

Chương 2: TÍNH TOÁN THIẾT KẾ MÓNG BẰNG

2.1. Tải trọng tác dụng

Theo TCVN 2737-1995, tải trọng được chia thành tải trọng thường xuyên và tải trọng tạm thời (dài hạn, ngắn hạn và đặc biệt) tùy theo thời gian tác dụng của chúng.

- Tải trọng thường xuyên là các tải trọng tác dụng không biến đổi trong quá trình xây dựng và sử dụng công trình: trọng lượng bản thân móng, trọng lượng phần công trình phía trên truyền xuống móng...
- Tải trọng tạm thời là các tải trọng có thể không có trong một giai đoạn nào đó trong quá trình xây dựng và sử dụng: tải trọng sàn do thiết bị, vách ngăn truyền xuống, tải trọng gió truyền xuống, tải trọng do đất đắp...
- Tải trọng đặc biệt: tải trọng động đất, tải trọng do nổ, tác động của biến dạng nền gây ra do thay đổi cấu trúc đất (sụt lở, lún ướt), tác động do biến dạng của mặt đất ở vùng có nứt đất, có ảnh hưởng của vùng khai thác mỏ và có hiện tượng caster.

Tổ hợp tải trọng:

- Tổ hợp tải trọng cơ bản 1: $\{1 \times \text{tải trọng thường xuyên} + 1 \times \text{tải trọng tạm thời}\}$ đối với trường hợp có một tải trọng tạm thời.
- Tổ hợp tải trọng cơ bản 2: $\{1 \times \text{tải trọng thường xuyên} + \sum(0,9 \times \text{tải trọng tạm thời } i)\}$ đối với trường hợp có từ 2 tải trọng tạm thời trở lên.
- Tổ hợp tải trọng đặc biệt 1: $\{1 \times \text{tải trọng thường xuyên} + 1 \times \text{tải trọng đặc biệt} + 1 \times \text{tải trọng tạm thời}\}$ đối với trường hợp có một tải trọng tạm thời.
- Tổ hợp tải trọng đặc biệt 2: $\{1 \times \text{tải trọng thường xuyên} + 1 \times \text{tải trọng đặc biệt} + \sum(0,95 \times \text{tải trọng tạm thời dài hạn} + 0,8 \times \text{tải trọng tạm thời ngắn hạn})\}$ đối với trường hợp có từ hai tải trọng tạm thời trở lên.

Mục đích tính nền và móng theo sức chịu tải (TTGH I) là đảm bảo độ bền và tính ổn định của nền và móng, không cho phép móng trượt và lật.

- Đảm bảo sức chịu tải của nền đất.
- Đảm bảo khả năng chống xuyên thủng của móng.

- Tính cốt thép đảm bảo móng không bị phá hoại uốn, cắt.

Mục đích tính nền, móng và công trình theo biến dạng (TTGH II): hạn chế biến dạng của nền, móng và kết cấu trên móng, không cản trở việc sử dụng bình thường của nhà và công trình nói chung hay của từng kết cấu nói riêng, không làm giảm tính bền vững lâu dài của chúng do sự xuất hiện của các chuyển vị không cho phép (độ lún, nghiêng, thay đổi cao độ thiết kế...).

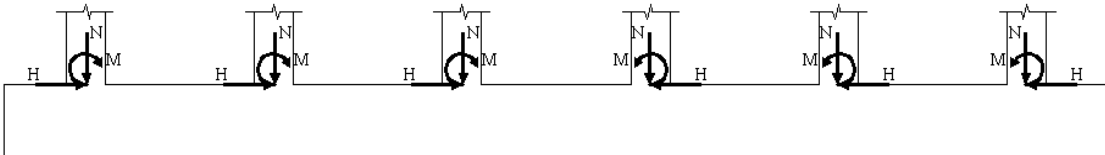
- Đảm bảo ổn định đất nền dưới đáy móng.
- Độ lún của móng không vượt quá giới hạn cho phép.

Đối với TTGH I, tải trọng sử dụng để tính toán thiết kế móng là tải trọng tính toán. Đối với TTGH II, tải trọng sử dụng là tải trọng tiêu chuẩn.

Khi tính toán nền móng phải tiến hành với các tổ hợp bất lợi nhất cho biến dạng của công trình và ổn định của toàn nền.

Trong các tổ hợp tải trọng tác dụng lên cột thứ i $\left\{ \begin{matrix} N_i'' \\ M_i'' \\ H_i'' \end{matrix} \right\}$ ta chọn tổ hợp có tổng lực

dọc ở các chân cột truyền xuống móng là lớn nhất ($\sum N_{i_{max}}$) để thiết kế móng băng. Sau đó phải kiểm tra lại với các tổ hợp nội lực khác. Nguyên tắc là móng phải thỏa với tất cả các tổ hợp nội lực.



2.2. Địa chất

Tiến hành thống kê địa chất (xem chương 1).

Chọn các chỉ tiêu cần thiết để tính toán thiết kế móng băng.

