

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO BỘ QUỐC PHÒNG
HỌC VIỆN KỸ THUẬT QUÂN SỰ

VỮ XUÂN BẢNG

**NGHIÊN CỨU HOÀN THIỆN QUY LUẬT PHÁ VỠ ĐÁT ĐÁ
CỦA LƯỢNG NỔ DẠNG PHẪNG**

Chuyên ngành: Kỹ thuật xây dựng công trình đặc biệt

Mã số: 9 58 02 06

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

HÀ NỘI – NĂM 2023

**CÔNG TRÌNH ĐƯỢC HOÀN THÀNH TẠI
HỌC VIỆN KỸ THUẬT QUÂN SỰ – BỘ QUỐC PHÒNG**

Người hướng dẫn khoa học:

- 1. PGS.TS Đàm Trọng Thắng**
- 2. PGS.TS Nguyễn Trí Tá**

Phản biện 1: PGS.TS Phạm Văn Hòa

Phản biện 2: GS.TS Nhữ Văn Bách

Phản biện 3: TS Lê Đình Tân

Luận án được bảo vệ tại Hội đồng đánh giá luận án cấp Học viện theo quyết định số 3473/QĐ-HV, ngày 05 tháng 7 năm 2023 của Giám đốc Học viện Kỹ thuật quân sự, họp tại Học viện Kỹ thuật quân sự vào hồi.....giờ.....ngày.....tháng.....năm 2023.

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- Thư viện Học viện Kỹ thuật quân sự
- Thư viện Quốc gia

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài luận án

Các nghiên cứu mới nhất đã chỉ ra tính ưu việt của lượng nổ dạng phẳng là tạo ra sóng nổ phẳng truyền trong đất đá. Cường độ sóng nổ phẳng sẽ suy giảm chậm hơn so với cường độ sóng nổ dạng hình trụ và dạng hình cầu theo khoảng cách, vì vậy hiệu quả đập vỡ đất đá của sóng nổ phẳng sẽ tốt hơn. Tuy nhiên, cho đến nay lượng nổ dạng phẳng mới chỉ được nghiên cứu ứng dụng rộng rãi trong điều khiển nổ mìn định hướng, còn quy luật đập vỡ đất đá của lượng nổ dạng phẳng vẫn còn nhiều vấn đề chưa được nghiên cứu đánh giá toàn diện.

Xu hướng chung trong lĩnh vực nghiên cứu về công tác nổ phá đất đá của thế giới ngày nay là việc nghiên cứu hoàn thiện, tối ưu các thông số khoan nổ trên cơ sở tối ưu quá trình sản xuất. Chính vì lý do trên mà việc nghiên cứu quy luật phá vỡ đất đá của lượng nổ dạng phẳng để làm cơ sở ứng dụng hiệu quả trong các điều kiện thi công của Việt Nam là một nhiệm vụ có tính cấp thiết, có ý nghĩa khoa học thực tiễn.

2. Mục đích nghiên cứu của luận án

- Nghiên cứu trường năng lượng nổ của lượng nổ dạng phẳng.
- Xây dựng chương trình tính toán, khảo sát tác dụng phá hủy đất đá của lượng nổ dạng phẳng.
- Nghiên cứu thực nghiệm về các quy luật phá vỡ đất đá của lượng nổ dạng phẳng, so sánh với lượng nổ tập trung và lượng nổ dài, để từ đó đưa ra phương pháp tính toán áp dụng và đề xuất giải pháp nâng cao hiệu quả nổ.

3. Đối tượng, phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu: Trường năng lượng nổ xung quanh lượng nổ tập trung, lượng nổ dài và lượng nổ dạng phẳng (hệ thống các lượng nổ dài song song gần nhau); mối quan hệ giữa năng lượng và kích cỡ cục đá phá ra; các quy luật thực nghiệm về sự phụ thuộc mức độ đập vỡ đất đá (MĐĐVĐĐ) vào hình dạng lượng nổ và điều kiện nổ.

Phạm vi nghiên cứu: Nghiên cứu các quy luật phá vỡ đất đá của lượng nổ dạng phẳng (có kết hợp với nghiên cứu lượng nổ tập trung, lượng nổ dài để so sánh) bằng phương pháp nghiên cứu lý thuyết và nghiên cứu thực nghiệm.

4. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp lý thuyết kết hợp với thử nghiệm số trên máy tính và phương pháp thực nghiệm. Phương pháp số trong luận án sử dụng chương trình tính toán được xây dựng dựa trên ngôn ngữ lập trình Matlab. Phương pháp thực nghiệm gồm: thí nghiệm trên mô hình thu nhỏ và thí nghiệm trên mô hình thực.

5. Luận điểm bảo vệ

- Mức độ suy giảm mật độ năng lượng nổ (hay cường độ sóng nổ) theo khoảng cách phụ thuộc vào hình dạng lượng nổ. Lượng nổ tập trung có mức độ suy giảm năng lượng theo khoảng cách lớn nhất, tiếp đến là lượng nổ dài và lượng nổ phẳng.

- Khi cùng một khối lượng thuốc nổ, luôn tồn tại một vùng thông số lượng nổ hợp lý để đảm bảo hiệu quả phá hủy, hiệu quả đập vỡ đất đá tăng dần từ lượng nổ tập trung đến lượng nổ dài, tiếp đến là lượng nổ phẳng.

6. Các điểm mới của luận án

- Nghiên cứu lý thuyết, xây dựng chương trình tính toán khảo sát trường năng lượng nổ xung quanh lượng nổ dạng phẳng trong môi trường đất đá vô hạn theo lý thuyết thủy động lực học nổ.

- Thiết lập các quy luật thực nghiệm của 3 dạng lượng nổ (tập trung, dài, dạng phẳng) với các điều kiện nổ trong môi trường vô hạn, có mặt thoáng phụ và hữu hạn.

- Đánh giá ảnh hưởng của hình dạng lượng nổ và điều kiện mặt thoáng đến MĐDVĐĐ.

- Nghiên cứu về ảnh hưởng của khoảng cách giữa các lượng nổ đến kích thước vùng phá hủy, chỉ tiêu thuốc nổ và sự phân bố thành phần cỡ hạt.

- Đề xuất phương pháp tính toán kích thước trung bình cỡ hạt của các dạng lượng nổ khác nhau phụ thuộc vào năng lượng nổ (chỉ tiêu thuốc nổ), hình dạng lượng nổ, điều kiện môi trường nổ dựa trên các hệ số thực nghiệm.

7. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án

Các kết quả nghiên cứu của luận án đã góp phần hoàn thiện thêm các nghiên cứu khoa học trước đó về nâng cao hiệu quả phá vỡ đất đá, tối ưu hóa bố trí lượng nổ và giảm khối lượng sử dụng thuốc nổ, hoàn thiện hệ thống lý luận phá hủy, đập vỡ đất đá dùng lượng nổ dạng phẳng. Khi sử dụng lượng nổ dạng phẳng (nhóm lượng nổ dài song song) hợp lý sẽ quyết định chất lượng đập vỡ và hiệu quả của công tác nổ mìn.

Kết quả nghiên cứu có thể dùng làm tài liệu tham khảo và hướng dẫn thí nghiệm trong tính toán, thiết kế, điều khiển nâng cao hiệu quả đập vỡ của các hệ chiếu nổ phục vụ xây dựng các công trình quốc phòng, giao thông, thủy lợi, khai thác mỏ... với các điều kiện nổ ngầm, nổ trong môi trường có mặt thoáng phụ và nổ trong môi trường hữu hạn.

8. Cấu trúc của luận án

Luận án gồm có: phần mở đầu, 5 chương, phần kết luận chung và Phụ lục, trong đó có 140 trang thuyết minh, 57 bảng, 96 hình vẽ, đồ thị, 70 tài liệu tham khảo.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ CÔNG TÁC NỔ MÌN TRONG MÔI TRƯỜNG ĐẤT ĐÁ

1.1. Tình hình nghiên cứu ở nước ngoài

1.1.1. Nghiên cứu lý luận chung về tác dụng nổ trong môi trường đất đá

Từ các đánh giá tổng quan các nghiên cứu lý luận chung về tác dụng nổ trong môi trường đất đá nhận thấy, cho đến nay hệ thống cơ sở lý thuyết về tác động nổ nói chung trong các môi trường đất đá tương đối hoàn thiện. Tuy nhiên việc nghiên cứu ở các điều kiện khác nhau và áp dụng vào thực tiễn cần tiếp tục nghiên cứu tối ưu.

