

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM SỰ ẢNH HƯỞNG CỦA CHIỀU DÀI LƯỢNG NỔ ĐẾN MỨC ĐỘ ĐẬP VỠ ĐẤT ĐÁ

PGS.TS. ĐÀM TRỌNG THẮNG, ThS. VŨ TRỌNG HIẾU
Học viện Kỹ thuật Quân sự

Xuất phát từ kết quả nghiên cứu của lý thuyết nổ cho rằng khi tăng chiều dài tương đối của lượng nổ so với đường kính thì bán kính phá hủy hay cường độ năng lượng tại một điểm sẽ tăng, mà mức độ đập vỡ đất đá lại tỷ lệ thuận với cường độ năng lượng nổ tại điểm khảo sát. Chính vì vậy bài báo đã tiến hành nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của chiều dài tương đối lượng nổ đến mức độ đập vỡ đất đá trên mô hình nổ điện trong vật liệu thạch cao-cát. Quy luật thực nghiệm rút ra hoàn toàn tương đồng với lý thuyết, mức độ đập vỡ đất đá tăng cùng với việc tăng chiều dài lượng nổ và đạt trị số bão hòa khi chiều dài tương đối lượng nổ lớn hơn giá trị tới hạn.

1. Tổng quan

Hàng loạt các công trình nghiên cứu đã chứng minh rằng, mức độ đập vỡ đất đá (MĐĐVĐĐ) tỷ lệ thuận với năng lượng nổ hay chỉ tiêu thuốc nổ, như vậy khi càng gần lượng nổ MĐĐVĐĐ càng lớn và ngược lại [2]. Đối với lượng nổ dài, hình dạng và bán kính vùng phá hủy phụ thuộc vào chiều dài tương đối của lượng nổ so với bán kính của nó. Khi tăng chiều dài tương đối của lượng nổ dài thì bán kính vùng phá hủy tăng và đạt bão hòa khi chiều dài tương đối tăng đến một giá trị nhất định [1], [2], [3]. Pakropski G.I và Vlaxop O.E sử dụng phương pháp nghiên cứu khác nhau về hình dạng trường năng lượng của lượng nổ dài và chứng minh rằng mật độ năng lượng nổ tại một điểm phụ thuộc vào chiều dài lượng nổ [1], [3].

Tất cả các lập luận trên đã chứng minh đối với lượng nổ dài MĐĐVĐĐ không chỉ phụ thuộc vào chỉ tiêu thuốc nổ, mà còn phụ thuộc vào chiều dài lượng nổ. Vì vậy để khẳng định tính đúng đắn của các lý thuyết, đặc biệt là đưa ra các quy luật về sự phụ thuộc này có độ tin cậy, thì cần phải tiến hành nghiên cứu thực nghiệm.

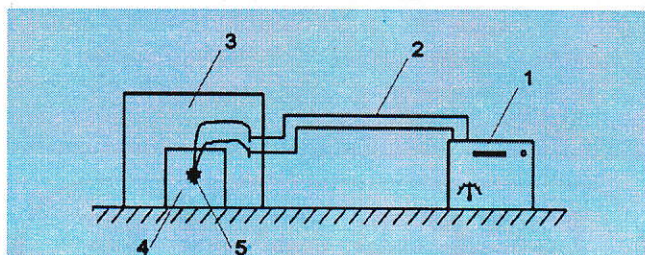
2. Mô tả thí nghiệm

Mô hình thí nghiệm:

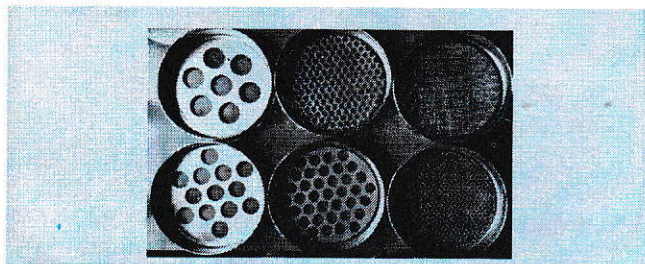
❖ Công cụ sử dụng thí nghiệm gồm: Thiết bị nổ điện cung cấp năng lượng vụ nổ đến 500 J, dây phóng điện, buồng nổ, xem hình H.1; bộ sàng tiêu chuẩn gồm 6 sàng, các sàng được đục lỗ tròn có đường kính lần lượt là (2,5; 5; 10; 20; 30; 40) mm, xem hình H.2; cân tiểu ly;

