

NGHIÊN CỨU SỨC CHỊU TẢI CỦA CỌC CÓ XÉT ĐẾN ẢNH HƯỞNG CỦA CHUYỂN VỊ ĐẤT NỀN XUNG QUANH

PGS.TS. Võ Phan¹

ThS. Nguyễn Trung Kiên¹

TÓM TẮT

Khi thi công cọc trong đất yếu, do hiện tượng cố kết và từ biến của đất nền, chuyển vị của đất nền xung quanh cọc sẽ thay đổi theo thời gian. Ở những vị trí chuyển vị đất nền lớn hơn chuyển vị cọc sẽ xuất hiện ma sát âm, điều này ảnh hưởng đến sức chịu tải cho phép của cọc. Lực kéo xuống do ma sát âm đôi khi rất lớn làm ảnh hưởng đến lực dọc lớn nhất xuất hiện trong cọc và độ lún của cọc cũng thay đổi. Bài báo dùng phương pháp Phần tử hữu hạn để phân tích. Kết quả của phương pháp Phần tử hữu hạn được so sánh với kết quả quan trắc thực tế để kiểm chứng độ tin cậy. Từ đó bài báo sẽ xác định chiều dài vùng chuyển tiếp cũng như chiều dài huy động ma sát thành cực hạn. Kết quả thu nhận sẽ được ứng dụng để thiết lập phương pháp xác định sức chịu tải của cọc trong điều kiện đất yếu và so sánh với kết quả thí nghiệm nén tĩnh hiện trường.

Từ khóa: Ma sát âm, mặt phẳng trung hòa, huy động ma sát, vùng chuyển tiếp, sức chịu tải.

ABSTRACT

Piles driven to clay are often subjected to surrounding soil's settlement due to consolidation and second consolidation of soft soil. Since surrounding soil's downward movements are larger than piles's, negative skin friction develop develops on the piles' shaft. The drag force caused by negative skin friction may be large enough to reduce the pile capacity or to overstress the pile's material. The maximum axial load and settlement of pile foundation are also affected. Thus, we need to take more consideration of this issue. This study was undertaken to accomplish the following objectives: First, determine the position of neutral plane in soft soil condition in consideration of surrounding soil's settlement and axial load. Analyse rate and tendency of neutral plane's movement. Second: new design charts and procedures are presented to estimate the capacity of pile in consideration of negative skin friction and the mobilization of skin friction in the vicinity of neutral plane.

Keywords: Negative skin friction, neutral plane, mobilization of skin friction, transition zone, capacity of pile.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việc thiết kế đồng thời toán sức chịu tải và kiểm tra độ lún của móng cọc rất quan trọng khi có sự hiện diện của ma sát âm. Sự huy động sức kháng ma sát thành và sức kháng mũi lại chịu tác động từ

chuyển vị tương đối giữa cọc và đất nền xung quanh cọc, do đó độ lún của đất nền sẽ ảnh hưởng đến sức chịu tải của cọc.

Tùy thuộc vào chuyển vị của đất nền mà vị trí của mặt phẳng trung hòa sẽ thay đổi, độ dài đoạn cọc chịu ma sát âm cũng

¹Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQGTPHCM.

sẽ thay đổi. Kết quả là độ lớn lực ma sát âm tác dụng vào cọc thay đổi, dẫn đến sự thay đổi của lực dọc lớn nhất trong cọc. Trong thiết kế tính toán phải lưu ý đến vấn đề này vì nếu ma sát âm quá lớn sẽ gây ra lực dọc vượt quá sức chịu tải theo vật liệu của cọc, gây phá hoại cọc và sụp đổ công trình.

1.1. Nội dung nghiên cứu

Xác định vị trí của mặt phẳng trung hòa trong điều kiện đất yếu có xét đến ảnh hưởng của chuyển vị đất nền và tải trọng dọc trực tác dụng lên cọc. Phân tích tốc độ và xu hướng di chuyển của mặt phẳng trung hòa.

Xây dựng phương pháp mới tính toán thiết kế sức chịu tải của cọc có xét đến ảnh hưởng của ma sát âm và sự huy động ma sát âm, sức kháng ma sát thành tùy thuộc vào vị trí của mặt phẳng trung hòa.

1.2. Tổng quan các nghiên cứu trong và ngoài nước

Thí nghiệm hiện trường cho cọc thép ở Sörenga – Oslo – Na Uy (Johanessen và Bjerrum - 1965). Thí nghiệm hiện trường cọc thép ở Fukagawa – Tokyo – Nhật Bản (Endo và đồng nghiệp – 1969). Thí nghiệm hiện trường cho cọc bê tông cốt thép ở Bangkok – Thái Lan (Indraratna và đồng nghiệp – 1992).

Bengt H.Fellinus, “Unified design of Piled Foundations with emphasis on settlement analysis” (ASCE Geotechnical Special Publication, 2004), nhấn mạnh đến tầm quan trọng của việc tính toán phân tích chuyển vị đồng thời với việc tính toán sức chịu tải của cọc. Từ đó xét đến ảnh hưởng của độ lún đất nền (đắp gia tải, mực nước ngầm hạ thấp...) đến sức chịu tải của cọc.

Adel M. Hanna và Ali Sharif (2006) đã nghiên cứu về lực kéo xuống do ma sát âm đối với cọc trong đất sét chịu tác dụng của tải trọng đất đắp (Drag Force on Single Piles in Clay Subjected to Surcharge Loading).

