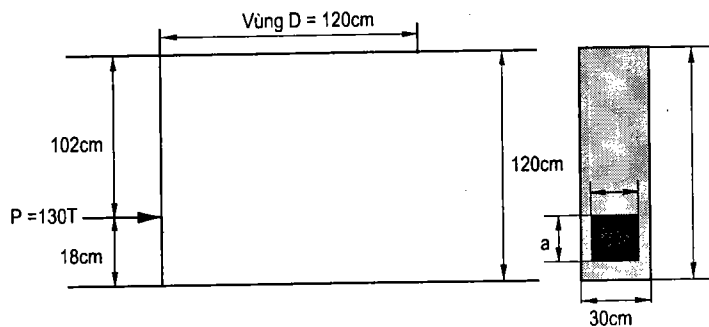


Chương 3

CÁC VÍ DỤ TÍNH ÁP DỤNG MÔ HÌNH GIÀN ẢO

3.1. MÔ HÌNH GIÀN ẢO CỦA MỘT ĐẦU DẪM CHỊU TẢI TRỌNG TẬP TRUNG

Một dầm chữ nhật, kích thước mặt cắt ngang 120cm × 30cm. Chịu tác dụng của một lực tập trung $P = 110$ tấn đặt tại đầu dầm theo hướng song song trục dọc của dầm. Yêu cầu vẽ mô hình giàn ảo và kiểm tra ứng suất. Bê tông dầm M300, $R_a = 2400$ kG/cm².



Hình 3.1. Sơ đồ chịu lực tập trung dọc trục của một đầu dầm bê tông

Bước 1: Tách vùng D

Vùng D được giả định kéo dài theo chiều trục dọc của dầm bằng một lần chiều cao dầm.

Bước 2: Tính ứng suất trong ranh giới của phần tử

Tính theo công thức:

$$\sigma_{1,2} = \frac{P}{b \cdot h} \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{h} \right)$$

trong đó:

$\sigma_{1,2}$ - ứng suất của thớ trên và thớ dưới dầm;

e - độ lệch tâm so với trục dọc; e = 42cm.

P - ngoại lực tác dụng đã xét đến hệ số giảm bền; $P = \frac{110T}{0,85} = 130T$.

Thay các giá trị vào biểu thức, ta có:

$$\sigma_1 = -39,72 \text{ kG/cm}^2 \text{ và } \sigma_2 = 111,94 \text{ kG/cm}^2$$

Bước 3: Tính chiều rộng chịu áp lực a

$$\text{Áp dụng công thức } a = \frac{P}{b \cdot v_1 \cdot R_{lt}};$$

trong đó:

$$v_1 = 1 - \frac{R_n}{2500} \text{ và } R_{lt} = \frac{\alpha \cdot R_n}{\gamma_C} \text{ (theo FIP Recommendation 1996 "Practical Design").}$$

α - hệ số phụ thuộc vào cường độ và thời gian chất tải; với trạng thái giới hạn, $\alpha = 0,85$.

γ_C - hệ số an toàn cục bộ, trạng thái giới hạn $\gamma_C = 1,50$.

R_n - cường độ bê tông 28 ngày (kG/cm^2).

b - chiều rộng cấu kiện (cm).

P - lực tác dụng tập trung (kG).

Thay vào biểu thức, tính được $a \approx 28\text{cm}$.

Bước 4: Phân tích nội lực tại mặt ranh giới

Ngoại lực P được phân thành 2 lực 65T đặt tại các điểm bằng a/4; lực đặt tại J cách mép dưới cấu kiện 11cm và lực đặt tại K cách điểm J 14cm ($a/2 = 14\text{cm}$).

⇒ Căn cứ vào biểu đồ ứng suất tại mặt ranh giới vùng D, hợp lực kéo F_H trong phạm vi G-I của vùng D:

$$F_H = \frac{39,72 \text{ kG/cm}^2 \cdot 31,43 \text{ cm}}{2} \times 30 \text{ cm} = 19020 \text{ kG} = 19,02T;$$

Để cân bằng với lực kéo này, tại mặt ranh giới phải có một lực nén $F_F = 19,02T$ tại phần G-E. Đồng thời, để cân bằng với hai lực 65T tác dụng tại K và J, phải có 2 lực nén = 65T tác dụng tại D và B (đặt tại trọng tâm của các hình thang có cạnh EC và CA).

Bước 5: Vẽ mô hình giàn ảo để truyền các lực trong vùng D

Thanh chống: đường đứt nét

Thanh giằng: đường liền nét

Để cân bằng với F_H trong cấu kiện H-P có một lực kéo bằng 19,02T (điểm P cách mép ngoài cấu kiện một khoảng là $a/4 = 7\text{cm}$). Hai lực F_H và F_F gần kề có độ lớn bằng nhau lại ngược chiều \Rightarrow tạo ra một vòng xoáy lực gồm các thanh chịu kéo và thanh chống chịu nén. Do vậy, tại F có thanh chống F-O cân bằng với lực $F_F = 19,02\text{T}$ và thanh O-P nghiêng 45° để tạo thành vòng xoáy lực của F_H và F_F . Lực nén trong thanh O-P $= 19,02 \cdot \sqrt{2} = 26,89\text{T}$.

Tại mối nối P, với $\Sigma y = 0$ (y là trục thẳng đứng), ta xác định được lực kéo trong cấu kiện P-K $= 19,02\text{T}$; tại nút ảo O, ta cũng xác định được một lực nén thẳng đứng $= 19,02\text{T}$ để cân bằng.

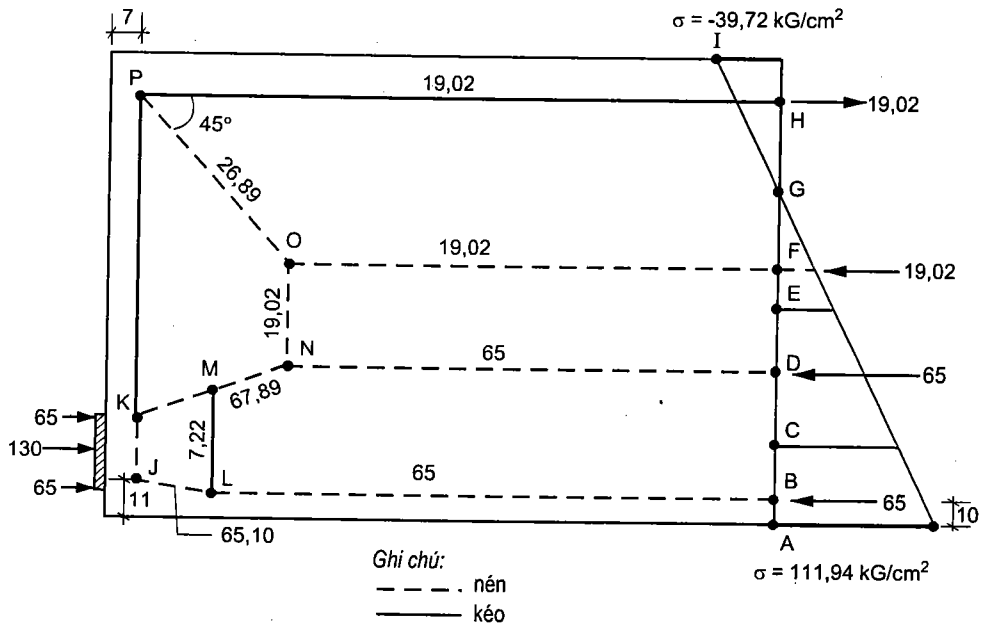
Lực tác dụng tại J cách mép cấu kiện 11cm. Lực nén tác dụng tại B cách mép cấu kiện 10cm. Sự chuyển tiếp của hai lực này được thực hiện bằng cấu kiện J-L. Theo ACI thì cấu kiện J-L đối với trường hợp tổng quát xác định theo độ dốc 2:1. Nhưng trong trường hợp cụ thể thì FIP Recommendation 1996 "Practical Design" khuyên lấy bằng d_1 (d_1 : khoảng cách từ điểm đặt lực đến mép dưới cấu kiện); do vậy theo quy tắc tam giác lực, lực nén trong thanh J-L $= 65,10\text{T}$. Lực nén trong thanh L-B là 65T để cân bằng với $F_B = 65\text{T}$. Cũng bằng quy tắc tam giác lực, ta xác định được lực nén trong cấu kiện M-N $= 67,89\text{T}$.