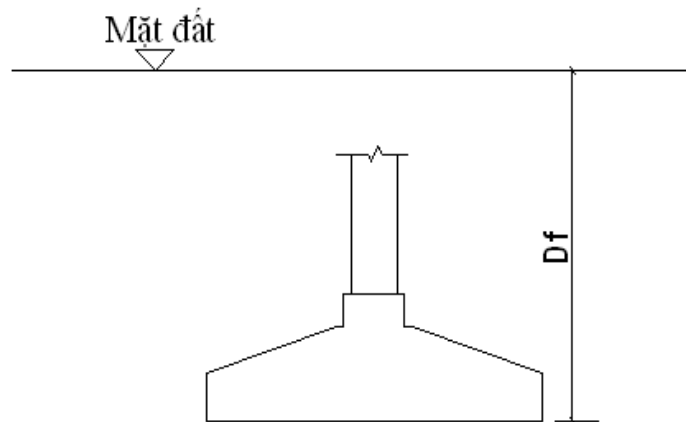
2.3. Chọn kích thước sơ bộ

2.3.1. Chọn chiều sâu đặt móng

Chọn chiều sâu đặt móng dựa theo một số tiêu chí sau:

- Chức năng và đặc điểm kết cấu của công trình (tầng hầm, ống ngầm, móng thiết bị...)
- Trị số và đặc điểm của tải trọng và các tác động tác dụng lên nền.
- Chiều sâu đặt móng của nhà, công trình và các thiết bị bên cạnh.
- Địa hình hiện tại và địa hình thiết kế của nơi xây dựng.
- Điều kiện địa chất nơi xây dựng công trình (nằm trên lớp đất tốt, các hang lỗ do phong hóa, sự xói mòn đất...)
- Thuận lợi khi thi công.
- Điều kiện địa chất thủy văn (mức nước ngầm...).

Thường thì $D_f = 1,5m \div 3m$.



2.3.2. Chọn sơ bộ kích thước cột

Chọn kích thước cột dựa vào diện truyền tải của sàn vào cột. Ta tính sơ bộ lực dọc tác dụng lên cột và từ đó chọn sơ bộ kích thước của cột.

$$A_c \geq \frac{N''_{maxi}}{R_b} \beta$$

Với hệ số $\beta = 1,2 \div 1,4$ tùy thuộc vào momen lệch tâm.

Từ diện tích cột chọn b_c và h_c , kích thước thường làm tròn 50mm.

Dựa vào lực dọc, momen, lực ngang tác dụng vào cột để tính cốt thép cho cột. Mức độ hợp lý của kích thước cột được đánh giá dựa vào hàm lượng cốt thép trong cột.

Nếu hàm lượng thép tính ra không hợp lý thì phải chọn lại kích thước cột và giải lại khung. Từ đó ta có được kích thước của cột để tính toán thiết kế móng.

2.3.3. Chọn sơ bộ tiết diện đáy móng

Tiết diện đáy móng chọn sơ bộ theo điều kiện ổn định đất nền dưới đáy móng:

$$p_{tb}^{tc} \leq R''$$

$$p_{tb}^{tc} = \frac{\sum N^{tc}}{F_m} + \gamma_{tb} D_f$$

$$\Rightarrow F_m \geq \frac{\sum N^{tc}}{R'' - \gamma_{tb} D_f}$$

Trong đó: $\sum N^{tc} = N_1^{tc} + N_2^{tc} + \dots + N_n^{tc}$

F_m : diện tích đáy móng

$$\gamma_{tb} = 20 \div 22 \text{ kN} / \text{m}^3$$

D_f : chiều sâu đặt móng

$$R'' = \frac{m_1 m_2}{k_{tc}} (AB_m \gamma_{II}' + B \sum \gamma_{III_i} h_i + D C_{II})$$

m_1 : hệ số điều kiện làm việc của nền đất

m_2 : hệ số điều kiện làm việc của công trình tác động qua lại với nền

Loại đất	m_1	m_2	
		Tỷ lệ kích thước công trình L/H	
		≥ 4	$\leq 1,5$
Đất hòn lớn lấp đầy cát Các loại cát (trừ cát mịn và cát bụi)	1,4	1,2	1,4
Cát mịn			
Khô và ít ẩm	1,2	1,1	1,3
Bão hòa nước	1,1	1,1	1,3
Cát bụi			
Khô và ít ẩm	1,2	1,1	1,2
Bão hòa nước	1,1	1,0	1,2
Đất hòn lớn lấp đầy sét Các loại có độ sệt $B > 0,5$	1,1	1,0	1,0

Với L, H lần lượt là chiều dài và chiều cao công trình

k_{tc} : hệ số độ tin cậy được chọn như sau:

$k_{tc}=1$ khi các đặc trưng tính toán lấy trực tiếp từ các thí nghiệm.

$k_{tc}=1,1$ khi các đặc trưng tính toán lấy trực tiếp từ các bảng thống kê.

A, B, D là các hệ số phụ thuộc góc ma sát trong φ_{II} của nền

φ	$A = \frac{0,25\pi}{\cotg\varphi + \varphi - \frac{\pi}{2}}$	$B = 1 + \frac{\pi}{\cotg\varphi + \varphi - \frac{\pi}{2}}$	$D = \frac{\pi \cotg\varphi}{\cotg\varphi + \varphi - \frac{\pi}{2}}$
0	0	0	3,1416
2	0,0290	1,1159	3,3196
4	0,0614	1,2454	3,5100
6	0,0976	1,3903	3,7139
8	0,1382	1,5527	3,9326
10	0,1837	1,7349	4,1677
12	0,2349	1,9397	4,4208
14	0,2926	2,1703	4,6940
16	0,3577	2,4307	4,9894
18	0,4313	2,7252	5,3095
20	0,5148	3,0591	5,6572
22	0,6097	3,4386	6,0358
24	0,7178	3,8713	6,4491
26	0,8415	4,3661	6,9016
28	0,9834	4,9338	7,3983
30	1,1468	5,5872	7,9453
32	1,3356	6,3424	8,5497
34	1,5547	7,2188	9,2198
36	1,8101	8,2403	9,9654
38	2,1092	9,4367	10,7985
40	2,4614	10,8455	11,7334
42	2,8785	12,5138	12,7874

γ'_{II} : trọng lượng riêng đất nền dưới đáy móng

γ_{II} : trọng lượng riêng đất nền từ đáy móng trở lên mặt đất

h_i : chiều cao các lớp đất từ đáy móng trở lên mặt đất

c_{II} : lực dính của đất từ đáy móng trở xuống

Chiều cao bản móng: h_m chọn sơ bộ nhưng kiểm tra ở điều kiện xuyên thủng của cánh móng và phải đảm bảo độ dốc $i \leq 30\%$ (thuận tiện cho quá trình đổ bê tông).

