

# Tính toán chi tiết chân cột nhà công nghiệp nhẹ theo tiêu chuẩn Mỹ

Design of column base plates by AISC

Hoàng Ngọc Phương

## Tóm tắt

Tính toán liên kết chân cột trong nhà công nghiệp nhẹ đã được đề cập trong tiêu chuẩn và các tài liệu của Việt Nam. Tuy nhiên, việc tìm hiểu các kiến thức mới theo tiêu chuẩn nước ngoài là rất cần thiết. Vì vậy bài báo này đưa ra lý thuyết tính toán chi tiết liên kết chân cột nhà công nghiệp nhẹ theo tiêu chuẩn Mỹ.

**Từ khóa:** bản đế chân cột

## Abstract

The design of base plate in pre-engineered buildings has been covered in Vietnamese standards and documents, but new knowledge of foreign standards is needed. Therefore, this paper provides a way to calculate the details of a base plate by AISC.

**Key words:** Column base plates

## 1. Đặt vấn đề

Thực tế cho thấy ở Việt Nam hiện nay các công trình nhà công nghiệp nhẹ bằng thép rất phổ biến và dần thay thế cho nhà công nghiệp bằng bê tông cốt thép. Do đó việc tìm hiểu các tiêu chuẩn trong nước và ngoài nước để tính toán nhà công nghiệp là rất cần thiết. Đặc biệt đối với các công trình thép thì vấn đề liên kết các cấu kiện là rất quan trọng, vì vậy bài báo đưa ra lý thuyết tính toán chi tiết liên kết chân cột thép tiết diện chữ H nhà công nghiệp nhẹ theo quy phạm Mỹ.

## 2. Tính toán chân cột liên kết khớp

### 2.1. Xác định chiều dày bản đế

Để xác định chiều dày bản đế chân cột cần dựa vào 2 điều kiện, một là điều kiện ép mặt, hai là điều kiện bản đế bị uốn (nâng lên). Chiều dày nhỏ nhất cho phép là 12mm.

#### 2.1.1. Chiều dày bản đế từ điều kiện ép cục bộ

$P_c$ - lực nén dọc trục lớn nhất

$P_t$ - lực kéo dọc trục lớn nhất

$V_{max}$ - lực cắt lớn nhất

$V_t$ - lực cắt xảy ra đồng thời với  $P_t$

$$m = (D - 0,95d)/2 \quad (1)$$

$$n = (B - 0,8b_f)/2 \quad (2)$$

$$n' = \frac{\sqrt{db_f}}{4} \quad (3)$$

$$k = \max\{m, n, n'\} \quad (4)$$

$$f_p - \text{ứng suất khi bị ép mặt cục bộ: } f_p = \frac{P_c}{BD} < 0,35f'_c \quad (5)$$

$f'_c$  - cường độ chịu nén của bê tông, kN/cm<sup>2</sup>.

$$\text{Chiều dày yêu cầu của bản đế là } t_{PL} = 2k \sqrt{\frac{f_p}{F_y}} \geq 12mm \quad (6)$$

#### 2.1.2. Chiều dày bản đế từ điều kiện chịu uốn

##### a) Các giả thiết tính toán [3]

+) Đối với cột thép tiết diện chữ H, với giả thiết rằng dưới tác dụng của lực nâng lên, lực phân phối cho bụng và cánh cột tỉ lệ với khoảng cách giữa chúng đến hàng bu lông. (Hình 1)

+) Hàng bu lông được xem là gối tựa ngàm khi bản đế chịu uốn dưới tác dụng của lực nâng. Cánh tay đòn là khoảng cách giữa trọng tâm của bu lông đến đường trọng tâm của cánh hoặc bụng trừ đi  $d_b/4$  ( $d_b$  - đường kính bu lông).

Giả thiết cho sự phân phối lực trong bu lông cho bụng, cánh và sườn:

+) Xem bản đế như dầm chịu uốn, và dầm đó:

- là dầm công xon và không có chuyển vị xoay tại đầu tự do, và ngàm chặt tại đầu kia (tại hàng bu lông).

- chuyển vị bằng nhau tại đầu dầm.

- các dầm có độ cứng chống uốn tương đương nhau.

+) Cánh tay đòn bằng khoảng cách từ trọng tâm của bu lông đến đường trọng tâm của các phần (cánh, bụng, sườn) trừ đi  $d_b/4$ .

