

# NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ THIẾT BỊ THI CÔNG HẠ CỌC ỐNG THÉP CÓ CÁNH Ở MŨI VÀ THÀNH CỌC PHÙ HỢP VỚI ĐIỀU KIỆN VIỆT NAM

Phạm Văn Minh<sup>a,\*</sup>, Nguyễn Hoàng Giang<sup>b</sup>, Nguyễn Tiến Dũng<sup>c</sup>, Nguyễn Tiến Nam<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Khoa Cơ khí, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội,  
55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam*

<sup>b</sup>*Khoa Xây dựng Dân dụng và Công nghiệp, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội,  
55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam*

<sup>c</sup>*Khoa Vật liệu xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội,  
55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam*

*Nhận ngày 05/3/2024, Sửa xong 25/3/2024, Chấp nhận đăng 09/5/2024*

## Tóm tắt

Bài báo nghiên cứu tính toán thiết kế thiết bị công tác hạ cọc ống thép có cánh ở mũi và thành cọc, một loại cọc mới có sức chịu tải cao, thi công nhanh với chi phí thấp. Trong đó đã tổ hợp thiết bị dẫn động xoay có mô men lớn của máy khoa cọc nhồi với bộ phận liên kết cọc ống thép thành thiết bị công tác đồng bộ để thi công cọc ống thép bằng phương pháp xoay. Nghiên cứu cũng đã tiến hành chế tạo và ứng dụng thành công phương án thiết kế cho loại cọc có đường kính 318,5 mm tại Hà Nam. Đây là những nghiên cứu và thử nghiệm đầu tiên về loại thiết bị hạ cọc ống thép có cánh ở mũi và thành ống trong điều kiện Việt Nam, làm cơ sở cho việc triển khai ứng dụng loại công nghệ mới này ở nước ta nhằm đem lại hiệu quả kinh tế kỹ thuật cao cho các công trình.

*Từ khoá:* cọc ống thép có cánh ở mũi và thành cọc; thiết bị hạ cọc ống thép; máy cơ sở; hạ cọc bằng phương pháp xoay; mô men xoay hạ cọc.

STUDY DESIGN OF CONSTRUCTION EQUIPMENT FOR INSTALL STEEL PIPE PILES WITH WINGS AT THE TOP AND PILE WALL SUITABLE FOR VIETNAMESE CONDITIONS

## Abstract

The article studies and calculates the design of steel pipe pile lowering equipment with wings at the pipe tip and wall. This new type of pile has high load capacity, fast construction, and low cost. In which, the high-torque drive device of the bored pile drilling machine is combined with the steel pipe pile connection part into a synchronous working device to construct steel pipe piles by the rotation method. The study also successfully manufactured and applied a design plan for this pile type with a diameter of 318.5 mm in Ha Nam. These are the first studies and tests on steel pipe pile lowering equipment with wings at the pipe tip and wall in Vietnam's conditions, serving as a basis for deploying and applying this new technology in our country to reach high economic and technical efficiency to projects.

*Keywords:* steel pipe pile with wings at the pipe tip and wall (Mirai pile); steel pipe pile lowering equipment; base machine; install piles using rotation method; installation torque.

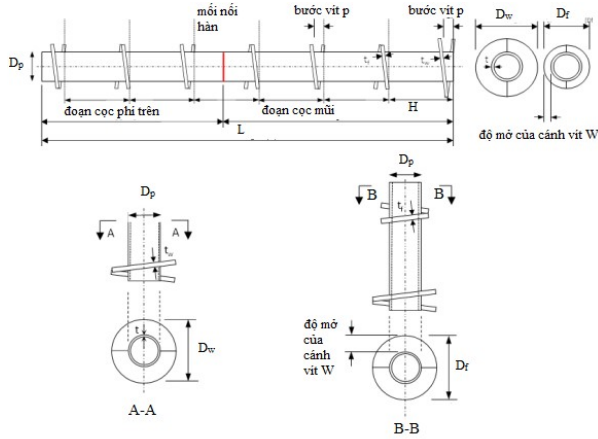
[https://doi.org/10.31814/stce.huce2024-18\(2V\)-07](https://doi.org/10.31814/stce.huce2024-18(2V)-07) © 2024 Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (ĐHXDHN)

## 1. Đặt vấn đề

Cọc ống thép có nhiều ưu điểm vượt trội so với cọc bê tông bởi độ bền và cường độ cao của vật liệu, sức chống chịu cao và có khả năng kháng ngang lớn. Quá trình thi công thuận lợi, thời gian thi công nhanh; công đoạn lắp ghép tại hiện trường được thực hiện dễ dàng nhờ hàn hoặc mối nối cơ, từ

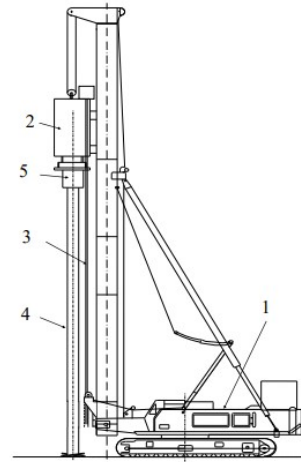
\*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: [minhvp@huce.edu.vn](mailto:minhvp@huce.edu.vn) (Minh, P. V.)

