

DỰ BÁO QUAN HỆ TẢI TRỌNG – ĐỘ LÚN CỦA CỌC TỪ KẾT QUẢ NÉN TĨNH CỌC TIẾT DIỆN THU NHỎ

TS. TRỊNH VIỆT CƯỜNG

Viện KHCN xây dựng

ThS. ĐOÀN NGUYỄN QUYỀN

Công ty COSCO

Tóm tắt: Việc thực hiện thí nghiệm nén tĩnh cọc tải trọng lớn tiềm ẩn nguy cơ gây mất an toàn, thời gian thực hiện kéo dài và chi phí thí nghiệm cao. Trong một số trường hợp, khi cọc có sức chịu tải quá cao hoặc khi điều kiện mặt bằng thi công không thuận lợi thì một trong những giải pháp có thể áp dụng trong trường hợp này là thực hiện thí nghiệm cọc tiết diện thu nhỏ (TDTN) để thu thập số liệu nhằm dự báo sức chịu tải của cọc tiết diện lớn hơn sẽ sử dụng cho công trình.

Báo cáo này tóm tắt tình hình nghiên cứu về cọc TDTN ở nước ngoài và trình bày một số kết quả bước đầu về đánh giá khả năng sử dụng phương pháp này trong khảo sát phục vụ thiết kế móng cọc ở Việt Nam.

1. Mở đầu

Nén tĩnh cọc được đánh giá là phương pháp đáng tin cậy nhất để xác định quan hệ tải trọng – độ lún của cọc, vì vậy thí nghiệm này được yêu cầu thực hiện trong hầu hết các tiêu chuẩn thiết kế móng cọc ở trong và ngoài nước. Khi tải trọng thí nghiệm không lớn thì việc thực hiện có thể được tiến hành tương đối dễ dàng, tuy vậy khi tải trọng nén lên đến hàng nghìn tấn thì việc tạo đối tải bằng cách chất quả nặng hoặc neo là công việc khó khăn, tốn kém và tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn cho người, thiết bị và các công trình lân cận.

Một trong những hướng giải quyết những khó khăn kể trên là thực hiện thí nghiệm trên những cây cọc tiết diện thu nhỏ. Đây là những cây cọc mô hình có hầu hết các đặc trưng giống như cọc thực (được tạo bằng cùng loại vật liệu, có cùng chiều dài, hạ trong cùng điều kiện đất nền bằng biện pháp thi công như nhau), riêng đường kính cọc nhỏ hơn so với cọc sẽ sử dụng cho công trình. Do sức kháng của cọc tiết diện thu nhỏ (TDTN) thấp hơn rất nhiều so với sức kháng của

cọc thực nên việc thí nghiệm gia tải cọc được thực hiện dễ dàng hơn, có thể nén cọc đến phá hoại – điều khó có thể thực hiện đối với các cọc đường kính lớn, chi phí cho thí nghiệm thấp hơn và tiến độ thực hiện nhanh hơn. Các số liệu thu được từ thí nghiệm cọc TDTN có thể được sử dụng làm cơ sở để dự báo ứng xử của những cây cọc có tiết diện lớn hơn.

Bài báo này trình bày một số kết quả áp dụng cọc thử TDTN ở nước ngoài và thử nghiệm để đánh giá khả năng áp dụng ở Việt Nam.

2. Một số nghiên cứu hiện có về thí nghiệm cọc tiết diện thu nhỏ

Mặc dù ứng dụng cọc thí nghiệm TDTN có thể mang lại nhiều lợi ích về kỹ thuật và kinh tế nhưng đến nay việc áp dụng phương pháp này còn hạn chế và trong các tiêu chuẩn chưa có những quy trình chuyển đổi kết quả thí nghiệm sang những cây cọc lớn hơn. Một số lượng còn hạn chế những nghiên cứu có liên quan đến cọc TDTN ở nước ngoài đã được công bố trong [5], [6], [8] và [9]. Một số kết quả áp dụng trong điều kiện Việt Nam được trình bày trong bài báo này.

