

ỨNG DỤNG LỜI GIẢI CỌC CHỊU LỰC NGANG THEO 20TCN 21-86 ĐỂ TÍNH TOÁN TƯỜNG CỪ VỚI NHIỀU TẦNG NEO

Ts. Phan Dũng

I- Giới thiệu

1.1. Các công trình bến tường cừ, các công trình chống vách hố móng sâu... thường gặp trong xây dựng, có thể quy về dạng tường cừ với nhiều tầng neo hoặc thanh chống. Nói chung, một kết cấu như thế gồm các bộ phận chính sau đây:

- Tường mặt có tác dụng chắn giữ đất và phần cắm trong đất nền giữ cho tường ổn định.
- Các dây neo hoặc thanh chống được đặt một hoặc nhiều tầng theo chiều cao tự do của tường để giữ cho tường cừ không bị chuyển vị ngang.
- Đất ở mặt phía sau tường sẽ tác dụng áp lực chủ động lên chiều cao tự do của tường.

1.2. Việc tính toán tường cừ có một tầng neo có xét chuyển vị ngang của gối neo đóng trong nền đất biến dạng đàn hồi cục bộ bằng phương pháp ma trận chuyển tiếp đã được trình bày trong [5].

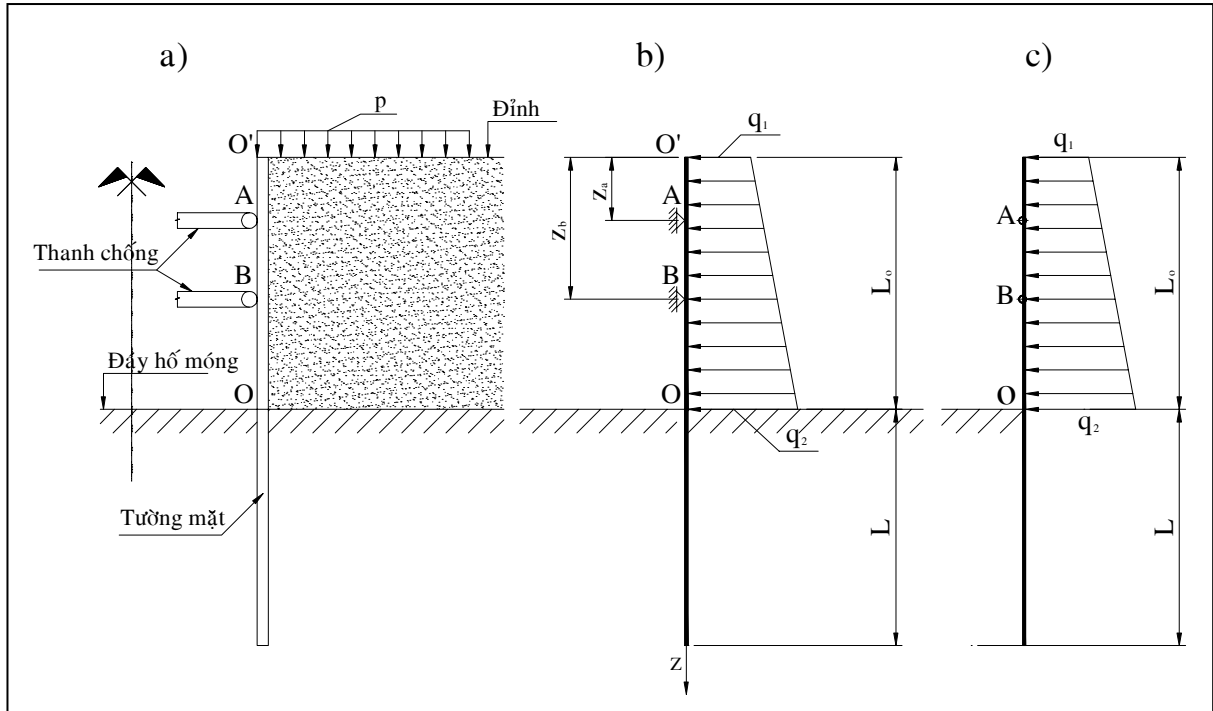
Trong tài liệu [1], Gs-Ts. Nguyễn Bá Kế có giới thiệu phương pháp "m" để tính toán chuyển vị – nội lực của hệ kết cấu chống vách hố móng sâu. Về thực chất, phương pháp này dựa trên phương pháp lực trong Cơ học kết cấu phối hợp với cách tính cọc chịu lực ngang của 20TCN 21-86 để tìm các phản lực trong hệ neo/chống.