Tại điểm đối hướng L, xuất hiện lực kéo T_1 trong thanh giằng L-M. Áp dụng quy tắc tam giác lực để xác định T_1 . Nhưng theo FIP Recommendation 1996 "Practical Design", lực T_1 được xác định theo công thức:

$$T_1 = \frac{P}{4} \left(1 - \frac{a}{2 \cdot d_1} \right)$$

thay các giá trị: $P = 130\text{T}$; $a = 28\text{cm}$; $d_1 = 18\text{cm}$ vào biểu thức, ta có $T_1 = 7,22\text{T}$.

Kết quả thể hiện tại hình vẽ sau:



Hình 3.2. Sơ đồ giàn ảo trong dầm khi chịu lực tập trung P

Bước 6: Kiểm tra ứng suất trong các cấu kiện

1. Các thanh chống chịu nén:

a) Độ bền chịu nén hiệu quả R_{ce} của bê tông được tính bằng:

$$R_{ce} = v_1 \cdot v_3 \cdot R_{28}$$

trong đó:

v_1 - theo bảng 2-2 (chương 2) ta có: $v_1 = 0,8$

$$v_3 = 0,55 + \frac{15 \cdot \sqrt{0,06895}}{\sqrt{R_n}}; \text{ với bê tông M300, ta có } v_3 = 0,777$$

Vậy, $R_{ce} = 0,8 \cdot 0,777 \cdot R_{28} = 0,62 \cdot 300 = 186 \text{ kG/cm}^2$

b) Chiều cao các thanh chịu nén (h) xác định theo công thức:

$$h = \frac{C}{b \cdot R_{ce}}$$

trong đó:

C - lực nén trong thanh chống

b - chiều rộng thanh chống; $b = 30\text{cm}$.

R_{ce} - độ bền chịu nén hiệu quả.

Giá trị h của các thanh chống trong bảng sau:

TT	Tên thanh	Lực nén C (T)	h (cm)	Ghi chú
1	F-O	19,02	3,41	
2	O-P	26,89	4,82	
3	O-N	19,02	3,41	
4	D-N	65,00	11,65	
5	K-M	67,89	12,20	
6	B-L	65,00	11,65	

Qua đây ta thấy không có thanh chống nào bị chồng lên nhau, điều này thể hiện ứng suất nén trong bê tông là thoả đáng. Việc bố trí cốt thép trong phạm vi này chỉ thoả mãn yêu cầu cấu tạo.

2. Các thanh giằng

Diện tích cốt thép yêu cầu trong các thanh giằng:

$$A_s = \frac{T}{R_a}$$

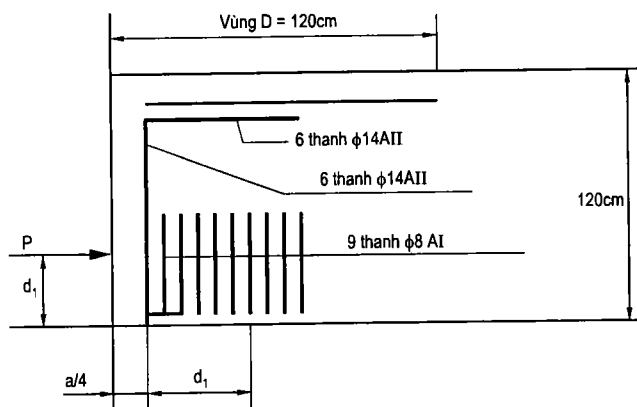
trong đó: T - lực kéo trong thanh

R_a - giới hạn chảy của thép. $R_a = 2400 \text{ kG/cm}^2$ (AII) và $= 1900 \text{ kG/cm}^2$ (AI)

Giá trị A_s của các thanh giằng ghi trong bảng sau:

TT	Tên thanh	Lực kéo T (tấn)	A_s (cm ²)	Cốt thép
1	H-P	19,02	7,925	6 thanh Ø14 AII
2	P-K	19,02	7,925	6 thanh Ø14 AII
3	L-M	7,22	3,80	9 thanh Ø8 AI

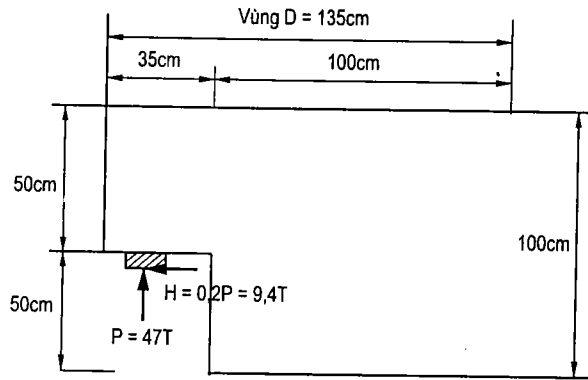
3. Bố trí cốt thép



Hình 3.3. Bố trí cốt thép phân đầu dầm chịu lực tập trung P

3.2. MÔ HÌNH GIÀN ẢO CỦA MỘT ĐẦU DẪM CÓ KHẮC TẠI GỐI

Dầm bê tông cốt thép M300 mặt cắt chữ nhật $b = 40\text{cm}$; $h = 100\text{cm}$, khẩu độ nhịp $L=12\text{m}$. Chịu hoạt tải rải đều $3,65\text{T/m}$ và tĩnh tải 3T/m . Cốt thép nhóm AI và AII. Tính cốt thép trong vùng gối.



Hình 3.4. Đầu dầm có mặt cắt khắc thay đổi

Bước 1: Xác định vùng D

Vùng D gồm phần gối (35cm) cộng thêm 100cm bằng chiều cao dầm. Phản lực thẳng đứng $P = 40\text{T}$. Mặc dù không có tải trọng ngang tác dụng nhưng để xét đến ảnh hưởng của ma sát gối, chúng ta vẫn giả định có một phản lực ngang $H = 0,2.P$ (*FIP Recommendation 1996*). Đồng thời, vùng này hầu như bị lực cắt chi phối nên ta lấy hệ số giảm bên $\phi = 0,85$; Giá trị các phản lực có xét đến ϕ được thể hiện trên hình 3.4:

$$P = \frac{40\text{T}}{0,85} \approx 47\text{T} \quad \text{và} \quad H = 0,2P = 9,4\text{T}.$$

Để đơn giản, bỏ qua tĩnh tải và hoạt tải trong vùng D.

Bước 2: Xác định các lực trên ranh giới vùng D

Mômen uốn tại mặt cắt ranh giới của vùng D:

$$M = P.L = 47\text{T}.1,35\text{m} = 63,45\text{Tm}.$$

Giá trị này được biểu diễn bằng hai lực nén và kéo trong thanh mạ trên và dưới đặt cách nhau một khoảng là z (cánh tay đòn nội ngẫu lực).

Chiều dày bê tông phòng hộ lấy theo cấu tạo $a = 4\text{cm} \Rightarrow$ cánh tay đòn nội ngẫu lực z xác định theo công thức: $z = j \cdot d$ với $j = 0,875$ (theo kinh nghiệm của ACI khi tính gần đúng) và $d = h_0 \Rightarrow z = 0,875 \cdot (100\text{cm} - 4\text{cm}) = 84\text{cm}$

Từ giá trị của z , xác định lực nén C và kéo T trong thanh mạ ở mặt ranh giới vùng D:

$$T, C = \pm \frac{M}{z} = \frac{63,45\text{Tm}}{0,84\text{m}} \approx \pm 75,54\text{T} \text{ với kéo (+) và nén (-).}$$

Đồng thời, lực kéo dọc trục H được tách thành 2 lực $H_{1,2} = \frac{9,4\text{T}}{2} = 4,7\text{T}$

tác dụng song song với trục dọc của dầm.

Bước 3: Xác định chiều rộng gối

a) Độ bền có hiệu của bê tông R_{ce} :

$$R_{ce} = v_1 \cdot v_3 \cdot R_{28}$$

Tra bảng ta có $v_1 = 0,85$ và $v_2 = 0,55 + \frac{15 \cdot \sqrt{0,06895}}{\sqrt{R_{28}}}$ với $R_{28} = 300\text{kG/cm}^2$

ta có $v_3 = 0,777$. Vậy, $R_{ce} = 0,85 \cdot 0,777 \cdot 300 = 198\text{kG/cm}^2$.

b) Chiều rộng gối:

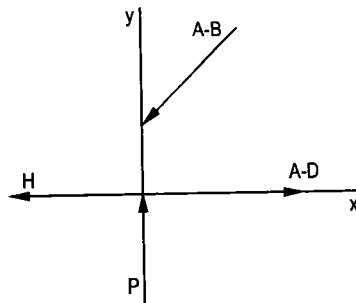
Diện tích tấm gối $= \frac{P}{R_{ce}} = \frac{47000}{198} \approx 240\text{cm}^2$; bề rộng dầm là 40cm , chiều

rộng tấm gối theo trục dọc là 6cm .

