

Bàn về việc đánh giá sức chịu tải của cọc khoan nhồi bằng mô hình số

Evaluation Bearing Capacity of cast-in situ pile using numerical modeling

Phạm Đức Cường

Tóm tắt

Với nhu cầu ngày càng lớn về việc dự báo đúng đắn sức chịu tải của cọc, trong khi tính toán theo tiêu chuẩn hiện hành chưa đạt được thì phương pháp số đang là giải pháp hợp lý. Tuy nhiên trong TCVN:10304 cũng như các tiêu chuẩn xây dựng hiện hành không cung cấp các khuyến nghị sử dụng mô hình số, mô hình hóa sự làm việc của cọc và đất nền để dự báo sức chịu tải của cọc. Bài báo cung cấp một cái nhìn về các phương pháp phân tích số hiện có để tính toán sức chịu tải của cọc mà sẽ được sử dụng trong thực tiễn tính toán địa kỹ thuật trong nước. Kết quả thu được khi thực hiện phân tích kết quả tính toán số với số liệu thu được trong quá trình thí nghiệm nén tĩnh cọc tại hiện trường cho thấy tính ưu việt của phương pháp số.

Từ khóa: sức chịu tải, cọc ma sát, mô hình đất

Abstract

With the growing demand for the correct forecasting of the load capacity of piles, while calculations according to current standards have not been achieved, the numerical method is a reasonable solution. However, in TCVN:10304 as well as the current construction standards do not provide recommendations for the use of numerical models, modeling the work of piles and ground to forecast the load capacity of piles. The paper provides a look at the existing numerical analysis methods for calculating the load capacity of friction piles used in the practice of domestic geotechnical calculations. The results obtained when analyzing the results of numerical calculations with the data obtained during the field compression experiment showed the superiority of the numerical method.

Key words: capacity of piles, friction piles, soil model

1. Mở đầu

Trong những năm gần đây với sự phát triển của các thành phố, gia tăng mật độ dân số, những đổi mới về quy hoạch đô thị đã ảnh hưởng đến quá trình xây dựng công trình. Các yếu tố phức tạp của tải trọng, của kết cấu công trình, và của điều kiện địa kỹ thuật tại các đô thị mang ý nghĩa quyết định tới sự cần thiết phải đưa ra các giải pháp hiện đại khi lựa chọn loại móng.

Việc sử dụng móng cọc trong điều kiện địa chất công trình phức tạp đòi hỏi phải xây dựng các phương pháp tính toán tối ưu. Yếu tố quan trọng trong việc này là sự hiểu biết chính xác về cơ chế hoạt động của hệ thống khối đất - móng cọc. Nếu không có các mô hình toán học chính xác, việc triển khai hiệu quả một dự án xây dựng các tòa nhà và công trình trên nền móng cọc là không thể.

Tuy nhiên, bất kỳ mô hình mới nào cũng cần phải thử nghiệm và xác minh. Thiếu thông tin so sánh về kết quả phân tích của mô hình với thí nghiệm thực tế của hệ thống khối đất cọc - đất buộc các kỹ sư thiết kế phải đưa hệ số độ tin cậy trong vào các dự án thiết kế. Điều này dẫn đến chi phí kinh tế tăng đáng kể do tăng thời gian thiết kế và thi công.

Khi thiết kế cọc với phương châm tận dụng tối đa sức chịu tải của đất nền và của vật liệu làm cọc, đảm bảo điều kiện kinh tế - kỹ thuật của kết cấu móng cọc. Thế nhưng trong thực tế ở nước ta hiện nay thường không được sử dụng hết khả năng chịu lực của cọc. Điều này có thể bởi nguyên nhân thiết kế quá an toàn, khảo sát địa chất kém tin cậy, áp dụng sai các phương pháp tính toán và cả những thiếu sót của chính các phương pháp đã sử dụng.

Trong Eurocode 7 [4] hệ số điều chỉnh ξ được sử dụng để có sức kháng nén, kéo của cọc lấy từ kết quả thử tĩnh cọc hoặc dự tính dựa theo kết quả thí nghiệm đất hoặc tải trọng động. Tiêu chuẩn Eurocode 7, không giống như tiêu chuẩn của ta, không đưa ra phương pháp cụ thể tính toán sức chịu tải của cọc. Do đó trọng tâm chính của nó là phương pháp số, chủ yếu là phương pháp phần tử hữu hạn. Một số tác giả đã đưa ra các tính toán theo Eurocode 7 bằng cách sử dụng mô hình số thiết kế gần đúng móng với các loại nền khác nhau [3].

