

CHƯƠNG 23

**THIẾT KẾ GIA CƯỜNG KẾT CẤU THÉP BẰNG TĂNG TIẾT DIỆN**

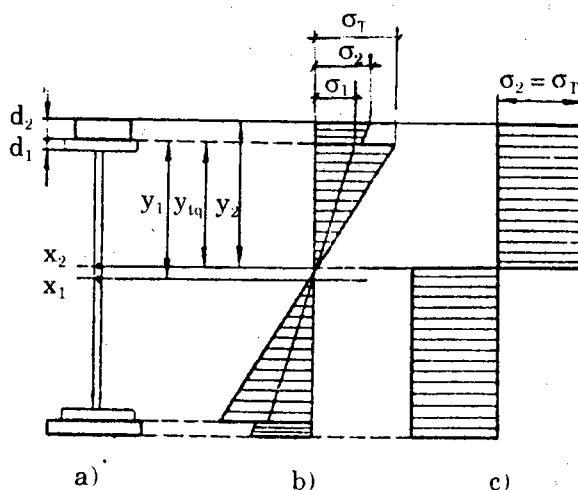
**GIA CƯỜNG DẦM THÉP**

Tính toán gia cường dầm thép có thể thực hiện theo hai trạng thái ứng suất :

- Trạng thái giới hạn ở giai đoạn đàn hồi.
- Trạng thái giới hạn ở giai đoạn dẻo.

Tính theo trạng thái giới hạn thứ nhất thì phần tử gia cường chỉ chịu ứng suất do cá tải trọng tác dụng sau khi dầm đã được gia cường mà thôi.

Các sơ đồ trạng thái ứng suất của dầm được gia cường trình bày trong hình 151 :



Hình 151

- a) dầm được gia cường bằng tăng tiết diện.
- b) sơ đồ trạng thái ứng suất trong giai đoạn đàn hồi.
- c) sơ đồ trạng thái ứng suất trong giai đoạn dẻo.
- $x_1$  – Trục của dầm trước khi gia cường
- $x_2$  – Trục của dầm sau khi gia cường

**a) Tính toán dầm theo trạng thái giới hạn ở giai đoạn đàn hồi**

Các công thức tính toán :

- Đối với thớ biên của tiết diện cũ :

$$\frac{M_1 y_1}{J_{x_1}} + \frac{M_2 y_{1q}}{J_{x_{1q}}} \leq R$$

- Đối với thớ biên của phần tử gia cường :

$$\frac{M_2 \cdot y_2}{J_{xtq}} \leq R$$

- Diện tích tiết diện của phần tử gia cường :

$$F_2 = \frac{M_1 \cdot y_1 + M_2 \cdot y_{tq} - R J_{x1}}{2 \left( y_1 \pm \frac{d_2}{2} \right)^2 (R - \sigma_1)}$$

Trong đó :  $\sigma_1 = \frac{M_1 \cdot y_1}{J_{x1}}$

Mẫu số của công thức tính  $F_2$  có dấu  $\pm$ ; dấu (+) khi phần tử gia cường nằm phía ngoài dầm cũ; dấu (-) khi nằm phía trong dầm cũ.

$M_1$  - mômen uốn tính toán do tải trọng tác dụng trong khi gia cường dầm.

$F_1$  - diện tích tiết diện dầm trước khi gia cường.

$F_2$  - diện tích tiết diện phần tử gia cường.

$J_{x1}$  - mômen quán tính của tiết diện trước gia cường

$J_{xtq}$  - mômen quán tính của tiết diện cơ bản sau gia cường.

$y_1, y_2, y_{tq}$  - xem hình vẽ;  $d_1, d_2$  - xem hình vẽ.

**b) Tính toán dầm theo trạng thái giới hạn ở giai đoạn dẻo.**

Khi này có mấy yêu cầu :

- Phải đảm bảo độ ổn định tổng thể của dầm.
- Tỷ số giữa chiều rộng nhô ra của cánh dầm và chiều dày của nó không được lớn hơn 10.
- Tỷ số giữa chiều cao bụng dầm và chiều dày của nó không được lớn hơn  $80\sqrt{2100/R}$ .
- Ứng suất tiếp tại chỗ có mômen lớn nhất không được lớn hơn 0,3R.

Các công thức tính toán :

$$\frac{M_1 + M_2}{W_{x-tq}^d} \leq R$$

$W_{x-tq}^d$  - mômen kháng dẻo của tiết diện gia cường, nó bằng tổng cộng hai mômen tĩnh của hai nửa tiết diện  $S_1, S_2$ , nhưng không được lớn hơn 1,2W (W - mômen kháng đàn hồi).

$$W_{x-tq}^d = S_1 + S_2 \leq 1,2 \frac{J_{xtq}}{y_2}$$

- Diện tích tiết diện phần tử gia cường :

$$F_2 \approx \frac{(M_1 + M_2)y_1 - R J_{x1}}{2.2 R \left( y_{tq} \pm \frac{d_2}{2} \right)^2}$$

- Độ võng :

$$f = \frac{M^{TC} \cdot l^2}{E J_x}$$

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

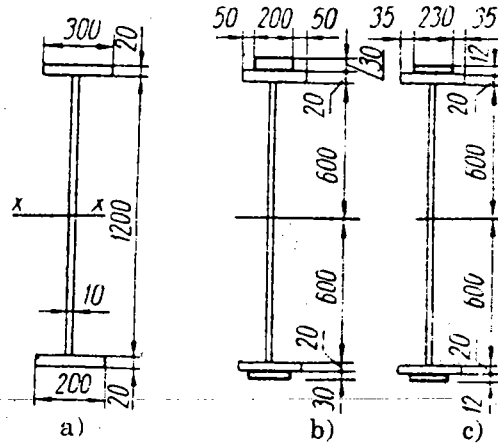
Ví dụ 1: Thiết kế gia cường một dầm có nhịp 10m, tiết diện gồm thanh bụng 1200×100mm và hai thanh cánh 300 × 20 mm, (hình 152) làm bằng thép Ct 3.