1.3. Vẫn dựa trên ý tưởng của [1], mục đích bài báo này nhằm trình bày cách vận dụng một số cải biến trong tính toán cọc chịu lực ngang theo 20TCN 21-86 vào việc giải bài toán tường cừ với nhiều tầng neo/chống.

II- Cách xây dựng lời giải

2.1 Tóm tắt cách xây dựng lời giải theo [1]

Ta xét một tường cừ với hai tầng neo/chống có sơ đồ kết cấu trình bày trên - hình 1a và sơ đồ tính toán - hình 1b.



Hình 1: Sơ đồ tính toán tường cừ với nhiều tầng neo/chống
a. Sơ đồ kết cấu; b. Sơ đồ tính toán; c. Hệ cơ bản của phương pháp lực.

Trên phần chiều cao tự do L_0 của tường cừ chịu áp lực chủ động của đất, phân bố cường độ dạng hình thang. Do đặt vào hai tầng neo/chống nên kết cấu này là hệ siêu tĩnh bậc 2 và phương pháp lực trong cơ học kết cấu dùng để giải hệ này là hợp lý. Từ điều kiện tổng chuyển vị ngang tại mỗi vị trí neo/chống trên hệ cơ bản (hình-1c) phải bằng không, ta có hệ phương trình chính tắc như sau:

$$\left. \begin{aligned} \delta_{aa} X_a + \delta_{ab} X_b + \Delta_{aP} &= 0 \\ \delta_{ba} X_a + \delta_{bb} X_b + \Delta_{bP} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Ở đây:

- X_a, X_b - các phản lực nằm ngang trong thanh neo/chống, tại A và B.
- δ_{aa} - chuyển vị nằm ngang tại A do lực nằm ngang $\bar{X}_a = 1$ gây ra trên hệ cơ bản.
- δ_{bb} - chuyển vị nằm ngang tại B do lực nằm ngang $\bar{X}_b = 1$ gây ra trên hệ cơ bản.
- δ_{ab} - chuyển vị nằm ngang tại B do lực nằm ngang $\bar{X}_a = 1$, đặt tại A gây ra trên hệ cơ bản.
- δ_{ba} - chuyển vị nằm ngang tại A do lực nằm ngang $\bar{X}_b = 1$, đặt tại B gây ra trên hệ cơ bản.

Theo định lý tương hỗ:

$$\delta_{ab} = \delta_{ba} \quad (2)$$

- Δ_{aP} - chuyển vị nằm ngang tại A do tải trọng ngoài gây ra trên hệ cơ bản, trong trường hợp này là áp lực chủ động của đất.
- Δ_{bP} - chuyển vị nằm ngang tại B do áp lực chủ động của đất gây ra trên hệ cơ bản.

Giải hệ (1) tìm được X_a, X_b rồi dùng các công thức quen thuộc trong 20TCN 21-86 xác định được trạng thái chuyển vị - nội lực trong cừ. Cách làm đối với trường hợp số tầng neo/chống nhiều hơn cũng tương tự.

Dựa trên các công thức tính cọc chịu lực ngang theo 20TCN-21-86, chúng tôi trình bày một cách khác có thể tính nhanh gọn và rõ ràng các hệ số δ_{ik} của ẩn số và các số hạng tự do Δ_{iP} của hệ phương trình chính tắc (1) cùng với việc tính chuyển vị - nội lực trong hệ tường cừ.

2.2. Cách tính các hệ số δ_{ik} và Δ_{iP}

1. Công thức cơ bản:

Chuyển vị nằm ngang Δ_n và chuyển vị xoay ψ của đầu cọc dưới tác dụng của lực ngang Q và momen M theo công thức (19) và (20) trong [3] như sau:

$$\Delta_n = \frac{1}{\alpha^3 EI} \bar{A}_o Q + \frac{1}{\alpha^2 EI} \bar{B}_o M \quad (3)$$

$$\psi = \frac{1}{\alpha^2 EI} \bar{B}_o Q + \frac{1}{\alpha EI} \bar{C}_o M \quad (4)$$

