

NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH TƯƠNG QUAN ĐẶC TÍNH KHỐI ĐÁ, ÁP DỤNG CHO HỆ TẦNG A VƯƠNG - TỈNH THỪA THIÊN HUẾ

Lê Thị Minh Giang¹, Phạm Quang Tú¹, Trịnh Minh Thụ¹

Tóm tắt: *Tương quan giữa các đặc tính khối đá đã và đang được nhiều tác giả trên thế giới nghiên cứu, trong đó đã phần chứng được xây dựng bằng phương pháp thống kê dựa trên các số liệu hiện trường của khối đá. Bài báo này trình bày phương pháp phân tích hồi quy và đánh giá tương quan để kiểm nghiệm và xác định các tương quan đặc tính khối đá của hệ tầng A Vương tại hầm thủy điện A Lưới, tỉnh Thừa Thiên Huế. Từ các tương quan xây dựng được, tác giả kiến nghị các công thức kinh nghiệm phù hợp với thực tế tại hiện trường.*

Từ khóa: cơ học đá, chỉ số khối đá (RMR), chỉ số chất lượng khối đá (Q), cường độ khối đá (σ_{cm}) và modun biến dạng khối đá (E_m), phân tích hồi quy, kiểm định phương trình hồi quy.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đá là một vật liệu tự nhiên và khác hoàn toàn với các vật liệu công trình khác vì có chứa gián đoạn (như khe nứt, đứt gãy...), nằm giữa các gián đoạn là các đá nguyên vẹn. Tổ hợp các gián đoạn và đá nguyên vẹn trên cả một vùng đá có thể tích lớn được gọi là đá nguyên trạng hay khối đá. Đá nguyên vẹn thường có đặc trưng đẳng hướng, đồng nhất, và được đại diện qua modun đàn hồi E , cường độ kháng nén một trục σ_c . Khối đá thường có đặc trưng không đồng nhất, không đẳng hướng, và được đại diện qua modun biến dạng E_m , cường độ khối đá σ_{cm} , các chỉ tiêu phân loại chất lượng khối đá (chẳng hạn như Q, RMR). Các thông số E , σ_c , E_m và σ_{cm} là các đặc trưng cơ học công trình quan trọng trong việc giải quyết các bài toán liên quan đến ổn định công trình ngầm đi trong đá. Trong đó, thông số E , σ_c thường được xác định bằng thí nghiệm nén dọc trục của mẫu đá hình trụ lấy từ nồn khoan hiện trường; thông số E_m được xác định bằng thí nghiệm hiện trường.

Với các công trình quy mô lớn như hầm, đập..., thực hiện các thí nghiệm để xác định các chỉ tiêu cơ học của khối đá sẽ rất tốn kém, mất nhiều thời gian. Do đó, việc xây dựng tương quan các đặc tính của khối đá được nhiều tác giả trên thế giới nghiên cứu như tương quan giữa các chỉ tiêu phân loại khối đá,

tương quan E_m và σ_{cm} với các chỉ tiêu phân loại khối đá hoặc với các đặc trưng khe nứt trong đá, tương quan giữa thành phần khoáng chất của khối đá (lực dính c , góc mát sát ϕ) với các thông số của khối đá,... Một số tương quan được xây dựng dựa trên phương pháp lý thuyết thống kê (Bieniawski, 1976, 1978; Cameron et al., 1981; Hoek et al., 2006; Serafim, 1983); hoặc được xây dựng từ điều kiện giới hạn về cường độ (Hoek et al., 2002; Kalamaras et al., 1993; Ramamurthy, 2004), ứng xử của khối đá (Barton, 2002; Singh et al., 1997); hoặc thay thế các chỉ số, hệ số có tính tương đồng (Hoek et al., 2013; Russo, 2009) và sau đó dùng phương pháp thống kê đánh giá sự phù hợp.

Các công thức tương quan được xây dựng dựa trên số liệu thí nghiệm hiện trường, coi các giá trị đặc trưng của khối đá là các biến ngẫu nhiên và sử dụng phương pháp thống kê để kiểm tra sự tương quan giữa các biến với nhau. Trong nghiên cứu này, tác giả trình bày phương pháp phân tích hồi quy để xây dựng tương quan giữa các biến, các chỉ tiêu để đánh giá sự tương quan giữa các biến trong phương trình hồi quy. Từ đó, áp dụng vào xác định các tương quan đặc tính khối đá trong hệ tầng A Vương tại hầm thủy điện A Lưới, Tỉnh Thừa Thiên Huế.

2. PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH HỒI QUY VÀ ĐÁNH GIÁ TƯƠNG QUAN

2.1. Phương trình hồi quy

Phương pháp phân tích hồi quy là phương pháp

¹ Trường Đại học Thủy lợi

thống kê xác định và định lượng được mối quan hệ qua lại giữa các biến. Phương pháp này được sử dụng trong nhiều lĩnh vực như y tế, năng lượng, kinh tế ..., cho phép xác định được phương trình giữa các biến dựa trên các số liệu khảo sát thực tế với mối liên hệ phù hợp nhất. Một số dạng liên hệ có thể có: quan hệ tuyến tính, quan hệ phi tuyến (như hàm số mũ, hàm logarit, hàm lũy thừa, quan hệ hàm đa thức,...) (Ang & Tang, 2007).

