

# Một trường hợp phân tích và chọn lựa giá trị khả năng chịu tải của cọc khoan nhồi

## A case of analysis and selection of the bearing capacity value of bored pile

> PGS.TS BÙI TRƯỜNG SƠN<sup>1</sup>, THS LÊ TIẾN NGHĨA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Khoa Kỹ thuật xây dựng, Trường ĐH Bách khoa-ĐHQG TP.HCM; E-mail: [buitruongson@hcmut.edu.vn](mailto:buitruongson@hcmut.edu.vn)

<sup>2</sup>Khoa Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Miền Tây; E-mail: [letiennghia@mtu.edu.vn](mailto:letiennghia@mtu.edu.vn)

### TÓM TẮT

Nội dung của bài báo là kết quả phân tích đánh giá khả năng chịu tải của cọc khoan nhồi theo các kết quả thí nghiệm trong phòng và hiện trường nhằm rút ra các nhận xét về mức độ tin cậy của các phương pháp tính. Kết quả tính toán được so sánh với kết quả thí nghiệm bằng hộp nén Osterberg cọc khoan nhồi đường kính D1500 và chiều dài 85 m. Kết quả phân tích cho thấy khả năng chịu tải của cọc tính toán theo kết quả xuyên tiêu chuẩn của Viện kiến trúc Nhật Bản 1988 và nén ngang trong hố khoan của Bustamante Gianceselli 2006 có giá trị phù hợp với kết quả thí nghiệm nén tĩnh cọc. Quy luật thay đổi sức kháng ma sát theo kết quả tính toán từ thí nghiệm nén ngang trong hố khoan phù hợp với kết quả phân tích từ đo đạc biến dạng dọc theo thân cọc. Nội dung bài báo có thể hữu ích trong lựa chọn phương pháp tin cậy để đánh giá khả năng chịu tải cọc trong thiết kế cọc có chiều dài lớn.

**Từ khóa:** Khả năng chịu tải cọc khoan nhồi; thí nghiệm nén ngang hố khoan.

### ABSTRACT

The content of the article is the results of analysing and evaluating the bearing capacity of bored pile according to laboratory and in-situ test results to draw conclusions about the reliability of the calculation methods. The calculated results are compared with the test results using Osterberg compression box of bored piles with diameter D1500 and length 85 m. The analysis results show that the bearing capacity of the pile calculated according to the standard penetration results of the Japanese Institute of Architects 1988 and the pressuremeter test of Bustamante Gianceselli 2006 has a value consistent with the pile static loading results. The law of changing the frictional resistance according to the calculated results based on the pressuremeter test is consistent with the analysis results from measuring the deformation along the pile body. The content of the article can be useful in choosing a reliable method to evaluate the bearing capacity in design of long piles.

**Keywords:** Bearing capacity of bored pile; pressuremeter test.

### 1. MỘT SỐ VẤN ĐỀ TÍNH TOÁN ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG CHỊU TẢI CỦA CỌC

Khả năng chịu tải của cọc bao gồm hai thành phần: sức kháng của mũi cọc và ma sát giữa thân cọc với đất nền xung quanh. Khả năng chịu tải của cọc được tính toán bằng các phương pháp khác nhau căn cứ kết quả thí nghiệm trong phòng và hiện trường. Việc tính toán theo kết quả thí nghiệm trong phòng có cơ sở lý thuyết rõ ràng và được sử dụng phổ biến thông qua các tiêu chuẩn chỉ dẫn [1]. Tuy nhiên, ở điều kiện thí nghiệm trong phòng, việc mô tả phù hợp ứng xử của đất nền ở độ sâu lớn, nơi có áp lực do trọng lượng bản thân lớn tương ứng, có thể chưa tương thích.

Do thí nghiệm hiện trường thể hiện ứng xử của nền đất phù hợp với điều kiện thể nằm tự nhiên thực tế nên các giá trị thu nhận được cho phép sử dụng để tính toán thiết kế nền móng phù hợp và đáng tin cậy hơn. Theo tiêu chuẩn khảo sát Địa kỹ thuật cho nhà cao tầng, ngoài thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn, thí nghiệm nén ngang cũng là thí nghiệm hiện trường cần thiết được thực hiện [2]. Tuy nhiên, các hồ sơ thiết kế thường sử dụng các đặc trưng cơ lý từ kết quả thí nghiệm trong phòng để dự tính khả năng chịu tải của cọc do nhiều trường hợp dữ liệu thí nghiệm hiện trường không đáp ứng đủ để tính toán thiết kế. Trong thực tế, thí nghiệm cắt cánh trong hố khoan chỉ phù hợp cho đất loại sét bão hòa nước, thí nghiệm xuyên tĩnh chỉ được thực hiện ở những độ sâu nhỏ nên không đảm bảo dữ liệu chi tiết để phục vụ tính toán thiết kế. Ngoài thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn, thí nghiệm nén ngang trong hố khoan có thể thực hiện ở các độ sâu khác nhau và trong các loại đất khác nhau.

