

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG MÔ HÌNH ĐỘNG LỰC HỌC THIẾT BỊ KHOAN XOAY HẠ CỌC ỚNG THÉP VÀO NỀN SAN HÔ

STADY ON CONSTRUCTION OF DYNAMICS MODEL OF A ROTARY DRILLING
EQUIPMENT FOR PRESSING STEEL PILE INTO CORAL

ThS. Phan Thanh Cầu

Học viện Kỹ thuật Quân sự

TÓM TẮT

Bài báo trình bày mô hình động lực học thiết bị khoan xoay hạ cọc ống thép vào nền san hô. Mô hình tính toán được xây dựng trên cơ sở nền san hô phân lớp, trong đó, coi mỗi lớp nền vật liệu được xem như đồng nhất, quá trình hạ cọc là sự tổng hợp tác động của mô men xoay và lực dẫn tiến cọc thâm nhập vào nền san hô. Các tham số của mô hình được xây dựng dựa trên thông số kết cấu của thiết bị xoay hạ cọc, tính chất vật liệu của san hô và ống thép không bị đầu.

Từ khóa: Hạ chìm; Ống thép; Nền san hô; Khoan xoay.

ABSTRACT

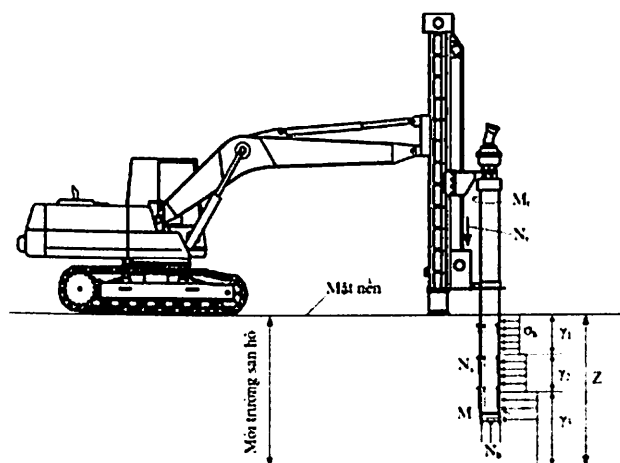
This paper presents the dynamics model of the rotary drilling pressing steel pile into coral. The calculation model is foundation on the based layered coral layer, which considers each material layer to be homogeneous, the pressing process is the synthesis of the impact of the rotating moment and the conductive force enter the coral. The parameters of the model are based on structural parameters of the rotary drilling and material properties of the coral, and open-ended pile.

Keywords: Rotating pressing; Steel pile; Coral foundation; Rotary drilling.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tùy vào điều kiện thi công và đối tượng nền và chùng loại cọc, người ta có thể sử dụng lực ép tĩnh, lực rung hoặc khoan xoay để hạ chìm kết cấu cọc vào nền [1]. Xuất phát từ nhiệm vụ thực tế đặt ra, cần phải hạ chìm cọc ống thép vào nền san hô phục vụ thi công các công trình biển đảo, để nghiên cứu xác định các thông số của thiết bị một cách hợp lý, việc nghiên cứu mô hình động lực học thiết bị khoan xoay hạ cọc ống thép đóng vai trò quyết định đến hiệu quả của quá trình hạ cọc xuống nền san hô là việc làm có ý nghĩa thực tiễn và khoa học.

2. ĐẶC ĐIỂM LÀM VIỆC CỦA KHOAN HẠ CỌC ÓNG THÉP VÀO NỀN SAN HÔ



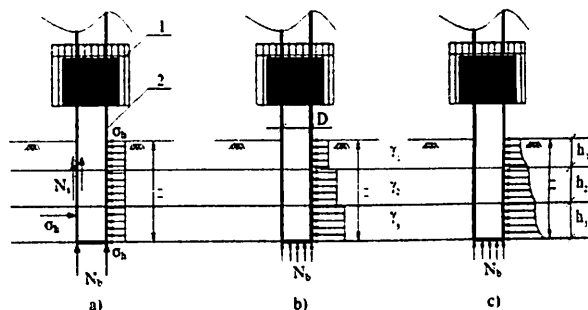
Hình 1. Thiết bị khoan xoay hạ cọc ống thép khi làm việc.