Giả sử với hai biến ngẫu nhiên X và Y, phương trình hồi quy tuyến tính có dạng như sau:

$$Y = aX + b \quad (1)$$

trong đó: a và b là hệ số của phương trình, được xác định bằng phương pháp bình phương nhỏ nhất theo công thức:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}; b = \bar{y} - a\bar{x};$$

Với $\bar{x}$ và $\bar{y}$ là giá trị trung bình của biến X và Y.

Với hai biến ngẫu nhiên X và Y, phương trình hồi quy phi tuyến viết dưới dạng sau:

$$Y = ag(X) + b \quad (2)$$

với g(X) là hàm phi tuyến xác định trước của biến X. Hàm phi tuyến có thể được biểu diễn hàm tuyến tính với $X' = g(X)$:

$$Y = aX' + b \quad (3)$$

Hệ số a và b được xác định tương tự như phương trình hồi quy tuyến tính.

2.2. Kiểm định phương trình hồi quy

Kiểm định phương trình hồi quy nhằm đo lường kích thước sai biệt giữa giá trị thực và giá trị tiên lượng của biến Y trong phương trình hồi quy. Có 5 nhóm tiêu chí để kiểm định phương trình hồi quy.

Nhóm 1: dựa vào giá trị sai số tuyệt đối giữa giá trị thực và giá trị tiên lượng theo phương trình hồi quy.

Nhóm 2: dựa vào giá trị bình phương sai số giữa giá trị thực và giá trị tiên lượng theo phương trình hồi quy.

Nhóm 3: dựa vào khảo sát sai biệt tương đối của mô hình.

Nhóm 4: dựa vào hệ số xác định để xác định phần phương sai của giá trị tiên lượng trong mẫu.

Với các nhóm từ 1– 4, các giá trị sai số giữa giá

trị thực và giá trị tiên lượng theo phương trình hồi quy càng nhỏ thì phương trình hồi quy càng phù hợp với các biến đang xét. Trong 4 nhóm trên, hiện nay phổ biến nhất là xác định sai số theo trung bình phần trăm sai số tuyệt đối - MAPE và khai căn trung bình bình phương sai số - RMSE. Cách xác định MAPE và RMSE theo công thức sau:

$$MAPE = \frac{\sum \frac{|y_i - f_i|}{y_i}}{n} \quad (4)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (f_i - y_i)^2}{n}} \quad (5)$$

trong đó f_i là giá trị thực của biến Y, y_i là giá trị tiên lượng của biến Y theo phương trình hồi quy

Nhóm 5: dựa vào hệ số tương quan để đánh giá độ chặt chẽ của mối liên hệ hồi quy tuyến tính giữa hai biến X và Y hoặc giữa giá trị thực (f_i) và giá trị tiên lượng (y_i) của biến Y. Hệ số tương quan thường được xác định theo Pearson:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (6)$$

|R| càng gần 1 thì mối liên hệ giữa các biến càng chặt chẽ.

3. XÁC ĐỊNH TƯƠNG QUAN ĐẶC TÍNH KHỐI ĐÁ TRONG HỆ TẦNG A VƯƠNG TẠI HÀM THỦY ĐIỆN A LƯỚI

3.1. Giới thiệu chung về hệ tầng A Vương

Đá trong hệ tầng A Vương là đá biến chất. Thành phần thạch học chủ yếu là sét kết, cát kết dạng Quartzite, phiến sét, phiến sericite, phiến sericite - thạch anh, đá phiến thạch anh mica, đá phiến thạch anh - penfat màu xám tro, xám nâu xen kẽ các tập lớp quaczit biotit màu xám tro, xám sáng, phân lớp dày 0.3-0.4m đến 0.7-1.0m. Ranh giới dưới của các thành tạo phụ hệ tầng giữa bị các thành tạo granodiorit của phức hệ Quế Sơn xuyên cắt, biến chất nhiệt. Hoạt động kiến tạo, phá hủy đứt gãy trong hệ tầng A Vương khá phức tạp gồm đứt gãy sâu bậc II Rào Quán - A Lưới, đứt gãy bậc III Phú Thuận với bề rộng đới phá hủy cả nát và vỡ vụn rộng 10-20m; đứt gãy bậc IV có bề rộng phá hủy cả nát 0.5-2m, chiều rộng đới đá ảnh hưởng biến đổi, biến hóa, nứt nẻ mạnh 3-10m; các hệ thống khe nứt gồm nhiều hệ thống khe nứt khác nhau từ khe nứt bậc V đến khe nứt bậc IX, các khe nứt thường gồ ghề, bề mặt nhám, chất

nhét của các khe nứt lớn là sét, lẫn sạn và milonit, các khe nứt nhỏ lấp đầy canxit và clorit, thạch anh, một số khe nứt hở. Điều kiện nước ngầm tại các khe nứt chủ yếu là khô, đôi chỗ xuất hiện dòng chảy lớn. Với đặc điểm địa chất phức tạp của hệ tầng A Vương, việc đánh giá chất lượng khối đá và các đặc trưng cơ học của khối đá để phục vụ cho công tác đánh giá ổn định công trình ngầm đi qua hệ tầng AVương là cần thiết.

