

- + Các công trình có yêu cầu về bảo đảm an toàn cho các công trình lân cận, cần tránh xảy ra tranh chấp, đền bù hư hỏng cho quá trình xây dựng.
- + Các công trình cầu, móng hàng rào, tường bao cho tầng hầm, công trình trên bờ sông... Các công trình có địa tầng xen kẽ phức tạp.

### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1] Nguyễn Thái, Vũ Công Ngữ, *Móng cọc phân tích và thiết kế*, Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật  
 [2] GSTS Nguyễn Văn Quảng – KS. Nguyễn Hữu Kháng – KS. Ưông Đình Chất, *Nền và móng các công trình dân dụng-công nghiệp*, Nhà xuất bản Xây dựng

### **TIÊU CHUẨN THI CÔNG VÀ NGHIỆM THU:**

STT	Số hiệu tiêu chuẩn	Tên tiêu chuẩn
1	TCXD 4055 - 1985	Tổ chức thi công.
2	TCVN 4091 - 1985	Nghiệm thu các công trình xây dựng.
3	TCVN 4447 - 1987	Công tác đất. Quy phạm thi công và nghiệm thu.
4	TCVN 4452 - 1987	Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép lắp ghép. Quy phạm thi công và nghiệm thu.
5	TCVN 4453 - 1995	Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép toàn khối. Quy phạm thi công và nghiệm thu.
6	TCXD 79 - 1980	Thi công và nghiệm thu các công tác nền móng.
7	TCXD 190 - 1996	Móng cọc tiết diện nhỏ. Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu.
8	TCXD 206 - 1998	Cọc khoan nhồi. Yêu cầu về chất lượng thi công.

*Người phản biện: ThS. Nguyễn Tiến Thành*

-----

## **ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP SỐ TRONG TÍNH TOÁN SỨC CHỊU TẢI CỌC KHOAN NHỒI CALCULATION OF BORED PILE BEARING CAPACITY BY USING FINITE ELEMENT METHOD**

**ThS. TRẦN HUY THANH**  
*Khoa Công trình thủy, Trường ĐHHH*

### **Tóm tắt**

*Bài báo này trình bày một cách tổng quát cách tính toán sức chịu tải cọc khoan nhồi theo TCXDVN 205-98, các phương pháp thực nghiệm xác định sức chịu tải của cọc (PDA, nén tĩnh, OSTENBERG, cơ sở lý thuyết chung của phần mềm Plaxis 3D foundation, ứng dụng của phần mềm trong tính toán sức chịu tải của cọc khoan nhồi.*

### **Abstract**

*This Article presents in a general the method to calculate bearing capacity of the bored pile according to TCXDVN 205-98, experimental methods to determine the bearing capacity of the bored pile such as PDA test, Static load test, OSTENBERG test, and also introduce the fundamental theory of Plaxis 3D foundation program and using for calculating the bored pile bearing capacity.*

### **1. Đặt vấn đề**

Móng cọc vuông hay đặc biệt là cọc khoan nhồi đang là giải pháp ưu tiên hàng đầu đối với các công trình chịu tải trọng lớn. Sau khi hoàn thiện cọc, việc xác định sức chịu tải chính xác của cọc là vấn đề nan giải. Có thể sử dụng phương pháp nén tĩnh, phương pháp thử động PDA, thí nghiệm OSTENBERG để so sánh với kết quả tính toán theo lý thuyết, từ đó lựa chọn được chiều dài cọc đại trà. Tuy nhiên, việc thí nghiệm trên là tương đối phức tạp, tốn kém, do vậy, cần thiết phải đề xuất một phương pháp tính toán lý thuyết khác, so sánh với thực tế để rút bớt thời gian cho các công tác trên.

---

Với yêu cầu tính toán ngày càng cao, cùng với sự phát triển mạnh mẽ của phương pháp số, việc ứng dụng phương pháp số để tính toán sức chịu tải cọc khoan nhồi là hết sức cần thiết đối với công tác thiết kế trong giai đoạn hiện nay.

