

NGHIÊN CỨU TÍNH DỊ HƯỚNG ĐỘ BỀN CỦA THAN THÔNG QUA THÍ NGHIỆM KÉO GIÁN TIẾP

Chu Việt Thức

Trường Đại học Điện lực

Ngày nhận bài 23/11/2018, ngày nhận đăng 25/01/2019

Tóm tắt: Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thí nghiệm kéo gián tiếp đối với hai tổ hợp mẫu than bùn có góc dị hướng $\alpha = 0^0$ và $\alpha = 90^0$. Kết quả cho thấy: cường độ kháng kéo trong cả hai trường hợp đều có tính dị hướng. Tuy nhiên, trường hợp $\alpha = 90^0$ có tính dị hướng lớn hơn so với trường hợp $\alpha = 0^0$, hay nói cách khác, đặc trưng dị hướng cường độ kháng kéo phụ thuộc vào góc tạo bởi mặt phân lớp và hướng gia tải.

1. Đặt vấn đề

Cường độ kéo là một trong những chỉ tiêu cơ học được sử dụng rộng rãi để tính toán, phân tích, thiết kế các công trình trong lĩnh vực xây dựng. Trong quá trình thi công, chỉ tiêu này được dùng để đánh giá mức độ ổn định dài hạn hoặc ngắn hạn của công trình ngầm (metro, đường hầm giao thông, hầm mỏ, hố móng...); khả năng khoan, cắt, khai đào, tách phá; khả năng áp dụng làm vật liệu xây dựng [1], [2].

Thí nghiệm kéo gián tiếp (nén tách hay còn gọi là thí nghiệm Brazil) được phát triển từ năm 1943 [3] và được Hội cơ học đá quốc tế (ISRM) công nhận là một trong những phương pháp được sử dụng để xác định độ bền kéo của đá hay các vật liệu giòn [4]. Ưu điểm lớn nhất của phương pháp này chính là việc chuẩn bị mẫu tương đối đơn giản, quá trình thí nghiệm có thể được thực hiện ngay trên máy nén một trục, tức là nén mẫu hình trụ dọc theo đường sinh.

Đặc tính dị hướng của đá nói chung và than nói riêng đã được một số tác giả thực hiện thông qua thí nghiệm nén đơn trục [5], [6], [7]. Thí nghiệm kéo gián tiếp để khảo sát đặc tính dị hướng cường độ đã được một số học giả nghiên cứu: Ramamurthy và cộng sự nghiên cứu sự ảnh hưởng đặc tính của modul đàn hồi, cường độ trong đá bị phân lớp [8]; Nasser et al thông qua thí nghiệm để phân tích đặc tính dị hướng cơ học của biến dạng và cường độ trong đá phiến [9]; Cho et al sử dụng thí nghiệm nén đơn trục và thí nghiệm kéo tách để nghiên cứu các tham số đàn tính, dị hướng của cường độ trên các loại đá Gonal (gneiss), đá phiến sét và đá diệp thạch [10]; Đinh Quốc Dân [11] thông qua 555 mẫu thí nghiệm với 4 loại đá khác nhau nhằm đánh giá tính dị hướng của các loại đá khác nhau. Tuy vậy, các tác giả trên vẫn chưa phân tích sâu nguyên nhân dẫn đến sự dị hướng, mô tả mặt vỡ và chỉ mới thực hiện trên các loại đá mà chưa kể đến tính dị hướng ở than, đặc biệt là than ở độ sâu lớn.