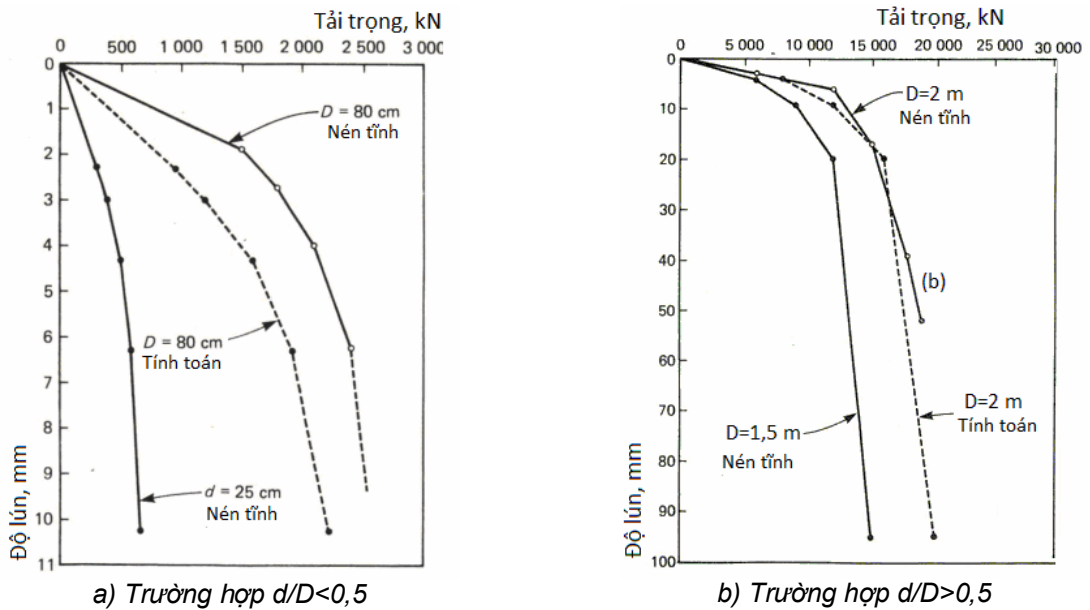
2.1 Nghiên cứu của Lizzi [8]

Đối với cọc khoan nhồi chịu tải chủ yếu do ma sát, Lizzi (1983) đề xuất xác định quan hệ tải trọng – độ lún của cây cọc lớn hơn bằng cách nhân tải trọng trong biểu đồ tải trọng – độ lún của cọc TDTN với tỷ số D/d , trong đó D và d lần lượt là đường kính của cây cọc lớn hơn và của cọc TDTN. Hình 1 thể hiện 2 ví dụ về chuyển đổi kết quả thí nghiệm cọc TDTN sang cọc thực:

- Trường hợp 1 (hình 1a): Sử dụng số liệu nén tĩnh cây cọc $d = 25$ cm để dự báo quan hệ tải trọng - độ lún của cây cọc $D = 80$ cm (tỷ số $D/d = 3,2$). Kết quả tính toán cho thấy có sự chênh lệch đáng kể về chuyển vị giữa biểu đồ tính toán và biểu đồ nén tĩnh của cây cọc $D = 80$ cm, tuy vậy mức độ chênh lệch về sức kháng giới hạn chỉ vào khoảng 7%.

- Trường hợp 2 (hình 1b): Kết quả nén tĩnh cọc khoan nhồi $d = 1,5\text{m}$ được dùng để dự báo quan hệ tải trọng - độ lún của cây

cọc $D = 2\text{m}$ (tỷ số $D/d = 1,33$). Trong trường hợp này kết quả rất phù hợp với thực tế.

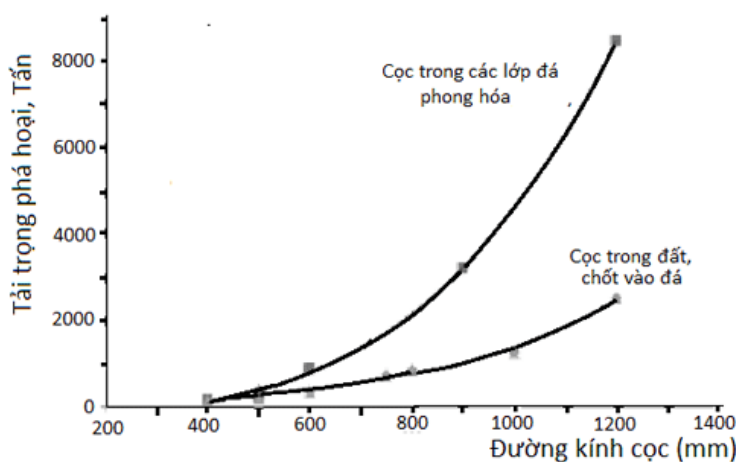


Hình 1. So sánh kết quả tính toán với thí nghiệm nén tĩnh (theo [8])

2.2 Nghiên cứu của Bhoys [6]

Ở Ấn Độ, Bhoys và nnk (2015) đã thí nghiệm nén tĩnh cọc khoan nhồi với đường kính 400 mm, 500 mm và 600 mm ngàm vào đá và lấy đó làm cơ sở để thiết lập tương quan giữa đường kính và sức chịu tải của cọc tại hiện trường xây dựng hệ thống tàu điện ngầm Chunabahatti (Mumbai).

Do trạng thái của nền đá biến động mạnh nên tương quan được lập cho 2 mức độ ngàm cọc trong đá phong hóa, tương ứng với cận trên và cận dưới của sức chịu tải của cọc (hình 2). Các tương quan dạng này mang tính địa phương, chỉ áp dụng cho một số điều kiện xác định của cọc, nền và biện pháp thi công.



Hình 2. Quan hệ Sức chịu tải – đường kính cọc ở Mumbai (theo Bhoys, 2015)

2.3 Yêu cầu đối với cọc TDTN trong một số tiêu chuẩn và tài liệu chuyên ngành

Đến nay việc sử dụng cọc TDTN phục vụ thiết kế móng cọc mới được chấp nhận trong một số ít

các tiêu chuẩn và tài liệu chuyên ngành Địa kỹ thuật ở Châu Âu.

