

LỰA CHỌN HỢP LÝ HỆ SỐ AN TOÀN SỬ DỤNG TRONG TÍNH TOÁN SỨC CHỊU TẢI CỦA CỌC

CHOOSING THE APPROPRIATE SAFETY-FACTORS USED FOR BEARING-CAPACITY OF PILE CALCULATION

Lê Thị Bích Thủy, Văn Đình Minh Ngọc

Bộ Môn Cầu Đường, Khoa Xây Dựng, Trường Đại Học Bách Khoa Tp. Hồ Chí Minh.

BẢN TÓM TẮT

Bài báo phân tích cơ chế truyền tải trọng dọc trục của cọc vào đất nền qua sự phát triển ma sát hông và sức kháng mũi theo chuyển vị cọc, từ đó đề nghị sử dụng giá trị hệ số an toàn FS_s , FS_p và FS hợp lý trong tính toán sức chịu tải của cọc

ABSTRACT

This paper analyses the load-transfer mechanism of pile to foundation through skin-friction and end-bearing which depend on settlement of pile. Thereby, it suggests appropriate value of safety-factors used for bearing-capacity of pile calculation.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cơ chế truyền tải trọng của cọc vào đất nền thông qua ma sát hông xung quanh cọc và sức kháng mũi ở mũi cọc. Sự hình thành và phát triển sức chịu tải của cọc do ma sát và sức kháng mũi phụ thuộc vào sự dịch chuyển tương đối giữa cọc và đất nền và có khuynh hướng phát triển khác nhau. Thành phần ma sát hông phát triển rất sớm và đạt đến giá trị cực hạn khi cọc có chuyển vị nhỏ, trong khi đó thành phần chịu mũi chỉ phát triển và đạt đến giá trị cực hạn khi cọc có chuyển vị khá lớn. Do đó, không có sự phát triển tối đa sức kháng hông và sức kháng mũi của cọc xảy ra đồng thời mà có sự phân phối tải trọng cho thành phần ma sát và thành phần chịu mũi. Như vậy, việc cộng hai thành phần ma sát hông cực hạn và sức kháng mũi cực hạn thành sức chịu tải cực hạn của cọc là không thực hợp lý do vậy có khuynh hướng điều chỉnh sai số này bằng cách sử dụng hệ số an toàn cho ma sát FS_s , hệ số an toàn cho sức kháng mũi FS_p và hệ số an toàn chung FS .

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Tính toán sức chịu tải của cọc theo các hệ số an toàn

Sức chịu tải cực hạn của cọc Q_u (KN) bao gồm ma sát hông cực hạn Q_{su} (KN) và sức kháng mũi cực hạn Q_{pu} (KN):

$$Q_u = Q_{su} + Q_{pu} = A_s f_{su} + A_p q_{pu} \quad (1)$$

Trong đó :

A_s : diện tích xung quanh cọc tiếp xúc với đất (m^2).

A_p : diện tích mũi cọc (m^2)

f_{su} : ma sát hông đơn vị cực hạn (KN/m^2)

q_{pu} : sức kháng mũi đơn vị cực hạn (KN/m^2)

Sức chịu tải cho phép của cọc Q_a :

$$Q_a = \frac{Q_{su}}{FS_u} + \frac{Q_{pu}}{FS_p} \quad (2)$$

Hoặc :

