

KHẢO SÁT CHẤN ĐỘNG NỔ MÌN KHI ĐÀO HẦM BẰNG PHƯƠNG PHÁP KHOAN NỔ MÌN Ở THÀNH PHỐ THÔNG QUA MÔ HÌNH 2D

ThS. ĐẶNG VĂN KIÊN
Trưởng Đại học Mỏ-Địa chất

Trong thi công các công trình ngầm thành phố bằng phương pháp khoan nổ mìn việc đảm bảo an toàn cho các công trình lân cận là yêu cầu quan trọng. Hiện đã có nhiều công trình nghiên cứu ở nước ta và trên thế giới phát triển các mô hình để mô phỏng chấn động của nổ mìn đến các công trình lân cận tuy nhiên việc áp dụng cho một công trình cụ thể còn nhiều hạn chế. Ngoài ra, các mô hình này chưa chú ý đầy đủ đến điều kiện khối đá xung quanh hoặc chưa xem xét đến ảnh hưởng của một số thông số quan trọng như hệ số giảm chấn [9]+[13]...

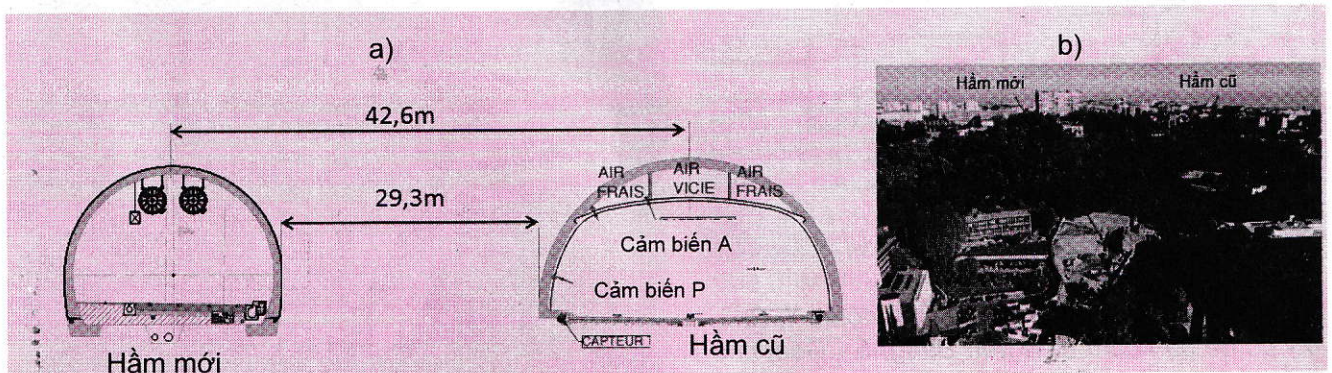
Bài báo trình bày kết quả của việc phát triển một mô hình 2 chiều (2D) để nghiên cứu ảnh hưởng của chấn động nổ mìn tại đường hầm Croix Rousse, Lyon, Pháp. Tại đây đã tiến hành nghiên cứu về ảnh hưởng của hệ số giảm chấn đến chấn động sinh ra khi nổ mìn đến các công trình lân cận bằng mô hình 2D. Mô hình số được xây dựng dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn bằng phần

mềm Abaqus. Trong mô hình, biên sử dụng là loại không phản xạ (Non-Reflecting Boundary Condition-NRBC) dựa trên việc sử dụng phần tử vô hạn (Infinite element - IE) tại biên. Các phần còn lại của mô hình sử dụng phần tử hữu hạn (Finite Element-FE).

1. Các thông số đường hầm nghiên cứu

1.1. Mô tả đường hầm

Đường hầm Croix Rousse là một công trình hầm giao thông đô thị, nằm ở thành phố Lyon, Pháp, giữa sông Rhône và sông Saône. Chiều dài của đường hầm là 1757,5 m với diện tích mặt cắt ngang của 84.10 m². Vị trí hầm nằm ở khu vực rất đông dân cư và có nhiều tòa nhà gần đó [1]; cùng một lúc, có một đường hầm cũ tồn tại nằm song song với hầm mới (H.1). Đường hầm đang tồn tại có dạng vòm tường thẳng. Bán kính vòm là 8,05 m chiều cao tường 1 m. Đường hầm đào mới gần đó có dạng hình vòm móng ngựa. Bán kính của vòm là 5,55 m. Khoảng cách giữa hai trục đường hầm là 42,6 m.