Chiều cao dầm móng: h_d chọn sơ bộ theo nhịp dầm L_{tb} . Sau đó ta phải kiểm tra lại sự hợp lý của h_d đã chọn theo hàm lượng cốt thép trong dầm. nếu thấy hàm lượng cốt thép không hợp lý ta phải chọn lại h_d .

Chiều rộng dầm móng b_d thường chọn theo:
$$\begin{cases} \frac{h_d}{b_d} \approx 2 \\ b_d = b_c + 2 \times 50^{mm} \end{cases}$$

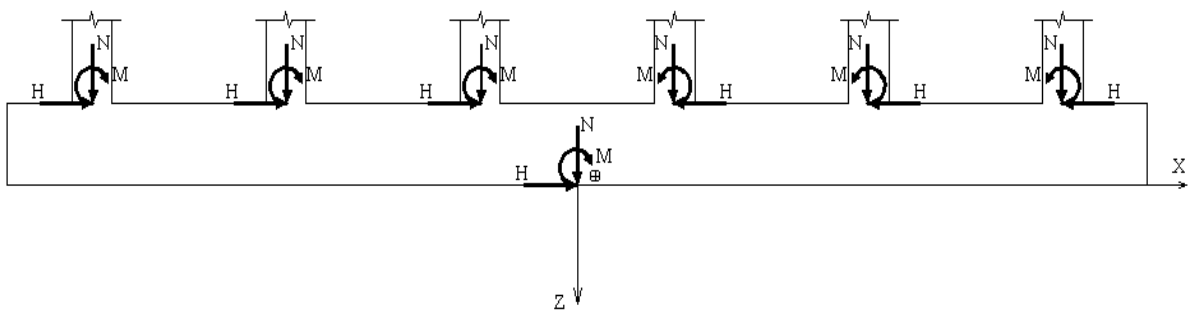
2.4. Kiểm tra

2.4.1. Kiểm tra ổn định đất nền dưới đáy móng

Nhằm đảm bảo nền đất còn hoạt động như vật liệu biến dạng đàn hồi (để việc tính độ lún theo lý thuyết Boussinesq có sai số nhỏ), phải kiểm tra điều kiện ổn định đất nền dưới đáy móng.

Điều kiện kiểm tra:
$$\begin{cases} p_{tb}^{tc} = \frac{\sum N^{tc}}{F_m} + \gamma_{tb} D_f \leq R^{II} \\ p_{max}^{tc} = p_{tb}^{tc} + \frac{\sum M^{tc}}{W_m} \leq 1,2 R^{II} \text{ với } W_m = \frac{B_m L_m^2}{6} \\ p_{min}^{tc} = p_{tb}^{tc} - \frac{\sum M^{tc}}{W_m} \geq 0 \end{cases}$$

Momen được quy về trọng tâm đáy móng như sau:



$$\sum M^{tc} = \sum M_i^{tc} + \sum H_i^{tc} h_d + \sum N_i^{tc} x_i \text{ với } \sum M_i, H_i, x_i \text{ được lấy giá trị đại số.}$$

Thiết kế sẽ hợp lý nếu p_{tb}^{tc} chênh lệch không nhiều so với R^{II} (khoảng dưới 10%).

2.4.2. Kiểm tra lún

2.4.2.1. Áp lực gây lún

$$p_{gl} = p_{tb}^{tc} - \sum \gamma_i' h_i$$

Thành phần $\sum \gamma_i' h_i$ là ứng suất do trọng lượng bản thân các lớp đất tại đáy móng khi chưa có móng.

2.4.2.2. Tính lún theo phương pháp tổng phân tố

Độ lún của nền dùng sơ đồ tính toán dưới dạng bán không gian biến dạng đàn hồi tuyến tính xác định bằng phương pháp cộng lún các lớp trong phạm vi chiều dày chịu nén của nền. Phương pháp này cho phép xác định độ lún của các móng riêng lẻ hoặc móng chịu ảnh hưởng của các móng lân cận, độ nghiêng của móng và từ đó tính ra góc xoay, độ lún lệch giữa các móng.

Việc tính ứng suất gia tăng trong nền đất do tải trọng ngoài gây ra hoàn toàn dựa vào lý thuyết đàn hồi (bài toán Boussinesq - tải trọng tập trung tác dụng trên mặt phẳng của nửa không gian đàn hồi), do đó phải đảm bảo đất nền ứng xử như vật liệu đàn hồi.

B1: Chia lớp phân tố

Để tính lún chính xác, ta chia vùng nén lún thành các lớp nhỏ với bề dày từng lớp $h_i = (0,4 \div 0,6)B_m$ (không nhất thiết phải chia đều). Nếu vùng nén lún gồm nhiều lớp đất khác nhau thì mặt phân chia các lớp đất phải là mặt phân chia các lớp phân tố. Hiện nay nhờ các chương trình tính toán bằng máy tính nên chiều dày các lớp phân tố nên chọn nhỏ để đạt độ chính xác cao.