**ThS. Hoàng Ngọc Phương**

Bộ môn Kết cấu Thép-Gỗ,

Khoa Xây dựng

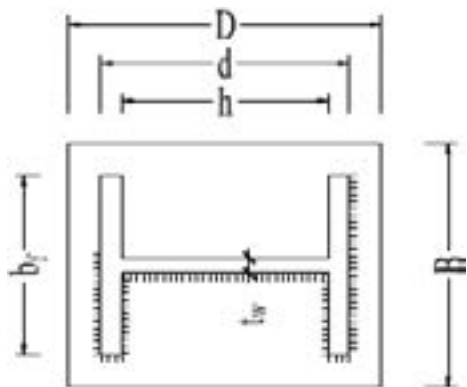
ĐT: 0968.567.234

Email: hoangngocphuongkt@gmail.com

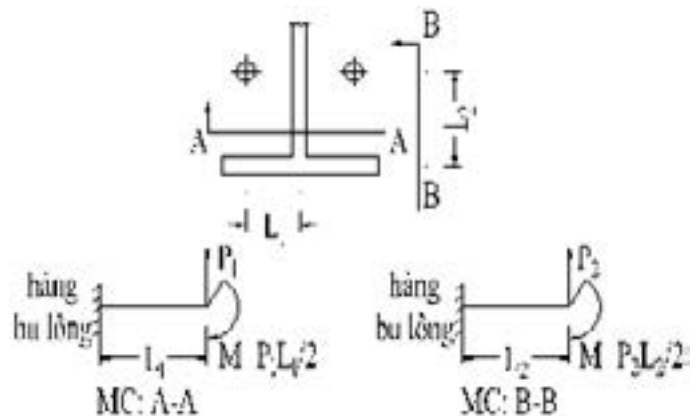
Ngày nhận bài: 26/5/2020

Ngày sửa bài: 04/8/2020

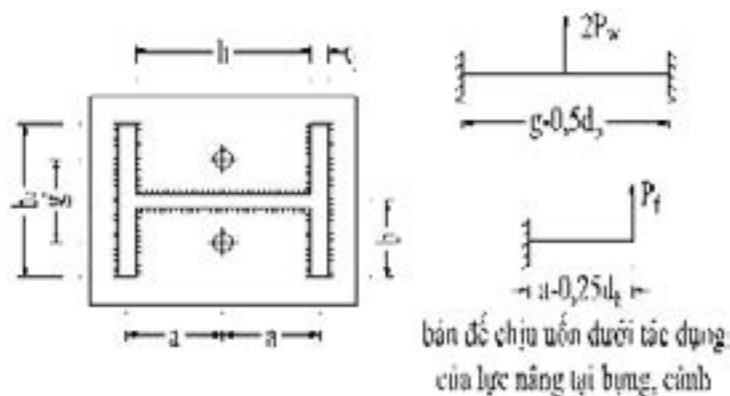
Ngày duyệt đăng: 15/7/2021



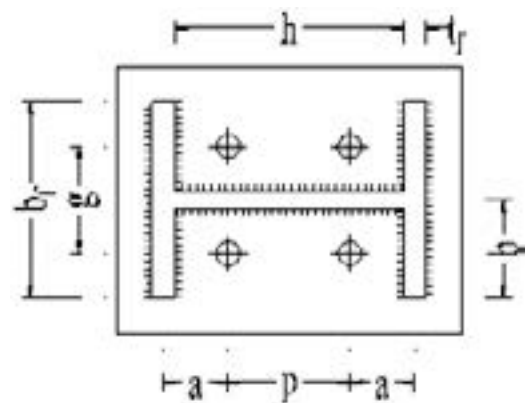
Hình 1. Chi tiết chân cột chữ H



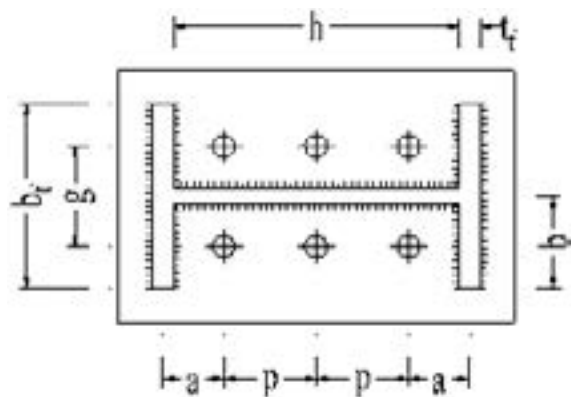
Hình 2. Sơ đồ tính dầm công xon



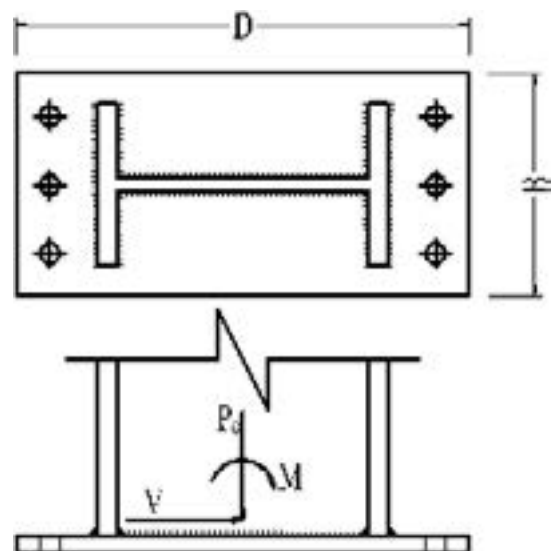
Hình 3. Sơ đồ tính bản đế có 2 bu lông



Hình 4. Bản đế có 4 bu lông



Hình 5. Bản đế có 6 bu lông



Hình 6. Chân cột liên kết ngàm

Hình 2 làm rõ cho sự làm việc của dầm với các giả thiết trên.