3.2. Tương quan giữa chỉ tiêu phân loại chất lượng khối đá RMR và Q cho khối đá trong hệ tầng A Vương tại hầm thủy điện A Lưới

Chỉ tiêu phân loại chất lượng khối đá RMR và Q là hai chỉ tiêu phổ biến nhất hiện nay trong lĩnh vực cơ học đá. Ngoài việc dùng để đánh giá chất lượng khối đá, RMR và Q còn được dùng để lựa chọn phương pháp gia cố hầm trong giai đoạn thi công. Công thức tương quan giữa RMR và Q được nhiều tác giả xây dựng với mục đích dễ dàng chuyển đổi giữa hai chỉ tiêu và so sánh lựa chọn các biện pháp gia cố. Q được xác định bởi 6 thông số liên quan đến cấu trúc của đá, đặc trưng khe

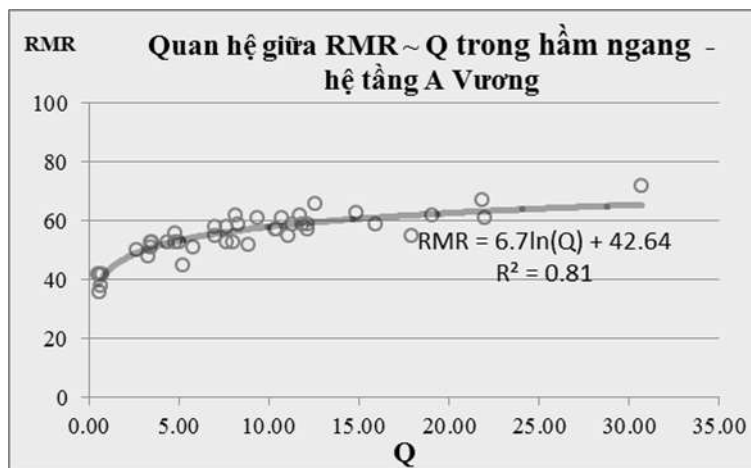
nứt và điều kiện nước ngầm, ứng suất trong đá (Barton et al., 1974). RMR được xác định từ 6 thông số liên quan đến cường độ nén dọc trục của đá nguyên mẫu, chỉ số nứt nẻ của đá, ảnh hưởng của khe nứt và nước ngầm (Bieniawski, 1989).

Đặc điểm địa chất tại khu vực hầm ngang trong hệ tầng A Vương tại hầm thủy điện A Lưới có đới IB là sét kết, cát kết dạng quartzit bị phiến hóa mạnh; đới IIA là cát kết dạng quartzit phân lớp dày; đới IIB là cát kết dạng quartzit phân lớp dày bị phiến nhẹ; đới đá vùng phá hủy kiến tạo là cát kết dạng quartzit bị phá hủy kiến tạo, đá mềm yếu, nứt nẻ vỡ vụn rất mạnh. Khe nứt khu vực hầm ngang dạng gồ ghề, chất lấp nhét có sét, oxit sắt hoặc canxit, clorit. (PECC1, 2007c). Từ số liệu đo vẽ khe nứt và báo cáo địa chất cho các trụ thí nghiệm tại hiện trường (PECC1, 2007c), kết quả tính toán chỉ số Q và RMR cho của khối đá trong hầm ngang của hệ tầng A Vương được thể hiện trong Bảng 1.

Cường độ kháng nén đơn trục của đá tại các đới IB, IIA và IIB trong hầm ngang lần lượt là 53.3MPa, 88MPa, 89.6MPa. (PECC1, 2007c)

Bảng 1. Chỉ số RMR và Q trong hầm ngang - hệ tầng A Vương

Stt	Đới	Q	RMR	Stt	Đới	Q	RMR
1	IB	3.47	53.0	23	Phá hủy kiến tạo	0.55	42.0
2		3.52	53.0	24		0.60	42.0
3		4.83	53.0	25		0.60	36.0
4		2.64	50.0	26		0.72	42.0
5		8.85	52.0	27		0.66	38.0
6		5.23	45.0	28	IIB	15.90	59.0
7		7.03	58.0	29		17.91	55.0
8		4.38	53.0	30		14.86	63.0
9		5.05	53.0	31		10.36	57.0
10		3.46	51.0	32		10.43	57.0
11		5.77	51.0	33		10.71	61.0
12		3.28	48.0	34		12.11	59.0
13	IIA	9.36	61.0	35		11.32	59.0
14		11.89	59.0	36		21.84	67.0
15		8.32	59.0	37		19.04	62.0
16		4.78	56.0	38		12.57	66.0
17		7.63	53.0	39		12.16	57.0
18		7.05	55.0	40		22.00	61.0
19		11.71	62.0	41		11.09	55.0
20		8.15	62.0	42		30.67	72.0
21		7.68	58.0				
22		8.05	53.0				