Việc tính toán thiết kế nền móng theo kết quả thí nghiệm hiện trường có hai khuynh hướng chính căn cứ đại lượng đặc trưng cơ lý: i) sử dụng trực tiếp đặc trưng cơ lý từ thí nghiệm bằng các công thức bán kính nghiệm [3], [4], [5]; ii) sử dụng kết quả nghiên cứu các tương quan đặc trưng cơ lý để qui đổi giá trị đặc trưng cơ lý từ thí nghiệm hiện trường thành đặc trưng cơ lý trong phòng phục vụ tính toán [6]. Khuynh hướng thứ hai có thể cho nhiều kết quả khác nhau do khoảng giá trị các đặc trưng có thể khác biệt nhau đáng kể cũng như phụ thuộc các yếu tố cấu tạo địa chất hay lịch sử địa chất khác biệt theo từng khu vực.

Mặc dù còn hạn chế về dữ liệu thực tế có thể thu thập được nhưng việc phân tích đánh giá khả năng chịu tải của cọc nhằm chọn lựa phương pháp khảo sát và tính toán thiết kế phù hợp là cần thiết và hữu ích. Kết quả phân tích có thể giúp các kỹ sư có thêm chọn lựa phương pháp thiết kế có độ tin cậy cao hơn.

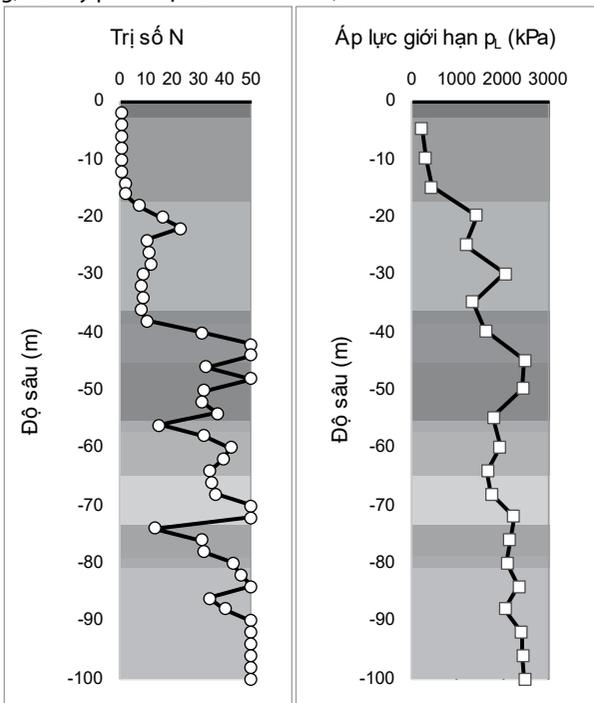
### 2. PHÂN TÍCH KHẢ NĂNG CHỊU TẢI CỌC KHOAN NHỒI CÓ CHIỀU DÀI LỚN

#### 2.1. Giới thiệu dự án và các dữ liệu sử dụng

Để phân tích đánh giá khả năng chịu tải của cọc khoan nhồi có chiều dài lớn theo các phương pháp khác nhau, dữ liệu cọc khoan nhồi ký hiệu TP01 đường kính D1500, dài 85 m ở dự án Lancaster, quận 4, TP.HCM được sử dụng. Ở đây, ngoài hồ sơ khảo sát địa chất công trình bao gồm kết quả thí nghiệm trong phòng và hiện trường [7] còn có kết quả kiểm tra khả năng chịu tải cọc bằng hộp nén Osterberg [8]. Công tác khảo sát địa chất công trình, thí nghiệm hiện trường và trong phòng được tiến hành bao gồm: thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (SPT), thí nghiệm nén ngang trong hố khoan (PMT), thí nghiệm cắt cánh hiện trường (FVST), thí nghiệm nén ba trục theo các sơ đồ khác nhau và các thí nghiệm trong phòng khác. Chiều sâu thăm dò và thí nghiệm đạt đến 100 m.

Cấu tạo địa chất khu vực dự án được tóm tắt như sau:

- Đất san lấp (SL): Cát, đá, sạn, sỏi, gạch.
- Lớp 1 - Sét xám xanh, xám đen, trạng thái chảy - dẻo chảy, bề dày trung bình 15,0 m.
- Lớp 2 - Sét, sét bụi nâu vàng, xám xanh, xám trắng, dẻo mềm - dẻo cứng, bề dày trung bình 18,6 m.
- Lớp 3 - Cát pha xám xanh, xám trắng, dẻo, bề dày trung bình 4,1 m.
- Lớp 4 - Cát mịn - thô, lẫn bụi và ít sạn sỏi xám xanh, chặt - rất chặt, bề dày trung bình 5,5 m.
- Lớp 5 - Sét xám nâu đỏ, nâu vàng, nửa cứng - cứng, bề dày trung bình 10,1 m.
- Lớp 6 - Sét pha nâu vàng lẫn xám trắng, nửa cứng, bề dày trung bình 4,2 m.
- Lớp 7 - Cát pha xám nâu đỏ, xám vàng, trạng thái dẻo - cứng, bề dày trung bình 6,4 m.
- Lớp 8 - Cát mịn - thô, lẫn bụi xám trắng, xám vàng, chặt vừa - rất chặt, bề dày trung bình 9,2 m.
- Lớp 9 - Sét lẫn bụi, xám trắng, nâu vàng, xám xanh, dẻo cứng - nửa cứng, bề dày trung bình 4,2 m.
- Lớp 10 - Cát mịn - thô, lẫn bụi xám vàng, xám xanh, chặt, bề dày trung bình 2,3 m.
- Lớp 11 - Cát pha hạt mịn - thô xám trắng, xám vàng, trạng thái cứng, bề dày phát hiện có nơi hơn 19,0 m.



Hình 1. Biểu đồ trị số N (SPT) áp lực giới hạn p<sub>L</sub> (PMT) trong các lớp đất theo độ sâu

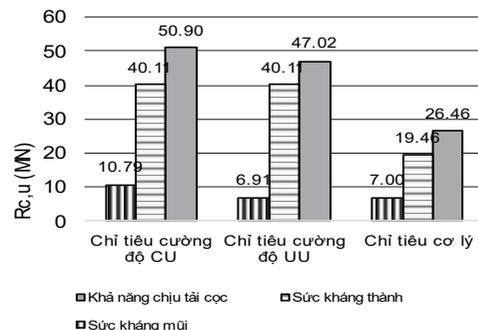
Bảng 1. Tóm tắt đặc trưng cơ lý các lớp đất

Tên Lớp đất	Độ ẩm (%)	Dung trọng $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Độ sệt	Lực dính c (kG/cm <sup>2</sup> )	Góc ma sát trong $\varphi$ (độ)
Lớp 1	75,7	14,7	1,15	0,081	03°23'
Lớp 2	32,4	18,7	0,50	0,164	13°15'
Lớp 3	20,1	20,0	0,15	0,102	22°15'
Lớp 4	17,1	20,7	-	0,039	33°31'
Lớp 5	20,2	20,5	-0,04	0,446	17°43'
Lớp 6	21,1	20,0	0,07	0,322	16°31'
Lớp 7	19,2	20,6	-0,12	0,100	25°1 0'
Lớp 8	15,7	21,2	-	0,035	34°56'
Lớp 9	22,9	20,0	0,06	0,341	17°16'
Lớp 10	16,2	21,2	-0,02	0,036	35°19'
Lớp 11	16,2	21,1	-0,22	0,095	28°32'

**2.2. Đánh giá khả năng chịu tải của cọc khoan nhồi theo kết quả thí nghiệm trong phòng và hiện trường**

Khả năng chịu tải của cọc trước tiên được đánh giá theo kết quả thí nghiệm trong phòng theo chỉ tiêu cơ lý và cường độ [1]. Kết quả tính toán được tổng hợp như Hình 2 cho thấy khả năng chịu tải của cọc theo đặc trưng cơ lý từ thí nghiệm trong phòng khác biệt nhau đáng kể. Khả năng chịu tải (R<sub>c,u</sub>) tính toán theo chỉ tiêu cơ lý có giá trị nhỏ nhất: 26,46 MN. Khả năng chịu tải theo chỉ tiêu cường độ từ thí nghiệm nén ba trục theo sơ đồ CU (cố kết - không thoát nước) đạt đến 50,90 MN và 40,02 MN theo kết quả thí nghiệm nén ba trục theo sơ đồ UU (không cố kết - không thoát nước). Sự chênh lệch các giá trị khả năng chịu tải theo các kết quả thí nghiệm trong phòng xấp xỉ 2 lần.

Việc tính toán theo kết quả thí nghiệm nén ba trục cho thấy giá trị sức kháng do ma sát thành là như nhau theo kết quả hai sơ đồ thí nghiệm UU và CU nhưng giá trị sức kháng mũi có sự khác biệt. Sức kháng mũi tính theo kết quả thí nghiệm CU cao hơn so với thí nghiệm UU 56%, nhưng tổng thể khả năng chịu tải của cọc chỉ hơn 8%. Điều này cho thấy thành phần ma sát thành chiếm tỷ lệ đáng kể do cọc có chiều dài lớn. Sức kháng mũi theo tính toán theo kết quả chỉ tiêu cơ lý xấp xỉ giá trị tính theo chỉ tiêu cường độ nhưng sức kháng ma sát thành tính toán thấp hơn đáng kể nên khả năng chịu tải cực hạn thấp hơn đến 78%.



