

MÓNG CỌC

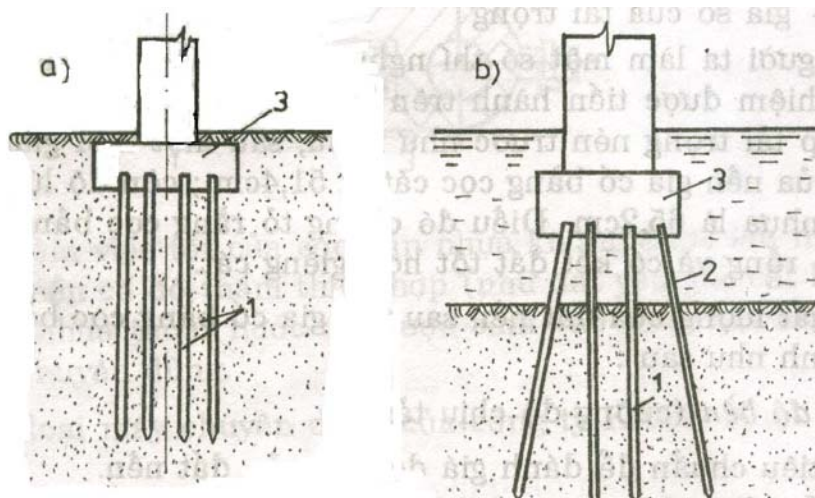
6.1. Khái niệm

Trong ngành xây dựng nói chung móng cọc hiện là loại móng có lịch sử hình thành, phát triển lâu đời và được sử dụng rộng rãi nhất bởi vì những ưu điểm nổi bật sau:

- Giảm được khối lượng công tác đất.
- Tiết kiệm được khối lượng lớn vật liệu.
- Có thể giảm hoặc tránh được ảnh hưởng của nước ngầm đối với công tác thi công.
- Cơ giới hoá công tác thi công dễ dàng.
- Thông thường lún ít hơn các loại móng khác.

Móng cọc thông thường được cấu thành từ hai bộ phận chính là:

- **Nền cọc:** Có tác dụng truyền tải trọng do công trình bên trên gây ra xuống các lớp đất phía dưới mũi cọc và xung quanh thân cọc. Cọc có thể được làm từ nhiều loại vật liệu khác nhau như BTCT, gỗ, thép... Tùy thuộc vào sự làm việc của cọc mà người ta có thể chia cọc thành hai loại:
 - **Cọc chống:** là cọc được đóng lên lớp đá cứng có sức chịu tải phụ thuộc lớn vào sức chống của mũi cọc.
 - **Cọc treo:** Là cọc được đóng vào các lớp đất thông thường có khả năng làm việc dựa vào áp lực mũi cọc và ma sát bên thân cọc.
- **Đài cọc (bê cọc):** Có tác dụng liên kết các cọc lại thành một khối đồng thời làm mặt bằng để tiến hành xây dựng công trình bên trên. Trong phần lớn các trường hợp đài cọc được chế tạo bằng BTCT. Tùy thuộc vào vị trí của đài cọc đối với mặt đất tự nhiên mà người ta chia móng cọc làm móng cọc đài thấp và móng cọc đài cao: móng cọc đài cao: Là loại móng cọc có cao trình đáy đài cọc cao hơn cao trình mặt đất. Theo độ cứng của đài so với độ cứng của nền cọc lại phân thành móng cọc đài cứng và móng cọc đài mềm.



Hình 6.1. Móng cọc.

**a. Móng cọc đài thấp; b. Móng cọc đài cao;
1. Cọc đứng; 2. Cọc nghiêng; 3. Đài cọc.**

6.2. Phân loại và cấu tạo cọc

6.2.1. Phân loại và cấu tạo cọc

Cùng với sự phát triển ngày một nhanh chóng của công nghệ xây dựng, số lượng chủng loại cũng như cấu tạo của cọc hiện rất phức tạp.

Theo vật liệu làm cọc người ta chia ra: cọc gỗ, cọc BTCT, cọc thép, cọc thép bê tông, cọc liên hợp.

Theo phương pháp thi công, cọc được phân ra: Cọc đóng (Là cọc được chế tạo sẵn, được đóng xuống đất bằng búa máy hoặc hạ xuống đất bằng búa rung, bằng phương pháp ép hoặc xoắn có thể khoan dẫn hoặc không) và cọc nhồi (được đổ tại chỗ trong các hố khoan hoặc hố tạo bằng cách đóng ống thiết bị).

6.2.1.1. Cọc đóng

1. Cọc gỗ

Thường được dùng trong những công trình nhỏ hoặc công trình tạm và có những ưu điểm như sau:

- Trọng lượng bản thân nhỏ.
- Vận chuyển, cầu lắp, hạ cọc dễ dàng.
- Công nghệ chế tạo đơn giản, nhanh chóng.

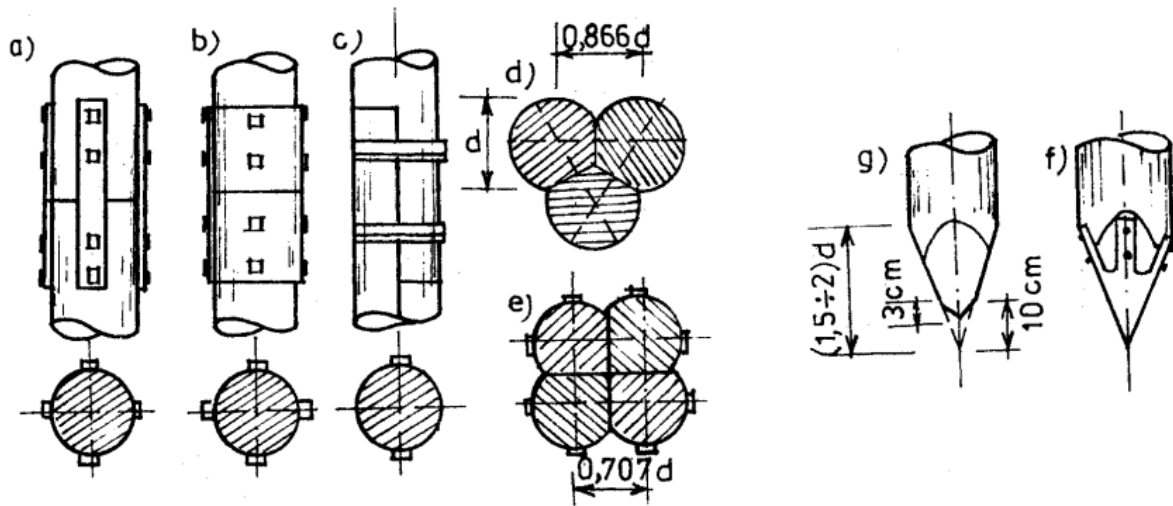
Bên cạnh đó có một số nhược điểm lớn như sau:

- Sức chịu tải không lớn.
- Bị hạn chế về chiều dài và kích thước mặt cắt ngang.
- Khả năng chống xâm thực của môi trường kém.

Việc chế tạo cọc gỗ phải được tuân theo các quy định sau:

- Gỗ được chọn làm cọc chỉ được phép cong một chiều, độ cong này và độ vát trên toàn bộ chiều dài cọc không được vượt quá 1%.
- Đầu cọc phải được bảo vệ bằng đai thép dày 8mm, rộng 5 - 7cm để tránh bị nứt nẻ khi đóng cọc
- Mũi cọc phải được vót nhọn và bọc thép để không bị tòi.

Khi cần tăng tiết diện cọc thì ghép các cây gỗ lại với nhau bằng bulông, khi cần tăng chiều dài thì nối các đoạn gỗ lại với nhau.



Hình 6.2. Chi tiết cọc gỗ.
a, b, c. Chi tiết mối nối; d, e. Tiết diện ngang bó cọc;
g. Mũi cọc vuốt nhọn; f. Mũi cọc bịt thép.

2. Cọc BTCT đúc sẵn

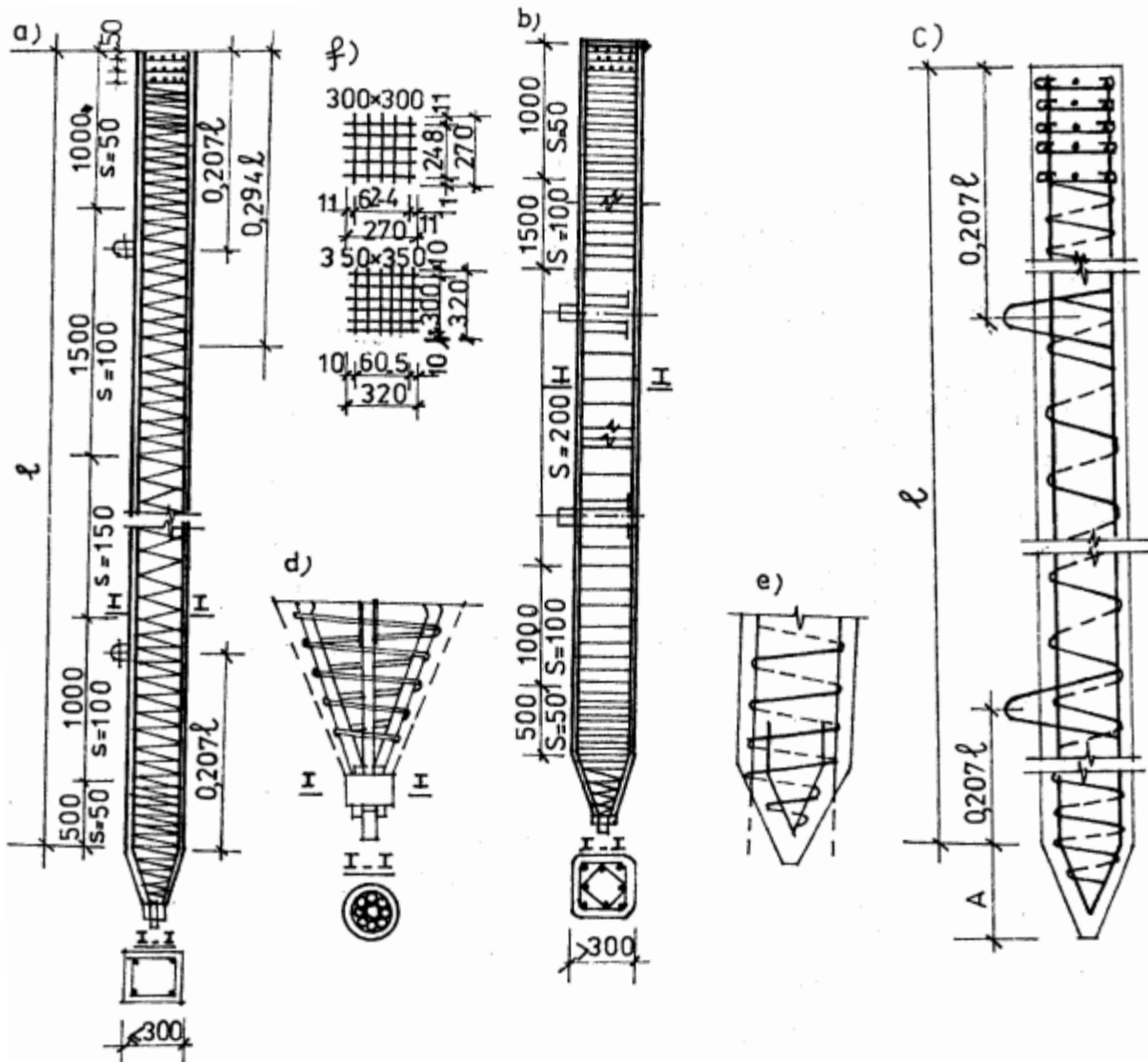
Cọc BTCT là loại cọc được sử dụng phổ biến nhất vì những ưu điểm nổi bật sau:

- Sức chịu tải tương đối lớn;
- Không hạn chế về chiều dài và kích thước mặt cắt ngang;
- Khả năng chống xâm thực rất tốt.

Tuy nhiên cọc BTCT vẫn có một nhược điểm lớn là trọng lượng bản thân lớn gây khó khăn cho việc vận chuyển và hạ cọc (bên cạnh đó do trọng lượng bản thân lớn nên cọc BTCT cần một lượng lớn cốt thép không dùng để tăng sức chịu tải của cọc).

Về tiết diện ngang cọc BTCT có thể có dạng tam giác, đa giác, tròn, chữ I... nhưng loại được dùng phổ biến hơn cả là loại tiết diện hình vuông. Kích thước phổ biến của loại này là 25x25, 30x30, 35x35, 40x40cm.

Cọc BTCT không hạn chế về chiều dài nhưng do điều kiện vận chuyển và chiều dài giá búa nên thông thường chiều dài hợp lý của cọc BTCT là khoảng 12-20m. Trong trường hợp cần chiều dài lớn hơn thì phải nối cọc.



Hình 6.3. Cấu tạo cọc bê tông cốt thép.

a. Cọc BTCT hình lăng trụ

Loại cọc này được chế tạo với những kích thước sau:

- Tiết diện 20 x 20cm, dài 3 ÷ 7m;
- Tiết diện 25 x 25cm, 30 x 30cm, dài 3 ÷ 8m;
- Tiết diện 30 x 30cm, dài 9 ÷ 12m;
- Tiết diện 35 x 35cm, dài 13 ÷ 15m;
- Tiết diện 40 x 40cm, dài 16m;
- Tiết diện 45 x 45cm, 50 x 50cm.