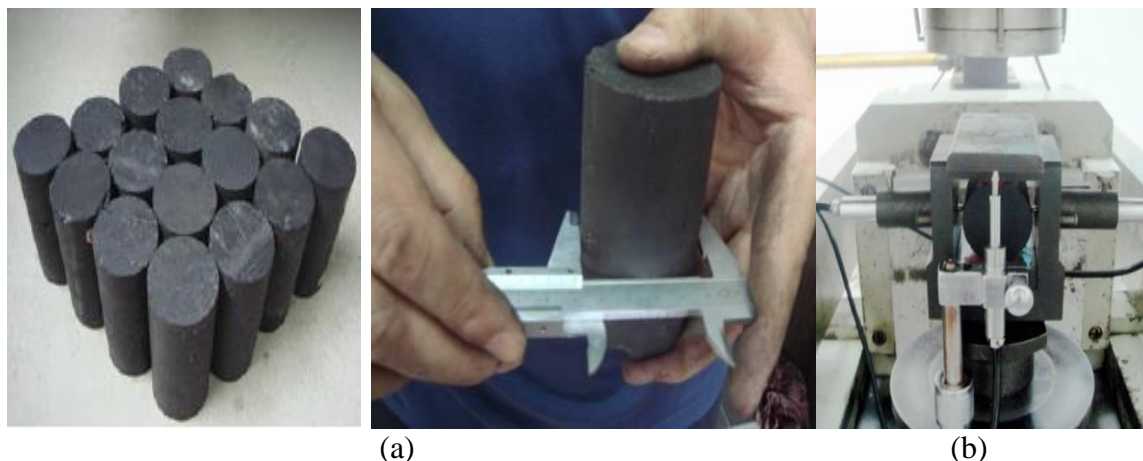
Các nghiên cứu đặc tính dị hướng độ bền đối với đá phân lớp nói chung đến nay tương đối phong phú. Tuy vậy, đối với than, đặc biệt là than nguyên khối ở độ sâu lớn vẫn chưa được tìm hiểu một cách đầy đủ, nhất là ảnh hưởng của tính dị hướng đến các tính chất cơ học của than.

Trong bài báo này, tác giả thông qua các thí nghiệm kéo gián tiếp để làm sáng tỏ vấn đề trên, bổ sung thêm về lý luận cơ học đá nói chung, tính chất cơ học của than, đặc biệt than phân lớp ở độ sâu lớn nói riêng.

2. Điều kiện thí nghiệm

2.1. Lựa chọn và gia công mẫu

Mẫu than dùng trong thí nghiệm được lấy từ vỉa có độ sâu - 880 m thuộc mỏ Hoài Nam, tỉnh An Huy, Trung Quốc, được bảo quản ở nhiệt độ phòng đảm bảo khô ráo, sau đó mới được gia công để tạo thành mẫu. Quá trình gia công mẫu được tiến hành hết sức tỉ mỉ, tuân thủ quy trình gia công, chế tạo mẫu thí nghiệm [11]. Đầu tiên, dùng cưa tạo các mặt song song và vuông góc với mặt phân lớp, mài nhẵn, đánh bóng, sau đó dùng khoan ZS-100 khoan vuông góc và song song (0^0 và 90^0) với mặt phân lớp để lấy lõi khoan. Kiểm tra lại góc tạo bởi trụ mẫu và mặt phân lớp, sau đó tiến hành cắt và mài nhẵn lại toàn bộ các mẫu một lần nữa để đảm bảo mẫu có kích thước đồng đều theo tiêu chuẩn: $\phi 50\text{mm} \times 100\text{mm}$. Số lượng mẫu cần gia công cho mỗi loại (một tổ hợp) là 5 mẫu. Các mẫu sau khi được gia công đều được đánh dấu quy ước để phân nhóm, tránh nhầm lẫn (hình 1.(a)).