❖ Mẫu mô hình thử nghiệm làm bằng thạch cao cát gồm hai loại có kích thước, hình dáng và tính chất cơ lý xem Bảng 1 và hình H.3. Các mẫu được đúc trong khuôn sắt, khuôn sắt giống như biên của đường hầm và điều kiện nổ diễn ra sau khi các lỗ khoan tạo biên nổ trước;

❖ Các dây tạo xung nổ điện với các đầu nổ được bố trí phân bố ở trục của mẫu, theo từng kích bản (n, h, a... thay đổi để tạo lượng nổ dài tương đương). Các thông số n, h, a, a₁ tại hình H.4 lần lượt là: số điểm nổ; chiều cao mẫu; khoảng giữa 2 điểm nổ liền nhau trong hàng; khoảng cách từ hạt nổ đầu tiên và cuối cùng đến mặt thoáng trên và mặt thoáng dưới của mẫu.



H.1. Sơ đồ thử nghiệm bằng mô hình nổ điện: 1 - Thiết bị nổ điện, 2 - Dây nổ, 3 - Buồng nổ, 4 - Mẫu thử, 5 - Dây phóng điện



H.2. Sàng phân loại thành phần cỡ hạt



dựa theo số liệu sàng mẫu và trọng lượng tương ứng với từng mắt sàng, tính theo công thức sau:

$$D_{tb} = \frac{\sum \alpha_i \cdot d_i}{100}, \text{ cm.} \quad (1)$$

Trong đó: d_i - Đường kính trung bình của cấp cỡ hạt thứ i , cm; α_i - Tỷ lệ cấp cỡ hạt thứ i trong đồng, % ($\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \dots + \alpha_m = 100$); m - Số cấp cỡ hạt phân chia, $m=7$.

Các kết quả thí nghiệm khi thay đổi chiều dài lượng nổ tương ứng với mật độ năng lượng dài khác nhau được phản ánh trên Bảng 2 và 3.

H.3. Mẫu sử dụng thí nghiệm: a - Loại 1; b - Loại 2

❖ Kích thước trung bình của cục mẫu sau nổ sẽ

Bảng 1. Thông số của mẫu thí nghiệm

№	Tên mẫu	Kích thước, mm		Trọng lượng thể tích, g/cm ³	Cường độ chịu Nén, kg/cm ²	Vận tốc sóng dọc, m/s
		Kích thước mặt cắt, mm	Chiều cao, mm			
1	Loại 1	Vuông 30x30	Thay đổi khi	1,21	90	810
2	Loại 2	Tròn d=20	Thay đổi	1,22	140	1010

