

XEM XÉT ẢNH HƯỞNG TRONG QUÁ TRÌNH THI CÔNG HẠ CỌC CHIẾM CHỖ

EFFECTS OF DISPLACEMENT-PILE CONSTRUCTION AND EVALUATIONS

Nguyễn Quang Hưng¹, Trần Anh Dũng²

^{1,2} Viện Khoa học công nghệ xây dựng

Email: ¹quanghungibst@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.59382/pro.intl.con-ibst.2023.ses3-24>

TÓM TẮT: Quá trình thi công hạ các loại cọc chiếm chỗ vào nền đất làm phát sinh những chuyển vị ngang và chuyển vị đứng trong khối đất xung quanh thân cọc. Các thành phần chuyển vị bất lợi này không được đánh giá đúng mức đã gây hư hỏng cho công trình lân cận và các cọc đã thi công xung quanh. Nội dung tính toán đối với thiết kế có dùng loại cọc này thường không xem xét ảnh hưởng của quá trình thi công hạ cọc đến các công trình xung quanh. Bài báo này sẽ thảo luận vấn đề ứng xử của nền đất xung quanh cọc và tổng hợp một số phương pháp dự báo vùng ảnh hưởng do chuyển dịch của khối đất xung quanh khi thi công hạ loại cọc này.

TỪ KHÓA: Cọc chiếm chỗ, chuyển dịch ngang, chuyển dịch đứng, ứng xử cọc và đất.

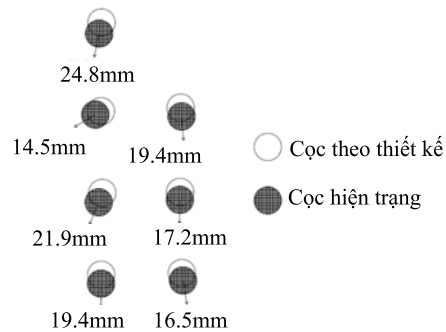
ABSTRACTS: The process of piling construction (by hydraulic compression machines) causes lateral and vertical movement of surrounding soil. Adverse soil deformations can damage neighbor buildings and vicinity piles that have been constructed. The effects of piling construction are usually omitted in structural design of buildings in practice. This paper presents a study of soil behavior around piles. Discussions on some methods of calculating soil movement during the piling construction process are also provided.

KEYWORDS: Displacement Pile, Lateral Movement.

1. MỞ ĐẦU

Cọc chiếm chỗ, phổ biến là các loại cọc như cọc ép, cọc đóng, cọc rung ép... là loại cọc không lấy đất khi thi công hạ cọc vào trong nền đất, quá trình thi công làm phát sinh những chuyển vị ngang và chuyển vị đứng trong khối đất xung quanh thân cọc tại thời điểm ban đầu. Các tiêu chuẩn Việt Nam về thiết kế, thi công và nghiệm thu cọc (TCVN 9394:2012; TCVN 10304:2014) chưa đề cập đến các ảnh hưởng trên hoặc có đề cập nhưng chỉ ở mức độ yêu cầu về quan trắc, chưa có chỉ dẫn cho việc tính toán, dự báo để giảm thiểu tác động của các ảnh hưởng trên đến môi trường xây dựng xung quanh. Thực tế cho thấy tại một số dự án việc thi công cọc chiếm chỗ với mật độ cao đã gây ra chuyển vị không mong muốn cho cả các cọc đã thi công liền trước và các công trình lân cận (Hình 1).

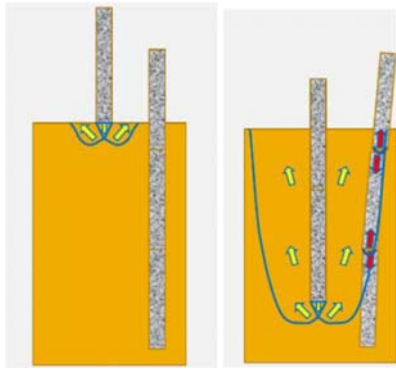
Các phương pháp xác định giá trị dịch chuyển ngang, dịch chuyển đứng và vùng ảnh hưởng bao gồm phương pháp sử dụng lý thuyết đường biên dạng hoặc mô hình hóa tương tác giữa đất nền và cọc có kể đến hiệu ứng trường biến dạng gần.



