

**TCVN**

**TIÊU CHUẨN QUỐC GIA**

**TCVN 10834:2015**

**MÓNG CỌC ỐNG THÉP DẠNG CỌC ĐƠN DÙNG CHO  
CÔNG TRÌNH CẦU - TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ**

*Steel pipe pile for bridge foundation - Design Specification*

**HÀ NỘI - 2015**

# MỤC LỤC

1	Phạm vi áp dụng.....	7
2	Tài liệu viện dẫn .....	7
3	Thuật ngữ và định nghĩa.....	8
4	Khảo sát phục vụ thiết kế .....	8
4.1	Các khảo sát cơ bản .....	8
4.2	Khảo sát địa chất .....	9
4.3	Xói cầu.....	13
4.4	Khảo sát các điều kiện xây dựng.....	13
5	Nguyên tắc thiết kế.....	14
5.1	Nguyên lý thiết kế.....	14
5.2	Phân tích kết cấu.....	14
6	Tải trọng và phân bố tải trọng .....	16
6.1	Tải trọng.....	16
6.2	Phân bố tải trọng.....	16
7	Vật liệu .....	16
8	Hệ số phản lực nền .....	17
8.1	Tổng quát.....	17
8.2	Hệ số phản lực nền theo phương đứng .....	18
8.3	Hệ số nền theo phương ngang .....	19
8.4	Hệ số trượt $C_s$ .....	19
9	Hệ số đàn hồi (độ cứng lò xo) của cọc .....	21
9.1	Tổng quát.....	21
9.2	Hệ số đàn hồi của cọc theo hướng dọc trục.....	21
9.3	Hệ số đàn hồi theo phương vuông góc với trục của cọc .....	24
10	Thiết kế kết cấu móng cọc ống thép .....	27
10.1	Tổng quan.....	27

**TCVN 10834:2015**

10.2	Trạng thái giới hạn và hệ số sức kháng .....	32
10.3	Khả năng chịu tải của cọc theo đất nền.....	33
10.4	Khả năng chịu tải theo vật liệu kết cấu cọc.....	40
10.5	Thiết kế nhóm cọc.....	41
11	Liên kết giữa cọc và bộ móng .....	44
11.1	Tổng quát.....	44
11.2	Phương pháp liên kết.....	44
11.3	Cơ sở thiết kế .....	45
11.4	Chi tiết kết cấu .....	45
12	Thiết kế các chi tiết khác của cọc .....	47
12.1	Đầu cọc.....	47
12.2	Mũi cọc .....	47
12.3	Kỹ thuật hàn nối cọc ống thép.....	47
Phụ lục A (Tham khảo) Các đặc trưng tiêu chuẩn của đất.....		49
Phụ lục B (Tham khảo) Phương pháp chuyển vị xác định chuyển vị và phản lực của cọc .....		51
Tài liệu tham khảo .....		54

## **Lời nói đầu**

TCVN 10834:2015 do Ban Kỹ thuật Tiêu chuẩn Bộ Giao thông Vận tải biên soạn, Bộ Giao thông Vận tải đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.



# Móng cọc ống thép dạng cọc đơn dùng cho công trình cầu - Tiêu chuẩn thiết kế

*Steel pipe pile for bridge foundation - Design Specification*

## 1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này được áp dụng cho thiết kế móng cọc ống thép (hở mũi và có bịt mũi) dạng cọc đơn (bố trí các cọc đơn) cho công trình cầu đường bộ và đường sắt.

## 2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau là cần thiết cho việc áp dụng Tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 9245:2012, *Cọc ống thép*;

TCVN 9351:2012, *Đất Xây dựng - Phương pháp Thí nghiệm Hiện trường - Thí nghiệm xuyên Tiêu chuẩn*;

TCVN 9352:2012, *Đất Xây dựng - Phương pháp Thí nghiệm xuyên tĩnh*;

TCVN 9393:2012, *Cọc - Phương pháp thử nghiệm hiện trường bằng tải trọng tĩnh ép dọc trục*;

TCVN 9394:2012, *Đóng và ép cọc thi công và nghiệm thu*;

TCVN 9437:2012, *Khoan thăm dò địa chất công trình*;

TCVN 10304:2014, *Móng cọc – Tiêu chuẩn thiết kế*;

JRA 2012, *Specification for Highway Bridges*;

AASHTO LRFD Bridge 2012, *Specification for Bridge Design*;

ASTM D 4719, *Standard Test Method for Prebored Pressuremeter Testing in Soils*;

ASTM D 6635, *Standard Test Method for Performing the Flat Plate Dilatometer*;

ASTM D 1586, *Standard Test Method Standard Penetration Test*;

ASTM D 6066, *Standard Practice Determining Normalized*;

ASTM D 5092, *Standard Practice Design Installation of Ground*;

JGS 1531-2012, *Pressuremeter Test for Index Evaluation of the Ground*;

### 3 Thuật ngữ và định nghĩa

Tiêu chuẩn này sử dụng các thuật ngữ và định nghĩa sau đây, ngoài ra cũng sử dụng các thuật ngữ và định nghĩa trong các tiêu chuẩn viện dẫn:

**3.1 Cọc ống thép (Steel pipe pile):** Các ống thép được sử dụng làm cọc trong các công trình xây dựng, giao thông; có đường kính lớn hơn 300 mm (Bảng 4 của TCVN 9245: 2012). Các loại cọc ống thép được phân loại dựa trên cấu tạo của mũi cọc, thân cọc và phương pháp thi công.

**3.2 Móng cọc ống thép dạng đơn (distinct steel pipe piles foundation):** Móng sử dụng các cọc ống thép riêng lẻ tạo thành nhóm cọc liên kết với bệ cọc

**3.3 Cọc ống thép hở mũi không có hiệu ứng bịt mũi cọc (Unplugged open-ended steel pipe pile):** Cọc ống thép hở cả đầu cọc và mũi cọc và được đóng vào trong đất. Sau khi cọc được đóng, cao độ của đất bên trong và bên ngoài cọc xấp xỉ bằng nhau.

**3.4 Cọc ống thép hở mũi có hiệu ứng bịt mũi cọc (Plugged open-ended steel pipe pile):** Cọc ống thép hở cả đầu cọc và mũi cọc và được đóng vào trong đất. Sau khi cọc được đóng, cao độ của đất bên trong thấp hơn cao độ của đất ở bên ngoài cọc. Trạng thái bịt mũi cọc được xác định dựa trên sự chênh lệch giữa cao độ của đất ở bên trong và bên ngoài cọc.

**3.5 Cọc ống thép bịt mũi bằng thép tấm (Steel pipe pile closed with bottom plate):** Bao gồm cọc ống thép và thép tấm hàn vào mũi của cọc ống thép. Tấm thép này phủ kín đầu dưới của ống sẽ xuyên sâu vào lớp đất chịu lực dưới mũi cọc. Bên trong cọc ống không có đất.

**3.6 Hệ số phản lực nền hay hệ số nền (Subgrade reaction coefficient):** Hệ số đặc trưng cho độ cứng của nền, bằng tỷ số giữa lực đơn vị và chuyển vị tương ứng. Hệ số phản lực nền phản ánh sức chịu tải và biến dạng của đất nền, thường được sử dụng trong mô hình hóa tương tác giữa móng và nền đất.

**3.7 Độ cứng lò xo của cọc (Constant spring of pile):** Hệ số đặc trưng cho tương tác giữa bệ móng, cọc và nền đất.

**3.8 Mô đun biến dạng của đất (Deformation modulus of soil):** Đặc trưng biểu thị khả năng biến dạng của đất; là hệ số tỷ lệ giữa gia số của áp lực thẳng đứng tác dụng lên tấm nền với gia số tương ứng của độ lún tấm nền, được quy ước lấy trong đoạn quan hệ tuyến tính.

### 4 Khảo sát phục vụ thiết kế

#### 4.1 Các khảo sát cơ bản

Các khảo sát sau đây cần được thực hiện trong thiết kế và thi công móng cọc ống thép:

- Khảo sát địa chất

- Khảo sát thủy văn
- Khảo sát các điều kiện xây dựng

Đối với khảo sát trong trường hợp cụ thể dưới các điều kiện sau đây, cần đặc biệt quan tâm thu thập các dữ liệu hiện trạng, địa lý, địa chất, môi trường:

- Đất yếu
- Đất có khả năng hóa lỏng khi động đất
- Khu vực núi
- Khu vực dễ bị sạt lở
- Khu vực gần các công trình hiện hữu

## 4.2 Khảo sát địa chất

### 4.2.1 Tổng quan

Công tác khảo sát địa chất tuân theo TCVN 9437:2012 hoặc tương đương.

Công tác khảo sát địa chất phải được thực hiện để cung cấp các thông tin cần thiết cho việc thiết kế và thi công móng. Mức độ khảo sát được dựa trên điều kiện đất nền, kiểu kết cấu và các yêu cầu của dự án. Công tác khảo sát phải đảm bảo để có thể làm rõ được bản chất của các lớp đất hoặc đá, các đặc trưng của đất hoặc đá, khả năng hóa lỏng, khả năng xói mòn và các điều kiện nước ngầm.

Thí nghiệm hiện trường và thí nghiệm trong phòng được coi trọng như nhau. Quy mô và mức độ chi tiết của các thí nghiệm hiện trường và các thí nghiệm trong phòng phụ thuộc vào các yếu tố: đặc trưng dự án, địa hình, địa chất, môi trường, ứng dụng, thời gian thực hiện...

Khi khảo sát địa chất cần xem xét tới các yếu tố ảnh hưởng chính như: Mục đích của việc xây dựng công trình, điều kiện địa chất, điều kiện thủy văn, kỹ thuật thiết kế, công nghệ và phương pháp thi công, thời gian thiết kế và xây dựng, các yêu cầu an toàn cho môi trường và các công trình xung quanh, dự toán, khả năng rủi ro; kinh nghiệm vận hành, thiết kế và xây dựng.

### 4.2.2 Thí nghiệm trong phòng

#### 4.2.2.1 Tổng quan

Các thí nghiệm trong phòng thí nghiệm được tiến hành theo các Tiêu chuẩn: được ghi trong thư mục tài liệu tham khảo hoặc các Tiêu chuẩn do Chủ đầu tư quy định.

Mục đích của thí nghiệm trong phòng là bổ sung các thông tin khảo sát cho các thí nghiệm hiện trường để phục vụ cho việc phân loại đất, xác định chỉ số của đất trên tính chất của đất, mật độ, cường độ và cường độ nén .

#### **4.2.2.2 Các thông số đặc tính cơ lý của đất phục vụ thiết kế**

Các đặc trưng cơ bản của đất sẽ được xác định từ kết quả khảo sát hiện trường và các thí nghiệm trong phòng thí nghiệm, tùy theo yêu cầu của chủ đầu tư có thể bao gồm:

- Phân loại đất (đối với tất cả các loại đất);
- Phân bố thành phần hạt (đất không dính), trọng lượng riêng;
- Hàm lượng hạt mịn (đất hỗn hợp bao gồm đất thô và hạt mịn);
- Độ ẩm tự nhiên (chủ yếu là đất hạt mịn), hàm lượng nước;
- Giới hạn Atterberg (đất hạt mịn);
- Hàm lượng hữu cơ (đất hạt mịn);
- Chi tiết có thể tham khảo phụ lục A và tài liệu tham khảo.

#### **4.2.3 Thí nghiệm hiện trường**

##### **4.2.3.1 Tổng quan**

Các thí nghiệm hiện trường được tiến hành theo các tiêu chuẩn được ghi trong thư mục tài liệu tham khảo hoặc các tiêu chuẩn do chủ đầu tư quy định.

##### **4.2.3.2 Thu thập và kiểm tra các tài liệu địa kỹ thuật hiện có**

Trước khi tiến hành công tác khảo sát hiện trường, cần phải kiểm tra hồ sơ địa kỹ thuật với các thông tin dữ liệu liên quan đến: hiện trạng khu vực dự án, các kết cấu hiện hữu, điều kiện địa kỹ thuật ... Các thông tin có thể bao gồm :

- Các bản đồ địa hình, bản đồ địa chất, hình ảnh chụp từ trên không, mặt bằng xây dựng và các số liệu điều tra ... ;
- Các dữ liệu địa chất, đặc điểm xói mòn, hiện tượng lún trượt đất trong khu vực lân cận... ;
- Các báo cáo địa chất có sẵn tại khu vực dự án và các khu vực lân cận ... ;
- Các dữ liệu về các công trình hiện có (nếu có, bao gồm cả tường neo trong đất hoặc các hệ thống tương tự ... ) trong khu vực;
- Dữ liệu về độ cao mực nước, mực nước ngầm (nếu có) ... trong khu vực của dự án;
- Các dữ liệu địa chấn, chẳng hạn như: sự thay đổi của mặt đất, hóa lỏng và mức độ khuếch đại khi động đất xảy ra tại khu vực xây dựng...

Khi đánh giá độ chính xác và hiệu quả của các thông tin này cho dự án mới, cần phải hết sức thận trọng. Đồng thời cũng phải cẩn thận khi ngoại suy các điều kiện địa chất nếu móng cọc ống thép được xây dựng trong khu vực ở cách vị trí khảo sát một khoảng cách nhất định.

#### 4.2.3.3 Các thí nghiệm hiện trường

Khảo sát hiện trường bao gồm cả kiểm tra, thí nghiệm trực quan tại chỗ và thu thập các dữ liệu liên quan về các đặc tính của khu vực này có thể ảnh hưởng đến công việc thiết kế, xây dựng và bảo trì (nếu cần thiết) của công trình sẽ xây dựng.

##### 1) Thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (SPT)

Tiến hành theo TCVN 9351-2012 hoặc tương đương (ASTM D 1586, ASTM D 6066, JIS A 1219).

Trong trường hợp không có đầy đủ số liệu từ thí nghiệm trong phòng có thể xác định góc ma sát trong ( $\varphi$ ) và lực dính ( $c$ ) theo các công thức sau đây hoặc tham khảo phụ lục A.

##### (1) Công thức 1 (JRA)

Góc ma sát trong của cát ( $\varphi$ ) có thể xác định thông qua giá trị SPT theo công thức sau:

$$\begin{aligned}\varphi &= 4,8 \log N_1 + 21 \\ N_1 &= \frac{170N}{\sigma'_v + 70}\end{aligned}\quad (1)$$

Lực dính của đất sét ( $c$ ) có thể xác định trực tiếp từ các thí nghiệm trong phòng trên các mẫu không bị phá hoại hoặc tham khảo công thức sau:

$$c = 6N \text{ đến } 10N \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (2)$$

##### (2) Công thức 2 (AASHTO LRFD-2012)

Góc ma sát trong thoát nước có thể xác định như sau:

Bảng 1. Quan hệ giá trị SPT  $N_{160}$  và góc ma sát trong thoát nước của cát (Bowles, 1977)

$N_{160}$	$\phi_r$
<4	25-30
4	27-32
10	30-35
30	35-40
50	38-43

Trong đó

$$N_{160} = C_N N_{60} \text{ (số búa/300mm)}$$

$$N = C_N N : \text{(số búa/300mm)}$$

$$C_N = [0.77 \log_{10}(1.92/\sigma'_v)], \text{ và } C_N < 2.0$$

$\sigma'_v$  : ứng suất pháp hữu hiệu (MPa)

## TCVN 10834:2015

N: số búa SPT chưa hiệu chỉnh (búa/300mm)

$N_{60} = (ER/60\%)N$  : số búa SPT hiệu chỉnh theo búa đóng (búa/300mm)

ER: hiệu suất búa thể hiện như phần trăm của lý thuyết năng lượng rơi tự do phân phối bởi hệ thống búa thực tế sử dụng (60% cho thả búa thông thường sử dụng cáp và đầu mào, 80% cho búa tự động)

### 2) Thí nghiệm xuyên côn (CPT)

Tiến hành theo TCVN 9352:2012 hoặc tương đương (ASTM D 5778, JIS A 1220).

### 3) Thí nghiệm cắt cánh hiện trường (VST)

Tiến hành theo ASTM D 2573 hoặc JIS 1411.

### 4) Thí nghiệm nén ngang trong lỗ khoan (PMT và DMT)

Thí nghiệm nén ngang trong lỗ khoan (PMT) và thí nghiệm nén ngang kết hợp xuyên liên tục trong lỗ khoan (DMT) được sử dụng không nhiều. Tiến hành theo ASTM D 4719, ASTM D 6635 hoặc JGS 1531. Từ kết quả DMT có thể xác định các thông số địa kỹ thuật của đất hoặc nội suy các chỉ số thí nghiệm khác.

### 5) Các kỹ thuật kiểm tra lỗ khoan

Tiến hành theo ASTM D 4700 hoặc tương đương.

### 6) Khảo sát địa tầng

Khi đã có đủ thông tin từ các lỗ khoan và từ các thí nghiệm hiện trường, có thể tiến hành khảo sát địa tầng để biết được tất cả các biến đổi địa chất có ảnh hưởng tới việc thiết kế và xây dựng móng cọc ống thép.

## 4.2.4 Nước ngầm

Hiện tượng nước ngầm ở trong đất có thể có những ảnh hưởng khác nhau tới việc thiết kế và công năng làm việc lâu dài của móng cọc ống thép. Vì vậy, cần khảo sát để phát hiện sự tồn tại và cao độ mực nước ngầm tại vị trí xây dựng.

