

# CHƯƠNG 4: TÍNH TOÁN THIẾT KẾ MÓNG CỌC

## §1. Khái niệm chung

### I. Khái niệm chung về móng cọc

#### a. Phạm vi áp dụng

- Tải trọng CT lớn;
  - + Lực đứng  $N$  lớn, đặc biệt khi chịu kéo;
  - + Lực đẩy ngang lớn (cầu, cảng) hay  $M_{lật}$  lớn (CT thấp, cao tầng ...);
- Lớp đất tốt ở dưới sâu trong khi các biện pháp xử lý nền đất yếu bên trên không hiệu quả;
- CT quan trọng, đòi hỏi độ tin cậy cao (đặc biệt CT có yêu cầu cao về hạn chế biến dạng);

## **b. Khái niệm về móng cọc (tiếp)**

- \* Móng cọc:** gồm các cọc liên kết với nhau bằng đài cọc.
- Cọc:** là cấu kiện dạng thanh, chịu nén tốt; chịu uốn, kéo kém.

### ***Nhiệm vụ:***

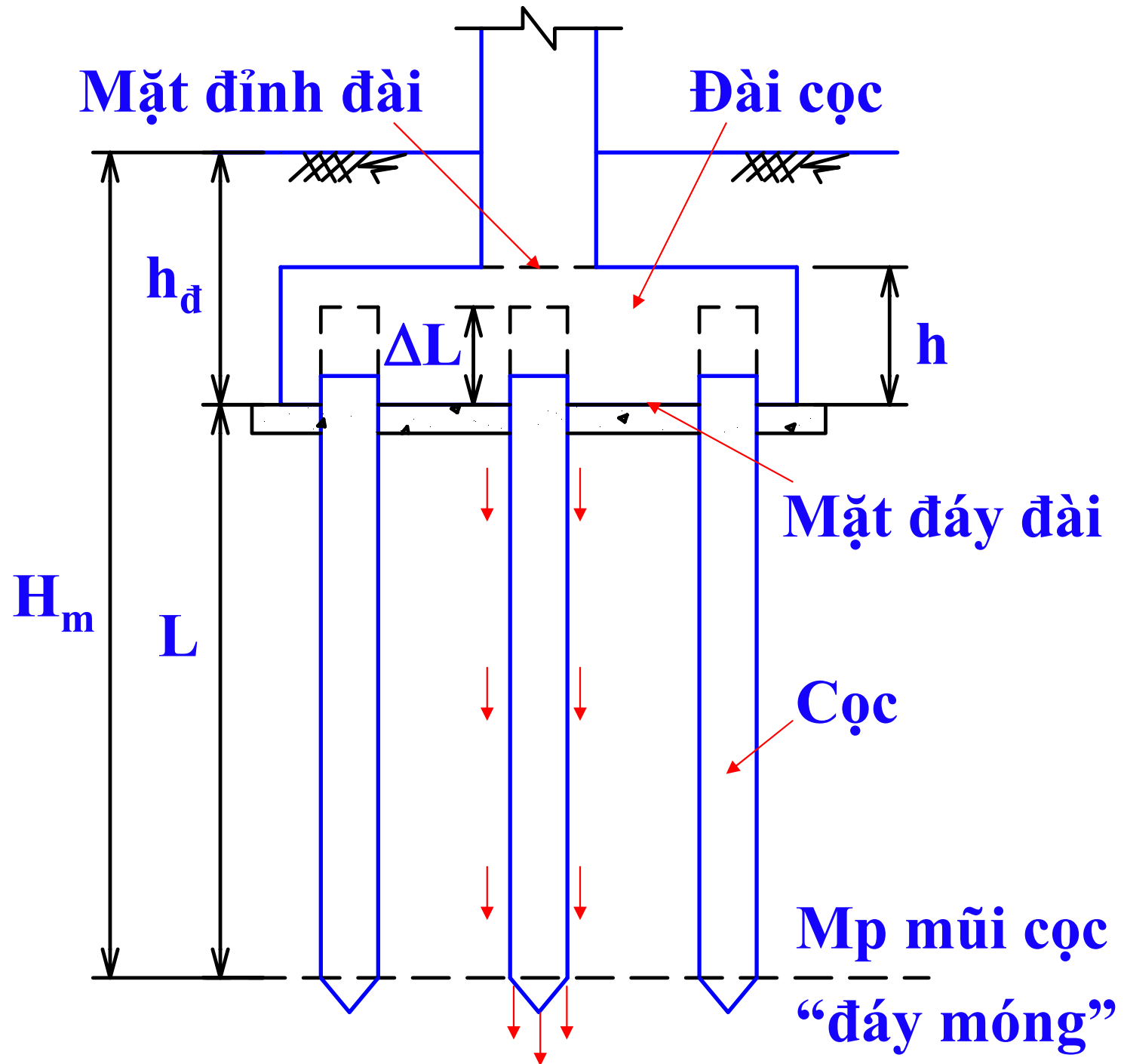
- + nhận tải trọng từ CT thông qua đài;
- + truyền tải trọng vào đất thông qua ma sát bên và phản lực mũi.

- Đài cọc:** là cấu kiện dạng bản (coi là khối cứng):

### ***Nhiệm vụ:***

- + đỡ CT bên trên và liên kết các cọc;
- + tiếp nhận tải trọng CT và phân phối lên các cọc.

## II. Cấu tạo chung của móng cọc



## II. Cấu tạo chung của móng cọc (tiếp)

\*  $H_m$ : độ sâu thực sự của móng cọc (độ sâu mũi cọc)

- Coi mp đi ngang qua mũi cọc = “đáy móng nông”

-  $H_m = f(\text{địa chất, tải trọng})$

**Lưu ý:** Mũi cọc phải được hạ vào lớp đất tốt.

\* **Đặc trưng của cọc:**

-  $L$ : chiều dài làm việc của cọc (từ đáy đài  $\rightarrow$  mũi cọc)

+  $L_c$ : chiều dài thi công (chiều dài thực):  $L_c = L + \Delta L$

-  $D_c$ : đường kính cọc tròn hay cạnh cọc vuông.

\* **Đặc trưng của đài cọc:**

-  $l \cdot b / b$ : kích thước mặt bằng đài;

-  $h_d$ : độ sâu chôn đài (từ mặt đất  $\rightarrow$  đáy đài).

-  $h$ : chiều cao đài (từ đỉnh đài  $\rightarrow$  đáy đài): tính toán.

## **§2. Phân loại cọc**

### **I. Phân loại cọc theo vật liệu**

- \* Cọc gỗ**
- \* Cọc thép**
- \* Cọc BTCT: được dùng phổ biến hiện nay**

### **II. Phân loại cọc theo phương pháp thi công**

- \* Theo phương pháp thi công chia thành các loại:**
  - Cọc đúc sẵn;**
  - Cọc đổ tại chỗ;**
  - Kết hợp cả 2 loại trên.**

## **II. Phân loại cọc theo phương pháp thi công**

### **II.1. Cọc đúc sẵn**

**\* Cọc đúc sẵn** được cấu tạo từ một hoặc vài đoạn cọc đã được chế tạo sẵn (tại nhà máy hoặc ở công trường) rồi được nối lại khi thi công và hạ vào vị trí thiết kế.

**Phương pháp hạ cọc:** đóng hoặc ép.

### **II.2. Cọc đổ tại chỗ (cọc khoan nhồi)**

**\* Cọc đổ tại chỗ (cọc khoan nhồi):** được chế tạo ngay tại vị trí thiết kế bằng cách tạo ra một hố rộng thẳng đứng trong đất, sau đó đặt cốt thép và đổ BT vào ngay hố đó.

### **II.3. Cọc kết hợp chế tạo sẵn - đổ tại chỗ**

**\* Cọc kết hợp chế tạo sẵn và đổ tại chỗ:** phần ngoài dạng ống được chế tạo sẵn bằng BTCT hoặc thép. Thi công theo phương pháp cọc đúc sẵn rồi lấy hết đất bên trong và nhồi BTCT vào.

### III. Phân loại cọc theo hình dáng tiết diện

\* Cọc BTCT có thể cấu tạo bất kỳ nhưng phổ biến là cọc tiết diện vuông hoặc tròn (đặc hoặc rỗng).

**a. Cọc vuông:** thường có tiết diện đặc, được chế tạo sẵn từ một hay nhiều đoạn.

- Phương pháp hạ cọc vuông: đóng hoặc ép.

-  $D_c = 20, 25, 30, 35, 40\text{cm}$ .

**b. Cọc chữ nhật** (cọc Barret).

**c. Cọc tròn:** tiết diện đặc hoặc rỗng. Cọc tròn rỗng thường chế tạo sẵn, cọc tròn đặc chủ yếu là đổ tại chỗ.

## IV. Phân loại cọc theo phương thức truyền tải

\* Tải trọng CT P truyền vào đất qua ma sát bên  $P_{ms}$  và phản lực mũi  $P_{mũi}$ :

- Nếu đất ở mũi cọc có tính nén lún thấp  $\rightarrow$  chuyển vị của đất ở mũi cọc nhỏ (có thể bỏ qua),  $P_{mũi}$  rất lớn so với với  $P_{ms}$   $\rightarrow P \approx P_{mũi} \rightarrow$  **Cọc chống**;

- Chuyển vị mũi cọc đáng kể, không thể bỏ qua  $P_{ms}$   
 $\rightarrow P = P_{ms} + P_{mũi} \rightarrow$  **Cọc ma sát**;

\* Tùy vào điều kiện địa chất mà thiết kế cọc chống hay cọc ma sát.



## V. Phân loại cọc theo vị trí đài cọc

- \* Nếu  $h_d$  đủ sâu  $h_d > h_{\min}$  → **Móng cọc đài thấp**: đất từ đáy đài trở lên tiếp nhận  $Q_0$  → cọc chỉ chịu tải trọng đứng không chịu tải trọng ngang (phù hợp kết cấu dạng thanh);
- \* Nếu  $h_d \leq h_{\min}$  → **Móng cọc đài cao**: cọc phải chịu tải trọng ngang → đòi hỏi độ cứng chống uốn lớn.

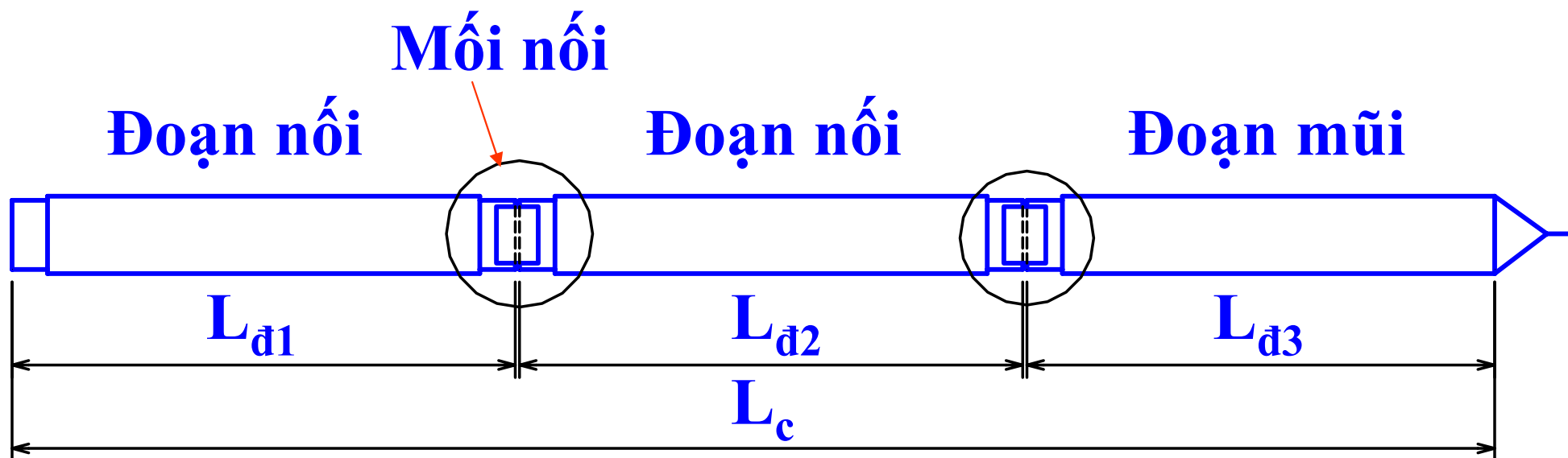
### §3. Cấu tạo cọc BTCT

\* Cọc BTCT thi công theo 2 phương pháp: cọc đúc sẵn và cọc đổ tại chỗ → cấu tạo của chúng khác nhau.

#### I. Cấu tạo cọc đúc sẵn

- Do vận chuyển khó khăn, điều kiện hạn chế về giá búa → cọc chế tạo thành từng đoạn, rồi nối lại với nhau (tổ hợp cọc).

\* Có 2 kiểu đoạn cọc: **đoạn nối** và **đoạn mũi**



### §3. Cấu tạo cọc BTCT (tiếp)

\* **Bê tông cọc:** cấp độ bền  $\geq$  B20 (hiện nay  $\geq$  B25)

\* **Cốt thép**

- **Thép chịu lực:** thép  $A_{II}$  trở lên,  $\geq \varnothing 12$  (nên  $\geq \varnothing 16$ ).

+ **Hàm lượng thép:** theo tính toán kết cấu cọc (cả khi thi công và sử dụng)

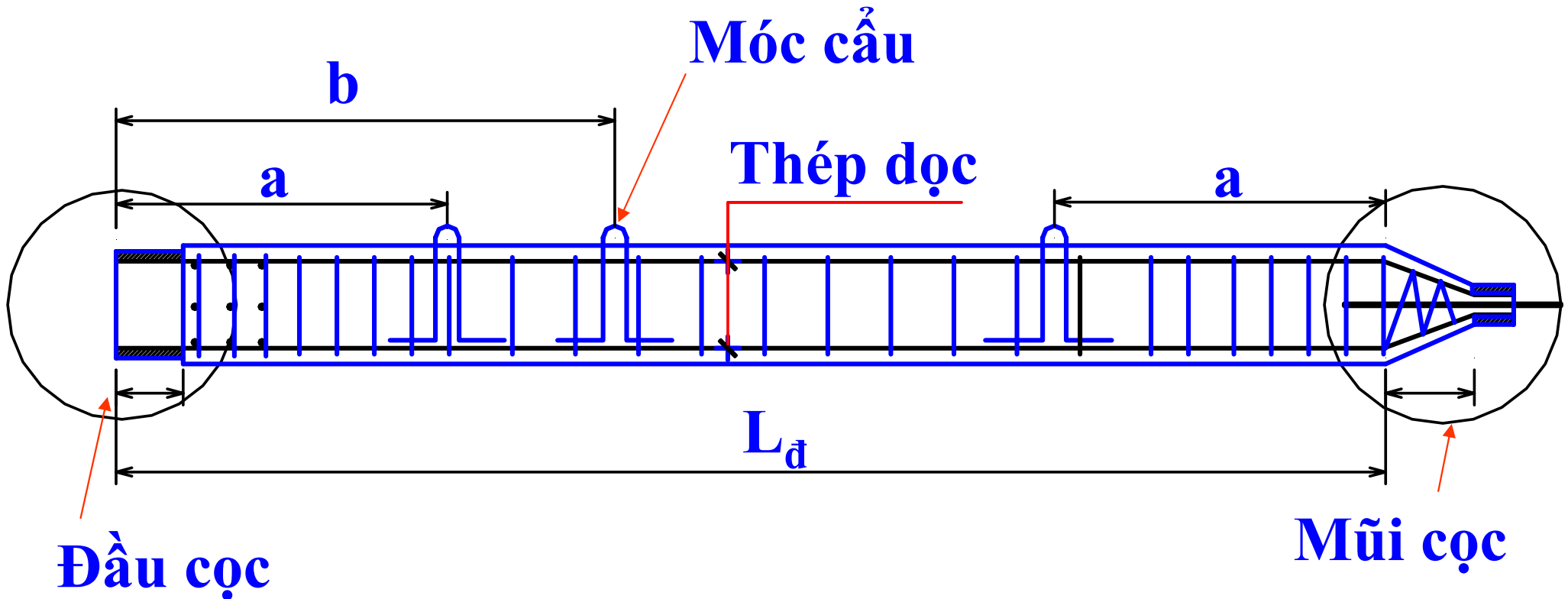
+ **Số lượng thanh thép:** chọn chẵn và bố trí đối xứng.

- **Thép đai:**  $\varnothing = (6 \div 8)\text{mm}$ .

+ **Cốt đai bố trí dày ở 2 đầu với bước  $(5 \div 10)\text{cm}$  và thưa dần vào giữa với bước  $(15 \div 20)\text{cm}$ .**

\* **Lớp bảo vệ BT cọc:**  $a = 2,5\text{cm}$ .

