

# MỘT SỐ VẤN ĐỀ CẦN HIỂU ĐÚNG ĐỂ TÍNH ĐÚNG CỌC CHỊU LỰC NGANG THEO TCXD 205: 1998

Ts. Phan Dũng

## I. Đặt vấn đề:

- 1.1. Như đã biết, bài toán cọc chịu lực ngang giữ vai trò quan trọng khi phân tích chuyển vị - nội lực móng cọc: ở giai đoạn ban đầu, nó cung cấp số liệu đầu vào còn ở giai đoạn sau là công cụ giúp kiểm toán độ bền – độ ổn định của hệ cọc đất theo các điều khoản của Tiêu chuẩn Thiết kế.
- 1.2. TCXD 205 : 1998 là Tiêu chuẩn Thiết kế hiện hành ở nước ta, trong đó phụ lục G trình bày nội dung tính toán thiết kế cọc chịu lực ngang, về cơ bản dựa trên Tiêu chuẩn Thiết kế móng cọc của Liên Xô (cũ) hay của Liên Bang Nga ngày nay [1], [2]. “Hướng dẫn Thiết kế móng cọc” [9] với các giải thích và ví dụ bằng số là một tài liệu tiếng Việt quý giá hỗ trợ cho người thiết kế khi vận dụng Tiêu chuẩn nói trên vào thực tiễn.
- 1.3. Tuy vậy, có thể do tiếp nhận thông tin không đầy đủ ngay trong khâu dạy và học ở Trường Đại học cũng như trong thực tế thiết kế, một số nội dung cơ bản của bài toán cọc chịu lực ngang theo Tiêu chuẩn hiện hành dường như vẫn chưa được hiểu đúng đắn; sau khi tập hợp và sắp xếp lại, thường tập trung vào các vấn đề dưới đây:
  1. Độ cứng của nền đồng nhất;
  2. Độ cứng của nền không đồng nhất;
  3. Sức chịu tải giới hạn theo phương nằm ngang của đất nền;
  4. Chiều dài tính toán của cọc chịu lực ngang;
  5. Tính cọc chịu lực ngang khi mặt đất không nằm ngang.

Mục đích của bài viết này sẽ thảo luận bốn nội dung đầu tiên, riêng vấn đề cuối cùng có thể xem trong [15].

## II. Độ cứng của nền đồng nhất:

### 2.1. Giới thiệu chung

Một trong những tham số cơ bản và quan trọng nhất khi tính toán cọc chịu lực ngang là hệ số biến dạng  $\alpha$  có thứ nguyên ( $m^{-1}$ ):

$$\alpha = \sqrt[5]{\frac{k \times b_c}{EI}} \quad (1)$$

Trong đó:

- k – hệ số tỷ lệ của hệ số nền ( $kN/m^4$ )
- $b_c$  – chiều rộng quy ước của tiết diện ngang cọc (m)
- EI – độ cứng chống uốn của tiết diện ngang của cọc ( $kNm^2$ )

Nếu gọi  $n_h$  là độ cứng của nền đồng nhất ( $kN/m^3$ ) thì:

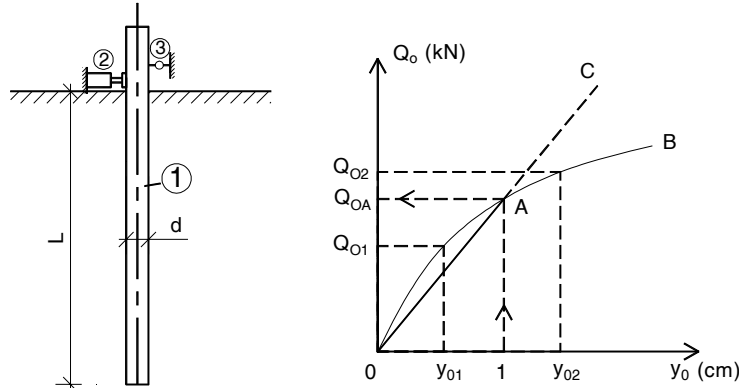
$$n_h = k \times b_c \quad (2)$$

Công thức (2) biểu diễn quan niệm đơn giản (nhưng có thể chấp nhận được) rằng độ cứng của nền bằng tích của hai yếu tố ảnh hưởng độc lập riêng rẽ: các tính chất cơ học vật lý của đất thông qua k và kích thước hình dáng tiết diện ngang của cọc thông qua  $b_c$ .

Để có giá trị của  $k$  và  $b_c$  trong Tiêu chuẩn Thiết kế người ta phải tiến hành thí nghiệm cọc chịu lực ngang hiện trường.

2.2. Thí nghiệm hiện trường cọc chịu lực ngang [3] để xác định độ cứng của nền đàn hồi – tuyến tính – đồng nhất:

Hình 1 mô tả sơ đồ nguyên tắc của thí nghiệm này.



Hình 1: Sơ đồ thí nghiệm cọc chịu lực ngang  
1- Cọc ; 2- Kích thủy lực; 3- Thiết bị đo chuyển vị

Kích thủy lực ② sẽ đặt tải  $Q_0$  có giá trị khác nhau theo phương vuông góc với trục cọc còn thiết bị ③ đọc các chuyển vị nằm ngang của đầu cọc  $y_0$  tương ứng. Kết quả thí nghiệm: vẽ đường cong OAB sao cho  $y_0 > 1\text{cm}$ . Nếu vì lý do nào đó mà không thực hiện được yêu cầu này, ta có thể kéo dài đường cong nói trên nhờ công thức của Kriukov (1963):

$$\frac{y_{02}}{y_{01}} = \left( \frac{Q_{02}}{Q_{01}} \right)^{1,8} \quad (3)$$

Như vậy, từ kết quả thí nghiệm cọc chịu lực ngang hoặc phối hợp sử dụng phương trình (3) ta có các số liệu cần thiết để mô tả mối quan hệ giữa lực ngang  $Q_0$  và chuyển vị ngang  $y_0$ : mối quan hệ này là phi tuyến, đồ thị biểu diễn mối quan hệ này là một đường cong.

Dựa vào kết quả thí nghiệm đã mô tả ở trên có thể xác định độ cứng của nền đàn hồi – tuyến tính – đồng nhất theo các nguyên tắc được tóm tắt dưới đây:

1. Chọn trước một chuyển vị nằm ngang giới hạn của cọc tại mặt đất:  $y_0 = y_{0gh} = 10\text{mm}$ . Giá trị được chọn này theo các chuyên gia nền – móng cầu Xô Viết cũ, là xuất phát từ chuyển vị ngang cho phép của đỉnh trụ cầu và cũng là con số có thể tìm thấy trong các sổ tay nền móng hoặc Tiêu chuẩn Thiết kế của Trung Quốc, Nhật...
2. Từ  $y_0 = y_{0gh} = 10\text{mm}$  ta xác định được điểm A trên đồ thị đường cong  $Q_0 - y_0$  và tìm được  $Q_{0A}$  tương ứng. Trong phạm vi này, đường cong OA được xấp xỉ bởi đoạn thẳng OA. (xem hình 1).
3. Dùng công thức của Phụ lục G, TCXD 205 : 1998 xác định độ cứng của nền  $n_h$  đối với các cọc dài mềm bằng cách:

\* Trước hết tính hệ số biến dạng  $\alpha$  dựa trên  $Q_{0A}$  và EI đã biết:

$$\alpha = \left( \frac{243Q_{0A}}{EI} \right)^{1/3} = 6.24 \left( \frac{Q_{0A}}{EI} \right)^{1/3} \quad (4)$$

\* Tiếp sau, nếu đặt (4) bằng (1) có chú ý tới (2) ta sẽ thu được công thức xác định  $n_h$  từ kết quả thí nghiệm:

$$n_h \approx 9462,599 \sqrt[3]{\frac{Q_{OA}^5}{(EI)^2}} \quad (5)$$

Như thế từ thí nghiệm ta nhận được giá trị số vế trái của (2) nhưng thực hành tính toán cọc chịu lực ngang theo TCXD lại đòi hỏi phải biết giá trị số của hai thừa số chứa trong vế phải của (2). Muốn vậy, việc đầu tiên phải xây dựng công thức tính chiều rộng quy ước  $b_c$ .

