



ارزیابی و تعیین شاخص فابریک توده سنگ با توجه به سیستم های رده بندی توده سنگ

محمد غفوری^۱، غلامرضا لشکری پور^۲، طاهر مرادی^{۳*}، حمیدرضا رستمی بارانی^۴

۱- دانشیار گروه زمین شناسی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استاد گروه زمین شناسی دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد

Moradi.taher@gmail.com

چکیده

شاخص فابریک توده سنگ معرف کیفیت زمین شناسی توده سنگ است و با توصیف خصوصیات ذاتی توده سنگ، قدرت درک و فهم بیشتری نسبت به کیفیت توده سنگ اصلی به کاربران می دهد. از این شاخص به عنوان داده ورودی در مدل کردن توده سنگ مکانیک سنگ استفاده می شود. در این تحقیق از پارامترهای مشترک چهار سیستم رده بندی RMR، Q، GSI و RMI مرتبط با خصوصیات منحصر به فرد توده سنگ، برای تعیین شاخص فابریک توده سنگ در ۵۸ بخش از ۱۱ پروژه استفاده شده است. مقایسه بین داده های اندازه گیری شده و محاسبه شده از چارت شاخص فابریک توده سنگ نشان دهنده هماهنگی و سازگاری بین مقادیر اندازه گیری شده و محاسبه شده است. نتایج نشان دهنده ضریب همبستگی بالای بین این روابط و همخوانی خوب بین مقادیر پیش بینی شده و اندازه گیری می باشد.

واژگان کلیدی: فابریک شاخص توده سنگ، اندازه بلوک شرایط درزه، طبقه بندی

مقدمه

در سیستم های طبقه بندی توده سنگ بیشترین توجه به خصوصیات کیفی موثر بر توده سنگ و تغییرات محدوده آن است. معمولاً کیفیت توده سنگ به طور مستقیم به وسیله مقادیر عددی یا توابع خطی و غیر خطی پارامترهایی معین تعیین می شود. اما برخلاف تعریف توده سنگ در سیستم های مختلف رده بندی، پارامترهایی که ارتباطی با خصوصیات ذاتی توده سنگ ندارند مورد استفاده قرار می گیرند. بعنوان مثال رژیم نیرویی، فشار آب و جهت حفاری از جمله این پارامترها هستند. هدف از این مقاله، ارائه رابطه جامع و کلی بین توابع تعریف شده از سیستم های مختلف طبقه بندی کیفیت توده سنگ است، تا بوسیله آن بتوان به راحتی شاخص فابریک توده سنگ را برای پروژه های مختلف با وجود داده های کم به زبانی مشترک و قابل فهم برای کلیه کاربران بیان نمود.

روشهای تعیین شاخص فابریک توده سنگ

الف)- تعیین شاخص فابریک توده سنگ با توجه به ساختار سنگ

با استفاده از چهار سیستم رده بندی توده سنگ RMR، Q، GSI و RMI می توان شاخص فابریک توده سنگ را بدست آورد. بدین منظور Tzamos and Sofianos در سال ۲۰۰۷ پارامترهای مشترک این سیستمها را در ارتباط با ساختار سنگ و شرایط سطح درزه مورد ارزیابی و سنجش قرار داده اند و تابع کلی تعیین شاخص فابریک توده سنگ را به صورت زیر بیان نمودند (Tzamos and Sofianos.,2007).

$$F = F(BS, JC) \quad (1)$$

که در آن

$$F(BS) = \text{مولفه ساختار توده سنگ}$$

$$F(JC) = \text{مولفه شرایط سطح درزه است.}$$

در این حالت می توان شاخص فابریک توده سنگ را با نموداری که محور عمودی آن (y) مولفه ساختاری توده سنگ و محور طولی آن (x) مولفه شرایط درزه است نشان داده شده در شکل ۱ که خطوط تراز هم پتانسیل مرتبط با این دو مولفه نشان دهنده شاخص فابریک توده سنگ است.

ب)- تعیین شاخص فابریک توده سنگ با استفاده از سیستم رده بندی RMR (FRMR)

کیفیت مغزه سنگی حفاری شده (RQD) و فاصله ناپیوستگیها (J_s) که با مولفه ها R₂ و R₃ نشان شده اند، نشان دهنده اندازه بلوک می باشند. همانطور که در شکل ۱ مشاهده می شود R₂ و R₃ که در تعیین شاخص فابریک توده سنگ محور عمودی (y) و شرایط ناپیوستگی درزه بعنوان مولفه R₄ در محور افقی (x) نشان داده شده است. شاخص فابریک توده سنگ مجموع این مولفه ها می باشد که در رابطه زیر نشان داده می شود:

$$F_{RMR} = R_2 + R_3 + R_4 \quad (2)$$

مقدار شاخص فابریک توده سنگ در این سیستم بین ارقام ۸ تا ۷۶ متغیر است.

