Archive of SID

مجله انجمن زمین‌شناسی مهندسی ایران
پاییز وزمستان ۱۳۹۳، جلد هفتم، شماره ۳ و ۴، صفحه ۱۵ تا ۲۶

تعیین اندازه بلوک‌ها در سنگ‌های اولترابازیک ارتفاعات جنوب شهر مشهد

زهره نوربخش رزمی[۱]، غلامرضا لشکری پور[۲*]، محمد غفوری[۲]

دریافت مقاله: ۹۲/۶/۶ پذیرش مقاله: ۹۲/۱۰/۱۵

چکیده

اولترابازیک‌های جنوب شهر مشهد بخش مهمی‌از افیولیت‌های مشهد را تشکیل می‌دهند. به دلیل افزایش قیمت زمین و توسعه شهر مشهد در ارتفاعات جنوبی آن و افزایش ساخت و سازها در این منطقه، مطالعه توده سنگ های اولترابازیک این منطقه و سیستم درزه‌های آن از لحاظ خصوصیات مهندسی توده‌سنگ و تأثیر آنها در ناپایداری شیب‌ها و ترانشه‌های ایجاد شده در این محدوده از اهمیت بسزایی برخوردار شده است. در این مقاله برای محاسبه RQD این سنگ‌ها سه روش تجربی مختلف استفاده شده است که نتایج حاصل از آنها همخوانی مناسبی را با هم نشان می‌دهند. علاوه بر تعیین شاخص کیفیت توده‌سنگ، پارامترهایی از قبیل تراکم وزنی درزه (Wjd) و حجم بلوک (Vb) نیز محاسبه شده که مشخصات بهتری از اندازه بلوک را ارائه می‌دهند. اندازه بلوک به عنوان یک داده ورودی بسیار مهم در بسیاری از محاسبات مهندسی سنگ است و با استفاده از روش‌های تجربی و مدلسازی‌های مختلف قابل تعیین می‌باشد.

کلید واژه‌ها: *اندازه بلوک، اولترابازیک، خط برداشت، حجم بلوک، تراکم وزنی درزه*

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد
[۲] استاد گروه زمین‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد lashkaripour@um.ac.ir
[*] مسئول مکاتبات

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

دامنه های طبیعی با شیب زیاد در جنوب و جنوب غرب مشهد قرار دارد که از جنس سنگ های اولترابازیک و اسلیت و فیلیت هستند. با توجه به هوازدگی شدید این رخنمون ها بخصوص در حد کوه و دشت که خرد شده و گسلیده می‌باشند، ترانشه زنی در این مصالح می‌تواند موجب کاهش پایداری آنها گردد و مستعد وقوع لغزش در طی زلزله خواهند شد (حافظی مقدس و قزی، ۱۳۸۶). شکل ۱ نمونه‌هایی از ناپایداری ترانشه‌های ایجاد شده در سنگ‌های اولترابازیک در جنوب شهر مشهد را نشان می‌دهد.

شکل ۱. بالا: نمونه‌ای از یک لغزش بزرگ انتقالی و تخریب یک مجتمع در حال ساخت در خیابان هاشمیه (سال ۱۳۸۶)، پایین: ریزش حاصل از گردبرداری در سنگ‌های اولترابازیک خیابان هاشمیه (سال ۱۳۹۲)

از دیگر مشکلات ایجاد شده در سنگ‌های اولترابازیک منطقه مورد مطالعه می‌توان به ریزش حاصل از گردبرداری‌ها در این سنگ‌ها اشاره کرد که نمونه‌ای از آن در مهرماه ۹۲ در خیابان هاشمیه به وقوع پیوست (شکل ۱-ب) و نگرانی‌های مسئولین شهری را در مورد ساخت‌وساز در این سنگ‌ها شدت بخشید. این حادثه در اثر وجود درزه‌ها و شکستگی‌های فراوان و نامنظم و نیز دگرسانی شدید در این سنگ‌ها به خصوص دگرسانی کانی‌های مافیک مثل الیوین و پیروکسن به سرپانتین، کلریت، تالک و آمفیبول اتفاق افتاده است. دگرسانی کانی‌ها در راستای درزه‌ها در اکثر نقاط به وضوح قابل مشاهده می‌باشد. زاویه حضور ناپیوستگی‌ها در سنگ‌ها نقش مهمی‌را در رفتار توده‌سنگ تحت شرایط بارگذاری ایفا می‌نماید (Saliu and Akande, 2012). درزه‌های موجود در یک توده‌سنگ آن را به بلوک‌هایی با اندازه مختلف تقسیم می‌کنند. اندازه بلوک پارامتر مهمی‌در تعیین رفتار توده‌سنگ است (ISRM,1978). مطالعات زیادی در مورد ارزیابی داده‌های حاصل از برداشت درزه‌ها وجود دارد که تاکنون به عنوان یک راهنما برای محققین در زمینه مکانیک سنگ به شمار می‌روند (Cruden,1977; Hudson and Priest,1979; Sen and Eissa,1992; Boadu and Long, 1994; Goodman,1995 Palmstrom,1995; Heliot, 1988; Lu and Latham,1999; Wang et al.,2003).

یکی از مهمترین کاربردهای سیستم درزه تعیین اندازه بلوک‌های موجود در توده‌سنگ می‌باشد. اندازه بلوک توسط روش‌های تجربی و مدل‌سازی قابل تعیین است. روش‌های تجربی شامل تعداد درزه‌های حجمی (Jv)، فضای بین درزه‌ها و حجم بلوک می‌باشد. در روش‌های تجربی میانگین اندازه بلوک محاسبه می‌شود. از دیگر مطالعات انجام شده در زمینه اندازه بلوک می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

Palmstrom (2000, 2005) روش‌های تعیین اندازه بلوک و توزیع اندازه بلوک را ارائه داده است. Kim et al., (2007) اندازه بلوک را برای توده‌های سنگی با توجه به تداوم درزه‌ها تعیین کرده است. Sonmez et al., (2004) روشی برای تعیین Wjd در رخنمون‌های سنگی دارای فاصله زیاد بین درزه‌ها ارائه داده‌اند. Chio and Park (2004) تغییرات RQD با جهت و طول خط برداشت را بررسی کرده‌اند. Laine and Markovaara (2012) با استفاده از نرم‌افزار MATLAB به

www.SID.ir

Archive of SID

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از خط برداشت پرداخته‌اند. Saliu et al., (2012) با استفاده از تعداد درزه‌های حجمی (Jv) اصلاح شده، اندازه بلوک‌ها را در رخنمون‌های گرانیتی با استفاده از نرم‌افزار اتوکد تعیین کرده‌اند. در این تحقیق با استفاده از روش‌های تجربی و میدانی از جمله روش خط برداشت به محاسبه پارامترهایی از قبیل Wjd، RQD و حجم بلوک‌ها در سنگ‌های اولترابازیک پرداخته شده است.