2.3. Về chiều rộng quy ước của tiết diện ngang cọc  $b_c$ :

1. Chiều rộng quy ước còn có tên gọi chiều rộng quy đổi hay chiều rộng tính toán của tiết diện ngang cọc  $b_c$ , như quan niệm đã chấp nhận trong công thức (2), xác định xuất phát từ chiều rộng (đường kính) thực của cọc  $d$  được hiệu chỉnh bằng cách đem vào ba hệ số dạng thừa số để xét ảnh hưởng của các yếu tố khác nhau đến sự làm việc của cọc trong đất:

$$b_c = k_t \times k_h \times k_d \times d \quad (6)$$

$k_t$  – hệ số, xét sự ảnh hưởng lẫn nhau giữa các cọc trong cùng một hàng nằm trong mặt phẳng song song với mặt phẳng chứa lực ngang, được xác định bằng thí nghiệm;

$k_h$  – hệ số, xét sự ảnh hưởng hình dạng tiết diện ngang của cọc, được xác định bằng cách so sánh tổng phản lực đất tác dụng lên một phân tử cọc tiết diện chữ nhật với tiết diện hình tròn trong nền Winker;

$k_d$  – hệ số, xét ảnh hưởng của kích thước tiết diện ngang cọc thực đến sự khác nhau giữa điều kiện làm việc không gian với điều kiện bài toán phẳng, được xác định từ thí nghiệm.

Do khuôn khổ của bài viết, tiếp theo sẽ trình bày tóm tắt kết quả nghiên cứu thí nghiệm đưa đến công thức tính hệ số  $k_d$ .

2. Công thức tính hệ số  $k_d$ :

- ① Đề thiết lập công thức tính hệ số  $k_d$ , Viện nghiên cứu khoa học Liên Bang (Xô Viết cũ) về Xây dựng giao thông (1968) đã tiến hành thí nghiệm các cọc ống thép với ba loại đường kính khác nhau:  $d_1 = 0,3\text{m}$ ,  $d_2 = 0,63\text{m}$  và  $d_3 = 1,22\text{m}$  ( $\frac{d_i}{d_1} = 1, 2$  và  $4$ ) theo cách mô tả ở mục 2.2.

Kết quả thí nghiệm được tính bởi (5) có chú ý đến (2) cho phép suy ra kết luận sau: nếu đường kính cọc tăng lên hai lần thì độ cứng của nền  $n_h$  tăng lên 1,5 lần và do đó chiều rộng tính toán cũng tăng gần ấy lần.

Nếu gọi  $b_{c1}$  và  $b_{c2}$  là các chiều rộng quy ước tương ứng với  $d_1$  và  $d_2$  thì ta có thể biểu diễn kết quả thí nghiệm trên bởi công thức:

$$\frac{b_{c2}}{b_{c1}} = \left( \frac{d_2}{d_1} \right)^{0,585} \quad (7)$$

- ② Tiếp tục biến đổi công thức này nếu ta để ý rằng, trong Tiêu chuẩn Thiết kế, sức kháng tính toán của đất trên mặt bên cọc được xác định trong điều kiện bài toán phẳng. Vì vậy, giá trị  $b_{c1}$  cần được chọn sao cho nó phải đặc trưng cho sức kháng của đất lên cọc thuộc  $d_1$  làm việc trong điều kiện bài toán phẳng. Theo Zavriev [3], trong các tiêu chuẩn Thiết kế người ta chấp nhận  $d_1 = 1\text{m}$  của tiết diện chữ nhật làm việc trong điều kiện không gian sẽ tương ứng với giá trị  $b_{c1} = 2\text{m}$  cũng của cọc ấy nhưng làm việc trong điều kiện bài toán phẳng. Thế các giá trị này vào và xóa bỏ các chỉ số dưới trong (7) ta

nhận được công thức tính chiều rộng quy ước của cọc đơn tiết diện chữ nhật:

$$b_c = 2d^{0,585} \quad (8)$$

- ③ Nhận xét rằng, phương trình (8) gồm hai đoạn cong nằm về 2 phía của điểm có tọa độ  $[b_c = 2, d = 1]$ . Để tiện dụng hơn nữa, trong Tiêu chuẩn Thiết kế người ta xấp xỉ chúng bởi các phương trình đường thẳng có dạng đơn giản:

$$b_c = k_d \times d \quad (9)$$

Khi  $d \leq 1\text{m}$ :

$$k_d = 1,5 + \frac{0,5}{d} \quad (10)$$

Khi  $d > 1\text{m}$ :

$$k_d = 1 + \frac{1}{d} \quad (11)$$

#### 2.4. Về hệ số tỷ lệ của hệ số nền k

1. Nguyên tắc xác định giá trị hệ số tỷ lệ của hệ số nền cho trong bảng G1, TCXD 205 – 1998:
  - ① Từ kết quả thí nghiệm cọc chịu lực ngang trong nền đất xác định (tên đất trạng thái vật lý của đất) dùng (5) tìm được độ cứng của nền  $n_h$ .
  - ② Chiều rộng quy ước của cọc  $b_c$  tính theo (6) được đem vào (2) và rút ra:

$$k = \frac{n_h}{b_c} \quad (12)$$

2. Cách chọn giá trị k khi tính cọc chịu lực ngang phải tuân theo hướng dẫn cụ thể ghi trong bảng G1, TCXD 205 : 1998.
3. Giá trị k được xác định bằng thí nghiệm (xem hình 1) và tính toán dựa trên mối quan hệ tuyến tính giữa lực ngang  $Q_0$  với chuyển vị ngang  $y_0$  tại mức mặt đất với  $y_0 = y_{0gh} = 10\text{mm}$ . Vì vậy, giá trị hệ số k được sử dụng trong tính toán chuyển vị - nội lực của cọc chịu lực ngang bắt buộc phải thỏa mãn điều kiện:

$$y_o^{tc} \leq 10\text{mm} \quad (13)$$

Nếu không đạt điều kiện (13) ta phải chọn lại loại cọc, kích thước cọc hoặc gia tăng độ cứng ngang của móng cọc v.v...

### III. Độ cứng của nền không đồng nhất:

#### 3.1. Giới thiệu chung

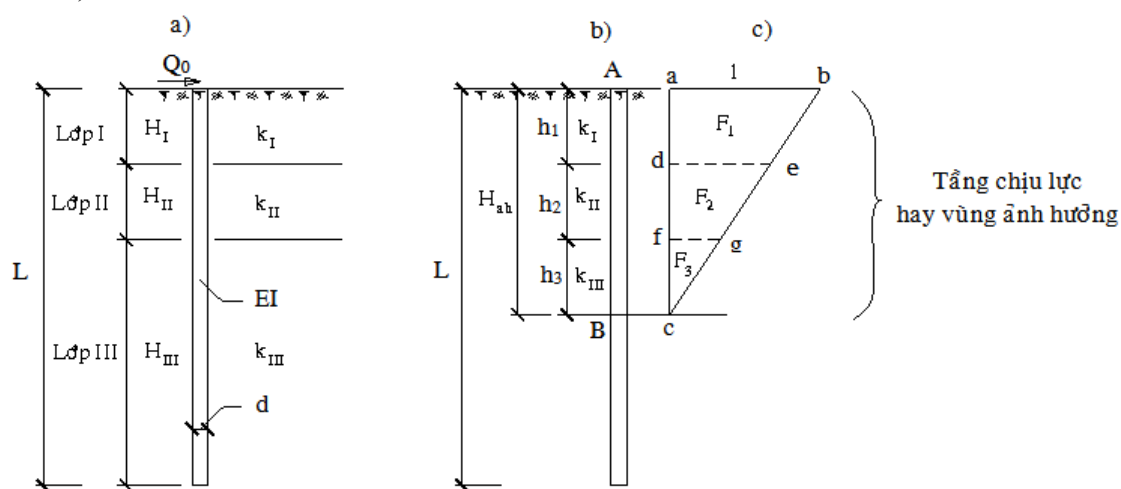
1. Như đã biết, đối với cọc chịu lực dọc trục, phần mũi cọc trong tầng đất chịu lực nằm dưới sâu giữ vai trò quyết định sức chịu tải của cọc và do đó, quyết định độ ổn định của nó trong đất nền. Đối với trường hợp cọc chịu lực ngang, bức tranh này dường như ngược lại. Phần đầu cọc tựa vào tầng đất chịu lực nằm trên mặt giữ vai trò quyết định sức chịu tải ngang của cọc và do đó, quyết định độ ổn định của nó trong đất nền.
2. Khi tính toán thiết kế cọc chịu lực ngang ta có thể gặp trường hợp cọc xuyên qua nhiều lớp đất khác nhau (từ kết quả khảo sát địa chất công trình, đã biết được chiều dày lớp, tên đất và trạng thái vật lý của nó), đặc biệt là trong phạm vi tầng chịu lực trên mặt. Để có thể vận dụng các công thức của TCXD 205 : 1998, người ta sẽ phải quy đổi nền không đồng nhất về nền đồng nhất trong phạm vi tầng chịu lực của cọc chịu lực ngang với hệ số tỷ lệ của hệ số nền đại diện (hoặc là trung bình)  $k_{tr.b}$ .