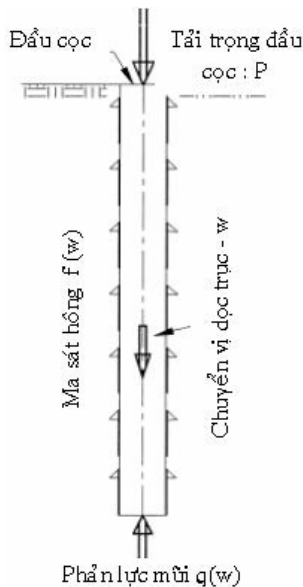
$$Q_a = \frac{Q_u}{FS} \quad (3)$$

Giá trị FS_s , FS_p và FS thường chọn từ 2 đến 3

2.2. Tính toán sức chịu tải của cọc theo chuyển vị cho phép

2.2.1 Cơ chế truyền tải trọng dọc trục

Khi cọc chịu tải trọng tác dụng P, tăng dần tải trọng, nếu độ lún tương đối giữa cọc so với độ lún của đất mà lớn hơn thì cọc có xu hướng đi xuống, xung quanh cọc xuất hiện các lực chống trượt gọi là ma sát hông, khi cọc lún đến một giá trị nào đó thì ma sát hông đạt giá trị cực hạn. Cơ chế này gọi là sự hình thành và phát triển thành phần ma sát, sau khi hình thành lực ma sát cọc có sức chịu tải do ma sát gọi là sức kháng hông. Song song đó, thành phần mũi cọc bắt đầu chịu lực gọi là sức kháng mũi, khi cọc lún đến một giá trị nào đó vùng đất ở mũi cọc dần dần đạt đến trạng thái cân bằng giới hạn và sức kháng mũi đạt đến giá trị cực hạn, nếu tiếp tục tăng P thì đất ở mũi cọc bị phá hoại, cơ chế này gọi là sự hình thành và phát triển sức kháng mũi và cọc có sức chịu tải ở mũi cọc (Hình 1)



Hình 1: Cơ chế truyền tải trọng của cọc vào đất nền

Như vậy, sự hình thành và phát triển của thành phần ma sát hông và sức kháng mũi đều phụ thuộc vào sự dịch chuyển của cọc. Hay nói cách khác thì sức chịu tải của cọc phụ thuộc vào độ lún của cọc. Vì vậy, bài toán tính toán sức chịu tải của cọc còn phụ thuộc vào chuyển vị cho phép của cọc.

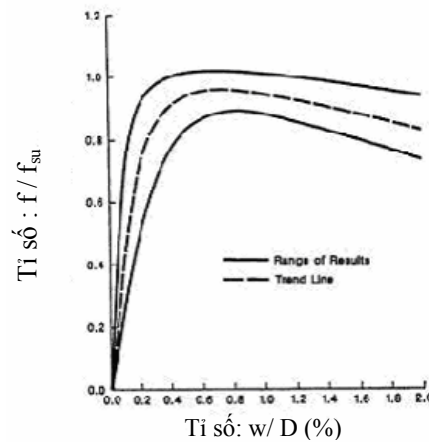
2.2.2 Quan hệ giữa sức kháng hông, sức kháng mũi theo chuyển vị cọc

Nhiều tác giả đã nghiên cứu mối quan hệ giữa sức kháng hông, sức kháng mũi theo chuyển vị của cọc như Heydinger (1986), Mosher (1984), Briaud và Tucker (1984), đặt biệt Resse và O'Neill (1988) đã thiết lập mối quan hệ phi tuyến giữa sức kháng hông đơn vị và chuyển vị cọc (quan hệ f-w), quan hệ phi tuyến giữa sức kháng mũi đơn vị và chuyển vị cọc (quan hệ q-w) cho đất dính và đất không dính.

2.2.2.1 Biểu đồ quan hệ f - w

Resse và O'Neill (1988) đã thiết lập mối quan hệ giữa sức kháng hông và chuyển vị cọc (quan hệ f-w) như sau :

Trường hợp cọc trong đất dính :



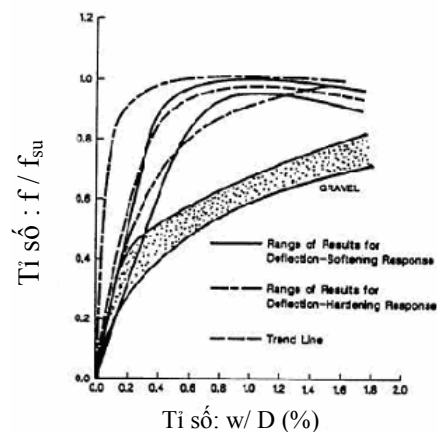
Hình 2 : Biểu đồ quan hệ f-w cho đất dính

Trong đó:

w : chuyển vị cọc (m)

D : đường kính cọc(m)

Trường hợp cọc trong đất không dính :

