

ỨNG DỤNG BÀI TOÁN BOUSINESSQ ĐỂ XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ CỦA ĐẦU ĐẬP THỦY LỰC KHI PHÁ VỠ ĐẤT ĐÁ TRÊN MỎ LỘ THIÊN

ThS. NGUYỄN HOÀNG, PGS.TS. BÙI XUÂN NAM
Trường Đại học Mỏ-Địa chất

Trên các mỏ lộ thiên hiện nay, có rất nhiều phương pháp phá vỡ đất đá như: phá vỡ đất đá bằng đồng bộ khoan-nổ mìn, bằng cơ giới, bằng vật lý, bằng hóa học, bằng sức nước,... Hầu hết các mỏ lộ thiên tại Việt Nam đều sử dụng phá vỡ đất đá bằng phương pháp khoan-nổ mìn và hiệu quả của việc phá vỡ đất đá bằng phương pháp khoan-nổ mìn là không thể phủ nhận. Tuy nhiên, tại một số mỏ lộ thiên có khu vực khai thác nằm gần khu vực dân cư, gần các công trình di tích lịch sử cần bảo vệ... thì đôi khi việc sử dụng phương pháp phá vỡ đất đá bằng khoan-nổ mìn là không khả thi. Lúc này, nếu không sử dụng các phương pháp khác thì biên giới mỏ sẽ bị thu hẹp lại, gây tổn thất tài nguyên khoáng sản có ích trong lòng đất, thiệt hại về kinh tế cho mỏ.

Do vậy, trong trường hợp này, sử dụng đầu đập thủy lực là giải pháp tối ưu. Nội dung bài báo giới thiệu việc áp dụng bài toán Bousinessq để xác định và mô phỏng quá trình phá vỡ đất đá trực tiếp trên tầng của đầu đập thủy lực trên các mỏ lộ thiên.

1. Các sơ đồ phá vỡ đất đá trên tầng khi sử dụng đầu đập thủy lực

Đầu đập thủy lực về cơ bản có cấu tạo giống như máy xúc thủy lực gầu ngược, nhưng tại vị trí gầu xúc được thay bằng các đầu choòng để phá vỡ đất đá. Do có cấu tạo tương tự máy xúc thủy lực gầu ngược nên quỹ đạo làm việc của đầu đập thủy lực là rất rộng và linh hoạt. Đầu đập thủy lực có thể đứng ở mặt tầng dưới và phá vỡ trực tiếp đất đá ở mặt tầng trên, đứng ở mặt tầng trên phá vỡ trực tiếp đất đá mặt tầng dưới hoặc phá vỡ đất đá cùng mức máy đứng. Các sơ đồ công nghệ khả thi khi sử dụng đầu đập thủy lực để phá vỡ đất đá trực tiếp trên tầng như sau [1]:

a. Đầu đập thủy lực đứng ở tầng dưới, phá vỡ trực tiếp đất đá ở tầng trên, chất tải bằng máy bốc với gương dọc tầng, vận tải bằng ô tô;

b. Đầu đập thủy lực đứng ở tầng dưới, phá vỡ trực tiếp đất đá ở tầng trên, chất tải bằng máy bốc với gương bên hông, vận tải bằng ô tô;

c. Đầu đập thủy lực đứng ở tầng dưới, phá vỡ trực tiếp đất đá ở tầng trên, chất tải bằng máy xúc với gương dọc tầng, vận tải bằng ô tô;

d. Đầu đập thủy lực đứng ở tầng dưới, phá vỡ trực tiếp đất đá ở tầng trên, chất tải bằng máy xúc với gương bên hông, vận tải bằng ô tô;

e. Đầu đập thủy lực đứng ở tầng trên, phá vỡ trực tiếp đất đá ở tầng dưới, chất tải bằng máy bốc với gương dọc tầng, vận tải bằng ô tô;

f. Đầu đập thủy lực đứng ở tầng trên, phá vỡ trực tiếp đất đá ở tầng dưới, chất tải bằng máy bốc với gương bên hông, vận tải bằng ô tô;