H.1. Điều kiện khu vực xung quanh đường hầm: a - Mặt cắt ngang đường hầm; b - Vị trí mặt bằng cửa hầm

Khối đá, trong đó đường hầm đào qua, bao gồm đá granite và đá gneis có độ bền nén đơn trục lớn hơn 100 MPa. Giá trị trung bình RQD=68, RMR=70±80. Đá liền khối ít nứt nẻ, khoảng cách trung bình các khe nứt 0,6±2 m [1]. Độ sâu đặt đường hầm trung

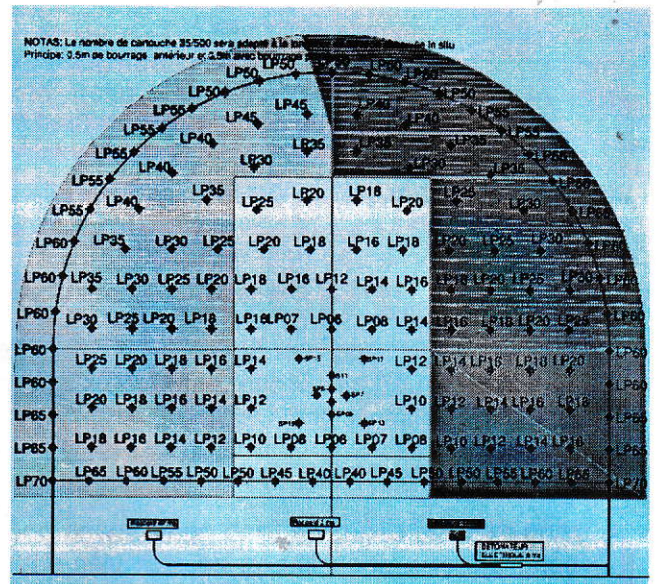
binh là 100 m. Đường hầm được đào bằng phương pháp khoan nổ mìn

1.2. Các thông số khoan nổ mìn

Phương pháp nổ mìn tạo biên được sử dụng khi đào đường hầm nhằm hạn chế chấn động đến

khối đá. Các lỗ mìn có đường kính 51 mm và 48 mm được nhồi thuốc nổ nhũ tương loại Émulsion Réelle. Vị trí các lỗ mìn trên gương và trình tự nổ mìn được thể hiện trên hình H.2. Tổng khối lượng thuốc nổ cho một lần nổ khoảng 364 kg với chiều dài lỗ khoan 3,3 m; 409 kg với chiều dài 3,5 m. Trình tự nổ các lỗ mìn trên gương có thể tham khảo hình H.2.b. Theo đó các lỗ khoan đột phá nổ đầu tiên với thời gian chậm nổ là 25.ms. Tiếp theo là đến các lỗ khoan phía ngoài với thời gian chậm nổ là 100 ms.

Loại cảm biến này dùng để đo vận tốc chấn động. Chúng được gắn vào một tấm và được gắn vào cấu trúc cần theo dõi để đo vận tốc. Kích thước gồm: cảm biến 165x50x50 mm, tấm đỡ 110x70x12 mm, cáp khoảng 1,5 m, trọng lượng 1,8 kg. Cảm biến có độ nhạy 42 mV/(mm/s) ±10 %. Vận tốc sóng nổ đo bằng các cảm biến đặt trong vỏ chống bê tông liền khối của đường hầm cũ và một số tòa nhà quan trọng trên bề mặt.



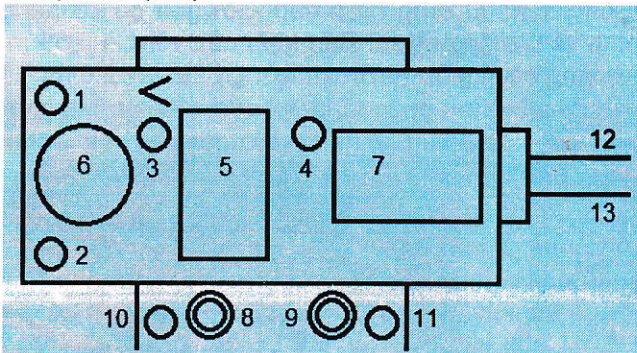
H.2. Sơ đồ bố trí các lỗ mìn trên gương và trình tự kích nổ các lỗ mìn

Bảng 2. Trình tự kích nổ và số lượng các lỗ mìn trên gương

Nhóm đột phá SP.25 ms	N ^o	V	VII	IX	XI	XIII	XV	XVII	XIX							
	Số lượng	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
Chậm nổ LP.100 ms	N ^o	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	Số lượng	2	2	3	0	3	0	6	0	8	0	13	0	12	0	11
	N ^o	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75				
Số lượng	9	8	7	7	4	11	12	12	6	2	0					

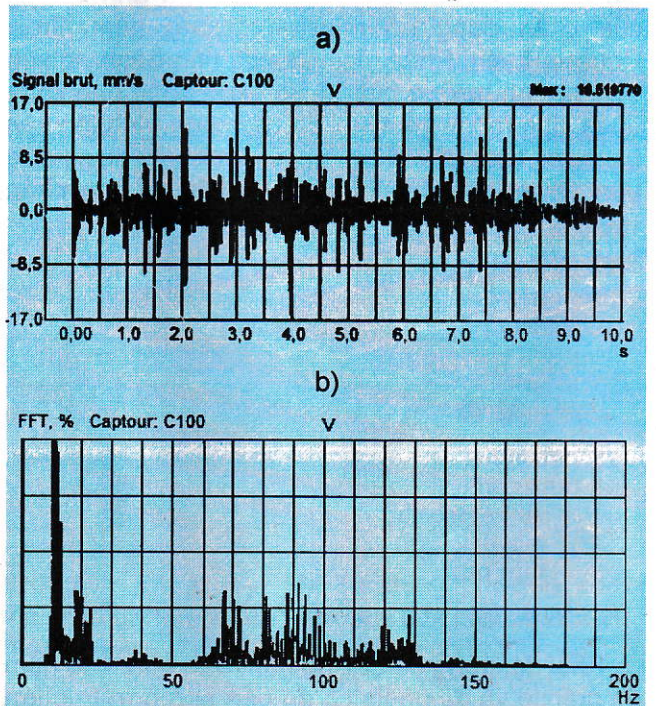
1.3. Kết quả đo vận tốc chấn động

Các cảm biến để đo vận tốc chấn động là loại Géophone (H.3).