Khoan xoay là phương pháp dùng lực tĩnh nên không làm ảnh hưởng đến địa chất quanh cọc, cũng như các công trình và nền quanh khu vực thi công. Có hai phương pháp khoan xoay điển hình là: Khoan xoay kiểu dao động và khoan xoay kiểu quay tròn. Do đặc trưng của nền san hô là vật liệu rời, giòn, độ rỗng lớn, lớp đá san hô tương đối cứng nên bài báo sử dụng khoan xoay kiểu quay tròn. Với

thiết bị khoan kiểu quay tròn, ống thép xoay tròn 360° theo một chiều nhất định, mô men xoay 185 ÷ 420kNm và lực ép từ 189 ÷ 375kN. Với phương pháp này, do xoay tròn liên tục nên tốc độ khoan nhanh và khi khoan qua tầng đá san hô thì ma sát trên ống thép nhỏ hơn đáng kể (Hình 1), thêm vào đó, trên mũi cọc ống thép có bố trí các răng cắt để phá vỡ nền đá san hô trong quá trình xoay-ép dẫn tiến cọc vào nền.

3. MÔ HÌNH TƯƠNG TÁC GIỮA CỌC THÉP VÀ NỀN SAN HÔ TRONG QUÁ TRÌNH XOAY HẠ CỌC

Mô hình tương tác giữa cọc thép và nền trong quá trình khoan xoay được mô tả trên hình 2.



Hình 2. Mô hình tương tác giữa cọc thép và nền trong quá trình khoan xoay hạ cọc.

Hình 2, a, thể hiện vùng san hô hầu như không có sự thay đổi trọng lượng riêng theo chiều sâu, hình 2, b, thể hiện địa chất vùng san hô có sự thay đổi về trọng lượng riêng giữa các tầng, hình 2, c, thể hiện san hô với trọng lượng riêng thay đổi phi tuyến trong mỗi tầng.

Áp lực của san hô tác dụng lên thành cọc [2]:

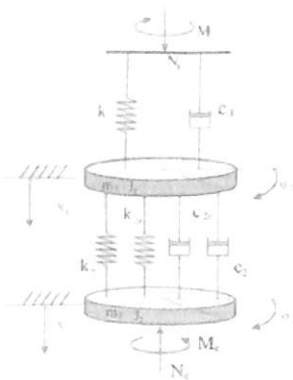
$$\sigma_h(z) = \gamma(z) \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2} \right) \quad (1)$$

Trong đó: $\gamma(z)$ – Trọng lượng riêng của san hô, phụ thuộc vào chiều sâu và được xác định bằng thực nghiệm; ϕ – Góc ma sát trong của san hô.

3.2. MÔ HÌNH ĐỘNG LỰC HỌC THIẾT BỊ KHOAN XOAY HẠ CỌC ỐNG THÉP

Để xây dựng mô hình động lực học, dựa trên các giả thiết sau: Nền san hô phân lớp, trong đó, coi mỗi lớp nền là vật liệu đồng nhất, đẳng hướng, đàn hồi tuyến tính; đầu ống khoan, ống khoan, mũi khoan là những vật rắn tuyệt đối; bỏ qua ma sát trượt giữa cần với cụm rãnh trượt, bỏ qua rung động của ống thép trong quá trình xoay hạ cọc; cọc ống thép thẳng đứng đúng tâm, sử dụng ống thép không bịt đầu, đầu gắn các răng cắt. Mô hình khoan xoay hạ cọc ống thép được thể hiện như hình 3.

Trong đó: N_1 -Lực dẫn tiến; N_c -Tổng lực cản tác dụng lên ống thép theo phương thẳng đứng; M_1 - Mô men xoay ống thép; M_c -Tổng mô men cản xoay tác dụng lên ống thép. Thiết bị xoay hạ cọc được thay thế bằng mô hình 2, khối lượng với 2 chuyển động của cọc ống thép như ứng với (m_1, J_1) và (m_2, J_2) . Để nghiên cứu động lực học của hệ thống mỗi vật được gắn với 2 chuyển động độc lập $(x_i$ và $\varphi_i)$ với $i=1\div 2$).



Hình 3. Mô hình động lực học khoan xoay hạ cọc ống thép.

- Tổng lực cản theo phương thẳng đứng N_c được tính như sau [3]:

$$N_c = \pi \left\{ q_s \frac{D^2}{4} + \frac{\tan \alpha}{\sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} \left[D \left(\sum_{n=1}^n h_n (\sigma_n \tan \delta_n + c_n) \right) - d h_p (\sigma_p \tan \delta_p + c_p) \right] \right\} \quad (2)$$

Trong đó: q_b - Cường độ sức kháng mũi cọc ống thép; α_1 - Góc giữa vận tốc trượt và vận tốc dài theo phương nằm ngang; σ_{hi} - Giá trị ứng suất hữu hiệu trung bình của lớp san hô thứ i.