Trong đó:

$$\bar{A}_o = A_o + 2B_o \bar{L}_o + C_o \bar{L}_o^2 + \frac{1}{3} \bar{L}_o^3 \quad (5)$$

$$\bar{B}_o = B_o + C_o \bar{L}_o + \frac{1}{2} \bar{L}_o^2 \quad (6)$$

$$\bar{C}_o = C_o + \bar{L}_o \quad (7)$$

$$\bar{L}_o = \alpha L_o \quad (8)$$

$$\alpha = \sqrt[5]{\frac{kd_{tt}}{EI}} \quad (9)$$

A_o, B_o, C_o = các hệ số phụ thuộc vào chiều sâu chôn cừ tính đối, $\bar{L} = \alpha L$ và điều kiện liên kết chân cừ, tra bảng trong 20TCN-21-86.

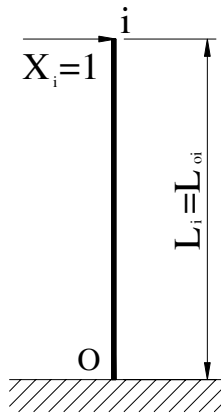
2. Công thức tính hệ số của ẩn số δ_{ii} (Sơ đồ hình 2)

Áp dụng công thức (3) với điều kiện:

$$\left. \begin{array}{l} Q = \bar{X}_i = 1 \\ M = 0 \end{array} \right\}$$

Ta được:
$$\delta_{ii} = \frac{1}{\alpha^3 EI} \bar{A}_{oi} \quad (10)$$

\bar{A}_{oi} tính theo công thức (5) với $\bar{L}_{oi} = \alpha L_{oi}$.



Hình 2: Sơ đồ xác định δ_{ii}

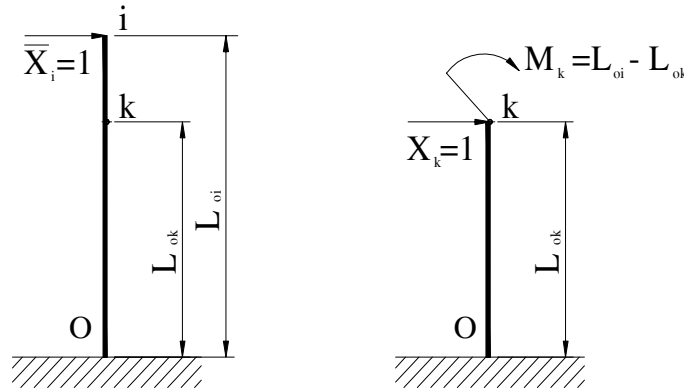
3. Công thức tính hệ số của ẩn số δ_{ik}

Hệ số δ_{ik} , như đã giải thích ở trên, là chuyển vị nằm ngang tại k khi có một lực nằm ngang $\bar{X}_i = 1$ đặt tại i (xem hình 3a). Trong trường hợp này, ta có thể chuyển dời lực ở vị trí i về vị trí k như hình 3b rồi áp dụng công thức (3) để nhận được:

$$\delta_{ik} = \frac{1}{\alpha^2 EI} \left[\frac{\bar{A}_{ok}}{\alpha} + \bar{B}_{ok}(L_i - L_k) \right] \quad (11)$$

a)

b)



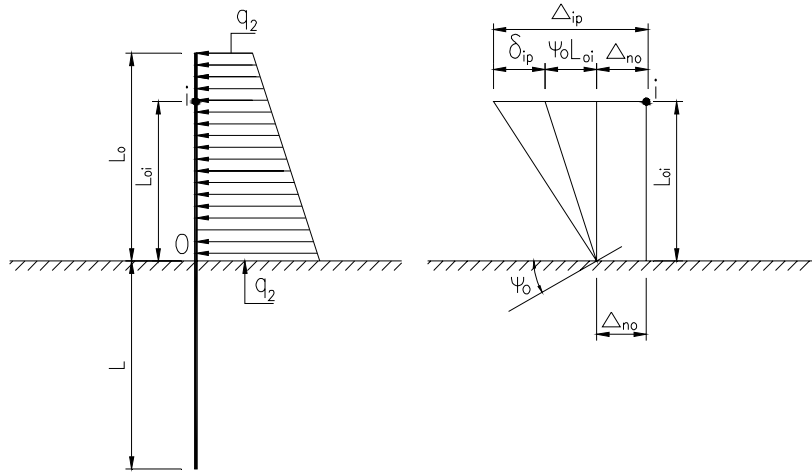
Hình 3: Sơ đồ xác định δ_{ik}

Thực tế khi tính toán có thể δ_{ik} sai khác chút ít với δ_{ki} , khi đó ta sử dụng giá trị trung bình.

