



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <http://tapchi.humg.edu.vn/>



Nghiên cứu quá trình phá hủy của vật liệu bê tông bằng phương pháp siêu âm kết hợp máy nén đơn trục

Bùi Trường Sơn*

Khoa Khoa học và Kỹ thuật địa chất, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

TÓM TẮT

Quá trình:

Nhận bài 15/7/2016

Chấp nhận 30/9/2016

Đăng online 30/12/2016

Từ khóa:

Siêu âm

Vận tốc

Hệ số suy giảm

Bất đẳng hướng

Bài báo này trình bày một trong những ứng dụng của phương pháp siêu âm nghiên cứu đặc tính phá hủy mẫu bê tông. Tác giả đã kết hợp hệ thống siêu âm và máy nén đơn trục để nghiên cứu đặc tính phá hủy của vật liệu, đặc tính này được xây dựng thông qua mối quan hệ của các thông số sóng siêu âm (bao gồm trường vận tốc và hệ số suy giảm cho 1 sóng dọc, 2 sóng ngang) và tải trọng tác dụng đơn trục. Quá trình phá hủy vật liệu mẫu bê tông dưới tác dụng của tải trọng cơ học được chia làm 3 pha, pha 1 ứng với sự đóng các vi khe nứt, khe nứt có sẵn trong mẫu vuông góc với hướng của tải trọng tác dụng, pha 2 ứng với sự hình thành và phát triển các vi khe nứt, khe nứt song song với hướng tải trọng tác dụng, pha 3 ứng với sự kết nối các vi khe nứt, khe nứt để hình thành các mặt yếu, đới yếu phá hủy vật liệu.

© 2016 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

1. Đặt vấn đề

Bê tông là loại vật liệu được sử dụng rộng rãi trong xây dựng các công trình kiến trúc. Khi kết hợp với cốt thép, bê tông trở thành vật liệu chịu tải trọng chính của công trình. Dưới tác động của tải trọng công trình và các yếu tố khác như nhiệt độ, độ ẩm,... sức chịu tải của bê tông sẽ bị suy giảm (Hoxha, 1998; Dewhurst, 2006; Homand và nnk, 2006). Hiện nay, nghiên cứu quá trình suy giảm sức chịu tải và dẫn đến sự phá hủy vật liệu bê tông ở trong phòng thí nghiệm chủ yếu bằng phương pháp truyền thống đó là thí nghiệm phá hủy trên các máy nén đơn trục, ba trục. Trong buồng công tác của các thiết bị thử nghiệm, mẫu thí nghiệm sẽ

được gia tải cho đến khi bị phá hủy hoàn toàn. Đặc tính cơ học, độ bền của vật liệu trong quá trình gia tải cơ học được xác định bởi mối quan hệ giữa ứng suất và biến dạng. Dưới tác dụng của tải trọng cơ học, các kết quả nghiên cứu đã chỉ ra sự suy giảm tính chất cơ học của vật liệu và cuối cùng dẫn tới sự phá hủy vật liệu. Quá trình phá hủy của vật liệu được nhiều tác giả giải thích bởi sự xuất hiện, phát triển và liên kết các vi khe nứt, khe nứt dưới tác dụng của tải trọng (Ayling và nnk, 1995; Hoxha, 2005; Dewhurst, 2006). Những giả thiết này được củng cố và chứng minh dựa vào việc quan sát bề mặt của mẫu khi phá hủy hoặc nhờ vào các kính hiển vi điện tử trên các mẫu lát mỏng lấy từ các mẫu thí nghiệm trong quá trình gia tải (Homand, 2000; Hoxha, 2000; Homand, 2006). Nhược điểm của phương pháp này đó là cần phải có số lượng mẫu lớn và phải coi các mẫu là giống nhau hoàn

*Tác giả liên hệ.

E-mail: buitruongsong@humg.edu.vn

toàn trong quá trình thí nghiệm, trong một số trường hợp khó lấy được mẫu trong các cấu kiện xây dựng để thí nghiệm.