Bảng 2. Kết quả thí nghiệm nghiên cứu ảnh hưởng chiều dài lượng nổ - Mẫu loại 1

STT	Kích thước mẫu, mm	a, mm	E, J	a ₁ , mm	n	D _{tb} , cm	L _{ln} , mm	D _{gd} , mm	L _{ln.td}
1	30x30x10	8	50	5	0	2,62	-	1,36	1,00
2	30x30x20	8	100	6	1	2,51	8	1,36	5,88
3	30x30x30	8	150	7	2	2,42	16	1,36	11,76
4	30x30x40	8	200	8	3	2,38	24	1,36	17,65
5	30x30x50	8	250	9	4	2,23	32	1,36	23,53
6	30x30x60	8	300	10	5	2,08	40	1,36	29,41
7	30x30x70	8	350	11	6	2,07	48	1,36	35,29
8	30x30x80	8	400	12	7	2,03	56	1,36	41,18
9	30x30x90	8	450	13	8	2,03	64	1,36	47,06
10	30x30x100	8	500	14	9	2,04	72	1,36	52,94
Nổ với mật độ năng lượng dài 5 J/mm									
1	30x30x10	8	40	5	0	3,14	-	1,21	1,00
2	30x30x20	8	80	6	1	2,83	8	1,21	6,61
3	30x30x30	8	120	7	2	2,83	16	1,21	13,22
4	30x30x40	8	160	8	3	2,76	24	1,21	19,83
5	30x30x50	8	200	9	4	2,34	32	1,21	26,45
6	30x30x60	8	240	10	5	2,36	40	1,21	33,06
7	30x30x70	8	280	11	6	2,33	48	1,21	39,67
8	30x30x80	8	320	12	7	2,34	56	1,21	46,28
9	30x30x90	8	360	13	8	2,33	64	1,21	52,89
10	30x30x100	8	400	14	9	2,34	72	1,21	59,50
Nổ với mật độ năng lượng dài 4,29 J/mm									
1	30x30x10	7	30	5	0	3,30	-	1,12	1,00
2	30x30x20	7	60	6,5	1	3,11	7	1,12	6,25
3	30x30x30	7	90	8	2	2,87	14	1,12	12,50
4	30x30x40	7	120	9,5	3	2,71	21	1,12	18,75
5	30x30x50	7	150	11	4	2,68	28	1,12	25,00
6	30x30x60	7	180	12,5	5	2,61	35	1,12	31,25
7	30x30x70	7	210	14	6	2,59	42	1,12	37,50
8	30x30x80	7	240	15,5	7	2,61	49	1,12	43,75
9	30x30x90	7	270	17	8	2,61	56	1,12	50,00
10	30x30x100	7	300	18,5	9	2,61	63	1,12	56,25

Bảng 3. Kết quả thí nghiệm nghiên cứu ảnh hưởng chiều dài lượng nổ - Mẫu loại 2

STT	Kích thước mẫu, mm	a, mm	E, J	a ₁ , mm	n	D _{tb} , cm	L _{ln} , mm	D _{qd} , mm	L _{ln.td}
1	D=40; h=10	8	50	5	0	2,90	-	1,36	1,00
2	D=40; h=20	8	100	6	1	2,71	8	1,36	5,88
3	D=40; h=30	8	150	7	2	2,62	16	1,36	11,76
4	D=40; h=40	8	200	8	3	2,48	24	1,36	17,65
5	D=40; h=50	8	250	9	4	2,33	32	1,36	23,53
6	D=40; h=60	8	300	10	5	2,28	40	1,36	29,41
7	D=40; h=70	8	350	11	6	2,27	48	1,36	35,29
8	D=40; h=80	8	400	12	7	2,23	56	1,36	41,18
9	D=40; h=90	8	450	13	8	2,23	64	1,36	47,06
10	D=40; h=100	8	500	14	9	2,23	72	1,36	52,94
Nổ với mật độ năng lượng dài 5 J/mm									
1	D=40; h=10	8	40	5	0	3,24	-	1,21	1,00
2	D=40; h=20	8	80	6	1	3,05	8	1,21	6,61
3	D=40; h=30	8	120	7	2	2,93	16	1,21	13,22
4	D=40; h=40	8	160	8	3	2,86	24	1,21	19,83
5	D=40; h=50	8	200	9	4	2,44	32	1,21	26,45
6	D=40; h=60	8	240	10	5	2,46	40	1,21	33,06
7	D=40; h=70	8	280	11	6	2,43	48	1,21	39,67
8	D=40; h=80	8	320	12	7	2,44	56	1,21	46,28
9	D=40; h=90	8	360	13	8	2,43	64	1,21	52,89
10	D=40; h=100	8	400	14	9	2,44	72	1,21	59,50
Nổ với mật độ năng lượng dài 4,29 J/mm									
1	D=40; h=10	7	30	5	0	3,48	-	1,12	1,00
2	D=40; h=20	7	60	6,5	1	3,31	7	1,12	6,25
3	D=40; h=30	7	90	8	2	3,07	14	1,12	12,50
4	D=40; h=40	7	120	9,5	3	2,91	21	1,12	18,75
5	D=40; h=50	7	150	11	4	2,88	28	1,12	25,00
6	D=40; h=60	7	180	12,5	5	2,81	35	1,12	31,25
7	D=40; h=70	7	210	14	6	2,69	42	1,12	37,50
8	D=40; h=80	7	240	15,5	7	2,71	49	1,12	43,75
9	D=40; h=90	7	270	17	8	2,71	56	1,12	50,00
10	D=40; h=100	7	300	18,5	9	2,71	63	1,12	56,25

Ghi chú: L_{ln} - Chiều dài lượng nổ, mm; D_{qd} - Đường kính quy đổi của lượng nổ, mm; L_{ln.td} - Chiều dài tương đối của lượng nổ.