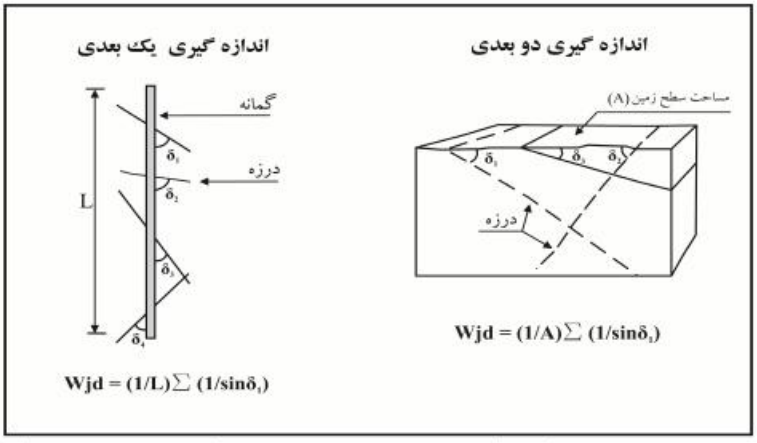
۲. اهمیت اندازه بلوک در مهندسی سنگ

محاسبه اندازه بلوک علاوه بر این که در تحلیل پایداری سازه‌های سنگی مفید و لازم است در طبقه‌بندی‌های ژئومکانیکی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. سیستم‌های طبقه‌بندی مهندسی توده‌سنگ در طراحی ساپورت سنگی استفاده می‌شوند. به عنوان مثال در سیستم طبقه‌بندی Q (Barton et al., 1974) ابعاد بلوک‌ها به طور مستقیم با استفاده از نسبت بین RQD و فاکتور تعداد دسته درزه‌ها (Jn) محاسبه می‌شود. در سیستم طبقه‌بندی RMR (Bieniawski, 1973) شاخص کیفیت توده سنگ و فضای بین درزه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. حجم بلوک در سیستم RMi (Palmstrom, 1995) نیز به منظور ارزیابی ساپورت سنگی کاربردهای فراوانی دارد. Khamehchiyan et al.,(2013) طبقه‌بندی جدیدی را بر اساس سیستم طبقه بندی RMi و حجم بلوک برای ارزیابی حفاری در توده‌های سنگی ارائه داده‌اند. در بسیاری از روش‌های مدل‌سازی عددی و محاسبات تحلیلی توده‌سنگ از مقاومت و یا مدول تغییر شکل استفاده می‌شود که بدین ترتیب از اندازه بلوک به صورت غیرمستقیم استفاده می‌گردد (Palmstrom, 2005).

۳. روش‌های اندازه‌گیری اندازه بلوک

۳-۱. تراکم وزنی درزه (Wjd)

روش تراکم وزنی درزه منجر به ارتقاء مشخصات درزه داری توده‌سنگ می‌شود. این پارامتر برای دست یابی به اطلاعات بهتر از گمانه‌ها یا مشاهدات سطحی به کار می‌رود. این روش مبتنی بر اندازه‌گیری زاویه بین هر درزه و سطح یا گمانه است شکل ۱ روش محاسبه این پارامتر را نشان می‌دهد. پالمستروم (Palmstrom) معتقد است این پارامتر تقریباً برابر با تعداد درزه‌های حجمی (Jv) می‌باشد. Jv در مکان‌هایی که توده‌سنگ دارای درزه‌های خیلی کوتاه (درزه‌های نامنظم) است از دقت مناسبی برخوردار نمی‌باشد و فقط برای درزه‌های بزرگتر از ۱ متر کاربرد دارد (Palmstrom,2005).



شکل ۱. روش اندازه گیری تراکم وزنی درزه (Wjd) در سطوح سنگی و گمانه‌ها (Palmstrom,1995). δ: زاویه بین سطح مشاهده شده بر روی سطح زمین یا گمانه و هر درزه؛ A: مساحت مشاهده شده بر حسب متر مربع؛ L: طول مقطع اندازه‌گیری شده در مغزه حفاری شده یا خط برداشت.

www.SID.ir

Archive of SID

۳-۲. حجم بلوک

برای محاسبه حجم بلوک در جاهایی که بلوک‌های منفرد در یک سطح مشاهده می‌شود، حجم آنها به طور مستقیم از ابعاد مرتبط با انتخاب چندین بلوک و اندازه‌گیری ابعاد میانگین آنها به دست می‌آید (ISRM,1978). برای بلوک‌هایی با حجم کم این اندازه‌گیری سریع‌ترین روش است. روش دیگر محاسبه حجم بلوک، استفاده از تعداد درزه‌های حجمی و یا تراکم وزنی درزه (Jv ~ wjd) می‌باشد (رابطه ۱).

$$Vb = \beta \times Jv^{-3} \qquad (1)$$

که در این معادله β فاکتور شکل است و شامل یکی از موارد جدول ۱ است. در این تحقیق از هر دو روش ذکر شده برای محاسبه حجم بلوک استفاده شده است.

جدول ۱. شکل بلوک‌های سنگی و مقادیر β مرتبط با آن (Palmstrom,1995)

شکل بلوک	β
بلوک‌های هم بعد (مکعبی)	۲۲
بلوک‌های کمی کشیده (منشوری) و کمی صاف (صفحه‌ای)	۲۲ - ۳۳
بلوک‌های نسبتاً مسطح و نسبتاً کشیده	۳۳ - ۶۸
بلوک‌های کشیده و مسطح	۶۸ - ۲۱۱
بلوک‌های خیلی مسطح و خیلی کشیده	> ۲۱۱

Palmstrom (1995) رابطه ۲ را برای محاسبه β پیشنهاد کرده است:

$$\beta = 20 + 7\frac{a3}{a1} \qquad (2)$$

که در این رابطه a1 و a3 کوتاه ترین و بلندترین ابعاد بلوک هستند.

