P-ISSN 1859-3585 | E-ISSN 2615-9619

PHƯƠNG PHÁP THI CÔNG HẠ CỌC Ở KHU VỰC QUẦN ĐẢO TRƯỜNG SA BẰNG CÔNG NGHỆ KHOAN XOAY - XÂY DỰNG MÔ HÌNH TƯƠNG TÁC ĐỘNG LỰC HỌC THIẾT BỊ XOAY HẠ CỌC ỐNG THÉP

MEASURES FOR LOWERING PILES IN THE TRUONG SA ARCHIPELAGO BY ROTARY DRILLING TECHNOLOGY - BUILDING A DYNAMIC INTERACTION MODEL OF THE STEEL PIPE PILE LOWERING ROTARY DEVICE

Nguyễn Mạnh Hùng [1,*], Vũ Hải Quân [2], Lê Duy Long [2], Nguyễn Hoàng Sơn [3]

DOI: https://doi.org/10.57001/huih5804.2023.016

TÓM TẮT

Xuất phát từ chủ trương quy hoạch và phát triển đối với Quần đảo Trường Sa (QĐTS), thực trạng xây dựng công trình trong những năm qua và nhu cầu xây dựng công trình trong giai đoạn tới ở khu vực QĐTS. Các giải pháp công trình có sử dụng móng cọc ở khu vực QĐTS đều có đặc điểm là thường xuyên chịu tải trọng ngang lớn và tác dụng của tải trọng lặp thường xuyên. Ngoài ra, môi trường biển ở khu vực QĐTS có tính xâm thực và ăn mòn mạnh đối với vật liệu xây dựng. Đặc điểm này dẫn đến việc lựa chọn giải pháp móng cọc bê tông công trình (BTCT) khó đảm bảo tuổi thọ lâu dài của công trình. Để thi công móng cọc chế tạo tại chỗ ở khu vực QĐTS cần phải áp dụng công nghệ ống chống vách với chiều dài cọc và ống chống xuống đến tầng đá san hô bên dưới. Yêu cầu thi công móng cọc ở khu vực QĐTS là phải có thiết bị khoan mồi phá đá hoặc thiết bị khoan xoay hạ ống chống xuống đến lớp đá san hô cứng.

Từ khóa: *Quần đảo trường sa, thi công móng cọc, công nghệ khoan xoay.*

ABSTRACT

Stemming from the policy of planning and development for the Truong Sa archipelago (QDTS), the actual situation of construction in the past years and the need for construction in the coming period in the QDTS area. The construction solutions that use pile foundations in the QDTS area are characterized by frequently subjected to large lateral loads and the effects of frequent repetitive loads. In addition, the marine environment in the area is aggressive and corrosive to construction materials. This feature makes it difficult to choose a concrete pile foundation solution (BTCT) to ensure the long life of the building. To construct the pile foundation fabricated in situ in the QDTS area, it is necessary to apply the anti-wall pipe technology with the length of the pile and the support pipe down to the coral rock layer below. The requirement for the construction of pile foundation in the QDTS area is to have a rock-breaking drill or a rotary drilling device to lower the support pipe to the hard coral rock layer.

Keywords: *Truong Sa archipelago, pile foundation construction, rotary drilling technology.*

[1]Viện Kỹ thuật Công binh
[2]Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội
[3]Trường Đại học Công nghệ Giao thông Vận tải
[*]Email:hoangsonhung72@gmail.com
Ngày nhận bài: 28/9/2022
Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 25/11/2022
Ngày chấp nhận đăng: 24/02/2023

1. ĐẶT VẤN DỀ

Thực trạng xây dựng công trình trong những năm qua và nhu cầu xây dựng công trình trong giai đoạn tới ở khu vực QĐTS. Do các biện pháp công nghệ thi công móng cọc phụ thuộc chủ yếu vào loại cọc, điều kiện tự nhiên của vị trí xây dựng công trình nên cần xem xét cho các công trình theo điều kiện thi công dưới nước và thi công trên cạn. Việc thi công móng cọc trên nền san hô ở khu vực QĐTS phụ thuộc vào vị trí thi công, điều kiện địa chất công trình, điều kiện địa hình địa mạo, điều kiện khí tượng thủy hải văn. Ngoài ra, chi phí vận chuyển và tập kết, vận hành trang thiết bị thi công trong điều kiện khó khăn ở khu vực QĐTS cũng ảnh hưởng trực tiếp đến tính khả thi của giải pháp kết cấu và công nghệ thi công. Việc thi công bằng máy hạ cọc chuyên dùng đòi hỏi chi phí cao, khả năng đầu tư trang thiết bị của các đơn vị trong nước còn hạn chế.