### 3.2. Nguyên tắc quy đổi nền không đồng nhất về nền đồng nhất

Giả sử xét một cọc chịu lực ngang không có chiều cao tự do với các kích thước đã biết: chiều sâu đóng cọc  $L$ , đường kính cọc  $d$ , độ cứng chống uốn của tiết diện  $EI$ ; đóng xuyên qua ba lớp đất khác nhau đã biết các thông tin: chiều dày lớp và hệ số tỷ lệ của hệ số nền tương ứng (xem hình 2a).

Nguyên tắc quy đổi nền không đồng nhất về nền đồng nhất để tìm giá trị của  $k_{tr.b}$  có thể tóm tắt như sau:

1. Trước tiên cần phải xác định chiều dày tầng đất chịu lực của cọc chịu lực ngang, như đã nêu ở trên, là chiều dày tầng đất trên mặt giữ vai trò ảnh hưởng có tính chất quyết định đến chuyển vị - nội lực trong cọc, ký hiệu  $h_{ah}$ . Sẽ xảy ra hai trường hợp:
  - \* Trong phạm vi ảnh  $h_{ah}$  chỉ chứa một lớp đất thì rất đơn giản, khi đó:  $k_{tr.b} = k_I$ ;
  - \* Trong phạm vi  $h_{ah}$  chứa từ hai lớp đất trở lên (hình 2b: chứa ba lớp đất), khi đó cần phải tìm  $k_{tr.b}$ .
2. Tuy vậy, mức độ ảnh hưởng không như nhau mà là biến đổi giảm dần theo chiều sâu trong chiều dày của tầng chịu lực với quy luật tuyến tính: ảnh hưởng hoàn toàn ở trên mặt và không ảnh hưởng tại mức đáy tầng này. Như thế, quy luật giảm mức độ ảnh hưởng được biểu diễn bởi một tam giác vuông (tại a) abc xác định với một cạnh góc vuông  $ac = h_{ah}$ , còn cạnh góc vuông kia  $ab = 1m$  (hình 2c).



Hình 2: Cách quy đổi nền phân lớp về nền đồng nhất

3. Trong phạm vi  $h_{ah}$  chứa bao nhiêu lớp đất khác nhau thì ta chia tam giác vuông  $abc$  thành bấy nhiêu phần với diện tích xác định ( $F_1, F_2, F_3$  trên hình 2c). Khi đó, giá trị hệ số tỷ lệ của hệ số nền trung bình được tính bởi công thức bình quân gia quyền:

$$k_{tr.b} = \frac{\sum F_i k_i}{F} \quad (14)$$

Trong đó:

- $F_i$  – diện tích vũng mức độ ảnh hưởng của lớp  $i$ ;
- $k_i$  – hệ số tỷ lệ của hệ số nền tương ứng;
- $F$  – diện tích tam giác  $abc$ .

Thế các tham số ghi ở hình 2 vào công thức (14) sẽ nhận được các biểu thức cụ thể sau:

Nếu trong phạm vi  $h_{ah}$  chứa hai lớp đất:

$$k_{tr.b} = \frac{1}{h_{ah}^2} [k_I h_1 (h_1 + 2h_2) + k_{II} h_2^2] \quad (15)$$

Nếu trong phạm vi  $h_{ah}$  chứa ba lớp đất:

$$k_{tr.b} = \frac{1}{h_{ah}^2} [k_I h_1 (h_1 + 2h_3) + k_{II} h_2 (h_2 + 2h_3) + k_{III} h_3^2] \quad (16)$$

### 3.3. Công thức tính $h_{ah}$ :

Chiều dày tầng chịu lực của cọc chịu lực ngang  $h_{ah}$  là một đại lượng có ý nghĩa đặc biệt quan trọng khi quy đổi nền không đồng nhất về nền đồng nhất. Tiếc rằng hiện chúng tôi chưa tìm được tài liệu nào nêu rõ ý tưởng cơ học để xác định nó mà chỉ thu thập được ba dạng khác nhau của công thức tính  $h_{ah}$  từ các nguồn sau đây:

1. Theo [3], [4], [5] và [6]:

$$h_{ah} = 2(d+1) \quad (17)$$

2. Theo [9]:

$$h_{ah} = 3,5d + 1,5$$

3. Theo [10]:

$$h_{ah} = \frac{1,8}{\alpha}$$

Xác định  $h_{ah}$  như (17) và (18) rất đơn giản còn nếu muốn dùng (19) thì phải tính lặp.

#### Ví dụ minh họa

Số liệu cho trước:

Cọc đóng bê tông cốt thép thường: tiết diện vuông  $d = 0,3m$ ;  $b_c = 0,9m$ ,  $EI = 1,69 \cdot 10^{-4} kNm^2$

Nền đất ba lớp: lớp I với  $H_I = 1,0m$  và  $k_I = 3000kN/m^4$ ; lớp II với  $H_{II} = 1,0m$  và lớp III với  $H_{III} = \infty$  và  $k_{III} = 8000 kN/m^4$ . Tìm  $h_{ah}$  theo (19).

Giải:

$$\text{Vòng lặp 1: } k_{tr.b}^{(1)} = \frac{1}{3}(3000 + 4000 + 8000) = 5000 kN/m^4.$$

$$\alpha^{(1)} = 0,7758 m^{-1}$$

$$h_{ah}^{(1)} = \frac{1,8}{0,7758} = 2,320 m$$

Vòng lặp 2: Thực hiện các nội dung công việc nêu ở mục 3.2 rồi áp dụng (14) sẽ nhận được:

$$k_{tr.b}^{(2)} = 3323,75 kN/m^4$$

$$\alpha^{(2)} = 0,715 m^{-1}$$

$$h_{ah}^{(2)} = 2,518 m$$

Cứ như thế, lặp cho đến khi giá trị  $h_{ah}$  hội tụ hoặc thỏa mãn một sai số cho trước giữa hai vòng lặp kế tiếp. Kết quả tính toán được ghi ở bảng 1 sau sáu vòng lặp:

**Bảng 1:** Giá trị  $h_{ah}$  tính theo công thức (19):

Đại lượng	Vòng lặp số					
	1	2	3	4	5	6
$k_{tr.b}$ (kN/m <sup>4</sup> )	5000	3323,75	3532,41	3510,93	3513,07	3512,85
$\alpha$ (m <sup>-1</sup> )	0,7758	0,7150	0,7237	0,7229	0,7229	0,7229
$h_{ah}$ (m)	2,320	2,518	2,487	2,490	2,4898	2,4898

Giá trị  $h_{ah}$  tính theo các công thức khác nhau cho ở bảng 2

**Bảng 2:** So sánh giá trị  $h_{ah}$  (m) giữa các công thức

Đại lượng	Công thức (17)	Công thức (18)	Công thức (19)
$k_{tr.b}$ (kN/m <sup>4</sup> )	2,60	2,55	2,49
$\alpha$ (m <sup>-1</sup> )	3588,0	3555,56	3512,85
$h_{ah}$ (m)	0,726	0,725	0,723

Từ kết quả tính toán có thể nhận thấy ở công thức (19),  $h_{ah}$  phụ thuộc vào đường kính tính toán, độ cứng chống uốn của tiết diện cọc và hơn thế, biểu thị sự phụ thuộc lẫn nhau giữa các yếu tố. Tuy nhiên kết quả tính toán giữa các công thức, như trên bảng 2, không khác nhau nhiều.