Bước 4: Mô hình giàn ảo

Ở đầu vị trí thay đổi tiết diện (cát khác) phải bố trí một thanh giằng thẳng đứng B-C chịu kéo; lực trong thanh này bằng thành phần thẳng đứng của phản lực $= 47\text{T}$.

Tại vị trí phản lực A phải có một thanh chống xiên A-B chịu nén và một thanh giằng nằm ngang A-D để



Hình 3.5. Sơ đồ giàn ảo phân gối đỡ

chịu lực ngang H cùng thành phần nằm ngang của lực trong thanh A-B. Góc nghiêng của thanh A-B thay đổi từ $25^\circ - 65^\circ$, để đơn giản trong cấu tạo nên chọn kích thước cho đoạn cắt khác để đảm bảo góc nghiêng này là 45° . Tách nút A:

Xét cân bằng tại nút A, ta có:

$$\Sigma y = 0 \Rightarrow C_{A-B} = P \cdot \sqrt{2} \quad \Rightarrow C_{A-B} = 66,46T$$

$$\Sigma x = 0 \Rightarrow T_{A-D} = \frac{C_{A-B}}{\sqrt{2}} + H \quad \Rightarrow T_{A-D} = 56,40T$$

Tại nút B, để cân bằng với thành phần nằm ngang của thanh xiên A-B, khi $\Sigma x = 0$ tại nút B, ta có $C_{B-F} = 47T$.

Điểm cuối của thanh giằng A-D (điểm D) được xác định bằng nguyên tắc tỷ lệ lực/đơn vị độ dài và nằm cách điểm O một đoạn $CO = 60\text{cm}$. Để neo giữ thanh giằng nằm ngang A-D, sẽ sử dụng thanh giằng đứng D-E và thanh chống xiên D-C.

Lực kéo trong thanh D-A = $56,4T$ và lực kéo trong thanh D-E là $T_{D-E} = 47T$; do đó, lực nén trong thanh C-D là $C_{C-D} = \sqrt{56,4^2 + 47^2} \Rightarrow C_{C-D} = 73,42T$.

Tại điểm C, thành phần lực nằm ngang của lực nén trong thanh chống C-D là $56,4T$. Do vậy cần có một lực kéo trong thanh C-E là $T_{C-E} = 56,4T$ để cân bằng.

Xét nút E, ta gọi thành phần thẳng đứng của lực nén trong thanh E-F là C_{E-F}^1 và thành phần thẳng đứng là C_{E-F}^2 ; xét cân bằng nút:

$$\Sigma x = 0 \Rightarrow T_{E-D} = C_{E-F}^1 \quad \Rightarrow C_{E-F}^1 = 47T.$$

$$\Sigma y = 0 \Rightarrow C_{E-G} - C_{C-E} = C_{E-F}^2 \Rightarrow C_{E-F}^2 = 80,24T - 56,4T = 23,84T$$

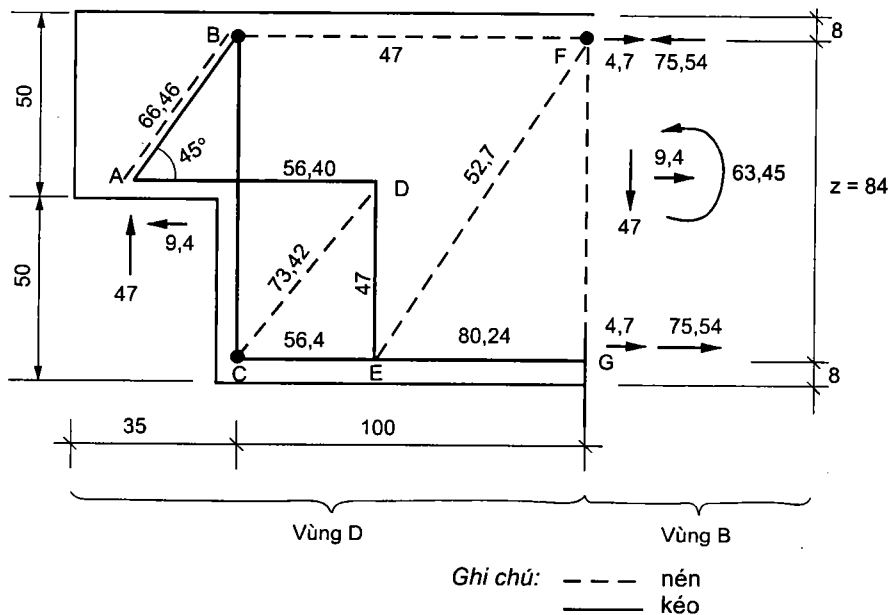
Do vậy, lực nén nghiêng trong thanh E-F là:

$$C_{E-F} = \sqrt{47^2 + 23,8^2} \Rightarrow C_{E-F} = 52,7T$$

Kết quả tính ghi trong bảng sau:

TT	Tên thanh	Lực nén C (T)	Lực kéo T (T)
1	A-B	66,46	-
2	A-D	-	56,40
3	B-C	-	47,00
4	B-F	47,00	-
5	C-D	73,42	-
6	C-E	-	56,40
7	E-G	-	80,24
8	E-F	52,70	-
9	E-D	-	47,00

Sơ đồ giàn ảo của vùng D cụ thể như sau:



Bước 5: Chiều rộng các thanh chống

a) Độ bền có hiệu của bê tông R_{ce} :

$$R_{ce} = v_1 \cdot v_3 \cdot R_{28}$$

Tra bảng ta có $v_1 = 0,80$ và $v_3 = 0,55 + \frac{15 \cdot \sqrt{0,06895}}{\sqrt{R_{28}}}$ với $R_{28} = 300 \text{ kG/cm}^2$

ta có $v_3 = 0,777$. Vậy, $R_{ce} = 0,80 \times 0,777 \times 300 = 186,5 \text{ kG/cm}^2$.

b) Chiều rộng của các thanh chống (h):

Xác định theo công thức:

$$h = \frac{C}{b \cdot R_{ce}}$$

trong đó: C - lực nén danh định trong thanh chống

b - chiều dày thanh chống; b = 40cm.

R_{ce} - độ bền chịu nén hiệu quả.

Giá trị h của các thanh chống ghi trong bảng sau:

TT	Tên thanh	Lực nén C (tấn)	h (cm)
1	A-B	66,46	8,91
2	B-F	47,00	6,30
3	C-D	73,42	9,00
4	E-F	52,70	7,10

Thanh chống B-F: khoảng cách từ đường trục thanh đến mép ngoài của bê tông được giả định là 8cm, theo kết quả tính $h/2 \approx 4$ cm. Các thanh chống khác đều có đủ không gian để bố trí và không bị chồng lên nhau. Như vậy ứng suất trong bê tông là hoàn toàn thoả đáng, việc bố trí cốt thép trong các thanh chống chỉ tiến hành để thoả mãn yêu cầu cấu tạo.

Bước 6: Tính cốt thép cần có ở các thanh giằng

a) Xác định diện tích và số lượng thanh cốt thép:

Ta có:
$$A_s = \frac{T}{R_a}$$

trong đó: A_s - diện tích cốt thép cần có trong thanh giằng

T - lực kéo danh định trong thanh giằng

R_a - giới hạn chảy của cốt thép

TT	Tên thanh	Lực kéo T (tấn)	A_s (cm ²)	Cốt thép
1	A-D	56,40	23,50	8 thanh Ø22 All
2	B-C	47,00	19,60	6 thanh Ø22 All
3	C-E	56,40	23,50	6 thanh Ø24 All
4	E-G	80,24	34,44	8 thanh Ø24 All
5	E-D	47,00	19,60	6 thanh Ø22 All

b) Bố trí cốt thép trong các thanh giằng:

Thanh A-D: dùng 8 thanh $\varnothing 22$ AII; chiều dài thanh là 114cm và các thanh này phải được neo chặt về phía giữa nhịp từ nút D. Kéo dài thanh bằng chiều cao dầm = 100cm qua nút D.

