



Journal of Mining and Earth Sciences

Website: <http://jmes.humg.edu.vn>



Prediction of the peak velocity of blasting vibration based on various models at Ninh Dan quarry, Thanh Ba district, Phu Tho province



An Dinh Nguyen ^{1,*}, Hieu Quang Tran ¹, Bao Dinh Tran ¹, Phonepaserth Soukhanouvong ²

¹ Faculty of Mining, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam

² PhD Candidate Surface Mining Department, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam

ARTICLE INFO

Article history:

Received 05th Apr. 2020

Accepted 13rd July 2020

Available online 31st Aug. 2020

Keywords:

Blasting,
Ground vibration,
Ninh Dan quarry
Peak particle velocity.

ABSTRACT

In mining industry, blasting operation is effective method to fragment rocks, supporting for the next operations in surface mines such as loading, and hauling works. However, blasting operation also impacts adversely on buildings and the surrounding environment, in which the vibration wave is one of the most severe impacts. Therefore, the implementation of the forecasting models of vibration speed contributes significantly to guarantee the safety of buildings located within the impact areas of the vibration wave. This paper employs the monitoring results of blasting activity at the Ninh Dan limestone quarry situated in Thanh Ba district, Phu Tho province, to develop different forecasting models that determine the effects of the ground vibration speed in the surrounding buildings. The results show that the models USBM and Ambraseys Hendron having more accurate prediction than other models.

Copyright © 2020 Hanoi University of Mining and Geology. All rights reserved.

*Corresponding author

E - mail: nguyendinh@humg.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.2020.61(4).11



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

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



Đánh giá một số mô hình dự báo chấn động khi nổ mìn tại mỏ đá vôi Ninh Dân, huyện Thanh Ba, tỉnh Phú Thọ

Nguyễn Đình An ^{1,*}, Trần Quang Hiếu ¹, Trần Đình Bảo ¹, Phonepaserth Soukhanouvong ²

¹ Khoa Mỏ, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

² Nghiên cứu sinh Bộ môn Khai thác lộ thiên, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

TÓM TẮT

Quá trình:

Nhận bài 05/4/2020
 Chấp nhận 13/7/2020
 Đăng online 31/8/2020

Từ khóa:

Mỏ Ninh Dân
 Nổ mìn,
 Sóng chấn động,
 Tốc độ dao động.

Trong khai thác mỏ, nổ mìn là phương pháp phá vỡ đất đá hiệu quả phục vụ cho các khâu tiếp theo là xúc bốc, vận tải,... Tuy nhiên, nổ mìn cũng gây nhiều tác động có hại đến các công trình bảo vệ và môi trường xung quanh, trong đó đáng kể nhất là tác dụng của sóng chấn động nổ mìn. Do vậy, việc sử dụng các mô hình dự báo tốc độ dao động nền đất do nổ mìn sinh ra đóng một vai trò rất quan trọng nhằm đảm bảo an toàn đối với các công trình cần bảo vệ nằm trong vùng ảnh hưởng của sóng chấn động nổ mìn. Bài báo đã sử dụng các kết quả đo giám sát nổ mìn tại mỏ đá vôi Ninh Dân, huyện Thanh Ba, tỉnh Phú Thọ và sử dụng các mô hình khác nhau để dự báo tốc độ dao động của nền công trình ảnh hưởng đến các công trình bảo vệ xung quanh. Kết quả cho thấy: mô hình USBM và Ambraseys Hendron có độ chính xác cao hơn các mô hình khác.