Hình 1. Tương quan giữa RMR ~ Q trong hầm ngang - hệ tầng A Vương

Bảng 2. Kiểm định các phương trình tương quan RMR và Q trong hầm ngang - hệ tầng A Vương

Tác giả	Công thức	RMSE	MAPE	Điều kiện áp dụng
Bieniawski (1976)	$RMR=9\ln Q+44$	6.87	0.109	Cho mọi loại đá
Rutledge et al. (1978)	$RMR=5.9\ln Q+43$	3.55	0.051	New Zealand
Barton (1995)	$RMR=34.5\ln Q+50$	7.74	0.134	Đá trầm tích, đá biến chất
Công thức (11)	$RMR= 6.77\ln Q + 42.67$	3.27	0.049	Hệ tầng A Vương

Chỉ số chất lượng đá - RQD - được dùng để xác định RMR và Q. Thông thường, xác định RQD dựa vào nồn khoan là công việc đơn giản và quen thuộc, tuy nhiên việc đo giá trị RQD cho giá trị kém chính xác, không phản ánh được đặc điểm thật của khối đá (Hung, 2016). Chính vì vậy, việc xác định RQD theo số liệu khe nứt đo trong hầm hoặc vết lộ đá có độ chính xác cao hơn gồm phương pháp gián tiếp của Palmstrom (1995) và phương pháp đo vẽ khe nứt theo đường quét (Brady, 2005). Do mật độ khe nứt của khối đá trong hầm ngang tương đối dày (bước các khe nứt bậc IX nhỏ hơn 0.6m), RQD của khối đá được xác định tại các trụ đá thí nghiệm tại hầm ngang theo phương pháp gián tiếp của Palmstrom (1995):

$$RQD = 115 - 3.3J_v \quad (7)$$

$$J_v = 1.5 \sum \left(\frac{n a_i L_i}{\sqrt{A}} \right) \quad (8)$$

Với J_v - số lượng khe nứt trong một đơn vị thể tích khối đá; $n a_i$ - số khe nứt với chiều dài L_i và A - diện tích bề mặt đang đánh giá RQD.

Bề mặt các trụ đá có phân bố và chất lượng các hệ khe nứt không đồng nhất nhau nên thông số J_r - hệ số kể đến độ nhám của khe nứt và J_a - hệ số kể đến sự biến đổi (phong hóa) của khe nứt cũng được xác định theo phương pháp của Palmstrom (1995) với công thức tổng quát tính giá trị J như sau:

$$J = \sum (N a_i^*)^2 J_i / \sum (N a_i^*)^2 \quad (9)$$

$$N a_i^* = \frac{n a_i L_i}{\sqrt{A}} \quad (10)$$

Từ kết quả ở Bảng 1, tương quan giữa Q và RMR cho khối đá cát kết dạng quartzit trong hầm ngang hệ tầng A Vương được thể hiện ở

Hình 1: $RMR = 6.7\ln Q + 42.64$ (11) với hệ số tương quan $R^2 \sim 0.81$.

Kết quả kiểm định các phương trình tương quan RMR ~ Q được áp dụng trên thế giới với số liệu RMR, Q của hệ tầng A Vương thể hiện ở Bảng 2, sử dụng tiêu chí RMSE và MAPE để đánh giá. Từ kết quả ở Bảng 2 cho thấy, quan hệ tương quan theo công thức (11) cho sai số là nhỏ nhất với RMSE = 3.27 và MAPE = 0.049. Công thức tương quan của Rutledge et al. (1978) cũng phù hợp cho hệ tầng A Vương với sai số RMSE = 3.55 và MAPE = 0.051. Với công thức của Bieniawski (1976) và Nick Barton (1995), sai số lớn gấp 2 lần khi so sánh với hai công thức còn lại.

3.2. Tương quan giữa Q và cường độ kháng cắt của khối đá trong hệ tầng A Vương tại hầm thủy điện A Lưới

Lực kháng cắt của khối đá trong hệ tầng A Vương tại hầm ngang, thủy điện A Lưới được

xác định bằng thí nghiệm cắt trụ đá trong hầm ngang theo tiêu chuẩn ASTM D4554-90, kích thước bê đá thí nghiệm theo tiêu chuẩn là 700mmx700mmx350mm.

