

NGHIÊN CỨU ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH VÀ PHÂN LOẠI CHẤT LƯỢNG KHỐI ĐÁ THEO HỆ Q VÀ RMR NỀN ĐẬP THỦY ĐIỆN ĐAKĐRINH, QUẢNG NGÃI

STUDY ON ENGINEERING GEOLOGY CHARACTERISTICS AND CLASSIFICATION OF ROCK QUALITY BY Q SYSTEM AND RMR FOR ĐAKĐRINH HYDROPOWER DAM, QUANG NGAI PROVINCE

TS. NGUYỄN VĂN VŨ, KS. HOÀNG THÚY QUỲNH

Trung tâm Phân tích Thí nghiệm Địa chất, Tổng Cục Địa chất và Khoáng Sản Việt Nam

Email: ngvu171180@gmail.com

Tóm tắt: Công trình thủy điện ĐakĐrinh thuộc địa phận huyện Sơn Tây, tỉnh Quảng Ngãi. Đập chính của công trình được xây dựng trên nền đá granit biotit nứt nẻ, cấu trúc phức tạp, bất đẳng hướng lớn. Đặc điểm này ảnh hưởng đến đặc trưng cơ học của khối đá và tạo ra sự khác biệt giữa tính chất của mẫu và khối đá. Kết quả xác định các đặc trưng cơ học khối đá granit biotit nền đập Thủy điện ĐakĐrinh cho thấy, dựa vào các công thức kinh nghiệm của Barton, Bieniawski (Q system, RMR) trên cơ sở phân loại chất lượng khối đá cho thấy có sự khác nhau đáng kể về chất lượng khối đá ở các đới khác nhau. Cả 2 phương pháp đều cho đới IIA và IIB tương đối thống nhất. Đới IIA được đánh giá có chất lượng trung bình, trị số RMR = 54 và Q = 7.3.

Từ khóa: Chất lượng khối đá, hệ thống Q, hệ thống RMR, thủy điện ĐakĐrinh, địa chất công trình.

Abstract: Dakdrinh hydropower plant is located in Son Tay district, Quang Ngai province. The main dam of the plant is built on the fractured biotite granite with a complicated structure and big anisotropy. This characteristic affects the mechanical characteristics of the rock mass and makes a distinction between properties of samples and the rock mass. The result of determination of mechanical characteristics of biotite granite of Dakdrinh hydropower dam shows that, based on experience formulas of Barton and Bieniawski (Q system, RMR), upon rock quality classification, there are significant differences in rock mass quality in different zones. The two methods give the similar results for zones of IIA and IIB. Zone IIA is assessed to have medium quality with RMR = 54 and Q = 7.3.

Keywords: Rock quality, Q system, RMR, Dakdrinh hydropower plan, engineering geology.

1. Giới thiệu

Công trình thủy điện ĐakĐrinh có công suất 125MW với 2 tổ máy, thuộc địa phận xã Sơn Tân, huyện Sơn Tây, tỉnh Quảng Ngãi. Khu vực đập chính và cửa lấy nước cách thị xã Quảng Ngãi 80km về phía đông bắc. Đập chính là đập bê tông thủy lực, chiều dài đập 360m, rộng 198m, cao 94m, cao trình mực nước dâng bình thường 410m, cao trình mực nước chết 374m, cao trình mực nước dâng gia cường 412m. Sông ĐakĐrinh là sông nhánh cấp I và là một trong ba nhánh chính của sông Trà Khúc, lưu vực sông ĐakĐrinh thuộc phần phía tây lưu vực sông Trà Khúc. Toàn bộ lưu vực là vùng đồi núi, độ dốc lớn, các nhánh sông có dòng chảy tương đối thẳng, chiều rộng từ 20-50m, hẹp nhất là 20m tại khu tuyến đập.

Đập thủy điện ĐakĐrinh cũng như nhiều công trình thủy điện khác ở Việt Nam được xây dựng trên nền đá. Việc nghiên cứu các đặc điểm địa chất công trình và phân loại chất lượng khối đá nền có ý nghĩa khoa học và thực tiễn, là giá trị tham khảo cho các công trình khác có điều kiện tương tự và góp phần làm phong phú thêm những hiểu biết và phương pháp nghiên cứu địa chất công trình khối đá.

2. Phương pháp nghiên cứu

Trong thiết kế đập và các công trình lớn thì các yếu tố về độ bền và biến dạng của khối đá có tầm quan trọng nhất.

2.1 Xác định đặc trưng biến dạng bằng thí nghiệm nén tĩnh có đo biến dạng bằng giãn kế

Thí nghiệm được tiến hành tại 2 vách hầm thăm dò. Quá trình nén, tăng và giảm tải được thực hiện theo cấp, mỗi cấp áp lực, bằng 1/10 áp lực lớn nhất của chu trình, duy trì áp lực nén mỗi cấp trong 1

phút. Khi tăng tải đạt áp lực lớn nhất và giảm tải về 0, thời gian đọc giá trị biến dạng duy trì trong 10 phút. Thường quy định tính modul biến dạng ở các cấp áp lực nén 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0 MPa, tại

các độ sâu cách bề mặt tường hàm 0,5; 1,5; 3,0; 4,5m và biên bộ.