© 2020 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

1. Mở đầu

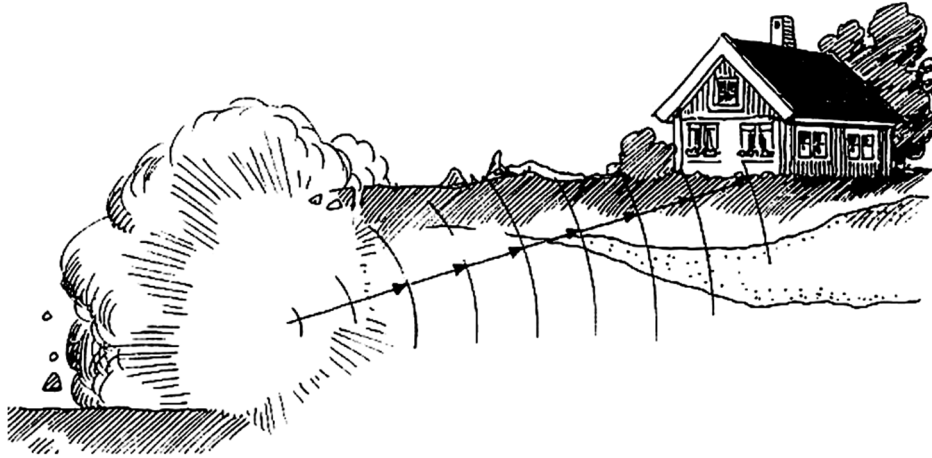
Trong khai thác mỏ, nổ mìn là một trong những phương pháp phá vỡ đất đá hiệu quả và được sử dụng khá phổ biến hiện nay trên các mỏ khai thác đá vôi ở Việt Nam. Tuy nhiên, trong quá trình nổ mìn, không phải toàn bộ năng lượng sinh ra của chất nổ được sử dụng để phá vỡ đất đá mà thực tế chỉ có một phần rất nhỏ năng lượng trên có tác dụng đập vỡ đất đá, còn lại phần lớn năng lượng

sinh ra những công vô ích như sóng chấn động lan truyền trong môi trường đất đá, sóng va đập lan truyền trong không khí, đá bay và sinh ra nhiều bụi, tiếng ồn,... Những tác hại trên luôn tồn tại trong các vụ nổ mìn, gây ảnh hưởng không nhỏ tới sự an toàn của các công trình bảo vệ xung quanh, môi trường sinh thái, an toàn lao động, đời sống dân sinh (Hình 1). Mức độ ảnh hưởng của những tác động có hại này phụ thuộc vào nhiều yếu tố tự nhiên - kỹ thuật khác nhau trong công tác nổ mìn (Nhữ Văn Bách, 2015).

Tiêu chuẩn tổng quát nhất đánh giá tác dụng chấn động khi nổ mìn là tốc độ dao động riêng của các toà nhà, các công trình dân dụng và công nghiệp, đây là thông số chủ yếu để quyết định tác

**Tác giả liên hệ*

E - mail: nguyendinhlan@humg.edu.vn
 DOI: 10.46326/JMES.2020.61(4).11



Hình 1. Minh họa ảnh hưởng của chấn động do nổ mìn.

dụng chấn động của các loại sóng khác nhau đối với công trình (Kutuzov, 1992; Xadopski, 2004; Ganaponxki và nnk., 2007).

Để dự đoán tốc độ dao động nền đất có thể sử dụng nhiều mô hình dự báo khác nhau dựa trên kết quả đo tốc độ dao động lớn nhất (PPV, mm/s). Nhìn chung, các mô hình dự báo đưa ra có dạng thống nhất, trong đó có chứa hai thông số quan trọng là khối lượng thuốc nổ sử dụng lớn nhất cho mỗi cấp vi sai (Q) và khoảng cách tính từ vị trí nổ mìn đến điểm đặt máy đo cần giám sát chấn động (R), chỉ có các chỉ số mũ và các hệ số chấn động (K) là khác nhau tùy thuộc vào điều kiện cụ thể của bãi nổ (xác định bằng thực nghiệm) (Nhữ Văn Bách và nnk., 2013; Nguyễn Đình An và nnk., 2011; Drukovanui, 1973).

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đã thực hiện giám sát chấn động nổ mìn tại mỏ đá vôi Ninh Dân huyện Thanh Ba, tỉnh Phú Thọ. Trên cơ sở các kết quả đo giám sát, nhóm tác giả đã sử dụng các mô hình khác nhau để dự báo tốc độ dao động lớn nhất của nền công trình (PPV, mm/s) do ảnh hưởng của nổ mìn, để từ đó có thể điều chỉnh lại các thông số của vụ nổ trong hộ chiếu nổ mìn nhằm đảm bảo an toàn và nâng cao chất lượng đập vỡ đất đá cho mỏ đá vôi Ninh Dân.

