

XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ ĐỘNG CỦA BÊ TÔNG CHẾ TẠO TỪ SAN HỒ BIỂN BẰNG THÍ NGHIỆM ĐỘNG SHPB

NGÔ NGỌC THỦY, VŨ ĐÌNH LỢI
 Viện Công trình đặc biệt, Học viện Kỹ thuật Quân sự
 ĐẶNG VĂN KIÊN, VÕ TRỌNG HÙNG
 Trường Đại học Mở-Địa chất
 Email: votronghung@khoaxaydung.edu.vn

Thí nghiệm động SHPB (Split Hopkinson Pressure Bar) được tiến hành khá phổ biến trên thế giới tại các nước phát triển để nghiên cứu quy luật ứng xử của vật liệu dưới tải trọng động cũng như xác định các thông số động của vật liệu.

Tại Việt Nam, đây là thí nghiệm còn mới mẻ, hầu như chưa được đầu tư và thực hiện. Bài báo trình bày nội dung phương pháp thí nghiệm động SHPB trong việc xác định các thông số động của bê tông. Phần sau bài báo trình bày kết quả một số thí nghiệm động SHPB tiến hành cho mẫu bê tông sử dụng san hồ biển trong chế tạo cấp phối để xây dựng công trình đặc biệt tại vùng biển đảo.

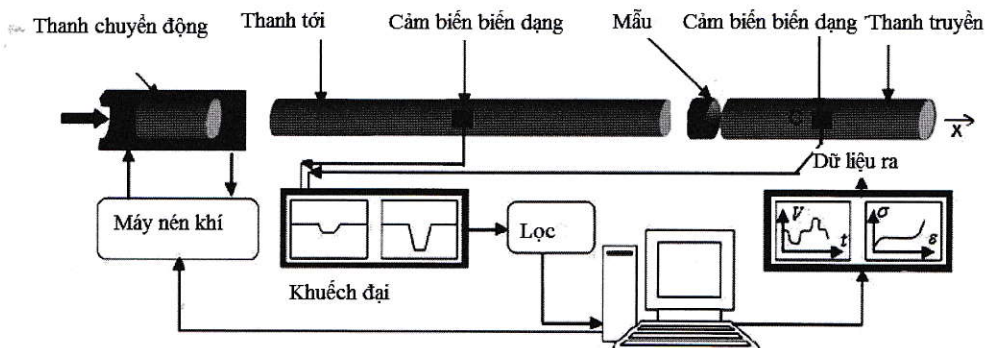
1. Tổng quan

1.1. Tổng quan thí nghiệm động SHPB

Trong thực tế công trình đặc biệt có công năng chịu tác dụng của tải trọng động cực hạn như tải trọng nổ, va chạm, động đất. Các tải trọng này gây nên tốc độ biến dạng rất lớn hoặc phá hủy kết cấu công trình trong một khoảng thời gian

rất ngắn (ms). Do vậy, không thể thực hiện các thí nghiệm trực tiếp xác định các thông số của bê tông trong quá trình chịu tải động và phá hủy. Thí nghiệm động SHPB được sử dụng để xác định gián tiếp tính chất cơ học của mẫu bê tông dưới sự tác động của tải trọng động khi bị phá hủy gần giống với sự phá hủy của kết cấu công trình bằng bê tông do tác dụng của áp lực sóng nổ và các tải trọng động khác.

Cấu tạo hệ thống thiết bị SHPB bao gồm hai thanh đồng trục (thanh tới, thanh truyền) và một thanh chuyển động (thanh đánh) được truyền động nhờ áp lực của một máy nén khí có gắn đồng hồ đo giá trị áp lực khi mở van. Hình H.1 thể hiện sơ đồ tổng thể các thiết bị của thí nghiệm động SHPB với mẫu đá hình trụ được đặt giữa hai thanh. Trong thí nghiệm động SHPB, các phép đo được thực hiện gián tiếp: các cảm biến được gắn trên các thanh mà không gắn trực tiếp trên mẫu thí nghiệm. Các cảm biến cho phép đưa ra giá trị của các phép đo biến dạng của thanh tới và thanh truyền gây ra bởi sóng tới, sóng phản xạ và sóng truyền trong thanh truyền.



H.1. Hệ thống thiết bị thí nghiệm động SHPB [1]

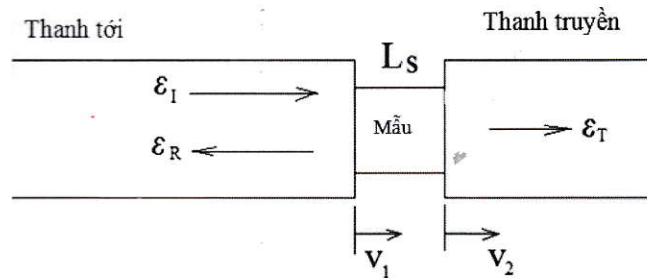
Thanh chuyển động "striker" được phóng do sự giải phóng đột ngột của khí nén hoặc khí gas trong một bình lưu trữ áp lực và tăng tốc trong nòng súng dài cho đến khi nó tác động đến đầu của thanh tới "incident bar". Vận tốc thanh đánh được đo bằng quang học hoặc bằng từ tính ngay trước khi tác động bởi cảm biến vận tốc. Đây là loại cơ cấu thanh đánh phóng tạo ra một tác động điều khiển và lặp lại trên thanh tới. Tốc độ đập vào có thể được điều chỉnh đơn giản bằng cách thay đổi áp lực của khí nén hoặc độ sâu của các thanh đánh bên trong nòng súng. Khoảng thời gian chất tải là tỉ lệ thuận với chiều dài thanh đánh.

Thông thường, tất cả các thanh được chế tạo từ chất liệu và đường kính tương tự, vật liệu thanh là đàn hồi tuyến tính với độ bền cao. Để đảm bảo truyền sóng một chiều trong các thanh, các thanh phải thẳng tự nhiên, tự do di chuyển trong sự hỗ trợ và giảm thiểu ma sát. Hệ thống toàn bộ thanh phải đồng trục để đảm bảo tính truyền lực. Thanh tới nên dài ít nhất hai lần so với thanh đánh để tránh chòng chẹo các tín hiệu đến và phản xạ. Mẫu bị kẹp giữa thanh đến và thanh truyền như trên hình H.2. Trục của mẫu cũng thẳng với trục của các thanh. Trong trường hợp thanh đánh có cùng chất liệu và đường kính như thanh tới, ứng suất (hoặc biến dạng) biên độ của xung tới σ_1 (hoặc biến dạng ϵ_1), tạo ra do tác động thanh đánh phụ thuộc vào vận tốc của thanh đánh, V_{st}

$$\delta = (0,5 \cdot \rho_B \cdot C_B \cdot v_{st}) \text{ hoặc } \epsilon_1 = (0,5 \cdot v_{st} / C_B). \quad (1)$$

Trong đó: ρ_B và C_B - Mật độ (kg/m^3) và vận tốc truyền sóng (m/s) trong thanh.