Về thiết bị hạ cọc chế sẵn xuống nền, hiện nay ở Việt Nam sử dụng một số công nghệ sau: hạ cọc bằng búa đóng, hạ cọc bằng máy ép robot, hạ cọc bằng búa rung kết hợp xói nước. Để hạ cọc ở khu vực ngập nước thường sử dụng búa đóng hoặc búa rung kết hợp xói nước. Các thiết bị hạ đều gồm các bộ phận: xe cơ sở bánh xích để đỡ dàn dẫn hướng cọc và treo búa, tời (cẩu) để nâng và lắp cọc vào vị trí, búa đóng hoặc búa rung. Các thiết bị này thường có chiều cao lớn, khả năng

vận chuyển và vận hành thiết bị trong khu vực QĐTS sẽ rất khó khăn.

Nội dung bài báo giới thiệu phương pháp thi công hạ cọc bằng công nghệ khoan xoay mà trên thế giới đã và đang sử dụng, đồng thời xây dựng mô hình tương tác và hệ phương trình động lực học thiết bị khoan xoay hạ cọc ống thép nhằm ứng dụng phương pháp này ở khu vực Quần đảo Trường sa, các thiết bị thi công móng cọc theo công nghệ khoan xoay thường có kích thước nhỏ hơn nên dễ vận chuyển và vận hành.

2. NỘI DUNG

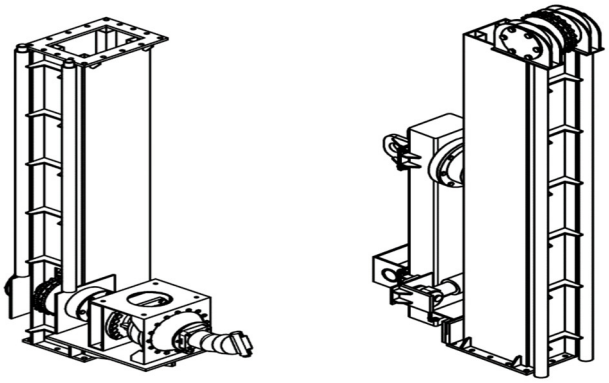
2.1. Giới thiệu cấu tạo, đặc tính kỹ thuật và nguyên lý làm việc của thiết bị thi công móng cọc theo công nghệ khoan xoay

*** Cấu tạo**

Thiết bị công tác hạ cọc thép, được thể hiện như hình 1. Trong đó bao gồm các cụm chính sau:

- Cụm cần leader (*Gồm cụm cần leader 1 và cụm cần leader 2 - hình 2*).

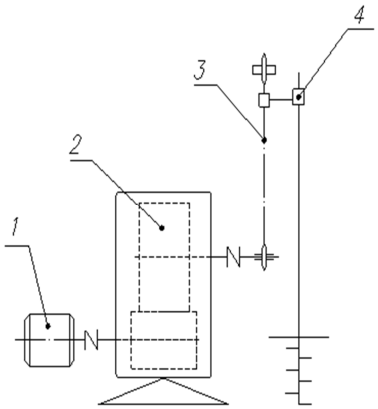
Hình 1. Thiết bị hạ cọc tại công trường



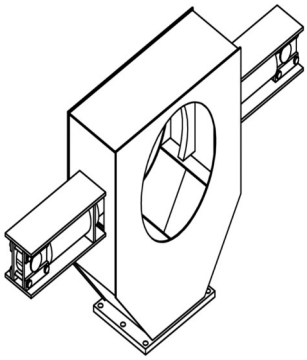
a) Cụm cần leader 1 b) Cụm cần leader 1

Hình 2. Cụm cần leader

Cần leader gồm 2 đốt làm bằng thép uốn và được liên kết với nhau bằng các bu lông qua mặt bích. Nó được lắp lên máy xúc qua cụm quay cần leader và được điều chỉnh nâng hạ bằng cần máy xúc. Trên cần leader có lắp giá đỡ để lắp cụm dẫn động xích nâng hạ cọc thép. Đồng thời có lắp 2 răng ray trượt để di chuyển toàn bộ cụm cọc và cụm dẫn động cọc di chuyển lên xuống.



