

Tính toán sức chịu tải cực hạn của cọc từ kết quả nén tĩnh cọc khoan nhồi bằng một số phương pháp khác nhau

Calculation the bearing resistance of a single bored pile from compression test results by different methods

Phùng Văn Kiên

Tóm tắt

Tính toán sức chịu tải của cọc khoan nhồi từ kết quả nén tĩnh cọc là một phương pháp thiết kế cọc không mới nhưng ít được sử dụng trong thực tế thiết kế, dù hiệu quả mang lại là rất rõ ràng. Bài báo trình bày về việc sử dụng các phương pháp khác nhau để tính toán sức chịu tải cực hạn của cọc khoan nhồi từ kết quả của thí nghiệm nén tĩnh cọc, đánh giá sự sai khác trong kết quả thu được và đưa ra kết luận về phương pháp đang được áp dụng trong tiêu chuẩn hiện hành. Bài báo cũng thực hiện tính toán sức chịu tải của cọc khoan nhồi cho một công trình thực tế, dựa trên kết quả nén tĩnh cọc tại hiện trường, kết quả tính toán đã được áp dụng trong thực tế thiết kế và thi công công trình.

Từ khóa: Thí nghiệm nén tĩnh cọc, cọc khoan nhồi, sức chịu tải cực hạn của cọc đơn, phương pháp tính toán, tiêu chuẩn TCVN 10304:2014

Abstract

Calculating the bearing capacity of bored pile from the results of static pile load test is not a new design method, but it is rarely used in practice, despite its clear effectiveness. This paper presents the use of different methods to calculate the ultimate bearing capacity of a single pile from the results of static pile load test, evaluate the difference in the obtained results and make conclusions about methods are being applied in the current standards. The paper also calculates the bearing capacity of bored piles for a real building, based on the results of static compression of piles at the site, the calculation results have been applied in the actual design and construction of the building.

Key words: Static pile load test, bored pile, bearing capacity of single pile, methods to calculate, TCVN 10304:2014

ThS. Phùng Văn Kiên

Bộ môn Địa kỹ thuật, Khoa Xây dựng

Email: kienpv@hau.edu.vn

ĐT: 0979.144.480

Ngày nhận bài: 22/3/2021

Ngày sửa bài: 24/5/2021

Ngày duyệt đăng: 12/4/2023

1. Đặt vấn đề

Thí nghiệm nén tĩnh cọc tại hiện trường là một trong những thí nghiệm quan trọng, có độ chính xác cao thông dụng nhất trong công tác thiết kế và thi công cọc, đặc biệt là với cọc khoan nhồi.

Trong phần lớn các bài toán thiết kế, thí nghiệm nén tĩnh cọc được coi như công cụ để kiểm tra lại sức chịu tải của cọc đã được tính toán dự báo trong thiết kế từ các chỉ tiêu cơ lý của đất nền. Nhưng trong các công trình có quy mô lớn, sử dụng giải pháp cọc khoan nhồi thì thí nghiệm nén tĩnh cọc cũng được sử dụng như một công cụ hữu ích để xác định trực tiếp sức chịu tải cực hạn của cọc từ kết quả của thí nghiệm.

Việc xác định sức chịu tải của cọc theo kết quả thí nghiệm nén tĩnh cần được tiến hành ngay từ giai đoạn đầu của công tác thiết kế công trình, điều này mang lại một số khó khăn nhất định nhưng nếu được ưu tiên thực hiện thì kết quả thu được về mặt giá trị thiết kế và tính kinh tế là rất lớn.

Có nhiều phương pháp khác nhau để tính toán sức chịu tải giới hạn của cọc từ kết quả thí nghiệm nén tĩnh cọc, các phương pháp này thường đưa đến kết quả khác nhau, do đó cần một tính toán cụ thể để từ đó đưa ra và đánh giá mức độ hợp lý của từng phương pháp và đưa vào áp dụng trong thực tế thiết kế.