Nước ngầm cần được đánh giá ngay từ khi khảo sát hiện trường bằng các lỗ khoan thăm dò và sau khi khoan phải quan trắc ít nhất là 24 giờ. Các thiết bị đo áp lực nước lỗ rỗng (Piezometer) hoặc các giếng quan sát phải được lắp đặt và quan trắc trong các chu kỳ thời tiết khác nhau. Khi nước ngầm chứa trong nhiều tầng ngậm nước được tách biệt bởi các lớp không thấm, có thể đặt các piezometer tại các cao trình khác nhau để ghi lại cột áp trong mỗi tầng chứa nước. Có thể tham khảo ASTM D 5092.

Việc thí nghiệm cần được thực hiện với tất cả các yếu tố nước ngầm bên dưới kết cấu, như mực nước ngầm, điều kiện tự chảy và các mạch nước ngầm sâu. Các thí nghiệm tại hiện trường sẽ hữu ích trong việc đánh giá chuyển động nước ngầm. Điều kiện tự chảy hoặc các trường hợp áp lực nước lỗ rỗng dư thừa cũng nên được xem xét vì chúng có xu hướng làm giảm khả năng chịu tải của đất. Một phân tích

trọng lượng có hiệu là phương pháp tốt nhất để tính toán khả năng chịu lực của cọc. Đối với việc thiết kế các móng cọc phải xét mực nước ngầm cao nhất phù hợp với trường hợp xấu nhất trong phân tích khả năng chịu lực của cọc. Tuy nhiên, việc hạ thấp đáng kể mực nước ngầm trong quá trình xây dựng có thể là nguyên nhân tạo nên những vấn đề khi hạ cọc và khai thác bởi việc gây ra sự nén lún hoặc cố kết.

Ảnh hưởng của nước ngầm và lực đẩy nổi danh định sẽ được xác định bằng cách sử dụng mực nước ngầm phù hợp với những điều kiện đã sử dụng để tính toán ứng suất hiệu quả dọc theo thân cọc và đầu cọc. Hiệu quả của áp lực thủy tĩnh sẽ được xem xét trong thiết kế.

Nước ngầm có thể có ảnh hưởng đáng kể đến đất nền, với một số loại đất sét nước ngầm có thể làm tăng thể tích của đất. Khi độ ẩm tăng, độ dẻo của đất sét tăng có thể dẫn đến sự sụt trượt.

### 4.3 Xói cầu

Khảo sát các điều kiện xói cầu cần được thực hiện với các điều kiện thiết kế sau:

+ Lũ thiết kế xói: Vật liệu đáy sông trong lăng thể xói ở phía trên đường xói chung được giả định là đã được chuyển đi trong các điều kiện thiết kế. Lũ thiết kế do mưa kèm triều dâng hoặc lũ hỗn hợp thường nghiêm trọng hơn là lũ 100 năm hoặc lũ tràn với chu kỳ tái xuất hiện nhỏ hơn. Các trạng thái giới hạn cường độ và trạng thái giới sử dụng phải áp dụng cho điều kiện này.

+ Lũ kiểm tra xói: Ổn định móng cầu phải được nghiên cứu đối với các điều kiện xói gây ra do lũ dâng đột xuất vì bão mưa kèm triều dâng, hoặc lũ hỗn hợp không vượt quá lũ 500 năm hoặc lũ tràn với chu kỳ tái xuất hiện nhỏ hơn. Dự trữ vượt quá yêu cầu về ổn định trong điều kiện này là không cần thiết. Phải áp dụng trạng thái giới hạn đặc biệt cho điều kiện này.

Nếu điều kiện tại chỗ do tích rác và dềnh nước ở gần nơi hợp lưu đòi hỏi phải dùng lũ sự cố lớn hơn thay cho lũ thiết kế xói hoặc lũ kiểm tra xói thì người thiết kế có thể dùng lũ sự cố đó.

Bệ móng nên được thiết kế với đỉnh bề thấp hơn mức xói chung tính toán để giảm thiểu trở ngại cho dòng lũ và tránh dẫn đến xói cục bộ.

Tại những nơi mà bắt buộc phải bố trí đỉnh bề cọc ở cao hơn đáy sông cần chú ý xét đến xói tiềm tàng.

Khi dùng trụ chống va hoặc hệ thống bảo vệ trụ khác thì trong thiết kế cần xét đến ảnh hưởng của chúng đến xói trụ cầu và sự tích rác.

Ổn định của móng trong vùng có dòng chảy xoáy cần được nghiên cứu kỹ và mái dốc nền đắp nhô ra phải được bảo vệ với các biện pháp chống xói phù hợp.

### 4.4 Khảo sát các điều kiện xây dựng

Khảo sát điều kiện xây dựng là thu thập các thông tin về vị trí được đề xuất đặt móng. Cần phải khảo sát các điều kiện trên mặt đất ảnh hưởng tới điều kiện và vị trí đặt móng như địa hình, các công trình hiện hữu, các di tích lịch sử hay cảnh quan thiên nhiên... Cũng cần phải xem xét các điều kiện tự nhiên như vùng đầm lầy

## TCVN 10834:2015

hoặc các khu vực sụt lở đất. Nếu cần thiết phải khảo sát môi trường xung quanh và công trường thi công. Hiện trạng của khu vực xây dựng được thể hiện trên bình đồ hiện trạng và các hình ảnh.

## 5 Nguyên tắc thiết kế

### 5.1 Nguyên lý thiết kế

Móng cọc ống thép phải được thiết kế theo các trạng thái giới hạn quy định để đạt được các mục tiêu thi công được, an toàn và sử dụng được, có xét đến các vấn đề khả năng dễ kiểm tra, tính kinh tế.

Bất kể dùng phương pháp phân tích kết cấu nào thì luôn luôn cần được thỏa mãn với mọi ứng lực và các tổ hợp được ghi rõ của chúng .

Mỗi cấu kiện và liên kết phải thỏa mãn bất phương trình (3) với mỗi trạng thái giới hạn, trừ khi có các quy định khác. Đối với các trạng thái giới hạn sử dụng và trạng thái giới hạn đặc biệt, hệ số sức kháng được lấy bằng 1,0. Mọi trạng thái giới hạn được coi trọng như nhau .

$$\sum \gamma_i Q_i \leq \varphi R_n \quad (3)$$

Trong đó:

$\gamma_i$ : hệ số tải trọng - hệ số nhân dựa trên thống kê dùng cho hiệu ứng lực;

$\varphi$ : hệ số sức kháng - hệ số dựa trên thống kê dùng cho sức kháng danh định;

$Q_i$ : Hiệu ứng lực

$R_n$ : Sức kháng danh định

$R_r$ : Sức kháng tính toán:  $R_r = \varphi R_n$

### 5.2 Phân tích kết cấu

#### 5.2.1 Tổng quát

Có thể sử dụng bất cứ phương pháp phân tích kết cấu nào thỏa mãn các yêu cầu về điều kiện cân bằng và tính tương hợp và sử dụng được mối liên hệ ứng suất - biến dạng cho loại vật liệu đang xét, chúng bao gồm các phương pháp sau và danh sách này còn có thể mở rộng hơn nữa:

- Phương pháp mô hình hệ khung,
- Phương pháp chuyển vị và phương pháp lực cổ điển,
- Phương pháp phần tử hữu hạn.

Người thiết kế được sử dụng các chương trình máy tính để dễ phân tích kết cấu và giải trình cũng như sử dụng các kết quả.



Trong tài liệu tính toán và báo cáo thiết kế cần chỉ rõ tên, phiên bản và ngày phần mềm được đưa vào sử dụng.

Các mô hình toán học phải bao gồm tải trọng, đặc trưng hình học và tính năng vật liệu của kết cấu, và khi thấy thích hợp, cả những đặc trưng ứng xử của móng. Trong việc lựa chọn mô hình, phải dựa vào các trạng thái giới hạn đang xét, định lượng, hiệu ứng lực đang xét và độ chính xác yêu cầu.

Phải đưa cách thể hiện thích hợp về đất và/hoặc đá làm móng cầu vào trong mô hình toán học của nền móng.

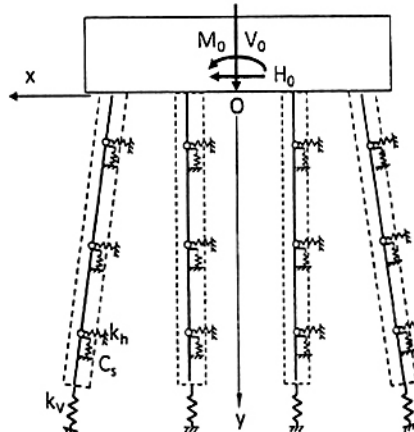
Kết cấu móng cọc được sử dụng trong công trình cầu có cấu tạo bao gồm nhóm cọc và bệ móng. Tải trọng tác dụng lên kết cấu trên sẽ truyền xuống nhóm cọc thông qua bệ móng. Chuyển vị theo phương ngang, phương đứng và phản lực của mỗi cọc có thể được tính toán bằng cách sử dụng mô hình phân tích hệ khung với các hệ số phản lực nền hoặc phương pháp chuyển vị với các hệ số đàn hồi.

Khi thiết kế về động đất, phải xét đến sự chuyển động tổng thể và sự hoá lỏng của đất (nếu có).

### 5.2.2 Phương pháp mô hình hệ khung

Mô hình hệ khung sử dụng hệ số phản lực nền được thiết lập theo chiều sâu (có thể sử dụng các phần mềm phân tích kết cấu theo phương pháp phân tử hữu hạn) thể hiện trong hình 1.

Các hệ số phản lực nền ( $k_H$ ,  $k_V$ ,  $C_S$ ) sử dụng trong mô hình hệ khung được trình bày trong mục 8.



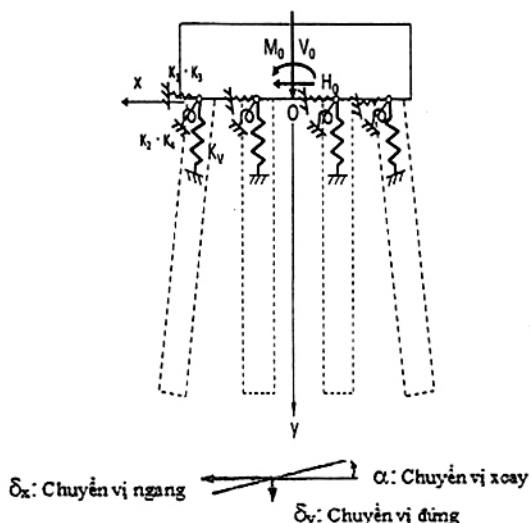
Hình 1. Mô hình phân tích hệ khung

### 5.2.3 Phương pháp chuyển vị

Tính toán móng cọc dựa trên phương pháp chuyển vị (phương pháp phân tích đàn hồi), có xem xét đến chuyển vị của bệ móng, bao gồm chuyển vị theo phương thẳng đứng, phương ngang và góc quay. Giả định rằng bệ móng là cứng tuyệt đối, có thể sử dụng mô hình phân tích ở Hình 2, đặc điểm biến dạng của mỗi cọc được thay thế bằng một hệ lò xo tại đầu cọc có giá trị tương đương và bệ móng được mô hình hóa như một khối cứng trên nhiều gối lò xo đại diện cho một nhóm cọc.

## TCVN 10834:2015

Phương pháp chuyển vị sử dụng các hệ số đàn hồi ( $K_V$ ,  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$ ,  $K_4$ ) theo phương ngang và phương đứng tại đầu cọc như trong hình 2 sẽ trình bày trong mục 9.



Hình 2. Mô hình phương pháp chuyển vị

Chi tiết phương pháp chuyển vị có thể tham khảo Phụ lục B.

## 6 Tải trọng và phân bố tải trọng

### 6.1 Tải trọng

Gồm các tải trọng và lực thường xuyên và nhất thời theo quy định của Tiêu chuẩn thiết kế cầu hiện hành. Việc bố trí móng cọc phải được thiết kế sao cho có hiệu quả nhất đối với các tải trọng này.

### 6.2 Phân bố tải trọng

Tải trọng phân bố lên cọc cần được xem xét dựa trên độ cứng của bộ cọc, liên kết tại đầu cọc và mũi cọc. Trong thực tế cọc chịu tác dụng đồng thời của lực dọc, lực ngang, mô men. Khi thiết kế có thể sử dụng các phần mềm để tính toán. Trong trường hợp tính toán sơ bộ có thể sử dụng giả thiết cọc là cứng, liên kết khớp ở đầu cọc và mũi cọc, cọc chỉ chịu tác dụng của lực dọc trục.

## 7 Vật liệu

Các yêu cầu về cấp vật liệu, thành phần hóa học, đặc tính cơ học của cọc ống thép tuân theo tiêu chuẩn TCVN 9245: 2012 hoặc tương đương.

## 8 Hệ số phản lực nền

### 8.1 Tổng quát

Về nguyên tắc, hệ số phản lực nền có thể được xác định bằng cách sử dụng mô đun biến dạng thu được từ kết quả khảo sát và sự phân bố bề rộng tải trọng của móng. Đây là hệ số cần thiết trong thiết kế để tìm ra chuyển vị và phản lực của móng, do đó hệ số này cần phải được xác định dựa trên các kết quả khảo sát và thí nghiệm.

Hệ số phản lực nền dùng để tính toán độ cứng lò xo theo phương ngang và phương đứng cho mô hình hệ khung (Mục 5.2) và sử dụng cho tính toán hệ số đàn hồi (Mục 9) cho phương pháp chuyển vị (Mục 5.3).

Hệ số phản lực nền  $k$  được định nghĩa như sau:

$$k = \frac{P}{S} \quad (4)$$

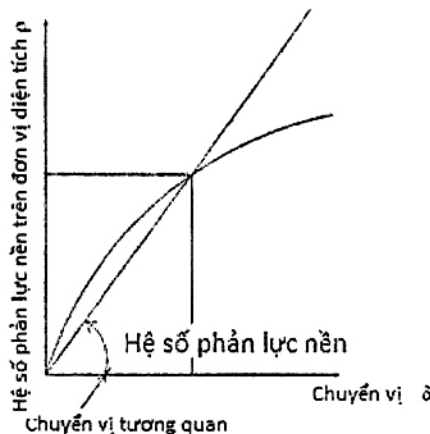
Trong đó:

$k$ : Hệ số nền (hệ số phản lực nền) ( $\text{kN/m}^3$ )

$P$ : Phản lực nền trên một đơn vị diện tích ( $\text{kN/m}^2$ )

$S$ : Chuyển vị (m)

Đất không phải là môi trường đàn hồi mà có mật độ và nén theo chiều sâu, đường cong quan hệ biến dạng – phản lực có dạng phi tuyến được thể hiện trong hình 3. Hệ số nền thay đổi theo chuyển vị, đồ thị này xác định tỷ số giữa phản lực nền trên một đơn vị diện tích và chuyển vị.



Hình 3. Hệ số phản lực nền

Trong tính toán hệ số phản lực nền có thể được xác định như là hàm của mô đun biến dạng của nền đất. Mô đun biến dạng của nền là giá trị vật lý phụ thuộc vào độ lớn của biến dạng xảy ra trong nền đất do tải trọng truyền xuống từ móng, ứng suất trong đất và thời gian gia tải. Do đó, giá trị của hệ số phản lực nền cũng thay

## TCVN 10834:2015

đổi theo các yếu tố này. Bên cạnh đó hệ số phản lực nền bị ảnh hưởng bởi các biến thể của tính chất vật lý của đất theo chiều sâu và sự khác biệt trong điều kiện gia tải lên kết cấu trong điều kiện thí nghiệm và điều kiện thực tế và nó là ứng xử khá phức tạp.

Hệ số phản lực nền được trình bày ở đây được định nghĩa trong trạng thái khi tải trọng móng tác dụng lên nền đất được giả định là tĩnh. Nó được sử dụng trong trường hợp thiết kế cho cọc dưới điều kiện bình thường và tính toán thiết kế tĩnh trường hợp động đất.