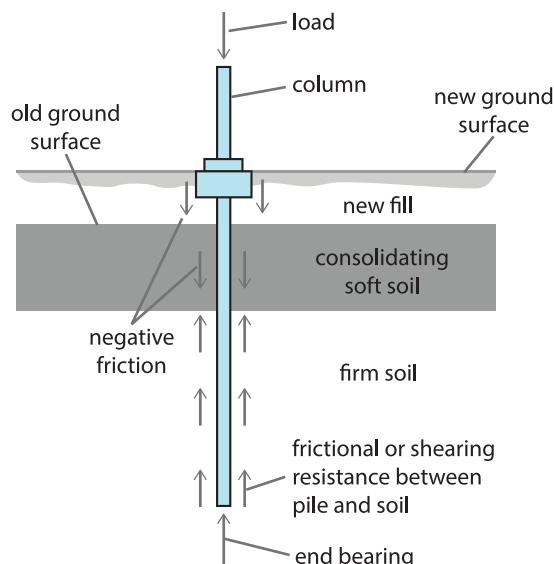
2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Hiện tượng ma sát âm

Đối với công trình sử dụng móng cọc, cọc được đóng vào trong lớp đất nền có quá trình cố kết chưa hoàn toàn, khi tốc độ lún của đất nền dưới công trình nhanh hơn tốc độ lún của cọc theo chiều đi xuống, thì sẽ phát sinh ra lực kéo xuống của tầng đất đối với cọc làm tăng lực tác dụng lên cọc, lực kéo xuống này là lực ma sát âm.

Lực ma sát âm xảy ra trên một phần thân cọc, phụ thuộc vào tốc độ lún của đất xung quanh cọc và tốc độ lún của cọc, có khuynh hướng kéo cọc đi xuống.

Hình 1. Hiện tượng ma sát âm



2.2. Sức chịu tải của cọc

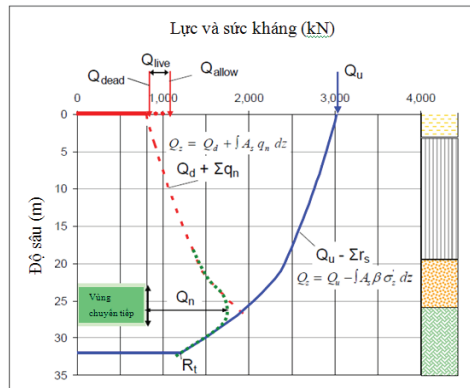
Sức chịu tải tới hạn của cọc Q_{ult} là tổng của sức kháng mũi cực hạn và sức kháng ma sát thành cực hạn.

$$Q_{ult} = Q_u = R_s + R_t \quad (1)$$

Khi sức kháng ma sát thành và sức kháng mũi được huy động tối đa, lực trong cọc là Q_z được xác định bởi biểu thức:

$$Q_z = Q_u - \int A_s \beta \sigma'_z dz = Q_u - R_s \quad (2)$$

Hình 2. Phân bố lực và sức kháng theo độ sâu



Mọi cọc đều phát triển một cơ chế cân bằng lực, tổng của tĩnh tải Q_d và lực kéo xuống Q_n (sinh ra bởi lực ma sát âm ở phần trên của cọc sẽ cân bằng với tổng của sức kháng mũi và ma sát dương ở phần dưới của cọc. Vị trí cân bằng gọi là mặt phẳng trung hòa, là vị trí mà ứng suất cắt dọc theo thân cọc chuyển từ ma sát âm sang ma sát dương (sức kháng ma sát thành) và không có chuyển vị tương đối giữa cọc và đất.

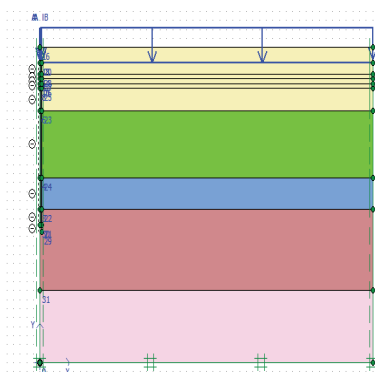
Vùng chuyển giữa sức kháng và đường cong phân bố lực không đột ngột uốn gập như hình vẽ mà chuyển tiếp dần dần từ vị trí có ma sát âm sang vị trí có ma sát dương. Điều này xảy ra ở lân cận vùng mặt phẳng trung hòa và được gọi là vùng chuyển tiếp.

3. MÔ PHỎNG BÀI TOÁN CỌC CHỊU ẢNH HƯỞNG CỦA CHUYỂN VỊ ĐẤT NỀN

3.1. Mô phỏng công trình thực tế

Công trình được sử dụng để mô phỏng là khu xưởng bảo trì (Maintenance Shop), dự án Cảng Container Quốc tế Cái Mép – Thị Vải có diện tích 56m x 30m, móng cọc đơn bê tông cốt thép tiết diện 400x400, chiều dài mỗi cọc 18m. Mô phỏng bài toán dùng phần mềm Plaxis 2D Version 8.5. Sử dụng bài toán đối xứng trục Axisymmetry, đất nền và cọc được chia thành các phần tử 15 nút.