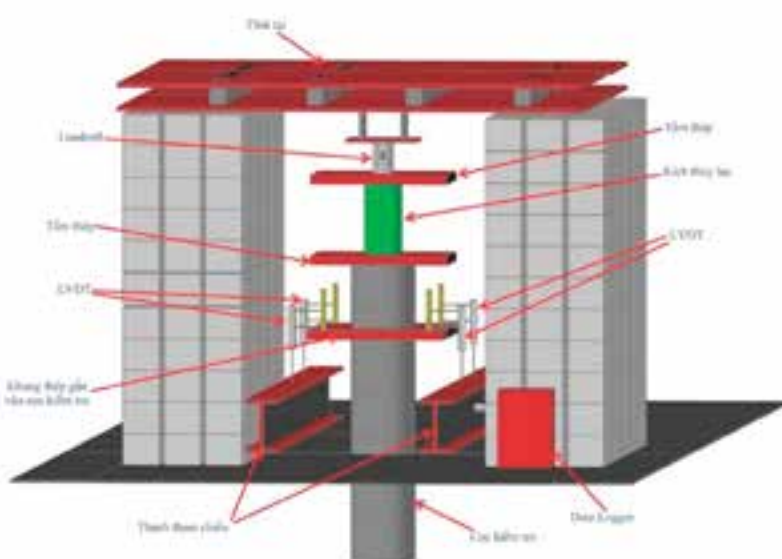
2. Thí nghiệm nén tĩnh cọc và xác định sức chịu tải cực hạn của cọc khoan nhồi từ thí nghiệm nén tĩnh

2.1. Thí nghiệm nén tĩnh cọc dùng trong công tác thiết kế nền móng

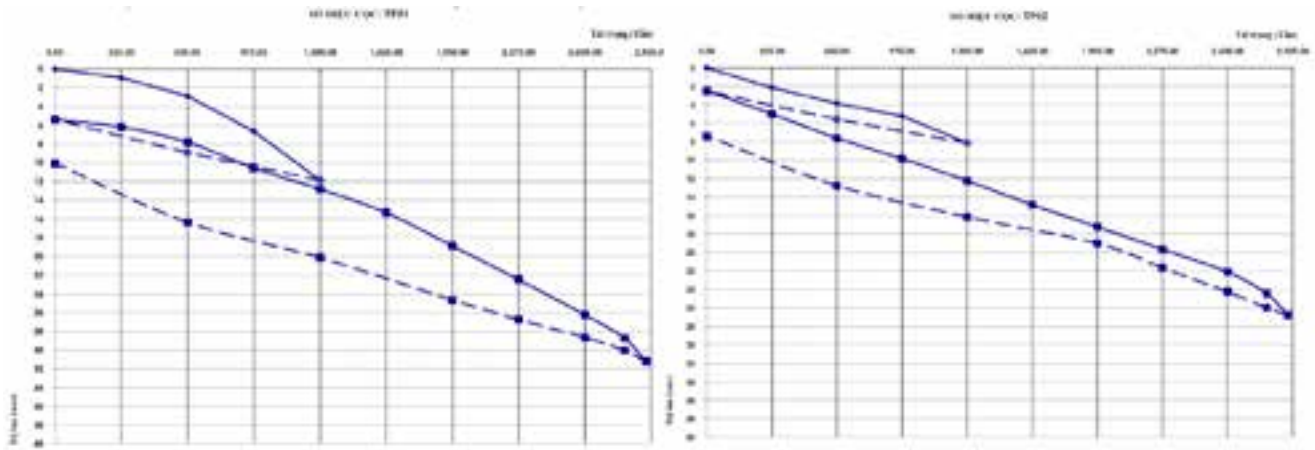
a. Mục đích thí nghiệm

Thí nghiệm cọc bằng phương pháp tải trọng tĩnh ép dọc trục (thí nghiệm nén tĩnh cọc) có thể được thực hiện ở giai đoạn: thăm dò thiết kế và kiểm tra chất lượng công trình.

Thí nghiệm nén tĩnh cọc ở giai đoạn thăm dò thiết kế: được tiến hành trước khi thi công cọc đại trà nhằm xác định các số liệu cần thiết về cường độ, biến dạng và mối quan hệ tải trọng – chuyển vị của cọc làm cơ sở cho



Hình 1. Sơ đồ thí nghiệm nén tĩnh cọc khoan nhồi



Hình 2. Biểu đồ quan hệ tải trọng – độ lún cọc thử TP01 và TP02 (D1200)

thiết kế hoặc điều chỉnh đồ án thiết kế, chọn thiết bị và công nghệ thi công cọc phù hợp.