g. Đầu đập thủy lực đứng ở tầng trên, phá vỡ trực tiếp đất đá ở tầng dưới, chất tải bằng máy xúc với gương dọc tầng, vận tải bằng ô tô;

h. Đầu đập thủy lực đứng ở tầng trên, phá vỡ trực tiếp đất đá ở tầng dưới, chất tải bằng máy xúc với gương bên hông, vận tải bằng ô tô;

i. Đầu đập thủy lực đứng ở mặt tầng phá vỡ đất đá trực tiếp cùng mức máy đứng, chất tải bằng máy bốc với gương dọc tầng, vận tải bằng ô tô;

j. Đầu đập thủy lực đứng ở mặt tầng phá vỡ đất đá trực tiếp cùng mức máy đứng, chất tải bằng máy bốc với gương bên hông, vận tải bằng ô tô;

k. Đầu đập thủy lực đứng ở mặt tầng phá vỡ đất đá trực tiếp cùng mức máy đứng, chất tải bằng máy xúc với gương dọc tầng, vận tải bằng ô tô;

l. Đầu đập thủy lực đứng ở mặt tầng phá vỡ đất đá trực tiếp cùng mức máy đứng, chất tải bằng máy xúc với gương bên hông, vận tải bằng ô tô.

2. Áp dụng bài toán Bousinessq xác định nguyên lý phá vỡ đất đá của đầu đập thủy lực

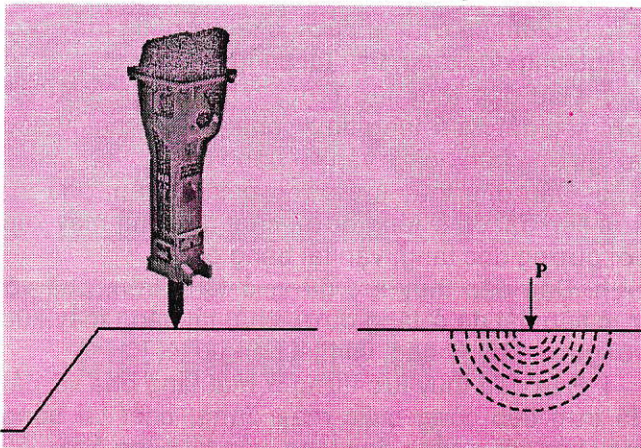
Khi sử dụng đầu đập thủy lực để phá vỡ đất đá trực tiếp trên tầng sẽ tạo ra các ứng suất và đất đá sẽ bị phá vỡ bởi các ứng suất được sinh ra này.

Ứng suất là cường độ của nội lực trên một đơn vị diện tích:

$$\vec{p} = \lim \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta F} \quad (1)$$

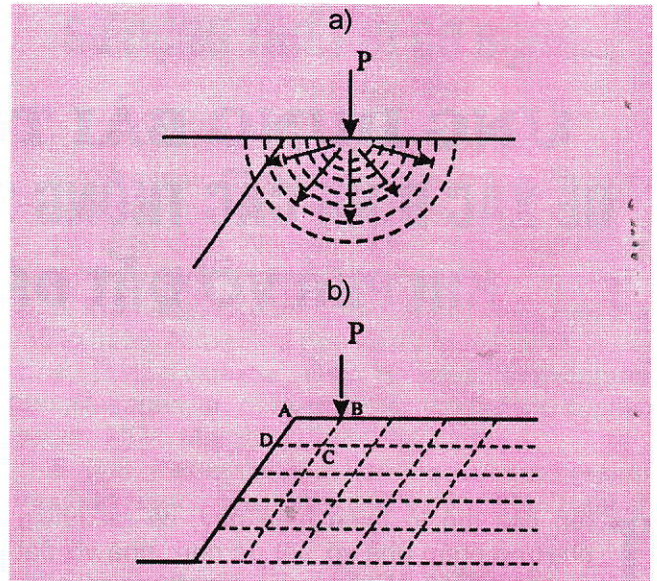
Xét một điểm M thuộc nền đất và có độ sâu là z, chịu tác dụng của một ngoại lực P trên mặt đất thì điểm M sẽ chịu một áp lực tác dụng lên nó và sinh ra ứng suất tại điểm M [2].

