

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

Phạm Văn Minh^{a,*}, Phạm Quang Dũng^a

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

Nhận ngày 03/09/2018, Sửa xong 20/09/2018, Chấp nhận đăng 26/09/2018

Tóm tắt

Thiết bị hạ ống vách thép thi công cọc nhồi trong nền đất yếu, địa chất phức tạp đã được ứng dụng rộng rãi trên thế giới, trong khi đó ở Việt Nam đây là loại thiết bị mới đang được quan tâm đầu tư nghiên cứu và ứng dụng. Bài báo 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 làm cơ sở cho quá trình tính toán thiết kế thiết bị lắp trên máy cơ sở có sẵn ở Việt Nam nhằm phát huy hết công suất dẫn động, tăng năng suất của máy; góp phần làm giảm giá thành đầu tư, làm chủ công nghệ thiết bị và khai thác sử dụng một cách hiệu quả loại thiết bị này ở nước ta.

Từ khóa: phương pháp ép - xoay; thiết bị hạ ống vách; máy cơ sở.

RESEARCH DETERMINING THE REASONABLE WORKING REGIME OF EQUIPMENT CASING BY ROTARY PRESS - IN

Abstract

Equipment casing in the weak ground, complex geology have been widely applied and used in the world; meanwhile in Vietnam this is a new type of equipment, that has been started to study for research and application. This paper research determines the reasonable working regime of equipment casing by rotary Press - in method, as the basis for the calculation process of the equipment installed on the base machine in Vietnam to maximize the transmission capacity, increase the productivity of the machine; it contributes to reducing the cost of investment, mastering the technology of equipment, effectively exploiting and using this type of equipment in our country.

Keywords: rotary press - in method; equipment casing; base machine.

[https://doi.org/10.31814/stce.nuce2018-12\(6\)-01](https://doi.org/10.31814/stce.nuce2018-12(6)-01) © 2018 Trường Đại học Xây dựng (NUCE)

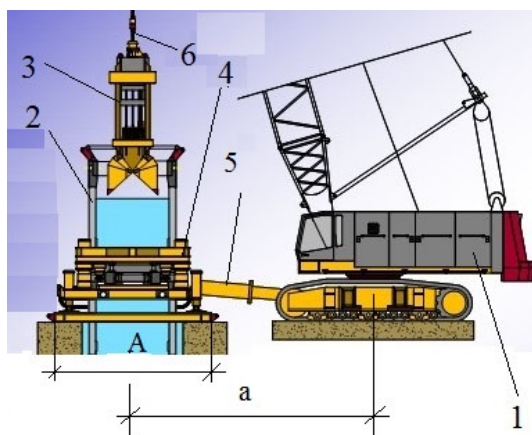
1. Đặt vấn đề

Tổ hợp thiết bị hạ ống vách thép bằng phương pháp ép - xoay để thi công cọc nhồi (Hình 1) gồm máy cơ sở 1, thiết bị công tác (TBCT) 4 và kết cấu liên kết 5. TBCT gồm hai cơ cấu chính là ép và xoay (lấy nguồn dẫn động từ máy cơ sở) để hạ ống vách 2 vào trong lòng đất theo quỹ đạo hình xoắn ốc. Máy cơ sở, ngoài việc cung cấp nguồn dẫn động cho TBCT, có chức năng dẫn động gầu 3 qua dây cáp 6 để moi đất trong lòng ống lên tạo thành lỗ khoan cọc nhồi và góp phần chống xoay TBCT thông qua kết cấu liên kết 5. Đây là loại thiết bị hiện có nhu cầu rất lớn ở Việt Nam để thi công cọc nhồi cho

*Tác giả chính. Địa chỉ e-mail: phamkhanhminh@gmail.com (Minh, P. V.)

các công trình lớn trên nền đất có điều kiện địa chất phức tạp [1] và việc nghiên cứu thiết kế chế tạo loại thiết bị này trong điều kiện Việt Nam là rất cần thiết.

Qua khảo sát các thông số kỹ thuật của loại thiết bị này do các hãng nổi tiếng chế tạo (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 nhằm giảm giá thành và đảm bảo sự chủ động trong công tác đầu tư.