Xung đến và phản xạ được đo bởi cảm biến biến dạng trên thanh tới, trong khi đó, các xung truyền được đo bằng thiết bị đo biến dạng trên thanh truyền (hình H.2).



H.2. Biến dạng trong thanh tới và thanh truyền [1]

1.2. Tính toán các thông số trong thí nghiệm

Khi tiến hành thí nghiệm động SHPB cũng giống như thí nghiệm tĩnh, việc nghiên cứu ứng xử của mẫu dưới tác dụng của tải trọng động được tiến hành thông qua việc xác định các đại lượng: thời gian chu kỳ của sóng phản xạ; chuyển đổi điện áp

thành biến dạng, xác định biến dạng và tốc độ biến dạng của mẫu; ứng suất trong mẫu.

a. Thời gian chu kỳ của sóng phản xạ

Sóng tới rời khỏi thiết bị đo biến dạng gần trung tâm của thanh tới và tiếp tục tới giao diện giữa thanh tới và mẫu đá. Tại giao diện, một phần của sóng được chuyển đến mẫu và một phần khác được phản xạ trở lại thanh tới. Do đó trong một kênh dữ liệu sẽ chứa dữ liệu cả sóng tới và sóng phản xạ. Thời gian chu kỳ của sóng phản xạ (Δt) là thời gian cần thiết để sóng di chuyển từ cảm biến tới giao diện và quay lại. Thời gian chu kỳ của sóng ứng suất đến được tính theo công thức [1]:

$$\Delta t = (2 \cdot L / C_B). \quad (2)$$

Trong đó: C_B - Vận tốc sóng âm của thanh tới, m/s; L - Khoảng cách từ trung tâm của cặp cảm biến biến dạng trên thanh tới tới giao diện giữa thanh tới và mẫu, m.

Kết quả thí nghiệm xác nhận rằng vận tốc phẳng của thanh tới gần với kết quả tính toán bằng mô đun đàn hồi và mật độ sử dụng công thức [1]:

$$C_B = \sqrt{\frac{E_d}{\rho}} \quad (3)$$

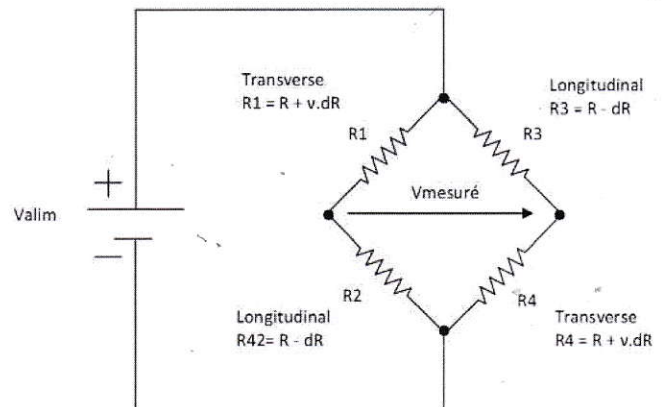
Trong đó: E_d - Mô đun đàn hồi động của thanh hoặc mẫu thí nghiệm, MPa, ρ - Mật độ của thanh hoặc mẫu thí nghiệm, kg/m^3 .

Từ công thức (3) chúng ta có thể tính mô đun đàn hồi động của các thanh và mẫu bằng việc sử dụng công thức [1]:

$$E_d = [\rho \cdot (C_B)^2]. \quad (4)$$

b. Chuyển đổi điện áp thành biến dạng

Mục tiêu của chương trình thí nghiệm động là nghiên cứu ảnh hưởng động của vật liệu với tốc độ biến dạng cao, do đó chúng tôi cần phải đưa ra các đường cong ứng suất biến dạng của tín hiệu tại đầu ra của mỗi cảm biến. Trên thực tế, cảm biến biến dạng sử dụng bao gồm một cầu Wheatstone và được đặc trưng bởi một hệ số cảm biến κ (hình H.3).



H.3. Sơ đồ của một cầu Wheatstone [1]

Mối quan hệ giữa điện trở và sự biến dạng dọc của thanh được thể hiện bằng công thức (5) dưới đây [2]:

$$(\Delta R/R) = (\kappa \cdot \epsilon_1) \quad (5)$$

Biến dạng dọc của thanh được tính qua tín hiệu điện áp đo được bằng các cảm biến theo công thức (6)[3]:

$$\epsilon_1 = \left[\frac{2}{(v+1) \cdot \kappa} \cdot \frac{V_{out}}{V_{ex}} \right] \quad (6)$$

Trong đó: ϵ_1 - Biến dạng dọc của các thanh; V_{out} - Điện áp ra (đo bằng cảm biến), V_{ex} - Điện áp kích thích (20V, $\pm 0,1V$), κ - Hệ số cảm biến cho hầu hết các cảm biến là 2,115, v - Hệ số Poisson.

c. Biến dạng và tốc độ biến dạng của mẫu

Giả sử rằng các sóng áp lực truyền trong cả thanh tới và thanh truyền không phân tán khi đó vận tốc của thanh tới và thanh truyền tính qua biến dạng của các thanh theo công thức [1], [2]:

$$V_I(t) = C_B \cdot [\epsilon_I(t) - \epsilon_R(t)]; \quad (7)$$

$$V_T(t) = C_B \cdot \epsilon_T(t). \quad (8)$$

Ở đây các kí hiệu I, R và T thể hiện xung đến, phản xạ và truyền tương ứng. Tốc độ biến dạng trung bình “ ϵ_m ” và biến dạng trong mẫu “ ϵ ” được tính theo công thức [1], [2]:

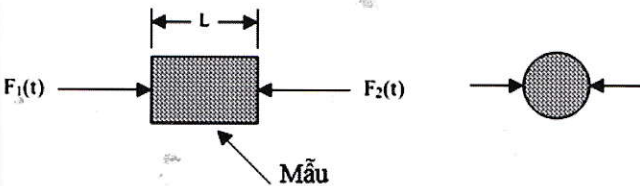
$$\epsilon_m = \frac{V_T(t) - V_I(t)}{L_S} = \frac{C_B}{L_S} [\epsilon_I(t) - \epsilon_R(t) - \epsilon_T(t)]; \quad (9)$$

$$\epsilon = \int_0^t \epsilon_m dt = \frac{C_B}{L_S} \int_0^t [\epsilon_I(t) - \epsilon_R(t) - \epsilon_T(t)] dt. \quad (10)$$

Trong đó: L_S - Chiều dài của mẫu, m.

d. Ứng suất trong mẫu

Ứng suất trung bình trong mẫu có thể thể hiện qua lực tác dụng tại mỗi bề mặt của mẫu. Biểu đồ các lực tác dụng vào mẫu được thể hiện trên hình H.4.



