

ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ THÔNG SỐ LÀM VIỆC ĐẾN QUÁ TRÌNH KHOAN CỦA KHOAN XOAY ĐẬP

EFFECTS OF SOME WORKING PARAMETERS ON DRILLING PROCESS OF THE ROTARY PERCUSSIVE DRILLING

Lưu Minh Hùng¹,
Lê Trọng Cường¹, Bùi Văn Hải^{2,*}

TÓM TẮT

Trên cơ sở kết quả nghiên cứu quá trình làm việc của thiết bị khoan xoay đập bài báo tiến hành khảo sát ảnh hưởng của một số thông số làm việc đến quá trình khoan của máy khoan xoay đập. Với kết quả thu được, cho phép đánh giá mức độ ảnh hưởng của các thông số đến quá trình khoan, từ đó đưa ra các lựa chọn thông số làm việc hợp lý cho máy khoan xoay đập làm việc đạt hiệu quả cao.

Từ khóa: Khoan xoay đập, đá cứng, phá hủy đá.

ABSTRACT

Based on the results of working process study of rotary drilling equipment, the article examines the influence of some parameters on the drilling process of rotating drilling. With the results obtained, it is possible to assess the impact of the parameters on the drilling process, thereby providing reasonable working parameters for the most efficient drilling machine.

Keywords: Rotary percussive drilling, hard rock, rock destruction.

¹Học Viện Kỹ thuật Quân sự

²Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: haihang08@gmail.com

Ngày nhận bài: 20/8/2018

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 20/11/2018

Ngày chấp nhận đăng: 25/12/2018

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

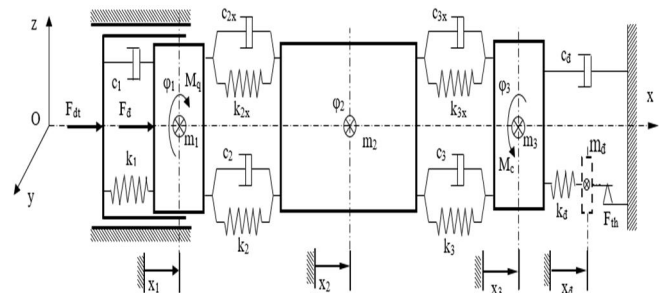
Phương pháp khoan xoay - đập đạt hiệu quả cao nhất khi khoan các loại đá có độ cứng cao như đá sa thạch, đá vôi, đá granit,... Với một thiết bị khoan xác định thì năng suất của thiết bị khoan đá phụ thuộc vào các thông số làm việc khi biết trước cơ tính của đá. Phát triển hoàn thiện thiết bị khoan đá xoay - đập ngày càng được nhiều nhà khoa học quan tâm nghiên cứu. Việc nghiên cứu ảnh hưởng của thông số làm việc đến quá trình khoan chính là cơ sở để xác định các thông số làm việc một cách hợp lý của thiết bị khoan xoay đập.

Trong khuôn khổ của bài báo, nhóm tác giả tập trung nghiên cứu ảnh hưởng của một số thông số làm việc của thiết bị khoan xoay đập như vận tốc xoay, tần số và lực đập, tốc độ dẫn tiến đến quá trình khoan. Xuất phát từ đặc điểm

của mô hình tính toán [3] và các tham số có quan hệ, tác động qua lại lẫn nhau, nên để đánh giá mức độ ảnh hưởng của từng tham số tới khả năng khoan của thiết bị, tác giả chọn phương pháp khảo sát mức độ ảnh hưởng độc lập của từng tham số. Phạm vi khảo sát của các tham số nằm trong khoảng biến thiên có thể của tham số đó được xác định theo đặc tính của thiết bị.

2. MÔ HÌNH TÍNH TOÁN THIẾT BỊ KHOAN XOAY - ĐẬP

Coi đá là môi trường đàn - nhớt, dẻo. Trục nối then, mũi khoan là những vật rắn tuyệt đối, chông khoan chỉ bị xoắn mà không bị biến dạng dọc. Tổn thất năng lượng trên ống nối trục then với chông khoan không đáng kể. Ứng dụng lý thuyết cơ học hệ nhiều vật để mô hình hóa thiết bị khoan, mô hình của khoan xoay đập như hình 1.