### 3.4. Khảo sát ảnh hưởng của nền phân lớp trong phạm vi $h_{ah}$ :

#### 1. Phương pháp luận:

- \* Chuyển vị - nội lực của cọc chịu lực ngang ở mỗi một bài toán được xác định đồng thời bằng 2 cách:
  - Dùng SAP 2000 trong điều kiện nền phân lớp sau khi chuyển vị hệ cọc – đất về sơ đồ dầm trên các gối đàn hồi.
  - Dùng các công thức TCXD 205 : 1998 sau khi quy đổi nền không đồng nhất về nền đồng nhất với  $k_{tr.b}$ .
- \* Do đặc tính của bài toán nên, trong trường hợp này, hợp lý hơn cả là khảo sát phương án. Số lượng các phương án được xác định bằng cách tổ hợp các phương án nền phân lớp với các phương án loại cọc thường gặp.
- \* Tổng hợp và phân tích đánh giá kết quả, đặc biệt chú ý:
  - Quy luật, xu thế phân bố chuyển vị - nội lực theo chiều sâu đóng cọc;
  - Các giá trị cực đại của chuyển vị - nội lực trong cọc.

#### 2. Ví dụ minh họa:

##### ① Số liệu xuất phát:

- Ba phương án cọc (Bảng 3)

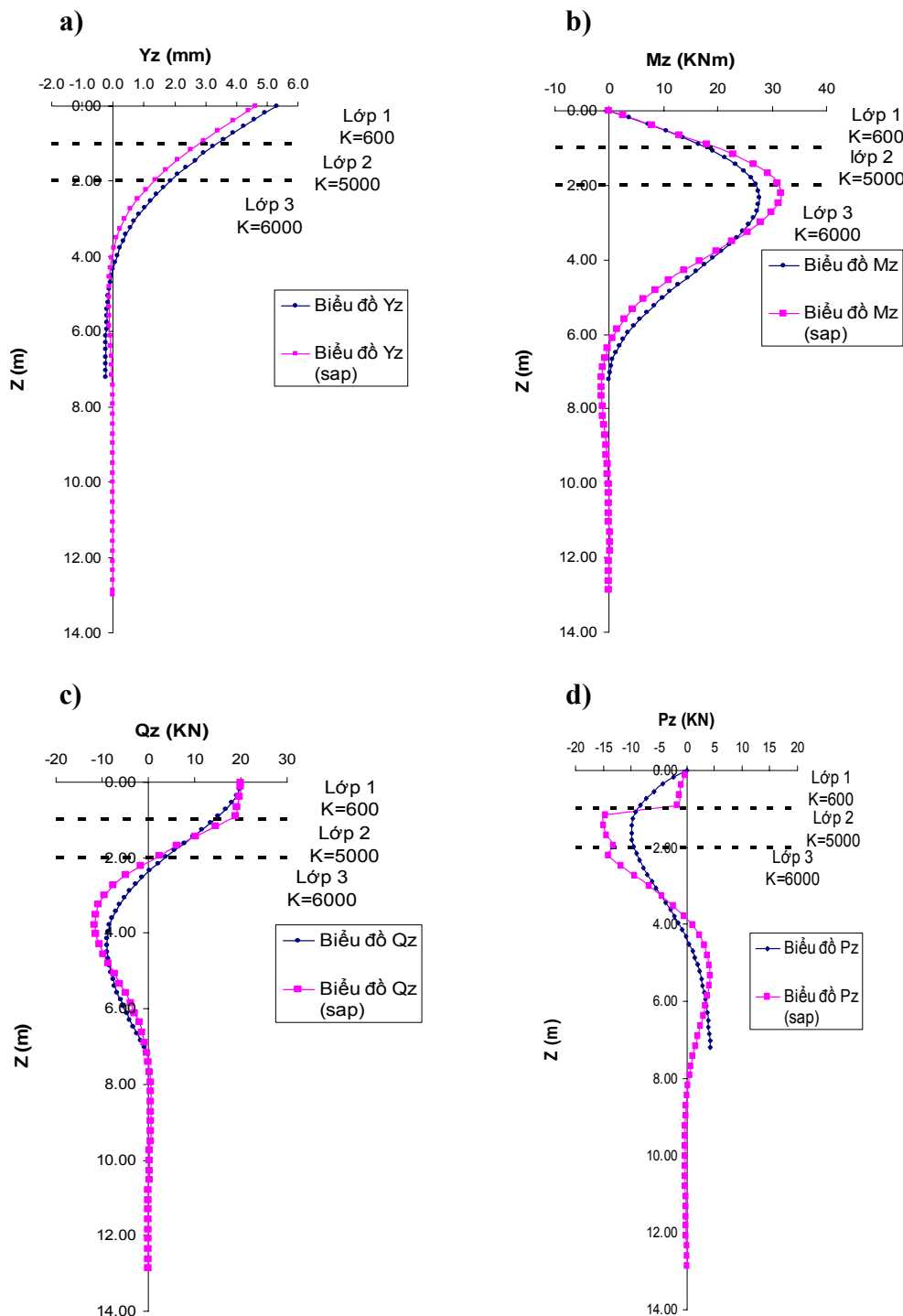
**Bảng 3:** Các thông số của ba loại cọc.

Thông số	Cọc vuông BTCT	Cọc ống thép	Cọc ống BTCTUST
1. Kích thước tiết diện (mm)	400	600	700
2. Chiều dày thành (mm)	-	16	110
3. Chiều dài cọc (m)	13	13	13
4. Độ cứng chống uốn, EI (kNm <sup>2</sup> )	$5,376.10^4$	$2,6287.10^5$	$3,1197.10^5$
5. Lực ngang, $Q_0$ (kN)	20	50	50
6. Mô men cho phép nứt (kNm)	70	-	400
7. Mô men cho phép về độ bền (kNm)	220	1150	690

- Tám phương án nền phân lớp (xem Bảng 4)
- Số lượng phương án được khảo sát ở ví dụ: 24.

② Kết quả:

- Hai mươi bốn bộ đồ thị so sánh chuyển vị - nội lực được vẽ, hình 3 là một bộ như thế.



Hình 3: Cọc vuông BTCT chịu lực ngang  $Q_0 = 20\text{kN}$   
(phương án phân lớp 1) với các biểu đồ:

- a) Chuyển vị ngang; b) Mô men uốn; c) Lực cắt; d) Phản lực nền.



- Kết quả so sánh bằng so sánh bằng số về chuyển vị ngang tại mặt đất và momen uốn lớn nhất trong cọc được tổng hợp ở bảng 4.

③ Nhận xét và khuyến nghị:

Từ kết quả thu được có thể nêu một số nhận xét sau:

- Quy luật biến thiên của các đại lượng chuyển vị – nội lực khi tính cọc chịu lực ngang trong nền phân lớp và trong nền đồng nhất quy đổi tương đối phù hợp nhau. Có lẽ vì thế mà nền đồng nhất quy đổi được khuyến nghị dùng trong Tiêu chuẩn thiết kế móng cọc.
- Ở hầu hết các phương án nền phân lớp được xét, tính theo nền đồng nhất quy đổi cho chuyển vị ngang của cọc lớn hơn nền phân lớp, có trường hợp lớn hơn 22%. Tuy nhiên, về mô men max thì bức tranh ngược lại, hầu hết các phương án nền đồng nhất quy đổi cho giá trị nhỏ hơn từ 9÷13% so với nền phân lớp.
- Phản lực nền lên cọc ở hầu hết các phương án, nền đồng nhất quy đổi biểu thị giá trị trung bình của nền đất phân lớp. Chú ý rằng, ở nền phân lớp, biểu đồ phản lực nền có bước nhảy tại ranh giới giữa hai lớp (h. 3d).

Trên cơ sở đó, khi tính cọc chịu lực ngang trong nền phân lớp theo TCXD 205 – 1998, có thể đề xuất các khuyến nghị sau:

- ① Nên tăng giá trị mô men max nhận được từ kết quả nền đồng nhất quy đổi lên 15% để xét đến ảnh hưởng phân lớp của nền đất.
- ② Việc kiểm tra điều kiện bền của nền đất xung quanh cọc chịu lực ngang, ngoài các vị trí có độ sâu được TCXD 205 – 1998 quy định, cần phải thực hiện thêm tại ranh giới giữa các lớp.