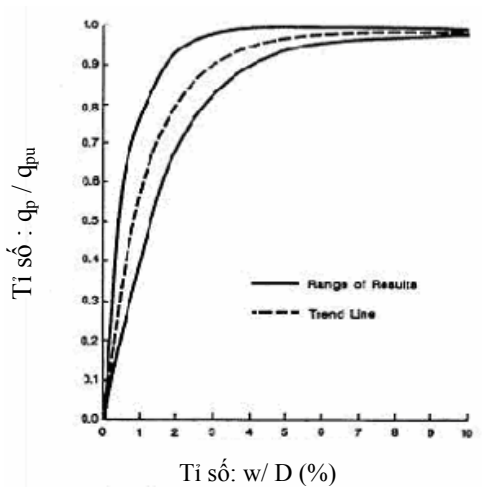


Hình 3 : Biểu đồ quan hệ f-w đất không dính

2.2.2.2 Biểu đồ quan hệ q - w

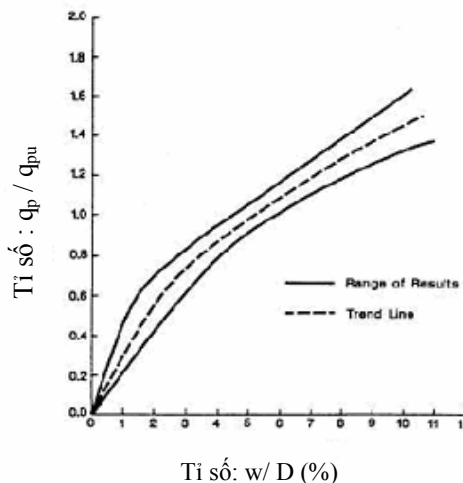
Resse và O'Neill (1988) đã thiết lập mối quan hệ giữa sức kháng mũi và chuyển vị cọc (quan hệ q-w) như sau :

Trường hợp cọc trong đất dính :



Hình 4: Biểu đồ quan hệ q-w cho đất dính

Trường hợp cọc trong đất không dính :



Hình 5: Biểu đồ quan hệ q-w đất không dính

2.2.3 Tính toán sức chịu tải của cọc từ các quan hệ f-w và q-w

- **Bước 1** : Tính toán sức kháng hông cực hạn Q_{su} và sức kháng mũi cực hạn Q_{pu} theo (1)
- **Bước 2** : Lập mối quan hệ giữa sức kháng hông và sức kháng mũi theo chuyển vị của cọc bằng cách sử dụng các biểu đồ từ hình 2 đến hình 5.
- **Bước 3** : Tổng cộng sức kháng hông và sức kháng mũi theo từng chuyển vị cọc tương ứng sẽ được mối quan hệ giữa sức chịu tải cọc theo chuyển vị .

Tính toán sức chịu tải của cọc như đã trình bày theo các bước ở trên, sẽ xác định được rõ ràng từng thành phần chịu tải của cọc cũng như sức chịu tải thực của cọc.

2.3. Chọn sức chịu tải cho phép của cọc

Sức chịu tải cho phép của cọc được chọn là giá trị nhỏ hơn trong hai giá trị sau :

- Giá trị sức chịu tải cho phép ứng với hệ số an toàn FS_s , FS_p và FS theo công thức (2) hoặc (3)
- Giá trị sức chịu tải cho phép ứng với chuyển vị cho phép.

2.4. Lựa chọn hệ số an toàn hợp lý

Như đã phân tích, sức kháng hông và sức kháng mũi của cọc có giá trị biến thiên phụ thuộc vào chuyển vị của cọc, sức kháng hông đạt đến giá trị cực hạn ứng với một chuyển vị cụ thể nào đó và sức kháng mũi của cọc đạt đến giá trị cực hạn ở một chuyển vị cụ thể khác. Do đó, có thể xác định giá trị các hệ số an toàn của cọc như sau :