- Tổng lực mô men cản xoay được tính như sau [3], [4]:

$$M_c = \frac{\pi}{2\sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} \left[D^2 \left(\sum_{n=1}^n h_n (\sigma_n \tan \delta_n + c_n) \right) + d^2 h_p (\sigma_p \tan \delta_p + c_p) \right] + 4(D+d) [-W_2 \sin \alpha + K_2 \sin(\alpha + \delta)] \quad (3)$$

Trong đó: W_2 - Áp lực tác dụng lên răng cắt; α - Góc cắt; K_2 - Lực tác dụng lên răng cắt; Áp dụng phương trình Lagrange loại II cho cơ hệ gồm đầu khoan, ống khoan [5].

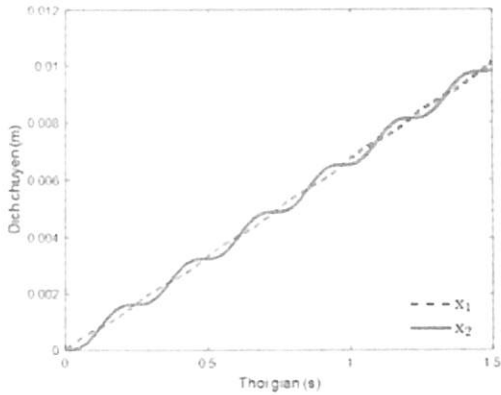
$$\begin{cases} m_1 \ddot{x}_1 + (c_1 + c_2) \dot{x}_1 - c_2 \dot{x}_2 + (k_1 + k_2) x_1 - k_2 x_2 = N_1 \\ J_1 \ddot{\varphi}_1 + k_2 \varphi_1 - k_2 \varphi_2 + c_2 \dot{\varphi}_1 - c_2 \dot{\varphi}_2 = M_1 \\ m_2 \ddot{x}_2 - c_2 \dot{x}_1 + c_2 \dot{x}_2 - k_2 x_1 + k_2 x_2 = -N_c \\ J_2 \ddot{\varphi}_2 - k_2 \varphi_1 + k_2 \varphi_2 - c_2 \dot{\varphi}_1 + c_2 \dot{\varphi}_2 = -M_c \end{cases} \quad (4)$$

4. MỘT SỐ KẾT QUẢ KHẢO SÁT THÔNG SỐ ĐỘNG LỰC HỌC CỦA THIẾT BỊ KHOAN XOAY HẠ CỌC ỐNG THÉP TRÊN NỀN SAN HÔ

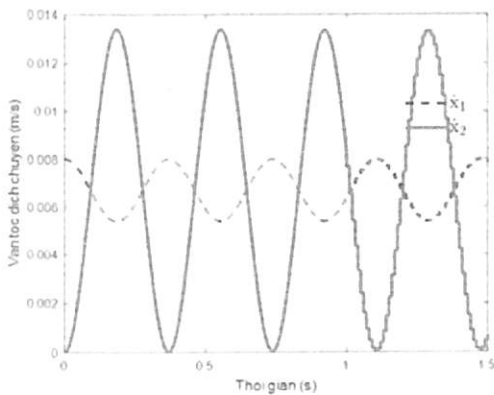
Điều kiện khảo sát: $D=300\text{mm}$; $d=293,5\text{mm}$; $h_1=3\text{m}$; $\delta_{si}=\delta_{sp}=25^\circ$; $c_{ci} = c_p=0$; $\omega=2\text{rad/s}$; $\varphi=36^\circ$; $\gamma_1=15\text{kN/m}^3$; $\gamma_2=18\text{kN/m}^3$; $\gamma_3=25\text{kN/m}^3$.

Sử dụng phần mềm Matlab để giải hệ phương trình (4) với các điều kiện đầu bao gồm các thông số về vị trí, vận tốc, gia tốc ban đầu của các khâu như sau: Lúc bắt đầu khoan, dịch

chuyển ống thép thâm nhập vào nền bằng 0, góc quay của đầu khoan và ống khoan bằng $\sin\omega t$.

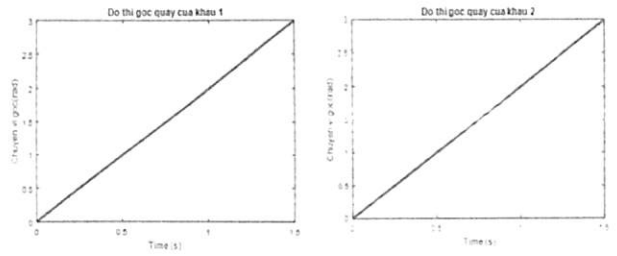


Hình 4. Chuyển vị của khâu 1 và khâu 2.