## **2. Các phương pháp xác định sức chịu tải cọc khoan nhồi**

### **2.1 Phương pháp thí nghiệm động biến dạng lớn PDA**

Nguyên lý của phương pháp thử động biến dạng lớn và thiết bị phân tích động cọc PDA [8] dựa trên nguyên lý thuyết truyền sóng ứng suất trong bài toán va chạm của cọc, với đầu vào là các số liệu đo gia tốc và biến dạng thân cọc dưới tác dụng của quả búa. Các đặc trưng động theo Smith [8] là đo sóng của lực và sóng vận tốc (tích phân gia tốc) rồi tiến hành phân tích thời gian thực đối với hình sóng (bằng các phép tính lặp) dựa trên lý thuyết truyền sóng ứng suất thanh cứng và liên tục do va chạm dọc trục tại đầu cọc gây ra.

Cơ sở của phương pháp này dựa vào:

- + Phương trình truyền sóng trong cọc
- + Phương pháp case
- + Mô hình hệ búa - cọc - đất của Smith
- + Phần mềm CAPWAPC
- + Hệ thống thiết bị phân tích đóng cọc PDA

#### **\* Phạm vi áp dụng**

- Thời gian nhanh hơn thử tĩnh, chi phí thấp, thử được nhiều cọc trong ngày
- Lựa chọn được hệ thống đóng cọc hợp lý
- Tiêu chuẩn áp dụng: theo tiêu chuẩn ASTM –D4945.

### **2.2 Phương pháp thử tĩnh động [8]**

#### **\* Phạm vi áp dụng**

- Cho tất cả các loại cọc đứng và cọc nghiêng trong mọi điều kiện địa chất
- Từ năm 1988, STATNAMIS đã thử được tải trọng 0.1 MN và đến năm 1994 đã phát triển thử được tải trọng đến 30 MN. Nó được áp dụng nhiều ở Canada, Mỹ, Hà Lan, Nhật Bản, Đức...

#### **\* Nhận xét**

- Việc ứng dụng thử tải STATNAMIS đang ngày càng cạnh tranh mạnh mẽ với thử tải biến dạng lớn PDA do có độ tin cậy cao, giá thành hợp lý và nhiều ưu điểm hơn so với phương pháp PDA. Đặc biệt có thể thử tải ngang hay với tải trọng rất lớn đến trên 3.000 tấn. Về độ lớn tải trọng thử đạt được cho đến nay nó chỉ kém phương pháp hợp tải trọng Osterberg.

### **2.3 Phương pháp thử tải trọng tĩnh truyền thống**

Đây là phương pháp trực tiếp xác định tải của cọc, thực chất là xem xét ứng xử của cọc (độ lún) trong điều kiện cọc làm việc như thực tế dưới tải trọng công trình nhằm mục đích chính là xác định độ tin cậy của cọc ở tải trọng thiết kế, xác định tải trọng giới hạn của cọc, hoặc kiểm tra cường độ vật liệu của cọc với hệ số an toàn xác định bởi thiết kế [8].

#### **\* Nguyên lý và phạm vi áp dụng**

Dùng hệ thống cọc neo hoặc các vật nặng chất phía trên đỉnh cọc làm đối trọng để gia tải nén cọc.

Phương pháp này chỉ thích hợp ở nơi có mặt bằng đủ rộng, nơi không có nước mặt (sông) và cọc thử có tải trọng nhỏ (< 5000 tấn).

Chi phí cho việc làm đối trọng sẽ càng lớn khi tải trọng cọc, thử càng lớn và nhất là nơi sông nước.

#### **\* Nhận xét và kết luận**

Trong các phương pháp thử tải trọng cọc khoan nhồi, phương pháp thử tải trọng tĩnh truyền thống tuy không dùng thiết bị hiện đại nhưng chi phí cũng sẽ rất cao khi gặp điều kiện khó khăn về mặt bằng. Kết quả thử tải là sức chịu đựng tổng cộng của cọc (không cho biết riêng: sức chịu tải của mũi cọc và sức chịu tải thân cọc). Bên cạnh đó đối với các cọc khoan nhồi có sức chịu tải của 10.000 tấn hoặc lớn hơn thì hệ đối trọng để gia tải theo phương pháp này cũng sẽ gặp khó khăn, không thực hiện được. Do vậy áp dụng thử tải tĩnh truyền thống chủ yếu sử dụng để thử tải các cọc có tải trọng dưới 5.000 tấn và cọc bố trí ở mặt rộng rãi và trên cạn.

Ngoài ra sử dụng phương pháp này tốn nhiều thời gian, phương tiện kỹ thuật. Tuy nhiên phương pháp này cho kết quả được xem là chính xác nhất trong các phương pháp hiện nay, có thể làm cơ sở cho việc kiểm chứng các phương pháp khác.