Giả thiết, xem như mặt tầng là một bán không gian vô hạn, môi trường đất đá cần phá vỡ trên tầng là đồng nhất, đẳng hướng và quan hệ giữa ứng suất và biến dạng là quan hệ tuyến tính theo lý thuyết đàn hồi, lực tác dụng lên bề mặt theo phương thẳng đứng và vuông góc với bề mặt tác dụng. Khi đầu đập thủy lực phá vỡ đất đá trên mặt tầng, đầu chèo sẽ tác dụng lên đất đá một ngoại lực tập trung P và sinh ra các ứng suất nén lan tỏa trong đất đá và càng ra xa thì ứng suất càng giảm dần (H.1). Khi gặp bề mặt cản (sườn tầng) thì các ứng suất nén lan tỏa này tác dụng lên bề mặt cản và tạo ra các ứng suất phản xạ (ứng suất kéo) tác dụng ngược trở lại (hình H.2.a). Khi ứng suất nén thẳng được độ bền giới hạn của ứng suất kéo thì bề mặt cản sẽ bị phá vỡ, tức là $\sigma_n > [\sigma_k]$.



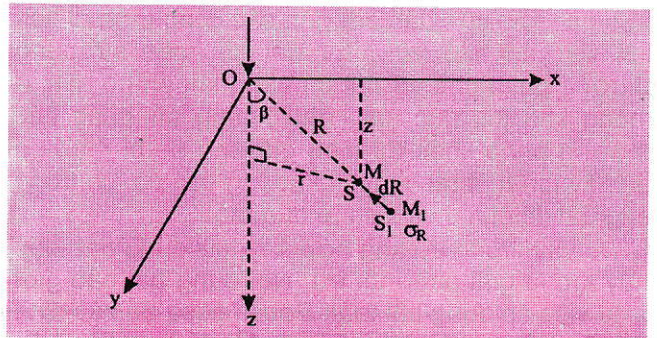
H.1. Ứng suất sinh ra khi tác dụng ngoại lực tập trung, thẳng đứng trên mặt phẳng đồng nhất

Xét vi khối ABCD (hình H.2.b), khi đặt một ngoại lực tập trung tác dụng tại điểm B sẽ sinh ra ứng suất lan tỏa trong đất đá và trong vi khối ABCD này thì tại điểm D ứng suất tác dụng là nhỏ nhất do bán kính tác dụng DB lớn nhất. Như vậy, nếu như ứng suất sinh ra đủ lớn để phá vỡ đất đá tại điểm D thì lúc đó vi khối ABCD cũng sẽ bị phá vỡ. Tác giả đi khảo sát một điểm M trong hệ tọa độ không gian và cho M trùng với D, xác định ứng suất nén σ_n sinh ra tại điểm M và kiểm tra theo điều kiện $\sigma_n > [\sigma_k]$ để xác định lực P cần thiết phá vỡ vi khối ABCD (H.2).



H.2. Ứng suất sinh ra khi gặp bề mặt cản

Khảo sát điểm M bất kỳ dưới tác dụng của ngoại lực P, đặt tại điểm O theo bài toán Boussinesq, ứng suất do P gây ra tại điểm M trong đất đá có tọa độ (r, z), bán kính R và góc β trong hệ tọa độ cực (H.3).



H.3. Xác định ứng suất điểm M do lực tập trung P gây ra

Chuyển vị của điểm M được xác định:

$$S = A \cdot \frac{\cos \beta}{R} \quad (2)$$

Trong đó: A - Hệ số tỉ lệ.