### 8.2 Hệ số phản lực nền theo phương đứng

Hệ số phản lực nền theo phương đứng xác định theo công thức 5:

$$k_v = k_{v0} \left( \frac{B_v}{0,3} \right)^4 \quad (5)$$

Trong đó:

$k_v$ : Hệ số phản lực nền theo phương đứng ( $\text{kN/m}^3$ )

$k_{v0}$ : Hệ số phản lực nền theo phương đứng ( $\text{kN/m}^3$ ) tương đương với giá trị của thí nghiệm gia tải lên bàn nén đường kính 0,3m (tham khảo TCVN 9354:2012), có thể được xác định từ mô đun biến dạng của nền xác định được từ thí nghiệm hay từ khảo sát địa chất theo công thức (6)

$$k_{v0} = \frac{1}{0,3} \alpha E_0 \quad (6)$$

$B_v$ : Bề rộng chịu tải của cọc (m),  $B_v = D$

$E_0$ : Mô đun biến dạng của nền đất được đo tại vị trí thiết kế, hoặc có thể xác định theo các phương pháp trong bảng 2 ( $\text{kN/m}^2$ )

$\alpha$ : Hệ số, lấy theo bảng 2

$A_v$ : Diện tích chịu tải theo phương thẳng đứng ( $\text{m}^2$ )

$D$ : Đường kính cọc (m)

**Bảng 2. Mô đun biến dạng của đất  $E_0$  và  $\alpha$ .**

Phương pháp xác định mô đun biến dạng $E_0$ ( $\text{kN/m}^2$ )	$\alpha$	
	TTGH Cường độ và Sử dụng	Trạng thái giới hạn đặc biệt
Mô đun biến dạng xác định được bằng $\frac{1}{2}$ giá trị thu được từ đường cong lặp của thí nghiệm gia tải lên bàn nén hình tròn đường kính 0,3m.	1	2
Mô đun biến dạng xác định từ thí nghiệm gia tải theo phương ngang trong hố khoan.	4	8

Mô đun biến dạng xác định từ thí nghiệm nén 1 trục hay 3 trục mẫu thí nghiệm.	4	8
Mô đun biến dạng xác định dựa trên giá trị N của thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn $E_0=2800N$	1	2

### 8.3 Hệ số nền theo phương ngang

Hệ số nền theo phương ngang xác định theo công thức (7)

$$k_H = k_{H0} \left( \frac{B_H}{0,3} \right)^{-3} \quad (7)$$

Với:

$k_H$ : Hệ số phản lực nền theo phương ngang ( $kN/m^3$ )

$k_{H0}$ : Hệ số phản lực nền theo phương ngang ( $kN/m^3$ ) tương đương với giá trị của thí nghiệm gia tải lên bàn nén đường kính 0,3m (tham khảo TCVN 9354:2012), có thể được xác định từ mô đun biến dạng của nền xác định được từ thí nghiệm hay từ khảo sát địa chất theo công thức (8)

$$k_{H0} = \frac{1}{0,3} \alpha E_0 \quad (8)$$

$B_H$ : Bề rộng chịu tải quy ước của móng (m), xác định theo công thức:

$$B_H = \sqrt{D/\beta} \quad (9)$$

$E_0$ : Mô đun biến dạng của nền đất được đo tại vị trí thiết kế, hoặc có thể xác định theo các phương pháp trong bảng 2 ( $kN/m^2$ )

$\alpha$ : Hệ số, lấy theo bảng 2

$D$ : Đường kính của cọc (m)

$\beta$ : Hệ số đặc tính của cọc  $\beta = \sqrt[4]{\frac{k_H D}{4EI}}$  ( $m^{-1}$ )

$EI$ : Độ cứng chống uốn của tiết diện cọc ( $kNm^2$ )

### 8.4 Hệ số trượt $C_s$

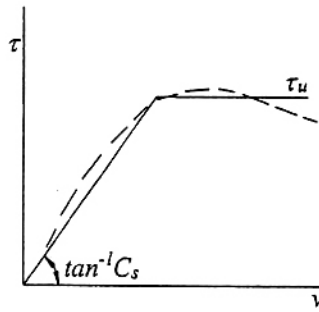
Hệ số trượt thành bên của cọc  $C_s$  được định nghĩa là độ dốc đường cát tuyến của đường cong của ma sát thành cọc - độ lún như trong hình 4.

Hệ số trượt  $C_s$  có thể được ước tính theo các phương pháp sau:

a) Công thức (1) [Viện nghiên cứu kỹ thuật Xây dựng Nhật Bản]:

$C_s$  có thể xác định từ giá trị SPT theo công thức:

$$C_s = \frac{N}{0.0015} (kN/m^3) \quad (10)$$



Hình 4. Định nghĩa hệ số trượt  $C_s$

b) Công thức (2) [Okahar]

+ Với cọc đóng trong đất rời:  $C_s = 360N$

+ Với cọc đóng trong đất dính:  $C_s = 580N$

c) Công thức (3) [Fujita]

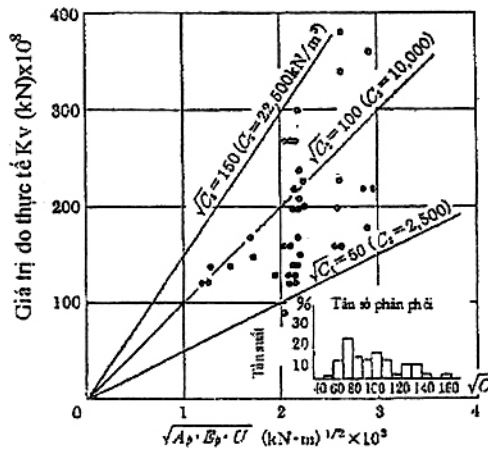
$$C_s = 1,2 \times 10^5 \times L_0^{-1,5} \text{ (kN/m}^3\text{)} \quad (11)$$

Với  $L_0$  là độ xuyên sâu của cọc (m)

c) Công thức (4) [Sato]

Sato đã giả thiết rằng  $K_v$  có thể thu được dựa trên thí nghiệm thử tải của cọc ống thép mở mũi và  $C_s$  có thể thu được từ công thức (12) và hình 5.

$$C_s = 3.000 - 10.000 \text{ (kN/m}^3\text{)} \quad (12)$$



Hình 5. Phạm vi phân phối của  $C_s$

## 9 Hệ số đàn hồi (độ cứng lò xo) của cọc

### 9.1 Tổng quát

Hệ số đàn hồi của cọc được sử dụng tính toán chuyển vị của móng và phân lực của cọc theo “phương pháp chuyển vị” đã trình bày trong mục 5.3.

Hệ số đàn hồi (hay độ cứng lò xo) được tính toán cho các trạng thái giới hạn khác nhau, bao gồm lò xo theo hướng dọc trục cọc ( $K_V$ ) và các lò xo theo hướng vuông góc với trục cọc ( $K_1, K_2, K_3, K_4$ ) như thể hiện trong hình 2 mục 5.3.

### 9.2 Hệ số đàn hồi của cọc theo hướng dọc trục

#### 9.2.1 Tổng quát

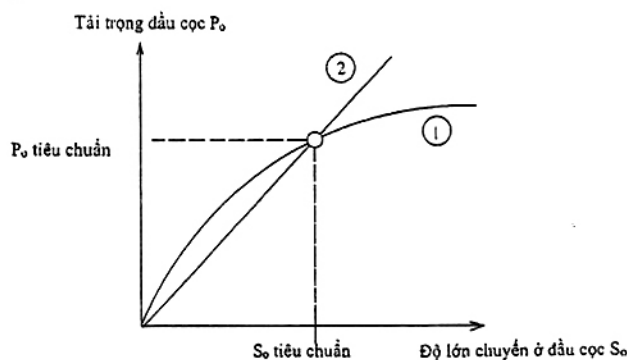
Hệ số đàn hồi của cọc theo hướng dọc trục  $K_V$  có thể được ước tính được bằng cách sử dụng ba phương pháp sau đây:

- [1] Phương pháp sử dụng đường cong tải trọng - độ lún trong thí nghiệm thử tải thẳng đứng của cọc
- [2] Phương pháp sử dụng các kết quả thí nghiệm thử tải thẳng đứng của cọc trong quá khứ
- [3] Phương pháp sử dụng các kết quả khảo sát địa chất

Trong đó, phương pháp [1] được đánh giá là chính xác nhất, phương pháp [2] có thể chấp nhận được, phương pháp [3] liên quan đến hệ số phân lực nền phụ thuộc rất nhiều vào khảo sát địa chất.

#### 9.2.2 Phương pháp ước tính sử dụng đường cong tải trọng - độ lún trong thí nghiệm thử tải thẳng đứng của cọc

Độ cứng lò xo của đầu cọc  $K_V$  (kN / m) được định nghĩa là  $P_0/S_0$ , nó cho thấy độ lún phi tuyến, như được hiển thị trong Hình 6. Vì vậy, cần thiết phải xác định được độ lún để sử dụng cho phương pháp chuyển vị dựa trên phân tích tuyến tính.



Hình 6. Đường cong tải trọng - độ lún đầu cọc

Độ lún tiêu chuẩn có thể được giả định là 10mm cho cả tính toán hệ số nền theo phương đứng và theo phương ngang hoặc lựa chọn phù hợp với đường kính, chiều dài cọc và phương pháp thi công. Việc

## TCVN 10834:2015

đánh giá sự an toàn của kết cấu có thể thông qua các trạng thái giới hạn, cọc được mô hình hóa thành các hệ lò xo thông qua hệ số đàn hồi. Do đó, giới hạn chảy trên đường cong  $P_0-S_0$  có thể được xem như giá trị tiêu chuẩn, độ cứng lò xo dọc trục của cọc  $K_v$  được định nghĩa là độ nghiêng của cát tuyết tại độ lún  $S_y$ .

### 9.2.3 Phương pháp ước tính sử dụng kết quả thử tải thẳng đứng của cọc trong quá khứ

Các phương pháp ước tính dựa trên kết quả thử tải trong quá khứ dựa trên kết quả tổng hợp mối quan hệ giữa  $K_v$  với tỷ lệ xuyên sâu  $L/D$  (chiều dài cọc/ đường kính cọc) tùy theo phương pháp thi công. Theo phương pháp này dựa trên đường cong  $P_0 - S_0$  từ kết quả thử tải sẽ xác định được  $K_v$  chính bằng độ dốc đường cát tuyết tại giới hạn chảy, tổng hợp các giá trị  $K_v$  thu được trong các thí nghiệm thử tải khác nhau, sẽ tính ra được hệ số  $a$  trong công thức (13)

Hệ số đàn hồi theo phương dọc trục  $K_v$  của cọc xác định theo công thức (13):

$$K_v = a \frac{A_p E_p}{L} \quad (13)$$

Trong đó:

$K_v$ : Hệ số đàn hồi dọc trục của cọc (kN/m)

$A_p$ : Tiết diện thực của cọc ( $m^2$ )

$E_p$ : Mô đun đàn hồi của vật liệu của thân cọc ( $kN/m^2$ )

$L$ : Chiều dài cọc (m)

$a$ : Hệ số được xác định theo tỷ lệ xuyên sâu ( $L/D$ ) của phương pháp thi công, được xác định như sau:

$$+ \text{ Thi công cọc bằng búa đóng} \quad a = 0,014 (L/D) + 0,72 \quad (14)$$

$$+ \text{ Thi công cọc bằng búa rung} \quad a = 0,017 (L/D) - 0,014 \quad (15)$$

Các dữ liệu trong công thức (13, 14) được dựa trên  $L/D \geq 10$ , do đó công thức (13) chỉ nên áp dụng cho các cọc có  $L/D \geq 10$ . Với các cọc có  $L/D < 10$  cần tham khảo các kết quả thử tải trong điều kiện tương tự v.v.

### 9.2.4 Phương pháp ước tính dựa trên kết quả khảo sát địa chất

Giả sử cọc là một thể đàn hồi có lò xo thành bên và ở mũi cọc, hệ số đàn hồi  $K_v$  ( $kN/m^2$ ) có thể thu được từ hệ số phản lực nền theo phương đứng  $k_v$  ( $kN/m^3$ ) ở mũi cọc và hệ số trượt  $C_s$  ( $kN/m^3$ ) mặt ngoài của cọc.

Khi lực dọc trục tác dụng lên đầu cọc như trong Hình 7, hệ số trượt thành bên của cọc được giả định không đổi theo chiều sâu, dựa trên điều kiện cân bằng lực của các phần tử và các điều kiện liên tục của chuyển vị ứng suất, công thức cơ bản cho sự chuyển vị của cọc được thể hiện như trong công thức (16):

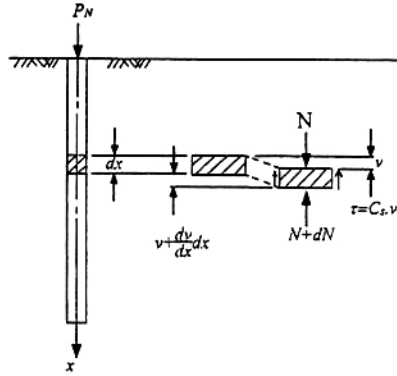


$$A_p E_p \frac{d^2 v}{dx^2} - C_s U_v(x) = 0 \quad (16)$$

Trong đó:

$v$ : Chuyển vị dọc trục của cọc tại độ sâu  $x$  (m)

$U$ : Chu vi của cọc (m)



Hình 7 Ứng suất và chuyển vị của cọc chịu lực dọc<sup>23)</sup>

Cách giải cho công thức (16) được thể hiện trong công thức (17).

$$v = A e^{\alpha x} + B e^{-\alpha x} \quad (17)$$

Trong đó:

$$\alpha = \sqrt{\frac{C_s U}{A_p E_p}}$$

Lực dọc trục của cọc thu được qua công thức (18)

$$N = A_p E_p \frac{dv}{dx} = -A_p E_p \alpha (A e^{\alpha x} - B e^{-\alpha x}) \quad (18)$$

Công thức (19) cho các hằng số tích hợp  $A$  và  $B$  thu được bằng cách giải công thức (17) và công thức (18), sử dụng các điều kiện biên tại các đầu cọc và mũi cọc.

Tại điểm này, các điều kiện biên là  $N = P_N$  tại  $x=0$  và  $N = k_v \cdot A_v \cdot v(x=L)$  tại  $x=L$ .

$$A = \frac{P_N L}{2 A_p E_p \lambda} \cdot \frac{(\lambda - \gamma) e^{-\lambda}}{\lambda \sinh \lambda + \gamma \cosh \lambda} \quad (19)$$

$$B = \frac{P_N L}{2 A_p E_p \lambda} \cdot \frac{(\lambda + \gamma) e^{\lambda}}{\lambda \sinh \lambda + \gamma \cosh \lambda}$$

Công thức (16) thu được dựa trên  $K_v = P_N/v(x=L)$ .

$A_p E_p/L$  là độ cứng lò xo chỉ do sự biến dạng đàn hồi trong công thức (16) và  $K_v$  thu được bằng cách nhân với hệ số đàn hồi của  $\alpha$  mặt đất. Hệ số  $\alpha$  thu được từ công thức (20).

$$a = \frac{\lambda \tanh \lambda + \gamma}{\gamma \tanh \lambda + \lambda} \cdot \lambda \quad (20)$$

Trong đó:

$$\gamma = \frac{A_i k_v L}{A_p E_p} \quad (21)$$

$$\lambda = L \sqrt{\frac{C_s U}{A_p E_p}} \quad (22)$$

$A_i$ : Diện tích khép kín ở đầu cọc ( $m^2$ )

$U$ : Chu vi của cọc ( $m$ )

$k_v$ : Hệ số phản lực nền thẳng đứng ở mũi cọc ( $kN/m^3$ )

$C_s$ : Hệ số trượt của cọc với bề mặt bên ngoài của nền đất ( $kN/m^3$ )

Bảng 3 chỉ ra một số giá trị của  $\alpha$  khi  $C_s$  hoặc  $k_v$  là giá trị đặc biệt

**Bảng 3.  $\alpha$  đối với  $C_s$ ,  $k_v$  đặc biệt**

$C_s$	$k_v$	$\alpha$
0	$k_v$	$\gamma / (1 + \gamma)$
0	$\infty$	1
$C_s$	0	$\lambda \cdot \tanh \lambda$
$C_s$	$\infty$	$\lambda / \tanh \lambda$

$\alpha$  có xu hướng lớn hơn 1 khi chiều dài (trong đất) của cọc lớn và nhỏ hơn 1 khi chiều dài (trong đất) của cọc nhỏ.

Khi chiều dài (trong đất) của cọc lớn ( $\lambda > 2$ ), giả định rằng  $\tanh \lambda (> 0,964) \rightarrow 1$ ,  $\alpha \rightarrow \lambda$ , kết quả là, công thức (16) trở thành công thức (23) với giả thiết  $k_v$  không liên quan đến chất lượng của đất tại đầu cọc hoặc chiều dài của cọc.

$$K_v = \sqrt{A_p E_p C_s U} \quad (23)$$

Khi xét đến độ dẻo của nền đất liên quan đến  $C_s$  hoặc khi độ cứng mặt cắt của cọc không phải là hằng số theo chiều sâu hoặc ngay cả trong trường hợp cọc được dự đoán, các phương pháp thu được  $K_v$  được khuyến cáo.

$K_v$  có thể thu được từ công thức (16) hoặc công thức (23), bằng cách xác định  $C_s$  hoặc  $k_v$  dựa trên kết quả thí nghiệm địa chất. Trong trường hợp tỷ lệ xuyên sâu của cọc ( $L/D$ ) lớn hơn hoặc bằng 10, hệ số  $a$  được xác định theo công thức (17) hoặc (18). Tuy nhiên, trong trường hợp  $L/D < 10$ , có thể tham khảo cách xác định  $k_v$  trong mục 8.2, cách xác định  $C_s$  theo mục 8.4.

### 9.3 Hệ số đàn hồi theo phương vuông góc với trục của cọc

Hệ số đàn hồi theo phương vuông góc với trục của cọc có thể được xác định dựa trên lý thuyết đàn trên nền đàn hồi sử dụng hệ số phản lực nền theo phương ngang.

Các hệ số đàn hồi  $K_1, K_2, K_3, K_4$  được định nghĩa như sau:

$K_1, K_3$ : Lực hướng tâm (kN/m) và mô men uốn (kNm/m) khi dịch chuyển đầu cọc một đơn vị trong khi vẫn giữ cho nó xoay.

$K_3, K_4$ : Lực hướng tâm (kN/rad) và mô men uốn (kNm/rad) khi xoay đầu cọc một đơn vị trong khi vẫn giữ cho nó di chuyển theo phương hướng tâm.

### 9.3.1 Cọc có chiều dài bán vô hạn ( $\beta L_e \geq 3$ ).

Với giả thiết hệ số phản lực nền theo phương ngang không phụ thuộc vào độ sâu và chiều dài xuyên sâu của cọc là đủ dài, hệ số đàn hồi có thể được tính theo công thức trong bảng 4.