1 - Máy cơ sở; 2 - Ống vách; 3 - Gầu; 4 - TBCT; 5 - Kết cấu liên kết máy cơ sở với TBCT; 6 - Cáp nâng hạ gầu

Hình 1. Sơ đồ cấu tạo của tổ hợp thiết bị hạ ống vách thép bằng phương pháp ép - xoay

Bảng 1. Thông số kỹ thuật thiết bị ép - xoay [2, 3]

Tên máy (hãng)	LIEBHERR- LEFFER			SOILMEC		
	RDM-1500	RDM-2000	RDM-3000	RDM-1500	RDM-2000	RDM-3000
Đường kính, mm	800~1500	1200~2000	2000~3000	800~1500	1200~2000	2000~3000
Mô men Mmax, kN.m	2300	2900	7400	2700	4081	7544
Tốc độ n, v/ph	0~1,1	0~1	0~1,75	0~1,1	0~1	0~0,09
Lực ép Nmax, kN	1890	2400	4560	1890	2400	4560
Loại máy cơ sở	HS 833 HD	HS 855 HD	HS 885 HD	R625	R825	R930
Trọng lượng, KN	320	420	800	440	650	1150

TBCT (Hình 2) hạ ống vách thép vào trong lòng đất theo chu kỳ (độ sâu hạ được bằng hành trình của xilanh 8). Khi bắt đầu chu kỳ, xilanh 8 ở trạng thái duỗi hết, điều khiển xilanh 6 qua khung 5 hạ nệm 3 để liên kết vành trong của thiết bị tủa quay (TBQT) 7 gắn trên khung chính 2 với ống vách 4. Cơ xilanh 8 đồng thời với việc mở máy cơ cấu xoay 9 để vừa ép vừa xoay hạ ống vách 4 xuống thông qua khung chính 2, TBQT 7 và nệm 3. Khi xilanh 8 co hết hành trình thì điều khiển xilanh 6 để tách nệm 3 ra khỏi ống vách 4 và duỗi hết xilanh 8 để bắt đầu thực hiện chu kỳ tiếp theo. Để đảm bảo ổn định cho TBCT trong quá trình làm việc, trọng lượng bản thân TBCT cùng với trọng lượng đối trọng 14 giữ cho TBCT không bị “đẩy nổi” dưới tác dụng của lực nén N; ngàm 13 cùng với lực ma sát giữa TBCT và nền đất, lực ma sát giữa máy cơ sở và nền đất (thông qua liên kết 5 - Hình 1) giữ cho TBCT không bị xoay đi dưới tác dụng của mô men xoay M.

Các tác giả đã xây dựng được phương pháp xác định lực cản công tác khi hạ ống vách thép [1], bao gồm:

Lực cản nén ống vách theo phương dọc trục N :

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

Mô men cản xoay M :

$$M = \frac{\pi q_b \tan \delta_{sp}}{12} (D^3 - d^3) + \frac{\pi D^2}{2 \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} \left(\sum_{i=1}^n h_i (\sigma'_{hi} \tan \delta_{si} + c_{ci}) \right) + \frac{\pi d^2 h_p}{2 \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} (\sigma'_{hp} \tan \delta_{sp} + c_p); \text{kNm} \quad (2)$$