Hình 1. Mô hình động lực học khoan xoay đập

Trong đó: F_d - Lực đập của Pit tông; F_{dt} - Lực dẫn tiến chông khoan; F_{th} - Ngưỡng phá hủy của đá; M_q - Mô men quay chông khoan; M_c - Mô men cản tại đầu mũi khoan; m_1 - Khối lượng của chuôi búa khoan; m_2 - Khối lượng của chông khoan; m_3 - Khối lượng của mũi khoan; m_d - Khối lượng của đá bị phá hủy; x_1 - Tọa độ trọng tâm của chuôi búa khoan; x_2 - Tọa độ trọng tâm của chông khoan; x_3 - Tọa độ trọng tâm của mũi khoan; x_d - Tọa độ trọng tâm của đá bị phá hủy; φ_1 - Góc quay của chuôi búa khoan; φ_2 - Góc quay của chông khoan; φ_3 - Góc quay của mũi khoan; c_1 - Hệ số cản nhớt của piston giảm chấn; k_1 - Hệ số độ cứng của piston giảm chấn; c_2, c_3 - Hệ số cản nhớt của mối ghép ren; k_2, k_3 - Hệ số độ cứng của mối ghép ren; c_{2x}, c_{3x} - Các hệ số cản nhớt do biến dạng xoắn; k_{2x}, k_{3x} - Các hệ số độ cứng chống xoắn; c_d - Hệ số cản nhớt của đá; k_d - Hệ số độ cứng của đá.

Áp dụng phương trình Lagrange loại II cho cơ hệ gồm chuỗi búa, chèo khoan và mũi khoan, phương trình vi phân chuyển động của hệ:

$$\begin{cases} m_1 \ddot{x}_1 + (c_1 + c_2) \dot{x}_1 - c_2 \dot{x}_2 + (k_1 + k_2)x_1 - k_2 x_2 = F_{dt} + F_{\bar{n}} \\ m_2 \ddot{x}_2 - c_2 \dot{x}_1 + (c_2 + c_3) \dot{x}_2 - c_3 \dot{x}_3 - k_2 x_1 + (k_2 + k_3)x_2 - k_3 x_3 = 0 \\ m_3 \ddot{x}_3 - c_3 \dot{x}_2 + (c_3 + c_{\bar{n}}) \dot{x}_3 - k_3 x_2 + k_3 x_3 = F_c^{\bar{n}} - F_k^{\bar{n}} \\ J_1 \ddot{\varphi}_1 + c_{2x} \dot{\varphi}_1 - c_{2x} \dot{\varphi}_2 + k_{2x} \varphi_1 - k_{2x} \varphi_2 = M_q \\ J_2 \ddot{\varphi}_2 - c_{2x} \dot{\varphi}_1 + (c_{2x} + c_{3x}) \dot{\varphi}_2 - c_{3x} \dot{\varphi}_3 - k_{2x} \varphi_1 + (k_{2x} + k_{3x}) \varphi_2 - k_{3x} \varphi_3 = 0 \\ J_3 \ddot{\varphi}_3 - c_{3x} \dot{\varphi}_2 + c_{3x} \dot{\varphi}_3 - k_{3x} \varphi_2 + k_{3x} \varphi_3 = -M_c \end{cases} \quad (1)$$

Trong đó:

F_k^d - Lực cản do độ cứng của đá gây ra

$$F_k^d = \begin{cases} k_d(x_3 - x_d) & \text{nếu } 0 < k_d(x_3 - x_d) < F_{th} \\ F_{th} & \text{nếu } k_d(x_3 - x_d) \geq F_{th} \\ 0 & \text{nếu } k_d(x_3 - x_d) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

F_c^d - Lực cản do cản nhớt của đá gây ra

$$F_c^d = c_d \dot{x}_3 \quad (3)$$

Khi đá chưa bị phá hủy thì vận tốc khối đá bằng không, khi bị phá hủy có thể coi tốc độ dịch chuyển của phoi đá trong mô hình đúng bằng vận tốc tịnh tiến của mũi khoan, nghĩa là:

$$\dot{x}_d = \begin{cases} \dot{x}_3 & \text{nếu } k_d(x_3 - x_d) \geq F_{th} \\ 0 & \text{nếu } k_d(x_3 - x_d) < F_{th} \end{cases} \quad (4)$$

3. KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ THÔNG SỐ LÀM VIỆC ĐẾN QUÁ TRÌNH KHOAN CỦA KHOAN XOAY ĐẬP

3.1. Khảo sát ảnh hưởng của tần số đập và lực đập

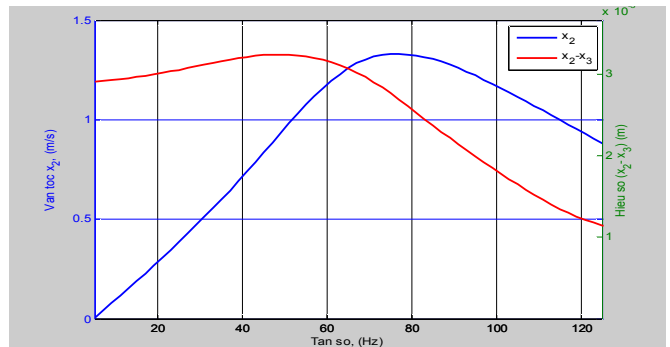
3.1.1. Khảo sát ảnh hưởng của tần số đập