Modul biến dạng E_0 được tính toán theo công thức:

$$E_0 = \frac{2Q(1-\nu^2)}{W_z} [(R^2 + Z^2)^{1/2} - Z] - \frac{QZ(1+\nu)}{W_z} [Z(R^2 + Z^2)^{-1/2} - 1] \tag{1}$$

trong đó: ν - hệ số Poisson; Q - áp lực tác dụng lên bàn nén (Mpa); R - bán kính bàn nén (mm); Z - độ sâu đặt đầu đo biến dạng (mm); W_z - biến dạng tại độ sâu Z (mm).

Với biến dạng ở xung quanh biên bộ được tính theo công thức (2), trong đó W_e là biến dạng trung bình của nền đá tại 6 điểm đo đặt xung quanh biên bộ (mm).

$$E_0 = \frac{4(1-\nu^2)QR}{\pi W_e} \tag{2}$$

2.2 Xác định các đặc trưng độ bền

2.2.1 Độ bền kháng cắt

Với khối đá có các mặt gián đoạn, nếu chúng cắt qua khối đá thì độ bền của mặt chính là độ bền của khối đá. Trường hợp mặt gián đoạn cắt không

liên tục thì cần có các thí nghiệm trên khối đá với kích thước đủ lớn để xác định độ bền kháng cắt của chúng.

- Thí nghiệm xác định trực tiếp độ bền kháng cắt

Thí nghiệm được tiến hành bằng cách đẩy trượt các trụ đá đã gia công trong hàm lò hoặc trong các hố đào có kích thước 700 x 700 x 350mm. Mỗi trụ đá được đẩy trượt 2 giai đoạn: giai đoạn đầu xác định sức kháng cắt lớn nhất và giai đoạn xác định sức kháng trượt dư.

Với kết quả đẩy trượt của 3 - 5 trụ đá cho một xeri, lập đồ thị quan hệ giữa lực kháng trượt τ và áp lực thẳng đứng σ để xác định các thông số kháng cắt gồm góc ma sát trong φ và lực dính kết C , từ đó tính toán các thông số kháng cắt của đá theo công thức:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{n \sum \tau_i \sigma_i - \sum \tau_i \sum \sigma_i}{n \sum \sigma_i^2 - (\sum \sigma_i)^2}, \quad C = \frac{\sum \tau_i \sum \sigma_i^2 - \sum \sigma_i \sum \sigma_i \tau_i}{n \sum \sigma_i^2 - (\sum \sigma_i)^2} \tag{3}$$

- Độ bền kháng cắt của mặt gián đoạn

+ Độ bền kháng trượt của mặt gián đoạn phẳng không có chất lấp nhét: Theo mặt phân lớp ứng suất cắt sẽ tăng dần cho tới khi đạt cường độ lớn nhất, tương đương với sự phá hủy vật liệu xi măng gắn kết trên mặt phân lớp của đá. Khi mà khoảng cách trượt tiếp tục tăng thì ứng suất cắt giảm xuống tới giá trị ứng suất dư.

Mối quan hệ giữa cường độ kháng cắt τ_p và ứng suất nén σ_n là một đường thẳng:

$$\tau_p = c + \sigma_n \cdot \tan\phi \tag{4}$$

+ Độ bền kháng cắt của mặt gián đoạn gồ ghề không có chất lấp nhét: Với bề mặt gián đoạn loại này thì cường độ kháng cắt nhìn chung là cao.

Barton và nnk (1973, 1976, 1977, 1990) đã đưa ra công thức xác định độ bền kháng cắt của mặt gián đoạn gồ ghề không qui tắc như sau:

$$\tau = \sigma_n \tan(\phi_b + JRS \log_{10} \left(\frac{JCS}{\sigma_n} \right)) \tag{5}$$

trong đó: JRC - hệ số độ nhám mặt khe nứt, JCS - cường độ kháng nén ở thành khe nứt.

Barton và Bandis (1990) xác định JRC từ thí nghiệm và tính theo công thức (6), với α - góc nghiêng của 2 thớt đá có bề mặt răng cưa trượt lên nhau:

$$JRC = \frac{\alpha - \phi_b}{\log_{10} \left(\frac{JCS}{\sigma_n} \right)} \tag{6}$$

+ Độ bền chống cắt của mặt gián đoạn bị lấp nhét: độ bền kháng cắt của các khe nứt trong đá có thể bị giảm mạnh khi một phần hay tất cả bề mặt khe nứt bị bao phủ bởi vật liệu sét lấp nhét. Khi có áp lực nước trong khối đá, bề mặt của các khe nứt sẽ bị tách dần và ứng suất nén σ_n giảm xuống. Trong điều kiện đủ thời gian để áp lực nước trong đá tiến đến trạng thái ổn định, ứng suất nén sẽ giảm đi và chỉ còn $\sigma_n' = (\sigma_n - u)$, với u là áp lực nước, σ_n' là ứng suất hữu hiệu. Cường độ kháng cắt của khe nứt bị lấp nhét đã được Barton tổng kết theo dạng bảng tra.