Bảng 3. Xác định lực kháng của khối đá trong hầm ngang - hệ tầng A Vương

Stt	Đới	Khi phá hủy		Barton (2002)				Tham số đánh giá chất lượng khối đá theo Barton et al.,(1974)							Chỉ số RMR
		Áp lực nén σ (MPa)	Áp lực cắt τ_m (MPa)	tg ϕ	ϕ độ	c (MPa)	Áp lực cắt τ_m (MPa)	RQD	J_n	J_r	J_a	J_w	SF R	Q	
1	IB	1.03	2.56	0.61	31.5	2.29	2.9	43	10	1.7	2.5	1	1	2.6	50
2		1.54	3.89	0.70	35.1	3.32	4.4	56	9	1.7	2.5	1	1	4.4	53
3		2.05	4.42	1.70	59.6	2.77	6.3	52	11	1.7	1.0	1	1	8.9	52
4		2.54	5.03	0.96	43.9	2.90	5.3	49	8	1.6	1.7	1	1	5.2	45
5		3.07	5.83	1.07	47.0	3.49	6.8	55	9	1.6	1.5	1	1	7.0	58
6	IIA	1.03	2.83	0.78	38.0	9.18	10.0	86	7	2.2	2.9	1	1	8.2	62
7		1.55	4.42	0.77	37.6	5.48	6.7	51	10	1.8	2.4	1	1	4.8	56
8		2.06	5.03	0.89	41.6	11.6	13.4	79	6	2.1	2.4	1	1	11.7	62
9		2.54	5.83	0.73	36.0	8.55	10.4	68	8	1.9	2.6	1	1	7.0	55
10		3.05	6.62	0.77	37.7	8.67	11.0	69	7	2.2	2.9	1	1	7.6	53
11	IIB	1.06	3.18	1.71	59.7	9.98	11.8	78	7	1.7	1.0	1	1	19.0	62
12		1.54	3.53	1.35	53.4	14.5	16.6	81	5	1.3	1.0	1	1	21.8	67
13		2.10	4.77	1.15	48.9	8.83	11.2	69	7	1.1	1.0	1	1	11.3	59
14		2.54	5.30	1.29	52.3	10.1	12.0	68	6	1.3	1.0	1	1	14.7	66
15		3.03	6.01	1.16	49.3	9.3	12.9	73	7	1.2	1.0	1	1	12.1	59

Từ kết quả thí nghiệm hiện trường, lực dính và góc ma sát trong của đới IB, IIA và IIB trong hầm ngang lần lượt là (1.245MPa; 56.57°), (1.284MPa; 60.8°), và (1.463MPa; 56.44°) (PECC1, 2007c).

Các thành phần kháng cắt (c, ϕ) của khối đá trong hầm ngang xác định theo Bieniawski (1976) dựa trên điểm RMR cho đới IB, IIA và IIB lần lượt là (0.2-0.3MPa; 25-35°), (0.24-0.34MPa; 29-39°), (0.26-0.36MPa; 31-41°).

Các giá trị c, ϕ do Bieniawski (1976) đề xuất nhỏ hơn thực tế, Barton (2002) đã đề xuất xác định theo các thông số này theo thành phần của Q như sau:

$$\phi = \tan^{-1}\left(\frac{J_r}{J_a J_w}\right) \quad (12)$$

$$c = \frac{RQD}{J_n} \frac{1}{SRF} \frac{\sigma_c}{100} \quad (13)$$

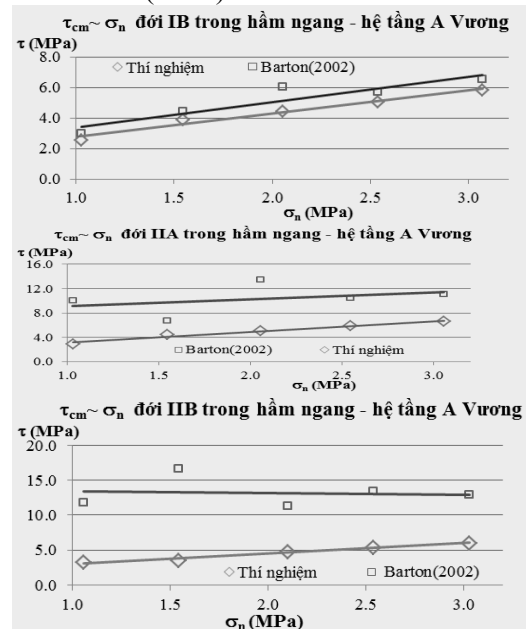
trong đó

J_n là hệ số kể đến số lượng các hệ khe nứt,

J_w là hệ số kể đến ảnh hưởng của nước,

SRF là tham số đặc trưng cho sự suy giảm ứng suất của đá.

RQD được xác định thông qua giá trị J_v theo Palmstrom (1995).



Hình 2. Quan hệ giữa τ_m và σ_n thuộc đới IB, IIA và IIB hầm ngang, hệ tầng A Vương theo số liệu thí nghiệm và lý thuyết

Lực kháng cắt lý thuyết xác định theo tiêu chuẩn Mohr - Colomb với công thức:

$$\tau_m = c + \sigma_n \tan \varphi \quad (14)$$

Ta có kết quả τ_m theo thí nghiệm và lý thuyết như trong bảng 3 và đường bao kháng cắt theo thí nghiệm và lý thuyết thể hiện ở Hình 2. Kết quả đánh giá tương quan theo hệ số Pearson (R) giữa các thông số kháng cắt theo lý thuyết với lực kháng cắt thí nghiệm cho các đới IB, IIA và IIB của hệ tầng A Vương được thể hiện ở bảng 4.