Thí nghiệm nén tĩnh cọc ở giai đoạn kiểm tra chất lượng công trình: được tiến hành trong thời gian thi công hoặc sau khi thi công xong cọc nhằm kiểm tra sức chịu tải của cọc theo thiết kế và chất lượng thi công cọc.

b. Phương pháp thí nghiệm

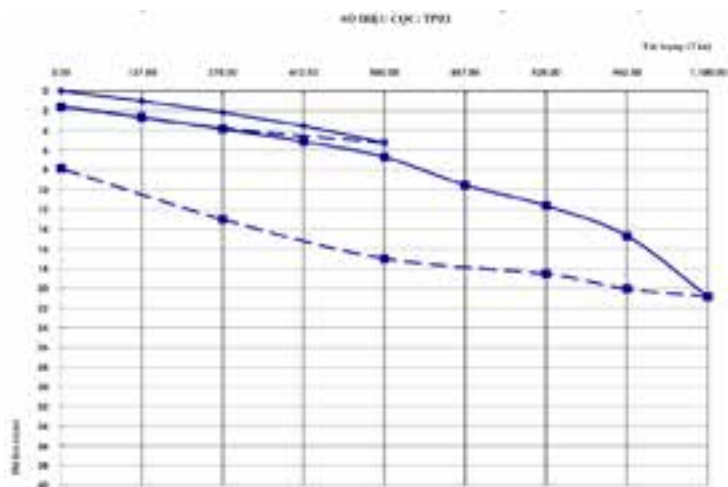
Thí nghiệm được tiến hành bằng phương pháp dùng tải trọng tĩnh ép dọc trục cọc sao cho dưới tác dụng của lực ép, cọc lún sâu thêm vào đất nền. Tải trọng tác dụng lên đầu cọc được thực hiện bằng kích thủy lực với hệ phản lực là dàn chất tải, neo xoắn hoặc kết hợp cả hai. Các số liệu về tải trọng, chuyển vị, biến dạng,... thu được trong quá trình thí nghiệm là cơ sở để phân tích, đánh giá sức chịu tải và mối quan hệ tải trọng – chuyển vị của cọc trong đất nền.

Sức chịu tải cho phép của cọc đơn thẳng đứng được xác định bằng sức chịu tải cực hạn chia cho hệ số an toàn. Tùy thuộc vào mức độ quan trọng của công trình, điều kiện đất nền, phương pháp thí nghiệm và phương pháp xác định sức chịu tải giới hạn, tư vấn thiết kế quyết định áp dụng hệ số an toàn cho phù hợp với từng trường hợp cụ thể.

2.2. Thí nghiệm kiểm tra và thí nghiệm thăm dò

Trong phần lớn các thiết kế nền móng hiện nay, sức chịu tải của cọc đơn thường được tính toán dự báo thông qua kết quả của báo cáo khảo sát địa chất công trình. Phương pháp tính toán có thể sử dụng một hoặc kết hợp nhiều chỉ tiêu như: vật liệu làm cọc, chỉ tiêu cơ lý của đất nền, kết quả thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn SPT, kết quả thí nghiệm xuyên tĩnh CPT. Thông qua đó, người thiết kế lựa chọn một giá trị dùng làm sức chịu tải của cọc và dùng trong tính toán, và giá trị này cần được thí nghiệm nén tĩnh kiểm tra tại hiện trường, khi đó thí nghiệm được gọi là thí nghiệm kiểm tra. Kết quả của thí nghiệm này dùng để đánh giá lại giá trị sức chịu tải cọc đã sử dụng trong thiết kế và ít có ý nghĩa điều chỉnh lại sức chịu tải của cọc.