Hình 3. Sơ đồ dẫn động nâng hạ đầu khoan bằng xích di chuyển
1- Động cơ; 2- Hộp giảm tốc; 3- Xích; 4- Đầu khoan



Hình 4. Cụm kẹp cọc

- Cụm dẫn động xích nâng hạ (hình 3):

Bao gồm hộp giảm tốc hành tinh và mô tơ thủy lực lấy nguồn từ đường dầu chờ trên cần máy xúc. Khi làm việc nó sẽ tạo ra mô men để dẫn động trục xích chủ động. Từ đó nâng hạ và tạo ra lực dẫn động cọc thép.

- Cụm dẫn động xoay cọc:

Tương tự cụm dẫn động xích, cụm dẫn động xoay cọc cũng bao gồm mô tơ thủy lực và hộp giảm tốc được gắn trên giá trượt và di chuyển dọc thân cần leader nhờ xích kéo.

- Cụm kẹp cọc (hình 4):

Cụm kẹp cần được gắn trên cần leader để giữ và định vị cọc thép khi hạ cọc. Lực giữ cọc được tạo ra nhờ 2 xy lanh được bố trí 2 bên và lấy nguồn dầu trích qua van phân phối từ đường dầu chung với cụm dẫn động xích nâng hạ.

- Cụm điều chỉnh cần leader:

Cụm này có mục đích điều chỉnh để giữ cho cần leader cùng cọc thép luôn nằm trong phương thẳng đứng với nền khi máy phải làm việc ở các địa hình không bằng phẳng.

*** Đặc tính kỹ thuật**

Thiết bị hạ cọc tích hợp trên máy xúc thủy lực được sử dụng để thi công hạ cọc ống thép với phạm vi:

Công suất: 246kW;

Chiều dài cần máy: 7,7m;

Chiều dài cần Leader: 6,5m;

Lực ấn cọc tối đa: 280kN;

Mô men quay cọc tối đa: 250kNm;

Đường kính cọc: D200÷D407;

Tốc độ quay: 5÷20 vòng/phút;

Tốc độ hạ chìm 0,1÷0,5m/phút;

Chiều sâu hạ cọc đến: 22m.

*** Nguyên lý làm việc**

Bước 1: Tập kết máy và cọc đến vị trí cần thi công hạ cọc thép.

Bước 2: Định vị máy thi công hạ cọc, đảm bảo máy ổn định trong quá trình làm việc.

Bước 3: Lắp đốt cọc số 1 vào thiết bị.

Bước 4: Nâng hạ, quay và dẫn tiến cọc đến vị trí chuẩn bị hạ cọc.

Bước 5: Quay hạ cọc số 1.

Bước 6: Tháo đầu nối ra khỏi đốt cọc đã hạ.

Bước 7: Điều khiển cần máy xúc để đưa thiết bị ra ngoài để lắp đốt cọc 2 lên thiết bị.

Bước 8: Điều khiển đưa thiết bị và đốt cọc 2 vào vị trí kết nối với đốt cọc 1.

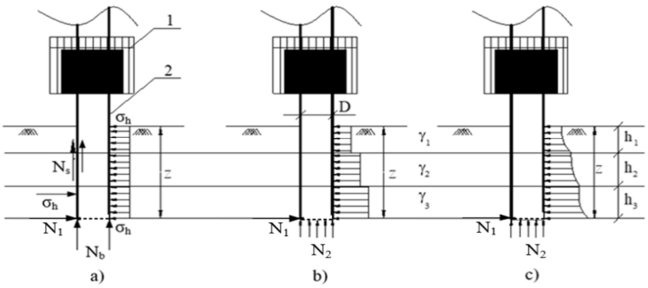
Bước 9: Quay hạ đốt cọc 1 và 2

Cứ tiếp tục như vậy với các đốt tiếp theo.

Khi đã đủ chiều sâu cọc cần thi công thì tháo đầu nối ra khỏi đốt cuối và đưa máy, thiết bị đến vị trí mới.