B2: Tính lún

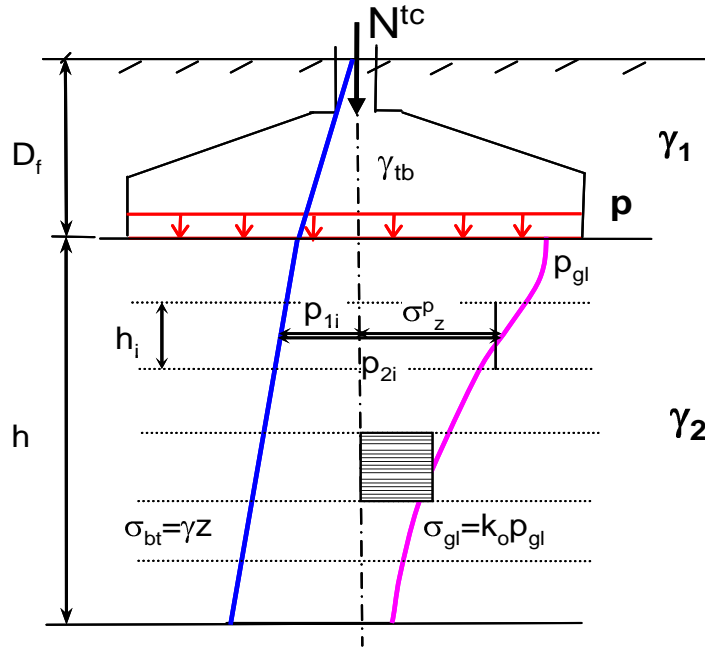
Lập bảng tính lún.

Tính toán ứng suất do trọng lượng bản thân các lớp đất gây ra tại giữa các lớp phân tố p_{1i} khi chưa gánh đỡ tải trọng công trình.

$$p_{1i} = \sum \gamma_i' h_i$$

Tính toán tổng ứng suất do trọng lượng bản thân các lớp đất và tải trọng công trình gây ra tại giữa các lớp phân tố p_{2i} .

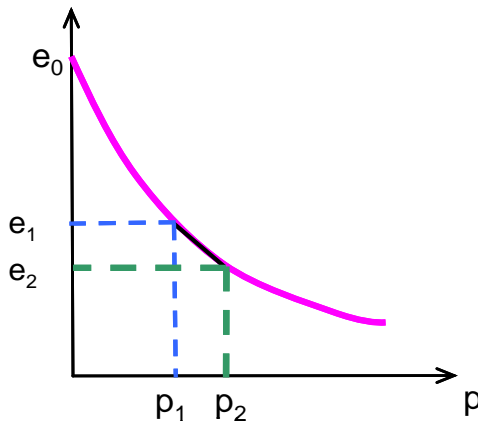
$$p_{2i} = p_{1i} + \sigma_z^p \quad \text{với } \sigma_z^p = k_0 p_{gl}$$



Chiều dày vùng nén lún h được qui ước từ đáy móng bằng đến chiều sâu z thỏa điều kiện:

- $\sigma_z^p \leq 0,2 p_{1i}$: đối với đất cát và đất sét.
- $\sigma_z^p \leq 0,1 p_{1i}$: nếu giới hạn dưới của vùng nén lún (xác định theo điều kiện $\sigma_z^p = 0,2 p_{1i}$) kết thúc trong lớp đất có module biến dạng $E \leq 5\text{MPa}$ hoặc nếu lớp đó nằm trực tiếp phía dưới giới hạn kể trên.

Từ kết quả của thí nghiệm nén cố kết suy ra hệ số rỗng e_{1i}, e_{2i} . Lưu ý: để các hàm trong excel mô tả đạt độ chính xác chấp nhận được phải đảm bảo $R^2 \geq 0,98$, nếu có nhiều cấp áp lực có thể chia làm nhiều hàm.



Tính toán độ lún của lớp thứ i theo công thức:

$$s_i = \frac{e_{1i} - e_{2i}}{1 + e_{1i}} h_i$$

Độ lún của móng là tổng các độ lún của các lớp phân tổ trong vùng nền bị nén:

$$S = \sum s_i$$

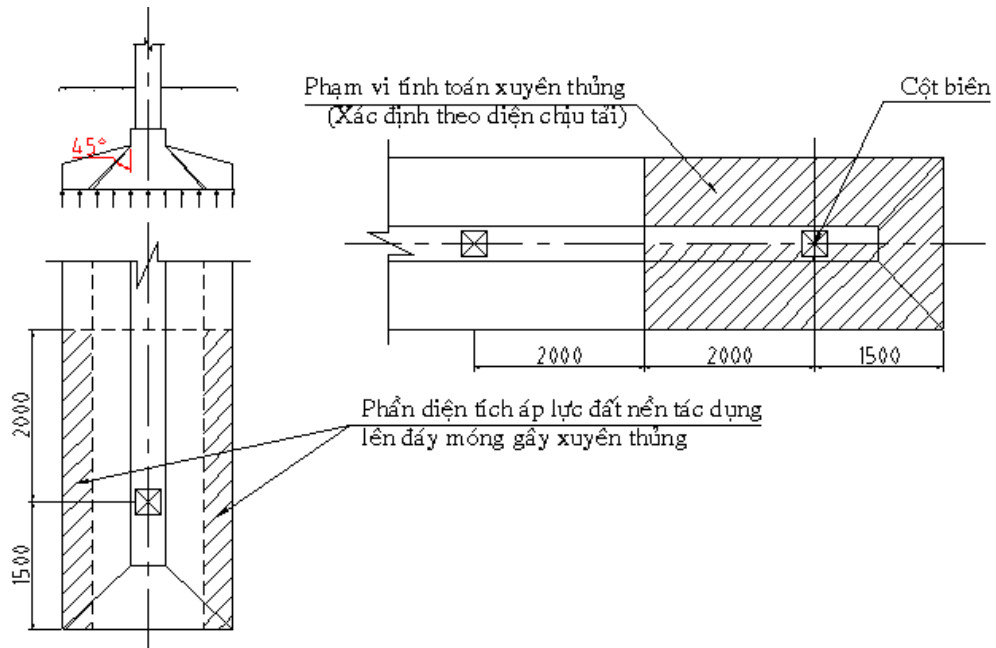
Độ lún của móng cần thỏa $S < [S]_{gh}$. Nếu điều kiện này không thỏa thì phải chọn lại kích thước móng (tăng bề rộng móng).