H.3. Vị trí đặt cảm biến để đo chấn động: 1, 2, 3, 4 - Lỗ để gắn cảm biến trên Bảng; 5 - Géophone thẳng đứng; 6 - Géophone nằm ngang 2; 7 - Géophone nằm ngang 1; 8, 9, 10, 11 - Lỗ để gắn trên tường; 12, 13 - Bắt một đầu vào các phương tiện (H, V)

Vận tốc chấn động được đo theo 3 phương (x, y, z) cùng với tần số thay đổi giữa 1 và 250 Hz như trên H.4.a).



H.4. Vận tốc sóng nổ và quang phổ tần số của tín hiệu nổ mìn: a - Vận tốc chấn động; b - Quang phổ vận tốc.

Kết quả đo vận tốc chấn động tại một số điểm quan sát của một số tòa nhà trên bề mặt và trong

vỏ chống bê tông của đường hầm cũ được thể hiện trên Bảng 2.

Bảng 2. Kết quả đo chấn động bằng các cảm biến

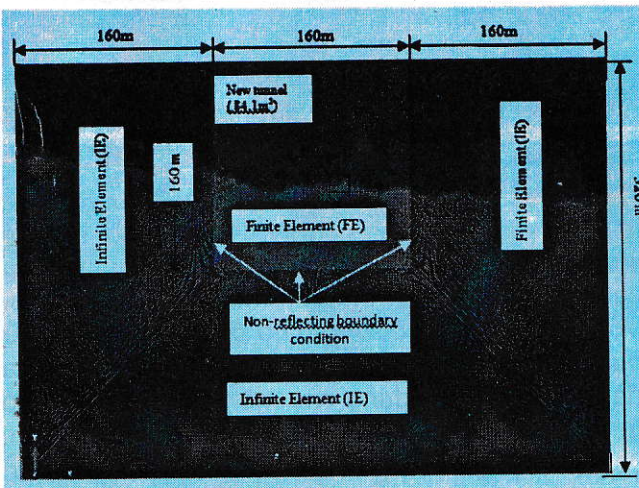
Tên và vị trí cảm biến	Lý trình từ cửa hầm	Lớp phủ, m	Vận tốc chấn động lớn nhất trên bề mặt, mm/s	Vận tốc chấn động lớn nhất tại đường hầm cũ, mm/s
S12_Usine de ventilation n°1	225	60	1,77	20,73
S20_Usine de Ventilation n°2	555	65	0,66	16,63
S21_Rue Rousy	585	68	3,76	13,91
S22_77 Bd Cx Rousse	680	72	7,97	47,00
S25_99 Bd Cx Rousse	870	78	2,71	30,11
S26_94 Bd Cx Rousse	685	72	2,25	20,19

2. Mô hình số

Phân tích số hai chiều được thực hiện trên mô hình phần tử hữu hạn xây dựng trên phần mềm Abaqus phiên bản 6.10-2.

2.1. Mô tả kích thước mô hình số

Mô hình số được tiến hành để khảo sát ảnh hưởng chấn động nổ mìn khi đào đường hầm mới bằng phương pháp khoan nổ mìn đến đường hầm đang tồn tại. Kích thước của mô hình được thể hiện trên H.5. Trên cơ sở kích thước của các đường hầm được mô tả ở phần 2.1, mô hình khảo sát bao gồm ba phần: khối đá bao quanh công trình rộng 160 m cao 160 m, vỏ chống của đường hầm cũ với chiều dày trung bình 0,7 m và phần biên của mô hình được tạo ra từ các phần tử vô hạn với chiều dài 160 m. Như vậy kích thước mô hình rộng tổng cộng 480 m và cao 320 m.



H.5. Kích thước mô hình 2D

2.2. Điều kiện biên

Phần tử vô hạn đã được sử dụng để tạo ra biên không phản xạ (non-reflecting boundary condition) cho mô hình trong nghiên cứu này, do vậy tại biên

không có sóng và năng lượng phản xạ trở lại mô hình đảm bảo sự phù hợp của mô hình với điều kiện thực tế và tính chính xác của mô hình. Trong mô hình cặp phần tử hữu hạn và vô hạn đã được sử dụng bao gồm hai loại phần tử CPE4R và CINPE4 tương ứng. Bề mặt đất phía trên ở dạng tự do, ba bề mặt khác là biên loại không phản xạ (H.5).