Bảng 4. Hệ số tương quan giữa τ_m thí nghiệm với thành phần kháng cắt lý thuyết

Đới	τ_m (τ_m)*	τ_m ($\sigma_n \tan \varphi$)*	τ_m c*
IB	0.92	0.82	0.76
IIA	0.3	0.97	0.06
IIB	-0.33	0.96	-0.59

* thể hiện giá trị lý thuyết

Cường độ kháng cắt của khối đá xác định theo các hệ số c và φ do Barton (2002) kiến nghị có kết quả lớn hơn nhiều so với cường độ kháng cắt thí nghiệm (Bảng 3). Với đới IB bị nứt nẻ nhiều, chỉ số chất lượng đá $Q < 10$, mức độ phong hóa mạnh đến trung bình, mẫu trụ đá ứng xử như môi trường đẳng hướng và cho kết quả tương quan lực kháng cắt giữa thí nghiệm và tính toán trong đới IB tương đối tốt ($R=0.92$). Với đới IIA và IIB có nứt nẻ từ trung bình đến ít, mức độ phong hóa yếu, mẫu trụ đá ứng xử thiên về môi trường không đẳng hướng và cho kết quả tương quan lực kháng cắt thí nghiệm và lý thuyết yếu; ở đới IIB, tương quan còn có xu hướng ngược chiều ($R = 0.3$ với đới IIA, $R = -0.33$ với đới IIB). Điều này có thể lý giải là do khi trong đới đá càng cứng chắc, σ_c và $\frac{RQD}{J_n}$ càng lớn và hiển nhiên c cũng sẽ lớn theo. Sự biến thiên giá trị c trung bình giữa các đới là rất lớn (2.93MPa, 8.6MPa và 10.6MPa lần lượt cho đới IB, IIA và IIA), tương quan giữa lực kháng cắt thí nghiệm với lực tính toán trong đới IB ở mức độ mạnh ($R=0.76$), còn với đới IIA và IIB không chặt chẽ và có xu hướng ngược chiều (R lần lượt là 0.06 và -0.59); trong

khi đó giá trị $\sigma_n \tan \varphi$ trung bình trong từng đới lại biến thiên không nhiều (2.2MPa, 1.8MPa, và 2.6MPa lần lượt cho các đới IB, IIA và IIB), tương quan giữa lực kháng cắt thí nghiệm với $\sigma_n \tan \varphi$ tính toán trong các đới chặt chẽ ($R = 0.82; 0.97; 0.96$). Như vậy, với môi trường không đẳng hướng, việc sử dụng σ_c trong thành phần kháng cắt là chưa phù hợp, giá trị RQD cần xét theo hướng gia tải thí nghiệm như Barton (2002) đã khuyến cáo. Với môi trường không đẳng hướng, lực kháng cắt của khối đá cần xét thêm ảnh hưởng của các yếu tố khác như ảnh hưởng của ứng suất, ảnh hưởng từ các đặc trưng khác của hệ khe nứt (hệ số gồ ghề, chất lấp nhét khe nứt, ma sát dư, ...), ảnh hưởng của dị hướng (chiều dày phân lớp, mức độ phân phối...).

3.3. Tương quan giữa modun biến dạng của khối đá với RMR, Q trong hệ tầng A Vương tại hầm thủy điện A Lưới

Modun biến dạng khối đá trong hầm ngang của hệ tầng A Vương được xác định bằng thí nghiệm nén tĩnh có sử dụng giãn kế để đo lún theo tiêu chuẩn ASTM D4394-84 tại hầm ngang, kích thước bề mặt đá thí nghiệm 800mmx800mm, bàn nén hình tròn kích thước 710mm. Kết quả E_m thí nghiệm được thể hiện trong Bảng 5.

Bảng 5. Modun biến dạng của khối đá trong hầm ngang - hệ tầng A Vương theo thí nghiệm hiện trường

Stt	Đới	Q	RMR	$E_m \times 10^3$ (MPa)
1	IB	5.05	53	7.48
2		3.46	51	9.08
3		5.77	51	7.17
4		3.28	48	2.53
5	IIA	7.68	58	13.16
6		8.05	53	14.52
7	IIB	12.16	57	15.32
8		22.00	61	16.63
9		11.09	55	15.62
10		30.67	72	15.62

Các công thức tương quan giữa $E_m \sim RMR, Q$ được xây dựng dựa trên các số liệu thí nghiệm

hiện trường của các đá trầm tích và biến chất do Bieniawski (1978) và Serafim (1983) thu thập. Đề xuất công thức tương quan giữa E_m và RMR, Q cho hệ tầng A Vương, tiến hành so sánh công thức tương quan của Bieniawski (1978), Serafim

(1983), Nicholson et al. (1990) và Barton (2002) bằng chỉ tiêu RMSE và MAPE với số liệu thí nghiệm tại hệ tầng A Vương. Kết quả tính toán các giá trị sai số của các công thức tương quan thể hiện ở Bảng 6.