Tiết diện < 30 x 30cm dùng cho nhà dân dụng và > 40 x 40cm dùng cho các công trình cảng.

Cọc dài 3 ÷ 6m thì chiều dài mỗi cọc chênh nhau 0,5m. Cọc dài 7 ÷ 16m thì chênh 1m. Bê tông chế tạo cọc có M200 (tiết diện nhỏ) ÷ M400 (tiết diện lớn), cốt thép dọc (thép chủ) nhóm A_{II} (C_{II}) $\phi 12 \div \phi 30$, trên tiết diện ngang có 4, 8, 12 thanh tùy loại tiết diện, cốt thép đai là thép A_I (C_I) $\phi 6 \div \phi 8$ bước đai 10 ÷ 20cm.

Chương 6. Móng cọc

Khi cọc có chiều dài $> 16\text{m}$ nếu dùng cốt thép thường thì tiết diện cọc phải lớn gây tốn vật liệu, vận chuyển và hạ cọc khó khăn nên người ta không dùng cốt thép thường mà dùng cốt thép ứng suất trước để chế tạo cọc.

3. Cọc thép

Cọc thép thường được dùng trong những công trình yêu cầu khả năng chịu lực rất lớn. Các ưu điểm chính của cọc thép là:

- Khả năng chịu tải rất lớn (chịu lực ngang rất tốt);
- Công tác vận chuyển và hạ cọc dễ dàng do cọc thanh mảnh;
- Không hạn chế về chiều dài và mặt cắt ngang, đặc biệt khả năng thay đổi chiều dài cọc rất linh hoạt.

Bên cạnh đó cọc thép cũng có những nhược điểm khiến cho việc sử dụng chúng không phổ biến là:

- Giá thành cọc rất cao;
- Khả năng chống xâm thực của môi trường kém.

Cọc thép dùng trong móng cọc thường có dạng trụ ống, ngoài ra nó còn có nhiều tiết diện khác I, tiết diện ghép từ 2 thép chữ I, ghép từ 4 thép góc có hàn thêm các thép bản, được dùng phổ biến trong các dạng bển tường cừ và thi công hố móng.

6.2.1.2. Cọc hạ bằng phương pháp xoắn (cọc xoắn)

Đây cũng là một loại cọc đúc sẵn, được hạ bằng phương pháp xoắn. Nó khác cọc đóng ở chỗ: mũi cọc được chế tạo riêng, có cánh vít và được liên kết với thân cọc bằng phương pháp hàn nổi. Cọc được hạ xuống nhờ các ren.

6.2.1.3. Cọc hạ bằng phương pháp ép

Đây là cọc bê tông đúc sẵn, nó khác cọc đóng ở chỗ, phụ thuộc chiều cao giá ép cọc (hạn chế $5 \div 10\text{m}$). Cọc hạ bằng phương pháp ép được chế tạo theo nhiều loại, mỗi loại tùy thuộc giá ép cọc cao hay thấp.

6.2.1.4. Cọc ống BTCT

Là cọc BTCT đúc sẵn, tiết diện hình xuyên, vành khăn. Nếu đường kính cọc $\leq 800\text{mm}$ thường hạ cọc bằng phương pháp đóng, nếu đường kính cọc $> 800\text{mm}$ thì hạ cọc bằng phương pháp rung (búa rung), mũi cọc được bịt kín trước khi đóng.

Cọc này chịu lực tốt đặc biệt khi chịu lực ngang rất tốt và dễ tiện cho công tác thi công, vận chuyển, hạ cọc người ta thường chế tạo cọc thành các đoạn ống BTCT có chiều dài $6 \div 10\text{m}$.

6.2.1.5. Cọc nhồi

Hiện nay có 3 cách thi công cọc nhồi:

- Thi công trong hố có ống chống vách và ống này sẽ được rút ra khỏi đất.
- Thi công trong hố có ống chống vách và ống này để lại trong đất không được rút ra.
- Thi công trong hố khoan không có ống chống vách

1. Cọc Straux

Loại cọc này do kỹ sư Straux đề xuất năm 1899. Để thi công loại cọc này người ta tạo hố khoan có ống chống vách với đường kính $30 \div 40\text{cm}$. Sau khi khoan đến độ sâu thiết kế, người ta tiến hành vét sạch hố khoan rồi sau đó đổ một mẻ bê tông vào ống chống vách. Mẻ bê tông đổ vào phải tạo thành một lớp cao đến 1m. Dùng đầm để đầm bê tông và từ từ rút ống lên. Khi rút ống lên cần chú ý là lớp bê tông trong ống chống vách phải không nhỏ hơn $30 \div 40\text{cm}$ để thân cọc khỏi bị phân đoạn. Sau đó đổ mẻ bê tông tiếp theo và lại tiến hành như trên.

Cọc Straux có thể gia cường bằng cốt thép. Muốn vậy phải đặt khung cốt thép vào ống vách rồi đổ bê tông và đầm. Nếu cọc tỳ lên đá cứng thì có thể tạo đế mở rộng. Chiều dài cọc này có thể $10 \div 12\text{m}$. Cọc này có ưu điểm là khi thi công không gây chấn động mạnh nên không ảnh hưởng xấu đối với công trình lân cận hoặc khi sửa chữa móng nhà có thể thi công trong phòng có chiều cao hạn chế như tầng hầm. Vì dùng khoan nên có thể xuyên qua các lớp đất chắc hoặc đá cứng và biết được địa tầng.

Tuy nhiên, cọc này có nhược điểm là khi thi công đất không được nén trước do vậy thân cọc có hình dạng không đều. Vùng nào đất yếu hơn thì thân cọc phình to hơn, do vậy chi phí bê tông tăng lên $30 \div 50\%$ nhưng khi tính toán vẫn lấy tiết diện cọc bằng tiết diện ống chống vách. Khi khoan đất sẽ bị yếu đi nên giảm ma sát giữa đất và cọc. Loại cọc này đắt tiền vì phải khoan và kéo dài thời gian thi công.

2. Cọc đầm nhanh

Để thi công loại cọc này người ta đóng ống chống vách bằng thép xuống đất. Loại ống này có đường kính $35 \div 42\text{cm}$ được bịt kín đế dưới bằng đế gang. Để tránh nước ngấm chảy vào ống người ta dùng vòng đệm dày 12mm để lót giữa ống và đế. Sau đó đóng ống thiết bị đến chiều sâu thiết kế, kiểm tra xem nước có vào ống không rồi hạ khung cốt thép vào, khung cốt thép gồm $6 \div 8$ thanh $\phi 18$ với đai xoắn $\phi 6$. Đổ bê tông M200 vào ống vách đến $1/3 \div 1/2$ chiều cao ống. Phần trên của ống vách được gắn một bộ phận bằng thép nhằm làm chỗ đóng để rút ống lên. Muốn rút ống lên người ta đóng vào bộ phận thép đó mấy nhát xuống rồi lại đóng mấy nhát theo chiều ngược lại. Khi đóng như vậy ống thiết bị được hạ xuống rồi nâng lên, sau mỗi đợt đóng xuống rồi đóng lên như vậy ống được nâng lên $2 \div 2,5\text{cm}$, sau khi nâng ống chống vách lên được $1/4$ chiều dài của nó thì đổ mẻ bê tông thứ 2 và quá trình được lặp lại như vậy. Búa được dùng ở đây là loại búa máy có thể thực hiện $60 \div 80$ nhát đập/ 1 phút.

3. Cọc khoan nhồi

6.3. Xác định sức chịu tải của cọc đơn theo phương dọc trục cọc

Khả năng chịu lực thẳng đứng của cọc đơn được lấy theo giá trị nhỏ nhất trong hai trị số tính toán được theo điều kiện bền của đất và theo độ bền của vật liệu làm cọc. Để có được phương án móng cọc bảo đảm điều kiện kinh tế thì cần thiết kế sao cho hai trị số vừa nêu gần bằng nhau.

6.3.1. Sức chịu tải thẳng đứng của cọc theo độ bền của vật liệu làm cọc

Sức chịu tải dọc trục theo độ bền của vật liệu làm cọc được xác định như sau:

- Đối với cọc trong móng đài thấp, cọc được tính như thanh bị nén trung tâm bởi lực dọc trục
- Đối với móng cọc đài cao, cọc được tính theo lực dọc trục, mômen uốn và lực ngang.

Chương 6. Móng cọc

Ngoài ra, cọc BTCT được kiểm tra theo sự tạo vết nứt do trọng lượng bản thân khi cầu lắp.

6.3.1.1. Cọc BTCT hình lăng trụ chế tạo sẵn tiết diện đặc chịu nén.

$$P_v = \varphi(F_b \cdot R_b + F_a \cdot R_a) \quad (6.1)$$

Trong đó:

P_v : Sức chịu tải dọc trục của cọc theo độ bền của vật liệu làm cọc;

φ : Hệ số uốn dọc của cọc, lấy theo bảng 6.1;

Bảng 6.1. Hệ số uốn dọc φ .

l_{tt}/b	14	16	18	20	22	24	26	28	30
l_{tt}/d	12,1	13,9	15,6	17,3	19,1	20,8	22	24,3	26
φ	0,93	0,89	0,85	0,81	0,77	0,73	0,66	0,64	0,59

l_{tt} : Chiều dài tính toán của cọc;

b : Bề rộng tiết diện ngang của cọc;

d : Đường kính cọc;

F_b : Diện tích tiết diện ngang của bê tông;

R_b : Cường độ tính toán của bê tông khi nén mẫu hình trụ;

F_a : Diện tích tiết diện ngang của cốt thép cọc;

R_a : Cường độ tính toán của cốt thép.

6.3.1.2. Cọc ống chịu nén:

Khi $l_{tt}/d \leq 12$ thì:

$$P_v = \varphi(R_b F_b + R_a F_a + 2,5 R_{ax} F_{ax}) \quad (6.2)$$

Trong đó:

P_v : Sức chịu tải tính toán của cọc;

F_a, F_b : Diện tích tiết diện ngang của cốt thép và của lõi bê tông (phần bê tông nằm trong cốt đai);

R_{ax} : Cường độ tính toán của cốt xoắn;

F_{ax} : diện tích quy đổi của cốt xoắn;

$$F_a = \frac{\pi D_n f_x}{t_x} \quad (6.3)$$

D_n : đường kính vòng xoắn

f_x : Diện tích tiết diện của cốt xoắn

t_x : Khoảng cách giữa các vòng xoắn

Khi $l_{tt}/d > 12$ thì không kể đến ảnh hưởng của cốt xoắn và sức chịu tải của cọc được xác định theo công thức (6.1)

6.3.1.3. Cọc nhồi chịu nén

$$P_v = \varphi(m_1 m_2 F_b \cdot R_b + F_a \cdot R_a) \quad (6.4)$$

m_1 : Hệ số điều kiện làm việc, với cọc được nhồi bê tông qua ống dịch chuyên thẳng đứng thì $m_1 = 0,85$

m_2 : Hệ số điều kiện làm việc kể đến ảnh hưởng của phương pháp thi công cọc.

6.3.2. Sức chịu tải dọc trục của cọc theo cường độ đất nền

Việc xác định sức chịu tải của cọc theo đất nền là một công việc hết sức khó khăn, rất khó có thể xác định chính xác bởi đất nền là một hệ phức tạp, nó có thể thay đổi trạng thái tùy thuộc vào điều kiện tự nhiên. Vì thế trong tính toán, áp dụng rất nhiều các giải pháp khác nhau để xác định sức chịu tải của cọc. Thông thường sức chịu tải dọc trục của cọc theo đất nền được xác định theo 3 phương pháp chính là: Dựa vào kết quả thí nghiệm trong phòng, dựa vào kết quả thí nghiệm hiện trường (thí nghiệm xuyên) và phương pháp lý thuyết.

6.3.2.1. Dựa vào tài liệu thống kê, theo kết quả thí nghiệm trong phòng

a. Cọc chống

Cọc chống là cọc có mũi tỳ lên các lớp đất chắc biến dạng rất ít dưới tác dụng của tải trọng như đá cứng, đất hòn to (cuội, sỏi, đá dăm, sạn) lẫn cát hoặc tỳ lên đất loại sét ở trạng thái cứng. Trong trường hợp này sức chịu tải của cọc chủ yếu nhờ vào sức chống của đất ở mũi cọc (ma sát giữa đất và xung quanh cọc không đáng kể).

Sức chịu tải của cọc chống chịu lực dọc trục được xác định theo công thức:

$$P_d = mRF \quad (6.5)$$

m: Hệ số điều kiện làm việc của cọc trong đất, lấy $m=1$.

F: Diện tích tiết diện ngang phần mũi cọc.

