

MỘT VÀI XU HƯỚNG CẢI TIẾN PHƯƠNG PHÁP TÍNH KẾT CẤU BỆ CỌC CAO

K.S.C.C ĐẶNG QUANG LIÊN

A. Vấn đề sản xuất quan tâm

Đang có rất nhiều dự án công trình cảng được thiết kế theo dạng bến bệ cọc cao. Tuy nhiên, các quy định về tính toán loại kết cấu này chưa được cập nhật.

Một trong những vấn đề được nhiều người quan tâm là mô hình tính toán của cọc nằm trong đất nền.

Các mô hình đang được sử dụng phổ biến nay trong các tổ chức tư vấn chuyên ngành là cọc ngàm trong đất ở điểm Z_0 , tại một độ sâu L_u nào đó.

Từ khi có Tiêu chuẩn thiết kế móng cọc TCXD 205 – 98 ⁽¹⁾, hầu như các tư vấn đều xác định độ sâu ngàm cọc L_u theo công thức:

$$L_u = L_0 + \frac{\alpha}{\sqrt[5]{\frac{B.K}{EJ}}} \quad (1)$$

Trong đó:

- L_u thường được gọi là chiều dài chịu uốn của cọc;
- L_0 là chiều dài tự do của cọc;
- B là bề rộng tính toán của cọc,
- E và J là mô đun đàn hồi vật liệu và mô men quán tính tiết diện cọc;
- K là hệ số tỷ lệ của mô hình hệ số nền tăng tuyến tính với độ sâu;
- α là một hằng số, thường được chọn từ 1.8 ⁽²⁾ đến 2.0 ⁽³⁾.

Đặc trưng biến dạng của điểm Z_0 đang có hai cách quy định khác nhau.

Nhiều tư vấn đã chấp nhận điểm Z_0 là một điểm ngàm trượt. Tuy nhiên, một số tư vấn khác lại cho Z_0 là một điểm ngàm cứng như chỉ dẫn trong ⁽³⁾.

Thực tế thì hệ số nền của đất quanh cọc là một tham số rất phức tạp, không phải lúc nào các giả thiết tăng tuyến tính theo độ sâu cũng phù hợp.

Mặt khác, điểm Z_0 lại không phải là độc lập với độ lớn của tải trọng ngang ⁽⁴⁾.

Hơn nữa, bến bệ cọc cao thường đi kèm với mái dốc dưới gầm bến; ảnh hưởng của mái dốc đến biến dạng và nội lực trong kết cấu bến cũng là một vấn đề đã được đưa vào tiêu chuẩn ⁽⁴⁾. Tiếc rằng, các quy định trong ⁽⁴⁾ quá phức tạp, khiến cho việc tuân thủ các quy định tương ứng đã không được thực hiện một cách nghiêm túc.

Những vấn đề kể trên đã đến lúc phải được thảo luận rộng rãi, nhằm tìm kiếm một số mô hình tính toán hợp lý và tiện dụng trong công tác thiết kế.

Dưới đây, giới thiệu một số xu hướng cải tiến đã được bước đầu được áp dụng trong sản xuất.

B. Một số xu hướng cải tiến mô hình tính cọc

B.1 Tiếp tục sử dụng điểm ngàm cọc

Mô hình điểm ngàm cọc được sử dụng từ những năm giữa thế kỷ 20. Đã có nhiều người phê phán mô hình này; song trong nước cũng như ở nước ngoài, người ta vẫn đang tiếp tục sử dụng và cố gắng cải tiến mô hình này.

1.1 Nhược điểm của giả thiết cọc ngàm tại độ sâu L_u

- Nhược điểm lớn nhất là không thể có một điểm nào trên thân cọc thoả mãn điều kiện ngàm lý tưởng;
- Dưới tác dụng của tải trọng ngang, điểm “ngàm” sẽ dịch chuyển khi tải trọng ngang tăng lên;
- Với sơ đồ ngàm cọc, mô men tại điểm ngàm hầu như bằng với mô men đỉnh cọc; điều này không phù hợp với thực tế.

1.2 Những cải tiến đáng kể

Những nhược điểm nói trên đã được mọi người biết đến. Tuy vậy, người ta vẫn sử dụng mô hình này vì sự đơn giản của tính toán. Để mô hình không khác nhiều với thực tế, đã có các cải tiến đáng kể sau:

1) Bỏ khái niệm ngàm cứng, chấp nhận khái niệm “ngàm trượt”

Khi chịu lực, cọc không chỉ bị uốn mà còn chịu nén dọc trục. Điểm “ngàm” ứng với điểm có mô men lớn nhất trong đoạn thân cọc gần mặt đất thường có độ lún khá lớn. Do vậy, giả định điểm này được ngàm cứng là không phù hợp thực tế.