2.4.3. Kiểm tra xuyên thủng

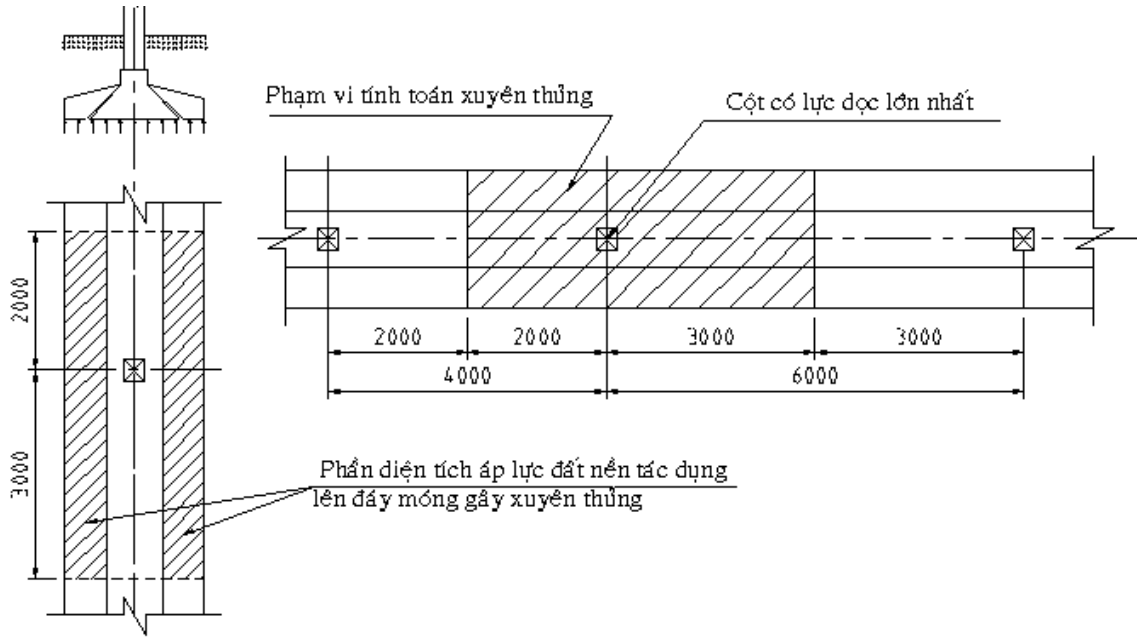
Trong móng băng có dầm, xuyên thủng của móng là xuyên thủng từ dầm xuống cánh móng. Ta không kiểm tra xuyên thủng từ cột xuống dầm vì ở vị trí này đã có tính toán cốt đai để chịu lực cắt.

B1: Tính toán áp lực xuyên thủng

Nguyên tắc: ta phải kiểm tra hết các chân cột. Nhưng thường thì ta chỉ kiểm tra ở các cột biên và các cột có lực dọc lớn nhất.



Kiểm tra ở cột biên



Kiểm tra ở cột có lực dọc lớn nhất

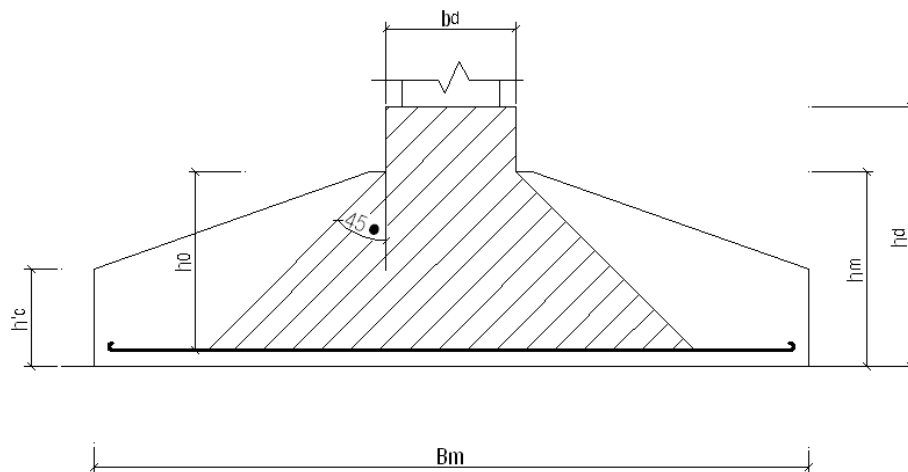
Áp lực đất và trọng lượng bản thân của móng không gây xuyên thủng, do đó ta tính theo áp lực ròng p_{net} .

$$p_1'' = \frac{N_{max}''}{S_1} \quad \text{với } S_1 = B_m \frac{l_i + l_{i+1}}{2}$$

$$p_2'' = \frac{N_{biên}''}{S_2}$$

Chọn áp lực xuyên thủng $p_{net}'' = \max(p_1'', p_2'', \dots)$ coi như phân bố đều dưới đáy móng.

B2: Kiểm tra xuyên thủng



Tính cho 1m dài.

$$P_{xt} = p_{net}^{tt} \frac{B_m - (b_d + 2h_0)}{2} \times 1m$$

$$P_{cx} = \alpha R_{br} \frac{\sqrt{2}}{2} h_0 \sqrt{2} \times 1m = \alpha R_{br} h_0$$

Với $h_0 = h_m - a$ là chiều cao làm việc của bê tông.