H.4. Sơ đồ tính toán ứng suất trong mẫu hình trụ

Khi mẫu bị tác dụng bởi các lực của các thanh, gọi lực $F_1(t)$ và $F_2(t)$ là các lực tác dụng lên mẫu có đường kính D_S . Lực trung bình lên mẫu xác định theo [1], [2]:

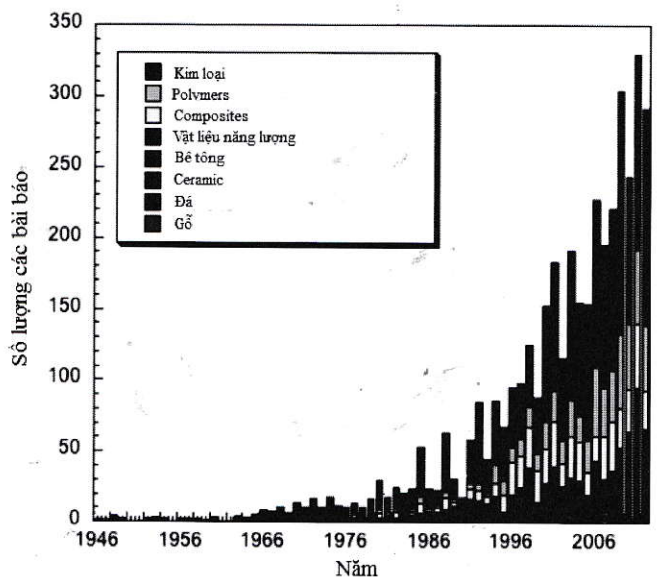
$$F_{avg}(t) = \left[\frac{F_1(t) + F_2(t)}{2} \right] \quad (11)$$

Do đó ứng suất trung bình của mẫu hình trụ được đưa ra bởi công thức (12) dưới đây [1] [2]:

$$\sigma_{avg} = \frac{F_{avg}(t)}{\pi \cdot D_S^2 / 4} \quad (12)$$

1.3. Các kết quả đã đạt được trên thí nghiệm động SHPB cho vật liệu bê tông trên thế giới và tại Việt Nam

Hiện thí nghiệm động SHPB có lịch sử lâu dài và đã thực hiện nhiều trên thế giới cho rất nhiều các loại vật liệu khác nhau như kim loại, polyme, composit gia cường sợi thép, bê tông, ceramic, đá, gỗ với với lịch sử phát triển từ năm 1946 và số lượng thực hiện theo các năm tại Châu Âu như hình H.5. Tuy nhiên, tại Việt Nam chưa từng thực hiện thí nghiệm này với lý do đến nay vẫn chưa có đơn vị nào đầu tư hệ thống thiết bị thí nghiệm.



H.5. Thống kê số lượng các thí nghiệm được thực hiện tại Châu Âu [3]-c2

Ngày nay, ứng xử động của bê tông và vật liệu có tính chất giống như bê tông phụ thuộc vào tốc độ biến dạng đã được kiểm chứng và kết luận (Grote và Park, 2001) [4]. So với ứng xử tĩnh, khả năng tăng trong độ bền, khả năng biến dạng và năng lượng phá hủy được quan sát thấy khi các vật liệu như vậy tiếp xúc với tải trọng động (Lok và Zhao, 2004) [5]-C2.

Trong quá trình nghiên cứu ứng xử vật liệu bê tông dưới tải trọng động, thông số DIF (Dynamic Increase Factor) được sử dụng để miêu tả sự gia tăng cường độ. DIF được định nghĩa là tỷ lệ giữa cường độ bê tông động và cường độ bê tông tĩnh, thường được sử dụng để mô tả sự gia tăng độ bền của bê tông khi chất tải. Việc tăng độ bền động của bê tông tăng đã được chỉ ra lần đầu bởi Abrams in 1917 (Bischoff and Perry, 1991) [6], sau đó bê tông và vật liệu gần bê tông được chấp nhận là nhạy

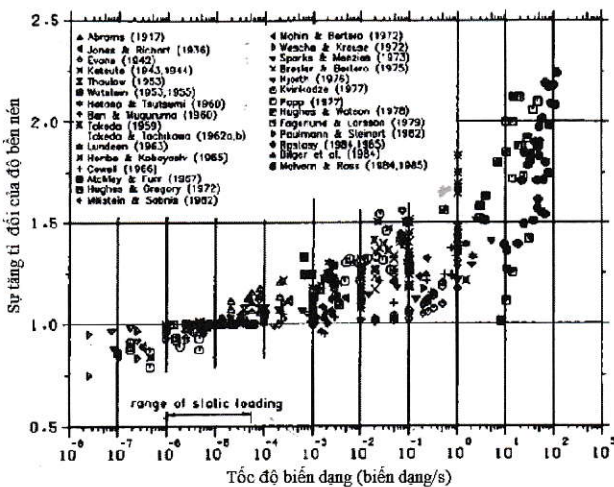
cầm với tốc độ tăng tải, các mô hình của các vật liệu dạng trên dưới tác động của tải trọng động phải bao gồm ảnh hưởng của tốc độ tăng tải. Các thí nghiệm động SHPB đã được mở rộng sử dụng để đo sự gia tăng của độ bền tại tốc độ biến dạng cao trong phạm vi 10^1 s^{-1} đến 10^3 s^{-1} . Hầu hết các mô hình dự báo sự gia tăng tốc độ biến dạng của bê tông là được thực hiện bởi CEB Model Code (Comite Euro-International du Beton-Federation Internationale de la Precontrainte, 1990) theo công thức (13) và (14) dưới đây [7], [8]:

$$DIF = \frac{f_{cd}}{f_{cs}} = \left[\frac{\dot{\epsilon}}{\epsilon_s} \right]^{1,026 \cdot \alpha} \quad \text{cho } \dot{\epsilon} \leq 30 \text{ s}^{-1}; \quad (13)$$

