



## 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

Phạm Văn Minh<sup>1\*</sup>, Nguyễn Tiến Nam<sup>2</sup>, Phạm Quang Dũng<sup>3</sup>

**Tóm tắt:** Thiết bị hạ ống vách thép thi công cọc nhồi trong nền đất yếu 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 xây dựng phương pháp xác định lực cản công tác của thiết bị hạ ống vách thép bằng phương pháp Ép - Xoay là một thiết bị tiên tiến và phổ biến trên thế giới nhằm phục vụ cho công tác tính toán, thiết kế, khai thác sử dụng và làm chủ thiết bị này trong điều kiện nước ta.

**Từ khóa:** Phương pháp Ép - Xoay; thiết bị hạ ống vách cọc nhồi; cọc ống thép.

**Determine method for resistance of equipment casing by rotary Press - in**

**Abstract:** Equipment casing in the weak ground have been widely applied and used in the world; Meanwhile, in Vietnam this is a new type of equipment, that have been started to study for research and application. This paper research methods for determining resistance of equipment casing by Rotary Press-in. This is an advanced and popular equipment in the world. The paper is suggested for the purpose of calculating, designing, exploiting and using this equipment in our country.

**Keywords:** Rotary Press-in; equipment casing; steel pipe piles.

Nhận ngày 10/5/2017, sửa xong 9/6/2017, chấp nhận đăng 23/6/2017  
Received: May 10, 2017; revised: June 9, 2017; accepted: June 23, 2017



### 1. Đặt vấn đề

Thi công cọc nhồi bằng phương pháp sử dụng ống vách trên toàn bộ hố khoan được áp dụng trong điều kiện nền đất yếu và có điều kiện địa chất phức tạp, cho phép đảm bảo cọc nhồi có chất lượng và độ tin cậy cao; chính vì thế phương pháp này đã được các nhà thầu nước ngoài áp dụng ở nước ta trong một số công trình lớn có điều kiện địa chất phức tạp như: Cầu Mỹ Thuận, Cầu Cần Thơ,... Trong những năm gần đây các tập đoàn lớn của Nhật Bản (Nippon Steel Corporation, J-SPIRAL STEEL PIPE) và các tổng công ty xây dựng trong nước (Tổng công ty Thăng Long) đã có những thỏa thuận hợp tác sản xuất cọc ống thép, ống vách thép cọc nhồi, chuyển giao công nghệ và thiết bị thi công cọc nhồi bằng ống vách thép, cọc ống thép ở nước ta [1,2].

Máy hạ ống vách thép cọc nhồi trên toàn bộ hố khoan dùng để thi công hạ ống vách thép cọc nhồi (cọc ống thép), nhờ thiết bị công tác (TBCT) có hai cơ cấu dẫn động là ép và xoay mà ống vách chuyển động vào trong lòng đất theo hình xoắn ốc. TBCT loại nhỏ được lắp trên máy cơ sở là máy khoan cọc nhồi dạng gầu ngoạm hoặc dạng gầu xoay tròn dùng để thi công ống vách có đường kính nhỏ (nhỏ hơn 2m), loại máy này có thể tận dụng nguồn động lực và trọng lượng bản thân của máy cơ sở để dẫn động và giữ ổn định cho TBCT. Ống vách sau khi được hạ xuống lòng đất, thì đất trong ống được moi lên để tạo thành lỗ khoan (tùy theo cách thi công mà đất trong ống được moi lên trong quá trình hạ hoặc sau khi hạ xong ống thì đất mới được moi lên). Đối với ống vách có đường kính lớn (từ 2÷4 m) thì sử dụng TBCT được trang bị trạm nguồn thủy lực đi kèm để dẫn động (do công suất máy cơ sở không đủ) và sử dụng đối trọng (thường là các khối thép) để giữ ổn định cho máy [3]. Trong điều kiện Việt Nam hiện nay đây là một loại máy mới nếu đầu tư mua sắm toàn bộ sẽ có giá thành rất cao. Do đó với loại máy hạ ống vách cọc nhồi loại nhỏ thì cần phải tính toán thiết kế và chế tạo TBCT, để trang bị trên máy cơ sở có sẵn sẽ đem lại hiệu quả kinh tế kỹ thuật cao. Còn đối với máy hạ ống vách cọc nhồi loại lớn thì cần từng bước nghiên cứu tìm hiểu để có thể làm chủ công nghệ, thiết bị, khai thác sử dụng hiệu quả máy mới và trên cơ sở đó đi đến thiết kế, chế tạo ở trong nước.