4. Công thức tính số hạng tự do Δ_{iP} :

Chuyển vị nằm ngang tại điểm i trên phần chiều cao tự do của cừ (Hình 4a) do tải trọng ngoài gây ra trong hệ cơ bản Δ_{iP} , theo mô tả ở sơ đồ hình 4b, gồm:

- Chuyển vị ngang, bằng đúng chuyển vị ngang của cọc tại mức mặt đất: Δ_{no} .
- Chuyển vị ngang do chuyển vị xoay của tiết diện tại mức mặt đất gây ra: $\psi_o L_{oi}$.
- Chuyển vị ngang do chính tải trọng ngoài gây ra: δ_{iP} .



Hình 4: Sơ đồ xác định Δ_{ip} .

Do đó:

$$\Delta_{ip} = \Delta_{no} + \psi_o L_{oi} + \delta_{ip} \quad (12)$$

Nhận xét rằng khi $L_o=0$ thì từ (5), (6), (7) ta có:

$$\left. \begin{aligned} \bar{A}_o &= A_o \\ \bar{B}_o &= B_o \\ \bar{C}_o &= C_o \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Tải trọng ngang tại mặt đất do áp lực chủ động của đất gây ra:

$$Q_o = \frac{1}{2}(q_1 + q_2)L_o \quad (14)$$

$$M_o = Q_o \eta \quad (15)$$

$$\eta = \frac{q_2 + 2q_1}{3(q_1 + q_2)} L_o \quad (16)$$

Nhờ các công thức (3) và (4), giá trị chuyển vị ngang Δ_{no} và chuyển vị xoay ψ_o được tính như sau:

$$\Delta_{no} = \frac{1}{\alpha^3 EI} A_o Q_o + \frac{1}{\alpha^2 EI} B_o M_o \quad (17)$$

$$\psi_o = \frac{1}{\alpha^2 EI} B_o Q_o + \frac{1}{\alpha EI} C_o M_o \quad (18)$$

Chú ý rằng các công thức (17) và (18) lúc này có dạng như trong 20TCN 21-86.

Giá trị δ_{ip} là chuyển vị ngang tại i khi xem cừ như một dầm congxon dài L_o chịu uốn dưới tác dụng của tải trọng ngang là áp lực chủ động của đất. Theo sức bền vật liệu hoặc Cơ học kết cấu, nếu tải trọng dạng hình thang thì đại lượng này được tính bởi công thức như trong [1]:

$$\begin{aligned} \delta_{ip} &= \frac{L_o^4}{120EI} \left\{ 5q_1 \left[3 - 4 \left(1 - \frac{L_{oi}}{L_o} \right) + \left(1 - \frac{L_{oi}}{L_o} \right)^4 \right] + \right. \\ &\left. + q_o \left[4 - 5 \left(1 - \frac{L_{oi}}{L_o} \right) + \left(1 - \frac{L_{oi}}{L_o} \right)^5 \right] \right\} \quad (19) \end{aligned}$$

$$\text{Ở đây: } q_0 = q_2 - q_1 \quad (20)$$

2.3. Cách tính chuyển vị nội lực trong cừ

Sau khi xác định được các phản lực thanh neo, cùng với áp lực đất phân bố trên chiều cao tự do, chuyển vị – nội lực trong cừ được tính như sau:

1. Đoạn chiều cao tự do:

Nội lực được xác định bằng phương pháp mặt cắt, điều quan trọng là tìm được tại vị trí O lực ngang Q_0 và mô men uốn M_0 . Chuyển vị của cừ cũng sẽ tìm được nhưng không đơn giản như nội lực và sẽ không trình bày ở đây.