Giả sử điểm M chuyển vị đến M_1 thì bán kính R lúc này là $(R+dR)$ như trên hình H.3 và chuyển vị của M_1 sẽ được xác định:

$$S_1 = A \cdot \frac{\cos \beta}{R + dR} \quad (3)$$

Biến dạng tương đối e_R của đoạn dR lúc này là:

$$e_R = \frac{S - S_1}{dR} = \frac{A \cdot \cos \beta}{dR} \cdot \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R + dR} \right) = \frac{A \cdot \cos \beta}{dR} \cdot \left(\frac{dR}{R(R + dR)} \right) = \frac{A \cdot \cos \beta}{R \cdot (R + dR)} = \frac{A \cdot \cos \beta}{R^2} \quad (4)$$

Vi $(R \cdot dR) \ll R^2$, nên ta coi $dR \approx 0$.

Mặt khác, theo giả thiết, ứng suất và biến dạng có quan hệ tuyến tính, áp dụng định luật Hooke ta có:

$$\sigma_R = B \cdot e_R = B \cdot \frac{A \cdot \cos\beta}{R^2} \quad (5)$$

Trong đó: B - Hệ số tỉ lệ.

Dựa vào điều kiện cân bằng tĩnh học để xác định A và B. Xét 1 bán cầu ta có:

$$R = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (6)$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (7)$$

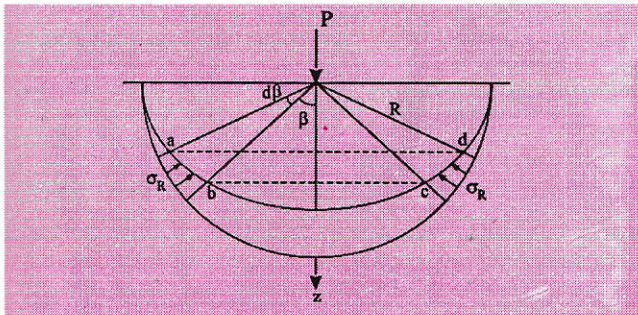
Tại đây: R - Khoảng cách từ M tới lực tác dụng P; r - Khoảng cách vuông góc tính từ M tới trục OZ.

Với điều kiện cân bằng tĩnh là:

$$P - \int_0^{\pi/2} \sigma_R \cdot \cos\beta \cos\alpha \sin\beta \, d\beta = 0 \quad (8)$$

Với dF là diện tích đai tròn abcd như hình H.4 và dF được xác định:

$$dF = 2\pi R \cdot \sin\beta \cdot R \cdot d\beta \quad (9)$$



H.4. Cân bằng tĩnh học của ứng suất

Ứng với số gia dβ, xem σR phân bố đều và tổng hợp $\sum \sigma_R = P$ (tải trọng ngoài). Thay (5), (9) vào (8) ta có:

$$P - \int_0^{\pi/2} B \cdot \frac{A \cdot \cos\beta}{R^2} \cdot \cos\beta \cos\alpha \sin\beta \cdot 2\pi R \sin\beta \, d\beta = 0 \quad (10)$$

$$\Leftrightarrow P - \frac{2\pi}{3} \cdot AB = 0 \Rightarrow AB = \frac{3P}{2\pi} \quad (11)$$

Thay (11) vào (5) ta có:

$$\sigma_R = \frac{3P}{2\pi} \cdot \frac{\cos\beta}{R^2} \quad (12)$$

Chiếu σR lên 3 trục ta có:

❖ Ứng suất pháp:

$$\sigma_z = \frac{3P}{2\pi} \cdot \frac{z^3}{R^5} \quad (13)$$

$$\sigma_x = \frac{3P}{2\pi} \cdot \left\{ \frac{z \cdot x^2}{R^5} + \frac{1-2\mu}{3} \cdot \left[\frac{R^2 - Rz - z^2}{R^3(R+z)} - \frac{x^2(2R+z)}{R^3(R+z)^2} \right] \right\} \quad (14)$$

$$\sigma_y = \frac{3P}{2\pi} \cdot \left\{ \frac{z \cdot y^2}{R^5} + \frac{1-2\mu}{3} \cdot \left[\frac{R^2 - Rz - z^2}{R^3(R+z)} - \frac{y^2(2R+z)}{R^3(R+z)^2} \right] \right\} \quad (15)$$

Với: σz - Ứng suất nén; σx - Ứng suất kéo; σy - Ứng suất cắt.