۳-۳. شاخص کیفی توده سنگ (RQD)

برای محاسبه RQD (شاخص کیفی توده‌سنگ) روش‌های تجربی و میدانی زیادی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به محاسبه RQD بر اساس مغزه‌های حفاری (Deere,1968) و نیز محاسبه این شاخص بر اساس الگوی درزه‌ها (Palmstrom, 2005) اشاره کرد. در این پژوهش نیز برای محاسبه RQD در سنگ‌های اولترابازیک مورد مطالعه از رابطه ۳ (Palmstrom, 2005) و رابطه ۴ (Hudson and priest,1979) و نیز از روش الگوی درزه‌ها و خط برداشت استفاده شده است و RQD عبارتند از درصدی از خط برداشت که شامل فضای بین درزه‌های بزرگ تر از ۱۰۰ میلی‌متر باشد (شکل ۶).

$$RQD = 110 - 2.5\,Jv \qquad (3)$$

$$RQD = 100\,e^{-0.1\lambda}(1 + 0.1\lambda) \qquad (4)$$

۴. زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در جنوب شهر مشهد و در محدوده زمین درز قرار دارد. این محدوده بین ارتفاعات بینالود و کپه داغ واقع شده و شامل سنگ‌های افیولیتی و دگرگونی است. مجموعه افیولیتی و سنگ‌های مرتبط با آن، نوارهایی به طول دهها کیلومتر با راستای شمال‌غرب - جنوب شرق را در دامنه شمالی ارتفاعات بینالود تشکیل می‌دهند. این محدوده، محل برخورد قطعات لیتوسفری ایران در جنوب و قطعه لیتوسفری توران در شمال است که با بسته شدن اقیانوس پالئوتتیس همراه بوده است (Alavi,1991). در ناحیه مشهد، افیولیت‌ها به صورت عدسی‌های بزرگ و کشیده و کم و بیش با حالت لایه‌ای با رسوبات رسی دگرگون شده همراه هستند. Majidi (1980) این سنگ‌ها را متعلق به پرمین می‌داند. اولترابازیک‌های مشهد عمدتاً شامل دونیت و ورلیت است که به ظاهر با دگرگونی‌های مشهد تناوب دارند و در اثر رخداد هرسی نین، گاهی تا رخساره آمفیبولیت دگرگون شده‌اند (آقانباتی، ۱۳۸۳). شکل ۳ نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد. مهم‌ترین گسل موجود در منطقه گسل سنگ بست - شاندیز به طول ۱۲ کیلومتر است که نقش مهمی در ایجاد درزه‌های موجود در محدوده مورد مطالعه دارد. شیب این گسل به سمت شمال شرق است که سبب رانده شدن بقایای پالئوتتیس بر روی کنگلومرای ژوراسیک زیرین- میانی شده است. گسل سنگ بست - شاندیز به صورت یک گسل مورب لغز (راستگرد، دارای مؤلفه راندگی) است و درزه‌های منطقه در دو سیستم موازی جبهه راندگی و عمود بر آن تشکیل شده اند. سن این گسل را می‌توان پس از ژوراسیک در نظر گرفت (قنادان و همکاران، ۱۳۸۸).

www.SID.ir

Archive of SID

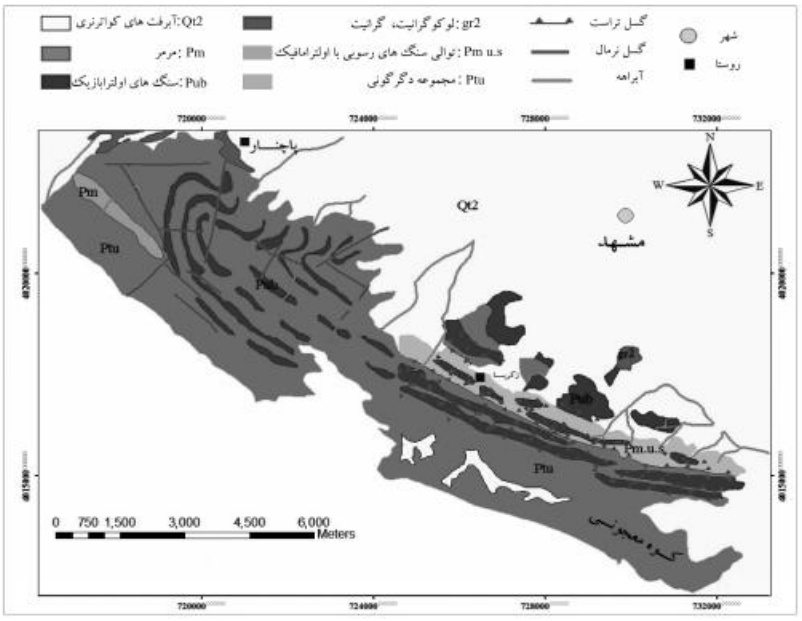
۵. روش‌ها

در این پژوهش برای محاسبه پارامترهای مختلف از قبیل RQD، Wjd و Vb از روش خط برداشت (روش یک بعدی) و روش‌های تجربی و میدانی استفاده شده است. در این راستا یک دوربین دیجیتال با قابلیت بزرگنمایی زیاد، نصب شده بر روی سه پایه برای عکس برداری از ترانشه‌ها و رسم نقشه درزه‌ها به کار گرفته شده است و سپس با استفاده از نرم‌افزار CorelDRAW X5 به رسم درزه‌ها که عمدتاً نامنظم‌اند، پرداخته شده است. شکل ۵ نمایی از ترانشه شماره ۲ و شکل ۶ نقشه درزه‌های رسم شده به وسیله این روش در این ترانشه را نشان می‌دهد. این شکل نشان‌دهنده وجود مشکلات فراوان در اندازه گیری اندازه بلوک ها در این سنگ‌ها می‌باشد. درزه‌ها از لحاظ اندازه عمدتاً شامل درزه‌های کوتاهی هستند که باعث تفاوت فراوان در اندازه بلوک‌ها می‌گردند. با این وجود با استفاده از روش‌های ارائه شده می‌توان به آسانی و به سرعت و بدون هیچ‌گونه تخریب در منطقه به نتایج بسیار مهمی در ارتباط با اندازه بلوک‌ها رسید.