Hình 1. Số liệu khảo sát dịch chuyển cọc đường tại dự án thực tế ở Hà Nội, cọc đường kính $d=600\text{mm}$, khoảng cách giữa các cọc $a=1,8\text{m}$

2. ỨNG XỬ CỦA ĐẤT NỀN KHI THI CÔNG HẠ CỌC CHIẾM CHỖ

Ứng xử của đất nền khi thi công hạ cọc chiếm chỗ vào trong đất đã được một số tác giả trình bày. Các ứng xử này cơ bản có thể chia làm 2 giai đoạn (Hình 2) [1]:

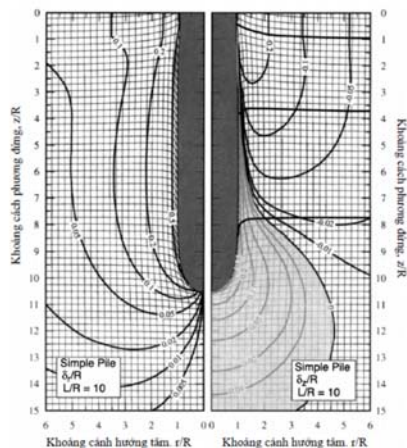


Hình 2. Ứng xử của đất nền khi thi công hạ cọc chiếm chỗ [1]

- Giai đoạn 1: Khi chiều sâu hạ cọc nhỏ, bề mặt đất xung quanh cọc có xu hướng bị đẩy trôi lên do trọng lượng bản thân của đất nền chưa đủ để chống lại hiệu ứng đẩy trôi. Chuyển dịch ngang trong giai đoạn này chưa đáng kể.

- Giai đoạn 2: Khi chiều sâu hạ cọc đủ lớn, đất nền xung quanh cọc có xu hướng dịch chuyển ngang do bị cọc chiếm chỗ.

Trong giai đoạn 1, vùng biến dạng có xu hướng gây ảnh hưởng trực tiếp đến các công trình lân cận trên bề mặt, các thành phần biến dạng bao gồm cả 2 thành phần: đẩy trôi nền và dịch chuyển ngang. Trong giai đoạn 2 khi chiều sâu hạ cọc đủ lớn thì thành phần dịch chuyển ngang chiếm xu thế chủ yếu (Hình 3). Phạm vi xuất hiện dịch chuyển ngang khá lớn, một số kết quả nghiên cứu trình bày cho thấy vẫn quan trắc được giá trị biến dạng ngang trong đất tại khoảng cách gần 40m từ tim cọc khi thi công ép cọc đường kính $d=800\text{mm}$ [2].



Hình 3. Vùng biến dạng trong nền đất khi thi công hạ cọc theo phương pháp đường biến dạng nông, δ_r : chuyển vị ngang; δ_z : chuyển vị đứng; R : đường kính cọc; r : Khoảng cách từ tim cọc đến vị trí xem xét; L : chiều sâu cọc [3]

3. PHƯƠNG PHÁP DỰ BÁO DỊCH CHUYỂN ĐẤT NỀN QUANH CỌC CHIẾM CHỖ

Phương pháp dự báo dịch chuyển của nền đất khi thi công cọc chiếm chỗ bao gồm cường độ dịch chuyển và phạm vi vùng dịch chuyển được trình bày trong các nghiên cứu của Peng Zhou, Hang Zhou năm 2020 [4], M.K. Chong năm 2023 [5]... Các phương pháp sử dụng lý thuyết đường biến dạng sâu và đường biến dạng nông (SPM) tính toán lực đẩy của đất nhưng không mô hình hóa rõ ràng các tương tác của đất cọc. Theo lý thuyết đường biến dạng nông vùng chuyển dịch của đất nằm trong khoảng 0,47L đến 0.65L (L là chiều dài hạ cọc) [3].