Hình 1: (a) - Mẫu thí nghiệm và đo đạc kiểm tra kích thước, (b) – Máy RMT-150C

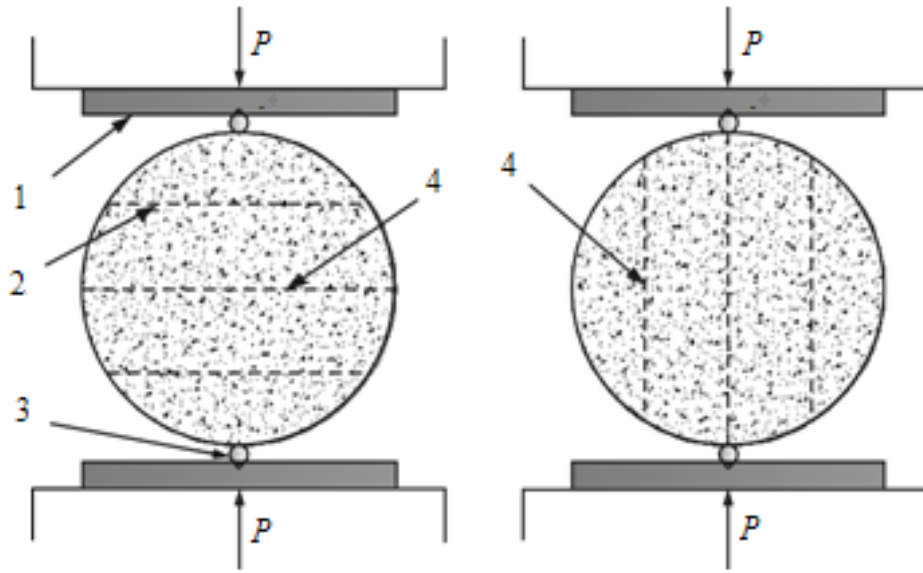
2.2. Thiết bị thí nghiệm

Các thí nghiệm đều được thực hiện trên máy RMT - 150C tại Phòng thí nghiệm trọng điểm Quốc gia Trung Quốc, thuộc Viện Cơ học đất đá, Viện Hàn lâm Khoa học Trung Quốc, Phân viện Vũ Hán (hình 1.(b)).

3. Thí nghiệm kéo gián tiếp với than có góc dị hướng khác nhau

3.1. Phương pháp thí nghiệm

Trong quá trình thí nghiệm, máy luôn vận hành ở chế độ không chế chuyển vị dọc trục, tốc độ gia tải là 0.01mm/s . Thí nghiệm được thực hiện tuần tự theo nhóm, tổ hợp mẫu có góc dị hướng $\alpha = 90^0$ (mặt phân lớp vuông góc với hướng gia tải) được thực hiện trước và tổ hợp mẫu có góc dị hướng $\alpha = 0^0$ (mặt phân lớp song song với hướng gia tải) được thực hiện sau.



1-Bàn nén; 2- Mẫu thí nghiệm; 3- Chèn; 4- Mặt phân lớp

Hình 2: Sơ đồ biểu thị hướng gia tải với mặt phân lớp khác nhau

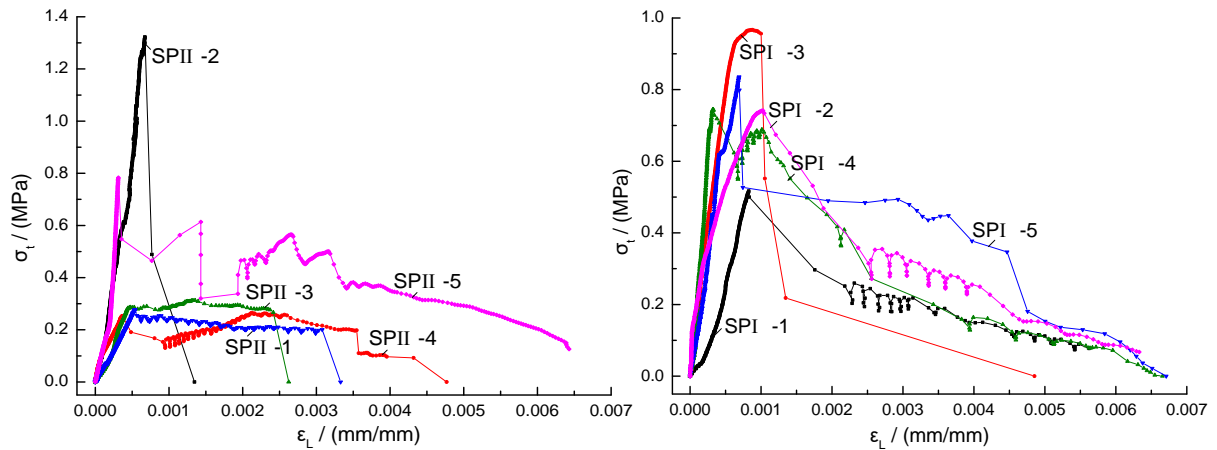
3.2. Kết quả thí nghiệm

Trong thí nghiệm kéo gián tiếp, cường độ kháng kéo là giá trị tải trọng tới hạn tại thời điểm mẫu bị phá hủy, được xác định bởi công thức:

$$\sigma_t = 2P / (\pi DH) \tag{1}$$

trong đó: σ_t là cường độ kháng nén; P - tải trọng tới hạn; D - đường kính mẫu; H - chiều cao mẫu.