– Các số liệu tính học của tiết diện dầm :

$$J_{x1} = 590000 \text{ cm}^4$$

$$W_{x1} = 9500 \text{ cm}^3$$

$$y_1 = y_{tq} = 62 \text{ cm}$$



Hình 152.

- a) trước gia cường b) sau gia cường theo trạng thái giới hạn ở giai đoạn đàn hồi.  
c) sau gia cường, ở giai đoạn dẻo.

Các mômen :

$$M_1 = 1,1 \cdot M_1^{TC} = 1,1 \cdot 91 = 100,1 \text{ Tm}$$

$$M_2 = 1,2 \cdot M_2^{TC} = 1,2 \cdot 150 = 180 \text{ Tm}$$

Cách gia cường : Tăng tiết diện bằng hàn thêm hai băng thép đối xứng nằm ở phía ngoài các cánh dầm, để chịu mômen uốn gia tăng  $M_2$ .

**a) Thiết kế gia cường dầm theo trạng thái giới hạn ở giai đoạn đàn hồi**

Ứng suất tính toán :

$$\sigma_2 = \frac{M_1 + M_2}{W_{x1}} = \frac{10,01 \cdot 10^6 + 18 \cdot 10^6}{9,5 \cdot 10^3} = 2950 \text{ kG/cm}^2 > R = 2100 \text{ kG/cm}^2$$

Ứng suất tại thớ biên của tiết diện cũ, khi đã dỡ bớt tải trước gia cường :

$$\sigma_1 = \frac{M_1 \cdot y_1}{J_{x1}} = \frac{10,01 \cdot 10^6 \times 62}{5,9 \cdot 10^5} = 1055 \text{ kG/cm}^2$$

Diện tích tiết diện phần tử gia cường, nếu lấy chiều dày của nó là 3cm, được tính như sau :

$$F_2 = \frac{M_1 \cdot y_1 + M_2 \cdot y_{tq} - R J_{x1}}{2 \left( y_1 \pm \frac{d_2}{2} \right)^2 \cdot (R - \sigma_1)} = \frac{10,1 \cdot 10^6 \cdot 62 + 18 \cdot 10^6 \cdot 62 - 2100 \cdot 5,9 \cdot 10^5}{2 \left( 62 + \frac{3}{2} \right)^2 \cdot (2100 - 1055)} = 58,5 \text{ cm}^2$$

Chọn băng thép có tiết diện : 200 × 30.

- Kiểm tra tiết diện tổ hợp này :

$$J_{x_{tq}} = 5.9 \cdot 10^5 + 2 \cdot 20 \cdot 3 \left( 62 + \frac{3}{2} \right)^2 = 10.74 \cdot 10^5 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{M_1 \cdot y_1}{J_{x1}} + \frac{M_2 \cdot y_{tq}}{J_{x2}} = \\ &= \frac{10.01 \cdot 10^6 \cdot 62}{5.9 \cdot 10^5} + \frac{18 \cdot 10^6 \cdot 62}{10.74 \cdot 10^5} = 1055 + 1040 = \\ &= 2095 \text{ kG/cm}^2 < R = 2100 \text{ kG/cm}^2 \end{aligned}$$

Kiểm tra độ võng của dầm đã gia cường :

$$\begin{aligned} f &= \frac{M_1 l^2}{n_0 \cdot 10EJ_{x1}} + \frac{M_2 l^2}{n_1 \cdot 10EJ_{xtq}} = \\ f &= \frac{10.01 \cdot 10^6 \cdot 1000^2}{1.1 \cdot 10 \cdot 2.1 \cdot 10^6 \cdot 5.9 \cdot 10^5} + \frac{18 \cdot 10^6 \cdot 1000^2}{1.2 \cdot 10 \cdot 2.1 \cdot 10^6 \cdot 10.74 \cdot 10^5} \\ &= 0,8 + 8 = 1,6 \text{ cm} < \frac{1}{400} = 2.5 \text{ cm} \end{aligned}$$

*Ghi chú :* để dễ dàng thi công hàn, đáng nhẽ lấy tấm băng thép gia cường cánh dưới dầm có tiết diện  $200 \times 30$ , thì nay lấy nó là  $360 \times 16$ , nghĩa là rộng hơn cánh dưới dầm để có thể thi công được đường hàn dưới.

**b) Thiết kế gia cường dầm theo trạng thái giới hạn ở giai đoạn dẻo.**

$$F_2 \approx \frac{(M_1 + M_2)y_1 - RJ_{x1}}{2.2R \left( y_{tq} \pm \frac{d_2}{2} \right)^2} = \frac{(10.01 \cdot 10^6 + 18 \cdot 10^6)62 - 2100 \cdot 5.9 \cdot 10^5}{2.2 \cdot 2100 \left( 62 + \frac{2}{2} \right)^2} = 27 \text{ cm}^2$$

Ta lấy băng thép gia cường có tiết diện  $230 \times 12$ .