$$FS_s = \frac{Q_{su}}{Q_{s(w)}} \quad (4)$$

$$FS_p = \frac{Q_{pu}}{Q_{p(w)}} \quad (5)$$

$$FS = \frac{Q_u}{Q_{t(w)}} \quad (6)$$

$$Q_{t(w)} = Q_{s(w)} + Q_{p(w)} \quad (7)$$

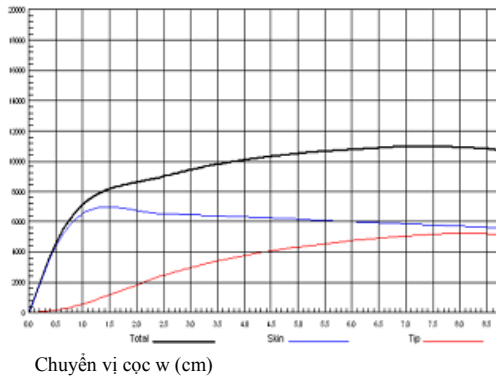
Trong đó :

- $Q_{s(w)}$: sức kháng hông của cọc ứng với chuyển vị w (KN)
- $Q_{p(w)}$: sức kháng mũi của cọc ứng với chuyển vị w (KN)
- $Q_{t(w)}$: sức chịu tải của cọc tương ứng với chuyển vị w (KN)

3.VÍ DỤ MINH HOẠ

Cọc khoan nhồi Bê tông cốt thép dài $L = 25m$, đường kính $D = 0.8m$ chịu lực thẳng đứng tác dụng đầu cọc $P = 5000 KN$, cọc được thi công bằng phương pháp tạo lỗ trong nền cát chặt có các đặc trưng cơ lý như sau : Chỉ số xuyên $SPT = 18$, góc ma sát trong $\phi = 36^\circ$, lực dính $c = 0 KN/m^2$, dung trọng riêng $\gamma = 19KN/m^3$. Tính toán sức chịu tải cọc, thông qua đó lựa chọn hệ số an toàn hợp lý, chuyển vị cho phép đầu cọc là $2.54cm$

3.1 Kết quả tính toán



Hình 6. Quan hệ giữa các thành phần chịu tải của cọc theo chuyển vị w

Bảng 1- Bảng tính sức chịu tải cọc theo hệ số an toàn

Q_{pu} KN	Q_{su} KN	Q_u KN	FS_p	FS_s	FS	Q_a KN	Kết luận
5215	6947	12162	3	2	2.33	5212	OK

Tính toán sức chịu tải cọc theo chuyển vị cho phép :

- Ứng với tải trọng $P = 5000 KN$ cọc sẽ chuyển vị $0.57 cm < 2.54 cm$.

- Hay, ứng với độ lún cho phép của cọc là $2.54 cm$, tải trọng cho phép tương ứng là $9030 KN > 5000 KN$

Kết luận : Cọc đủ khả năng chịu tải

Bảng 2- Bảng tính hệ số an toàn FS_s , FS_p và FS theo chuyển vị cọc

w cm	Q_s (KN)	Q_p (KN)	Q_t (KN)	FS_s	FS_p	FS
0.5	4550	210	4760	1.53	24.83	2.56
1.0	6668	640	7308	1.04	8.15	1.67
1.5	6947	1255	8202	1.00	4.16	1.48
2.0	6748	1885	8633	1.03	2.77	1.41
2.5	6511	2492	9003	1.07	2.09	1.35
3.0	6446	3007	9453	1.08	1.73	1.29
3.5	6378	3432	9810	1.09	1.52	1.24
4.0	6310	3782	10092	1.10	1.38	1.21
4.5	6237	4096	10333	1.12	1.27	1.18
5.0	6176	4320	10496	1.13	1.21	1.16
6.0	6018	4786	10804	1.16	1.09	1.13
6.9	5898	5057	10955	1.18	1.03	1.11
7.7	5778	5215	10993	1.20	1.00	1.11
8.5	5660	5193	10853	1.23	1.00	1.12
9.2	5544	4959	10503	1.25	1.05	1.16