مشخصات کلی ترانشه‌های مورد مطالعه

ترانشه شماره ۱: این ترانشه در راستای SE-NW و در طول جغرافیایی ″۲۹ ′۲۹ °۵۹ و عرض ″۲۸ ′۱۸ °۳۶ قرار دارد. سنگ‌ها تحت شرایط محیط به شدت دگرگون و دگرسان شده هستند و محصولات دگرسانی عمدتاً از نوع سرپانتین و تالک است. یک زون کاملاً خردشده در قسمت بالای ترانشه و در طول آن قرار دارد. میزان خاک برجا ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر است. در راستای این پژوهش، خط برداشت‌هایی به طول ۱۰، ۲۳ متر و به ترتیب با زوایای صفر، ۴۵ و ۹۰ درجه نسبت به سطح افق برای محاسبه پارامترهای مذکور در نظر گرفته شده است.

ترانشه شماره ۲: این ترانشه نیز در راستای SE-NW و در طول جغرافیایی ″۲۴ ′۲۹ °۵۹ و عرض ″۲۹ ′۱۸ °۳۶ قرار دارد. نوع سنگ در این ترانشه از نوع ورلیت کمی دگرگون شده (متاورلیت) می‌باشد. میزان هوازدگی و دگرسانی نسبت به ترانشه شماره ۱ کمتر است و میزان خاک برجا در این ترانشه نیز ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر می‌باشد. شکل ۴ نمایی از ترانشه شماره ۲ را نشان می‌دهد. خط برداشت‌هایی به طول ۱۰/۵، ۴ و ۲/۵ متر نیز در مورد این ترانشه در نظر گرفته شده است (شکل ۵).

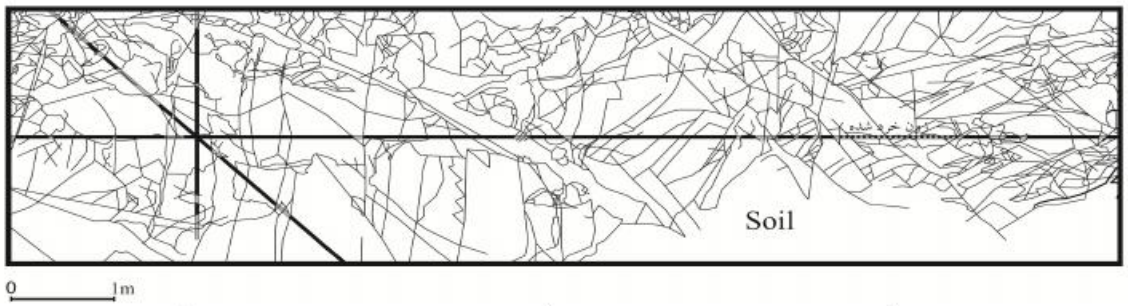


شکل ۳. نقشه زمین‌شناسی رقومی‌شده منطقه مورد مطالعه (برگرفته از نقشه ۱۰۰۰۰۰: مشهد و طرقبه)

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۴. نمایی از ترانشه شماره ۲ هفت تیر (دید به سمت جنوب غرب)



شکل ۵. نقشه درزه‌های موجود در ترانشه شماره ۲ همراه با موقعیت خطوط برداشت بر روی آن (رسم شده با استفاده از نرم افزار CorelDRAW X5 بر اساس شکل شماره ۴).

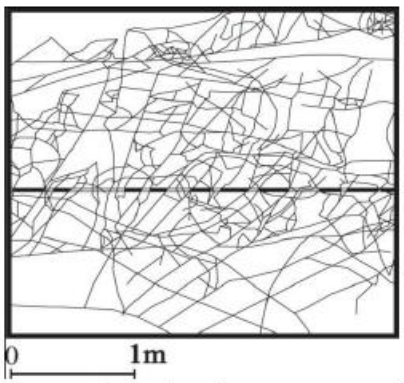
این شکل نشان‌دهنده مشکلات فراوان در اندازه‌گیری اندازه بلوک‌ها در این سنگ‌ها می‌باشد.

۵-۱. محاسبه RQD

مقادیر شاخص کیفیت توده سنگ به جهت خط برداشت و نیز جهت ناپیوستگی ها بستگی دارد. علاوه بر محاسبه RQD از روش خط برداشت (شکل ۶)، با استفاده از تراکم وزنی درزه ($Jv = \sum wJd$) و نیز فراوانی درزه‌ها (λ) اقدام به محاسبه این پارامتر شده است که نتایج حاصل از آنها در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲. نتایج محاسبات RQD حاصل از سه روش مختلف در ترانشه شماره ۱ و ۲

	ترانشه شماره ۱			ترانشه شماره ۲		
زاویه خط برداشت	۱۰	۴۵	۸۰	۱۰	۴۵	۸۰
RQD خط برداشت	۵۲	۴۸	۴۹	۷۴/۷۸	۶۶	۷۶/۷۲
رابطه ۳	۵۴	۵۰	۵۲	۷۵	۷۵	۸۶
رابطه ۴	۵۹	۵۹	۵۶	۸۱	۸۱	۸۴



شکل ۶. با به کار بردن خط برداشت (scanline) مقادیر RQD قابل تعیین است. قطعات بزرگ‌تر از ۱۰ سانتی‌متر در طول خط برداشت با رنگ سیاه نشان داده شده است.

۵-۲. محاسبه تراکم وزنی درزه (Weighted joint density)

محاسبه این پارامتر مبتنی بر اندازه‌گیری زاویه بین هر درزه و خط برداشت یا محور گمانه می‌باشد. در ترانشه شماره ۱ و ۲ به ترتیب ۲۱۶ و ۱۳۶ زاویه تقاطع بین درزه و خطوط برداشت اندازه‌گیری و نتایج حاصل از آن در جداول ۳ و ۴ ارائه گردیده است. علاوه بر این مقادیر فراوانی درزه‌ها نیز در این جداول ذکر شده است که عبارتند از میانگین تعداد درزه‌هایی که طول مشخصی از مغزه حفاری یا خط برداشت را قطع می‌کنند (Palmstrom,1995)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. نتایج محاسبات Wjd (تراکم وزنی درزه) در ترانشه شماره ۱ بلوار هفت تیر