ج)- تعیین شاخص فابریک توده سنگ با سیستم رده بندی Q (FQ)

در سیستم رده بندی Q پارامترهای مربوط به ساختار توده سنگ، کیفیت مغزه حفاری (RQD) و تعداد دسته درزهها (J_n) می باشند. این پارامترها به نسبت های معین مولفه محور عمودی (y) نمودار را در شکل تشکیل داده که نماینده اندازه بلوک می باشند. پارامترهای شرایط سطح درزه عبارتند از زبری سطح درزه (J_r) و هوازگی درزهها (J_a) که با نسبت های معین مولفه محور X ها را در شکل ۱ تشکیل می دهند. حاصلضرب مولفه محور های (x) و (x) تعیین کننده شاخص فابریک توده سنگ در این رده بندی است که بصورت رابطه زیر بیان می شود:

$$F_Q = \frac{RQD}{J_n} \cdot \frac{J_r}{J_a} = Q' \quad (3)$$

محدوده گسترش شاخص فابریک توده سنگ در این سیستم بین اعداد ۰,۰۲۰۸ تا ۱۰۰۰ می باشد.



د- تعیین شاخص فابریک توده سنگ با استفاده از سیستم GSI (FGSI)

در سیستم GSI وضعیت ساختاری سنگ مستقیماً از مولفه محور γ ها در چارت GSI (Cai et al, 2004) مشخص می‌گردد در حالیکه محور α ها نیز شرایط سطح درزه را تعیین می‌کند. در ابتدا محدوده هر یک از مولفه بر روی محورها به طور کمی و عددی درجه بندی نگردیده و فقط بر دانش زمین شناسی و بطور توصیفی بیان شده بودند. بعداً توسط سونمیز و یولسای (Sonmez and Ulusay, 1999) و سای و همکاران (Cai et al., 2004) اندازه بلوک و شرایط سطح درزه را بصورت کمی بیان نمودند. شاخص فابریک توده سنگ در سیستم GSI بطور مستقیم از شاخص مقاومت توده سنگ که بوسیله خطوط ترازهایی در چارت GSI نشان داده شده است طبق رابطه زیر تعیین می‌گردد:

$$F_{GSI} = GSI \quad (4)$$

ر- تعیین شاخص فابریک توده سنگ با استفاده از سیستم RMI (FRMI)

در سیستم رده بندی RMI ساختار توده سنگ بر روی محور عمودی γ ها به وسیله حجم بلوک V_b و نیز شرایط درزه بر روی محور افقی α ها با فاکتور J_c در شکل نمایش ۱ داده شده اند. فابریک شاخص توده سنگ با استفاده از این سیستم برابر با پارامتر درزه JP بوده و از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$F_{RMI} = J_P = 0.2 \sqrt{J_c V_b^D} \quad \bullet \quad D = 0.37 J_c^{-0.2} \quad (5)$$

محدود تغییرات شاخص فابریک توده سنگ در این سیستم بین ۰,۰۰۰۰۱ تا ۱ متغیر می‌باشد.

شاخص فابریک توده سنگ به طور یکسان در چهار سیستم طبقه بندی وابسته به دو مولفه ساختار توده سنگ و شرایط سطح درزه است. اما این دو مولفه دارای درجه بندی پایه و مشابهی نبوده لذا Tzamos and Sofianos در سال ۲۰۰۷ برای برقراری ارتباط بین آنها برای تعیین شاخص فابریک توده‌های سنگی این دو مولفه را به صورت اساسی مقیاس بندی نموده و سپس چارت شاخص فابریک توده سنگ را در شکل ۱ ارائه داده نموده اند.

ارزیابی شاخص فابریک توده سنگ

در این مقاله ۵۸ مقطع از ۱۱ پروژه مختلف (سه پروژه مربوط به تونل مختلف در ایران و ۸ پروژه از منابع خارجی) که طبقه مهندسی توده سنگ (Q, RMR, GSI, RMI) بر اساس داده های صحرای مورد بررسی قرار گرفت. مولفه‌های مرتبط با شاخص فابریک توده سنگ با توجه به اطلاعات بدست آمده استخراج و ثبت گردید. که نتایج در جدول ۱ نشان داده شده است.