2. Đoạn cừ nằm trong đất:

Sau khi biết Q_0 và M_0 , chuyển vị – nội lực được xác định bằng các công thức tính cọc chịu lực ngang nêu trong [2] được chép lại:

$$\left. \begin{aligned} y_z &= \frac{A_y}{\alpha^3 EI} Q_0 + \frac{B_y}{\alpha^2 EI} M_0 \\ \varphi_z &= \frac{A_\varphi}{\alpha^2 EI} Q_0 + \frac{B_\varphi}{\alpha EI} M_0 \\ M_z &= \frac{A_M}{\alpha} Q_0 + B_M M_0 \\ Q_z &= A_Q Q_0 + \alpha B_Q M_0 \\ p_z &= \frac{\alpha A_p}{d_{tt}} Q_0 + \frac{\alpha^2 B_p}{d_{tt}} M_0 \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

Trong đó:

$$\left. \begin{aligned} A_y &= A_0 A_1 - B_0 B_1 + D_1 \\ B_y &= B_0 A_1 - C_0 B_1 + C_1 \\ A_\varphi &= A_0 A_2 - B_0 B_2 + D_2 \\ B_\varphi &= B_0 A_2 - C_0 B_2 + C_2 \\ A_M &= A_0 A_3 - B_0 B_3 + D_3 \\ B_M &= B_0 A_3 - C_0 B_3 + C_3 \\ A_Q &= A_0 A_4 - B_0 B_4 + D_4 \\ B_Q &= B_0 A_4 - C_0 B_4 + C_4 \\ A_p &= -\bar{Z} A_y \\ B_p &= -\bar{Z} B_y \end{aligned} \right\} \quad (22)$$

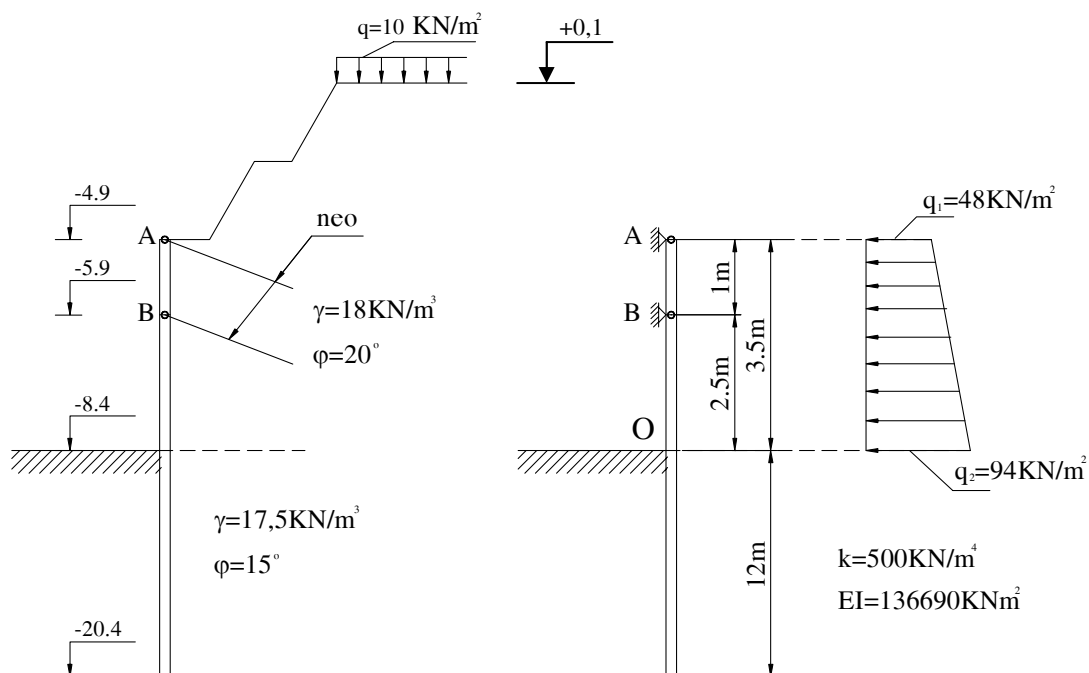
$$\bar{Z} = \alpha Z \quad (23)$$

Các hệ số ảnh hưởng: $(A, B, C, D)_{1,2,3,4}$ đã biết trong Tiêu chuẩn Xây dựng.