Cho  $P$  là lực trong bu lông,  $P_1$  là lực mà bu lông phân phối cho phần tử 1, và  $P_2$  là lực phân phối cho phần tử 2.

Chuyển vị đầu dầm công xon khi chịu uốn  $\Delta_1 = \Delta_2$  được xác định bằng phương pháp trong cơ học kết cấu ta có:

$$P_1 L_1^3 / (12EI) = P_2 L_2^3 / (12EI) ; P_1 = P_2 \left( \frac{L_2}{L_1} \right)^3$$

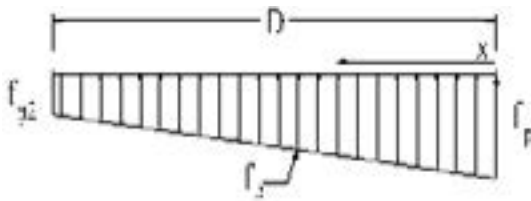
với  $P = P_1 + P_2$  ta có

$$P_2 = \frac{P}{1 + \left( \frac{L_2}{L_1} \right)^3} \quad (7); \quad P_1 = \frac{P}{1 + \left( \frac{L_1}{L_2} \right)^3} \quad (8)$$

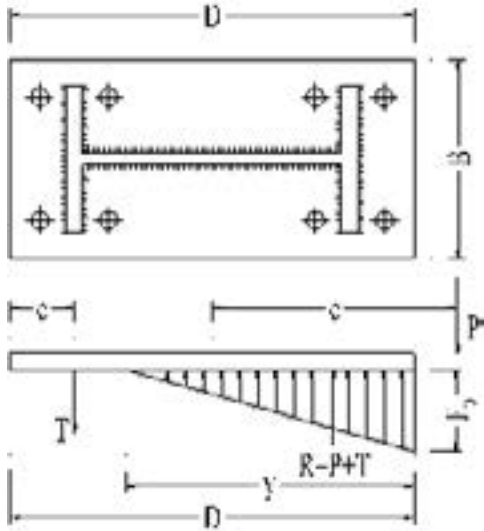
Có 3 trường hợp cần lưu ý: Bản đế có 2, 4 và 6 bu lông.

b) Bản đế có 2 bu lông (Hình 3)

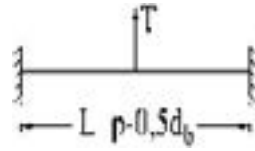
$d_b$  - đường kính bu lông



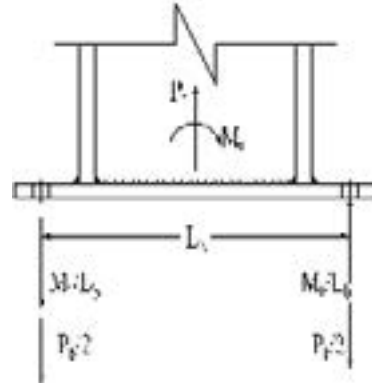
Hình 7. Biểu đồ ứng suất (th1)