Bảng 4: So sánh kết quả tính toán ba loại cọc chịu lực ngang trong tám phương án nền phân lớp

Phương án phân lớp của nền		1	2	3	4	5	6	7	8									
Hệ số tỷ lệ của hệ số nền ( $\text{kN/m}^4$ )	$k_I$ ( $H_I = 1,0\text{m}$ )	600	600	1500	3000	1500	3000	5000	5000									
	$k_{II}$ ( $H_{II} = 1,0\text{m}$ )	5000	1500	3000	5000	600	1500	3000	1500									
	$k_{III}$	6000	3000	5000	8000	3000	5000	8000	3000									
	$K_{r,b}$ theo loại cọc	Vuông BTCT	2585,17	1130,86	2336,6	4175,8	1344,86	2693,26	4623,13	3642,02								
		Ống thép	3092,64	1365,78	2677,53	4635,89	1504,68	2909,03	4944,56	3740,69								
Ống BTCTUST		3297,89	1467,54	2824,05	4846,63	1582,88	3016,28	5102,94	3413,34									
Chuyển vị ngang tại mặt đất (mm)	Cọc vuông BTCT	NPL	4,632	-14	7,271	-20	5,141	-9	3,834	-4	7,423	-6	5,156	-0,2	3,784	+1	4,685	+8
		NĐN	5,297	(%)	8,699	(%)	5,628	(%)	3,989	(%)	7,840	(%)	5,168	(%)	3,737	(%)	4,312	(%)
	Cọc ống thép	NPL	4,796	-13	7,510	-19	5,423	-10	4,105	-4	7,769	-8	5,579	-1	4,176	+1	5,650	+10
		NĐN	5,454	(%)	8,906	(%)	5,946	(%)	4,278	(%)	8,403	(%)	5,658	(%)	4,112	(%)	5,089	(%)
	Cọc ống BTCTUST	NPL	4,179	-17	6,546	-22	4,730	-14	3,580	-9	6,776	-12	4,869	-3	3,646	-3	4,961	+3
		NĐN	4,899	(%)	7,964	(%)	5,377	(%)	3,889	(%)	7,610	(%)	5,169	(%)	3,770	(%)	4,799	(%)
Mô men uốn lớn nhất trong cọc (kNm)	Cọc vuông BTCT	NPL	31,583	+13	36,596	+11	31,572	+11	27,990	+10	36,157	+13	30,351	+7	26,340	+7	24,622	-4
		NĐN	27,584	(%)	32,562	(%)	28,157	(%)	25,103	(%)	31,380	(%)	27,392	(%)	24,579	(%)	25,672	(%)
	Cọc ống thép	NPL	94,905	+9	111,653	+9	98,306	+9	88,629	+9	113,261	+12	98,665	+10	87,852	+10	85,763	+1
		NĐN	86,411	(%)	101,392	(%)	89,450	(%)	80,319	(%)	99,454	(%)	87,981	(%)	79,292	(%)	84,480	(%)
	Cọc ống BTCTUST	NPL	95,851	+11	112,822	+11	99,477	+11	89,746	+11	114,531	+13	99,902	+11	89,043	+11	87,283	+3
		NĐN	85,519	(%)	100,273	(%)	88,587	(%)	79,672	(%)	99,576	(%)	87,392	(%)	78,829	(%)	84,840	(%)

#### IV. Sức chịu tải nằm ngang giới hạn của đất nền.

##### 4.1. Giới thiệu chung:

Xét cọc chịu lực nằm ngang làm việc trong điều kiện bài toán phẳng, tải độ sâu  $z$ , đặt ký hiệu cho các đại lượng sau:

$q_z$  – áp lực nằm ngang do cọc truyền lên đất trên một đơn vị dài thân cọc (kN/m):

$$q_z = \sigma_z \times b_c \quad (20)$$

$\tilde{R}_z$  – sức kháng tính toán nằm ngang của đất trên một đơn vị dài thân cọc (kN/m):

$$\tilde{R}_z = R_z \times \tilde{b}_c \quad (21)$$

Theo [3], có thể chấp nhận:

$$\tilde{b}_c \approx b_c \quad (22)$$

thì ổn định của đất xung quanh cọc phải thỏa mãn điều kiện sau:

$$q_z \leq \tilde{R}_z \Rightarrow \sigma_z \leq R_z \quad (23)$$

Chú ý rằng,  $R_z$  là áp lực tính toán (cho phép) của đất tại độ sâu  $z$  trong điều kiện bài toán phẳng lúc này chỉ phụ thuộc vào loại đất, trong TCXD 205 :1998, xuất phát từ sức kháng giới hạn của nền đất theo lý thuyết Coulomb  $R_z^{(c)}$  được hiệu chỉnh bằng cách đem vào hai hệ số dạng thừa số để xét ảnh hưởng của tính chất chịu tải đến sức kháng của đất:

$$R_z = \eta_1 \eta_2 R_z^{(c)} \quad (24)$$

##### 4.2. Hệ số $\eta_1$ :

Khi khai thác, ở một số móng cọc có thể chịu các lực ngang lớn và đổi ngược chiều. Trong những trường hợp như thế, sức chống chuyển vị của đất bị suy giảm. Người ta dùng hệ số  $\eta_1$  để xét đến yếu tố này. Vận dụng TCXD 205 : 1998 vào trường hợp công trình bên trên nền cọc thì nên lấy  $\eta_1 = 0,7$ .

##### 4.3. Hệ số $\eta_2$ :

###### 1. Ý nghĩa:

Theo thời gian người ta chia tải trọng nằm ngang tác dụng lên móng cọc thành hai loại: tải thường xuyên và tải tạm thời (hoạt tải). Nếu đánh giá tác động suy giảm sức chống chuyển vị của đất thì dưới cùng một giá trị lực ngang tải thường xuyên nguy hiểm hơn tải tạm thời. Để xét đến hiện tượng thực tế này, người ta dùng hệ số  $\eta_2$

###### 2. Công thức tính $\eta_2$ :

Chấp nhận rằng, tại một độ sâu  $z$ , áp lực nằm ngang thực do cọc tác dụng lên đất  $\sigma_z$  bao gồm hai thành phần: do tải thường xuyên  $(\sigma_z)_{tx}$  và do tải tạm thời  $(\sigma_z)_{tt}$ :

$$\sigma_z = (\sigma_z)_{tx} + (\sigma_z)_{tt} \quad (25)$$

Người ta khống chế mức độ gia tăng của tải thường xuyên so với tạm thời bằng cách tăng áp lực thường xuyên lên  $n$  lần, nghĩa là  $n(\sigma_z)_{tx}$  thì áp lực tổng đạt trạng thái bất lợi và viết lại (23):

$$n(\sigma_z)_{tx} + (\sigma_z)_{tt} \leq R_z^{(c)} \quad (26)$$

Giải đồng thời (25) và (26) ta thu được:

$$\sigma_z \leq R_z^{(c)} \frac{(\sigma_z)_{tx} + (\sigma_z)_{tt}}{n(\sigma_z)_{tx} + (\sigma_z)_{tt}} \quad (27)$$

Từ đó, suy ra:

$$\eta_2 = \frac{(\sigma_z)_{tx} + (\sigma_z)_{tt}}{n(\sigma_z)_{tx} + (\sigma_z)_{tt}} \quad (28)$$

Tính  $\eta_2$  theo (28) rất bất tiện nên người ta biến đổi nó bằng cách chấp nhận một cách gần đúng tỷ số giữa các áp lực  $(\sigma_z)_{tx}$  và  $(\sigma_z)_{tt}$  bằng tỷ số giữa các momen  $M_{tx}$  và  $M_{tt}$  do tải ngang thường xuyên và tạm thời tương ứng gây ra, nghĩa là:

$$\frac{(\sigma_z)_{tx}}{(\sigma_z)_{tt}} \approx \frac{M_{tx}}{M_{tt}} \quad (29)$$

$$(\sigma_z)_{tx} = (\sigma_z)_{tt} \frac{M_{tx}}{M_{tt}} \quad (30)$$

Thế (30) vào (28) và thực hiện biến đổi đơn giản:

$$\eta_2 = \frac{M_{tx} + M_{tt}}{nM_{tx} + M_{tt}} \quad (31)$$

Trong đó:

$M_{tx}$  và  $M_{tt}$  – các momen do tải trọng ngoài thường xuyên và tạm thời tác dụng lên đài móng được tính ở mức mũi cọc.

$n$  – hệ số, lấy bằng 4 khi  $\bar{h} \leq 2,5$  và bằng 2,5 khi  $\bar{h} \leq 5,0$ . Với  $2,5 < \bar{h} < 5,0$ , giá trị  $n$  được phép nội suy tuyến tính.