2.3. Ma trận giảm chấn

Phương pháp giảm chấn loại Rayleigh được sử dụng trong nghiên cứu này, trong đó ma trận giảm chấn của hệ thống được giả thiết là sự kết hợp tuyến tính của ma trận khối lượng và ma trận độ cứng:

$$[C] = \alpha[M] + \beta[K] \tag{1}$$

Trong đó: α và β là các hằng số giảm chấn phụ thuộc vào năng lượng giảm chấn, tính chất của vật liệu. Chúng có thể được tính theo công thức sau:

$$\alpha = \frac{2\omega_1\omega_2(\xi_1\omega_2 - \xi_2\omega_1)}{\omega_2^2 - \omega_1^2} \tag{2}$$

$$\beta = \frac{2(\xi_1\omega_2 - \xi_2\omega_1)}{\omega_2^2 - \omega_1^2}$$

Ở đây ω_1 là tần số chấn động đầu tiên và ω_2 là tần số chấn động lớn nhất của tần số quan trọng quan tâm (thường $f_1 = \omega_1/2\pi$ và $f_2 = \omega_2/2\pi$). Các hệ số của mô hình giảm chấn ξ_1 và ξ_2 tương ứng với tần số ω_1 và ω_2 . Hệ số giảm chấn kết hợp với chế độ chấn động j được xác định thông qua phương trình:

$$\xi_j = \frac{\alpha}{2\omega_j} + \frac{\beta\omega_j}{2} \tag{3}$$

2.4. Mô hình áp lực nổ mìn

Áp lực nổ sinh ra từ việc mở rộng các khí từ vụ nổ, có thể được tính theo công thức theo đề nghị của các Konya và Walter (1991) [5]:

$$P_d = \frac{449,93xSG_e x VOD^2}{1 + 0,8SG_e} \tag{4}$$

Trong đó: P_d - Đại lượng áp lực nổ, Pa; S_{Ge} - Mật độ của thuốc nổ, g/cm^3 ; VOD - Vận tốc sóng nổ của thuốc nổ, m/s.

Áp lực nổ là áp lực gây ra bởi một lượng nạp đầy lỗ khoan. Để đề cập đến sự ảnh hưởng của khoảng trống giữa cột thuốc nổ và thành lỗ khoan, phương trình xác định áp lực sau đây được sử dụng:

$$P_B = P_d \left(\frac{d_c}{d_h} \right)^2 \quad (5)$$

Trong đó: P_B - Đại lượng áp lực lên thành lỗ khoan, Pa; d_c, d_h - Tương ứng là đường kính thời thuốc và đường kính lỗ khoan, mm.

Thuốc nổ sử dụng là loại Émulsion Réelle với ($d_c/d_h=0.9$). Áp lực nổ được tính toán từ phương trình (4), kết quả $P_B=7,478$ GPa. Áp lực nổ mìn tác dụng lên biên đường hầm mới được thể hiện bằng phương trình (6):

$$P(t) = P_B \cdot f(t) = 7,478 \cdot f(t); \text{ GPa.} \quad (6)$$

Trong đó: $f(t)$ - Hàm áp lực theo thời gian.

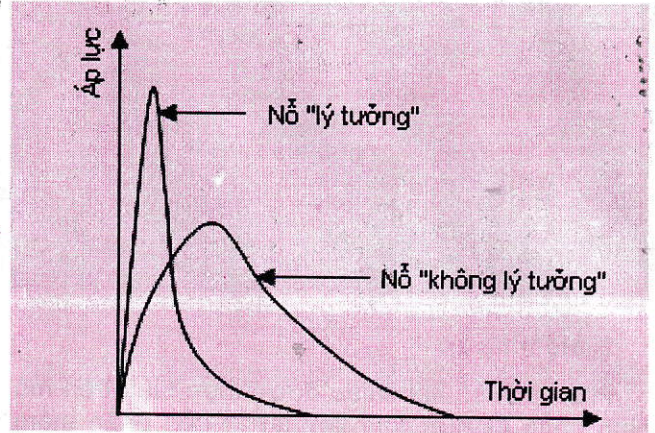
Hàm hình dạng đã được sử dụng để có được quan hệ giữa áp lực nổ và thời gian. Hầu hết các nghiên cứu đã sử dụng hàm mũ để mô hình hình dạng sóng áp lực nổ hoặc kết hợp của hàm mũ và dạng hình sin cho hàm áp lực. Chẳng hạn hàm thời gian được sử dụng bởi Park và các cộng sự [5]:

$$f(t) = \frac{t}{t_d} e^{\left(1 - \frac{t}{t_d}\right)} \quad (7)$$

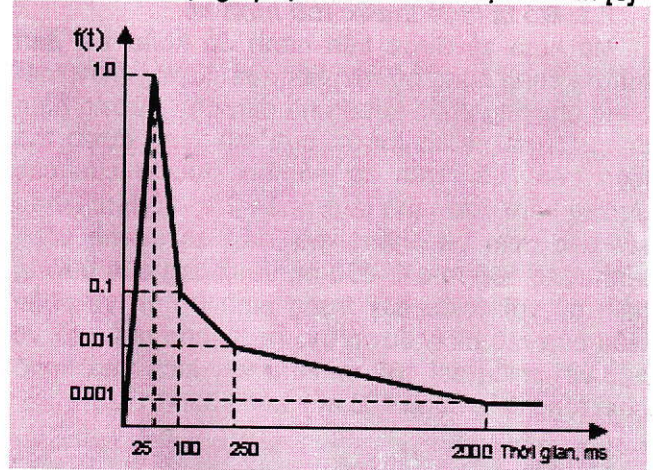
Trong đó: $f(t)$ - Phương trình hình dạng; t là thời gian đánh giá và $t_d=0.0003361$ s là thời gian đạt được áp lực lớn nhất.