1.1.2. Nghiên cứu xác định các thông số khoan nổ mìn

- Mức độ tiêu tốn thuốc nổ.
- Nghiên cứu về đường cản ngắn nhất hay bán kính phá hủy của lỗ mìn...

1.1.3. Nghiên cứu về MĐDVĐĐ

- Nghiên cứu quy luật đập vỡ đất đá bằng nổ mìn.
- Nghiên cứu các giải pháp điều khiển nâng cao chất lượng đập vỡ đất đá bằng nổ mìn.

1.1.4. Nghiên cứu ứng dụng năng lượng nổ để phá vỡ và dịch chuyển định hướng đất đá

Các kết quả nghiên cứu đã đưa ra được các công thức tính toán các thông số lượng nổ khi sử dụng lượng nổ phẳng và hệ thống lượng nổ thay thế tương đương nhằm phá vỡ và dịch chuyển định hướng đất đá, với giả thiết rằng hiệu quả của vụ nổ của một lượng nổ phẳng và hệ thống thay thế nó là như nhau.

1.2. Tình hình nghiên cứu trong nước

Trong nước chủ yếu việc nghiên cứu theo hướng kế thừa phát triển và hoàn thiện lý thuyết nổ nhằm ứng dụng hiệu quả trong điều kiện Việt Nam, như nghiên cứu phá đá bằng lượng nổ dài trong lỗ khoan trong các điều kiện lộ thiên và ngầm; nghiên cứu nổ mìn định hướng bằng lượng nổ tập trung; nghiên cứu về tác dụng cơ học của nổ dưới nước bằng lượng nổ dài và lượng nổ tập trung; nghiên cứu ứng dụng lượng nổ phẳng để phá vỡ và dịch chuyển đất đá; nghiên cứu ứng dụng một số mô hình trí tuệ nhân tạo dự báo chấn động nổ mìn; nghiên cứu điều khiển quá trình đập vỡ đất đá bằng nổ.

1.3. Các vấn đề tồn tại khi nghiên cứu về công tác nổ mìn trong môi trường đất đá

- Chưa nghiên cứu một cách toàn diện về quá trình hình thành, phát tán trường năng lượng nổ và đặc biệt là quy luật đập vỡ đất đá của lượng nổ phẳng được hình thành từ nhóm lượng nổ dài song song gần nhau nằm trên một mặt phẳng.
- Chưa có sự phân tích, so sánh toàn diện sự ảnh hưởng của 3 dạng lượng nổ cơ bản là tập trung, dài và phẳng đến MĐDVĐĐ khi cố định khối lượng thuốc nổ.

1.4. Những vấn đề luận án cần tập trung giải quyết

- Nghiên cứu thiết lập trường năng lượng nổ hình thành từ nhóm lượng nổ dài song song gần nhau;

- Nghiên cứu ảnh hưởng của hình dạng lượng nổ đến chỉ tiêu thuốc nổ và đến MĐĐVĐĐ;
- Nghiên cứu quy luật đập vỡ đất đá theo khoảng cách của các dạng lượng nổ tập trung, dài, phẳng;
- Nghiên cứu đề xuất phương pháp tính toán kích thước trung bình cỡ hạt phụ thuộc vào hình dạng lượng nổ và điều kiện nổ.

1.5. Kết luận chương 1

Từ việc tổng kết tình hình nghiên cứu trong và ngoài nước nhận thấy, hệ thống cơ sở lý thuyết về tác động nổ nói chung trong các môi trường đất đá tương đối hoàn thiện. Tuy nhiên việc nghiên cứu chủ yếu là lượng nổ tập trung và lượng nổ dài phá đá, còn qui luật đập vỡ đất đá của lượng nổ dạng phẳng vẫn chưa được đề cập một cách sâu sắc và toàn diện. Hơn nữa, lý thuyết nổ cũng chưa thể mô tả đầy đủ bản chất vật lý của quá trình nổ bằng các hàm toán học thông thường, vì tính chất phức tạp xảy ra trong quá trình tác dụng nổ. Mặt khác, do đặc tính quá trình nổ chất nổ xảy ra với tốc độ cực lớn, tạo ra một áp suất rất cao vượt xa nhiều lần độ bền đất đá, vì vậy cho đến nay vẫn chưa có một thiết bị nào để đo đạc các thông số sóng nổ trong vùng phá hủy đất đá. Chính vì vậy để giải quyết vấn đề tồn tại đã phân tích ở trên, luận án cần kết hợp giữa nghiên cứu lý thuyết với tính toán bằng phương pháp số và thử nghiệm tại hiện trường, trong đó lấy thử nghiệm thực tế là trọng tâm để giải quyết vấn đề.

CHƯƠNG 2. NGHIÊN CỨU CƠ SỞ LÝ THUYẾT

VỀ TÁC DỤNG CƠ HỌC CỦA NỔ TRONG MÔI TRƯỜNG ĐẤT ĐÁ

2.1. Lý thuyết phá vỡ đất đá bằng phương pháp nổ

2.1.1. Định luật bảo toàn năng lượng khi phá vỡ đất đá bằng phương pháp nổ

$$k_1 W_0 = \alpha_1 S + q_1 V + \frac{\omega}{V} - b \quad (2.5)$$

trong đó: k_l – hệ số truyền năng lượng từ thuốc nổ sang đất đá; W_0 – năng lượng liều nổ; α_l – mật độ năng lượng bề mặt của vật liệu; S – diện tích bề mặt mới tạo thành; q_l – đại lượng phụ thuộc vào đặc trưng cơ học của vật liệu; V – thể tích khối đá; ω – hằng số phụ thuộc vào tính chất vật liệu và uy lực liều nổ; $b = \omega V^*$; V^* – thể tích không bị phá hủy ở uy lực liều nổ nhất định.

2.1.2. Phương trình phân bố cỡ hạt đá sau nổ

$$P_{(x)} = 1 - e^{-[\phi E_c + \psi + \frac{\lambda_1}{V} + \frac{\mu}{V^2} + \alpha_0]^\gamma x^\gamma} \quad (2.8)$$

trong đó: α_0 – hệ số đặc trưng cho độ nứt nẻ tự nhiên của đất đá; ϕ , ψ , λ_1 và μ là các hằng số thực nghiệm lần lượt tương ứng là tính chất bền của khối đá, năng lượng biểu kiến, tiêu hao năng lượng để làm bay các cục đá, thể năng biến dạng; E_c : suất tiêu hao năng lượng phá hủy đất đá; γ : hằng số đặc trưng cho mức độ đập vỡ của đất đá.

2.2. Phương pháp xác định trường năng lượng nổ theo quan điểm phát tán năng lượng truyền thống

$$\frac{E}{E_0} = \left(\frac{r_0}{r} \right)^{2\nu-2} \quad (2.24)$$

trong đó: E , E_0 tương ứng là năng lượng môi trường nhận được tại khoảng cách r tính từ tâm nổ và tại bề mặt lượng nổ; ν – chỉ số bậc hình dạng của lượng nổ.

2.3. Phương pháp xác định trường năng lượng nổ theo lý thuyết thủy động lực học nổ của O.E. Vlixov

2.3.1. Thế tốc độ của phần tử môi trường

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = 0 \quad (2.26)$$

φ : là thế tốc độ; x , y , z : là tọa độ vị trí của phần tử môi trường.

2.3.2. Năng lượng môi trường

Theo O.E. Vlixov, nếu F là bề mặt lượng nổ thì năng lượng toàn phần (E_φ) của môi trường sẽ là:

$$E_\varphi = -\frac{\rho}{2} \int \varphi \frac{\partial \varphi}{\partial n} dF \quad (2.34)$$

trong đó: ρ là mật độ môi trường.

2.3.3. Mật độ năng lượng môi trường

$$E_d = \frac{2\rho A^2}{(a^2 + \lambda)(b^2 + \lambda)(c^2 + \lambda) \left[\frac{x^2}{(a^2 + \lambda)^2} + \frac{y^2}{(b^2 + \lambda)^2} + \frac{z^2}{(c^2 + \lambda)^2} \right]} \quad (2.37)$$

trong đó: A là hằng số được xác định tùy theo từng dạng lượng nổ; a, b, c là các bán trục của elipxoit; $0 \leq \lambda \leq \infty$, một λ ứng với một elipxoit.