Trong SP 24.13330.2011 [2], phiên bản thay đổi lần thứ nhất năm 2016, mục 7.1.6, có một yêu cầu về sự cần thiết phải thực hiện các tính toán của móng cọc với việc xây dựng các mô hình toán học mô tả ứng xử cơ học của chúng cho các tính toán cho trạng thái giới hạn thứ nhất hoặc thứ hai. Cụ thể ở mục này cường độ sức kháng của đất dưới mũi cọc q_b và thành bên của cọc f_i xác định theo chỉ dẫn 7.2 và 7.3 hoặc bằng tính toán với việc sử dụng mô hình số.

Cần thiết xác định các mô hình phản ánh cơ chế tương tác giữa móng cọc và khối đất xung quanh để thực hiện các tính toán địa kỹ thuật. Tuy nhiên, các khuyến nghị về việc lựa chọn các mô hình như vậy không được cung cấp trong TCVN 10304:2014 [1], hơn nữa, thành phần của các mô hình có thể được sử dụng trong các điều kiện đất nhất định cũng không được cung cấp (ngoại trừ giải pháp thực nghiệm theo điều 7.2, điều 7.3 và phụ lục G của [1]).

2. Một số vấn đề khi lựa chọn mô hình nghiên cứu sức chịu tải của cọc

Trong thiết kế công trình ngày nay, khuyến nghị thực hiện tính toán nền móng, bao gồm cả móng cọc, có kể đến tính phi tuyến của đất nền và hình dạng hình học của móng, sử dụng phổ biến các hệ thống phần mềm phần tử hữu hạn. Mặc dù phương pháp phần tử hữu hạn này được sử dụng chính để tính toán trạng thái ứng suất biến dạng của nền và kết cấu, nhưng nó có thể được dùng trong các trường hợp xác định trạng thái giới hạn, sự cố của đất và hệ số an toàn.

Khi đánh giá khả năng chịu lực của cọc và cọc barret theo thí nghiệm số và thí nghiệm hiện trường [5], Mangusev R.A. và Ter-Martiroxian Z.G. đã

TS. Phạm Đức Cường

Bộ môn Địa kỹ thuật – Công trình ngầm
Khoa Xây dựng

Email: phducuong77@gmail.com
ĐT: 0936035025

Ngày nhận bài: 24/5/2021

Ngày sửa bài: 31/5/2021

Ngày duyệt đăng: 21/7/2023

khẳng định kết quả các thí nghiệm là gần nhau và phương pháp số đủ điều kiện kỹ thuật để tiến hành đánh giá khả năng chịu lực của cọc. Khả năng chịu lực của cọc theo các thí nghiệm bằng mô hình số và thực nghiệm không chênh lệch nhau quá 13%. Cũng trong [5], Ter-Martiroxian Z.G. đã nêu rõ: thực hiện thí nghiệm mô phỏng thử tĩnh cọc có đường kính lớn là một cách tương đối nhanh và khá chính xác để đánh giá sơ bộ ứng xử của một cọc chịu tải, cũng như để tính chỉnh kết quả thu được bằng phương pháp quy định trong tiêu chuẩn; phần mềm tính cho phép mô hình hóa đất đàn dẻo – tái bền (hardening soil) khi có đủ số liệu đặc trưng cơ lý của đất.

Việc áp dụng mô hình nền đàn dẻo hay tái bền khi xác định trạng thái ứng suất biến dạng của đất nền trong phần mềm tính toán liên quan đến các thông số đầu vào chúng ta có được từ kết quả thí nghiệm địa chất.

Mô hình Mohr – Coulomb được hình thành từ định luật Hook và thuyết bền của Coulomb cần xác định 5 thông số đặc trưng cho đất nền. Các thông số E_0 , ν , φ' , c' được xác định từ thí nghiệm nén 1 trục không nở hông và xác định thông qua tính toán.