Thanh B-C: dùng 6 thanh $\varnothing 22$ AII làm cốt đai thẳng đứng khép kín trong phạm vi 25cm đầu dầm.

Thanh C-E và E-G: dùng 8 thanh $\varnothing 24$ AII kéo từ G vào thẳng điểm C và cần bố trí cốt thép chữ U để neo các đầu thanh tại nút C.

Thanh E-D: bố trí 6 thanh $\varnothing 22$ AII làm cốt đai hở và được neo vào thanh chống B-F. Các cốt đai được bố trí đối xứng qua trục đứng của thanh giằng E-D.

Bước 7: Bố trí cốt thép cho thanh chống

Việc bố trí cốt thép trong thanh giằng, ở một chừng mực nào đó cũng là gián tiếp bố trí cho thanh chống nếu cốt thép đó cắt gần vuông góc với trục thanh chống.

Một số thanh chống cũng cần được tính toán để xác định lượng thép tối thiểu theo công thức:

$$A_s \cdot R_a \geq \Sigma \left[\frac{C}{4} \left(1 - \frac{a}{b_{ef}} \right) \right]$$

Với trường hợp này, ta xét hai thanh A-B và C-D.

a) Thanh A-B:

Chiều dài thanh A-B = $38\text{cm} \cdot \sqrt{2} \Rightarrow A-B = 53,73\text{cm}$. Chiều rộng thanh chống là $a = 8,91\text{cm}$; chiều rộng có hiệu $b_{ef} = a + \frac{l}{6} \Rightarrow b_{ef} = 17,86\text{cm}$. Lực dọc trong thanh A-B là 66,46T:

$$A_s \cdot R_a \geq 2 \cdot \frac{66460}{4} \cdot \left(1 - \frac{8,91}{17,86} \right) \Rightarrow A_s \cdot R_a \geq 16,652T$$

Vậy: $A_s = \frac{16652}{2400} = 6,94\text{cm}^2 \Rightarrow$ Bố trí 3 thanh $\varnothing 20$ AII. Ba thanh này được bố trí vào khoảng giữa của thanh A-B; đảm bảo gần vuông góc với thanh chống.

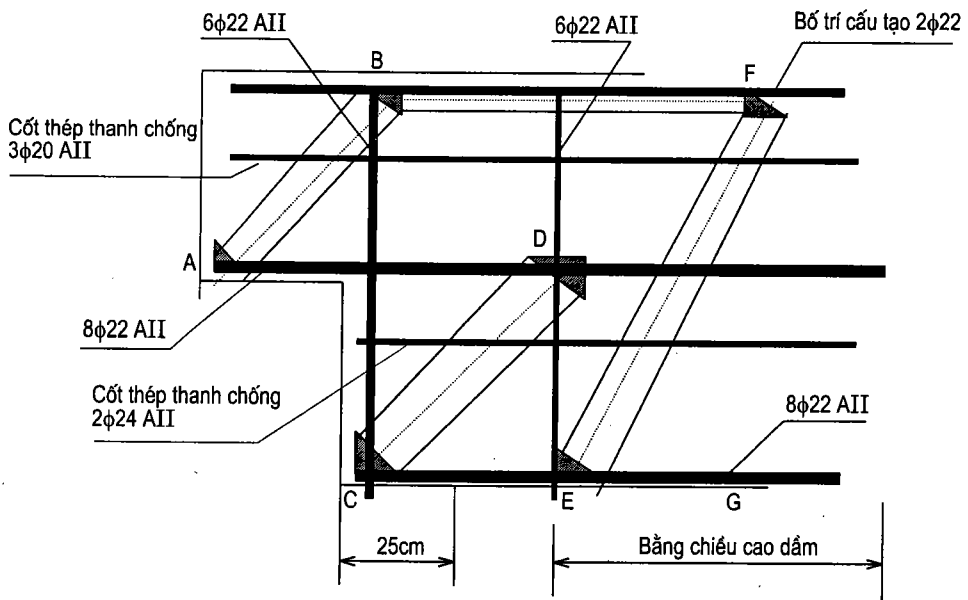
b) Thanh chống C-D:

Chiều dài thanh C-D = $\sqrt{46^2 + 60^2} \Rightarrow C-D = 75,60\text{cm}$. Chiều rộng thanh chống là $a = 9\text{cm}$; chiều rộng có hiệu $b_{ef} = a + \frac{1}{6} \Rightarrow b_{ef} = 21,26\text{cm}$. Lực dọc trong thanh C-D là 73,42T:

$$A_s \cdot R_a \geq 2 \cdot \frac{73420}{4} \cdot \left(1 - \frac{9}{21,26}\right) \Rightarrow A_s \cdot R_a \geq 21,179\text{T}$$

Vậy: $A_s = \frac{21179}{2400} = 8,82\text{cm}^2 \Rightarrow$ Bố trí 2 thanh $\varnothing 24$ AII, hai thanh này được bố trí ở phía trên của cốt thép thanh giằng C-E.

Sơ đồ bố trí cốt thép được thể hiện như hình 3.6:



Hình 3.6. Bố trí cốt thép chịu lực phân đầu dầm

3.3. ÁP DỤNG MÔ HÌNH GIÀN ẢO ĐỂ GIẢI THÍCH SỰ XUẤT HIỆN VẾT NỨT CỦA DẦM XÀ MŨ (Câu Trần Thị Lý Tp. Đà Nẵng)

3.3.1. Các đặc trưng và số liệu cơ bản

3.3.1.1. Kích thước hình học

- Khẩu độ dầm xà mũ tính toán: 12,8m

- Chiều cao dầm:
 - + Giữa dầm: 2,1m
 - + Tại gối: 1,5m
- Chiều cao cánh dầm: 0,5m
- Bề rộng sườn dầm: 0,5m
- Bề rộng cánh dầm:
 - + Giữa dầm: 2,1m
 - + Tại gối: 1,6m
- Bề rộng bầu dầm:
 - + Giữa dầm: 0,94m
 - + Tại gối: 1,6m

3.3.1.2. Vật liệu

3.3.1.2.1. Bê tông

- Mác bê tông (R_{28}): 300 kG/cm²
- Cường độ nén khi uốn (R_{ub}): 140 kG/cm²
- Cường độ nén dọc trục (R_{lt}): 115 kG/cm²
- Cường độ nén dọc trục max (R_{np}): 125 kG/cm²
- Cường độ nén max khi uốn (R_{ut}): 155 kG/cm²
- Cường độ kéo dọc trục (R_{ok}): 9,5 kG/cm²
- Ứng suất kéo chủ quy ước (R_{rp0}): 32 kG/cm²
- Mô đun đàn hồi (E_B): $3,15 \cdot 10^5$ kG/cm²

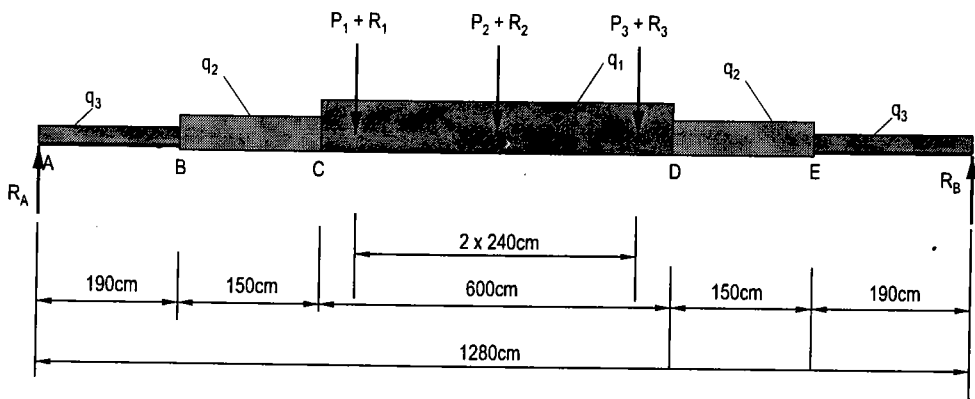
3.3.1.2.2 Cốt thép:

- A-II (R_a): 2400 kG/cm²
- A-I (R_a): 1900 kG/cm²
- Mô đun đàn hồi (E_a): $2,1 \cdot 10^6$ kG/cm²

3.3.1.3 Tải trọng và nội lực

Tĩnh tải:

- $P(1,2,3)_{tc} = 113,46$ Tấn; $P(1,2,3)_{tt} = 124,96$ Tấn.
- $q_1 = 6,118$ T/m; $q_2 = 5,514$ T/m; $q_3 = 4,91$ T/m