2. Các mô hình dự báo chấn động khi nổ mìn

Các nhà khoa học đều cho rằng khó có thể xác định được tốc độ dao động của nền công trình khi nổ mìn bằng cách sử dụng phương trình động lực học vì sự thay đổi quy mô của một đợt nổ, sơ đồ nổ, điều kiện địa chất, (Xadopski, M. A., 2004), (Nhữ Văn Bách, 2015). Chính vì vậy để dự đoán được tốc độ dao động lớn nhất của nền đất bằng

cách sử dụng các công thức thực nghiệm trên cơ sở các kết quả giám sát được của vụ nổ được thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Các mô hình dự báo tốc độ dao động nền đất dựa trên hệ số tỉ lệ khoảng cách.

TT	Phương pháp tiếp cận: Hệ số tỉ lệ khoảng cách lũy tiến giảm dần (R/Q), D_s	
1	USBM (1959)	$PPV = K \left[\frac{R}{\sqrt{Q}} \right]^{-b}$
2	Ambraseys Hendron (1968)	$PPV = K \left[\frac{R}{\sqrt[3]{Q}} \right]^{-b}$
Phương pháp tiếp cận: Hệ số tỉ lệ khoảng cách tăng lũy tiến (Q/R), D_s		
1	Indian Standard (1973)	$PPV = K \left[\frac{Q_{max}}{R^{2/3}} \right]^b$
2	Langefors-Kihlstrom (1963)	$PPV = K \left[\sqrt{\frac{Q_{max}}{R^{2/3}}} \right]^b$
Trong đó: PPV - tốc độ dao động của nền đất, mm/s; Q - khối lượng thuốc nổ sử dụng lớn nhất cho mỗi cấp vi sai, kg; R - Khoảng cách từ bãi nổ đến điểm đo, m; K, b, n, α là các hệ số xác định bằng thực nghiệm.		

Bảng 1 giới thiệu các mô hình dự báo khác nhau để xác định tốc độ dao động gây ra bởi vụ nổ dựa trên hai khái niệm tỉ lệ khoảng cách khác nhau. Nhóm mô hình dự báo của USBM (1959) và Ambraseys Hendron (1968) dựa trên hệ số tỉ lệ khoảng cách lũy tiến giảm dần là tỉ số giữa khoảng cách và khối lượng thuốc nổ cho một đợt nổ vi sai (R/Q), nghĩa là khoảng cách tăng thì tốc độ dao động giảm (Dehghani, 2011), (Stig O Olofsson,

1997). Các mô hình dự báo này được nhiều tác giả sử dụng phổ biến hiện nay. Nhóm mô hình dự báo của Indian Standard (1973) và Langefors-Kihlstrom (1963) dựa trên hệ số khoảng cách tăng lũy tiến là tỉ số giữa khối lượng thuốc nổ và khoảng cách (Q/R) nghĩa là hệ số khoảng cách này sẽ tỉ lệ thuận với tốc độ dao động (Khandelwal và Singh, 2009,2007). Nói chung các mô hình dự báo này đều chính xác chỉ có cách tiếp cận về mặt toán học là khác nhau.

3. Đánh giá tốc độ dao động nền đất do nổ mìn khi sử dụng các mô hình dự báo khác nhau

Để dự báo tốc độ dao động lớn nhất của nền đất theo các mô hình khác nhau, nhóm nghiên cứu đã sử dụng thiết bị Blastmate III và Micromate để tiến hành đo giám sát các vụ nổ tại mỏ đá vôi Ninh Dân. Hiện tại mỏ đá vôi Ninh Dân đang nổ mìn vi sai phi điện là nổ mìn vi sai theo sơ đồ qua từng lỗ (thể hiện chế độ đặt tải tối đa). Các thông số nổ mìn của các vụ nổ được thể hiện ở Bảng 2; sơ đồ đầu ghép mạng nổ giới thiệu ở Hình 2; vị trí giám sát nổ mìn và kết quả giám sát nổ mìn được trình bày ở Hình 3 và Hình 4. Trong Bảng 3 tổng hợp các kết quả giám sát, khoảng cách đo và khối lượng thuốc nổ cho 1 cấp vi sai. Bảng 4 trình bày hệ số tỉ lệ khoảng cách cho các mô hình dự báo khác nhau (QCVN 01:2019/BCT).