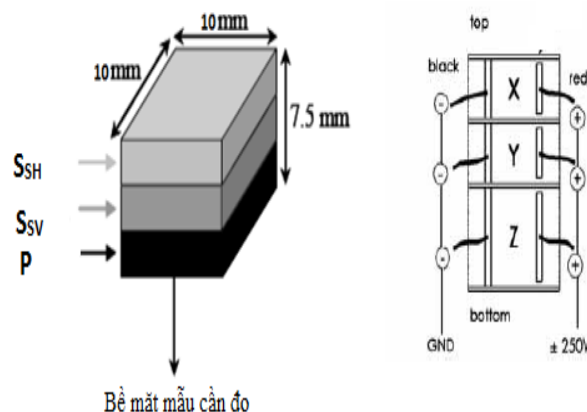
Trong những năm gần đây, xu thế áp dụng các phương pháp kiểm tra không phá hủy đang được phát triển mạnh mẽ. Trong nhóm các phương pháp thử nghiệm không phá hủy, phương pháp siêu âm ngày càng được sử dụng rộng rãi. Phương pháp siêu âm thường được sử dụng độc lập để xác định một số đặc trưng cơ học của đá, bê tông. Tuy nhiên, nếu kết hợp giữa phương pháp siêu âm và máy nén đơn trục hoặc ba trục sẽ nghiên cứu được đặc tính phá hủy của vật liệu thông qua mối quan hệ giữa tải trọng tác dụng và trường các thông số siêu âm (Sayers, 1995; Niclas, 1996; Scott and Younane, 2004; Fortin, 2005).

Phương pháp siêu âm có nhiều ưu điểm như không phá hủy kết cấu, có thể lặp lại các phép thử trên toàn bộ kết cấu, phát hiện được các khuyết tật nằm trong vật liệu và đánh giá chất lượng trực tiếp trên công trình. Hệ thống máy siêu âm không chỉ hoạt động độc lập mà còn được nghiên cứu để kết nối với các thiết bị nén đơn trục, ba trục để ghi nhận được quá trình phá hủy của vật liệu. Nhưng do hạn chế về công nghệ, các nghiên cứu của các tác giả mới chỉ hướng tới việc sử dụng trường vận tốc của sóng dọc mà chưa đề cập tới việc sử dụng các sóng ngang và đặc biệt là hệ số suy giảm cho cả 3 loại sóng (1 sóng dọc và 2 sóng ngang trên cùng 1 đầu đo) trong nghiên cứu đặc tính phá hủy của vật liệu (Ayling và nnk, 1995; Dewhurst, 2006; Dewhurst, 2006; Homand và nnk, 2006).

Trong bài báo này, chúng tôi trình bày các nghiên cứu về quá trình phá hủy của vật liệu bê

tông trên cơ sở kết hợp thiết bị siêu âm và nén đơn trục cho cả 3 loại sóng siêu âm.

2. Thiết bị nghiên cứu và mẫu thí nghiệm



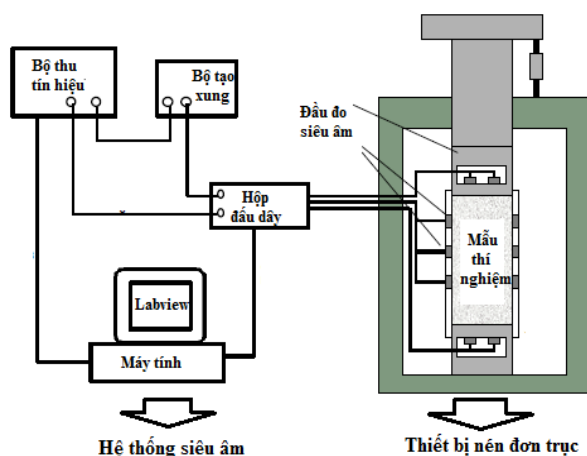
Hình 2. Sơ đồ cấu tạo đầu đo siêu âm P143-01

Thiết bị nghiên cứu của phòng thí nghiệm đa ngành thuộc Trường Bách khoa Orleans, Cộng hòa Pháp bao gồm hai hệ thống cơ bản: hệ thống máy nén đơn trục và hệ thống siêu âm. Hai hệ thống này được kết nối bởi các đầu đo siêu âm gắn trên mẫu nghiên cứu (Hình 1). Hệ thống máy nén đơn trục sẽ kiểm soát việc gia tải với tốc độ 0.05MPa/phút. Quá trình gia tải được tiến hành liên tục đến khi mẫu thí nghiệm bị phá hủy hoàn toàn.