❖ Ứng suất tiếp:

$$\tau_{zy} = -\frac{3P}{2\pi} \cdot \frac{yz^2}{R^5} \quad (16)$$

$$\tau_{zx} = -\frac{3P}{2\pi} \cdot \frac{xz^2}{R^5} \quad (17)$$

$$\tau_{xy} = -\frac{3P}{2\pi} \cdot \left[\frac{xyz}{R^5} - \frac{1-2\mu}{3} \cdot \frac{xy(2R+z)}{R^3(R+z)^2} \right] \quad (18)$$

Với μ là hệ số nở hông (hay còn gọi là hệ số Poát-xông) và được xác định qua các thí nghiệm nén mẫu thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Hệ số nở hông μ của đất đá [3]

Loại đất đá	Hệ số nở hông μ
Đất đá cứng	0,1÷0,3
Cát	0,25÷0,3
Sét cứng	0,2÷0,3
Á sét	0,33÷0,37
Sét dẻo	0,38÷0,45

Trong thực tế tính toán σz thường được dùng rất phổ biến nên σz thường được viết dưới dạng:

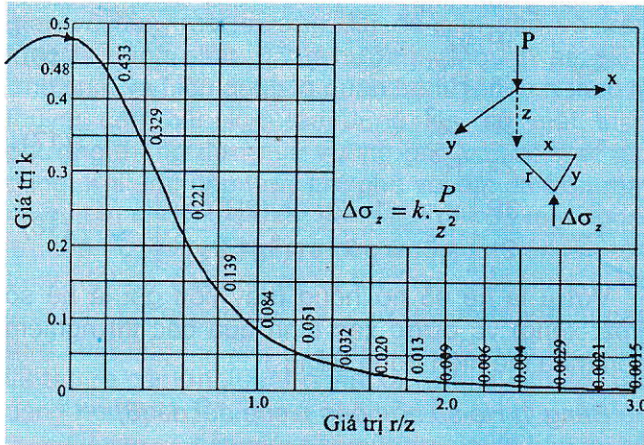
$$\sigma_z = k \cdot \frac{P}{z^2} \quad (19)$$

Trong đó: k - Hệ số phụ thuộc vào (r/z) và được xác định theo đồ thị H.5.

Như vậy, sau khi xác định được ứng suất nén σn do ngoại lực tập trung gây ra, ta kiểm tra lại điều kiện phá vỡ đất đá dưới tác dụng của ngoại lực tập trung này. Nếu σn > [σk] thì đất đá bị phá vỡ theo kết quả của bài toán Bousinessq mà tác giả đã tính toán ở trên với [σk] được xác định theo từng loại đất đá cụ thể.

Tuy nhiên, theo nguyên lý hoạt động của đầu đập thủy lực thì ngoài các thông số kỹ thuật và thông số làm việc của đầu đập thủy lực còn có tần số đập của đầu đập thủy lực. Tần số đập là số lần lặp lại quá trình đập của đầu đập thủy lực trong một đơn vị thời gian. Với trọng lượng búa, áp lực đầu chòong, lực đập... không đổi nên ứng suất nén sinh ra cũng không đổi, tác dụng liên tục vào đất đá và lúc này đất đá bị phá vỡ chủ yếu do cơ chế mỏi.