“Ngàm trượt” gắn tại điểm Z_0 phù hợp với các quy định sau:

- Tại điểm Z_0 sẽ không xảy ra các biến vị của cọc trong mặt phẳng thẳng góc với trục cọc;
- Tác dụng ngàm này không hạn chế điểm Z_0 có biến vị dọc theo trục cọc.

Như vậy, trong bài toán không gian, khi xét đến khả năng chống xoắn của cọc thì tính chất của điểm ngàm trượt này cần phải thoả mãn yêu cầu không ngăn cản khả năng xoắn của cọc tại điểm Z_0 (nếu chiều dài chống xoắn lớn hơn L_u).

2) Sử dụng khái niệm “cọc tương đương”.

Khi có xét đến chiều dài chống xoắn (L_x), chiều dài chống nén (L_n) thì mỗi cọc sẽ có 3 loại chiều dài mang ý nghĩa cơ học khác nhau. Điều này sẽ gây thêm phức tạp cho công việc tính toán.

Để đơn giản tính toán, từ lâu tư vấn xây dựng Cảng - Đường thuỷ (TEDI Port) đã sử dụng thuật ngữ cọc tương đương để gộp 2 loại chiều dài chịu uốn (L_u) và chiều dài chịu nén (L_n) thành một chiều dài, vừa bằng đúng chiều dài chịu uốn.

Nhằm mục đích này, kích thước của cọc tương đương phải thoả mãn các yêu cầu sau:

$$\begin{aligned} F_{td} &= \frac{1}{n} \cdot F_c \\ J_{td} &= J_c \\ n &= L_n / L_u \end{aligned} \quad (2)$$

Trong đó:

- F_{td} và J_{td} lần lượt là diện tích và mô men quán tính tiết diện cọc tương đương;
- F_c và J_c là diện tích và mô men quán tính tiết diện cọc ban đầu;
- L_n và L_u là chiều dài tính toán chịu nén và chịu uốn của cọc.

Khi có thêm chiều dài chống xoắn thì hiện chưa có mô hình cọc tương đương thích hợp cho cả 3 loại chiều dài.

B.2 Sử dụng mô hình các gối đàn hồi

Trong giai đoạn biến vị của nền đất không lớn, có thể sử dụng các gối đàn hồi thay thế phản lực của đất trên thân cọc.

Theo tính chất của phản lực đất, gối đàn hồi được chia làm hai loại.

1. Các gối đàn hồi ngang

Độ cứng của các gối đàn hồi ngang có thể xác định theo lý thuyết hệ số nền, cũng có thể xác định theo lý thuyết nền bán không gian biến dạng tuyến tính.

Để đơn giản tính toán, nhiều tác giả thường sử dụng mô hình hệ số nền.

Trong tính toán, hệ số nền có thể thay đổi theo độ sâu với bất kỳ quy luật nào, phương pháp gối đàn hồi đều có thể sử dụng được.

Khi hệ số nền tăng tuyến tính theo độ sâu thì độ cứng của gối đàn hồi tại độ sâu z có thể xác định bằng biểu thức:

$$R_{z,n} = C_z \cdot a \cdot b \cdot k_0 \quad (3)$$

$$C_z = K \cdot Z_i$$

Trong đó:

- Z_i là độ sâu gối tính toán;
- K là hệ số tỷ lệ, có thể lấy theo bảng G.1 trong TCXD 205-98;
- a là chiều dài đoạn cọc đại diện;
- b là bề rộng tính toán của cọc;
- k_0 là hệ số không gian.

2. Các gối đàn hồi đứng

Gối đàn hồi hướng đứng gồm hai loại, gối đàn hồi đại diện cho ma sát quanh thân cọc và gối đàn hồi ở mũi cọc.

Gối đàn hồi mũi cọc có thể xác định theo lý thuyết nền bán không gian biến dạng tuyến tính; cũng có thể xác định theo lý thuyết hệ số nền.