<sup>1</sup>TS, Khoa Cơ khí Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng.

<sup>2</sup>ThS, Khoa Cơ khí Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng.

<sup>3</sup>PGS.TS, Khoa Cơ khí Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng.

\*Tác giả chính. E-mail: phamkhanhminh@gmail.com.

Bài báo nghiên cứu xây dựng phương pháp xác định lực cản của ống vách thép hạ bằng phương pháp Ép - Xoay dựa trên các số liệu thí nghiệm xuyên tĩnh (CPT) và xuyên tiêu chuẩn (SPT); làm cơ sở phục vụ cho quá trình tính toán thiết kế và chế tạo thiết bị hạ ống vách thép cọc nhồi, lựa chọn máy cơ sở, làm chủ công nghệ và thiết bị, khai thác sử dụng một cách hiệu quả thiết bị hạ ống vách thép bằng phương pháp Ép-Xoay ở nước ta.

## 2. Xây dựng phương pháp xác định lực cản của ống vách thép cọc nhồi hạ bằng phương pháp Ép - Xoay

Trong công nghệ hạ ống vách thép bằng phương pháp Ép - Xoay ống vách thép được hạ xuống bằng hai chuyển động đồng thời là ép theo phương đứng và xoay trong mặt phẳng nằm ngang, khi hạ ống vách sẽ chịu tác dụng của lực cản ở mũi và lực cản thành bên do áp lực của nền đất tác dụng lên ống gây ra, các thành phần lực cản này được tổng hợp thành lực cản dọc theo phương thẳng đứng  $N$  và mô men cản trong mặt phẳng ngang  $M$ . Mô hình xác định các thành phần lực cản tác dụng lên ống vách thép có chiều cao cột đất trong ống  $h$ , được trình bày như (Hình 1).

Lực cản  $N$  được phân tích thành các lực cản cơ bản theo phương thẳng đứng ở mũi ống vách  $N_b$  và lực cản theo phương thẳng đứng trên bề mặt ống vách  $N_s$  (bên trong và bên ngoài ống):

$$N = N_b + N_s \quad (1)$$

Mô men cản  $M$  được phân tích thành mô men cản trượt ở mũi ống vách  $M_b$ , và mô men cản trượt ở bề mặt ống vách  $M_s$  (bề mặt bên trong và bên ngoài ống):

$$M = M_b + M_s \quad (2)$$

- Giá trị  $N_b$  trong công thức (1) được tính toán theo phương pháp của Lehane và Xu [4,5] trong đó có kể đến ảnh hưởng của khối đất ở bên trong thành ống vách và sự thay đổi trạng thái của nền đất dưới mũi khi ống vách được ép xuống.

$$N_b = q_b \frac{\pi D^2}{4} \quad (3)$$

với  $q_b$  là cường độ sức kháng mũi ống vách được tính theo công thức sau:

$$q_b = q_{bp} A_r + q_{bin} (1 - A_r) \quad (4)$$

trong đó:  $q_{bp} = 0,6q_c$ ,  $q_{bin} = (0,6 - 0,45k)q_c$ ,  $A_r = 1 - (d/D)^2$  (Hình 1b) và  $q_c$  là sức kháng mũi trung bình của nền đất lấy theo thí nghiệm hiện trường CPT [4] đơn vị (MPa);  $d$  và  $D$  lần lượt là đường kính trong và ngoài của ống vách đơn vị (m).