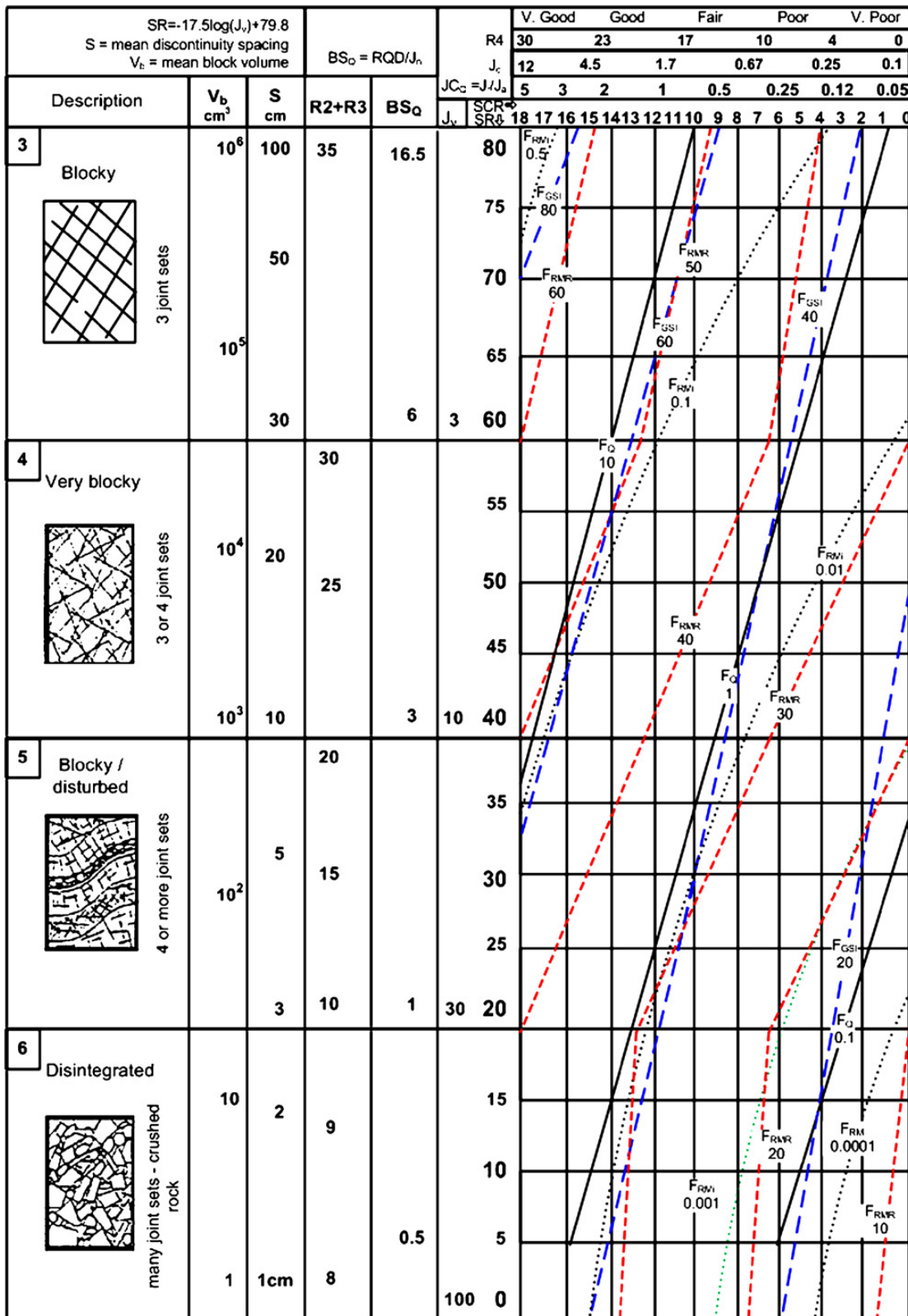
برای تخمین شاخص فابریک توده سنگ از جدول ۱ و داده های تخمینی از نمودار شکل ۱ یکسری گراف ترسیم شده که در شکل ۲ (a,b,c) ارائه شده است. با توجه به این شکل روابط تجربی زیر برای تخمین شاخص فابریک با ضرایب همبستگی بالا بدست آمده که به شرح ذیل می‌باشد.