**Bảng 4. Độ cứng lò xo của cọc có chiều dài bán vô hạn**

	Liên kết cứng đầu cọc		Liên kết khớp đầu cọc	
	$h \neq 0$	$h=0$	$h \neq 0$	$h=0$
$K_1$	$\frac{12EI\beta^3}{(1+\beta h)^3 + 2}$	$4EI\beta^3$	$\frac{3EI\beta^3}{(1+\beta h)^3 + 0.5}$	$2EI\beta^3$
$K_2, K_3$	$K_1 \frac{\lambda}{2}$	$2EI\beta^2$	0	0
$K_4$	$\frac{4EI\beta}{1+\beta h} \cdot \frac{(1+\beta h)^3 + 0.5}{(1+\beta h)^3 + 2}$	$2EI\beta$	0	0

Trong đó:

$$\beta: \text{ Hệ số đặc tính của cọc } \beta = \sqrt[4]{\frac{k_H D}{4EI}} \quad (\text{m}^{-1})$$

$$\lambda = h + \frac{1}{\beta} \quad (\text{m})$$

$k_H$ : Hệ số phản lực nền theo phương ngang (kN/m<sup>3</sup>)

$D$ : Đường kính của cọc (m)

$EI$ : Độ cứng chống uốn của tiết diện cọc (kNm<sup>2</sup>)

$h$ : Chiều dài tự do của cọc (chiều dài của cọc trên mặt đất) (m)

### 9.3.2 Cọc có chiều dài hữu hạn ( $1 \leq \beta L_e \leq 3$ ).

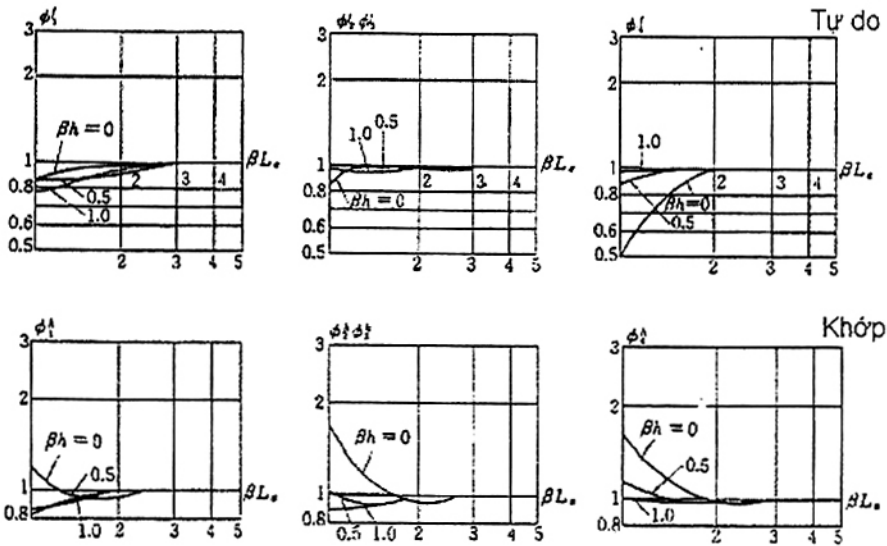
Dịch chuyển hướng tâm và lực cắt của của cọc với cọc có chiều dài hữu hạn là điều kiện cần thiết khi xem xét điều kiện khả năng chịu tải của mũi cọc. Tuy nhiên nếu mũi cọc được đặt vào lớp đất chịu lực có chất lượng tốt tới độ sâu tương đương với đường kính cọc, có thể coi như liên kết khớp ở mũi cọc.

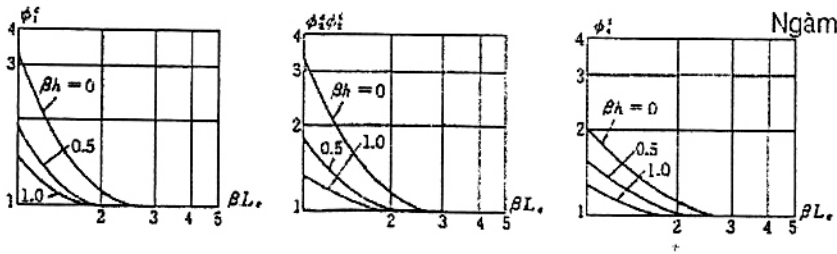
Nếu giả thiết hệ số phản lực nền theo phương ngang ( $k_H$ ) không đổi theo chiều sâu, phương pháp chuyển vị có thể được tính bằng cách sử dụng các giá trị  $K_1\phi_1, K_2\phi_2, K_3\phi_3, K_4\phi_4$  thu được khi nhân các hệ số đàn hồi  $K_1, K_2, K_3, K_4$  với hệ số điều chỉnh  $\phi_i$ .

Hệ số điều chỉnh  $\phi_1$  là hàm của  $\beta L_e$  và  $\beta h$  và giá trị của chúng được thể hiện trong hình 8. Các giá trị trong Bảng 5 áp dụng cho phạm vi  $1 \leq \beta L_e \leq 3$ .

**Bảng 5. Độ cứng lò xo của cọc có chiều dài hữu hạn**

	Cọc có chiều dài hữu hạn ( $1 \leq \beta L_e \leq 3$ )			Cọc có chiều dài bán vô hạn ( $\beta L_e \leq 3$ )
Điều kiện của mũi cọc	Tự do (f)	Khớp (h)	Ngàm (c)	
Hình vẽ minh họa				
Hệ số đàn hồi	$K_1\phi_1^f$ $K_2\phi_2^f$ $K_3\phi_3^f$ $K_4\phi_4^f$	$K_1\phi_1^h$ $K_2\phi_2^h$ $K_3\phi_3^h$ $K_4\phi_4^h$	$K_1\phi_1^c$ $K_2\phi_2^c$ $K_3\phi_3^c$ $K_4\phi_4^c$	$K_1$ $K_2$ $K_3$ $K_4$



Hình 8 Hệ số điều chỉnh  $\phi_i$ 

## 10 Thiết kế kết cấu móng cọc ống thép

### 10.1 Tổng quan

#### 10.1.1 Kích thước của cọc ống thép

Cọc ống thép phải phù hợp với tiêu chuẩn TCVN 9245 : 2012.

(1) Cọc ống thép khác với các quy định tại điều này có thể được sử dụng khi được kiểm chứng bằng cách thực hiện các thí nghiệm cần thiết và chúng có các khả năng tương đương hoặc cao hơn các quy định trong điều khoản. Việc xác định chiều dài cọc xét tới phương pháp vận chuyển, khả năng của máy móc thi công, số lượng mỗi hàn ghép và các vấn đề tương tự khác là cần thiết.

(2) Chiều dày của cọc ống thép phải được xác định sao cho cọc đảm bảo khả năng chịu lực có kể đến chiều dày bị suy giảm do ăn mòn. Yêu cầu này được thỏa mãn khi chiều dày của cọc thiết kế đảm bảo các vấn đề sau đây:

- Chiều dày của cọc ống thép phải được xác định bằng tổng chiều dày yêu cầu từ tính toán thiết kế và độ giảm chiều dày do ăn mòn. Chiều dày nhỏ nhất của cọc phải là 9 mm.
- Việc giảm chiều dày của cọc ống thép do ăn mòn được xét cho bề mặt ngoài tiếp xúc với đất và nước, không cần xét cho bề mặt trong của cọc.

Chiều dày mỗi phần của một cọc ống thép phải đảm bảo an toàn với tất cả các ứng suất thiết kế phát sinh trong cọc, như ứng suất nén, kéo, uốn và ứng suất cắt, và phần được thêm vào bởi chiều dày có thể bị giảm do ăn mòn. Trong trường hợp cọc ống thép sử dụng phương pháp đóng, tham khảo Bảng 6 về phạm vi của đường kính và chiều dày cọc ống thép. Đối với cọc ống thép dự định thi công bằng phương pháp đào trong không có lo ngại hình dạng cọc bị vênh bởi sự truyền động lệch tâm hoặc tương tự trong quá trình thi công, chiều dày có thể được lấy giá trị lớn nhất của  $t/D = 1\%$  ( $t/D$  là tỷ số giữa chiều dày và đường kính ống) và 9mm hoặc lớn hơn, xét tới sự thuận lợi trong quá trình gia công và vận chuyển.

**Bảng 6. Phạm vi đường kính và chiều dày của Cọc ống thép sử dụng cho phương pháp đóng**  
(Bảng 4 – TCVN 9245:2012)

Đường kính danh định (mm)	Chiều dày (mm)
400	9 - 12
500	9 - 14
600 - 800	9 - 16
900 - 1.100	12 - 19
1.200 - 1.400	14 - 22
1.500 - 1.600	16 - 25
1.800 - 2.000	19 - 25

Liên quan đến sự giảm chiều dày do ăn mòn của cọc ống thép, khuyến cáo rằng nên tính ăn mòn cho phép là 1 mm trong các trường hợp tổng quát với các phần của cọc luôn trong nước hoặc trong đất (bao gồm cả những phần trong nước ngầm), khi cọc không chịu ảnh hưởng trực tiếp của nước biển hoặc nước thải công nghiệp độc hại thì không cần phải kiểm tra ăn mòn. Khi cọc bị ảnh hưởng bởi những yếu tố trên hoặc khi thường xuyên phải chịu các quá trình khô và ướt, thì cần phải đảm bảo đủ khả năng chống ăn mòn.

Cọc ống thép bị ăn mòn chủ yếu bởi các hoạt động điện hóa: vì dòng điện ăn mòn được tạo ra dọc theo bề mặt thép và loại bỏ sắt theo hình thức ion làm cọc bị ăn mòn. Sự xuất hiện của ăn mòn cần có ba yếu tố sau đây xuất hiện cùng lúc:

- Tồn tại của nước (nói cách khác là dung dịch điện phân)
- Xuất hiện của hiệu số điện thế trong mỗi phần của cọc ống thép
- Có cung cấp oxy

Nếu không có bất kỳ các yếu tố này, phản ứng sẽ không tiếp tục và ăn mòn sẽ được ngăn chặn. Do đó, các biện pháp chống ăn mòn là làm biến mất bất kỳ trong ba điều kiện gây ăn mòn ở trên.

Các biện pháp chống ăn mòn điển hình được trình bày sau đây:

#### 1/- Sơn

Sơn có hiệu quả để phòng tránh ăn mòn và làm giảm tốc độ ăn mòn với tốc độ trong đất chậm hơn trong môi trường khí quyển. Tuy nhiên, tuổi thọ của lớp sơn phủ ngoài phải được xem xét một cách thích hợp khi áp dụng sơn với mục đích này.

#### 2/- Lớp phủ hữu cơ

Lớp phủ hữu cơ bao gồm:

- Lớp phủ bảo vệ ống thép bằng polyethylene, polyurethane, v.v.. tại nhà máy và
- Lớp phủ bảo vệ ống thép bằng keo epoxy hoặc phủ bằng FRP tại công trường thi công. Lớp phủ tại công trường thi công khá đơn giản, nhưng cần cẩn thận trong việc xử lý các đường mép vì ăn mòn xảy ra hay không là phụ thuộc vào việc xử lý này. Cọc ống thép có lớp phủ hữu cơ sản xuất trong nhà

máy có chất lượng ổn định và khả năng chống ăn mòn rất tốt. Do đó, phải thật cẩn thận trong quá trình thực hiện để không làm hư hỏng bề mặt lớp phủ trong quá trình vận chuyển và thi công.

### 3/- Lớp phủ vô cơ

Một phương pháp chống ăn mòn khác là bọc cọc ống thép bằng vật liệu xi măng cứng (như vữa và bê tông) có độ tin cậy cao, nhưng đòi hỏi chất lượng cao và xử lý cẩn thận để đảm bảo sự bền vững của vật liệu. Cũng rất quan trọng trong việc đảm bảo chiều dày và tránh khỏi bị nứt .

### 4/- Phủ các tấm thép

Đây là một phương pháp che phủ ở vùng rửa trôi (vùng nằm giữa mức nước cao và thấp) với một tấm thép dày (chiều dày khoảng 12 mm) và hàn chúng lại với nhau, phương pháp này chỉ ra hiệu quả chống ăn mòn và chịu va đập rất tốt.

### 5/- Chống ăn mòn bằng phương pháp điện hóa

Đây là phương pháp sử dụng dòng điện nhân tạo chạy qua cọc ống thép để ngăn chặn dòng ăn mòn và được chia thành 2 loại sau:

- Phương pháp cấp điện từ bên ngoài: Nhúng một anode trong nước hoặc trên mặt đất và cung cấp dòng trực tiếp thông qua một chỉnh lưu tới cọc ống thép để ngăn chặn ăn mòn.
- Phương pháp anode điện môi: Nhúng anode được làm bằng một kim loại nguyên chất (như kẽm và magiê) có thể được ion hóa dễ dàng hơn sắt để ngăn ngừa ăn mòn bằng dòng điện chạy giữa các kim loại khác nhau. Phương pháp này phù hợp với những vùng mà năng lượng ít có sẵn, nhưng nó phải được thay thế anode kim loại trong một chu kỳ vòng đời bởi chúng bị hao mòn trong hệ điện môi.

#### 10.1.2 Chiều dài của cọc

Chiều dài sơ bộ của cọc trước khi kiểm toán chính xác có thể giả định dựa trên sức kháng xuyên tiêu chuẩn và độ cao của cọc phía trên cao trình đào.

Độ sâu cần thiết phải đủ để chịu được tải trọng tác dụng lên đầu cọc và đáp ứng các điều kiện ổn định tổng thể.

Trường hợp địa chất có lớp đất yếu dày ở trên lớp đất tốt (lớp chịu lực), độ xuyên sâu của cọc vào lớp chịu lực (có trị số SPT  $\geq 30$ ) cần đảm bảo đủ khả năng chịu tải và hạn chế sự chuyển vị của cọc.

#### 10.1.3 Tương tác giữa cọc và nền đất

Cần xét đến việc hạ cọc vào nền sẽ làm chặt nền đất yếu và các vật liệu dạng hạt, cũng có thể làm tơi xốp nền đất tốt và các vật liệu dạng hạt.

Nếu đóng cọc trong nền đất hạt rời, có khả năng đóng cọc đến độ sâu lớn không thực hiện được.

Việc thi công cọc ảnh hưởng đến đất trong khoảng từ khoảng 1,5m đến 3,0m đường kính ngang từ cọc và theo phương dọc từ mũi cọc, vì vậy người thiết kế cần xét hiệu ứng này tùy theo loại đất nền.

Cần phải xử lý cọc hoặc đất nền để không xảy ra hiện tượng cổ kết, ma sát âm hoặc chảy dẻo.

**10.1.4 Các xem xét về động học**

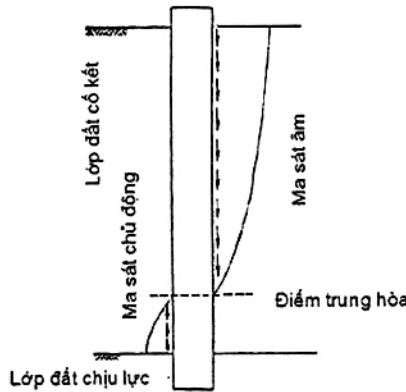
Dưới tác dụng tải trọng động, móng và khu vực xung quanh có thể bị chuyển vị do hiện tượng hóa lỏng của đất. Hiện tượng hóa lỏng thường xảy ra do động đất và một số trường hợp do dao động khi đóng cọc hoặc các dao động trong quá trình khai thác. Nếu đất dưới móng và khu vực xung quanh có thể bị hóa lỏng thì nên xem xét khả năng thay đất hoặc làm chặt đất cùng với việc thiết kế các phương án móng phù hợp. Các tần số dao động riêng đầu tiên của hệ thống kết cấu - đất nền nên được đánh giá và so sánh với các tần số vận hành để đảm bảo rằng không xảy ra cộng hưởng (không kết hợp với hóa lỏng).

Các xem xét về khả năng hóa lỏng tuân theo mục A10 của Tiêu chuẩn thiết kế cầu hiện hành (22TCN 272-05).

**10.1.5 Ma sát âm**

Khi một cọc được đóng xuống đất, lún cổ kết có khả năng xảy ra, ảnh hưởng của ma sát âm đến khả năng chống chịu lực thẳng đứng, cường độ và độ lún của cọc sẽ được kiểm tra để tránh phá hủy và để duy trì chức năng của kết cấu.

Độ sâu phân phối gây của cọc và đất xung quanh cọc do cổ kết, được thể hiện trong hình 9. Các vị trí mà tại đó gây lún của cọc và đất bằng nhau được biết đến như là điểm trung hòa. Ở phần cao hơn điểm trung hòa, ma sát âm tác dụng lên cọc.



Hình 9. Ma sát âm và điểm trung hòa

Chỉ có tải trọng được xem xét trong việc tính toán ma sát âm. Điều này là do hoạt tải sẽ làm giảm ma sát âm nếu hiện tại có ma sát âm, và có thể làm tăng ma sát chủ động. Cũng vì lý do đó, ma sát âm không nên đưa vào tính toán kháng chấn.

Có thể sử dụng phương pháp bọc vật liệu nhựa đường cho cọc ống thép để giảm ma sát âm.

**10.1.6 Thử tải cọc**

Trường hợp có quy định khác của Chủ đầu tư, sử dụng các tiêu chuẩn sau khi thử tải cọc:

-TCVN 9394:2012 Đóng và ép cọc thi công và nghiệm thu.



-TCVN 9393:2012: Cọc - Phương pháp thử nghiệm hiện trường bằng tải trọng tĩnh ép dọc trục.

Quy định về thử tải cọc theo quy định của các tiêu chuẩn liên quan. Các thử nghiệm cơ bản như sau:

#### 10.1.6.1 Thử tải tĩnh (thí nghiệm ép cọc)

Thí nghiệm ép cọc (Hình 10(a)) dùng các cọc neo để chịu phản lực từ cọc thí nghiệm, và là tiêu chuẩn để thử tải tĩnh cho cọc mà tải trọng tác dụng lên đầu cọc bằng một thiết bị ép ví dụ như các kích thủy lực, thường thí nghiệm khoảng 1 cọc cho mỗi vị trí công trường.