R: Cường độ tính toán của đất đá dưới mũi cọc chống được lấy bằng $200000\text{KPa} = 2000 \text{ T/m}^2$

b. Cọc ma sát (cọc treo)

Mũi cọc tỳ lên các lớp đất không thuộc các lớp đất trên, sức chịu tải của cọc trong trường hợp này chủ yếu nhờ vào lực ma sát của đất xung quanh cọc, phần còn lại dựa vào sức chống của đất dưới mũi cọc. Sức chịu nén dọc trục của cọc ma sát, theo kết quả thí nghiệm trong phòng được xác định theo công thức:

$$P = m \left(m_R RF + U \sum_{i=1}^n m_{f_i} f_i l_i \right) \quad (6.6)$$

l_i : Chiều dày lớp đất thứ i mà cọc xuyên qua;

f_i : Cường độ của lực ma sát, phụ thuộc loại đất và chiều sâu trung bình của lớp đất, được tra trong bảng (6.3);

U: Chu vi tiết diện ngang cọc (bằng diện tích xung quanh nhân cường độ ma sát);

F: Diện tích tiết diện ngang cọc phần mũi;

R: Cường độ sức chống trung bình của đất ở mũi cọc phụ thuộc loại đất và độ sâu mũi cọc, tra bảng (6.2);

Chương 6. Móng cọc

m_R : Hệ số điều kiện làm việc của đất ở mũi cọc;

m_f : Hệ số điều kiện làm việc của đất ở xung quanh cọc, tra bảng (6.4);

m : Hệ số điều kiện làm việc của cọc trong đất được lấy như sau:

- Cọc đóng tiết diện vuông đặc hoặc rỗng, chữ nhật, cọc ống có đường kính $d \leq 0,8m$ thì $m = 1$;
- Cọc nhồi, cọc ống có $d > 0,8m$ và cọc khoan nhồi đường kính lớn m lấy như sau:
 - Khi mũi cọc tỳ lên lớp đất sét phủ với mức độ bão hoà nước $S_r < 0,85$ và trên đất hoàng thổ $m = 0,8$;
 - Các trường hợp khác lấy $m = 1$.

6.3.2.2. Dựa vào kết quả thí nghiệm hiện trường (thí nghiệm xuyên)

Xuyên tĩnh:

Hiện nay có các loại máy xuyên tĩnh sau:

- Loại chỉ cho biểu đồ sức cản mũi cọc q_c ;
- Loại cho sức cản mũi xuyên q_c và tổng ma sát thành Q_T ;
- Loại cho sức cản mũi xuyên q_c và ma sát thành đơn vị q_s ;
- Loại cho biểu đồ sức cản mũi xuyên q_c , ma sát thành đơn vị q_s và biểu đồ áp lực trong nước lỗ rỗng q_w .

Theo 20TCN 21 – 86 thì: khi dùng xuyên tĩnh cho kết quả là sức cản mũi và tổng ma sát thành thì trị riêng của sức chịu tải giới hạn tại điểm xuyên được tính theo công thức:

$$P = \beta_1 q_c F + U h \beta_2 f_z \quad (6.7)$$

Trong đó:

q_c : Sức cản trung bình ở mũi xuyên trong khoảng $1d$ phía trên và $4d$ phía dưới mũi cọc.

f_z : Trị trung bình của ma sát thành đơn vị đất ở xung quanh xuyên.

β_1 : Hệ số tra bảng phụ thuộc loại cọc

β_2 : Hệ số tra bảng phụ thuộc q_z

Xuyên động (xuyên tiêu chuẩn SPT)

$$P_d = mNF + n\bar{N}F_s \quad (6.8)$$

Trong đó:

$m = 400$ cho cọc đóng

$m = 120$ cho cọc khoan nhồi

N : Số SPT của đất ở chân cọc

\bar{N} : Số SPT trung bình của đất trong phạm vi chiều dài cọc

$n = 2$ cho cọc đóng; $n = 1$ cho cọc khoan nhồi

F: Diện tích tiết diện ngang mũi cọc

F_S: Diện tích mặt xung quanh cọc

Tải trọng cho phép xác định xuống cọc:

$$P' = \frac{P_d}{K} \quad (6.9)$$

K: Hệ số an toàn, K = 4

Phương pháp lý thuyết

Dựa trên kết quả nghiên cứu lý thuyết xây dựng công thức xác định sức chịu tải của cọc thông qua góc nội ma sát và lực dính của đất.

Ma sát âm: Khi trong nền có lớp đất với tính nén lún lớn hay có thấu kính đất yếu thì cần đóng cọc xuyên qua những lớp đất đó xuống các lớp đất yếu hơn ở dưới. Nếu cọc xuyên qua lớp đất mới đắp chưa được lèn chặt hoặc qua các lớp đất chưa cố kết xong thì sẽ xuất hiện ma sát âm. Ma sát âm hướng xuống dưới.

6.3.2.3. Theo phương pháp thử bằng tải trọng động

Phương pháp này cho phép xác định sức chịu tải của cọc theo kết quả hạ cọc bằng búa hoặc máy rung vào đất ngay tại địa điểm xây dựng và cả cọc nhồi. Mục đích của việc thử bằng tải trọng động là kiểm tra sức chịu tải của cọc hoặc để chọn búa đóng cọc thích hợp.

- Chế tạo cọc ở công trường có kích thước, tiết diện, chiều dài đúng như thiết kế, chờ cọc đủ tuổi thì vận chuyển đến công trường xây dựng và tiến hành đóng cọc xuống độ sâu thiết kế tại vị trí xác định.
- Dùng búa tiêu chuẩn đóng thành từng loạt.
- Đầu tiên đóng 1 nhát búa không nổ để đệm khí vào đầu cọc, sau đó đóng 3 loạt mỗi loạt 10 nhát, đo độ lún, độ võng tương ứng với từng loạt.

Tính độ lún trên một loạt: đó chính là độ chồi e của cọc.

Nhận thấy rằng sức chịu tải của cọc và độ chồi của nó có mối quan hệ nghịch biến. Do đó, từ điều kiện cân bằng khi đóng cọc, lý thuyết va chạm và những kinh nghiệm có được trong quá trình thi công cọc nhiều nhà khoa học đã đưa ra những công thức kinh nghiệm khác nhau biểu diễn quan hệ giữa Sức chịu tải của cọc và độ chồi của nó. Trong số các công thức kinh nghiệm đó thì công thức của Gerxevanov được sử dụng rộng rãi nhất:

$$P_{gh} = \frac{nF}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{4Qh}{nFe} \cdot \frac{Q + 0,2q}{Q + q}} - 1 \right) \quad (6.10)$$

Trong đó:

P_{gh}: Sức chịu tải của cọc;

e: Độ chồi của cọc;

F: Diện tích tiết diện ngang của cọc;

Q: Trọng lượng phần búa rơi;

h: Chiều cao rơi tính toán của búa;

q: Trọng lượng cọc và các bộ phận khác của cọc;

n: Hệ số phục hồi thứ nguyên: lực/(chiều dài)² phụ thuộc vật liệu làm cọc, được xác định từ thí nghiệm, tra bảng 6.10;

$$P_d = \frac{P_{gh}}{K_{tc}} \quad (6.11)$$

K_{tc}: Hệ số tin cậy, được lấy tùy theo số lượng cọc;

- K_{tc} = 1,4 nếu số cọc > 21 cọc;
- K_{tc} = 1,6 nếu số cọc 11 ÷ 20 cọc;
- K_{tc} = 1,65 nếu số cọc 6 ÷ 10 cọc;
- K_{tc} = 1,75 nếu số cọc 1 ÷ 5 cọc.

Hiện tượng chổi giả: Đó là hiện tượng độ chổi thu được khác xa với độ chổi thật.
Nguyên nhân là:

- Với đất cát độ chổi giả sẽ nhỏ hơn độ chổi thật. Sở dĩ như vậy là vì khi đóng, cát dưới chân cọc sẽ bị nén chặt quá mức và cản lại sự hạ cọc, cho cọc nghỉ một thời gian cần thiết rồi tiếp tục đóng thì sau mỗi lần đóng cọc xuyên vào đất một khoảng lớn hơn trước khi nghỉ do trong thời gian nghỉ khối cát dưới chân cọc sẽ giảm bớt độ chặt. Độ chổi giả trong trường hợp này làm cho P_{gh} giả > P_{gh} thực, điều đó gây ra sự nguy hiểm.
- Với đất dính: Khi đóng cọc đất nền bị cắt làm cho nước trong đất và các lỗ rỗng thoát ra làm giảm ma sát quanh thân cọc (đất bị nhão nên giảm độ chặt đồng thời lại tăng độ trơn). Độ chổi giả thu được trong trường hợp này lớn hơn độ chổi thực dẫn tới P_{gh} giả < P_{gh} thực nên gây lãng phí.

Quy phạm quy định thời gian nghỉ của cọc như sau:

- Với đất cát: thời gian nghỉ là 3 ngày đêm;
- Đất dính: thời gian nghỉ 7 ÷ 10 ngày đêm.

Ưu điểm – Nhược điểm :

Phương pháp này có ưu điểm sau: đơn giản, dễ làm, ít tốn kém. Tuy nhiên độ chính xác kém.

Quy phạm quy định lượng cọc đóng thử $\geq 20\%$ và ≥ 5 cọc

6.3.2.3. Theo phương pháp thử bằng tải trọng tĩnh

Các công trình thường chịu tải trọng tĩnh nên sức chịu tải thu được bằng phương pháp thử tải trọng tĩnh sẽ phản ánh đúng hơn khả năng làm việc của cọc trong móng công trình. Phương pháp này còn cho phép xác định sức chịu lực nhỏ, lực ngang của cọc. Đối với các công trình quan trọng cần xác định sức chịu tải của cọc bằng phương pháp này. Tiến hành như sau:

- Giai đoạn 1: Chế tạo cọc, vận chuyển đến công trình, đóng vào vị trí đã xác định. Sau đó cho cọc nghỉ 7 ÷ 10 ngày.
- Giai đoạn 2: Tiến hành thử:
 - Chất tải lên cọc theo cấp mỗi cấp có $\Delta P = (1/15 \div 1/10) P$ dự kiến

- Với mỗi cấp cần thực hiện các công việc sau:
 - Đo độ lún của đầu cọc cho đến khi tắt lún. Sau đó lại chắt cấp tải trọng tiếp theo và đo độ lún đến khi tắt lún...
 - Tiến hành cho đến cấp cuối cùng n, khi vừa chắt tải thấy độ lún đầu cọc tăng nhanh ngay lập tức dừng và dỡ tải cấp n và lấy cấp tải trọng trước đó làm tải trọng giới hạn.

6.4. Tính toán cọc chịu tác dụng đồng thời của lực thẳng đứng, lực ngang và mômen

6.4.1. Các giả thiết

Khi tính toán cọc chịu các lực nằm ngang, đất xung quanh cọc được coi là môi trường biến dạng tuyến tính, có hệ số đất nền thay đổi (tăng dần theo chiều sâu tính từ mặt đất) $C_z(\text{kN/m}^3)$. Trị số của C_z xác định theo các kết quả thí nghiệm hoặc xác định theo công thức:

$$C_z = K.z \quad (6.12)$$

Trong đó:

K _ Hệ số tỷ lệ (kN/m^4), tra bảng phụ lục 6.14 phụ thuộc vào loại đất xung quanh cọc;

z _ Độ sâu của tiết diện cọc đang xét (m) tính từ mặt đất đối với móng cọc đài cao, tính từ đáy đài với móng cọc đài thấp.

Khi tính toán, người ta dùng độ sâu tính đối của tiết diện cọc trong đất \bar{z} và độ sâu hạ cọc tính đối trong đất \bar{l} :

$$\bar{z} = \alpha_b.z \quad (6.13)$$

$$\bar{l} = \alpha_b.l \quad (6.14)$$

Trong đó:

l _ Khoảng cách thực tế tính từ mũi cọc đến mặt đất khi móng cọc đài cao và đến đáy đài khi móng cọc đài thấp;

α_b _ Hệ số biến dạng ($1/\text{m}$); xác định theo công thức:

$$\alpha_b = \sqrt[5]{\frac{K.b_c}{E_b.J}} \quad (6.15)$$

b_c _ Bề rộng quy ước của cọc (m), được lấy như sau:

$$b_c = d + 1m : \text{cọc ống, cọc trụ, cọc khoan nhồi có } d \geq 0,8m.$$

$$b_c = 1.5d + 0,5m : \text{các loại cọc khác, kích thước khác.}$$

d _ Đường kính ngoài của cọc tròn hoặc cạnh của cọc tiết diện vuông, cạnh lớn của cọc tiết diện chữ nhật theo hướng vuông góc với mặt phẳng tác dụng lực.

E_b _ Môđun đàn hồi ban đầu của bê tông cọc khi nén và khi kéo (kPa).

J _ Mômen quán tính tiết diện ngang cọc.

6.4.2. Nội dung tính toán

6.4.2.1. Tính toán cọc theo biến dạng và kiểm tra điều kiện

$$\Delta_n \leq S_{gh}; \quad \varphi \leq \varphi_{gh}$$

Trong đó:

Δ_n, φ - Chuyển vị ngang ở đầu cọc và góc xoay của cọc, xác định theo tính toán;

S_{gh}, φ_{gh} - Chuyển vị ngang giới hạn và góc xoay giới hạn của cọc, được quy định trong quy phạm.