3. Phân tích kết quả thực nghiệm

Để thiết lập các quy luật thực nghiệm, cần quy đổi mức năng lượng nổ điện trên một đơn vị chiều dài trong thí nghiệm về một lượng nổ dài tương ứng có đường kính, mật độ thuốc và năng lượng riêng cân bằng với mức năng lượng điện trên một đơn vị chiều dài tương ứng.

Thuốc nổ tiêu chuẩn là Amonit số 6JB có nhiệt lượng riêng Q_v=1028 kcal/kg=1028.000 cal/kg. Biết 1 kcal=4190 J, nên Q_v=4.307.320 J/kg=4.307,32 J/g, mật độ trung bình của thuốc nổ amonit số 6JV là Δ=1 g/cm³. Với mức năng lượng trên một đơn vị chiều dài E_y (J/cm), khi đó đường kính lượng nổ quy đổi về tương đương amonit số 6JB được xác

định theo công thức sau:

$$d = 10 \sqrt{\frac{4 \cdot E_y}{\pi \cdot L \cdot \Delta \cdot Q_v}}, \text{ mm} \tag{2}$$

Tại đây: L - Một đơn vị chiều dài lượng nổ, lấy bằng 1 cm.

Áp dụng công thức (2) tính toán đường kính lượng nổ dài quy đổi tương ứng với các mức năng lượng khác nhau, được chỉ ra trong Bảng 4.

Từ các số liệu trong Bảng 2 và Bảng 3, biểu diễn chiều dài tuyệt đối lượng nổ (L) về trị số chiều dài tương đối của lượng nổ so với đường kính lượng nổ quy đổi (d). Các số liệu được phản ánh trên hình H.5 và H.6.

Bảng 4. Đường kính lượng nổ dài quy đổi

TT	Mức năng lượng nổ dài đơn vị, E_v (J/cm)	Đường kính quy đổi về lượng nổ dài, d (mm)
1	62,5	1,38
2	50,0	1,24
3	42,9	1,14

Tiến hành phân tích số liệu trong từng trường hợp mức năng lượng dài khác nhau. Phân tích số liệu nhận thấy ở cả ba mức năng lượng, trị số đường kính trung bình của cỡ hạt đá sau nổ gần như đạt bão hòa (không thay đổi) ở các trị số chiều dài tương đối tới hạn khoảng trên dưới 40 lần đường kính lượng nổ.

Khi chiều dài lượng nổ tương đối nhỏ dưới giá trị tới hạn, thì khi tăng chiều dài tương đối của lượng nổ thì đường kính cỡ hạt trung bình giảm và ngược lại. Như vậy, nghiên cứu trong miền tồn tại ảnh hưởng của chiều dài lượng nổ đến đường kính trung bình của cỡ hạt với việc sử dụng phương pháp bình phương tối thiểu cho phép thiết lập được các mối quan hệ giữa đường kính trung bình của cục đá sau nổ với chiều dài tương đối của lượng nổ có dạng sau:

Đối với mẫu loại 1:

$$D_{tb} = 2,6241.e^{-0,0067 \frac{L_t}{d}}, R^2 = 0,9660 \quad (3)$$

❖ Với mức năng lượng dài đơn vị, $E_v=5$ J/mm có:

$$D_{tb} = 3,0461.e^{-0,0068 \frac{L_t}{d}}, R^2 = 0,8555 \quad (4)$$

❖ Với mức năng lượng dài đơn vị, $E_v=4,29$ J/mm:

$$D_{tb} = 3,2043.e^{-0,0066 \frac{L_t}{d}}, R^2 = 0,8964 \quad (5)$$

Đối với mẫu loại 2:

❖ Với mức năng lượng dài đơn vị, $E_v=6,25$ J/mm:

$$D_{tb} = 2,8267.e^{-0,0066 \frac{L_t}{d}}, R^2 = 0,9304 \quad (6)$$

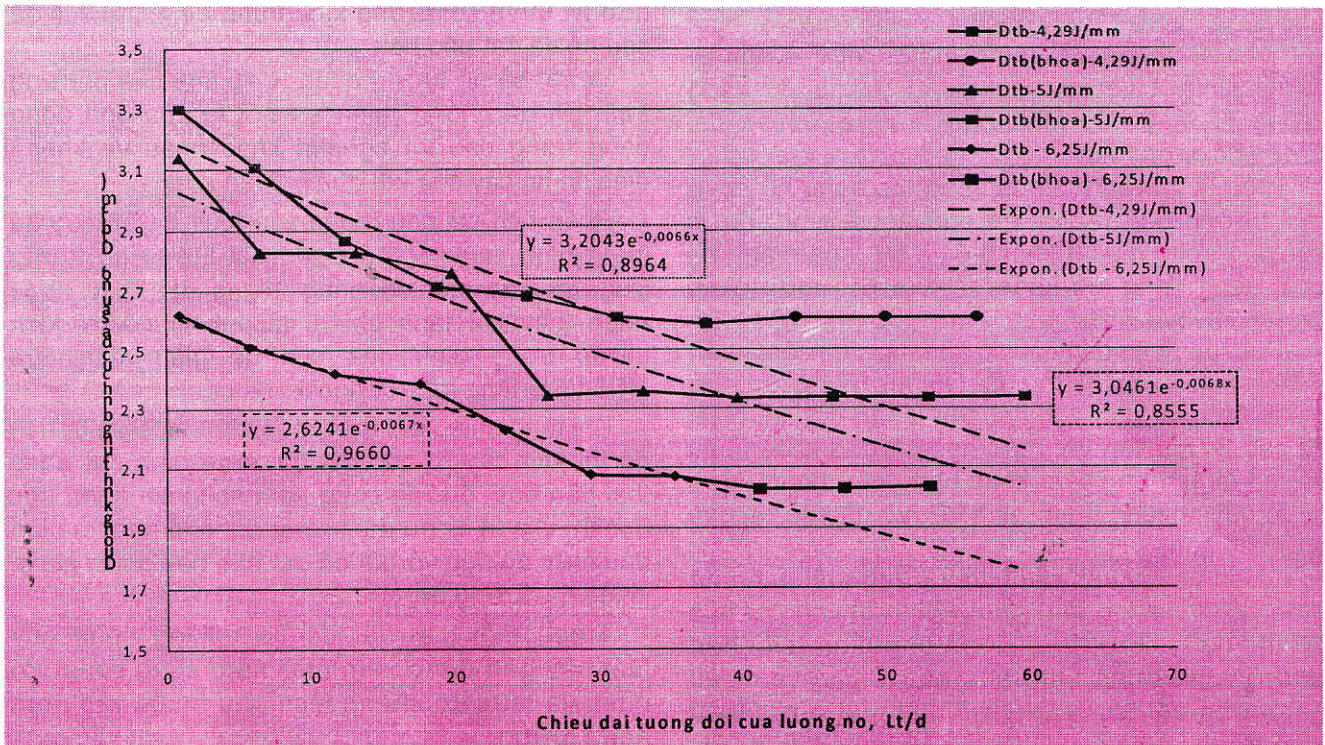
❖ Với mức năng lượng dài đơn vị, $E_v=5$ J/mm có:

$$D_{tb} = 3,1894.e^{-0,0069 \frac{L_t}{d}}, R^2 = 0,8783 \quad (7)$$

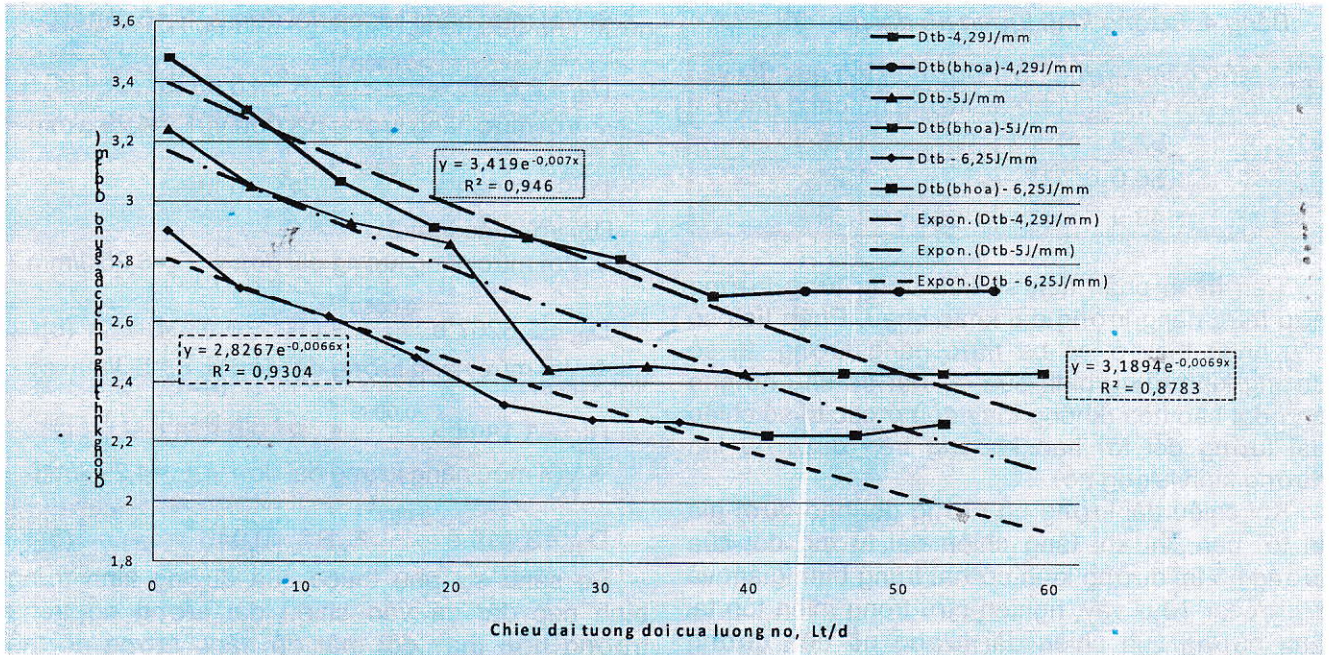
❖ Với mức năng lượng dài đơn vị, $E_v=4,29$ J/mm:

$$D_{tb} = 3,419.e^{-0,007 \frac{L_t}{d}}, R^2 = 0,946 \quad (8)$$

So sánh sự phụ thuộc của đường kính trung bình cục đất đá vào chiều dài lượng nổ trong trường hợp thay đổi mật độ năng lượng nổ thể hiện tương ứng trong phương trình (3) đến (8) hoặc hình H.5 và H.6. Phân tích so sánh các phương trình này và các hình trên nhận thấy đường cong của trường hợp mật độ năng lượng trên một đơn vị chiều dài nhỏ luôn nằm bên trên đường có mật độ năng lượng trên một đơn vị chiều dài lớn. Điều này phù hợp với quy luật khi tăng mật độ thuốc nổ sẽ tăng độ đập vỡ đất đá và ngược lại.



H.5. Sự phụ thuộc của đường kính trung bình cỡ hạt đá sau nổ vào chiều dài tương đối lượng nổ - Mẫu loại 1



H.6. Sự phụ thuộc của đường kính trung bình cỡ hạt đá sau nổ vào chiều dài tương đối lượng nổ - Mẫu loại 2

4. Thiết lập quy luật tổng quát sự phụ thuộc của MĐĐVĐĐ vào chiều dài tương đối của lượng nổ

Quy luật thực nghiệm đánh giá sự phụ thuộc của mức độ đập vỡ đất đá phụ thuộc vào chiều dài tương đối của lượng nổ phản ánh trong các phương trình từ (3) đến (8) và tương ứng với hình H.5 và H.6 hoàn toàn phù hợp với kết quả nghiên cứu lý thuyết về sự phụ thuộc cường độ năng lượng nổ hay bán kính phá hủy vào chiều dài tương đối lượng nổ.