#### 10.1.6.2 Thử tải tĩnh (Thí nghiệm đặt tải mũi cọc – Hộp Ostenberg Cell)

Thí nghiệm đặt tải mũi đầu cọc (Hình 10(b)) là phương pháp để đặt sức kháng mũi cọc và sức kháng bề mặt cọc bằng cách đặt kích đặt ở gần mũi cọc và không yêu cầu thiết bị đặt tải từ bên ngoài.

#### 10.1.6.3 Thí nghiệm nhỏ cọc

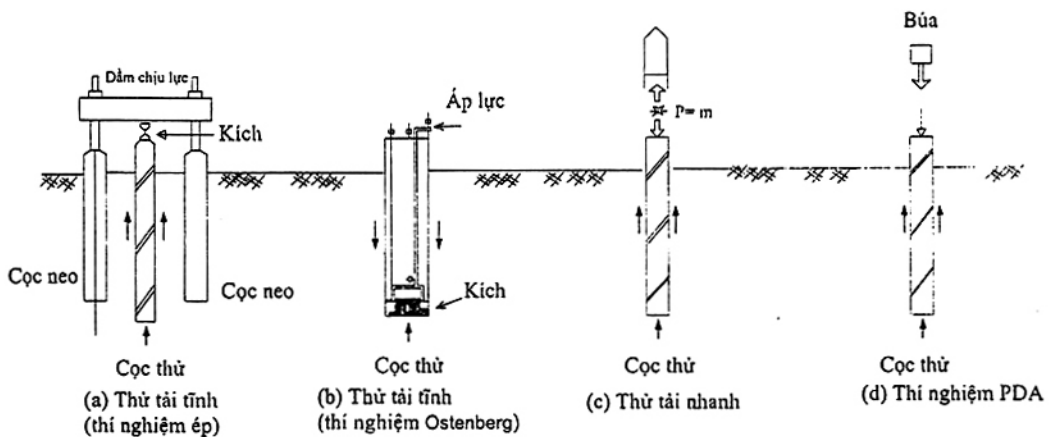
Thí nghiệm nhỏ cọc là phương pháp thí nghiệm để xác định tải trọng nhỏ tĩnh tại đầu cọc, phương pháp đặt tải theo phương pháp thí nghiệm ép cọc.

#### 10.1.6.4 Thí nghiệm gia tải nhanh

Thí nghiệm gia tải nhanh (Hình 10(c)) yêu cầu thời gian thí nghiệm ngắn và không yêu cầu các cọc neo như trong các thí nghiệm tải tĩnh, có thể sử dụng thí nghiệm cho nhiều cọc khác nhau.

#### 10.1.6.5 Thí nghiệm biến dạng lớn (PDA)

Thí nghiệm biến dạng lớn PDA (Hình 10(d)) là thí nghiệm để đánh giá các tính chất của khả năng chịu tải thẳng đứng thông qua quan hệ tải trọng – chuyển vị, v.v... của đầu cọc bằng cách đo dạng sóng lịch sử thời gian của gia tốc và biến dạng gần đầu cọc, thực hiện việc phân tích dạng sóng dựa trên cơ sở lý thuyết sóng một chiều khi gõ vào đầu cọc bằng một búa thủy lực hoặc búa cơ.



Hình 10. Sơ đồ nguyên tắc của các phương pháp thử tải thẳng đứng

## TCVN 10834:2015

### 10.1.7 Bảo vệ chống hư hỏng

Ít nhất các loại hư hỏng sau đây phải được xét tới:

- Ăn mòn móng cọc thép, đặc biệt là trong đất đắp, đất có độ pH thấp và môi trường biển; và
- Sự tấn công của Sunfat, Clorua và Axit với móng cọc bê tông.

Các điều kiện dưới đây được coi là dấu hiệu của sự suy giảm chức năng hoặc tình trạng ăn mòn của cọc:

- Điện trở suất thấp hơn 100 ohm/mm,
- Độ pH thấp hơn 5,5,
- Độ pH nằm trong khoảng 5,5 và 8,5 trong đất có hàm lượng hữu cơ cao,
- Nồng độ Sunfat lớn hơn 1000 ppm,
- Rác và xỉ than,
- Đất trong khu vực mỏ và thoát nước công nghiệp, và
- Khu vực với hỗn hợp đất có điện trở suất cao và đất có hàm lượng chất kiềm (đất phèn) cao với điện trở suất thấp.

Các điều kiện dưới đây của nước được coi là dấu hiệu của sự suy giảm chức năng hoặc tình trạng mòn của cọc:

- Hàm lượng clorua lớn hơn 500 ppm,
- Nồng độ Sunfat lớn hơn 500 ppm,
- Hàm mỏ hoặc thoát nước công nghiệp,
- Hàm lượng hữu cơ cao,
- Độ pH thấp hơn 5,5 và
- Cọc bị phơi nhiễm trong nhiều chu kỳ ướt/khô.

Khi các chất thải hóa học bị nghi ngờ, phải xem xét phân tích hóa học đầy đủ mẫu thử đất và nước.

## 10.2 Trạng thái giới hạn và hệ số sức kháng

### 10.2.1. Tổng quan

Các trạng thái giới hạn được nêu trong mục 5, trong mục này đưa ra các yêu cầu chi tiết.

### 10.2.2. Trạng thái giới hạn cường độ (cực hạn)

Thiết kế móng theo trạng thái giới hạn cường độ phải xét đến:

- Sức kháng đỡ, loại trừ áp lực chịu tải giả định,
- Mất ma sát quá nhiều,

- Trượt tại đáy móng,
- Mất chống đỡ ngang,
- Mất ổn định chung, và
- Khả năng chịu lực kết cấu.

Móng phải được thiết kế về mặt kích thước sao cho sức kháng tính toán không nhỏ hơn tác động của tải trọng tính toán.

#### 10.2.3. Trạng thái giới hạn sử dụng bao gồm:

Thiết kế móng theo trạng thái giới hạn sử dụng phải bao gồm:

- Lún,
- Chuyển vị ngang của cọc chịu tải trọng ngang và mô men, và
- Sức chịu tải ước tính dùng áp lực chịu tải giả định

Xem xét lún phải dựa trên độ tin cậy và tính kinh tế.

#### 10.2.4 Trạng thái giới hạn đặc biệt

Trạng thái giới hạn đặc biệt được thực hiện để đảm bảo kết cấu móng an toàn khi động đất, lũ lụt, khi va chạm bởi tàu xe.

#### 10.2.5 Hệ số sức kháng

Hệ số sức kháng xác định theo bảng 7.

**Bảng 7. Hệ số sức kháng**

Điều kiện / Phương pháp xác định sức kháng		Hệ số sức kháng
Sức kháng danh định của cọc - phương pháp phân tích tĩnh: - dùng cho công thức (25) và (26) - dùng cho công thức (29)	Tất cả các loại đất	0,45
		0,30
Sức kháng nhỏ của cọc đơn	Tất cả các loại đất	0,35
Sức kháng trường hợp cọc ma sát		0,35

### 10.3 Khả năng chịu tải của cọc theo đất nền

#### 10.3.1 Tổng quan

Khả năng chịu lực của cọc được xác định hoặc dựa trên khả năng chịu lực của kết cấu và đất nền đảm bảo cọc đủ chịu lực trong các trường hợp tải khác nhau, độ lún và chuyển vị ngang phải nằm trong dung sai cho phép.

Khả năng chịu lực của cọc theo đất nền bao gồm khả năng chịu lực tại mũi cọc, tức là sức kháng mũi, và khả năng chịu lực dọc trục, tức là kháng bên. Việc huy động sức kháng mũi đòi hỏi một độ lún lớn hơn đáng kể so với huy động sức kháng bên. Những ảnh hưởng của ma sát âm và hiệu ứng bịt mũi cọc đối với cọc hở mũi đối với sức chịu tải theo đất nền được kiểm tra một cách riêng biệt, khi ma sát âm

phát triển hay hiệu ứng bịt mũi cọc được hình thành. Khả năng ăn mòn của cọc không thấp hơn khả năng chịu lực theo đất nền.

### 10.3.2 Xác định khả năng chịu lực

Đối với cọc đóng có sức chịu tải theo đất nền được xác định dựa trên độ xuyên sâu của cọc và mũi cọc, khả năng chịu lực của cọc theo đất nền có thể được xác định bằng nhiều cách khác nhau. Các phương pháp bao gồm phương pháp trực tiếp và gián tiếp.

Phương pháp gián tiếp bao gồm:

- Công thức ước tính khả năng chịu lực tĩnh,
- Phương pháp theo kinh nghiệm dựa trên sức kháng xuyên,
- Công thức động đóng cọc
- Phân tích sóng ứng suất mà không đo sóng ứng suất trên công trường xây dựng.

Phương pháp trực tiếp bao gồm:

- Thí nghiệm tải trọng động dựa trên lý thuyết sóng ứng suất
- Thí nghiệm tải trọng tĩnh.

Trong giai đoạn thiết kế các phương pháp gián tiếp được sử dụng trong thiết kế kích thước cọc, độ xuyên sâu của cọc và kích thước của búa đóng. Công tác kiểm tra trên hiện trường thường được thực hiện bằng cách sử dụng phương pháp trực tiếp, thường là bằng thí nghiệm tải trọng động.

Khả năng chịu lực của cọc bịt mũi bao gồm sức kháng mũi và sức kháng ma sát thành bên. Khả năng chịu lực của cọc hở mũi bao gồm sức kháng mũi, sức ma sát thành trong và kháng ma sát thành ngoài. Khả năng chịu lực của cọc hở mũi có hiệu ứng bịt mũi cọc do đất bao gồm sức kháng mũi và sức kháng bên thành ngoài.

Khả năng chịu lực của nhóm cọc lấy là trị số nhỏ nhất trong các trị số sau:

- Tổng khả năng chịu tải của các cọc đơn; điển hình cho nhóm cọc chống,
- Khả năng chịu tải thu được bằng cách giả sử nhóm cọc đều, hoặc
- Tác động, gây độ lún lớn nhất của nhóm cọc.

### 10.3.3 Công thức xác định khả năng chịu lực tĩnh

#### 10.3.3.1 Tổng quan

Các công thức trong mục này áp dụng cho cọc ống thép có đường kính đến 1500mm.

Sức chịu tải tĩnh toán xác định theo công thức sau:

$$R_r = \varphi R_n = \varphi_{stat} R_p + \varphi_{stat} R_s \quad .$$
$$R_p = q_p A_p ; R_s = q_s A_s \quad (24)$$

Trong đó

$\varphi_{stat}$  : Hệ số sức kháng (cho phân tích tĩnh) lấy theo Bảng 7

$R_p, R_s$  : Sức kháng mũi cọc, sức kháng ma sát bên cọc (kN)

$q_p, q_s$  : Sức kháng đơn vị mũi cọc, sức kháng ma sát bên đơn vị của cọc (kN/m<sup>2</sup>)

$A_p = \frac{\pi D^2}{4}$  : Diện tích mũi cọc (m<sup>2</sup>)

$A_s = \pi DL$  : Diện tích thành bên của cọc (m<sup>2</sup>)

D: Đường kính cọc (m)

L: Chiều sâu cọc trong đất (m)

### 10.3.3.2 Sức kháng mũi cọc

Trường hợp cọc hở mũi, sử dụng công thức (25).

Trong trường hợp cọc bịt mũi, sử dụng công thức (26) hoặc các công thức tương đương (29).

#### (1) Công thức 1 [JRA]

Sức kháng mũi đơn vị danh định của cọc ống thép, kN/m<sup>2</sup>, xác định theo công thức:

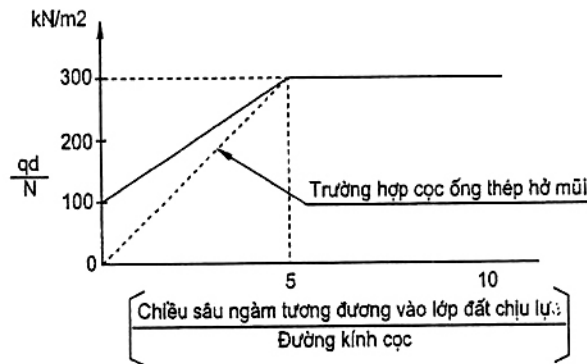
$$q_p = 300N \cdot \ell / (5 \cdot D) \quad (25)$$

$$q_p = 200N \cdot \ell / (5 \cdot D) + 100N \quad (26)$$

N: Số búa SPT của lớp đất mũi cọc chưa hiệu chỉnh do áp lực tầng phủ (N ≤ 40)

ℓ : Độ xuyên sâu của cọc trong lớp đất chịu lực (lớn nhất là 5D) (m)

D: Đường kính cọc (m)



Hình 11. Đồ thị xác định sức kháng mũi cọc

Đồ thị Hình 11. có thể sử dụng để xác định sức kháng mũi cọc với các chiều sâu ngầm và đường kính khác nhau.

Công tác đóng cọc sẽ được kết thúc sau khi xem xét đầy đủ các điều kiện kết thúc để đảm bảo khả năng chịu lực. Các điều kiện kết thúc nên được xác định dựa trên kết quả thử tải đóng cọc, và được đại diện bởi các yếu tố như chiều dài của cọc, khả năng chịu tải trọng động, độ xuyên sâu để kết thúc đóng. Đóng cọc sẽ được kết thúc khi được kiểm tra đầy đủ các điều kiện kết thúc.

Chiều dài của cọc: Chiều dài cọc được quy định trong các bản vẽ thiết kế hoặc được xác định bằng thí nghiệm thử tải cọc.

Khả năng chịu tải trọng động: Khả năng chịu tải trọng động trong phương pháp đóng cọc có thể được tính bằng cách sử dụng công thức để kiểm soát giai đoạn kết thúc. Kể từ khi giá trị khả năng chịu tải trọng động tìm thấy bằng công thức này bị phân tán, công thức này không phải là một chỉ số tuyệt đối

**TCVN 10834:2015**

kiểm soát công đoạn kết thúc và cần được công nhận là một trong những kỹ thuật kiểm soát công đoạn kết thúc.

Công thức này không nên áp dụng cho các trường hợp đóng cọc có thể làm cho áp lực nước gia tăng cục hạn trong các lớp đất theo chủng loại và do đó độ chồi bất thường lớn nơi cọc bị mũi được sử dụng.

$$R_a = \frac{1}{3} \left( \frac{AEK}{e_0 l_1} + \frac{N U l_2}{e_f} \right) \quad (27)$$

Trong đó,  $R_a$  : Sức kháng của cọc (kN)

$A$  : Diện tích mặt cắt ngang thực của cọc (m<sup>2</sup>)

$E$  : Mô đun đàn hồi của vật liệu cọc (kN/m<sup>2</sup>)

Cọc ống thép  $E=2,0 \times 10^8$  (kN/m<sup>2</sup>)

$l_1$  : Chiều dài cọc sử dụng trong tính toán sức kháng tải trọng động tại mũi cọc thể hiện trong bảng 8 (m)

$l_2$  : Chiều dài của cọc trong đất (m)

$U$  : Chu vi cọc (m)

$N$  : Giá trị  $N$  trung bình của các lớp đất xung quanh cọc

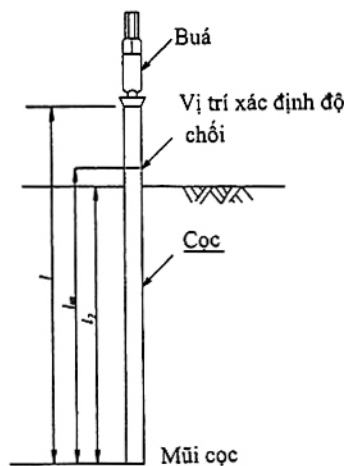
$K$  : Tổng độ chồi (m)

$e_0, e_f$  : Hệ số hiệu chỉnh, thể hiện trong bảng 9

**Bảng 8 Chiều dài cọc hiệu chỉnh**

Giá trị $e_0$	Giá trị $l_1$
$e_0 \geq 1$	$l_m$
$1 > e_0 \geq l_m/l$	$l_m/e_0$
$e_0 \leq l_m/l$	$l$

$l$ : Chiều dài từ mũi cọc tới vị trí búa rơi (m)  
 $l_m$ : Chiều dài từ mũi cọc tới vị trí xác định độ chồi của cọc(m)



**Hình 12 Chiều dài cọc hiệu chỉnh**

Bảng 9 Chiều dài cọc hiệu chỉnh

Biện pháp thi công	$e_0$	$e_f$	Ghi chú
Phương pháp đóng bằng búa	$1,5 W_H/W_P$	0,25	Áp dụng cho búa diezen
Phương pháp đóng bằng búa	$(1,5 W_H/W_P)^{1/3}$	0,25	Áp dụng cho búa thủy lực

$W_H$ : trọng lượng búa (kN)  
 $W_P$ : Trọng lượng cọc (kN); Khi sử dụng đoạn cọc nổi dài (Đoạn cọc nổi kho đóng cọc mà đầu cọc ở thấp hơn mặt đất hoặc mặt nước), giá trị này bao gồm cả trọng lượng của đoạn cọc nổi dài.

$$AE = \frac{l \cdot A_0 E_0}{l_0} \cdot \frac{1}{(1 + \beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_i + \dots)} \quad (28)$$

Trong đó,

$$\beta_i = \frac{l_i}{A_i E_i} / \frac{l_0}{A_0 E_0}$$

$A_0, E_0, l_0$ : Diện tích mặt cắt ngang của thân cọc ( $m^2$ ), mô đun đàn hồi ( $kN/m^2$ ) và chiều dài (m)  
 $A_i, E_i, l_i$ : Diện tích mặt cắt ngang tại tiết diện thứ  $i$  của thân cọc ( $m^2$ ), mô đun đàn hồi ( $kN/m^2$ ) và chiều dài (m)

### (2) Công thức 2 [Phương pháp Meyerhof- AASHTO]

$$q_p = \frac{0,038(N_{60})D_b}{D} \leq q_t \quad (29)$$

Trong đó:

$q_p$ : Sức kháng mũi danh định đơn vị (Mpa)

$D_b$ : Độ xuyên sâu của cọc trong lớp đất chịu lực (mm)

$D$ : Đường kính cọc (mm)

$N_{60}$ : số đếm SPT gần mũi cọc đã hiệu chỉnh cho áp lực tầng phủ, (Búa/300mm)

$q_t$ : sức kháng mũi giới hạn tính bằng  $0,4N_{60}$  cho cát và  $0,3N_{60}$  cho bùn không dẻo (MPa).