Chuyển vị ngang của cọc ở độ sâu để đài Δ_n được tính bằng m và góc xoay tính bằng radian, được xác định theo công thức sau:

$$\Delta_n = y_0 + \varphi_0 l_0 + \frac{H_0 l_0^3}{3E_b J} + \frac{M l_0^2}{2E_b J} \tag{6.16}$$

$$\varphi = \varphi_0 + \frac{H_0 l_0^2}{2E_b J} + \frac{M l_0}{E_b J} \tag{6.17}$$

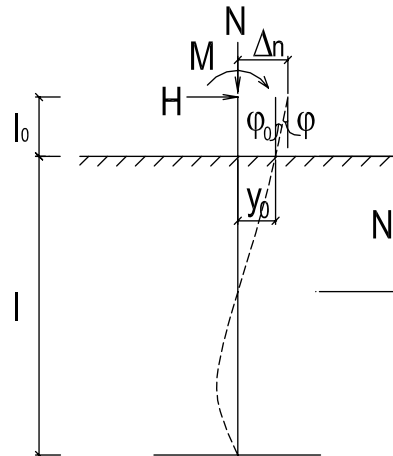
Trong đó:

H, M - Trị tính toán của lực ngang do đài tác dụng lên đầu cọc;

l_0 - Chiều dài đoạn cọc tính từ mặt đất lên đáy đài (trường hợp móng cọc đài thấp $l_0 = 0$);

y_0, φ_0 - Chuyển vị ngang và góc xoay của tiết diện ngang cọc tại mặt đất trong trường hợp đài cao và tại đáy đài trong trường hợp đài thấp.

Quy ước về dấu:

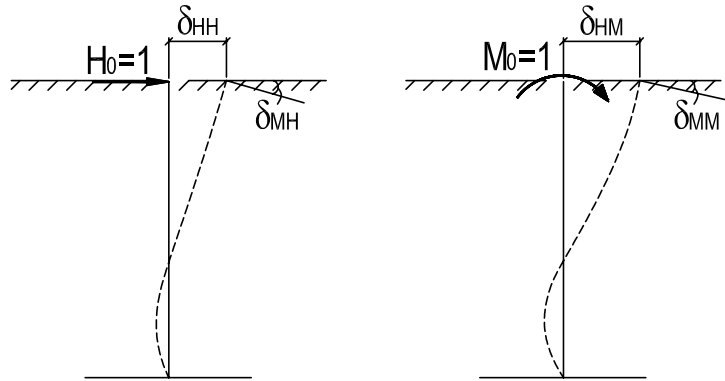


Hình 6.4: Chuyển vị của cọc khi chịu tác dụng đồng thời của lực đứng, lực ngang và mômen.

- Tại đầu cọc:
 - o Mômen M là (+) khi M hướng theo chiều kim đồng hồ (như hình vẽ);
 - o Lực ngang H là (+) khi H hướng sang phải (như hình vẽ).
- Tại tiết diện cọc:

Chương 6. Móng cọc

- Mômen M là (+) khi M truyền từ phần cọc bên trên xuống phần cọc bên dưới tại tiết diện tương ứng cắt ra, hướng theo chiều kim đồng hồ;
- Lực ngang H là (+) nếu lực ngang truyền từ phần cọc bên trên xuống phần cọc bên dưới tại tiết diện tương ứng cắt ra hướng sang bên phải.
- Chuyển vị ngang của tiết diện cọc và góc xoay của cọc được coi là (+) nếu chúng hướng sang phải và quay theo chiều kim đồng hồ.



Hình 6.5: Chuyển vị ngang của cọc do lực ngang $H_0 = 1$, mômen $M_0 = 1$ tác dụng tại mặt đất gây ra.

$$y_0 = H_0 \delta_{HH} + M_0 \delta_{HM}$$

$$\varphi_0 = H_0 \delta_{MH} + M_0 \delta_{MM}$$

H_0, M_0 _ Giá trị tính toán của lực ngang và mômen uốn tại tiết diện xét, lấy:

$$H_0 = H$$

$$M_0 = M + H.l_0$$

δ_{HH} _ Chuyển vị ngang của tiết diện cọc do lực $H_0 = 1$ gây ra (m/kN);

δ_{HM} _ Chuyển vị ngang của tiết diện cọc do lực $M_0 = 1$ gây ra (1/kN);

δ_{MH} _ Góc xoay của tiết diện cọc do lực $H_0 = 1$ gây ra (1/kN);

δ_{MM} _ Góc xoay của tiết diện cọc do lực $M_0 = 1$ gây ra ($\frac{1}{\text{kN.m}}$);

$$\delta_{HH} = \frac{1}{\alpha_b^3 E_b J} A_0 \tag{6.18}$$

$$\delta_{HM} = \delta_{MH} = \frac{1}{\alpha^2 E_b J} B_0 \tag{6.19}$$

$$\delta_{MM} = \frac{1}{\alpha_b E_b J} C_0 \tag{6.20}$$

A_0, B_0, C_0 _ Các hệ số không thứ nguyên lấy theo bảng 6.2, phụ thuộc vào \bar{l} .

Bảng 6.2. Giá trị các hệ số A_o, B_o, C_o .

\bar{l}	Khi cọc tì lên đất			Khi cọc tì lên đá			Khi cọc ngàm vào đá		
	A_o	B_o	C_o	A_o	B_o	C_o	A_o	B_o	C_o
0,5	72,004	192,026	576,243	48,006	96,037	192,291	0,042	0,125	0,500
0,6	50,007	111,149	278,069	33,344	55,609	92,942	0,072	0,180	0,600
0,7	36,745	70,023	150,278	24,507	35,059	50,387	0,114	0,244	0,699
0,8	28,140	46,943	88,279	18,775	23,533	29,763	0,170	0,319	0,798
0,9	22,244	33,008	55,307	14,851	16,582	18,814	0,241	0,402	0,896
1,0	18,030	24,106	36,486	12,049	12,149	12,582	0,329	0,494	0,992
1,1	14,916	18,160	25,123	9,983	9,196	8,836	0,434	0,593	1,086
1,2	12,552	14,041	17,944	8,481	7,159	6,485	0,556	0,698	1,176
1,3	10,717	11,103	13,235	7,208	5,713	4,957	0,695	0,807	1,262
1,4	9,266	8,954	10,050	6,257	4,664	3,937	0,849	0,918	1,342
1,5	8,101	7,349	7,838	5,498	3,889	3,240	1,014	1,028	1,415
1,6	7,154	6,129	6,268	4,887	3,308	2,758	1,186	1,134	1,480
1,7	6,375	5,189	5,133	4,391	2,868	2,419	1,361	1,232	1,535
1,8	5,730	4,456	4,299	3,985	2,533	2,181	1,532	1,321	1,581
1,9	5,190	3,878	3,679	3,653	2,277	2,012	1,693	1,397	1,617
2,0	4,737	3,418	3,213	3,381	2,081	1,894	1,841	1,460	1,644
2,2	4,032	2,756	2,591	2,977	1,819	1,758	2,080	1,545	1,675
2,4	3,526	2,327	2,227	2,713	1,673	1,701	2,240	1,586	1,685
2,6	3,163	2,048	2,013	2,548	1,600	1,687	2,330	1,596	1,687
2,8	2,905	1,869	1,889	2,543	1,572	1,693	2,371	1,593	1,687
3,0	2,727	1,758	1,818	2,406	1,568	1,707	2,385	1,586	1,691
3,5	2,502	1,641	1,757	2,394	1,591	1,739	2,389	1,584	1,711
$\geq 4,0$	2,441	1,621	1,751	2,419	1,618	1,750	2,401	1,600	1,732

6.4.2.2. Tính toán ổn định của nền xung quanh cọc

Điều kiện ổn định:

$$\sigma_z \leq \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \frac{4}{\cos \varphi_1} (\gamma_1 \cdot z \cdot \text{tg} \varphi_1 + \xi \cdot C_1) \quad (6.21)$$

Trong đó:

Chương 6. Móng cọc

γ_1, φ_1, C_1 – Trị tính toán thứ nhất của trọng lượng riêng của đất ở trạng thái nguyên thổ (đất bão hoà nước thì phải kể đến hiện tượng đẩy nổi), của góc ma sát và lực dính của đất;

ξ – Hệ số, lấy bằng 0,6 với cọc ống và cọc đóng

lấy bằng 0,3 với các trường hợp khác;

η_1 – Hệ số bằng 0,7 đối với móng của các công trình chống

bằng 1 đối với các trường hợp khác;

η_2 – Hệ số

$$\eta_2 = \frac{M_{tx} + M_{tt}}{n.M_{tx} + M_{tt}} \quad (6.22)$$

M_{tx} – Mômen do trị tính toán của các lực thường xuyên gây ra ở độ sâu mũi cọc;

M_{tt} – Mômen do trị tính toán của các lực tạm thời gây ra ở độ sâu mũi cọc;

\bar{n} – Hệ số được lấy như sau:

Với các công trình đặc biệt quan trọng, khi $\bar{l} \leq 2,5$ thì $\bar{n} = 4$; khi $\bar{l} \geq 5$ thì $\bar{n} = 2,5$; và khi $2,5 < \bar{l} < 5$ thì ta nội suy.

Với móng có 1 hàng cọc chịu lực dọc đặt lệch tâm thì $\bar{n} = 4$ và không phụ thuộc vào \bar{l} .

Các trường hợp khác lấy $\bar{n} = 2,5$;

σ_z – áp lực tính toán (kPa) xuất hiện trong đất xung quanh cọc tại các độ sâu z tính từ mặt đất khi đài cao, tính từ đáy đài khi đài thấp.

$$\sigma_z = \frac{k}{\alpha_b} \bar{z} \left(y_0 A_1 - \frac{\varphi_0}{\alpha_b} B_1 + \frac{M_0}{\alpha_b^2 E_b J} C_1 + \frac{H_0}{\alpha_b^3 E_b J} D_1 \right) \quad (6.23)$$

$$\frac{\bar{z}}{z} = \frac{0,85}{\alpha_b}$$

6.4.2.3. Xác định nội lực trong cọc

$$M_z = \alpha_b^2 E_b J y_0 A_3 - \alpha_b E_b J \varphi_0 B_3 + M_0 C_3 + \frac{H_0}{\alpha_b} D_3 \quad (6.24)$$

$$Q_z = \alpha_b^3 E_b J y_0 A_4 - \alpha_b^2 E_b J \varphi_0 B_4 + \alpha_b M_0 C_4 + H_0 D_4 \quad (6.25)$$

$$N_z = N$$

$A_1, B_1, C_1, D_1, A_3, B_3, C_3, D_3, A_4, B_4, C_4, D_4$ tra bảng 6.3.

Khi cọc được ngàm chặt trong đài làm cho đầu cọc không thể chuyển vị được thì trị tính toán của mômen M_n tại ngàm được xác định theo công thức:

$$M_n = - \frac{\delta_{MH} + l_0 \delta_{MM} + \frac{l_0^2}{2E_b JH}}{\delta_{MM} + \frac{l_0}{E_b J}} \quad (6.26)$$

Bảng 6.3. Giá trị các hệ số.

\bar{z}	Các hệ số											
	A ₁	B ₁	C ₁	D ₁	A ₃	B ₃	C ₃	D ₃	A ₄	B ₄	C ₄	D ₄
0	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000
0,1	1,000	0,100	0,005	0,000	0,000	0,000	1,000	0,100	-0,005	0,000	0,000	1,000
0,2	1,000	0,200	0,020	0,001	-0,001	0,000	1,000	0,200	-0,020	-0,003	0,000	1,000
0,3	1,000	0,300	0,045	0,005	-0,005	-0,001	1,000	0,300	-0,045	-0,009	-0,001	1,000
0,4	1,000	0,400	0,080	0,011	-0,011	-0,002	1,000	0,400	-0,080	-0,021	-0,003	1,000
0,5	1,000	0,500	0,125	0,021	-0,021	-0,005	0,999	0,500	-0,125	-0,042	-0,008	0,999
0,6	0,999	0,600	0,180	0,036	-0,036	-0,011	0,998	0,600	-0,180	-0,072	-0,016	0,997
0,7	0,999	0,700	0,245	0,057	-0,057	-0,020	0,996	0,699	-0,245	-0,114	-0,030	0,994
0,8	0,997	0,799	0,320	0,085	-0,085	-0,034	0,992	0,799	-0,320	-0,171	-0,051	0,989
0,9	0,995	0,899	0,405	0,121	-0,121	-0,055	0,985	0,897	-0,404	-0,243	-0,082	0,980
1,0	0,992	0,997	0,499	0,167	-0,167	-0,083	0,975	0,994	-0,499	-0,333	-0,125	0,967
1,1	0,987	1,095	0,604	0,222	-0,222	-0,122	0,960	1,090	-0,603	-0,443	-0,183	0,946
1,2	0,979	1,192	0,718	0,288	-0,287	-0,173	0,938	1,183	-0,716	-0,575	-0,259	0,917
1,3	0,969	1,287	0,841	0,365	-0,365	-0,238	0,907	1,273	-0,838	-0,730	-0,356	-0,876
1,4	0,955	1,377	0,974	0,456	-0,455	-0,319	0,866	1,358	-0,967	-0,910	-0,479	-0,821
1,5	0,937	1,468	1,115	0,560	-0,559	-0,420	0,811	1,437	-1,105	-1,116	-0,630	-0,747
1,6	0,913	1,553	1,264	0,678	-0,676	-0,543	0,739	1,507	-1,248	-1,350	-0,815	-0,652
1,7	0,882	1,633	1,421	0,812	-0,808	-0,691	0,646	1,566	-1,396	-1,613	-1,036	-0,529
1,8	0,843	1,706	1,584	0,961	-0,955	-0,867	0,530	1,612	-1,547	-1,906	-1,299	-0,374
1,9	0,975	1,770	1,752	1,126	-1,118	-1,074	0,385	1,640	-1,699	-2,227	-1,608	-0,181
2,0	0,735	1,823	1,924	1,308	-1,295	-1,314	0,207	1,646	-1,848	-2,578	-1,966	-0,057
2,2	0,575	1,887	2,272	1,720	-1,693	-1,966	-0,271	1,575	-2,125	-3,360	-2,849	-0,692
2,4	0,347	1,874	2,609	2,195	-2,141	-2,663	-0,949	1,352	-2,339	-4,228	-2,973	-1,592
2,6	0,333	1,755	2,907	2,724	-2,621	-3,600	-1,877	0,917	-2,437	-5,140	-5,355	-2,821
2,8	-0,385	1,490	3,128	3,288	-3,103	-4,718	-3,108	0,197	-2,346	-6,023	-6,990	-4,445
3,0	-0,928	1,037	3,225	3,858	-3,540	-6,000	-4,688	-0,891	-1,969	-6,765	-8,840	-6,520
3,5	-2,928	-1,272	2,463	4,980	-3,919	-9,544	-10,340	-5,854	+1,074	-6,789	-13,692	-13,826
4,0	-5,853	-5,941	-0,927	4,548	-1,614	-11,713	17,919	-15,076	+9,244	-0,358	-15,611	-23,140

6.5. Sự phối hợp làm việc của nhóm cọc

Khi hạ cọc, lớp đất mà cọc xuyên qua bị biến dạng. Thể tích của đất bị cọc ép chặt lại gây ra sự trượt đối xứng của đất bao quanh. Khi độ sâu hạ cọc còn nhỏ thì chỉ có đất ở mũi cọc bị nén chặt do có sự tập trung ứng suất, còn xung quanh cọc đất bị ép trôi lên mặt đất.