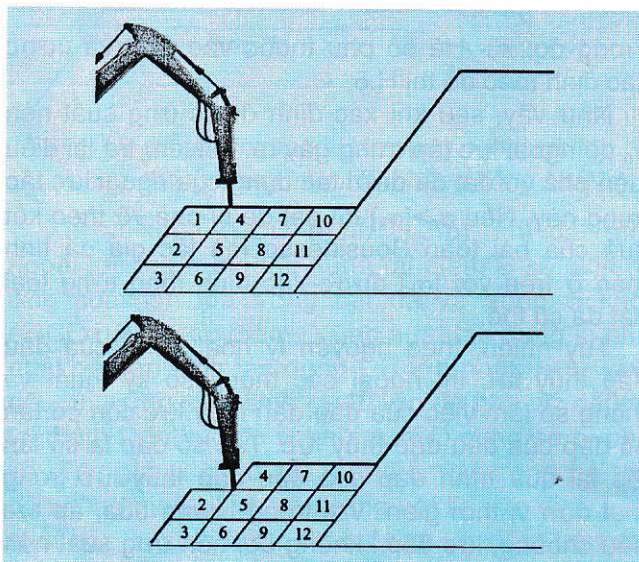
Rõ ràng, về mặt định tính thì tần số đập càng cao đất đá phá vỡ sẽ càng hiệu quả; tức là hiệu quả phá vỡ đất đá tỉ lệ thuận với tần số đập. Do vậy, người ta sẽ tính toán để giảm ngoại lực tác dụng, đồng nghĩa với việc giảm ứng suất nén do ngoại lực tập trung gây ra và tăng tần số đập để đất đá bị phá vỡ theo cơ chế mỏi (theo bài toán dao động cưỡng bức) đảm bảo yêu cầu phá vỡ đất đá hiệu quả và tối ưu hóa các khâu kinh tế-kỹ thuật.



H.5. Đồ thị xác định hệ số k theo r/z đối với tải trọng tập trung

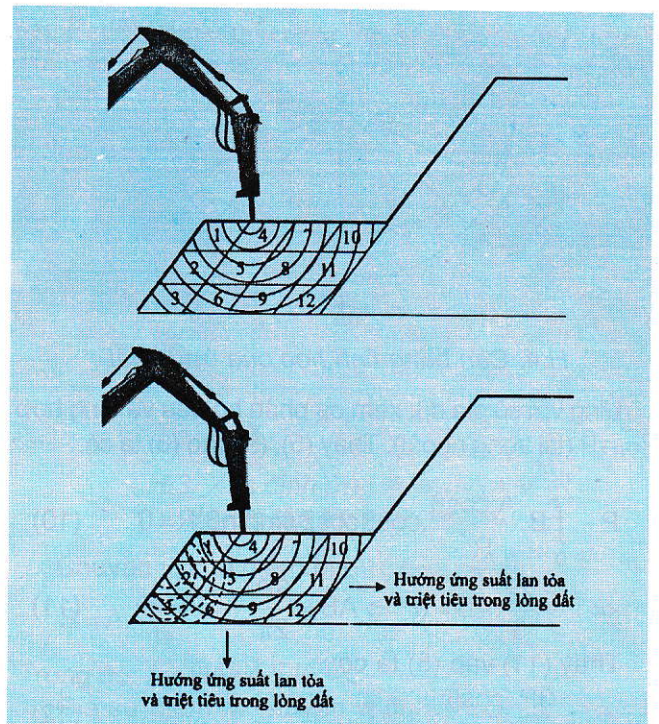
3. Mô hình hóa nguyên lý và quy trình phá vỡ đất đá trên tầng của đầu đập thủy lực theo kết quả của bài toán Bousinessq

Từ các kết quả tính toán theo bài toán Bousinessq trên, tác giả sử dụng ứng dụng 3D Max để mô phỏng, minh họa nguyên lý và quá trình phá vỡ đất đá trên tầng của đầu đập thủy lực. Thứ tự phá vỡ đất đá trên tầng được thực hiện như H.6.