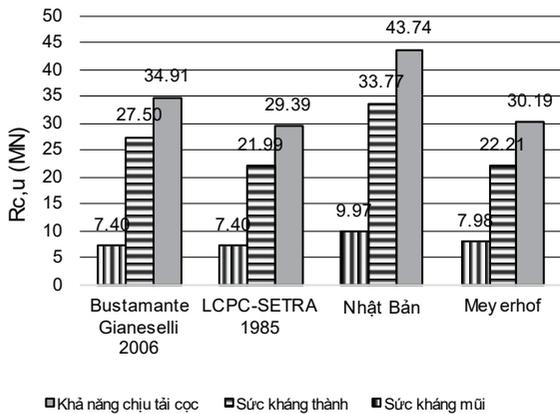
Hình 2. Khả năng chịu tải cọc TP01 tính toán theo kết quả thí nghiệm trong phòng theo TCVN 10304:2014

Hồ sơ khảo sát cho thấy dữ liệu kết quả thí nghiệm hiện trường có thể sử dụng để đánh giá khả năng chịu tải của cọc bao gồm thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (SPT) và nén ngang trong hố khoan (PMT). Việc tính toán theo kết quả SPT căn cứ phương pháp đề nghị của Meyerhof (1976) và theo công thức của viện kiến trúc Nhật Bản (1988). Ở đây, trị số N60 được sử dụng để tính toán. Khả năng chịu tải của cọc theo kết quả PMT được tính toán theo hai phương pháp: LCPC-SETRA (1985) [3] và Bustamante Gianeselli (2006) [4]. Do chỉ dẫn tính toán [3] bỏ qua ma sát giữa đất và cọc trong các lớp đất yếu (khi giá trị p<sub>L</sub> < 0,3 MPa) nên khả năng chịu tải của cọc do ma sát từ

kết quả nén hố khoan có xu hướng nhỏ hơn thực tế [9]. Tuy nhiên, biểu đồ xác định giá trị ma sát thành theo chỉ dẫn [4] được hiệu chỉnh lại. Ngoài ra, một số kết quả tính toán tương tự cũng cho thấy giá trị khả năng chịu tải của cọc sử dụng dữ liệu từ thí nghiệm PMT phù hợp với kết quả kiểm tra bằng thử động biến dạng lớn (PDA) và có triển vọng áp dụng do thí nghiệm này có thể thực hiện ở các độ sâu lớn và phù hợp với các loại đất đá khác nhau [9].

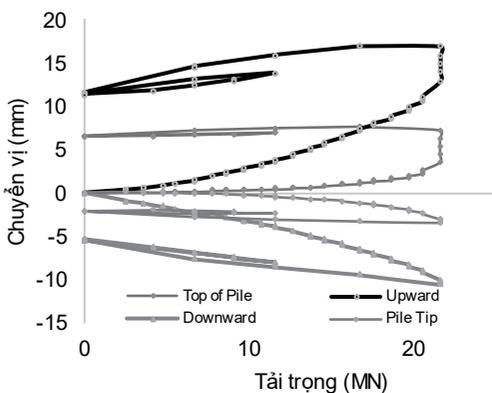
Từ biểu đồ Hình 3 có thể thấy rằng khả năng chịu tải theo kết quả SPT theo phương pháp đề nghị của Meyerhof và viện kiến trúc Nhật Bản có sự khác biệt nhau. Khả năng chịu tải theo đề nghị của Meyerhof có giá trị 30,19 MN, nhỏ hơn so với phương pháp của viện kiến trúc Nhật Bản khoảng 30% (có giá trị 43,74 MN). Khả năng chịu tải của cọc theo kết quả PMT theo hai phương pháp LCPC-SETRA (1985) và Bustamante Gianceselli (2006) chênh lệch nhau không đáng kể và dao động trong phạm vi từ 29,39 MN đến 34,91 MN.

Sức kháng mũi theo các phương pháp tính theo thí nghiệm hiện trường PMT và SPT đều cho giá trị xấp xỉ nhau. Sức kháng mũi theo hai phương pháp tính theo PMT đều có giá trị 7,40 MN. Giá trị này chỉ sai khác khoảng 8% khi sử dụng phương pháp Meyerhof và khoảng 35% theo phương pháp của viện kiến trúc Nhật Bản. Sức kháng ma sát thành tính toán theo công thức của viện kiến trúc Nhật Bản cao vượt trội so với các phương pháp còn lại. Khi so sánh với hai phương pháp tính theo PMT, độ chênh lệch lên từ 23% đến 54% và độ chênh lệch hơn 50% so với phương pháp Meyerhof.