đó có thể chế tạo cọc có chiều dài lớn, có trọng lượng nhẹ, quá trình vận chuyển cọc ống thép cũng dễ dàng và có chi phí rẻ. Cọc ống thép đường kính nhỏ hạ bằng phương pháp xoắn có đường kính đến 600 mm, chiều sâu hạ cọc đến 35 m, ở mũi và thân có vít xoắn để tăng sức chống mũi và huy động thêm sức chống ở thành cọc làm tăng sức chịu tải của cọc (Hình 1); loại cọc ống thép này có sức chịu tải lớn hơn nhiều so với cọc bê tông cốt thép có cùng kích thước lớn hơn cọc bê tông ly tâm 2÷3 lần và lớn hơn cọc khoan nhồi 3÷4 lần). Các cánh được cấu tạo dạng vít xoắn do đó khi thi công chỉ cần sử dụng loại thiết bị có mô men xoắn lớn quay cọc là có thể hạ đến vị trí thiết kế. Do cọc thép cùng với phương pháp thi công như vậy làm cho quá trình hạ cọc êm, ít tiếng ồn và rung động, thời gian thi công nhanh và ngay sau khi thi công xong cọc có thể đạt được cường độ thiết kế [1-6].



$D_p$ - Đường kính thân cọc;  $D_w$ - Đường kính cánh vít mũi cọc;  
 $D_f$ - Đường kính cánh vít ở thành cọc;  $W$ - Độ mờ của cánh vít mũi cọc;  $P$ - Bước vít;  $H$ - Khoảng cách giữa các cánh vít;  
 $i$ - Số lượng cánh vít

Hình 1. Sơ đồ cấu tạo cọc ống thép có cánh vít ở mũi và thành cọc



1- Máy kéo cơ sở; 2- Thiết bị công tác 2, 3- Khung và ray dẫn hướng của máy kéo cơ sở; 4- Cọc ống thép đường kính nhỏ; 5- Bộ phận liên kết 5 nối giữa thiết bị công tác và đầu cọc

Hình 2. Sơ đồ cấu tạo của tổ hợp thiết bị thi công cọc ống thép có cánh vít ở mũi và thành cọc hạ bằng phương pháp xoắn

Tổ hợp thiết bị thi công cọc ống thép có cánh vít ở mũi và thành cọc hạ bằng phương pháp xoắn (Hình 2) gồm máy kéo cơ sở 1, thiết bị công tác (TBCT) 2, khung và ray dẫn hướng của máy kéo cơ sở 3, cọc ống thép đường kính nhỏ 4 (có cánh vít ở thành và mũi cọc). TBCT gồm hai bộ phận chính là bộ phận dẫn động (động cơ, hộp giảm tốc, kết cấu thép liên kết với ray dẫn hướng) và bộ phận liên kết 5 nối giữa TBCT và đầu cọc; TBCT lấy nguồn dẫn động từ máy kéo cơ sở hoặc máy phát điện, khi làm việc tạo mô men xoay để hạ cọc ống thép có cánh vít ở mũi và thành cọc vào trong lòng đất theo quỹ đạo hình xoắn ốc, đây là loại thiết bị phức tạp có trình độ kỹ thuật công nghệ cao được chế tạo bởi các hãng nổi tiếng trên thế giới [7-9].

Máy cơ sở của tổ hợp thiết bị hạ cọc ống thép yêu cầu phải trang bị cơ cấu nâng để nâng hạ TBCT và cọc trong quá trình thi công. Ngoài ra còn có khung và ray dẫn hướng để định vị vị trí của cọc trong quá trình thi công. Một yêu cầu quan trọng là có mô men xoắn đủ lớn để hạ cọc ống thép do bộ phận dẫn động gồm động cơ kết hợp hộp giảm tốc chuyên dùng cung cấp. Qua khảo sát các thông số kỹ thuật của thiết bị loại này do các hãng chế tạo [7-9] (Bảng 1) cho thấy hoàn toàn có thể sử dụng các loại máy khoan cọc nhồi có sẵn ở Việt Nam làm máy cơ sở cho tổ hợp thiết bị này, chúng có các thông số làm việc đáp ứng yêu cầu của thiết bị hạ cọc ống thép như: có bộ phận dẫn động tạo được mô men lớn, hệ thống tời nâng phục vụ quá trình thi công, hệ thống ray dẫn hướng cùng với đó là trọng lượng và độ ổn định đảm bảo trong quá trình làm việc. Với phương án sử dụng máy cơ sở có sẵn góp phần

làm giảm giá thành và đảm bảo sự chủ động trong việc lựa chọn và khai thác sử dụng tổ hợp thiết bị.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của máy cơ sở dùng trong tổ hợp thiết bị hạ cọc ống thép bằng phương pháp xoay [7-9]

Tên máy (hãng)	Sung Won			
	DH508-105M	DH558-110M	DH608-120M	DH658-135M
Chiều cao nâng Max, m	21 - 30	21 - 33	21 - 33	21 - 36
Trọng lượng tổ hợp thiết bị $G_m$ , t	79	81,9	120	96,5
Số tời nâng	3	3	3	3
Lực nâng lớn nhất của tời $Q_n$ , KN/f	490/50	539/55	588/60	637/65
Trọng lượng vận chuyển máy kéo $G_{mc}$ , t	28	27.45	28	28,9

Bảng 2. Thông số kỹ thuật của bộ phận dẫn động máy cơ sở máy khoan cọc nhồi [7-9]

Loại thiết bị	SW-100PW		SW-120PW		SW-150PW		SW-200PW	
Động cơ	37KW×8P×2	37KW×4/8P×2	45KW×8P×2	45KW×4/8P×2	55KW×8P×2	55KW×4/8P×2	90KW×8P×2	90KW×4/8P×2
Tốc độ (v/ph)	19	36/18	19	36/18	15	30/15	5	10/5
Mô men $T_m$ , Kg.m	3970	1985/3970	4770	2850/4770	7160	3580/7160	28640	14320/28640
Nguồn điện	AC 220V (380V) × 60Hz × 3P							
Trọng lượng $G_{ct}$ , Kg	5800	6000	6200	6500	7600	7900	9500	9800

Bài báo trình bày các bước cơ bản tính toán thiết kế TBCT hạ cọc ống thép có cánh vít xoắn ở mũi và thành cọc trên cơ sở kế thừa các thiết bị có sẵn trong điều kiện Việt Nam gồm: máy cơ sở, bộ phận dẫn động của TBCT chỉ tính toán thiết kế bộ phận liên kết giữa TBCT và đầu cọc, qua đó làm giảm giá thành, tăng tính vận năng của máy cơ sở và chủ động trong công tác khai thác sử dụng thiết bị đem lại hiệu quả kinh tế kỹ thuật cao.