Hệ thống siêu âm của hãng Diagnostic Sonar được xây dựng để cùng lúc sử dụng tối đa 32 đầu đo và có thể đo được một sóng dọc và hai sóng ngang trên cùng một đầu đo siêu âm. Trong đó, sóng dọc có phương dao động trùng với phương truyền sóng (ký hiệu P), hai sóng ngang có phương dao động nằm trong 2 mặt phẳng vuông góc với nhau và vuông góc với phương truyền sóng (ký hiệu SH và SV) (Niclas, 1996).

Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng phương pháp đo trực tiếp với đầu đo siêu âm loại P143-01, có kích thước (10x10x7,5)mm của hãng Physics Instruments. Đầu đo này có tần số hoạt động 150KHz, cấu tạo gồm 3 lớp (X,Y,Z), có thể cùng 1 lúc đo được 1 sóng dọc và 2 sóng ngang (ký hiệu P và SSH, SSV) (Hình 2).

Các tín hiệu siêu âm đo liên tục từ khi bắt đầu thí nghiệm cho đến khi mẫu bị phá hủy. Xử lý tín hiệu siêu âm bao gồm tính vận tốc, hệ số suy giảm sóng như sau (Ayling và nnk, 1995; Homand, 2000; Homand, 2006):



Hình 1. Sơ đồ kết hợp hệ thống siêu âm và máy nén đơn trục

- Vận tốc sóng siêu âm:

$$V = L/T \text{ (m/s)} \quad (1)$$

Trong đó: V - vận tốc sóng siêu âm truyền từ đầu phát đến đầu thu siêu âm, m/s; L - khoảng cách giữ 2 đầu đo siêu âm, m; T - thời gian tín hiệu siêu âm truyền từ đầu phát đến đầu thu siêu âm, s.

- Hệ số suy giảm của sóng siêu âm:

$$\alpha(f) = \frac{1}{L} \ln\left(\frac{A'}{A}\right) \text{ dB/m} \quad (2)$$

Trong đó: $\alpha(f)$ - hệ số suy giảm của sóng siêu âm khi truyền qua vật liệu có chiều dài L, dB/m; A' và A - biên độ của phổ tín hiệu truyền qua vật liệu cần đo và vật liệu dùng để đo đối chứng (Ayling và nnk, 1995; Bùi, 2014). Toàn bộ quá trình tính toán vận tốc và hệ số suy giảm sóng cho 1 sóng dọc và 2 sóng ngang trong quá trình thí nghiệm được tự động hóa bằng một phần mềm viết trong Matlab trên cơ sở sử dụng phương pháp AIC (Akaike Information Criterion) (Bùi, 2014; Homand, 2000).