α : hệ số, với bê tông nặng thì $\alpha=1$

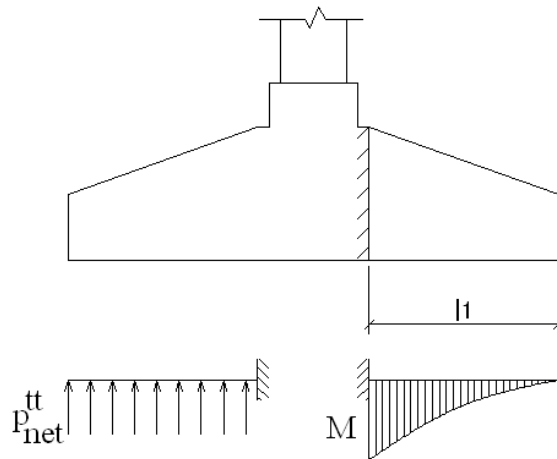
Kiểm tra điều kiện xuyên thủng: $P_{xt} \leq P_{cx}$. Nếu điều kiện này không thỏa thì ta phải tăng chiều cao móng h_m và thực hiện tính toán lại.

2.5. Tính toán cốt thép

2.5.1. Tính toán cốt thép theo phương ngang

a. Sơ đồ tính

Dầm console ngàm tại mép dầm (trường hợp nguy hiểm nhất)



Với chiều dài cánh tay đòn $l_1 = \frac{B_m - h_d}{2}$, momen lớn nhất $M = \frac{p_{net}^{tt} l_1^2}{2}$

b. Tính toán và bố trí cốt thép

Tính toán cốt thép cho 1m dài ($b=1m$).

$$\alpha = \frac{M}{\gamma R_b b h_0^2}$$

$$\alpha \leq \alpha_R, \xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha}$$

$$A_s = \frac{\xi \gamma R_b b h_0}{R_s}$$

Bố trí cốt thép theo điều kiện:

- Đường kính cốt thép chịu lực $d \geq 12\text{mm}$.
- Khoảng cách cốt thép: $70\text{mm} \leq a \leq 200\text{mm}$ (nếu $a > 200\text{mm}$ sẽ gây nứt cục bộ giữa 2 cây thép, $a < 70\text{mm}$ khó đổ bê tông).
- Khoảng cách hợp lý $a = 100\text{mm} \div 150\text{mm}$

2.5.2. Tính toán cốt thép theo phương dọc

Tùy theo độ cứng của móng, móng được chia thành:

Móng tuyệt đối cứng: móng có độ cứng rất lớn (xem như bằng vô cùng) và biến dạng rất bé (xem như bằng 0).

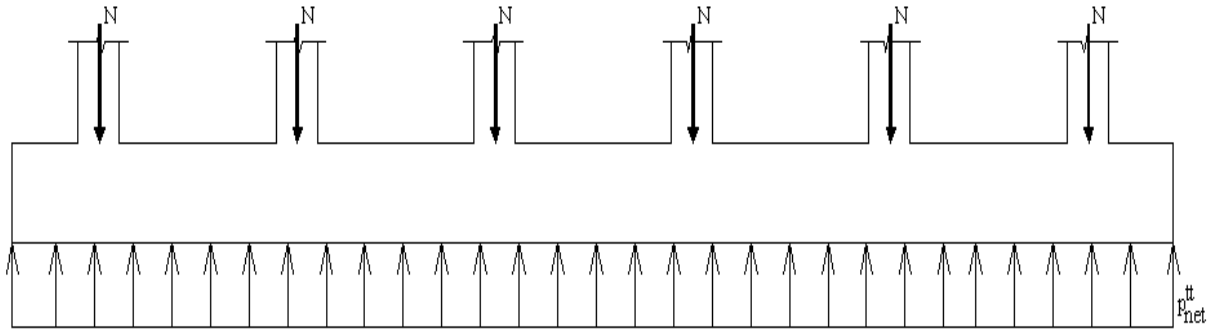
Móng mềm: móng có khả năng biến dạng cùng cấp với đất nền (biến dạng lớn, chịu uốn nhiều), móng bê tông cốt thép có tỉ lệ cạnh dài/cạnh ngắn > 8 thuộc loại móng mềm.

Móng cứng hữu hạn: móng bê tông cốt thép có tỉ lệ cạnh dài/cạnh ngắn < 8 .

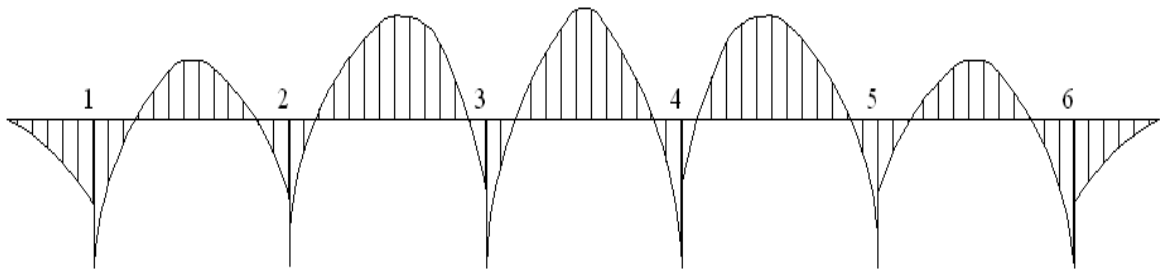
Với mỗi loại thì cách tính toán khác nhau, tính móng mềm phức tạp hơn cả.