Hình 3. Mô hình bài toán cọc đơn với các lớp địa chất



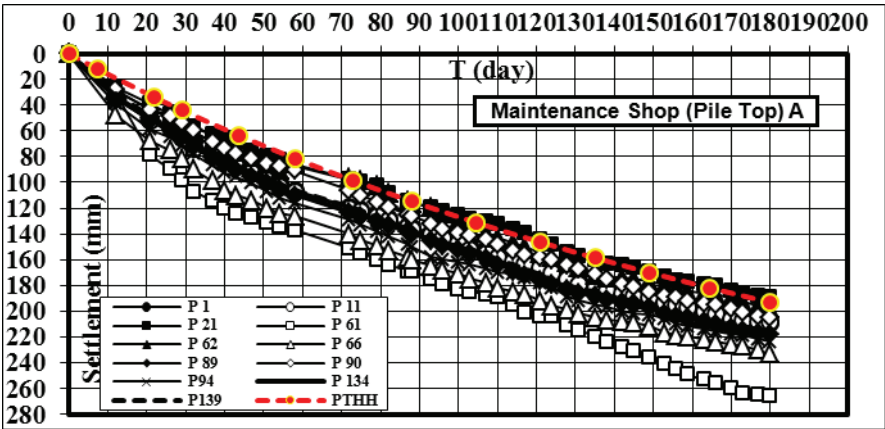
Bảng 1: Thông số các lớp đất

Thông số	0: Cát đắp	1a: Bùn sét chảy	1b: Sét dẻo chảy	1c: Sét dẻo mềm	1c: Sét dẻo mềm không PVD
Độ sâu (m)	0 ÷ 5.25	5.25 ÷ 12.75	12.75 ÷ 16.25	16.25 ÷ 25.25	25.25 ÷ 33.25
Mô hình vật liệu	Mohr - Coulomb	Soft Soil Creep	Soft Soil Creep	Soft Soil Creep	Soft Soil Creep
γ (kN/m ³)	18	14.2	15.6	16.2	16.2
γ_{sat} (kN/m ³)	19	14.2	15.6	16.2	16.2
k_x (m/day)	8.64	5.9E-05	5.8E-05	3.2E-05	3.2E-05
k_y (m/day)	8.64	11.23E-03	11.09E-03	6.11E-03	2.13E-05
E_{ref} (kN/m ²)	9000	-	-	-	-
c_{ref} (kN/m ²)	0.2	5	11	12	12
φ (deg)	30	20.3	22.2	23.5	23.5
ψ (deg)	0	0	0	0	0
ν	0.3	0.35	0.33	0.33	0.33
C_c	-	1	1.05	1.05	1.05
C_s	-	0.25	0.30	0.40	0.40
C_a	-	0.04	0.042	0.042	0.042
e_{init}	-	2.491	1.779	1.758	1.758

3.2. Kiểm chứng độ tin cậy của kết quả phân tích bằng phương pháp Phần tử hữu hạn so với kết quả quan trắc hiện trường

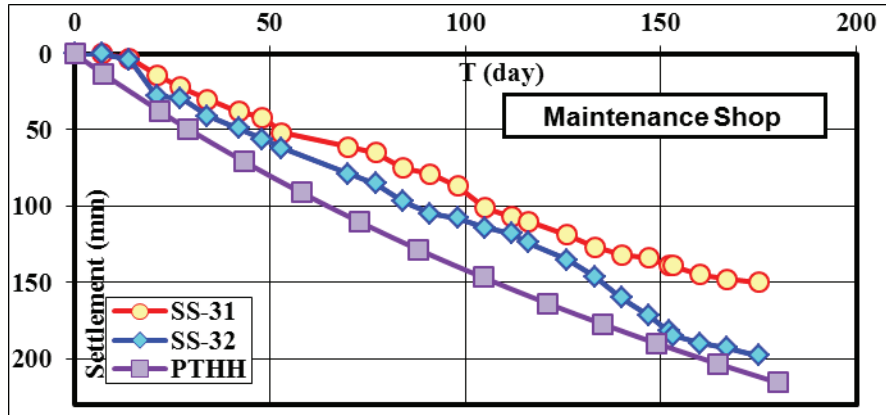
3.2.1. Chuyển vị đầu cọc sau khi thi công

Hình 4. Chuyển vị ở các đầu cọc theo quan trắc và Phần tử hữu hạn



3.2.2. Chuyển vị mặt đất tự nhiên sau khi thi công cọc

Hình 5. Chuyển vị mặt đất theo quan trắc và phương pháp Phần tử hữu hạn

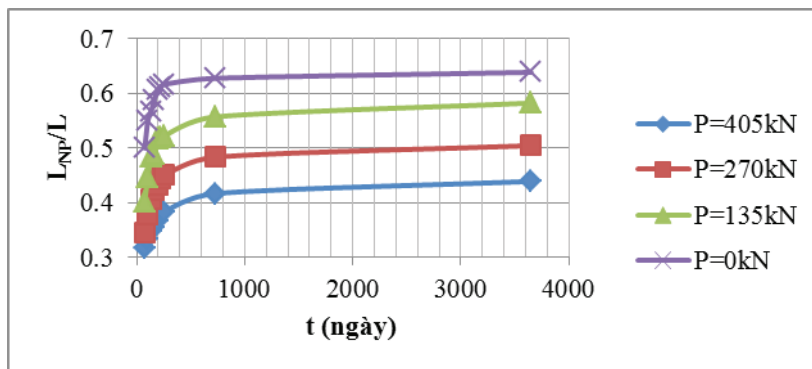


Ta thấy dạng biểu đồ của chuyển vị đầu cọc và chuyển vị mặt đất có dạng phù hợp với kết quả quan trắc, sai số là chấp nhận được (sai số không đáng kể cho chuyển vị đầu cọc và 6% cho chuyển vị mặt đất). Vậy kết quả mô phỏng là đáng tin cậy và có thể được dùng để tiến hành phân tích các yếu tố.