Tiêu chuẩn Nga GOST 5686-2012 [1] quy định việc áp dụng kết quả thí nghiệm cọc mô hình

bằng thép để dự báo sức chịu tải của cọc. Cọc thử tiêu chuẩn có đường kính $\phi 114$ mm, chiều dài 12 m và có khả năng phân tách các thành phần sức kháng do ma sát bên, f_{sp} , và sức chống dưới mũi, R_{sp} . Các tiêu chuẩn thiết kế móng cọc của Liên Xô trước kia và của Nga hiện nay [2] hướng dẫn cụ thể việc chuyển đổi kết quả thí nghiệm cọc mô hình, bao gồm f_{sp} và R_{sp} , sang sức kháng của cọc kích thước thực.

Hướng dẫn về móng cọc của Hội địa kỹ thuật Đức DGGT [4] chấp nhận lấy kết quả thí nghiệm cọc TDTN để đánh giá sức chịu tải của cọc lớn hơn. Các điều kiện để áp dụng là: a) Tỷ số $d/D \geq 0,5$; b) Chỉ áp dụng để dự báo sức chịu tải của cọc có $D \geq 0,8$ m; c) Cọc TDTN phải có $d \geq 0,5$ m.

Ở điều 7.6.2.2.4 của Eurocode 7 [3] đã khuyến cáo thực hiện nén tĩnh cọc tiết diện thu nhỏ, với các điều kiện: a) Tỷ số $d/D \geq 0,5$; b) Cọc TDTN được chế tạo và được hạ giống như cọc sẽ dùng cho công trình; c) Cọc TDTN được gắn các thiết bị đo nhằm phân tách ma sát và sức chống dưới mũi cọc.

Có thể nhận xét là các cọc mô hình của Nga có chiều dài hạn chế nên không thích hợp với những khu vực có nền đất yếu với chiều dày lớn hơn chiều dài cọc mô hình. Các quy định của Eurocode 7 về cọc TDTN mở hơn so với Hướng dẫn của DGGT. Tuy vậy DGGT và Eurocode 7 chỉ nêu những quy định đối với cọc TDTN nhưng không đưa ra hướng dẫn cho việc xử lý kết quả thí nghiệm để dự báo sức chịu tải của cọc kích thước thực.

3. Nghiên cứu áp dụng phương pháp cọc thí nghiệm TDTN ở Việt Nam

3.1 Thông tin chung

Các đô thị lớn và các vùng trọng điểm kinh tế chủ yếu của Việt Nam nằm trên những khu vực có nền đất được hình thành từ trầm tích sông hoặc sông biển hỗn hợp, trong đó có những lớp sét yếu với bề dày vài mét đến vài chục mét. Cọc thường được hạ qua những lớp đất yếu và tựa vào những lớp đất có sức chịu tải cao như sét cứng, cát chặt, cuội sỏi hoặc đá. Phần lớn các thí nghiệm nén tĩnh cọc được thực hiện bằng cách

gia tải và đo độ lún tại đầu cọc nên không phân tách được thành phần ma sát và sức kháng dưới mũi cọc. Một số lượng hạn chế các thí nghiệm đo phân bố lực dọc thân cọc khoan nhồi trong quá trình thử tĩnh đã cho thấy đa số các cọc sử dụng cho công trình xây dựng ở Việt Nam hiện nay là cọc ma sát. Ở cấp tải trọng làm việc thì sức kháng dưới mũi cọc khoan nhồi thường chiếm dưới 10% tổng sức kháng của cọc, kể cả một số trường hợp mũi cọc khoan nhồi đã được xử lý bằng phương pháp xói rửa và bơm vữa dưới mũi [7].

Ở Việt Nam cho đến nay chưa có những thực nghiệm dành riêng cho nghiên cứu hoặc ứng dụng cọc TDTN. Tại một số công trình đã thực hiện thí nghiệm nén tĩnh những cọc có đường kính khác nhau nhưng mục tiêu là để lựa chọn trong số đó loại cọc có chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật tốt nhất. Thông thường các cọc thí nghiệm được bố trí rải rác trên mặt bằng công trình, tuy vậy tại một số ít công trình đã bố trí cọc thí nghiệm theo từng cụm, mỗi cụm gồm 1 cây cọc $d = 1$ m và cây còn lại $D = 1,2$ m. Khoảng cách giữa hai cọc trong mỗi cụm là 6 m đủ để có thể bỏ qua ảnh hưởng qua lại giữa các cọc nhưng vẫn có thể giả thiết là chúng nằm trong cùng điều kiện địa chất.

Trong nghiên cứu về khả năng áp dụng cọc TDTN sau đây sẽ sử dụng số liệu thí nghiệm những cây cọc có tiết diện nhỏ hơn (được coi là cọc TDTN) để dự báo sức chịu tải của những cây cọc lớn hơn (được coi là cọc kích thước thực) ở cùng điều kiện đất nền. Kết quả tính toán được so sánh với kết quả nén tĩnh cọc để đánh giá khả năng áp dụng cọc TDTN trong điều kiện thực tế ở Việt Nam.