- Kiểm tra tiết diện tổ hợp này :

$$J_{xtq} = 5.9 \cdot 10^5 + 2 \cdot 23 \cdot 1.2 \left( 62 + \frac{1.2}{2} \right)^2 = 8.06 \cdot 10^5 \text{ cm}^4$$

Mômen kháng đàn hồi:

$$W_{xtq} = \frac{J_{xtq}}{y_2} = \frac{8.06 \cdot 10^5}{62 + 1.2} = 12850 \text{ cm}^3$$

Mômen kháng dẻo :

$$\begin{aligned} W_{xtq}^d &= 2 S_1 = 2 \left[ 60 + 1 \cdot 30 + 30 \cdot 2 \left( 60 + \frac{2}{2} \right) + 23 \cdot 1.2 \cdot \left( 62 + \frac{1.2}{2} \right) \right] = \\ &= 14380 \text{ cm}^3 < 1,2 W_{x,tq} = 1,2 \times 12850 \text{ cm}^3. \end{aligned}$$

Ứng suất tính toán :

$$\sigma = \frac{M_1 + M_2}{W_{xtq}^d} = \frac{10.01 \cdot 10^6 + 18 \cdot 10^6}{14.38 \cdot 10^3} = 1960 \text{ kG/cm}^2 < R = 2100 \text{ kG/cm}^2$$

Kiểm tra độ võng :

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

$$f = \frac{10,01 \cdot 10^6 \cdot 1000^2}{1,1 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 5,9 \cdot 10^5} + \frac{18 \cdot 10^6 \cdot 1000^2}{1,2 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 8,06 \cdot 10^5}$$
$$= 0,8 + 9 = 1,7 \text{ cm} < \frac{1}{400} = 2,5 \text{ cm}.$$

### GIA CƯỜNG THANH CHỊU KÉO ĐÚNG TÂM

#### a) Tính theo trạng thái giới hạn ở giai đoạn đàn hồi

Công thức tính toán :

$$\frac{N_1}{F_1} + \frac{N_2}{F_1 + F_2} \leq R$$

$$F_2 \geq \frac{N_1 + N_2 R F_1}{R - \frac{N_1}{F_1}}$$

$N_1$  – nội lực tính toán dọc trục trong thanh, khi đang gia cường.

$N_2$  – nội lực tính toán dọc trục gia tăng, do các tải trọng khác tác dụng sau gia cường.

$F_1$  – diện tích thanh trước gia cường.

$F_2$  – diện tích bổ sung để gia cường thanh.

$R$  – cường độ tính toán của thép.

#### b) Tính theo trạng thái giới hạn ở giai đoạn dẻo

Thí nghiệm cho thấy, các thanh chịu kéo được gia cường trong khi đang chịu tải, lúc ứng suất trong tiết diện cũ đã đạt tới giới hạn chảy và đã xảy ra biến dạng dẻo, thì các thanh ấy vẫn còn khả năng chịu lực. Khi này có sự phân phối lại ứng suất giữa tiết diện cũ và các phần tử gia cường. Thực tế, trạng thái giới hạn của thanh chịu kéo được gia cường khi đang mang tải chỉ bắt đầu khi mà ứng suất (bằng giới hạn chảy  $\sigma_T$ ) lan rộng đều khắp tiết diện đã gia cường; và điều kiện không phá hoại ở trạng thái giới hạn giai đoạn dẻo như sau :

$$\frac{N_1 + N_2}{F_1 + F_2} \leq R$$

từ đó suy ra diện tích tiết diện phần tử gia cường :

$$F_2 \geq \frac{N_1 + N_2}{R} - F_1$$

Các đường hàn liên kết phần tử gia cường vào thanh kết cấu phải là đường hàn liên tục, có độ cao 3–6mm (tùy theo chiều dày phần tử gia cường). Đường hàn dứt đoạn gây ra những điểm tập trung ứng suất ở đầu và cuối mỗi đoạn hàn, tạo ra các vết nứt dòn trong thanh chịu kéo.

Diện tích mặt cắt đường hàn đủ để liên kết phần tử gia cường là khi đáp ứng điều kiện sau :

$$F_2 \cdot R \leq F_{dh} \cdot R_h$$

Diện tích chịu cắt của đường hàn :

$$F_{dh} \geq \frac{F_2 \cdot R}{R_h} = 1,4F_2$$

Nếu cho trước chiều dài đường hàn liên kết  $l_h$ , thì có thể tính ra chiều cao đường hàn:

$$h_h = \frac{1,4F_2}{2 \cdot 0,7(l_h - 1cm)} = \frac{F_2}{l_h - 1cm}$$

Ví dụ 2 : Tính toán gia cường một thanh chịu kéo đúng tâm, gồm hai thép góc  $75 \times 75 \times 8$ ; thép ct 3.

$$F_1 = 2 \times 9,03 = 18,06 \text{ cm}^3$$

Nội lực tính toán khi gia cường :

$$N_1 = n_o \cdot N_1^{TC} = 1,1 \cdot 18,0 = 19,80T$$

Nội lực tính toán gia tăng sau gia cường :

$$N_2 = n \cdot N_2^{TC} = 1,2 \cdot 19,0 = 22,80T$$

Cường độ tính toán của thép Ct 3 :  $R = 2100 \text{ kG/cm}^2$ .

Cường độ tính toán của đường hàn:  $R_h = 1500 \text{ kG/cm}^2$ .

**a) Tính theo trạng thái giới hạn ở giai đoạn đàn hồi**

$$F_2 = \frac{N_1 + N_2 - R F_1}{R - \frac{N_1}{F_1}} = \frac{19800 + 22800 - 2100 \cdot 18,06}{2100 - \frac{19800}{18,06}} = 4,28 \text{ cm}^2$$