Dịch chuyển ngang của cọc (w) theo lý thuyết mở rộng hình trụ xác định theo công thức (1) [3]:

$$w = \frac{C_u \cdot R^2}{G \cdot r} \quad (1)$$

Trong đó:

R : Vùng đất chảy dẻo quanh cọc, $R=7\div 10r_0$;

C_u : Sức kháng cắt không thoát nước của đất;

G : Mô đun kháng cắt;

r : bán kính từ tâm cọc đến điểm xem xét dịch chuyển;

Khi khối đất xung quanh cọc được giả thiết dịch chuyển đều hướng tâm với cọc và quan niệm đất không thay đổi về thể tích (đất không bị nén chặt khi hạ cọc), giá trị dịch chuyển ngang của nền đất (w) tại vị trí cách tâm cọc khoảng r có thể được xác định theo biểu thức (2):

$$w = \frac{r_0^2}{2 \cdot r} - \frac{\int_{r_0}^r 2 \cdot \pi \cdot r \cdot v \cdot dr}{2 \cdot \pi \cdot r \cdot H} \quad (2)$$

Trong đó:

r_0 : bán kính cọc;

r : bán kính từ tâm cọc đến điểm xem xét dịch chuyển;

v : dịch chuyển đứng;

H : chiều dài cọc;

Khi bỏ qua ảnh hưởng của thành phần chuyển dịch nâng lên, thành phần chuyển dịch ngang trong nền đất xung quanh cọc được xác định theo công thức đơn giản số (3):

$$w = \frac{r_0^2}{2 \cdot r} \quad (3)$$

Chuyển dịch ngang trong nền đất xung quanh cọc có thể được hiệu chỉnh theo công thức (4) dưới đây (theo Sagaseta and Whittle, 2001) khi xem xét đến ảnh hưởng của thành phần chuyển dịch đứng gần cọc.

$$w = \frac{r_0^2}{2.r} \cdot \left(1 + \frac{r^2}{H^2} \right)^{-0.5} \quad (4)$$

Áp lực ngang trong nền đất khi hạ cọc chiếm chỗ: Khi thi công hạ cọc trong đất sẽ phát sinh áp lực ngang trong khối đất. Việc xác định giá trị áp lực này cho phép sử dụng mô hình số để phân tích dịch chuyển của nền đất trong quá trình thi công hạ cọc.

Thành phần áp lực trong nền đất xác định theo công thức:

$$\sigma_r = P_0 + \tau \quad (5)$$

$$\sigma_\theta = P_0 - \tau \quad (6)$$

Trong đó:

σ_r : Ứng suất hướng tâm;

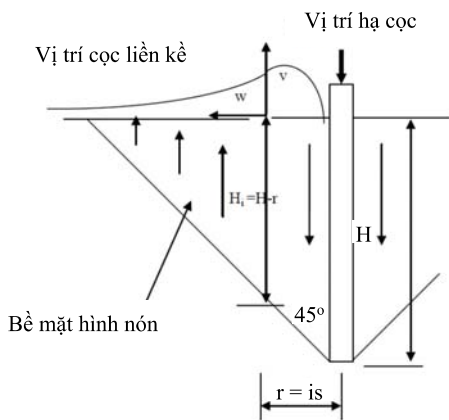
σ_θ : Ứng suất chu vi;

P_0 : Áp lực bên ban đầu;

τ : Ứng suất cắt tại vị trí xem xét, $\tau = r_0 \cdot \tau_0 / r$;

τ_0 : Ứng suất cắt tại bề mặt cọc, lấy $\tau_0 = 6 \cdot C_u$ (tương ứng giá trị ứng suất cắt ở bề mặt của cọc tại vùng chảy dẻo).

Dịch chuyển đứng trên bề mặt được xác định theo đề xuất của M.K.Chong [5]. Phương pháp này dự báo dịch chuyển đẩy trôi trên bề mặt khi thi công cọc chiếm chỗ dựa trên việc mô hình hóa tương tác giữa đất nền và cọc, đánh giá công thực hiện lực nâng để chống lại trọng lực của đất trong vùng trở kháng. Vùng chịu tải của khối đất được xác định là hình nón từ mũi cọc (hình 4).