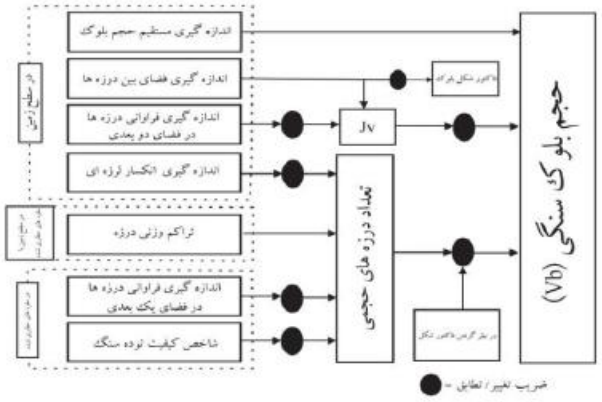
فراوانی درزه ها (N)	WJd=(1/L)N_w	تعداد درزه های وزن داده شده	تعداد کل درزه ها	تعداد درزه ها در هر گروه از زوایا				طول خط برداشت (متر)	زاویه خط برداشت (درجه)
		$N_w=\sum n\times f_i$		<۱۵°	۱۵-۳۰°	۳۱-۶۰°	>۶۰°		
۱۴	۲۲.۴۵	۲۱۴.۵	۱۴۴	۹	۱۲	۶۱	۶۷	۱۰	افقی (۰)
۱۴	۲۴	۷۱	۴۲	۴	۱	۱۶	۲۱	۳	۴۵
۱۵	۲۳.۲۵	۴۶.۵	۳۰	۰	۶	۸	۱۷	۱	۹۰
				۶	۳.۵	۱.۶	۱		Rating of f_i=

جدول ۴. نتایج محاسبات Wjd (تراکم وزنی درزه) در ترانشه شماره ۲ بلوار هفت تیر

فراوانی درزه ها (N)	WJd=(1/L)N_w	تعداد درزه های وزن داده شده	تعداد کل درزه ها	تعداد درزه ها در هر گروه از زوایا				طول خط برداشت (متر)	زاویه خط برداشت (درجه)
		$N_w=\sum n\times f_i$		<۱۵°	۱۵-۳۰°	۳۱-۶۰°	>۶۰°		
۸	۱۲/۸۱	۱۴۵	۸۸	۳	۸	۴۴	۳۳	۱۱/۵	افقی (۰)
۸	۱۲/۸۷	۵۵/۵	۳۱	۲	۳	۱۴	۱۲	۴	۴۵
۷	۹/۶	۲۴	۱۷	۰	۲	۴	۱۱	۲/۵	۹۰
				۶	۳/۵	۱/۵	۱		Rating of f_i=

۱-۵. *روشهای محاسبه حجم بلوک در سنگ‌های اولترابازیک*

حجم بلوک‌های سنگی مرتبط با شدت یا درجه درزه‌داری توده سنگ است. هر یک از بلوک‌ها توسط درزه‌های مختلف از دیگر بلوک‌ها جدا میشوند. هر چه تعداد ناپیوستگی‌ها بیش‌تر باشد، اندازه بلوک کوچکتر می‌شود. از این رو یک رابطه معکوس بین حجم بلوک و تعداد درزه‌ها وجود دارد (Palmstrom,1995). روش‌های مختلفی برای تعیین حجم بلوک‌های سنگی وجود دارد که در شکل ۱ نشان داده شده است. در این پژوهش برای محاسبه حجم بلوک، از دو روش تراکم وزنی درزه و نیز اندازه‌گیری مستقیم استفاده شده است و در مجموع حجم مرتبط با ۱۱۴ بلوک اندازه‌گیری و منحنی مربوط به تعیین محدوده حجم بلوک‌ها در منطقه ارائه شده است.



شکل ۱. روش‌های مختلف اندازه‌گیری حجم بلوک (Palmstrom,1995)

روش اول: تنها راه محاسبه حجم بلوک‌های سنگی (Vb) با استفاده از Wjd استفاده از فاکتور شکل (β) است. برای به دست آوردن حجم بلوک‌ها از فاصله بین درزه‌ها در هر دسته درزه نیز می‌توان استفاده کرد اما به دلیل وجود درزه‌های تصادفی فراوان در ترانشه‌های سنگی مورد مطالعه استفاده از

www.SID.ir

Archive of SID

این روش امکان‌پذیر نمی‌باشد بنابراین از فاکتور شکل استفاده شده است اما بلوک‌هایی که به وسیله درزه‌ها ایجاد شده‌اند اشکال مختلفی دارند. بنابراین مقادیر فاکتور شکل (β) نیز تا حدودی متغیر خواهد بود. در ترانشه‌های ۱ و ۲ به ترتیب ۱۴۱ و ۶۱ بلوک به عنوان بلوک‌های نماینده انتخاب و بلندترین و کوتاه‌ترین بعد در آنها اندازه‌گیری شده است. که در این راستا علاوه بر بلوک‌هایی که به طور تصادفی انتخاب شده‌اند، تا حد امکان سعی بر آن برده است که بلوک‌های تشکیل شده در طول خطوط برداشت به عنوان بلوک نماینده انتخاب گردند.

جدول ۱ نمونه‌ای از محاسبات β و Vb را در ترانشه شماره ۲ هفت تیر نشان می‌دهد.

روش دوم: روش اندازه‌گیری مستقیم روشی ساده و آسان برای اندازه گیری حجم بلوک‌های سنگی است. در این روش ۲۱۵ بلوک منفرد به عنوان بلوک نماینده در منطقه مورد مطالعه انتخاب و تا حد امکان از بلوک‌هایی استفاده شده است که در اثر فعالیت‌های عمرانی دستخوش تغییرات مکانیکی قرار نگرفته‌اند. ۳ بعد مرتبط با هر بلوک به طور جداگانه اندازه‌گیری و حجم بلوک سنگی تعیین گردیده است.