- *Xác định độ bền chống cắt của khối đá theo tiêu chuẩn Hoek-Brown:*

Tiêu chuẩn Hoek-Brown chỉ tính cho đới phong hoá, đá nứt nẻ. Từ thí nghiệm cắt 3 trục cho mẫu đá, người ta xem xét cắt 3 trục cho khối đá dựa trên tiêu chuẩn Hoek-Brown và các giá trị đặc trưng cho chất lượng khối đá là RMR và Q. Việc tính toán được hỗ trợ bởi phần mềm RocLab với các thông số đầu vào như trên, thiết lập từ phương trình cơ bản:

$$\sigma_1' = \sigma_3' + \sigma_{ci}(m_b \cdot (\sigma_3/\sigma_{ci}) + s)^a \quad (7)$$

trong đó, $m_b = m_i \cdot \exp\left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D}\right)$ nếu $GSI > 25$;

σ_1' và σ_3' là ứng suất có hiệu max và min tại thời điểm phá huỷ; σ_{ci} là cường độ kháng nén mẫu đá, xác định từ thí nghiệm trong phòng lấy theo giá trị trung bình của từng đới phong hoá; GSI là chỉ số độ bền địa chất, xác định theo công thức $GSI = RMR_{89} - 5$; RMR là giá trị phân loại khối đá theo Bieniawski (1989), khi $RMR < 23$ phải xác định GSI theo giá trị Q của Barton; D là mức độ ảnh hưởng của nổ mìn hoặc giảm tải đối với mức độ nguyên vẹn của khối đá, thay đổi từ 0 - với đá nguyên vẹn đến 1 - với đá bị phá huỷ rất mạnh; m_i là hệ số tùy thuộc vào loại đá, được xác định bằng nén 3 trục hoặc tra bảng; s và a là hằng số phụ thuộc đặc trưng của đá, xác định theo công thức:

$$s = \exp\{GSI - 100 / 9 - 3D\} \text{ nếu } GSI > 25, \text{ nếu } GSI < 25 \text{ thì } s = 0, \quad (8)$$

$$a = 1/2 + 1/6 \{e^{-GSI/15} - e^{-20/3}\} \quad (9)$$

2.2.2 Độ bền kháng nén

- *Phương pháp thí nghiệm xác định trực tiếp*

+ Độ bền nén 1 trục: Mẫu đá được nén 1 trục (one dimensional compression) với áp lực tăng dần theo từng cấp, tiến hành song song với việc đo biến dạng. Kết quả thu được là biến dạng theo từng cấp áp lực. Lập đồ thị biểu diễn quan hệ giữa tải trọng lên trụ σ và biến dạng đứng của trụ. Độ bền nén 1 trục của khối đá được xác định theo công thức (7), khi ứng suất $\sigma_3 = 0$ thì $\sigma_1' = \sigma_{ci} s^a$;

+ Độ bền nén 3 trục: Tại khối đá định đo, người ta tạo một trụ đá, bọc xung quanh bằng 1 khung thép. Giữa khung và trụ đá đặt kích phẳng, các kích này sẽ tạo ra áp lực ngang. Áp lực thẳng đứng cũng được tạo ra nhờ các kích thuỷ lực. Tăng áp lực của kích tạo áp lực dọc trục và áp lực ngang σ_3 cần thiết. Giữ nguyên áp lực ngang, tăng áp lực dọc trục đến khi khối đá bị phá huỷ. Xác định độ bền nén ứng với σ_3 đã định.

2.3 Phương pháp đánh giá chất lượng khối đá

2.3.1 Đánh giá theo hệ thống RMR

Việc đánh giá theo hệ thống phân cấp khối đá RMR (rock mass rating) của Bieniawski được thực hiện dựa vào 6 chỉ tiêu được ký hiệu $I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6$ lần lượt là độ bền nén của mẫu đá, trị số RQD, khoảng cách giữa các khe nứt, trạng thái của các khe nứt, điều kiện nước ngầm và định hướng khe nứt. Giá trị RMR được tính theo công thức dưới đây:

$$RMR = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 \quad (10)$$

Với mỗi thông số kể trên, Bieniawski phân ra các cấp và lượng hoá chúng bằng số điểm tương ứng. Tổng số điểm của các thông số là giá trị RMR. Giá trị này phân chia 5 cấp chất lượng (bảng 1). Từ các nhóm, có thể sơ bộ xác định được lực dính kết và ma sát trong của khối đá.

Bảng 1. Phân cấp chất lượng khối đá theo Bieniawski

Chỉ tiêu	Nhóm chất lượng				
	I	II	III	IV	V
Số điểm RMR	81-100	61-80	41-60	21-40	<20
Đặc điểm	Rất tốt	Tốt	Trung bình	Xấu	Rất xấu
Lực dính MN/m ²	0.3	0.2-0.3	0.15-0.2	0.1-0.15	<0.1
Góc ma sát trong	>45°	40° - 45°	35° - 40°	30° - 35°	<30°
Thời gian lưu không (với khẩu độ 5m)	10 năm	6 tháng	1 tuần	5 giờ	10 phút
K/cách không chống	4-40m	2.5-25m	1.5-7.0m	0.8-2.5m	<0.8m

Hệ thống phân loại RMR được sử dụng rộng rãi. Nó được sử dụng để phân loại và đánh giá chất lượng khối đá ở nền công trình, ở mái dốc cũng như khối đá quanh đường hầm, từ đó cung cấp các số liệu phục vụ thiết kế công trình, thiết kế các biện pháp thi công, gia cố.