4. PHÂN TÍCH CÁC YẾU TỐ LIÊN QUAN ĐẾN BÀI TOÁN SỨC CHỊU TẢI CỦA CỌC CHỊU ẢNH HƯỞNG CỦA CHUYỂN VỊ ĐẤT NỀN

4.1. Vị trí mặt phẳng trung hòa

Hình 6. Vị trí mặt phẳng trung hòa L_{NP}/L theo thời gian với các cấp tải dọc trục



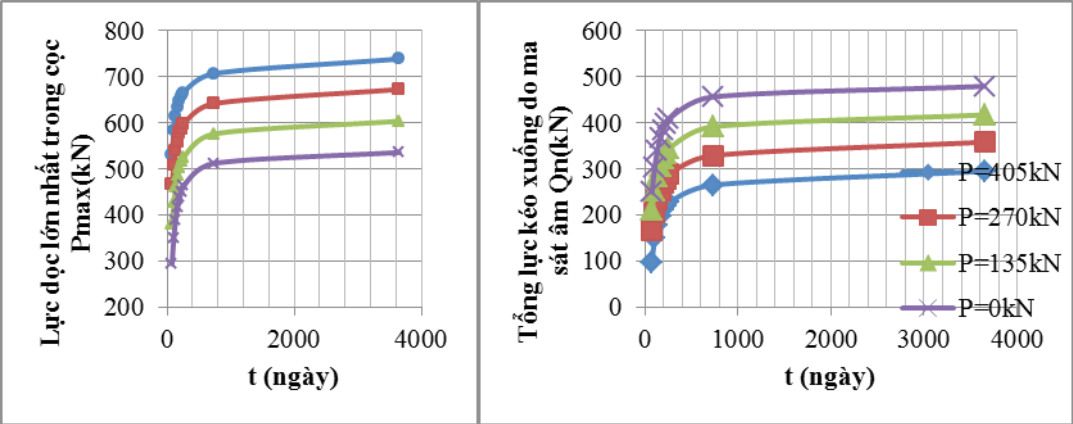
Vị trí mặt phẳng trung hòa phụ thuộc vào thời gian (chính xác hơn là phụ thuộc vào độ lệch chuyển vị giữa mặt đất và đầu cọc) và tải trọng tác dụng lên đầu cọc. Khi thời gian tăng, do sự cố kết và từ biến của đất nền, độ lệch chuyển vị của mặt đất so với đầu cọc tăng, do đó mặt phẳng trung hòa có xu hướng di chuyển xuống dưới, về phía mũi cọc (L_{NP}/L tăng). Tốc độ di chuyển của mặt phẳng trung hòa: tăng nhanh trong giai đoạn đầu ($t=0 \div t=244$ ngày) và tăng chậm trong các giai đoạn sau ($t=244$ ngày $\div$ 3650 ngày).

Tốc độ di chuyển của mặt phẳng trung hòa không phụ thuộc vào tải trọng tác dụng lên đầu cọc.

4.2. Lực dọc phân bố trong cọc

Lực dọc lớn nhất trong cọc phản ánh độ lớn của tổng lực ma sát âm tác dụng vào cọc. Khi mặt phẳng trung hòa di chuyển xuống phía dưới, phần cọc chịu ma sát âm sẽ dài hơn, tổng lực ma sát âm tác dụng vào cọc cũng lớn hơn (từ 250kN đến 480kN), lực dọc lớn nhất xuất hiện trong cọc do đó cũng sẽ lớn hơn (từ 294kN tăng đến 536kN).

Hình 7. Biểu đồ lực dọc lớn nhất trong cọc và tổng lực kéo xuống do ma sát âm

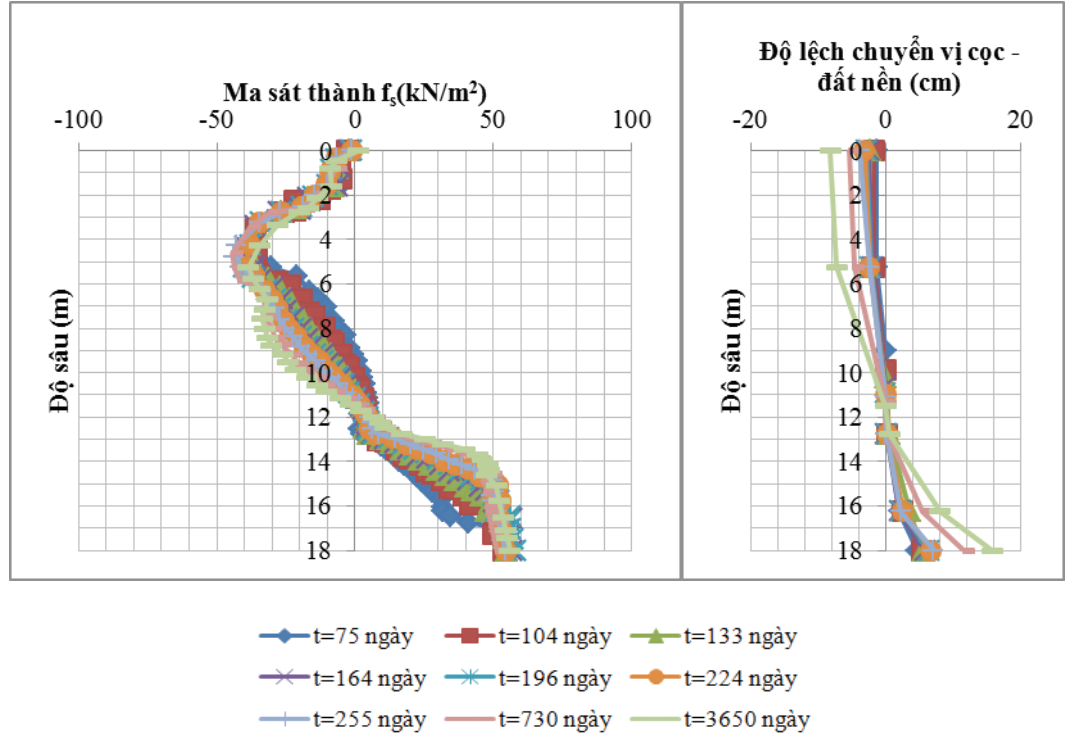


Từ biểu đồ ta thấy trong cùng một thời điểm cọc chịu tải trọng P đầu cọc lớn hơn sẽ chịu tổng lực kéo xuống do ma sát âm nhỏ hơn. Do tải trọng đầu cọc lớn, mặt phẳng trung hòa sẽ nằm gần đầu cọc hơn, chiều dài phần cọc chịu ma sát âm ngắn lại.