Lấy hai thanh thép tròn  $\phi 18\text{mm}$  :

$$F'_2 = 2,54 \times 2 = 5,08 \text{ cm}^2$$

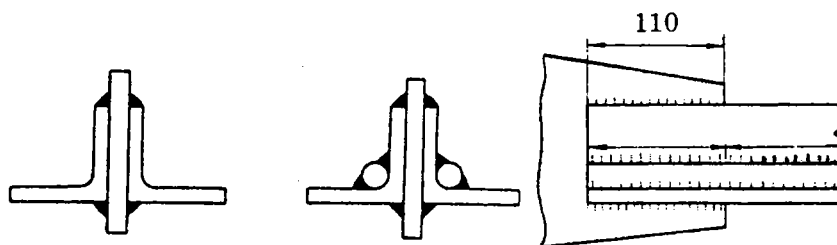
Kiểm tra ứng suất :

$$\sigma = \frac{N_1}{F_1} + \frac{N_2}{F_1 + F'_2} = \frac{19800}{18,06} + \frac{22800}{18,06 + 5,08}$$

$$= 1100 + 985 = 2085 \text{ kG/cm}^2 < R = 2100 \text{ kG/cm}^2$$

Khi biết trước chiều dài đường hàn  $l_h = 110 \text{ mm}$ , thì tính được chiều cao đường hàn :

$$h_h = \frac{F'_2}{l_h - 1cm} = \frac{5,08}{11 - 1} = 0,5 \text{ cm}$$



Hình 153

**b) Tính theo trạng thái giới hạn ở giai đoạn dẻo.**

$$F_2 = \frac{N_1 + N_2}{R} - F_1 = \frac{19800 + 22800}{2100} - 18,06 = 2,24 \text{ cm}^2$$

Lấy hai thanh  $\phi 12$  :

$$F'_2 = 1,13 \times 2 = 2,26 \text{ cm}^2$$

• Kiểm tra ứng suất :

$$\sigma = \frac{N_1 + N_2}{F_1 + F_2} = \frac{19800 + 22800}{18,06 + 2,26} = 2098 \text{ kG/cm}^2 < R = 2100 \text{ kG/cm}^2$$

đường hàn liên kết có chiều dài 110 mm, và chiều cao :

$$h_h = \frac{2,26}{11-1} = 0,23 \text{ cm}$$

Lấy :  $h_h = 4 \text{ mm}$ .

### **GIA CƯỜNG THANH CHỊU NÉN ĐÚNG TÂM**

Gia cường các thanh chịu nén phải vừa tăng diện tích tính toán, vừa tăng độ cứng tiết diện. Vậy phần tiết diện gia cường nên bố trí sao cho có được bán kính quán tính lớn nhất, nhằm cải thiện hệ số uốn dọc  $\varphi_{tq}$ .

Nếu thanh cần gia cường là thanh chịu nén của dàn thép thì phải đảm bảo các trục đồng quy tại mắt dàn, vậy trọng tâm của tiết diện gia cường phải trùng với trọng tâm của tiết diện cũ, hoặc rất gần trọng tâm đó.

Phần tử gia cường thanh chịu nén đúng tâm có thể không cần phải đi đến tận mắt dàn và liên kết vào bản mắt đó, nếu đảm bảo điều kiện :

$$\frac{N_1 + N_2}{F_1} \leq R$$

Trong lúc gia cường thì lực nén dọc trục trong thanh không được lớn hơn trị sau :

$$N \leq 0,8 R_1 F_1 \varphi_1$$

$\varphi_1$  – hệ số uốn dọc của tiết diện trước gia cường.

Điều kiện trên đảm bảo thanh thép chính không bị uốn dọc khi nó chịu nhiệt hàn.

**Công thức tính toán :**

**a) Tính theo trạng thái giới hạn ở giai đoạn đàn hồi**

$$\frac{N_1}{F_1 \varphi_{tq}} + \frac{N_2}{(F_1 + F_2) \varphi_{tq}} \leq R$$

$$F_2 \geq \frac{N_1 + N_2 - \varphi_{tq} R F_1}{\varphi_{tq} R - \frac{N_1}{F_1}}$$

**b) Tính theo trạng thái giới hạn ở giai đoạn dẻo.**

Khi này ứng suất tới hạn trong thanh đã gia cường, bằng nhau trên toàn tiết diện, vậy áp dụng các công thức sau :

$$\frac{N_1 + N_2}{(F_1 + F_2) \varphi_{tq}} \leq R$$

$$F_2 = \frac{N_1 + N_2 - \varphi_{tq} F_1 R}{\varphi_{tq} R}$$

Để tính  $F_2$  cần phải biết hệ số uốn dọc của thanh đã gia cường; hệ số này tùy thuộc vào trị gần đúng của bán kính quán tính của tiết diện kết cấu thép (xem phụ lục 3).

Các đường hàn liên kết các phần tử gia cường vào tiết diện chính của thanh chịu nén đúng tâm, được tính toán để chịu lực cắt.

$$h_h \geq \frac{Q_q \cdot S_2}{1.4JR_h}$$

$Q_q$  – lực cắt quy ước.

$$Q_q = 20 (F_1 + F_2) \text{ đối với thép Ct 3}$$

$$Q_q = 40 (F_1 + F_2) \text{ đối với thép hợp kim.}$$

$S_2$  – mômen tĩnh của phần tử được liên kết bằng đường hàn.

*Ví dụ 3 : Tính toán gia cường thanh chịu nén đúng tâm gồm hai thép góc  $120 \times 80 \times 10$ , thép Ct 3, (hình 154) :*

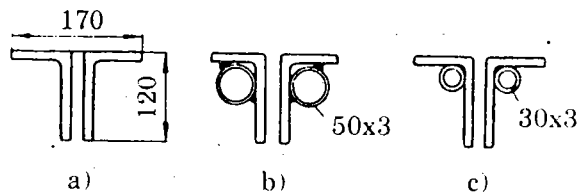
$$F_1 = 19,13 \cdot 2 = 38,26 \text{ cm}^2.$$

Chiều dài tính toán của thanh :  $l_x = l_y = 3,0m$

Nội lực tính toán khi gia cường :  $N_1 = 29,70T$

Nội lực tính toán gia tăng :  $N_2 = 33,00T$

Phương án gia cường : hàn các đoạn ống vào phía trong cặp thép góc.