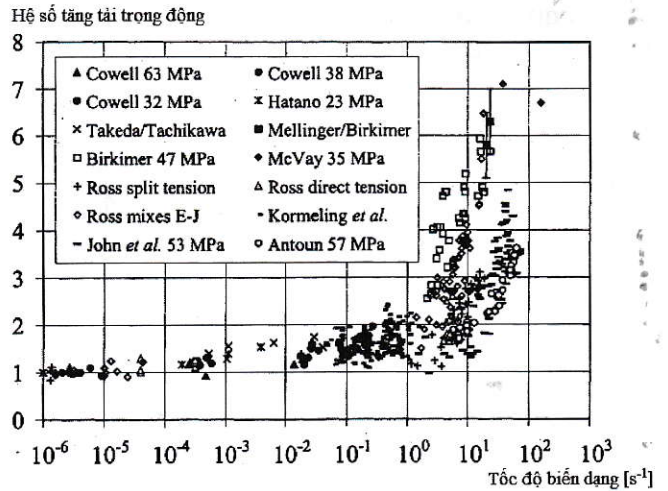
$$DIF = \frac{f_{cd}}{f_{cs}} = \gamma \cdot \left[\frac{\dot{\epsilon}}{\epsilon_s} \right]^{1/3} \quad \text{cho } \dot{\epsilon} < 30 \text{ s}^{-1}. \quad (14)$$

Công thức CEB DIF cho bê tông đã được chấp nhận sử dụng bởi hầu hết các nhà khoa học như là một phương pháp điển hình, tin cậy cho việc xác định khả năng tăng cường độ bê tông dưới khi tốc độ biến dạng tăng. Công thức (12) và (13) thể hiện mối quan hệ hai chiều giữa DIF và $\log(\dot{\epsilon})$ của tốc độ biến dạng khi tốc độ biến dạng thay đổi trong phạm vi 30 s^{-1} (Malvar and Ross, 1998).

Việc sử dụng thí nghiệm động SHPB cho mẫu bê tông đã được một số tác giả tiến hành. Ngoài ra, một số tác giả cũng tiến hành mô phỏng thí nghiệm động SHPB và được kiểm chứng với các kết quả thí nghiệm. Dưới đây là một số các kết quả đã đạt được dựa trên thí nghiệm trên mẫu bê tông. Theo kết quả trên độ bền nén và kéo sẽ tăng lên khi tốc độ biến dạng tăng. Do đó, khi nghiên cứu sự làm việc của kết cấu dưới tác động của tải trọng động, các thông số của bê tông và kết cấu nhất thiết phải sử dụng thông số động (hình H.6, hình H.7).



H.6. Ảnh hưởng của tốc độ biến dạng đến độ bền nén của bê tông [9]

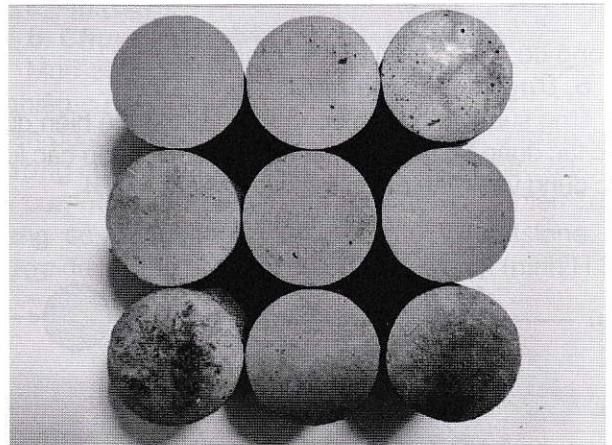


H.7. Ảnh hưởng của tốc độ biến dạng đến độ bền kéo của bê tông [9]

2. Kết quả thí nghiệm động SHPB cho mẫu bê tông sử dụng san hô biển làm cấp phối

2.1. Thí nghiệm tĩnh

Trước khi kiểm tra tính chất động học, các thông số cơ bản của ba nhóm mẫu bê tông đã được tiến hành thí nghiệm tĩnh. Chọn ba mẫu điển hình trong mỗi nhóm (như trong hình H.8). Nội dung các thí nghiệm gồm tiến hành đo đường kính, chiều cao, khối lượng, mật độ và tốc độ truyền sóng của mẫu. Kết quả thử nghiệm cụ thể được thể hiện trong Bảng 1, Bảng 2, Bảng 3.



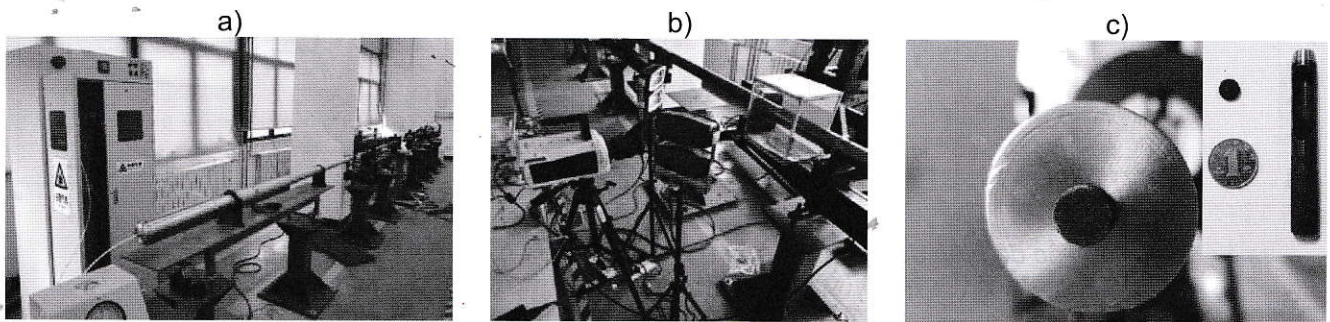
H.8. Các nhóm mẫu bê tông thí nghiệm động

2.2. Thí nghiệm động SHPB

Nghiên cứu tiến hành trên mẫu bê tông với hệ thống thí nghiệm như hình H.9. Mật độ của thanh là 7810 kg/m^3 , mô đun đàn hồi là 240 GPa/s và tốc độ sóng đàn hồi là 5000 km/s . Chiều dài của thanh chuyển động, thanh tới, thanh truyền và thanh hấp thụ tương ứng là 30, 250, 200, 100 cm, mẫu đá được kẹp giữa thanh tới và thanh truyền. Đường

kính của thanh chuyển động, thanh tới, thanh truyền đều là 50 mm. Cảm biến đo biến dạng được gắn tương ứng ở mức 121 và 102 mm từ phần mẫu thử được kẹp. Đồng thời với thí nghiệm nén động, quá

trình phá hủy mẫu được chụp bằng camera tốc độ cao (hình H.9.b). Ngoài ra, máy ép sóng được chọn sử dụng trong thí nghiệm này là một tấm cao su dày 2 mm và đường kính 10 mm (hình H.9.c).