Từ kết quả giám sát được qua các đợt nổ mìn, hệ số tỉ lệ khoảng cách xác định cho hai mô hình đã trình bày ở trên và sử dụng phương pháp hồi quy, xác định được hệ số chấn động K và chỉ số mũ b , giới thiệu trong Bảng 5. Đồ thị Hình 5 biểu diễn mối quan hệ giữa tốc độ dao động lớn nhất PPV và hệ số khoảng cách giảm (R/Q) và tăng (Q/R).

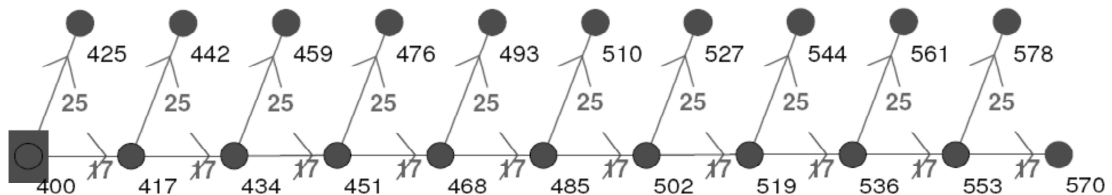
Qua phân tích các mô hình ở trên, nhận thấy nhóm mô hình USBM và Ambraseys Hendron có hệ số R^2 cao và tương tự nhau, hệ số mũ cũng gần như nhau nhưng hệ số K lại khác nhau.

Bảng 2. Các thông số khoan nổ mìn thực hiện giám sát.

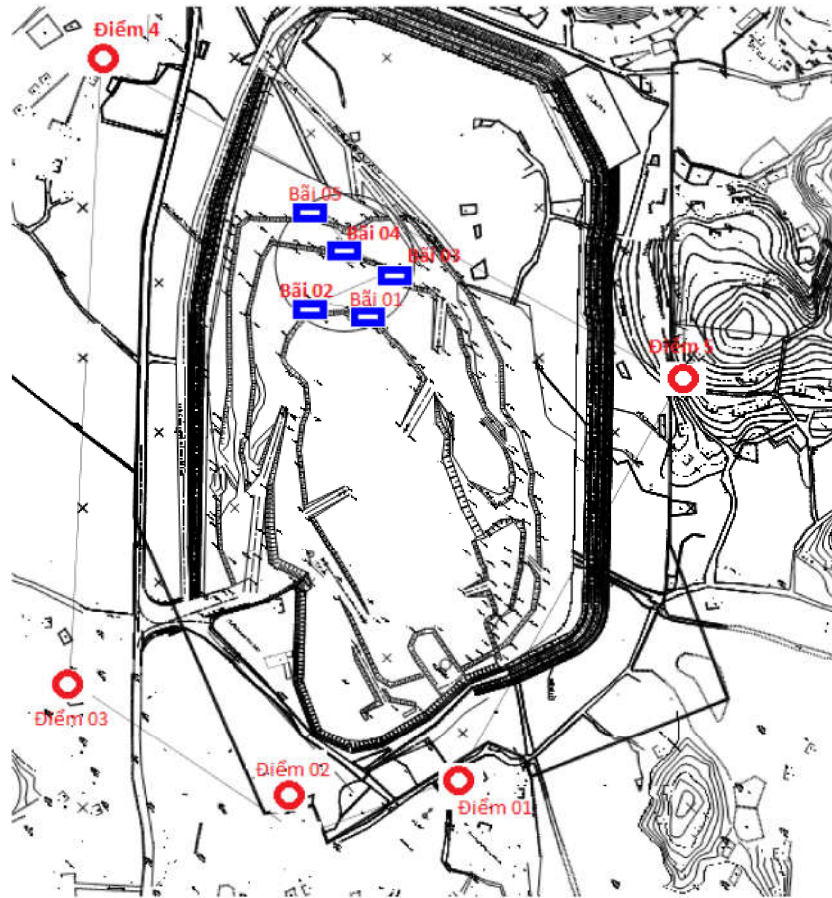
TT	Tên chỉ tiêu	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
1	Chiều cao tầng khai thác	H_t	m	6÷7
2	Tổng số lượng lỗ khoan	N	lỗ	20÷30
3	Đường kính lỗ khoan	d_k	mm	102
4	Chiều sâu lỗ khoan	L_{lk}	m	6,7÷7,7
5	Chiều sâu khoan thêm	L_{kt}	m	0,5÷1
6	Góc nghiêng lỗ khoan	β	độ	85
7	Đường kháng chân tầng	W	m	2,9÷3,2
8	Khoảng cách giữa các lỗ khoan	a	m	2,9÷3,2
9	Khoảng cách giữa các hàng lỗ khoan	b	m	2,9÷3,2
10	Chỉ tiêu thuốc nổ	q	kg/m ³	0,35÷0,37
11	Tổng lượng thuốc nổ cho 1 lỗ khoan (cho 1 cấp vi sai)	Q	kg	21÷23

Bảng 3. Kết quả giám sát, khối lượng thuốc nổ một cấp vi sai và khoảng cách giám sát.