Hình 154

**a) Tính theo trạng thái giới hạn ở giai đoạn đàn hồi**

$$F_2 = \frac{N_1 + N_2 - \varphi_{tq} \cdot R \cdot F_1}{\varphi_{tq} \cdot R - \frac{N_1}{F_1}} =$$

$$= \frac{29700 + 33000 - 0.702 \cdot 2100 \cdot 38.26}{0.702 \cdot 2100 - \frac{29700}{38.26}} = 8.8 \text{ cm}^2$$

Gia cường thanh bằng hai ống thép  $50 \times 3$

$$F_2 = 2 \times 4,43 = 8,86 \text{ cm}^2$$

• Kiểm tra ứng suất

$$\sigma = \frac{N_1}{F_1 \cdot \varphi_{tq}} + \frac{N_2}{(F_1 + F_2) \varphi_{tq}} =$$

$$= \frac{29700}{38.26 \cdot 0.702} + \frac{33000}{(38.26 + 8.86) \cdot 0.70} =$$

$$= 1090 + 980 = 2070 < R = 2100 \text{ kg/cm}^2$$

Ghi chú : Trong tiết diện gia cường (b), ta có các bán kính quán tính

$$r_x = 3,48 \text{ cm}; r_y = 3,80 \text{ cm}$$

Độ mảnh của thanh đã gia cường :

$$\lambda = \frac{l_x}{r_x} = \frac{300}{3,48} = 86$$

Ứng với :  $\varphi_{tq} = 0,714$

**b) Tính theo trạng thái giới hạn ở giai đoạn dẻo.**

$$F_2 = \frac{N_1 + N_2 - \varphi_{tq} \cdot F_1 \cdot R}{\varphi_{tq} \cdot R} = \frac{29700 + 33000 - 0,702 \cdot 38,26 \cdot 2100}{0,702 \cdot 2100} = 4,2 \text{ cm}^2$$

Vậy trong phương án này, có thể chọn thép ống gia cường loại 30 × 3, thay thế cho loại 50 × 3.

Trong cả hai phương án gia cường trên, không cần thiết phải dẫn các ống đến tận mắt dàn, vì điều kiện nêu trong công thức :

$$\frac{N_1 + N_2}{F_1} \leq R$$

đã được thỏa mãn.

### GIA CƯỜNG THANH CHỊU NÉN LỆCH TÂM

Có thể gia cường thanh chịu nén lệch tâm chỉ vì lực dọc trục gia tăng hay chỉ vì mômen uốn gia tăng, hay vì cả lực dọc và mômen uốn gia tăng đồng thời. Tốt nhất là gia cường sao cho tăng cả diện tích tiết diện thanh lẫn độ cứng thanh.

Trong lúc gia cường thanh chịu nén lệch tâm thì ứng suất tính toán lớn nhất hay độ ổn định của tiết diện trước gia cường không được lớn hơn 0,8 R.

Sau khi gia cường phải kiểm tra :

- cường độ theo các ứng suất thớ biên ngoài cùng.
- độ ổn định trong mặt phẳng và ngoài mặt phẳng tác dụng của mômen.

Các phần tử gia cường không phải dẫn tới các mắt, và không phải liên kết vào các bản mắt nếu như tại các tiết diện gần các mắt đảm bảo điều kiện sau :

$$\frac{N_1 + N_2}{F_1} + \frac{M_1 + M_2}{W_1} \leq R$$

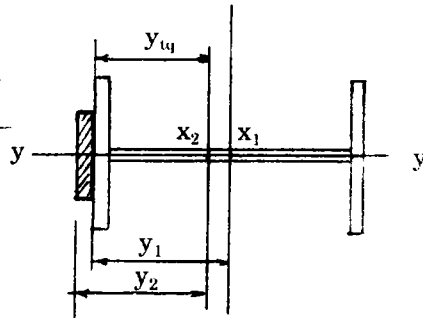
**Các công thức tính toán thanh chịu nén lệch tâm theo trạng thái giới hạn :**

**a) Ở giai đoạn đàn hồi**

- Công thức tính diện tích phần tử gia cường :

$$F_2 \geq \frac{N_1 + N_2 - \varphi_{l,tq} \cdot R \cdot F_1}{\varphi_{l,tq} \cdot R - \frac{N_1}{F_1}}$$

$\varphi_{l,tq}$  - hệ số uốn dọc tổng quát của thanh chịu nén lệch tâm.



Hình 155

- Công thức kiểm tra cường độ theo ứng suất tại thớ biên của tiết diện cũ :

$$\frac{N_1}{F_1} + \frac{N_2}{F_1 + F_2} + \frac{M_1 \cdot y_1}{J_1} - \frac{M_2 \cdot y_{tq}}{J_{tq}} \leq R$$

- Công thức kiểm tra cường độ theo ứng suất tại thớ biên của phần tử gia cường :

$$\frac{N_2}{F_1 + F_2} + \frac{M_2 \cdot y_2}{J_{tq}} \leq R$$

- Công thức kiểm tra độ ổn định trong mặt phẳng tác dụng của mômen :

$$\frac{N_1}{\varphi_{1-tq} \cdot F_1} + \frac{N_2}{\varphi_{1-tq} (F_1 + F_2)} \leq R$$

- Công thức kiểm tra độ ổn định ngoài mặt phẳng tác dụng của mômen : (khi độ lệch tâm tương đối  $m_x \leq 10$ ).

$$\frac{N_1}{\varphi_{tq} \cdot c \cdot F_1} + \frac{N_2}{\varphi_{tq} \cdot c \cdot (F_1 + F_2)} \leq R$$

### b) Ở giai đoạn dẻo

Ở đây, cũng giống như trường hợp nén đúng tâm, khi thanh mất ổn định là lúc các ứng suất tới hạn trong thanh sẽ bằng nhau trên toàn tiết diện; bấy giờ lực tới hạn không phụ thuộc vào ứng suất đã có trong tiết diện cũ trước lúc gia cường nữa.