H.9. Hệ thống các thiết bị trong thí nghiệm động SHPB

Bảng 1. Các thông số vật lý cơ bản của tổ hợp mẫu 1

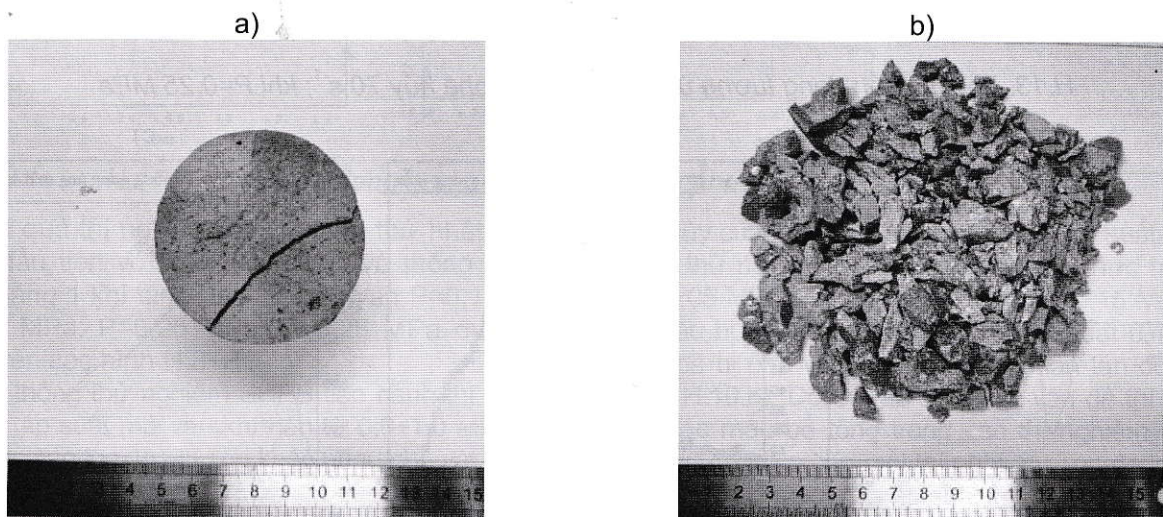
No	Đường kính, mm	Chiều cao, mm	Khối lượng, kg	Tốc độ truyền sóng, km/s	Dung trọng, kg/m ³
1	51,32	49,32	0,244	2,778	2399,47
2	50,9	48,9	0,233	2,857	2350,28
3	51,4	49,33	0,236	2,857	2313,12

Bảng 2. Các thông số vật lý cơ bản của tổ hợp mẫu 2

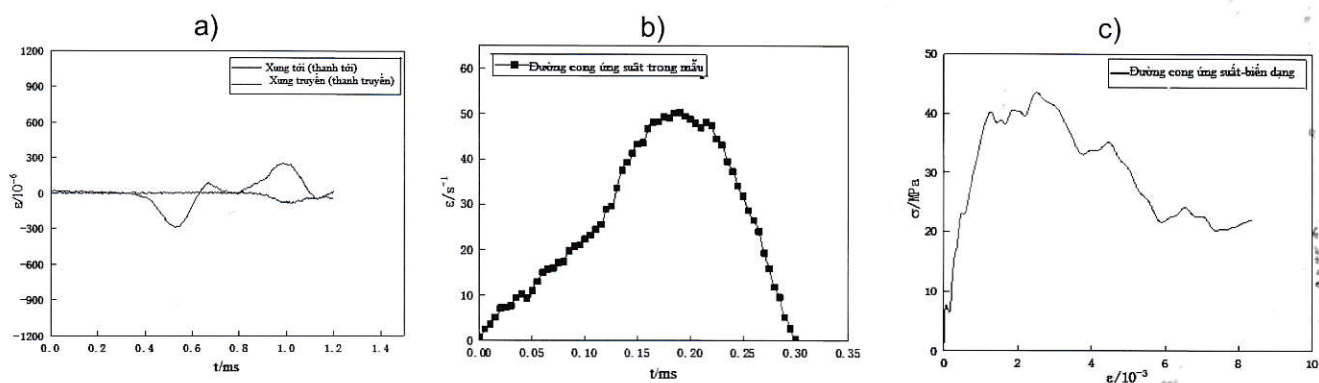
No	Đường kính, mm	Chiều cao, mm	Khối lượng, kg	Tốc độ truyền sóng, km/s	Dung trọng, kg/m ³
1	50,12	51,45	0,236	2,703	2332,13
2	50,94	51,17	0,239	2,778	2303,84
3	51,35	50,56	0,246	2,726	2364,87

Bảng 3. Các thông số vật lý cơ bản của tổ mẫu 3

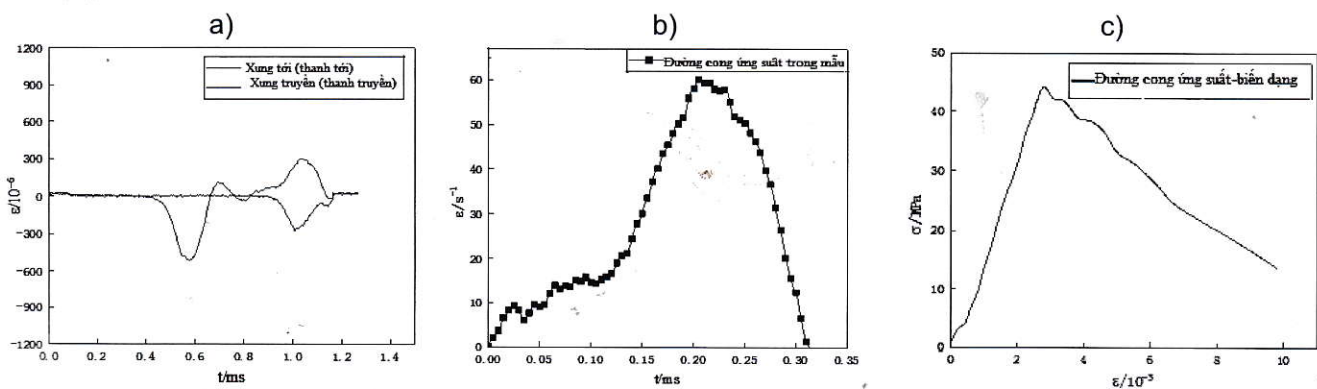
No	Đường kính, mm	Chiều cao, mm	Khối lượng, kg	Tốc độ truyền sóng, km/s	Dung trọng, kg/m ³
1	51,5	50,2	0,248	2,857	2373,86
2	51,2	49,6	0,243	2,856	2390,26
3	51,2	50,7	0,253	2,859	2425,71