Kết quả thí nghiệm được thể hiện tại hình 3 và bảng 1.



a. Hướng gia tải vuông góc với mặt phân lớp

b. Hướng gia tải song song với mặt phân lớp

Hình 3: Đường cong biểu thị quan hệ biến dạng ngang và cường độ kháng kéo của than

Bảng 1: Các tham số cơ học chủ yếu thu được thông qua thí nghiệm kéo gián tiếp

Mẫu	Đường kính /(mm)	Chiều cao /(mm)	Mật độ /(g·cm ⁻³)	Hướng gia tải so với mặt phân lớp	Tải trọng tới hạn /(KN)	Cường độ kháng kéo/(Mpa)		Độ lệch chuẩn
						Giá trị đo	Giá trị bình quân	
SP I -1	49,56	49,16	1,341		1,979	0,517		
SP I -2	49,70	49,16	1,450		2,848	0,742		
SP I -3	49,56	48,82	1,432		3,675	0,967	0,761	0,330
SP I -4	49,66	49,36	1,411		2,872	0,746		
SP I -5	49,72	49,02	1,407		3,197	0,835		
SP II -1	49,68	49,97	1,377	⊥	1,076	0,276		
SP II -2	49,46	48,75	1,406	⊥	5,011	1,323		
SP II -3	49,45	49,22	1,421	⊥	1,197	0,313	0,592	1,492
SP II -4	49,62	48,88	1,405	⊥	1,010	0,265		
SP II -5	49,70	49,34	1,455	⊥	3,016	0,783		

Qua số liệu thí nghiệm thu được trong bảng 1, ta có thể thấy:

(1) Cường độ kháng kéo trong các trường hợp $\alpha = 90^0$ và $\alpha = 0^0$ đều có tính dị hướng nhất định, tuy nhiên mức độ dị hướng không giống nhau. Đối với trường hợp $\alpha = 0^0$ thì độ lệch chuẩn là 0,330, còn với trường hợp $\alpha = 90^0$ thì độ lệch chuẩn là 1,492. Điều đó cho thấy mức độ dị hướng trong trường hợp mặt phân lớp vuông góc biểu hiện rõ rệt hơn so với trường hợp mặt phân lớp song song (lớn hơn 4,5 lần).

(2) Cường độ kháng kéo trung bình trong trường hợp $\alpha = 90^0$ và $\alpha = 0^0$ lần lượt là 0,761 và 0,592. Điều này cũng chứng tỏ rằng mức độ dị hướng trong trường hợp mặt phân lớp vuông góc biểu hiện rõ rệt hơn so với trường hợp mặt phân lớp song song.

4. Phân tích kết quả thí nghiệm

Như đã biết, tính chất cơ lý của than bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố. Tuy nhiên, trong bài báo này, tác giả chỉ phân tích đặc tính cơ lý của than được hình thành qua các phương diện: (1) Thông qua mặt vỡ điển hình của các mẫu bị phá hủy, thành phần và hàm lượng các cấu tạo thể hiện trên mẫu để phân tích; (2) Thông qua đặc trưng phân bố của các vết nứt trong mẫu, đồng thời xem xét tương quan giữa mối quan hệ thành phần, thể loại để tiến hành phân tích.

4.1. Phân tích đặc trưng mặt vỡ của mẫu

Qua quan sát bằng mắt thường mặt vỡ của mẫu ở trường hợp $\alpha = 90^0$ ta thấy về tổng thể thành tạo và kiểu kết cấu của mỗi mẫu thí nghiệm có sự khác nhau rất lớn. Ví dụ, trên mặt vỡ của mẫu SP I - 3 (hình 4a), ta thấy có từ 6 ÷ 8 thấu kính than nhỏ có chiều rộng từ 1 ÷ 2 mm; có từ 3 ÷ 5 mặt gương bóng rộng khoảng 3 ÷ 5 mm; 2 đường mờ (than bùn) có độ rộng từ 6 ÷ 8 mm và rất nhiều hạt vật chất khác nằm xen kẽ tạo thành các kết cấu khác nhau. Còn khi quan sát trên mặt vỡ của mẫu SP I-5 (hình 4b) thấy có từ 3 ÷ 5 lớp thấu kính than, mỗi lớp dày 3 ÷ 5 mm; có 3 mặt gương bóng có độ rộng từ 7 ÷ 12mm. Hai loại này chủ yếu được xếp xen kẽ với nhau nhưng tương đối lộn xộn, không