2.4. Phân tích mối quan hệ giữa quy luật phân bố năng lượng nổ và quy luật phân bố cỡ hạt đá sau nổ

2.4.1. Phân tích trên cơ sở lý thuyết thủy động lực học nổ của O. E. Vlixov

Gọi a_h là bán kính cỡ hạt phá ra, u, v, w tương ứng là tốc độ phần tử môi trường trong hệ tọa độ Descartes, A_r là kí hiệu cho công riêng phần phá hủy môi trường, theo O. E. Vlixov:

$$a_h = \sqrt{\frac{6A_r}{\rho \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial z} \right)^2 \right]}} \quad (2.48)$$

2.4.2. Phân tích trên cơ sở lý thuyết đập vỡ đất đá

Kích thước trung bình của các cục đá (d_{tb}) được xác định như sau:

$$d_{tb} = \int_0^{\infty} x \alpha \gamma x^{\gamma-1} e^{-\alpha x^\gamma} dx \quad (2.54)$$

α – hệ số phụ thuộc vào lượng tiêu hao năng lượng nổ và tính chất đất đá.

2.5. Kết luận chương 2

Các công thức xác định quy luật phân bố cỡ hạt, kích thước trung bình cỡ hạt đều phụ thuộc vào tiêu hao năng lượng nổ, tuy nhiên hạn chế là chưa nghiên cứu đầy đủ về ảnh hưởng của hình dạng lượng nổ, ảnh hưởng của tính chất mặt thoáng đến quy luật đập vỡ đất đá. Lý thuyết thủy động lực học nổ mới chỉ dừng lại ở việc thiết lập trường năng lượng nổ cho các lượng nổ đơn mà chưa mô tả được trường năng lượng nổ do nhóm các lượng nổ gây ra.

Các nghiên cứu lý thuyết của O.E. Vlaxov đã coi lượng nổ phẳng là tuyệt đối, rất khó ứng dụng trong công tác nổ phá đất đá. Trong công tác nổ phá đất đá, lượng nổ phẳng được sử dụng là nhóm các lượng nổ dài song song nằm gần nhau trên cùng một mặt phẳng. Chính vì vậy cần thiết phải nghiên cứu cơ sở lý thuyết về vùng hiệu quả nổ phá và quy luật đập vỡ đất đá của lượng nổ dạng phẳng, so sánh với lượng nổ tập trung và lượng nổ dài.

CHƯƠNG 3. XÂY DỰNG MÔ HÌNH VÀ CHƯƠNG TRÌNH TÍNH TOÁN, KHẢO SÁT TÁC DỤNG PHÁ HỦY CỦA LƯỢNG NỔ DẠNG PHẪNG

3.1. Thiết lập trường năng lượng nổ hệ lượng nổ dài song song trong môi trường đất đá

3.1.1. Thiết lập trường thế tốc độ xung quanh một nhóm lượng nổ dài song song nằm trong một mặt phẳng gây ra

Kí hiệu Φ là thế tốc độ tổng hợp do tất cả các lượng nổ N_i gây ra tại M trong môi trường, được tính như sau:

$$\bar{\Phi}_M = \sum_{i=1}^n \bar{\varphi}_{M_i} = \sum_{i=1}^n \frac{\varphi_{M_i}}{\sqrt{A_j^2 + B_j^2 + C_j^2}} (A_j, B_j, C_j) \quad (3.8)$$

trong đó: A_j, B_j, C_j được cho bởi định thức con của ma trận Jacobi; n là số lượng lượng nổ N_i ; φ_{M_i} là thế tốc độ do lượng nổ N_i gây ra tại M .

3.1.2. Mật độ năng lượng môi trường của nhóm lượng nổ dài song song

Mật độ năng lượng môi trường tổng hợp tại một điểm do tất cả các lượng nổ dài gây ra là:

$$E_d^{th} = \frac{\rho}{2} \left[\left(\frac{\partial \Phi}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial \Phi}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial \Phi}{\partial z} \right)^2 \right] \quad (3.9)$$

3.2. Xây dựng và ứng dụng chương trình tính trong nghiên cứu khảo sát trường thế tốc độ và trường năng lượng nổ

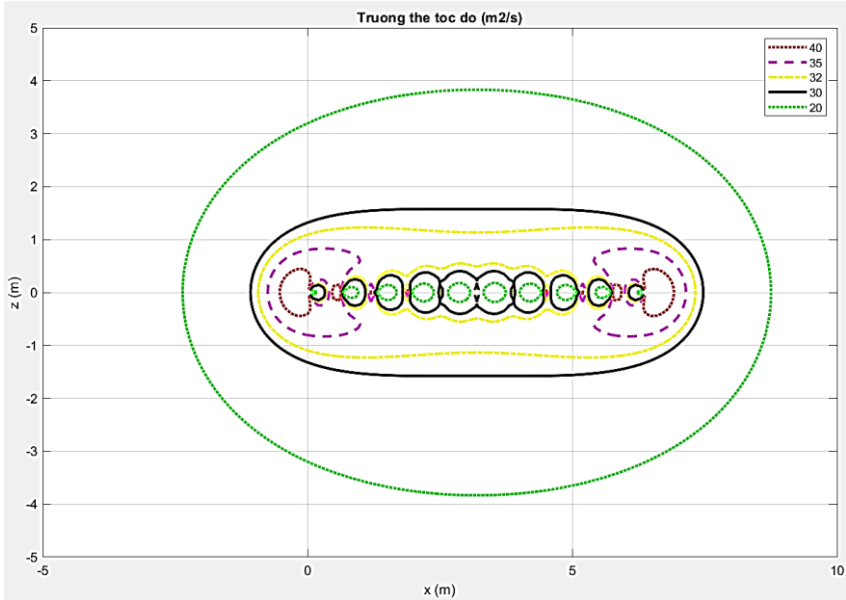
Sử dụng ngôn ngữ lập trình Matlab xây dựng một chương trình tính trường thế tốc độ và trường năng lượng nổ có tên gọi là “*Truongnangluongno*”. Các số liệu đầu vào để tính toán gồm có: thông số của một lượng nổ, số lượng

lượng nổ, khoảng cách giữa các lượng nổ, mật độ môi trường. Chương trình cho phép tính trường thế tốc độ và trường năng lượng nổ xung quanh nhóm lượng nổ trong môi trường.

3.3. Khảo sát một số bài toán

3.3.1. Khảo sát trường thế tốc độ của nhóm lượng nổ dài đặt song song trong cùng một mặt phẳng

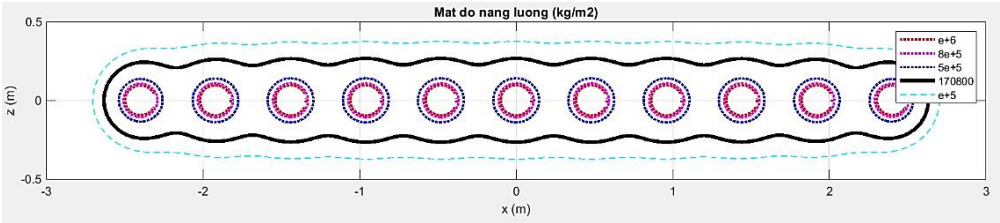
Lượng nổ khảo sát có các bán trục $a = c = 0,016 \text{ m}$; $b = 1 \text{ m}$. Thuốc nổ khảo sát là loại nhũ tương TNP-1E, có mật độ trung bình của chất nổ: 1150 kg/m^3 . Số lượng nổ khảo sát: 11 lượng nổ. Mật độ môi trường: $230 \text{ kg.s}^2/\text{m}^4$.