Có hai loại áp lực nổ mìn chính thường được chấp nhận để mô phỏng nổ mìn cho môi trường đá, cụ thể là, nổ "lý tưởng" và "không lý tưởng". Dạng nổ "lý tưởng" tương ứng với loại chất nổ như tương trong đó thời gian tăng áp lực nổ là rất ngắn và đường giảm áp lực có độ dốc lớn. Dạng nổ "không lý tưởng" tương ứng với chất nổ ANFO trong đó thời gian để áp lực nổ đạt giá trị lớn nhất là dài hơn và đường giảm áp lực có độ dốc nhỏ hơn so với loại thuốc nổ như tương (xem H.6 [3]). Tại đường hầm Croix Rousse, do sử dụng thuốc nổ loại như tương nên dạng nổ "lý tưởng" đã được chọn để sử dụng để tính toán và với sơ đồ đơn giản hóa được thể hiện trên H.7. Theo sơ đồ bố trí các lỗ mìn trên gương, trên gương hầm gồm bốn nhóm lỗ mìn khác nhau là nhóm đột phá, nhóm phá, nhóm biên và nhóm nền. Những nhóm này nổ tại các thời điểm khác nhau nhờ sử dụng kip phi điện vi sai. Trong nghiên cứu này, áp lực nổ mìn đã được chia thành 8 lần chậm nổ, trong mỗi lần

chậm nổ có một số lỗ mìn nổ đồng thời. Áp lực nổ mìn có thể đơn giản hóa là 8 tải trọng độc lập cùng với áp lực lớn nhất lên biên hầm mới là (P_B) ứng với thời gian chậm nổ, hàm thời gian $f(t)$ được chọn như H.7.



H.6. Hình dạng áp lực nổ cho hai loại nổ mìn [3]



H.7. Hàm áp lực nổ theo thời gian của loại nổ "lý tưởng" [3]

2.5. Mô hình vật liệu

Khối đá xung quanh đường hầm Croix Rousse là đá granite và gneiss. Khối đá được giả định là vật liệu đàn hồi dẻo cùng với quá trình tăng ứng suất-biến dạng tuân theo mô hình Mohr-Coulomb. Vỏ chống bê tông đường hầm được mô phỏng sử dụng mô hình phá hủy dẻo. Các thông số động của đá và bê tông sử dụng cho mô hình bao gồm mô đun đàn hồi, hệ số Poisson, mật độ, độ bền nén, độ bền kéo, góc dẫn nở, lực dính kết được thể hiện trên Bảng 2.

3. Khảo sát ảnh hưởng của hệ số giảm chấn đến chấn động bằng mô hình 2D

Phần này trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của một số thông số như hệ số giảm chấn

của môi trường đến sự lan truyền của sóng nổ. Các thông số quan trọng là vận tốc chấn động lớn nhất truyền trong kết cấu vỏ bê tông của đường hầm cũ và của các công trình trên bề mặt.

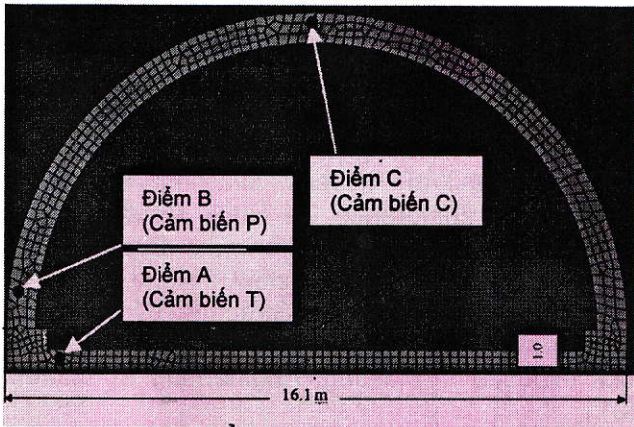
Bảng 2. Các thông số động của đá và vỏ chống bê tông

Tên thông số	Giá trị		Đơn vị
	Đá	Vỏ bê tông	
Mật độ	2650	2400	kg/m ³
Mô đun đàn hồi động	60,0	35,00	GPa
Hệ số Poisson	0,25	0,200	-
Góc ma sát trong	53,99	-	Độ
Góc dẫn nở	4,00	-	Độ
Lực dính kết	23	-	MPa
Độ bền nén	120	35,00	MPa
Độ bền kéo	5,70	2,90	MPa

3.1. Một số điểm quan sát

Điểm quan sát được lựa chọn với điều kiện vị trí của các điểm tương ứng với vị trí của cảm biến trong điều kiện thực tế để dễ dàng so sánh giá trị vận tốc chấn động.