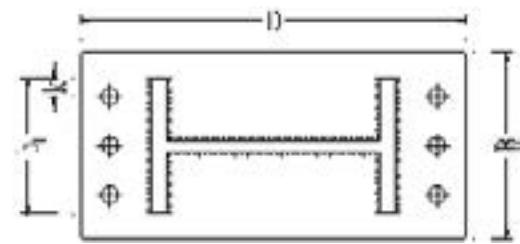
Hình 8. Biểu đồ ứng suất (th2)



Hình 9. Sơ đồ tính



Hình 10. Tính lực kéo



Hình 11. Chi tiết chân cột

$$b=0,5b_f \quad a=0,5(h+t_f)$$

T lực kéo trong một bu lông là  $T=0,5P_t$

Lực nâng trong bản bụng do mỗi bu lông phân phối vào là  $P_w$

$$P_w = \frac{T}{1 + \left(\frac{0,5g}{a}\right)^3 + \left(\frac{0,5g}{a}\right)^3} = \frac{T}{1 + 2\left(\frac{0,5g}{a}\right)^3} \quad (9)$$

Lực nâng tác dụng lên mỗi nửa cánh là  $P_f$

$$P_f = \frac{T}{1 + \left(\frac{a}{0,5g}\right)^3 + \left(\frac{a}{a}\right)^3} = \frac{T}{2 + \left(\frac{a}{0,5g}\right)^3} \quad (10)$$

Mô men uốn dưới tác dụng của lực nâng tại bụng là:

$$\frac{PL}{8} = \frac{(2P_w)(g-0,5d_b)}{8} = 0,25P_w(g-0,5d_b) \quad (11)$$

Mô men uốn dưới tác dụng của lực nâng tại cánh là:

$$\frac{PL}{2} = \frac{(P_f)(a-0,25d_b)}{2} = 0,5P_f(a-0,25d_b) \quad (12)$$

Chiều dày bản đế cần thiết dưới tác dụng của mô men uốn tại bụng là:

$$t_{PL} = \sqrt{\frac{6M}{F_y h}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 0,25P_w(g-0,5d_b)}{0,75F_y h}} = \sqrt{\frac{2P_w(g-0,5d_b)}{F_y h}} \geq 12mm \quad (13)$$

Chiều dày bản đế cần thiết dưới tác dụng của mô men uốn tại cánh là:

$$t_{PL} = \sqrt{\frac{6M}{F_y b}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 0,5P_f(a-0,25d_b)}{0,75F_y b}} = 2\sqrt{\frac{2P_f(a-0,25d_b)}{F_y b}} \geq 12mm \quad (14)$$

c) Bản đế có 4 bu lông (Hình 4)

Lực kéo trong mỗi bu lông là:  $T=0,25P_t$

Lực nâng trong bản bụng cho mỗi hàng bu lông (song song với bản bụng)  $P_w$ :

$$P_w = \frac{2T}{1 + \left(\frac{0,5g}{a}\right)^3} \quad (15)$$

Lực nâng tác dụng lên mỗi nửa cánh là  $P_f$

$$P_f = \frac{T}{1 + \left(\frac{a}{0,5g}\right)^3} \quad (16)$$

Mô men uốn dưới tác dụng của lực nâng tại bụng là:

$$\frac{PL}{8} = \frac{(2P_w)(g-0,5d_b)}{8} = 0,25P_w(g-0,5d_b) \quad (17)$$

Mô men uốn dưới tác dụng của lực nâng tại cánh là:

$$\frac{PL}{2} = \frac{(P_f)(a-0,25d_b)}{2} = 0,5P_f(a-0,25d_b) \quad (18)$$

Chiều dày bản đế cần thiết dưới tác dụng của mô men uốn tại bụng là:

$$t_{PL} = \sqrt{\frac{6M}{F_b h}} = \sqrt{\frac{6,0,25P_w(g-0,5d_b)}{0,75F_y h}} = \sqrt{\frac{2P_w(g-0,5d_b)}{F_y h}} \geq 12mm \quad (19)$$