Hình 3.4. Trường thế tốc độ của nhóm 11 lượng nổ dài, cách nhau 0,64 m

3.3.2. Khảo sát trường phân bố năng lượng nổ của các dạng lượng nổ khác nhau

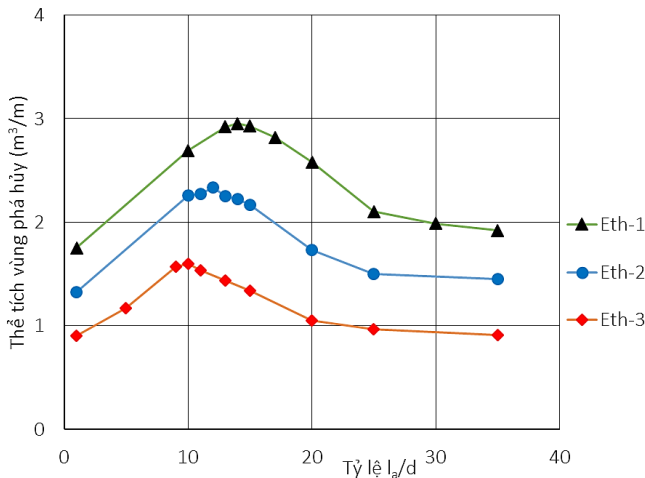
Lượng nổ khảo sát có các bán trục $a = c = 0,016 \text{ m}$; $b = 1 \text{ m}$. Thuốc nổ là TNP-1E. Số lượng nổ: 11 lượng nổ. Khảo sát trong môi trường vô hạn với 2 loại đất đá khác nhau có mật độ môi trường là $230 \text{ kg.s}^2/\text{m}^4$ và $280 \text{ kg.s}^2/\text{m}^4$.



Hình 3.7. Mật độ năng lượng của nhóm 11 lượng nổ dài cách đều 0,48 m

3.3.3. Khảo sát ảnh hưởng của tỉ lệ khoảng cách tương đối lượng nổ l_a/d đến vùng phá hủy

Sử dụng chương trình “*Truongnangluongno*” khảo sát vùng có khả năng bị phá hủy với lượng nổ dạng phẳng gồm 11 lượng nổ dài, cách đều nhau khoảng cách l_a , có 2 loại với các bán trục là: $a = c = 0,016$ m, $b = 5$ m và $a = c = 0,03$ m, $b = 5$ m, d là đường kính lượng nổ, thuộc nổ TNP-1E. Môi trường vô hạn với 3 loại đất đá có mật độ là: $150 \text{ kG.s}^2/\text{m}^4$ (đất đá mềm, dễ phá vỡ), $230 \text{ kG.s}^2/\text{m}^4$ (đất đá có độ cứng trung bình, đập vỡ bình thường) và $280 \text{ kG.s}^2/\text{m}^4$ (đất đá cứng, khó đập vỡ) tương ứng với 3 mức năng lượng tới hạn.



Hình 3.12. Ảnh hưởng của tỉ lệ l_a/d đến V_{ph} với lượng nổ có $d=0,032$ m

3.4. Kết luận chương 3

Trên cơ sở lý thuyết thủy động lực học và tác dụng nổ trong đất đá của lượng nổ dài, luận án đã nghiên cứu, thiết lập sự phụ thuộc của trường thế tốc

độ và mật độ năng lượng môi trường của lượng nổ dạng phẳng (nhóm lượng nổ dài song song) vào đặc tính môi trường đất đá và các thông số khoảng cách giữa các lượng nổ. Sự phụ thuộc này là cơ sở lý luận để tính toán vùng phá hủy và kích thước trung bình cỡ hạt cục đá phá ra của lượng nổ dạng phẳng. Dựa vào chương trình đã lập, tiến hành khảo sát trường thế tốc độ, trường năng lượng nổ xung quanh lượng nổ dạng phẳng với một điều kiện đất đá và điều kiện nổ nhất định. Kết quả khảo sát cho thấy, thế tốc độ và mật độ năng lượng của nhóm lượng nổ dài cũng giảm dần khi ra xa giống như trường hợp lượng nổ đơn, khi khoảng cách giữa các lượng nổ dài trong nhóm hợp lý, sẽ hình thành vùng có trường thế tốc độ và trường năng lượng nổ gần với mặt phẳng. Đây chính là vùng sóng nổ phẳng có tác dụng tốt cho điều khiển chất lượng đập vỡ đồng đều của đất đá.

Khi nổ lượng nổ dạng phẳng thì hiệu quả nổ phụ thuộc vào khoảng cách tương đối giữa các lượng nổ. Các kết quả khảo sát đã chỉ ra rằng khi tỉ số $l_a/d = 10 \div 25$ (hay khoảng cách giữa các lượng nổ $l_a = (10 \div 25)d$) tùy từng loại đất đá và điều kiện nổ thì hiệu quả phá vỡ đất đá sẽ đạt giá trị lớn nhất. Tuy nhiên các nghiên cứu lý thuyết này đều dựa trên các giả thiết nhất định, trong đó đã bỏ qua ảnh hưởng của một số yếu tố nhằm đơn giản hóa các phương trình toán học, vì vậy không thể tránh khỏi sai số so với thực tế nên cần thiết phải tiến hành nghiên cứu thực nghiệm để so sánh với các kết quả nghiên cứu lý thuyết.

CHƯƠNG 4. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

4.1. Mô tả phương pháp nghiên cứu thực nghiệm



Hình 4.1. Mẫu thí nghiệm tại hiện trường

Các mẫu dùng trong thí nghiệm sử dụng vữa xi măng cát mịn, kích thước: 200x200x200 mm, ứng suất nén phá hủy 90-105 kG/cm², vận tốc sóng âm 3400-3900 m/s. Các mẫu thí nghiệm này khi nổ trong môi trường vô hạn (MTVH) gọi là *mẫu loại A*, nổ trong môi trường có mặt thoáng phụ (MTMTP) gọi là *mẫu loại B*, nổ trong môi trường hữu hạn (MTHH) gọi là *mẫu loại C*.

Các lượng nổ trong bài thí nghiệm sử dụng thuốc nổ Pentrit (TEN). Mẫu nổ lượng nổ tập trung sử dụng loại thuốc nổ chế thức sẵn theo khối lượng yêu cầu của bài thí nghiệm được nhà máy Z121/BQP chế tạo phục vụ cho việc thí nghiệm. Mẫu nổ lượng nổ dài thì ghép các dây nổ lại (loại 12 g/m), đặt vào trục của mẫu gây nổ bằng kẹp số 8. Mẫu nổ lượng nổ dạng phẳng sử dụng dây nổ bố trí trong các lỗ Φ6, đảm bảo khi nổ sẽ tạo ra sóng nổ phẳng, gây nổ bằng kẹp số 8, xem hình 4.2.



Hình 4.2. Thuốc nổ và dây nổ dùng trong thí nghiệm

Thiết bị gây nổ gồm có máy điểm hỏa, máy đo điện trở kẹp và kiểm tra thông mạch. Các mẫu trước khi thí nghiệm đều được cân khối lượng để phân tích số liệu sau này và đo vận tốc sóng âm bằng máy siêu âm V-Meter MK IV.

4.2. Nội dung và kết quả nghiên cứu thực nghiệm

4.2.1. Thí nghiệm nổ trên mô hình trong môi trường hữu hạn



Hình 4.9. Phân loại thành phần hạt của các mẫu thí nghiệm

Kết quả đo được sau nổ là tỉ lệ phần trăm các loại cỡ hạt thu được khi nổ mô hình thí nghiệm. Sau đó tính kích thước trung bình cỡ hạt sau nổ (d_{tb}) và lập bảng d_{tb} tương ứng với các dạng lượng nổ khác nhau khi cùng sử dụng một khối lượng thuốc nổ.

Bảng 4.1. Kích thước trung bình cỡ hạt khi nổ các lượng nổ khác nhau (m)

d_{tb} tương ứng với dạng lượng nổ (m)	Chỉ tiêu thuốc nổ (kg/m^3)					
	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1
Lượng nổ tập trung	0,0542	0,0424	0,0392	0,0273	0,0243	0,0195
Lượng nổ dài	0,0477	0,0322	0,0283	0,0225	0,0211	0,0203
Lượng nổ dạng phẳng	0,0315	0,0275	0,0254	0,0241	0,0231	0,0220

4.2.2. Thí nghiệm nổ trên mô hình trong môi trường vô hạn



Hình 4.11. Hình ảnh mẫu thí nghiệm loại A tại hiện trường



Hình 4.12. Bố trí mẫu thí nghiệm và kết quả thí nghiệm

Các mẫu được đặt vừa khít trong khuôn thép cứng, có chèn vữa xi măng – cát để mẫu liên kết chặt với khuôn thép và có thể coi là mẫu nổ trong MTVH, không có mặt thoáng. Khi nổ thí nghiệm dạng mẫu này được chôn dưới hố cát ở độ sâu 80 cm, đầm chặt để đảm bảo hiệu ứng nổ ngầm. Sau khi nổ, tiến hành

cửa khuôn thép và mẫu bê tông qua tâm của mẫu, để nghiên cứu các vết nứt. Phương pháp xác định kích thước trung bình của cục đá sau nổ ở vị trí r so với tâm nổ sẽ dựa theo khoảng cách trung bình giữa các vết nứt ở cùng khoảng cách r đó.