Bảng 6. Kết quả sai số giữa các công thức tương quan $E_m \sim RMR, Q$ trong hầm ngang - hệ tầng A Vương

Tác giả	Phương trình	RMSE $\times 10^3$ (MPa)			MAPE		
		Cả hệ tầng	Đới IB	Đới IIA, IIB	Cả hệ tầng	Đới IB	Đới IIA, IIB
Bieniawski (1978)	$E_m = 2RMR - 100$ khi $RMR > 50$	5.27	5.13	5.35	0.41	0.57	0.31
Serafim (1983)	$E_m = 10^{(RMR-10)/40}$ khi $RMR \leq 50$	2.69	3.34	2.21	0.24	0.41	0.14
Nicholson et al. (1990)	$E_m = 0.5(0.0028RMR^2 + 0.9 \exp(\frac{RMR}{22.82}))$	4.24	1.0	5.31	0.26	0.12	0.34
Barton (2002)	$E_m = 25 \log_{10} Q$	10.9	9.35	11.7	0.90	1.16	0.74
Barton (2002)	$E_m = 10(Q \cdot \frac{\sigma_c}{100})^{\frac{1}{3}}$	6.6	5.94	6.99	0.56	0.75	0.44

Từ kết quả của Bảng 6, công thức tương quan của Serafim (1983) khi xét cho cả hệ tầng A Vương có các giá trị sai số RMSE = 2.69×10^3 (MPa) và MAPE = 0.24, là giá trị sai số nhỏ nhất khi so sánh với các giá trị sai số của các công thức tương quan còn lại. Riêng đối với đới IB, giá trị sai số RMSE và MAPE nhỏ nhất xuất hiện ở công thức tương quan của Nicholson et al. (1990) với các giá trị lần lượt là 1.0×10^3 (MPa) và 0.12. Như vậy, đối với đới IIA và IIB kiến nghị sử dụng công thức tương quan $E_m \sim RMR$ của Serafim (1983); với đới IB kiến nghị sử dụng công thức tương quan $E_m \sim RMR$ của Nicholson et al. (1990).

4. KẾT LUẬN

1. Do đá có chứa các đặc điểm mang tính ngẫu nhiên (đặc điểm cấu trúc, khe nứt, mức độ phong hóa, điều kiện ứng suất) nên sử dụng phương pháp thống kê để xác định tương quan đặc tính khối đá và đánh giá tương quan giữa các biến trong công thức tương quan là phù hợp và được áp dụng phổ biến trong lĩnh vực địa kỹ thuật.

2. Các công thức tương quan đặc tính khối đá hiện nay chủ yếu được xây dựng dựa trên số liệu hiện trường của nhiều nơi trên thế giới với mục đích xây dựng một công thức chung nhất nhằm áp

dụng tính toán cho các loại đá khác nhau. Tuy nhiên, điều này là không khả thi do đá có sự phân bố ngẫu nhiên trong không gian, địa tầng. Bằng cách áp dụng phương pháp phân tích hồi quy và đánh giá tương quan cho các đới đá khu vực hầm ngang trong hệ tầng A Vương tại hầm thủy điện A Lưới, Tỉnh Thừa Thiên Huế, nghiên cứu đã cho thấy chỉ một số công thức tương quan đặc tính khối đá có thể được áp dụng cho khu vực này như tương quan $RMR \sim Q$ của Rutledge et al. (1978) hoặc sử dụng tương quan mới $RMR = 6.7 \ln Q + 42.62$; tương quan $E_m \sim RMR$ của Serafim (1983) cho đới IIA và IIB, của Nicholson et al. (1990) cho đới IB. Các thành phần kháng cắt theo Barton (2002) phù với đới đá IB bị nứt nẻ nhiều, đá ứng xử như môi trường đẳng hướng. Với các đới đá IIA và IIB - nứt nẻ từ trung bình đến ít, mức độ phong hóa yếu, đá ứng xử thiên về môi trường không đẳng hướng - giá trị σ_c và RQD trong thành phần lực kháng cắt khối đá cần xét xác định như Barton (2002) đã khuyến cáo; ngoài ra lực kháng cắt cần xét thêm ảnh hưởng của các yếu tố khác như ảnh hưởng của ứng suất, ảnh hưởng từ các đặc trưng khác của hệ khe nứt (hệ số gồ ghề, chất lấp nhét khe nứt, ma sát dư,),

ảnh hưởng của dị hướng (chiều dày phân lớp, mức độ phân phối...),.