Đối với cọc trong các công trình bên trên nền cọc loại hở hoặc trụ cầu:

$$M_{tx} = 0 \Rightarrow \eta_2 = 1.$$

Đối với cọc trong móng nhiều hàng, khi xác định mômen do tải trọng ngoài tại mức mũi cọc chỉ tính tác dụng của các lực ngang  $H$ . Nếu  $\beta = \frac{H_{tx}}{H} = 0,5$  (là trường hợp thường gặp trong xây dựng dân dụng) thì  $M_{tx} = M_{tt} = H_{tx} \times h$ . Khi  $n = 2,5$  thì  $\eta_2$  theo (31) sẽ bằng:

$$\eta_2 = \frac{2H_{tx} \times h}{2,5H_{tx} + H_{tx} \times h} = 0,57$$

Với cách làm như thế nếu cho  $\beta$  các giá trị khác nhau sẽ thu được  $\eta_2$  tương ứng ghi ở bảng 5.

Bảng 5: Mối quan hệ giữa  $\beta$  với  $\eta_2$

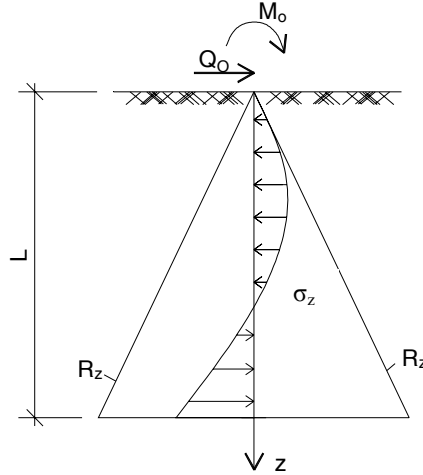
$\beta$	0,2	0,25	0,30	0,40	0,5
$\eta_2$	0,8	0,77	0,74	0,70	0,57

Số liệu cho trong bảng 5 cho thấy tải trọng ngang thường xuyên càng nhỏ thì giá trị hệ số càng  $\eta_2$  lớn.

#### 4.4. Sức kháng giới hạn của nền đất

Trên hình 4 trình bày sơ đồ nguyên tắc về điều kiện ổn định của đất nền biểu diễn bởi bất đẳng thức (23), trong đó sức kháng cho phép của nền đất  $R_z$ , theo (24), phụ thuộc vào

sức kháng giới hạn  $R_z^{(c)}$ , dựa trên lý thuyết Áp lực đất Coulomb. Giải thích lý do này, Zavriev [3] cho rằng mặc dù thí nghiệm cho thấy mất sức chịu tải của móng chịu lực ngang không xảy ra ép trôi lãng thể đất như sơ đồ phá hỏng của Coulomb nhưng hiện thời vẫn chưa có lời giải nào vừa có căn cứ và đủ chính xác lại vừa đơn giản hơn thế.



Hình 4: Sơ đồ về điều kiện ổn định của đất nền

Như đã biết, nếu không xét ma sát giữa đất và cọc, các áp lực đất chủ động  $\sigma_c(z)$  và bị động  $\sigma_b(z)$  tại độ sâu  $z$ :

$$\sigma_c(z) = \gamma z \tan^2\left(45^\circ - \frac{\phi_b}{2}\right) - 2c_p \tan\left(45^\circ - \frac{\phi_b}{2}\right) \quad (32)$$

$$\sigma_b(z) = \gamma z \tan^2\left(45^\circ + \frac{\phi_b}{2}\right) + 2c_p \tan\left(45^\circ + \frac{\phi_b}{2}\right) \quad (33)$$

Sức kháng giới hạn của nền đất theo lý thuyết Coulomb  $R_z^{(c)}$  như là hiệu của hai áp lực này:

$$R_z^{(c)} = \sigma_b(z) - \sigma_c(z)$$

$$R_z^{(c)} = \gamma z \left[ \tan^2\left(45^\circ + \frac{\phi_b}{2}\right) - \tan^2\left(45^\circ - \frac{\phi_b}{2}\right) \right] + 2c_p \left[ \tan\left(45^\circ + \frac{\phi_b}{2}\right) + \tan\left(45^\circ - \frac{\phi_b}{2}\right) \right] \quad (34)$$

Thực hiện các phép biến đổi lượng giác đối với (34) sẽ nhận được công thức cuối cùng của sức kháng giới hạn:

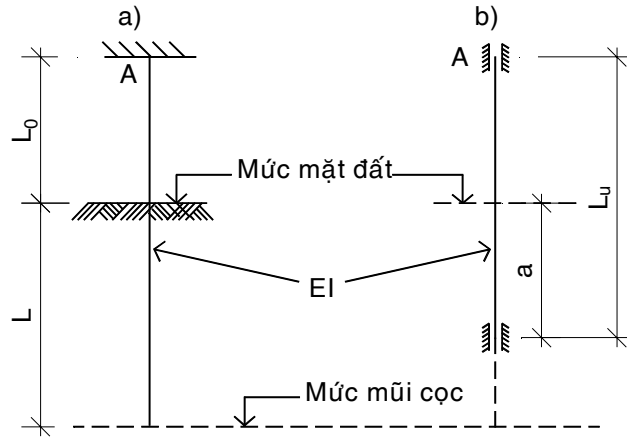
$$R_z^{(c)} = \frac{4}{\cos \phi_b} (\gamma z \tan \phi_b + c_p) \quad (35)$$

## V. Chiều dài chịu uốn của cọc

### 5.1. Giới thiệu chung

1. Đối với các móng trụ cầu hoặc công trình bến (CTB) trên nền cọc dài – mềm việc tính toán theo sơ đồ có sử dụng cọc tương đương khi chịu lực ngang là hoàn toàn hợp lý.
2. Về mặt cơ học, không có gì phải bàn luận đến nguyên tắc quy đổi từ hệ thực sang hệ tương đương, được mô tả trên hình 5. Trong trường hợp này điều kiện tương đương giữa hai hệ là chuyển vị nằm ngang tại đầu cọc A phải bằng nhau. Khoảng

cách giữa 02 vị trí ngàm trượt (hình 5b) thường được gọi là chiều dài chịu uốn của cọc,  $L_u$ .



Hình 5: Sơ đồ nguyên tắc quy đổi

a) Hệ “cọc – đất” thực; b) Hệ “cọc – liên kết ngàm” tương đương.

3. Không ít trường hợp người thiết kế đã sử dụng công thức quen thuộc sau đây:

$$L = L_0 + \frac{2}{\alpha} \quad (36)$$

để xác định chiều dài chịu uốn của cọc. Trong khi đó, các Tiêu chuẩn Thiết kế cũng như các tài liệu chuẩn [1], [2], [5], [8] và [9] đều ghi rõ tham số này được dùng để tính toán độ bền của vật liệu làm cọc.

Cùng dạng (36), trong [9] (trang 119) còn cho công thức (16) tính chiều dài chịu uốn đúng theo sơ đồ hình 5:

$$L_u = L_0 + \frac{k_2}{\alpha} \quad (37)$$

Để làm rõ công thức này ta có thể theo dõi cách thiết lập nó từ hệ thống các công thức của TCXD 205 : 1998 và xin không giải thích các đại lượng sẽ gặp phải ở phần trình bày tiếp sau.