---

## 2.4 Phương pháp thử tải tĩnh bằng hộp tải trọng Osterberg

### \* Phạm vi áp dụng

- Có thể thấy ngay phương pháp này [7] phù hợp với các cọc có sức chống giới hạn thành bên và mũi cọc tương đương nhau. Còn trong trường hợp sức chống giới hạn của mũi nhỏ hơn sức chống thành bên thì có thể đặt hai tầng ở mũi cọc và thân cọc để thử. Cao trình đặt ở tầng thân phải đảm bảo điều kiện  $P_{ghmũi} > P_{gh}$ . Khi đó trình tự chất tải sẽ phức tạp hơn để có thể xác định được  $P_{ghmũi}$ ,  $P_{gh}$  đoạn toàn thân cọc.

- Phương pháp này áp dụng thử tải cho các cọc khoan nhồi có sức chịu tải lớn, những nơi khó khăn về mặt bằng thi công hay cọc trên sông nước.

### \* Nhận xét

Phương pháp thử tải cọc khoan nhồi bằng hộp tải Osterberg mang lại độ chính xác cao, có thể kiểm tra được khả năng chịu lực của từng lớp đất cọc đi qua (thông qua giá trị sức kháng ma sát thành bên và sức kháng mũi của đất nền). Với thiết bị thí nghiệm gọn nhẹ, loại thí nghiệm dạng hộp tải trọng Osterberg có thể dùng thử tải cọc chịu tải 4000 – 18000 tấn và có thể lớn hơn. Thử tải bằng hộp tải trọng Osterberg cell khắc phục được khuyết điểm của phương pháp thử tải tĩnh truyền thống như: có thể bố trí thử tải cọc ở nơi sông rộng, sâu, nước chảy xiết hoặc nơi mặt bằng chật hẹp... Nhược điểm của thử tải Osterberg là cần có đội ngũ chuyên gia kỹ thuật cao thực hiện thí nghiệm. Hiện tại tuy chi phí thử tải còn cao, nhưng tương lai về lâu dài phương pháp thử tải tĩnh bằng hộp tải trọng Osterberg có thể sẽ có chi phí thấp và có xu hướng sử dụng thay thế hoàn chỉnh phương pháp thử tải tĩnh truyền thống trong công tác thí nghiệm cọc khoan nhồi đường kính lớn.

## 3. Tổng quan về phần mềm Plaxis 3D foundation và các ứng dụng

### 3.1 Tổng quan về phần mềm

Phần mềm Plaxis 3D foundation [1] là một trong những phần mềm mạnh được nhiều nước trên thế giới dùng để giải quyết các bài toán về móng, công trình giao thông, công trình cảng-đường thủy, phần ngầm các công trình xây dựng và các công trình ngầm tương tác với nền đất.

### 3.2 Phạm vi áp dụng

Phần mềm Plaxis 3D foundation tỏ rõ thế mạnh trong tính toán ứng suất, biến dạng, chuyển vị lún, nội lực trong kết cấu và ổn định trượt sâu tương tác giữa công trình với nền đất gia cường (bắc thám, vải địa kỹ thuật, cọc, neo ...) hoặc nền đất không gia cường (đất tự nhiên) [1].

Dưới đây là những vấn đề cơ bản về khả năng giải quyết bài toán địa kỹ thuật và quy trình tiến hành tính toán kết cấu công trình nằm trong đất.

#### 3.2.1 Các dạng bài toán

+ Bài toán không gian 3D dùng cho việc mô tả trạng thái ứng suất biến dạng trong các giai đoạn thi công thực tế theo không gian kể cả các phương án thi công hiện đại như các phương pháp đào ngầm.

+ Các mô hình đất nền đa dạng có kể đến quá trình thoát nước, không thoát nước, cố kết và từ biến. Mô tả được sự hình thành các khe nứt giữa đất và kết cấu trong quá trình làm việc nhờ phần tử tiếp xúc.

+ Bài toán động (đóng cọc động đất và các dạng tải có chu kỳ khác) dùng cho bài toán phẳng.