## I.1. Cấu tạo đoạn mũi



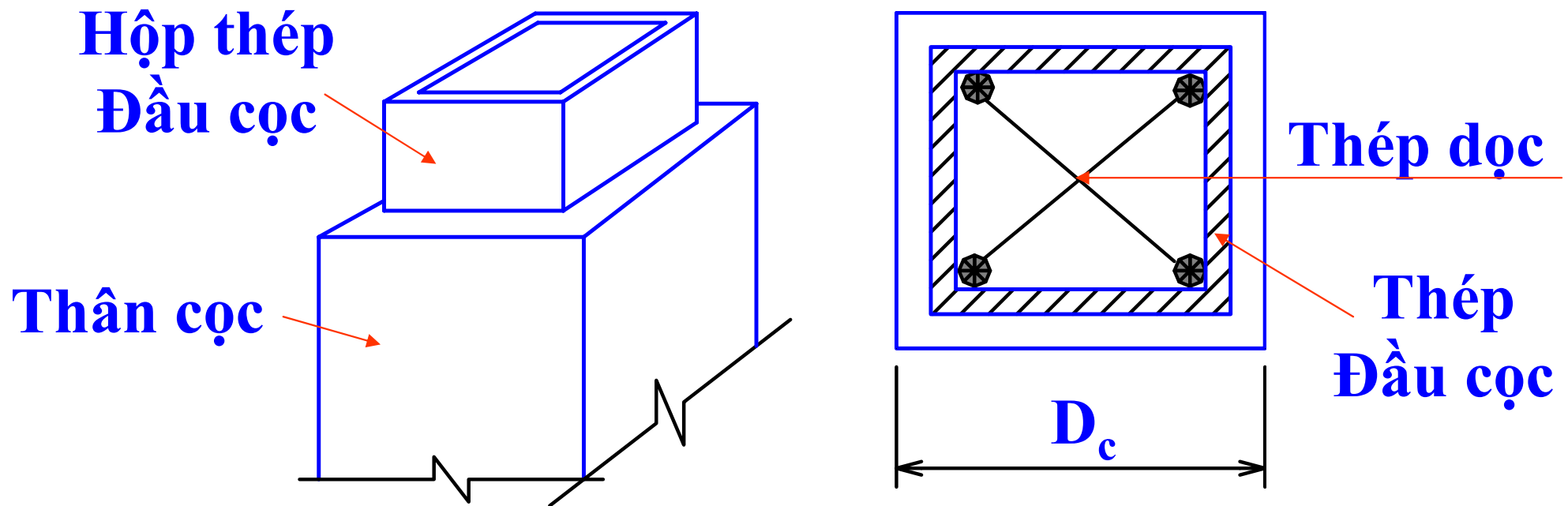
\* Khi đóng ứng suất cục bộ phát sinh ở đỉnh cọc → đặt lưới thép ở đầu cọc.

## a. Đầu cọc

\* **Đầu cọc:** cấu tạo thích hợp với nhiệm vụ tiếp nhận tải trọng thi công (đóng hoặc ép)

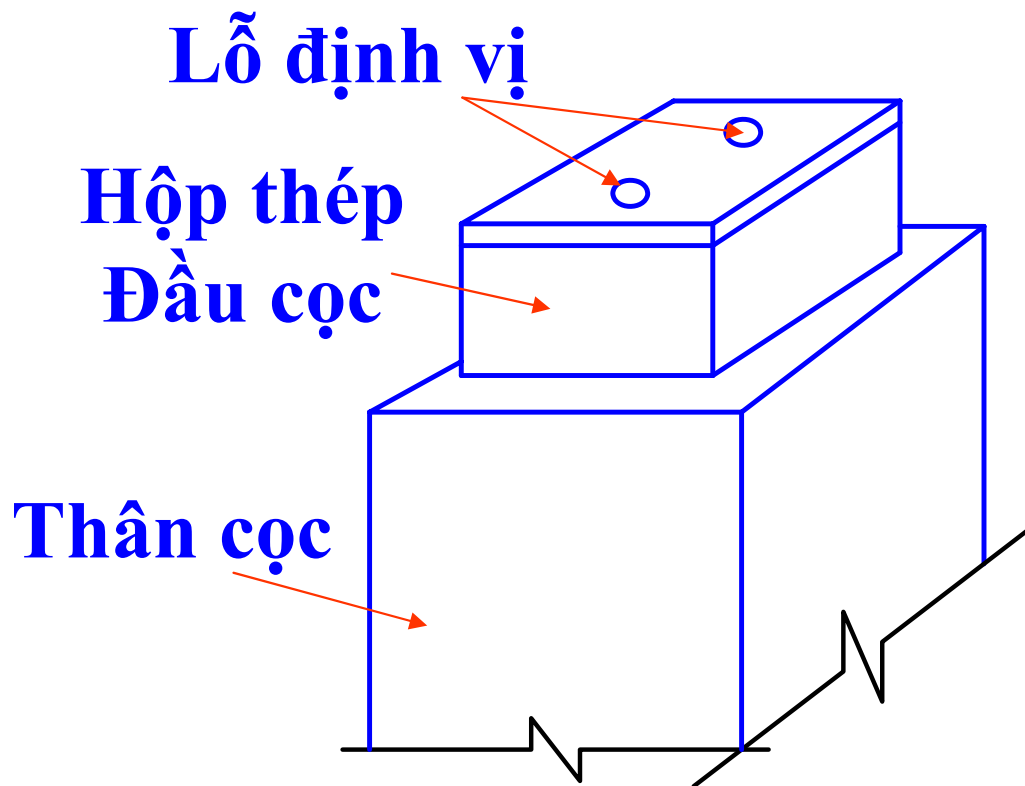
- Thông dụng dùng hộp thép đầu cọc:

- Kích thước hộp  $100 \div 200$ ,  $\delta = (8 \div 10)\text{mm}$ .

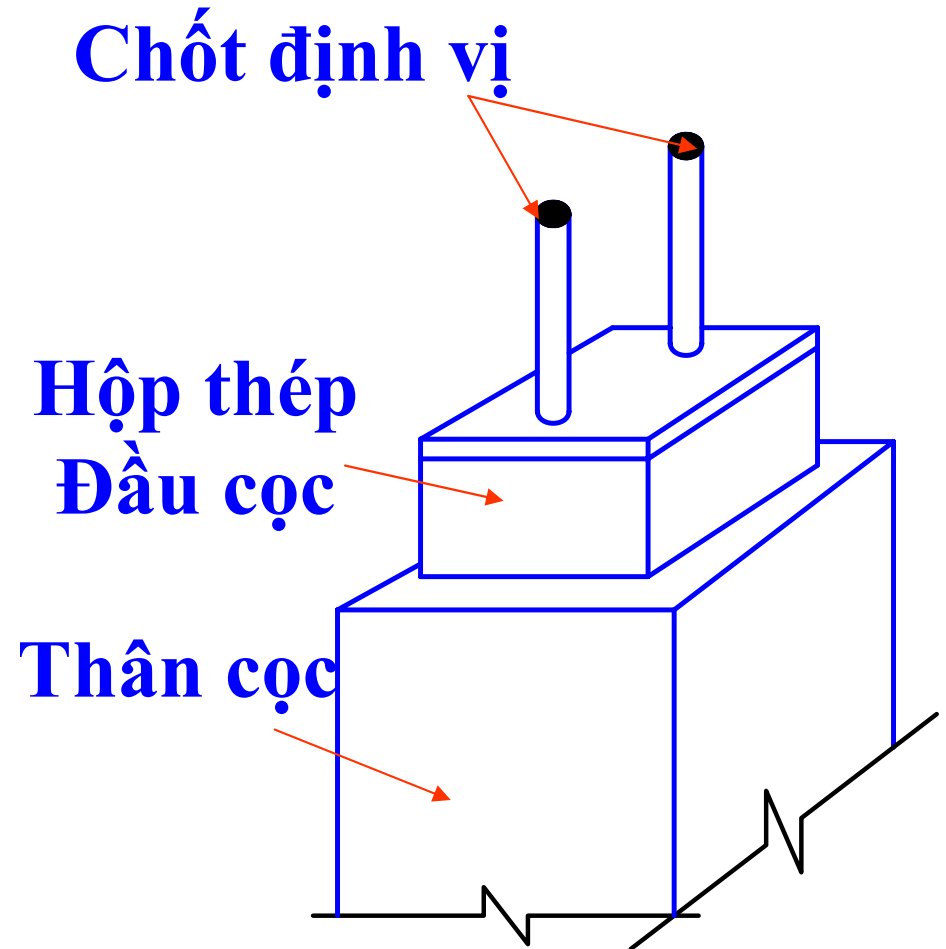


## a. Đầu cọc (tiếp)

- Cọc chịu tải trọng ngang thì đầu cọc cấu tạo: đặt 2 lỗ định vị ở vị trí đối xứng.



**Đầu cọc dạng hộp kín có  
lỗ định vị**



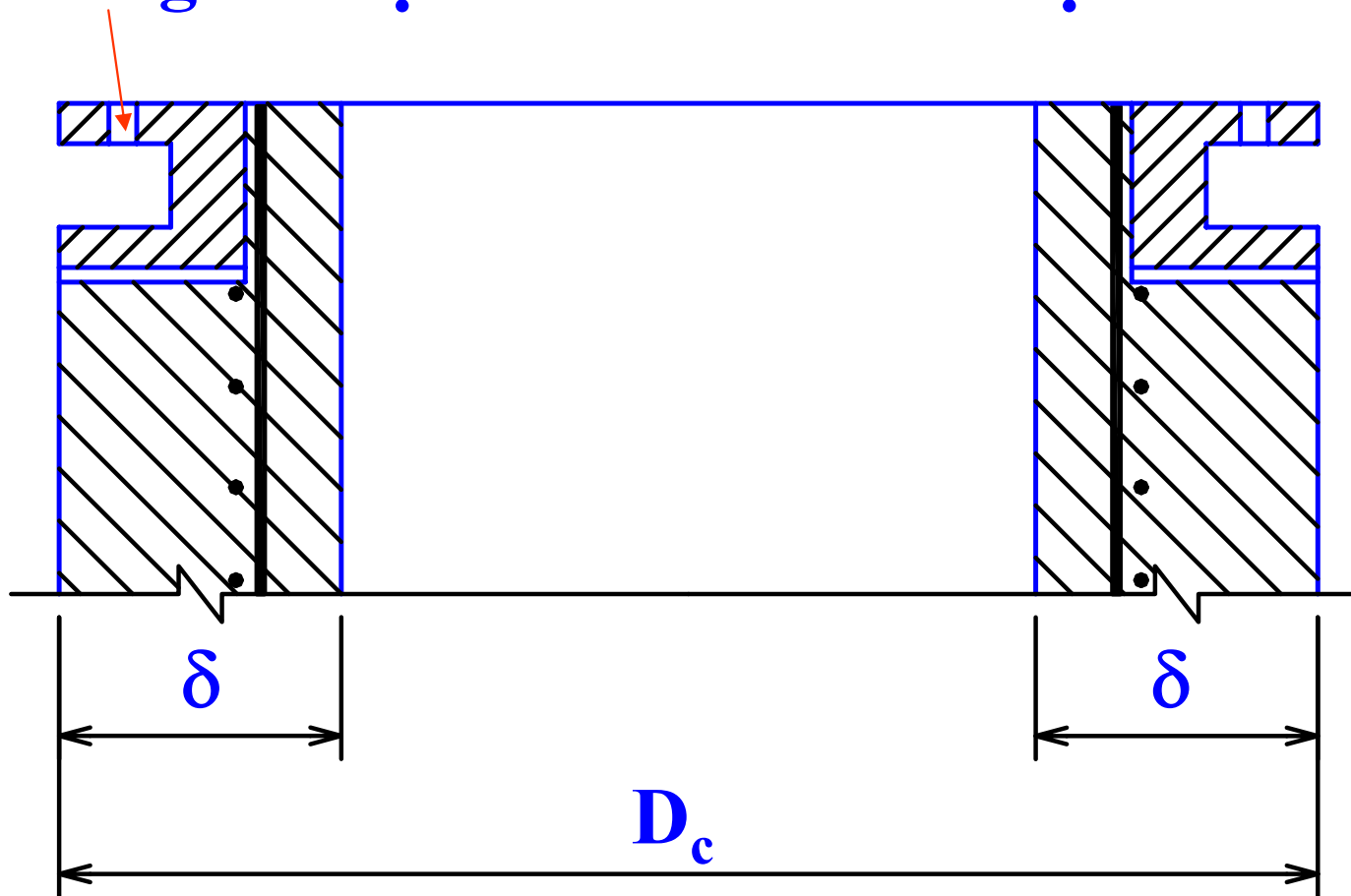
**Đầu cọc dạng hộp kín có  
chốt định vị**

## a. Đầu cọc (tiếp)

### Đầu cọc kiểu nổi bulông

Lỗ bulông nổi cọc

Mặt bích định vị



## b. Mũi cọc

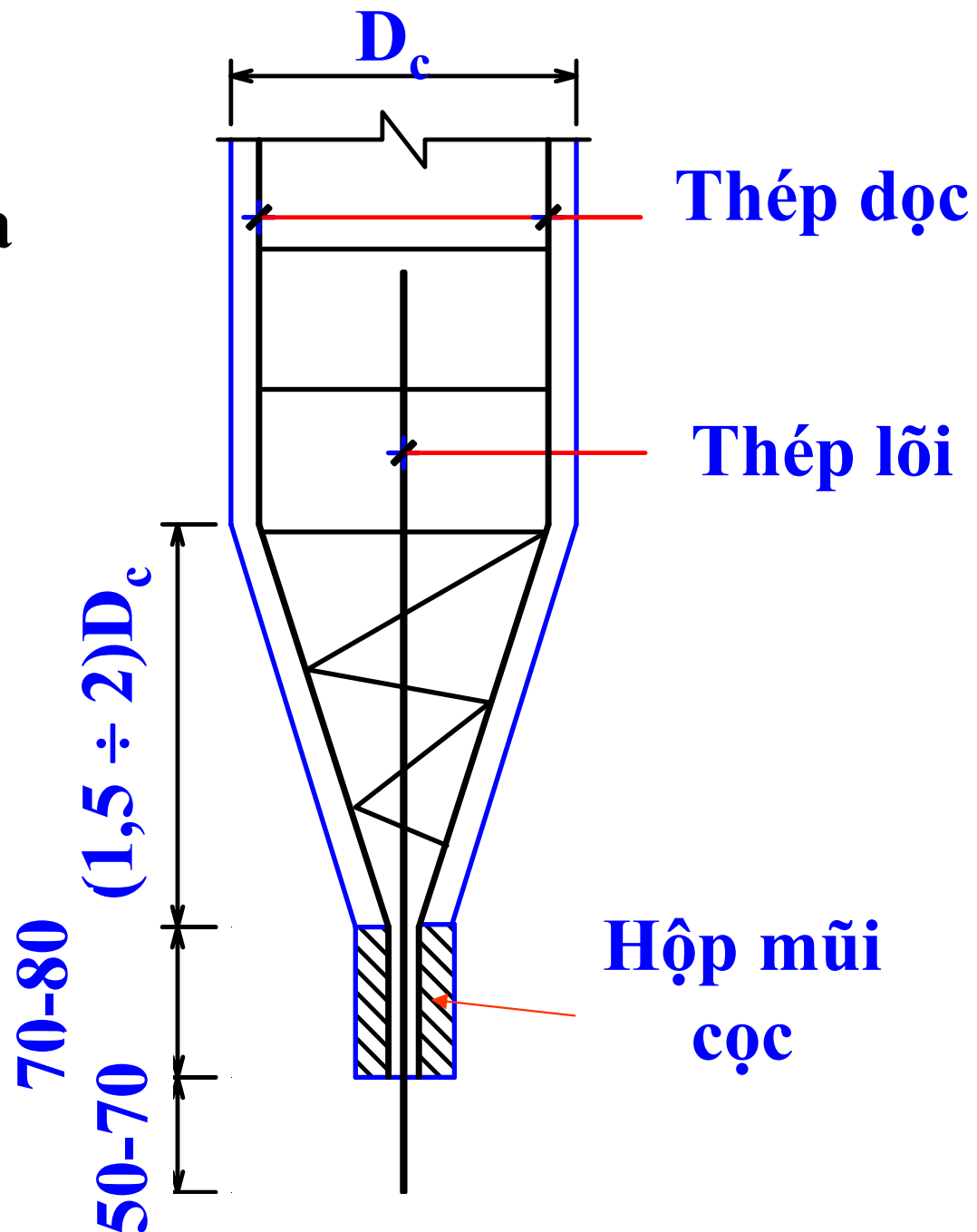
### \* Mũi cọc:

- Lõi thép: để dễ đi qua nơi có dị vật:

$$\varnothing_L = (1,5 \div 2)\varnothing_d$$

- Hộp mũi cọc:

$$\delta = (8 \div 10)\text{mm}.$$





## **I.2. Cấu tạo đoạn nối**

**\* Đoạn nối có 2 đầu giống nhau và giống phần đầu cọc của đoạn mũi.**

## **I.3. Cấu tạo mối nối**

- Cọc không chịu hoặc ít chịu tải trọng ngang: nối hàn qua bản mã liên kết hộp đầu cọc của 2 đoạn (nối 4 mặt).**
- Cọc chịu tải trọng ngang: nối mặt bích bằng bulông cường độ cao.**

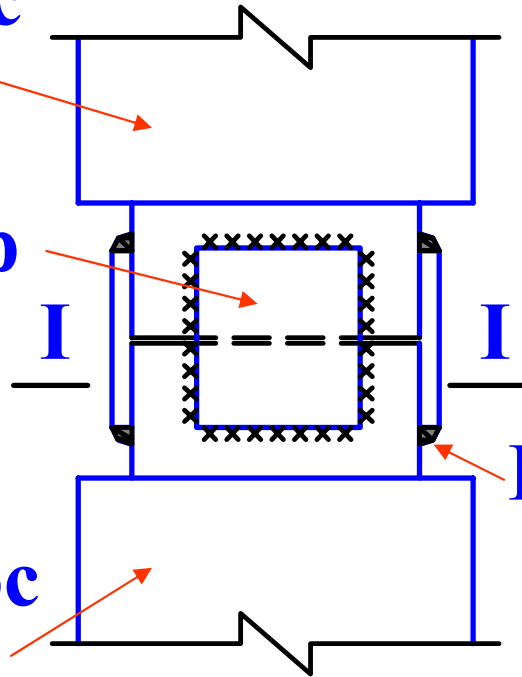
# I.3. Cấu tạo mối nối (tiếp)

## Nối hàn

Đoạn cọc  
trên

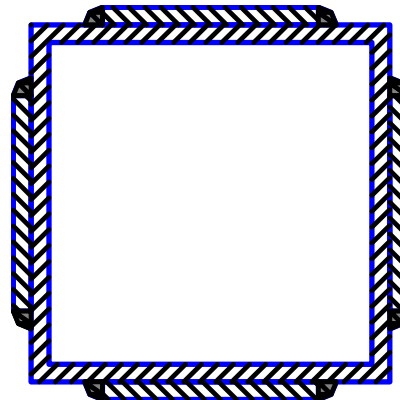
Bản thép

Đoạn cọc  
trên

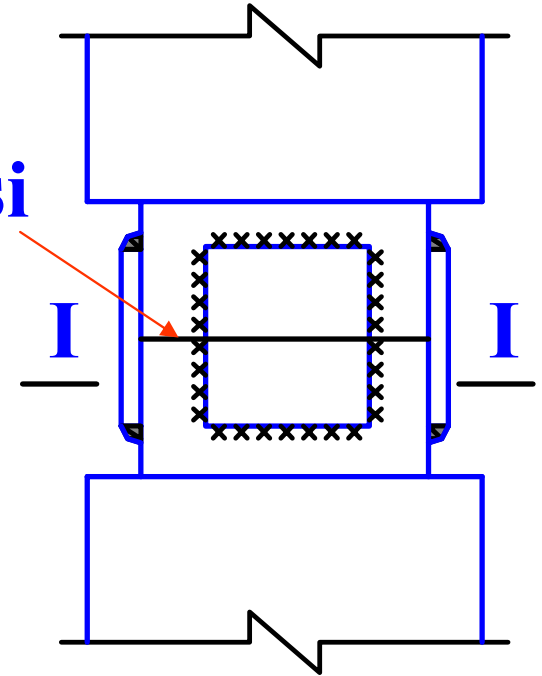


Hàn tại chỗ

I - I



Keo eposi



## I.4. Móc cầu

\* Bố trí 2 đến 3 móc để cầu cọc khi vận chuyển và để treo cọc lên giá búa khi hạ cọc.