$$\begin{aligned}
 \left[F_{RMR} \text{ (Pr edicted from Q)} = 1.049 F_{RMR} + 3.335 \right] & , \quad R = 0.9568 \\
 \left[F_{GSI} \text{ (Pr edicted from Q)} = 1.035 F_{GSI} - 2.707 \right] & , \quad R = 0.922 \\
 \left[F_Q \text{ (Pr edicted from RMR)} = 0.731 \text{Log } F_Q - 0.084 \right] & , \quad R = 0.9165
 \end{aligned}
 \tag{۶}$$

جدول ۱) تعیین شاخص فابریک توده سنگ با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده



| 1 Site | 2 Section | 3 RMR system | | | 6 Q system | | | 9 GSI system | | |
|---|---------------|-----------------|------|------|---------------|-------|--------|-----------------|------|------|
| | | R2+ R3 | R4 | FRMR | BSQ | JCQ | FQ | SR | SCR | FGSI |
| | | | | | | | | | | |
| 1.Hariroud tunnel (طریق ازلې، ۱۳۸۳) | SH | 28 | 15 | 43 | 6.75 | 2 | 13.5 | 950 | 0.74 | 57.5 |
| | M1 | 30 | 18 | 48 | 7.66 | 3 | 23 | 950 | 1.35 | 61.5 |
| | M2 | 25 | 16 | 41 | 5.91 | 1.5 | 8.87 | 215 | 0.74 | 48 |
| | M3 | 32 | 20 | 52 | 7.08 | 3 | 21.25 | 350 | 1.35 | 56 |
| | M4 | 30 | 15 | 45 | 7.58 | 1 | 7.58 | 205 | 0.73 | 44 |
| | M5 | 35 | 18 | 53 | 7.75 | 3 | 23.25 | 600 | 1.35 | 62.5 |
| 2.Kasilian tunnel (میر محرابی، ۱۳۸۴) | KSH | 23 | 13 | 36 | 6.16 | 1 | 6.16 | 29.5 | 0.3 | 31.5 |
| | A | 26 | 14.5 | 40.5 | 8.33 | 0.75 | 6.25 | | | |
| | B | 28 | 9.5 | 37.5 | 9.44 | 0.5 | 4.72 | | | |
| | C | 25 | 11 | 36 | 7.55 | 0.25 | 1.88 | | | |
| 3.Darongar tunnel (غفوری و همکاران، ۱۳۸۶) | I | 29 | 10 | 39 | 6.6 | 1.5 | 9.9 | 45 | 0.6 | 45 |
| | II | 29 | 10 | 39 | 6.66 | 1.5 | 9.99 | 52 | 0.77 | 50 |
| | III | 20 | 10 | 30 | 2.66 | 1.5 | 2.0559 | 23 | 0.77 | 43 |
| | IV | 23 | 10 | 39.7 | 5.4 | 1.5 | 8.1 | 13 | 0.71 | 38 |
| 4. Guledar Dam Turkey (Basarir et al, 2005) | Limestone | 23 | 11 | 34 | 7.67 | 0.32 | 1.88 | | | 43 |
| | Sandstone | 16 | 8 | 24 | 5.67 | 0.2 | 0.45 | | | 33 |
| | Diabase | 13 | 3 | 16 | 1.87 | 0.08 | 0.12 | | | 19 |
| 5. Tenerife Spain (Justo et al, 2006) | d1 | 27 | 25 | 52 | 5.5 | 1.5 | 8.25 | 62 | 12 | 52 |
| | d2 | 16 | 20 | 36 | 2.83 | 1.5 | 4.25 | 25 | 11 | 39 |
| | d3 | 8 | 15 | 23 | 0.56 | 0.75 | 0.42 | 5 | 8 | 28 |