Khi sử dụng lý thuyết hệ số nền, độ cứng của gối đàn hồi mũi cọc (R_{mc}) được xác định theo biểu thức:

$$R_{mc} = \alpha \cdot C_z \cdot F_{mc} \quad (4)$$

Trong đó:

- α là hệ số, chuyển đổi từ hệ số nền hướng ngang sang hướng đứng; thường có thể lấy từ 1 ~ 3;
- C_z là hệ số nền hướng ngang ở mũi cọc, xác định như trong (3) ở trên;
- F_{mc} là diện tích tiết diện mũi cọc;

Gối đàn hồi đại diện cho lực ma sát quanh thân cọc có thể được xác định bằng nhiều phương pháp.

Người viết thường xác định độ cứng của gối đàn hồi đại diện cho ma sát quanh thân cọc ($R_{i,ms}$) theo áp lực bình quân của đất quanh cọc:

$$R_{i,ms} = f \cdot a \cdot U \cdot \zeta \cdot \lambda_{bq} \sum_0^z \gamma_i h_i \quad (5)$$

Trong đó:

- $\sum_0^z \gamma_i h_i$ là trọng lượng đất, tính từ mặt đất đến độ sâu z ;
- a là chiều dài đoạn cọc tính toán;
- U là chu vi tiết diện cọc;
- ζ là hệ số, kể đến tác dụng làm chặt đất quanh cọc do công nghệ hạ cọc. Khi cọc đóng, theo kinh nghiệm về khả năng chịu lực của cọc thì hệ số này có thể lấy từ 1.5 đến 2.0;
- f là hệ số ma sát giữa đất và cọc;
- λ_{bq} là bình quân hệ số áp lực đất chủ động và bị động.

3. Ưu nhược điểm của mô hình gối đàn hồi

Ưu điểm chính của mô hình này là:

- Có thể sử dụng với điều kiện địa tầng phức tạp, phân bố của hệ số nền không tuân thủ một quy luật đơn giản;
- Kết quả tính toán phản ánh được nội lực (mô men, lực nén) dọc suốt từ đỉnh đến mũi cọc;
- Kết quả tính toán cũng phản ánh được vị trí mô men lớn nhất trong đoạn cọc ngấp đất tăng dần theo độ lớn của tải trọng ngang trên đầu cọc;
- Mô men lớn nhất trong đoạn cọc ngấp đất thường bé thua khá nhiều mô men lớn nhất tại đỉnh cọc; trường hợp tải trọng ngang lớn, mô men này chỉ bằng khoảng 50% trị số mô men đỉnh cọc.

Nhược điểm chủ yếu của phương pháp này là ẩn số bài toán lớn; công tác chuẩn bị tính toán đòi hỏi nhiều thời gian.

4. Trình tự giải bài toán theo mô hình các gối đàn hồi

Trước hết, lựa chọn mô hình hệ số nền phù hợp với điều kiện địa chất khu vực xây dựng.

Tiếp đó, chia các chiều dài ngấp đất của cọc thành nhiều đoạn thích ứng với hệ số nền. Số đoạn chia càng nhiều, độ chính xác càng cao. Theo kinh nghiệm chiều dài các đoạn nên nằm trong phạm vi 0.5 m đến 2 m.

Sử dụng các công thức tương tự (3), (4) và (5) để xác định độ cứng của các gối đàn hồi.

Lựa chọn một trong các phần mềm thương mại tính kết cấu hiện hành để tính phản lực của các gối đàn hồi và nội lực trong cọc cũng như trong dầm bệ cọc.

B.3 Xét ảnh hưởng của mái dốc

1. Các phương pháp hiện hành

Cho đến nay, khi gập mái đất dưới gầm bển khá dốc; có 3 phương pháp xử lý:

1) Không đề cập đến ảnh hưởng của mái dốc

Không xét đến ảnh hưởng của mái dốc khi tính toán nội lực kết cấu bển bệ cọc cao đang là hiện tượng phổ biến trong các tư vấn chuyên ngành.

Các tư vấn này xem mái dốc dưới gầm bển vẫn như mặt đất nằm ngang, độ sâu ngầm cọc vẫn được xác định như công thức (1).

Rõ ràng là kết quả nội lực xác định theo mô hình này sẽ không phù hợp thực tế; và do đó không nên chấp nhận.

2) Xử lý mái dốc theo Tiêu chuẩn Nhật Bản

Theo ⁽⁵⁾, trước khi sử dụng công thức (1) hoặc các công thức tương tự, người ta đã phân chia mái dốc gầm bển thành hai nửa gần bằng nhau; mặt phẳng chia đôi đó được gọi là mặt đất giả định. Độ sâu ngầm cọc được tính từ mặt phẳng giả định đó.