Trong đánh giá ổn định mái dốc, đã có nhiều cải tiến để hệ thống RMR có độ tin cậy và chính xác hơn. Đáng kể nhất, Romana M. điều chỉnh phương pháp của Bieniawski để ứng dụng cho mái dốc và giới thiệu tại hội thảo quốc tế về cơ học đá ở Mexico năm 1985. Phương pháp mới được gọi là SMR (slope mass rating). Tiếp theo, Romana M và nnk đã giới thiệu chi tiết hơn về phương pháp SMR cho phân loại địa cơ học tại hội nghị của ISRM năm 2003 ở Nam Phi. Sau này nhiều nghiên cứu đã ứng dụng thành công, phổ biến rộng rãi và cụ thể hóa phương pháp này, điển hình như Tariq Siddique và nnk (2015), Lysandros Pantelidis (2009), R. K. Umrao và nnk (2011). Thậm chí, SMR còn được R. Tomas (2004, 2006, 2007) điều chỉnh thêm nữa và lấy tên là CSMR.

2.3.2 Đánh giá theo hệ thống Q

Phương pháp được N. Barton đề xuất nhằm xác định chỉ số chất lượng đường hầm, gọi là Q, tính theo công thức (11). Phương pháp đánh giá dựa vào các chỉ tiêu RQD - chỉ số chất lượng đá, J_n - số lượng các hệ khe nứt cùng bậc (tại các chỗ công trình giao nhau tính với $3xJ_n$, cửa công trình ngầm tính với $2xJ_n$), J_r - đặc tính khe nứt, J_a - trạng thái khe nứt, J_w - độ ngậm nước, SRF - độ giảm ứng suất. Tỉ số RQD/ J_n đặc trưng cho cấu trúc của khối đá; tỉ số J_r/J_a đặc trưng cho trạng thái mặt khe nứt và vật liệu lấp nhét; tỉ số J_w/SRF biểu thị ảnh hưởng của áp lực nước và sự tồn tại của ứng suất khác đến chất lượng khối đá. Giá trị của Q thay đổi từ 0.001 đối với đất sét đến 1000 đối với đá cứng không nứt nẻ. Dựa vào Q, phân chia 9 nhóm chất lượng khối đá (bảng 2).

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF} \tag{11}$$

Bảng 2. Phân loại chất lượng khối đá theo hệ Q

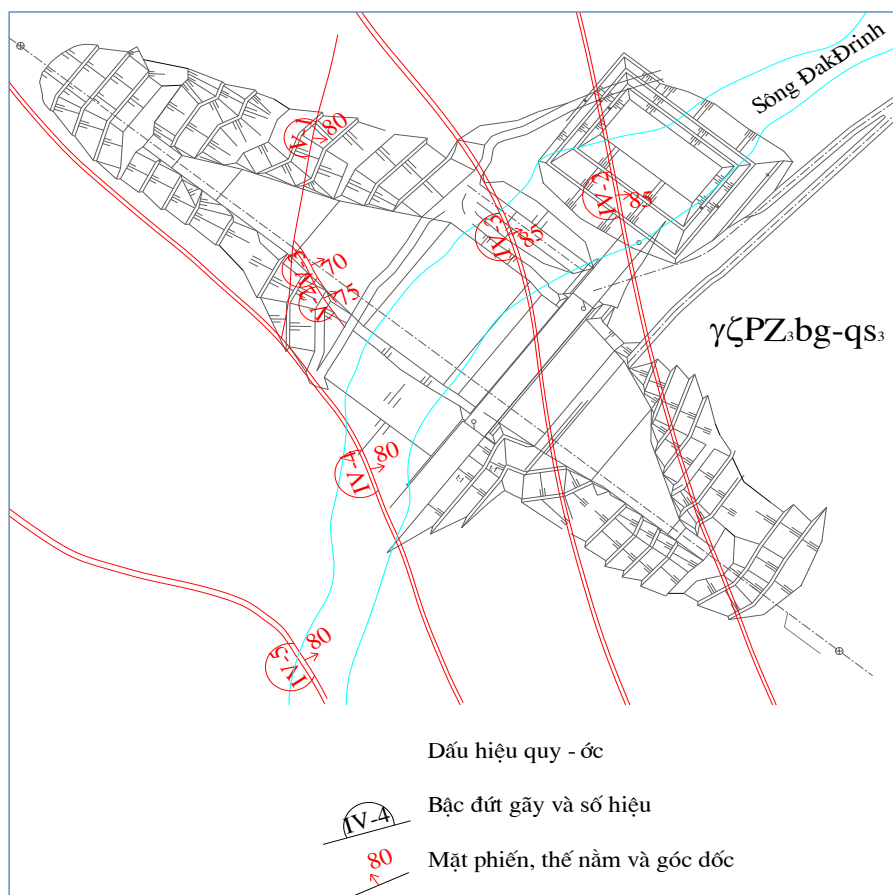
Giá trị Q	Nhóm chất lượng khối đá	Đánh giá ổn định của khối đá
>400	I	Đặc biệt tốt
100-400	II	Cực kỳ tốt
40-100	III	Rất tốt
10-40	IV	Tốt
4-10	V	Trung bình
1-4	VI	Yếu
0.1-4	VII	Rất yếu
0.01-0.1	VIII	Cực kỳ yếu
0.001-0.01	IX	Đặc biệt yếu