Mô hình đất tái bền Hardening Soil cần phải xác định 10 đặc trưng của đất. Các giá trị E_{50}^{ref} , E_{ur}^{ref} , ν_{ur} , c' , φ' được xác định từ thí nghiệm nén mẫu đất ba trục, E_{oed}^{ref} từ thí nghiệm nén một trục không nở hông tại ứng suất $\sigma_1' = p^{ref}$, còn các giá trị m , K_0 và ψ được xác định bằng tính toán.

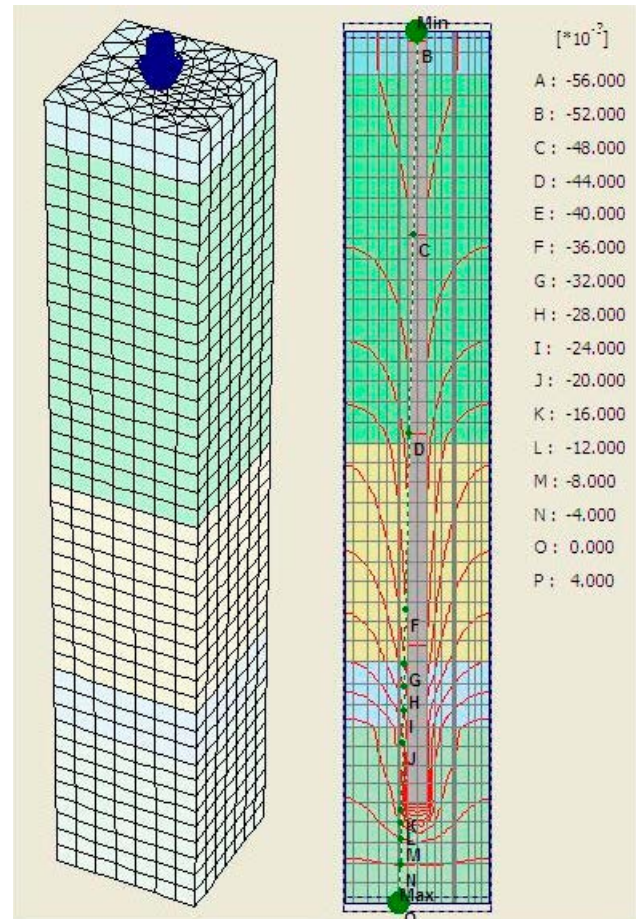
Có thể thấy rằng do nhiều nguyên nhân cả chủ quan và khách quan, rất nhiều tài liệu báo cáo khảo sát địa chất thiếu vắng thông số cần thiết từ kết quả mô hình nén đất ba trục. Do đó việc xác định các thông số của mô hình Hardening soil ở nước ta còn hạn chế. Trong điều kiện như vậy, có thể sử dụng mô hình Mohr – Coulomb như một mô hình gần đúng để thực hiện mô hình mô phỏng các thử nghiệm tải trọng tĩnh cọc cần thiết ở các vị trí khác nhau và trong các điều kiện đất khác nhau thực tế công trình.

3. Ví dụ so sánh

Trong bài báo này để minh chứng thêm cho việc xác định sức chịu tải của cọc có thể thông qua phương pháp phân tử hữu hạn với phần mềm Plaxis 3D tiến hành phân tích cọc khoan nhồi đường kính 1,5m theo mô hình đất Mohr-Coulomb tại một công trình ở Hà Nội. Cọc thí nghiệm số được mô hình bởi phần mềm Plaxis 3D trong khối đất $10 \times 10 \times 60 \text{ m}^3$ như Hình 1.

Điều kiện địa chất tại vị trí thử nghiệm có: lớp 1 là đất cát lấp dày 0,8 m, các lớp đất còn lại lấy thông số theo mô hình Mohr-Coulomb như sau:

Thông số	Đơn vị	Lớp 2 Sét cứng	Lớp 3, Cát mịn chặt vừa	Lớp 4, Sét mềm	Lớp 5, Cát mịn chặt vừa	Lớp 6, Sỏi
h	m	2.2	25.3	15	4.6	6
γ_{sat}	kN/m ³	19	16.5	16.8	16	16
ν	-	0.35	0.3	0.35	0.3	0.27
c	kPa	58	1	33	2	1
φ	độ	15.08	30	11.5	29	40
Ψ	độ	0	0	0	0	10
E_{oed}	MPa	11.409	12.4	10.57	11.7	71.2
R_{inter}	-	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7