Để khảo sát ảnh hưởng của tần số đập ta tiến hành khảo sát quá trình làm việc của búa khoan với môi trường đá cố định. Các giá trị độ cứng của đá $k = 5.10^8$ (N/m), hệ số cản nhớt của đá $c = 1,98.10^3$ (Ns/m) và lực tới hạn phá hủy đá $F_{th} = 138$ (kN).

Trên hình 2, đường màu xanh là đường vận tốc tịnh tiến tương đối của mũi khoan so với môi trường đá, đường màu đỏ là đường dịch chuyển tương đối của mũi khoan so với vị trí hiện thời của yếu tố ma sát khô, ký hiệu hiệu số $\Delta = x_2 - x_3$ là dịch chuyển của mũi khoan so với mặt đá vỡ. Từ đồ thị ta nhận thấy các giá trị lớn nhất của vận tốc mũi khoan và dịch chuyển tương đối của mũi khoan so với vị trí hiện thời của yếu tố ma sát khô đạt được khi tần số nằm trong khoảng 50 đến 70Hz, trong khoảng lân cận tần số 65Hz thì cả hai giá trị đạt lớn nhất.

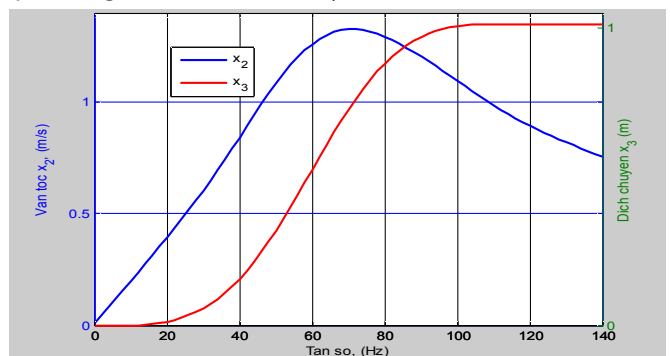
Trên hình 3 trước điểm cộng hưởng, vận tốc của mũi khoan và dịch chuyển của yếu tố ma sát khô tăng tỷ lệ với nhau, sau khi cộng hưởng, mặc dù tần số tiếp tục tăng nhưng hiện tượng trượt của các yếu tố ma sát khô không

tiếp tục xảy ra. Như vậy chỉ có một dải tần số làm việc mà khi đó xung động va chạm có tác dụng nâng cao tốc độ thâm nhập mũi khoan vào đá, tương ứng trên đồ thị là dải tần số 50 - 70Hz.



Hình 2. Ảnh hưởng của tần số lên vận tốc mũi khoan và dịch chuyển đáy lỗ khoan

Như vậy, tần số có ảnh hưởng rất lớn đến sự thay đổi của vận tốc chèo khoan, mũi khoan và dịch chuyển của phần tử ma sát khô cho nên ảnh hưởng rất lớn đến hiệu quả, năng suất khoan của máy.



Hình 3. Ảnh hưởng của tần số lên vận tốc chèo khoan, mũi khoan

3.1.2. Khảo sát ảnh hưởng của lực đập

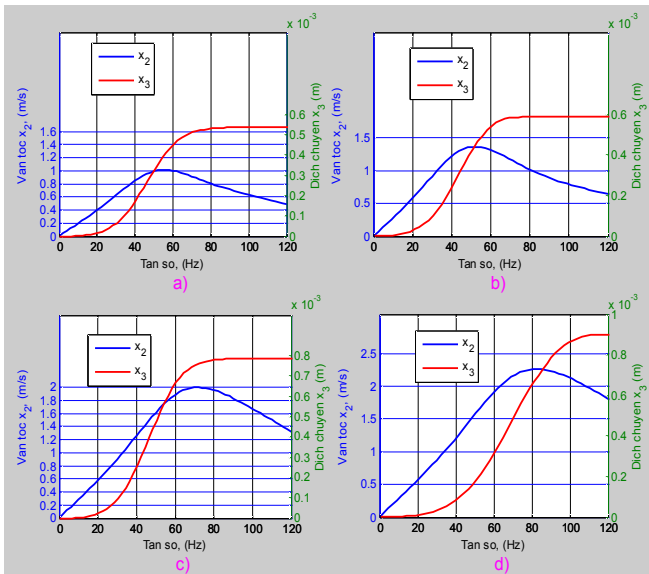
Để khảo sát ảnh hưởng của lực đập, tiến hành khảo sát quá trình làm việc của búa khoan với môi trường đá Cát kết, các đặc tính của đá như trên bảng 1.