جدول ۱. نمونه‌ای از محاسبات فاکتور شکل و حجم بلوک در ترانشه شماره ۲

شماره بلوک	بلند ترین بعد m|S3	کوتاه ترین بعد m|S1	(S3/S1)	β = 20 + 7 (S3/S1)	Wjd = Jv	Vb = β × Jv$^{(-3)}$
1	0/38	0/18	2/06	34/44	1.2	0/0189
2	0/68	0/49	1/23	28/60	1.2	0/0166
3	0/33	0/30	1/08	27/65	1.2	0/0159
4	0/17	0/08	2/04	34/31	1.2	0/0189
5	0/06	0/04	1/47	30/27	1.2	0/0175
6	0/48	0/32	1/25	28/77	1.2	0/0166
7	0/16	0/13	1/17	28/16	1.2	0/0163
8	0/49	0/12	4/09	49/62	1.2	0/0281
9	0/56	0/34	1/67	31/69	1.2	0/0183
10	0/49	0/14	3/50	45/05	1.2	0/0261
11	0/34	0/23	1/46	30/23	1.2	0/0175
12	0/23	0/16	1/47	30/27	1.2	0/0175
13	0/49	0/12	4/23	49/56	1.2	0/0287
14	1/14	0/12	9/78	87/92	1.2	0/0509
15	0/35	0/22	1/56	30/69	1.2	0/0178
16	0/64	0/21	3/04	41/31	1.2	0/0239
17	0/65	0/11	5/91	61/44	1.2	0/0356
18	0/18	0/13	1/38	29/31	1.2	0/0170
19	0/41	0/12	3/42	43/89	1.2	0/0254
20	0/91	0/20	4/65	52/63	1.2	0/0304
21	0/83	0/12	6/73	67/12	1.2	0/0388
22	0/18	0/13	1/47	30/26	1.2	0/0175
23	0/77	0/12	6/21	63/49	1.2	0/0367
24	0/41	0/06	7/25	78/17	1.2	0/0409
25	0/17	0/11	1/56	30/63	1.2	0/0178
26	0/09	0/06	1/27	28/89	1.2	0/0167
27	0/41	0/06	6/51	65/47	1.2	0/0378
28	0/28	0/12	1/69	31/81	1.2	0/0184
29	0/12	0/11	1/21	28/44	1.2	0/0165
30	0/09	0/03	2/45	37/17	1.2	0/0215

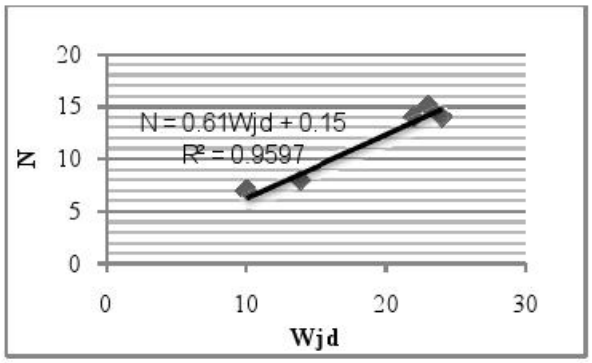
www.SID.ir

Archive of SID

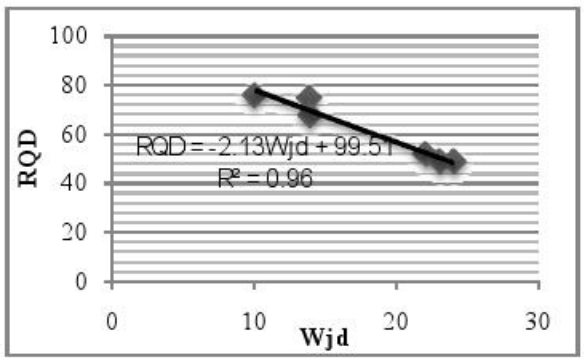
۶. بحث و نتایج

در طی مرحله اجرای پروژه‌های مهندسی در سنگ (همانند: تونل، معدن و ترانشه‌های جاده‌ای)، در صورتی که سطوح سنگی با شاتکریت و ... پوشیده نشده باشد به آسانی می‌توان شرایط توده‌سنگ را مشاهده کرد و پارامترهای مختلف اندازه بلوک را با صرف هزینه و زمان کم‌تر محاسبه کرد. اندازه بلوک به عنوان یک پارامتر بسیار مهم در بسیاری از سیستم‌های طبقه‌بندی توده‌سنگ مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه سنگ‌های اولترابازیک نقش مهمی‌در ناپایداری شیب‌ها و ترانشه‌های ایجاد شده در جنوب شهر مشهد را دارند، در این پژوهش به بررسی اندازه بلوک‌های ایجاد شده در سنگ‌های اولترابازیک در این قسمت از شهر پرداخته شده است. در این راستا با استفاده از روش‌های تجربی، میدانی و رسم نقشه درزه‌ها بر اساس مقیاس در هر ترانشه ۳ خط برداشت با طول‌های مختلف و با سه زاویه صفر، ۴۵ و ۹۰ درجه نسبت به سطح افق در نظر گرفته و اقدام به محاسبه پارامترهایی از قبیل RQD، Wjd و Vb شده است.

در رابطه با محاسبه تراکم وزنی درزه در ترانشه شماره ۱ و ۲ به ترتیب ۲۱۶ و ۱۳۶ زاویه بین درزه و خطوط برداشت اندازه‌گیری شده است و در نهایت مقدار میانگین Wjd در ترانشه شماره ۱ برابر با ۲۳ و در ترانشه شماره ۲ برابر با ۱۲ می‌باشد. در این روش درزه‌های موازی با خط برداشت یا محور گمانه برداشت نمی‌شوند. بنابراین نتایج حاصل از Wjd محافظه کارانه خواهد بود (Sonmez et al.,2004). علاوه بر این تقاطع خط برداشت یا محور گمانه با درزه‌های عمود بر آنها بیشتر از سایر درزه‌ها است، به همین Hudson and Priest (1983) توصیه کرده اند که در مکان هایی که حفاری انجام می‌شود ۳ گمانه در جهات مختلف برای دست یابی به اطلاعات درزه‌های توده سنگ در حالت سه بعدی به کار برده شود. شکل ۵ رابطه بین فراوانی درزه‌ها و شاخص کیفی توده سنگ را نسبت به Wjd محاسبه شده در ۵ خط برداشت ایجاد شده در هر دو ترانشه نشان می‌دهد، همان طور که در شکل ۵ (ب) مشاهده می‌شود رابطه مستقیمی‌بین تراکم وزنی درزه و فراوانی درزه‌ها وجود دارد. در این تحقیق شاخص کیفیت توده سنگ نیز بر اساس خط برداشت و رابطه های ۱ و ۴ محاسبه شده است. نتایج نشان می‌دهد که شاخص کیفیت توده سنگ به دست آمده از روش خط برداشت هم خوانی مناسبی را با رابطه های تجربی فرق دارد و مقادیر میانگین RQD در ترانشه ۱ و ۲ به ترتیب برابر با ۵۳ و ۷۸ می‌باشد. با این وجود کاربرد RQD با محدودیت های زیادی مواجه است زیرا این شاخص بسته به جهت خط برداشت یا گمانه مقادیر متفاوتی را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۵ (الف) رابطه ای معکوس بین تراکم وزنی درزه و شاخص کیفی توده سنگ در ۵ خط برداشت در نظر گرفته شده وجود دارد.