Tốc độ tăng của tổng lực kéo xuống do ma sát âm theo thời gian phù hợp với tốc độ tăng của mặt phẳng trung hòa theo thời gian, tăng nhanh ở thời gian đầu (t=0 đến t=255 ngày), sau đó tăng chậm lại ở thời gian sau (t=255 ngày đến t=3650 ngày).

4.3. Ma sát thành

Hình 8. Ma sát thành và độ lệch chuyển vị cọc – đất nền theo độ sâu, P=0kN



Trong lớp cát đắp (độ sâu 0m÷ 5.25m), ma sát âm thay đổi tuyến tính theo độ sâu (ma sát âm tỉ lệ với ứng suất hữu hiệu theo phương đứng).

Trong các lớp bùn sét chảy (5.25m÷ 12.75m), sét dẻo chảy (12.75m÷16.25m) và sét dẻo mềm (16.25m÷18m), quy luật phân bố ma sát âm thay đổi tuyến tính theo độ sâu và bao gồm các đoạn thẳng có độ dốc khác nhau.

Xét đường phân bố ma sát âm ở thời điểm $t=75$ ngày, trong lớp bùn sét chảy từ độ sâu 5.25m đến độ sâu 9m (vị trí mặt phẳng trung hòa) ma sát âm giảm tuyến tính theo độ sâu (mặc dù ứng suất hữu hiệu theo phương đứng tăng). Điều này được giải thích là do độ lệch Δs giữa cọc và đất nền nhỏ nên đất không huy động hết toàn bộ ma sát âm, càng xuống gần mặt phẳng trung hòa, độ lệch Δs càng nhỏ, ma sát âm huy động lại càng ít so với giá trị cực hạn. Cụ thể ở vị trí độ sâu 5.64m, độ lệch $\Delta s = -1.23\text{cm}$, giá trị $f_s = 21\text{kN/m}^2$; đến vị trí độ sâu 9m, độ lệch $\Delta s = 0$, giá trị $f_s = 0\text{kN/m}^2$. Từ vị trí 9m đến vị trí 12.75m (hết lớp bùn sét chảy), chuyển vị cọc lúc này bắt đầu lớn hơn chuyển vị đất nền ($\Delta s > 0$) và cọc bắt đầu chịu ma sát dương (sức kháng ma sát thành). Ma sát dương tăng dần theo độ lệch chuyển vị của cọc so với đất nền và tiếp tục tăng trong phần cọc nằm trong lớp sét dẻo chảy và sét dẻo mềm (9m đến 17m). Sự tăng ma sát dương là do ứng suất hữu hiệu theo phương đứng tăng và độ lệch Δs tăng (tại 17m, $\Delta s = 2.12\text{cm}$). Qua điểm này đồ thị ma sát thành vẫn tăng tuyến tính nhưng độ dốc đã thay đổi, lúc này ma sát thành chỉ tăng do ứng suất hữu hiệu theo phương đứng tăng, còn ma

sát thành đã huy động giá trị cực hạn nên không tăng do độ lệch Δs tăng.

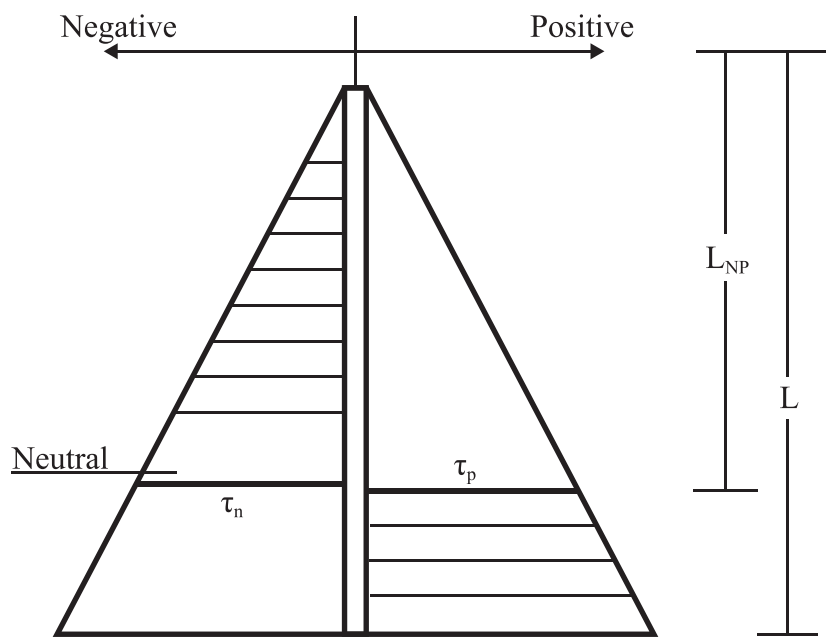
Vùng lân cận xung quanh mặt phẳng trung hòa, chuyển vị tương đối giữa cọc và đất nền nhỏ nên không huy động được giá trị ma sát âm cũng như ma sát dương (sức kháng ma sát thành) tối đa. Biểu đồ không có bước nhảy đột ngột từ ma sát âm sang ma sát dương tại vị trí mặt phẳng trung hòa mà có một vùng chuyển tiếp, trong đó ma sát âm biến đổi từ từ chuyển sang ma sát dương.

5. PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ SỨC CHỊU TẢI CỦA CỌC CÓ XÉT ĐẾN ẢNH HƯỞNG CỦA CHUYỂN VỊ ĐẤT NỀN XUNG QUANH

5.1. Phương pháp thiết kế sức chịu tải của cọc có xét đến ảnh hưởng của chuyển vị đất nền do Adel M.Hanna và Ali Sharif đề nghị

Trên tạp chí ASCE/MARCH/APRIL 2006, Adel M.Hanna và Ali Sharif giả thiết phân bố ma sát âm và ma sát dương (sức kháng ma sát thành) dọc theo thân cọc phân bố tuyến tính. Tại vị trí mặt phẳng trung hòa, ma sát âm sẽ chuyển sang ma sát dương, biểu đồ phân bố của ma sát âm và ma sát dương dọc theo thân cọc sẽ có điểm gãy.

Hình 9. Phân bố ma sát âm và ma sát dương dọc theo thân cọc



Lực kéo xuống do ma sát âm (Q_n) được tính toán bằng công thức sau:

$$Q_n = \int_0^{L_{NP}} \beta(\pi D)(\gamma' z + S) dz \tag{3}$$

Giả thiết là cả ma sát âm và ma sát (tức là đạt giá trị cực hạn) ở mọi điểm trên dương đều được huy động ở mức tối đa thân cọc. Sức kháng ma sát thành:

$$Q_s = \int_{L_{NP}}^L \beta(\pi D)(\gamma' z + S) dz \tag{4}$$

Xét trường hợp cọc chịu lực ở đầu không có chuyển vị ở mũi cọc, ma sát âm mũi, cọc tựa trên lớp đất tốt và gần như lúc đó sẽ xảy ra trên toàn bộ chiều dài cọc.

$$Q_{n(max)} = \int_0^L \beta(\pi D)(\gamma' z + S) dz \tag{5}$$

Hệ số R_N được tính theo công thức sau:

$$R_N = \frac{Q_n}{Q_{n(max)}} = \left(\frac{L_{NP}}{L} \right)^2 \tag{6}$$

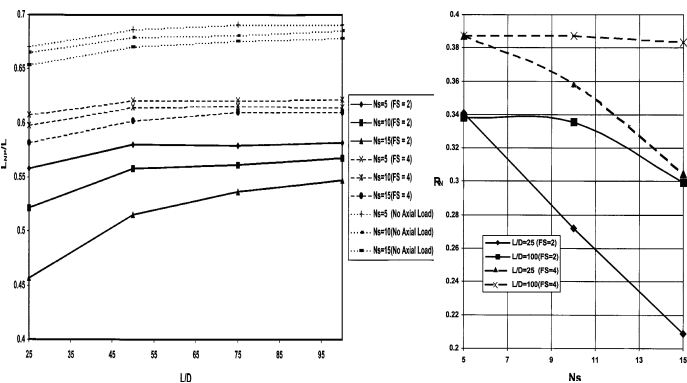
Tải trọng đất đắp được biểu diễn thông qua hệ số không thứ nguyên N_s :

$$N_s = \frac{L\gamma'}{S} \tag{7}$$

Lực tác dụng vào đầu cọc lấy bằng tải trọng làm việc:

$$Q_a = \frac{Q_u}{FS} \tag{8}$$

Hình 10. Biểu đồ quan hệ L_{NP}/L và L/D và xác định hệ số R_N



Do đó, sức chịu tải cho phép của cọc có thể tính như sau:

$$Q_a = \frac{Q_t + Q_s}{FS} - R_N Q_{n(max)} \tag{9}$$

Với Q_t và Q_s lần lượt là sức kháng mũi tới hạn và sức kháng ma sát thành tới hạn.

$$Q_t = N_q(\gamma' L + S)A_t \quad (10)$$

Trong đó:

A_t : diện tích tiết diện mũi cọc

N_q : hệ số sức kháng mũi

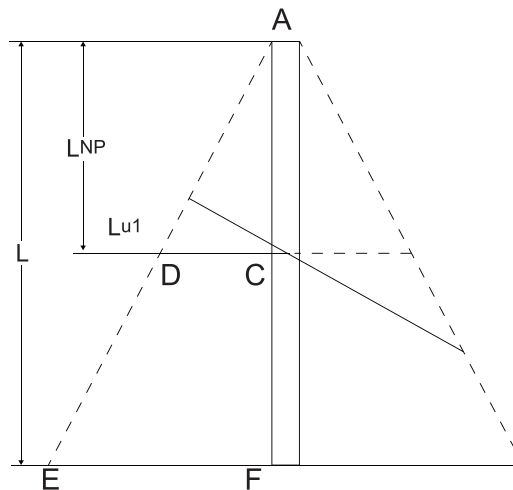
5.2. Kiến nghị phương pháp thiết kế sức chịu tải của cọc có xét đến ảnh hưởng của chuyển vị đất nền xung quanh

Phương pháp thiết kế sức chịu tải của cọc có xét đến ảnh hưởng của chuyển vị đất nền theo Adel M.Hanna và Ali Sharif dùng giả thiết đơn giản hóa là cả ma sát âm và ma sát dương đều được huy động ở mức

tối đa (tức là đạt giá trị cực hạn) ở mọi điểm trên thân cọc. Điều này chưa hợp lý và dẫn đến sai số trong tính toán thiết kế. Tại các vị trí lân cận vị trí mặt phẳng trung hòa sẽ xuất hiện chuyển vị tương đối giữa cọc và đất nền, tuy nhiên các chuyển vị tương đối này khá nhỏ, chưa đủ để huy động ma sát ở mức tối đa. Phân tích ở phần trên đã cho ta thấy rõ điều đó.