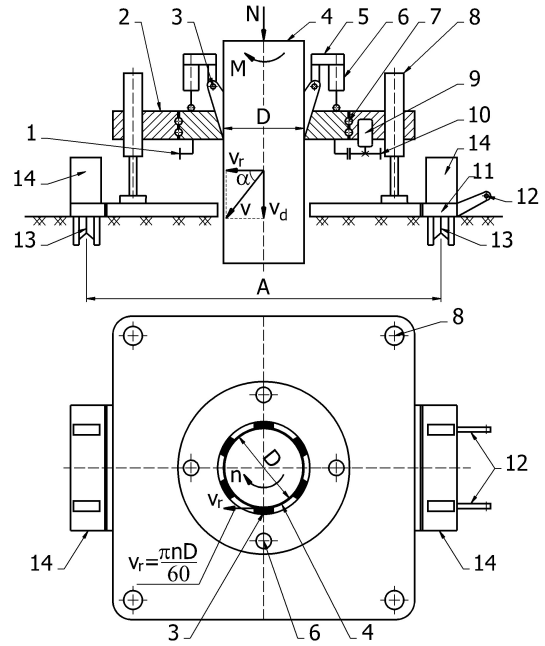
trong đó q_b là cường độ sức kháng mũi ống vách, KN/m^2 ; d và D lần lượt là đường kính trong và ngoài của ống vách, m; α là góc giữa vận tốc trượt và vận tốc dài theo phương ngang, độ; σ'_{hi} và σ'_{hp} lần lượt là giá trị ứng suất hữu hiệu trung bình của lớp đất thứ i và lớp đáy ống vách, KN/m^2 ; δ_{si} và δ_{sp} lần lượt là góc ma sát của lớp đất thứ i và lớp đáy với thành ống vách, độ; c_{ci} và c_p lần lượt là lực dính của đất thứ i và lớp đáy với thành ống vách, KN/m^2 ; h_i và h_p lần lượt là chiều dày lớp đất thứ i và lớp đất phía trong ống vách, m; n là số lớp đất ống vách xuyên qua.

Với vận tốc ép hạ ống vách theo phương dọc trục v_d (m/s) và tốc độ xoay ống vách n (v/ph) thì mỗi điểm trên bề mặt ống vách sẽ chuyển động theo đường xoắn ốc với véc tơ vận tốc v được hợp thành từ v_d và $v_r = \pi D n / 60$ (Hình 2); v_d và v_r liên hệ với nhau theo biểu thức:

$$\tan \alpha = \frac{v_d}{v_r}; \quad n = \frac{60 v_d}{\tan \alpha D \pi}; \quad \alpha = 0^\circ \div 90^\circ \quad (3)$$

Như vậy, trên cơ sở những thông số về điều kiện địa chất nền đất và các yêu cầu với ống vách cần hạ, bằng biểu thức (1), (2) và (3) ta có thể xác định được N , M , v_d , n làm thông số đầu vào để tính toán thiết kế TBCT hạ ống vách thép bằng phương pháp ép - xoay. Tuy nhiên, qua phân tích các biểu thức (1), (2) và (3), ta thấy các thông số N , M , v_d , n đều là các hàm số phụ thuộc vào α và có mối quan hệ ràng buộc lẫn nhau hay nói cách khác là ứng với mỗi giá trị của α_j thì ta có một bộ thông số (N_j, M_j, v_{dj}, n_j) đặc trưng cho chế độ làm việc (CĐLV) của TBCT và bài toán xác định CĐLV hợp lý của TBCT hạ ống vách thép bằng phương pháp ép - xoay phù hợp với máy cơ sở có sẵn đã chọn được phát biểu như sau:

Trên cơ sở các thông số yêu cầu cho trước (điều kiện địa chất nền đất; ống vách thép; máy cơ sở đã chọn), tìm giá trị α_{hl} ứng với CĐLV hợp lý $(N, M, v_d, n)_{hl}$ của TBCT sao cho phát huy tối đa công suất dẫn động của máy cơ sở để đạt được năng suất cao nhất có thể ($v_d^{\max}$), thỏa mãn các yêu cầu của quá trình hạ ống vách thép theo các biểu thức (1), (2) và (3) và đảm bảo ổn định của TBCT với trọng lượng đối trọng nhỏ.



1 - Vành răng TBTQ; 2 - Khung chính; 3 - Nêm; 4 - Ống vách; 5 - Khung hệ nêm; 6 - Xilanh điều khiển nêm; 7 - TBTQ; 8 - Xilanh ép và khung dẫn hướng; 9 - Cơ cấu xoay ống vách; 10 - Bánh răng chủ động; 11 - Khung bộ TBCT; 12 - Tai liên kết với máy cơ sở; 13 - Ngàm chống xoay; 14 - Đối trọng

Hình 2. Sơ đồ nguyên lý của TBCT hạ ống vách thép bằng phương pháp Ép - Xoay

2. Xác định CĐLV hợp lý của TBCT hạ ống vách thép thi công cọc nhồi bằng phương pháp ép - xoay

2.1. Phân tích quy luật biến thiên và mối quan hệ giữa các thông số đặc trưng cho CĐLV của TBCT

Từ các biểu thức (1) và (2) ta có được quy luật biến thiên của lực ép N và mô men xoay M theo α (Hình 3). Mặt khác vận tốc ép v_d và tốc độ xoay n lại bị ràng buộc với nhau thông qua biểu thức (3). Như vậy, với mỗi giá trị α ta có các giá trị N và M tương ứng theo đồ thị (Hình 3) song tốc độ ép và xoay cũng phải tỷ lệ với nhau theo α ở biểu thức (3) thì mới đảm bảo hạ được ống vách vào trong lòng đất.