#### 3.2.2 Các ứng dụng tính toán của phần mềm Plaxis 3D foundation

Plaxis 3D Foundation là phần mềm chuyên dùng phân tích biến dạng của kết cấu móng dưới dạng 3D. Quá trình phân tích có kể đến sự tương tác giữa phần kết cấu bên trên và nền đất. Đặc biệt với móng cọc có sự ảnh hưởng lẫn nhau giữa đài cọc, cọc và đất thì phân tích biến dạng sử dụng 3D Foundation rất hiệu quả.

##### Chức năng cơ bản:

- + Phân tích sức chịu tải của cọc khoan nhồi
- + Phân tích móng bè đối xứng trên một mặt thẳng đứng
- + Bài toán kết cấu hố đào
- + Gia cố nền và tính toán lún móng công trình
- + Kết cấu tường cừ

Các bước giải bài toán bằng phần mềm Plaxis 3D foundation:

- 1) Bước 1: Thiết lập tổng thể bài toán;
- 2) Bước 2: Thiết lập mặt bằng làm việc;
- 3) Bước 3: Thiết lập đường bao, hình dạng kết cấu;
- 4) Bước 4: Khai báo tải trọng;
- 5) Bước 5: Khai báo lỗ khoan và các tính chất vật liệu;
- 6) Bước 6: Chia lưới phần tử;
- 7) Bước 7: Thiết lập giai đoạn tính toán;
- 8) Bước 8: Chọn điểm;
- 9) Bước 9: Tính toán;
- 10) Bước 10: Xem và xuất kết quả nội lực, biến dạng và ứng suất của kết cấu;
- 11) Bước 11: Xem và xuất kết quả biểu đồ quan hệ lực – chuyển vị của kết cấu.

#### 4. Ứng dụng phương pháp số trong tính toán sức chịu tải cọc khoan nhồi

##### 4.1. Những căn cứ tính toán:

Trên cơ sở lý thuyết ở trên tác giả sẽ tính toán sức chịu tải của cọc khoan nhồi một công trình thực tế (Dự án Cầu Rào II, Cọc trụ S1) [6] bằng lý thuyết (TCXD 205-98), tính toán bằng phương pháp phần tử hữu hạn, so sánh kết quả tính toán với kết quả thí nghiệm hiện trường (bằng phương pháp thí nghiệm Osterberg). Từ đó đưa ra những nhận xét cụ thể.

##### 4.2. Tính toán cụ thể

Dùng phương pháp số tính toán sức chịu tải cọc khoan nhồi với các thông số cọc như sau [4]:

Đường kính cọc:  $D=1000$ ;

Chiều dài cọc: 52m

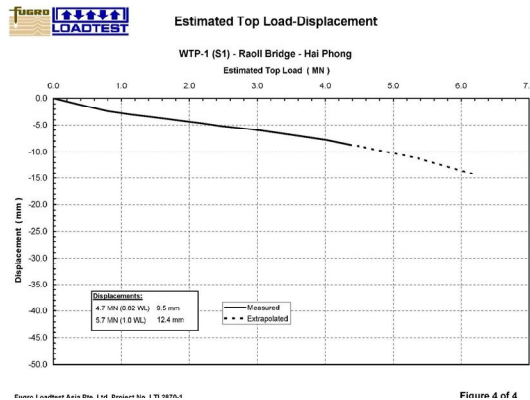
##### 4.2.1. Tính toán bằng lý thuyết (TCXD 205-1998)

SCT cọc khoan nhồi bằng 437,1T, trong đó sức kháng thân cọc là 253,1 T, sức kháng mũi là 184T: Do số liệu tra bảng nên gặp phải sai số trong tính toán, đồng thời không đánh giá được độ lún của cọc trong quá trình làm việc.