Kết quả của thí nghiệm là kích thước trung bình cỡ hạt đá (d_{ib}) theo khoảng cách từ tâm nổ (r) với các mẫu thí nghiệm mô hình loại A sử dụng các dạng lượng nổ khác nhau.

4.2.3. Thí nghiệm nổ trên mô hình trong môi trường có mặt thoáng phụ



Hình 4.16. Hình ảnh mẫu thí nghiệm loại B tại hiện trường

Các mẫu thí nghiệm trong bài này được đặt trong khuôn thép cứng như trong bài thí nghiệm nổ trong môi trường vô hạn nhưng có khe hở giữa mẫu và khuôn thép ở 5 bề mặt của mẫu là $\delta = 2 \div 4$ mm, như vậy có thể coi là mẫu được nổ trong điều kiện có 05 mặt thoáng phụ. Dạng mẫu này được chôn dưới hố đào ở độ sâu 80 cm, lấp cát lên và đầm chặt để đảm bảo hiệu ứng nổ ngầm.

Kết quả của thí nghiệm là đo kích thước trung bình cỡ hạt đá (d_{ib}) theo khoảng cách từ tâm nổ (r) với các mẫu loại B sử dụng các dạng lượng nổ khác nhau.

4.3. Thiết lập các quy luật thực nghiệm

4.3.1. Quy luật về sự phụ thuộc kích thước trung bình của cỡ hạt đá sau nổ vào chỉ tiêu thuốc nổ

Đối với các mẫu thí nghiệm dùng lượng nổ tập trung:

$$d_{ib} = 0,0386 \cdot q^{-0,807}; R^2 = 0,9473 \quad (4.2)$$

Đối với các mẫu thí nghiệm dùng lượng nổ dài:

$$d_{ib} = 0,0318 \cdot q^{-0,691}; R^2 = 0,9719 \quad (4.3)$$

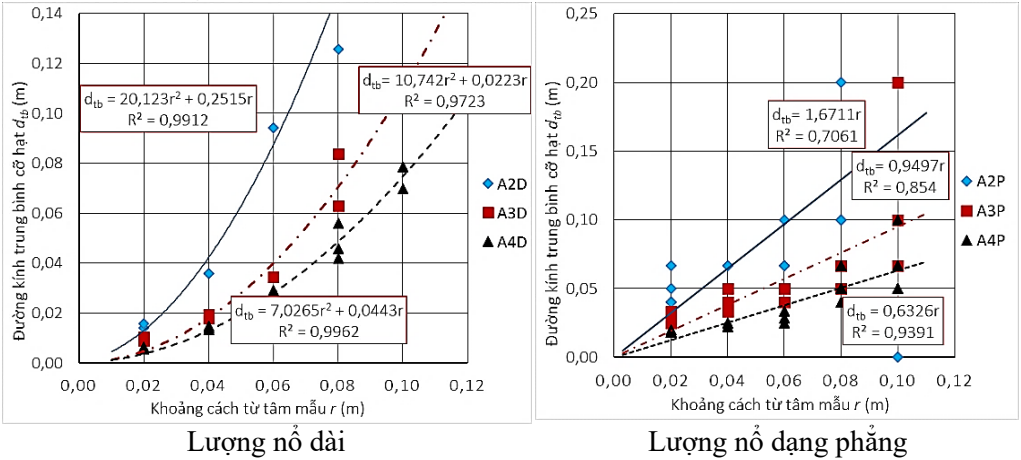
Đối với các mẫu thí nghiệm dùng lượng nổ dạng phẳng:

$$d_{tb} = 0,027 \cdot q^{-0,278}; R^2 = 0,9947 \quad (4.4)$$

trong đó: d_{tb} – kích thước trung bình của cục đá mẫu sau nổ, m;

q – chỉ tiêu thuốc nổ đơn vị, kg/m^3 .

4.3.2. Thiết lập quy luật thực nghiệm về phân bố kích thước cục đá phá ra theo khoảng cách tính từ tâm nổ



Hình 4.20; 4.21. Sự phụ thuộc thực tế của d_{tb} vào khoảng cách từ tâm nổ

- Các mẫu loại B sử dụng lượng nổ tập trung:

$$+ \text{Mẫu B2T: } d_{tb} = 8,9876r^2 + 0,051r; R^2 = 0,9988 \quad (4.15)$$

$$+ \text{Mẫu B3T: } d_{tb} = 4,4764r^2 + 0,0368r; R^2 = 0,9909 \quad (4.16)$$

- Các mẫu loại B sử dụng lượng nổ dài:

$$+ \text{Mẫu B2D: } d_{tb} = 5,7439r^2 + 0,3555r; R^2 = 0,9492 \quad (4.17)$$

$$+ \text{Mẫu B3D: } d_{tb} = 3,7013r^2 + 0,1928r; R^2 = 0,9692 \quad (4.18)$$

$$+ \text{Mẫu B4D: } d_{tb} = 3,9999r^2 + 0,0871r; R^2 = 0,9885 \quad (4.19)$$

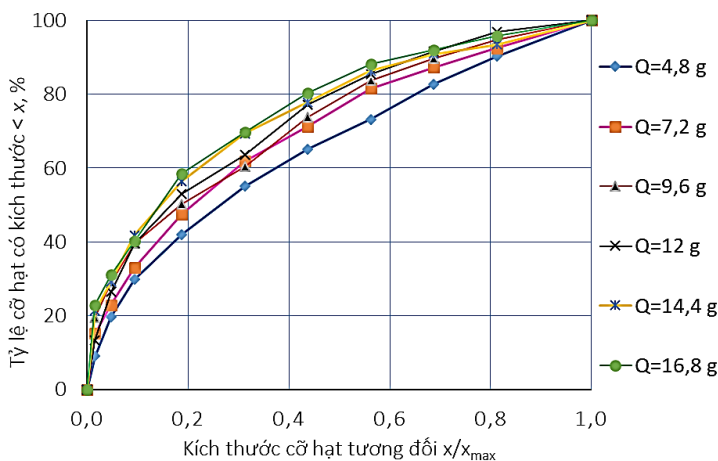
- Các mẫu loại B sử dụng lượng nổ dạng phẳng:

$$+ \text{Mẫu B2P: } d_{tb} = 0,6656r; R^2 = 0,89 \quad (4.20)$$

$$+ \text{Mẫu B3P: } d_{tb} = 0,6054r; R^2 = 0,9743 \quad (4.21)$$

$$+ \text{Mẫu B4P: } d_{tb} = 0,5277r; R^2 = 0,7359 \quad (4.22)$$

4.3.3. Quy luật thực nghiệm về phân bố cỡ hạt sau nổ



Hình 4.28. Dạng thực tế của quy luật phân bố thành phần cỡ hạt đá sau nổ mẫu lượng nổ dạng phẳng

Bảng 4.7. So sánh $P_{(x)}$ với các mẫu sử dụng lượng nổ dạng phẳng (ĐVT: %)

Cỡ hạt trung bình (m)		0,0075	0,015	0,035	0,055	0,080
Kích thước cỡ hạt tương đối, x/x_{max}		0,094	0,188	0,438	0,688	1,000
$P_{(x)}$ Mẫu loại A	A2P (4,8 g)	2,96	5,92	13,82	21,71	31,58
	A3P (7,2 g)	5,21	10,42	24,31	38,20	55,56
	A4P (9,6 g)	7,82	15,65	36,51	57,38	83,46
$P_{(x)}$ Mẫu loại B	B2P (4,8 g)	7,43	14,87	34,69	54,51	79,28
	B3P (7,2 g)	8,17	16,34	38,13	59,93	87,17
	B4P (9,6 g)	9,38	18,75	43,75	68,75	100,00

4.3.4. Thiết lập qui luật thực nghiệm về sự phụ thuộc của MĐDVĐĐ vào chỉ tiêu thuốc nổ

Để có thể ứng dụng các qui luật phân bố thành phần cỡ hạt đá sau nổ trong việc điều khiển chất lượng đập vỡ đất đá theo hướng thay đổi chỉ tiêu thuốc nổ, cần phải nghiên cứu thực nghiệm xác định được hệ số m có dạng số $m = f(q)$. Với các mẫu loại C, m phản ánh trong bảng 4.8.