Với máy cơ sở đã chọn sẵn có công suất nguồn để dẫn động cơ cấu ép ống vách P_e và cơ cấu xoay ống vách P_x thì mối liên hệ ràng buộc với N, M, v_d, n thông qua các biểu thức sau:

$$P_e = \frac{N v_d}{\eta_e}; \text{ kW} \quad (4)$$

$$P_x = \frac{\pi M n}{30 \eta_x}; \text{ kW} \quad (5)$$

trong đó η_e và η_x là hiệu suất truyền động của cơ cấu ép và xoay ống vách.

Theo Hình 3, khi α nhỏ thì N nhỏ và M lớn và ngược lại. Mục tiêu của bài toán để đạt được nếu α nhỏ vì N nhỏ thì theo (4) sẽ được v_d lớn và năng suất máy sẽ cao, mặt khác N nhỏ thì trọng lượng đối trọng cũng nhỏ. Tuy nhiên, khi N nhỏ thì mô men xoay M lớn, đồng thời với v_d lớn thì theo (3) tốc độ xoay n cũng lớn làm cho công suất xoay ống vách rất lớn, công suất nguồn của máy cơ sở không đáp ứng được. Vì vậy, để xác định được CĐLV hợp lý của TBCT thì cần phải khảo sát các giá trị (N, M, v_d, n) theo $\alpha = 5^\circ \div 90^\circ$ và tìm được chế độ có $v_d^{\max}$ và N nhỏ, thỏa mãn các yêu cầu của quá trình hạ ống vách cũng như nguồn dẫn động của máy cơ sở có công suất đủ để dẫn động TBCT ở CĐLV này.

2.2. Phương pháp xác định CĐLV hợp lý của TBCT

a. Các thông số yêu cầu

1. Điều kiện địa chất nền đất hạ ống vách thép: mặt cắt cột địa chất (n_i, h_i); tính chất cơ lý của các lớp đất ($q_c, q_b, \sigma'_{hi}, \sigma'_{hp}, \delta_{si}, \delta_{sp}, c_{ci}, c_p$);

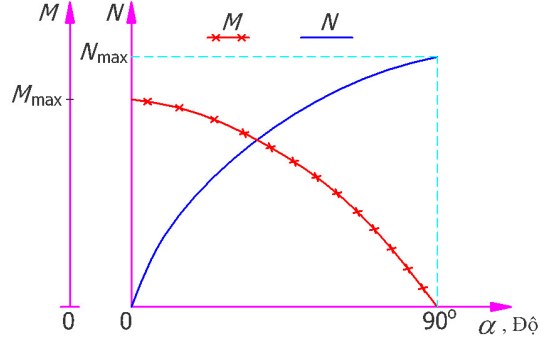
2. Các yêu cầu đối với ống vách cần hạ (D, d, L, h_p);

3. Máy cơ sở: Tham khảo các thông số kỹ thuật của loại thiết bị này do các hãng chế tạo (Bảng 1), chọn máy cơ sở là máy khoan cọc nhồi có sẵn phù hợp với yêu cầu về nền đất và ống vách cần hạ nêu trên (sơ đồ dẫn động, P_e, P_x , trọng lượng G_{cs} , kích thước máy).

b. Trình tự xác định các thông số đặc trưng cho CĐLV của TBCT (N_j, M_j, v_{dj}, n_j) ứng với một giá trị α_j

Bước 1. Theo α_j tính các giá trị N_j, M_j , bằng biểu thức (1) và (2);

Bước 2. Theo N_j và P_e xác định vận tốc ép ống vách v_{dj1} bằng biểu thức (4) (phát huy hết công suất của cơ cấu ép ống vách); theo v_{dj1} xác định tốc độ xoay n_{j1} bằng biểu thức (3);