Bảng 1. Đặc tính của các loại đá

TT	Loại đá	F_{th} (kN)	k (N/m)	c (N.s/m)	Ghi chú
1	Đá Sạn kết	286	$8,4.10^8$	$2,3.10^4$	Đá rất cứng
2	Đá Cát kết	210	5.10^8	$4,9.10^3$	Đá cứng
3	Đá vôi mềm	138	$2,1.10^8$	$1,98.10^3$	Đá trung bình

Khảo sát xung lực đập búa khoan thay đổi, độ cứng đá cố định $k = 5.10^8$ (N/m). Ta được đồ thị ảnh hưởng của tần số đập lên vận tốc cụm chèo khoan, mũi khoan cho từng trường hợp với xung lực đập thay đổi như trên hình 4.

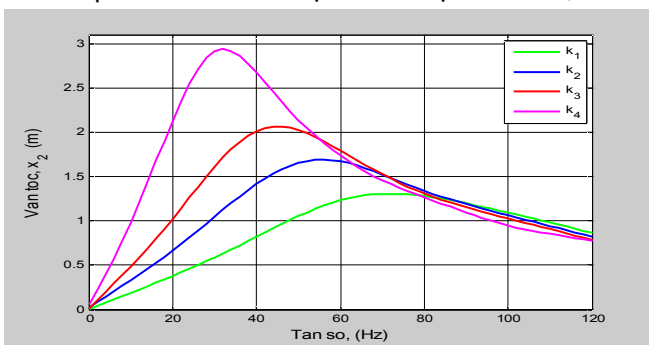
Trên đồ thị hình 4 với độ cứng đá $k = 5.10^8$ (N/m), xung lực đập $I = 120$ (kN) chọn tần số đập trong khoảng 50 - 60Hz là phù hợp; với xung lực đập $I = 160$ (kN) chọn tần số đập trong khoảng 55 - 65Hz là phù hợp; với xung lực đập $I = 220$ (kN) chọn tần số đập trong khoảng 60 - 70Hz là phù hợp; với xung lực đập $I = 280$ (kN) chọn tần số đập trong khoảng 75 - 85Hz là phù hợp.



Hình 4. Ảnh hưởng của lực đập lên vận tốc chòong khoan, mũi khoan
 a) Xung lực đập $I = 120$ (kN) của búa lên vận tốc \dot{x}_2 và dịch chuyển x_3
 b) Xung lực đập $I = 160$ (kN) của búa lên vận tốc \dot{x}_2 và dịch chuyển x_3
 c) Xung lực đập $I = 220$ (kN) của búa lên vận tốc \dot{x}_2 và dịch chuyển x_3
 d) Xung lực đập $I = 280$ (kN) của búa lên vận tốc \dot{x}_2 và dịch chuyển x_3

3.2. Khảo sát ảnh hưởng của độ cứng đá

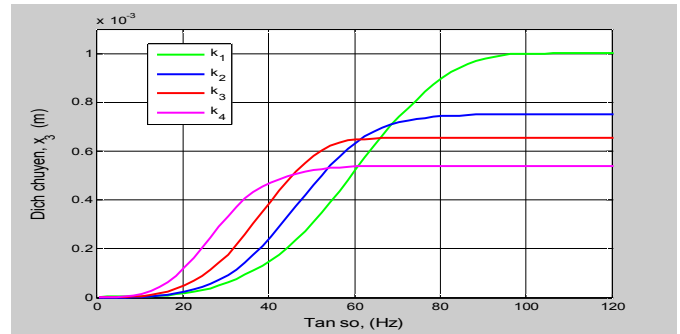
Để khảo sát ảnh hưởng của độ cứng đá đến năng suất máy khoan ta tiến hành thay đổi độ cứng của đá, khi đó lực tới hạn F_{th} phá hủy đá thay đổi tương ứng với các giá trị độ cứng k của đá thay đổi từ $k_1 = 8,4.10^8$ (N/m) đến $k_4 = 8,93.10^7$ (N/m) và hệ số cản nhớt của đá cũng thay đổi từ $c_1 = 2,3.10^4$ (N.s/m) đến $c_4 = 6,83.10^2$ (N.s/m). Xung lực đập của búa không đổi. Kết quả tính toán thu được các đồ thị như hình 5, 6.