Hình 3. Khả năng chịu tải cọc TP01 tính toán theo kết quả thí nghiệm hiện trường (SPT và PMT)

2.3. Thí nghiệm Osterberg kiểm tra khả năng chịu tải cọc khoan nhồi



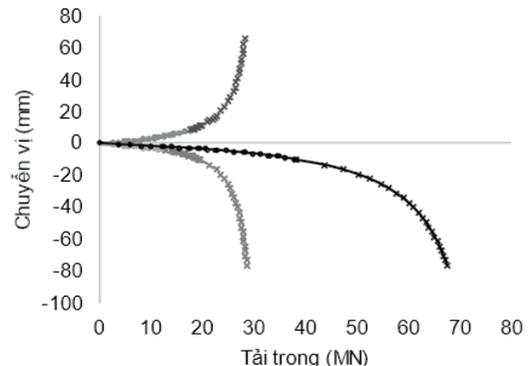
Hình 4. Biểu đồ tải trọng - chuyển vị cọc TP01 từ thí nghiệm bằng hộp nén Osterberg. Để phân tích chọn lựa phương pháp tính toán đánh giá khả năng chịu tải hợp lý, kết quả thí nghiệm kiểm tra bằng hộp nén Osterberg được sử dụng làm căn cứ. Sau khi hoàn tất công tác thi công cọc khoan nhồi TP01 đến độ sâu 85 m (sử dụng dung dịch bentonite để giữ ổn định

thành vách), thí nghiệm nén tĩnh bằng hộp nén Osterberg được thực hiện. Thiết bị gia tải được lắp đặt vào cọc khoan nhồi bao gồm 2 kích thủy lực có đường kính 610 mm được lắp đặt trong hộp nén O-cell ở độ sâu cách đáy cọc 25 m. Ngoài ra, các đầu đo biến dạng (strain gauges) cũng được lắp đặt trước khi đổ bê tông nhằm ghi nhận tải trọng tác dụng tại các vị trí đo và phục vụ phân tích khả năng chịu tải dọc theo thân cọc theo từng đoạn giữa hai điểm đo.

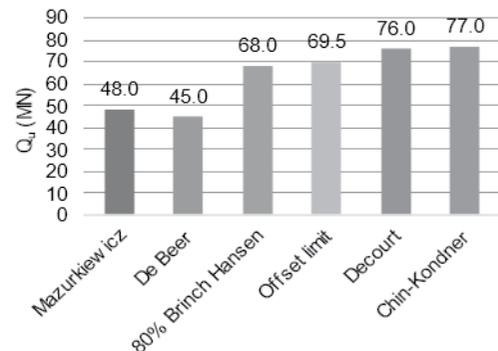
Tải trọng thí nghiệm lớn nhất đạt đến 21,6 MN theo mỗi hướng. Dưới tác dụng tải trọng lớn nhất, chuyển vị phía trên và phía dưới hộp nén tương ứng là 16,8 mm và 10,6 mm.

Để phân tích đánh giá giá trị khả năng chịu tải từ kết quả thí nghiệm hộp nén Osterberg, cần qui đổi kết quả về quan hệ tải trọng - chuyển vị đầu cọc như thí nghiệm nén tĩnh truyền thống. Sau khi qui đổi, kết quả đường cong quan hệ tải trọng - chuyển vị (Hình 5) cho thấy ứng xử của cọc còn trong phạm vi đàn hồi. Như vậy, tải trọng thí nghiệm lớn nhất chưa đạt đến giá trị giới hạn. Để phục vụ ước lượng khả năng chịu tải của cọc phù hợp hơn, có thể sử dụng các phương pháp ngoại suy quan hệ tải trọng - chuyển vị đầu cọc và đánh giá khả năng chịu tải của cọc theo các phương pháp khác nhau [10]. Kết quả ngoại suy theo phương pháp Chin - Kondner và khả năng chịu tải theo các phương pháp khác nhau thể hiện ở Hình 5 và 6.

Việc sử dụng phương pháp ngoại suy và các phương pháp đánh giá khả năng chịu tải của cọc cho phép ước lượng giá trị tải trọng giới hạn. Kết quả tổng hợp ở Hình 6 cho thấy khả năng chịu tải theo phương pháp Chin - Kondner có giá trị lớn nhất 77,0 MN và giá trị thấp nhất là 45,0 và 48,0 MN theo phương pháp De Beer và Mazurkiewicz. Hai phương pháp 80% Brinch Hansen và Offset Limit cho giá trị khả năng chịu tải của cọc xấp xỉ nhau, dao động từ 68,0 đến 69,50 MN.



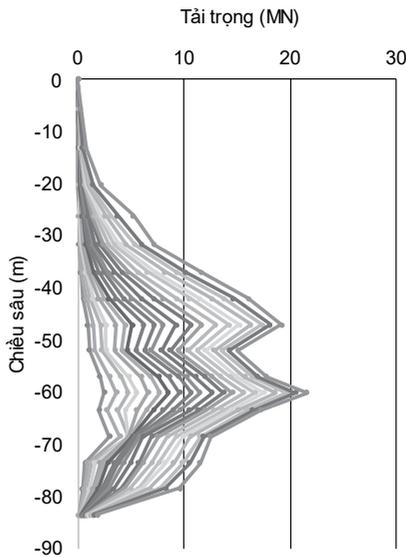
Hình 5. Biểu đồ tải trọng - chuyển vị lên, xuống và tương đương từ thí nghiệm hộp nén Osterberg