3. Đặc điểm địa chất công trình khu vực đập thủy điện Đakdrinh

3.1 Đặc điểm địa chất khu vực tuyến đập

Trong vùng tuyến đập phân bố rộng rãi đá magma, bao gồm phức hệ Bến Giàng – Quế Sơn ($\gamma\zeta PZ_3bg-qs_3$), nơi mà toàn bộ nền, vai đập của tuyến đập 2, một phần tuyến đập 1 và phần đầu của tuyến năng lượng đều nằm trong khối đá granit biotit phức hệ này (hình 6); phức hệ Cha Val (νT_3cv) phân bố một phần nhỏ gần khu vực tháp điều áp; phức hệ Hải Vân, pha 1 ($\gamma a T_3hv_1$)

phân bố ở thượng lưu tuyến 1, phần giữa tuyến năng lượng, chiếm khoảng ¼ diện tích vùng nghiên cứu; phức hệ Bà Nà, pha 1 (γK_2bn_1) phân bố hẹp với diện tích khoảng 2km² ở cửa suối Đak Gi Man. Đất bờ rời thuộc hệ Đệ tứ gồm bồi tích và lũ tích (apQ) với trầm tích cát, cuội, sỏi và đá tảng; chiều dày khoảng 1-3m, nhiều nơi trầm tích lòng sông có chiều dày tới 8m; sườn, tàn tích (edQ) với thành tạo sườn tàn tích phân bố hầu hết diện tích công trình, chiều dày từ 5-30m.



Hình 6. Nền và vai đập nằm trong đá granit biotit Bền Giằng - Quế Sơn

3.2 Đặc điểm kiến tạo và mặt gián đoạn

Theo tiêu chuẩn TCVN-4253-86, đã xác định và phân loại các mặt cấu trúc gián đoạn trong phạm vi đập thủy điện ĐakĐrinh một số đứt gãy bậc IV, V và khe nứt bậc VI, VII. Các mặt cấu trúc gián đoạn này chia cắt khối đá thành các đơn nguyên khác nhau.

Việc nghiên cứu chi tiết các mặt cấu trúc gián đoạn được thực hiện ở hầm thăm dò ngang dài

60m tại vai đập. Khe nứt được khảo sát theo các thông số phương vị đường phương, phương vị hướng dốc và góc dốc, chiều dài (l), chiều rộng hoặc độ mở (Δa), bước khe nứt (a), khoảng cách gián đoạn trung bình giữa hai đầu khe nứt (cầu đá) (Δl). Vì đo ở trong hầm nên chỉ xác định được chiều dài của các khe nứt nhỏ (bảng 3).

Bảng 3. Phân loại đứt gãy và khe nứt khối đá nền đập thủy điện ĐakĐrinh

Đứt gãy, khe nứt	Bậc	Chiều dài	Chiều rộng đới dịch chuyển hoặc khe nứt	Chiều rộng đới ảnh hưởng/ đới có đá biến đổi	Khoảng cách trung bình các đới kiến tạo
Đứt gãy	IV	300-3000m	0,1-1,0m	3-10m	300-2000 m
Đứt gãy nhỏ và khe nứt lớn	V	30-300m	0,03-0,1m	0,3-3m	10-30m
Khe nứt trung bình	VI	10-30m	0,003-0,03m	0,03-0,3m	3-10m
Khe nứt nhỏ	VII	<10m	0,005-0,03m	0,01-0,03m	0,3-3m

3.3 Đặc điểm phong hoá và tính chất cơ lý của mẫu đá

Vỏ phong hoá của đá granit biotit vùng tuyến đập phát triển rất mạnh, có chiều dày từ 1,0m đến

29,0m. Theo tiêu chuẩn TCVN 4253-86 Nền các công trình Thủy công, nền đá công trình thủy điện ĐakĐrinh được chia thành các đới theo mức độ phong hoá như sau (bảng 4).

Bảng 4. Bảng phân chia các đới đá nền đập

Đới	Mô tả
edQ + IA ₁	<i>Sườn, tàn tích và đới phong hoá rất mạnh (residual soils and very strong weathered zone):</i> chiều dày đới từ 0,5m đến 12,0m, trung bình 10m, thành phần là sét pha, cát pha chứa 15-25% dăm sạn thạch anh, dăm sạn có kích thước một vài mm, trong đới gặp tầng lẫn kích thước 1-2 m.
IA ₂	<i>Đới đá phong hoá mạnh:</i> dày trung bình 5m. Đá granit biotit cấu tạo khối, phong hoá mạnh thành dăm cục, đôi chỗ là khối tảng sót, đới chứa 40-45% dăm sạn đá gốc. Đá phong hóa có kích thước 2 - 6 cm, cá biệt 13 - 17 cm. Khe nứt hở có chất lấp nhét ô xít sắt và sét. Độ bền khối đá thấp-rất thấp, đá kém cứng chắc tới yếu.
IB	<i>Đới phong hoá trung bình:</i> dày từ 1-29m, trung bình 15m. Đá granit biotit cấu tạo khối, bị phong hoá vừa, cứng chắc trung bình, đôi chỗ mềm yếu, nứt nẻ, khe nứt mở rộng, phân chia khối đá thành các tảng nhỏ hơn, bề mặt khe nứt có chất lấp nhét là oxyt sắt, một phần lấp nhét khác là sét, sạn. Độ bền khối đá dao động trong phạm vi rộng, đá cứng chắc trung bình, đôi chỗ kém cứng chắc.
IIA	<i>Đới nứt nẻ, giảm tải:</i> dày từ 5-33m, trung bình 18m. Đá granit biotit bị phong hoá theo bề mặt khe nứt. Đá cứng chắc, nứt nẻ trung bình đến yếu, đôi chỗ nứt nẻ mạnh, bề mặt khe nứt có bám oxyt sắt màu nâu vàng.
IIB	<i>Đới tương đối nguyên vẹn:</i> Đá granit dạng khối, cứng chắc, nứt nẻ ít đến trung bình.