5.2.1. Thiết lập công thức tính lực kéo xuống do ma sát âm hiện hữu

Hình 11. Thiết lập công thức tính lực kéo xuống do ma sát âm



Adel M.Hanna và Ali Sharif kiến nghị đường phân bố ma sát âm theo độ sâu là đường phân bố ma sát âm theo độ sâu

là đường ADC, do đó lực kéo xuống do ma sát âm tính theo công thức:

$$Q_n' = \int_0^{L_{NP}} \beta(\pi D)(\gamma' z + S) dz = (\pi D) S_{\Delta ADC}$$

Tác giả kiến nghị đường phân bố ma sát âm theo độ sâu là đường ABC, do đó:

$$Q_n = (\pi D) S_{\Delta ABC}$$

Nếu cọc có đường kính không đổi theo chiều sâu thì ta có công thức tính lực kéo xuống do ma sát âm hiện hữu:

$$Q_n = \left(1 - \frac{L_{u1}}{L_{NP}}\right) \left(\frac{L_{NP}}{L}\right)^2 Q_{n(max)} \quad (11)$$

Đặt $\kappa = \left(1 - \frac{L_{ul}}{L_{NP}}\right) \left(\frac{L_{NP}}{L}\right)^2$ thì công thức có dạng thu gọn:

$$Q_n = \kappa Q_{n(max)}$$

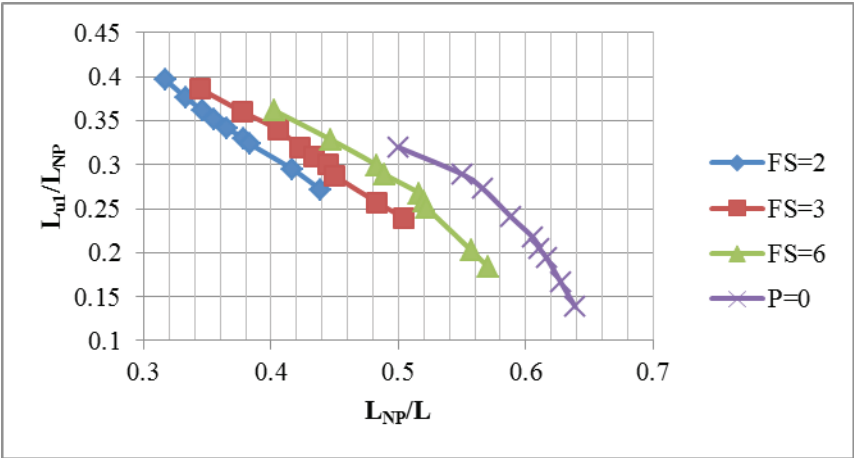
(12)

Ta có thể nhận thấy rằng lực kéo xuống do ma sát âm không chỉ phụ thuộc vào vị trí của mặt phẳng trung hòa L_{NP} mà còn phụ thuộc vào vị trí huy động được ma sát âm cực đại L_{ul} . Do đó trong thiết kế sức chịu tải của cọc đối với tải trọng làm việc phải lưu ý đến vấn đề này. Đây cũng chính là vấn đề mà phương pháp thiết kế theo Adel M.Hanna và Ali Sharif và các phương pháp thiết kế trước đây chưa đề cập đến.

5.2.2. *Thiết lập biểu đồ xác định L_{ul} từ L_{NP}*

Tác giả lập mô hình Phần tử hữu hạn chạy với nhiều trường hợp tải trọng đầu cọc, với các vị trí của mặt phẳng trung hòa khác nhau thì vị trí huy động ma sát âm cũng khác nhau. Từ kết quả của các bài toán khảo sát, tác giả lập được biểu đồ quan hệ giữa tỉ số L_{ul}/L_{NP} với tỉ số L_{NP}/L ứng với các cấp tải trọng khác nhau (FS khác nhau).

Hình 12. Quan hệ giữa L_{ul}/L_{NP} với L_{NP}/L



5.2.3. *Kiến nghị phương pháp thiết kế sức chịu tải của cọc có xét đến ảnh hưởng của chuyển vị đất nền*

Bước 1: Xác định sức kháng mũi cực hạn theo công thức :

$$Q_i = N_q (\gamma' L + S) A_i$$

Bước 2: Xác định lực kéo xuống cực hạn do ma sát âm theo công thức :

$$Q_{n(max)} = \int_0^L \beta(\pi D)(\gamma' z + S) dz$$

Lưu ý đây cũng là sức kháng ma sát thành cực hạn: $Q_s = Q_{n(max)}$

Bước 3: Xác định vị trí mặt phẳng trung hòa L_{NP} .

Bước 4: Xác định tỉ số L_{ul}/L_{NP} theo biểu đồ hình 20.

Bước 5: Tính hệ số κ theo công thức

$$\kappa = \left(1 - \frac{L_{u1}}{L_{NP}}\right) \left(\frac{L_{NP}}{L}\right)^2$$

(13)

Bước 6: Tính lực kéo xuống do ma sát âm:

$$Q_n = \kappa Q_{n(max)}$$

(14)

Bước 7: Tính sức chịu tải cho phép của cọc:

$$Q_a = \frac{Q_t + Q_s}{FS} - \kappa Q_{n(max)}$$

(15)

5.2.4. **Tính toán cho công trình thực tế**

Công trình Cảng Hiệp Phước

Cọc thử tĩnh P-III là cọc bê tông UST

đường kính 400mm, dày 80mm, chiều dài 33m, nằm gần vị trí của hố khoan BH01, dùng địa chất ở hố khoan này để tính toán.