Chiều dày bản đế cần thiết dưới tác dụng của mô men uốn tại cánh là:

$$t_{PL} = \sqrt{\frac{6M}{F_b b}} = \sqrt{\frac{6,0,5P_f(a-0,25d_b)}{0,75F_y b}} \\ = 2\sqrt{\frac{2P_f(a-0,25d_b)}{F_y b}} \geq 12mm \quad (20)$$

d) Bản đế có 6 bu lông (Hình 5)

Lực kéo trong mỗi bu lông là:  $T = P_t/6$

Lực nâng trong bản bụng cho mỗi hàng bu lông (song song với bản bụng)  $P_w$ :

$$P_w = \frac{2T}{1 + \left(\frac{0,5g}{a}\right)^3} + T \quad (21)$$

Lực nâng tác dụng lên mỗi nửa cánh là  $P_f$ :

$$P_f = \frac{T}{1 + \left(\frac{a}{0,5g}\right)^3} \quad (22)$$

Mô men uốn dưới tác dụng của lực nâng tại bụng là:

$$\frac{PL}{8} = \frac{(2P_w)(g-0,5d_b)}{8} = 0,25P_w(g-0,5d_b) \quad (23)$$

Mô men uốn dưới tác dụng của lực nâng tại cánh là:

$$\frac{PL}{2} = \frac{(P_f)(a-0,25d_b)}{2} = 0,5P_f(a-0,25d_b) \quad (24)$$

Chiều dày bản đế cần thiết dưới tác dụng của mô men uốn tại bụng là:

$$t_{PL} = \sqrt{\frac{6M}{F_b h}} = \sqrt{\frac{6,0,25P_w(g-0,5d_b)}{0,75F_y h}} = \sqrt{\frac{2P_w(g-0,5d_b)}{F_y h}} \geq 12mm \quad (25)$$

Chiều dày bản đế cần thiết dưới tác dụng của mô men uốn tại cánh là:

$$t_{PL} = \sqrt{\frac{6M}{F_b b}} = \sqrt{\frac{6,0,5P_f(a-0,25d_b)}{0,75F_y b}} \\ = 2\sqrt{\frac{2P_f(a-0,25d_b)}{F_y b}} \geq 12mm \quad (26)$$

Chú ý: Trong 3 trường hợp trên, khả năng chịu uốn của bản đế dưới tác dụng của lực nâng trong bản cánh khi  $a=a'$ , trong trường hợp  $a \neq a'$  thì phải tính toán chiều dày bản đế khi chịu uốn sử dụng  $a'$  thay cho  $a$ . Khi đó phải tính 3 lần để được chiều dày yêu cầu cho bản đế.

## 2.2. Tính toán đường hàn liên kết

a) Đường hàn góc liên kết bản cánh cột vào bản đế

Đường hàn được thiết kế chịu lực phân phối vào cánh từ lực kéo lớn nhất trong cột.

Giá trị lớn nhất của chiều cao đường hàn (hai bên) được

tính:

$$h_f(cm) = \frac{P_f}{f_w \cdot b_f} \geq 0,5cm \quad (27)$$

$f_w$  - khả năng chịu lực trên 1 cm của đường hàn, N/cm.

b) Đường hàn góc liên kết bản bụng cột vào bản đế

Đường hàn được thiết kế theo 2 điều kiện sau:

+) Chịu lực cắt lớn nhất tác dụng

+) Lực phân bố lên bụng từ lực kéo lớn nhất tác dụng lên cột cộng với lực cắt xảy ra đồng thời (tổ hợp lực cắt và lực kéo tác dụng).