| 6.Constantinople metro (Dalgic, 2002) | Sandstone | 28 | 20 | 48 | 8.33 | 1.5 | 12.5 | | | 62 |
| | Sandstone | 16 | 20 | 36 | 5.56 | 0.333 | 1.85 | | | 43 |
| | Mudstone | 23 | 20 | 43 | 4.17 | 0.667 | 2.78 | | | 52 |
| | Mudstone | 16 | 10 | 26 | 2.08 | 0.25 | 0.52 | | | 30 |
| | Fault zone | 18 | 10 | 20.5 | 1.25 | 0.125 | 0.16 | | | 19 |
| | Fault zone | 8 | 0 | 8 | 0.75 | 0.05 | 0.04 | | | 18 |
| 7. Tuzla tunnel (Dalgic, 2003) | Blocky | 23 | 14 | 37 | | | | | | 35 |
| | Brecciated | 11 | 6 | 17 | | | | | | 25 |
| | Clayey | 8 | 0 | 8 | | | | | | 15 |
| 8.Beykoz tunnel (Dalgic, 2000) | Blocky | 16 | 20 | 27.7 | 2 | 0.5 | 1 | | | |
| | Disintegrated | 8 | 8 | 16 | 1 | 0.1 | 0.1 | | | |
| 9.Excavations in chalk rock (Polishook et al, 1998) | Rosh-Haniqra | 21 | 25 | 46 | 8.33 | 1 | 8.33 | | | |
| | Beit-she'arim | 16 | 25 | 41 | 6.67 | 1 | 6.67 | | | |
| | Mesilat-Zion | 16 | 25 | 41 | 2.4 | 1.5 | 3.6 | | | |
| | Maresha | 23 | 25 | 48 | 5 | 3 | 15 | | | |
| | Avedat | 23 | 25 | 42.6 | 5.83 | 0.67 | 3.89 | | | |
| | Ramat-Hovav | 18 | 25 | 43 | 7.5 | 0.75 | 5.63 | | | |
| | Ein-Ziq | 16 | 25 | 41 | 3.58 | 0.67 | 2.39 | | | |
| 10.Sydney tunnels (Pells, 2002) | I | 32 | 25 | 57 | 45 | 3 | 135 | | | |
| | II | 31 | 22 | 53 | 20 | 3 | 60 | | | |
| | III | 25 | 20 | 45 | 16.3 | 0.75 | 12.2 | | | |
| | IV | 15 | 10 | 25 | 4.17 | 0.666 | 2.78 | | | |
| | V | 11 | 10 | 21 | 0.83 | 0.333 | 0.28 | | | |
| 11.Himalaya half tunnels (Anbalagan et al, 2003) | K1 | 30 | 25 | 55 | 15.3 | 3 | 46 | | | |
| | K2 | 30 | 25 | 55 | 15.9 | 3 | 48 | | | |
| | K3 | 30 | 25 | 55 | 15.9 | 3 | 48 | | | |
| | M1 | 30 | 30 | 60 | 29.5 | 3 | 89 | | | |
| | M2 | 33 | 30 | 63 | 31.7 | 3 | 95 | | | |
| | M3 | 33 | 30 | 63 | 30.6 | 3 | 92 | | | |
| | PI | 30 | 25 | 55 | 21.3 | 3 | 64 | | | |
| | P2 | 30 | 25 | 55 | 20.5 | 3 | 62 | | | |
| | T1 | 30 | 25 | 55 | 15.9 | 3 | 48 | | | |
| | T2 | 30 | 30 | 60 | 15.9 | 3 | 48 | | | |
| | T3 | 30 | 25 | 55 | 16.4 | 3 | 49 | | | |
| | T4 | 30 | 25 | 55 | 16.4 | 3 | 49 | | | |
| | T5 | 30 | 30 | 57.6 | 16.4 | 3 | 49 | | | |
| | T6 | 30 | 25 | 55 | 16.4 | 3 | 49 | | | |
| T7 | 30 | 25 | 55 | 15.9 | 3 | 48 | | | | |