Hình 3.7. Sơ đồ chịu lực của dầm xà mũ cầu Trần Thị Lý - Đà Nẵng

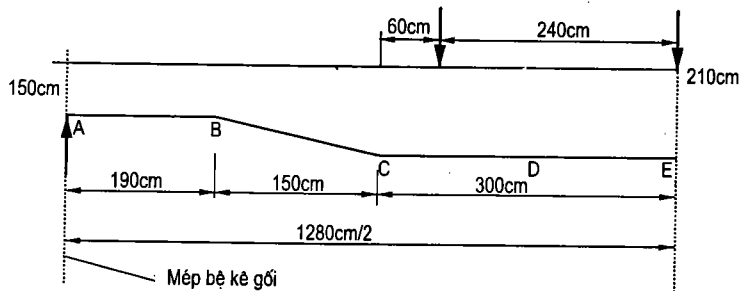
Hoạt tải (xếp 2 xe Sơ mi Romooc):

- $R1_{tc} = 37,45\text{Tấn}$; $R1_{tt} = 52,43\text{Tấn}$.
- $R2_{tc} = 40,35\text{Tấn}$; $R2_{tt} = 56,48\text{Tấn}$.
- $R3_{tc} = 20,91\text{Tấn}$; $R3_{tt} = 29,27\text{Tấn}$.

Phản lực gối:

- $R(A)_{tc} = 258,6\text{Tấn}$; $R(A)_{tt} = 299,45\text{Tấn}$
- $R(B)_{tc} = 252,4\text{Tấn}$; $R(B)_{tt} = 292,30\text{Tấn}$.

3.3.1.4. Mặt cắt dọc dầm xà mũ



Hình 3.8. Mặt cắt dọc dầm xà mũ

Các kích thước tính toán:

TT	Danh mục	A	B	C	D	E
1	Khoảng cách từ đáy dầm đến trọng tâm cốt thép chịu kéo (cm)	12,2	12,2	16,2	16,2	16,2
2	Khoảng cách từ đáy dầm đến trọng tâm cốt thép chịu nén (cm)	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
3	Chiều cao có hiệu h_0 (cm)	137,8	137,8	193,8	193,8	193,8

3.3.2. Các bước tính toán

3.3.2.1. Sơ đồ tính

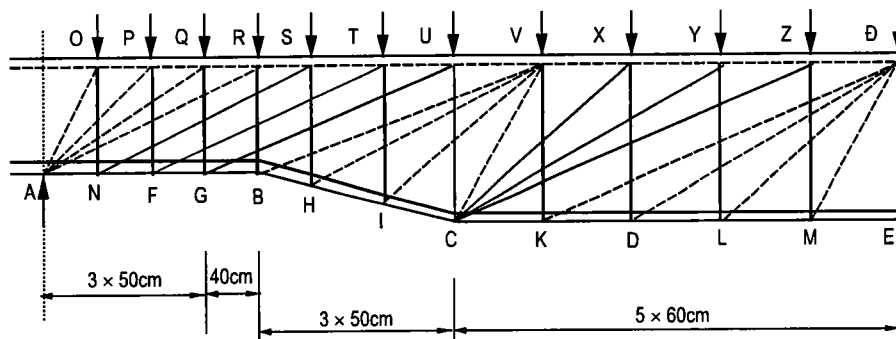
3.3.2.1.1. Tách vùng D

Vùng D được giả định kéo dài theo trục dầm về hai phía bằng chiều cao của dầm tại các vị trí đặt lực tập trung và các vị trí mặt cắt thay đổi. Do vậy, với cách cấu tạo và sơ đồ ngoại lực tác dụng như trên, toàn bộ dầm xà mũ là những vùng D; Các vùng D này bị chồng lấp lên nhau.

3.3.2.1.2. Bố trí cốt thép đai thẳng đứng

Theo ACI, phân bố cốt thép đai lý tưởng tương ứng với trường hợp tất cả cốt thép đạt đến giới hạn chảy khi tải trọng đạt đến giá trị phá hỏng. Việc cốt thép đai đạt đến giới hạn chảy sẽ làm cho giàn trở thành tĩnh định.

Khoảng cách tối đa của cốt thép đai nên thoả mãn $S_{\max} \leq h_0/2$ và không lớn hơn 60cm. Do vậy, đối với dầm xà mũ đang xét, ta gom các cốt thép đai theo số lượng nhất định thành các thanh kéo như hình vẽ.



Hình 3.9. Mô hình giàn ảo của một nửa phía đầu dầm bên trái

Đồng thời, ta chuyển các lực phân bố q_1 , q_2 và q_3 thành các lực tập trung tác dụng tại các vị trí của thanh giằng thẳng đứng.

Kết cấu của mô hình giàn trên được vẽ trên cơ sở các giả định sau:

1. Các vết nứt xiên một góc θ so với phương nằm ngang. Giá trị θ thường thay đổi trong khoảng $25^\circ \leq \theta \leq 65^\circ$.
2. Toàn bộ lực cắt do cốt thép đai chịu.
3. Toàn bộ cốt thép đai đã chảy dẻo, ứng suất trong cốt đai đạt đến giới hạn chảy.

3.3.2.1.3. Xác định cánh tay đòn nội ngẫu lực z

Theo ACI, cánh tay đòn nội ngẫu lực z được xác định như sau:

$$z = j \cdot h_0$$

trong đó: j - hệ số không thứ nguyên, biến thiên từ 0 đến 1,0. Trong tính gần đúng, thường giả định $j = 0,875$. Ở đây, ta lấy $j = 0,875$.

TT	Cánh tay đòn	Giá trị z_i (cm)
1	z_A	120,56
2	z_B	120,56
3	z_H	136,00
4	z_I	153,00
5	z_C	169,58
6	z_D	169,58
7	z_E	169,58

3.3.2.1.4. Các quạt chịu nén

Theo sơ đồ giàn ảo trên, ta xác định được 3 quạt chịu nén tùy thuộc vào vị trí tác dụng của tải trọng tập trung vào dầm xà mũ. Đó là các hình quạt chịu nén:

Do phản lực gối R_A : AOR

Do lực tập trung P_1 : VBC

Do lực tập trung $P_2/2$: ĐKE

3.3.2.2 Tính các quạt chịu nén

3.3.2.2.1. Quạt chịu nén P_1 (VBC)

Bước 1: Xác định lực nội lực trong thanh mạ và thanh giằng:

a) Lực kéo T và lực nén N trong các thanh mạ:

Xét mặt cắt thẳng đứng tại vị trí C, mômen uốn là 985 (Tm). Giá trị $z_c = 169,58$ cm; lực nén và lực kéo N và T tại mặt cắt C là 581 tấn (T).

b) Lực trong thanh giằng:

Trong vùng quạt chịu nén VBC ta bố trí 4 cốt thép đai. Lực tác dụng thẳng đứng là $P_1 = 177,39$ tấn phải được truyền qua các thanh chịu nén xiên (được thể hiện bằng các đường đứt nét) tới các nút B, H, I và C và tới các cốt

thép đai (được thể hiện bằng các đường thẳng đứng liền nét) để cân bằng lực này. Do vậy, lực trong mỗi cốt thép đai để cân bằng là 44,35 tấn.