3) Xử lý mái dốc theo 22 TCN 207 – 92

Có thể xem, tiêu chuẩn thiết kế công trình bển cảng biển 22 TCN 207 – 92 là tiêu chuẩn kỹ thuật hiện hành duy nhất đề cập đến ảnh hưởng của mái dốc gầm bển khi xác định nội lực trong kết cấu bển bệ cọc cao.

Theo quy định của Tiêu chuẩn này, hướng của tải trọng ngang có ảnh hưởng lớn đối với chiều sâu ngầm cọc. Không những thế, độ sâu ngầm cọc còn chịu ảnh hưởng của độ lớn của tải trọng ngang tác dụng trên đầu cọc.

Về lôgic, các quy định trong tiêu chuẩn này là phù hợp với thực tế hiện trường.

Tuy nhiên, phương pháp trong tiêu chuẩn này có nhược điểm là khó áp dụng trong tính toán bến có kết cấu phức tạp, vì phải biết trước hướng chịu lực của các cọc.

1. Một phương pháp xét tới ảnh hưởng của mái dốc

1) Khái niệm về áp lực mái dốc

Theo phương pháp này, khái niệm về áp lực mái dốc được xây dựng như sau:

- Cho một áp lực thường trực tác dụng trên thân cọc; chiều của áp lực này hướng về phía khu nước trước bến. Áp lực này được gọi là áp lực thường trực của mái dốc; hoặc gọi tắt là áp lực mái dốc.
- Khi tải trọng ngang cùng chiều áp lực (từ bờ ra khu nước) thì tác dụng của áp lực mái dốc là làm tăng chuyển vị ngang của cọc; khi tải trọng ngược chiều với áp lực mái dốc (từ phía khu nước hướng vào bờ) thì tác dụng của áp lực mái dốc là làm giảm chuyển vị ngang của cọc.

2) Phương pháp xác định áp lực mái dốc

Trên cơ sở những khái niệm trên, áp lực thường trực của mái dốc tác dụng trên các cọc được tính bằng:

$$e_t = \gamma h_0 K_0 B \zeta \quad (6)$$

Trong đó:

- γ trọng lượng đơn vị thể tích của đất trên mái dốc;
- h_0 chiều cao cọc nằm trong mái dốc (tính đến cao độ đáy trước bến);
- K_0 là hệ số áp lực tĩnh;
- B là cạnh của cọc;
- ζ là hệ số điều chỉnh.

Như vậy, áp lực mái dốc được xem là tăng tuyến tính với độ sâu nằm trong mái dốc. Khi độ sâu h_0 vượt qua mặt phẳng đáy trước bến thì áp lực này giữ nguyên giá trị áp lực ngang đáy bến.

B.4 Sử dụng mô hình ngàm đàn hồi

Nhằm giảm số lượng ẩn số khi giải bài toán kết cấu bến bệ cọc cao theo sơ đồ không gian, đồng thời tránh việc sử dụng mô hình điểm ngàm trong đất, nhiều người đã áp dụng mô hình điểm ngàm đàn hồi đặt tại điểm cọc gặp mặt đất⁽⁶⁾.

Trong bài toán không gian, điểm ngàm đàn hồi sẽ được gán 6 “lò xo”, với các chức năng:

- Ba “lò xo” đại diện cho phản lực đất chống chuyển vị thẳng của cọc (theo trục X, Y và Z);
- Ba “lò xo” đại diện cho phản lực đất chống xoay của cọc (theo các trục X, Y và Z).

Độ cứng của các “lò xo” này được chuẩn bị sẵn cho từng cọc, phù hợp với điều kiện đất nền và kích thước cọc.

Đã có rất nhiều nghiên cứu về phương pháp xác định độ cứng của các “lò xo” này. Người viết sẽ giới thiệu một số kết quả nghiên cứu này trong một bài viết khác.

Tài liệu tham khảo

- (1) Móng cọc Tiêu chuẩn thiết kế TCXD 205 – 98
- (2) Sổ tay thiết kế công trình bến cảng Trung Quốc
- (3) Tiêu chuẩn thiết kế móng cọc 20 TCN 21 – 86
- (4) Tiêu chuẩn thiết kế Công trình bến cảng biển 22 TCN 207 – 92
- (5) OCDI - Technical Standards for Port and Harbour Facilities
- (6) Lê Đức Thắng – Tính toán móng cọc - Đại Học XD Hà Nội (1998)