III - Ví dụ

3.1. Đề bài

Giải lại ví dụ nêu ở trang 142, tài liệu [1], với các số liệu cho trước tóm tắt trên hình 5:



Hình 5: Sơ đồ kết cấu hố móng của ví dụ trang 142 [1]

3.2. Lời giải:

1- Tính hệ số biến dạng theo (9):

$$\alpha = 0,325573 \text{ m}^{-1}.$$

2- Tính chiều sâu đóng cọc tính đối:

$$\bar{L} = \alpha L = 3,9$$

Theo giá trị \bar{L} , tra bảng: $A_0 = 2,44626$

$$B_0 = 1,622$$

$$C_0 = 1,75076$$

3- Điểm gắn neo A:

$$L_{oa} = 3,5\text{m}$$

$$\alpha L_{oa} = 1,13951$$

Theo các công thức (5) và (6):

$$\bar{A}_{oa} = 8,90937$$

$$\bar{B}_{oa} = 4,26625$$

Điểm gắn neo B:

$$L_{ob} = 2,5\text{m}$$

$$\alpha L_{ob} = 0,813933$$

Theo các công thức (5) và (6):

$$\bar{A}_{ob} = 6,42625$$

$$\bar{B}_{ob} = 3,37824$$

4- Tính các hệ số δ_{ii} theo (10) và δ_{ik} theo (11):

$$\delta_{aa} = 18,887 \cdot 10^{-4} \quad \text{m/kN}$$

$$\delta_{bb} = 13,623 \cdot 10^{-4} \quad \text{m/kN}$$

$$\delta_{ab} = 15,9547 \cdot 10^{-4} \quad \text{m/kN}$$

$$\delta_{ba} = 15,9426 \cdot 10^{-4} \quad \text{m/kN}$$

$$\delta_{ab} = \delta_{ba} = 15,95 \cdot 10^{-4} \quad \text{m/kN}$$

5- Tính giá trị các số hạng tự do Δ_{ip} :

$$\left. \begin{array}{l} L_o = 0 \Rightarrow \alpha L_o = 0 \\ \bar{L} = 3,9 \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} A_o = 2,44626 \\ B_o = 1,622 \\ C_o = 1,75076 \end{array}$$

- Các lực ngang tại mặt đất (đáy hố móng) theo (14), (15) và (16):

$$Q_o = 248,5 \text{ KN/m}$$

$$M_o = 387,92 \text{ KNm/m}$$

- Chuyển vị ngang và chuyển vị xoay tại mặt đất theo (17) và (18):

$$\Delta_{no} = 0,172296 \text{ m.}$$

$$\psi_o = 0,04308 \text{ rad.}$$

- Thành phần chuyển vị ngang của cửa tại A và B theo (19) và (20):

$$\delta_{aP} = 82,703 \cdot 10^{-4} \text{ m.}$$

$$\delta_{bP} = 52,118 \cdot 10^{-4} \text{ m.}$$

- Giá trị số hạng tự do Δ_{ip} theo (12):

$$\Delta_{aP} = 3313,19 \cdot 10^{-4} \text{ m.}$$

$$\Delta_{bP} = 2850,28 \cdot 10^{-4} \text{ m.}$$

6- Giải hệ phương trình (1):

$$X_a = -112,735 \text{ KN/m.}$$

$$X_b = +341,217 \text{ KN/m.}$$

7- Chuyển vị – nội lực trong cửa ghi ở bảng 1:

Bảng 1 : Kết quả tính chuyển vị – nội lực

Số TT	Độ sâu (m)	Chuyển vị ngang (mm)	Mô men gối (kNm)	Lực cắt (kN)	Ghi chú
1	0,0	0,0	0,0	-112,735	Vị trí thanh neo A
2	0,5		68,641	-138,378	
3	1,0	0,0	138,925	<u>-167,306</u> +173,911	Vị trí thanh neo B
4	1,5		59,887	+141,696	
5	2,0		-2,223	+106,196	Mặt đáy hố đào
6	2,5		-47,769	+67,410	
7	3,0		-69,089	+25,339	
8	3,5	2,46	-70,553	+20,018	
9	5,04	2,78	-40,634	+18,390	
10	6,57	2,37	-15,618	+13,799	
11	8,10	1,68	+1,057	+7,857	
12	9,64	1,00	+8,785	+2,418	
13	11,18	0,46	+9,368	-1,320	Chân cừ
14	12,71	0,07	+5,835	-2,912	
15	14,25	-0,22	+1,565	-2,267	
16	15,5	-0,43	0	0	