Khi độ sâu hạ cọc lớn dần, cọc xuyên vào đất thì hiện tượng ép trôi lên mặt đất sẽ mất đi. Lúc đó sự trượt đối xứng sẽ kết thúc ngay trong lòng khối đất còn đất bị ép dưới mũi cọc sẽ làm chặt đất xung quanh.

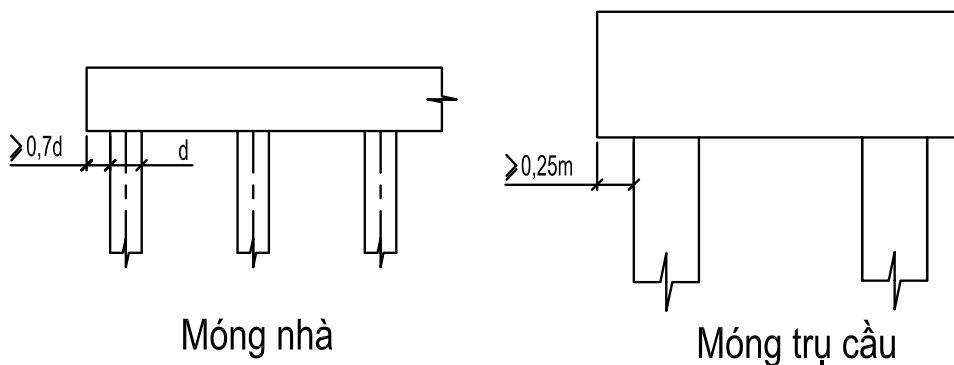
Qua kết quả thí nghiệm cho thấy:

- Khi khoảng cách giữa các cọc đủ xa thì mỗi cọc được xem là làm việc độc lập. Sức chịu tải của nhóm cọc sẽ được tính bằng tổng sức chịu tải của từng cọc.
- Khi khoảng cách giữa các cọc nhỏ thì các cọc sẽ hình thành nhóm cùng làm việc, do đó sức chịu tải của cả nhóm cọc sẽ phụ thuộc vào sức chịu tải của từng cọc (sức chịu tải của mỗi cọc trong nhóm cọc sẽ nhỏ hơn sức chịu tải của cọc đơn), do vậy trong thực tế nên tránh hiện tượng hình thành nhóm cọc.
- Kết quả thử cọc cho thấy: Khi khoảng cách giữa trục các cọc là $a < 3d$ thì sự ảnh hưởng lẫn nhau giữa các cọc là rất lớn. Khi $3d \leq a \leq 6d$ thì sự ảnh hưởng lẫn nhau giữa các cọc là không nhiều nên có thể bỏ qua. Còn khi $a > 6d$ thì sự làm việc của các cọc không ảnh hưởng lẫn nhau và tính toán các cọc như cọc độc lập.

6.6. Bố trí các cọc trong mặt bằng

6.6.1. Các yêu cầu

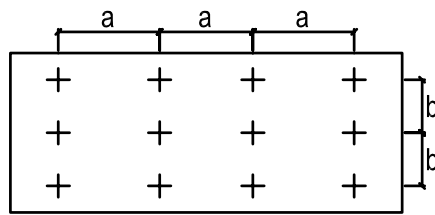
- Khoảng cách giữa các trục cọc đứng $\geq 3d$, cọc nghiêng thì $a \geq 3d$ tại mặt phẳng mũi cọc còn tại mặt phẳng đáy đài $a_{\min} \geq 1,5d$.
- Với móng nhà khoảng cách từ mép đài đến trục hàng cọc ngoài cùng quy định $\geq 0,7d$.
- Với móng trục cầu khoảng cách từ mép đài đến mép ngoài hàng cọc biên $\geq 0,25d$.



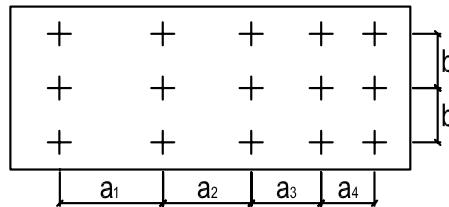
Hình 6.6

6.6.2. Các hình thức bố trí trên mặt bằng

6.6.2.1. Đều

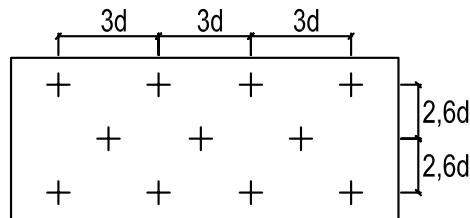


6.6.2.2. Không đều



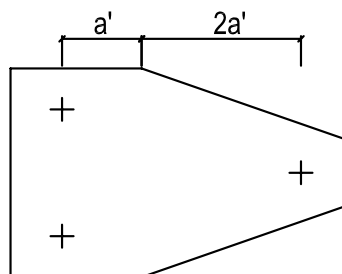
Thường sử dụng với móng chịu tải lệch tâm.

6.6.2.3. Kiểu bàn cờ



Sử dụng khi số cọc nhiều nhưng kích thước bệ lại hạn chế.

6.6.2.4. Khi chỉ có 3 cọc



6.6.3. Bố trí cọc không đều trong móng

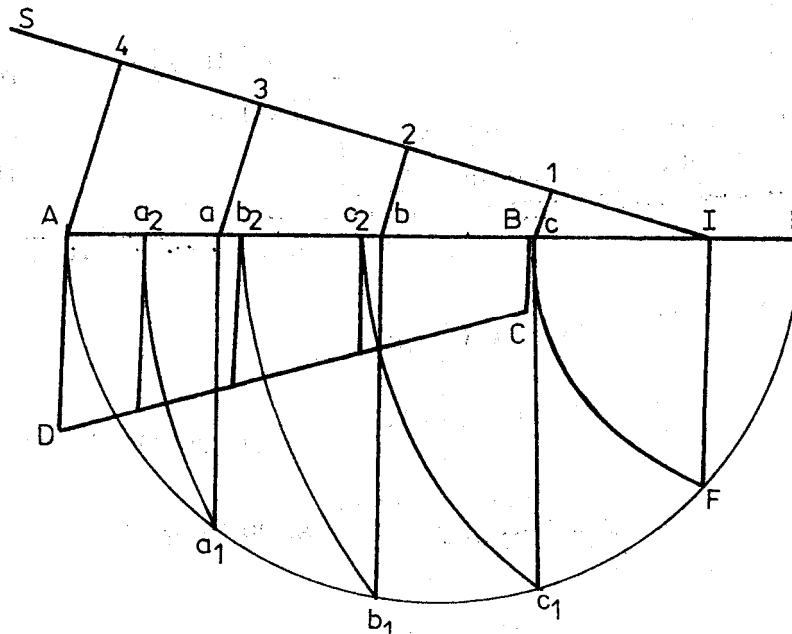
Giả sử trong đài cọc có n cọc được bố trí thành i hàng. Mỗi hàng có $j = \frac{n}{i}$ cọc. Giả sử ở đây ta bố trí cho một đài cọc có $j = 4$ cọc, ta sẽ làm như sau:

- Bước 1: Kéo dài đường nối σ_{\max} , σ_{\min} trên biểu đồ ứng suất tại đế đài đến gặp AB tại E;
- Bước 2: Vẽ nửa đường tròn đường kính AE;
- Bước 3: Lấy E làm tâm, vẽ cung trong bán kính BE cắt nửa đường trong đường kính AE tại F;
- Bước 4: Từ F hạ đường vuông góc với AE cắt AE tại I;

Chương 6. Móng cọc

- Bước 5: Chia AI thành 4 phần bằng nhau (Vẽ đường tròn đường kính AI, trên đường tròn dựng lấy điểm 4, vẽ $IS \perp 4A$. Chia 4A thành 4 phần bằng nhau 43, 32, 21, 11). Từ 3, 2, 1 dóng các đường song song với 4A và cắt 4A tại a, b, c;
- Bước 6: Từ a, b, c, dóng các đường thẳng đứng cắt đường tròn đường kính AB tại a_1, b_1, c_1 ;
- Bước 7: Lấy E làm tâm vẽ các cung tròn bán kính Ea_1, Eb_1, Ec_1 cắt AI tại a_2, b_2, c_2 ;
- Bước 8: Hạ các đường thẳng góc từ a_2, b_2, c_2 xuống CD. Các đường thẳng góc này sẽ chia biểu đồ ứng suất dưới đáy móng thành 4 phần bằng nhau;
- Trục của các cọc sẽ được bố trí trùng với đường đi qua trọng tâm của mỗi hình đã chia.

Chú ý: Khi độ lệch tâm của tải trọng thay đổi phía (VD như hình vẽ). Biểu đồ ứng suất có dạng đa giác ADKVB. Lúc đó bố trí cọc như sau: Lấy 1/2 số cọc trong hàng (j/2) và bố trí số cọc đó trên 1/2 diện tích theo phương pháp vẽ ở trên. Nửa còn lại bố trí đối xứng.



Hình 6.7. Bố trí cọc bằng phương pháp vẽ.

Sau khi bố trí cọc theo phương pháp vẽ cần kiểm tra khoảng cách giữa các cọc. Nếu $a < 3d$ thì phải thay đổi số dãy cọc i hoặc tăng kích thước đài và bố trí lại.

6.7. Cấu tạo và tính toán đài cọc

6.7.1. Cấu tạo đài cọc

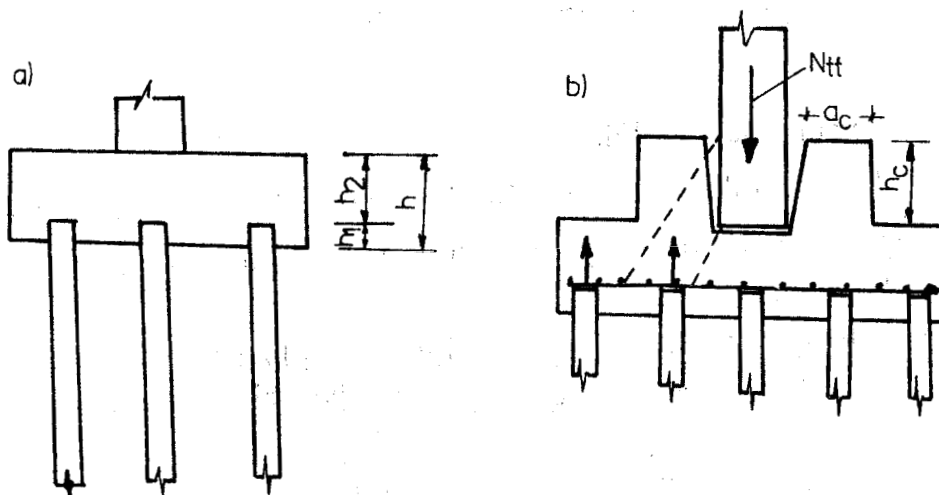
- Đài cọc thường có dạng tấm, liên kết các đầu cọc nhằm tạo điều kiện để các cọc phối hợp cùng làm việc;
- Vật liệu làm đài cọc bằng gỗ, bê tông cốt thép, bê tông...
 - o Gỗ: Các tấm được ghép lại với nhau, thường dùng cho móng tạm (ít dùng);
 - o Bê tông: Mác $100 \div 150$, độ dày nhỏ nhất là 0,6m đối với nhà dân dụng – công nghiệp và nhỏ nhất là 1,5m đối với móng trụ cầu;

Chương 6. Móng cọc

- Bê tông cốt thép: Có độ dày nhỏ, thường sử dụng bê tông $M \geq 200$. Độ sâu đặt đế đài không phụ thuộc vào điều kiện địa chất công trình, địa chất thủy văn mà chỉ phụ thuộc vào đặc điểm công trình.
- Phụ thuộc vào đặc điểm chịu tải, điều kiện địa chất mà cọc được liên kết vào đài theo các hình thức sau:
 - Cọc liên kết khớp với đài: khi cọc chịu tải trọng trung tâm thì cọc được liên kết khớp với đài (ăn sâu vào đài $10 \div 15\text{cm}$) và không cần phá đầu cọc;
 - Cọc được coi là liên kết cứng với đài khi đầu cọc ngàm vào đài một khoảng bằng chiều dài neo cốt thép hoặc ngàm cốt thép trần vào đài bằng 40ϕ với cốt thép trơn và 20ϕ với cốt thép gờ;
 - Với móng cọc dạng băng dưới tường khi chỉ có một hàng cọc thì có thể dùng đài BTCT lắp ghép dưới dạng dầm tường. Lúc đó để liên kết đầu cọc với đài, người ta phá bê tông đầu cọc cho trơ cốt thép ra rồi cắm vào lỗ chừa sẵn trong đài và đổ bê tông để liên kết;
 - Với cọc chịu lực nhỏ thì độ sâu ngàm cốt thép của cọc vào đài được xác định theo tính toán lực nhỏ;
- Cọc ngàm cứng vào đài trong những trường hợp sau:
 - Thân cọc nằm trong đất yếu (cát xốp, đất sét dẻo, đất sét dẻo chảy, bùn, than bùn...);
 - Tại vị trí tiếp xúc lực nén truyền lên cọc với độ lệch tâm vượt ra ngoài phạm vi lõi của tiết diện cọc;
 - Cọc chịu tải trọng ngang;
 - Móng chịu tải trọng động;
 - Móng chịu lực nhỏ;
 - Trong móng có cọc xiên, cọc nặng.