- Thép móc cầu: nên dùng thép  $A_I$ . Số lượng và khoảng cách  $= f(L_d)$ .

- Nếu  $L_d \leq (6 \div 7)m$  : bố trí 2 móc cầu cách đều đầu cọc một đoạn  $a = (0,2 \div 0,25)L_d$ ;

Với  $a = 0,207L_d$  thì  $|M^+| = |M^-|$

- Nếu  $L_d > (7 \div 8)m$  : bố trí 3 móc cầu

+ Hai móc cầu cách đều đầu cọc  $a = (0,2 \div 0,25)L_d$ ;

+ Móc cầu thứ 3 cách đầu cọc 1 đoạn  $b \approx 0,3L_d$ .

Với  $b = 0,294L_d$  thì  $|M^+| = |M^-|$

Thực tế có thể móc cầu thứ 3 không bố trí sẵn mà đặt lỗ xỏ thanh treo hoặc buộc dây.

## II. Cấu tạo cọc đổ tại chỗ

\* BT đổ tại chỗ → không có mối nối, không chịu lực khi thi công.

\* **Bê tông cọc:** cấp độ bền  $\geq$  B25

\* **Cốt thép:** - **Thép chịu lực:** thép A<sub>II</sub> trở lên,  $\geq \varnothing 20$ . Bố trí đều theo chu vi.

+ Cọc chịu tải trọng ngang lớn: đặt suốt chiều dài cọc;

+ Cọc chủ yếu chịu tải trọng đứng: đặt trong phạm vi  $(1/3 \div 1/2)$  chiều dài cọc, đoạn dưới đặt cấu tạo.

- **Thép đai:**  $\varnothing 10 \div \varnothing 12$ , tăng cường  $\varnothing 14 \div \varnothing 16$  tại các vị trí cách đều  $(1,5 \div 2)$ m để tăng độ ổn định cho toàn bộ lồng thép.

\* **Lớp bảo vệ BT cọc:**  $a_0 \geq 10\text{cm}$ .

## §4. Cấu tạo đài cọc

### I. Yêu cầu chung

**\* Vật liệu:** BTCT (toàn khối hoặc lắp ghép)

- BT đài: cấp độ bền  $\geq \text{B20}$ .
- Cốt thép đài: thép  $A_{II}$  trở lên,  $\geq \text{Ø12}$ .
- Lớp bảo vệ BT đài  $a_0 \geq 5\text{cm}$ .

**\* Cấu tạo:**

- $h_d = f(\text{ĐC} - \text{SCT của đất dưới đáy đài, cấu tạo MB đáy CT})$
- $h$ : tính toán
- Đỉnh đài phụ thuộc đáy CT.
- Đáy đài phụ thuộc số lượng và sơ đồ bố trí cọc.

## II. Hình dáng mặt bằng đài

- Hình dáng MB đáy đài phụ thuộc và MB đáy CT; vào số lượng và sơ đồ bố trí cọc:

+ Khoảng cách từ mép cọc ngoài cùng đến mép đài  $\delta_x, \delta_y \geq \max\{100 \text{ và } D_c/2\}$

+ Khoảng cách từ tim cọc ngoài cùng đến mép đài  $\geq D_c$ .

+ Khoảng cách cọc  $\Delta_x, \Delta_y = (3 \div 6)D_c$ .

- Với cọc nhồi có thể bố trí  $\Delta_x, \Delta_y = 2,5D_c$ .

- Kích thước các cạnh đài cọc nên lấy chẵn đến 5cm.

### **III. Cấu tạo liên kết đài cọc**

- \* Liên kết cọc với đài thường là liên kết ngàm.**
- Nếu đầu cọc không thể đập (trụ cầu): chiều dài cọc ngàm trong đài  $\geq \max\{1,2m \text{ và } 2D_c\}$  với  $D_c > 600$ .**
- Nếu đập đầu cọc thì đoạn đập đầu cọc  $\geq l_{neo}$  ( $l_{neo} \geq 20\emptyset$  với thép gai,  $\geq 40\emptyset$  với thép trơn); đoạn cọc ngàm trong đài chỉ cần 100.**
- TH đặc biệt có thể không liên kết trực tiếp với đài mà thông qua tầng giảm chấn (áp dụng nơi có động đất).**

## **§5. Dự báo SCT của cọc theo phương dọc trục**

### **I. Một số vấn đề chung**

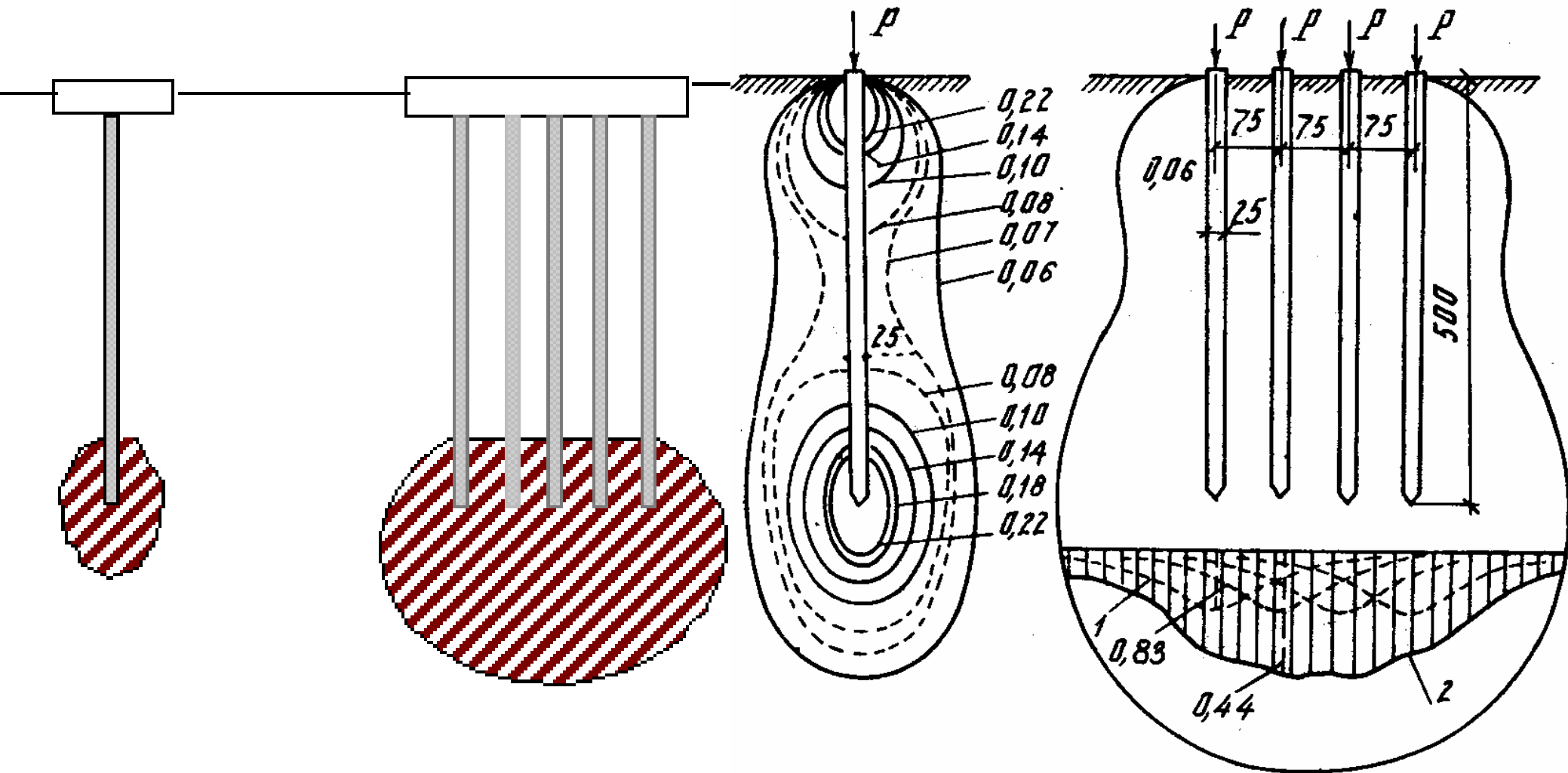
#### **a. Sự làm việc của cọc đơn và nhóm cọc**

- Sự làm việc của một cọc đơn và của một cọc trong móng cọc khác nhau rất nhiều. Tuy nhiên, khi tính toán ta vẫn coi SCT của cọc trong nhóm cọc như SCT của cọc đơn.
- Khi cùng trị số tải trọng tác dụng lên cọc đơn và lên mỗi cọc trong nhóm thấy rằng nếu các cọc càng gần nhau thì  $\sigma_z$  tại điểm trên trục cọc do cả nhóm gây ra  $\gg$  ứng suất do mỗi cọc gây ra  $\rightarrow S_{\text{nhóm cọc}} \gg S_{\text{cọc đơn}}$ . Nếu khoảng cách đạt tới một trị số nào đó thì có thể coi sự làm việc của cọc đơn như sự làm việc của cọc trong nhóm cọc.



# Phân bố ứng suất do cọc đơn và nhóm cọc

## Cọc đơn và nhóm cọc



## **b. SCT giới hạn của cọc theo vật liệu và SCT giới hạn của cọc theo đất nền**

**\* Nếu tải trọng tác dụng lên cọc đủ lớn có thể xảy ra một trong trường hợp:**

**- Cọc bị phá hoại do ứng suất trong cọc vượt quá khả năng làm việc của vật liệu cọc: tải trọng phá hoại tương ứng là SCT giới hạn của cọc theo vật liệu  $P_{gh}(vl)$ ;**

**- Tải trọng tiếp xúc đất – cọc vượt quá SCT giới hạn của đất nền tại vị trí gây ra chuyển vị cọc vượt quá giới hạn cho phép: tải trọng phá hoại tương ứng là SCT giới hạn của cọc theo đất nền  $P_{gh}(đn)$ .**

**\* SCT giới hạn của cọc  $P_{gh}(cọc) = \min\{P_{gh}(vl), P_{gh}(đn)\}$ .**

**Tuy nhiên, khi thiết kế nên  $P_{gh}(vl) \geq P_{gh}(đn)$**

**$\rightarrow P_{gh}(cọc) \equiv P_{gh}(đn)$**

## **II. Xác định SCT giới hạn của cọc theo vật liệu**

**\* SCT giới hạn của cọc theo vật liệu xác định theo**

$$P_{gh}(vl) = m(R_b \cdot A + R_{bt} \cdot A_s)$$

**m: hệ số điều kiện làm việc = f(loại đài, số cọc trong đài);**

**$R_b$  ( $R_n$ ): cường độ chịu nén tính toán của Bê tông;**

**A: diện tích phần Bê tông cọc;**

**$R_{bt}$  ( $R_a$ ): cường độ chịu kéo của cốt thép;**

**$A_s$  ( $F_a$ ): diện tích cốt thép cọc.**

## **Bảng giá trị hệ số m**

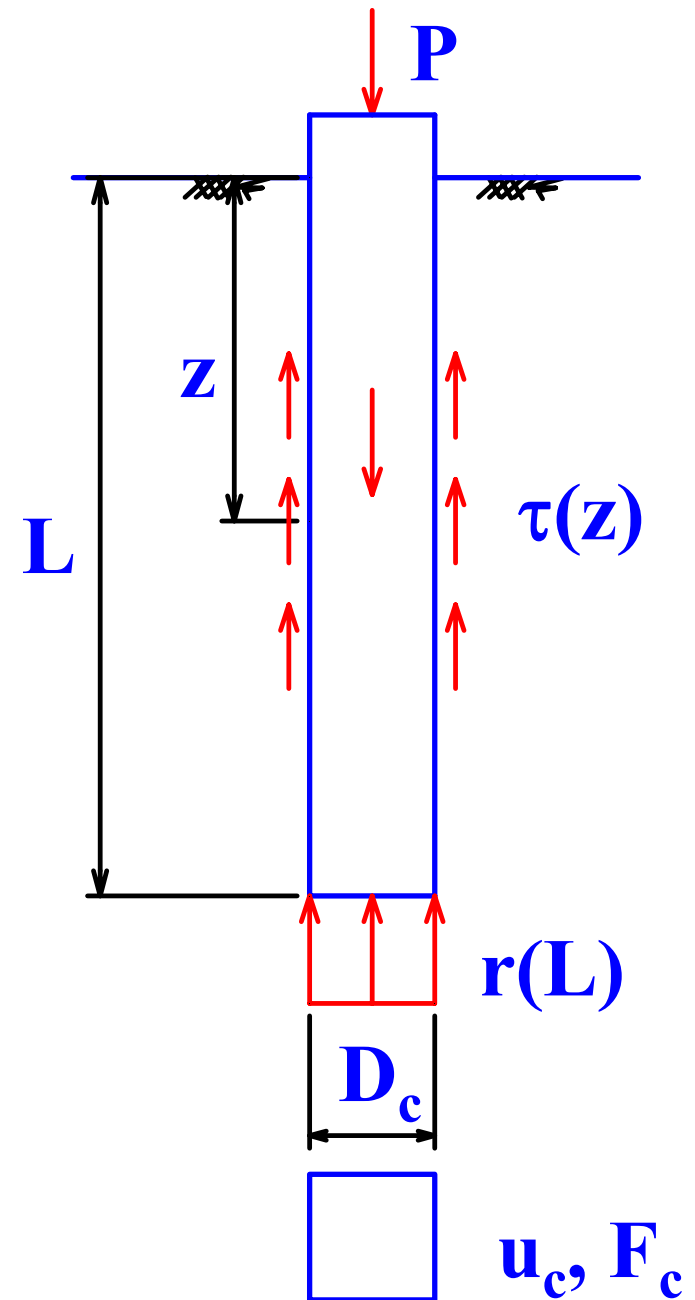
<b>Loại đài</b>	<b>Số cọc trong móng</b>			
	<b>1-5</b>	<b>6-10</b>	<b>11-20</b>	<b>&gt;20</b>
<b>Đài cao</b>	<b>0,80</b>	<b>0,85</b>	<b>0,90</b>	<b>1,00</b>
<b>Đài thấp</b>	<b>0,85</b>	<b>0,90</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>

# III. Xác định SCT giới hạn của cọc theo đất nền

## III.1. Nguyên lý

\* Khảo sát cọc diện tích  $F_c$  với chiều dài cọc trong đất  $L$  và chịu tải trọng tác dụng  $P$  ở đỉnh cọc

$P \rightarrow$  Chuyển vị tương đối giữa đất - cọc  $\Delta(z)$  ở độ sâu  $z$  và chuyển vị tại mũi cọc  $\Delta(L) \equiv S$  ở mũi cọc.