- Công thức tính diện tích tiết diện phần tử gia cường :

$$F_2 \geq \frac{N_1 + N_2 - \varphi_{1-tq} \cdot R \cdot F_1}{\varphi_{1-tq} \cdot R}$$

- Công thức kiểm tra độ ổn định trong mặt phẳng tác dụng của mômen :

$$\frac{N_1 + N_2}{\varphi_{1-tq} (F_1 + F_2)} \leq R$$

- Công thức kiểm tra độ ổn định ngoài mặt phẳng tác dụng của mômen

$$\frac{N_1 + N_2}{\varphi_{y-tq} \cdot c \cdot (F_1 + F_2)} \leq R$$

*Vi dụ 4 • Tính toán gia cường một kết cấu chịu nén lệch tâm có tiết diện chữ H, làm bằng thép Ct3, (hình 156), với :*

- Chiều dài tính toán :  $l_x = 14m$  ,  $l_y = 5,0m$
- Thanh bụng :  $600 \times 10$  ; thanh cánh :  $400 \times 20$
- Diện tích tiết diện :  $F = 220 \text{ cm}^2$

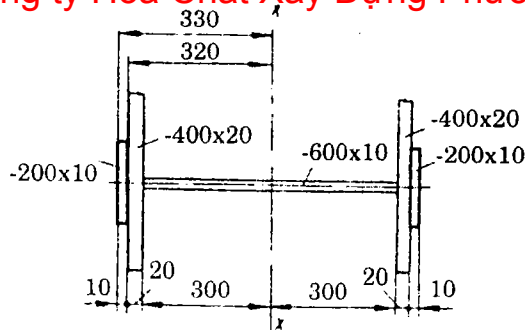
$$J_x = 172000 \text{ cm}^4 ; J_y = 21300 \text{ cm}^4$$

- Kích cỡ tiết diện :  $h = 64 \text{ cm}$ , trước gia cường

$$\underline{h = 66 \text{ cm}} \text{ , sau gia cường.}$$

Tính gần đúng vài thông số để xác định diện tích phần tử gia cường :

- Độ mảnh kết cấu :  $\lambda_x \approx \frac{l}{0.42h} = \frac{1400}{0.42 \cdot 66} = 50.5$



Hình 156

– Hệ số hình dạng tiết diện chữ H :

$$\eta = 1,45 - 0,003 \lambda_x = 1,45 - 0,003 \cdot 50,5 = 12,9$$

– Độ lệch tâm quy đổi (gắn đúng) :

$$m_x \approx \eta \frac{2,8(M_1 + M_2)}{(N_1 + N_2)h} = 1,29 \cdot \frac{2,8(170000 + 400000)}{(120000 + 150000)66} = 1,15$$

Với  $\lambda_x = 50,5$ ;  $m_x = 1,15$ , tra bảng để tìm  $\varphi_{1,tq} = 0,542$ .

Các số liệu về tải trọng tính toán:

– Trước gia cường :  $N_1 = 120T$  ;  $M_1 = 17,0 Tm$ .

– Sau gia cường :  $N_2 = 150T$  ;  $M_2 = 40 Tm$ .

**a) Tính theo trạng thái giới hạn ở giai đoạn đàn hồi.**

Diện tích tiết diện phần tử gia cường :

$$F_2 = \frac{N_1 + N_2 - \varphi_{1,tq} \cdot R \cdot F_1}{\varphi_{1,tq} \cdot R - \frac{N_1}{F_1}} = \frac{120000 + 150000 - 0,542 \cdot 2100 \cdot 220}{0,542 \cdot 2100 - \frac{120000}{220}} = 34cm^2$$

Lấy hai giải bằng :  $200 \times 10$ , có  $F_2 = 40 cm^2$ .

Các đặc tính tĩnh học của tiết diện đã gia cường :

$$J_{x,tq} = 214200 cm^4 ; r_{x,tq} = 28,9 cm$$

$$J_{y,tq} = 22630 cm^4 ; r_{y,tq} = 9,35 cm$$

• Kiểm tra ứng suất tại thớ biên chịu nén nhiều nhất, trong mặt phẳng tác dụng của mômen :

$$\lambda_x = \frac{l_x}{r_{x,tq}} = \frac{1400}{28,9} = 48,4$$

$$\eta = 1,45 - 0,003 \cdot 48,4 = 1,305$$

$$m_x = \eta \frac{(M_1 + M_2)(F_1 + F_2)y_2}{(N_1 + N_2)J_{x,tq}} = 1,305 \frac{(170000 + 400000) \cdot (220 + 40)}{(120000 + 150000) \cdot 214200} = 1,10$$

Với  $\lambda = 48,4$  và  $m_x = 1,10$ , tra bảng để tìm :  $\varphi_{1,tq} = 0,557$

• Kiểm tra ứng suất trong mặt phẳng tác dụng của mômen :

$$\sigma_x = \frac{N_1}{\varphi_{1,tq} \cdot F_1} + \frac{N_2}{\varphi_{1,tq} (F_1 + F_2)} = \frac{120000}{0,557 \cdot 200} + \frac{150000}{0,557(200 + 40)} =$$

$$= 980 + 1035 = 2015 \text{ kG/cm}^2 < R = 2100 \text{ kG/cm}^2$$

- Kiểm tra ứng suất ngoài mặt phẳng tác dụng của mômen :

$$\lambda_y = \frac{l_y}{r_y} = \frac{500}{9,35} = 54$$

$$\varphi_{y.tq} = 0,878$$

$$c = \frac{\beta}{1 + \alpha \frac{(M_1 + M_2)(F_1 + F_2)y_2}{(N_1 + N_2)J_{x.tq}}}$$

$$= \frac{1,0}{1 + 0,7 \cdot \frac{(1700000 + 4000000)(220 + 40)33}{(120000 + 150000) \cdot 214200}} = 0,63$$