## 2. Tính toán lựa chọn tổ hợp thiết bị thi công cọc ống thép có cánh ở mũi và thành cọc hạ bằng phương pháp xoay trong điều kiện Việt Nam

### 2.1. Xác định các thông số tải trọng cần thiết để lựa chọn thiết bị công tác

#### a. Sức chịu tải nền giới hạn của cọc ống thép có cánh ở mũi và thành cọc theo nền đất

Sức chịu tải của cọc ống thép có cánh ở mũi và thành cọc phụ thuộc vào nhiều yếu tố như cấu tạo cọc gồm chiều dài, đường kính, cấu tạo và số lượng cánh vít xoắn; các đặc điểm cơ lý của nền đất như loại đất, sức kháng nền đất ở mũi cọc, sức kháng nền đất bên của cọc, góc ma sát trong của đất, góc ma sát giữa đất và cọc,... Theo [6, 10-12] thì sức chịu tải cực hạn theo nền đất của cọc ống thép có cánh ở mũi và thành cọc được tính theo công thức sau đây:

$$R_u = u_f \sum L_{fi} f_{fi} + u_p \sum L_{pi} f_{pi} + q_d A_w, \text{ (kN)} \quad (1)$$

trong đó  $q_d = 125N (\leq 3750)$  sức kháng mũi đơn vị của lớp đất dưới mũi cọc ( $\text{kN/m}^2$ ) với  $N \leq 30$  lấy theo Bảng 3;  $A_w = \pi/4(D_w^2 - D_p^2)$  diện tích hữu hiệu phần cánh mũi ( $\text{m}^2$ ) với  $N \leq 30$ ;  $D_w$  là đường kính cánh mũi (m);  $D_p$  là đường kính ngoài cọc ống thép (m);  $D_f$  là đường kính ngoài của cánh vít cọc ống thép (m);  $U_f = \pi D_f$  là chu vi của phần cánh bên (m);  $f_{fi}$  là sức kháng ma sát đơn vị của đất với cánh bên ( $\text{kN/m}^2$ ), được xác định dựa vào loại đất: đối với đất rời  $4N (\leq 120)$  và đối với đất dính  $8N$

hoặc  $c (\leq 120)$ ;  $U_p = \pi D_p$  là chu vi của phần bên cọc ống thép (phần không có cánh bên) (m);  $L_{pi}$  là chiều dài đoạn cọc thép nằm ngoài phạm vi cánh bên (m);  $f_{pi}$  là sức kháng bên đơn vị của các lớp đất ngoài phạm vi cánh bên ( $\text{kN/m}^2$ ), được xác định dựa vào loại đất: đối với đất rời  $2N (\leq 120 \text{ kPa})$  và đối với đất dính  $8N$  hoặc  $c (\leq 120 \text{ kPa})$ ;  $c = q_u/2$  lực dính ( $\text{kN/m}^2$ ) với  $q_u$  là sức kháng nén đơn một trục ( $\text{kN/m}^2$ );  $N$  giá trị xuyên tiêu chuẩn, chưa hiệu chỉnh;  $i$  là số cánh vít xoắn bố trí trên thân cọc.

Trong trường hợp lớp đất cứng dưới mũi cọc có trị số  $N > 30$ , giá trị  $q_d (\text{kN/m}^2)$  được khuyến nghị lấy theo Bảng 4.

Bảng 3. Sức kháng mũi đơn vị giới hạn tại mũi cọc  $q_d$   
(với  $N$  là giá trị xuyên tiêu chuẩn SPT, chưa được hiệu chỉnh  $N_{\max}$  là 50)

Loại đất	Đường kính ngoài cánh mũi/ Đường kính cọc	Sức kháng mũi đơn vị giới hạn tại mũi cọc $q_d (\text{kN/m}^2)$
Cát	1,5 lần	120 N ( $\leq 6000$ )
	2,0 lần	100 N ( $\leq 5000$ )
Sỏi cuội	1,5 lần	130 N ( $\leq 6500$ )
	2,0 lần	115 N ( $\leq 5750$ )

Bảng 4. Giá trị đặc trưng của sức kháng bên đơn vị giới hạn thân cọc  $f_{pi}$ , được xác định phụ thuộc vào loại đất  
( $c$  là lực dính ( $c = q_u/2$ ) và  $N$  là giá trị SPT tại vùng thân của cọc)

Loại đất	Sức kháng bên đơn vị giới hạn $f_{pi} (\text{kN/m}^2)$
Đất rời	$3N (\leq 150)$
Đất dính	$c$ hoặc $10N (\leq 100)$

b. Xác định mô men xoắn giới hạn của cọc ống thép theo vật liệu

Mô men xoắn giới hạn  $T_{a1}$  của cọc ống thép được xác định từ sức kháng cắt cho phép của thân ống thép [3–5], được tính theo công thức sau đây:

$$T_{a1} = \frac{1}{16} \times \frac{\pi (d_1^4 - d_2^4)}{d_1} \times 10^{-6} \times \tau_a \quad (\text{kNm}) \quad (2)$$

trong đó  $T_{a1}$  là mô men xoắn giới hạn cho ống thép ( $\text{kN.m}$ );  $d_1$  là đường kính ngoài ống thép (mm);  $d_2$  là đường kính trong ống thép (mm);  $\tau_a$  là sức kháng cắt đơn vị cho phép trong thi công ( $\text{N/mm}^2$ ), đối với vật liệu là SPP400 lấy  $120 (\text{N/mm}^2)$ , vật liệu SPP490 lấy  $157,5 (\text{N/mm}^2)$  (thép theo tiêu chuẩn của Nhật Bản).