Kết quả phân tích thí nghiệm xác định tính chất cơ lý mẫu đá trong phòng cho thấy, cường độ kháng nén của đá khi mẫu bị bão hoà nước giảm

không nhiều, từ 6-9%, đá thuộc loại không bị mềm hoá (hệ số mềm hoá $K_m > 0.75$), lượng hút nước và độ rỗng của đá thấp (bảng 5).

Bảng 5. Các đặc trưng cơ lý của mẫu đá granit biotit theo kết quả thí nghiệm trong phòng

Đới phong hoá	Số lượng mẫu	g_0 (g/cm ³)	g_{ck} (g/cm ³)	g_{xk} (g/cm ³)	n (%)	R_k (Mpa)	R_n (Mpa)	$E_{bd}/E_{đh} \times 10^4$ Mpa	φ (độ)	C (Mpa)
IB	20	2.64	2.64	2.67	1.45	7.75	$\frac{74.2}{68.8}$	$\frac{2.95}{3.17}$	36.31	14.13
IIA	59	2.65	2.65	2.67	1.00	9.48	$\frac{84.8}{75.4}$	$\frac{3.58}{4.72}$	37.17	16.04
IIB	33	2.71	2.72	2.73	1.33	12.03	$\frac{100.3}{94.1}$	$\frac{4.95}{5.43}$	38.28	19.69

Ghi chú: Các ký hiệu: g_0, g_{ck}, g_{xk} lần lượt là khối lượng thể tích khô gió, khối lượng thể tích bão hoà, khối lượng riêng; n là độ lỗ rỗng; R_k, R_n là cường độ kháng kéo, cường độ kháng nén; E_{bd} và $E_{đh}$ là modul biến dạng và modul đàn hồi của mẫu đá; φ, C là góc ma sát trong và lực dính kết của mẫu đá; ở các phân số, tử số là giá trị ứng với mẫu trạng thái khô gió, mẫu số là trạng thái bão hoà nước.

3.4 Đặc điểm địa chất thủy văn và tính thấm của đá

Theo kết quả khảo sát ở hàm thấm dò, đới IB thấy nước tại các bề mặt khe nứt, nước chảy ra dưới dạng thấm rỉ, lượng nước chảy ra trong 10m đường hầm là 28 l/phút. Trong đới IIA đôi chỗ đá

ẩm ướt, nhưng đa số là khô ráo, lượng nước chảy ra trong 10m đường hầm 0.3 l/phút. Đới IIB không thấy nước chảy, bề mặt khe nứt hoàn toàn khô ráo. Một phần đới IIA và đới IIB được coi là tầng cách nước (bảng 6).

Nước ngầm tồn tại trong tầng phủ và trong các khe nứt, đứt gãy, đới phong hoá. Nguồn cấp là nước mưa và nước mặt, miền thoát là sông ĐakĐrinh và các thung lũng cắt sâu vào đá gốc. Độ sâu mực nước biển thiên rất phức tạp, từ 5.3m - 31.7m, trung bình 15m. Mực nước ngầm ở nhiều hố khoan nằm sâu hơn 61m. Nước ngầm thuộc loại Hydrocacbonat clorua canxi- kali – natri- magie, độ khoáng hoá 130mg/l, có tính ăn mòn yếu với bê tông về chỉ tiêu CO₂.

Bảng 6. Lưu lượng nước ngầm theo tài liệu hầm khảo sát

Đối phong hoá	Lưu lượng nước chảy ra từ 10m đường hầm	Trạng thái bề mặt khe nứt
IB	28 l/phút	Nước áp lực nhỏ
IIA	0.3 l/phút	Ấm ướt
IIB	Không có nước chảy	Khô ráo

Để xác định tính thấm của đất đá trong phạm vi nền đập thủy điện ĐakĐrinh, đã tiến hành các thí nghiệm ép nước, đổ nước, mức nước và hút nước. Kết quả thí nghiệm được trình bày trong bảng 7.

Bảng 7. Đặc trưng thấm của khối đá granit biotit nền đập

Vị trí	Đối	Lượng mất nước khi ép nước (L_u)		
		Max	Min	Trung bình
Bờ phải	IB	6	2	4
	IIA	4	0	2
	IIB	1	0	0.5
Bờ trái	IB	13	7	10
	IIA	10	3	6.5

Ghi chú: $L_u=10.Q/P.L$, với Q - lưu lượng ổn định l/ph ; P - áp lực hiệu quả, kg/cm^2 ; L - chiều dài đoạn thí nghiệm, m.