Kết hợp với lực rải đều tập trung tác dụng tại các vị trí cốt thép đai, lực kéo trong các thanh giằng thẳng đứng trong quạt chịu nén VBC là:

$$F_C = 47,3 \text{ T}$$

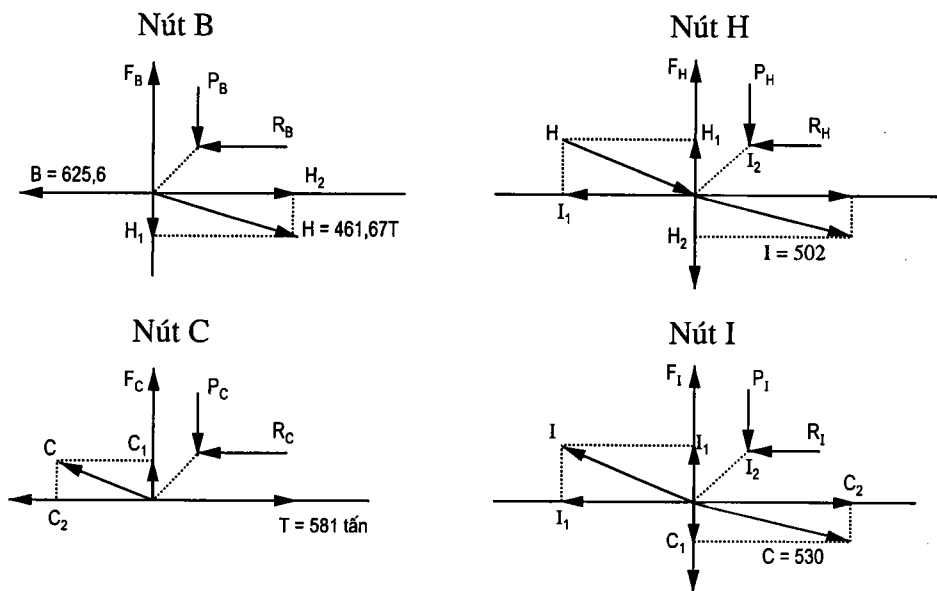
$$F_I = 47,1 \text{ T}$$

$$F_H = 47,1 \text{ T}$$

$$F_B = 47,0 \text{ T}$$

Bước 2: Xét cân bằng các nút:

a) Tách các nút B, C, H và I:



b) Cân bằng các nút:

Xét nút C:

Lực thẳng đứng trong cốt thép đai là $F_C = 47,3$ tấn. Theo điều kiện cân bằng nút, ta có:

$$C_1 + F_C = P_C \Rightarrow C \cdot \sin \gamma_C + 47,3 \text{ T} = P_C$$

$$C_2 + R_C = 581 \Rightarrow C \cdot \cos \gamma_C + R_C = 581 \text{ T}$$

và từ độ nghiêng của thanh C-V, ta tính được R_C theo quan hệ: $R_C = P_C \cdot \text{tg}\alpha_C$
 trong đó: α_C - góc hợp bởi thanh chống C-V với cốt đai thẳng đứng tại C.

γ_C - góc nghiêng của thanh mạ so với trục dầm.

Giải các phương trình cân bằng trên, ta có:

$$C = 530,12T$$

$$C_1 = 196,83T$$

$$C_2 = 495,13T$$

$$P_C = 244,13T$$

$$R_C = 85,86T$$

Với các tính toán ảo như trên, ta xác định được giá trị lực thành phần tại nút I, H và B. Tập hợp giá trị vào bảng sau:

TT	Nút	P_i	$R_i = P_i \cdot \text{tg}\alpha_i$	T (C,I,H,B)	$T_i \cdot \sin\gamma_i$	$T_i \cdot \cos\gamma_i$
1	C	244,13	85,86	530,12	196,83	495,13
2	I	36,66	26,35	502	186,39	468,86
3	H	32,03	37,68	461,67	171,42	431,20
4	B	-124,42	-221,43	625,63	0	625,63

Bước 3: Lực nén trong thanh chống

Từ giá trị P_i ta xác định được lực nén xiên trong các thanh chống theo quy

tắc tam giác lực: $D_i = \frac{P_i}{\sin\theta_i}$

trong đó:

D_i - lực nén xiên trong thanh chống nghiêng với trục dầm góc θ_i .

θ_i - góc nghiêng của thanh chống thứ i với trục dầm.

Giá trị lực D_i ghi tại bảng sau:

TT	Thanh	P_i	$\sin\theta_i$	Lực nén D_i (T)
1	V - C	244,13	0,9434	258,78
2	V - I	36,66	0,8119	45,15
3	V - H	32,03	0,6476	49,46
4	V - B	-124,42	0,4899	-253,97

Bước 4: Xác định ứng suất nén xiên trong các thanh chống

a) Chiều rộng của thanh chịu nén:

Chiều rộng thanh chống được xác định theo công thức:

$$B_i = l_b \cdot \sin \theta_{si} + h_s \cdot \cos \theta_{si}$$

trong đó: $- l_{bi} = a_1 = \frac{F}{b \cdot v_1 \cdot R_{lt}}$ với $v_1 = \left(1 - \frac{R_{28}}{2500}\right)$

với : + F = 177,39T;

+ b = chiều rộng sườn dầm;

+ R_{lt} : cường độ nén dọc trục của bê tông, $R_{lt} = \frac{\alpha \cdot R_{28}}{\gamma_c}$

α - hệ số phụ thuộc vào cường độ mẫu thử và thời gian đặt tải; Với trạng thái giới hạn cực hạn (Ultimate limit state - ULS), $\alpha = 0,85$.

γ_c - hệ số an toàn cục bộ; Với trạng thái giới hạn, $\gamma_c = 1,50$. $\Rightarrow R_{lt} = 0,57 \cdot R_{28}$

h_s - chiều cao vùng bê tông chịu nén. Theo tài liệu tính, chiều cao vùng chịu nén $h_s = 28,05\text{cm}$.

Vậy: $l_{bi} = \frac{177,39 \cdot 10^3}{50 \cdot 0,57 \cdot 3000 \cdot 0,88} = 23,57\text{cm}$

TT	Thanh	l_{bi} (cm)	h_{si} (cm)	$\sin \theta_i$	$\cos \theta_i$	B_i (cm)
1	V - C	23,57	28,05	0,9434	0,3318	31,54293
2	V - I	23,57	28,05	0,8119	0,5837	35,50927
3	V - H	23,57	28,05	0,6476	0,7619	36,63523
4	V - B	23,57	28,05	0,4899	0,8717	35,99813

Chiều rộng sườn dầm B_w của các thanh chống là 50cm.

b) Ứng suất nén trong các thanh chống:

Ứng suất nén xiên σ_{nx} được xác định:

$$\sigma_{nx} = \frac{D_i}{b \cdot \phi \cdot B_s}$$

trong đó: ϕ - hệ số giảm bên, với cốt lấy bằng 0,85.

Ta có, ứng suất nén xiên trong thanh chống của quạt chịu nén P_1 :

TT	Thanh	σ_i (kg/cm ²)
1	V - C	193,0367
2	V - I	29,91762
3	V - H	31,76628
4	V - B	-166,0021

Kết luận:

Với cách bố trí thanh mạ chịu kéo theo sơ đồ như trên, dầm xà mũ sẽ bị nén vỡ khi tải trọng đạt tới giá trị tải trọng thiết kế tại khu vực bụng dầm trong phạm vi chiều rộng của thanh chống C-V.

Nguyên nhân cơ bản là do tại điểm C, lực kéo trong thanh mạ (cốt thép chịu kéo) bị đổi hướng đột ngột nên đã tạo ra một lực nén N vào bê tông thân dầm. Lực nén N được xác định như sau:

$$N = \sqrt{P_C^2 + R_C^2} = \sqrt{244,13^2 + 85,86^2} = 258,79T$$

3.3.2.2.2. Quạt chịu nén $P_2/2$ (ĐKE)

Với cách tính tương tự như trên, ta xác định được các giá trị cơ sở sau:

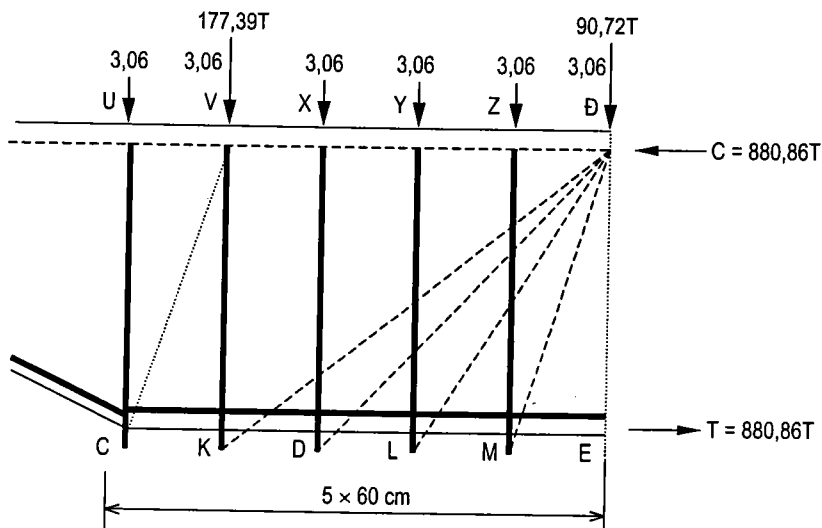
- Mômen tính toán tại mặt cắt Đ-E: $M_{tt} = 1502,76Tm$;
- Cánh tay đòn nội ngẫu lực $z = 170,6cm$
- Lực kéo và nén trong thanh mạ: $T = 880,86T$; $C = -880,86T$.
- Lực kéo trong thanh giằng:

Các thanh giằng đều phải truyền một lực kéo:

$$F = \frac{90,72T}{4} + 3,09T = 27,41T.$$

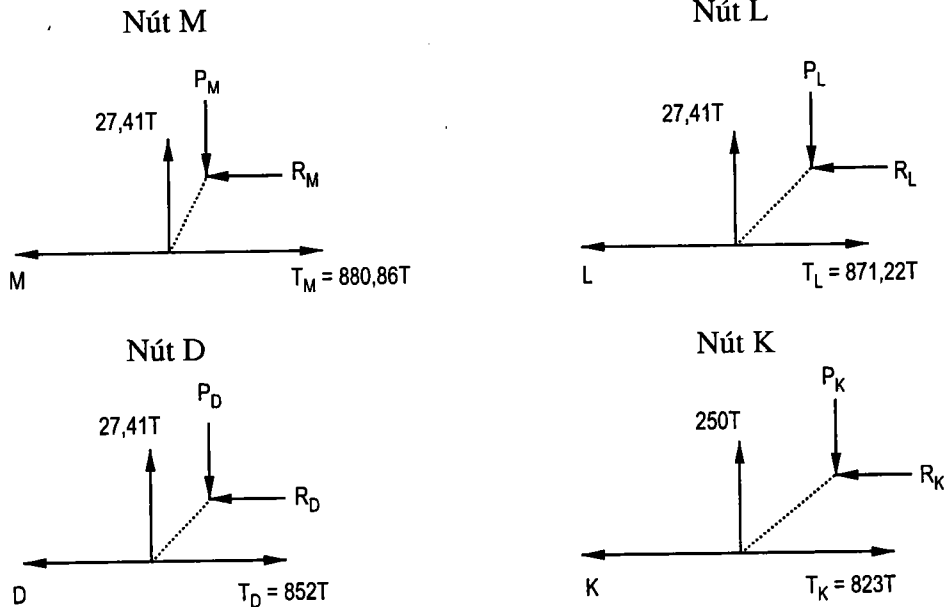
Nút K: thanh giằng K-V còn chịu tác động trực tiếp của lực $P_1 = 177,39T$, do vậy:

$$F_K = F + 177,39T = 205T$$



Hình 3.10. Sơ đồ giàn ảo của quạt chịu nén ĐKM

Bước 1: Tách nút, xác định lực trong thanh



Xét điều kiện cân bằng của các nút M, L, D và K: $\Sigma x = 0$ và $\Sigma y = 0$.

- Với $\Sigma y = 0$ ta có:

$$\Rightarrow P_i = F_i \text{ (lực thẳng đứng trong thanh giằng).}$$

$$\Rightarrow R_i = P_i \cdot \operatorname{tg}\alpha_i$$

α_i - góc nghiêng của thanh chống trong quạt chịu nén với phương thẳng đứng

- Với $\Sigma x = 0$ ta có: $\Rightarrow T_{i-1} = T_i - R_i$

Giá trị của các thành phần thẳng đứng và nằm ngang trong các thanh chống, ghi cụ thể ở bảng sau:

TT	Tên thanh	Lực thẳng đứng P	Lực nằm ngang R	Lực kéo thanh mạ
1	Đ-M	27,41T	9,637T	(871,22T)
2	Đ-L	27,41T	19,28T	(852T)
3	Đ-D	27,41T	29,00T	(823T)
4	Đ-K	205T	288,4T	(534,61)

Bước 2: Lực nén trong thanh chống D_i

Xác định theo quan hệ:
$$D_i = \frac{P_i}{\operatorname{Sin}\theta_i}$$

trong đó:

θ_i - góc nghiêng của thanh chống thứ i với thanh mạ chịu kéo.

P_i - thành phần thẳng đứng của lực trong thanh nén thứ i

Các giá trị D_i được ghi tại bảng sau:

TT	Tên thanh	Lực thẳng đứng P	$\sin\theta_i$	Lực nén D_i
1	Đ-M	27,41T	0,9436	29,05T
2	Đ-L	27,41T	0,8182	33,50T
3	Đ-D	27,41T	0,6879	39,85T
4	Đ-K	205T	0,5795	353,75T

Bước 3: Chiều rộng thanh nén

a) Chiều rộng của thanh chịu nén:

Chiều rộng thanh chống được xác định theo công thức:

$$B = l_b \cdot \sin \theta_s + h_s \cdot \cos \theta_s$$

trong đó: $l_{bi} = a_1 = \frac{F}{b \cdot v_1 \cdot R_{lt}}$ với $v_1 = \left(1 - \frac{R_{28}}{2500}\right)$

$$l_{bi} = \frac{90,72 \cdot 10^3}{50 \cdot 0,57 \cdot 300 \cdot 0,88} = 12,05 \text{ cm}$$

TT	Thanh	l_i (cm)	h_{si} (cm)	$\sin\theta_i$	$\cos\theta_i$	B_i (cm)
1	Đ-M	12,05	28,05	0,9436	0,3320	20,68298
2	Đ-L	12,05	28,05	0,8182	0,5760	26,01611
3	Đ-D	12,05	28,05	0,6879	0,7260	28,6535
4	Đ-K	12,05	28,05	0,5795	0,8150	29,84373

Chiều rộng sườn dầm B_w của các thanh chống là 50cm.

b) Ứng suất nén trong các thanh chống:

Ứng suất nén xiên σ_{nx} được xác định theo công thức sau:

$$\sigma_{nx} = \frac{D}{b \cdot \phi \cdot B_i}$$

trong đó: ϕ - hệ số giảm bền, với cát lấy bằng 0,85.

Ta có, ứng suất nén xiên trong thanh chống của quạt chịu nén P_1 ghi ở bảng sau:

TT	Thanh	σ_i (kG/cm ²)
1	Đ-M	33,04792
2	Đ-L	30,29797
3	Đ-D	38,84138
4	Đ-K	296,1245

Kết luận:

Với chiều dày sườn dầm $B = 50$ cm, sườn dầm xà mũ sẽ bị nén vỡ khi tải trọng mới chỉ đạt tới khoảng 1/2 giá trị tải trọng thiết kế trong phạm vi chiều rộng của thanh chống Đ-K. Do vậy, dầm sẽ bị nứt ngay sau khi mới chịu tĩnh tải (tĩnh tải chiếm gần bằng 70% giá trị lực tác dụng lên dầm xà mũ).

Lực nén N trong thanh Đ-K, được xác định như sau:

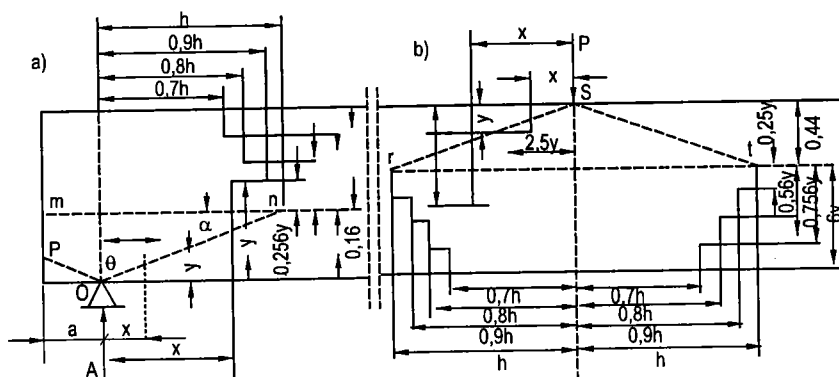
$$N = \sqrt{P_K^2 + R_K^2} = \sqrt{205^2 + 288,4^2} = 353,83T$$

3.3.3. Kiểm toán ứng suất cục bộ theo đồ hình của tiêu chuẩn cũ 22TCN 18-79 để so sánh

3.3.3.1. Khái quát phương pháp tính

3.3.3.1.1. Đồ hình của 22TCN 18-79

Việc tính ứng suất nén trong bê tông $\Delta\sigma_y$ tác dụng theo phương vuông góc với trục dọc cấu kiện và sinh ra do tác dụng của phản lực gối, tải trọng tập trung hoặc của tải trọng tĩnh tải rải đều và hoạt tải cục bộ đặt phía trên mặt cắt dọc đang xét. Theo Polivanov, ứng suất nén $\Delta\sigma_y$ có thể căn cứ vào các đồ thức trong hình 3.11, trong đó tính chất phân bố ứng suất cục bộ do tải trọng tập trung gây ra được tính toán gần đúng.