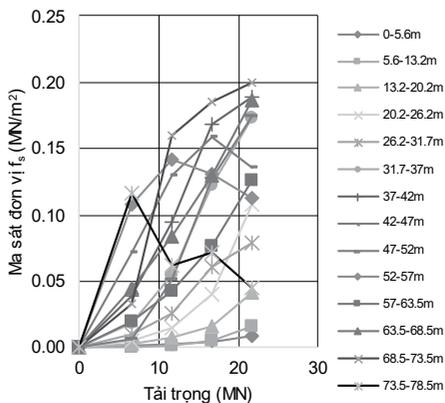
Hình 6. Khả năng chịu tải cọc TP01 theo các phương pháp từ đường cong quan hệ tải trọng - chuyển vị đầu cọc

Căn cứ độ cứng đàn hồi bản thân vật liệu cọc và kết quả chuyển vị đo được từ strain gauges gắn dọc theo thân cọc cho phép tính toán ước lượng tải trọng phân bố dọc theo thân cọc. Biểu đồ Hình 7 thể hiện sức kháng ma sát huy động dọc theo thân cọc ứng với các cấp tải trọng khác nhau. Bên cạnh phụ thuộc vào loại đất, ma sát được huy động ở khu vực lân cận hộp nén có khuynh hướng lớn hơn và giảm dần về 2 phía đầu cọc và mũi cọc.

Kết hợp tải trọng huy động phân bố dọc theo thân cọc, khoảng cách các điểm đo và kích thước cọc có thể tính toán ước lượng giá trị ma sát đơn vị dọc theo thân cọc và theo từng cấp tải trọng thí nghiệm (Hình 8). Về tổng thể, giá trị ma sát đơn vị có xu hướng tăng theo cấp tải trọng, đặc biệt là các vị trí lân cận hộp nén, nơi mà chuyển vị tương đối giữa đất và cọc lớn hơn, ma sát huy động tương ứng sẽ lớn hơn.



Hình 7. Biểu đồ phân bố tải trọng dọc theo thân cọc TP01 ứng với các cấp tải



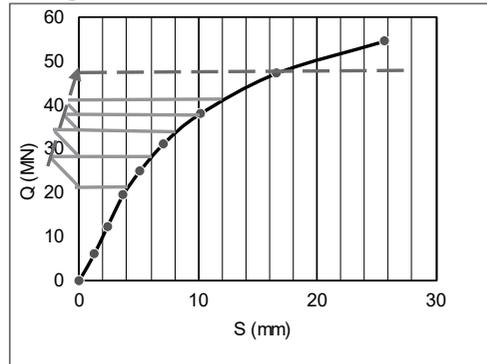
Hình 8. Ma sát đơn vị dọc theo thân cọc TP01 ứng với các cấp tải

**2.4. Phân tích, đánh giá khả năng chịu tải cọc TP01 theo các phương pháp tính toán khác nhau và thí nghiệm kiểm tra bằng hộp nén Osterberg**

So với khả năng chịu tải của cọc theo vật liệu có giá trị 37,5 MN, khả năng chịu tải theo kết quả thí nghiệm trong phòng dao động trong phạm vi lớn và có giá trị khác biệt đáng kể.

Khả năng chịu tải theo kết quả thí nghiệm hiện trường theo Bustamante và Gianeselli (2006) và Viện kiến trúc Nhật Bản (1988) khác biệt không đáng kể và khá phù hợp với tải trọng thí nghiệm có thể xem là chọn lựa phù hợp để tính toán thiết kế.

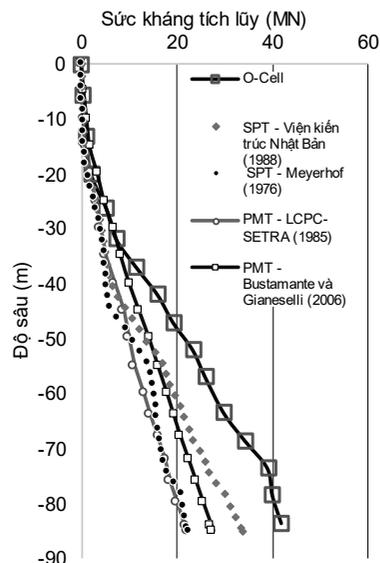
Nếu xem phương pháp Mazurkiewicz cho phép đánh giá tải trọng giới hạn phù hợp nhất khi cọc đạt độ lún tối hạn và cả trường hợp tải trọng chưa đạt trạng thái tới hạn [10] thì giá trị khả năng chịu tải của cọc TP01 theo đất nền được xem như dao động trong phạm vi 43 MN (21,6 MN từ áp lực của hộp nén về hai phía) đến 48 MN (Hình 9). Trong trường hợp này, giá trị khả năng chịu tải cọc tính theo công thức viện kiến trúc Nhật Bản sử dụng kết quả thí nghiệm SPT cho kết quả phù hợp nhất. Do đó, có thể thấy rằng phương pháp này sẽ có độ tin cậy nhất định so với các phương pháp tính khác khi chưa có kết quả từ thí nghiệm cọc.