Trong vỏ chống bê tông đường hầm cũ, một số điểm quan sát là điểm A, điểm B, điểm C. Các vị trí của các điểm tương ứng với các cảm biến trong điều kiện thực tế (điểm A tương ứng với cảm biến T, điểm B tương ứng cảm biến P, điểm C tương ứng để cảm biến C) như H.8.



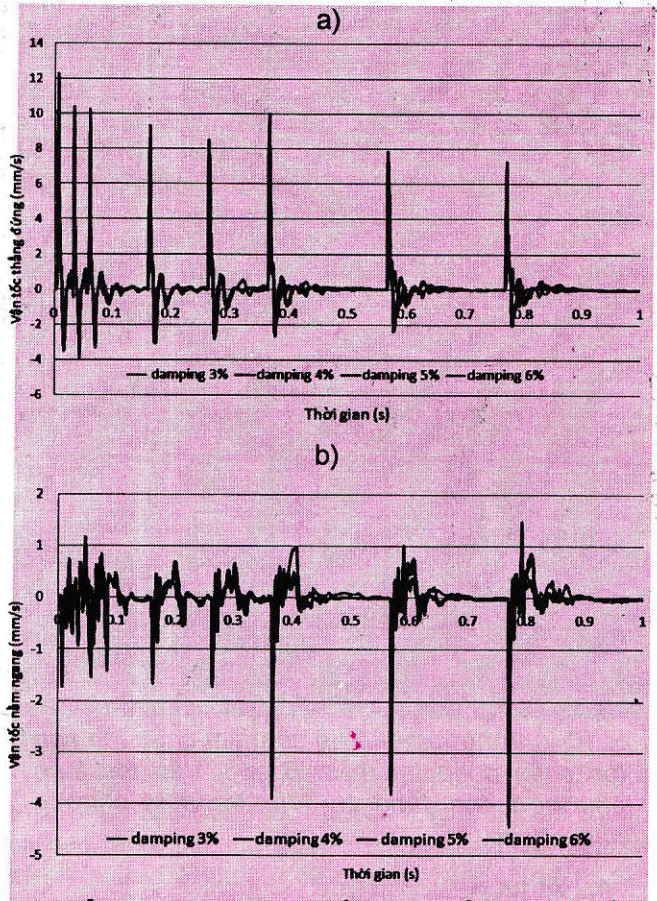
H.8. Các điểm quan sát trong mô hình tại vỏ chống bê tông của đường hầm cũ

3.2. Ảnh hưởng của hệ số giảm chấn đến vận tốc chấn động

Đối với các vật liệu địa chất (ví dụ như đất, đá...), thông thường hệ số giảm chấn thay đổi trong khoảng 2 % đến 5 %, giá trị này với hệ thống kết cấu công trình là từ 2 % đến 10 %. Trong bài báo, dựa vào quang phổ vận tốc được trình bày trong H.4, hai giá trị tần số đã được sử dụng để

xác định các thông số của hệ số giảm chấn là $f=10$ Hz và $f=100$ Hz.

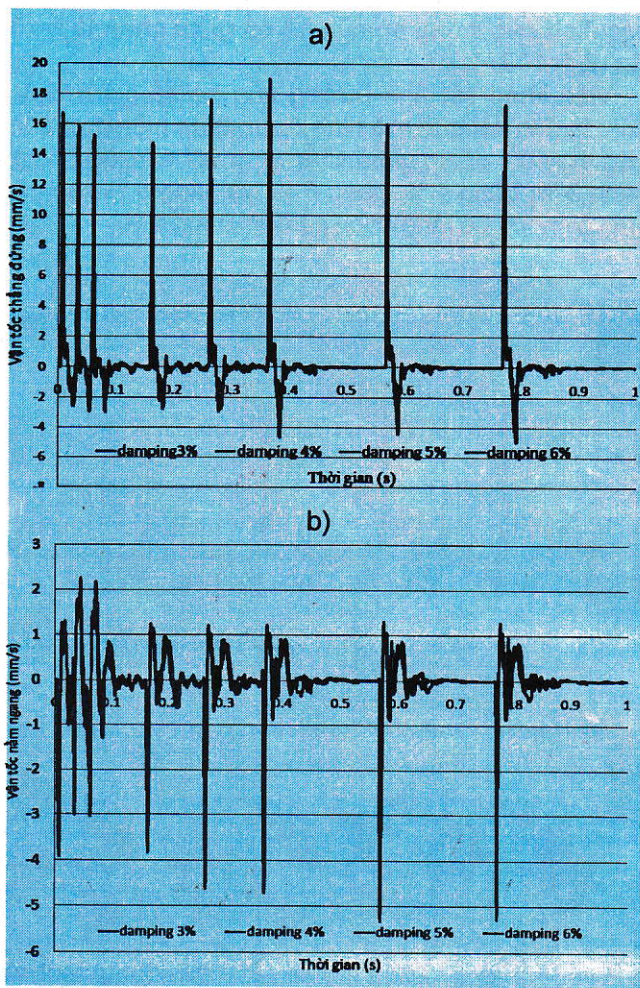
Việc khảo sát ảnh hưởng của hệ số giảm chấn của đá đến kết quả mô hình được thực hiện dựa trên việc thay đổi giá trị giảm chấn ứng với 4 trường hợp: bằng 3 %, bằng 4 %, bằng 5 %, và bằng 6 % cho đá, với vỏ chống bê tông chọn cố định bằng 4 %.