Hình 3. Quy luật biến thiên của M, N theo α

Bước 3. Theo M_j và P_x xác định tốc độ xoay n_{j2} bằng biểu thức (5) (phát huy hết công suất của cơ cấu xoay ống vách); theo n_{j2} xác định v_{dj2} bằng biểu thức (3);

Bước 4. Nếu $n_{j1} \leq n_{j2}$ có nghĩa là công suất P_x đủ để xoay ống vách trong CĐLV ứng với α_j là các thông số ($N_j, M_j, v_{dj} = v_{dj1}, n_j = n_{j1}$);

Bước 5. Nếu $n_{j1} > n_{j2}$ có nghĩa là cơ cấu xoay không đủ công suất và các thông số đặc trưng cho CĐLV ứng với α_j là ($N_j, M_j, v_{dj} = v_{dj2}, n_j = n_{j2}$).

c. Xác định CĐLV hợp lý của TBCT

Chế độ làm việc hợp lý của TBCT là CĐLV ứng với góc α hợp lý có vận tốc ép ống vách lớn nhất ($v_d = v_d^{\max}$). Vì vậy ta cần phải khảo sát, xác định các thông số đặc trưng (N_j, M_j, v_{dj}, n_j) theo trình tự tính toán ở mục b, ứng với α_j trong miền xác định của nó từ $5^\circ \div 90^\circ$ ($\alpha_1 = 5^\circ, \alpha_j = \alpha_{j-1} + \Delta\alpha, \alpha_m = 90^\circ$, số lần lặp $m = (90 - 5)/\Delta\alpha$) để tìm ra CĐLV hợp lý có $v_d^{\max} = \max(v_{dj}$, với $j = 1 \div m$). Có thể lập trình trên máy tính với m lần tính lặp để tìm $v_d^{\max}$ theo sơ đồ khối Hình 4.

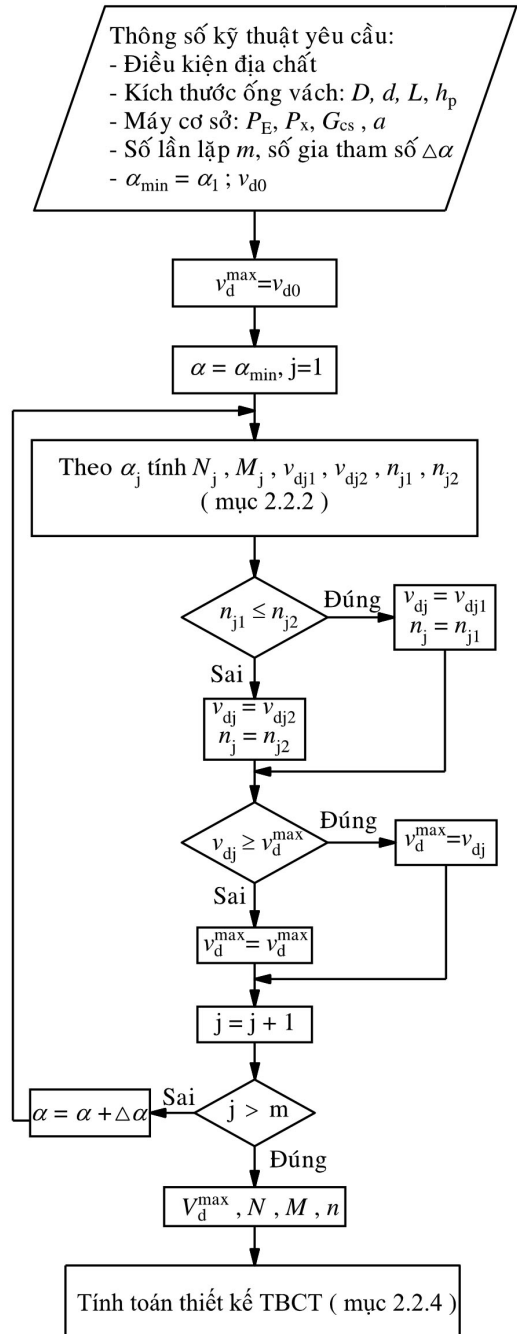
d. Tính toán thiết kế TBCT

Sau khi xác định được CĐLV hợp lý của TBCT có thể dùng các thông số đặc trưng M, N, v_d, n làm thông số đầu vào để tính toán thiết kế TBCT theo trình tự sau:

1. Tính toán thiết kế cơ cấu ép ống vách theo lực nén N và vận tốc ép v_d ;
2. Tính toán thiết kế cơ cấu xoay ống vách theo mô men xoay M và vận tốc xoay n ;
3. Tính toán thiết kế cơ cấu điều khiển nệm theo lực nén N và mô men xoay M ;
4. Tính toán thiết kế kết cấu thép, hệ thống khung bộ của TBCT, xác định trọng lượng bản thân của TBCT - G_0 ;
5. Tính toán trọng lượng đối trọng G_d đảm bảo điều kiện ổn định chống “đẩy nổi” dưới tác dụng của lực nén N :

$$G_d = k_1 N - G_0 \quad (6)$$

trong đó $k_1 = 1,1 \div 1,2$ là hệ số an toàn ổn định theo phương dọc;



Hình 4. Sơ đồ khối phương pháp xác định CĐLV hợp lý của TBCT

6. Tính toán diện tích chống xoay F đảm bảo điều kiện ổn định chống xoay của TBCT dưới tác dụng của mô men xoay M [4, 5]:

$$2pFA + \frac{f(G_0 + G_d)A}{2} + fG_{cs}a = k_2M$$

$$F = \frac{k_2M - f[0,5A(G_0 + G_d) + aG_{cs}]}{2pA} \quad (7)$$

trong đó $k_2 = 1,1 \div 1,2$ là hệ số an toàn ổn định theo phương ngang; f là hệ số ma sát giữa khung bê tông cốt thép và xích của máy cơ sở đối với nền đất; A, a là các kích thước trên Hình 1 và 2; G_{cs} là trọng lượng máy cơ sở; p là ứng suất cho phép của nền đất.

3. Ví dụ áp dụng

Các thông số yêu cầu: Nền đất trụ P6 cầu Mỹ Thuận với mặt cắt địa chất (Hình 5) và các tính chất cơ lý cho trong Bảng 2.

Bảng 2. Các đặc tính cơ lý của nền đất

Thông số	h (m)	q_c (kN/m ²)	g (kN/m ³)	d (độ)	c (kN/m ²)
1 (Bùn sét xám xanh)	10,42	750	17,1	60	4,1
2 (Sét xám nâu lẫn cát)	16,76	1650	18,3	90	11,16
3 (Bùn sét xám nâu)	18,82	266	17,2	90	1,4
4 (Sét dẻo mềm)	4	2200	18,7	140	20,2
5 (Cát nhỏ rắn chắc)	15	7420	20,4	340	0

Kích thước ống vách: $d = 1220$ mm, $D = 1300$ mm, $L = 50$ m, $h_p = 3$ m.

Máy cơ sở HS 833 HD hãng Liebherr có đặc tính kỹ thuật như sau:

Dùng hai động cơ đốt trong: động cơ thứ nhất Model D 924 TI-E có công suất 125 kW dẫn động bơm thủy lực có lưu lượng 193 l/min, động cơ thứ hai Model D 926 TI-E có công suất 210 kW dẫn động hai bơm thủy lực có lưu lượng 428 l/min. Áp suất làm việc của hệ thống thủy lực 30 Mpa.

Đây là loại máy cơ sở đã có sẵn mạch thủy lực với đầu kết nối để dẫn động TBCT hạ ống vách, gồm hai đầu kết nối: Đầu kết nối có công suất 160 kW dẫn động cơ cầu xoay và đầu kết nối có công suất 40 kW dẫn động cơ cầu ép hạ ống vách; áp suất làm việc của hệ thống 30 Mpa, áp suất lớn nhất của hệ thống 35 Mpa.

Áp dụng phương pháp ở mục 2 với $\Delta\alpha = 1$, $m = 85$, $\alpha_1 = 5^\circ$ trong đó các tính toán cụ thể đã công bố trong tài liệu [6–8] được kết quả: đồ thị lực cản N, M theo α (Hình 6), các thông số CĐLV hợp lý của TBCT (Bảng 3).