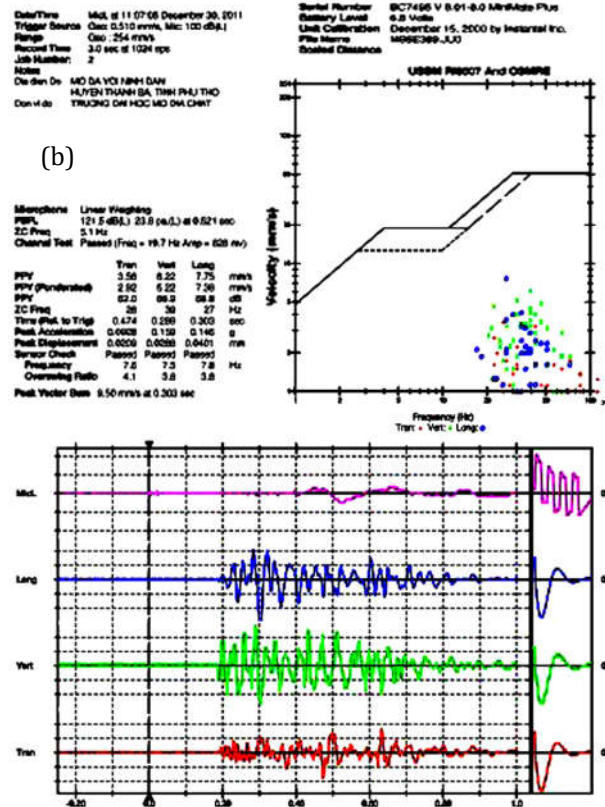
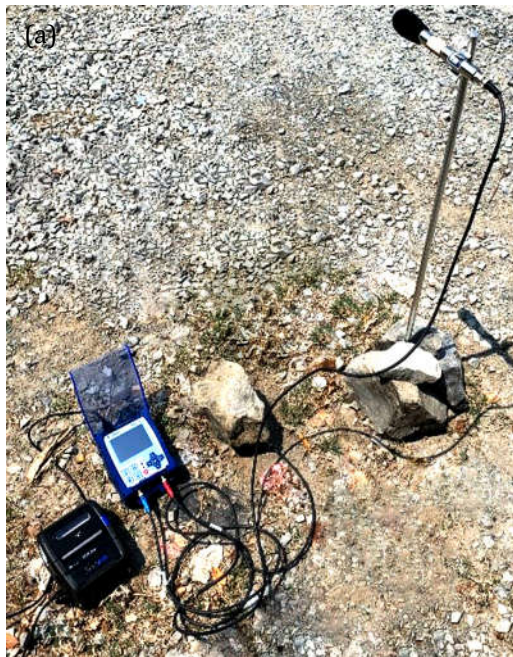
TT	Khoảng cách đo R , m	Khối lượng thuốc nổ lớn nhất cho mỗi cấp vi sai Q , kg	Tốc độ dao động lớn nhất PPV, mm/s
1	155	23	8,92
2	230	21	6,22
3	155	21	10,9
4	230	23	6,87
5	300	23	4,9
6	245	23	5,07
7	200	23	4,99
8	130	23	10,8
9	180	23	7,53
10	130	23	8,73
11	460	23	1,4
12	430	23	1,12
13	420	23	1,18
14	278	23	2,53
15	130	23	9,21



Hình 2. Sơ đồ đầu ghép mạng nổ sử dụng kíp nổ vi sai phi điện.



Hình 3. Vị trí thực hiện đo giám sát chấn động nổ mìn tại mỏ đá Ninh Dân.



Hình 4. Hình ảnh và kết quả giám sát nổ mìn.
 (a) Máy đo giám sát nổ mìn Micromate (Canada);
 (b) Kết quả đo giám sát nổ mìn tại mỏ đá Ninh Dân.