a. Quan niệm móng cứng tuyệt đối

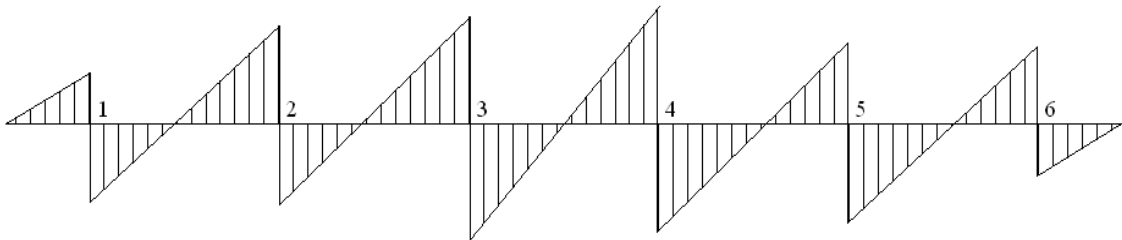
Trong trường hợp móng cứng tuyệt đối, phản lực đất nền dưới móng phân bố tuyến tính. Momen và lực cắt trong móng được tính toán theo cơ học kết cấu: dầm lật ngược (phản lực đất nền có chiều từ dưới lên, ngược chiều trọng lượng).



Biểu đồ momen uốn trong móng theo phương dọc có dạng như hình vẽ:



Biểu đồ lực cắt trong móng theo phương dọc có dạng như hình vẽ:



Từ biểu đồ lực cắt và momen ta tính toán bố trí cốt thép trong móng theo phương dọc móng.

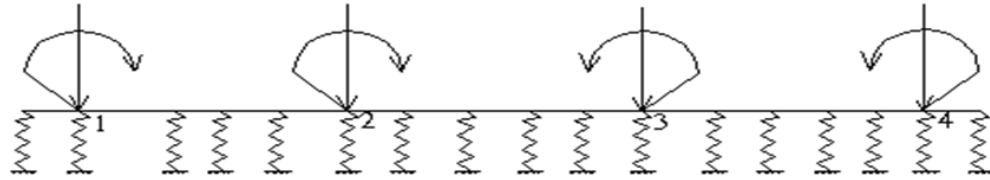
Ưu điểm: tính toán nhanh chóng, dễ dàng kiểm tra kết quả, thép tính ra lớn hơn so với thực tế đòi hỏi (thiên về an toàn).

Khuyết điểm: mô tả không chính xác sự làm việc của móng trong môi trường đất nền, thép vì thế đôi khi quá dư so với thực cần.

b. Quan niệm móng có độ cứng hữu hạn

Thực tế làm việc độ cứng của móng hữu hạn nên trong tính toán móng chịu uốn phải kể đến ứng xử thực của đất nền. Móng có khả năng uốn dưới tác dụng

của tải trọng. Ngoài biến dạng đàn hồi, nền đất còn có biến dạng dư. Để đơn giản tính toán, đất nền được coi gần đúng là đàn hồi, độ lún chỉ xảy ra trong phạm vi diện gia tải và được thay thế tương đương bởi một hệ lò xo đàn hồi tuyến tính (nền Winkler hay nền đàn hồi cục bộ).



Khoảng cách giữa hai lò xo càng nhỏ thì độ chính xác càng cao.

Hằng số đàn hồi của hệ các lò xo được gọi là hệ số nền K . Hiện nay có nhiều phương pháp để tính hệ số nền K :

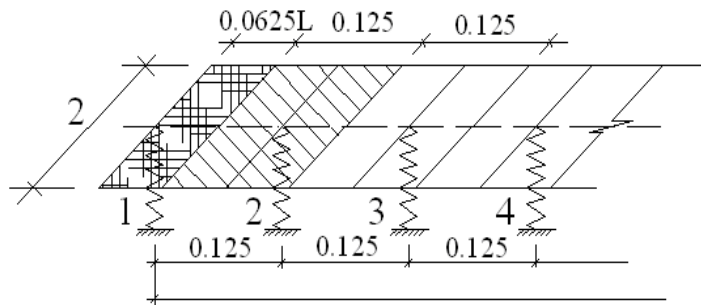
- Phương pháp tra bảng.
- Phương pháp thí nghiệm hiện trường (thí nghiệm bàn nén hiện trường).
- Phương pháp tính theo các công thức nền móng.

$$K = \frac{P_{gl}}{S}$$

$$\text{Terzaghi: } K = 40(cN_c + 0,5\gamma BN_\gamma + \gamma N_q D_f)$$

Với mô hình tính toán như trên, ta có 2 phương pháp để tính toán nội lực theo phương dọc cho móng băng dưới cột:

- Giải nội lực bằng phương pháp giải tích
- Giải nội lực bằng phần mềm Sap. Chú ý độ cứng K_i của các lò xo:



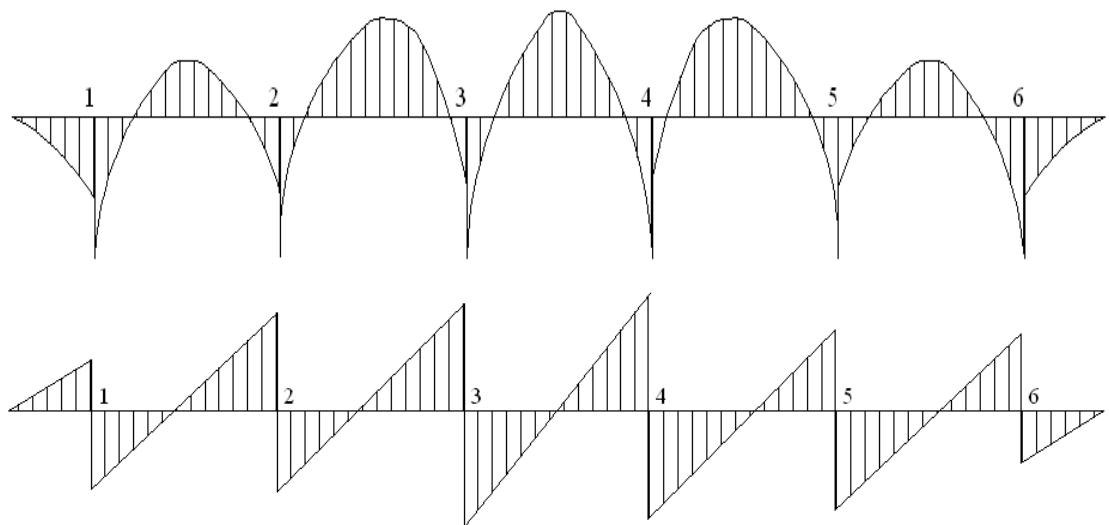
$$K_i = K \times S_i$$

Với S_i là diện tích phụ trách của mỗi lò xo.

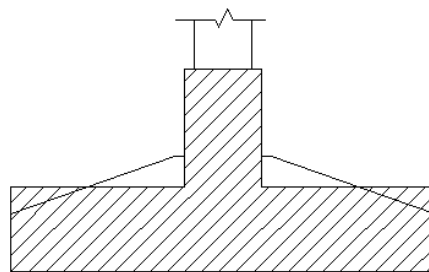
Một số nhược điểm của mô hình:

- Hệ số nền xác định khó chính xác, dựa nhiều vào kinh nghiệm của người thiết kế
- Không xét đến yếu tố thời gian trong bài toán.
- Các kết quả chuyển vị của nền dưới móng (độ lún) tính thuyết phục không cao, hiệu quả thấp.

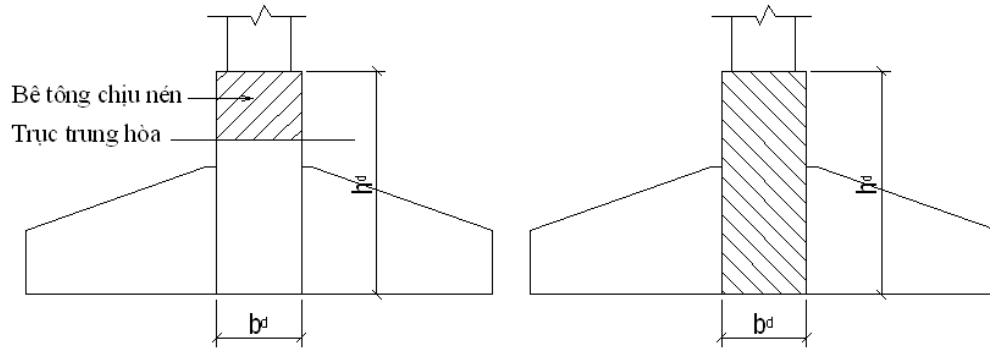
Kết quả momen và lực cắt thu được dùng để tính toán cốt thép theo phương dọc cho móng băng:



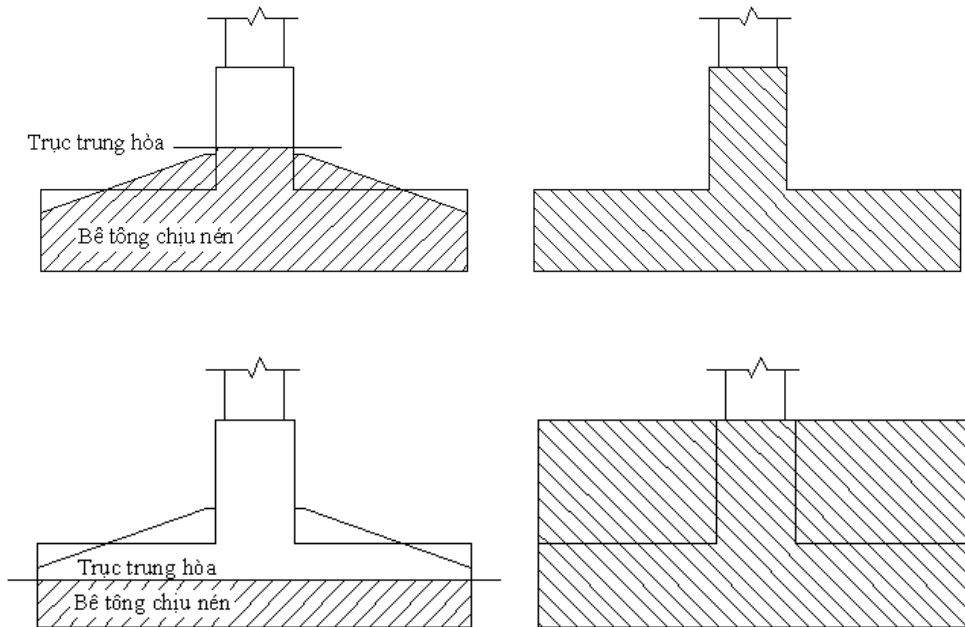
B1: Quy đổi tiết diện móng thành chữ T trên cơ sở tương đương diện tích.



B2: Với momen dương tại các chân cột (căng thớ dưới): bỏ qua sự làm việc của bê tông chịu kéo ở thớ dưới, tiết diện tính toán thép chịu uốn là tiết diện chữ nhật kích thước $b_d x h_d$.



B3: Với momen âm tại giữa các nhịp (căng thớ trên): bỏ qua sự làm việc của bê tông chịu kéo thớ trên, tính toán theo tiết diện chữ T hay chữ nhật.



B4: Tính toán cốt đai, kiểm tra sự cần thiết bố trí cốt xiên.