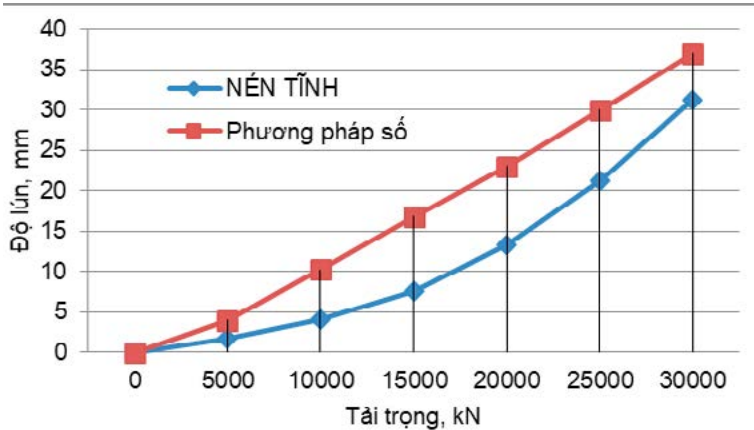
Hình 1. Mô hình số cọc và khối đất, biến dạng thẳng đứng của đất quanh cọc

Tại công trường cọc được thi công bằng phương pháp khoan có sử dụng dung dịch giữ vách bentonite. Cọc sử dụng bê tông thường cấp bền B30, đường kính $d=1,5 \text{ m}$, chiều dài cọc 52,5m, ngàm 4 m vào lớp cuội sỏi. Nhằm nâng cao sức chịu tải cọc được thực hiện xử lý đáy cọc sau khi đổ bê tông. Công nghệ mở rộng làm sạch và bơm vữa để xử lý đáy cọc khoan nhồi làm chặt đất tại chỗ cũng như làm sạch mùn khoan còn sót lại trong quá trình thổi rửa hố đào. Công nghệ này gia tải trước cho nền đất bên dưới đáy cọc để huy động sức chịu tải đáy cọc trong phạm vi giới hạn lún cho phép. Bê tông cọc khoan nhồi có mô đun đàn hồi trung bình lấy theo thí nghiệm mẫu hiện trường có $E = 44,2.106 \text{ kPa}$, trọng lượng riêng $\gamma_{unsat} = 24 \text{ kN/m}^3$, $\nu=0,2$.

Cọc dự kiến sức chịu tải 15000kN nên tải trọng thí nghiệm tĩnh 30000kN.

Kết quả so sánh giữa mô hình số và thực nghiệm được trình bày ở Hình 2. Do mô hình tính toán là đàn dẻo Mohr – Coulomb nên đường cong lún gần như là đường thẳng còn thực tế thì là đường cong. Tại cấp tải cuối, tải trọng nén 30000kN cho thấy kết quả tính toán độ lún cọc không chênh lệch nhau nhiều 18%. Độ lún của cọc có thể liên quan đến mô đun biến dạng thực tế thay đổi tùy thuộc chất lượng thi công bê tông, lượng thép có trong cọc và áp lực tác dụng, còn trong mô hình số nó là giá trị không đổi.

Thí nghiệm hiện trường đạt 200% giá trị thiết kế vẫn chưa thể hiện được đến sức chịu tải cực hạn của cọc. Nhưng giá trị tải trọng này là ngưỡng chịu tải của vật liệu làm cọc. Có thể thấy rằng cọc khoan nhồi này khi được gia cường đáy



Hình 2. So sánh độ lún khi gia tải từng cấp

cọc có sức chịu tải lớn có khả năng chịu tải theo đất nền gần tương đương với sức chịu tải theo vật liệu làm cọc.

Từ kết quả so sánh trên có thể nói rằng tính toán bằng phương pháp số khá phù hợp với giá trị thu được từ nén tĩnh cọc tại hiện trường. Việc áp dụng phương pháp phần tử hữu hạn và mô hình nền đàn dẻo vào việc xác định sức chịu tải của cọc là hoàn toàn có thể.

4. Kết luận

Từ những phân tích nêu trên có thể đưa ra một số kết luận sau:

Việc sử dụng phương pháp xác định sức chịu tải, theo TCVN 10304, được áp dụng trong điều kiện địa chất công trình đơn giản không kể đến các yếu tố ảnh hưởng đến ma

sát thành bên và phản lực mũi như biến dạng dọc trục cọc hay sự gia tăng của áp lực ngang của đất lên thân cọc ... Nhìn chung, cách tính này có mức độ tin cậy của kết quả thấp, đặc biệt đối với đất loại sét pha yếu đòi hỏi cần có cách tính đúng đắn hơn.