H.6. Thứ tự phá vỡ đất đá trên tầng sử dụng đầu đập thủy lực

Khi phá vỡ đất đá trên tầng, do chiều rộng mặt tầng rộng, chiều cao tầng lớn nên ứng suất lan tỏa rộng và càng ra xa thì ứng suất càng giảm. Ở lần đập đầu tiên, khi đầu chèo tác dụng lên bề mặt đất đá trên tầng một lực P, sẽ sinh ra sóng ứng suất lan tỏa trong đất đá, và càng ra xa thì sóng ứng suất càng giảm dần. Khi gặp bề mặt cạnh (sườn tầng) sẽ tạo thành sóng phản xạ truyền lại. Nếu ngừng tác dụng lực, theo nguyên lý đàn hồi của đất đá, đất đá có thể khôi phục lại một phần hoặc toàn bộ hình dạng, trạng thái ban đầu trên tầng tùy theo tính chất cơ lý của từng loại đất đá cụ thể. Nhưng nếu tiếp tục tác dụng một lực P ngay sau lần đập thứ nhất, sóng ứng suất sẽ tiếp tục sinh ra và lan tỏa trong đất đá. Lúc này, nó gặp sóng phản xạ của lần đập thứ nhất và xảy ra hiện tượng giao thoa sóng ứng suất. Và nếu cứ tiếp tục tác dụng lên bề mặt đất đá trên tầng liên tục với tần số n trong thời gian dài thì đất đá sẽ bị phá vỡ, tách ra khỏi tầng theo cơ chế mỏi.

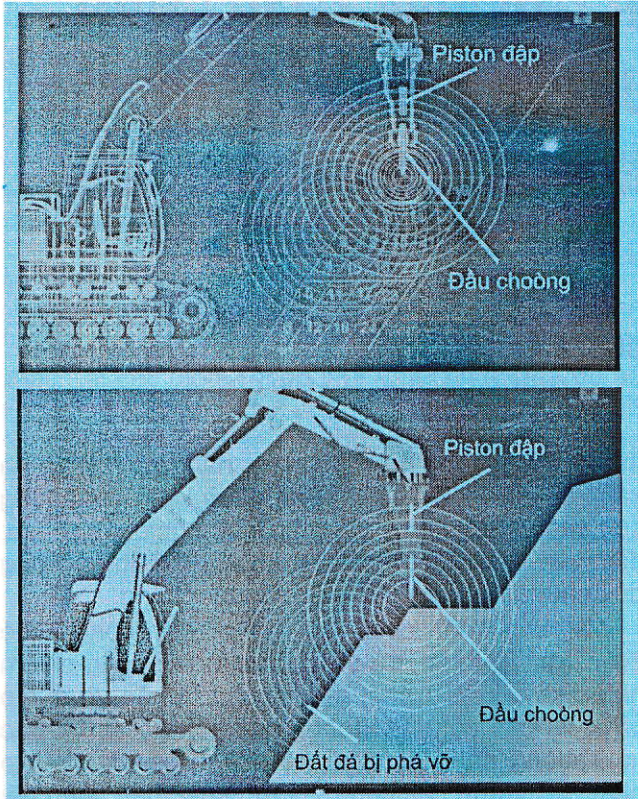


H.7. Sóng ứng suất và sóng phản xạ sinh ra khi phá vỡ đất đá trực tiếp trên tầng bằng đầu đập thủy lực