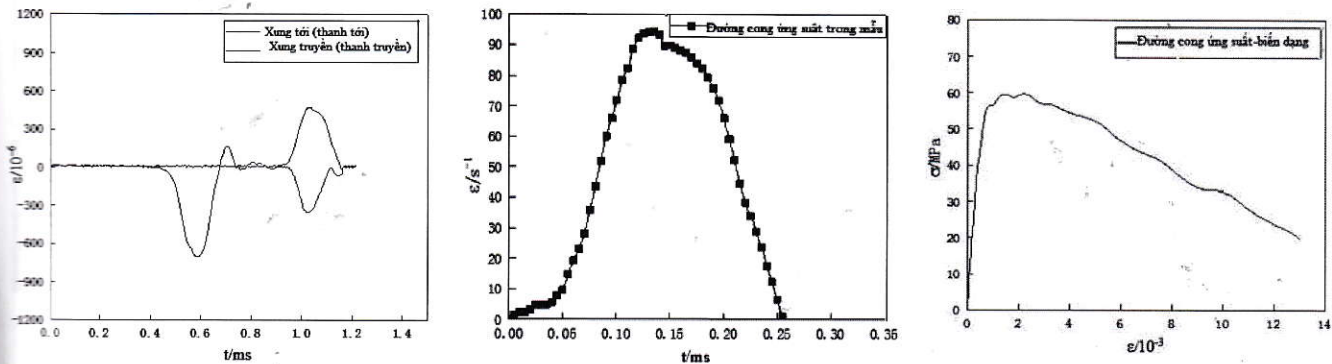
H.10. Sơ đồ phá hủy mẫu: a - Khi $P=0,15$ MPa; b - Khi $P=0,45$ MPa



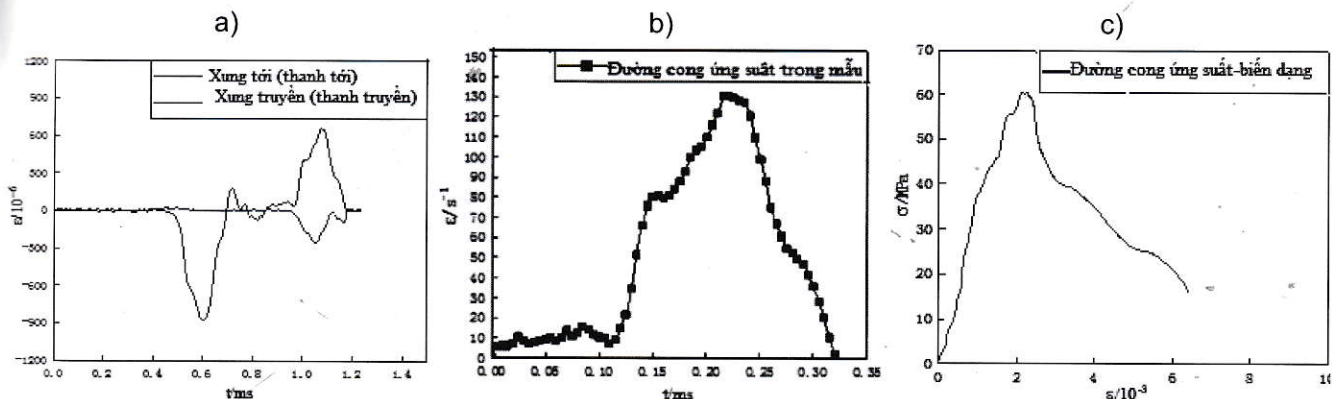
H.11. Tốc độ biến dạng tương ứng ở giai đoạn phá hủy $40 s^{-1}$; khi $P=0,15 MPa$



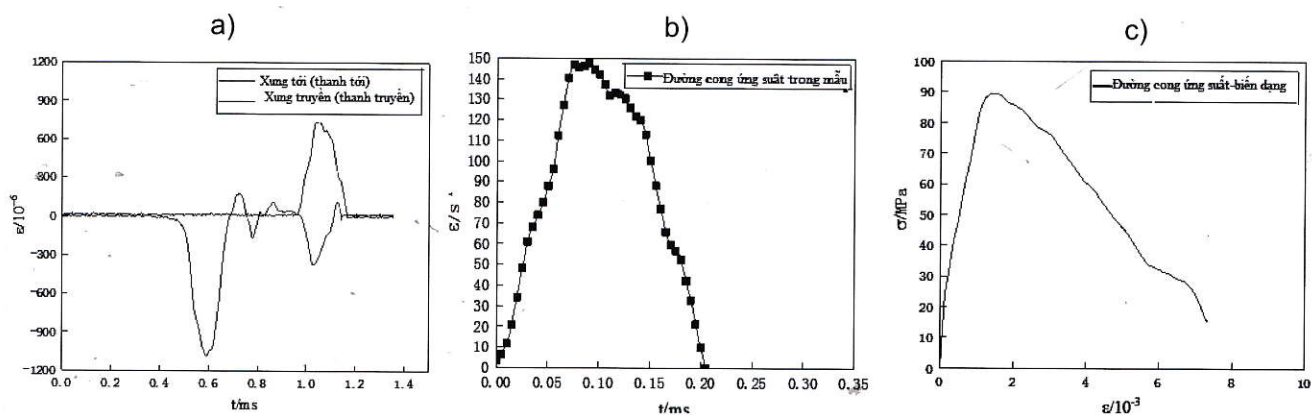
H.12. Tốc độ biến dạng tương ứng ở giai đoạn phá hủy $57 s^{-1}$; khi $P=0,2 MPa$



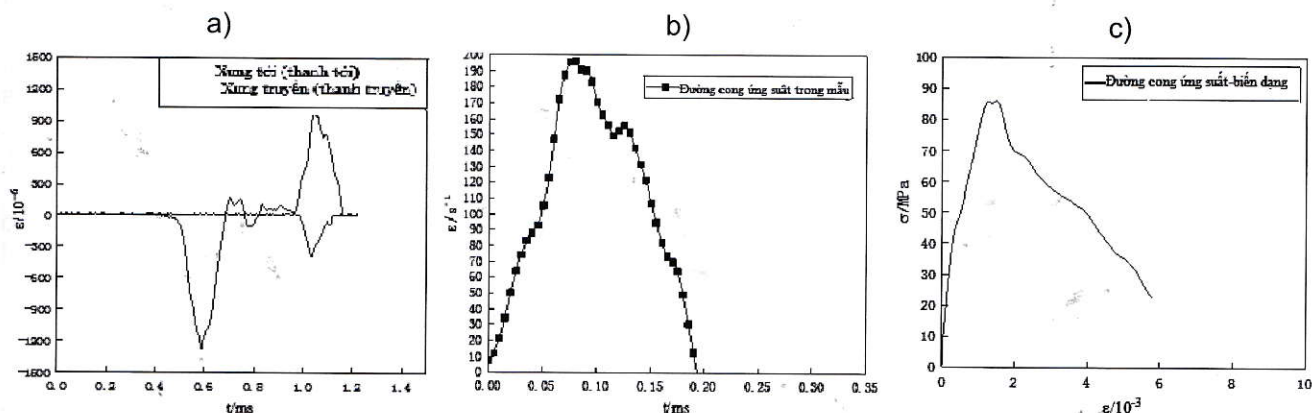
H.13. Tốc độ biến dạng tương ứng ở giai đoạn phá hủy $70 s^{-1}$; khi $P=0,25 MPa$