6.7.2. Tính toán đài cọc

6.7.2.1. Đài cọc dưới cột



Hình 6.8. Tính toán đài cọc dưới cột.
a. Dưới cột liền khối; b. Dưới cột lắp ghép.

Chiều dày đài cọc BTCT:

$$h = h_1 + h_2 = h_0 + a \quad (6.27)$$

Trong đó:

h_1 : Độ sâu ngàm cọc vào đất;

h_2 : Chiều dày phần đài cọc được xác định theo điều kiện chọc thủng;

h_0 : Chiều cao làm việc của tiết diện;

a : Chiều dày lớp bảo vệ.

Dài cọc dưới cột được tính toán theo điều kiện chọc thủng, phá hoại theo các vết nứt xiên, tính toán cốt thép.

a. Theo điều kiện chọc thủng

Dưới tác dụng của phản lực các đầu cọc, nếu đài không đủ độ bền thì sẽ xảy ra hiện tượng chọc thủng. Tháp chọc thủng xuất phát từ chân cột, mặt bên hợp với phương thẳng đứng một góc 45° tới cắt mặt phẳng chứa lưới thép ở phía dưới.

Điều kiện chọc thủng:

$$P_{ct} \leq 0,75R_k \cdot h_2 \cdot b_{tb} \quad (6.28)$$

$$h_2 \geq \frac{P_{ct}}{0,75R_k \cdot b_{tb}} \quad (6.29)$$

P_{ct} : Lực chọc thủng;

R_k : Cường độ chịu kéo tính toán của BT, phụ thuộc mác BT và được tra bảng;

Các giá trị còn lại trong công thức lấy như tính toán như trong phần tính toán cấu tạo móng nông theo điều kiện chọc thủng.

b. Tính toán theo điều kiện chịu lực cắt (tính toán theo mặt cắt nghiêng)

Được tính toán cho những chỗ chiều cao đài thay đổi và phải thoả mãn điều kiện:

$$Q \leq R_k \cdot h_0 \cdot b_{tb} \quad (6.30)$$

Q : Lực ngang, bằng tổng phản lực các cọc nằm ngoài phạm vi mặt cắt nghiêng đi qua tiết diện xét.

Nếu đài được để sẵn các cốt phục vụ cho lắp ghép cột thì h_0 được lấy như sau:

Khi $a_c/h_c \geq 0,75$ thì h_0 lấy từ đỉnh đài đến trục cốt thép đáy dưới

Khi $a_c/h_c < 0,75$ thì h_0 lấy từ đáy cốt đến trục cốt thép đáy dưới.

c. Tính toán cốt thép

Khi tính toán cốt thép theo sự uốn người ta quan niệm đài cọc như những dầm conxon ngàm vào các tiết diện đi qua mép cột và bị uốn bởi phản lực các đầu cọc.

Mômen tại ngàm xác định theo công thức:

$$M = \sum_{i=1}^n r_i P_i \quad (6.31)$$

Trong đó:

- n: Số lượng cọc trong phạm vi conxon;
 P_i : Phản lực của đầu cọc thứ i;
 r_i : Khoảng cách từ mặt ngàm đến trục cọc thứ i.

Diện tích tiết diện cốt thép:

$$F_a = \frac{M}{0,9h_o R_a} \quad (6.32)$$

- M: Mômen tại tiết diện đang xét;
 h_o : Chiều cao làm việc của đài tại tiết diện đó;
 R_a : Cường độ tính toán của thép.

6.7.2.2. Tính toán đài cọc dạng băng

Đài cọc dạng băng có bề rộng bằng bề rộng chân tường hoặc tường tầng một nhưng không bé hơn 0,4m.

Xét trường hợp đài cọc cho một hàng cọc, đài cọc đó như một dầm kê trên các cọc và chịu tải trọng do tường truyền xuống. Người ta tính đài trong trường hợp này bằng cách lật ngược coi như dầm trên nền đàn hồi trong đó dầm đàn hồi là tường còn lực tác dụng là phản lực các đầu cọc.

6.8. Tính toán móng cọc và nền theo TTGH

6.8.1. Theo TTGH 1 (theo cường độ và độ ổn định)

Tính toán theo TTGH thứ nhất bao gồm:

- Xác định sức chịu tải của cọc.
- Tính toán độ bền của đài cọc.
- Xác định sức chịu tải, ổn định của nền móng cọc.

Nền của móng cọc cần tính toán theo sức chịu tải (ổn định) trong các trường hợp khi móng cọc nằm trong phạm vi bờ dốc hoặc trên dưới chân dốc; móng cọc thường xuyên chịu tải trọng ngang có trị số lớn như móng tường chắn, nền của móng cọc chống.

Ổn định của nền móng cọc chống được kiểm tra theo sơ đồ trượt đối xứng của riêng từng cọc.

Sức chịu tải trọng đứng của nền cọc ma sát bao gồm sức chịu tải của đất nền dưới mũi cọc và sức chịu do ma sát:

$$N_{gh} = R_{gh} \cdot F_d + U_d \sum_{i=1}^n f_i \cdot l_i \quad (6.33)$$

- R_{gh} : áp lực giới hạn xuống nền;
 F_d : Diện tích đế đài;
 U_d : Chu vi đế đài;
 f_i : Cường độ tính toán chống cắt của mỗi lớp đất, có thể lấy bằng cường độ tính toán giữa mặt xung quanh cọc và đất bao quanh;
 l_i : Chiều dày lớp đất thứ I;

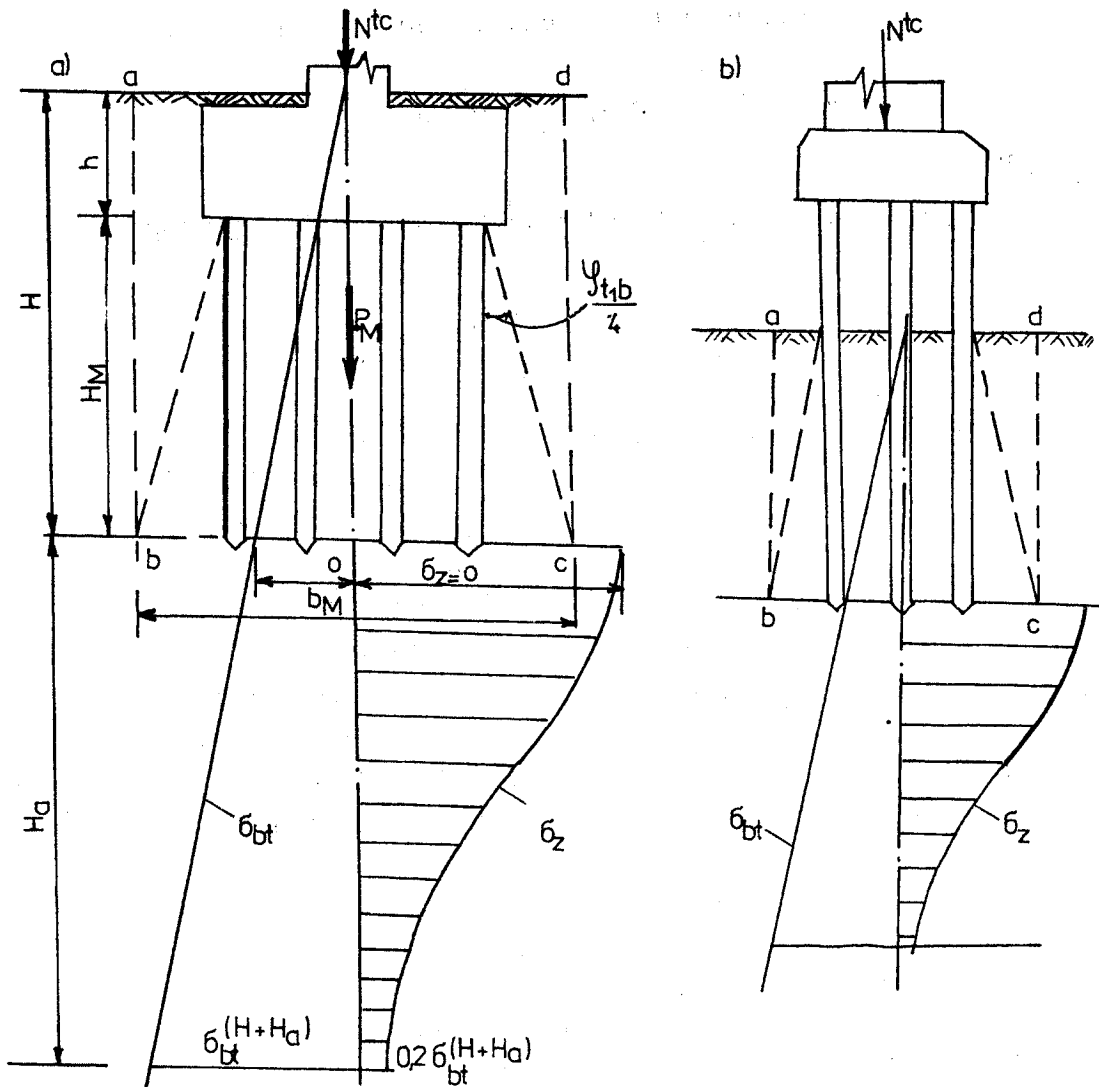
n : Số lượng lớp đất trong phạm vi chiều dài cọc.

Khi dùng phương pháp mặt trượt trụ tròn để đánh giá ổn định của nền móng cọc ma sát thì cách tính toán như đã trình bày ở phần trước nhưng các mặt trượt có thể cắt thân cọc ở vị trí bất kỳ và lúc đó các cọc sẽ góp phần cản lại sự trượt.

6.8.2. Theo TTGH thứ 2 (biến dạng – lún)

Theo TTGH thứ 2 người ta tính độ lún của nền và chuyển vị ngang của công trình do đất bị biến dạng gây nên. Trường hợp tính độ lún chỉ cần tính toán với móng cọc ma sát còn nền móng cọc chống thì biến dạng ít nên không vượt quá giới hạn cho phép nên không phải tính.

Khi tính toán móng cọc theo TTGH thứ 2 người ta dùng tải trọng tiêu chuẩn và quan niệm móng cọc và đất như móng quy ước (khối có mặt cắt $abcd$ trên hình 6.9) và coi nó như móng nông trên nền thiên nhiên. Độ lún của móng trong trường hợp này là do nền dưới đáy khối quy ước gây ra còn biến dạng của bản thân các cọc được bỏ qua.



Hình 6.9. Sơ đồ tính lún của cọc ma sát.
a. Cọc dài thấp; b. Cọc dài cao.

Để có thể tính toán độ lún của nền móng cọc theo nguyên lý biến dạng tuyến tính phải đảm bảo điều kiện áp lực xuống nền dưới khối quy định do tải trọng công trình và

trọng lượng của khối quy ước gây ra không vượt quá cường độ tính toán của nền dưới khối quy ước.

$$p^{tc} = \frac{N_0^{tc} + N_M^{tc}}{F_M} \leq R_M \quad (6.34)$$

N_0^{tc} : Lực dọc tiêu chuẩn xác định đến đỉnh móng;

N_M^{tc} : Trọng lượng của khối móng quy ước;

F_M : Diện tích đáy khối quy ước;

R_M : Cường độ tính toán của đất dưới đáy móng quy ước

$$R_M = \frac{m_1 m_2}{K_{tc}} (A \cdot b_M \cdot \gamma_{II} + B \cdot H \cdot \gamma_{II} + D \cdot c_{II}) \quad (6.35)$$

b_M và H như trong hình vẽ.

Khi móng cọc chịu tải trọng lệch tâm thì:

$$p_{tb}^{tc} \leq R_M$$

$$p_{\max}^{tc} \leq 1.2 R_M$$

Áp lực gây lún tại đáy khối quy ước:

$$\sigma_{z=0}^{tc} = p^{tc} - \sum_{i=1}^{n'} \gamma_i \cdot h_i = \frac{N_0^{tc} + N_M^{tc}}{F_M} - \sum_{i=1}^{n'} \gamma_i \cdot h_i \quad (6.36)$$

n' : Số lượng lớp đất trong phạm vi từ mũi cọc trở lên

Độ lún của nền móng cọc là độ lún của khối quy ước được tính theo công thức tính lún cho móng trên nền thiên nhiên theo sơ đồ nền là nửa không gian hay nền là lớp có chiều dày hữu hạn trên đá cứng tùy từng trường hợp cụ thể.