Theo lý thuyết đồng dạng về tác dụng nổ trong môi trường đất đá, thì kết quả nghiên cứu được thiết lập trong mục 3 khẳng định sự thỏa mãn tính chất đồng dạng khi khảo sát với các mức năng lượng dài khác nhau.

Tiếp tục phân tích các số liệu thực nghiệm nhận thấy khi chiều dài tương đối của lượng nổ lớn hơn giá trị tới hạn (dao động quanh giá trị 40), thì ở tất cả các thí nghiệm với mức năng lượng khác nhau và mô hình thí nghiệm khác nhau đều nhận được trị số đường kính trung bình cỡ hạt đá sau nổ gần như bão hòa.

Chính vì vậy tiến hành xây dựng mối quan hệ giữa trị số đường kính trung bình tương đối của cỡ hạt (là tỷ số đường kính trung bình (D_{tb}) trên đường kính trung bình bão hòa $D_{tb,bh}$) và chiều dài tương đối của lượng nổ, kết quả được biểu diễn trên hình H.7.

Sử dụng phương pháp bình phương tối thiểu cho phép nhận được sự phụ thuộc này có dạng:

$$\frac{D_{tb}}{D_{tb,bh}} = 1,266.e^{-0,007 \frac{L_t}{d}}, R^2 = 0,848 \quad (9)$$

Đường cong trên hình H.7 tương ứng với phương trình 9 cắt trục hoành tại hoành độ xấp xỉ 34. Như vậy khi trị số chiều dài tương đối của lượng nổ lớn hơn 34 thì trị số đường kính trung bình của cục đá sau nổ sẽ đạt bão hòa.

Với trị số hệ tương quan $R^2=0,848$ của phương trình (9) đã chứng minh sự hội tụ của tính đồng dạng trong các thí nghiệm khác nhau và khẳng định độ tin cậy của kết quả nghiên cứu.

Phân tích sự phụ thuộc của kích thước cục đá trung bình sau nổ vào chiều dài lượng nổ tương ứng với các mật độ năng lượng dài khác nhau nhận thấy khi tăng chiều dài lượng nổ thì kích thước trung bình của cục đá giảm dần, tức MĐĐVĐĐ tăng dần và ngược lại.

Khi tăng chiều dài tương đối đến một giá trị nào đó thì kích thước cục đất đá trung bình đạt trạng thái bão hòa, đường cong nằm song song với trục hoành. Giá trị chiều dài tương đối nhỏ nhất mà bắt đầu mức độ đập vỡ đất đá đạt bão hòa gọi là giá trị chiều dài tương đối tới hạn.

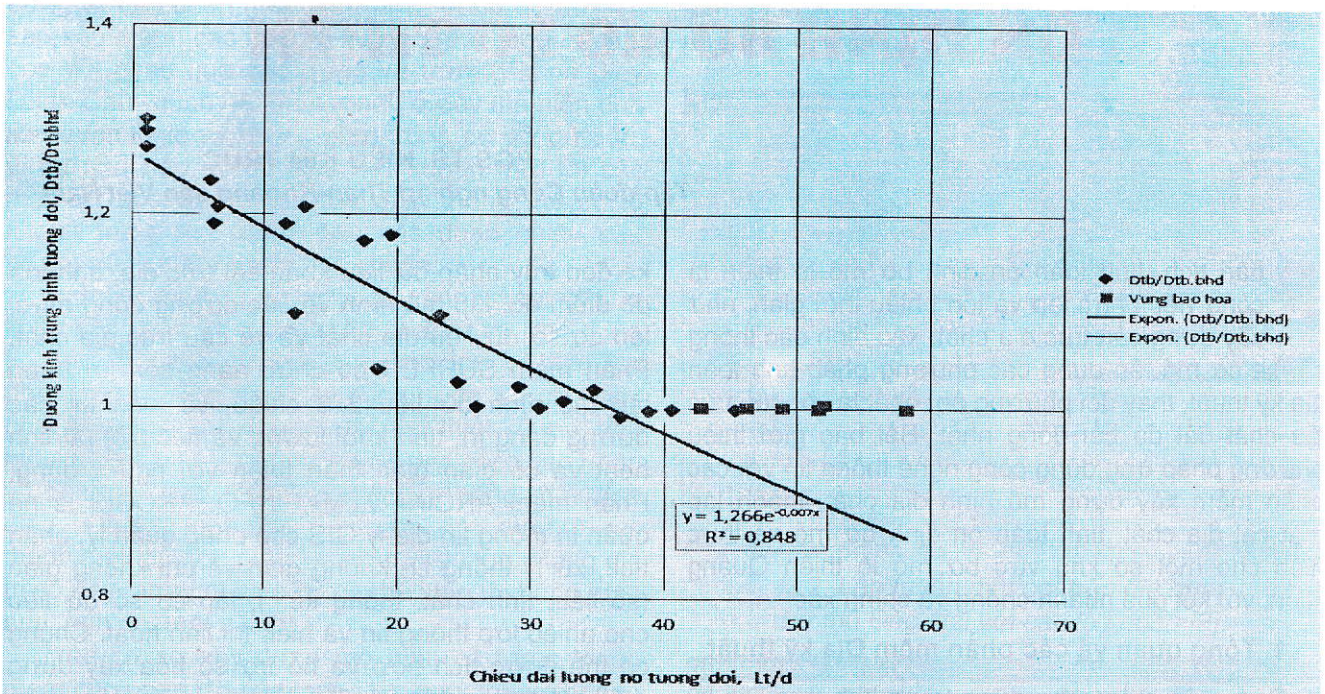
Trong mỗi loại đất đá ba đường cong quy luật này gần đúng xem như nằm song song với nhau và mức độ chênh lệch phụ thuộc vào mức năng lượng.