Chiều cao đường hàn yêu cầu (2 bên) được tính:

$$h_f(cm) = \max \left\{ \frac{V_{\max}}{f_w \cdot h}, \sqrt{\frac{P_w^2 + V_t^2}{f_w \cdot h}} \right\} \quad (28)$$

## 3. Tính toán chân cột liên kết ngàm

$P_c$  - lực nén dọc trục

$P_t$  - lực kéo dọc trục

$M$  - mô men uốn (xảy ra đồng thời với  $P_c$ )

$M_t$  - mô men uốn (xảy ra đồng thời với  $P_t$ )

### 3.1. Xác định chiều dày bản đế

3.1.1. Chiều dày bản đế từ điều kiện ép cục bộ

Ứng suất lớn nhất tại mép ngoài cùng của bản đế  $f_p$  được tính:

$$f_p = f_a + f_b = \frac{P_c}{A} \pm \frac{6M}{BD^2} \leq F_p \quad (29)$$

Với  $F_p$  - cường độ chịu ép mặt cục bộ của bê tông móng;  $A=B \cdot D$  ( $A$  - diện tích của bản đế)

Với giả thiết rằng kích thước của móng bằng kích thước của bản đế ta có  $F_p = 0,35f'_c$

Tính toán chân cột liên kết ngàm như sau: (Hình 6)

Bước 1: Giả thiết số bu lông trên bản đế

Bước 2: Kiểm tra kích thước bản đế

Tính toán độ lệch tâm  $e=M/P$  và kiểm tra  $e \leq D/6$

Trường hợp 1: (Hình 7)

Nếu  $e \leq D/6$  thì không có ứng suất kéo trong bản đế, tính toán ứng suất ở các thớ biên:

$$f_{p1} = \frac{P_c}{BD} + \frac{6M}{BD^2} \quad (30)$$

$$f_{p2} = \frac{P_c}{BD} - \frac{6M}{BD^2} \quad (31)$$

Kiểm tra điều kiện  $f_{p1} \leq F_p = 0,35f'_c$  (32)

Nếu  $f_{p1} > F_p$  thì tính toán B theo điều kiện  $f_{p1} = F_p$

$$B = \frac{P_c}{F_p D} + \frac{6M}{F_p D^2} \quad (33)$$

Tính toán lại  $f_{p1}$  và  $f_{p2}$  theo giá trị mới của B.

Ta có  $f_p$  là một hàm của x (x dọc theo D):

$$f_p = f_{p1} - \left( \frac{f_{p1} - f_{p2}}{D} \right) x$$

Tích phân 2 lần, biểu thức mô men trên mỗi đơn vị bề rộng thu được là:

$$M_{PL} = f_{p1} \frac{x^2}{2} \left( \frac{f_{p1} - f_{p2}}{D} \right) \frac{x^3}{6} \quad (34)$$

Với  $x=m$ , ta tính được giá trị mô men tới hạn  $M_{PLm}$  cho tiết diện để xác định chiều dày của bản đế

$$t_{PL} = \sqrt{\frac{6M_{PLm}}{0,75F_y}} \quad (35)$$

Trường hợp 2: (Hình 8)

Nếu  $e > D/6$  có ứng suất kéo trên bản đế.

Khi đó phải đi xác định chiều dài vùng bê tông chịu nén  $y$ .

Cách 1: Tính theo điều kiện cân bằng giới hạn

Coi ứng suất nén phân bố hình tam giác và đạt giá trị lớn nhất tại mép biên bằng với cường độ chịu ép mặt  $F_p$  và cho rằng ứng suất lớn nhất  $F_t$  trong bu lông cũng đồng thời xuất hiện (theo điều kiện cân bằng)

Coi biến dạng tỉ lệ với nhau ta có:

$$\frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_c} = \frac{D-y-c}{y}$$

$$\text{với } \varepsilon_s = \frac{F_t}{E_s}$$

$$\text{và } \varepsilon_c = \frac{F_p}{E_c}$$

là biến dạng tương ứng của bu lông và bê tông.

C - khoảng cách từ trọng tâm của bu lông chịu kéo đến mép trái của bản đế

$$y = \frac{nF_p(D-c)}{F_t + nF_p} \quad (36)$$

$$n - \text{tỉ số mô đun đàn hồi, } n = \frac{E_s}{E_c} \quad (37)$$

$$R - \text{hợp lực nén, } R = 0,5ByF_p \quad (38)$$

$$\text{Tính toán được } T = R - P \quad (39)$$

$$\text{Tính được diện tích của bu lông chịu kéo: } A_s = \frac{T}{F_t} \quad (40)$$

Nếu sử dụng 8 bu lông thì diện tích của mỗi một bu lông là  $A_b = A_s/4$

Sau đó tính được đường kính bu lông (tối thiểu là 20mm).

Chú ý: tăng 3mm cho đường kính bu lông yêu cầu để kể đến sự ăn mòn.