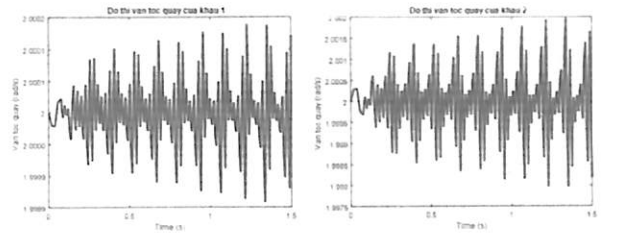


Hình 5. Vận tốc chuyển vị khâu 1 và khâu 2.

Từ đồ thị hình 4 cho thấy, cụm đầu quay (khâu 1) và cọc thép (khâu 2) gần như chuyển vị cùng pha, khảo sát trong thời gian 1,5 giây chuyển vị của khâu 1 và khâu 2 đạt giá trị là 0,01m, đường chuyển vị của khâu 1 và khâu 2 có sự khác nhau. Sự khác nhau là do lực cản của san hô tác động lên ống thép (khâu 2) nên sự dao động của khâu 2 lớn hơn khâu. Đồ thị hình 5, thể hiện cụ thể vận tốc chuyển vị của các khâu, vận tốc chuyển vị của các khâu không cùng pha, giá trị vận tốc chuyển vị ổn định của khâu 1 và khâu 2 là 0,0067 (m/s).



Hình 6. Chuyển vị góc của khâu 1 và khâu 2.



Hình 7. Vận tốc quay khâu 1 và khâu 2.

Đồ thị hình 6, khảo sát chuyển vị góc của khâu 1 và khâu 2 trong thời gian 1,5 giây, dễ dàng nhận thấy về xu hướng thay đổi của các đại lượng gần như tương đồng và đạt giá trị 3 rad. Đặc tính vận tốc chuyển động quay của các khâu được thể hiện trên hình 7. Có thể thấy, tốc độ quay của khâu 1 và khâu 2 có sự khác biệt, điểm khác biệt cần được kể đến là thời gian chuyển động khác pha của 2 khâu ở giai đoạn đầu là rất ngắn ($t < 0,25$ giây), giá trị vận tốc quay trung bình khâu 1, khâu 2 tương ứng là 2 (rad/s) và 1,9997 (rad/s).

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã xây dựng mô hình động lực học khoan xoay hạ cọc ống thép vào nền san hô. Mô hình đã mô tả quá trình xoay và dẫn tiến cọc, đồng thời của thiết bị khoan xoay hạ cọc có kể đến đặc trưng của nền san hô. Việc khảo sát mô hình này sẽ cho thấy ảnh hưởng của các thông số động lực học đến quá trình khoan xoay hạ cọc vào nền san hô.

Đã thiết lập hệ phương trình vi phân chuyển động, tiến hành khảo sát một số thông số động lực học, kết quả khảo sát trong thời gian 1,5 giây cho thấy, chuyển vị của khâu 1 và khâu 2 đạt giá trị 0,01m, vận tốc chuyển vị trung bình của 2 khâu là 0,0067 m/s, chuyển vị góc của 2 khâu đạt giá trị 3rad, vận tốc quay của khâu 1 và khâu 2 tương ứng là 2,001 (rad/s) và 1,998 (rad/s). Từ kết quả khảo sát lựa chọn chế độ làm việc hợp lý cho thiết bị khoan xoay hạ cọc với chi phí năng lượng riêng nhỏ nhất đó là hướng phát triển tiếp theo của bài báo. ❖

Ngày nhận bài: **03/8/2019**

Ngày phản biện: **18/8/2019**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Viking K.. (1998), “*Driveability studies of vibro-driven model piles in non-cohesive soils -laboratory simulations*”, Soil and Rock Mechanics, 113 -118.
- [2]. Svetlana Polukoshko, Svetlana socolova, (2010), *Dynamical Effects in Process of Piles Vibrodriving*. Scientific Journal of Riga Technical University.
- [3]. Phạm Văn Minh, Nguyễn Tiên Nam, Phạm Quang Dũng, (2017); “*Xây dựng phương pháp xác định lực cản công tác của thiết bị hạ ống vách thép thi công cọc nhồi bằng phương pháp ép -xoay*”. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, tập 11, số 4, 145-148.
- [4]. Miedema, S. A., (2014). *The Delft sand, clay and rock cutting model*. Delft University Press.
- [5]. Nguyễn Văn Vịnh; “*Động lực học máy xây dựng*”. NXB. Giao thông Vận tải, Hà Nội, 2008.