#### 10.3.3.3 Sức kháng do ma sát bề mặt

Sức kháng ma sát danh định của cọc,  $kN/m^2$ , có thể xác định theo công thức:

Đối với đất rời:  $q_s = 2N$  (Lớn nhất là 100)

Đối với đất dính:  $q_s = c$  hoặc  $10N$  (Lớn nhất là 150)

$N$ : SPT Số búa SPT chưa hiệu chỉnh bởi áp lực tầng phủ

$c$ : Lực dính của đất ( $kN/m^2$ )

#### 10.3.3.4 Sức kháng nhỏ

Sức kháng nhỏ đã nhân hệ số được lấy theo công thức sau:

$$R_{UP} = \varphi_{up} R_n = \varphi_{up} R_s \quad (31)$$

$\varphi_{up}$ : Hệ số sức kháng (cho phân tích tĩnh), lấy theo Bảng 7

$R_s$ : Sức kháng do ma sát bên cọc (kN), lấy theo công thức (24)

## TCVN 10834:2015

$R_{UP}$  : Sức kháng nhổ đã nhân hệ số

$R_n$  : Sức kháng nhổ danh định

### 10.3.4 Độ lún của cọc

Giới hạn độ lún đều tổng thể của móng cầu là 25,4mm.

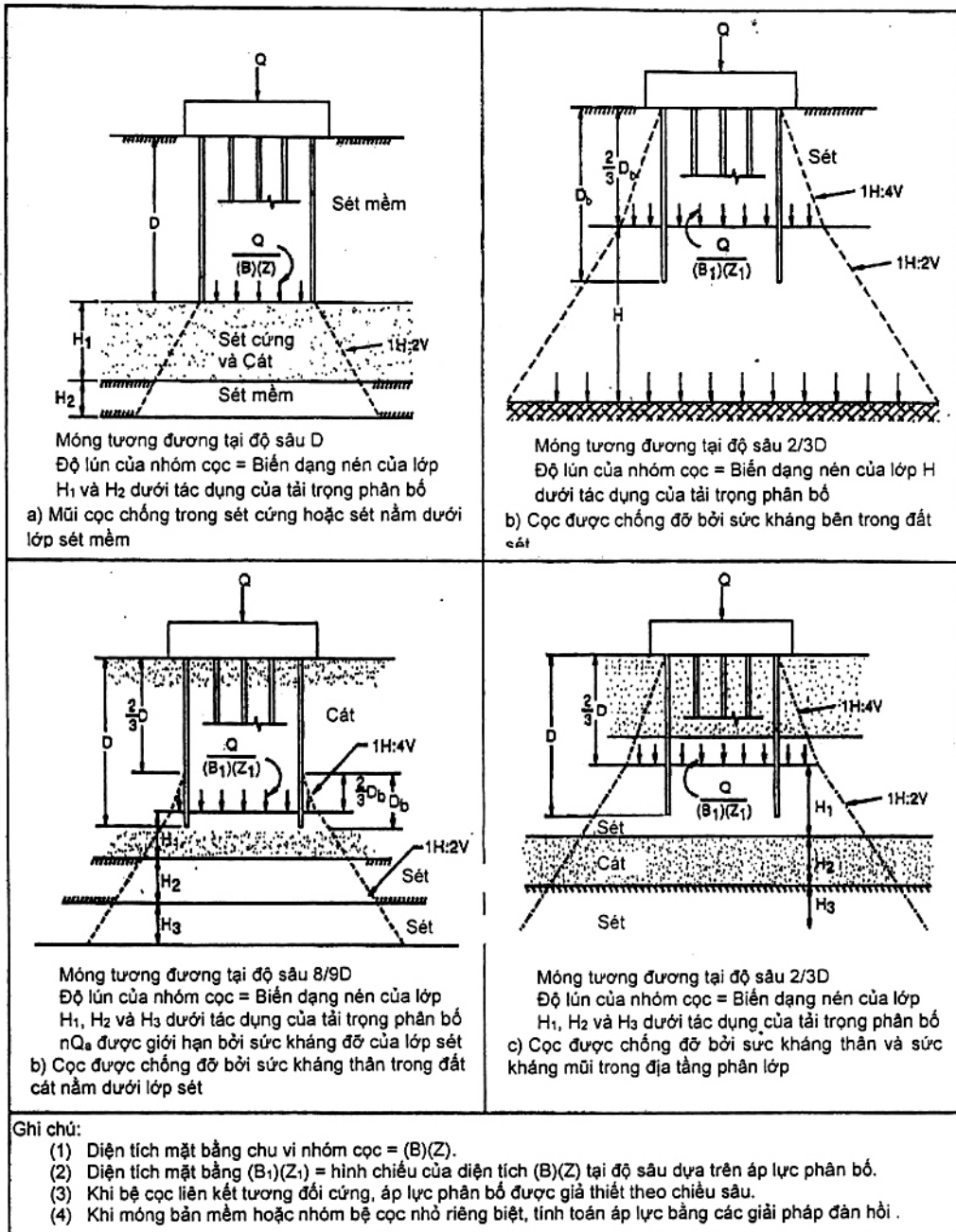
Để tính toán lún nhóm cọc, tải trọng được giả định tác dụng trên bề móng tương đương dựa trên độ sâu của chân của cọc vào lớp đất như thể hiện trong hình 13 và hình 14.

Lún nhóm cọc sẽ được đánh giá cho móng cọc trong đất dính, đất bao gồm các lớp liên kết chặt chẽ, và cọc trong đất dạng hạt lỏng lẻo. Tải trọng tính lún là tải trọng tác dụng thường xuyên trên móng.

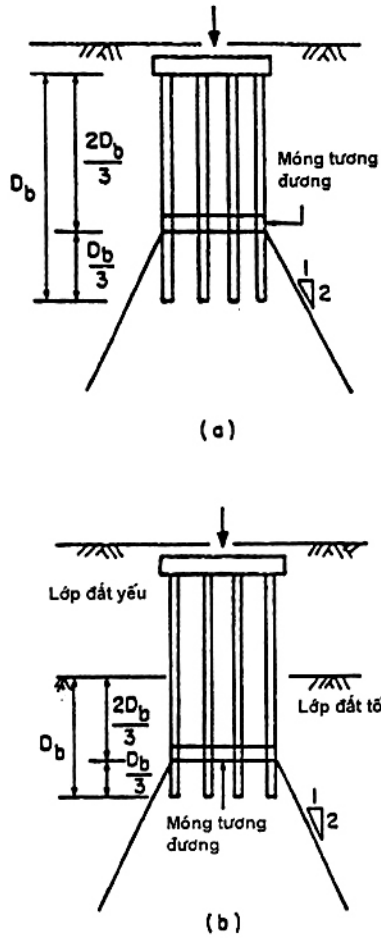
Đối với bề móng tương đương, sẽ sử dụng kích thước tương đương B và L'. Thiết kế cọc phải đảm bảo theo trạng thái giới hạn cường độ và sử dụng.

Đối với cọc trong cát chặt, trong trường hợp không có ma sát âm, có thể bỏ qua tính lún theo nhóm cọc.





Hình 13. Phân bố ứng suất dưới bệ móng tương đương cho nhóm cọc theo Hannigan và cộng sự (2006)



Hình 14. Vị trí bệ móng tương đương (theo Duncan and Buchignani, 1976)

10.4 Khả năng chịu tải theo vật liệu của kết cấu cọc

Khả năng chịu tải theo vật liệu của kết cấu cọc được xác định bởi cường độ cọc ống thép. Khả năng chịu lực kết cấu được kiểm tra đối với các tác động từ kết cấu bên trên cũng như mô men uốn từ các tải trọng ngang, độ lệch tâm hay mô men cố định tác dụng lên cọc. Ngoài các yêu cầu của kết cấu bên trên, khả năng chịu lực của cọc cần được xem xét với uốn dọc, các tải trọng gia tăng chẳng hạn như ma sát âm và uốn của cọc nghiêng do độ lún hoặc uốn gây ra bởi áp lực đất hoặc sức kháng bên. Độ dày tối thiểu của cọc ống thép đóng là 10 mm. Với ống có đường kính nhỏ hơn 600 mm chiều dày có thể là 8 mm. Mức độ ăn mòn cọc cần được xem xét khi xác định khả năng chịu lực dài hạn của cọc.

Trong một kết cấu hoàn thiện cọc ống thép thường bị chèn đầy đất. Phần trên của cọc hở mũi đôi khi trống rỗng và trong cọc bịt mũi thì toàn bộ bên trong cọc trống rỗng. Khả năng chịu lực kết cấu của cọc được hình thành bởi khả năng chịu lực của ống thép.

#### 10.4.1 Yêu cầu chung

- (1) Ứng suất giới hạn của vật liệu của cọc được xác định trên cơ sở vật liệu cọc và điều kiện đất nền. Trong điều kiện địa chất có nhiều đá tảng nên giảm ứng suất giới hạn của vật liệu so với trong các điều kiện thông thường.
- (2) Khả năng của kết cấu của cọc được kiểm tra khi điều chỉnh các tình huống tải có xem xét mức độ suy giảm do ăn mòn.
- (3) Năng lượng búa yêu cầu cho khả năng chịu tải theo đất nền được xác định và ứng suất khi đóng được kiểm tra với hệ số an toàn. Sự ăn mòn của cọc có thể được bỏ qua.

#### 10.4.2 Kiểm soát khi đóng cọc

Việc kiểm soát ứng suất giới hạn liên quan đến phương pháp và trình tự đóng cọc là cần thiết. Trừ trường hợp quy định khác, phân tích khi đóng cọc được thực hiện bởi Kỹ sư bằng cách phân tích phương trình sóng hoặc kiểm tra động đối với lực và gia tốc ở đầu cọc trong quá trình đóng cọc.

Ứng suất giới hạn khi đóng cọc đối với các cọc tại mọi vị trí đóng cọc xác định theo công thức sau:

$$\sigma_{dr} = 0.9\phi_{da} f_y \quad (32)$$

Với:  $f_y$  : cường độ chảy của thép (MPa)

$\phi_{da}$  (=1,0): hệ số sức kháng

#### 10.4.3 Sự mất ổn định

Kiểm tra mất ổn định cọc trong giai đoạn khai thác là không cần thiết do cọc chôn trong đất. Tuy nhiên cần xem xét mất ổn định trong giai đoạn thi công. Trong trường hợp này sức kháng kết cấu chống mất ổn định được tính toán theo quy trình thi công cọc, cho phép giảm sự ăn mòn cọc.

### 10.5 Thiết kế nhóm cọc

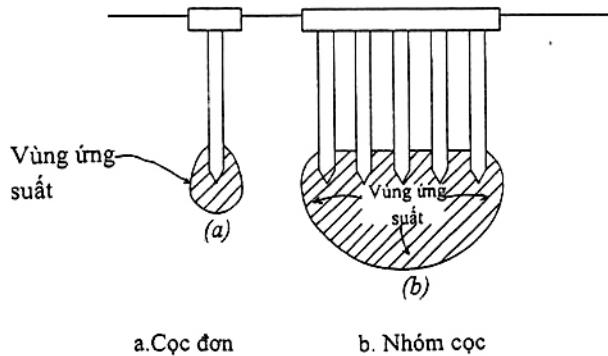
#### 10.5.1 Tổng quát

Các quy định về nhóm cọc, hệ số nhóm cọc, khoảng cách giữa các cọc, bố trí cọc trong bộ cọc tuân theo tiêu chuẩn thiết kế cầu hiện hành. Ngoài ra có thể tham khảo các phân tích nêu trong mục này.

#### 10.5.2 Phân tích nhóm cọc

Một số phương pháp gần đúng đã được sử dụng để phân tích các nhóm cọc. Phương pháp đồ họa hoặc toán học phân phối tải áp dụng cho mỗi cọc trong nhóm dựa trên vị trí cọc, độ xiên, và diện tích mặt cắt ngang. Những cách tiếp cận này đã không xem xét kháng bên, độ cứng của cọc, sự cố định của đầu cọc, kết cấu mềm, hoặc bất kỳ tác động nào của tương tác cọc – đất. Các yếu tố này ảnh hưởng đáng kể sự phân bố của các lực lên các cọc, nếu bỏ qua có thể dẫn đến một thiết kế đóng không an toàn và sai lầm. Vì vậy, các phương pháp này không nên được sử dụng trừ trường hợp rất đơn giản, hai chiều (2-D) kết cấu chịu tác dụng của lực ngang nhỏ (nhỏ hơn 20 % của lực dọc).

Phần lớn móng cọc gồm một nhóm các cọc, hành động trong vai trò kếp của gia cố đất, và cũng truyền tải trọng tác dụng xuống sâu hơn, tới lớp đất có khả năng chịu tải lớn hơn. Sự phá hủy nhóm cọc có thể xảy ra khi một cọc bị phá hoại hoặc coi như cả khối đất bị phá hoại. Khả năng chống đỡ của một nhóm các cọc chịu tác dụng của lực dọc trong nhiều trường hợp có thể ít hơn nhiều so với tổng số học khả năng chịu lực của các cọc trong nhóm. Tác động của nhóm trong móng cọc có thể dẫn đến phá hủy hoặc lún quá nhiều, mặc dù thí nghiệm thử tải được thực hiện trên một cọc đơn đã chỉ ra khả năng chịu tải là thỏa mãn. Trong mọi trường hợp tính đàn hồi và lún cố kết của nhóm đều lớn hơn so với cọc đơn mang tải trọng làm việc tương tự như trên mỗi cọc trong nhóm. Điều này là do các vùng đất hoặc đá mà ứng suất gây ra bởi toàn bộ nhóm kéo dài đến chiều rộng lớn hơn và sâu hơn so với các vùng bên dưới cọc đơn (hình 15).



Hình 15 - So sánh các vùng ứng suất dưới cọc đơn và nhóm cọc

Khi thiết kế cần xem xét việc này nhằm các mục đích sau:

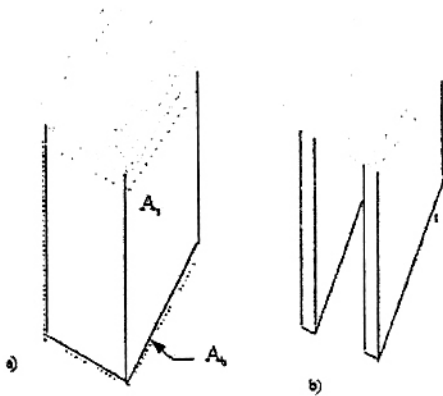
- Để tính toán và dự đoán khả năng chịu lực thiết kế của nhóm cọc trong các loại đất khác nhau
- Để đánh giá những yếu tố chi phối trong thiết kế của nhóm cọc
- Để thiết kế các nhóm cọc với khoảng cách thích hợp giữa các cọc. Nhóm cọc đóng vào cát có thể gia cường cho đất. Trong một số trường hợp, sức kháng bên của cọc đóng vào cát có thể tăng 2 lần hoặc nhiều hơn.

Nhưng trong trường hợp của cọc đóng vào đất sét dễ bị phá hủy, sự gia tăng căng ứng suất hiệu quả trong đất xung quanh với cọc trong nhóm có thể nhỏ hơn so với cọc đơn. Điều này sẽ dẫn đến sức kháng bên ít hơn.