Hình 5. Ảnh hưởng của tần số lên vận tốc cụm chòong khoan, mũi khoan khi độ cứng đá thay đổi

Từ hình 5 cho thấy, khi độ cứng của môi trường đá thay đổi thì mối quan hệ giữa vận tốc cụm chòong khoan, mũi khoan và tần số đập cũng thay đổi theo. Ở các giá trị độ cứng k nhỏ thì vận tốc chòong khoan đạt giá trị lớn nhất ở tần số đập thấp (tương ứng với $k_4 = 8,93.10^7$ N/m thì $f = 32$ Hz), nhưng khi giá trị độ cứng k tăng thì vận tốc chòong khoan giảm và đạt giá trị lớn nhất ở tần số đập cao hơn nhiều (tương ứng với $k_1 = 8,4.10^8$ N/m thì $f = 69$ Hz). Vậy khi độ cứng của môi trường đá thay đổi sẽ ảnh hưởng lớn đến năng suất khoan của máy. Do đó căn cứ vào độ cứng

của môi trường đá, mà lựa chọn tần số đập thích hợp cho búa khoan để đảm bảo đạt hiệu quả phá vỡ đá cao, đồng thời hạn chế hao phí năng lượng của thiết bị khoan, nâng cao năng suất làm việc của máy.



Hình 6. Ảnh hưởng của tần số lên dịch chuyển của đáy lỗ khoan khi độ cứng đá thay đổi

Kết quả khảo sát trên hình 6 cho thấy, khi độ cứng k tăng thì dịch chuyển của đáy lỗ khoan đạt được lớn nhất ở các tần số cao hơn (khi k tăng từ $8,93 \times 10^7 - 8,4 \times 10^8$ N/m thì f tăng từ 80 - 90Hz), do đó để đạt được hiệu quả cao khi khoan, thì công tác khảo sát, đánh giá các tính chất cơ lý tính của môi trường đá tại vị trí khoan rất quan trọng, không chỉ đạt được năng suất khoan cao mà còn tiết kiệm tối đa chi phí năng lượng.

4. KẾT LUẬN

Trên cơ sở mô hình động lực học thiết bị khoan xoay đập, thiết lập được mô hình tính toán; Đánh giá được ảnh hưởng của một số thông số làm việc đến quá trình khoan như tần số đập và lực đập, ảnh hưởng của môi trường đá.

Với mỗi loại đá khác nhau, tần số đập sẽ khác nhau. Đá càng cứng tần số đập càng cao, với độ cứng đá $k = 5.10^8$ N/m thì tần số f trong khoảng 50 - 70Hz là hợp lý. Khi độ cứng k của đá tăng từ $8,93.10^7 - 8,4.10^8$ N/m để đạt được hiệu quả khoan tốt nhất thì tần số đập f từ 80Hz - 90Hz.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Như Văn Bách, Nguyễn Đình Ấu, 1998. *Phá vỡ đất đá bằng phương pháp khoan nổ mìn*. NXB Giáo dục, Hà Nội.
- [2]. Lê Trọng Cường, Chu Văn Đạt, Lưu Minh Hùng, 2013. *Xác định lực và đập hợp lý phá hủy đá của khoan xoay đập*. Kỷ yếu Hội nghị Khoa học và Công nghệ Toàn quốc về Cơ khí lần thứ III.
- [3]. Chu Văn Đạt, Lưu Minh Hùng, 2015. *Mô hình động lực học khoan xoay - đập*. Kỷ yếu Hội nghị Khoa học và Công nghệ Toàn quốc về Cơ khí lần thứ IV, (tập 1) 782-787.
- [4]. Võ Trọng Hùng, Phùng Mạnh Đắc, 2005. *"Cơ học đá ứng dụng trong xây dựng và khai thác mỏ"*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội.
- [5]. Nguyễn Sỹ Ngọc, 2005. *"Cơ học đá"*. NXB Giao thông vận tải, Hà Nội.
- [6]. Pavlovskaja, Ekaterina and Marian Wiercigroch, 2003. *Modelling of vibro-impact system driven by beat frequency*.
- [7]. Chiang, E.Luciano and Dante A.Elias, 2007. *A 3D FEM methodology for simulating the impact in rock drilling hammers*. International Journal of Rock.
- [8]. Thuro K, Spaun G., 1996a. *Drillability in hard rock drill and blast tunnelling*. Felsbau 14: 103-109.
- [9]. A.A.Balkema / Rotterdam / Brookfield / 1995, *Drilling and blasting of rocks*.