Bảng 4.8. Hệ số m khi nổ mẩu loại C

Chỉ tiêu thuốc nổ q (kg/m ³)	Hệ số m		
	Tập trung	Dài	Dạng phẳng
0,6	0,9636	0,9080	0,5478
0,9	0,8028	0,6109	0,4586
1,2	0,6231	0,4779	0,4402
1,5	0,4777	0,4139	0,3975
1,8	0,4206	0,3945	0,3718
2,1	0,3780	0,3843	0,3580

Sử dụng phương pháp bình phương tối thiểu, rút ra qui luật sự phụ thuộc của hệ số m và dạng tổng quát về qui luật phụ thuộc của cỡ hạt vào chỉ tiêu thuốc nổ như sau:

$$P_{(x)} = \left(\frac{x}{x_{\max}} \right)^{A_s \cdot q^{-\eta}} \quad (4.62)$$

trong đó: A_s là hệ số đặc trưng cho độ bền đất đá và các điều kiện ngoài chỉ tiêu thuốc nổ; η là chỉ số đặc trưng cho mức độ ảnh hưởng của q đến MĐĐVĐĐ, với vật liệu thí nghiệm trong luận án này xác định theo bảng 4.9.

Bảng 4.9. Hệ số đặc trưng A_s và η

Hình dạng lượng nổ	Hệ số A_s	Hệ số η
Tập trung	0,6840	0,791
Dài	0,5881	0,700
Dạng phẳng	0,4565	0,335

4.4. Đánh giá ảnh hưởng của tính chất mặt thoáng đến MĐĐVĐĐ

4.4.1. Ảnh hưởng của tính chất mặt thoáng đến quy luật phân bố cỡ hạt

Để so sánh, đánh giá hiệu quả của mặt thoáng đến MĐĐVĐĐ, chọn mẫu loại A (nổ trong MTVH) làm chuẩn để so sánh $P_{(x)}$ của các mẫu nổ trong các môi trường khác lớn hơn bao nhiêu phần trăm khi cùng sử dụng một khối lượng thuốc nổ, kết quả như bảng 4.10.

Bảng 4.10. So sánh hiệu quả ảnh hưởng của mặt thoáng đến phân bố $P_{(x)}$ khi nổ các mẫu thí nghiệm với các dạng lượng nổ khác nhau

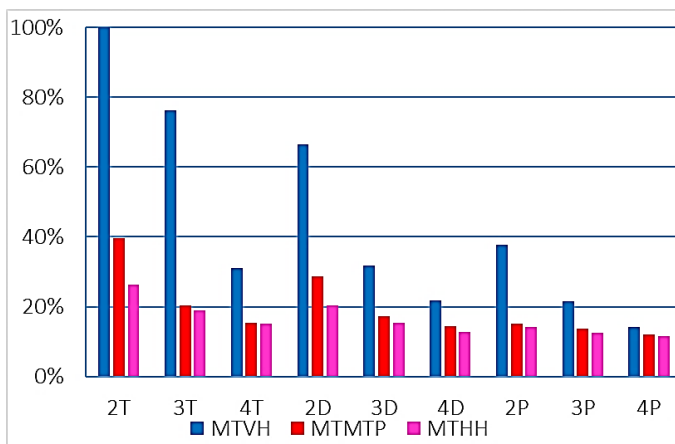
Loại lượng nổ	Khối lượng thuốc nổ (g)	Tỉ lệ phần trăm cỡ hạt $P_{(x)}$ lớn hơn mẫu nổ trong MTVH, %	
		MTMTP	MTHH
Tập trung	4,8	7,62	74,07
	7,2	26,25	81,05
Dài	4,8	4,31	54,18
	7,2	6,30	55,74
	9,6	8,70	56,85
Dạng phẳng	4,8	24,53	71,52
	7,2	12,31	60,00
	9,6	4,10	46,00

4.4.2. Ảnh hưởng của tính chất mặt thoáng đến kích thước trung bình cỡ hạt của mẫu thí nghiệm

Bảng 4.12. So sánh hiệu quả ảnh hưởng của mặt thoáng đến d_{tb}

Dạng lượng nổ	Khối lượng thuốc nổ (g)	Tỉ lệ chênh lệch d_{tb} (%)		
		MTVH	MTMTP	MTHH
Tập trung	4,8	0	60,29	73,62
	7,2	0	73,43	75,06
	9,6	0	50,64	51,36
Dài	4,8	0	56,94	69,20
	7,2	0	45,66	51,15
	9,6	0	33,39	41,63
Dạng phẳng	4,8	0	60,17	62,76
	7,2	0	36,25	41,45
	9,6	0	16,58	18,86

Để so sánh, đánh giá hiệu quả của mặt thoáng, chọn mẫu loại A (nổ trong MTVH) làm chuẩn (100%) để so sánh d_{tb} của các mẫu nổ trong các môi trường khác nhỏ hơn bao nhiêu % (hay giảm bao nhiêu %) khi cùng sử dụng một khối lượng thuốc nổ, xem bảng 4.12, hình 4.33.



Hình 4.33. So sánh tương đối kích thước trung bình cỡ hạt của các dạng lượng nổ khác nhau khi nổ trong các môi trường khác nhau

4.5. Thực nghiệm nổ thực tế tại công trường

4.5.1. Mô tả mô hình thực nghiệm

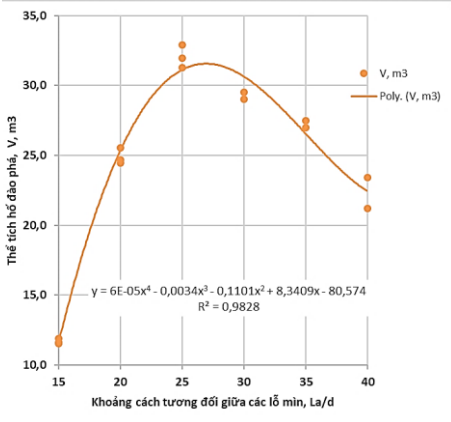
Khu vực tiến hành thí nghiệm là các bãi đá sét kết cấp IV thuộc khu vực xã Đài Xuyên – Vân Đồn – Quảng Ninh. Điều kiện thủy triều dao động từ 0 đến 4 mét. Lựa chọn bãi đá có điều kiện địa chất tương đối đồng nhất để tiến hành thí nghiệm. Sử dụng máy khoan Atlas Copco ROC F9 tiến hành khoan các lỗ mìn theo hộ chiếu, đường kính lỗ khoan $\Phi 42$, chiều sâu khoan 2,5 m, số lỗ khoan trong một hàng là 11 lỗ. Thuốc nổ sử dụng trong bài thí nghiệm là thuốc nổ nhũ tương TNP-1E, gây nổ bằng kíp nổ phi điện. Mỗi bài thí nghiệm được tiến hành nổ từ 2 đến 3 lần để lấy giá trị trung bình.

Do thể tích vùng phá hủy được tính toán thông qua việc đo vẽ bình đồ ngoài hiện trường với sự trợ giúp của máy xúc, thủ công, thước và thước mét.

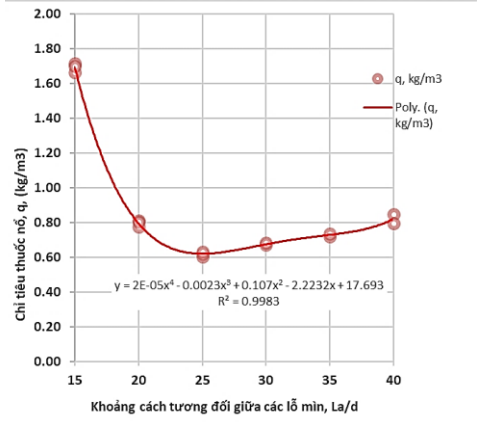
Xử lý số liệu: Sau khi nổ mìn xong, sử dụng máy ảnh chụp lại các bãi đá sau nổ, các bãi đá không bằng phẳng sẽ sử dụng máy ủi san gạt đảm bảo sự đồng đều của đồng đá. Các bức ảnh chụp được tại hiện trường sẽ được đưa vào xử lý bằng phần mềm Split-Desktop để phân tích thành phần cỡ hạt của đồng đá sau nổ.