3.2 Áp dụng phương pháp của Lizzi [8]

Nội dung của phương pháp đã được tóm tắt ở mục 2.1 của bài báo này. Số liệu sử dụng cho tính toán là quan hệ tải trọng – độ lún ở đầu cọc TDTN. Xuất phát từ giả thiết sức kháng của cây cọc chủ yếu do ma sát bên nên trong tính toán không yêu cầu phân tách thành phần sức chịu tải do ma sát bên và sức kháng của mũi cọc.

Phân tích được thực hiện với 6 cặp số liệu nén tĩnh cọc khoan nhồi ở Hà Nội và Đà Nẵng. Các cây cọc TDTN có $d = 0,8 \div 1,0$ m trong khi các

cây cọc “thực” có $D = 1,0 \div 1,2$ m. Tỷ số d/D của các cặp cọc thí nghiệm thay đổi trong khoảng 0,67 đến 0,83.

Kết quả tính toán được thể hiện dưới dạng các biểu đồ quan hệ tải trọng – độ lún của các cọc (hình 3). Trên mỗi biểu đồ thể hiện 3 biểu đồ: Biểu đồ nén tĩnh của cây cọc TDTN (được lấy làm số liệu để tính toán), biểu đồ tính toán cùng với biểu đồ nén tĩnh của cây cọc “thực” để so sánh. Việc đánh giá mức độ phù hợp giữa kết quả tính toán so với nén tĩnh được thực hiện thông qua tỷ số Tải trọng/Độ lún (P/s) ứng với các cấp 50% và 100% tải trọng nén đã đạt tới khi thí nghiệm cọc TDTN (bảng 1).

Có thể nhận xét về các kết quả thu được khi áp dụng phương pháp của Lizzi cho cọc ở 6 hiện trường:

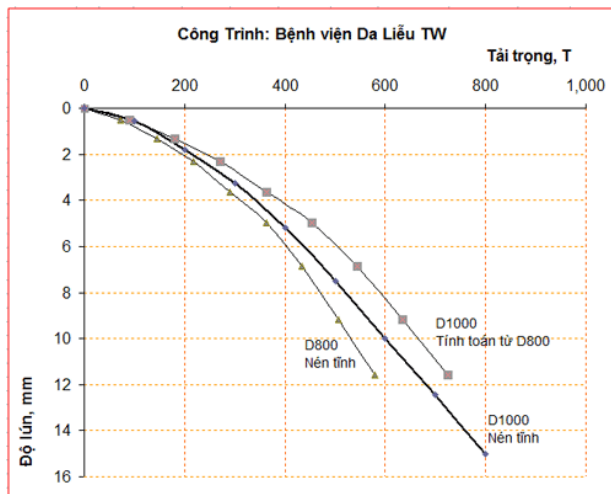
- Về độ lún của cọc: Các tính toán chuyển đổi từ cọc TDTN sang cọc thực được thực hiện ở những độ lún tương đối nhỏ (dưới 16 mm) và cọc chưa đạt tới giới hạn về sức chịu tải. Chưa có đủ cơ sở để nhận xét về sự phù hợp giữa kết quả tính toán với thực nghiệm ở những cấp tải gần với tải trọng phá hoại;

- Về tỷ số d/D : 2 biểu đồ tính toán và thực nghiệm trên hình 3d có sự phù hợp rất tốt mặc dù tỷ số $d/D = 0,67$ (thấp nhất). Trong khi đó với tỷ

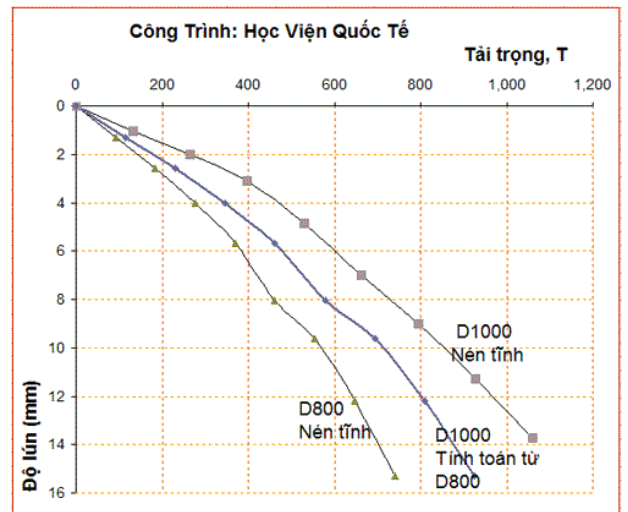
số $d/D = 0,8$ nhưng chênh lệch giữa các biểu đồ trên hình 3b lại cao hơn nhiều. Từ đó có thể nhận xét là tỷ số d/D không phải là yếu tố duy nhất ảnh hưởng đến độ chính xác của kết quả tính toán dự báo. Có thể kể đến những yếu tố ảnh hưởng khác như độ ổn định của công nghệ thi công cọc và độ chính xác của công tác thí nghiệm nén tĩnh;