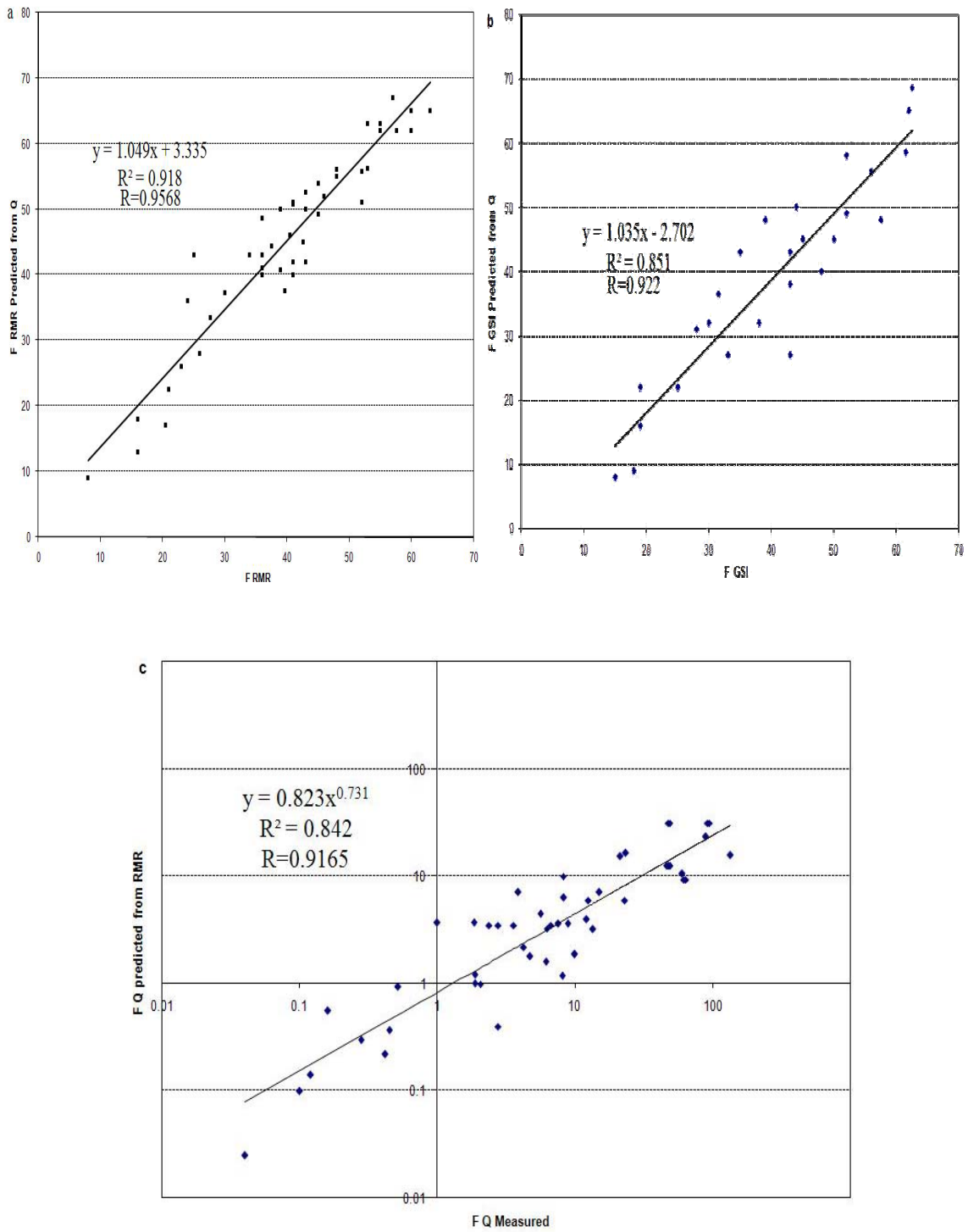


شکل ۱) نمودار تعیین شاخص فابریک توده سنگ (Tzamos and Sofianos., 2007)