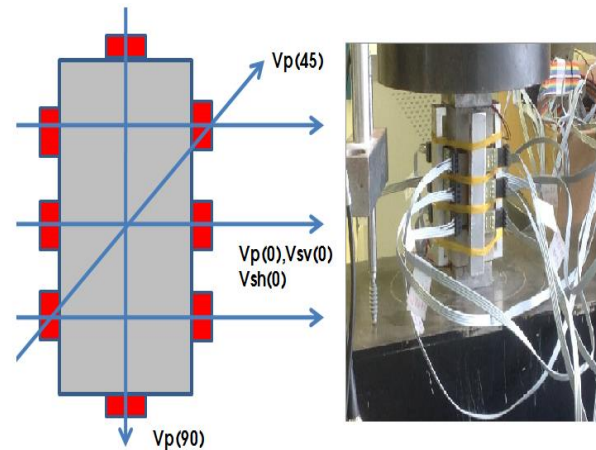
Mẫu bê tông dùng trong thử nghiệm được chế tạo theo tiêu chuẩn NF EN 196-1, thành phần bao gồm: cốt liệu thô có kích thước từ 2mm-5mm; cốt liệu nhỏ theo tiêu chuẩn CEN196-1-ISO679 có kích thước từ 0.08mm-2mm; xi măng Portland CEM II/B-LL 32,5R và nước. Tỷ lệ trộn các thành phần được xác định như sau: cốt liệu thô/cốt liệu mịn/xi măng là 2/1/1 và tỷ lệ nước/xi măng là 0.40 và 0.50 (Bảng 1).

Bảng 1. Thành phần vật chất các mẫu thí nghiệm

Số hiệu mẫu	Mẫu bê tông		
	Tỷ lệ nước/xi măng	Cốt liệu thô/mịn/xi măng	Khối lượng thể tích (ρ , kg/m ³)
EC0.4SC1	0.40	2/1/1	2127
EC0.5SC1	0.50	2/1/1	2092

Các mẫu được chế tạo có kích thước (15x15x15)cm sau đó được bảo dưỡng trong nước trong thời gian 28 ngày ở nhiệt độ 200C±10C, sau 28 ngày mẫu được đưa vào máy khoan để tạo mẫu hình trụ có đường kính 5cm, chiều cao 10cm. Trước khi thí nghiệm tất cả các mẫu đều được làm nhẵn bề mặt để đảm bảo sự tiếp xúc tốt nhất giữa các đầu đo và bề mặt mẫu

trong quá trình đo vận tốc và hệ số suy giảm. Trên mỗi bề mặt mẫu đặt 3 đầu đo siêu âm cách đều nhau, phía trên và dưới của mẫu có 2 đầu đo được đặt trong tấm đệm giữa piton của máy nén và bề mặt mẫu (Hình 3). Cách đặt đầu đo như vậy cho phép đo được vận tốc các sóng dọc ($V_p(90), (45)(0)$) và sóng ngang ($V_{sh}(0)$ và $V_{sv}(0)$) theo các hướng khác nhau so với tải trọng tác dụng (Hình 3)(Bùi, 2014; Dewhurst, 2006).



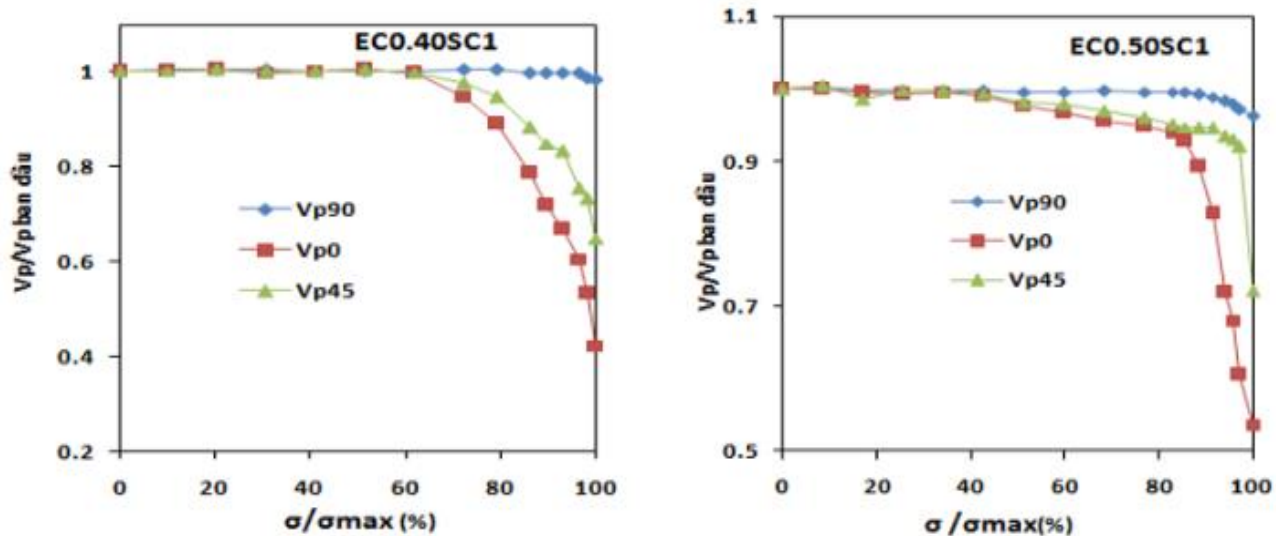
Hình 3. Sơ đồ lắp đặt đầu đo siêu âm theo các hướng khác nhau

