



# SỬ DỤNG BỘT NỔ ĐỂ PHÁ VỠ KHỐI ĐÁ

Nguyễn Xuân Mãn, Nguyễn Duyên Phong

Trường Đại học Mỏ-Địa chất

Email: mannxdoky@gmail.com

## TÓM TẮT

Trong xây dựng công trình cần phải đào đắp, phá đất đá và san gạt mặt bằng. Khi nền là đá cứng rắn hay đá mềm côi lớn cần phải làm cho khối đá tách ra thành các khối nhỏ. Bài viết trình bày một phương pháp phá vỡ đá bằng bột nổ. Đã đưa ra những đặc điểm của phương pháp và cách tính toán các thông số của phương pháp phá đá bằng bột nổ. Các tính toán minh họa số đã được xem xét. Kết quả nghiên cứu có thể sử dụng để phá đá trong khi đào, phá đất đá và san gạt mặt bằng khi xây dựng công trình ở vị trí cụ thể.

**Từ khóa:** đá khối, phá vỡ, bột nổ phá đá, thông số tính toán, khoảng cách giữa hai lỗ khoan.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong quá trình xây dựng công trình ở các vùng có nền đá cứng rắn, nơi có các khối đá mềm côi ở sườn đồi núi ven các công trình giao thông có kích thước lớn thì người ta cần phải phá vỡ khối đá ra thành các khối nhỏ mới có thể đào hố móng, xúc bốc hay san gạt tạo mặt bằng.

Có nhiều phương pháp phá vỡ đá khối thành các khối nhỏ như [1], [2]: phương pháp cưa đá; phương pháp tách chẻ bằng nê (thủ công hay cơ giới); dùng búa đập đá; nổ mìn; dùng bột nổ. Mỗi phương pháp đều có những ưu điểm và nhược điểm khi sử dụng cho một công trình ở một vị trí xây dựng, cụ thể là:

- Phương pháp cưa đá thường dùng khi khai thác đá khối để đảm bảo chất lượng đá khai thác ra (yêu cầu sản phẩm đá khối sau khi khai thác: cần giữ được hoa văn tự nhiên và màu sắc của đá; đảm bảo kích thước lớn nhất có thể; tính liền khối của đá tẩm khi gia công);
- Phương pháp dùng nê thủ công kém hiệu quả và tốn nhiều công sức;
- Phương pháp nê cơ giới cần có thiết bị thủy lực;
- Phương pháp nổ mìn thường được sử dụng và rất có hiệu quả. Tuy nhiên trong nhiều trường hợp không được phép dùng phương pháp nổ mìn phá đá, chẳng hạn khi phá vỡ khối đá nơi có hệ thống điện cao thế, nơi có nhiều người và phương tiện qua lại, nơi có các di tích lịch sử như đền chùa, nơi có các danh lam thắng cảnh, nơi có đập nước hay công trình an ninh quốc phòng,...

Để khắc phục hạn chế của các phương pháp nêu trên có thể sử dụng bột nổ để phá vỡ đá khối. Phương pháp này có thể áp dụng mọi nơi và mang lại hiệu quả khá tốt.

## 2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

### 2.1. Khái quát chung về bột nổ phá đá

Bột nổ phá đá (stone cracking powder) là một loại vật liệu dùng để phá khối đá, khối xây gạch đá và khối bê tông [2] mà không cần dùng chất nổ. Áp suất trương nở của bột tăng dần và lớn hơn 300 KG/cm<sup>2</sup>. Lực kháng kéo của đá và bê tông nhỏ hơn cường độ chịu nén của bột nổ này hàng chục lần. Với đá chỉ khoảng 40÷80 KG/cm<sup>2</sup> và bê tông chỉ từ 20÷40 KG/cm<sup>2</sup>, nên khối đá và bê tông dễ dàng bị tách phá sau khi khoan lỗ và nạp vữa bột nổ phá đá vào [3]



a) Bột nổ Thạch An;

b) Bột nổ Sino-Crack

### H.1. Bột nổ công nghiệp dùng để phá đá, bê tông [3], [4]

Phương pháp này không làm chấn động nền đất, không có đá văng xa, không làm gây tiếng nổ và rung động không khí làm ảnh hưởng đến các công trình và môi trường xung quanh. Hiện nay người ta dùng một số loại bột nổ phá đá (xem hình H.1) như bột nổ CRACKPOW (do Công ty TNHH

Hóa chất Thạch An sản xuất), bột nở Sino-Crack. Quy cách đóng gói: 25 kg/ bao chứa 5 túi nhỏ; mỗi túi nhỏ 5 kg.