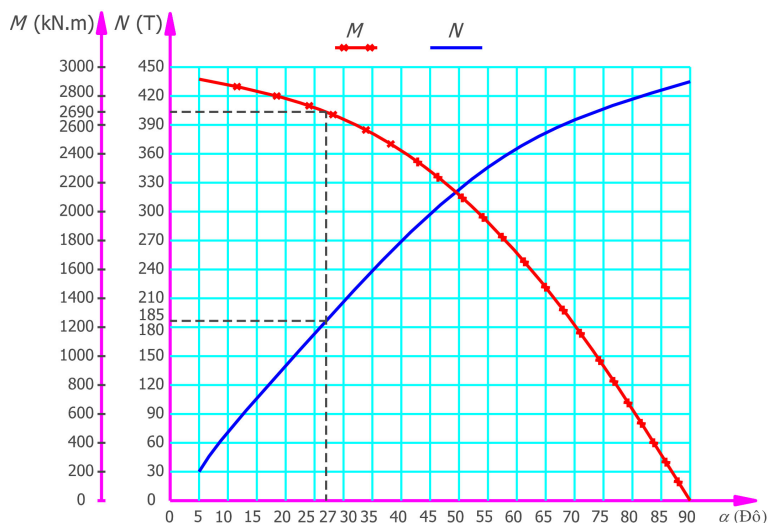
Bảng 3. Chế độ làm việc hợp lý của TBCT

Thông số	α_{hl} (độ)	M (kN.m)	N (tấn)	n (v/ph)	v_d (m/ph)	P_E (kW)	P_x (kW)
Giá trị	27°	2690	185	0,48	1	38,5	160

Kết quả tính toán thông số CĐLV hợp lý nằm trong miền thông số kỹ thuật các máy mẫu của các hãng nổi tiếng đã chế tạo.



Hình 5. Mặt cắt cột địa chất



Hình 6. Đồ thị lực cản M, N theo α

4. Kết luận

Trên cơ sở kiến thức chuyên ngành và các thành tựu đã đạt được trong lĩnh vực máy làm đất, nhóm tác giả đã xây dựng được phương pháp xác định CĐLV hợp lý của TBCT hạ ống vách thép thi công cọc nhồi trên nền đất yếu bằng phương pháp ép - xoay lắp trên máy cơ sở có sẵn; làm cơ sở phục vụ cho quá trình tính toán thiết kế TBCT hạ ống vách trong điều kiện Việt Nam đem lại hiệu quả kinh tế kỹ thuật cao.

Cần tiếp tục nghiên cứu hoàn thiện phương pháp theo hướng xác định CĐLV hợp lý của TBCT khi hạ ống vách thép qua nhiều lớp đất có lực cản khác nhau sao cho phát huy hết công suất của nguồn dẫn động để tăng năng suất của máy. Trên cơ sở đó phát triển xây dựng phần mềm tự động hóa tính toán CĐLV hợp lý của TBCT hạ ống vách thép để ứng dụng trong thực tế.

Tài liệu tham khảo

- [1] Minh, P. V., Nam, N. T., Dũng, P. Q. (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*, Trường Đại học Xây dựng, (4):134–138.
- [2] LIEBHERR (2016). *Casing rotator*. Germany.
- [3] SOILMEC (2016). *Hydraulic casing rotator*. Italy.
- [4] Đồng, P. H., Ngũ, H. V., Thuận, L. B. (2004). *Máy làm đất*. NXB Xây dựng.
- [5] Thành, T. Q., Dũng, P. Q. (1999). *Máy và thiết bị nâng*. NXB Khoa học và kỹ thuật.
- [6] TCVN 9352:2012. *Đất xây dựng - phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh (CPT)*. Bộ Khoa học và Công nghệ.
- [7] TCVN 9351:2012. *Đất xây dựng - phương pháp thí nghiệm hiện trường - thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (SPT)*. Bộ Khoa học và Công nghệ.
- [8] Dinh, H. V. (2018). *Nghiên cứu xác định chế độ làm việc hợp lý của quá trình hạ ống vách thép thi công cọc nhồi trong nền đất yếu bằng phương pháp ép - xoay*, Luận văn thạc sĩ, Trường Đại học Xây dựng.