3. Kết quả thí nghiệm và thảo luận

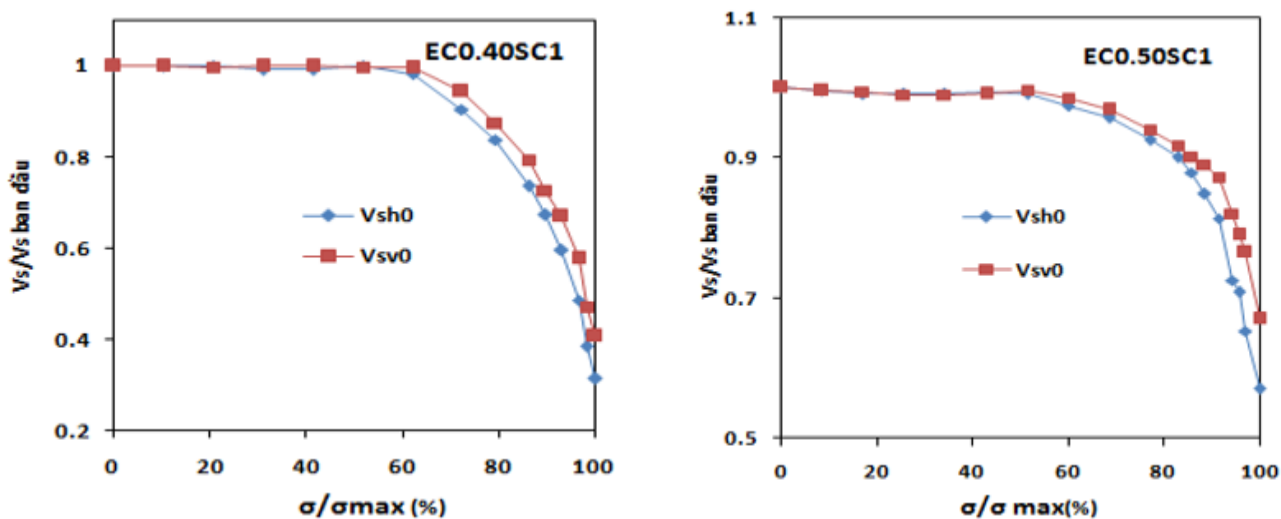
Bảng 2. Kết quả đo vận tốc siêu âm cho các mẫu thí nghiệm ở trạng thái chưa gia tải

Số hiệu mẫu	Vận tốc, m/s				
	VP,0	VP,90	VP,45	VSH,0	VSV,0
EC0.4SC1	3830	3880	3840	2310	2420
EC0.5SC1	3630	3590	3570	2150	2240