5.2. Công thức tính chiều dài chịu uốn của cọc  $L_u$

Chuyển vị tại đỉnh của hệ “cọc - đất” thực, của cọc có chiều cao tự do  $L_0$ , cho trong tiêu chuẩn

$$\Delta_n = y_0 + \varphi_0 L_0 + \frac{L_0^3}{3EI} Q + \frac{L_0}{2EI} M \quad (38)$$

$$\psi = \varphi_0 + \frac{L_0^2}{2EI} Q + \frac{L_0}{EI} M \quad (39)$$

Chuyển đổi các lực ngang từ đầu cọc về mức mặt đất

$$\left. \begin{aligned} Q_0 &= Q \\ M_0 &= QL_0 + M \end{aligned} \right\} \quad (40)$$

Chuyển vị ngang và chuyển vị xoay tại mức mặt đất:

$$y_0 = (\delta_{HH} + \delta_{HM} L_0) Q + \delta_{HM} M \quad (41)$$

$$\varphi_0 = (\delta_{MH} + \delta_{MM}L_0)Q + \delta_{MM}M \quad (42)$$

Thế (41) và (42) vào (38) và (39) sẽ được:

$$\Delta_n = R_{\Delta\Delta}Q + R_{\Delta\psi}M \quad (43)$$

$$\psi = R_{\psi\Delta}Q + R_{\psi\psi}M \quad (44)$$

Với: 
$$R_{\Delta\Delta} = \delta_{HH} + 2\delta_{HM}L_0 + \delta_{MM}L_0^2 + \frac{L_0^3}{3EI} \quad (45)$$

$$R_{\Delta\psi} = R_{\psi\Delta} = \delta_{HM} + \delta_{MM}L_0 + \frac{L_0^2}{2EI} \quad (46)$$

$$R_{\psi\psi} = \delta_{MM} + \frac{L_0}{EI} \quad (47)$$

Momen ngàm đầu cọc tìm từ  $\psi = 0$ :

$$M = M_{ng} = -\frac{R_{\psi\Delta}}{R_{\psi\psi}}Q \quad (48)$$

Thế (48) vào (43) ta có chuyển vị ngang của đầu cọc khi bị ngàm của hệ “cọc – đất” thực:

$$\tilde{\Delta}_n^{(t)} = \left( R_{\Delta\Delta} - \frac{R_{\psi\Delta}^2}{R_{\psi\psi}} \right) Q \quad (49)$$

Mặt khác. ở trang 119 của [9] đã biết đối với hệ tương đương:

$$\Delta_n = \frac{L_u^3}{3EI}Q + \frac{L_u^2}{2EI}M \quad (50)$$

$$\psi = \frac{L_u^2}{2EI}Q + \frac{L_u}{EI}M \quad (51)$$

Làm giống như với hệ thực ta được các đại lượng tương ứng:

$$M = M_{ng} = -\frac{L_u}{2}Q \quad (52)$$

Và chuyển vị ngang của đầu cọc khi bị ngàm của hệ thanh (cọc) tương đương

$$\Delta_n^{(td)} = \frac{L_u^3}{12EI}Q \quad (53)$$

Đồng nhất (49) với (53), rút ra công thức chiều dài chịu uốn (tính trực tiếp từ hệ các công thức của Tiêu chuẩn Thiết kế hiện hành):

$$L_u = \left[ 12EI \left( R_{\Delta\Delta} - \frac{R_{\psi\Delta}^2}{R_{\psi\psi}} \right) \right]^{1/3} \quad (54)$$

5.3. Ví dụ kiểm tra công thức [54]:

Sử dụng số liệu ví dụ trang 126 [9]:

$$R_{\Delta\Delta} = 3,22 \times 10^{-4} \text{ (m/kN)}$$

$$R_{\psi\Delta} = R_{\Delta\psi} = 0,89 \times 10^{-4} \text{ (1/kN)}$$

$$R_{\psi\psi} = 0,35 \times 10^{-4} \text{ (1/kNm)}$$

$$L_u = \left[ 12 \times 14,8 \times 10^4 \left( 3,22 \times 10^{-4} - \frac{(0,89 \times 10^{-4})^2}{0,35 \times 10^{-4}} \right) \right]^{1/3}$$

$$L_u = 5,539\text{m}$$

Kết quả tính toán theo các cách khác nhau được tổng hợp trong bảng 6.

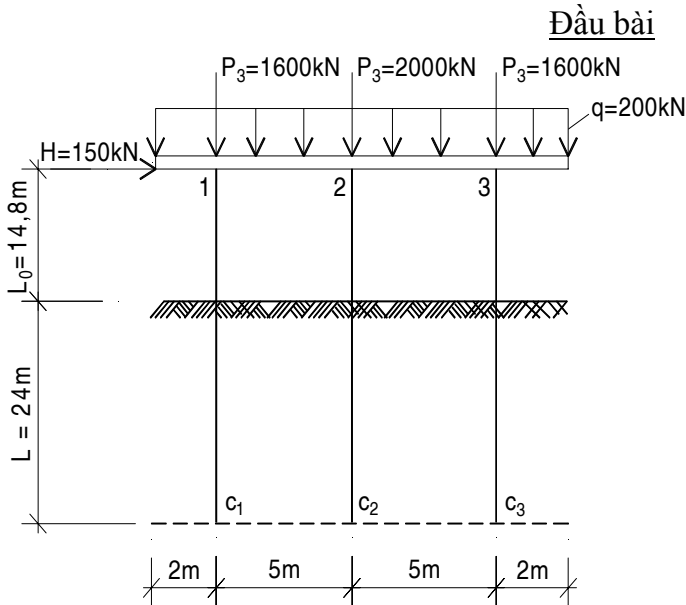
Bảng 6: Chiều dài cọc chịu uốn theo các phương pháp

Phương pháp	Công thức [54]	Công thức (16)[9]	Công thức (60)[12]
Chiều dài chịu uốn, $L_0$ (m)	5,539	5,500	5,516

Công thức (54) tính  $L_u$  được rút ra trực tiếp từ hệ thống các công thức của Tiêu chuẩn hiện hành vừa có căn cứ cơ học chính xác vừa tiện dụng trong thiết kế. Chiều dài chịu uốn theo (36) chỉ là một trường hợp cụ thể của (54).

5.4. Ghi chú quan trọng:

Vì TCXD 205 : 1998 chấp nhận mô hình nền biến dạng đàn hồi cục bộ khi tính cọc chịu lực ngang cho nên chiều dài chịu uốn  $L_u$  theo (54) không phụ thuộc vào lực ngang tác dụng ở đầu cọc. Điều đó đòi hỏi người tính phải thực hiện các phép kiểm tra kết quả để đảm bảo giá trị chiều dài chịu uốn đã sử dụng là có nghĩa. Nội dung kiểm tra, có lẽ tốt nhất nên theo dõi qua ví dụ sau đây.



Đầu bài

Xét một CTB trên nền cọc, chịu tải như trên Hình 6.  
 Cọc ống thép  $D = 700, t = 12\text{mm}$ :  
 $EI = 322372\text{kNm}^2$   
 $[M] = 1206,155\text{kNm}$   
 Nền đất: sét đồng nhất  
 $I_L = 0,3$   
 $k = 6200 \text{ kN/m}^4$   
 $\gamma_p = 8,0 \text{ kN/m}^3$   
 $\phi_p = 200$   
 $c_p = 21,539 \text{ kN/m}^2$   
 Hệ số biến dạng theo (1):  $\alpha = 0,495 \text{ m}^{-1}$ . Chiều dài chịu uốn từ (54):  $L_u = 18,231 \text{ m}$ .

Hình 6: Sơ đồ kết cấu CTB làm ví dụ kiểm tra  $L_u$

Dùng phương pháp Ma trận độ cứng [14] để phân tích kết cấu đã cho và trích một số kết quả cần dùng vào việc kiểm tra chiều dài chịu uốn  $L_u$  ghi trong bảng 7.



Bảng 7: Chuyển vị - nội lực của các cọc

	Cọc 1	Cọc 2	Cọc 3
1. Chuyển vị nằm ngang, $\Delta_n$ (m)	0,0809	0,0809	0,0809
2. Lực dọc trục, N (kN)	2493,381	2740,474	2766,145
3. Mômen uốn, M (kNm)	-441,556	-457,270	-464,992
4. Lực cắt, Q (kN)	48,9307	50,218	50,851
<u>Tại mức mặt đất</u>			
5. Lực ngang, $Q_0$ (kN)	48,931	50,218	50,851
6. Mômen uốn, $M_0$ (kNm)	65,359	285,956	282,603

Yêu cầu kiểm tra mức độ có ý nghĩa của chiều dài chịu uốn  $L_u = 18,231\text{m}$  đã sử dụng.

#### Giải

- Kiểm tra điều kiện (13) tức là điều kiện có nghĩa của hệ số tỷ lệ của hệ số nền phải được thực hiện đầu tiên. Người tính có thể tiến hành một trong hai cách như trình bày dưới đây.

#### Cách thứ nhất:

Với giá trị các tải trọng ngang đầu cọc đã biết (dòng 5 và 6 bảng 7) tính được  $y_0$  và so với  $y_{0gh}$ .