theo quy luật cụ thể. Qua quan sát mặt vỡ hai mẫu trên ta thấy thành phần cấu tạo và cách thức phân bố của chúng có sự khác nhau rất rõ nét mặc dù các mẫu cùng được tạo ra từ một cục than. Thành tạo của chúng có sự khác nhau dẫn đến tính chất cơ lí của chúng cũng khác nhau. Do các mặt bóng, thấu kính than tương đối cứng, mà các vết mờ hình thành từ than bùn thì tương đối mềm, yếu nên đây chính là nguyên nhân dẫn đến tính dị hướng về cường độ kháng kéo giữa các mẫu.

Ngoài ra, khi quan sát mặt vỡ của mẫu đối với trường hợp $\alpha = 0^0$ chúng ta thấy các mẫu có tính đơn nhất tương đối cao. Ví dụ, đối với mặt vỡ của mẫu SP II - 1 (hình 4c), ngoại trừ một số thấu kính than rải rác, còn lại chủ yếu là than bùn; đối với mặt vỡ mẫu SP II - 4, ngoài 2 đường thấu kính ở giữa, còn lại chủ yếu là gương bóng. Có thể nói, ở trường hợp này, nếu chỉ quan sát trên một mẫu thì tính đơn nhất tương đối rõ nét, nhưng nếu so sánh hai mẫu với nhau thì tính đơn nhất lại có tính tương phản khá lớn và đây cũng chính là nguyên nhân dẫn đến tính dị hướng về cường độ kháng kéo giữa các mẫu.

Từ các phân tích ở trên, ta thấy tính dị hướng về cường độ kháng kéo của trường hợp $\alpha = 90^0$ lớn hơn so với trường hợp $\alpha = 0^0$, hay nói cách khác, đặc trưng dị hướng cường độ kháng kéo phụ thuộc vào góc tạo bởi mặt phân lớp và hướng gia tải.



a. SPI - 3 Hướng gia tải vuông góc với mặt phân lớp

b. SPI - 5 Hướng gia tải vuông góc với mặt phân lớp



c. SPII - 1 Hướng gia tải song song với mặt phân lớp

d. SPII - 4 Hướng gia tải song song với mặt phân lớp

Hình 4: Trạng thái mặt vỡ điển hình khi mẫu bị phá hoại tách

4.2. Phân tích tính dị hướng từ góc độ khe nứt trong than

Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng, khe nứt ảnh hưởng rất rõ nét đến tính chất cơ lí của khối đá nói chung và than cũng không là ngoại lệ. Theo nguyên nhân hình thành, có thể phân thành 2 loại là khe nứt nội sinh (atectonic joints) và khe nứt ngoại sinh (tectonic joints). Khe nứt ngoại sinh thường có quan hệ mật thiết với quá trình vận động, kiến tạo địa chất. Tính chất cơ lí của nó có thể thể hiện là tính nén ép, tính trương nở hoặc tính cắt (divisibility). Khe nứt nội sinh là những khe nứt xuất hiện liên quan với sự biến đổi vật chất ở bên trong của đá như do sự tăng thể tích của đá khi khoáng vật tạo đá bị hydrat hóa, do sự co rút thể tích của vật thể, ví dụ do sự nguội lạnh của khối magma nóng chảy, do sự giảm thể tích khi bị khô cạn của các tầng trầm tích vốn rất ẩm... dẫn tới khối đá luôn có tính trương nở cao [12, [13]. Do đó, trong bài này tác giả chỉ thảo luận về vấn đề khe nứt nội sinh, tức ảnh hưởng của nứt nẻ (jointing). Nứt nẻ thường được coi như là một loại khe nứt tự nhiên tồn tại trong than, thường có giới hạn trong từng lớp. Chúng có thể là những khe nứt có mặt phẳng hoặc cong, vuông góc hoặc cắt chéo với mặt lớp. Các mặt phân lớp cùng với khe nứt cùng tạo thành hệ thống các khe nứt phân bố có tính định hướng, đây chính là nguyên nhân bên trong làm cho than đá có tính dị hướng cao. Các nghiên cứu về khe nứt trong than cho thấy mức độ phát triển của khe nứt không chỉ do sự thay đổi tính chất của than mà còn phụ thuộc vào từng chủng loại than, tức là nói đến thành phần và cấu tạo của nó [14], [15].