c. Xác định mô men xoay để hạ cọc ống thép

Việc xác định mô men xoay để hạ cọc ống thép cũng như xác định sức chịu tải của cọc ống thép là rất khó khăn giá trị này phụ thuộc vào các đặc điểm cấu tạo của cọc và tính chất cơ lý của nền đất. Hiện nay đã có nhiều công trình nghiên cứu công bố về mô hình và phương pháp xác định mô men hạ cọc khi thi công. Đa số các công trình này xây dựng mô hình xác định mô men hạ cọc bằng lý thuyết sau đó tiến hành nghiên cứu thực nghiệm để hiệu chỉnh và xây dựng công thức xác định giá trị mô men hạ cọc. Trong đó, phổ biến và có độ chính xác cao được áp dụng rộng rãi hiện nay là mô hình xác định mô men hạ cọc ống thép dựa vào sức chịu tải nén giới hạn theo đất nền của cọc. Theo các

nghiên cứu [13–19] thì mô men yêu cầu để hạ cọc ống thép có cánh vít xoắn ở mũi và thành cọc được xác định theo công thức sau đây:

$$R_u = K_t T \quad (3)$$

Từ đó biến đổi ta được,

$$T = R_u / K_t \quad (4)$$

trong đó  $R_u$  là sức chịu tải cực hạn theo nền đất của cọc ống thép có cánh vít xoắn ở mũi và thành cọc (KN);  $T$  là mô men hạ cọc ống thép có cánh vít xoắn ở mũi và thành cọc, (kNm);  $K_t$  là hệ số thực nghiệm ( $m^{-1}$ ), xác định theo Bảng 5 [13, 16, 18, 19]. Các nghiên cứu này cũng chỉ ra rằng với đường kính cọc có kích thước càng lớn thì hệ số  $K_t$  càng nhỏ và để an toàn trong quá trình hạ thường áp dụng biểu thức (3) cho giá trị của đường kính lớn hơn 219 là  $K_t = 9,8$ .

Bảng 5. Giá trị hệ số thực nghiệm  $K_t$  theo đường kính thân cọc  $D_p$

Đường kính thân cọc $D_p$ (mm)	$K_t$ ( $m^{-1}$ )
< 89	33
89	23
89-219	9,8

## 2.2. Tính toán thiết kế TBCT tổ hợp thiết bị thi công cọc ống thép

### a. Các thông số yêu cầu

- Điều kiện địa chất nền đất hạ cọc ống thép: mặt cắt cột địa chất cùng với tính chất cơ lý của các lớp đất ( $f_{fi}, f_{pi}, c, q_u, N, l_i$ );
- Các thông số kết cấu của cọc ống thép cần hạ ( $L, D_p, D_w, H, d_1, d_2, i$ ) và trọng lượng của cọc  $G_c$ ;
- Máy cơ sở, tham khảo các thông số kỹ thuật của loại thiết bị này do các hãng chế tạo (Bảng 1, 2).

### b. Các bước tính toán lựa chọn tổ hợp thiết bị thi công cọc ống thép (Hình 3)

Bước 1: Tính toán sức chịu tải nền giới hạn của cọc ống thép theo nền đất  $R_u$  theo biểu thức (1).

Bước 2: Tính toán mô men xoắn giới hạn của cọc ống thép theo vật liệu  $T_{a1}$  theo biểu thức (2).

Bước 3: Tính toán giá trị mô men xoắn để hạ cọc ống thép  $T$  theo sức chịu tải nền giới hạn của cọc ống thép theo nền đất  $R_u$  biểu thức (4).

Bước 4: Kiểm tra giá trị mô men hạ cọc theo điều kiện:

$$T_{a1} \geq T \quad (5)$$

Điều kiện (5) thỏa mãn lựa chọn thiết bị theo mô men  $T$ . Nếu điều kiện (5) không thỏa mãn phải tiến hành thiết kế lại cọc bằng cách tăng chiều dày đường kính cọc (giảm  $d_2$ ) đảm bảo thỏa mãn điều kiện (5).

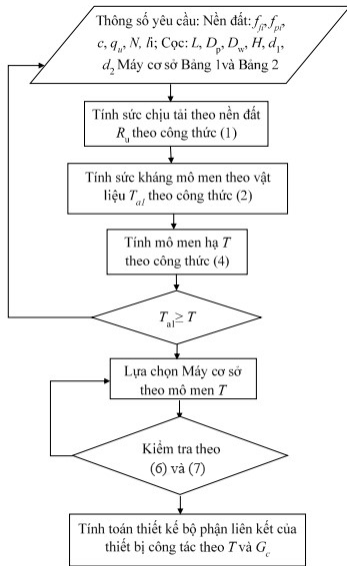
Bước 5: Chọn máy cơ sở và các thông số của máy.

Bước 6: Kiểm tra điều kiện trong quá trình thi công đảm bảo tời nâng có khả năng nâng và vận chuyển cọc và TBCT theo  $G_{ct}, G_c, H_n, Q_n, R$ .