## II.1. Nguyên lý

\* Khi  $P$  đủ lớn mà:  $\tau(z) \Rightarrow \tau_{\max}(z) \equiv s(z)$ .

$$r(L) \Rightarrow r_{\max}(L) \equiv p_{gh}(L).$$

thì đất huy động được toàn bộ khả năng của nó  $\rightarrow P$  chính là SCT giới hạn của cọc theo đất nền  $P_{gh}(\text{đn})$ :

$$P_{gh} = \int_0^L \tau_{\max}(z) \cdot u_c \cdot dz + \iint_{F_c} r_{\max}(L) \cdot dF$$

$$P_{gh} = P_{ms} + P_{mũi}$$

## III.2. Công thức gần đúng xác định SCT của cọc

- Nếu trong phạm vi  $l_i$  có:  $\tau_{\max i}(z) \equiv s_i(z) = \text{const}$   
đặt  $s_i(z) \equiv \tau_i$

$$P_{ms}(P_{xq}) = \sum_{i=1}^n u_c \cdot s_i \cdot l_i = u_c \sum_{i=1}^n \tau_i \cdot l_i$$

- Do ở mũi tiết diện khá nhỏ:  $r_{\max i}(L) \equiv p_{gh}(L) = \text{const}$   
đặt  $p_{gh}(L) \equiv R_n$

$$P_{\text{mũi}} = R_n \cdot F_c.$$

- Vậy sức chịu tải giới hạn của cọc

$$P_{gh} = P_{ms} + P_{mui} = u_c \sum_{i=1}^n \tau_i \cdot l_i + R_n \cdot F_c$$

### III.3. SCT tính toán của cọc

**Sức chịu tải tính toán của cọc [P]** được hiểu là tải trọng tối đa cho phép tác dụng lên cọc một cách an toàn.

$$[P] = \frac{P_{gh}}{F_s}$$

hoặc

$$[P] = \frac{P_{ms}}{F_{s_1}} + \frac{P_{mui}}{F_{s_2}}$$

**$F_{s_1}, F_{s_2}$** : tùy thuộc vào phương pháp dự báo.



### III.4. Các phương pháp dự báo SCT của cọc theo đất nền

a. Dự báo dựa vào kết quả phân tích mẫu trong phòng TN (phương pháp thống kê – phương pháp quy phạm)

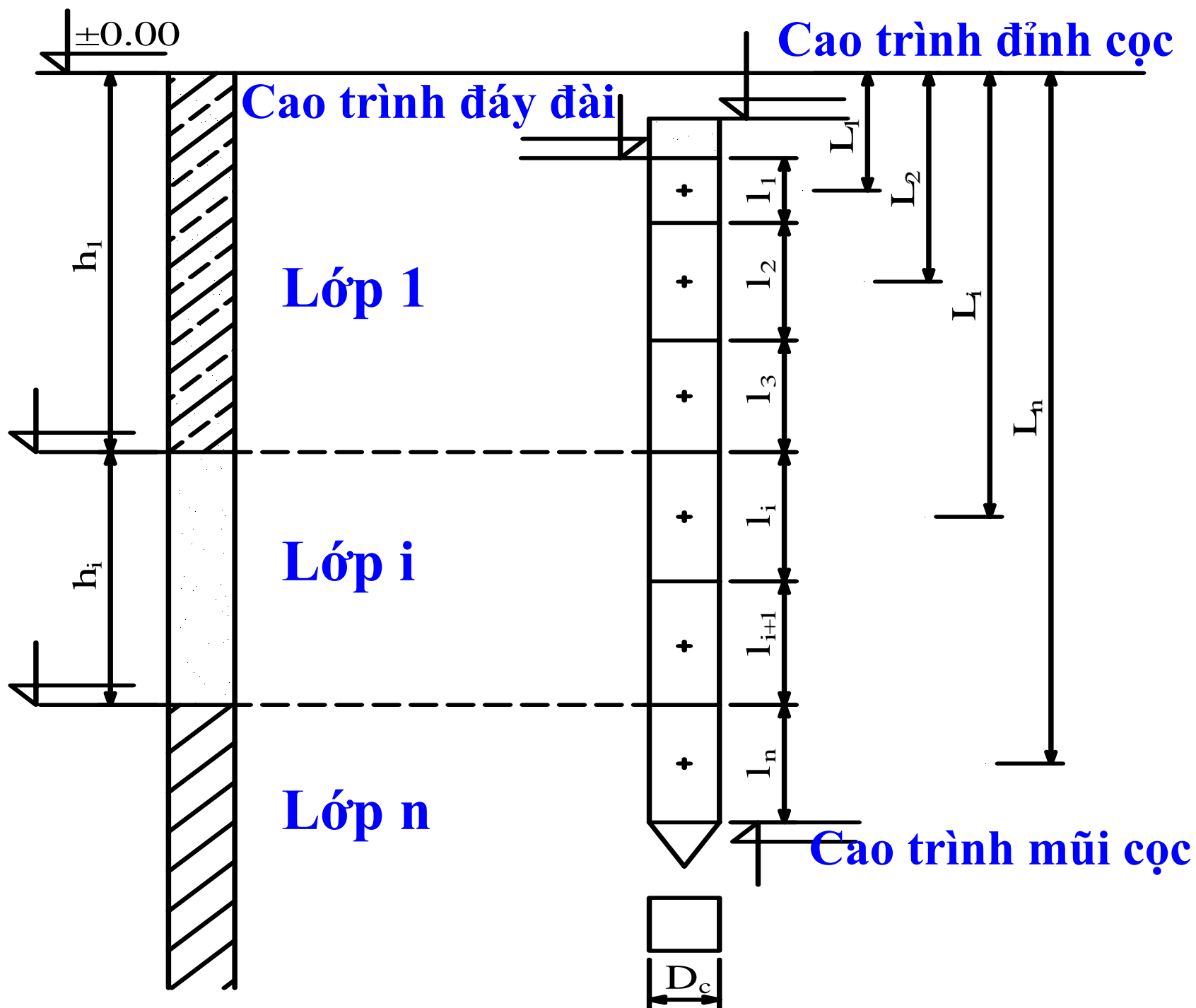
- Từ kết quả khoan + lấy mẫu  $\rightarrow$  độ sâu  $z$ .
- Phân tích mẫu trong phòng  $\rightarrow$  tên đất + trạng thái.

$\tau_i = f(\text{tên đất, trạng thái, độ sâu trung bình lớp phân tố thứ } i, L_i);$

$R_n = f(\text{tên đất, trạng thái, độ sâu mũi cọc } L).$

- Lưu ý:

- + Chiều dày mỗi lớp phân tố  $l_i \leq 2m$ ;
- + Chiều sâu bình quân của từng lớp tính từ mặt đất tự nhiên đến giữa lớp;
- + Khi  $(L_i, L) > 35m \rightarrow \text{lấy } (L_i, L) = 35m$



**\* Xác định SCT tính toán của cọc dựa theo phương pháp thống kê**

$$P_{tt} = m_{\tau} . u_c . \sum_{i=1}^n \tau_i . l_i + m_R . R_n . F_c$$

$$[P] = \frac{P_{tt}}{k_{\vec{d}}}$$

**$m_{\tau}$ ,  $m_R$ :** hệ số ảnh hưởng của phương pháp thi công đến khả năng làm việc của đất nền;

**$k_{\vec{d}} = 1,4$ .**

## **b. Dự báo SCT của cọc dựa theo k.quả xuyên tĩnh CPT**

- Kết quả CPT:  $q_c = f(z)$  và  $f_s = f(z)$ .

- Từ đó suy ra:

+ Số lớp đất, chiều dày từng lớp đất  $h_i \rightarrow l_i$ ;

+ Tên đất, trạng thái của đất;

$$+ \tau_i = \frac{q_{ci}}{\alpha_i}$$

$$+ R_n = k_n \cdot q_{cn}$$

$q_{ci}, q_{cn}$ : giá trị trung bình sức kháng xuyên của lớp đất thứ  $i$  và lớp đất ở mũi cọc;

$\alpha_i, k_n = f(q_c, \text{loại đất, vật liệu cọc, phương pháp thi công})$

## b. Dự báo SCT của cọc dựa theo k.quả xuyên tĩnh CPT

**Lưu ý:** Khi xác định  $\tau_i$  luôn lấy  $\leq$  giá trị cực đại của  $\tau_{\max}$

$$\tau_{\max} = f(q_c, \text{loại đất})$$

Nếu  $\tau_i = \frac{q_{ci}}{\alpha_i} > \tau_{\max}$  lấy  $\tau_i = \tau_{\max}$ .

**\* SCT tính toán của cọc**

$$[P] = \frac{P_{ms}}{Fs_1} + \frac{P_{mui}}{Fs_2}$$

$$Fs_1 = 1,0 \div 1,5$$

$$Fs_2 = 2,0 \div 3,0.$$

hoặc

$$[P] = \frac{P_{ms} + P_{mui}}{Fs}$$

$$Fs = 2,0 \div 2,5$$

## c. Dự báo SCT của cọc dựa theo kết quả xuyên tiêu chuẩn SPT

- Kết quả SPT:  $N = f(z)$  (khoảng 1,5m /1 TN).
  - Từ đó suy ra:
    - + Số lớp đất, chiều dày từng lớp đất  $h_i \rightarrow l_i$ ;
    - +  $\tau_i = \alpha N_i$ ;
    - +  $R_n = \beta N_n$ .
- $N_i, N_n$ : số nhát búa trung bình của lớp đất thứ  $i$  và lớp đất ở mũi cọc;
- $\alpha = f(\text{phương pháp thi công})$   
 $\alpha = 2(\text{kPa})$ : cọc đóng;  $\alpha = 1(\text{kPa})$ : cọc nhồi;
- $\beta = f(\text{phương pháp thi công})$   
 $\beta = 400(\text{kPa})$ : cọc đóng;  $\beta = 120(\text{kPa})$ : cọc nhồi

## \* Xác định SCT tính toán của cọc dựa theo kết quả SPT

$$[P] = \frac{P_{ms}}{Fs_1} + \frac{P_{mui}}{Fs_2}$$

$$[P] = \frac{P_{gh}}{Fs} = \frac{P_{ms} + P_{mui}}{Fs}$$

$$Fs = 3,0 \div 6,0$$

## **§6. Dự báo sức chịu tải của cọc bằng thí nghiệm hiện trường (thí nghiệm thử cọc)**

### **I. Một số vấn đề chung**

#### **\* Cọc thử:**

- Cọc được chế tạo theo đúng thiết kế ban đầu ( $L_c$  ( $L$ ),  $D_c$ , nối cọc ...);**
- Thi công theo phương pháp dự kiến tại khu vực XD.**

#### **\* Các phương pháp thí nghiệm thử cọc:**

- Đóng thử cọc;**
- Nén tĩnh: thường dùng làm chuẩn để so sánh**



# A. Dự báo sức chịu tải giới hạn của cọc theo thí nghiệm đóng thử cọc

## I. Khái niệm cơ bản

- Hạ cọc đến độ sâu t/kế, để cọc nghỉ, sau đó tiến hành TN: dùng búa trọng lượng  $Q$  thả rơi ở chiều cao  $H$  xuống đầu cọc thử trọng lượng  $q$  (gồm cả phụ kiện: đệm đầu cọc, cọc dẫn...) làm **đầu cọc lún xuống một đoạn  $e$** .

**$e$** : độ lún của cọc sau 1 nhát búa gọi là “**độ chối**” của cọc khi đóng - độ xuyên sâu bình quân của cọc do 1 nhát búa.

- Độ chối của cọc  **$e$  càng bé  $\rightarrow$  SCT giới hạn của cọc càng lớn và ngược lại**. Qua TN tìm kiếm quan hệ  $e - P_{gh}$ .

\* Khảo sát cọc trọng lượng  $q$  (gồm cả phụ kiện) chịu va chạm của búa trọng lượng  $Q$  rơi từ độ cao  $H$ .

**BT cơ bản:** đo độ chổi  $e$  của cọc, từ đó xác định SCT giới hạn của cọc  $P_{gh}$ .

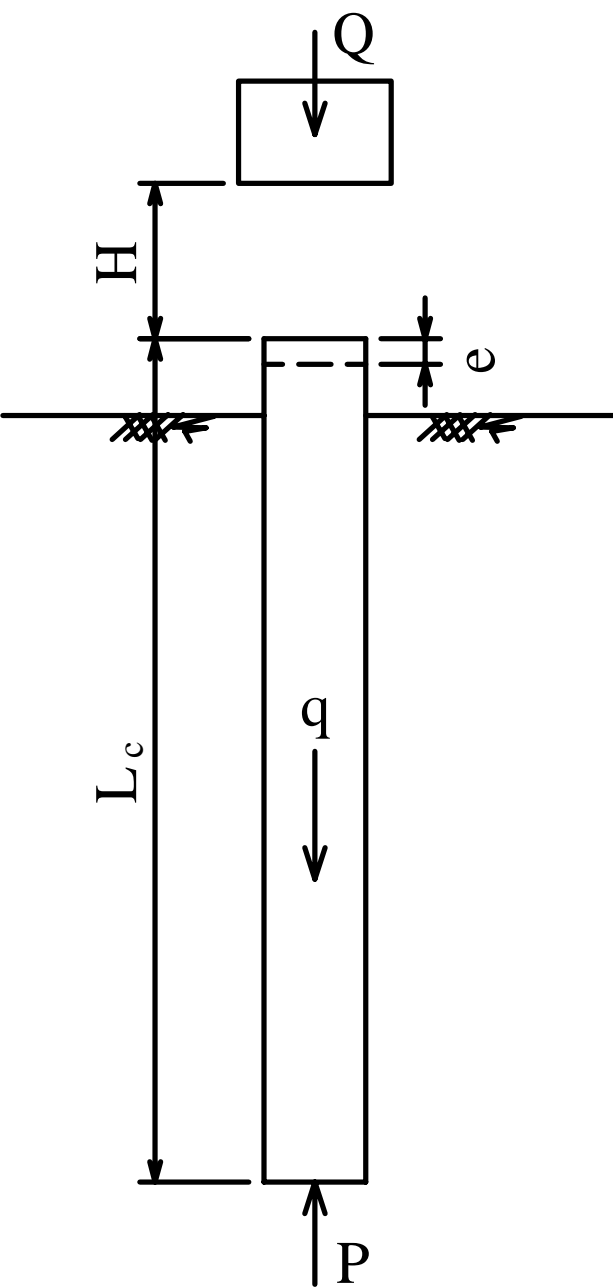
- Ở độ cao  $H$  cọc tích được năng lượng  $QH$  (thế năng của búa).

- Đóng cọc dần tới va chạm giữa búa  $Q$  và cọc  $q$ , năng lượng  $QH$  sẽ chuyển thành:

+ Cọc dịch chuyển 1 đoạn  $e$ ;

+ Búa nảy ngược trở lại 1 đoạn  $h$ ;

+ Một phần năng lượng tiêu tán ra xung quanh.



## **\* Giả thiết**

- Va chạm giữa cọc và búa là va chạm đàn hồi (để coi động lượng bảo toàn)  $\rightarrow$  thế năng của búa QH = năng lượng va chạm, PT cân bằng năng lượng:

$$QH = P.e + Q_h + \alpha QH$$

**e:** độ chúi của cọc (chuyển dịch của cọc);

**P:** tổng phản lực của đất nền lên cọc;

**h:** độ nảy của búa sau va chạm

**$\alpha$ :** hệ số tổn thất năng lượng do các nguyên nhân khác nhau: do dao động đàn hồi của cọc, dao động của đất quanh cọc, do ma sát của hệ thống đóng cọc...

## II. Công thức đóng cọc của Gherxevanov

### \* Giả thiết:

- Búa không nảy ( $h = 0$ ) (dùng đệm đầu cọc);
- Khi bắt đầu đóng cọc, phản lực của đất không có:

$$\frac{P}{F_c} = 0$$

- Khi không thể đóng được nữa ( $e = 0$ ) coi (thực tế điều này không xảy ra vì tăng trọng lượng búa sẽ có thời điểm  $e \neq 0$ ):

$$\frac{P}{F_c} = \infty$$

## II. Công thức đóng cọc của Gherxevanov (tiếp)

- Quan hệ năng lượng va chạm với độ chối  $e$  và phản lực nền  $P$  được viết lại:

$$(1 - \alpha)QH = Pe$$

$$\beta QH = Pe \quad \text{với } \beta = (1 - \alpha)$$

- Phản lực đất khi đóng theo độ chối  $e$ :  $P = \beta \frac{QH}{e}$

**\* Diễn dịch kết quả:**

Từ độ chối  $e$  đo được  $\rightarrow P_{gh}$  như sau:

$$P_{gh} = -\frac{nF_c}{2} + \sqrt{\left(\frac{nF_c}{2}\right)^2 + \frac{Q + k^2 q}{Q + q} \frac{nF_c}{e} QH}$$

## \* Diễn dịch kết quả thí nghiệm đóng thử cọc

**n, k:** hệ số xác định từ thí nghiệm thích hợp:

$$k = 0,45 \quad (k^2 \approx 0,2)$$

**n = 15 (kG/cm<sup>2</sup>):** cọc BTCT có đệm gỗ ở đầu cọc;

**Q:** trọng lượng búa;

**H:** chiều cao rơi của búa;

**q:** trọng lượng phần bị va chạm gồm trọng lượng cọc và các phụ kiện (nếu có): đe búa, đệm búa, đệm cọc, cọc dẫn...

**F<sub>c</sub>:** diện tích tiết diện cọc.

**Lưu ý:** Quy phạm VN quy định công thức trên áp dụng với  **$e \geq 0,0002$** .

Nếu  **$e < 0,002m$**  thì **thay búa**.