جدول ۲) تخمین شاخص فابریک توده سنگ با استفاده از جدول ۱

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|-----------------------------|---------------|----------------|------|-------|------------------|------|-------|----------------|------|------|
| Site | Section | From Q ratings | | | From RMR ratings | | | From Q ratings | | |
| | | R2+ R3 | R4 | FRMR | BSQ | JCQ | FQ | SR | SCR | FGS1 |
| | | | | | | | | | | |
| 1.Hariroud tunnel | SH | 30.36 | 22 | 52.56 | 5.4 | 0.6 | 3.24 | 58 | 10 | 48 |
| | M1 | 30.79 | 25.3 | 56.13 | 6 | 1 | 6 | 60 | 11.5 | 58.5 |
| | M2 | 29.7 | 21 | 50.7 | 4.5 | 0.8 | 3.6 | 50 | 10 | 40 |
| | M3 | 30.5 | 25.3 | 55.84 | 10.2 | 1.5 | 15.3 | 68 | 12.5 | 55.5 |
| | M4 | 30.75 | 18.5 | 49.25 | 6 | 0.6 | 3.6 | 60 | 10 | 50 |
| | M5 | 30.83 | 25.3 | 56.17 | 16.5 | 1 | 16.5 | 80 | 11.5 | 68.5 |
| 2.Kasilian tunnel | KSH | 30.07 | 18.5 | 48.57 | 3.9 | 0.4 | 1.6 | 45 | 8.5 | 36.5 |
| | A | 31.1 | 15 | 46 | 4.8 | 0.5 | 3.25 | | | |
| | B | 32.6 | 12 | 44.4 | 5.4 | 0.31 | 1.8 | | | |
| 3.Darongar tunnel | C | 31 | 9 | 40 | 4.5 | 0.38 | 1 | | | |
| | I | 21.25 | 19.5 | 40.75 | 5.7 | 0.33 | 1.88 | 58 | 13 | 45 |
| | II | 30.5 | 19.5 | 50 | 5.7 | 0.33 | 1.88 | 58 | 13 | 45 |
| 4. Guledar Dam Turkey | III | 17.8 | 19.5 | 37.3 | 3 | 0.33 | 0.99 | 40 | 13 | 27 |
| | IV | 18.05 | 19.5 | 37.55 | 3.9 | 0.33 | 1.18 | 45 | 13 | 32 |
| | Limestone | 32 | 11 | 43 | 3.63 | 0.33 | 1.2 | 45 | 7 | 38 |
| | Sandstone | 29 | 7 | 36 | 1.86 | 0.2 | 0.37 | 33 | 5 | 27 |
| 5. Tenerife Spain | Diabase | 16 | 2 | 18 | 1.41 | 0.1 | 0.14 | 20 | 2 | 16 |
| | d1 | 29 | 22 | 51 | 5 | 2 | 10 | 57 | 12 | 58 |
| | d2 | 21 | 22 | 43 | 2 | 1.1 | 2.2 | 40 | 12 | 48 |
| 6.Constantinople metro | d3 | 8 | 18 | 26 | 0.5 | 0.45 | 0.22 | 5 | 10 | 31 |
| | Sandstone | 33 | 22 | 55 | 6.03 | 1 | 6 | 66 | 13 | 65 |
| | Sandstone | 29 | 12 | 41 | 3.72 | 1 | 3.7 | 57 | 7 | 43 |
| | Mudstone | 25 | 17 | 42 | 3.55 | 1 | 3.5 | 51 | 10 | 49 |
| | Mudstone | 18 | 10 | 28 | 3.72 | 0.25 | 0.93 | 36 | 6 | 32 |
| 7. Tuzla tunnel | Fault zone | 12 | 5 | 17 | 2.24 | 0.25 | 0.56 | 24 | 4 | 22 |
| | Fault zone | 9 | 0 | 9 | 0.5 | 0.05 | 0.025 | 14 | 0 | 9 |
| | Blocky | | | | | | | 45 | 9 | 43 |
| 8.Beykoz tunnel | Breciated | | | | | | | 22 | 4 | 22 |
| | Clayey | | | | | | | 0 | 0 | 8 |
| | Blocky | 17.5 | 16 | 33.5 | 3.72 | 1 | 3.7 | | | |
| 9.Excavations in chalk rock | Disintegrated | 10 | 3 | 13 | 0.5 | 0.16 | 0.1 | | | |
| | Rosh-Haniqra | 32 | 20 | 52 | 3.16 | 2 | 6.3 | | | |
| | Beit-she'arim | 31 | 20 | 51 | 1.78 | 2 | 3.5 | | | |
| | Mesilat-Zion | 20 | 22 | 42 | 1.78 | 2 | 3.5 | | | |
| | Maresha | 28 | 27 | 55 | 3.59 | 2 | 7.1 | | | |
| | Avedat | 28 | 17 | 45 | 3.55 | 2 | 7.1 | | | |
| | Ramat-Hovav | 31 | 19 | 50 | 2.24 | 2 | 4.5 | | | |
| 10.Sydney tunnels | Ein-Ziq | 23 | 17 | 40 | 1.78 | 2 | 3.5 | | | |
| | I | 40 | 27 | 67 | 7.94 | 2 | 15.8 | | | |
| | II | 36 | 27 | 63 | 7.08 | 1.5 | 10.6 | | | |
| | III | 35 | 19 | 54 | 3.98 | 1 | 4 | | | |
| | IV | 26 | 17 | 43 | 1.59 | 0.25 | 0.4 | | | |
| 11.Himalaya half tunnels | V | 9.5 | 13 | 22.5 | 1.15 | 0.25 | 0.3 | | | |
| | K1 | 35 | 27 | 62 | 6.31 | 2 | 12.6 | | | |
| | K2 | 35 | 27 | 62 | 6.31 | 2 | 12.6 | | | |
| | K3 | 35 | 27 | 62 | 6.31 | 2 | 12.6 | | | |
| | M1 | 38 | 27 | 65 | 4.68 | 5 | 23.4 | | | |
| | M2 | 38 | 27 | 65 | 6.31 | 5 | 31.5 | | | |
| | M3 | 38 | 27 | 65 | 6.31 | 5 | 31.5 | | | |
| | PI | 36 | 27 | 63 | 4.68 | 2 | 9.3 | | | |
| | P2 | 36 | 27 | 63 | 4.68 | 2 | 9.3 | | | |
| | T1 | 35 | 27 | 62 | 6.31 | 2 | 12.6 | | | |
| | T2 | 35 | 27 | 62 | 6.31 | 5 | 31.5 | | | |
| | T3 | 35 | 27 | 62 | 6.31 | 2 | 12.6 | | | |
| | T4 | 35 | 27 | 62 | 6.31 | 2 | 12.6 | | | |
| | T5 | 35 | 27 | 62 | 6.31 | 5 | 31.5 | | | |
| T6 | 35 | 27 | 62 | 6.31 | 2 | 12.6 | | | | |
| T7 | 35 | 27 | 62 | 6.31 | 2 | 12.6 | | | | |