Tính ứng suất :

$$\sigma_y = \frac{N_1}{\varphi_{y.tq} \cdot c \cdot F_1} + \frac{N_2}{\varphi_{y.tq} \cdot c \cdot (F_1 + F_2)} =$$

$$= \frac{120000}{0,878 \cdot 0,63 \cdot 220} + \frac{150000}{0,878 \cdot 0,63 \cdot (220 + 40)} =$$

$$= 990 + 1045 = 2035 \text{ kG/m}^2 < R = 2100 \text{ kG/cm}^2$$

- Kiểm tra cường độ :

$$\sigma = \frac{N_1}{F_1} + \frac{N_2}{F_1 + F_2} + \frac{M_1 \cdot y_1}{J_{x1}} + \frac{M_2 \cdot y_{tq}}{J_{x.tq}} =$$

$$= \frac{120000}{200} + \frac{150000}{220 + 40} + \frac{1700000 \cdot 32}{172000} + \frac{4000000 \cdot 32}{214200} =$$

$$= 546 + 578 + 317 + 597 = 2038 \text{ kG/cm}^2 < R = 2100 \text{ kG/cm}^2$$

**b) Tính theo trạng thái giới hạn ở giai đoạn dẻo.**

Sử dụng các số liệu ở trên để tính toán diện tích tiết diện phần tử gia cường :

$$F_2 = \frac{N_1 + N_2 - \varphi_{l.tq} \cdot R \cdot F_1}{\varphi_{l.tq} \cdot R}$$

$$= \frac{120000 + 150000 - 0,557 \cdot 2100 \cdot 220}{0,557 \cdot 2100} = 10,3 \text{ cm}^2$$

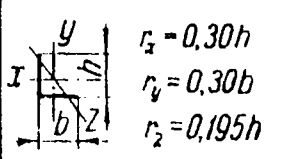
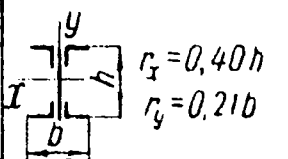
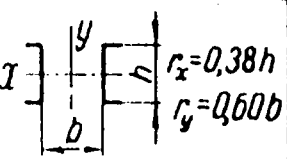
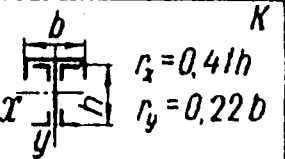
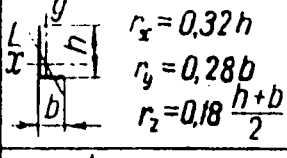
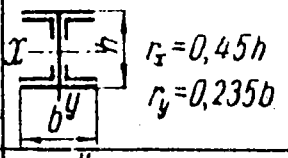
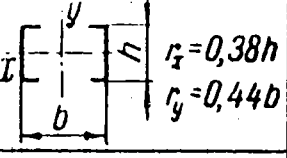
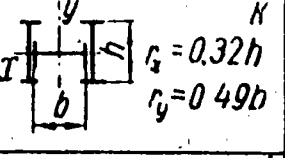
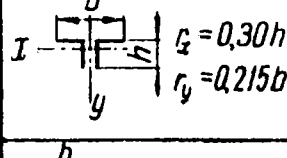
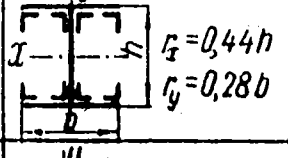
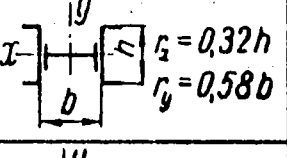
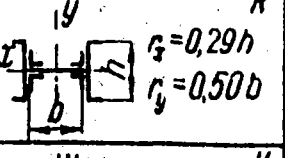
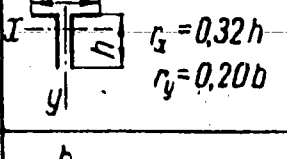
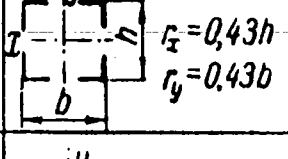
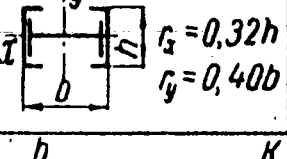
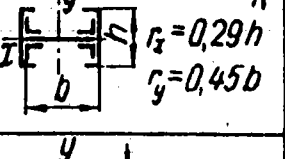
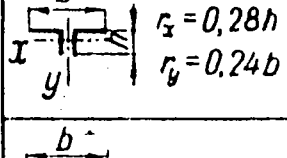
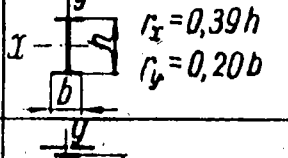
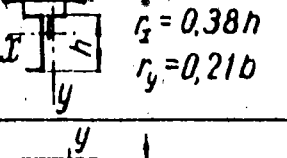
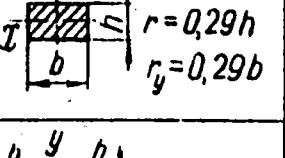
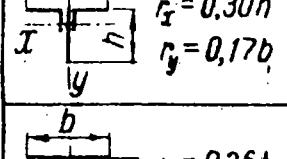
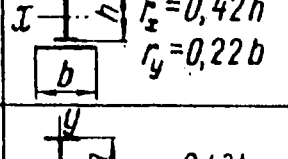
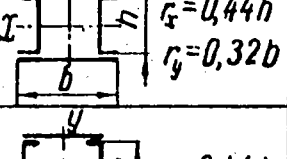
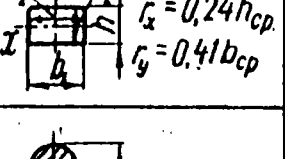
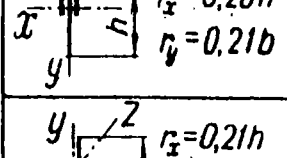
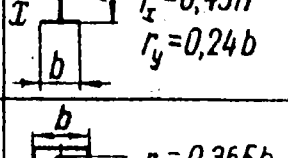
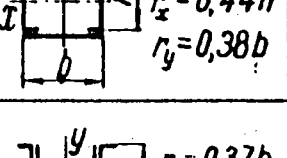
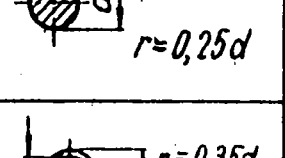
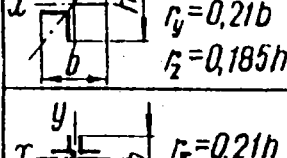
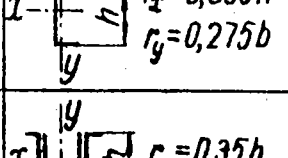
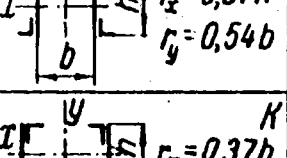
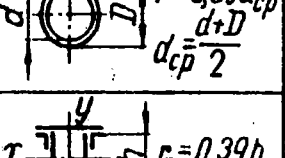
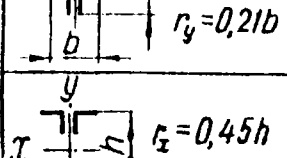
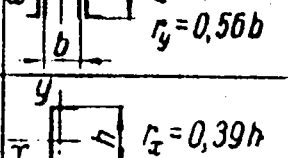
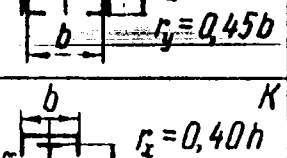
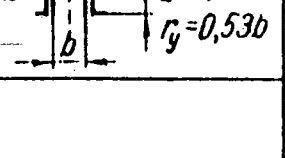
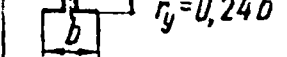
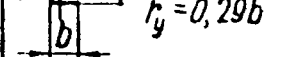
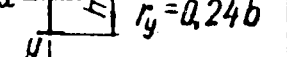
Vậy kích thước giải bằng gia cường chỉ còn là : 60 × 10.