Hình 4. Mô hình dịch chuyển quanh cọc trong vùng trở kháng quanh cọc

$$v_i = f_v \cdot w_i \quad (7)$$

$$f_v = \frac{\sum P_i \cdot s \cdot (H - is) \cdot e^{-bs(i-1)} - \sqrt{2} \cdot s^2 \cdot c_u \cdot (1 - e^{-bns})}{\gamma \cdot s^2 \cdot \sum (H - is) \cdot e^{-bs(1-i)}} - \frac{H^3}{4} \cdot e^{-(\gamma/\eta_0 \cdot \tau \cdot p) \cdot r^2} \quad (8)$$

Trong đó:

w_1 : Dịch chuyển ngang tại vị trí có bán kính $r=s$;

w_2 : Dịch chuyển ngang tại vị trí có bán kính $r=2s$;

w_3 : Dịch chuyển ngang tại vị trí có bán kính $r=3s$;

P_i : Áp lực tại vị trí i ;

ξ : Hệ số giảm cường độ kháng cắt, $\xi = \tau_0 / \tau$ (Theo Skempton, 1985, có thể lấy $\xi = 0,5$);

b : xác định theo công thức

η : Hệ số hiệu quả, $\eta = \delta / H$;

f : Hàm nâng;

γ : Dung trọng tự nhiên của đất;

χ : Xác theo công thức dưới (trong khoảng từ $r=0 \div x$).

$$\chi = \int (Hr - r^2) e^{-fr^2} dr \quad (9)$$

δ : dịch chuyển cắt lớn nhất (chấp nhận bằng 300mm);

$$\ln(H/f) + \ln(b) + b \cdot r_0 = 0 \quad (10)$$

Vận dụng phương pháp trên để kiểm tra chuyên vị trên bề mặt tại dự án thực tế tại Hà Nội cho kết quả như sau:

Dự án sử dụng cọc ép ly tâm, đường kính cọc $D=600\text{mm}$, chiều dài cọc từ 15m-17m từ mặt đất tự nhiên.

Điều kiện địa chất trong chiều sâu ép cọc bao gồm:

Lớp 1: Sét dẻo mềm, sức kháng cắt không thoát nước $C_u=51 \text{ kN/m}^2$, chiều dày lớp: 9,5m;

Lớp 2: Sét dẻo cứng, sức kháng cắt không thoát nước $C_u=68 \text{ kN/m}^2$, chiều dày lớp: 10,8m;

Khi áp dụng phần mềm Plaxis để dự báo chuyển dịch của nền đất quanh cọc thì ảnh hưởng của công tác ép cọc được mô phỏng bằng giá trị áp lực ngang phát sinh trong nền đất tại vùng chảy dẻo quanh chu vi cọc (lấy bằng $6 \cdot C_u$).

Kết quả tính toán dịch chuyển ngang của khối đất tại vị trí cách tâm cọc đơn 1 đoạn $r=3d$ trình bày trong bảng 1 sau:

Bảng 1. Tổng hợp kết quả tính toán

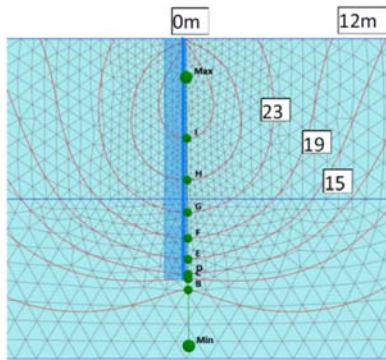
Loại cọc	Giá trị dịch chuyển ngang (mm)		
	Theo Plaxis với áp lực ngang $\tau=6 \cdot C_u$	Theo lý thuyết	Theo quan trắc
D600	47,2	24,8	14,5-24,8

Đối với bài toán xác định dịch chuyển của tương đối khối đất do nhóm cọc gây ra, kiến nghị có thể sử dụng nguyên lý cộng tác dụng để xác định gần đúng ảnh hưởng này.

Kết quả xác định giá trị đẩy trời bề mặt theo khoảng cách từ tim cọc (với hệ số giảm cường độ kháng cắt $\xi=0,4$, giá trị hàm nâng $f=11,2$) được trình bày trong bảng 2.

Biểu đồ dịch chuyển đứng của khối đất quanh cọc được trình bày trong hình 6.