Ngoài thí nghiệm kiểm tra, người thiết kế cũng có thể sử dụng thí nghiệm nén tĩnh như căn cứ chính để xác định sức chịu tải của cọc đơn. Khi đó thí nghiệm thăm dò cần được tiến hành với việc nén cọc tới giá trị phá hoại hoặc tiệm cận phá hoại (từ 250-300% sức chịu tải tính toán). Kết quả của



Hình 3. Biểu đồ quan hệ tải trọng – độ lún cọc thử TP03 (D800)

thí nghiệm cần được xử lý và tính toán để đưa ra được SCT của cọc dùng trong thiết kế.

Việc xác định sức chịu tải của cọc từ kết quả của thí nghiệm nén tĩnh cọc đòi hỏi những yêu cầu cao hơn về mặt kỹ thuật cũng như kinh nghiệm của người thiết kế. Đồng thời phương pháp tính toán này cũng mang lại hiệu quả cao hơn khi sức chịu tải của cọc thu được thường lớn hơn so với việc tính toán dự báo từ lý thuyết.

2.3. Các phương pháp xác định sức chịu tải của cọc từ kết quả thí nghiệm nén tĩnh

Từ kết quả thí nghiệm nén tĩnh cọc, sức chịu tải cực hạn của cọc đơn có thể xác định bằng các phương pháp sau:

2.3.1. Phương pháp đồ thị dựa trên đường cong quan hệ tải trọng – độ lún của thí nghiệm nén tĩnh cọc

a. Trường hợp 1: đường cong biểu diễn quan hệ giữa chuyển vị - tải trọng biến đổi nhanh, thể hiện rõ điểm uốn có hệ số góc thay đổi đột ngột, sức chịu tải giới hạn bằng tải trọng tương ứng với điểm đường cong bắt đầu biến đổi đột ngột.

b. Trường hợp 2: đường cong biểu diễn quan hệ giữa chuyển vị (P) - tải trọng (S) biến đổi chậm, khó hoặc không thể xác định chính xác điểm uốn thì căn cứ vào gia tải và quy trình thí nghiệm để chọn phương pháp xác định sức chịu đựng tải giới hạn của cọc. Khi sử dụng phương pháp

Bảng 1. Bảng thông số vật liệu làm cọc

Đường kính cọc	Bê tông B40 (Cường độ Mpa)	Cốt thép CB500-V (Cường độ Mpa)	Số lượng thép chủ	Hàm lượng thép (%)
D1200	29	435	46D32	3.27
D800	29	435	24D25	2.34

Bảng 2. Bảng tổng hợp tính toán dự báo sức chịu tải cọc

Loại cọc	Sức chịu tải theo vật liệu (kN)	Sức chịu tải theo chỉ số SPT (kN)	Giá trị tải trọng nền tính lựa chọn (kN)
D1200-TP01	30424	20210	29000
D1200-TP02	30424	20346	29000
D800-TP03	11340	5327	11000

Bảng 3. Bảng tổng hợp kết quả nén tĩnh cọc

Tên cọc	TP01	TP02	TP03
Loại cọc	Khoan nhồi	Khoan nhồi	Khoan nhồi
Đường kính cọc (mm)	1200	1200	800
Chiều dài cọc (m)	34.5	38.0	36.8
Mác bê tông cọc	B40	B40	B40
Sức chịu tải dự kiến (tấn)	1300	1300	550
Tải trọng nén tĩnh lớn nhất (tấn)	2900	2900	1100
Chuyển vị lớn nhất (mm)	31.2	26.79	20.84

Bảng 4. Bảng tổng hợp sức chịu tải cực hạn của cọc đơn theo phương pháp độ lún giới hạn – TCVN 10304:2014

STT	TÊN CỌC	THÔNG SỐ CỌC			β	E kN/ mm ²	S _{max} mm	S _{gh} mm	$\xi \cdot S_{gh}$	S _e mm	S mm	R _{c,d} kN
		D mm	N kN	L mm								
1	TP01	1200	29000	34500	0.7	36.0	43.22	100	20	17.21	37.21	29000
2	TP02	1200	29000	38000	0.7	36.0	34.42	100	20	18.96	38.96	29000
3	TP03	800	11000	36000	0.7	36.0	32.84	100	20	15.33	35.33	11000

gia tải tốc độ chậm có thể dùng các phương pháp xác định sức chịu tải như: Phương pháp của De Beer (1968); Phương pháp ngoại suy của Chin – Kondner; Phương pháp 80% của Brinch Hansen.