4.5.2. Kết quả thực nghiệm

4.5.2.1. Kết quả thực nghiệm về ảnh hưởng của khoảng cách giữa các lượng nổ đến kích thước vùng phá hủy và chỉ tiêu thuốc nổ

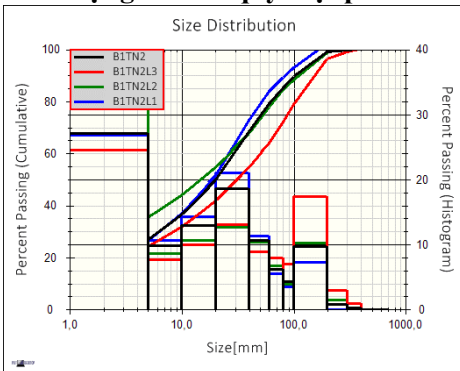


Hình 4.37. Sự phụ thuộc của thể tích vùng phá hủy vào khoảng cách tương đối giữa các lỗ mìn

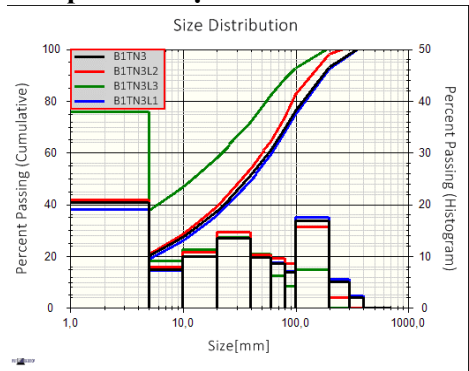


Hình 4.38. Sự phụ thuộc của chỉ tiêu thuốc nổ vào khoảng cách tương đối giữa các lỗ mìn

4.5.2.2. Phân tích kết quả thực nghiệm về ảnh hưởng của khoảng cách giữa các lượng nổ đến quy luật phân bố thành phần cỡ hạt



Hình 4.45. Quy luật phân bố thành phần cỡ hạt đá của thí nghiệm TN2



Hình 4.46. Quy luật phân bố thành phần cỡ hạt đá của thí nghiệm TN3

4.6. Kết luận chương 4

Các bài thí nghiệm nổ thực tế trên mô hình thu nhỏ tại thao trường Hòa Lạc đã rút ra được 4 quy luật thực nghiệm trong điều kiện nổ của bài thí nghiệm.

Các kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng khi cùng một chỉ tiêu thuốc nổ như nhau thì bố trí lượng nổ ở dạng phẳng sẽ có lợi hơn so với lượng nổ dài và lượng nổ tập trung, hay năng lượng của thuốc nổ sẽ được phân bố đồng đều hơn cho mục tiêu đập vỡ đất đá. Mặt khác ảnh hưởng của hình dạng lượng nổ đến MĐĐVĐĐ chỉ xảy ra trong miền tác dụng hiệu quả của năng lượng thuốc nổ sử dụng chủ yếu cho việc đập vỡ đất đá, khi sử dụng chỉ tiêu thuốc nổ lớn, năng lượng tiêu hao cho việc phá hủy đất đá trở lên bão hòa, ảnh hưởng của hình dạng lượng nổ sẽ không đáng kể.

Thực tế đã cho thấy, các đặc tính ngẫu nhiên của vật liệu chế tạo mìn thử và các điều kiện nổ có ảnh hưởng đến kết quả thí nghiệm, do đó cần có các nghiên cứu thực nghiệm theo phương pháp nguyên hình. Trên cơ sở nghiên cứu thực nghiệm tại hiện trường với mô hình thực, lượng nổ thực tại khu vực xã Đài Xuyên – Vân Đồn – Quảng Ninh cho phép rút ra một số nhận xét sau:

- Khi nổ lượng nổ dạng phẳng, thông số khoảng cách giữa các lỗ mìn hợp lý tỉ lệ với đường kính lỗ mìn và phụ thuộc vào loại đất đá. Đường kính lỗ mìn càng lớn, loại đất càng bền vững thì khoảng cách giữa các lỗ khoan càng nhỏ và ngược lại;

- Khi bố trí khoảng cách giữa các lỗ mìn hợp lý thì hiệu quả phá hủy cao nhất và mức độ đập vỡ đất đá lớn nhất;

- Khi nổ ngầm dưới nước trong đá sét kết cấp IV, thể tích vùng phá hủy đạt giá trị lớn nhất và chỉ tiêu thuốc nổ đạt giá trị nhỏ nhất trong phạm vi $l_a = (23 \div 27)d$. Đây là kết quả nghiên cứu thực tế với một loại đất đá cụ thể trong điều kiện nổ ngầm dưới nước, do đó có sự khác biệt với kết quả khảo sát (nhóm đất đá nói chung có cùng thông số, nổ trong môi trường vô hạn) ở Chương 3.

CHƯƠNG 5. PHÂN TÍCH CÁC QUY LUẬT PHÁ VỠ ĐẤT ĐÁ

VÀ ĐỀ XUẤT PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN ÁP DỤNG

5.1. Phân tích, so sánh đặc tính tác dụng nổ của lượng nổ tập trung, lượng nổ dài và lượng nổ dạng phẳng

5.1.1. Phân tích, so sánh trường năng lượng nổ của các dạng lượng nổ cơ bản theo lý thuyết thủy động lực học nổ

Mối quan hệ giữa kích thước trung bình cỡ hạt và năng lượng của lượng

nỗ được biểu diễn qua công thức sau:

$$d_{tb} = f(E_{(r)}) \quad (5.3)$$

trong đó: $E_{(r)}$ là hàm số thể hiện mức năng lượng của lượng nổ tại vị trí r , được xác định thông qua các tọa độ x, y, z .

5.1.2. Thiết lập mối quan hệ giữa kích thước trung bình cỡ hạt và năng lượng của lượng nổ

Đối với lượng nổ dạng phẳng:

- Trong MTVH: $d_{tb}^{dp} = 8,8352E^{-1,401}$; $R^2 = 0,99$ (5.6)

- Trong MTMTP: $d_{tb}^{dp} = 0,1003E^{-0,328}$; $R^2 = 0,9593$ (5.9)

- Trong MTHH: $d_{tb}^{dp} = 0,0784E^{-0,278}$; $R^2 = 0,9947$ (5.12)

5.2. Phương pháp xác định hàm dự đoán thành phần kích cỡ hạt sau nổ

Đối với đất đá đập vỡ bình thường, xác định các hằng số ϕ, ψ bằng kết quả thí nghiệm theo công thức:

$$\phi = \frac{1}{x_0(E_{c1} - E_{c2})} \ln \frac{1 - P_2(x_0)}{1 - P_1(x_0)} ; \psi = \frac{1}{x_0(E_{c1} - E_{c2})} \ln \frac{[1 - P_1(x_0)]^{E_{c2}}}{[1 - P_2(x_0)]^{E_{c1}}} \quad (5.30)$$

trong đó: E_{c1}, E_{c2} là suất tiêu hao năng lượng tương ứng dùng trong thí nghiệm đập vỡ đất đá.

5.3. Đề xuất phương pháp tính toán kích thước trung bình cỡ hạt phụ thuộc dạng lượng nổ, chỉ tiêu thuốc nổ, loại môi trường nổ

$$d_{tb} = k_i \cdot \frac{1}{\phi E_c + \psi} \quad (5.37)$$

trong đó: k_i – hệ số kể đến ảnh hưởng của hình dạng lượng nổ và điều kiện môi trường nổ, được nội suy từ giá trị tương ứng với 1 trong 9 giá trị trong bảng 5.10; ϕ, ψ – các hằng số được xác định từ thực nghiệm.