Cách 2: Tính toán theo ứng suất thực tế

Dưới tác dụng của tải trọng ứng suất trong thép là  $\sigma_s$  và trong bê tông là  $\sigma_c$ . Với 3 ẩn số chưa biết là:  $y, \sigma_s, \sigma_c$ ; ta có 2 phương trình cân bằng và 1 phương trình tương thích biến dạng như sau:

$$\text{Cân bằng theo phương đứng } 0,5By\sigma_c - \sigma_s A_s - P_c = 0 \quad (41)$$

Cân bằng mô men, lấy tổng mô men tại trọng tâm cột

$$\sigma_s A_s (0,5D-c) + (\sigma_s A_s + P_c)(0,5D-y/3) - P_c e = 0 \quad (42)$$

Biến dạng tương ứng (tiết diện phẳng sau khi biến dạng):

$$\frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_c} = \frac{\sigma_s/E_s}{\sigma_c/E_c} = \frac{D-y-c}{y} \quad (43)$$

Rút  $\sigma_s, \sigma_c$  từ phương trình cân bằng và thay vào phương trình biến dạng (43) ta có:

$$y^3 + K_1 y^2 + K_2 y + K_3 = 0 \quad (44)$$

$$\text{Với } K_1 = 3(e - 0,5D); K_2 = \frac{6nA_s(0,5D-c-e)}{B}; K_3 = K_2(c-D)$$

Giải phương trình (44) tìm  $y$

$$\text{Từ phương trình (42): } T = \frac{P_c(e+y/3-D/2)}{D-c-y/3}$$

ứng suất kéo trong bu lông là:  $\sigma_s = T/A_s$

$$\text{Từ phương trình (43): } \sigma_{cx} = \sigma_c - x\sigma_c/y$$

Tích phân 2 lần biểu thức trên ta có:

$$M_x = \sigma_c \frac{x^2}{2} - \sigma_c \frac{x^3}{6y} \quad (45)$$

Bước 3: Xác định chiều dày bản đế

$$\text{Sau khi tìm được } y \text{ ta có } M_m = \sigma_c \frac{m^2}{2} - \sigma_c \frac{m^3}{6y} \quad (46)$$

$$t_{PL} = \sqrt{\frac{6M_m}{0,75F_y}} \quad (47)$$

Chú ý: Chiều dày bản đế có thể giảm nếu có thêm sườn gia cường. Trong trường hợp này mô men kháng uốn của bản đế thay đổi phụ thuộc vào kích thước của sườn gia cường.

3.1.2. Chiều dày bản đế từ điều kiện chịu uốn (Hình 9)

Mô men trong bản đế là  $M_{PL} = TL/8$

Với P - lực kéo trong bu lông  $L = p - 0,5d_b$

p - khoảng cách trọng tâm hai nhóm bu lông.

$$t_{PL} = \sqrt{\frac{6M_{PL}}{0,75F_y b_f}} \quad (48)$$

$b_f$  - bề rộng cánh cột

3.2. Tính toán đường hàn liên kết bản cánh và bản bụng cột vào bản đế

Lực kéo lớn nhất trong bản cánh

$$T_1 = b_f \cdot t_f \left[ \frac{M}{S_x} + \frac{P_c}{A_c} \right] \quad (49)$$

$$\text{và } T_2 = b_f \cdot t_f \left[ \frac{M_t}{S_x} + \frac{P_t}{A_c} \right] \quad (50);$$

$$T_f = \max\{T_1; T_2\} \quad (51)$$

Với,  $S_x$  và  $A_c$  là mô men kháng uốn và diện tích mặt cắt ngang của tiết diện cột tại bản đế.

(xem tiếp trang 51)

nhật ( $m = 0$ ) thì sai về số mũ) hoặc tính toán thử dần lặp lại mất nhiều thời gian (như công thức Tiejie Cheng et al). Công thức (18) thuận tiện cho áp dụng tính toán độ sâu phân giới của kênh hình thang cân với mọi loại độ mái dốc kênh khác

nhau, đồng thời đảm bảo tính chính xác của kết quả tính toán (sai số tương đối nhỏ 1,96%), công thức (18) áp dụng tốt cho giảng dạy và tính toán công trình thực tế./.