Giá trị hệ số  $k$  được xác định theo công thức thực nghiệm sau:

$$k = \min \left[ 1, \left( \frac{d}{1,5} \right)^{0,2} \right] \quad (5)$$

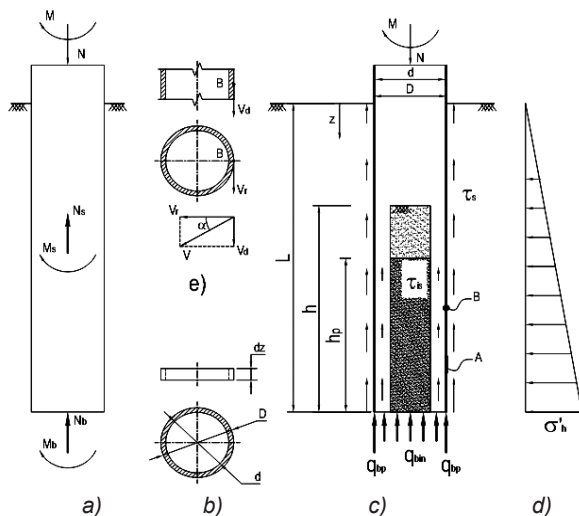
Thông thường có thể tính  $q_b$  theo công thức:

$$q_b = (0,15 + 0,45 A_{r,p}) q_c \quad (6)$$

với  $A_{r,p} = 1 - k(d/D)^2$ , trong trường hợp ống vách có đường kính lớn ta có:

$$q_b = (0,15 + 0,45 A_r) q_c \quad (7)$$

- Lực cản theo phương thẳng đứng do lực cản trượt phân bố thành bên của ống vách gây ra gồm hai thành phần:  $N_{is}$  lực cản theo phương thẳng đứng do khối đất bên trong tác dụng lên thành ống vách và  $N_{sp}$  lực cản theo phương thẳng đứng do thành ngoài ống vách, ta có:



**Hình 1.** Mô hình xác định lực cản tác dụng lên ống vách thép  
a) Sơ đồ cân bằng lực; b) Phân bố diện tích ống theo phương dọc trục ( $z$ ); c) Sơ đồ các thành phần ứng suất của đất tác dụng lên ống vách trong quá trình hạ; d) Áp lực đất tác dụng lên thành ống vách, e) Vận tốc trên bề mặt ống.



$$N_s = N_{sp} + N_{is} \tag{8}$$

Do ống là một hình tròn có đường kính không đổi nên một phân tố diện tích bề mặt ngoài của ống được tính như sau (Hình 1b):  $dA = \pi D dz$ , lực cản trượt phân bố tác dụng lên bề mặt ngoài ống là  $\tau_s$ , như vậy lực cản trượt tác dụng lên diện tích  $dA$  là:

$$dN_{sp} = \tau_s dA = \tau_s \pi D dz \tag{9}$$

Ứng với mỗi loại đất  $\tau_s$  được xác định theo công thức của Coulomb [6]:

$$\tau_s = \sigma'_h \tan \delta_s + c_c \tag{10}$$

trong đó:  $\sigma'_h$  là ứng suất hữu hiệu theo phương ngang (Hình 1d);  $\delta_s$  là góc ma sát giữa đất và thành ống vách thép;  $c_c$  là lực dính kết cấu của đất và thành ống vách thép được lấy theo thí nghiệm hiện trường CPT [4].

Gọi  $v$  là vận tốc dài trong mặt phẳng ngang,  $v$  là vận tốc trượt và  $v_g$  là vận tốc theo phương thẳng đứng của điểm  $B$  bất kỳ trên bề mặt ống vách (Hình 1e) thì  $\alpha$  là góc giữa vận tốc trượt và vận tốc dài theo phương ngang và  $\tan \alpha = v_g/v_r$ . Khi đó ta có được đường trượt ma sát đơn vị (Hình 2) và lực cản theo phương thẳng đứng do ứng suất tiếp trên bề mặt ống vách được tính theo công thức:

$$N_{sp} = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} \pi D \int_0^z \tau_s dz = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} \pi D \int_0^z (\sigma'_h \tan \delta_s + c_c) dz \tag{11}$$