## 2.2. Ưu điểm của phương pháp phá đá dùng bột nở

Ưu điểm của phương pháp phá đá dùng bột nở như sau:

- Không gây chấn động nền đất, không tạo sóng xung kích, không có tiếng nổ, không gây ra có bụi và tạo khí độc làm gây ô nhiễm môi trường;
- Có thể định được hướng phá và tách đá theo ý muốn; có thể phá những khối đá có hình dạng theo ý muốn; khối đá được tách ra không bị vết, rạn nứt, hoặc bị vỡ quá vụn; không làm đá văng xa;
- Bột nở còn có thể dùng trong khai thác đá khối làm đá trang trí, ốp lát; để phá bê tông, bê tông cốt thép, khối gạch đá xây khi thi công tại các công trình xây dựng mới hay cải tạo;
- Bột nở tách đá thuộc về loại hàng hóa bình thường; vận chuyển, sử dụng thuận lợi, không cần giấy phép như với vật liệu nổ;
- Sử dụng bột nở để phá, tách đá là công việc đơn giản, không mất nhiều thời gian đào tạo, huấn luyện như thợ nổ mìn; không cần đầu tư thiết bị máy móc đặc biệt.

## 2.3. Quy trình tiến hành phương pháp phá đá bằng bột nở

Sử dụng bột nở để phá đá được tiến hành theo các bước sau: khoan lỗ, trộn bột nở thành vữa, nạp vữa vào lỗ khoan, đập lỗ khoan. Sau một khoảng thời gian nạp vữa vào lỗ khoan thì bột nở tăng thể tích làm phát sinh áp lực tác động vào thành lỗ khoan. Nếu ta bố trí mạng các lỗ khoan thích hợp và tính toán được các thông số công nghệ dùng bột nở thích hợp thì khối đá sẽ bị nứt vỡ thành các phần nhỏ theo ý muốn (xem hình H.2).



H.2. Khối đá bị phá vỡ khi dùng bột nở [2]

- Khoan lỗ khoan và nạp vữa bột nở vào lỗ khoan bố trí các lỗ khoan theo đường dự kiến tách khối đá ra (xem hình H.3a)

- Trộn bột: Sử dụng một bao 5 kg bột nở với 1,5÷2 lít nước lạnh trộn kỹ, đều và nhuyễn sau đó nạp ngay vào lỗ khoan trong khoảng 5÷10 phút sau khi pha trộn (xem hình H.3.b) [4]. Nước trộn cần sạch không lẫn dầu, tạp chất hữu cơ, nhiệt độ khoảng 20 độ, dùng nước lạnh là tốt nhất.



a) Khoan lỗ khoan;

b) Nạp vữa vào lỗ khoan

### H.3. Khoa lỗ khoan và nạp vữa [2], [3]

Dùng thùng chứa dung tích 10-15 lít để trộn một mẻ; thiết bị trộn có thể là máy khoan lắp que trộn có mấu chữ T ở đầu; hay trộn thủ công bằng que có bản rộng 3÷5 cm. Yêu cầu người trộn bột phải được đeo kính bảo hộ, găng tay cao su và khẩu trang.