#### Tài liệu tham khảo

1. Das. A. Flooding probability constrained optimal design of trapezoidal channels. *J Irrig Drain Eng*, 2007;133(1):53–60
2. Ivan E. Houk. *Calculation of flow in open channel*, Miami Conservancy District, Technical Report, Pt. IV, Dayton, Ohio, 1918.
3. H. Arvanaghi, Gh. Mahtabi, M. Rashidi. New solutions for estimation of critical depth in trapezoidal cross section channel. *J. Mater. Environ. Sci.* 6 (9), 2015 2453-2460.
4. Havey E. Jobson, David C. Froehlich. *Basic hydraulic principles of open-channel flow*. Reston, Virginia, 1988.
5. Straub W.O (1982), *Civil Engineering*, ASCE, pp 70 - 71.
6. Swamee, P. K. Critical depth equations for irrigation canals. *J. Irrig. and Drain. Engrg.*, ASCE, 119(2), 1993, pp400–409.
7. Ven Te Chow. *Open-Channel hydraulics*. McGraw-Hill, 1958.
8. Vũ Văn Tảo, Nguyễn Cảnh Cẩm. *Thủy lực – Tập 1, 2*, NXB Nông nghiệp, 2006.
9. Vatankhah A. R. Explicit solution for critical depth and normal depth in trapezoidal and parabolic open channels, *Ain Shams Eng. J. Vol 4, Issue 1 (2013)*, pp17-23.
10. Tiejie Cheng, Jun Wang, Jueyi Sui. Calculation of critical flow depth using method of algebraic inequality. *J. Hydrol. Hydromech.* 2018, p316–322.

## Tính toán chi tiết chân cột nhà công nghiệp nhẹ...

(tiếp theo trang 44)

Chiều cao đường hàn yêu cầu trên bản cánh (hai bên)

$$h_f = T_f / (2 \cdot b_f \cdot f_w) \quad (52)$$

Chiều cao đường hàn yêu cầu trên bản bụng (hai bên)

$$h_f = V / (2 \cdot b_f \cdot f_w) \quad (53)$$

Chú ý: chiều cao đường hàn tối thiểu là 5mm; tăng thêm 33% ứng suất sinh ra do tải trọng gió.

### 3.3. Tính toán đường kính bu lông neo (Hình 9)

Lực kéo lớn nhất tác dụng lên bu lông T dưới tác dụng của lực nhỏ  $P_t$  và mô men uốn  $M_t$  có thể được tính toán với giả thiết rằng hợp lực nén có điểm đặt tại trọng tâm của phần bu lông về phía chịu nén:

$$T = \frac{M_t + P_t}{L_b + 2} \quad (54)$$

diện tích bu lông cho mỗi bên là  $A_b = T / F_t$  (55)

Chú ý: tăng thêm 3mm khi chọn đường kính bu lông để kể đến sự ăn mòn.

### 3.4. Tính toán chiều dài neo cho bu lông neo

T - lực kéo lớn nhất trong một bu lông

$$u = \frac{0,16 \sqrt{f'c}}{d_b} \leq 0,138 (kN/cm^2) \quad (56)$$

$$\text{Chiều dài neo: } L = \frac{T}{\pi u d_b} \quad (57)$$

### 3.5. Kiểm tra sườn gia cường (Hình 9)

Nếu  $k < 30\text{mm}$  thì sẽ bổ sung thêm dầm để  $k > 30\text{mm}$ . Chiều dày của dầm để lấy như chiều dày của cánh cột  $t_f$ .

## 4. Kết luận và kiến nghị

+ Bài báo đã trình bày cách tính toán chân cột thép tiết diện chữ H cho nhà công nghiệp nhẹ với các trường hợp chân cột liên kết với móng là khớp, ngàm.

+ Làm sáng tỏ các vấn đề mà trong tiêu chuẩn Việt Nam chưa đề cập đến.

+ Có thể vận dụng cho việc tính toán chân cột nhà công nghiệp nhẹ ở Việt Nam./.

#### Tài liệu tham khảo

1. American Institute of Steel Construction, Inc (2010) "Specification for Structural Steel Buildings", American Society of Civil Engineers.
2. American Institute of Steel Construction, Inc (2011) "Steel Construction Manual", American Society of Civil Engineers.
3. Zamil steel buildings design manual.
4. American Institute of Steel Construction, Inc (2003) "Steel Design Guide Series 1 Column Base Plates".