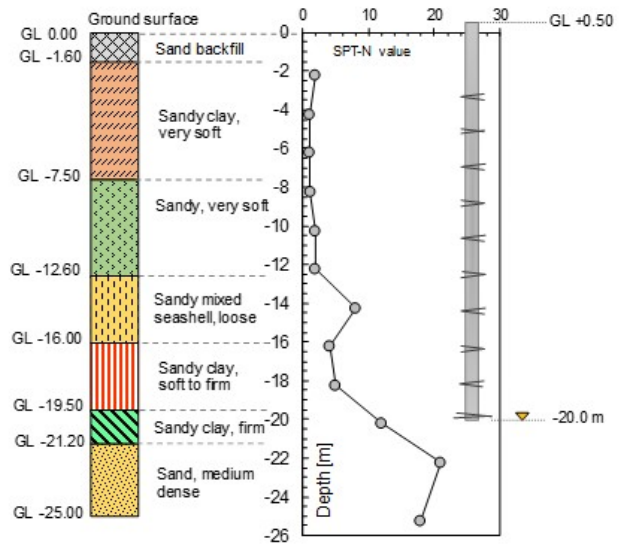
$$Q_n \geq G_{ct} + G_c \text{ (kN)} \quad (6)$$

$$H_n \geq L + 1,5 \text{ (m)} \quad (7)$$

Bước 7: Tính toán thiết kế bộ phận liên kết đầu cọc và bộ phận dẫn động của TBCT theo  $T, G_c$ .



Hình 3. Sơ đồ khối quy trình thiết kế TBCT tổ hợp thiết bị thi công cọc ống thép



Hình 4. Mặt cắt địa chất thi công thử nghiệm cọc ống thép có cánh ở mũi và thành cọc tại Hà Nam [6, 20]

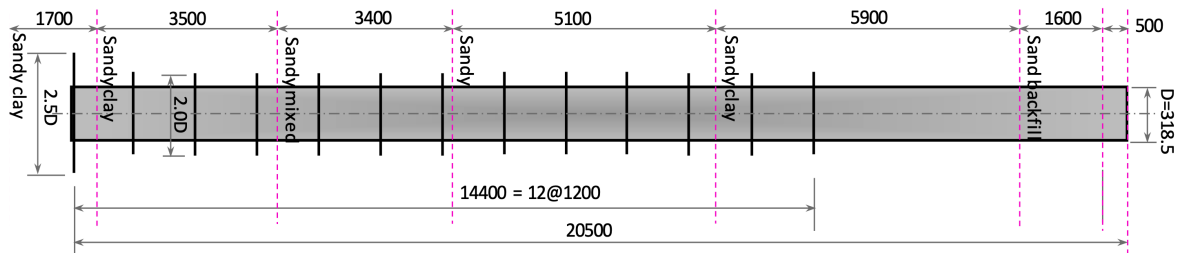
### 3. Ví dụ áp dụng

#### 3.1. Các thông số yêu cầu

Trong nghiên cứu này, cọc ống thép có cánh ở mũi và thành được tính toán thử nghiệm theo địa chất khu vực Hà Nam. Hình 4 trình bày kết quả khảo sát tính chất cơ lý của nền đất. Bao gồm 7 lớp có tính chất của các lớp đất như sau: lớp (1) độ sâu từ 0,00 - 1,60 m dưới mặt đất là lớp cát đắp, bao gồm cát, hữu cơ; lớp (2) từ 1,60 - 7,50 m là cát sét màu xám nâu, lẫn hữu cơ, rất mềm có giá trị N-SPT = 1 - 2; lớp (3) Từ 7,50 - 12,60 m là đất cát pha màu xám nâu và cát pha rất mềm có giá trị N-SPT = 0 - 2; lớp (4) từ 12,60 - 16,00 m là vỏ sò pha cát, màu xám đen, xám nâu, rời rạc với giá trị N-SPT = 4 - 8; lớp (5) từ 16,00 - 19,50 m là lớp sét pha cát, màu xám nâu, mềm đến rắn chắc, giá trị N-SPT = 4 - 5; lớp (6) từ 19,50 - 21,20 m là tầng cát sét, lẫn vỏ sò, màu xám đen, chắc; và lớp (7) từ 21,20 - 25,00 m là lớp cát, màu xám đen, lẫn vỏ sò, độ chặt trung bình [6, 20].

Hình 4 là biểu đồ biến thiên của SPT-N theo độ sâu và bề dày từng lớp đất của lỗ khoan khảo sát ở vị trí hạ cọc tại Hà Nam có giá trị SPT ở độ sâu từ 2–12 m là  $N = 1-2$ ; xuống đến các lớp đất phía dưới thì  $N$  tăng lên và lớp đất chân cọc đạt giá trị  $N = 17-20$ .

Cọc ống thép có cánh ở mũi và thành sử dụng trong nghiên cứu Hình 5 có đường kính ngoài  $D_p = 318,5$  mm, độ dày thành ống  $t_p = 12,7$  mm, chiều dài cọc  $L = 20,5$  m; đường kính cánh đáy cọc  $D_w = 796$  mm xấp xỉ 2,5 lần đường kính cọc; đường kính cánh thân cọc  $D_f = 637$  mm [6, 20].



Hình 5. Cấu tạo cọc ống thép có cánh ở mũi và thành thử nghiệm tại Hà Nam [6]

### 3.2. Tính toán lựa chọn máy cơ sở

Áp dụng công thức (1) với các thông số cấu tạo cọc và điều kiện địa chất đã cho, xác định được sức chịu tải giới hạn nén của cọc ống thép  $R_u = 1290$  kN.

Xác định mô men xoắn giới hạn của cọc ống thép theo vật liệu  $T_{a1}$  theo (2) với  $\tau_a = 157,5$  (N/mm<sup>2</sup>) là sức kháng cắt đơn vị cho phép trong thi công ứng với vật liệu cọc là SPP490 ta có:

$$T_{a1} = \frac{1}{16} \times \frac{\pi \left( D_p^4 - (D_p - 12,7)^4 \right)}{D_p} \times 10^{-6} \times \tau_a$$

$$\rightarrow T_{a1} = \frac{1}{16} \times \frac{\pi \left( 318,5^4 - 305,8^4 \right)}{318,5} \times 10^{-6} \times 157,5 = 150 \text{ kNm}$$

Xác định giá trị mô men xoắn để hạ cọc ống thép  $T$  theo (4) ta có.

$$T = \frac{R_u}{K_t} = \frac{1290}{9,8} = 131,63 \text{ kNm}$$

Vậy ta có  $T_{a1} > T$  nên lấy giá trị  $T = 131,63$  kNm để lựa chọn máy cơ sở và tính toán các bộ phận khác của TBCT cho tổ hợp thiết bị thi công hạ cọc ống thép. Từ Bảng 1 chọn máy DH608-120M của Nhật Bản hoặc Hàn Quốc có sẵn trên thị trường Việt Nam với các thông số kỹ thuật cơ bản như sau:  $G_m = 120$  tấn;  $G_{mc} = 28$  tấn; tời nâng chính có chiều cao nâng  $H_n = 33$  m và  $Q_n = 588$  kN.