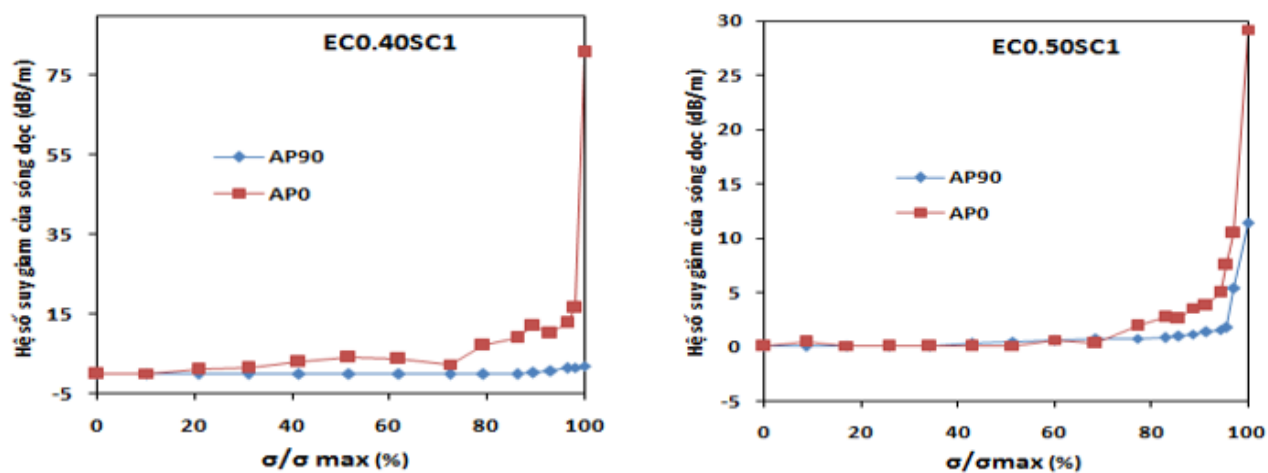
Bảng 2 trình bày kết quả đo vận tốc cho cả 3 loại sóng (1 sóng dọc và 2 sóng ngang) cho các mẫu thí nghiệm ở trạng thái ban đầu chưa được gia tải. Từ kết quả Bảng 2, có thể thấy khi tỷ lệ nước/xi măng tăng thì vận tốc sóng siêu âm sóng dọc và sóng ngang đều giảm. Điều này có thể giải thích bởi khi tăng tỷ lệ nước/xi măng thì độ rỗng bê tông tăng, khối lượng thể tích giảm (Ayling và nnk, 1995). Mặt khác, các giá trị đo vận tốc sóng dọc theo các hướng khác nhau ($90^0, 0^0, 45^0$) có sự chênh lệch rất nhỏ, không đáng kể.



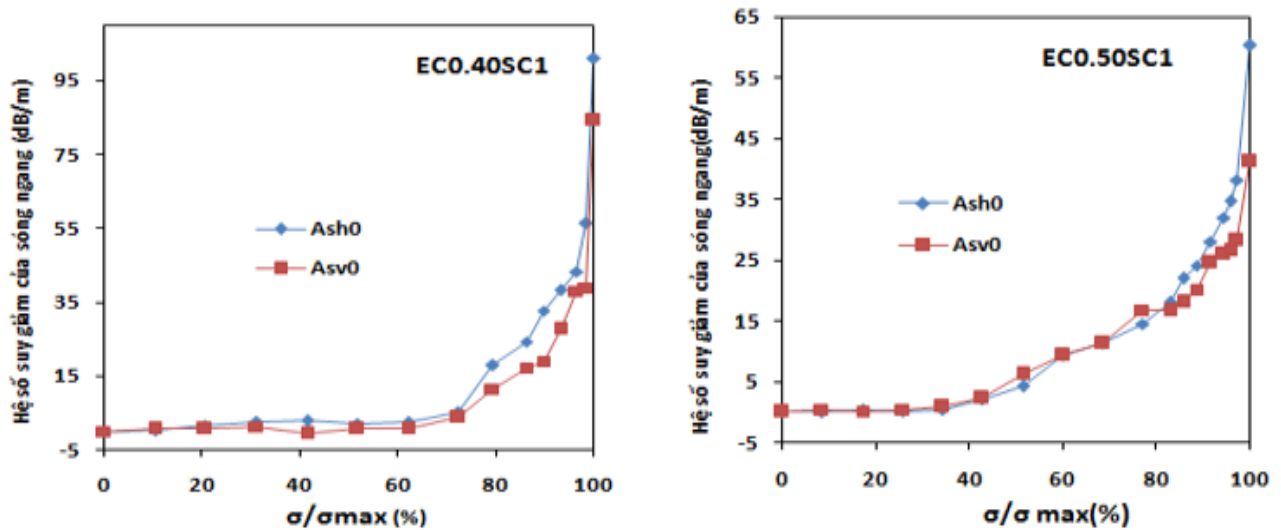
Hình 4. Mối quan hệ giữa vận tốc sóng dọc và tải trọng tác dụng