## Bảng giá trị hệ số n

<b>Loại cọc và đệm cọc</b>	<b>n (kG/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>Cọc gỗ:</b> - có đệm	<b>8</b>
- không đệm	<b>10</b>
<b>Cọc BTCT có cọc dẫn</b>	<b>15</b>
<b>Cọc thép:</b> - có đệm gỗ	<b>20</b>
- có đệm thép và cọc dẫn	<b>30</b>
- có cọc dẫn , không có đệm.	<b>50</b>

## \* Xác định SCT cho phép từ thí nghiệm đóng thử cọc

Khi  $e \geq 0,0002$ :

$$P_{tt} = \frac{nF_c M}{2} \left[ \sqrt{1 + \frac{4E}{nF_c e_f} \frac{Q + k^2 q}{Q + q}} - 1 \right] \quad [P] = \frac{P_{tt}}{k_d}$$

**E:** năng lượng một nhát búa, tính bằng QH hoặc tra bảng;

**M:** hệ số kiểu búa, khi dùng búa va đập  $M = 1$ , các trường hợp khác tra bảng;

**$e_f$ :** độ chồi thực tế, lấy dưới 1 nhát búa hoặc trong 1 phút rung;

**$k_d = 1,4$ .**



## **B. Thí nghiệm nén tĩnh cọc**

### **I. Khái niệm chung**

**\* TN nén tĩnh cọc nhằm:**

- Đảm bảo chắc chắn sự phá hoại cọc không xảy ra trước khi xuất hiện tải trọng giới hạn mong muốn bằng  $F_s$  lần tải trọng làm việc dự kiến tác dụng lên cọc;**
- Xác định lại SCT giới hạn của cọc so với dự báo theo tài liệu địa chất, với kết quả đóng thử cọc... → điều chỉnh thiết kế ban đầu (nếu cần).**
- Nghiên cứu tính biến dạng – tải trọng của cọc, dự báo độ lún của nhóm cọc hoặc những cọc khác**

## \* Các phương pháp TN nén tĩnh

- **Thí nghiệm ML** (maintained loading) (TN “chậm”): dùng nghiên cứu đặc tính biến dạng – tải trọng của cọc.

TN được tiến hành với tải trọng được tăng dần theo từng cấp và duy trì giá trị tải trọng không đổi ở mỗi cấp cho đến khi cọc đạt được sự ổn định lún.

- **Thí nghiệm CRP** (constant rate of penetration) (TN “nhanh”): Tải trọng tăng liên tục sao cho tốc độ lún không đổi.

- **Thí nghiệm cân bằng** (kết hợp TN nhanh và chậm): Tải trọng tăng dần theo từng cấp, với mỗi cấp tải trọng tăng cao một chút (5 ÷ 15 phút) và duy trì trong thời gian ngắn, sau đó giảm xuống mức yêu cầu và duy trì cho đến khi ổn định.

## II. Thí nghiệm nén cọc với tải trọng duy trì ML

**1. Nguyên tắc TN:** tác dụng lên đầu cọc lực nén tĩnh tăng dần cho đến khi cọc bị phá hoại hoặc thỏa mãn yêu cầu khảo sát. Đo độ lún của đầu cọc ở mỗi cấp tải.

Từ quan hệ  $(P, S) \rightarrow$  SCT giới hạn của cọc.

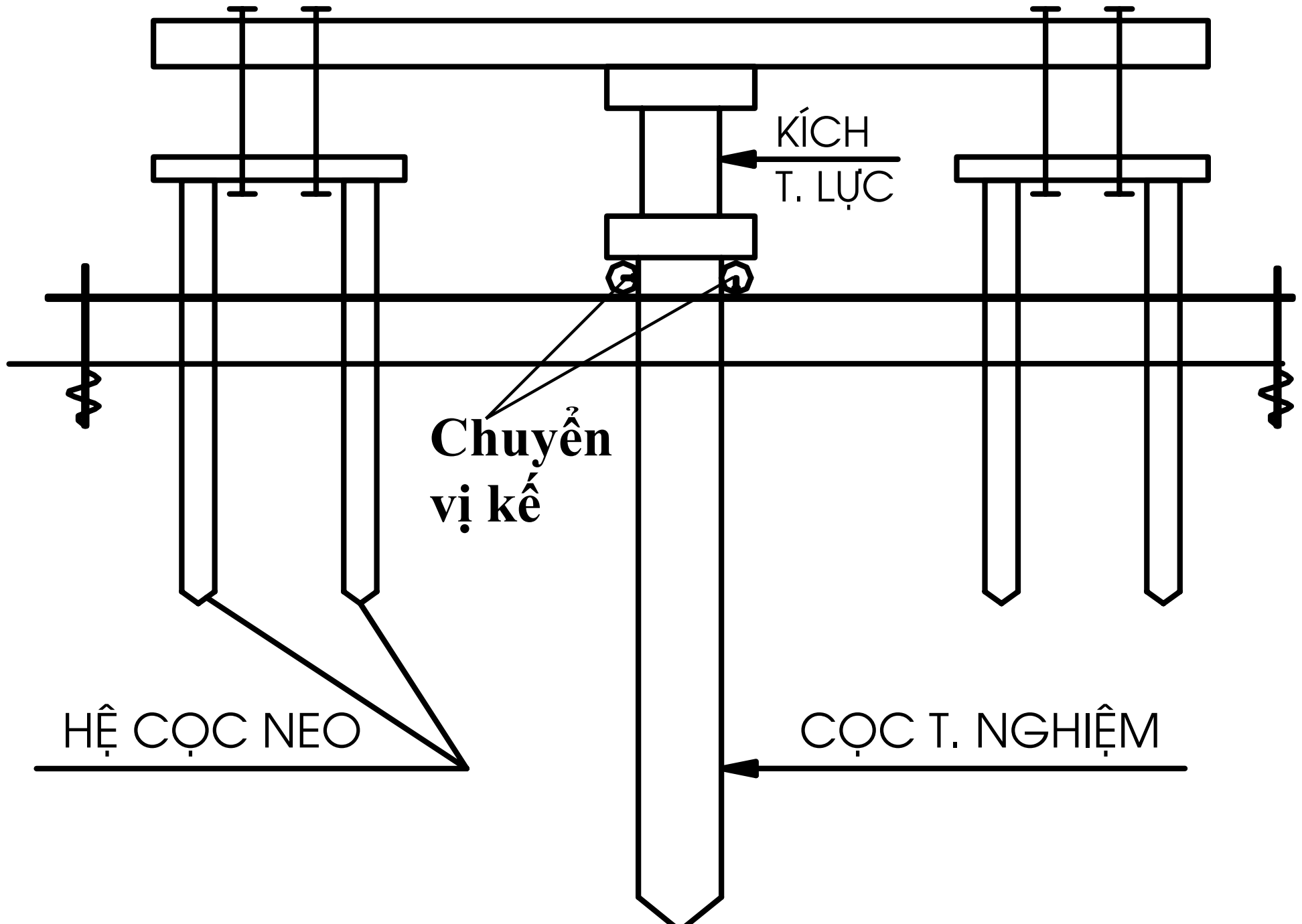
### 2. Sơ đồ và thiết bị TN:

**a. Hệ thống gia tải:** kích thủy lực và đối trọng.

**\*Kích thủy lực:**

- Năng lực của kích  $P_{\max}(\text{kích}) \geq 1,5 P_{\max}(\text{TN})$
- $P_{\max}(\text{TN})$ : tải TN lớn nhất dự kiến, tùy mục đích TN:
  - + TN đến phá hoại:  $P_{\max}(\text{TN}) \geq (2,5 \div 3)$  tải dự kiến;
  - + TN kiểm tra:  $P_{\max}(\text{TN}) \geq 1,5$  tải dự kiến.
- Nếu 1 kích không đủ  $\rightarrow$  ghép nhiều kích (đảm bảo nguyên tắc lực nén dọc trục cọc đúng tâm)

# Sơ đồ TN nén tĩnh



**\* Đối trọng:** trọng lượng đối trọng  $Q \geq P_{\max}(\text{kích})$  để:

- Kích làm việc tối đa vẫn an toàn;
- Có thể phát triển TN (nếu cần) vì nhiều khi TN đến  $P_{\max}(\text{TN})$  vẫn chưa bị phá hoại.

Có nhiều hình thức tạo hệ thống đối tải khác nhau tùy thuộc  $P_{\max}(\text{TN})$ :

- **Nếu  $P_{\max}(\text{TN})$  nhỏ dưới vài trăm Tấn:** đối tải bằng neo (cọc neo hoặc neo guồng xoắn).
- **Nếu  $P_{\max}(\text{TN})$  đến trên dưới 2500 Tấn:** đối tải là vật nặng (BT/ thép)
- **Nếu  $P_{\max}(\text{TN})$  rất lớn đến vài chục nghìn Tấn:** đối tải là trọng lượng bản thân cọc, ma sát giữa đất với thành bên cọc và phản lực đất dưới mũi cọc: TN Osterberg Test (O-Test)

**b. Hệ thống đo chuyển vị:** Chuyển vị của đầu cọc đo bằng đồng hồ đo chuyển vị gắn trực tiếp vào đầu cọc hoặc bằng các thiết bị đo từ xa.

- Đồng hồ đo chuyển vị: dùng phổ biến vì độ chính xác cao và ít bị ảnh hưởng của thời tiết.

+ Độ chính xác của đồng hồ: tối thiểu 0,01mm.

+ Bố trí tối thiểu 2 chiếc đối xứng qua trục dọc cọc.  
Đồng hồ được gắn cố định vào hệ thống dầm đỡ

### 3. Cách thí nghiệm

- Tăng tải và theo dõi độ lún để có quan hệ (P,S).
- Cách tăng tải: cách tăng tải khác nhau tùy theo phương pháp TN là ML, CPR, QML...

### 4. Kết quả thí nghiệm

- Mỗi cấp tải thu được cặp số liệu  $\{P_i, S_i\}$ .
- Vẽ biểu đồ quan hệ (P,t); (S,t); (P,S).
- \* **Diễn dịch kết quả:** dự báo SCT giới hạn của cọc và SCT cho phép tác dụng lên cọc.
- SCT giới hạn của cọc: tải trọng nhỏ nhất tác dụng lên cọc gây ra:
  - + Sự phá hoại bản thân vật liệu cọc  $\rightarrow$  SCT của cọc theo vật liệu;
  - + Sự lún liên tục đầu cọc khi tải trọng không đổi hoặc sự tăng đột ngột độ lún đầu cọc  $\rightarrow$  SCT của cọc theo đất nền

**- Xác định SCT giới hạn của cọc P<sub>gh</sub>:**

**+ Từ đường cong nén  $P = f(S)$ , ứng với độ lún  $S^* \rightarrow$  SCT giới hạn của cọc xác định trên đồ thị theo:**

$$P_{gh} = f(S^*) = P(S = S^*)$$

**$S^*$ : phụ thuộc vào quy phạm**

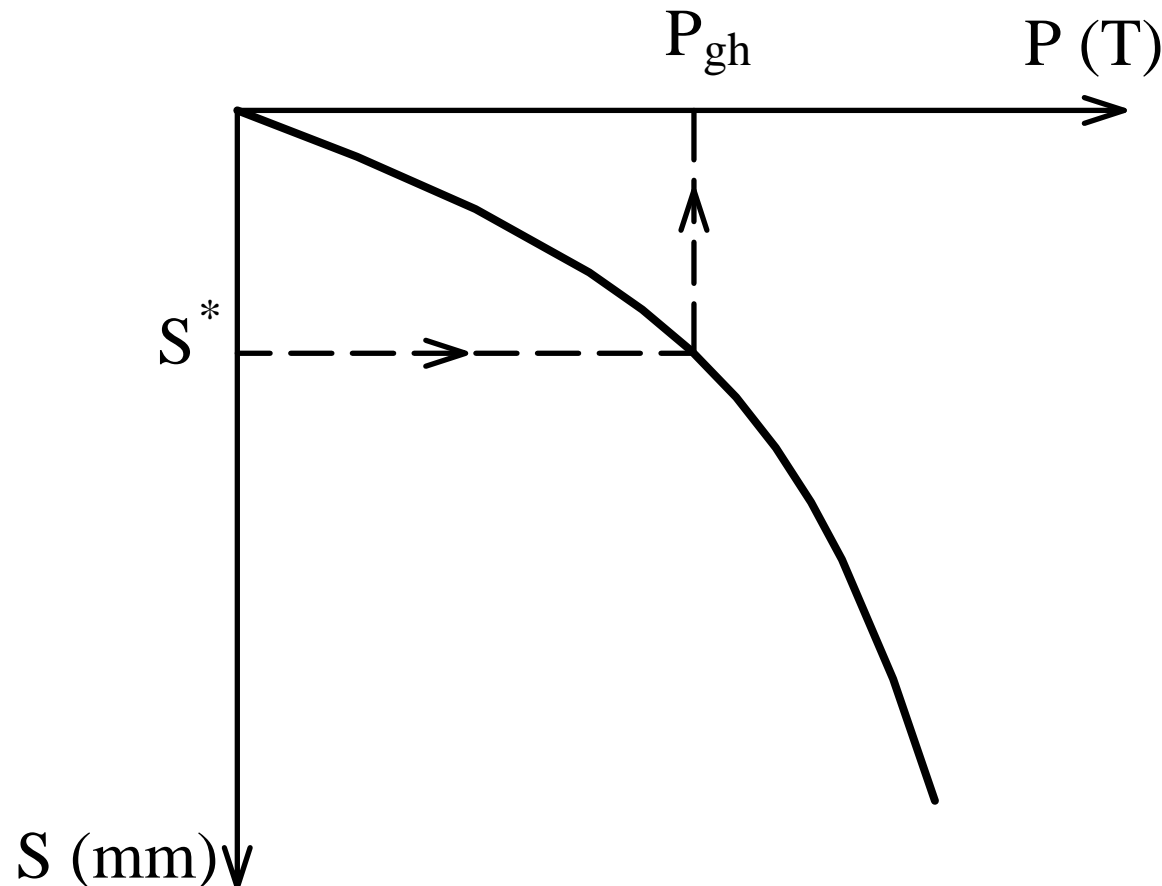
$$S^* = \min\{0,2[S], 40\text{mm}\}$$

**- Tải trọng cho phép  
tác dụng lên cọc  $[P]$**

$$[P] = \frac{P_{gh}}{F_s}$$

$$F_s = 1,2$$

$$(F_s = 1,25)$$





## §8. Thiết kế móng cọc đài thấp

### I. Khái niệm về móng cọc đài thấp

- Khi đáy đài đủ sâu thì áp lực đất lên thành bên sẽ chịu lực ngang  $Q_o \rightarrow$  cọc không chịu tải trọng ngang và mômen  $\rightarrow$  **móng cọc đài thấp.**

- Chiều sâu tối thiểu của đài cọc

$$h_{\min} = 0,7 \left( \operatorname{tg} 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \sqrt{\frac{Q_o}{\gamma b}}$$

+  $Q_o$ : tải trọng ngang tác dụng lên phương vuông góc với cạnh  $b$ ;

+  $b$ : kích thước cạnh đài phát sinh áp lực đất;

+  $\gamma$ : trọng lượng riêng của đất trên đáy đài;

+  $\varphi$ : góc ma sát trong của đất trên đáy đài.

**\* Móng cọc = Đài + Cọc → thiết kế gồm 2 phần:**

- Thiết kế cọc, thiết kế đài;
- Ghép cọc và đài thành móng cọc tổng thể.

**\* Thiết kế móng cọc theo 2 giai đoạn:**

- **Giai đoạn thiết kế sơ bộ:**

**Cọc:** Xác định các thông số về kích thước cọc, số lượng cọc, cách bố trí cọc, phương án thi công cọc:

**Đài:** Xác định  $h_d$ ; kích thước đáy đài  $l \times b/b$ .

- **Giai đoạn tính toán kiểm tra**

+ **Cọc:** theo cường độ (khi thi công và khi sử dụng);

+ **Đài:** theo cường độ khi sử dụng;

+ **Móng cọc:** Kiểm tra ổn định;

Kiểm tra lún

## II. Thiết kế sơ bộ móng cọc đài thấp

### II.1. Lựa chọn kích thước cọc

**\* Kích thước cọc gồm: đường kính (hoặc cạnh cọc)  $D_c$ , chiều dài làm việc của cọc  $L$ , chiều dài thực của cọc  $L_c$ .**

**- Lựa chọn  $D_c$ : chọn tương ứng với chiều dài làm việc của cọc:**

$$\frac{L}{D_c} \leq (70 \div 100)$$

**-  $L$ : Chiều dài làm việc sơ bộ của cọc chọn theo điều kiện địa chất và tải trọng, tải trọng dự kiến làm việc của cọc và phương pháp thi công thích hợp.**

## Lựa chọn chiều dài cọc theo điều kiện địa chất

### a. Sơ đồ địa tầng dạng a (nền chỉ gồm đất tốt)

- $L = f(\text{tải trọng làm việc dự kiến của cọc}, D_c);$
- Tải trọng làm việc dự kiến =  $f(\text{tải trọng công trình}, n_c).$

### b. Sơ đồ địa tầng dạng b (đất tốt nằm dưới đất yếu có chiều dày $h_y$ )

- Chiều dài cọc thỏa mãn  $L \geq L_{\min} = h_y + L_n$

$L_{\min}$ : chiều dài tối thiểu của cọc.