Bộ phận dẫn động của TBCT chọn loại thiết bị SW-200PW có động cơ điện 90KW×4/8P×2, với 2 chế độ làm việc: chế độ làm việc nhanh với tốc độ quay 10 v/ph; mô men xoắn lớn nhất 14320 Kgm = 143,2 kNm; chế độ làm việc chậm với tốc độ quay 5 v/ph; mô men xoắn lớn nhất 28640 Kgm = 286,40 kNm; trọng lượng 9,8 tấn đáp ứng các yêu cầu thi công hạ cọc.

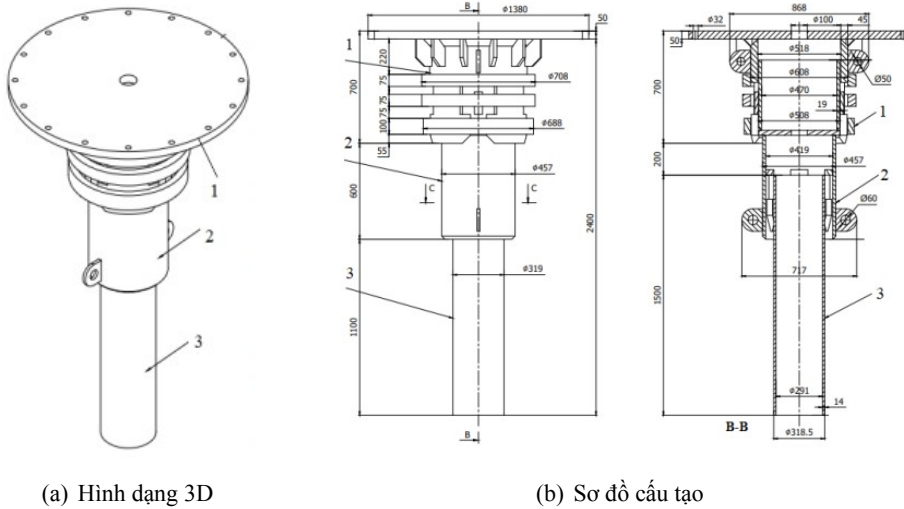
### 3.3. Tính toán thiết kế bộ phận liên kết giữa cọc ống thép và bộ phận dẫn động của TBCT

#### a. Lựa chọn phương án thiết kế

Bộ phận liên kết giữa cọc ống thép và bộ phận dẫn động quay của TBCT là phần phải tính toán thiết kế để phù hợp với kết cấu của đầu cọc ống thép và bộ phận dẫn động của TBCT (số 5 Hình 2). Phương án đề xuất trong nghiên cứu này Hình 6 nhằm mục đích tăng khả năng sử dụng của thiết bị cho 02 loại đầu cọc có đường kính khác nhau, có cấu tạo gồm có 02 phần chính: cụm 1 có một đầu liên kết cố định bằng bu lông với bộ phận dẫn động quay của TBCT còn đầu còn lại liên kết khớp với cọc, dùng để thi công cọc có đường kính  $D_p = 508$  mm; ngoài ra bố trí thêm một cụm 2 có một đầu liên kết với cụm 1 và đầu còn lại liên kết với cọc ống thép các liên kết đều là liên kết khớp cho phép liên kết nhanh chóng và chính xác (cụm 2 đóng vai trò là khớp nối). Đây là bộ phận quan trọng chịu mô men rất lớn nên phải được tính toán thiết kế và kiểm tra kỹ lưỡng, trong nghiên cứu này áp dụng phần mềm Inventer để tính toán thiết kế.

#### b. Tính toán thiết kế

Giá trị mô men xoắn để hạ cọc ống thép theo nền đất là:  $T = 131,63$  kNm, tuy nhiên do đề xuất của nghiên cứu là tăng tính năng sử dụng của bộ phận liên kết như phân tích nêu trên, nên lựa chọn giá trị mô men tính toán thiết kế bằng với mô men lớn nhất của máy cơ sở là 286,40 (kNm) (chế độ làm việc chậm 5 v/ph); xét hệ số an toàn có tải trọng động ( $k_d = 1,21$  trường hợp mở máy động cơ điện, tải trọng động do cọc gặp vật cản, ...) khi thi công mô men tính toán được xác định là:  $T_H = 1,21 \times 286,4 = 347,76$  kN.m. Trường hợp hạ cọc nhỏ mô men lớn nhất của máy cơ sở là 143,2 (kNm) (chế độ làm việc nhanh 10 v/ph); xét hệ số an toàn có tải trọng động ( $k_d = 1,21$  trường hợp mở máy động