Hình 5. Mối quan hệ giữa vận tốc sóng ngang và tải trọng tác dụng



Hình 6. Mối quan hệ giữa hệ số suy giảm của sóng dọc và tải trọng tác dụng



Hình 7. Mối quan hệ giữa hệ số suy giảm của sóng ngang và tải trọng tác dụng

Nhận xét này cho phép chúng ta xem xét các mẫu bê tông đang thử nghiệm là loại vật liệu đồng nhất, đẳng hướng (Hoxha, 1998; Homand, 2000; Homand, 2006; Bui, 2014).

Các hình từ 4 đến 7, thể hiện kết quả thí nghiệm đo vận tốc và hệ số suy giảm cho 1 sóng dọc và 2 sóng ngang trên các mẫu bê tông từ lúc bắt đầu gia tải cho đến khi bị phá hủy hoàn toàn ($\sigma = 0$ đến $\sigma = \sigma_{max}$).

Từ mối quan hệ giữa vận tốc, hệ số suy giảm của sóng dọc và sóng ngang với tải trọng tác dụng trong các Hình 4, Hình 5, Hình 6 và Hình 7 có nhận xét như sau:

- Có thể chia đường quan hệ giữa vận tốc, hệ số suy giảm và tải trọng tác dụng làm 3 pha. Pha 1 từ $\sigma = 0$ đến 40% tải trọng phá hủy, trong pha này các vận tốc sóng dọc và ngang đo theo các hướng khác nhau hầu như không tăng. Pha 2 từ 40% đến 90% tải trọng phá hủy, trong pha này vận tốc sóng dọc và ngang hướng vuông góc tải trọng tác dụng giảm nhanh, nhưng theo hướng song song với tải trọng tác dụng, vận tốc sóng dọc gần như không thay đổi. Pha 3, 90% tải trọng phá hủy đến tải trọng phá hủy $\sigma = \sigma_{max}$, vận tốc sóng dọc theo hướng song song tải trọng bắt đầu giảm, trong khi đó vận tốc sóng dọc và ngang theo hướng vuông góc tải trọng giảm rất nhanh.

- Điểm bắt đầu của các pha có quan hệ với tỷ lệ nước/xi măng. Mẫu ECO.40SC1, pha 1 từ $\sigma = 0$ đến 60% tải trọng phá hủy, pha 2 từ 40% đến 90% tải trọng phá hủy, pha 3, từ 90% tải trọng phá hủy đến tải trọng phá hủy $\sigma = \sigma_{max}$. Trong khi đó mẫu

ECO.50SC1 các giá trị lần lượt là 40%, 95% tải trọng phá hủy.

- Tại thời điểm ban đầu (chưa có sự tác động của tải trọng) các mẫu bê tông được xem là vật liệu đồng nhất, đẳng hướng, tuy nhiên khi tải trọng tăng thì tính bất đẳng hướng tăng (Hình 1), thể hiện ở vận tốc theo các hướng song song và vuông góc so với phương tác dụng của tải trọng có sự suy giảm khác nhau.

3. Kết luận

Bằng tổ hợp thiết bị siêu âm và nén đơn trục, có thể xây dựng mối quan hệ giữa trường thông số vận tốc, trường hệ số suy giảm cho cả 3 loại sóng (1 sóng dọc và 2 sóng ngang) với tải trọng tác dụng trong nghiên cứu đặc tính phá hủy của vật liệu. Trong đó sự biến đổi của sóng dọc và hệ số suy giảm thể hiện rõ nét hơn so với các sóng ngang.