- Nạp vữa vào lỗ khoan: Làm sạch lỗ khoan trước khi nạp vữa bằng cách thổi khí để đưa phoi khoan và các bụi bẩn khác ra khỏi lỗ khoan. Dùng nạp khi vữa đã nạp vào cách miệng lỗ 30 mm. Nạp vữa vào lỗ khoan cần tiến hành cẩn thận, sao cho vữa được đều và không tạo thành những túi khí trong lỗ (sử dụng gậy nhỏ để chọc xử lý độ rỗng vữa trong lỗ khoan). Với những lỗ nằm ngang, có thể sử dụng bơm vữa lỏng vào hoặc lồng 1 cái phễu mỏng, nhỏ vào trong lỗ, sau đó bơm vữa từ từ vào phễu, đồng thời rút phễu ra khỏi lỗ. Cần nhanh chóng che đậy lỗ lại sau khi nạp vữa.

## 2.4. Tính toán các thông số phá vỡ khối đá bằng bột nở.

### 2.4.1. Khái quát chung

Nạp vữa vào lỗ khoan có đường kính  $D_0$ , chiều sâu nạp là  $L_0$  (thường lấy  $L_0=0,1L$ ,  $L$  là chiều sâu lỗ khoan). Đường kính lỗ khoan nạp vữa ( $D_0$ ) thông thường từ 36÷60mm. Đường kính càng lớn, lực trương nở càng lớn cho nên có thể tăng khoảng cách giữa các lỗ khoan. Đường kính lỗ khoan hợp lý nhất đối với đá tảng là 38mm.



Chiều sâu lỗ khoan (L) phụ thuộc vào loại đá và được lấy như sau: đá tảng (đá mồ côi) bằng 80 % chiều cao khối đá; đá liền khối phân lớp bằng 105 % chiều cao lớp p; bê tông bằng 90 % chiều cao khối bê tông.

Khoảng cách giữa các lỗ khoan phụ thuộc vào loại đá cần phá vỡ, thường dao động trong khoảng 25÷45 cm, đá càng rắn chắc thì khoảng cách càng nhỏ.

Thể tích của vữa ban đầu  $V_0$  nạp vào lỗ khoan được xác định theo công thức:

$$V_0 = 0,25\pi D^2 l_0 \quad (1)$$

Sau thời gian nhất định đã nạp vữa, thể tích vữa sẽ nở làm tăng thể tích lên N lần, tức là thể tích vữa sau trương nở tối đa sẽ là  $V_N = NV_0$ . Nếu không có thành lỗ khoan ngăn chặn thì thể tích vữa  $V_N$  sẽ chứa trong một không gian với lỗ khoan có đường kính là D, xác định trong mối quan hệ như sau:

$$V_N = 0,25\pi D^2 l = NV_0 \quad (2)$$

Như vậy biến dạng của vữa theo phương bán kính của lỗ khoan sẽ là:

$$\epsilon = (D - D_0) / D_0 = (D / D_0) - 1 \quad (3)$$

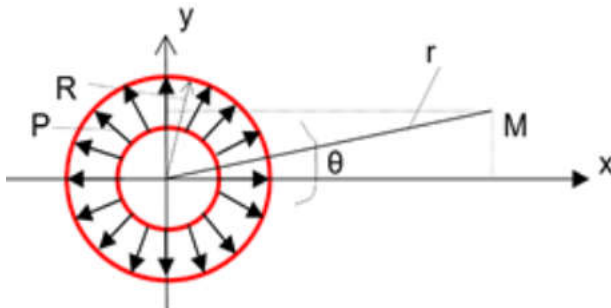
Thay giá trị  $D_0$  và D từ (1) và (2) vào (3) rồi biến đổi cho ta:

$$\epsilon = ((4NV_0 / \pi)^{0.5} / (4V_0 / \pi)^{0.5}) - 1 = (N^{0.5} - 1) \quad (4)$$

Do có thành lỗ khoan ngăn chặn biến dạng nên phát sinh áp lực P trên biên thành lỗ khoan để chống lại biến dạng trên đây. Giá trị ứng suất này có thể tính theo lý thuyết đàn hồi như sau:

$$P = E\epsilon = E(N^{0.5} - 1) \quad (5)$$

Áp lực P được phân bố đều trên biên thành lỗ khoan (xem hình H.4).