5. Phân tích, so sánh cường độ kháng kéo và kháng nén trong thí nghiệm nén đơn trục

Dựa vào số liệu thí nghiệm kéo gián tiếp thu được ở bảng 1, so sánh với kết quả thí nghiệm nén một trục [5], ta thấy cường độ kháng nén nói chung lớn hơn rất nhiều so với cường độ kháng kéo, đặc biệt là với trường hợp $\alpha = 90^0$.

Bảng 2: Kết quả thí nghiệm nén một trục đối với mẫu có góc phân lớp $\alpha = 90^0$ [5]

Mẫu	D (mm)	H (mm)	ρ (g.cm^{-3})	σ_m (Mpa)	E (GPa)	μ	ε_{1m} (10^{-3})	ε_{3m} (10^{-3})	E_{50} (GPa)
UC-3	49,760	94,680	1,415	27,536	4,418	0,338	8,258	-11,369	2,695
UC-4	49,660	96,960	1,427	23,827	4,034	0,425	7,860	-5,640	2,863
UC-5	49,610	99,300	1,483	23,678	3,860	0,310	7,331	-4,168	2,532
SW-5	49,760	98,980	1,414	22,992	4,671	0,330	6,598	-1,715	2,697
SW-21	49,720	92,450	1,429	20,797	4,723	0,388	6,312	-7,813	3,021
Bình quân	49,700	96,470	1,433	23,766	4,341	0,358	0,358	-6,141	2,762
Độ lệch chuẩn	0,001	0,030	0,020	0,102	0,088	0,132	0,113	0,598	0,067

Qua so sánh kết quả của hai trường hợp thí nghiệm, ta thấy cường độ kháng nén nói chung lớn hơn rất nhiều so với cường độ kháng kéo, đặc biệt là với trường hợp $\alpha = 90^0$. Cả hai trường hợp đều có tính dị hướng nhất định, tuy vậy mức độ dị hướng rất khác nhau (cường độ kháng nén $\sigma_m = 23,766$ [5], trong khi cường độ kháng kéo $\sigma_t = 0,761$,

tức chênh lệch 40,1 lần). Còn đối với trường hợp $\alpha = 0^0$ thì tỉ lệ này chỉ là 14,7 lần (11,168 so với 0,592). Điều này giải thích tại sao khi tiếp nhận lực, chưa cần ở mức quá lớn, than đã có thể bị phá hoại kéo. Do đó, khi thiết kế, thi công công trình trong đá bị phân lớp nói chung và than nói riêng, cần thiết phải đánh giá tổng thể sự ảnh hưởng của sự phân lớp, đặc tính cơ lý của chúng để bố trí hướng tuyến cũng như quyết định công nghệ đào phù hợp.

6. Kết luận

Qua nghiên cứu thí nghiệm kéo gián tiếp đối với các mẫu than có góc dị hướng $\alpha = 0^0$ và $\alpha = 90^0$, chúng tôi rút ra một số kết luận như sau:

(1) Cường độ kháng kéo trong cả hai trường hợp mặt phân lớp vuông góc và song song với hướng gia tải đều có tính dị hướng tương đối rõ nét; tuy nhiên, trường hợp có mặt phân lớp vuông góc với hướng gia tải có mức độ dị hướng lớn hơn.

(2) Do sự phân bố của các thành phần trong than có tính tùy nghi cao nên tính chất cơ lý của nó cũng có sự khác nhau, dẫn đến phân tán khả năng kháng kéo. Ngoài ra, vì trong than có hệ khe nứt phân bố có tính định hướng cao nên đây chính là nguyên nhân chủ yếu bên trong làm cho than có đặc tính dị hướng về độ bền.

(3) Cường độ kháng nén nói chung của than lớn hơn rất nhiều so với cường độ kháng kéo. Cường độ kháng nén trong trường hợp mặt phân lớp vuông góc lớn hơn 40,1 lần trường hợp mặt phân lớp song song, trong khi đó, đối với thí nghiệm kéo gián tiếp, tỉ lệ này chỉ là 14,7 lần.