Quá trình phá hủy vật liệu mẫu bê tông dưới tác dụng của tải trọng cơ học được chia làm 3 pha, pha 1 ứng với sự đóng các vi khe nứt, khe nứt có sẵn trong mẫu vuông góc với hướng của tải trọng tác dụng, pha 2 ứng với sự hình thành và phát triển các vi khe nứt, khe nứt song song với hướng tải trọng tác dụng, pha 3 ứng với sự kết nối các vi khe nứt, khe nứt để hình thành các mặt yếu, đối yếu phá hủy vật liệu.

Mỗi loại vật liệu bê tông sẽ có một giới hạn nào đó, khi tải trọng tác dụng vượt quá giới hạn này, vật liệu đồng nhất đẳng hướng chuyển sang trạng thái bất đẳng hướng.

Tài liệu tham khảo

- Ayling, M.R., Meredith, P.G., and Murrell, S.A.F., 1995. Microcracking during triaxial deformation of porous rocks monitored by changes in rock physical properties. *Tectonophysics* 245, 205-221.
- Bui Truong Son, 2014. *Caractérisation et modélisation de l'endommagement des géomatériaux par méthode ultrasonore*. Thèse de doctorat, Université d'Orleans.
- Dewhurst, D.N., 2006. Impact of fabric, microcracks and stress field on shale anisotropy. *Geophysical Journal International* 165(1), 135-148.
- Fortin, J., 2005. *Compaction homogène et compaction localisée des roches poreuses. Étude expérimentale et théorique*. Thèse de doctorat, École Normale Supérieure.
- Homand, F., Hoxha, D., Belem, T., and Pons, M.N., 2000. Geometric analysis of damaged microcracking granites. *Mech Mater* 32, 361-376.
- Homand, F., Shao, J.F., Giraud, A., Auvray, C., and Hoxha, D., 2006. Pétrofabrique et propriétés mécaniques des argillites. *C. R. Géosciences* 338, 882-891.
- Hoxha, D., 1998. Modélisation de l'endommagement des massifs rocheux. Thèse de doctorant, Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy.
- Hoxha, D., Homand, F., 2000. Microstructural approach in damage modelling. *Mechanics of Materials* 32, 377-387.
- Hoxha, D., Giraud, A., and Homand, F., 2005. Modelling long-term behaviour of a natural gypsum rock, *Mechanics of materials* 37 (12), 1223-1241.
- Niclas, W.M., 1996. *Ultrasonic seismic data for sandstone samples from the writing on stone Provincial park in Alberta*. PhD thesis, University of Calgary, Alberta.
- Sarout, J., 2006. *Propriétés Physiques et Anisotropie des Roches Argileuses: Modélisation Micromécanique et Expériences Triaxiales*. Thèse de doctorat, École Normale Supérieure, France.
- Sayers, C.M., 1995. Stress-dependent elastic wave velocities in shales. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech* 32(3), 263-267.
- Scott, and Younane, A., 2004. Acoustical Imaging and Mechanical Properties of Soft Rock and Marine Sediments. *Report*, PoroMechanics Institute, The University of Oklahoma.

ABSTRACT

Study on the concrete destruction by using ultrasound method combined with uniaxial compression test

Son Truong Bui

Faculty of Geosciences and Geoengineering, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam

This paper presents the application of ultrasound method to study characteristics of concrete specimen destruction. Ultrasound system and uniaxial compression machine were combined to study material destruction characteristics which were built via relationships of ultrasound parameters (including the velocity and attenuation coefficient for 1 longitudinal wave, 2 transverse waves) and applied uniaxial load. The process of destructing concrete specimen, under the effect of mechanical load is divided into 3 phases: phase 1 corresponds to the closing of micro-cracks, fissures available in sample are perpendicular to the direction of the applied load, phase 2 is related to the formation and development of micro-cracks, parallel fissures to the applied load, phase 3 is related to the micro cracks and fissures connection to form the weak planes, weak zone.

Keywords: Ultrasound, velocity, attenuation coefficient, anisotropy.