Nhìn chung, khả năng chịu lực của nhóm cọc có thể được tính toán trong việc xem xét để ngăn chặn sự phá hủy trong một cách tương tự như của cọc đơn, từ diện tích bề mặt khối và diện tích đáy của khối, bằng cách viết lại phương trình chung, chúng ta nhận được:

$$R_b = A_s \cdot C_s + A_b \cdot C_b \cdot N_c - (W_p - W_s) \quad (33)$$

Hình 16. Nhóm cọc hoạt động như một khối



Trong đó:

$R_b$ : Sức kháng đáy của khối

$A_s$ : Diện tích bề mặt của khối

$A_b$ : Diện tích đáy của khối

$C_b, C_s$ : Lực dính trung bình của đất sét xung quanh nhóm và bên dưới nhóm

$N_c$ : Hệ số khả năng chịu lực. Với chiều sâu thích hợp của cọc giá trị xấp xỉ của  $N_c = 9$

$W_p$  và  $W_s$ : Trọng lượng của cọc và trọng lượng phần đất tương ứng bị chiếm chỗ

Trong kiểm tra ứng xử của nhóm cọc cần thiết phải xem xét các yếu tố sau:

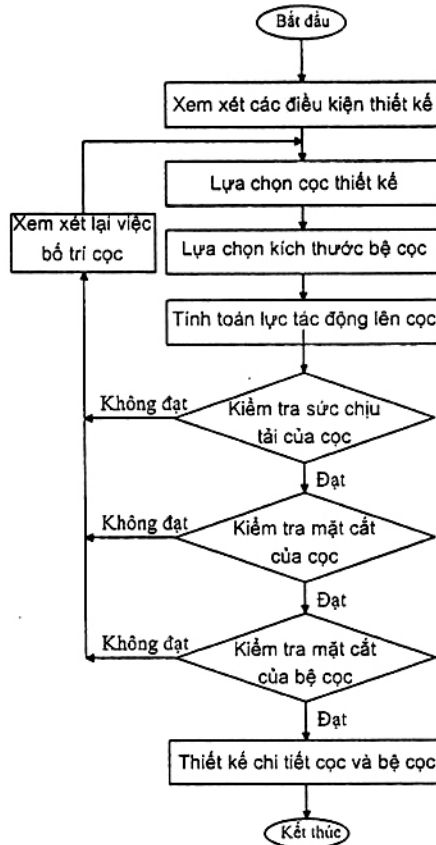
- Nhóm độc lập, trong đó mũ cọc không tiếp xúc với đất nằm bên dưới.
- "Móng cọc", trong đó mũ cọc tiếp xúc với đất nằm bên dưới.
- Khoảng cách cọc
- Tính toán độc lập, cho thấy khả năng chịu lực của khối và khả năng chịu tải của cọc đơn trong nhóm nên được thực hiện.
- Liên hệ giữa khả năng chịu lực cực hạn của khối với tổng khả năng chịu lực của các cọc đơn (tỷ lệ khả năng chịu lực của khối với khả năng chịu lực của cọc đơn) càng cao càng tốt.
- Trong trường hợp nơi mà khoảng cách cọc theo một hướng là lớn hơn nhiều so với hướng vuông góc, khả năng chịu lực của nhóm không như trong hình 16b nên được xem xét.

Khi khoảng cách nhỏ nhất giữa tim hai cọc liền kề nhỏ, ảnh hưởng của hiệu ứng nhóm trở nên lớn hơn, và khả năng chịu lực dọc trục và hệ số phân lực nền theo phương ngang cần phải giảm. Tuy nhiên, trong trường hợp khoảng cách giữa các cọc liền kề lớn hơn 2,5 lần đường kính cọc, lượng giảm tác động của nhóm cọc có thể là không đáng kể và không có vấn đề lớn với các hoạt động xây dựng. Cần lưu ý rằng những ảnh hưởng của khoảng cách giữa các cọc trong nhóm liên quan đến các yếu tố

khác nhau bao gồm các loại đất.

### 10.5.3 Trình tự thiết kế móng

Trình tự thiết kế móng có thể theo sơ đồ hình 17 dưới đây:



Hình 17. Trình tự thiết kế móng cọc ống thép

## 11 Liên kết giữa cọc và bộ móng

### 11.1 Tổng quát

Có hai phương pháp liên kết đầu cọc là liên kết cứng và liên kết khớp. Trong thiết kế kết cấu móng cọc ống thép liên kết giữa cọc và bộ móng phải là liên kết cứng vì liên kết cứng có khả năng không chế chuyển vị ngang và chịu động đất tốt hơn.

### 11.2 Phương pháp liên kết

Dưới đây chỉ ra một phương pháp mà momen uốn đầu cọc được kháng lại chủ yếu bởi các thanh thép tăng cường trong khi vẫn giữ nguyên chiều dài chôn cọc vào bộ móng, chiều dài này có thể được áp dụng cho tất cả các loại cọc được nói đến trong tài liệu này ở mức nhỏ nhất là 100mm - thể hiện trong

Hình 17. Có thể tham khảo phương pháp với chiều dài chôn cọc vào bề móng để kháng lại momen uốn đầu cọc bằng hoặc lớn hơn đường kính cọc-thể hiện bên phải của Hình 17.

### 11.3 Cơ sở thiết kế

Cần phải thiết kế đảm bảo an toàn xét tới lực nén, lực nhỏ, lực ngang và momen uốn tác động lên đầu cọc bằng cách thiết kế liên kết giữa cọc – bề móng là liên kết cứng. Tuy nhiên, trong điều kiện cọc được liên kết với bề móng phù hợp với các chi tiết kết cấu khi các cự ly mép tiêu chuẩn được xác định cho bề dày giả thiết cứng thì việc kiểm tra có thể được bỏ qua.

Trong điều kiện cọc liên kết với bề phù hợp với các chi tiết kết cấu, (giả sử có một mặt cắt bê tông cốt thép bên trong bề móng- gọi là mặt cắt bê tông cốt thép giả định), việc xác định cường độ ứng suất trong thanh thép của liên kết đầu cọc phải được thực hiện. Để xác định, tâm của mặt cắt bê tông cốt thép giả định và tâm của mặt cắt cọc phải được bố trí tương ứng và đường kính của mặt cắt bê tông cốt thép giả định (đường kính hiệu dụng) là đường kính cọc  $D$  cộng với phần thêm  $0.25D + 100$  (mm) (phần thêm lớn nhất là 400mm). Việc xác định cường độ ứng suất cho bê tông có thể cũng được bỏ qua vì thí nghiệm đã chỉ ra rằng với sự phát triển ứng suất trong bề móng, không có tác động chi phối đến ứng xử đầu cọc.

### 11.4 Chi tiết kết cấu

Chiều dài chôn của thanh cốt thép tăng cường vào bề móng là  $L_{0r} + 10\phi$  ( $\phi$  = đường kính của thanh thép) từ vị trí tâm của thanh cốt chủ phía dưới của bề móng phải được xác định.  $L_{0r}$  là chiều dài chôn tính toán từ công thức (33) sử dụng cường độ ứng suất dính bám cho phép, ... của bê tông bề móng.

Chiều dài chôn của thanh thép vào thân cọc, tùy thuộc vào nguyên tắc kết hợp với chiều dài chôn vào bề móng, kết quả thí nghiệm tải trọng cho trường hợp sử dụng cọc SPP490 với thanh cốt thép và các xem xét khác với chiều dài chôn  $L_{0p} + 10\phi$  ( $\phi$  = đường kính của thanh thép) phải được xác định.

- a. Đai nổi bên trong của cọc đặt tại hai cao độ với chiều dày quy định trong Bảng 10. Bề rộng đai nổi nhỏ nhất bằng hai lần chiều dày của chúng. Khi xem xét tới khả năng hoạt động, hàn đai nổi tại hiện trường phải là mối hàn góc toàn bộ chu vi ở bề mặt trên của đai nổi.

$$L_0 = \frac{\sigma_{sa}}{4\tau_{0a}} \phi \quad (34)$$

Trong đó:

$L_0$ : Chiều dài neo cần thiết của thanh thép (mm)

$\tau_{0a}$ : Ứng suất dính bám giới hạn cho phép của bê tông (N/mm<sup>2</sup>)

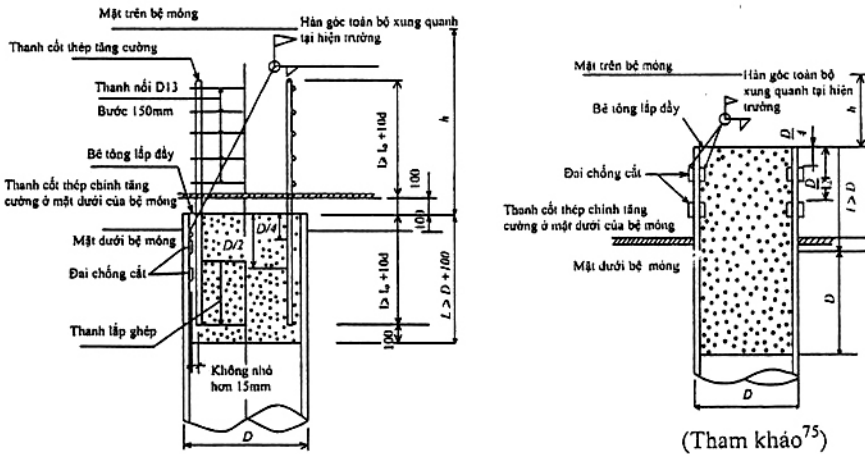
$\phi$ : Đường kính thanh thép (mm)

$\sigma_{sa}$ : Ứng suất kéo giới hạn cho phép của thanh thép (N/mm<sup>2</sup>)

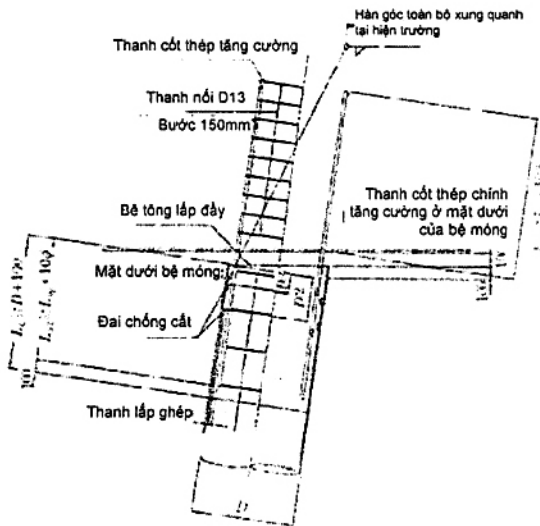
**Bảng 10. Chiều dày của đai nối bên trong và đường kính ngoài cọc**

Đường kính cọc D (mm)	Bề dày đai nối (mm)
Nhỏ hơn 800	9
$800 \leq D \leq 1200$	12
$1200 \leq D \leq 1500$	16

- b. Khoảng trống giữa đai nối và thanh thép nhồi chung nhỏ nhất là 15mm. Khoảng cách giữa cọc và thanh thép tối thiểu bằng đường kính của thanh thép.
- c. Chiều dài chôn của thanh thép  $L_{0f}$  và  $L_{0p}$  phải được tính toán sử dụng công thức (34). Thông thường, chúng được lấy nhỏ nhất là  $35 \psi$  ( $\psi$  - đường kính của thanh thép). Khi sử dụng liên kết ngầm giữa cọc và bệ phải yêu cầu đủ chiều dài chôn của cọc vào bệ.



**Hình 18. Phương pháp liên kết**



**Hình 19 - Lưới thép gia cường bệ móng**



- d. Cốt thép tăng cường đầu cọc bao gồm một hệ thống khung cốt thép.
- e. Trong trường hợp cọc xiên, chiều dài chôn cọc vào bộ móng được đặt là 100mm cho phần ngắn nhất- thể hiện trong Hình 18. Nếu một cọc ống thép giao với cốt thép ở mặt dưới của bộ móng, phải xử lý cọc ống thép bằng các phương pháp như cắt chúng theo phương ngang, vv... như thể hiện trong Hình 18.

## 12 Thiết kế các chi tiết khác của cọc

### 12.1 Đầu cọc

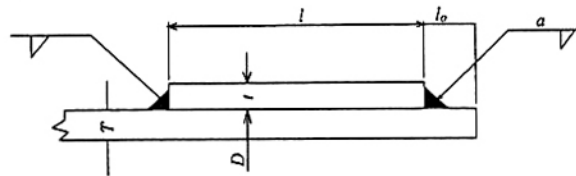
Trong trường hợp khi búa đóng xuống có nguy cơ gây ra hư hỏng, mũ cọc phải được tăng cường để kháng lại tải trọng tác động.

Khi sử dụng búa phù hợp và việc thi công đóng cọc được thực hiện chính xác, không cần có các giải pháp tăng cường đặc biệt tại đầu cọc. Tuy nhiên, khi sử dụng puli lăn theo (bánh răng bị dẫn) hoặc khi rung động không cân bằng xét trên các điều kiện đất nền là đáng lo ngại, phải tăng chiều dày của ống thép hoặc lựa chọn cẩn thận loại búa.

### 12.2 Mũi cọc

Trong trường hợp mũi cọc có khả năng bị hư hỏng hoặc khi cần thiết tạo điều kiện thuận lợi đóng cọc vào đất cứng, mũi cọc phải được tăng cường.

Một cách lắp đặt chuẩn của đai tăng cường được gắn tại mũi cọc được thể hiện trong hình 20. Vì đai tăng cường có vai trò giảm ma sát bên vì vậy chúng cần thiết phải được xem xét để có thể giảm được lực ma sát mặt khi đai dày hơn 9 mm.



Hình 20. Lắp đặt tiêu chuẩn của Đai tăng cường

Trong đó

$t$ : nên là 9 mm.

$l$ : 200 mm cho cọc có đường kính nhỏ hơn hoặc bằng 600 mm, hoặc 300 mm cho cọc có đường kính lớn hơn 600 mm.

$l_0$ : nên là 18 mm.

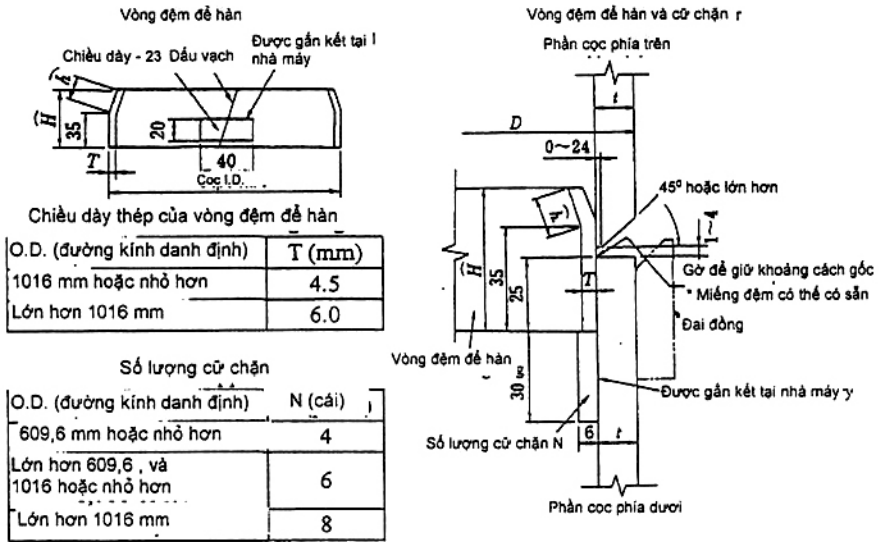
Phải được hàn góc và cạnh "a" là 6 mm hoặc lớn hơn

### 12.3 Kỹ thuật hàn nối cọc ống thép

Mỗi nối lắp ghép cọc ống thép phải đảm bảo yêu cầu về cường độ và tính dễ gia công. Các mối nối bằng hàn hồ quang với kim loại lấp đầy có thể được sử dụng và hàn nối hai đầu mà toàn bộ xung quanh ngấu hoàn toàn có thể được chấp nhận.

TCVN 10834:2015

Mối nối giữa các phần của cọc ống thép phải đảm bảo cường độ cũng như có kết cấu xét tới khả năng thi công. Về nguyên tắc, các mối nối theo quá trình hàn bán tự động có kết cấu thể hiện trong Hình 21.



Hình 21. Hình dạng và kích thước tiêu chuẩn mối nối Cọc ống thép đưa vào Hàn bán tự động tại Công trường

**Phụ lục A**  
**(Tham khảo)**

**Các đặc trưng tiêu chuẩn của đất**

Trị số tiêu chuẩn của dung trọng  $\gamma$  ( $\text{kN/m}^3$ ), Lực dính  $C$  ( $\text{kg/cm}^2$ ), góc nội ma sát  $\varphi$

**A.1 Đất cát**

Loại cát	Đặc trưng của đất	Đặc trưng của đất khi hệ số rỗng bằng			
		0,45	0,55	0,65	0,75
Sỏi và cát thô	C	0,02	0,01	-	-
	$\varphi$	43	40	38	-
	$\gamma$	20,5	19,5	19,0	-
Cát hạt trung	C	0,03	0,02	0,01	-
	$\varphi$	40	38	35	-
	$\gamma$	20,5	19,5	19,0	-
Cát hạt nhỏ	C	0,06	0,04	0,02	-
	$\varphi$	38	36	32	28
	$\gamma$	19,5	19,5	19,0	19,0
Cát bụi	C	0,08	0,06	0,04	0,02
	$\varphi$	36	34	30	26
	$\gamma$	19,5	19,5	19,0	19,0

Chú thích : Đối với đất đắp phải giảm giá trị của  $\varphi$  đi 5 độ và giảm giá trị của  $\gamma$  đi 10%

**A.2 Đất sét trầm tích kỉ thứ tư**

Tên đất và chỉ số sét $I_L$ - B	Đặc trưng của đất	Đặc trưng của đất khi Hệ số rỗng bằng						
		0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Á cát $0 \leq I_L \leq 0,25$	$\gamma$	21,0	20,0	19,5	-	-	-	-
	C	0,15	0,11	0,08	-	-	-	-
	$\varphi$	30	29	27	-	-	-	-
Á cát $0,25 \leq I_L \leq 0,75$	$\gamma$	21,0	2,00	19,5	19,0	-	-	-
	C	0,13	0,09	0,06	0,03	-	-	-
	$\varphi$	28	26	24	21	-	-	-
Á cát $0,25 \leq I_L \leq 0,75$	$\gamma$	21,0	20,0	19,5	19,0	18,5	18,0	17,5
	C	0,47	0,37	0,31	0,25	0,22	1,19	0,15
	$\varphi$	26	25	24	23	22	20	20
Á sét $0 \leq I_L \leq 0,25$	$\gamma$	21,0	20,0	19,5	19,0	18,5	18,0	-
	C	0,39	0,34	0,28	0,23	0,18	0,15	-
	$\varphi$	24	23	22	21	19	17	-
Á sét $0,25 \leq I_L \leq 0,5$	$\gamma$	-	-	19,5	19,0	18,5	18,0	17,5
	C	-	-	0,25	0,20	0,16	0,14	0,12
	$\varphi$	-	-	19	18	16	14	12

Tên đất và chỉ số sét $I_L$ - B	Đặc trưng của đất	Đặc trưng của đất khi Hệ số rỗng bằng						
		0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
Á sét $0,5 \leq I_L \leq$ $0,75$	$\gamma$	-	20,0	19,5	19,0	18,5	18,0	17,5
	C	-	0,81	0,68	0,54	0,47	0,41	0,36
	$\varphi$	-	21	20	19	18	16	14
Sét $0,25 \leq I_L \leq$ $0,5$	$\gamma$	-	-	19,5	19,0	18,5	18,0	17,5
	C	-	-	0,57	0,50	0,43	0,37	0,32
	$\varphi$	-	-	18	17	16	14	11
Sét $0,5 \leq I_L \leq$ $0,75$	$\gamma$	-	-	19,5	19,0	18,5	17,0	17,5
	C	-	-	0,45	0,41	0,36	0,33	0,29
	$\varphi$	-	-	15	14	12	10	7

\*) Tham khảo từ tiêu chuẩn TCVN 9860-2013

**Phụ lục B**  
**(Tham khảo)**

**Phương pháp chuyển vị xác định chuyển vị và phản lực của cọc**

Phản lực và chuyển vị của cọc được tính toán bằng cách biểu diễn bộ móng như một khối cứng và tương tác giữa cọc – nền đất là tương tác đàn hồi được mô tả là thông qua các hệ số đàn hồi theo phương đứng và phương ngang.