Bảng 2: Điều kiện địa chất ở hố khoan BH01

Lớp đất-Ký hiệu	Độ sâu phân bố (m)	Tên đất – Trạng thái
1	0÷5.3	Bùn sét chảy
2	5.3÷13	Bùn sét chảy đến dẻo chảy
3	13÷17	Sét dẻo chảy đến dẻo mềm
4	17÷19	Cát hạt mịn lẫn bụi sét, rời rạc đến chặt vừa
5	19÷26.9	Sét dẻo chảy đến dẻo mềm
6	26.9÷30.4	Cát hạt mịn đến trung, chặt vừa đến chặt
7	30.4÷53.5	Sét cứng

Kết quả thử tĩnh: $Q_{ult}=1300\text{kN}$, $Q_a=650\text{kN}$. Thiết kế với hệ số an toàn $FS=2$

Bảng 3: Kết quả tính toán cho công trình Cảng Hiệp Phước

Thông số	Adel M.Hanna & Ali Sharif	Tác giả
$Q_t = N_q (\gamma' L + S) A_t$	499 (kN)	499 (kN)
$Q_s = Q_{n(max)} = \int_0^L \beta (\pi D) (\gamma' z + S) dz$	1150 (kN)	1150(kN)
L_{NP}/L	0.48	0.48
L_{u1}/L_{NP}	-	0.23

R_N	0.2304	-
κ	-	0.1774
Q_n	265 (kN)	204 (kN)
$Q_a = \frac{Q_t + Q_s}{FS} - Q_n$	560 (kN)	620 (kN)

Lực kéo xuống do ma sát âm tính toán theo phương pháp của Adel M.Hanna & Ali Sharif lớn hơn 23% so với phương pháp tác giả kiến nghị (265kN so với 204kN). Điều này là do Adel M.Hanna & Ali Sharif giả thiết rằng lực ma sát âm luôn huy động ở mức tối đa ở phần phía trên mặt phẳng trung hòa, trong khi phương pháp của tác giả kiến nghị có xét đến phần ma sát âm không huy động ở mức tối đa (thông qua thông số chiều dài huy động ma sát âm tối đa L_{ul}/L_{NP}). Do vậy sức chịu tải cho phép của cọc tính toán theo phương pháp tác giả kiến nghị lớn hơn so với phương pháp Adel M.Hanna & Ali Sharif (lớn hơn 10%).

Kết quả theo hai phương pháp đều nhỏ hơn kết quả nén tĩnh thực tế, đảm bảo an toàn cho công trình. Kết quả theo Adel M.Hanna & Ali Sharif sai khác 13.8 % so với thực tế (560kN so với 650kN), theo phương pháp tác giả kiến nghị độ sai khác là 4.6% (620kN so với 650kN), do đó tăng được độ chính xác thêm 9.2% so với thực tế.

6. KẾT LUẬN

Từ kết quả phân tích, ta có thể rút ra một số kết luận cho bài báo như sau:

- Mặt phẳng trung hòa có xu hướng di chuyển về phía mũi cọc theo thời gian do quá trình lún của đất nền (do hiện tượng cố kết và từ biến). Tốc độ di chuyển của mặt phẳng trung hòa nhanh ở thời gian đầu (t=0 đến t=255 ngày) và chậm ở các thời gian sau. Khi tải trọng tác dụng lên đầu cọc tăng thì mặt phẳng trung hòa có xu hướng di chuyển về phía đầu cọc.
- Sự phân bố ma sát thành tại vùng chuyển tiếp lân cận mặt phẳng trung hòa theo phương pháp đề nghị thay đổi theo quy luật tuyến tính tương tự như kết quả mô phỏng bằng phương pháp Phần tử hữu hạn và phù hợp với thực tế.
- Khả năng chịu tải của cọc có xét đến ảnh hưởng của chuyển vị đất nền theo phương pháp đề nghị nhỏ hơn và khác biệt không đáng kể so với kết quả thí nghiệm nén tĩnh cọc (từ 4.6% đến 4.8%). Trong khi đó kết quả theo phương pháp do Adel M.Hanna & Ali Sharif đề nghị sai khác từ 13.8% đến 15%.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Châu Ngọc Ân (2005), *Cơ học đất*, Nhà xuất bản Đại học Quốc Gia Tp.HCM.
2. Châu Ngọc Ân (2005), *Nền móng*, Nhà xuất bản Đại học Quốc Gia Tp.HCM.
3. Võ Phán, Hoàng Thế Thao (2010), *Phân tích và tính toán móng cọc*, Nhà xuất bản Đại học Quốc Gia Tp.HCM.
4. Adel M. Hanna and Ali Sharif (2006), *Drag Force on Single Piles in Clay Subjected to Surcharge Loading*, International Journal of Geomechanics, ASCE.
5. Bengt H.Fellinus (2009), *Basics of Foundation Design*, Electronic Edition.

6. Bengt H.Fellinus (2004), *Unified design of Piled Foundations with emphasis on settlement analysis*, ASCE Geotechnical Special Publication.
7. Gary L. Kuhns (2008), *Downdrag in Pile Design: The Positive Aspects of Negative Skin Friction*, ASCE, From research to Practice Geotechnical Engineering Congress.
8. W.Zhou, R.Chen and Y.Chen (2006), *Development of Negative Skin Friction of Piles on Soft Ground*, Foundation Analysis and Design: Innovative Methods, ASCE.