H.9. Ảnh hưởng của hệ số giảm chấn lên vận tốc chấn động tại điểm A: a - Vận tốc theo phương thẳng đứng b - Vận tốc theo phương nằm ngang.

Theo kết quả H.9 và H.10 cho thấy: giá trị vận tốc chấn động tại một số điểm quan sát là tỉ lệ nghịch với hệ số giảm chấn. Giá trị vận tốc chấn động lớn nhất khi giá trị giảm chấn là nhỏ nhất (trong trường hợp này là 3 %), đồng thời giá trị vận tốc chấn động là nhỏ nhất khi hệ số giảm chấn là lớn nhất bằng 6 %.

Từ kết quả mô hình (H.9 và H.10) ta thấy giá trị vận tốc lớn nhất của mô hình 18,75 mm/s (điểm B) trong khi giá trị này khi đo thực tế là 16,51 mm/s. Hai giá trị này sai khác nhau không nhiều nên có thể khẳng định mô hình sử dụng trong bài báo này là phù hợp để nghiên cứu ảnh hưởng của chấn động do sóng nổ mìn tại đường hầm Croix Rousse.



H.10. Ảnh hưởng của hệ số giảm chấn lên vận tốc chấn động tại điểm B: a - Vận tốc theo phương thẳng đứng; b - Vận tốc theo phương nằm ngang.

4. Kết luận

Các kết quả nghiên cứu trên đây cho phép rút ra một số kết luận sau đây:

- ❖ Việc sử dụng điều kiện biên dạng không phản nhờ cập phần tử vô hạn và hữu hạn có thể cải thiện kết quả của mô hình nghiên cứu;
- ❖ Kết quả mô hình cho thấy giá trị vận tốc tại các điểm quan sát thuộc vỏ chống bê tông liền khối của đường hầm cũ (điểm B) là tương đối phù hợp với giá trị vận tốc lớn nhất đo được bằng các cảm biến (H.5.a);
- ❖ Kết quả nghiên cứu có thể cho phép khẳng định mô hình đã xây dựng là phù hợp để nghiên cứu ảnh hưởng của chấn động nổ mìn đến các công trình lân cận;
- ❖ Kết quả nghiên cứu trên mô hình cũng cho thấy: giá trị vận tốc chấn động tại các điểm quan sát trong mô hình tỉ lệ nghịch với hệ số giảm chấn của khối đá xung quanh. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Clayton, E., Soler, B., Voiron, J., 2011. Renovation of Croix. Rousse tunnel Specific points of the technical design. AFTES. Congrès International, Lyon 1, page 135.
2. ABAQUS User's Examples and Theory Manual, Version 6.10, Simulia, Providence, 2011.
3. Saharan, M. R. and Mitri, H. S. Numerical Procedure for Dynamic Simulation of Discrete Fractures Due to Blasting. Rock Mech. Rock Engng, 2008, 41 (5) : 641-670.
4. Olsson, M., Nie, S., Bergqvist, I., Ouchterlony, F. (2001): What causes cracks in rock blasting? In: Proc. EXPLO2001. Hunter valley, NSW, Australia, 191-196.
5. Park, D. et al., A Numerical Study on the Screening of Blast-Induced Waves fo Reducing Ground Vibration, Rock Mech Rock Eng (2009) 42:449-473.
6. Van Kien DANG, Ali LIMAM, Didier SUBRIN, Emmanuel HUMBERT. Blast vibration induced during tunnel excavation in urban areas: Numerical simulation and measure results. Int. Conf. Franco - Vietnamienne CIGOS 2013 on Construction et Developpement Durable. 04-05 Avril 2013, Lyon, France.
7. M. Keshavarz, V.K. Dang, K. Amini Hosseini, F.L. Pellet. AE thresholds and compressive strength of different crystalline rocks subjected to static and dynamic loadings. 1st International Conference on Rock Dynamics and Applications. 06-08 June 2013, Lausanne-Switzerland.
8. F. L. Pellet, V. K. Dang, C. Baumont, M. Dusseux, G. J. Huang. Determination of dynamic rock strength to assess blasting efficiency. International conference on Rock Mechanics for Resources Energy, and Environment- Eurock 2013. 21-26 September 2013, Wroclaw, Poland.
9. Ahmed, L., Ansell, A. Structural dynamic and stress wave models for the analysis of shotcrete on rock exposed to blasting. Engineering Structures, 2011, 35 :11-17.
10. Chen, S. G. et al. Discrete element modelling of an underground explosion in a jointed rock mass. Geotechnical and Geological Engineering, 2000, 18: 59-78.
11. Da-neng, L. The mitigation negative effect of tunnel-blasting-induced vibrations on existing tunnel and buildings. Journal of coal science & engineering, 2011, Vol.17 No.1 Mar. 2011. DOI 10.1007/s12404-011-0106-4.