2.2. Xây dựng mô hình tương tác giữa cọc thép và nền san hô trong quá trình xoay

So với các điều kiện địa chất truyền thống như đất sét, cát, á sét, á cát… thông thường, thì nền san hô có những tính chất hoàn toàn khác biệt. Tính chất cơ lý của đất đá san hô quần đảo phụ thuộc chủ yếu vào bản chất và điều kiện hình thành các trầm tích cấu trúc nên các đảo. Do vậy, những đặc trưng chung về cấu trúc địa chất và sự hình thành các trầm tích là các yếu tố quyết định tính chất cơ lý của đất đá san hô. Đá san hô được hình thành từ san hô dạng khối và san hô dạng cành hoá đá, mức độ hoá đá tăng theo chiều sâu trong mỗi nhịp, cao nhất ở lớp đá vôi san hô, kế đến là lớp dăm, sạn kết san hô và mức độ thấp nhất là ở lớp san hô cành. Vì vậy, thành phần, kiến trúc, cấu tạo và tính chất cơ lý của đá san hô cũng biến đổi theo độ sâu một cách rõ rệt.



Hình 5. Mô hình tương tác giữa cọc thép và nền trong quá trình khoan xoay

Theo kết quả thực nghiệm xác định ở một số quần đảo, phân bố trọng lượng riêng của san hô theo chiều sâu được mô tả trên hình 5. Hình 5a thể hiện vùng san hô hầu như không có sự thay đổi trọng lượng riêng theo chiều sâu (Loại I), hình 5b thể hiện địa chất vùng san hô có sự thay đổi về trọng lượng riêng giữa các tầng (Loại II) trong khi đó hình 5c thể hiện san hô với trọng lượng riêng thay đổi phi tuyến trong mỗi tầng (Loại III).

Mô hình tương tác giữa cọc thép và nền trong quá trình khoan xoay được mô tả trên hình 5.

+ Áp lực của san hô tác dụng lên thành cọc được tính [Lý thuyết Rankine]:

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

Trong đó:

γ(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.

+ Với τ_h là ứng suất tiếp tác dụng lên thân cọc được tính như sau [4]:

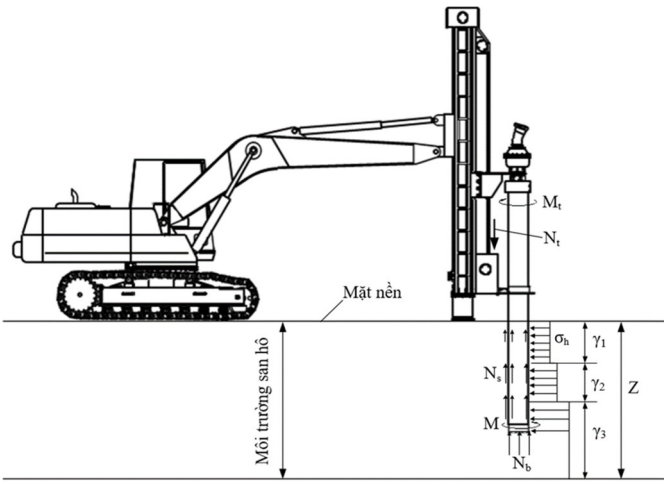
$$\tau_{hz} = \sigma_{hz} \tan\phi = \gamma z \tan^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right)\tan\phi \quad (2)$$

2.3. Xây dựng mô hình tính toán động lực học thiết bị khoan xoay hạ cọc ống thép

Để nghiên cứu mối quan hệ giữa các thông số: Mô men dẫn động, vận tốc góc ống khoan, lực dẫn tiến, vận tốc dẫn tiến đến năng suất hạ cọc, cần tiến hành xây dựng mô hình tương tác giữa thiết bị khoan và san hô. Để xây dựng mô hình, cần chấp nhận 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, ống khoan chỉ bị xoắn mà không bị biến dạng dọc.

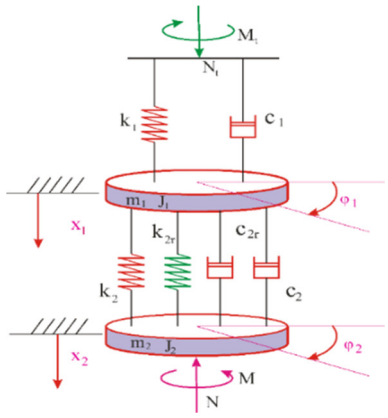
Mô hình vật lý khoan xoay hạ cọc được thể như hình 6.