- Về cấp độ tải trọng: Đối với cây cọc ở hiện trường xây dựng nhà Quốc hội, kết quả tính toán phù hợp hầu như hoàn toàn khi tải trọng thấp hơn 800 T (tương ứng với chu kỳ đầu của thí nghiệm nén tĩnh). Mức độ chênh lệch khá cao ở các cấp tải trọng lớn hơn, có thể do những bất thường của số liệu nén tĩnh cây cọc TDTN;

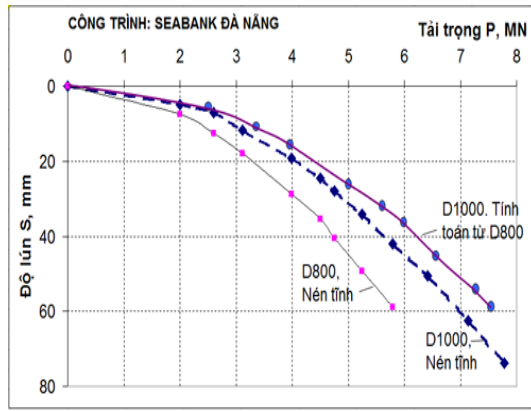
- Về mức độ chênh lệch giữa kết quả tính toán và nén tĩnh: Kết quả tính toán hầu như trùng hợp với thí nghiệm cọc ở Trung tâm HNQG (hình 3d), ở Bệnh viện Nhi Trung ương (hình 3g) và ở SeaBank Đà Nẵng (hình 3c). Mức độ chênh lệch lớn nhất bằng 21,3% khi đánh giá theo tỷ số Tải trọng/Độ lún ở cấp tải trọng thiết kế của cọc. Có thể nhận xét là mức độ chênh lệch như vậy có thể chấp nhận được cho thiết kế nền móng. Tuy vậy trong thiết kế nên tăng hệ số an toàn về sức chịu tải của cọc để dự phòng ảnh hưởng do những yếu tố chưa lường trước được khi ngoại suy kết quả thí nghiệm cọc TDTN.



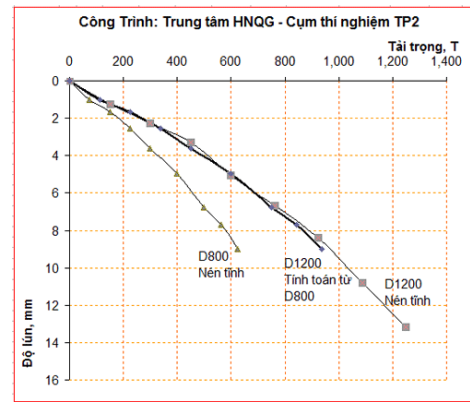
a) Cọc d800 - D1000



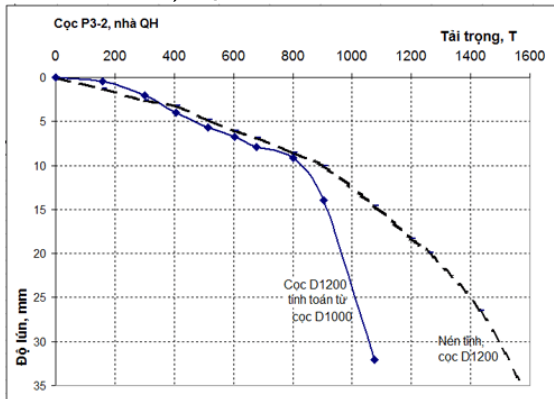
b) Cọc d800 - D1000



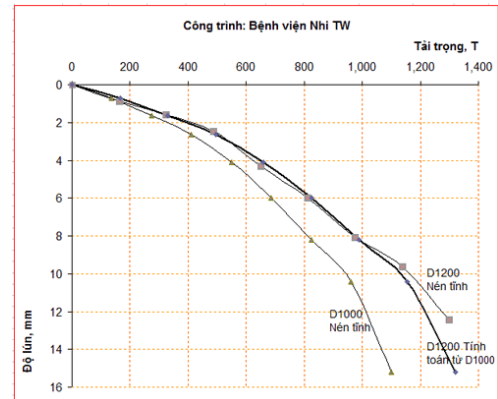
c) Cọc d800 - D1000



d) Cọc d800 - D1200



e) Cọc d1000 - D1200



g) Cọc d1000 - D1200

Hình 3. So sánh biểu đồ tính toán với biểu đồ thu được từ nén tĩnh của cây cọc lớn hơn

Bảng 1. So sánh tỷ số P/s của cọc tính theo phương pháp của Lizzi và nén tĩnh

STT	Công trình	Chiều dài (m)	Đường kính (m)			Tỷ số P/s, T/m, ở cấp tải trọng 50%P _{max}			Tỷ số P/s, T/m, ở cấp tải trọng 100%P _{max}		
			d	D	d/D	Nén tĩnh (A)	Tính toán (B)	(A-B)/B (%)	Nén tĩnh (C)	Tính toán (D)	(C-D)/D (%)
1	Bệnh viện da liễu Trung ương	48,2	0,8	1,0	0,8	90416	101993	-12,8	62770	56986	-10,1
2	Học viện Quốc tế	50	0,8	1,0	0,8	96121	75615	21,3	63139	77277	18,3
3	SeaBank Đà Nẵng	34	0,8	1,0	0,8	23283	26514	-13,87	11765	12972	-10,26
4	Trung tâm HNQG	42,4	0,8	1,2	0,67	131066	122180	6,8	103298	106508	3,0
5	Nhà Quốc hội	35,7	1,0	1,2	0,83	100823	91598	9,15	45285	31600	30,22
6	Bệnh viện Nhi Trung ương	45,0	1,0	1,2	0,83	161130	156672	2,8	98782	104557	5,5