2.3.2. Phương pháp dùng giá trị chuyển vị giới hạn để xác định sức chịu tải cực hạn của cọc

Tiêu chuẩn hiện hành TCVN 10304:2014 – Móng cọc – Tiêu chuẩn thiết kế trình bày phương pháp xác định sức chịu tải của cọc đơn từ kết quả thí nghiệm nén tĩnh cọc như sau:

Nếu tải trọng khi thử tải tĩnh cọc chịu nén đạt tới trị số làm cho độ lún “S” của cọc tăng lên liên tục mà không tăng thêm tải (với $S \leq 20$ mm) thì cọc rơi vào trạng thái bị phá hoại và giá trị tải trọng cấp trước đó được lấy làm trị riêng của sức chịu tải $R_{c,u}$ của cọc thử.

Trong tất cả các trường hợp còn lại đối với móng nhà và công trình (trừ cầu và công trình thủy), trị riêng về sức chịu tải trọng nền của cọc $R_{c,u}$, lấy bằng tải trọng thử cọc ứng với độ lún S được xác định theo công thức sau:

$$S = \xi \cdot S_{gh} \quad (1)$$

trong đó: S_{gh} là độ lún giới hạn trung bình của móng nhà hoặc công trình cần thiết kế và được quy định trong TCVN 9362:2012 Tiêu chuẩn thiết kế nền nhà và công trình, hoặc trong Phụ lục E của tiêu chuẩn này;

ξ là hệ số chuyển tiếp từ độ lún giới hạn trung bình sang độ lún cọc thử tải tĩnh với độ lún ổn định quy ước (lún tắt dần).

Hệ số ξ lấy bằng 0,2 khi thử cọc với độ lún ổn định quy ước theo quy định trong TCVN 9393:2012.

Nếu độ lún xác định theo công thức (1) lớn hơn 40 mm thì trị riêng của sức chịu tải của cọc $R_{c,u}$ lấy bằng tải trọng tương ứng với độ lún $S = 40$ mm.

Nếu thử cọc với tải trọng tối đa bằng hoặc lớn hơn 1,5 $R_{c,u}$, còn độ lún của cọc S thấp hơn trị số xác định theo công thức (1), riêng đối với cầu và công trình thủy $S < 40$ mm, thì trị riêng sức chịu tải của cọc $R_{c,u}$ được phép lấy bằng giá trị tải trọng tối đa khi thử.

Chú thích:

Đối với cọc có chiều dài lớn, nhất là khi mũi cọc cắm vào tầng đất ít bị nén, biến dạng bản thân cọc là đáng kể, sức chịu tải trọng nền của cọc có thể lấy bằng tải trọng thử cọc ứng với độ lún S, có giá trị bằng độ lún xác định theo công thức (1) cộng thêm phần biến dạng đàn hồi của cọc:

$$S = \xi \cdot S_{gh} + S_e \quad (2)$$

trong đó: S_e là biến dạng đàn hồi thực tế của cọc, xác định theo công thức:

$$S_e = \beta \frac{NL}{EA} \quad (3)$$

trong đó: N là trị tiêu chuẩn tải trọng nén tác dụng lên cọc;

E là mô đun đàn hồi vật liệu cọc; L là chiều dài cọc; A là diện tích tiết diện ngang cọc.

β là hệ số phụ thuộc vào ứng suất nén phân bố dọc theo chiều dài cọc, có thể lấy β trong khoảng từ 0,3 đến 0,7 - giá trị lớn lấy cho trường hợp cọc xuyên qua các tầng đất yếu cắm xuống tầng ít bị nén, giá trị nhỏ lấy cho trường hợp mũi cọc tựa trên nền đất biến dạng nhiều.

Nếu có thí nghiệm đo biến dạng cọc thì nên lấy giá trị biến dạng đàn hồi của cọc S_e từ số liệu thực tế đo được.