Hình 9. Khả năng chịu tải cọc TP01 theo phương pháp Mazurkiewicz khi kết quả nén tĩnh chưa đạt tới trạng thái tới hạn

Kết quả ở Hình 10 cho thấy khả năng chịu tải tích lũy tính toán từ thí nghiệm hiện trường có xu hướng tăng dần đều theo độ sâu. Giá trị tính toán theo thí nghiệm PMT theo phương pháp Bustamante và Gianeselli (2006) tương đương với kết quả đo đạc từ đoạn đầu cọc từ đến độ sâu 30 m. Trong khi đó, từ độ sâu 50 m trở đi, kết quả tính toán theo viện kiến trúc Nhật Bản gần với kết quả đo đạc thực tế nhất. Ở đây, khả năng chịu tải tích lũy theo hai phương pháp này phù hợp với kết quả ước lượng từ đo đạc thí nghiệm hơn so với các phương pháp trước đó.

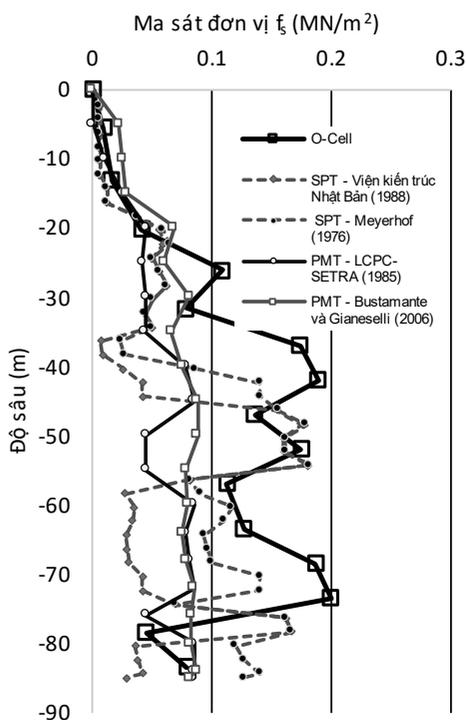
Việc ước lượng sức kháng tích lũy từ thí nghiệm đo đạc bằng hộp nén không phân chia sức kháng thành và mũi nên giá trị ma sát cuối cùng gần mũi cọc được xem là giá trị khả năng chịu tải của cọc. Sức kháng tích lũy tính toán theo kết quả thí nghiệm hiện trường là sức kháng ma sát, chưa kể đến sức kháng mũi nên có khuynh hướng nhỏ hơn so với kết quả ước lượng từ thí nghiệm đo đạc.



Hình 10. Khả năng chịu tải do ma sát thành tích lũy theo độ sâu tính toán theo kết quả thí nghiệm hiện trường và ước lượng từ thí nghiệm nén tĩnh cọc bằng hộp nén

Hình 11 biểu diễn ma sát đơn vị dọc theo thân cọc tính toán theo kết quả thí nghiệm hiện trường và ước lượng từ phân bố tải trọng tính từ số đo biến dạng dọc theo thân cọc. Kết quả cho thấy qui luật phân bố ma sát đơn vị theo kết quả thí nghiệm PMT phù hợp với kết quả thí nghiệm đo đạc hơn so với kết quả thí nghiệm SPT. Ma sát đơn vị tính toán theo kết quả thí nghiệm SPT khác biệt đáng kể so với kết quả ước lượng từ số đo biến dạng thân cọc, đặc biệt ở các độ sâu từ 35 đến 45 m và từ 65 đến 73 m. Có thể thấy rằng sự khác biệt chủ yếu xảy ra ở khu vực xen kẽ các lớp đất rời hay ranh giới của lớp đất dính và lớp đất rời chứa nước (Hình 1 và Hình 11) là nơi trị số N suy giảm đột ngột. Ở đây, cũng nên lưu ý rằng ma sát đơn vị tính toán theo phương pháp sử dụng kết quả thí nghiệm SPT không những phụ thuộc trị số N mà còn phụ thuộc vào loại đất.

Quy luật phân bố ma sát đơn vị dọc theo thân cọc theo kết quả thí nghiệm PMT tương tự như kết quả thu nhận được từ số đo biến dạng dọc theo thân cọc. Có thể thấy rằng qui luật phân bố tải trọng giới hạn  $p_L$  từ kết quả thí nghiệm PMT phù hợp với sự phân bố sức kháng ma sát theo độ sâu. Khi cọc đi qua các lớp đất khác nhau, xu hướng thay đổi ma sát đơn vị theo kết quả thí nghiệm PMT và kết quả ước lượng từ số đo biến dạng thân cọc tương tự nhau. Tuy nhiên, giá trị sức kháng ma sát tính từ tải trọng giới hạn  $p_L$  theo kết quả thí nghiệm PMT nhỏ hơn so với kết quả thí nghiệm đo đạc. Như vậy, nếu hệ số qui đổi được điều chỉnh lớn hơn và phù hợp thì phương pháp đánh giá khả năng chịu tải của cọc theo kết quả thí nghiệm PMT có thể giúp nâng cao độ tin cậy và độ chính xác.