3.3 Áp dụng phương pháp t-z

Phương pháp t-z thường được sử dụng để phân tích sự làm việc của cọc đơn chịu tải trọng dọc trục, đặc biệt khi phải xét đến ứng xử phi tuyến của cọc và nền. Tính toán được thực hiện bằng cách chia cọc thành nhiều phần tử chịu tác động của lực dọc trục, còn sức kháng của nền được mô phỏng bằng các lò xo thể hiện quan hệ

phi tuyến giữa chuyển vị với ma sát (t-z) và với sức kháng dưới mũi (q-z). Phương pháp t-z chỉ có thể áp dụng khi cây cọc TDTN được gắn các thiết bị để xác định phân bố lực dọc trục trong quá trình nén tĩnh, qua đó phân tách thành phần ma sát và sức chống dưới mũi cọc.

Theo các nghiên cứu hiện có thì ma sát bên ít chịu ảnh hưởng của đường kính nên có thể sử

dụng trực tiếp biểu đồ t-z xác định được trong thí nghiệm cọc TDTN trong tính toán cho cây cọc thực. Riêng quan hệ q-z (sức kháng mũi) của cây cọc TDTN cần được hiệu chỉnh theo đường kính do sức chống dưới mũi cọc giảm đi khi đường kính tăng.

Quá trình dự báo quan hệ tải trọng – độ lún của cây cọc thực được thực hiện qua các bước:

Bước 1: Xác định các đường t-z và q-z từ thí nghiệm nén tĩnh cọc có gắn các cảm biến (hình 4a);

Bước 2: Hiệu chỉnh sức kháng dưới mũi theo đường kính cọc (Sử dụng quan hệ giữa sức kháng và bề rộng mũi do Chow [10] kiến nghị):

$$q_{p,D1,2} = \frac{1 - 0,5 \log(1,2 / 0,036)}{1 - 0,5 \log(1,0 / 0,036)} \times 12,25 = 10,51 \text{ (MPa)}$$

Như vậy theo sức chống đơn vị của cọc đường kính 1,2m thấp hơn khoảng 14% so với giá trị tương ứng của cọc đường kính 1 m. Trường hợp hiệu chỉnh sức kháng cho cọc lớn hơn, ví dụ cho cọc tiết diện 2 m, thì mức độ giảm sức kháng còn cao hơn, lên tới 55%.

$$q_{p,D} = \frac{1 - 0,5 \log(D / 0,036)}{1 - 0,5 \log(d / 0,036)} q_{p,d}$$

trong đó:

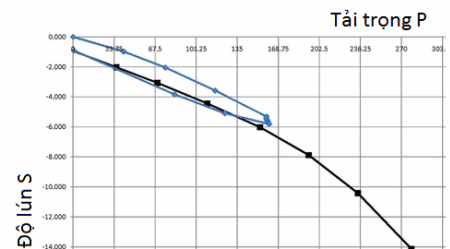
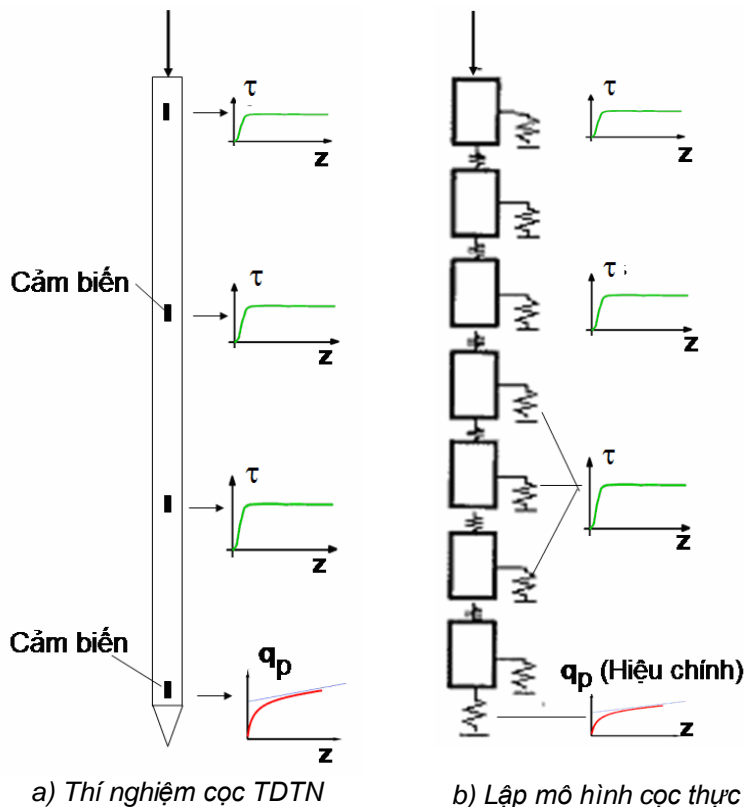
d và D lần lượt là đường kính của cọc TDTN và của cọc thực, tính bằng mét;

$q_{p,d}$ và $q_{p,D}$ lần lượt là sức kháng dưới mũi cọc TDTN và cọc thực.