3. Tính toán sức chịu tải cọc từ kết quả thí nghiệm nén tĩnh

3.1. Quy mô công trình, địa chất và giải pháp thiết kế

Dự án Khu phức hợp căn hộ Quy Nhơn Seaview xây dựng tại thành phố Quy Nhơn – Bình Định có quy mô 04 tầng hầm và 46 tầng nổi.

Địa chất công trình bao gồm các lớp cát thô và sét ở phía trên và kết thúc bằng lớp sỏi sạn xen lẫn đá cường độ thấp.

Căn cứ trên tải trọng và địa chất, đơn vị Tư vấn thiết kế lựa chọn hai loại cọc khoan nhồi sử dụng cho công trình: cọc D1200 sử dụng cho khối cao tầng và cọc D800 sử dụng cho khối hầm và đế. Vật liệu cọc thử được thiết kế với thông số như bảng trong bảng 1.

3.2. Tính toán dự báo sức chịu tải của cọc đơn theo vật liệu

làm cọc và theo chỉ số xuyên tiêu chuẩn SPT

Để có căn cứ lựa chọn tải trọng dùng để nén tĩnh cọc, cần có căn cứ là kết quả tính toán sức chịu tải của cọc đơn theo kết quả khảo sát địa chất công trình. Kết quả tính toán giá trị cực hạn của sức chịu tải của cọc theo chỉ tiêu SPT cho trường hợp cọc ma sát và theo vật liệu làm cọc theo tiêu chuẩn TCVN10304:2014 như trong bảng 2.

Căn cứ trên các giá trị sức chịu tải nói trên, lựa chọn giá trị tải trọng nén tĩnh đối với cọc khoan nhồi D1200 là 2900 tấn (02 cọc) và đối với cọc D800 là 1100 tấn (01 cọc).

3.3. Kết quả nén tĩnh cọc thử

Kết quả nén tĩnh cọc được thể hiện qua các biểu đồ mối quan hệ giữa tải trọng – độ lún; tải trọng – thời gian; quan hệ tải trọng – độ lún – thời gian. Dưới đây trình bày các biểu đồ quan hệ tải trọng – độ lún (hình 2, 3).

Bảng 3 trình bày kết quả tổng hợp nén tĩnh đối với 03 cọc thử:

3.4. Tính toán sức chịu tải của cọc từ kết quả nén tĩnh cọc thử

3.4.1. Phương pháp sử dụng giá trị chuyển vị giới hạn để xác định sức chịu tải cực hạn của cọc

Sức chịu tải của cọc đơn được tính toán từ kết quả nén tĩnh cọc thử theo tiêu chuẩn TCVN10304:2014 như sau:

Trị riêng về sức chịu tải trọng nén của cọc $R_{c,u}$, lấy bằng tải trọng thử cọc ứng với độ lún S.

Do cọc cắm vào tầng đá ít bị nén nên độ lún S để xác định sức chịu tải của cọc lấy theo công thức (2):

Bảng 5. Bảng tổng hợp sức chịu tải cực hạn của cọc đơn theo phương pháp của De Beer (1968)

STT	Tên cọc	Độ lún tương ứng giao điểm Y_1 và Y_2 (mm)	$R_{c,u}$ (kN)
1	TP01	18.20	19530
2	TP02	14.60	19120
3	TP03	14.15	7250

Bảng 6. Bảng tổng hợp sức chịu tải cực hạn của cọc đơn theo phương pháp Chin-Kondner

STT	Tên cọc	Đường kính cọc (mm)	Độ lún tương ứng giao điểm Y_1 và Y_2 (mm)	$R_{c,u}$ (kN)
1	TP01	D1200	18.20	29670
2	TP02	D1200	14.60	28350
3	TP03	D1200	14.15	11320

Bảng 7. Bảng tổng hợp sức chịu tải cực hạn của cọc đơn theo phương pháp Hansen 80%

STT	Tên cọc	Đường kính cọc (mm)	$R_{c,u}$ (kN)
1	TP01	D1200	29260
2	TP02	D1200	28650
3	TP03	D1200	11350

Bảng 8. Bảng tổng hợp sức chịu tải cực hạn của cọc đơn theo các phương pháp

STT	Phương pháp xác định	Sức chịu tải giới hạn của cọc $R_{c,u}$ (kN)		
		D1200-TP01	D1200-TP02	D800-TP03
1	TCVN 10304:2014	29000	29000	11000
2	Phương pháp De Beer	19520	19130	7250
3	Phương pháp Chin-Kondner	29670	28350	11320
4	Phương pháp Hansen 80%	29260	28650	11350

ξ - hệ số thử cọc với độ lún ổn định quy ước theo quy định trong TCVN 9393:2012, $\xi = 0,2$.