Bảng 4. Hệ số tỉ lệ khoảng cách với các mô hình dự đoán khác nhau.

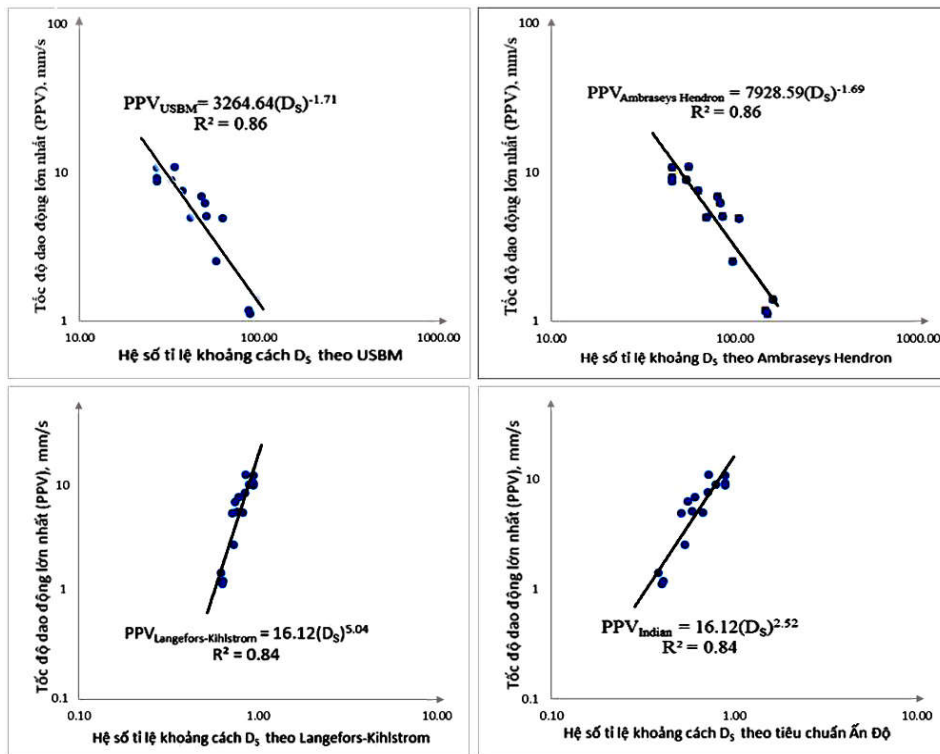
TT	Hệ số tỉ lệ khoảng cách lũy tiến giảm dần (R/Q), D_s		Hệ số tỉ lệ khoảng cách tang lũy tiến (Q/R), D_s	
	USBM (1959)	Ambraseys Hendron (1968)	Langefors-Kihlstrom (1963)	Indian Strandard (1973)
	$\frac{R}{\sqrt{Q}}$	$\frac{R}{\sqrt[3]{Q}}$		
1	32,32	54,50	0,89	0,80
2	50,19	83,37	0,75	0,56
3	33,82	56,18	0,85	0,73
4	47,96	80,88	0,78	0,61
5	62,55	105,49	0,72	0,51
6	51,09	86,15	0,77	0,59
7	41,70	70,33	0,82	0,67
8	27,11	45,71	0,95	0,90
9	37,53	63,29	0,85	0,72
10	27,11	45,71	0,95	0,90
11	95,92	161,75	0,62	0,39
2	89,66	151,20	0,64	0,40
13	87,58	147,69	0,64	0,41
14	57,97	97,75	0,73	0,54
15	27,11	45,71	0,95	0,90

Bảng 5. Hệ số K và b của các mô hình dự đoán khác nhau.