Trong khuôn khổ bài báo này, tác giả mới chỉ trình bày kết quả thí nghiệm kéo gián tiếp đối với các mẫu than có góc dị hướng 0^0 và 90^0 . Cần tiếp tục nghiên cứu triển khai thêm trên các mẫu có góc dị hướng khác nhau để có cái nhìn tổng quan hơn về tính chất cơ học cũng như đặc tính dị hướng của than trong trường hợp thí nghiệm kéo gián tiếp. Kết quả nghiên cứu nói trên có giá trị tham khảo đối với người làm công tác nghiên cứu, giảng dạy, quy hoạch, thiết kế và thi công các công trình xây dựng nói chung và công trình ngầm, mỏ nói riêng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nghiêm Hữu Hạnh, *Cơ học đá*, NXB Xây dựng, Hà Nội, 2004.
- [2] Nguyễn Quang Phích, *Cơ học đá*, NXB Xây dựng, Hà Nội, 2007.
- [3] Carneiro F., *Une nouvelle methode d'essai pour determiner la resistance a la traction du beton*, Paris: Reunion des Laboratoires d' Essai de Materiaux, 1947.
- [4] ISRM, *Suggested methods for determining tensile strength of rock materials*, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts, 1978, 15(3), pp. 99-103.
- [5] Chu Việt Thúc, *Nghiên cứu tính dị hướng độ bền của than thông qua thí nghiệm nén một trục*, Tạp chí khoa học Trường Đại học Vinh, Tập 46, Số 4A, 2017.
- [6] Đinh Quốc Dân, *Thí nghiệm Brazilian cho đá dị hướng: Cường độ kéo tách*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, 2012.

- [7] Zhang Z., Zhang R., Li G., et al, *The Effect of Bedding Structure on Mechanical Property of Coal*, Advances in Materials Science & Engineering, 2014, 2014(1), pp. 1-7.
- [8] Ramamurthy T., *Strength, modulus responses of anisotropic rocks*, Compressive Rock Engineering, 1993, 1, pp. 313-329.
- [9] Nasser M. H. B., Rao K. S., Ramamurthy T., *Anisotropic strength and deformational behavior of Himalayan schists*, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 2003, 40(1), pp. 3-23.
- [10] Cho J. W., Kim H., Jeon S., et al, *Deformation and strength anisotropy of Asan gneiss, Boryeong shale, and Yeoncheon schist*, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 2012, 50, pp. 158-169.
- [11] Đinh Quốc Dân, *Thí nghiệm Brazilian cho đá dị hướng: Cường độ kéo tách*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, 2012.
- [12] General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China; Standardization Administration of the People's Republic of China, *Methods for determining the physical and mechanical properties of coal and rock*, China National Coal Association, 2010 (in Chinese).
- [13] Liu Honglin, Wang Hongyan, Zhang Jianbo, *Evaluation method of cleats in coal reservoir bed*, Natural Gas Industry, 2000, 20(4), pp. 27-29 (in Chinese).
- [14] Su Xianbo, Feng Yanli, Chen Jiangfeng, *The classification of fractures in coal*. Coal Geology and Exploration, 2002, 30(4), pp. 21-24 (in Chinese).
- [15] Zou Yanrong, Yang Qi, *Pores and fractures in coal*, Coal Geology of China, 1998, 10(4), pp. 39-40 (in Chinese).
- [16] Laubach S. E., Marrett R. A., Olson J. E., et al, *Characteristics and origins of coal cleat: a review*, International Journal of Coal Geology, 1998, 35(1/4), pp. 175-207.

SUMMARY

ANALYSIS OF THE STRENGTH AND BREAK STATE OF ANISOTROPIC COAL IN INDIRECT TENSILE TEST

The article is to perform the results of the indirect tensile test with two combination samples of dim coal (peat) which has the anisotropic angle of $\alpha = 0^{\circ}$ and $\alpha = 90^{\circ}$. The results showed that the *tensile strength* in both cases above was anisotropy. However, the case of $\alpha = 90^{\circ}$ has the anisotropic angle larger than the case of $\alpha = 0^{\circ}$, or in another word, the featured anisotropic tensile strength depends on the angle which was created by bedding and loading direction.