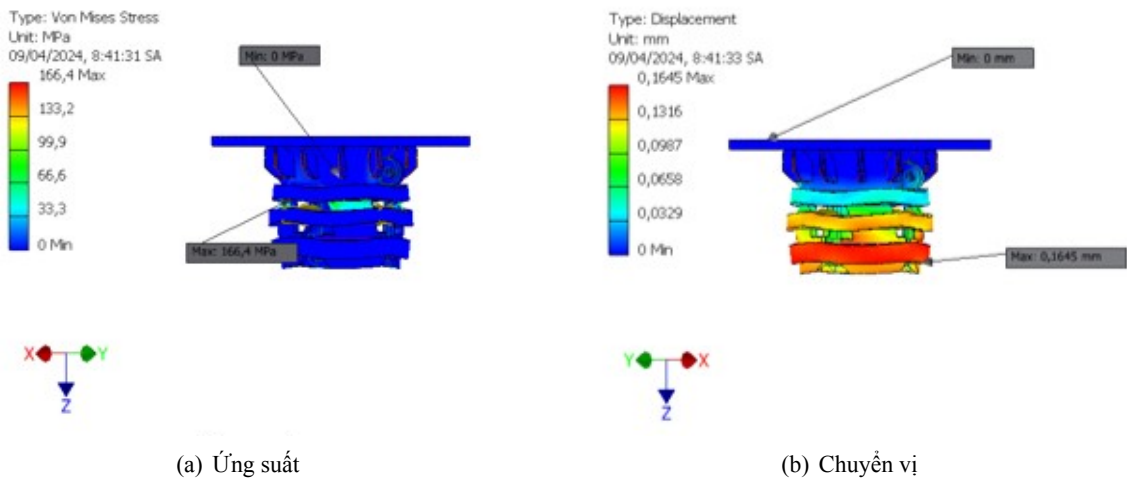
(a) Hình dạng 3D

(b) Sơ đồ cấu tạo

- 1- Cụm liên kết cố định bằng bu lông với bộ phận dẫn động quay của TBCT đồng thời là bộ phận liên kết khớp với cọc ống thép đường kính 508 mm; 2- Cụm nối trung gian liên kết khớp với cụm 1 và cọc 3 dùng cho cọc có đường kính nhỏ hơn ( $D_p = 318,5$  mm); 3- Cọc ống thép có cánh ở mũi và thành cọc

Hình 6. Cấu tạo bộ phận liên kết giữa cọc ống thép có cánh ở mũi và thành cọc và bộ phận dẫn động của TBCT cơ điện, tải trọng động do cọc gặp vật cản,...) khi thi công mô men tính toán được xác định là:  $T_{tt2} = 1,21 \times 143,2 = 173,88$  kN.m.

Tính toán thiết kế cụm 1 bộ phận liên kết giữa cơ cấu quay TBCT và cọc ống thép đường kính 508 mm: vật liệu sử dụng thép SS400 có ứng suất chảy 207 MPa, ứng suất bền 345 MPa chịu mô men xoắn tính toán  $T_{tt} = 347,76$  kNm, sử dụng phần mềm Inventer trong đó mô men được quy về 4 lực tập trung  $P_1$  ở 4 rãnh truyền lực sang 4 then trên cọc, bán kính từ lực tập trung đến tâm quay  $R_1 = 282$  mm, ta có  $P_1 = T_{tt}/(4R_1) = 347,76/4.0,282 = 308$  kN, mặt bích trên cùng coi là ngàm cứng, ta được kết quả: ứng suất lớn nhất trong kết cấu là 166,4 MPa, chuyển vị 0,1645 mm như vậy kết cấu đảm bảo độ bền và độ biến dạng (Hình 7).



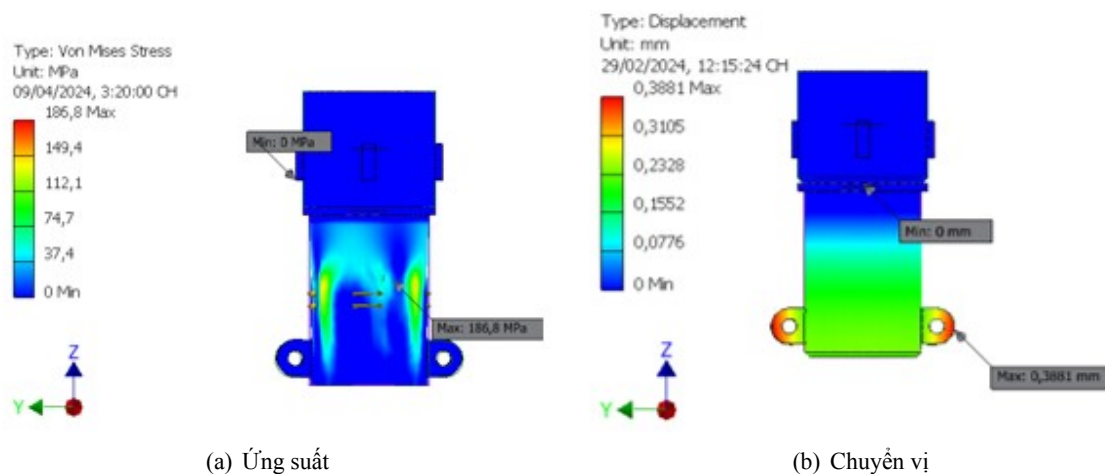
(a) Ứng suất

(b) Chuyển vị

Hình 7. Kết quả ứng suất và chuyển vị của bộ liên kết giữa cụm 1 giữa cơ cấu quay TBCT và cọc ống thép đường kính 508 mm



Tính toán thiết kế cụm 2 bộ phận liên kết giữa cụm 1 và cọc ống thép có đường kính 318,5 mm, với vật liệu sử dụng thép SS400 có ứng suất chảy 207 MPa, ứng suất bền 345 MPa chịu mô men xoắn tính toán  $T_{tt2} = 173,88$  kNm; sử dụng phần mềm Inventer trong đó mô men được quy về 4 lực tập trung  $P_2$  ở 4 rãnh truyền lực sang 4 then trên cọc, bán kính từ lực tập trung đến tâm quay  $R_2 = 185$  mm, ta có  $P_2 = T_{tt2}/(4R_2) = 173,88/4.0,185 = 235$  kN, với giả thiết đầu trên của cụm liên kết ngàm với cụm 1, được kết quả: ứng suất lớn nhất trong kết cấu là 186,8 MPa, chuyển vị 0,2864 mm như vậy kết cấu đảm bảo độ bền và độ biến dạng (Hình 8).