شکل ۲) مقایسه‌ای بین مقادیر اندازه‌گیری و محاسبه شده از روابط تعیین شاخص فابریک توده سنگ



نتیجه گیری

با استفاده از پارامترهای مشترک بین سیستم‌های طبقه بندی توده سنگ می‌توان شاخص فابریک توده سنگ را که در برگیرنده شرایط ذاتی توده سنگ است را به صورت کمی و کیفی تعیین نمود. در این مقاله پارامترهای مربوط به ساختار توده سنگ و شرایط سطح درزه با توجه به سیستم‌های طبقه بندی توده سنگ از ۱۱ پروژه مختلف در ۵۸ مقطع استخراج و بررسی گردیده است.

به منظور ارزیابی شاخص فابریک توده سنگ مقایسه‌ای بین داده‌های مستقیم حاصل از اندازه‌گیری‌های چشمی و تخمین زده شده از نمودار شکل ۱ صورت گرفته است. روابط بدست از ضریب همبستگی بالای برخوردار می‌باشند.

از این روابط میتوان بعنوان یک ابزار برای تخمین شاخص فابریک توده سنگ در صورت کمبود اطلاعات اندازه گیری شده برای طبقه بندی مهندسی توده سنگ، پارامترهای مکانیک سنگی و طراحی استفاده نمود.

منابع فارسی

- طریق ازلی، ص، ۱۳۸۳، تحلیل و پایداری تونل آبگیر پروژه سد درونگر و ارائه سیستم نگهدارنده آن، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته زمین شناسی مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۷۴ صفحه.
- غفوری، م. لشکری پور، غ. ر. رستمی بارانی، ح. ر. و صبا، ع.، ۱۳۸۶. ارزیابی پارامترهای طبقه بندی ژئومکانیکی توده سنگ با استفاده از داده های سطحی و زیر سطحی، یازدهمین انجمن زمین شناسی ایران.
- میر محرابی، ح، ۱۳۸۴، تحلیل و پایداری تونل آبگیر پروژه سد درونگر و ارائه سیستم نگهدارنده آن، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته زمین شناسی مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۲۱۲ صفحه.

- Anbalagan R, Singh B, Bhargava P. Half tunnels along hill roads of Himalaya-aninnovative approach. *Tunnell Undergr Space Tech* 2003;18(4):411-9.
- Basarir H, Ozsan A, Karakus M. Analysis of support requirements for a shallow diversion tunnel at Guledar dam site, Turkey. *Eng Geol* 2005;81:131-45.
- Cai M, Kaiser PK, Uno H, Tasaka Y, Minami M. 2004. Estimation of rock mass deformation modulus and strength of jointed hard rock masses using the GSI System. *Int J Rock Mech Min Sci*;41(1): 3-19.
- Dalgic- S. Tunneling in fault zones, Tuzla tunnel, Turkey. *Tunnell Undergr Space Tech* 2003;18(5):453-65.
- Dalgic- S. A comparison of predicted and actual tunnel behaviour in the Istanbul Metro, Turkey. *Eng Geol* 2002;63:69-83.
- Dalgic- S. The influence of weak rocks on excavation and support of the Beykoz Tunnel, Turkey. *Eng Geol* 2000;58:137-48.
- Justo J, Justo E, Durand P, Azan o' n J. The foundation of a 40-storey tower in jointed basalt. *Int J Rock Mech Min Sci* 2006;43:267-81.
- Pells P. Developments in the design of tunnels and caverns in the Triassic rocks of the Sydney region. *Int J Rock Mech Min Sci* 2002;39:569-87.
- Polishook B, Flexer A. Assessment of chalk rock mass in excavations. *Bull Eng Geol Environ* 1998;57:145-50.
- Sonmez H, Ulusay R. 1999. Modifications to the geological strength index (GSI) and their applicability to stability of slopes. *Int J Rock Mech Min Sci*;36: 743-60.
- Tzamos S, Sofianos AI. 2007. A correlation of four rock mass classification systems through their fabric indices. *Int J Rock Mech Min Sci*;4: 477-495.