همایش: www.hamayesh-tabas.ir