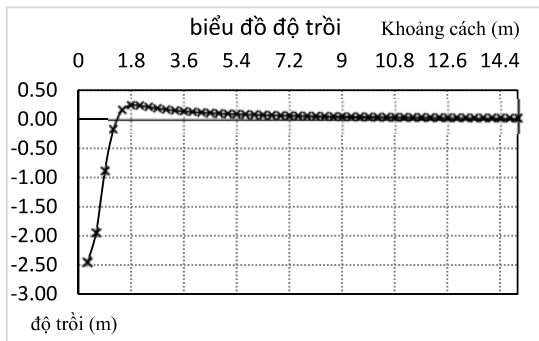
Theo kết quả tính lý thuyết (theo phương pháp của M.K.Chong) thì giá trị đẩy trời tại bề mặt có thể đạt đến 23cm (hình 6 - khi không có tải trọng trên bề mặt). Giá trị này cũng khá tương đồng với kết quả tính toán thu được khi phân tích bằng phần mềm Plaxis. Vị trí có giá trị chuyển dịch trời lớn nhất của mặt đất tương tự là 3d (đối với tính toán lý thuyết) và 10d (khoảng 6m khi phân tích bằng phần mềm Plaxis).



Hình 5. Kết quả dự báo chuyển vị ngang bằng phần mềm plaxis

Bảng 2. Tổng hợp giá trị dịch chuyển bề mặt theo phương thẳng đứng

Khoảng cách (l/D)	Dịch chuyển đứng (m)
1d	- 1.9
2d	- 0.15
3d	0.23
4d	0.20
5d	0.16
6d	0.13
10d	0.07
15d	0.04



Hình 6: Biểu đồ dịch chuyển bề mặt

Theo kết quả thể hiện tại hình 6 có thể thấy kết quả tính toán lý thuyết khi áp dụng phương pháp của M.K.Chong để dự báo dịch chuyển của nền đất khi hạ cọc chiếm chỗ cho ra sơ đồ dịch chuyển của đất nền xung quanh vị trí hạ cọc khá gần với thực tế. Phần tử đất bị chày déo ngay sát chu vi cọc có xu hướng bị tụt xuống theo hướng hạ cọc, phần đất trong phạm vi từ 2 lần đường kính cọc có xu hướng bị đẩy trời đáng kể, có thể gây ảnh hưởng đến công trình lân cận.

4. KẾT LUẬN

Các thành phần dịch chuyển nền đất trong quá trình thi công hạ cọc chiếm chỗ là đáng kể. Các thành phần này có thể gây ảnh hưởng đến công trình lân cận và các cọc đã ép. Do vậy, khi sử dụng phương án cọc chiếm chỗ cần dự báo đầy đủ mức độ dịch chuyển của nền đất để xây dựng biện pháp thi công nhằm giảm thiểu ảnh hưởng đến công trình lân cận.

Các tác động do thi công cọc chiếm chỗ có thể là một trong những nguyên nhân gây ra sai số vị trí cọc sau khi thi công (làm dịch chuyển các cọc đã thi công trước đó). Cần xem xét vấn đề này trong quá trình thi công và nghiệm thu cọc.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] LIEW. Shaw Shong; HO. Shu Feng (2016). *Capacity Performance & Innovation Improvement of Jack-In Piling in Malaysia*. Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA Vol. 47;
- [2] Dewi H. Wijaya, Gogot S. Budi. *Lateral Soil Movement Due To Jack-in Single Pile Installation*. ACESA, Vol. 1, No. 1, March 2018,7-8
- [3] Cesar Sagaseta, Andrew J. Whittele. *Prediction of ground movements due to pile driving in clay*. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering 1-2001.
- [4] Peng Zhou, Hang Zhou, Hanlong Liu, Xueyuan Li, Xuanming Ding, Zengliang Wang. *Analysis of lateral response of existing single pile caused penetration of adjacent pile in undrained clay*. Computers and Geotechnics 126 (2020).
- [5] M. K. Chong (2013). *Soil Movements Due to Displacement Pile Driving*. International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering. 30.
- [6] Методика рекомендации по проектированию и технологии сооружения вертикальных песчаных дрен и песчаных свай при возведении земляного полотна на слабых грунтах. СОЮЗДОРНИИ (1975).