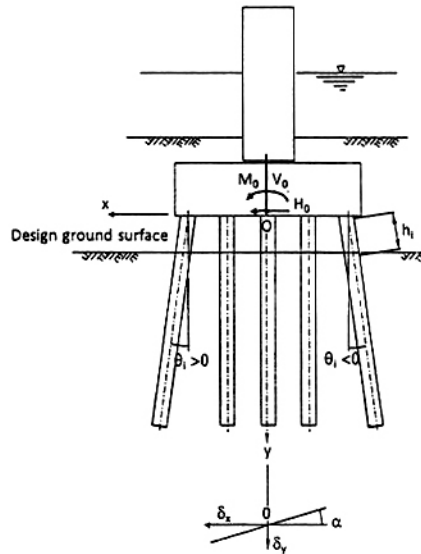
1) Cơ sở tính toán theo phương pháp chuyển vị

Để thuận tiện tính toán, phản lực cọc và chuyển vị móng được giả định trong phương pháp chuyển vị như sau:

1. Móng cọc được giả định là một kết cấu hai chiều.
2. Cọc là đàn hồi tuyến tính khi chịu nén, chịu nhỏ, chuyển vị uốn, hệ số đàn hồi theo phương dọc trục và theo phương vuông góc với trục cọc tại đầu cọc là hằng số, không phụ thuộc vào tải trọng. Hệ số đàn hồi này cũng được áp dụng cho cả cọc chịu nén, cọc chịu nhỏ
3. Bộ móng là cứng tuyệt đối và xoay quanh trọng tâm của nhóm cọc.

2) Phương pháp tính toán

Trong tính toán bằng phương pháp chuyển vị, hệ tọa độ được giả sử như trong hình 9.9, thiết lập gốc tại một điểm O tùy ý của móng, xác định các lực bên ngoài làm việc tại điểm O như minh họa trong hình, tại điểm O, thiết lập chuyển vị theo phương các trục  $\delta_x$ ,  $\delta_y$  và chuyển vị xoay  $\alpha$  có hướng như minh họa.



Hình B1. Hệ tọa độ trong phương pháp chuyển vị

Gốc tọa độ O có thể chọn tùy ý, nhưng khuyến khích nên chọn O trùng với trọng tâm của nhóm cọc ở mặt dưới của bộ móng.

Trong trường hợp này, chuyển vị của gốc tọa độ có thể thu được bằng cách giải hệ phương trình sau đây với ba ẩn.

$$A_{xx} \cdot \delta_x + A_{xy} \cdot \delta_y + A_{x\alpha} \cdot \alpha = H_0 \quad (\text{B.1})$$

$$A_{yx} \cdot \delta_x + A_{yy} \cdot \delta_y + A_{y\alpha} \cdot \alpha = V_0 \quad (\text{B.2})$$

$$A_{\alpha x} \cdot \delta_x + A_{\alpha y} \cdot \delta_y + A_{\alpha\alpha} \cdot \alpha = M_0 \quad (\text{B.3})$$

Giả sử rằng đáy móng nằm ngang, mỗi hệ số có thể thu được bằng cách sử dụng các phương trình sau đây:

$$A_{xx} = \Sigma(K_1 \cdot \cos^2\theta_i + K_V \cdot \sin^2\theta_i) \quad (\text{B.4})$$

$$A_{xy} = A_{yx} = \Sigma(K_V - K_1) \cdot \sin\theta_i \cdot \cos\theta_i \quad (\text{B.5})$$

$$A_{xy} = A_{yx} = \Sigma\{(K_V - K_1)x_1 \cdot \sin\theta_i \cdot \cos\theta_i - K_2 \cdot \cos\theta_i\} \quad (\text{B.6})$$

$$A_{yy} = \Sigma(K_V \cdot \cos^2\theta_i + K_1 \cdot \sin^2\theta_i) \quad (\text{B.7})$$

$$A_{y\alpha} = A_{\alpha y} = \Sigma\{(K_V \cdot \cos^2\theta_i + K_1 \cdot \sin^2\theta_i)x_1 + K_2 \cdot \sin\theta_i\} \quad (\text{B.8})$$

$$A_{\alpha\alpha} = \Sigma\{(K_V \cdot \cos^2\theta_i + K_1 \cdot \sin^2\theta_i)x_1^2 + (K_2 + K_3)x_1 \cdot \sin\theta_i + K_4\} \quad (\text{B.9})$$

Trong đó:

$H_0$ : Tải trọng ngang tác dụng lên đáy bộ móng (kN)

$V_0$ : Tải trọng thẳng đứng tác dụng lên đáy bộ móng (kN)

$M_0$ : Mô men do tải trọng ngoài quanh điểm O (kN·m)

$\delta_x$ : Chuyển vị ngang tại điểm O (m)

$\delta_y$ : Chuyển vị thẳng đứng tại điểm O (m)

$\alpha$ : Góc xoay của bộ móng (rad)

$x_i$ : Tọa độ của đầu cọc thứ i (m)

$\theta$ : Góc nghiêng so với phương thẳng đứng của cọc thứ i (độ). Ký hiệu như hình B1

Bằng cách sử dụng chuyển vị ( $\delta_x$ ,  $\delta_y$ ,  $\alpha$ ) tại điểm gốc móng thu được từ kết quả của các phép tính nêu trên, lực dọc trục cọc  $P_{Ni}$ , lực vuông góc với trục cọc  $P_{Hi}$ , và mô men  $M_{ti}$  tác dụng lên mỗi đầu cọc có thể thu được bằng cách sử dụng các phương trình sau đây:

$$P_{Ni} = K_V \cdot \delta'_{yi} \quad (\text{B.10})$$

$$P_{Hi} = K_1 \cdot \delta'_{xi} - K_2 \cdot \alpha \quad (\text{B.11})$$

$$M_{ti} = -K_3 \cdot \delta'_{xi} + K_4 \cdot \alpha \quad (\text{B.12})$$

$$\delta'_{xi} = \delta_x \cdot \cos\theta - (\delta_y + \alpha x_i) \cdot \sin\theta_i \quad (\text{B.13})$$

$$\delta'_{yi} = \delta_x \cdot \sin\theta - (\delta_y + \alpha x_i) \cdot \cos\theta_i \quad (\text{B.14})$$

Trong đó:

$\delta'_{xi}$ : Chuyển vị theo phương vuông góc với trục cọc của đầu cọc thứ i (m)

$\delta'_{yi}$ : Chuyển vị theo phương dọc trục của đầu cọc thứ i (m)

$K_V$ : lực dọc trục để tạo ra chuyển vị đơn vị của đầu cọc (hệ số đàn hồi dọc trục của cọc) (kN/m)

$K_1, K_2, K_3$ , và  $K_4$ : Hệ số đàn hồi theo phương ngang

$x_i$ : tọa độ x của đầu cọc thứ i(m)

$\theta_i$ : góc nghiêng so với phương thẳng đứng của cọc thứ i (độ)

$P_{Ni}$ : Lực dọc của cọc thứ i (kN)

$P_{Hi}$ : Lực vuông góc với trục cọc của cọc thứ i (kN)

$M_{ti}$ : Mô men do tải trọng ngoài tác dụng lên đầu cọc thứ i (kN·m)

Trong số các giá trị thu được như trên,  $M_{ti}$  là mô men do tải trọng ngoài được phân phối trên đầu cọc, và mô men uốn  $M_{bi}$  là nội lực trên đầu cọc là một giá trị có dấu ngược lại. (Cụ thể,  $M_{bi} = -M_{ti}$ )

Sau đó, phản lực thẳng đứng đầu cọc  $V_i$  và phản ứng ngang  $H_i$  được cho bởi phương trình sau đây, và được sử dụng trong việc tính toán bố trí cốt thép của bộ móng:

$$V_i = P_{Ni} \cdot \cos\theta_i - P_{Hi} \cdot \sin\theta_i \quad (\text{B.15})$$

$$H_i = P_{Ni} \cdot \sin\theta_i + P_{Hi} \cdot \cos\theta_i \quad (\text{B.16})$$

Các phương trình sau đây giúp các nhà thiết kế kiểm tra quá trình tính toán là đúng hay không:

$$\Sigma H_i = H_0 \quad (\text{B.17})$$

$$\Sigma V_i = V_0 \quad (\text{B.18})$$

$$\Sigma(H_i + V_i \cdot x_i) = M_0 \quad (\text{B.19})$$

### 3) Cọc thẳng đứng bố trí đối xứng

Dưới đây là công thức tính toán thực tế với các cọc thẳng đứng bố trí đối xứng ( $\theta_i = 0$ ), đây là các tính toán thường được sử dụng nhất, với các hằng số lò xo  $K_1, K_2, K_3, K_4$  và  $K_v$  là giống nhau giữa các cọc.

Giả sử rằng tổng số cọc là  $n$ ,

$$\delta_x = \frac{H_0 + \frac{nK_2}{K_v \Sigma x_i^2 + nK_4} M_0}{nK_1 - \frac{(nK_2)^2}{K_v \Sigma x_i^2 + nK_4}} \quad (\text{B.20})$$

$$\delta_y = \frac{V_0}{nK_v} \quad (\text{B.21})$$

$$\alpha = \frac{M_0 + \frac{1}{2} \lambda H_0}{K_v \Sigma x_i^2 + n \left( K_4 - \frac{K_2^2}{K_1} \right)} \quad (\text{B.22})$$

$$P_{Ni} = \frac{V_0}{n} + \frac{M_0 + \frac{1}{2} \lambda H_0}{\Sigma x_i^2 + \frac{n}{K_v} \left( K_4 - \frac{K_2^2}{K_1} \right)} x_i \quad (\text{B.23})$$

$$P_{Hi} = \frac{H_0}{n} \quad (\text{B.24})$$

$$M_{ti} = \frac{1}{n} (M_0 - \Sigma P_{Ni} x_i) \quad (\text{B.25})$$

Trong đó

$$\lambda = h + \frac{1}{\beta} \quad (\text{B.26})$$

$$\frac{1}{2} \lambda H_0 = 0 \quad (\text{B.27})$$

Trong trường hợp liên kết khớp.

Tài liệu tham khảo

Ngoài các tiêu chuẩn viện dẫn đã nêu tại mục 2 có thể tham khảo các tài liệu sau:

- [1] 22TCN 272-05 (2005), Tiêu chuẩn thiết kế cầu
- [2] TCCS 03/2012-TCĐBVN (2012), Tiêu chuẩn thiết kế cọc ống thép dạng giằng
- [3] TCCS 02:2010/TCĐBVN (2010), Tiêu chuẩn thi công cầu - AASHTO LRFD
- [4] TCXDVN 375:2006 (2006), Tiêu chuẩn Thiết Kế Công Trình Chịu Động Đất
- [5] TCVN 2737:1995, Tiêu chuẩn tải trọng và tác động
- [6] JIS A5525, Specification for Japanese Industrial Standard rules for welded steel pipe.
- [7] ASTM A252 – 98 (2007), Guideline for Steel pipe pile welding and casting
- [8] Hướng dẫn thiết kế cọc ống thép (2012), NSSMC và nhóm nghiên cứu Trường ĐH GTVT (bản song ngữ Anh-Việt)
- [9] Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms— Working Stress Design, API, 2012.

*Các tiêu chuẩn thí nghiệm đất trong phòng*

- [10] Water Content - ASTM D 4643
- [11] Specific Gravity - AASHTO T 100 (ASTM D 854)
- [12] Grain Size Distribution - AASHTO T 88 (ASTM D 422)
- [13] Liquid Limit and Plastic Limit - AASHTO T 90 (ASTM D4318)
- [14] Direct Shear Test - AASHTO T 238 (ASTM D 3080)
- [15] Unconfined Compression Test - AASHTO T 208 (ASTM D 2166)
- [16] Unconsolidated-Undrained Triaxial Test - ASTM D 2850
- [17] Consolidated-Undrained Triaxial Test - AASHTO T 297 (ASTM D 4767)
- [18] Consolidation Test - AASHTO T 216 (ASTM D 2435 or D 4186)
- [19] Method of classification of geomaterials for engineering purposes – JGS 0051
- [20] Method of Unconfined Compression Test of Soil – JIS A-1216
- [21] Method of Test for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate- JIS A-1109
- [22] Method of Test for Water Content of Soils – JIS A1203
- [23] Method of Test for Density of Soil Part 1 - JIS A1202
- [24] Method of Test for Wet Unit Weight – JIS A1225
- [25] Method of Test for Minimum and Maximum Density of Sand – JIS A1224
- [26] Method of Test for Grain-size Distribution of Soils – JIS A1204
- [27] Method of Test for Liquid Limit Test and Plastic Limit Test – JIS A1205
- [28] Method of Test for Moisture-density relation of soil – JIS A1210
- [29] Method of California Bearing Ratio – JIS A1211
- [30] Method of Consolidation – JIS A1217,1227
- [31] Method of Test for Unconfined Compression test – JIS A1216
- [32] Method for triaxial compression test on soils – JGS 0521,0522,0523,0524
- [33] Method for consolidated constant volume direct box shear test on soils – JGS 0560



[34] Method for consolidated constant pressure direct box shear test on soils—JGS 056

*Các tiêu chuẩn thí nghiệm đá trong phòng*

[35] Determination of Elastic Module - ASTM D 3148

[36] Triaxial Compression Test - AASHTO T 286 (ASTM D 2664)

[37] Unconfined Compression Test - ASTM D 2938

[38] Splitting Tensile Strength Test - ASTM D 3967

[39] Method for unconfined compression test on rocks—JGS 2521

[40] Method for triaxial compression test on rocks—JGS 2531,2532,2533,2534

[41] Method for splitting tensile strength test on rocks —JGS 2551 Specifications for In-situ soil tests

*Các tiêu chuẩn thí nghiệm đất tại hiện trường*

[42] TCVN 9351-2012 Đất xây dựng : Phương pháp thí nghiệm hiện trường - Thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn ( SPT)

[43] TCVN 9352-2012 Đất xây dựng : Phương pháp thí nghiệm xuyên tĩnh

[44] 22 TCN 355-06 - Quy trình thí nghiệm cắt cánh hiện trường

[45] Specification Penetration Test - AASHTO T 206 (ASTM D 1586)

[46] Static Cone Test - ASTM D 3441

[47] Field Vane Test - AASHTO T 223 (ASTM D 2573)

[48] Pressuremeter Test - ASTM D 4719

[49] Plate Bearing Test - AASHTO T 235 (ASTM D 1194)

[50] Well Test (Permeability) - ASTM D 4750

[51] Method of Penetration Test for Soils – JIS A-1219

[52] Method for Dutch double-tube cone penetration test – JIS A-1220

[53] Method for Portable Cone Penetration Test —JGS 1431

[54] Method for Field Vane Shear Test —JGS 1411

[55] Pressuremeter Test in Borehole —JGS 1421

*Các tiêu chuẩn thí nghiệm đá tại hiện trường*

[56] Deformability and Strength of Weak Rock by an In-Situ Uniaxial Compressive Test - ASTM D 4555

[57] Determination of Direct Shear Strength of Rock Discontinuities - ASTM D 4554

[58] Modulus of Deformation of Rock Mass Using the Flexible Plate Loading Method – ASTM D 4395

[59] Modulus of Deformation of Rock Mass Using a Radial Jacking Test - ASTM D 4506

[60] Modulus of Deformation of Rock Mass Using the Rigid Plate Loading Method - ASTM D 4394

[61] Stress and Modulus of Deformation Determination Using the Flatjack Method - ASTM D 4729

[62] Stress in Rock Using the Hydraulic Fracturing Method - ASTM D 4045

[63] Method for In-situ Direct Shear Test on Rocks —JGS 3511

[64] Method for In-situ Rigid Plate Loading Test on Rocks —JGS 3521

[65] Method for Pressuremeter Test on Rocks —JGS 3531