4. Việc sử dụng các công thức tương quan đặc tính khối đá theo các công thức kinh nghiệm của

các tác giả trên thế giới áp dụng vào các công trình địa kỹ thuật ở Việt Nam cần phải có quá trình kiểm nghiệm đánh giá sự phù hợp của công thức với số liệu khảo sát thực tế tại hiện trường.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Hung, B. K. (2016) *Một số vấn đề về địa chất công trình và các dự án xây dựng thủy điện, thủy lợi ở Việt Nam*. Hà Nội, Việt Nam, Nhà xuất bản dân trí.
- PECC1. (2007b). *Tập bản vẽ địa chất công trình - Thủy điện A Lưới - TKKT2*. Retrieved from Hà Nội, Việt Nam.
- PECC1. (2007c). *Báo cáo thí nghiệm cơ địa hiện trường trong hầm ngang số 1 - HNI*. Hà Nội, Việt Nam.
- Ang, A. H.-S., & Tang, W. H. (2007). *Probability concepts in engineering planning and design: Emphasis on application to civil and environmental engineering*. Wiley.
- Barton, N. (1995). *The influence of joint properties in modelling jointed rock masses*. Paper presented at the 8th ISRM Congress.
- Barton, N. (2002). "Some new *Q*-value correlations to assist in site characterisation and tunnel design". *International journal of rock mechanics mining sciences*, 39(2), 185-216.
- Barton, N., Lien, R., & Lunde, J. (1974). "Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support". *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 6(4), 189-236.
- Bieniawski, Z. (1976). *Rock mass classifications in rock engineering*. Paper presented at the Proceedings of the Symposium on Exploration for Rock Engineering, Cape Town.
- Bieniawski, Z. (1978). *Determining rock mass deformability: experience from case histories*. Paper presented at the International journal of rock mechanics and mining sciences & geomechanics abstracts.
- Bieniawski, Z. (1989). *Engineering rock mass classifications: a complete manual for engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering*: John Wiley & Sons.
- B. H. G. Brady and E. T. Brown (2005). *Rock mechanics: for underground mining*, 3rd ed. Springer science & business media.
- Cameron-Clarke, I., & Budavari, S. (1981). "Correlation of rock mass classification parameters obtained from borecore and in-situ observations". *Engineering Geology*, 17(1-2), 19-53.
- Hoek, E., Carranza-Torres, C., & Corkum, B. (2002). "Hoek-Brown failure criterion-2002 edition". *Proceedings of NARMS-Tac*, 1(1), 267-273.
- Hoek, E., Carter, T., & Diederichs, M. (2013). *Quantification of the geological strength index chart*. Paper presented at the 47th US rock mechanics/geomechanics symposium.
- Hoek, E., & Diederichs, M. (2006). "Empirical estimation of rock mass modulus". *International journal of rock mechanics mining sciences*, 43(2), 203-215.
- Kalamaras, G. S., & Bieniawski, Z. (1993). *A rock mass strength concept for coal seams*. Paper presented at the Proc. 12th Conf. Ground Control in Mining. Morgantown.
- Nicholson, G., & Bieniawski, Z. (1990). "A nonlinear deformation modulus based on rock mass classification". *International journal of Mining geological engineering*, 8(3), 181-202.
- Palmstrom, A. (1995). *RMi-a rock mass characterization system for rock engineering purposes*. (PhD), University of Oslo.
- Ramamurthy, T. (2004). "A geo-engineering classification for rocks and rock masses". *International Journal of Rock Mechanics Mining Sciences*, 41(1), 89-101.
- Russo, G. (2009). "A new rational method for calculating the GSI". *Tunnelling Underground Space Technology*, 24(1), 103-111.

- Rutledge, J., & Preston, R. (1978). "Experience with engineering classifications of rock". Proc. Int. Tunnelling Sym., Tokyo, A3.
- Serafim, J. L. (1983). *Consideration of the geomechanical classification of Bieniawski*. Paper presented at the Proc. int. symp. on engineering geology and underground construction.
- Singh, B., Villadkar, M., Samadhiya, N., & Mehrotra, V. (1997). "Rock mass strength parameters mobilised in tunnels". Tunnelling Underground Space Technology, 12(1), 47-54.

Abstract:

**STUDY ON THE CORRELATIONS BETWEEN ROCK MASS PROPERTIES
AND ROCK MASS CLASSIFICATION AN APPLYCATION FOR THE A VƯƠNG
FORMATION IN THUA THIEN HUE PROVINCE**

The correlation between rockmass properties and rock mass classification are being interested worldwide, in which, statistical methods have applied through the in-situ data. This article carries out the regression analysis and regression calibration to determine the correlations of the rockmass properties and the rock mass classification in the A Vương formation at A Luoi hydropower tunnel, Thua Thien Hue province. By doing so, the authors propose the goodness – of – fit correlations with the in-situ data.

Keywords: rock mechanics, rock mass rating RMR, rock mass quality index Q, rock mass strength σ_{cm} , deformation Modulus E_m , regression analysis, regression calibration

Ngày nhận bài: 27/8/2020

Ngày chấp nhận đăng: 31/12/2020