### GIA CƯỜNG THANH CHỊU KÉO LỆCH TÂM

Các thanh chịu kéo lệch tâm trong kết cấu thép không có nguy cơ mất ổn định, cho nên khi tính toán gia cường và kiểm tra chúng chỉ cần xét điều kiện cường độ với các công thức đã sử dụng để tính các thanh chịu nén lệch tâm, như :

$$\frac{N_1}{F_1} + \frac{N_2}{F_1 + F_2} + \frac{M_1 \cdot y_1}{J_1} + \frac{M_2 \cdot y_{tq}}{J_{tq}} \leq R$$

CÁC BÁN KÍNH QUÁN TÍNH TIẾT DIỆN KẾT CẤU THÉP

 $r_x = 0,30h$ $r_y = 0,30b$ $r_z = 0,195h$	 $r_x = 0,40h$ $r_y = 0,21b$	 $r_x = 0,38h$ $r_y = 0,60b$	 $r_x = 0,41h$ $r_y = 0,22b$
 $r_x = 0,32h$ $r_y = 0,28b$ $r_z = 0,18 \frac{h+b}{2}$	 $r_x = 0,45h$ $r_y = 0,235b$	 $r_x = 0,38h$ $r_y = 0,44b$	 $r_x = 0,32h$ $r_y = 0,49b$
 $r_x = 0,30h$ $r_y = 0,215b$	 $r_x = 0,44h$ $r_y = 0,28b$	 $r_x = 0,32h$ $r_y = 0,58b$	 $r_x = 0,29h$ $r_y = 0,50b$
 $r_x = 0,32h$ $r_y = 0,20b$	 $r_x = 0,43h$ $r_y = 0,43b$	 $r_x = 0,32h$ $r_y = 0,40b$	 $r_x = 0,29h$ $r_y = 0,45b$
 $r_x = 0,28h$ $r_y = 0,24b$	 $r_x = 0,39h$ $r_y = 0,20b$	 $r_x = 0,38h$ $r_y = 0,21b$	 $r_x = 0,29h$ $r_y = 0,29b$
 $r_x = 0,30h$ $r_y = 0,17b$	 $r_x = 0,42h$ $r_y = 0,22b$	 $r_x = 0,44h$ $r_y = 0,32b$	 $r_x = 0,24h_{cp}$ $r_y = 0,41b_{cp}$
 $r_x = 0,26h$ $r_y = 0,21b$	 $r_x = 0,43h$ $r_y = 0,24b$	 $r_x = 0,44h$ $r_y = 0,38b$	 $r = 0,25d$
 $r_x = 0,21h$ $r_y = 0,21b$ $r_z = 0,185h$	 $r_x = 0,365h$ $r_y = 0,275b$	 $r_x = 0,37h$ $r_y = 0,54b$	 $r = 0,35d_{cp}$ $d_{cp} = \frac{d+D}{2}$
 $r_x = 0,21h$ $r_y = 0,21b$	 $r_x = 0,35h$ $r_y = 0,56b$	 $r_x = 0,37h$ $r_y = 0,45b$	 $r_x = 0,39h$ $r_y = 0,53b$
 $r_x = 0,45h$ $r_y = 0,24b$	 $r_x = 0,39h$ $r_y = 0,29b$	 $r_x = 0,40h$ $r_y = 0,24b$	