Hình 6. Mô hình vật lý thiết bị xoay ép hạ cọc ống thép

Với các giả thiết trên, ứng dụng lý thuyết cơ học hệ nhiều vật để mô hình hóa thiết bị khoan xoay hạ cọc ống

thép, mô hình khoan xoay hạ cọc ống thép được thể hiện như hình 7.



Hình 7. Mô hình động lực học thiết bị xoay ép hạ cọc ống thép

Trong đó: N_t - Lực dẫn tiến; N - Tổng lực cản dọc ống khoan; M_t - Mô men xoay ống khoan; M - Tổng mô men cản xoay tác dụng lên ống thép khi xoay; x_1, x_2 - Dịch chuyển của đầu khoan và ống khoan; m_1,m_2 - Khối lượng của đầu khoan và ống khoan; c_1 - Hệ số giảm chấn của truyền động xích; c_2 - Hệ số giảm chấn của mối ghép ren; c_{2r} - Hệ số giảm chấn của cụm đầu khoan, ống khoan; k_1 - Hệ số độ cứng của truyền động xích; k_2 - Hệ số độ cứng của mối ghép ren; k_{2r} - Hệ số độ cứng chống xoắn của cụ đầu khoan, ống khoan; J_1, J_2 - Mô men quán tính của cụm đầu khoan, ống khoan; φ_1, φ_2 - Góc xoay của cụm đầu khoan, ống khoan.

+ Tổng lực cản dọc trục N tính như sau [2]:

$$N = q_b \frac{\pi D^2}{4} + \left[\frac{\pi \tan\alpha}{\sqrt{1+\tan^2\alpha}} \left(D \sum_{i=1}^{n} h_i \left(\sigma'_{hi} \tan\delta_{si} + c_{ci} \right) + dh_p \left(\sigma'_{hp} \tan\delta_{sp} + c_p \right) \right) \right] \quad (3)$$

Trong đó: q_b - cường độ sức kháng mũi cọc ống thép; D - đường kính ngoài cọc ống thép; d - đường kính trong cọc ống thép; α - góc giữa vận tốc dài và vận tốc trượt theo phương nằm ngang; σ'_{hi} - ứng suất hữu hiệu theo phương ngang; δ_i - góc ma sát của lớp san hô thứ i; h_i là chiều dày lớp san hô thứ i; c_i - lực dính kết cấu của lớp san hô thứ i; σ'_{hp} - ứng suất hữu hiệu theo phương ngang do tải trọng cột san hô đáy cọc ống thép; δ_{sp} - góc ma sát của lớp san hô đáy cột và thành cọc ống thép; c_p - lực dính kết cấu của lớp đáy cột san hô và thành cọc ống thép; h_p - chiều cao cột san hô hữu hiệu đáy cọc ống thép được lấy theo kinh nghiệm là 0,8h.

+ Tổng mô men cản được tính như sau [2]:

$$M = \frac{l}{\sqrt{1+\tan^2\alpha}} \pi \left[\left(\frac{D^2}{2} \sum_{i=1}^{n} h_i \left(\sigma'_{hi} \tan\delta_{si} + c_{ci} \right) + \frac{d^2 h_p}{2} \left(\sigma'_{hp} \tan\delta_{sp} + c_p \right) \right) \right] + \left[\frac{D_r + d_r}{4} m.h_0.l.\sigma.tg\beta \left(1 + \frac{\cos(\beta+\varphi)}{\cos\varphi} \right) \right] \quad (4)$$

Trong đó: D_r - đường kính ngoài răng cắt; d_r - đường kính trong răng cắt; m - số răng cắt; h_0 - chiều dày răng cắt ăn sâu vào san hô; l - chiều dài răng cắt; β - góc cắt của răng cắt; φ - hệ số ma sát giữa san hô và răng cắt.