Hình 8. Kết quả ứng suất và chuyển vị của ống nối trung gian giữa cụm 1 và cọc ống thép có đường kính nhỏ 318,5 mm

#### 4. Kết luận

Bài báo đã xây dựng các bước tính toán thiết kế TBCT hạ cọc ống thép có cánh ở mũi và thân cọc phù hợp với điều kiện Việt Nam, trong đó tận dụng máy cơ sở có sẵn ở trong nước góp phần làm giảm giá thành đầu tư và tăng tính năng sử dụng của máy cơ sở của nhóm máy khoan cọc nhồi đem lại hiệu quả kinh tế kỹ thuật cao.

Phương án đề xuất thiết kế bộ phận liên kết giữa cọc ống thép và bộ phận dẫn động quay của TBCT là linh hoạt và có tính năng sử dụng cao, trong đó đề xuất thêm cụm 2 đóng vai trò là khớp nối trung gian giữa cụm 1 phần cố định liên kết với TBCT và cọc ống thép cho phép sử dụng để thi công được nhiều cọc có đường kính khác nhau. Bộ phận khớp nối này sử dụng kết cấu nối dạng khớp cho phép tháo lắp nhanh và linh hoạt. Nhóm nghiên cứu đã được Tập Đoàn JFE của Nhật Bản hỗ trợ chế tạo cọc, kết cấu liên kết, thuê máy và tiến hành thử nghiệm ở Hà Nam đạt các chỉ tiêu kỹ thuật tốt, đây là cơ sở khoa học và kỹ thuật để có thể áp dụng công nghệ này ở Việt Nam.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] TCVN 10317:2014. *Cọc ống thép và cọc ván ống thép sử dụng trong công trình cầu - Thi công và nghiệm thu*. Tiêu chuẩn quốc gia.
- [2] TCVN 9245:2012. *Cọc ống thép*. Tiêu chuẩn quốc gia.
- [3] Japan Road Association (JRA) (2012). *Specifications and Commentary for Highway Bridges Part IV Substructures*.
- [4] Sổ tay thiết kế móng cọc (2015). *Pile foundation design handbook (2015)*. Japan Road Association.
- [5] Japan Road Association (2017). *Chỉ dẫn kỹ thuật cho công trình Cầu đường cao tốc (Phần I tới Phần V) - Specifications for Highway Bridges (Part I to Part V)*.

- [6] Kawai, M., Nguyen, H. G., Tien, D. N., Nguyen, T. S., Pham, V. M. (2023). [Development of new rotation pile technology mirai pile ® and preliminary study in Vietnam on construction](#). *Journal of Science and Technology in Civil Engineering (STCE) - HUCE*, 17(2):62–69.
- [7] Sung Won Heavy Machinery Co. Ltd (2001). *Catalog-Sungwon*. Korea.
- [8] Minh, P. V., Dũng, P. Q. (2018). [Nghiên cứu xác định chế độ làm việc hợp lý của thiết bị công tác hạ ống vách thép thi công cọc nhồi bằng phương pháp ép xoay](#). *Journal of Science and Technology in Civil Engineering (STCE) - NUCE*, 12(6):1–7.
- [9] Pham, V., Pham, Q. (2022). [Method for determining working regimes with reasonableness of equipment casing pipes by rotary press](#) - in. *Journal of Applied Engineering Science*, 20(2):447–454.
- [10] TCVN 11520:2016. *Bottom single blade steel rotation pile foundation - Design requirements*. Ministry of Science and Technology of Vietnam.
- [11] TCVN 12111:2018. *Bottom single blade steel rotation pile foundation - Construction and acceptance*. Ministry of Science and Technology of Vietnam.
- [12] Japan Road Association (JRA) (2012). *Specifications and Commentary for Highway Bridges Part IV Substructures*.
- [13] Ghaly, A., Hanna, A., Hanna, M. (1991). [Installation Torque of Screw Anchors in Dry Sand](#). *Soils and Foundations*, 31(2):77–92.
- [14] Tsuha, C. d. H. C., Aoki, N. (2010). [Relationship between installation torque and uplift capacity of deep helical piles in sand](#). *Canadian Geotechnical Journal*, 47(6):635–647.
- [15] Spagnoli, G., de Hollanda Cavalcanti Tsuha, C. (2020). [Review of torque models for offshore helical piles](#). *E3S Web of Conferences*, 205:12007.
- [16] Hoyt, R. M., Clemence, S. P. (1989). Uplift Capacity of Helical Anchors in Soil. *Proceedings of the 12th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Rio de Janeiro, Brazil*.
- [17] CFEM (2006). *Canadian Foundation Engineering Manual*. 4th edition, Canadian Geotechnical Society, Technical Committee on Foundations, BiTech Publishers Ltd.
- [18] Tsuha, C. H. (2007). *Theoretical model to control on site the uplift capacity of helical screw piles embedded in sandy soil*. PhD thesis, Department of Geotechnics, São Carlos School of Engineering, University of São Paulo, São Carlos, Brazil.
- [19] Kulhawy, F. H. (1984). Limiting tip and side resistance: Fact or fallacy? *Proceedings of ASCE Symposium on Analysis and Design of Pile Foundations, San Francisco, USA*, ASCE, 80–98.
- [20] Giang, N. H. (2022). [Nghiên cứu xây dựng chỉ dẫn kỹ thuật thiết kế, thi công và quy trình nghiệm thu cọc ống thép đường kính nhỏ hạ bằng phương pháp xoắn trong đô thị ở Việt Nam](#). Đề tài khoa học công nghệ cấp Bộ Xây dựng.