الف



ب

شکل ۵. الف: نمودار رابطه بین RQD حاصل از خط برداشت و Wjd در ترانشه ۱ و ۲ هفت تیر؛ ب: نمودار رابطه بین فراوانی درزه‌ها و Wjd

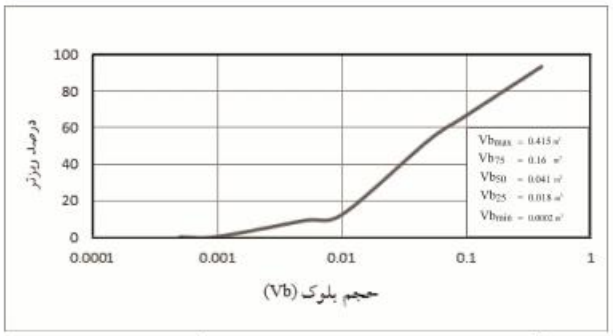
در محدوده مورد مطالعه برای تعیین حجم بلوک در ترانشه‌های سنگی از مقادیر فاکتور شکل (β) و تراکم وزنی درزه (Wjd) استفاده شده است. اما همان طور که گفته شد به

www.SID.ir

Archive of SID

دلیل وجود درزه‌های تصادفی مقادیر فاکتور شکل نیز متغیر است. در واقع در مواردی که الگوی درزه‌ای منظم وجود ندارد، نوع بلوک و مشخصات آن به صورت تجربی و تقریبی به دست می‌آید و در چنین مواردی اندازه‌گیری مستقیم اندازه بلوک با چشم در طی عملیات میدانی مناسب‌تر از ثبت همه درزه‌ها می‌باشد (Palmstrom, 1995). نوع بلوک عمدتاً به وسیله تفاوت اندازه ابعاد بین وجه‌های بلوک تعیین می‌شود. مقادیر فاکتور شکل (β) به دست آمده از روش تراکم وزنی درزه در ترانشه‌های ۱ و ۲ به ترتیب برابر با ۳۸ و ۴۲ محاسبه شده است که بر اساس طبقه‌بندی Palmstrom (2005) شکل بلوک‌های سنگی در هر دو ترانشه نسبتاً مسطح و کشیده می‌باشد (۵۹ تا ۳۳ =β). با استفاده از تراکم وزنی درزه و رابطه ۱ حجم بلوک‌های سنگی در ترانشه ۱ و ۲ با استفاده از درزه‌ها محاسبه شده است و نتایج حاصل همخوانی مناسبی را با مشاهدات میدانی نشان می‌دهد.

روش دیگری که برای محاسبه حجم بلوک‌های این منطقه استفاده شده است، اندازه‌گیری مستقیم ابعاد مرتبط با هر بلوک منفرد در سطح زمین می‌باشد. در این روش ۲۱۵ بلوک به عنوان بلوک نماینده انتخاب و حجم بلوک‌های سنگی به آسانی اندازه‌گیری شده است. در این جا این نکته قابل ذکر است که فاکتور شکل (β) به دست آمده از این روش با فاکتور شکل به دست آمده از روش تراکم وزنی درزه همخوانی مناسبی را نشان می‌دهند و در واقع می‌توان از روش تراکم وزنی درزه به عنوان یک روش آسان و غیر مخرب استفاده کرد زیرا در مواقعی که بلوک‌های منفرد در سطح زمین در دسترس نباشند و تنها پارامتر برای اندازه‌گیری حجم بلوک درزه‌ها باشند می‌توان به سادگی حجم بلوک و فاکتور شکل مرتبط با آن را با روش تراکم وزنی درزه اندازه‌گیری کرد. شکل ۹ نمودار توزیع ۴۱۲ بلوک سنگی را در منطقه نشان می‌دهد. این نمودار توسط Palmstrom (2005) نیز ارائه گردیده است و روش تهیه این نمودار مشابه نمودار دانه‌بندی خاک می‌باشد. نتایج حاصل از این نمودار نیز در داخل آن نشان داده شده است. کمترین و بیشترین حجم بلوک در منطقه به ترتیب برابر با ۰/۰۰۰۲ و ۰/۴۱۵ مترمکعب می‌باشد.



شکل ۹. نمودار توزیع اندازه بلوک‌های سنگ‌های اولترابازیک جنوب مشهد

۶. نتیجه‌گیری

در این تحقیق از روش تراکم وزنی درزه به عنوان یک روش نسبتاً ساده و آسان برای اندازه‌گیری تراکم درزه‌ها و حجم بلوک‌های اولترابازیک‌های جنوب مشهد استفاده شده است. این روش منجر به کاهش تعداد گمانه‌های مورد نیاز برای مطالعات می‌شود. برداشت‌های میدانی مشخص نمود که توده‌سنگ در هر دو ترانشه مورد مطالعه با توجه به طبقه‌بندی Jv (Palmstrom, 2005) در ردیف توده‌سنگ با درجه درزه‌داری بالا (۳۰-۱۰) قرار می‌گیرد.

در توده سنگ‌هایی که درزه‌های نامنظم وجود دارد و یا درزه‌ها ناپیوسته هستند شناسایی اندازه بلوک و به خصوص حجم بلوک و شکل واقعی هر بلوک سنگی با استفاده از روش‌های تجربی و میدانی کار دشواری است، با توجه به مطالعات انجام شده بر روی ۴۱۲ بلوک سنگی در منطقه و با استفاده از دو روش مختلف، مشخص گردید که بلوک‌های این منطقه دارای شکل نسبتاً مسطح و کشیده هستند. و با توجه به نمودار توزیع اندازه بلوک‌ها، محدوده حجم بلوک در منطقه بین ۰/۰۰۰۲ تا ۰/۴۱۵ متر مکعب متغیر است. با توجه به اینکه حجم بلوک فاکتور بسیار مهمی‌در طبقه‌بندی RMi می‌باشد، محاسبه این پارامتر از اهمیت بسزایی برخوردار است.

www.SID.ir

Archive of SID

در این پژوهش شاخص کیفیت توده سنگ با استفاده از روش خط برداشت و نیز معادلات تجربی محاسبه شده است. نتایج حاصل از روش‌های مختلف همخوانی نسبتاً مناسبی را با یکدیگر نشان می‌دهند. با توجه به طبقه‌بندی RQD توده‌سنگ ترانشه ۱ در ردیف سنگ‌های نسبتاً خوب (۵۰-۷۵) و توده‌سنگ ترانشه ۲ در ردیف سنگ‌های خوب (۷۵-۹۰) قرار می‌گیرند. تعیین شاخص کیفیت توده‌سنگ با استفاده از روش خط برداشت، تعداد درزه‌های حجمی (Jv ~ WJd) و فراوانی درزه‌ها (λ) به دلیل سهولت در اجرا و ارزان بودن یک روش کاربردی و مفید است. در مقابل به دست آوردن RQD از طریق مغزه‌گیری در جهات مختلف یک روش زمان بر و پرهزینه است. به دلیل محدودیت‌های موجود در مورد شاخص کیفیت توده‌سنگ نمی‌توان از این شاخص به تنهایی برای توصیف توده‌سنگ و مشخص کردن اندازه بلوک استفاده کرد.