S_{gh} - độ lún giới hạn cho móng cọc theo TCVN 10304:2014, $S_{gh} = 10\text{cm}$; S_e là biến dạng đàn hồi thực tế của cọc, xác định theo công thức (3); N là trị tiêu chuẩn tải trọng nén tác dụng lên cọc; E là mô đun đàn hồi vật liệu cọc, bê tông B40: $E = 36,0\text{ Mpa}$; L là chiều dài cọc; A là diện tích tiết diện ngang cọc;

β là hệ số phụ thuộc vào ứng suất nén phân bố dọc theo chiều dài cọc, có thể lấy β trong khoảng từ 0,3 đến 0,7 - giá trị lớn lấy cho trường hợp cọc xuyên qua các tầng đất yếu cắm xuống tầng ít bị nén, giá trị nhỏ lấy cho trường hợp mũi cọc tựa trên nền đất biến dạng nhiều, lấy $\beta = 0,7$.

Từ đó ta có bảng tổng hợp sức chịu tải cực hạn của cọc đơn (bảng 4).

3.4.2. Phương pháp đồ thị dựa trên kết quả quan hệ tải trọng - độ lún

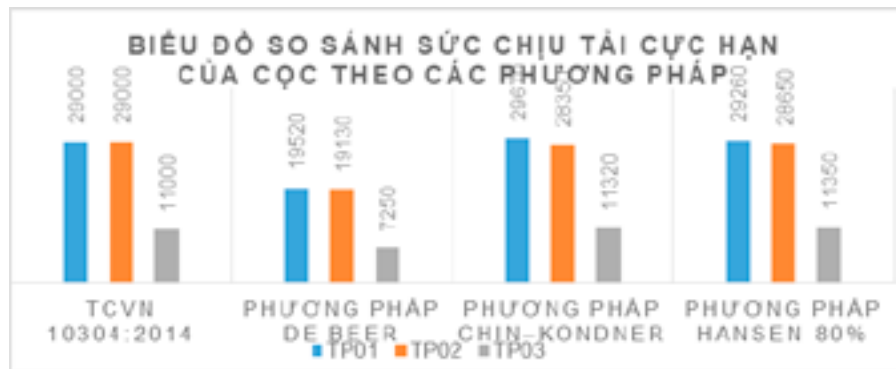
a. Phương pháp của De Beer (1968): Sử dụng quan hệ tuyến tính bằng cách vẽ biểu đồ logarit của quan hệ $\log(P) - \log(S)$ và xác định phương trình các đường thẳng xu hướng Y_1 và Y_2 của các phần khác nhau trên biểu đồ $\log(P) - \log(S)$. Từ giao điểm của đường thẳng Y_1 và Y_2 ta xác định được giá trị sức chịu tải cực hạn của cọc.

b. Phương pháp Chin-Kondner: phép ngoại suy của Chin - Kondner được thực hiện bằng cách: Vẽ biểu đồ quan hệ tải trọng (P) - độ lún (S) và quan hệ $S - S/P$ trên cùng một biểu đồ. Xác định phương trình $y = C_1x + C_2$ của đường thẳng xu hướng cho các điểm trên biểu đồ $S - S/P$ sau khi đường này cắt với đồ thị $S - P$. Giá trị sức chịu tải giới hạn của cọc được tính bằng:

$$R_{c,u} = \frac{1}{C_1}$$

Áp dụng cho các cọc thí nghiệm, có kết quả như Bảng 6.