Do ống vách xuyên qua  $n$  lớp đất nên nếu ta lấy  $\sigma'_{hi}$  là giá trị ứng suất hữu hiệu trung bình của lớp đất thứ  $i$ ,  $\delta_{si}$  là góc ma sát của lớp đất thứ  $i$  và thành ống vách thép,  $c_{ci}$  là lực dính kết cấu của đất thứ  $i$  và thành ống vách (Hình 3) (các đại lượng này được lấy từ thí nghiệm CPT [7]) thì công thức (11) được viết thành:

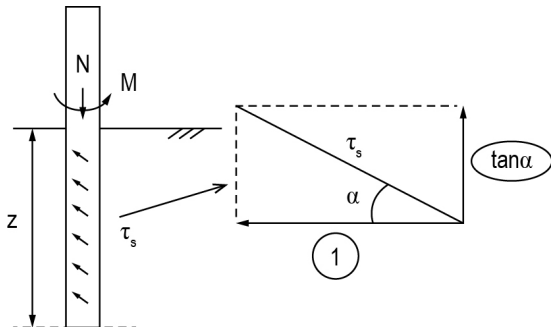
$$N_{sp} = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} \pi D \left( \sum_{i=1}^n h_i (\sigma'_{hi} \tan \delta_{si} + c_{ci}) \right) \tag{12}$$

trong đó:  $h_i$  là chiều dày lớp đất thứ  $i$ .

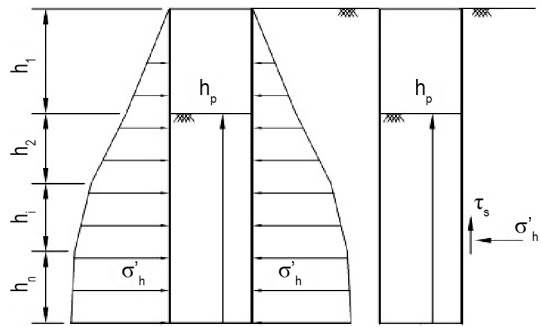
Bằng cách tương tự lực cản ma sát theo phương thẳng đứng của lớp đất trong lòng ống vách  $N_{is}$  được xác định bằng công thức:

$$N_{is} = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} \pi D h_p (\sigma'_{hp} \tan \delta_{sp} + c_p) \tag{13}$$

trong đó:  $\sigma'_{hp}$  ứng suất hữu hiệu theo phương ngang do tải trọng cột đất đáy ống vách;  $\delta_{sp}$  là góc ma sát của lớp đất đáy cột và thành ống vách thép;  $c_p$  là lực dính kết cấu của lớp đáy cột đất và thành ống vách thép;  $h_p$  chiều cao cột đất hữu hiệu đáy ống vách được lấy theo kinh nghiệm là  $0,8h$  [4, 5]:



Hình 2. Đường trượt ma sát đơn vị



Hình 3. Ứng suất hữu hiệu tác dụng lên ống vách xuyên qua nhiều lớp đất

- Mô men cản trong mặt phẳng ngang tại mũi ống vách:

Xét một phân tố diện tích trên mặt cắt của đáy ống vách  $dA = 2\pi r dr$ , với  $r$  ( $r = d/2 \div D/2$ ) với  $d$  là khoảng cách tâm ống đến mặt trong và mặt ngoài ống vách (Hình 1b). Lực ma sát trượt phân bố giữa đất và mũi ống vách được tính theo công thức:

$$dF_b = q_b \tan \delta_{sp} dA = 2\pi r q_b \tan \delta_{sp} dr \tag{14}$$

Mô men ma sát của một phân tố diện tích đối với tâm mặt cắt là:

$$dM_b = 2\pi r q_b \tan \delta_{sp} r dr \tag{15}$$

Từ công thức (15) lấy tích phân sẽ xác định được mô men cản do lực ma sát trượt tác dụng lên mũi ống là:

$$M_b = \int_{\frac{d}{2}}^{\frac{D}{2}} \left\{ (q_b \tan \delta_{sp} 2\pi r dr) r \right\} = \frac{\pi q_b \tan \delta_{sp}}{12} (D^3 - d^3) \quad (16)$$

trong đó:  $q_b$  lấy theo công thức (6) hoặc (7) và  $\delta_{sp}$  lấy theo công thức (13).