$L_n$ : chiều dài cọc ngàm vào đất tốt, chọn  $L_n \geq 3D_c$  để phản lực đất  $R_n$  của lớp đất ở mũi cọc phát huy hết khả năng làm việc.

- Nếu đất tốt là đất rất chặt hoặc đá, có thể không đủ chiều dài  $3D_c$  do thi công không thực hiện được  $\rightarrow$  chọn  $L_n$  ít hơn thì khi dự báo SCT phải xử lý “chiều dài” thiếu này.

## Lựa chọn chiều dài cọc theo điều kiện địa chất

c. Sơ đồ địa tầng dạng c (đất tốt chiều dày  $h_1$  nằm trên đất yếu có chiều dày  $h_y$ , kết thúc là đất tốt): 2 TH

\* Mũi cọc hạ vào đất tốt bên trên ( $h_1$  đủ dày)

Chiều dài cọc thỏa mãn:  $L \leq L_{\max} = h_1 - \Delta h$

$L_{\max}$ : chiều dài tốt đa của cọc

$\Delta h$ : phần còn lại của đất dưới mũi cọc phải đủ dày để tải trọng CT không ảnh hưởng đến lớp đất yếu bên dưới.

\* Mũi cọc hạ vào lớp đất tốt bên dưới

Chiều dài cọc thỏa mãn  $L \geq L_{\min} = h_1 + h_y + L_n$

$L_{\min}$ : chiều dài tối thiểu của cọc.

$L_n$ : chiều dài cọc ngàm vào đất tốt, chọn  $L_n \geq 3D_c$ .

## II.2. Dự báo SCT tải của cọc

Dự báo SCT giới hạn  $P_{gh}$  và sức chịu tải cho phép  $[P]$  của cọc theo một trong các phương pháp đã nêu ở trên.

## II.3. Xác định sơ bộ số lượng cọc

\* Số lượng cọc  $n_c$  được chọn sơ bộ theo công thức

$$n_c = \beta \frac{N_o}{[P]}$$

- $N_o$ : giá trị thiết kế của tổng tải trọng thẳng đứng tác dụng lên móng;
- $\beta$ : hệ số kể đến ảnh hưởng của mômen và trọng lượng đất và vật liệu đài cọc trên đáy đài,  $\beta = 1,2 \div 2,0$ .

## **II.4. Bố trí cọc**

### **a. Bố trí cọc trên mặt bằng**

- \* Sau khi xác định sơ bộ  $n_c \rightarrow$  bố trí cọc trên mặt bằng.**
- \* Các dạng sơ đồ bố trí cọc:- Sơ đồ chữ nhật;**
  - Sơ đồ tam giác cân.**
- Nếu CT có đáy tròn chịu tải trọng đúng tâm có thể bố trí cọc theo các đường tròn đồng tâm.**
- \* Khoảng cách giữa các trục cọc liên kề  $= (3 \div 6)D_c$ .**

### **b. Bố trí trên mặt đứng**

- Tùy vào tính chất tải trọng cọc có thể bố trí thẳng đứng, bố trí xiên hoặc kết hợp cả 2. Cọc xiên có độ dốc  $1/7 - 1/5$ .**
- + Cọc thẳng đứng: thi công dễ nhưng chịu tải ngang kém**

## **II.5. Kích thước đài cọc**

- Kích thước đài lựa chọn theo sơ đồ bố trí cọc sao cho có thể bao được hết các cọc và thỏa mãn yêu cầu cấu tạo của đài về khoảng cách từ mép ngoài của cọc ngoài cùng đến mép đài.**
- Kích thước đài lấy chẵn đến 5cm.**



### **III. Tính toán kiểm tra**

#### **III.1. Tính toán kiểm tra cọc**

**a. Kiểm tra cọc khi thi công:** chỉ thực hiện với cọc đúc sẵn và kiểm tra theo TTGH.

- Trong thi công cọc trải qua giai đoạn vận chuyển, lắp dựng cọc lên giá búa (giá máy ép), chịu va chạm của búa khi đóng hoặc chịu lực ép khi ép cọc.

- Ứng suất lớn nhất xuất hiện trong kết cấu cọc phải thỏa mãn điều kiện:  $\sigma_{\max} \leq R$

**R:** cường độ vật liệu cọc tương ứng với ứng suất  $\sigma_{\max}$ .

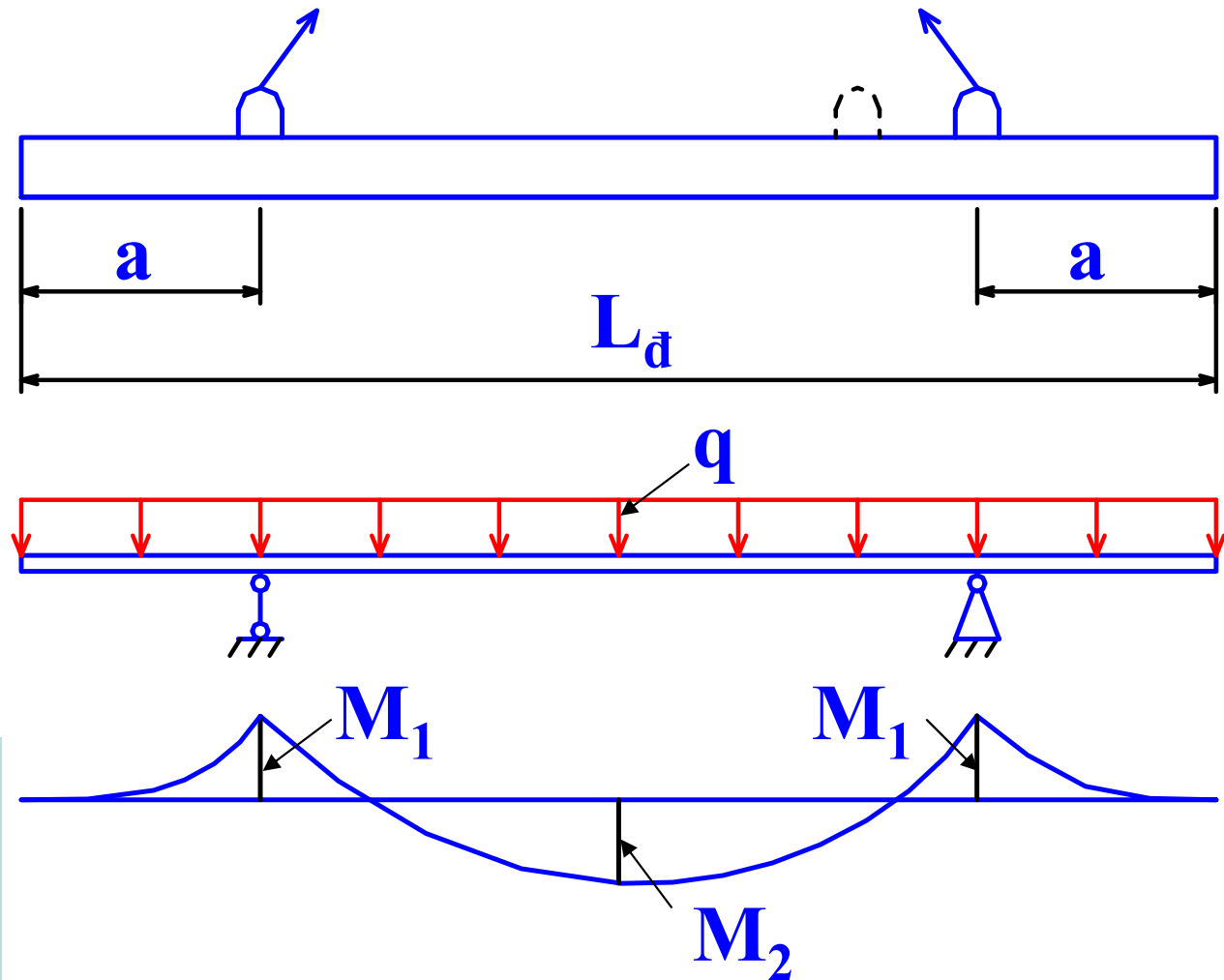
## \* Khi vận chuyển, di dời cọc

- Khi vận chuyển cọc các móc cầu đối xứng được sử dụng, sơ đồ làm việc như sau

- Tùy vị trí móc cầu, mômen lớn nhất có thể ở vị trí móc cầu hoặc giữa đoạn cọc.

$$M_1 = \frac{q \cdot a^2}{2}$$

$$M_2 = \frac{q \cdot L_{\text{đ}}^2}{8} - \frac{q \cdot a \cdot L_{\text{đ}}}{2}$$

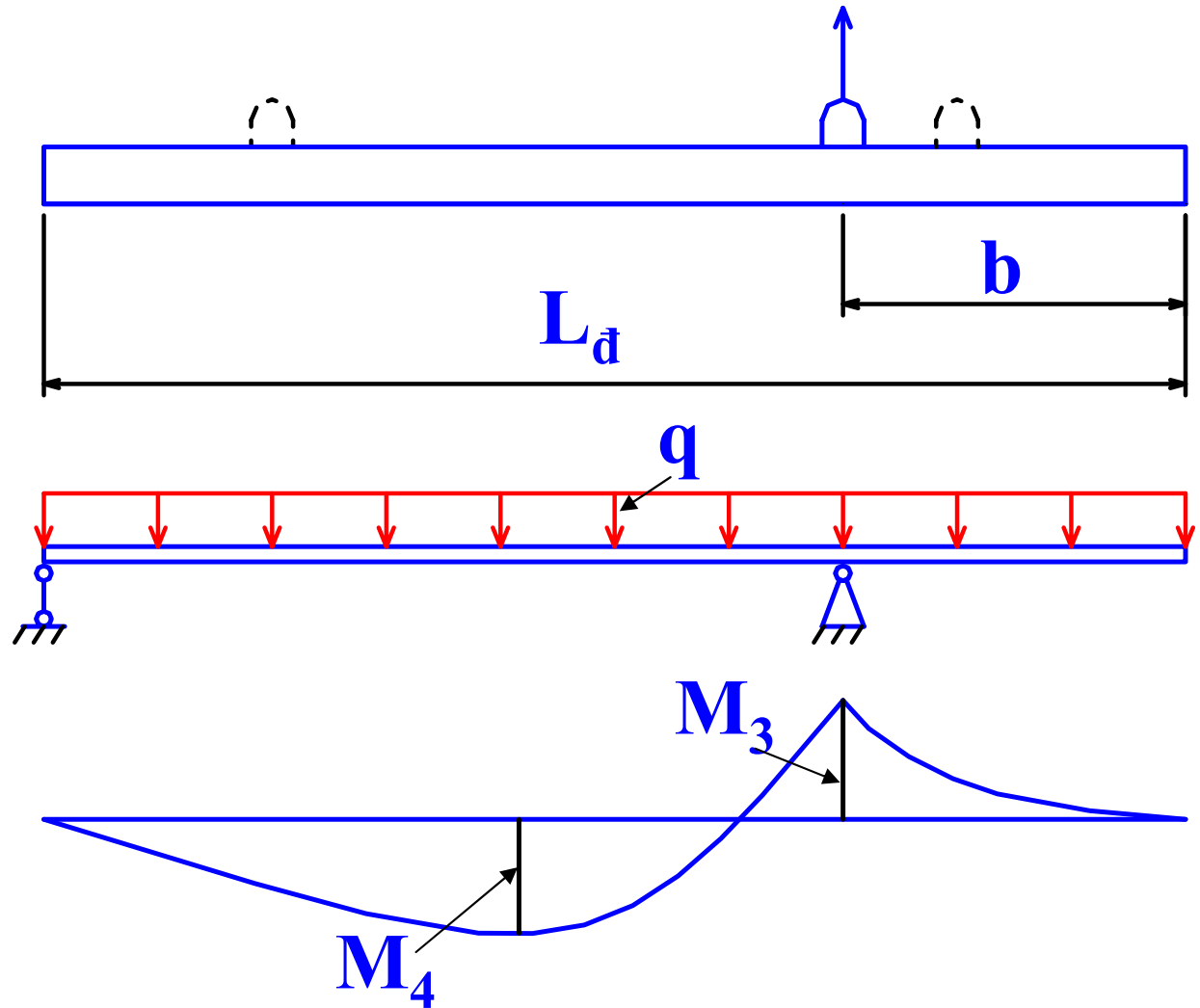


- Khi  $a = 0,207 \cdot L_{\text{đ}}$  thì  $M_1 = M_2$ .

## \* Khi lắp dựng cọc

- Nếu có 3 móc cầu, móc cầu bên trong được sử dụng.
- Nếu có 2 móc cầu, móc cầu được dùng chung.

**b:** khoảng cách từ  
mút đoạn cọc đến  
móc cầu sử dụng.



$$M_3 = \frac{q \cdot b^2}{2}$$

$$M_4 = \frac{q \cdot L_{\bar{d}}^2}{8} \left[ \frac{L_{\bar{d}} - 2b}{L_{\bar{d}} - b} \right]^2$$

- Khi  $b = 0,297 \cdot L_{\bar{d}}$  thì  $M_3 = M_4$ .

**- Mômen uốn lớn nhất để tính toán kiểm tra thép cọc**

**+ Mô men uốn lớn nhất xuất hiện khi thi công được dùng để tính toán kiểm tra thép dọc trong cọc như một cấu kiện BTCT thông thường.**

**+  $M_{\max} = \max\{M_1, M_2, M_3, M_4\}$ .**

**+ Hàm lượng cốt thép cọc tính theo công thức**

$$Fa = \frac{M_{\max}}{0,9.Ra.h_o}$$

**Ra: cường độ chịu kéo của cốt thép**

**$h_o$ : chiều cao làm việc của cọc.**

## \* Kiểm tra cường độ cọc khi đóng

- Khi đóng cọc, ứng suất do va chạm xuất hiện trong cọc thay đổi =  $f(\text{búa, cọc, điều kiện đất nền})$ . Ứng suất do va chạm có thể đổi dấu gây ra sự phá hoại vật liệu cọc  $\rightarrow$  bố trí lưới thép ở đầu cọc.

\* **Kiểm tra cường độ cọc khi thi công ép cọc:** Lực ép khi thi công gây ra ứng suất nén dọc thân cọc và có giá trị  $\sigma_{\max}$  ở đầu cọc. Ứng suất nén trong cọc xác định theo

$$\sigma_{\max} = n \frac{P_{\text{ép}}}{F_c} \leq R_n$$

$R_n$ : cường độ chịu nén của Bê tông cọc;

$P_{\text{ép}}$ : lực ép lớn nhất khi thi công;

$F_c$ : diện tích tiết diện cọc.

## **b. Tính toán kiểm tra cọc khi sử dụng**

### **\* Xác định tải trọng làm việc của cọc**

**- Gọi tải trọng tác dụng lên cọc thứ  $i$  bất kỳ trong móng  $\{P_i, H_i, M_i\}$  do tải trọng CT ở mặt đất  $\{N_o, Q_o, M_o\}$  gây ra.**

### **\* Giả thiết để đơn giản bài toán:**

- Móng cọc là móng đài thấp;**
- Đài cọc tuyệt đối cứng;**
- Chuyển vị ngang của hệ thống đài – cọc không đáng kể**
- Bỏ qua phản lực của đất lên đáy đài, tải trọng đứng và mômen do các cọc tiếp nhận**

## \* Xác định tải trọng làm việc của cọc (tiếp)

- Từ những giả thiết trên  $\rightarrow$  cọc chỉ tiếp nhận tải trọng đứng  $P_i$ .
- Gọi hệ trục quán tính chính trung tâm của các tiết diện cọc ở đáy đài là  $0x_c y_c$ ; tải trọng ngoài so với các trục này là  $\{N, M_x, M_y\}$ ; tọa độ cọc thứ  $i$  trong hệ  $0x_c y_c$  là  $(x_i, y_i)$ .
- Nếu tất các cọc đều thẳng đứng, tải trọng tác dụng lên cọc  $P_i$  xác định theo:

$$P_i = \frac{N}{n_c} + \frac{M_y \cdot x_i}{\sum_{i=1}^{n_c} x_i^2} + \frac{M_x \cdot y_i}{\sum_{i=1}^{n_c} y_i^2}$$

## \* Xác định tải trọng làm việc của cọc (tiếp)

$n_c$ : số lượng cọc trong móng;

$N$ : tổng tải trọng thẳng đứng ở đáy đài,  $N = N_0 + Q$

$Q$ : trọng lượng vật liệu đài và đất trên đáy đài;

$M_x, M_y$ : mômen của tải trọng ngoài lấy đối với trục  $0x_c, 0y_c$  ở đáy đài.

- Giá trị lớn nhất  $P_{\max}$  và nhỏ nhất  $P_{\min}$ :

$$P_{\max} = \frac{N}{n_c} + \frac{M_y \cdot |x_{\max}|}{\sum_{i=1}^{n_c} x_i^2} + \frac{M_x \cdot |y_{\max}|}{\sum_{i=1}^{n_c} y_i^2}$$

$$P_{\min} = \frac{N}{n_c} + \frac{M_y \cdot |x_{\min}|}{\sum_{i=1}^{n_c} x_i^2} + \frac{M_x \cdot |y_{\min}|}{\sum_{i=1}^{n_c} y_i^2}$$

+  $(x_{\max}, y_{\max})$ : tọa độ trong hệ  $0x_c y_c$  của cọc chịu tải lớn nhất;

+  $(x_{\min}, y_{\min})$ : tọa độ trong hệ  $0x_c y_c$  của cọc chịu tải nhỏ nhất.