Tính toán theo TTGH thứ 2 cần kiểm tra điều kiện:

- Đối với nhà khung: $S \leq S_{gh}$; $\Delta S \leq \Delta S_{gh}$;
- Đối với nhà tường chịu lực: $S_{tb} \leq S_{tbgh}$; $\Delta S \leq \Delta S_{gh}$;
- Đối với công trình cao cứng: $S_{tb} \leq S_{tbgh}$; $i \leq i_{gh}$.

6.9. Thiết kế móng cọc

6.9.1. Trình tự thiết kế

- 1) Đánh giá điều kiện địa chất công trình, địa chất thủy văn;
- 2) Xác định tải trọng tác dụng xuống móng, tìm các tổ hợp tải trọng bất lợi;
- 3) Chọn độ sâu đặt đế đài;
- 4) Chọn loại cọc, chiều dài và kích thước tiết diện;
- 5) Xác định sức chịu tải của cọc theo vật liệu làm cọc và theo đất nền;
- 6) Xác định số lượng cọc trong móng;
- 7) Tính toán nền theo TTGH thứ nhất nếu cần;

- 8) Tính toán nền theo biến dạng;
- 9) Tính toán và cấu tạo đài cọc.

Khi tiến hành thiết kế nền móng ta phải xác định vị trí của móng cần thiết kế trong mặt bằng khu đất và cột địa tầng ngay dưới móng đó. Điều này đặc biệt quan trọng khi các lớp đất có chiều dày thay đổi trong mặt bằng.

Trong trình tự thiết kế móng cọc ở trên trừ bước thứ 6 còn lại các bước đều đã được đề cập, như vậy ta cần đi xác định số lượng cọc trong móng.

6.9.2. Xác định số lượng cọc trong móng và bố trí

6.9.2.1 Móng cọc chịu tải trọng trung tâm

Móng cọc chịu tải trọng trung tâm là móng cọc có tổng hợp các lực đi qua trọng tâm diện tích tiết diện các cọc tại mặt phẳng đế đài.

Để hạn chế ảnh hưởng lẫn nhau giữa các cọc, khoảng cách giữa các cọc phải đảm bảo $> 3d$. Như vậy nếu thay tác dụng của phản lực đầu cọc lên đế đài bằng tác dụng của áp lực phản lực lên đáy đài thì áp lực đó được xác định theo công thức:

$$p'' = \frac{P}{(3d)^2} \quad (6.37)$$

P: Sức chịu tải của cọc, lấy giá trị nhỏ hơn trong các giá trị sức chịu tải theo độ bền của vật liệu và cường độ đất nền (P_v, P_d)

Diện tích sơ bộ của đế đài:

$$F_d = \frac{N_0''}{p'' - n\gamma_{tb}.h} \quad (6.38)$$

N_0'' : Tải trọng tính toán xác định đến đỉnh đài;

γ_{tb} : Trọng lượng thể tích bình quân của đài và đất trên đài có thể lấy $\gamma_{tb} = 20 \div 22 \text{KN/m}^3$;

n: Hệ số vượt tải $n = 1,1$;

h: Chiều sâu chôn đế đài.

Trọng lượng sơ bộ của đài cọc và đất trên các bậc đài:

$$N_d'' = n.F_d.h.\gamma_{tb} \quad (6.39)$$

Số lượng cọc trong móng:

$$n_c = \frac{N_0'' + N_d''}{P} \quad (6.40)$$

Số lượng cọc tính được cần làm tròn số sao cho việc bố trí và đóng cọc được dễ dàng.

Sau khi bố trí cọc và cấu tạo đài, ta có được diện tích đế đài thực tế: F'_d

Trọng lượng thực tế của đài cọc và đất trên các bậc đài:

$$N_d' = n.F_d'.h.\gamma_{tb}$$

Lực truyền xuống mỗi cọc trong móng xác định theo công thức:

$$P_u = \frac{N_0'' + N_d'}{n_c} \quad (6.41)$$

Và phải thỏa mãn điều kiện: $P^{tt} + P_c \leq P_v$

$P^{tt} + P_c \leq P_d/K_d$ khi lấy theo kết quả thí nghiệm trong phòng, còn khi lấy theo kết quả xuyên tĩnh thì: $P^{tt} + P_c \leq P_x$

P_v : Sức chịu tải của cọc theo độ bền của vật liệu;

P_c : Trị tính toán của trọng lượng cọc;

P_x : Tải trọng cho phép tác dụng xuống cọc khi tính theo kết quả xuyên;

P_d : Sức chịu tải của cọc theo cường độ đất nền;

K_d : Hệ số tin cậy, được lấy như sau:

- $K_d = 1,4$ nếu sức chịu tải của cọc được xác định theo tính toán hoặc theo kết quả thử tải trọng động không kể đến biến dạng đàn hồi của đất.
- Đối với móng trụ cầu đài cao thì lấy theo số cọc trong móng:
 - $K_d = 1,4$ khi số cọc ≥ 21 ;
 - $K_d = 1,6$ khi số cọc: $11 \div 20$;
 - $K_d = 1,65$ khi số cọc: $6 \div 10$;
 - $K_d = 1,75$ khi số cọc $1 \div 5$.

Hiện nay, trong tính toán móng cọc người ta không kể đến phần tải trọng do đế đài truyền xuống. Kết quả nghiên cứu cho thấy khi kích thước móng càng lớn so với chiều dày của tầng chịu nén thì áp lực truyền qua đế đài càng lớn và có khi đạt đến 35%. Ngoài ra, phần tải trọng truyền qua đế đài còn phụ thuộc các yếu tố như: loại đất và trạng thái của các lớp đất quanh cọc và dưới chân cọc, mức độ lún của móng cọc.

6.9.2.2. Móng cọc chịu tải trọng lệch tâm

Móng cọc chịu tải trọng lệch tâm là móng có tổng hợp lực không đi qua trọng tâm diện tích tiết diện các cọc tại mặt phẳng đế đài.

Trình tự thiết kế móng này cũng giống như móng chịu tải trọng đúng tâm. Để kể đến ảnh hưởng của mômen ta có thể dùng các biện pháp sau:

1. Tăng số lượng cọc bằng cách nhân số cọc tìm được khi tính cho móng chịu tải trọng trung tâm với hệ số $1,1 \div 1,3$, trong đó trị lớn lấy cho trường hợp mômen lớn, sau đó bố trí theo mạng đều nhau (biện pháp này thuận tiện trong thi công và được dùng khi độ lệch tâm e thay đổi nhưng lãng phí);
2. Số lượng cọc được lấy không kể đến ảnh hưởng của độ lệch tâm, cọc được bố trí theo mạng không đều sao cho lực truyền xuống mỗi cọc bằng nhau;
3. Số lượng cọc được lấy không kể đến ảnh hưởng của độ lệch tâm, đài và các cọc được dịch đi một khoảng bằng độ lệch tâm $e = M/N$ và các cọc được bố trí theo mạng đều nhau (chỉ dùng khi điều kiện thực tế cho phép).

Các biện pháp 2, 3 kinh tế hơn, dùng khi e không đổi.

Để xác định lực max tác dụng xuống cọc biên, trước hết phải xác định trọng tâm diện tích tiết diện các cọc, khoảng cách từ trọng tâm đến các dãy cọc ngoài cùng, sau đó

Chương 6. Móng cọc

xác định mômen do các tải trọng tính toán gây ra so với các trục đi qua trọng tâm để đài và nằm trong mặt phẳng để đài.

Khoảng cách từ trọng tâm đến trục dãn cọc ngoài cùng xác định bằng tỉ số giữa mômen tĩnh S của diện tích tiết diện các cọc tương ứng với trục dãn cọc ngoài cùng với tổng diện tích tiết diện các cọc.

Mômen tĩnh của tiết diện:

$$\begin{aligned} S_x &= \int_F y dF = \sum_{i=1}^n F_i y_i = F y_c \\ S_y &= \int_F x dF = \sum_{i=1}^n F_i x_i = F x_c \end{aligned} \quad (6.42)$$

Toạ độ trọng tâm diện tích tiết diện:

$$\begin{aligned} x_c &= \frac{S_y}{F} = \frac{\sum_{i=1}^n F_i x_i}{F} = F y_c \\ y_c &= \frac{S_x}{F} = \frac{\sum_{i=1}^n F_i y_i}{F} \end{aligned} \quad (6.43)$$

- Số lượng cọc tính toán trong móng (tính như móng chịu tải trọng đúng tâm) n_c
- Nhân thêm vào n_c một hệ số K
- Bố trí cọc \Rightarrow Diện tích thực của đáy đài F_d :
- Trọng lượng thực của đài và đất lấp: $N_d^t = n \cdot F_d \cdot h \cdot \gamma_t$
- Tính toán nội lực tác dụng lên một cọc thứ i :

$$\begin{aligned} \frac{N_i^u}{F_{ci}} &= \frac{N^u}{n_c F_{ci}} + \frac{M}{J} \cdot y_i \\ J &= \sum_{i=1}^n J_i = J_c + F_c \sum_{i=1}^n y_i^2 \approx F_c \sum_{i=1}^n y_i^2 \end{aligned} \quad (6.44)$$

J_c : Mômen quán tính của tiết diện cọc tương ứng với trục của tiết diện nó rất nhỏ nên có thể bỏ qua.

n_c : Số lượng cọc trong móng

y_i : Khoảng cách từ trục cọc đến trục đi qua trọng tâm diện tích để đài vuông góc với mặt phẳng tác dụng của mômen.

Vậy lực lớn nhất tác dụng lên 1 cọc:

$$\frac{N_i^u}{F_c} = \frac{N^u}{n_c F_c} + \frac{M}{F_c \sum_{i=1}^n y_i^2} \cdot y_i \quad (6.45)$$

$$N_{\max}^u = \frac{N^u}{n_c} \pm \frac{M \cdot y_{\max}}{\sum_{i=1}^n y_i^2} \quad (6.46)$$

Nếu lực tác dụng lệch tâm theo cả 2 trục thì:

$$N_{\max}^{\prime\prime} = \frac{N^{\prime\prime}}{n_c} \pm \frac{M_x \cdot y_{\max}}{\sum_{i=1}^n y_i^2} \pm \frac{M_y \cdot x_{\max}}{\sum_{i=1}^n x_i^2} \quad (6.47)$$

- Kiểm tra SCT:

$$\begin{aligned} P_{\max}^{\prime\prime} + P_c &\leq P_v \\ P_{\max}^{\prime\prime} + P_c &\leq \frac{P_d}{K_d} \\ P_{\max}^{\prime\prime} + P_c &\leq P_x \end{aligned} \quad (6.48)$$

6.10. Tính toán móng cọc đài cao

Móng cọc đài cao theo quan điểm tĩnh hoặc có thể coi là một khung không gian gồm các cọc đứng và xiên ngàm đàn hồi vào đất và ngàm cứng hoặc mềm với đài cọc. Móng cọc này được tăng cường độ cứng bằng dùng các cọc xiên.

6.10.1. Các giả thiết

- Sự ngàm của cọc không phụ thuộc vào trị số nội lực trong cọc và không phụ thuộc loại cọc, coi như trong đất có 2 loại liên kết cứng độc lập với nhau: liên kết gối cứng chống lại chuyển vị dọc và liên kết ngàm trượt cản trở lại chuyển vị xoay của cọc. Liên kết cọc vào đài là liên kết ngàm;
- Khi tính toán móng cọc đài cao, quy hệ không gian về hệ phẳng bằng cách chia hệ không gian thành các hệ phẳng theo nguyên tắc chia đôi tính trung bình.