Ảnh hưởng của đường kính đối với sức kháng dưới mũi cọc là đáng kể. Ví dụ sức kháng mũi đơn vị xác định cho cây cọc TDTN đường kính 1 m là $q_{p,d} = 12,25$ MPa, khi chuyển đổi sang cọc đường kính 1,2 m thì sức kháng mũi hiệu chỉnh giảm xuống còn:

Bước 3: Lập mô hình cọc và nền (hình 4b), trong đó sử dụng trực tiếp quan hệ t-z thu được trong thí nghiệm cọc TDTN cùng với sức kháng mũi hiệu chỉnh ở bước 3;

Bước 4: Tính toán để xác định quan hệ tải trọng – độ lún của cọc thực (hình 4c).



c) Tính toán dự báo biểu đồ quan hệ tải trọng- độ lún của cọc thực

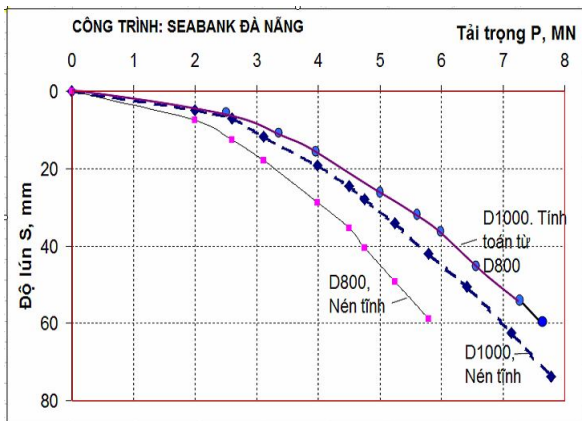
Hình 4. Dự báo quan hệ P-s của cọc tiết diện thực từ số liệu thí nghiệm cọc TDTN

Để đánh giá hiệu quả của phương pháp t-z trong việc phân tích số liệu thí nghiệm cọc TDTN, các kết quả tính toán ở 2 hiện trường được so sánh với kết quả nén tĩnh các cây cọc thực. Số lượng cọc được sử dụng để so sánh bị hạn chế vì có rất ít số liệu thí nghiệm cọc đáp ứng được yêu cầu cho phân tích t-z (cọc TDTN phải gắn cảm biến để phân tách ma sát và thành phần sức chống dưới mũi). So sánh kết quả tính toán và kết quả nén tĩnh cọc cho thấy:

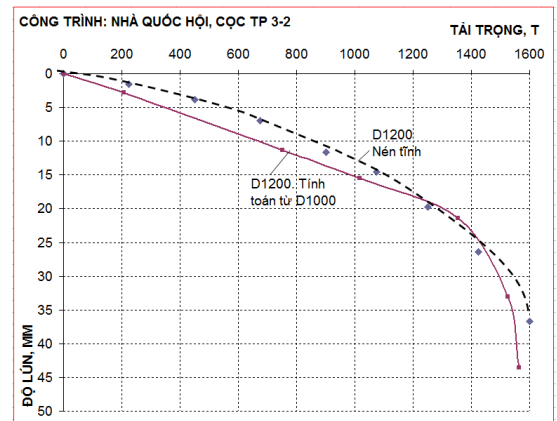
- Đối với cây cọc ở SeaBank Đà Nẵng, kết quả tính toán theo phương pháp t-z tương đối phù hợp với kết quả nén tĩnh (hình 5a). Đáng lưu ý là tính toán cho cùng cây cọc theo phương pháp của Lizzi cũng cho kết quả tương tự (hình 3c);

- Trường hợp cây cọc TP 3-2 tại hiện trường xây dựng nhà Quốc hội thể hiện ưu thế của phương pháp t-z trong dự báo quan hệ tải trọng – độ lún của cọc thực. Trong khi tính toán theo phương pháp của Lizzi chênh lệch nhiều so với kết quả nén tĩnh (hình 3e) thì tính toán theo t-z cho kết quả tương đối phù hợp trên toàn bộ biểu đồ quan hệ tải trọng – độ lún (hình 5b);

- Mức độ chênh lệch lớn nhất giữa kết quả tính toán và nén tĩnh (đánh giá theo tỷ số Tải trọng/Độ lún) ở cấp tải trọng thiết kế của cọc bằng 22.88%, có thể chấp nhận được cho thiết kế nền móng.