## \* Kiểm tra cọc khi sử dụng

- Trong khai thác sử dụng, cọc trong móng cọc đài thấp chỉ chịu lực dọc trục. Tải trọng tác dụng lên các cọc phải thỏa mãn điều kiện:

$$P_i \leq [P].$$

$P_i$ : tải trọng tác dụng lên đầu cọc.

- Thực tế, chỉ cần quan tâm 2 cọc chịu  $P_{\max}$  và  $P_{\min}$ .

+ Nếu  $P_{\min} \geq 0 \rightarrow$  tất cả các cọc đều chịu nén, chỉ cần kiểm tra đối với cọc chịu  $P_{\max}$ :  $P_{\max} + g_c \leq [P].$

$g_c$ : trọng lượng cọc,  $g_c = L \cdot F_c \cdot \gamma_{bt}$ . Với  $\gamma_{bt} = 25 \text{ (kN/m}^3\text{)}$

+ Nếu  $P_{\min} < 0 \rightarrow$  cọc chịu kéo. Ngoài kiểm tra điều kiện như trên cho cọc chịu nén, còn phải kiểm tra khả năng chịu kéo của cọc theo điều kiện:  $|P_{\min}| - g_c \leq [P]_k.$

$[P]_k$ : khả năng chịu kéo cho phép của cọc.

## III.2. Tính toán kiểm tra đài cọc

\* Chiều cao đài xác định theo TTGH về cường độ của vật liệu đài.

Điều kiện kiểm tra:  $\sigma_{\max} \leq R$

$\sigma_{\max}$ : ứng suất trong bản đài do tải trọng nén cục bộ gây ra,  $\sigma_{\max} = \{\tau_{\max}, \sigma_k, \sigma_{kc}\}$

$R$ : cường độ vật liệu cọc tương ứng với ứng suất  $\sigma_{\max}$ ,  $R = \{R_c, R_k\}$

## III.2. Tính toán kiểm tra đài cọc

\* Chiều cao đài phải thỏa mãn điều kiện:

$$P_{\text{đt}} \leq P_{\text{cđt}} = \frac{\varphi_{b4}(1 + \varphi_n)R_{bt}.b.h_o^2}{c}$$

$P_{\text{đt}}$ : tổng phản lực của các cọc nằm ngoài tháp đâm thủng;

$c$ : bề rộng hình chiếu bằng của mặt phá hoại;

$\varphi_n$ : hệ số xét đến ảnh hưởng lực dọc,  $\varphi_n = 0$ ;

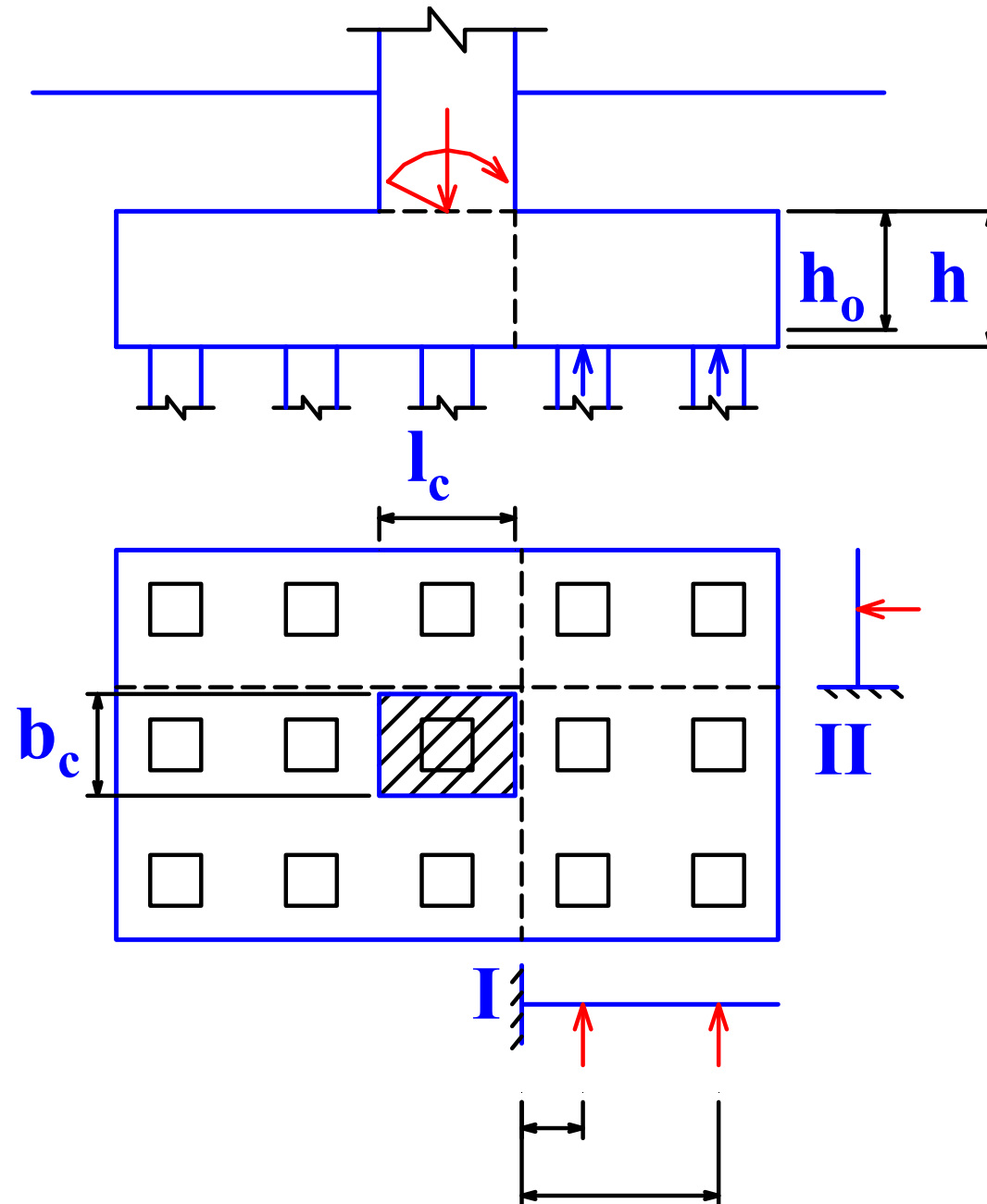
$\varphi_{b4}$ : hệ số phụ thuộc loại bê tông,  $\varphi_{b4} = 1,5$  với BT nặng;

- Mặt khác,  $P_{\text{cđt}}$  phải thỏa mãn:

$$\varphi_{b3}(1 + \varphi_n) \leq P_{\text{cđt}} \leq 0,25.R_b.b.h_o$$

$\varphi_{b3}$ : hệ số phụ thuộc loại bê tông,  $\varphi_{b3} = 0,6$  với BT nặng.

### III.3. Tính toán cốt thép dài cọc



### III.3. Tính toán cốt thép đài cọc

\* Cốt thép trong đài cọc chủ yếu chịu mômen uốn do phản lực đầu cọc gây ra.

\* Sơ đồ tính là dầm conson ngàm tại mép cột. Mômen lớn nhất tại tiết diện sát mép cột:

$$M_{\max} = \sum_{j=1}^k P_j \cdot z_j \quad \rightarrow \quad Fa = \frac{M_{\max}}{0,9 \cdot Ra \cdot h_o}$$

$M_{\max}$ : mômen tại tiết diện nguy hiểm do phản lực từ k cọc bên ngoài tiết diện gây ra;

k: số cọc nằm ngoài tiết diện;

$P_j$ : phản lực đầu cọc thứ j ở phía ngoài tiết diện;

$z_j$ : khoảng cách từ tim cọc thứ j đến tiết diện tính toán;

Ra: cường độ chịu kéo của cốt thép.

# III.4. Tính toán kiểm tra tổng thể móng cọc

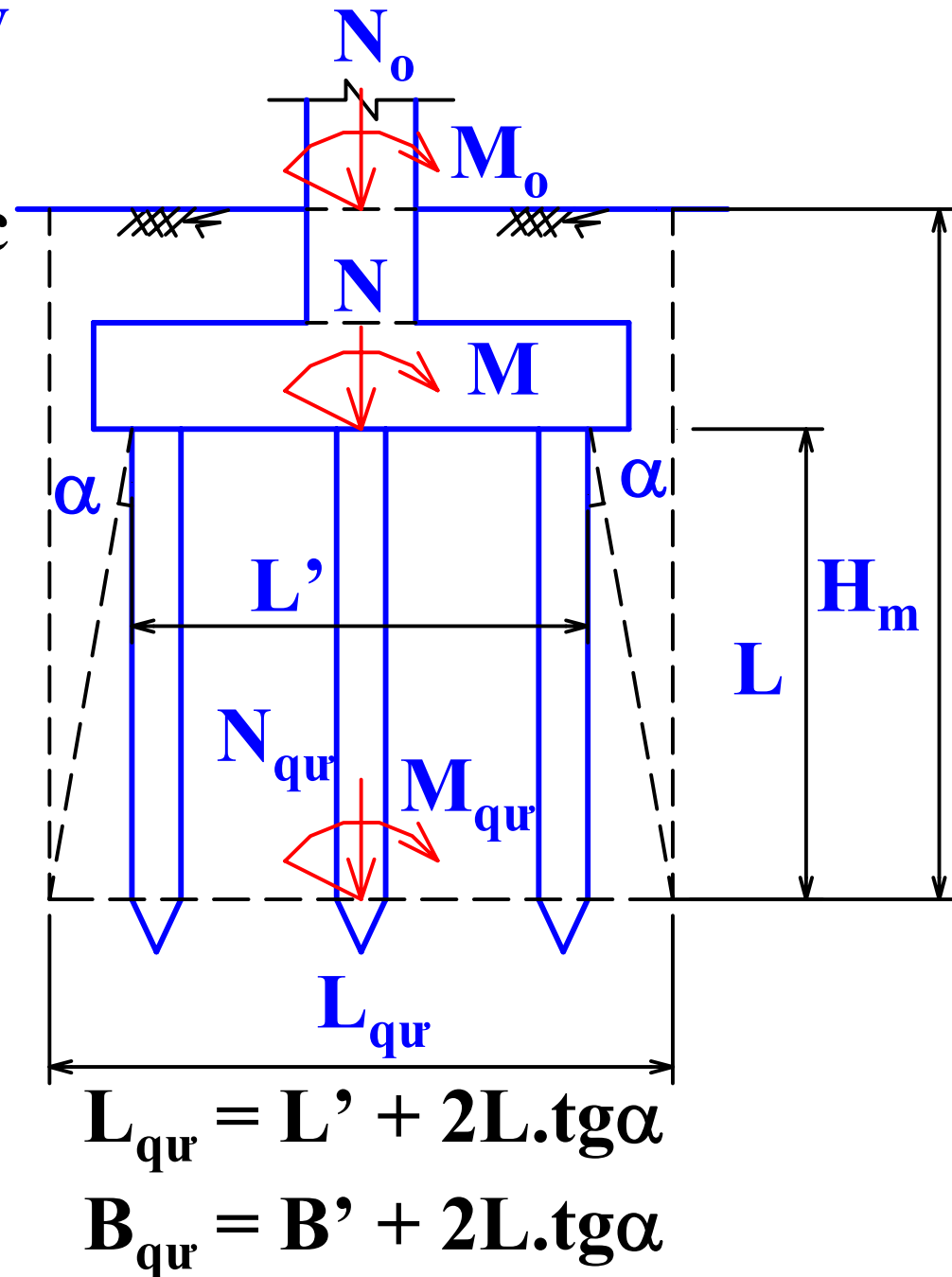
## a. Xác định móng khối quy ước

Móng khối quy ước được xác định theo 2 cách:

### \* Cách 1:

$$\alpha = \frac{\varphi_{tb}}{4}$$

$$\varphi_{tb} = \frac{\sum_{i=1}^n \varphi_i \cdot l_i}{\sum_{i=1}^n l_i} = \frac{\sum_{i=1}^n \varphi_i \cdot l_i}{L}$$



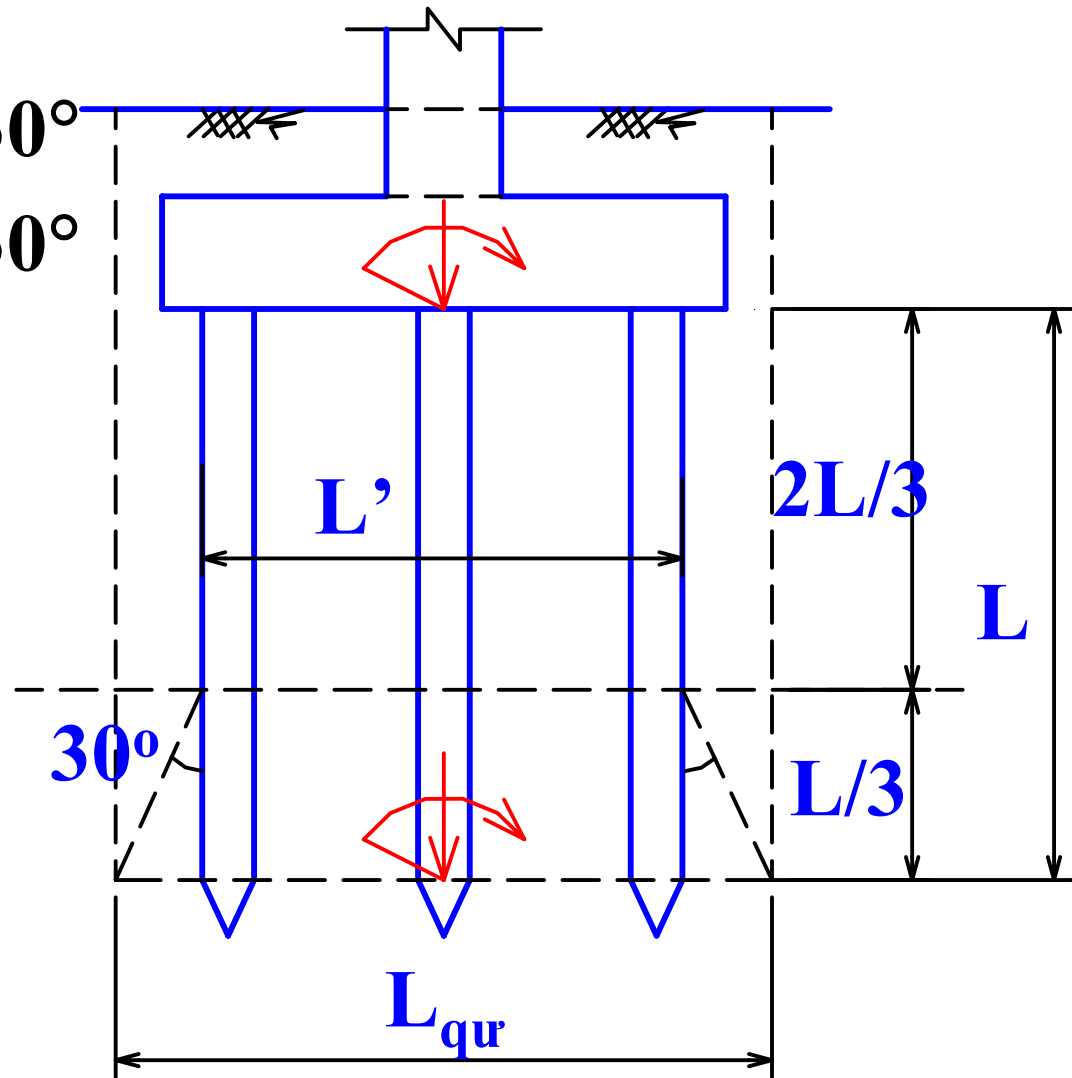
## a. Xác định móng khối quy ước (tiếp)

\* Cách 2:

TH: nền đồng nhất

$$L_{qr} = L' + 2(L/3) \cdot \tan 30^\circ$$

$$B_{qr} = B' + 2(L/3) \cdot \tan 30^\circ$$



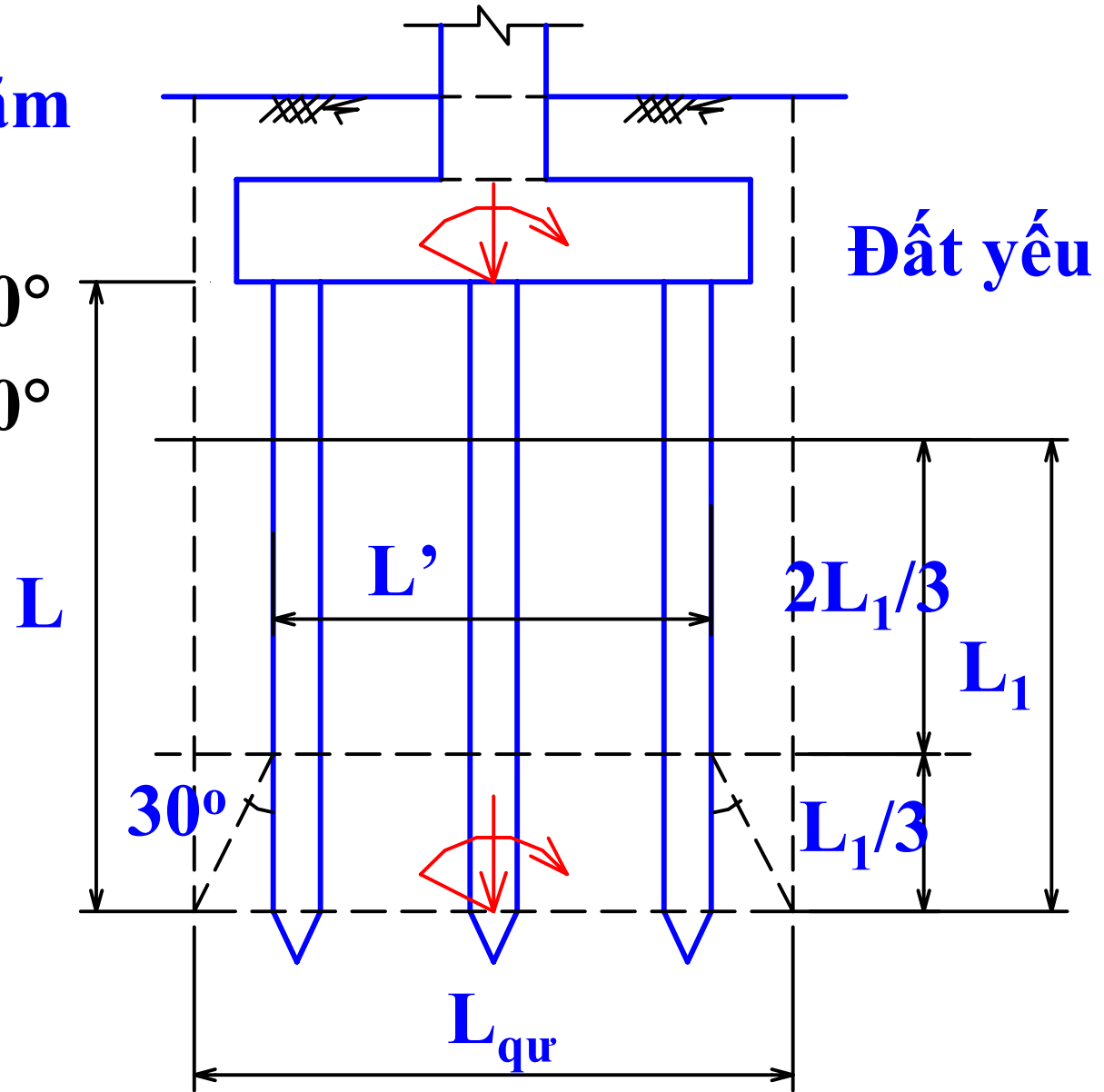
## a. Xác định móng khối quy ước (tiếp)

\* Cách 2:

TH: nền đất yếu nằm trên lớp đất tốt

$$L_{qu} = L' + 2(L_1/3) \cdot \tan 30^\circ$$

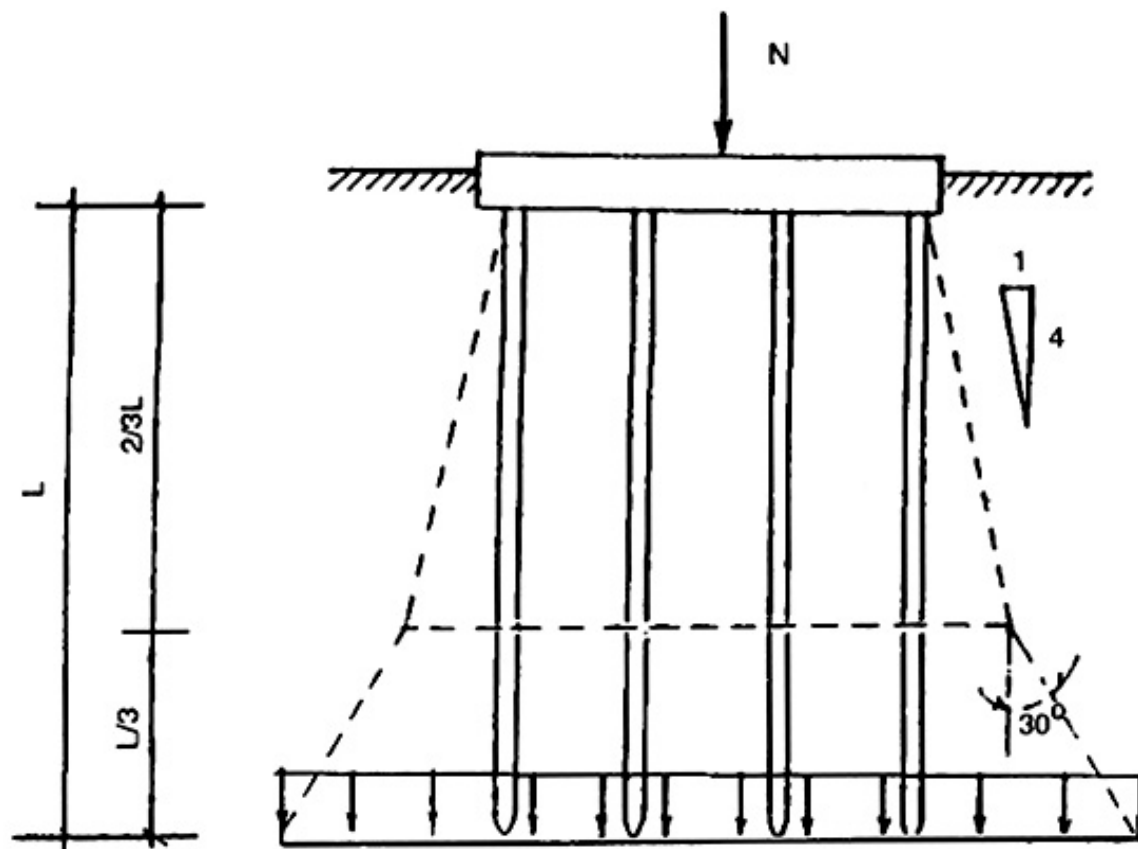
$$B_{qu} = B' + 2(L_1/3) \cdot \tan 30^\circ$$





## a. Xác định móng khối quy ước (tiếp)

### \* Cách 2



Hình H.4: Kích thước móng quy ước xác định theo  $2^\circ$  đối với nền nhiều lớp.

## b. Kiểm tra cường độ và ổn định

\* Điều kiện kiểm tra (tương tự như móng nông):

$$p_{tb} \leq R_d$$

$$p_{\max} \leq 1,2R_d$$

$p_{tb}$ ,  $p_{\max}$ : áp lực tiếp xúc trung bình, áp lực tiếp xúc lớn nhất tại đáy móng khối quy ước.

$R_d$ : sức chịu tải tính toán của đất nền dưới đáy móng khối quy ước

$$p_{tb} (= \bar{p}_{tx}) = \frac{N_{qu}}{F_{qu}} = \frac{N_{qu}}{L_{qu} \cdot B_{qu}}$$

$$p_{\max, \min} = p_{tb} \pm \frac{M_{x-qu}}{W_{x-qu}} \pm \frac{M_{y-qu}}{W_{y-qu}}$$

## b. Kiểm tra cường độ và ổn định

-  $N_{qu}$ ,  $M_{x-qu}$ ,  $M_{y-qu}$ : Tải trọng tại đáy móng khối quy ước.

$$M_{x-qu} = M_x$$

$$M_{y-qu} = M_y$$

$$N_{qu} = N + \Sigma(L_{qu} \cdot B_{qu} - F_c) \cdot l_i \cdot \gamma_i + Q_c$$

$N$ ,  $M_x$ ,  $M_y$ : tải trọng tại đáy đài.

$Q_c$ : tổng trọng lượng các cọc trong đài,  $Q_c = n_c \cdot F_c \cdot \gamma_{bt}$

$\gamma_i$ : trọng lượng riêng của lớp thứ  $i$ ;

$l_i$ : chiều dài của đoạn cọc nằm trong lớp thứ  $i$ .

$$W_x = \frac{M_{x-qu}}{\frac{L_{qu} \cdot B_{qu}^2}{6}}$$

$$W_y = \frac{M_{y-qu}}{\frac{B_{qu} \cdot L_{qu}^2}{6}}$$

## Xác định sức chịu tải giới hạn $p_{gh}$

$$p_{gh} = \frac{1}{2} \alpha_1 N_\gamma \cdot B_{qu} \cdot \gamma + \alpha_2 \cdot N_q \cdot q + \alpha_3 \cdot N_c \cdot c$$

**q: phụ tải:  $q = \gamma_{tb} \cdot H_m$ ;**

**$\gamma$ : trọng lượng riêng của đất nền dưới mũi cọc;**

**$N_\gamma, N_q, N_c$ : hệ số sức chịu tải =  $f(\varphi)$ ;**

**$\varphi, c$ : góc ma sát trong và lực dính đơn vị của đất dưới mũi cọc;**

**$L_{qu}, B_{qu}$ : chiều dài, bề rộng móng khối quy ước.**

**$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ : hệ số hiệu chỉnh hình dạng móng =  $f(\alpha)$ .**

$$\alpha_1 = 1 - \frac{0,2}{\alpha} = 1 - \frac{0,2 \cdot B_{qu}}{L_{qu}}$$

$$\alpha_2 = 1$$

$$\alpha_3 = 1 + \frac{0,2}{\alpha} = 1 + \frac{0,2 \cdot B_{qu}}{L_{qu}}$$

### c. Kiểm tra theo biến dạng

**\* Điều kiện kiểm tra (tương tự như móng nông):**

$$S \leq S_{gh}$$

**S: độ lún ổn định của móng khối quy ước.**

**$S_{sg}$ : độ lún giới hạn.**

**- Trường hợp nền đất dưới đáy móng khối đồng nhất**

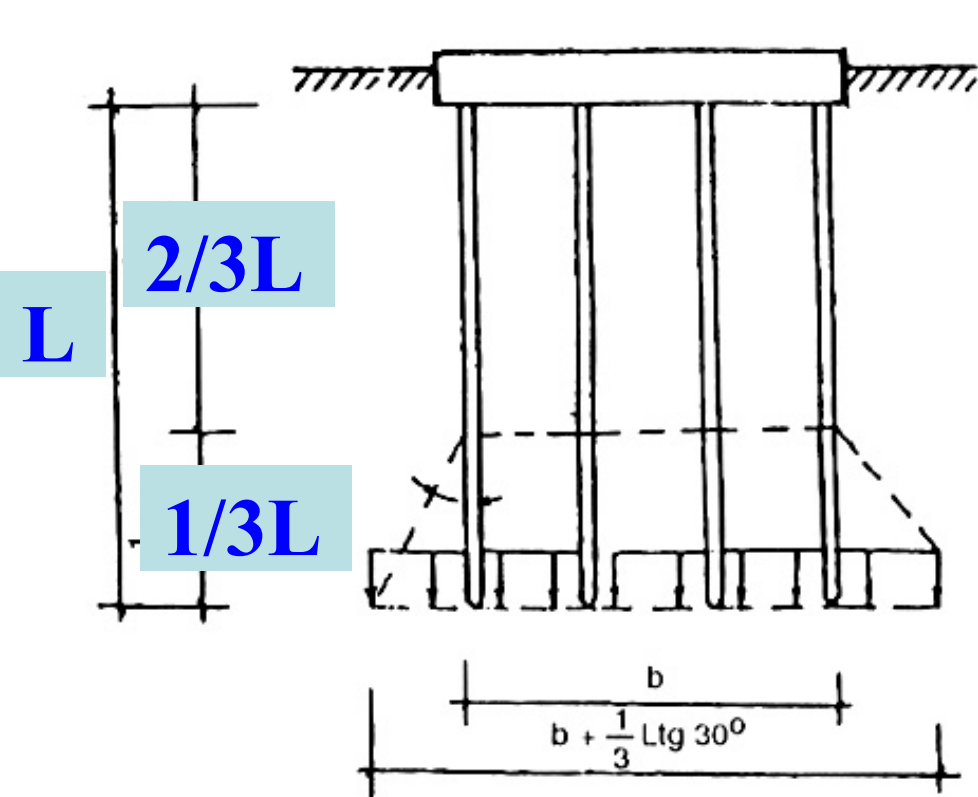
$$S = p_{gl} \cdot B_{qu} \cdot \omega \frac{(1 - \mu_o^2)}{E_o}$$

**- Trường hợp nền đất dưới đáy móng khối nhiều lớp**

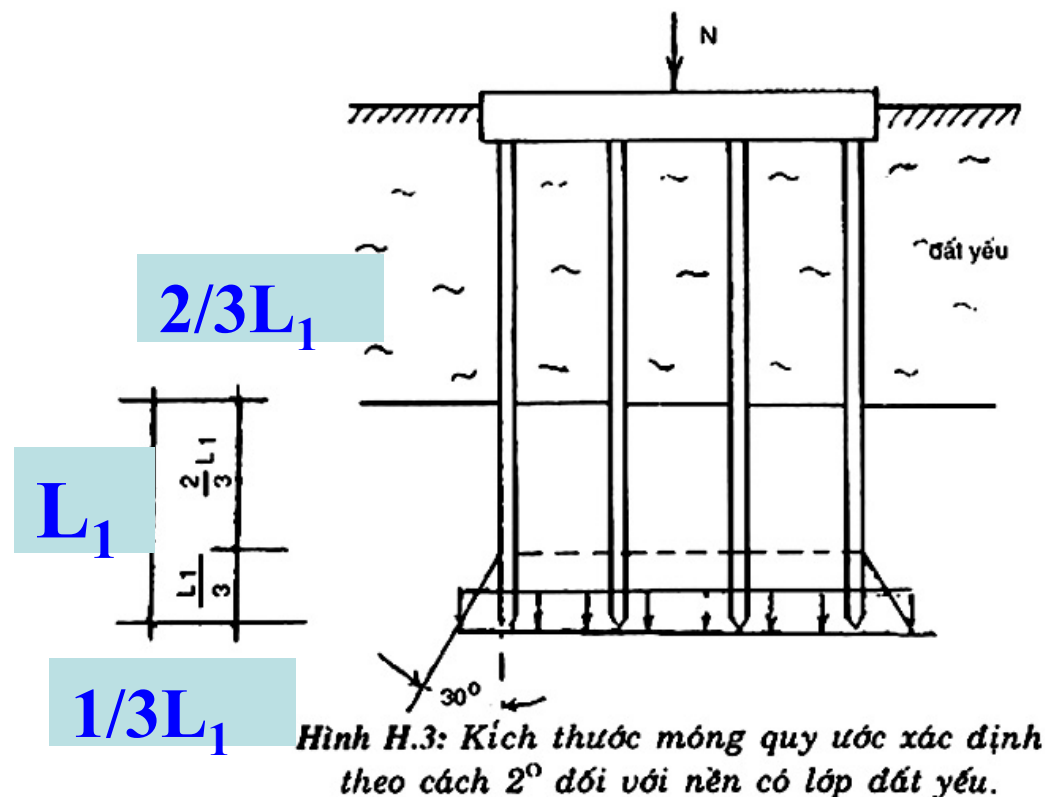
$$S = \sum_{i=1}^n S_i$$

## a. Xác định móng khối quy ước (tiếp)

### \* Cách 2



Hình H.2 : Kích thước móng quy ước xác định theo cách 2<sup>o</sup> đối với nền đồng nhất.



Hình H.3: Kích thước móng quy ước xác định theo cách 2<sup>o</sup> đối với nền có lớp đất yếu.

## **b. Theo sơ đồ phá hoại do ứng suất kéo hoặc kéo chính (đâm thủng / ép thủng)**

**Việc xác định ứng suất kéo hoặc kéo chính trên mặt nghiêng cần căn cứ vào sơ đồ cọc cụ thể.**

**\* Trường hợp kiểm tra theo cả 2 phía, chiều cao đài phải thỏa mãn điều kiện:**

$$P_{\Sigma} (\equiv P_{\text{đt}}) \leq P_{\text{cđt}} = [\alpha_1(b_c + c_2) + \alpha_2(l_c + c_1)] \cdot R_k \cdot h_o$$

**$P_{\Sigma} (\equiv P_{\text{đt}})$ : tổng phản lực của các cọc nằm ngoài tháp đâm thủng;**

**$c_1, c_2$ : khoảng cách trên mặt bằng từ mép cột đến đáy tháp đâm thủng;**

**$\alpha_1, \alpha_2$ : các hệ số xác định theo:**

**Giá trị  $\alpha_i$  trong khoảng:**

$$2,12 \leq \alpha_i \leq 3,35$$

$$\alpha_i = 1,5 \sqrt{1 + \left( \frac{h_o}{c_i} \right)}$$

## **b. Theo sơ đồ phá hoại do ứng suất kéo hoặc kéo chính**

**\* Trường hợp tải trọng lệch tâm, sự nguy hiểm có thể chỉ xuất hiện phía có  $P_{\max} \rightarrow$  chỉ cần kiểm tra phía có  $P_{\max}$ .**

**- Nếu  $b > b_c + 2h_o$ :**

$$P_{\Sigma} (\equiv P_{\text{đt}}) \leq P_{\text{cđt}} = k.R_k.(b_c + h_o).h_o$$

**- Nếu  $b \leq b_c + 2h_o$ :**

$$P_{\Sigma} (\equiv P_{\text{đt}}) \leq P_{\text{cđđ}} = k.R_k.\left(\frac{b_c + b}{2}\right).h_o$$

**$P_{\Sigma} (\equiv P_{\text{đt}})$ : tổng phản lực của các cọc nằm ngoài mặt phẳng phá hoại;**

**$k$ : hệ số độ nghiêng của mặt phá hoại,  $k = f(c/h_o)$ ;**

**$c$ : bề rộng của hình chiếu bằng mặt phẳng phá hoại.**