Do điều kiện địa chất đa dạng, các tiêu chuẩn hiện hành không thể đưa ra một phương pháp thống nhất để xác định sức chịu tải của cọc với độ chính xác đủ cao gần đúng với số liệu thực tế thu được trong quá trình thí nghiệm hiện trường, nên có thể dùng phương pháp số như là một phương pháp thay thế hiệu quả.

Các sơ đồ và mô hình tính toán hiện có, bao gồm cả các phương pháp số dựa trên chúng, có sự khác biệt đáng kể trong kết quả. Để mô tả đúng đắn sự làm việc của cọc và nền xung quanh nó cần thu thập đủ các thông số phục vụ cho mô hình tính toán./.

Tài liệu tham khảo

1. TCVN 10304-2014. Móng cọc - Tiêu chuẩn thiết kế.
2. CP. 24.13330.2011. Móng cọc (tiêu chuẩn Nga).
3. Martin J., Budden D., Norman S. Pile tests to justify higher adhesion factors in London Clay. Proc. of the Institution of Civil Engineers - Geotechnical Engineering, 2016, vol. 169, Iss. 2, pp. 121-128.
4. EN 1997-1: Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules. 2004.
5. Сборник статей международной научно-технической конференции. Численные методы расчетов в практической геотехнике. Санкт-Петербург. 2012.

Tính toán bu lông thông thường chịu kéo và cắt đồng thời

(tiếp theo trang 47)

$$\Rightarrow F'_{nt} = 1,3 \cdot 310 - \frac{310}{0,75 \cdot 188} \cdot 59,4 = 272,4 \text{ N/mm}^2$$

Khi đó, khả năng chịu kéo của 1 bu lông là:

$$\begin{aligned} \phi R_{nt} &= \phi F'_{nt} A_b = 0,75 \cdot 272,4 \cdot 303 = 61902 \text{ N} \\ &= 61,902 \text{ kN} < T_b = 65 \text{ kN} \end{aligned}$$

Bu lông không đủ khả năng chịu lực, cần phải chọn lại bu lông đường kính lớn hơn.

Ví dụ này cho thấy sự khác nhau khi có hoặc không xét đến sự tác động đồng thời của lực kéo và cắt lên bu lông khi tính theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ.

5. Kết luận và kiến nghị

Hiện nay tiêu chuẩn Việt Nam chưa quy định về việc đánh giá tác động đồng thời của kéo và cắt đến bu lông nói chung và bu lông neo chân cột nói riêng. Trong khi đó, tiêu chuẩn châu Âu luôn xét đến tác động đồng thời của hai yếu tố này, còn tiêu chuẩn Hoa Kỳ cho phép bỏ qua nếu ứng suất kéo hoặc cắt nhỏ hơn 30% giới hạn chịu lực tương ứng. Ví dụ minh họa được đưa ra để đánh giá sự cần thiết của việc tính toán này.

Kết quả phân tích và ví dụ tính toán trên cho thấy, khi lực cắt mà thân bu lông phải chịu nhỏ hơn 25% lực kéo thì không gây ảnh hưởng đáng kể đến sự làm việc của bu lông, khi đó có thể bỏ qua tác động đồng thời của kéo và cắt mà chỉ cần kiểm tra các điều kiện đơn. Ngược lại, khi lực cắt lớn hơn 25% lực kéo thì sự làm việc đồng thời này sẽ nguy hiểm hơn và có thể gây phá hoại thân bu lông. Khi đó, để an toàn cho cấu kiện và công trình, cần xét đến trạng thái này trong tính toán. Việc áp dụng công thức, tiêu chuẩn nào còn phụ thuộc vào lựa chọn của người thiết kế khi tính toán tổng thể kết cấu công trình./.

Tài liệu tham khảo

1. TCVN 5575:2012 Kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế.
2. AISC Specification for Structural Steel Building, ANSI/AISC 360-10, 2010.
3. Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-8: Design of joints, EN 1993-1-8.
4. Phạm Minh Hà, Đoàn Tuyết Ngọc, Thiết kế khung thép nhà công nghiệp một tầng, một nhịp, NXB Xây dựng, 2008.