#### Cách thứ hai:

Sử dụng điều kiện chuyển vị ngang giới hạn của đầu cọc tại mức đáy đài  $\Delta_{n,gh}^k$  theo công thức (35) hoặc sử dụng bảng 1 trong [12] theo chiều cao tự do tính đối:  $\bar{L}_0 = \alpha L_0$ , ta đều nhận được:

$$\Delta_{n,gh}^k = 0,0914\text{ m}$$

So sánh với các con số dòng 1, bảng 7:  $\Delta_n < \Delta_{n,gh}^k$ . Như vậy, điều kiện (13) thỏa mãn.

- Kiểm tra điều kiện bền của cọc chịu lực ngang.

Dòng 5 và 6 Bảng 7 cho thấy ta cần tiến hành kiểm tra cọc 2 và cọc 3

- Điều kiện bền vật liệu làm cọc:

Giá trị đáng chú ý của mômen uốn trong cọc tóm tắt ở Bảng 8:

Bảng 8: Các mômen uốn (kNm) đáng chú ý trong cọc

	Kết quả tính khung có sử dụng $L_u$		Kết quả tính cọc chịu lực ngang theo [13]
	Tại vị trí đầu cọc	Tại vị trí ngầm quy ước	
Cọc 2	457,270	462,076	328,541
Cọc 3	464,992	465,937	326,218

Số liệu cột 3 Bảng 8 cho thấy mômen uốn tại mức ngầm quy ước thường bằng hoặc lớn hơn một ít so với mômen uốn đầu cọc nhưng không phản ánh đúng sự làm việc của kết cấu. Vì thế ta sẽ dùng giá trị các mômen đầu cọc làm  $M_{\max}$  để kiểm tra độ bền vật liệu làm cọc. Theo số liệu cho,  $M_{\max} < [M]$  nên điều kiện này thỏa mãn.

2.b. Điều kiện bền của đất nền xung quanh cọc:

Phản lực đất nền lớn nhất  $\sigma_{z,max}$  và vị trí xuất hiện nó  $Z_\sigma$  được xác định theo công thức và bảng tra nêu trong [13]. Kết quả kiểm tra ghi ở Bảng 9.

Bảng 9: Kiểm tra điều kiện (23)

	Áp lực lớn nhất		Sức kháng cho phép của đất $R_z$ (kN/m <sup>2</sup> )	Kết quả kiểm tra
	Độ sâu xuất hiện $Z_\sigma$ (m)	Giá trị $\sigma_{z,max}$ (kN/m <sup>2</sup> )		
Cọc 2	1,444	35,830	51,028	Thỏa
Cọc 3	1,446	35,400	51,054	Thỏa

3. Kiểm tra chiều sâu đóng cọc:

Chiều sâu đóng cọc cần thiết đối với cọc chịu lực ngang,  $L_{yc}$ :

$$L_{yc} = \frac{4}{\alpha} \quad (55)$$

Cọc được xem là có đủ chiều sâu cần thiết nếu thỏa mãn điều kiện:

$$L > L_{yc} \quad (56)$$

Các cọc trong ví dụ này đều thỏa mãn điều kiện (56)

Ba kết quả kiểm tra trình bày trên cho phép kết luận chiều dài chịu uốn  $L_u=18,231m$  là có nghĩa đối với sơ đồ kết cấu và chịu tải đã cho.

VI. Kết luận:

- 6.1 Thông điệp đầu tiên muốn chuyển tới bạn đọc là không nên xem nhẹ bài toán cọc chịu lực ngang dưới bất kỳ hình thức nào, bởi vì như kinh nghiệm thiết kế, xây dựng và sử dụng các công trình liên quan đến móng cọc thì đây thường là nguyên nhân góp phần gây ra các sự cố không mong muốn rất khó khắc phục.
- 6.2 Với ý nghĩ “đọc sách dùm bạn”, chúng tôi chủ yếu dựa vào một số tài liệu tiếng Nga có được để diễn giải một cách cơ bản nhưng cặn kẽ đến mức có thể được, tập trung vào các vấn đề thường chưa được hiểu đầy đủ về bài toán cọc chịu lực ngang trong TCXD 205 : 1998.  
Nội dung của các điều khoản của Tiêu chuẩn là quá khó mà hiểu biết của người viết thì có hạn, chắc chắn không tránh khỏi thiếu sót, mong các bạn cùng tháo gỡ theo phương châm “ba ông thợ giày bằng ông Gia Cát Lượng”.
- 6.3 Bài toán cọc chịu lực ngang của Tiêu chuẩn Thiết kế chỉ cho lời giải trong điều kiện mặt đất nằm ngang. Tuy nhiên, từ thực tế thiết kế cho thấy nhiều trường hợp mặt đất của cọc chịu lực ngang không nằm ngang: nghiêng, nghiêng gần điểm chuyển dốc đáy, nghiêng gần điểm chuyển dốc đỉnh, ngang trong phạm vi của “chiều nghiêng” v.v...Hình dạng mặt đất như thế sẽ có ảnh hưởng đến chuyển vị - nội lực của cọc chịu lực ngang. Đây là một vấn đề phức tạp, đề xuất một giải pháp hợp lý phục vụ cho thiết kế, hy vọng sẽ được trình bày ở một dịp khác.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] - XNiP II – 17 – 77: Phần II Định mức Thiết kế Chương 7 Móng cọc Matxcova, 1978. (Tiếng Nga).
- [2] - XNiP 2.02.03 – 85: Móng cọc Matxcova, 1986. (Tiếng Nga).
- [3] - K.X.Zavriev,G.X.Shpiro: Tính toán Móng sâu Trụ cầu. Nhà xuất bản “Vận tải”, Matxcova, 1970. (Tiếng Nga).
- [4] - N.M.Glotov và những người khác: Móng cọc. Nhà xuất bản “Vận tải”, Matxcova, 1975. (Tiếng Nga).
- [5] - G.I.Shvexov (chủ biên): Sổ tay Nền và Móng. Nhà xuất bản “Trường cao đẳng”, Matxcova, 1991. (Tiếng Nga).
- [6] - V.X.Kirillov: Nền và Móng. Nhà xuất bản “Vận tải”, Matxcova, 1980. (Tiếng Nga).
- [7] - TCXD 205 : 1998. Móng cọc – Tiêu chuẩn Thiết kế. Nhà xuất bản “Xây dựng”, Hà nội, 1999.
- [8] - 20 TCN 21 – 86: Móng cọc – Tiêu chuẩn Thiết kế. Bộ Xây dựng xuất bản.
- [9] - Nguyễn Bá Kế, Nguyễn Văn Quang, Trịnh Việt Cường. Hướng dẫn Thiết kế Móng cọc. Nhà xuất bản Xây dựng, Hà nội, 1993.
- [10] - Sổ tay Địa Kỹ Thuật Trung Quốc, 1994. Phan Văn Thu dịch (lưu hành nội bộ TEDI SOUTH).
- [11] - Lê Đức Thắng: Tính toán Móng cọc. Nhà xuất bản Giao Thông Vận Tải, Hà nội, 1998.
- [12] - Phan Dũng:  
 “Chuyển vị nằm ngang và chuyển vị xoay của cọc ở mức đáy đài theo TCXD 205 : 1998 – Một dạng khác của công thức tính và các ứng dụng”.  
 Tạp chí Biển & Bờ, N<sub>o</sub> 3+4/2009, Hội Cảng – Đường thủy – Thềm lục địa Việt Nam, VAPO, Hà Nội, trang 50 – 58.
- [13] - Phan Dũng:  
 "Chuyển vị - nội lực cọc chịu lực ngang theo TCXD 205 : 1998. Mối liên hệ giữa lời giải của Urban với của Matlock – Reese và các ứng dụng"  
 Tạp chí Biển & Bờ, N<sub>o</sub> 5+6/2009, Hội Cảng – Đường thủy – Thềm lục địa Việt Nam,VAPO, Hà Nội, trang 38 – 49.
- [14] - Phan Dũng:  
 "Cách tính Công trình bển bệ cọc cao mềm bằng Phương pháp Ma Trận độ cứng".  
 Tạp chí Biển & Bờ, N<sub>o</sub> 7+8/2009, Hội Cảng – Đường thủy – Thềm lục địa Việt Nam,VAPO, Hà Nội, trang 36 – 50.
- [15] - Phan Dũng:  
 “Cách xét mặt đất không nằm ngang khi tính cọc chịu lực ngang”.  
 Kỷ yếu Hội nghị Khoa học và Công nghệ lần thứ 10, Trường Đại học Bách Khoa Tp.Hồ Chí Minh, 10 – 2007.