H.4. Áp lực P phân bố đều tác động lên thành lỗ khoan

Khi bên trong thành một lỗ khoan tác dụng một áp lực P phân bố đều trên chu vi thì trong khối đá xung quanh lỗ khoan sẽ có sự phân bố một trường ứng suất  $\sigma_r$  (xem hình H.4). Tại vị trí điểm M(r,  $\theta$ )

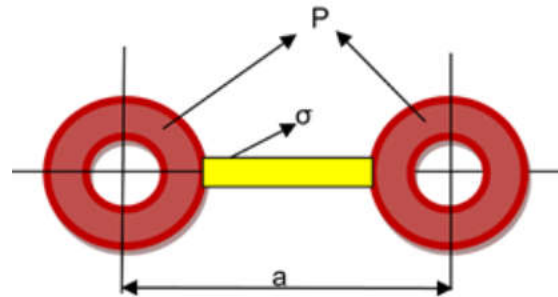
cách tâm lỗ khoan một khoảng r ( với  $r \geq R$  ) thì giá trị  $\sigma_r$  có thể lấy theo công thức gần đúng sau đây [2]:

$$\sigma_r = k_1 k_2 PR / r^2 \quad (6)$$

Theo công thức (6) cho thấy khi  $r=R$  thì  $\sigma_r=P$ , khi r khá lớn thì giá trị ứng suất này khá nhỏ (r tiến tới vô cùng thì  $\sigma_r$  dần tới không);  $k_1$  là hệ số giảm ứng suất do các nguyên nhân thi công, thời tiết nóng trên 20°C, thường lấy  $k_1=0,8-0,9$ ;  $k_2$  là hệ số kể đến đường kính lỗ khoan lớn hơn 32mm và chiều sâu lỗ khoan lớn hơn 1,0m, thường lấy trung bình  $k_2=0,7$ .

#### 2.4.2. Xác định khoảng cách tối ưu giữa hai lỗ khoan

Với khoảng cách giữa hai tâm lỗ khoan 1 và lỗ khoan 2 là a (xem hình H.2).



#### H.2. Tách đá theo đường nối hai tâm lỗ khoan

Tại một điểm N nằm trên đoạn thẳng nối hai tâm lỗ khoan 1 và 2 và cách lỗ khoan thứ nhất một khoảng  $r_1$ , cách lỗ khoan thứ 2 một khoảng  $r_2$  sẽ có ứng suất tổng là [2]:

$$\sigma_{rT} = k_1 k_2 PR (1/r_1^2 + 1/r_2^2) \quad (7)$$

Khi  $r_1=r_2=a/2$  thì giá trị  $\sigma_{rT}$  là nhỏ nhất. Thay  $r_1=r_2=a/2$  vào công thức (7), biến đổi cho ta:

$$\sigma_{rT} = 4 k_1 k_2 PR / a^2 \quad (8)$$

Điều kiện để khối đá có thể bị nứt phá ra là ứng suất tổng tính theo (8) phải lớn hơn hoặc bằng cường độ của khối đá xung quanh lỗ khoan [1], tức là phải thỏa mãn điều kiện sau:

$$\sigma_{rT} = 4 k_1 k_2 PR / a^2 \geq [\sigma] \quad (9)$$

Trong (9):  $[\sigma]$  - cường độ của đá.

Thay giá trị của P từ (5) vào (9) sau đó biến đổi ta nhận được quan hệ sau:

$$\sigma_{rT} = 4 k_1 k_2 RE (N^{0.5} - 1) / a^2 \geq [\sigma] \quad (10)$$

Từ (10) rút ra:

$$a \leq (4 k_1 k_2 RE (N^{0.5} - 1) / [\sigma])^{0.5}, \quad (11)$$

Như vậy ta sẽ lấy:

$$a = (4 k_1 k_2 RE (N^{0.5} - 1) / [\sigma])^{0.5}, \quad (12)$$

Từ (12) cho thấy khoảng cách a giữa hai lỗ khoan phụ thuộc vào mô đun đàn hồi của khối đá, cường độ của khối đá và hệ số tăng thể tích của bột nổ.