Áp dụng phương trình Lagrange loại II cho cơ hệ gồm đầu khoan, ống khoan ta được phương trình vi phân chuyển động [3].

$$\begin{cases} m_1\ddot{x}_1 + (c_1 + c_2)\dot{x}_1 - c_2\dot{x}_2 + (k_1 + k_2)x_1 - k_2x_2 = N_t \\ J_1\ddot{\varphi}_1 + k_{2r}\varphi_1 - k_{2r}\varphi_2 + c_{2r}\dot{\varphi}_1 - c_{2r}\dot{\varphi}_2 = M_t \\ m_2\ddot{x}_2 - c_2\dot{x}_1 + c_2\dot{x}_2 - k_2x_1 + k_2x_2 = -N \\ J_2\ddot{\varphi}_2 - k_{2r}\varphi_1 + k_{2r}\varphi_2 - c_{2r}\dot{\varphi}_1 + c_{2r}\dot{\varphi}_2 = -M \end{cases} \quad (5)$$

Để tìm quy luật biến thiên của các thành phần được dịch chuyển **q**, vận tốc $\dot{\mathbf{q}} = [\dot{x}_1 \quad \dot{\varphi}_1 \quad \dot{x}_2 \quad \dot{\varphi}_2]$ và gia tốc $\ddot{\mathbf{q}} = [\ddot{x}_1 \quad \ddot{\varphi}_1 \quad \ddot{x}_2 \quad \ddot{\varphi}_2]$ của đầu khoan và ống thép, từ hệ phương trình (5), ta đặt các ẩn phụ như sau:

$$\begin{cases} y_1 = \dot{x}_1;\ y_2 = \dot{\varphi}_1;\ y_3 = \dot{x}_2;\ y_4 = \dot{\varphi}_2 \\ y_5 = x_1;\ y_6 = \varphi_1;\ y_7 = x_2;\ y_8 = \varphi_2 \end{cases} \quad (6)$$

Khi đó, hệ phương trình (6) gồm 4 phương trình vi phân cấp 2 sẽ trở thành hệ gồm 8 phương trình vi phân cấp 1 sau:

$$\begin{cases} \dot{y}_1 = N_t - (c_1 + c_2)y_1 + c_2y_3 - (k_1 + k_2)y_5 + k_2y_7; \\ \dot{y}_2 = M_t - k_{2r}y_2 + k_{2r}y_4 - c_{2r}y_6 + c_{2r}y_8; \\ \dot{y}_3 = -N + c_2y_1 - c_2y_3 + k_2y_5 - k_2y_7; \\ \dot{y}_4 = -M + k_{2r}y_2 - k_{2r}y_4 + c_{2r}y_6 - c_{2r}y_8; \\ \dot{y}_5 = y_1; \\ \dot{y}_6 = y_2; \\ \dot{y}_7 = y_3; \\ \dot{y}_8 = y_4. \end{cases} \quad (7)$$

2.4. Ưu nhược điểm của thiết bị thi công móng cọc theo công nghệ khoan xoay

**** Ưu điểm***

- Thi công công trình trên nền san hô ở QĐTS: Áp dụng công nghệ thi công hạ cọc bằng phương pháp khoan xoay sẽ hạn chế khả năng gây mất ổn định kết cấu khi hạ cọc vào nền so với quá trình thi công sử dụng búa đóng hoặc búa rung kết hợp xói nước để hạ cọc chế sẵn xuống nền san hô. Tránh được chấn động do quá trình hạ cọc có thể ảnh hưởng nghiêm trọng đến các công trình móng nông gần vị trí thi công khi thi công cọc bằng búa đóng hoặc búa rung, dễ dàng hạ cọc vào lớp đá san hô cứng. Giảm chi phí đáng kể so với dùng biện pháp khoan dẫn để hạ cọc;

- Chủng loại trang thiết bị thi công đa dạng với nhiều kích cỡ và khả năng làm việc cả trên cạn cũng như dưới nước, có thể lựa chọn giải pháp công nghệ thi công dùng thiết bị dẫn động thủy lực gắn trên xe thủy lực bánh xích để tăng tính cơ động tại hiện trường;

- Khả năng thi công tuần tự liên tục, thiết bị có thể thi công trên đường công vụ, trên sàn đạo hoặc trên phương tiện nổi nên rất phù hợp với điều kiện địa hình, địa mạo và thủy hải văn ở khu vực QĐTS;

- Khối lượng vận chuyển ít hơn so với phương án dùng cọc khoan nhồi nên chi phí sẽ giảm; Khả năng cơ giới hóa cao, tốc độ thi công nhanh, khả năng kiểm soát chất

lượng thi công tốt hơn nên độ bền và ổn định của công trình tốt hơn.