**Hình 11.** Ma sát đơn vị dọc theo thân cọc tính toán theo kết quả thí nghiệm hiện trường và ước lượng từ thí nghiệm bằng hộp nén

### 3. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Từ kết quả phân tích đánh giá khả năng chịu tải của cọc khoan nhồi ở dự án Lancaster quận 4, TP.HCM và so sánh kết quả thử tải bằng hộp nén Osterberg, có thể rút ra các kết luận chính như sau:

- Giá trị khả năng chịu tải của cọc khoan nhồi tính toán theo kết quả thí nghiệm đất trong phòng dao động trong phạm vi rộng và khác biệt đáng kể với kết quả thử tĩnh bằng hộp nén Osterberg.

- Khả năng chịu tải của cọc tính toán theo kết quả thí nghiệm hiện trường theo kết quả thí nghiệm SPT của Viện kiến trúc Nhật Bản (1988) và theo kết quả thí nghiệm PMT của Bustamante Gianeselli (2006) có giá trị phù hợp với kết quả phân tích từ thí nghiệm nén tĩnh cọc.

- Quy luật thay đổi sức kháng ma sát theo kết quả tính toán từ thí nghiệm PMT phù hợp với kết quả phân tích từ đo đạc biến dạng dọc theo thân cọc. Quy luật phân bố sức kháng ma sát theo kết quả tính toán từ thí nghiệm SPT có sự khác biệt so với kết quả phân tích từ đo đạc biến dạng dọc theo thân cọc.

Ngoài ra, có thể thấy rằng tải trọng lớn nhất của thí nghiệm bằng hộp nén Osterberg lớn hơn so với khả năng chịu tải của cọc tính theo cường độ vật liệu. Ở đây, áp lực tác dụng trực tiếp vào vật liệu cọc được phân làm 2 thành phần (lên trên và xuống dưới) nên vật liệu cọc tiếp xúc trực tiếp tải trọng không bị phá hoại. Tuy nhiên, điều này cho thấy kích thước cọc chọn lựa thiết kế dư nên khả năng chịu tải của cọc theo đất nền vượt quá khả năng chịu tải theo vật liệu.

Quy luật phân bố giá trị sức kháng ma sát tính toán theo giá trị áp lực giới hạn  $p_L$  (PMT) phù hợp với kết quả đo đạc biến dạng dọc theo thân cọc nên phương pháp tính toán sử dụng kết quả thí nghiệm PMT được xem là phù hợp và có triển vọng hơn cả. Trong thực tế, do dữ liệu kết quả thí nghiệm này chưa đầy đủ nên ít được sử dụng để tính toán phân tích khả năng chịu tải của cọc, đặc biệt cho cọc có chiều dài lớn.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. TCVN 10304:2014. Móng cọc - Tiêu chuẩn thiết kế.
2. TCVN 9363:2012. Khảo sát cho xây dựng - Khảo sát địa kỹ thuật cho nhà cao tầng.
3. Jean-Louis Briaud (1992). The pressuremeter. Texas A&M University, College Station A.A. Balkema/Rotterdam/Brookfield.
4. Michel Bustamante, Michel (Mike) Gambin (2009). Pile Design at Failure Using the Ménard Pressuremeter: an up-date. Fellow ASCE & Luigi Gianeselli ASCE Geotechnical Special Publication N<sup>o</sup> 186, p.127-134.
5. B. M. Das (2023). Principles of foundation engineering. 10<sup>th</sup> ed. Boston: Cengage
6. Jean-Claude Verbrugge, Christian Schroeder (2018). Geotechnical Correlations for Soils and Rock. ISTE Ltd and John Wiley & Sons Inc.
7. Công ty cổ phần địa chất - xử lý nền móng - xây dựng Đông Dương. Báo cáo khảo sát địa chất công trình - Dự án Lancaster, quận 4, TP.HCM, tháng 01, năm 2016.
8. Công ty Fugro Singapore PTE Ltd. Báo cáo kết quả thí nghiệm kiểm tra khả năng chịu tải cọc theo phương pháp sử dụng hộp nén Osterberg - Dự án Lancaster, quận 4, TP.HCM, tháng 9, năm 2016.
9. Bùi Trường Sơn. Đánh giá khả năng chịu tải của cọc theo kết quả thí nghiệm nén ngang trong hố khoan. Số 21, Tuyển tập kết quả khoa học và công nghệ 2019-2020. Trang 389-397.
10. Nguyễn Văn Mót, Bùi Trường Sơn. Ngoại suy quan hệ tải trọng - độ lún của cọc từ kết quả thí nghiệm nén tĩnh trên cơ sở các phương pháp hàm xấp xỉ. Tạp chí Xây dựng, Bộ Xây dựng, số 7, tháng 7-2021. Trang 128-132.