Bảng 5.10. Hệ số tổng hợp k_i kể đến ảnh hưởng của hình dạng lượng nổ và điều kiện môi trường nổ đến d_{tb}

Dạng lượng nổ	Nổ trong MTVH	Nổ trong MTMTP	Nổ trong MTHH
Tập trung	1,726	0,634	0,526
Dài	1,000	0,518	0,426
Dạng phẳng	0,623	0,361	0,340

5.4. Kết luận chương 5

Các đồ thị mô tả quy luật phân bố năng lượng nổ trong môi trường khi nổ các dạng lượng nổ khác nhau đã cho thấy rằng lượng nổ tập trung có mức độ suy giảm năng lượng theo khoảng cách từ tâm nổ là lớn nhất, tiếp đó đến lượng nổ dài và lượng nổ dạng phẳng.

Các quy luật phân bố thành phần cỡ hạt đá theo kích thước cỡ hạt tương đối x/x_{max} đã cho thấy đường cong phân bố tỉ lệ phần trăm cỡ hạt của lượng nổ dạng phẳng luôn nằm phía trên đường cong phân bố cỡ hạt của lượng nổ dài và lượng nổ tập trung, chứng tỏ rằng lượng nổ dạng phẳng có mức độ cỡ hạt phân bố đồng đều hơn theo khoảng cách từ tâm nổ.

Các quy luật về sự phụ thuộc giữa kích thước trung bình cỡ hạt và khoảng cách tính từ tâm nổ đã cho thấy: lượng nổ dạng phẳng có sự thay đổi về kích thước trung bình cỡ hạt theo khoảng cách là ít nhất so với 2 loại lượng nổ còn lại là lượng nổ tập trung và lượng nổ dài, nó được thể hiện qua đồ thị khi quy luật thay đổi kích thước trung bình cỡ hạt của lượng nổ dạng phẳng là hàm bậc nhất, trong khi với lượng nổ dài là hàm bậc 2 và lượng nổ tập trung là hàm bậc 2 và 3 khi nổ trong cả 2 điều kiện môi trường là nổ trong môi trường nén (không có mặt thoáng) và nổ trong môi trường hữu hạn (có 5 mặt thoáng).

KẾT LUẬN CHUNG

Những đóng góp mới của luận án là:

1. Nghiên cứu lý thuyết, xây dựng chương trình tính toán khảo sát trường năng lượng nổ xung quanh lượng nổ dạng phẳng trong môi trường đất đá vô hạn theo lý thuyết thủy động lực học nổ.

2. Đã thiết lập các quy luật thực nghiệm: sự phụ thuộc kích thước trung bình của cỡ hạt đá sau nổ vào chỉ tiêu thuốc nổ; sự phụ thuộc kích thước trung bình cục đá phá ra theo khoảng cách tính từ tâm nổ; sự phân bố thành phần cỡ hạt đá sau nổ; sự phụ thuộc của MĐĐVĐĐ vào chỉ tiêu thuốc nổ của 3 dạng lượng nổ (tập trung, dài, dạng phẳng) với các điều kiện nổ trong môi trường vô hạn, có mặt thoáng phụ và hữu hạn.

3. So sánh, đánh giá ảnh hưởng của hình dạng lượng nổ và điều kiện mặt thoáng đến MĐDVĐĐ.

4. Đã nghiên cứu thực nghiệm về ảnh hưởng của khoảng cách giữa các lượng nổ đến kích thước vùng phá hủy, chỉ tiêu thuốc nổ và sự phân bố thành phần cỡ hạt.

5. Đề xuất phương pháp tính toán kích thước trung bình cỡ hạt của các dạng lượng nổ khác nhau phụ thuộc vào năng lượng nổ (chỉ tiêu thuốc nổ), hình dạng lượng nổ, điều kiện môi trường nổ dựa trên các hệ số thực nghiệm.

Các kết quả đạt được trong phạm vi nghiên cứu của luận án cho thấy áp dụng các giải pháp bố trí lượng nổ dạng phẳng là có lợi nhất, tiếp đến là dạng trụ dài, đặc biệt phù hợp với điều kiện nổ trong môi trường bí mật thoáng như nổ mìn dưới nước, nổ mìn đào hầm... Tuy nhiên, trong phạm vi nghiên cứu của luận án, các kết quả đạt được mới chỉ giới hạn ở loại vật liệu tiến hành thí nghiệm. Để có kết quả toàn diện hơn cần tiến hành nghiên cứu với nhiều loại vật liệu môi trường, thuốc nổ, điều kiện nổ khác nhau.

KIẾN NGHỊ VỀ HƯỚNG NGHIÊN CỨU TIẾP THEO

- Cần tiến hành thực nghiệm với các loại đất đá khác nhau để chính xác hoá các hệ số thực nghiệm.
- Nghiên cứu ảnh hưởng của sóng phản xạ đến quá trình đập vỡ đất đá.
- Nghiên cứu sự biến dạng của môi trường đất đá xung quanh nhóm lượng nổ dài song song bằng việc tính toán quá trình truyền năng lượng vào đất đá và ảnh hưởng của nó trong quá trình phá hủy.
- Khuyến nghị ứng dụng và hoàn thiện kết quả nghiên cứu của luận án trong thi công công trình quốc phòng, khai thác mỏ, đào đường hầm, giao thông, thủy điện...

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN CỦA TÁC GIẢ

1. Đàm Trọng Thắng, Vũ Trọng Hiếu, Vũ Xuân Bằng (2016), “Nghiên cứu thực nghiệm trên mô hình về quy luật phân bố thành phần cỡ hạt đá sau nổ mìn thi công đường hầm”, *Tuyển tập các công trình khoa học kỷ niệm 50 năm thành lập Bộ môn “Xây dựng Công trình ngầm và Mỏ” 1966-2016*, ISBN: 978-604-913-445-6, NXB Khoa học tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội, tr. 362-372.
2. Đàm Trọng Thắng, Nguyễn Trí Tá, Vũ Xuân Bằng (2018), “Nghiên cứu ảnh hưởng của hình dạng lượng nổ đến mức độ đập vỡ đất đá bằng phương pháp thực nghiệm”, *Tạp chí Khoa học & Kỹ thuật*, ISSN 1859-0209, Học viện Kỹ thuật quân sự, (192), tr. 113-121.
3. Vũ Xuân Bằng, Đàm Trọng Thắng (2019), “Nghiên cứu thực nghiệm về ảnh hưởng của chỉ tiêu thuốc nổ đến quy luật đập vỡ đất đá khi nổ lượng nổ tập trung trên mô hình”, *Tạp chí Công nghiệp Mỏ*, ISSN 0868-7052, (3), tr. 24-28.
4. Thang Trong Dam, Ta Tri Nguyen, Bang Xuan Vu and Hieu Trong Vu (2019), “Studying the rule of distribution of rock breaking size according to the distance from the center of concentrated charge”, *International Symposium on Rock Mechanics and Engineering for Sustainable*, ISBN: 978-604-913-909-3, Publishing House for Science and Technology, Hanoi, pp. 332-345.
5. Dam Trong Thang, Nguyen Tri Ta, Vu Xuan Bang (2020), “Study on the velocity potential field of the group of parallel long cylindrical charges”, *Journal of Science and Technique - Section on special construction engineering*, ISSN 1859-0209, 3(1), pp. 70-80.
6. Đàm Trọng Thắng, Vũ Xuân Bằng (2021), “Nghiên cứu phân tích ảnh hưởng của sự xuất hiện miền sóng nổ dạng phẳng đến mức độ đập vỡ đất đá”, *Tuyển tập các công trình khoa học hội nghị Khoa học toàn quốc “Cơ học đá – Những vấn đề đương đại” VIETROCK2021*, ISBN: 978-604-9988-55-4, NXB Khoa học tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội, tr. 201-215.
7. Trong Thang Dam, Tri Ta Nguyen, Xuan Bang Vu (2021), “Study on the reasonable spacing of flat charge in the form of long and parallel cylindrical charges for breaking rock”, *Journal of Science and Technique - Section on special construction engineering*, ISSN 1859-0209, 4(2), pp. 57-71.
8. Dam Trong Thang, Nguyen Tri Ta, Vu Xuan Bang (2022), “Experimental study of rock breaking effect of long cylindrical charge in infinite environment”, *Rock mechanics and Engineering contemporary issues - 12th Asian Rock Mechanics Symposium*, ISBN: 978-604-357-103-5, Publishing House for Science and Technology, Hanoi, pp. 218-229.