3.3 Nhận xét kết quả:

Bảng 2 ghi kết quả tính toán theo các nguồn khác nhau gồm:

- Cột đầu tiên là giá trị các đại lượng tính được trong [1].
- Cột thứ hai là giá trị được tính lại cho chính xác theo đúng các công thức trình bày trong [1]. Như vậy, giá trị các đại lượng trong cột này được xem là chính xác.
- Cột thứ 3 ghi các con số thu được theo cách tính kiến nghị trong bài báo này

Bảng 2 : So sánh các kết quả tính toán

Đại lượng	Phương pháp tính			Nhận xét
	Theo [1]	Chính xác theo [1]	Kiến nghị	
$\delta_{aa} \cdot 10^{-4}$	18,94	18,8874	18,887	Sai lệch không đáng kể
$\delta_{bb} \cdot 10^{-4}$	13,67	13,6234	13,623	
$\delta_{ab} \cdot 10^{-4}$	16,01	15,9541	15,95	
$\Delta_{ap} \cdot 10^{-4}$	3325,68	3313,46	3313,19	
$\Delta_{bp} \cdot 10^{-4}$	2862,94	2852,07	2850,28	
X_a	-144,27	-130,025	-112,735	13%
X_b	387,36	361,832	341,217	3%

Từ bảng 2 có thể rút ra một số nhận xét sau:

① Cách tính các hệ số của ẩn số và số hạng tự do của hệ phương trình chính tắc kiến nghị trong bài báo này là chính xác và tin cậy.

②. Mặc dù đây là bài toán đại số tuyến tính nhưng lời giải của nó khá nhạy đối sự biến động giá trị của các hệ số tính toán.

IV- Kết luận

4.1 Ứng dụng các công thức cải biến nêu trong [2], [3], [4] để tính cọc chịu lực ngang theo 20TCN 21-86 vào việc giải bài toán tường cừ với nhiều tầng neo/chống đạt được hiệu quả: đúng, nhanh, gọn và rõ ràng.

4.2 Trong trường hợp tường cừ là kết cấu chống vách hố móng sâu thì hệ số nền biến đổi theo chiều sâu đóng cừ nên lấy dạng hình thang. Cách tính cọc chịu lực ngang trong đất nền như thế đã được trình bày trong [4].

4.3 Bài toán tường cừ với nhiều tầng neo/ chống được xét ở đây gồm phần chiều cao tự do của cừ chịu tải áp lực đất, phần cừ còn lại cắm trong đất nền biến dạng đàn hồi cục bộ. Sơ đồ tính toán của kết cấu này cũng cần được nghiên cứu hoàn thiện thêm cho phù hợp với sự làm việc thực của tường cừ (ví dụ như: dạng biểu đồ tải trọng ngoài, hệ số nền, xét sự chuyển vị đàn hồi và chuyển vị dư của neo...)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Bá Kế: Thiết kế và thi công hố móng sâu. Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội, 2002, 576 trang.
- [2] Phan Dũng và Phạm Ngọc Thạch: Một cách tính chuyển vị-nội lực trong cọc chịu lực ngang theo 20TCN 21- 86. Tạp chí Khoa học-Công nghệ Giao thông vận tải, N^o2_2004, Trường ĐH Giao thông Vận Tải Tp HCM, tr.10-21.
- [3] Phan Dũng và Phạm Ngọc Thạch: Một cách tính chuyển vị ngang và xoay của cọc chịu lực ngang ở mức đáy đài theo tiêu chuẩn 20TCN 21-86. Nội san Khoa Học-Giáo Dục, N^o9_2005, Trường ĐHDL Kỹ thuật-Công nghệ Tp HCM, tr.30-42.
- [4] Phan Dũng: Một cách tính toán cọc chịu lực ngang khi hệ số nền phân bố dạng hình thang theo chiều sâu đóng cọc. Nội san Khoa Học - Giáo Dục, N^o10_2005, Trường ĐHDL Kỹ thuật – Công nghệ Tp. HCM, tr. 26 – 36.
- [5] Phan Dũng: Tính toán cọc và móng cọc trong xây dựng giao thông. Nhà xuất bản Giao thông Vận tải, Hà Nội, 1986, 233tr.

19 – 12 – 2008.