6.10.2. Tính toán

Kiểm tra điều kiện : $u \leq u_{gh}$; $v \leq v_{gh}$; $\omega \leq \omega_{gh}$, $N \leq (P_v; P_d)$

Xét một khung phẳng, đài cứng, nền cọc bố trí đối xứng:

- Do đài cọc là cứng nên không có biến dạng mà chỉ có chuyển vị là u, v, ω (z_1, z_2, z_3);
- Theo phương pháp chuyển vị thì cần thêm 3 liên kết vào hệ cơ bản để ngăn cản các chuyển vị trên của đài cọc;
- Hệ phương trình chính tắc theo phương pháp chuyển vị:

$$\begin{aligned} r_{11}z_1 + r_{12}z_2 + r_{13}z_3 + R_{1p} &= 0 \\ r_{21}z_1 + r_{22}z_2 + r_{23}z_3 + R_{2p} &= 0 \\ r_{31}z_1 + r_{32}z_2 + r_{33}z_3 + R_{3p} &= 0 \end{aligned} \quad (6.49)$$

Xét tính đối xứng và thay kí hiệu u, v, ω cho z_1, z_2, z_3 ta có:

$$\begin{aligned} r_{uu}u + r_{u\omega}\omega &= H \\ r_{vv}v &= N \\ r_{ou}u + r_{o\omega}\omega &= M \end{aligned} \quad (6.50)$$

Trong đó:

H, N, M: Tổng các lực ngang, lực đứng và mômen của các lực lấy đối với trọng tâm đáy đài;

r_{uu} , $r_{u\omega}$, r_{vv} , r_{ou} , $r_{\omega\omega}$: Các phản lực đơn vị tại các liên kết thêm vào để cản trở các chuyển vị của đài cọc được xác định theo công thức:

$$\begin{aligned} r_{uu} &= EJ \left(\frac{F}{J} \sum_1^n \frac{\sin^2 \alpha_i}{L_i} + 12 \sum_1^n \frac{\cos^2 \alpha_i}{l_i^3} \right) \\ r_{\omega\omega} &= EJ \left(\frac{F}{J} \sum_1^n x_i \frac{\cos \alpha_i \sin \alpha_i}{L_i} - 6 \sum_1^n \frac{\cos \alpha_i}{l_i^3} \right) \\ r_{ou} &= r_{u\omega} = EJ \left(\frac{F}{J} \sum_1^n x_i^2 \frac{\cos^2 \alpha_i}{L_i} + 4 \sum_1^n \frac{1}{l_i} \right) \\ r_{vv} &= EJ \cdot \frac{F}{J} \sum_1^n \frac{\cos^2 \alpha_i}{L_i} \end{aligned} \quad (6.51)$$

Trong đó:

F: Diện tích tiết diện ngang của cọc;

J: Mômen quán tính của tiết diện cọc;

α_i : Góc nghiêng của cọc so với phương thẳng đứng;

n: Số lượng cọc trong sơ đồ tính;

L_i : Khoảng cách từ đáy đài đến chỗ chốt chống chuyển vị dọc;

l_i : Khoảng cách từ đáy đài đến chỗ ngàm chống chuyển vị quay

$l_i = l_{oi} + 6d$ với l_o : Chiều dài tự do của cọc;

x_i : Tọa độ tìm cọc tại cao trình đáy đài.

Thay các hệ số vào hệ phương trình và giải hệ ta được các chuyển vị của đài cọc:

$$\begin{aligned} u &= \frac{r_{\omega\omega} - qr_{u\omega}}{r_{uu}r_{\omega\omega} - r_{u\omega}^2} H \\ v &= \frac{N}{r_{vv}} \\ \omega &= \frac{qr_{uu} - r_{u\omega}}{r_{uu}r_{\omega\omega} - r_{u\omega}^2} H \\ q &= \frac{M}{H} \end{aligned} \quad (6.52)$$

Nội lực trong cọc:

$$N_i = \frac{EF}{L_i} (u \sin \alpha_i + v \cos \alpha_i + \omega x_i \cos \alpha_i) \quad (6.53)$$

Mômen tại vị trí ngàm cọc vào đài:

$$N_{Bi} = EJ \left[\frac{6}{l_i^2} (u \cos \alpha_i - v \sin \alpha_i - \omega x_i \sin \alpha_i) - \frac{4\omega}{l_i} \right] \quad (6.54)$$

Mômen tại vị trí ngàm cọc vào đất:

$$N_{Hi} = N_{Bi} + \frac{2\omega}{l_i} \quad (6.55)$$

6.11. Tính toán móng cọc đài thấp

Khi đáy đài cọc được đặt dưới mặt đất tự nhiên thì móng cọc được coi là móng cọc đài thấp. Tuy nhiên khi tính toán móng cọc thì việc phân loại móng cọc đài cao hay thấp lại phải dựa vào chiều cao đất lấp xung quanh bệ:

$$h_{gh} = \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right) \times \sqrt{\frac{\sum H_x}{\gamma \times a}} \quad (6.56)$$

Trong đó

f: Góc ma sát trong của đất lấp;

g: Trọng lượng đơn vị của đất lấp;

a: Chiều rộng của bệ theo hướng vuông góc với lực ngang H_x .

Khi chiều cao của lớp đất lấp $h \geq h_{gh}$ thì đó là móng cọc đài thấp. Sở dĩ có điều kiện này là do giả thiết rằng: Khi lớp đất lấp đối diện hướng tải trọng ngang có chiều dày lớn hơn h_{gh} thì khối đất đó đủ khả năng chịu toàn bộ tải trọng ngang do lực H_x gây ra, nhờ đó nội lực tại chỗ đầu cọc chỉ có thành phần lực thẳng đứng.

Trong trường hợp ngược lại khi $h_{gh} \geq h$ thì móng cọc được coi là móng đài cao. Khi đó móng cọc được tính toán như một khung ngang phẳng có bệ tuyệt đối cứng trên nền cọc.

6.11.1. Chọn kích thước của đài cọc và cọc

Hình dáng và kích thước sơ bộ của đài cọc phụ thuộc vào vào hình dạng và kích thước của đáy công trình. Hình dạng và kích thước cuối cùng của đài cọc được quyết định khi kết hợp với số lượng cọc và việc bố trí cọc trên mặt bằng.

Việc chọn các thông số của cọc phụ thuộc vào yêu cầu chịu tải, tình hình địa chất công trình và địa chất thủy văn nơi xây dựng công trình. Trong những trường hợp nhất định có thể tham khảo các kết luận sau:

- Khi tầng đá gốc không sâu quá, các lớp đất trên tương đối yếu thường đóng cọc đến tầng đá. Lúc này nên chọn cọc có tiết diện ngang lớn để giảm số lượng cọc.
- Đối với khu vực địa chất bất buộc phải bố trí cọc ma sát thì cố gắng chọn loại cọc có kích thước mặt cắt ngang và chiều dài sao cho sức chịu tải theo vật liệu của cọc xấp xỉ sức chịu tải theo đất nền. Việc thiết kế cọc thường được tiến hành theo trình tự sau:
 - Chọn kích thước mặt cắt ngang và chiều dài cọc rồi tiến hành tính toán sức chịu tải tương ứng của cọc theo một trong các phương pháp đã nêu trên.
 - Tiến hành đóng cọc thử tại những vị trí đặc trưng của công trình đến cao trình thiết kế. Dùng phương pháp thí nghiệm để xác định chính xác lại chiều dài cần có của cọc.
 - Chế tạo cọc đại trà theo kích thước đã xác định được.

6.11.2. Xác định số lượng cọc và bố trí cọc trong móng

Số lượng cọc có thể được xác định sơ bộ theo công thức sau:

$$n = \beta \frac{N}{P}$$

Trong đó

n: Số lượng cọc trong móng

N: Tổng các lực thẳng đứng tác dụng lên nền cọc.

P: Sức chịu tải tính toán của cọc

β : Hệ số kinh nghiệm kể đến ảnh hưởng của tải trọng ngang và moment, thường lấy bằng 1.0 - 1.5.

Trên mặt bằng có thể bố trí cọc đều hoặc không đều tùy thuộc vào tình hình chịu tải của móng. Trong trường hợp cần thiết thì việc bố trí cọc không đều phải căn cứ vào biểu đồ ứng suất đáy đài cọc. Việc bố trí cọc cần tuân theo các điều kiện sau:

- Khoảng cách giữa hai trục cọc ở mặt phẳng đáy đài không nhỏ hơn 1.5d.
- Khoảng cách giữa hai trục cọc ở mặt phẳng mũi cọc không nhỏ hơn 3d.

6.11.3. Tính toán kiểm tra móng cọc đài thấp

Việc tính toán, kiểm tra móng cọc đài thấp được tiến hành theo 3 trạng thái:

- Tính toán móng cọc theo trạng thái giới hạn thứ nhất: Kiểm tra tải trọng tác dụng lên cọc, kiểm tra sức chịu tải của đất nền tại mũi cọc.
- Tính toán móng cọc theo trạng thái giới hạn thứ hai: Kiểm tra độ lún của cọc.
- Tính toán móng cọc theo trạng thái giới hạn thứ 3: Tính toán cọc trong quá trình khai thác, vận chuyển và treo cọc lên giá búa. Tính toán, kiểm tra đài cọc.

Khi một trong ba điều kiện nêu trên không thoả mãn thì phải tiến hành lựa chọn lại các thông số của móng cọc và tính toán lại từ đầu đến khi thoả mãn tất cả mới thôi.

4.4.3.1. Kiểm tra tải trọng tác dụng lên cọc

a. Trường hợp móng chỉ có cọc thẳng đứng

Nếu móng chỉ có tải trọng thẳng đứng thì không phải kiểm tra lại.

Khi móng cọc chịu tải trọng lệch tâm thì có một số cọc chịu tải trọng lớn hơn cọc khác trong khi có cọc lại chịu kéo. Khi đó tốt nhất là ta bố trí sao cho tất cả các cọc đều chịu nén. Tải trọng lớn nhất và nhỏ nhất tác dụng lên cọc trong móng được xác định theo công thức sau:

$$P_0^{\max/\min} = \frac{N}{n} \pm \frac{M \cdot X_{\max}^{n/k}}{\sum_{i=1}^n X_i^2}$$

Trong đó

$P_0^{\max/\min}$: Là tải trọng nén/kéo lớn nhất tác dụng lên cọc trong móng.

N: Tổng các lực đứng tác dụng lên nền cọc.

Chương 6. Móng cọc

Sau khi đã coi móng cọc như móng khối quy ước thì việc kiểm tra cường độ nền giống hết móng nông trên nền thiên nhiên

6.11.3.3. Kiểm tra độ lún của móng cọc

Khi khoảng cách giữa các cọc nhỏ hơn $4d$, để tính toán độ lún người ta cũng coi móng cọc là móng khối quy ước giống như tính toán cường độ đất nền. Sau đó việc tính lún cho móng cọc giống hết móng nông.

6.11.3.4. Kiểm tra cường độ của cọc khi vận chuyển và cầu lên giá búa

Khi vận chuyển và cầu cọc lên giá búa để đóng cọc thì nó chịu tải trọng như hình vẽ:

Trong hai sơ đồ này muốn đảm bảo điều kiện chịu lực tốt nhất thì ta bố trí móc cầu sao cho moment âm lớn nhất bằng moment dương lớn nhất. Từ điều kiện này ta tính được $a = 0.207l$ và $b = 0.294l$

6.11.3.5. Tính toán đài cọc

a. Tính toán đài cọc dưới cột hoặc trụ

Tính toán chọc thủng

Chiều cao làm việc tổng cộng của đài cọc được xác định theo điều kiện sau:

Khi $b \leq a_k + 2h_0$ thì

$$P_{mp} \leq (a_k + b)h_0k.R_p$$

Khi $b > a_k + 2h_0$ thì

$$P_{mp} \leq (a_k + h_0)bk.R_p$$

Trong đó:

b : Cạnh của đài cọc song song với lăng thể chọc thủng.

a_k : Cạnh của cột hoặc trụ song song với lăng thể chọc thủng.

P_{mp} : Tổng nội lực ở đỉnh các cọc nằm giữa mép đài với lăng thể chọc thủng.

h_0 : Chiều cao tổng cộng của đài cọc.

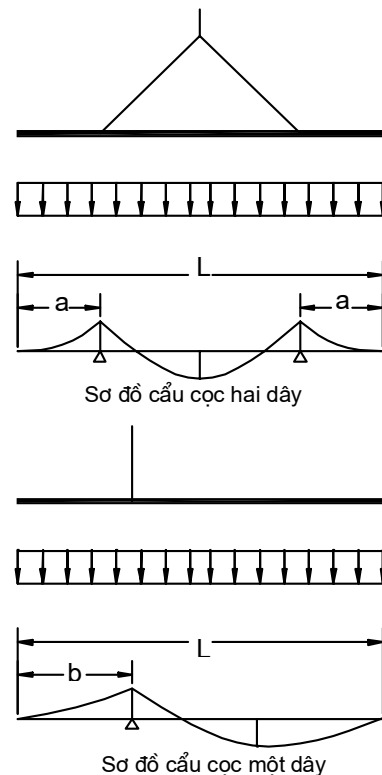
c : Khoảng cách từ mép trụ hoặc cột đến mép hàng cọc đang xét.

k : Hệ số phụ thuộc vào tỷ số c/h_0 có giá trị tra trong bảng 6.11

R_p : Sức chịu kéo tính toán của BT.

Tính toán chịu uốn

Việc tính toán đài cọc chịu uốn được tiến hành theo trị số moment tại các tiết diện thẳng đứng của đài ở mép cột và tại các vị trí đài có chiều cao thay đổi. Tiết diện của cốt thép trên toàn bộ chiều rộng của đài được tính toán theo công thức sau:



$$F_{ct} = \frac{M}{0.9h_o.R_{ct}}$$

Trong đó:

F_{ct} : Diện tích tiết diện cốt thép;

M : Trị số moment uốn tại tiết diện đang xét;

h_o : Chiều cao làm việc của đài tại tiết diện đang xét;

R_{ct} : Cường độ chịu kéo tính toán của cốt thép.

Chương 6. Móng cọc	6-11
6.1. Khái niệm	6-11
6.2. Phân loại và cấu tạo cọc	6-22
6.3. Xác định sức chịu tải của cọc đơn theo phương dọc trục cọc	6-66
6.4. Tính toán cọc chịu tác dụng đồng thời của lực thẳng đứng, lực ngang và mômen	6-1212
6.5. Sự phối hợp làm việc của nhóm cọc	6-1818
6.6. Bố trí các cọc trong mặt bằng	6-1818
6.7. Cấu tạo và tính toán đài cọc	6-2020
6.8. Tính toán móng cọc và nền theo TTGH	6-2323
6.9. Thiết kế móng cọc	6-2525
6.10. Tính toán móng cọc đài cao	6-2929
6.11. Tính toán móng cọc đài thấp	6-3131