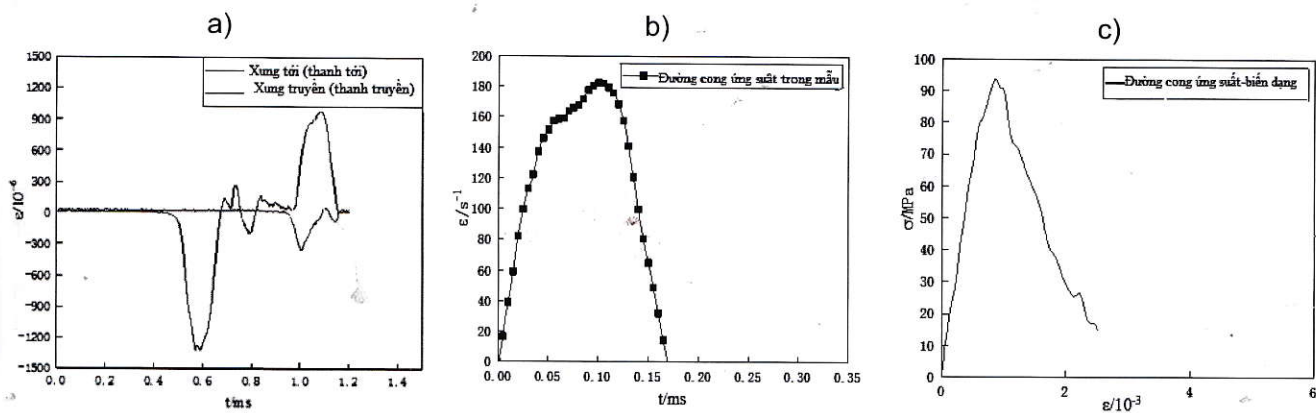
H.14. Tốc độ biến dạng tương ứng ở giai đoạn phá hủy $130 s^{-1}$; khi $P=0,3 MPa$



H.15. Tốc độ biến dạng tương ứng ở giai đoạn phá hủy 140 s^{-1} ; khi $P=0,35 \text{ MPa}$



H.16. Tốc độ biến dạng tương ứng ở giai đoạn phá hủy 155 s^{-1} ; khi $P=0,40 \text{ MPa}$



H.17. Tốc độ biến dạng tương ứng ở giai đoạn phá hủy 170 s^{-1} ; khi $P=0,45 \text{ MPa}$

Kết quả thí nghiệm cho tổ mẫu thứ nhất gồm 3 mẫu đầu tiên với về kích thước và thông số tính như Bảng 1 khi tăng dần lực mở van $P=0,15 \text{ MPa}$; $P=0,2 \text{ MPa}$; $P=0,25 \text{ MPa}$; $P=0,25 \text{ MPa}$ được thể hiện trên các hình H.8÷H.14.

Hệ thống thử nghiệm SHPB tiến hành thí nghiệm tại các áp suất mở van khí nén từ $0,0\div 1,0 \text{ MPa}$, dẫn đến các các tốc độ tăng tải khác nhau cho vật liệu thử nghiệm bằng bê tông. Trước khi bắt đầu thí nghiệm, phải chọn phạm vi áp suất tải thích hợp cho mẫu bê tông. Áp suất khí nén phải được chọn theo mức độ

phá hủy của bê tông. Trong phạm vi áp suất $0,0\div 1,0 \text{ MPa}$, thử nghiệm nén tác động được thực hiện sau mỗi $0,05 \text{ MPa}$. Khi áp suất khí nén là $0,15 \text{ MPa}$ mẫu bắt đầu bị phá hủy (hình H.10.a). Khi đạt $0,45 \text{ MPa}$, mẫu đã bị phá vỡ thành một sự phân tán đồng đều (hình H.10.b). Do đó, áp suất mở van để thí nghiệm cho các mẫu bê tông trong các thí nghiệm động là $0,15\div 0,45 \text{ MPa}$ cho mỗi thí nghiệm. Tác động cụ thể của một mẫu dưới mỗi áp suất không khí có thể phân tích hiệu quả ảnh hưởng của các điều kiện tải áp suất khí nén khác nhau đến mức độ phá hủy của bê tông.

Trong các hình từ H.8.a đến H.14.a thể hiện tín hiệu biến dạng trên thanh tới và thanh truyền gián tiếp thu được bằng cảm biến vận tốc gắn trên hai thanh. Các hình từ H.8.b đến H.14.b thể hiện biến dạng của mẫu theo thời gian dưới tải trọng động. Các hình từ H.8.c đến H.14.c thể hiện thể mối quan hệ giữa ứng suất và biến dạng trong mẫu.

Từ kết quả thí nghiệm có thể rút ra kết luận về ứng dụng của san hô biển trong thành phần cấp phối khi chịu tác dụng của tải trọng động có quy luật rất khác so với khi chịu tải trọng tĩnh. Kết quả thí nghiệm cho thấy khi tăng áp suất mở van từ $P=0,15$ MPa đến $P=0,45$ MPa, biến dạng trong mẫu tăng nhanh. Quy luật này cũng tương tự cho sự thay đổi ứng suất trong mẫu, ứng suất trong mẫu tăng nhanh theo tải trọng động tác dụng lên mẫu và đạt giá trị lớn nhất khi áp lực tác dụng lên mẫu cao nhất, tương ứng với áp lực mở van là $P=0,45$ MPa, khi đó ứng suất động trong mẫu tại thời điểm phá hủy là 92,0 MPa.

3. Kết luận

Kết quả nghiên cứu trên cho phép rút ra các kết luận:

➤ Thí nghiệm động SHPB là thí nghiệm mới chưa từng được thực hiện tại Việt Nam;

➤ Thí nghiệm động SHPB cho thấy sự làm việc của mẫu bê tông dưới áp lực của áp lực động giống như áp lực tạo ra do quá trình nổ mìn hay phá hủy kết cấu dưới tải trọng động. Kết quả nghiên cứu đưa ra mối quan hệ giữa ứng suất và biến dạng, cũng như phản ánh sự thay đổi của tốc độ biến dạng trong mẫu theo thời gian do tải trọng động gây ra;

➤ Các kết quả thí nghiệm động SHPB cho phép xác định được các thông số động của mẫu bê tông. Giá trị của các thông số này được sử dụng làm kết quả đầu vào của mô hình số hoặc các nghiên cứu tại phòng thí nghiệm trong điều kiện tương tự.