**** Nhược điểm***

- Công nghệ thi công hạ cọc bằng phương pháp khoan xoay chỉ có thể áp dụng cho giải pháp cọc ống thép, cọc thép hình, cọc ống thép nhồi bê tông chế sẵn mà không dùng cọc BTCT tại chỗ.

Tóm lại

Môi trường biển ở khu vực QĐTS có tính xâm thực và ăn mòn mạnh đối với vật liệu xây dựng. Đặc điểm này dẫn đến việc lựa chọn giải pháp móng cọc BTCT khó đảm bảo tuổi thọ lâu dài của công trình. Việc thi công hạ cọc chế sẵn là giải pháp phù hợp cho các các móng công trình trên nền san hô ngoài QĐTS. Việc lựu chọn công nghệ thi công cũng là một giải pháp nhằm đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật trong quá trình hạ cọc, đảm bảo hiệu quả kinh tế, dễ thi công, chất lượng công trình đảm bảo.

3. KẾT LUẬN

Đối với các công trình biển thường xuyên chịu tải trọng ngang lớn và môi trường xâm thực mạnh, trên thế giới thường sử dụng giải pháp móng cọc ống thép, cọc thép hình hay cọc ống thép nhồi bê tông để tăng khả năng kháng mỏi và dễ xử lý bảo vệ chống ăn mòn chủ động bằng phương pháp điện hóa (anode hy sinh).

Việc thi công hạ cọc chế sẵn cho các các móng công trình trên nền san hô ngoài QĐTS bằng công nghệ khoan xoay là một giải pháp phù hợp, vừa đảm bảo hiệu quả kinh tế, vừa đảm bảo độ vững chắc và bền lâu của nền móng công trình. Ngoài ra còn dễ dàng trong việc xử lý bảo vệ ăn mòn nền móng trong quá trình sử dụng. Nội dung bài báo nhằm giới thiệu đến các đơn vị Công binh đang thi công công trình trên QĐTS một giải pháp thi công móng cọc công trình phù hợp, vừa đảm bảo tính kinh tế, vừa nâng cao được chất lượng công trình đồng thời dễ dàng triển khai thi công ở địa hình QĐTS của Việt Nam.

Nội dung bài báo cũng đã xây dựng được mô hình tương tác giữa cọc thép và nền san hô trong quá trình xoay và thiết lập được hệ phương trình tính toán động lực học thiết bị khoan xoay hạ cọc ống thép. Từ đây cho phép thực hiện các tính toán tiếp theo trong việc thi công hạ cọc chế sẵn cho các các móng công trình trên nền san hô ngoài QĐTS.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Hoang Xuan Luong, 2010. *Nghien cuu cac chi tieu ky thuat cua nen san ho va tuong tac giua ket cau cong trinh va nen san ho*. Report on project KC.09.07/06-10

[2]. Pham Van Minh, Nguyen Tien Nam, Pham Quang Dung, 2017. *Determine method for resistance of equipment casing by rotary Press - in*. Journal of Science and Technology in Civil Engineering, Hanoi University of Civil Engineering Vol. 11, No. 4, 145-148.

[3]. Nguyen Van Vinh, 2008. *Dong luc hoc may xay dung*. Transport Publishing House, Hanoi.

[4]. Eva M. Navarro-Lopez, 2007. *Sliding-mode control of a multi-DOF oilwell drillstring with stick-slip oscillations*. Proceedings of the American Control Conference, 3837-3842.

[5]. Dr.ir. Sape A. Miedema, 2013. *Dredging Processes The Cutting of Sand, Clay & Rock Theory*. ISBN EBook: 978-94-6186-252-5.

[6]. Parr A., 2011. *Hydraulics and pneumatics: a technician's and engineer's guide*. Elsevier.

AUTHORS INFORMATION

Nguyen Manh Hung[1], Vu Hai Quan[2], Le Duy Long[2], Nguyen Hoang Son[3]

[1]Institute of Engineering Arms, Ministry of National Defence - Socialist Republic of VietNam

[2]Hanoi University of Industry

[3]University of Transport Technology