4. Đánh giá và phân loại chất lượng khối đá

4.1 Đánh giá chất lượng khối đá nền đập theo hệ thống RMR

Đặc điểm khối đá theo RMR thu được từ các kết quả trình bày ở trên. Giá trị cường độ kháng nén mẫu đá lấy theo bảng 3, đặc điểm địa chất thủy văn xác định theo bảng 4, giá trị RQD xác định theo tài liệu đo vẽ trong hầm thể hiện trên bảng 6. Hướng của các hệ khe nứt chủ yếu là thuận lợi đối với ổn định của đập vì hướng cắm của chúng chủ yếu là ngược vào các vai đập, riêng hệ khe nứt số 1 có hướng cắm về phía hạ lưu nhưng hệ này kém phát

triển và khe nứt có góc dốc lớn. Các đứt gãy bậc V cũng có hướng cắm tương tự.

Bảng 8. Chỉ số RQD theo tài liệu hầm khảo sát

STT	Đối phong hoá	Trị số RQD (%)
1	IA2	15
2	IB	66
3	IIA	88
4	IIB	92

Kết quả đánh giá chất lượng khối đá theo hệ thống RMR đối với các đới đá của khối đá nền đập thủy điện ĐakĐrinh được trình bày trong bảng 9.

Bảng 9. Đánh giá chất lượng khối đá nền đập theo hệ thống RMR

Đới đá	Các chỉ tiêu thành phần và đánh giá định lượng						Giá trị RMR và phân cấp chất lượng
	Độ bền, Rn MPa	RQD %	Khoảng cách khe nứt, m	Đặc trưng khe nứt	Đặc điểm địa chất thủy văn	Hướng khe nứt	
IA2	12 (2)	<25 (3)	<0.05 (5)	Rộng $\Delta a=120mm$ (0)	Theo các khe nứt riêng biệt, ướt(7)		15 V Rất xấu
IB	68 (7)	66 (13)	0.20 (10)	Rộng $\Delta a=2-3mm$ (6)	Theo các khe nứt riêng biệt, ướt(7)	Thuận lợi (-2)	41 III Trung bình
IIA	75 (7)	88 (17)	0.25 (10)	Rộng $\Delta a=1-3mm$ (12)	Theo các khe nứt riêng biệt, ẩm (10)		54 III Trung bình
IIB	94 (7)	92 (20)	0.30 (20)	Rộng, $\Delta a=1-3mm$ Bề mặt rất nhám (12)	Theo khe nứt riêng biệt, khô ráo (15)		72 II Tốt

Ghi chú: Các giá trị trong ngoặc đơn là điểm số đánh giá từng chỉ tiêu riêng lẻ; cột cuối cùng thể hiện giá trị điểm số RMR, phân cấp và phân loại khối đá.

Từ bảng tổng hợp này nhận thấy chất lượng khối đá phụ thuộc vào sự có mặt của các mặt gián đoạn, góc dốc và phương vị hướng dốc của mặt gián đoạn cũng như trạng thái mặt gián đoạn, bên cạnh đó mức độ phong hoá cũng ảnh hưởng đến chất lượng khối đá. Đối IA2 có RMR = 15, đá có

chất lượng rất xấu; đối IB có RMR = 41, đá có chất lượng trung bình thấp, đối IIA có RMR = 54, đá có chất lượng trung bình cao, đối IIB có RMR = 72, đá có chất lượng tốt.

4.2 Đánh giá phân loại chất lượng khối đá nền đập theo hệ thống Q

Kết quả đánh giá và phân loại chất lượng khối đá nền đập thủy điện ĐakĐrinh theo phương pháp của N.Barton, được trình bày trong bảng 10.

Bảng 10. Phân loại chất lượng khối đá nền đập theo hệ thống Q

Đới đá	Các chỉ tiêu thành phần và đánh giá định lượng						Q và phân cấp chất lượng
	RQD %	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF	
IA2	15	Đá vỡ vụn, mềm yếu (20)	Tiếp giáp vách khe nứt không hoàn toàn (1.0)	Chất nhét mềm yếu, tiếp giáp vách không hoàn toàn (8.0)	Thấm cục bộ, rửa trôi chất nhét khe nứt (0.66)	Đới bị mềm hoá, chứa nhiều sét (10)	Đặc biệt yếu (0.06)
IB	66	Đá nứt nẻ rất mạnh (15)	Khe nứt dạng sóng, thường có gương trượt (1.5)	Vách khe nứt tại tiếp giáp, chất nhét mềm yếu (4.0)	Thấm cục bộ, rửa trôi chất nhét khe nứt (0.66)	Nứt nẻ rất mạnh, khối giảm tải (2.5)	Yếu (0.44)
IIA	88	3 hệ thống khe nứt (9)	Khe nứt nhám dạng sóng (3.0)	Vách khe nứt tại tiếp giáp, chất nhét mềm yếu (4.0)	Lưu lượng nhỏ, cục bộ (1)	Ứng suất trung bình (1.0)	Trung bình (7.3)
IIB	92	3 hệ thống khe nứt (9)	Khe nứt nhám dạng sóng (3.0)	Vách khe nứt tại tiếp giáp, không phong hoá (1.0)	Lưu lượng nhỏ, cục bộ (1)	Ứng suất trung bình (1.0)	Tốt (30.7)

Trong bảng này, giá trị trong ngoặc đơn là điểm đánh giá các chỉ tiêu. Giá trị SRF với đới IIA và IIB vẫn thuộc ứng suất trung bình, phù hợp điều kiện $R_c/\sigma_1 = 10-200$, với σ_1 là ứng suất chính cực đại trong khối đá.