Như vậy, dạng phụ thuộc tổng quát của đường kính cỡ hạt trung bình (trước khi mức độ đập vỡ

đạt trạng thái bão hòa) phụ thuộc vào chiều dài tương đối của lượng nổ có dạng:

$$D_{tb} = A_1 \cdot A_2 \cdot e^{-0,007 \cdot \frac{L}{d}}, \text{ cm} \quad (10)$$

Trong đó: A_1 - Hệ số phụ thuộc vào điều kiện nổ như mức năng lượng dài đơn vị, phương thức bố trí lỗ khoan, khoảng cách giữa các lỗ khoan; A_2 - Hệ số phụ thuộc vào đặc điểm của đất đá.



H.7. Sự phụ thuộc của trị số đường kính trung bình hạt đá sau nổ tương đối vào chiều dài tương đối lượng nổ nhận được trong các thí nghiệm

5. Kết luận

❖ Các kết quả đã đạt được từ việc sử dụng mô hình thí nghiệm nổ điện phân ánh đúng quy luật lý thuyết, điều này đã chứng minh mức độ tin cậy của mô hình;

❖ Khi tăng chiều dài tương đối của lượng nổ thì MĐĐVĐĐ tăng theo. Khi chiều dài tương đối lượng nổ tăng đạt đến giá trị tới hạn, thì MĐĐVĐĐ sẽ đạt trạng thái bão hòa. Nếu tiếp tục tăng chiều dài tương đối của lượng nổ thì MĐĐVĐĐ hầu như không thay đổi;

❖ Giá trị chiều dài tương đối tới hạn của lượng nổ (L/d) dao động gần trị số 34. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Власов О.Е. Основы теории действия взрыва. ВИА, Москва 1957.
2. Кутузов Б.Н, Рубцов В.К. Физика взрывного разрушения горных пород. МГГУ, Москва, 1970.
3. Покровский Г.И. Зависимость формы зоны действия взрыва от формы и расположения зарядов - Взрывное дело №54/11. Недра, Москва. 1954.

Người biên tập: Hồ Sĩ Giao

SUMMARY

Derived from the research results of the theoretical explosion, if the relative length of the charge increases with the diameter, the radius of destruction or energy intensity at each point will be increased, and the level of fragmentation rock is directly proportional to the explosive energy intensity in the point of survey. Therefore, the article represents the experimental study to determine the influence of relative length charge to level of fragmentation rock based on model electric explosion in gypsum-sand materials. Empirical rules received the model parallels perfectly with the theory. The rock fragmentation level increases when the the relative length of the charge increases and reaches a saturation values when the relative length of charge reaches the critical value.