##### 4.2.2. Kết quả thí nghiệm Osterberg [11]

Tải áp dụng là: 4,7MN thì chuyển vị đo được là 9,5mm

Tải áp dụng là: 5,7MN thì chuyển vị đo được là 12,4mm



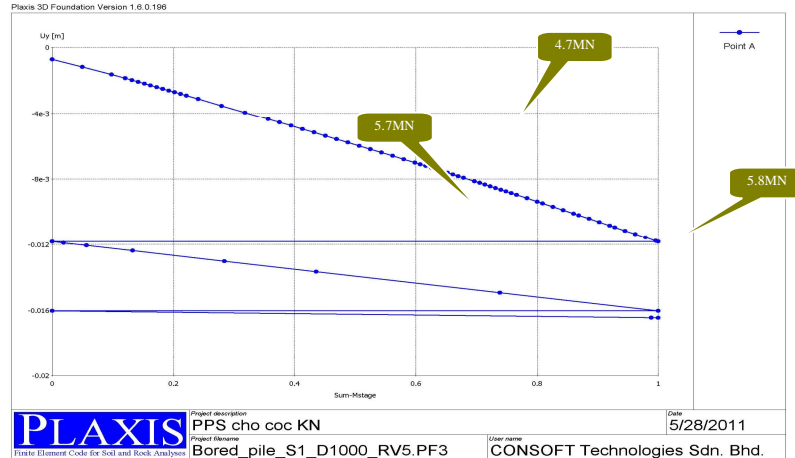
Hình 1. đường cong chuyển vị - lực bằng thí nghiệm OSTENBERG.

##### 4.2.3 Tính toán bằng phương pháp số

Sử dụng phần mềm PLAXIS-3D Foundation, mô hình hóa thí nghiệm cọc như thực tế, kết quả cụ thể ta có:

Tải áp dụng là: 4,7MN thì chuyển vị tính toán được là 12mm

Tải áp dụng là: 5,7MN thì chuyển vị tính toán được là 16mm



**Hình 2. Đường cong chuyển vị - lực tính bằng phương pháp số, Plaxis 3D foundation.**

### 5. Nhận xét

Sau khi tính toán và so sánh với kết quả thực nghiệm, tác giả có một số nhận xét sau:

- 1) Việc tính toán sức chịu tải bằng phương pháp số cho kết quả khá sát với thực tế, có thể đánh giá được tải trọng giới hạn của cọc và chuyển vị cho phép, từ đó giúp các kỹ sư cân nhắc trong việc yêu cầu tải trọng cho phép cho từng cọc;
- 2) Sai số giữa kết quả tính toán và thực nghiệm có thể lý giải là do trong tính toán mới chỉ tính cho một cọc đơn, chưa kể đến ảnh hưởng của các cọc xung quanh, đồng thời phạm vi ảnh hưởng của cọc đặt ra trong bài toán là giả định (5x5m);
- 3) Phương pháp số đánh giá sức chịu tải của cọc theo tác giả đáng tin cậy, cần tập hợp nhiều số liệu thực nghiệm và so sánh với kết quả tính toán để đưa ra những khuyến cáo hợp lý để tiết kiệm cho quá trình thi công nhưng vẫn đảm bảo độ tin cậy.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] PGS.TS Đỗ Văn Đệ (2011), *Phần mềm Plaxis 3D foundation ứng dụng vào tính toán móng công trình ngầm*, Nhà Xuất bản Xây dựng
- [2] PGS.TS Đỗ Văn Đệ (2009), *Phần mềm Plaxis ứng dụng vào tính toán các công trình thủy công*, Nhà Xuất bản Xây dựng;
- [3] Lê Đức Thắng (1994), *Nền và móng*, NXB Xây dựng;
- [4] Liên danh WSP-Finnroad-Tedi, *Bản vẽ Cầu rào II*, 2004.
- [5] PGS.TS Nguyễn Hữu Đầu & KS. Phan Hiệp, *Phương pháp Osterberg đánh giá sức chịu tải cọc khoan nhồi - ba rét*.
- [6] Công ty HCDC-Hải phòng, *Báo cáo khảo sát địa chất bổ sung dự án Cầu Rào II*, 6/2010.
- [7] [http://vi.ketcau.wikia.com/wiki/Thi\\_nghiem\\_Osterberg](http://vi.ketcau.wikia.com/wiki/Thi_nghiem_Osterberg);
- [8] [http://vi.ketcau.wikia.com/wiki/Kiem\\_tra\\_suc\\_chiu\\_tai\\_coc\\_khoan\\_nhoi](http://vi.ketcau.wikia.com/wiki/Kiem_tra_suc_chiu_tai_coc_khoan_nhoi)
- [9] W.Wehlert & P.A Vermeer – Magnus Larson – Takao Yamashita (2005), *Numerical analyses of load test on bored piles*, University of stuttgart, Germany.
- [10] *Plaxis 3D foundation manual V1.6*
- [11] Furgo load test Asia pre ltd, *Report on bored pile load testing (Ostenberg cell method)*, 1/2011, Rao II Bridge construction project

**Người phản biện: ThS. Nguyễn Sỹ Nguyên**