3.2 Nhận xét

- Từ Hình 6 nhận thấy, sức kháng hông hình thành và phát triển sớm và huy động hoàn toàn $Q_{su} = 6947KN$ ứng với chuyển vị nhỏ (1.5cm), trong khi đó sức kháng mũi phát triển chậm và huy động hoàn toàn $Q_{pu} = 5215 KN$ ứng với chuyển vị khá lớn (7.7 cm).
- Nếu chọn sức chịu tải của cọc là $Q_t = 8202 KN$ ứng với độ lún 1.5cm thì thành phần ma sát huy động hoàn toàn $Q_{su} = 6947KN$ ($FS_s = 1.0$) trong khi đó thành phần chịu mũi chỉ đạt $Q_p = 1255 KN$ chiếm khoảng 24% ($FS_p = 4.16$) sức kháng mũi cực hạn $Q_{pu} = 5215 KN$. Ứng với giá trị này thì hệ số an toàn $FS = 1.48$
- Tương tự như vậy, ứng với mỗi độ lún khác nhau thì thành phần ma sát hông và thành phần sức kháng mũi có giá trị khác nhau, sức chịu tải cực hạn của cọc bằng tổng sức kháng hông cực và hạn sức kháng mũi cực hạn là không hợp lý, điều chỉnh sai số này bằng cách sử dụng các hệ số an toàn, FS_s có giá trị từ 1.0 đến 1.53, FS_p có giá trị biến động từ 1.0 đến 24.83, giá trị FS khá ổn định có giá trị từ 1.1 đến 2.56 (Bảng 2).

- Việc chọn hệ số an toàn $FS_s = 2$ và $FS_p = 3$ dẫn đến giá trị sức chịu tải cho phép của cọc $Q_a = 5212 \text{ KN}$ có giá trị rất nhỏ so với sức chịu tải thực tế của cọc $Q_t = 10993 \text{ KN}$. So sánh với hệ số an toàn và chuyển vị (Bảng 3), rõ ràng với việc lựa chọn như vậy chưa tận dụng hết sức chịu tải của cọc, bài toán khá an toàn.

cho phép của cọc khá lớn thì FS_p chọn từ 1,0 đến 3,0, giá trị FS từ 1.10 đến 2.50 (giá trị FS ít biến động và khá tin cậy).

- Chọn sức chịu tải của cọc còn phụ thuộc vào chuyển vị cho phép của cọc, điều này chưa được thực hiện trong tính toán thiết kế mang tính dự đoán trước khi thí nghiệm nền tĩnh cọc ngoài hiện trường.

Bảng 3. Bảng so sánh Q_a , Q_t , độ lún w tương ứng và các hệ số an toàn

Sức chịu tải của cọc (KN)	$w(\text{cm})$ tương ứng	FS_s	FS_p	FS
Q_a	5212	0.8	1.04	8.15
Q_t	10993	7.7	1.20	1.00
				1.67
				1.11

4. KẾT LUẬN

- Việc chọn hệ số an toàn FS_s , FS_p và FS có giá trị từ 1.5 đến 3 (thể hiện trong các quy phạm thiết kế) dẫn đến giá trị sức chịu tải cho phép của cọc có giá trị rất nhỏ so với sức chịu tải thực tế của cọc, như vậy khá thiên về an toàn và chưa tận dụng hết sức chịu tải của cọc.
- Để tận dụng hết sức chịu tải của cọc, giá trị FS_s chọn từ 1.0 đến 2.0, giá trị FS_p biến động khá lớn và trong trường hợp chuyển vị

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Châu Ngọc Ân, *Nền Móng*, Nhà Xuất Bản ĐHQG Tp. HCM, 2002
2. Donald P. Coduto, PE, GE, *Foundation Design - Principles and Practise*, Prentice – Hall, 1994
3. TCVN 205 – 1998, *Chỉ dẫn thiết kế móng cọc*, 1998.
4. Văn Đình Minh Ngọc, *Nghiên Cứu Tính Toán Cọc Đơn Xét Đến Yếu Tố Phi Tuyến Vật Liệu & Đất Nền*, Luận Văn Thạc Sĩ, Trường Đại Học Bách Khoa Tp. Hồ Chí Minh, 2005.
5. M.J. Tomlinson, *Pile Design and Construction Practice*, 4th Edition E & FN Spon, 1994.
6. Shamsher Prakash, Hari D. Sharma, *Móng Cọc Trong Thực Tế Xây Dựng*, NXB Xây Dựng, 1999.