### 2.4.3. Lượng bột nổ để phá vỡ 1m<sup>3</sup> đá.

Thể tích vùng đá khối bị phá hủy  $V_{ph}$  do một lỗ khoan tạo ra tính gần đúng sẽ là:

$$V_{ph} = L \cdot a^2, \text{ m}^3, \quad (13)$$

Lượng bột nổ Q nạp vào lỗ khoan là:

$Q = L \cdot \Delta$ , kg, với  $\Delta$  là mật độ bột nổ phân bố cho 1m dài lỗ khoan.

Như vậy lượng bột nổ đơn vị q để phá hủy 1m<sup>3</sup> đá sẽ là:

$$q = Q / V_{ph} = L \cdot \Delta / L \cdot a^2 = \Delta / a^2, \text{ kg/m}^3, \quad (14)$$

Mật độ bột nổ phân bố cho 1m dài lỗ khoan  $\Delta$  phụ thuộc vào loại bột nổ, đường kính lỗ khoan; có thể lấy thực nghiệm hiện trường hay theo Bảng 1.

**Bảng 1. Lượng bột nổ định mức cho 1m dài lỗ khoan [3], [4].**

Loại bột nổ	Mật độ bột nổ cho 1 m dài lỗ khoan $\Delta$ (kg/m) phụ thuộc vào đường kính lỗ khoan			
	36 mm	38 mm	40mm	42mm
Bột nổ High Range Soundless của Trung Quốc	1,6	1,8	2,0	2,2
Bột nổ Sino-Crack của Trung Quốc	1.4	1.6	1.8	2.0
Bột nổ phá đá Trảng An do Việt Nam sản xuất	1,8	2,0	2,2	2,4

### 2.4.4. Tính toán minh họa

Để tính toán minh họa số ta lấy các số liệu sau đây:

Bán kính lỗ khoan  $R = 18\text{mm} = 0,018\text{m}$  ( $D = 2R = 0,036\text{ m}$ );  $[\sigma] = 30\text{ MPa}$ ;  $E = 4.000\text{ MPa}$ ; sử dụng bột nổ Sino-Crack của Trung Quốc; lấy  $k_1 = 0,8$ ;  $k_2 = 0,7$ .

Tính toán: Tra bảng 1 cho  $\Delta = 1,6\text{ kg/m}$ . Thay các giá trị vào (12) ta nhận được:  $a = 46\text{ cm}$ . Thay  $a = 0,46\text{ m}$  và  $\Delta = 1,6\text{ kg/m}$  vào (14) cho ta:  $q = 7,56\text{ kg/m}^3$ .

Kinh nghiệm dùng bột nổ pha đá và bê tông cho thấy chi phí lượng bột nổ cho 1m<sup>3</sup> vật liệu phá vỡ dao động như cho trên Bảng 2.

**Bảng 2. Chi phí lượng bột nổ để phá vỡ 1m<sup>3</sup> vật liệu [3], [4]**

Loại đá cần phá vỡ	Lượng bột nổ tách đá cho 1 m <sup>3</sup> , kg/m <sup>3</sup>		
	Bột nổ High Range Soundless của Trung Quốc	Bột nổ Sino-Crack của Trung Quốc	Bột nổ phá đá Trảng An do Việt Nam sản xuất
Đá mềm	5÷8	4÷6	6÷7
Đá cứng trung bình	8÷12	6÷10	7÷11
Đá rất cứng	12÷20	10÷15	11÷16
Bê tông thường	5÷8	5÷10	6÷12
Bê tông cốt thép	10÷25	10÷20	12÷22

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Một trong các phương pháp phá vỡ đá khối thành các khối nhỏ trong khai thác mỏ, trong xây dựng công trình là sử dụng bột nổ. Trong một số điều kiện môi trường và vị trí nơi xây dựng công trình không cho phép dùng phương pháp nổ mìn thì đây là phương pháp khả thi, hiệu quả và đơn giản.

Các loại bột nổ sử dụng hiện nay đều đáp ứng yêu cầu sử dụng với các ưu điểm về nhiều mặt.

Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng các thông số quan trọng trong quy trình công nghệ sử dụng bột nổ phá vỡ đá khối hay bê tông là khoảng cách tối ưu giữa hai lỗ khoan a (m) và chi phí lượng bột nổ để phá vỡ 1 m<sup>3</sup> đá khối q (kg/m<sup>3</sup>).

Khoảng cách giữa hai lỗ khoan a (m) phụ thuộc vào giới hạn bền của đá khối, đường kính lỗ khoan và hệ số trương nở thể tích của vữa bột nổ. Khi đá có cường độ lớn thì khoảng cách giữa hai lỗ khoan sẽ nhỏ hơn; nếu hệ số trương nở thể tích càng lớn thì áp lực phá vỡ càng tăng và do đó có thể tăng khoảng cách giữa hai lỗ khoan.

Chi phí lượng bột nổ q (kg/m<sup>3</sup>) để phá vỡ 1m<sup>3</sup> vật liệu (đá khối, bê tông,..) dao động trong khoảng từ 4 kg đến 25 kg. Giá trị q phụ thuộc không chỉ vào loại bột nổ mà còn phụ thuộc vào định mức lượng thuốc cho một mét dài lỗ khoan, vào độ bền của vật liệu cần phá và vào đường kính của lỗ khoan. Khi đá cứng thì lượng bột nổ q tăng lên và ngược lại.

## 4. KẾT LUẬN

Có nhiều phương pháp phá vỡ khối đá trong xây dựng và khai thác mỏ. Khi phương pháp nổ mìn không thể tiến hành được và các phương pháp



khác có nhiều nhược điểm thì phương pháp phá vỡ khối đá bằng bột nở là khả thi và mang lại hiệu quả.

Nguyên lý của phương pháp phá vỡ khối đá bằng bột nở là tạo ra nội ứng suất trong khối đá do thể tích bột nở tăng lên khi pha trộn với nước và nạp vữa vào lỗ khoan.

Đã đưa ra các quy trình thi công phá vỡ khối đá bằng bột nở theo các bước như sau: khoan lỗ,

trộn bột nở thành vữa, nạp vữa vào lỗ khoan, đập lỗ khoan.

Đã tính toán được khoảng cách tối ưu giữa hai lỗ khoan để nạp vữa  $a$  theo công thức (12) và tính toán minh họa số cho thấy phù hợp với thực tiễn.

Đã đưa ra công thức tính chi phí bột nở  $q$  để phá vỡ  $1\text{m}^3$  đá theo công thức (14) và tính toán minh họa số cho kết quả phù hợp thực tiễn □

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nhữ Văn Bách (2003). Nâng cao hiệu quả phá vỡ đất đá bằng nổ mìn trong khai thác mỏ. Nhà xuất bản Giao thông Vận tải. Hà Nội
2. Nguyễn Xuân Mãn (2009). Khai thác đá khối. Tài liệu Bồi dưỡng Giám đốc điều hành mỏ. Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh. Tp. Hồ Chí Minh
3. Bột nở tách đá Sino-Crack < <https://hanoichem.vn/products/sino-crack-bot-no-tach-da> >
4. Bột nở tách đá < <http://www.hoachatjsc.com/p/6416/bot-no-pha-da> >

## USE CRACKING POWDER TO BREAK THE ROCK BLOCK

Nguyen Xuan Man, Nguyen Duyen Phong

### ABSTRACT

*In construction, it is necessary to dig, fill, level the face ground. When the foundation is hard rock, or large orphan rock, it is necessary to cause the rock mass to split into small blocks. The article presents a method of breaking rock with baking powder. The characteristics of the method and how to calculate the parameters of the rock breaking method with baking powder were given. Numerical illustration calculations were considered. Research results can be used to break rocks during excavation, backfilling or leveling when constructing works in specific locations.*

**Keywords:** block rock, breaking, rock breaking powder, calculated parameters, space between two drill holes.

**Ngày nhận bài:** 20/4/2021;

**Ngày gửi phản biện:** 25/4/2021;

**Ngày nhận phản biện:** 9/5/2021;

**Ngày chấp nhận đăng:** 15/6/2021.

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