➤ Kết quả thí nghiệm bước đầu trên mẫu bê tông chế tạo từ san hô biển làm vỏ chống cho công trình ngầm quốc phòng, công trình đặc biệt cho thấy khi tăng áp suất mở van từ $P=0,15$ MPa đến $P=0,45$ MPa, biến dạng trong mẫu tăng nhanh. Quy luật trên cũng tương tự như sự thay đổi ứng suất trong mẫu: ứng suất trong mẫu tăng nhanh theo tải trọng động tác dụng lên mẫu và đạt giá trị lớn nhất khi áp lực tác dụng lên mẫu cao nhất, tương ứng với áp lực mở van là $P=0,45$ MPa, khi đó ứng suất động trong mẫu tại thời điểm phá hủy là 92,0 MPa.

➤ Thí nghiệm động SHPB là thí nghiệm quan trọng trong nghiên cứu ứng xử của vật liệu dưới tải trọng động, một hướng nghiên cứu chủ đạo trong công trình ngầm, công trình đặc biệt hiện nay, do vậy các phòng thí nghiệm của Việt Nam cần sớm đầu tư thiết bị này để thực hiện các thí nghiệm cho các vật liệu sử dụng trong công trình ngầm, công

trình đặc biệt nói riêng và xây dựng nói chung. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Michael Adam Kaiser (1998), Advancements in the Split Hopkinson Bar Test, Master of Science in Mechanical Engineering - Blacksburg, Virginia, May 1, 1998.
2. Jeffrey Craig Johnson (2010), The Hustrulid bar-A dynamic strength test and its application to the cautions blasting of rock, Thesis doctor of Philosophy, Department of Mining Engineering, The University of Utah, August 2010.
3. Fei Yang, Hongwei Ma, Lin Jing, Longmao Zhao, Zhihua Wang, Dynamic compressive and splitting tensile tests on mortar using split Hopkinson pressure bar technique.
4. Grote, D. L., Park, S. W., and Zhou, M. Dynamic behavior of concrete at high strain rates and pressures: I. experimental characterization. *International Journal of Impact Engineering* 25 [9], 869-886. 2001.
5. Fei Yang, Hongwei Ma, Lin Jing, Longmao Zhao, Zhihua Wang, Dynamic compressive and splitting tensile tests on mortar using split Hopkinson pressure bar technique.
6. Riisgaard, Benjamin; Ngo, Tuan; Mendis, Priyan; Georgakis, Christos; Stang, Henrik. Dynamic Increase Factors for High Performance Concrete in Compression using Split Hopkinson Pressure Bar. *Fracture Mechanics of Concrete and Concrete Structures*.
7. Comité Euro-International du Béton - Federation Internationale de la Précontrainte. CEB-FIP Model Code 90 Redwood Books, Trowbridge, Wiltshire, Great Britain. 1990.
8. Bischoff PH, Perry SH. Compressive behaviour of concrete at high strain rates. *Mater Struct* 1991;24:425e50.
9. Q.M. Li, H. Meng. About the dynamic strength enhancement of concrete-like materials in a split Hopkinson pressure bar test. *International Journal of Solids and Structures* 40 (2003) 343-360.

Ngày nhận bài: 26/06/2019

Ngày gửi phản biện: 18/08/2019

Ngày nhận phản biện: 26/10/2019

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/04/2020

Từ khóa: bê tông chế tạo từ san hô; thí nghiệm động; Split Hopkinson Pressure Bar (SHPB); công sự; công trình ngầm quốc phòng

Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo: các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam
(Xem tiếp trang 98)

17. Pogrebitski E.O. Ternovoi o.l., 1974. Đánh giá kinh tế địa chất các mỏ khoáng. NXB "Nedra". Moskova. Bản tiếng Nga.

Ngày nhận bài: 26/06/2019

Ngày gửi phản biện: 15/06/2019

Ngày nhận phản biện: 15/11/2019

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/04/2020

Từ khóa: đánh giá kinh tế; tài nguyên khoáng sản; apatit; Lào Cai

Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo: các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam

Tóm tắt: Quặng apatit là một tài nguyên thiên nhiên không thể tái tạo, và việc khai thác nó có rủi ro cao và tác động môi trường cao. Do đó, nghiên cứu giá trị kinh tế của tài nguyên thiên nhiên và giá trị kinh tế của các mỏ apatit làm cơ sở khoa học cho việc hoạch định chính sách và lập kế hoạch khai thác, xử lý và sử dụng hợp lý và hiệu quả, bảo vệ môi trường là cần thiết. Kết quả đánh giá hiệu quả của "Dự án khai thác quặng Apatit tại mỏ 32 và Lăng Cô 2 của Công ty Cổ phần Magiê Phosphate Hợp nhất Lào Cai" có hiệu quả thương mại tương đối lớn và hiệu quả kinh tế quốc gia khá cao.

Evaluating the economic value of natural resources and apatite mine in Tả Phời-Hợp Thành area, Lào Cai province

SUMMARY

Apatite ore is a non-renewable natural resource, and its exploitation is of high risk and high environmental impact. Therefore, studying of the economic value of natural resources and the economic value of apatite mines serve as a scientific basis for policy making and planning for exploitation, processing and rational and efficient use, environmental protection is needed. Results of the evaluation of the efficiency of the "Apatite ore mining project at field 32 and Lăng Cô 2 of Lao Cai Fused Magnesium Phosphate Joint Stock Company" has a relatively large commercial efficiency and the national economic efficiency are quite high.

XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ

(Tiếp theo trang 26)

Tóm tắt: Thí nghiệm động Split Hopkinson (SHPB) là một trong những phương pháp thí nghiệm phổ biến nhất được sử dụng để nghiên cứu tính chất vật liệu ở tốc độ biến dạng cao. Trong bài báo này, chúng tôi trình bày kết quả của một chương trình thử nghiệm của bài kiểm tra SHPB. Các thử nghiệm được thực hiện ở các mức độ biến dạng khác nhau trên các mẫu bê tông khác nhau bằng cách sử dụng công trình ngầm được thực hiện bởi san hô.

Determine the dynamic parameters of concrete made from marine corals using the Split Hopkinson Pressure Bar dynamic experiment

SUMMARY

The Split Hopkinson Pressure Bar (SHPB) is one of the most common experimental methods used to study material properties at high strain rates. In this paper, we present the results of an experimental program of the SHPB test. Tests were carried out at different strain rates on different specimens of concrete using underground construction made by corals.

NGHIÊN CỨU ỨNG XỬ...

(Tiếp theo trang 31)

SUMMARY

The method of using technology of reinforced concrete anchors is often applied to overcome the consequences of landslides and instability of foundation work pits, road talus roofs, abutments; dike roof, dam roof. The article introduces working principles and construction process of reinforced concrete anchoring system. The author uses construction numerical software to simulate a specific problem that sheds light on the behavior of the slope when using reinforced concrete anchoring system.