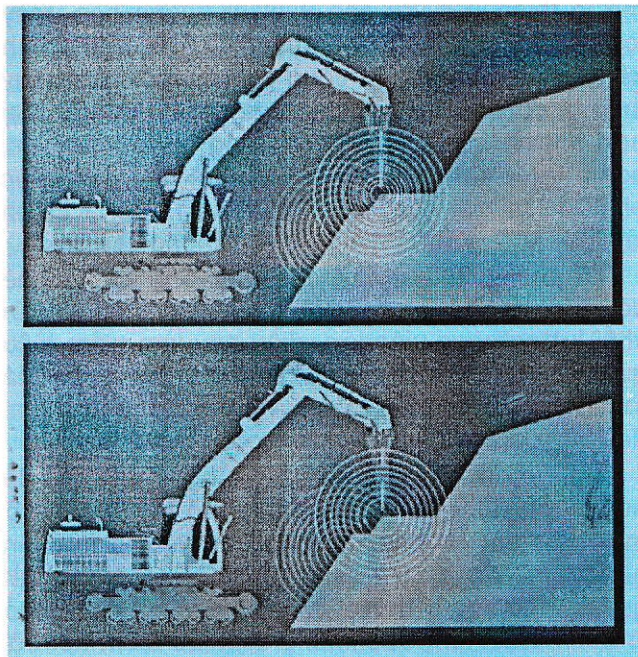
Ngoài các yếu tố về lực dọc trực sinh ra từ piston đập, tần số đập của piston tác dụng lên đầu chèo thì số mặt tự do của đất đá cũng có ảnh hưởng rất lớn tới hiệu quả phá vỡ đất đá của đầu đập thủy lực. Và rõ ràng với bề mặt đất đá có càng nhiều mặt tự do thì càng dễ phá vỡ.

Các hình H.7, H.8 và H.9 giới thiệu: sóng ứng suất và sóng phản xạ sinh ra khi phá vỡ đất đá trực tiếp trên tầng bằng đầu đập thủy lực và mô phỏng

nguyên lý và quá trình phá vỡ đất đá trực tiếp của đầu đập thủy lực theo kết quả của bài toán Bousinessq.



H.8. Mô phỏng nguyên lý phá vỡ đất đá của đầu đập thủy lực theo kết quả của bài toán Bousinessq



H.9. Mô phỏng quá trình phá vỡ đất đá trực tiếp trên tầng bằng đầu đập thủy lực theo kết quả của bài toán Bousinessq

4. Kết luận

Từ các kết quả nghiên cứu về nguyên lý làm việc cũng như nguyên lý phá hủy đất đá của đầu đập thủy lực, có thể thấy đầu đập thủy lực làm việc rất hiệu quả trong những trường hợp không thể sử dụng phương pháp khoan-nổ mìn để phá vỡ đất đá trên các mỏ lộ thiên.

Cùng với việc nghiên cứu ứng dụng bài toán Bousinessq và áp dụng kết quả của bài toán Bousinessq, cho phép tính toán các thông số của đầu đập thủy lực phù hợp với tính chất cơ lý của đất đá sẽ mang lại hiệu quả cao về kinh tế-kỹ thuật để từ đó lựa chọn loại đầu đập hợp lý cho từng mỏ với từng điều kiện cụ thể khác nhau, nâng cao hiệu quả sử dụng thiết bị cơ giới trong khai thác mỏ lộ thiên, bảo vệ môi trường và phát triển bền vững. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bùi Xuân Nam, Nguyễn Phụ Vụ. Các phương pháp chuẩn bị đất đá bằng cơ giới trong khai thác mỏ lộ thiên. Bài giảng cao học ngành Khai thác mỏ lộ thiên. Trường Đại học Mỏ-Địa chất. 2010.
2. Cao Văn Chí, Đặng Văn Cương. Giáo trình cơ học đất. Trường Đại học Thủy lợi. 2005.
3. Một số tài liệu tham khảo trên internet.

Người biên tập: Hồ Sĩ Giao

SUMMARY

At present, a variety of methods are used to break rock in surface mines such as: drilling-blasting, mechanize, physical, chemical or hydraulicking, etc. Most of open pit mines in Vietnam are used drilling-blasting method to break rock and the result of it is high. However, in several surface mines have extraction sites in close the residential area, historic monuments, etc, sometimes the drilling-blasting method is not effective. At that period, if do not use other methods to break rock, the boundary of open pit mine will be narrowed, loss of enviromental resources and damage to economic. In this case, the author proposed the breaking rock method is using hydraulic breaker (hydraulic hammer) and apply the results of the Bousinessq mathematical problem to determine and simulate about breaking rock processing of hydraulic breaker in open pit mines.