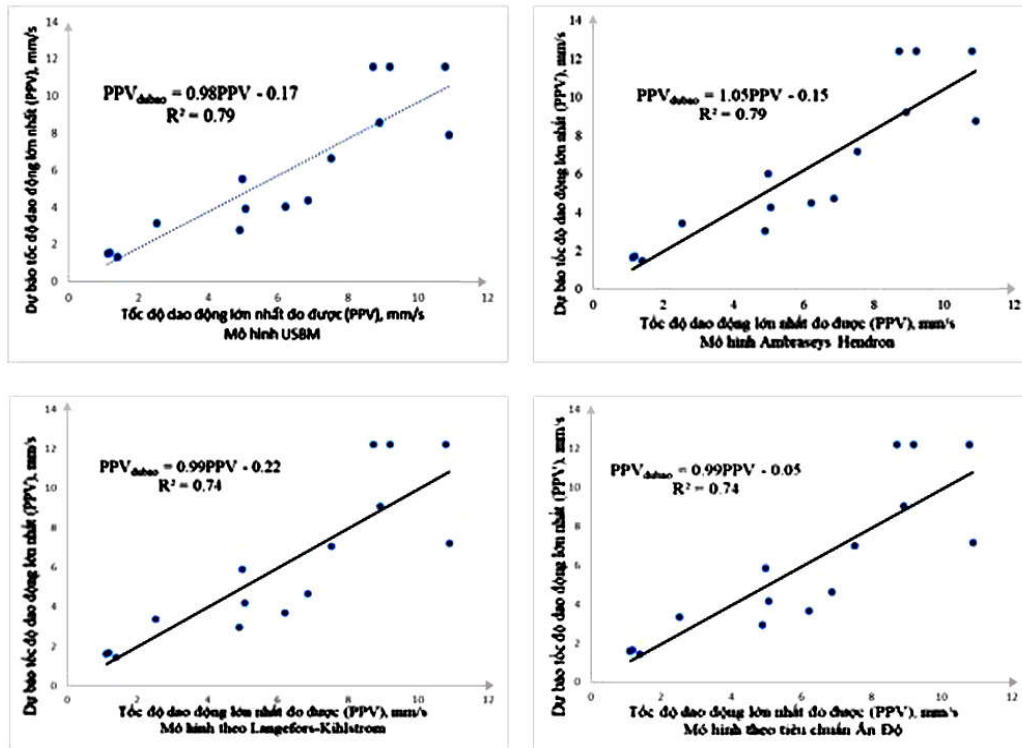
TT	Mô hình dự đoán	Hệ số K	Hệ số mũ b	Hệ số tương quan R^2
1	USBM	667,75	-1,32	0,71
2	Ambraseys and Hendron	1353,3	-1,33	0,71
3	Langefors-Kihlstrom	10,0478	3,87	0,68
4	Tiêu chuẩn Ấn Độ	10,478	1,93	0,68

Nhóm mô hình Langefors-Kihlstrom và Indian Strandard có giá trị R^2 và hệ số chấn động K giống nhau nhưng hệ số mũ b lại khác nhau.

Mục đích chính trong nghiên cứu này sử dụng các mô hình dự báo khác nhau để xác định quy mô một đợt nổ mìn hợp lý với tốc độ dao động nền đất lớn nhất nằm trong giới hạn cho phép. Trên cơ sở các kết quả giám sát từ các đợt nổ, sử dụng phương pháp kiểm chứng chéo để ước tính tốc độ dao động lớn nhất cho 4 mô hình trên (Hình 6). Qua kết quả nghiên cứu nhận thấy các mô hình USBM và Ambraseys Hendron có hệ số $R^2 = 0,79$ và các mô hình Indian Strandard và Langefors có hệ số $R^2 = 0,74$.



Hình 5. Đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa tốc độ dao động lớn nhất PPV và hệ số tỉ lệ khoảng cách D_s với các mô hình khác nhau.



Hình 6. Đồ thị kiểm chứng chéo giữa hệ số tỉ lệ khoảng cách tăng và giảm với tốc độ dao động với các mô hình khác nhau.

Với các kết quả phân tích trên ta nhận thấy, để dự báo tốc độ dao động lớn nhất của các vụ nổ tiếp theo nên sử dụng các mô hình USBM và Ambraseys Hendron vì có độ tin cậy cao hơn.

4. Kết luận

1. Tiêu chuẩn tổng quát nhất đánh giá tác dụng chấn động khi nổ mìn là tốc độ dao động lớn nhất (PPV, mm/s) của nền công trình cần bảo vệ. Hai thông số quyết định đến tốc độ dao động của nền đất là khối lượng thuốc nổ Q (kg) và khoảng cách đo từ vị trí nổ mìn đến điểm đo R (m).