- Mô men cản trong mặt phẳng ngang trên thành ống vách:

$$M_s = M_{sp} + M_{is} \quad (17)$$

+ Mô men cản của bề mặt ngoài ống vách  $M_{sp}$  được xác định theo công thức:

$$M_{sp} = \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} \pi \frac{D^2}{2} \int_0^z \tau_s dz \quad (18)$$

Tương tự như biến đổi của công thức (13) ta có:

$$M_{sp} = \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} \pi \frac{D^2}{2} \left( \sum_{i=1}^n h_i (\sigma'_{hi} \tan \delta_{si} + c_{ci}) \right) \quad (19)$$

trong đó:  $h_i$ ,  $\sigma'_{hi}$ ,  $\delta_{si}$ ,  $c_{ci}$  và  $n$  lấy theo công thức (12).

+ Mô men cản của bề mặt trong ống vách  $M_{is}$  được xác định theo công thức:

$$M_{is} = \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} \pi \frac{d^2}{2} \int_0^z \tau_{is} dz \quad (20)$$

Tương tự như biến đổi của công thức (13) ta có:

$$M_{is} = \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} \frac{\pi d^2 h_p}{2} (\sigma'_{hp} \tan \delta_{sp} + c_p) \quad (21)$$

trong đó:  $h_p$ ,  $\delta_{sp}$ ,  $\sigma'_{hp}$ ,  $c_p$  lấy theo công thức (13).



### 3. Kết luận

Bài báo đã xây dựng mô hình và phương pháp xác định lực cản của ống vách thép hạ bằng phương pháp Ép - Xoay theo các thí nghiệm hiện trường xuyên tĩnh (CPT) và xuyên tiêu chuẩn (SPT) là các công cụ khảo sát nền đất đơn giản và phổ biến. Trên cơ sở đó cung cấp các thông số đầu vào phục vụ cho công tác tính toán thiết kế TBCT hạ ống vách thép (cọc ống thép) thi công cọc nhồi trên nền đất yếu, góp phần nâng cao trình độ đội ngũ cán bộ thiết kế, khai thác sử dụng hiệu quả loại thiết bị mới này ở nước ta.

Trên cơ sở phương pháp xác định lực cản của ống vách thép hạ bằng phương pháp Ép - Xoay có thể nghiên cứu khảo sát quy luật biến đổi của lực cản tác dụng lên ống vách thép và đường kính ống vách; đây là bài toán có ý nghĩa quan trọng trong quá trình thiết kế và khai thác sử dụng, nó giúp cho chúng ta xác định được giới hạn làm việc của TBCT trong cùng một điều kiện về công suất dẫn động của máy cơ sở và nền đất.

### Tài liệu tham khảo

1. Katayama T., Nguyễn Thị Tuyết Trinh, (2007), "Áp dụng móng cọc ống thép ở Việt Nam", *Tạp chí Cầu đường Việt Nam*, 7.
2. Trường Đại học Giao thông Vận tải, Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation (2015), *Nghiên cứu ứng dụng công nghệ kết cấu thép cho các công trình giao thông ở Việt Nam*, Hà Nội.
3. Nippon Sharyo, *Casing rotator supertop*, Japan.
4. Lehane B.M., Schneider J.A., Xu X., (2005), "The UWA-05 method for prediction of axial capacity of driven piles in sand", *Proceedings of the 1st International Symposium on Frontiers in Offshore Geotechnics*, Perth, 683-690.
5. Xu X., Lehane B.M., Schneider J.A. (2005), "Evaluation of end-bearing capacity of open-ended piles driven in sand from CPT data", *Proceedings of the 1st International Symposium on Frontiers in Offshore Geotechnics*, Perth, 725-731.
6. Nguyễn Văn Thơ, Nguyễn Ngọc phúc, cs. (2013), *Cơ học đất tập 1*, NXB Xây dựng.
7. TCVN 9352-2012, *Đất xây dựng - phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh (CPT)*, Bộ Khoa học và Công nghệ.
8. TCVN 9351:2012, *Đất xây dựng - phương pháp thí nghiệm hiện trường - thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (SPT)*, Bộ Khoa học và Công nghệ.