(Xem tiếp trang 35)

phát sinh tự cháy (ở lò chợ 0092 bước tiến lò chợ trung bình 1 tháng khoảng 85 m lớn hơn rất nhiều so với giới hạn hiện tại là 21 m/tháng).

2.2. Kết quả khảo sát lò chợ 22114, mỏ Đại Liễu, khu tự trị Nội Mông

Kết quả khảo sát ở lò chợ này tương tự như ở lò chợ 0092, mỏ Túc Sơn (Bảng 1).

Bảng 1.

Điểm đo	Khu vực không cháy, m	Khu vực tự cháy, m	Khu vực dập tắt, m
1 [#]	0~21,4	21,4~52,7	>52,7
2 [#]	0~19,6	19,6~48,4	>48,4

Đối với lò chợ 22114 mỏ Đại Liễu thuộc khu tự trị Nội Mông tốc độ khấu là: 24 m/tháng.

3. Kết luận

Từ những vấn đề đã trình bày ở trên, có thể suy ra những kết luận chính như sau:

- ❖ Trong khoảng đã khai thác ở các lò chợ dài thường xuất hiện 3 khu vực với mức độ rò gió khác nhau. Khu vực giáp với lò chợ lượng gió rò lớn nhất, tiếp theo là khu vực thứ hai có lượng gió rò không lớn và khu vực 3 lượng gió rò gần như không đáng kể;

- ❖ Khi khai thác các vỉa than dày có tính tự cháy, trong khoảng đã khai thác tương ứng với các khu vực rò gió là ba khu vực có khả năng than tự cháy, tương ứng là khu vực không cháy (khoảng rộng từ 3÷25 m), khu vực có khả năng than tự cháy (25÷60 m) và khu vực dập cháy (50÷70 m);

- ❖ Việc xác định các khu vực trên có tầm quan trọng đặc biệt trong việc dự báo khả năng tự cháy của than trong khoảng đã khai thác;

- ❖ Các kết quả đo đặc nồng độ ô xy trong khoảng đã khai thác ở các lò chợ 0092, mỏ than Túc Sơn, tỉnh Hà Bắc và lò chợ 22114 mỏ Đại Liễu, khu tự trị Nội Mông, Trung Quốc, đã cho thấy việc sử dụng phương pháp “nồng độ khí Ô xy” đảm bảo độ chính xác để xác định ba khu vực trong khoảng đã khai thác. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Vương Đức Minh. Thông gió và An toàn mỏ (tiếng Trung). NXB trường Đại học Mỏ và Công nghệ Trung Quốc. Từ Châu, Giang Tô, Trung Quốc. 2007.
2. Trương Quốc Quyền, Thông gió và An toàn (tiếng Trung). NXB Đại học Mỏ và Công nghệ Trung Quốc. 1999.
3. Krystiana Probiezra, Piotra Shzalkowski-Ogo. Những nét chính của ngành than đá hầm lò. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, GLINWICZ. 2007.
4. Báo cáo nghiên cứu Quy luật phân bố 3 khu vực mỏ than Đại Liễu và mỏ than Túc Sơn. Trường Đại học Mỏ và Công nghệ Trung Quốc. 2013.

5. Báo cáo địa chất khu mỏ Túc Sơn-Trung Quốc. 2012.
6. Phần mềm khí động học Fluent 6.3.

Người biên tập: Trần Văn Trạch

SUMMARY

This article introduces a wind leak at about rules mined and the formation of "three areas" not capable of burning, self extinguishing the fire and self-exploitation of coal seam thickness, have pyrophoric properties. At the same time introduced the method used Oxygen concentration index to determine the areas above. This method is illustrated through the results of research and surveys in a number of longwall coal mine pit length of China.

KHẢO SÁT CHẤN ĐỘNG...

(Tiếp theo trang 12)

12. Wu, Ch., Lu, Y. and Hao, H. Numerical prediction of blast-induced stress wave from large-scale underground explosion. Int. J. Numer. Anal. Meth. Geomech, 2004; 28: 93-109 (DOI: 10.1002/nag.328).

13. Xia, X., Li, H.B., Li, J.C., Liu, B., Yu, C. A case study on rock damage prediction and control method for underground tunnels subjected to adjacent excavation blasting. Tunnelling and Underground Space Technology, 2013, No 35, 1-7.

Người biên tập: Võ Trọng Hùng

SUMMARY

This paper presents results of a research on the 2D model to study the effect of blast vibration at Croix Rousse tunnel, Lyon, France. By this model, the results of study the effect of damping ratio on blast-induced vibration of an adjacent existing tunnel was investigated. Numerical simulations were carried out with Abaqus/explicit model using coupled finite element (FE) and infinite element (IE) and Non-Reflecting Boundaries Conditions (NRBCs).