2. Trên cơ sở những số liệu đo được từ các vụ nổ của mỏ đá vôi Ninh Dân, qua việc sử dụng các mô hình khác nhau để đánh giá dự báo tốc độ dao động nền đất, tác giả đề nghị sử dụng các mô hình dự báo USBM và Ambraseys Hendron, dựa trên hệ số tỉ lệ khoảng cách giảm lũy tiến là tỉ số giữa khoảng cách và khối lượng thuốc nổ cho một đợt nổ vi sai (R/Q), để dự báo tốc độ dao động của nền đất có độ chính xác cao hơn các mô hình khác khi tiến hành nổ mìn tại mỏ đá vôi Ninh Dân.

3. Kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả cũng là cơ sở khoa học để lựa chọn, tính toán áp dụng cho các mỏ đá vôi khác ở Việt Nam có điều kiện nổ mìn

khai thác tương tự mỏ đá vôi Ninh Dân, huyện Thanh Ba, tỉnh Phú Thọ.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả xin cảm ơn các cán bộ phòng kỹ thuật khai thác tại mỏ đá vôi Ninh Dân huyện Thanh Ba, tỉnh Phú Thọ đã cung cấp các tài liệu và phối hợp giúp đỡ chúng tôi trong quá trình đo đạc, giám sát nổ mìn thực nghiệm tại mỏ để hoàn thành bài báo này.

Tài liệu tham khảo

An toàn trong sản xuất, thử nghiệm, nghiệm thu, bảo quản, vận chuyển, sử dụng, tiêu hủy vật liệu nổ công nghiệp và bảo quản tiền chất thuốc nổ- QCVN 01:2019/BCT.

Dehghani, H., (2011). Development of a model to predict peak particle velocity in a blasting operation. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences* 48, 51-58.

Drukovanui, M. F., (1973). Methods for controlling the explosion in quarries. *Publisher. Moscow, Russian.*

- Ganaponxki, M. I., Paron, B. L., Belin, V. A., Pukop V. V., Xivenkop M. A., (2007). Methods of blasting. *Special blasting operations, MGGU. Moscow, Russian.*
- Khandelwal, M. & Singh, T. N., (2007). Evaluation of blast-induced ground vibration predictors. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 27(2), 116-125.
- Khandelwal, M. & Singh, T. N., (2009). Prediction of blast-induced ground vibration using artificial neural network. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences* 46(7), 1214-1222.
- Kutuzov, B. N, (1992). Blasting of rock. Moscow university of mining. *Publisher. Moscow, Russian.*
- Nguyễn Đình An, Trần Quang Hiếu, Trần Khắc Hùng (2011). Một số phương pháp xác định vận tốc dao động cực đại gây ra bởi chấn động nổ mìn trong khai thác mỏ lộ thiên. *Tuyển tập báo cáo Hội nghị khoa học kỹ thuật mỏ toàn Quốc lần thứ 22.*
- Nhữ Văn Bách (cb) (2015). Công nghệ khoan - nổ mìn hiện đại với lỗ khoan đường kính lớn áp dụng cho các mỏ khai thác đá vật liệu xây dựng Việt Nam. *Nhà xuất bản khoa học tự nhiên và công nghệ.* 2015.
- Nhữ Văn Bách (2013). Nghiên cứu hoàn thiện công nghệ khoan - nổ mìn lỗ khoan đường kính lớn áp dụng cho mỏ đá lộ thiên gần khu vực dân cư ở Việt Nam. *Đề tài cấp nhà nước, mã số ĐT.01-11/ĐMCNK.* Hà Nội. 2013.
- Nhữ Văn Bách, Bùi Xuân Nam, Nguyễn Đình An, Trần Khắc Hùng (2012). Phương pháp xác định tốc độ dao động của nền đất khi nổ mìn vi sai phi điện. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất* 38.
- Nhu Van Bach, Le Van Quyen, Nguyen Dinh An, (2006). Methods for increasing effect and minimizing impacts of ground vibrations when blasting at the Nui Beo surface coal mine. *Project between Hanoi University of Mining and Geology and Nui Beo surface coal mine.*
- Stig O Olofsson, (1997). Applied explosive technology for construction and mining, *Publisher Applex P.O. Box 71 S-640, Sweden.*
- Xadopski, M. A., (2004). The mechanical action of air shock waves of explosion according to experimental studies. *Publisher. Moscow, Russian.*