c. Phương pháp Hansen 80%: Tiến hành vẽ các đường quan hệ độ lún - tải trọng $S - P$ và quan hệ $S - \sqrt{S} / P$ trên cùng một biểu đồ. Xác định phương trình $y = C_1x + C_2$ của đường thẳng xu hướng cho các điểm trên biểu đồ $S - \sqrt{S} / P$ sau khi đường này cắt với đồ thị $S - P$. Sức chịu tải giới hạn của cọc được xác định bằng công thức:



Hình 4. Biểu đồ so sánh sức chịu tải cực hạn của cọc khi tính theo các phương pháp

$$R_{c,u} = \frac{1}{2\sqrt{C_1.C_1}}$$

Quá trình tính toán, phân tích cho kết quả như Bảng 7.

3.4.3. Tổng hợp tính toán sức chịu tải giới hạn của cọc

Sức chịu tải cực hạn của các cọc thử được tính theo các phương pháp khác nhau cho kết quả trong bảng 8.

Nhận xét: Việc tính toán sức chịu tải cực hạn của cọc từ kết quả thí nghiệm nén tĩnh cọc đều dựa trên mối quan hệ giữa độ lún và tải trọng trong quá trình nén tĩnh cọc. Kết quả tính toán cho ví dụ trên, phương pháp De Beer cho kết quả nhỏ hơn hẳn và không gần với kết quả 03 phương pháp còn lại, kết quả tính toán sức chịu tải cực hạn của cọc theo phương pháp TCVN 10304:2014, phương pháp của Chin - Kondner, phương pháp Hansen 80% tương đối hội tụ nên có thể kết luận phương pháp tính sức chịu tải cực hạn của cọc theo TCVN 10304:2014 là đáng tin cậy.

4. Kết luận

Việc tính toán sức chịu tải giới hạn của cọc từ thí nghiệm nén tĩnh có thể áp dụng các phương pháp khác nhau. Dựa trên kết quả thí nghiệm nén tĩnh cọc của công trình Quy Nhơn Seaview cho thấy tiêu chuẩn TCVN 10304:2014 đưa ra phương pháp tính sức chịu tải giới hạn của cọc sử dụng giá trị chuyển vị giới hạn cho kết quả tin cậy, giá trị thu được gần sát với các phương pháp khác, phương pháp này cũng được dùng phổ biến ở nhiều quốc gia khác.

Để thu được kết quả thí nghiệm mang tính tin cậy cao cần có sự chỉ dẫn rõ ràng hơn nữa trong các tiêu chuẩn hiện hành cũng như áp dụng các tiến bộ trong khoa học công nghệ để loại bỏ các sai số xuất phát từ yếu tố con người trong quá trình thí nghiệm./.

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Bá Kế, Nguyễn Tiến Chương, Nguyễn Hiền, Trịnh Thành Huy (2004), *Móng nhà cao tầng - Kinh nghiệm nước ngoài*, NXB Xây dựng, Hà Nội, tr. 39-312.
2. *Kết quả nén tĩnh cọc công trình Quy Nhơn Seaview do Công ty cổ phần COFECO lập năm 2020.*
3. *Báo cáo Khảo sát địa chất công trình Quy Nhơn Seaview do Công ty TNHH H.2 lập năm 2019.*
4. *Tiêu chuẩn TCVN 10304:2014 - Móng cọc tiêu chuẩn thiết kế.*
5. *Tiêu chuẩn TCVN 9393:2012: Cọc - Phương pháp thử nghiệm hiện trường bằng tải trọng tĩnh ép dọc trục.*
6. De Beer E. E. (1968), *Proefonder vindlijkebij dragetotde studie vanhetgrens draag vermogen vanzandonder fundering enopstaal. Tijdshtifter Openbar Verkenvan Belgie, No.6, 1967 and No.4, 5, and6.*
7. Hansen J.B. (1963), *Discussion on hyperbolic stress-strain response. Cohesivesoils. American Society of Civil Engineers, ASCE, Journal for Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol.89, SM4, pp.241-242.*
8. Chin F. K. (1970), *Estimation of ultimate load of piles not carried to failure. Proceedings, 2nd Southeast Asia Conference on Soil Engineering, pp.81-92.*