Tương tự hệ thống RMR, hệ thống Q cho thấy sự khác nhau đáng kể về chất lượng khối đá ở các đới khác nhau. Kết quả đánh giá theo cả 2 hệ thống cho đới IIA và IIB tương đối thống nhất. Đối IIA được đánh giá có chất lượng trung bình, trị số RMR = 54 và Q = 7.3. Theo thiết kế, nền đập đặt trong đới IIA.

Phân loại chất lượng khối đá theo hai phương pháp RMR và Q rất phổ biến trong xây dựng công trình ngầm, đặc biệt là trong khai đào hầm. Bên cạnh đó, phương pháp RMR còn được dùng để đánh giá chất lượng khối đá sườn dốc trong phân tích ổn định mái dốc với những bước cải tiến phù hợp về mặt đo đạc tính toán. Tuy nhiên, việc ứng dụng các phương pháp này ở Việt Nam còn có

những hạn chế do chưa quan tâm thích đáng tới việc xác định chính xác các thông số đầu vào để tính giá trị RMR và Q.

5. Kết luận

Khối đá granit biotit nền đập Thủy điện ĐakĐrinh có cấu trúc phức tạp, hình thành nên môi trường không liên tục, không đồng nhất và bất đẳng hướng. Đặc điểm này ảnh hưởng đến đặc trưng cơ học của khối đá và tạo ra sự khác biệt giữa tính chất của mẫu và khối đá. Vì vậy khi nghiên cứu ĐCCT khối đá phải đánh giá đầy đủ các mặt cấu trúc và ảnh hưởng của chúng đến các đặc trưng cơ học của khối đá.

Phương pháp xác định các đặc trưng biến dạng dựa trên cách tiếp cận kinh nghiệm, xác định theo thông số chất lượng khối đá (RMR, Q), các phương pháp này có ưu điểm là xem xét nhiều yếu tố trạng thái khối đá, dựa vào kết quả nghiên cứu rất nhiều khối đá nên phản ánh đúng thực tế. Tuy nhiên, để

phân loại chất lượng khối đá cần kết hợp nhiều thông số.

Kết quả xác định các đặc trưng cơ học khối đá granit biotit nền đập Thủy điện ĐakĐrinh cho thấy, dựa vào các công thức kinh nghiệm của Barton, Bieniawski (Q system, RMR) trên cơ sở phân loại chất lượng khối đá cho xu hướng cao hơn. Kết quả đánh giá chất lượng khối đá theo phương pháp RMR và Q system cho thấy có sự khác nhau đáng kể về chất lượng khối đá ở các đới khác nhau. Cả 2 phương pháp đề cho đới IIA và IIB tương đối thống nhất. Đới IIA được đánh giá có chất lượng trung bình, trị số RMR = 54 và Q = 7.3. Thiết kế lựa chọn đới IIA làm nền đập bảo đảm tối ưu về mặt ổn định và kinh tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Công ty Tư vấn Sông Đà (2009). Báo cáo điều kiện địa chất công trình Nhà máy thủy điện ĐakĐrinh tỉnh Quảng Ngãi, Hà Nội.
2. Tiêu chuẩn Việt Nam, Nền các công trình thủy công và yêu cầu thiết kế (TCVN.4253-86), Hà Nội.
3. Bieniawski Z.T., (1979). The Geomechanical Classification in Rock Engineering Applications. *Proceedings of 4th International Congress on Rock Mechanics, International Society for Rock Mechanics, Salzburg, Vol. 2, pp. 41-48.*
4. Hoek - Brown Failure Criterion (2006). Edited by Evert Hoek, Carlos Carranza-Torres and Brent Corkum.
5. Lysandros Pantelidis (2009). Rock slope stability assessment through rock mass classification systems. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences* 46, 315–325.
6. Romana M., (1985). New adjustment ratings for application of Bieniawski classification of slopes. *In: Proceedings of the International Symposium on Role of Rock Mechanics. Zacatecas, Mexico; p. 49-53.*
7. Romana M, Seron JB, Montalar E., (2003). SMR geomechanics classification: application, experience and validation. *In: ISRM 2003 technology roadmap for rock mechanics. South African Institute of Mining and Metallurgy.*
8. Siddique T., et al., (2015). Slope mass rating and kinematic analysis of slopes along the national highway-58 near Jonk, Rishikesh, India. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering* 7, 600-606.
9. Tomas R., Cuenca A., and Delgado J., (2004). Modificación del Slope Mass Rating (SMR) a través de Funciones Continuas. *Ingeniería Civil, Vol. 134, pp. 17-24.*
10. Tomas R., Cano M., Cuenca A., Canaveras J.C., and Delgado J., (2006). Nuevas Funciones Continuas para el Calculo del Slope Mass Rating. *Rev Soc Geol Espana, Vol. 19, pp. 87-97.*
11. Tomas R., Delgado J., and Seron J.B., (2007). Modification of Slope Mass Rating (SMR) by Continuous Functions. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, Vol. 44, No. 7, pp. 1062-1069.*
12. Umrao R.K., et al., (2011). Stability Analysis of Cut Slopes Using Continuous Slope Mass Rating and Kinematic Analysis in Rudraprayag District, Uttarakhand. *Geomaterials, 1, 79-87.*

Ngày nhận bài: 27/6/2022.

Ngày nhận bài sửa: 15/7/2022.

Ngày chấp nhận đăng: 15/7/2022.