با استفاده از روش‌های اشاره شده می‌توان به آسانی و با هزینه و زمان کم‌تر به نتایج بهتر و کاربردی در مورد اندازه بلوک رسید به خصوص در مواقعی که بلوک‌های منفرد در سطح زمین در دسترس نباشند و تنها پارامتر موجود برای تعیین اندازه بلوک درزه‌ها باشد. این پارامتر به عنوان یک فاکتور مهم در بسیاری از طبقه‌بندی‌های مهندسی توده‌سنگ به ویژه سیستم طبقه‌بندی RMi به کار می‌رود و با استفاده از این سیستم می‌توان قابلیت حفاری و ترانشه زنی و نوع ساپورت سنگی را در هر منطقه پیشنهاد داد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند تا از جناب آقای دکتر Palmstrom به دلیل راهنمایی‌های ارزنده ایشان در تجزیه و تحلیل اطلاعات این پژوهش تشکر و قدردانی نمایند.

منابع

آقانباتی ع.، ۱۳۷۷. زمین شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

قنادان ا.، الماسیان م.، قائمی‌ف.، نادری ن.، ۱۳۷۱. تحلیل ساختاری ناحیه جنوب مشهد با نگرشی ویژه بر سیستم گسلی سنگ بست ۰ شاندیز. مجله زمین، شماره ۴، صفحات ۴۲-۵۲.

حافظی مقدس ن.، قزی ا.، ۱۳۸۶. اهمیت ارزیابی خطرات لرزه‌ای در توسعه شهری (مطالعه موردی شهر مشهد). بیست و هشتمین گردهمایی علوم زمین.

نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ مشهد، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ طرقبه، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

Alavi, M., 1991. Sedimentary and structural characteristics of the Paleo-Tethys remnants in northeastern Iran. Geological Society of America Bulletin, 103(8): 983–992.

Barton, N., Lien, R., and Lunde. J., 1974. Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support. Rock Mechanics, 6 (4): 183-236.

Bieniawski, Z.T., 1973. Engineering classification of jointed rock masses. The Civil Engineer in South Africa, 15: 335-344.

Boadu, F.K., Long, L.T., 1994. The fractal character of fracture spacing and RQD. International Journal Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics. Abstr., 31(2): 127–134.

Choi, S.Y., Park, H.D., 2004. Variation of rock quality designation (RQD) with scanline orientation and length: a case study in Korea. International Journal Rock Mechanics & Mining Science, 41: 207-221.

Cruden, D. M., 1977. Describing the size of discontinuities. International Journal Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics, Abstr., 14: 133-137.

Deere D.U., 1968. Geological considerations. Rock Mechanics in Engineering Practice, in: Stagg, K.G., Zienkiewicz, O.C. (eds), John Wiley & Sons, London, pp. 1-20.

Goodman, R.E., 1995. Block theory and its application. Geotechnique, 45(3): 383-423.

www.SID.ir

Archive of SID

Heliot, D., 1988. Generating a blocky rock mass. International Journal Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics. Abstr., 25(3): 127-138.

Hudson J.A., Priest S.D., 1983. Discontinuity frequency in rock masses. International Journal Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics. Abstr., 20 (2): 73-89.

Hudson, J. A., Priest, S. D., 1979. Discontinuity and rock mass geometry. International Journal Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics. Abstr., 16: 339-362.

International Society for Rock Mechanics (ISRM), Commission on standardization of laboratory and field tests., 1978. Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. International Journal Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics. Abstr., 15(6): 319-368.

Khamehchiyan, M., Rahimi Dizadji, M., Esmaeili, M., 2013. Application of rock mass index (RMi) to the rock mass excavatability assessment in open face excavations. Geomechanics and Geoengineering: An International Journal. DOI: 10.1080/17486025.2013.806996

Kim, B. H., Cai, M., Kaiser, P. K., Yang, H. S., 2007. Estimation of block sizes for rock masses with non-persistent joints. Rock Mechanics and Rock Engineering, 40(2): 169-192.

Lu, P., Latham, J. P., 1999. Developments in the assessment of in-situ block size distributions of rock masses. Rock Mechanics and Rock Engineering. 32 (1): 29–49.

Majidi, B., 1980. The geochemistry and origin of the Upper Paleozoic basic and ultrabasic lava of NE Iran. Geol. Surv. Iran; Inter. Rep., 22p.

Markovaara, M., Laine, E., 2012. MATLAB script for analyzing and visualizing scanline data. Computer and Geosciences, 40: 185-193.

Palmstrom, A., 1995. RMi – a rock mass characterization system for rock engineering purposes. PhD thesis, University of Oslo, Department of Geology, 400 p.

Palmstrom, A., 2000. Block size and block size distribution. Paper presented at the workshop on "Reliability of classification system" in connection with the GeoEng 2000 Conference, Melbourne, 18-24 November2000.

Palmstrom, A., (2005). Measurements of and correlation between block size and rock quality designation (RQD). Tunnels and Underground Space Technology, 20: 362-377.

Saliu, M. A., Olaleye, B. M., Haleem. J. O., 2012. Modified volumetric joint account to check for suitability of granite outcrops for dimension stone production. Journal of Engineering Science and Technology. 7(5): 646-660.

Saliu, M.A., Akande, J.M., 2012. Fracture characterization: an effective technique for ensuring accurate blast design. Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences (JETEAS), 2(6): 1015-1019.

Sen, Z., Eissa, E. A., 1992. Rock quality charts for log-normally distributed block size. International Journal Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics. Abstr., 29: 1-12.

Sonmez, H., Nefesliglu, H.A., Gokceoglu, C., 2004. Technical note determination of Wjd on rock exposures including wide spaced joint. Rock Mechanics and Rock Engineering. 37(5): 403-413.

Wang, L.G., Yamashita, S., Sugimoto, F., Pan, C., Tan, G., 2003. A methodology for predicting the in situ size and shape distribution of rock blocks. Rock Mechanics and Rock Engineering. 36 (2): 121–142.

www.SID.ir