a) Cọc d800 – D1000



b) Cọc d1000 – D1200

Hình 5. So sánh kết quả tính toán theo phương pháp t-z với nén tĩnh

Bảng 2. So sánh tỷ số P/s của cọc tính theo phương pháp t-z và nén tĩnh

STT	Công trình	Chiều dài (m)	Đường kính (m)			Tỷ số P/s, T/m, ở cấp tải trọng 50%P _{max}			Tỷ số P/s, T/m, ở cấp tải trọng 100%P _{max}		
			d	D	d/D	Nén tĩnh (A)	Tính toán (B)	(A-B)/B (%)	Nén tĩnh (C)	Tính toán (D)	(C-D)/D (%)
1	SeaBank Đà Nẵng	34	0,8	1,0	0,8	22709	25063	-10.37	11706	12837	-9.67
2	Nhà Quốc hội	35.7	1,0	1,2	0,83	85428	65882	22.88	36697	35963	2.00

4. Kết luận và kiến nghị

Nghiên cứu bước đầu về cách diễn giải kết quả thí nghiệm cọc tiết diện thu nhỏ để xác định sức chịu tải của cọc tiết diện lớn hơn cho thấy việc xử lý số liệu có thể được thực hiện bằng những phương pháp tương đối đơn giản nhưng kết quả thu được khá phù hợp cho cọc khoan nhồi ở Việt Nam. Cũng có thể áp dụng các phương pháp phân tích đã trình bày trong bài báo này để dự báo sức chịu tải của cọc tiết diện nhỏ hơn từ kết quả thí nghiệm cọc tiết diện lớn hơn.

Phân tích theo phương pháp do Lizzi kiến nghị có thể áp dụng cho các cọc làm việc chủ yếu do ma sát - phương thức làm việc phổ biến nhất của cọc ở Việt Nam. Phương pháp phân tích này có thể được áp dụng để xử lý số liệu nén tĩnh thông thường, trong đó không phân tách được các thành phần sức chịu tải do ma sát và do sức chống dưới mũi cọc. Tuy vậy phương pháp này không cho phép xét đến những ảnh hưởng do thay đổi đường kính tiết diện cọc đối với biến dạng dọc trục của cọc cũng như đối với mức độ huy động sức chịu tải của nền.

Phương pháp t-z cho phép sử dụng quan hệ phi tuyến giữa sức kháng của đất và chuyển vị đã xác định trong quá trình thí nghiệm cọc TDTN và xét đến một số ảnh hưởng đối với sức chịu tải và biến dạng của cọc do tác động của thay đổi đường kính cọc. Kết quả áp dụng cho thấy phương pháp này cho kết quả chính xác hơn so với phương pháp của Lizzi. Tuy vậy trong thí nghiệm cọc TDTN cần phân tách các thành phần sức chịu tải do ma sát và sức chống dưới mũi cọc để có thể áp dụng phương pháp t-z.

Trong điều kiện thực tế hiện nay, nên tuân thủ quy định về tỷ số $d/D \geq 0,5$ giữa đường kính cọc TDTN và cọc thực của EN 1997. Trong thiết kế nên tăng hệ số an toàn khi sử dụng các kết quả ngoại suy sức chịu tải của cọc.

Để có thể đánh giá chi tiết hơn và chuẩn xác hơn về ứng dụng cọc TDTN cần bổ sung các nghiên cứu với số lượng cọc thí nghiệm lớn hơn, phạm vi thay đổi của đường kính cọc lớn hơn và cọc được thi công bằng các phương pháp khác nhau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] ГОСТ 5686-2012. Грунты-Методы полевых испытаний сваями
- [2] СП 24.13330.2011 *Свайные фундаменты*
- [3] EN 1997:2004 Eurocode 7 *Geotechnical design – Part 1: General rules*
- [4] German Geotechnical Society (2014) *Recommendations on Piling (EA-Pfahle)*, Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.
- [5] Awad, M.A. (2003), The dependence of Bearing Value on Diameter of Driven Steel Piles in Sand, *Journal of the Islamic University of Gaza*, V11, No.1 p26-42
- [6] Bhoys, M., Deshmukh, V.B, Jagtap, S.S. (2015) A proposed methodology for capacity of larger pile from tests on smaller piles, *5th Young Geotechnical Engineers Conference*, Vadodara, India.
- [7] Trịnh Việt Cường, Phạm Huy Thông (2010) Về hiệu quả xử lý mũi cọc khoan nhồi bằng biện pháp xói rửa và bơm vữa mũi cọc ở khu vực Hà Nội, *Tạp chí Giao thông vận tải*, No. 10/2010
- [8] Lizzi, F. (1983) Ultimate bearing capacity of friction piles calculated from load tests on pilot piles, *Ground Engineering* 16(5), London.
- [9] Đoàn Nguyên Quyền (2015), *Nghiên cứu sử dụng cọc thử đường kính thu nhỏ trong khảo sát phục vụ thiết kế móng cọc*, Luận văn thạc sĩ kỹ thuật, Đại học xây dựng, Hà Nội.
- [10] White, D.J. & Bolton, M.D. (2005), Comparing CPT and pile base resistance in sand, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Geotechnical Engineering* 158.

Ngày nhận bài: 22/11/2015.

Ngày nhận bài sửa lần cuối: 11/02/2016.