Hình 3.11. Đồ thức để xác định $\Delta\sigma_y$ do tải trọng cục bộ thẳng đứng gây ra

3.3.3.1.2. Diện tích tiết diện nằm ngang F

3.3.3.1.2.1. Diện tích F tại phần 1:

Tại phần 1 (phần 0,4h), diện tích nằm ngang F chịu nén vuông góc với phương tác dụng của lực tập trung được xác định trong phạm vi tứ giác

opmn hoặc tam giác srt và biến đổi theo độ dốc $\operatorname{tg}\alpha = \frac{1}{2,5}$.

a) Phạm vi gối dầm:

Nếu sườn dầm có bề dày b không đổi thì:

$$\left. \begin{aligned} F &= b \cdot 5 \cdot y \quad (\text{nếu } a \geq 2,5y) \\ F &= b \cdot (2,5y + a) \quad (\text{nếu } a < 2,5y) \end{aligned} \right\} \quad (3-1)$$

Với: y tính từ mặt đáy dầm.

b) Phạm vi chịu tải trọng tập trung P:

$$F = b \cdot 5 \cdot y \quad (3-2)$$

Với: y tính từ mặt trên của dầm.

3.3.3.1.2.2. Diện tích F tại phần 2:

a) Phạm vi gối dầm:

$$F = b \cdot (h + a) \quad (3-3)$$

(F - diện tích phần trên của dầm)

b) Phạm vi chịu tải trọng tập trung P:

$$F = b \cdot 2 \cdot h \quad (3-4)$$

(F - diện tích phần dưới của dầm)

3.3.3.1.3. Ứng suất nén σ_y và $\Delta\sigma_y$

5.3.1.3.1. Ứng suất nén σ_y và σ'_y theo trục của phản lực gối hoặc lực tác dụng tập trung

a) Phân bố ứng suất σ_y của phần 1:

Ứng suất nén σ_y này sẽ giảm dần với quy luật đường thẳng sau đây:

$$\sigma_y = \frac{A}{F} \left(1 - \frac{y}{h} \right) \quad (3-6)$$

với:

A - phản lực gối hoặc lực tập trung;

F - diện tích mặt cắt nằm ngang tính theo (3-1) hoặc (3-2);

y - toạ độ thẳng đứng tính từ mặt đáy dầm (phản lực gối); từ mặt đỉnh dầm (lực tập trung).

b) Phân bố ứng suất σ'_y của phần 2:

Ứng suất nén σ'_y này sẽ giảm dần với quy luật đường thẳng sau đây:

$$\sigma'_y = \frac{A}{F} \left(1 - \frac{y}{h} \right) \quad (3-6)$$

với:

A - phản lực gối hoặc lực tập trung;

F - diện tích mặt cắt nằm ngang tính theo (3-3) hoặc (3-4);

y - toạ độ thẳng đứng tính từ mặt đáy dầm (phản lực gối); từ mặt đỉnh dầm (lực tập trung).

3.3.3.1.3.2. Ứng suất nén ở các điểm cách gối hoặc vị trí tác dụng của lực tập trung một đoạn là x ($\Delta\sigma_y$)

a) Phân bố ứng suất $\Delta\sigma_y$ của phần 1:

Ứng suất $\Delta\sigma_y$ tại các điểm nằm cách gối hoặc vị trí đặt lực tập trung một đoạn là x (trong phần 0,4h) tính với quy luật phân bố theo hình tam giác sau:

$$\Delta\sigma_y = \sigma_y \cdot \frac{2,5y - x}{2,5y} \quad (3-7)$$

với:

x - khoảng cách từ điểm đang xét đến trục thẳng đứng đi qua điểm tác dụng của phản lực gối hoặc lực tập trung.

y - toạ độ thẳng đứng tính từ mặt đáy dầm (phản lực gối); từ mặt đỉnh dầm (lực tập trung) tới điểm đang xét.

b) Phân bố ứng suất $\Delta\sigma_y$ của phần 2:

Ứng suất $\Delta\sigma_y$ tại các điểm nằm cách gối hoặc vị trí đặt lực tập trung một đoạn là x (trong phần 0,6h) tính theo đồ thức bậc thang như sau:

(1). Đối với các điểm nằm cách gối không quá 0,7h ($x \leq 0,7h$):

$$\Delta\sigma_y = \sigma'_y \quad (3-8)$$

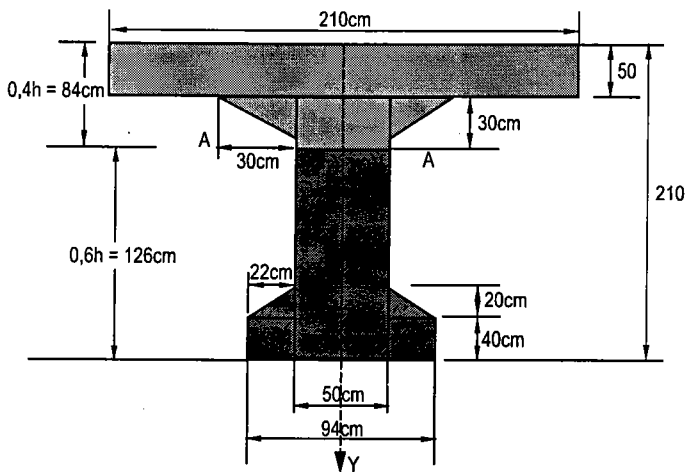
(2). Đối với các điểm nằm xa hơn ($x > 0,7h$): Trị số $\Delta\sigma_y$ sẽ giảm dần theo đồ thức bậc thang (xem hình 3.11). Cụ thể như sau:

$$\left. \begin{aligned} \text{khi } x &= (0,7 \div 0,8)h, \Delta\sigma_y = 0,75. \sigma'_y \\ \text{khi } x &= (0,8 \div 0,9)h, \Delta\sigma_y = 0,50. \sigma'_y \\ \text{khi } x &= (0,9 \div 1,0)h, \Delta\sigma_y = 0,25. \sigma'_y \end{aligned} \right\} \quad (3-9)$$

3.3.3.2. Kiểm toán ứng suất cục bộ dầm xà mũ cầu Trần Thị Lý - Đà Nẵng

Áp dụng lý thuyết đồ hình Polivanov để kiểm toán ứng suất cục bộ đối với dầm xà mũ cầu Trần Thị Lý. Theo sơ đồ đặt tải tại hình 3.7, ta tập trung xác định ứng suất cục bộ do tải trọng tập trung P_1 , P_2 và P_3 gây ra.

3.3.3.2.1. Mặt cắt ngang

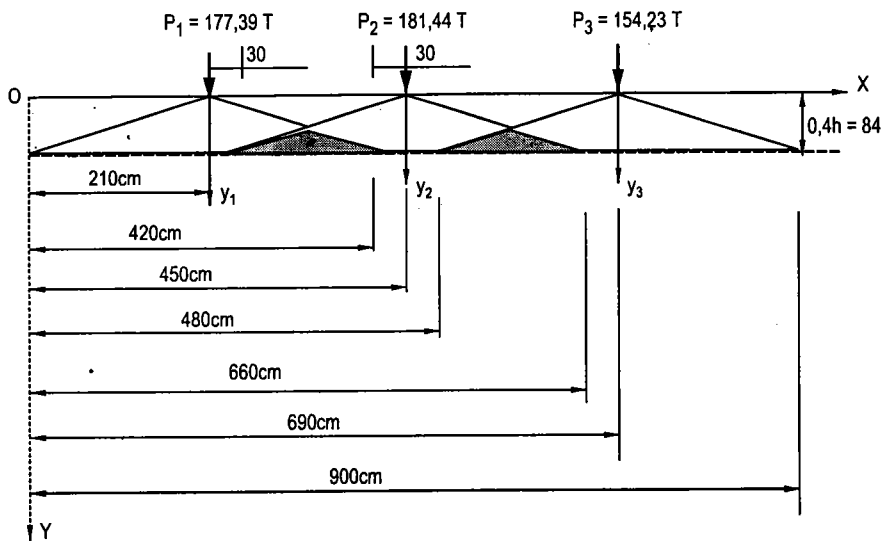


Hình 3.12. Mặt cắt ngang dầm xà mũ cầu Trần Thị Lý tại $L/2$

Theo kích thước mặt cắt ngang như hình 3-12, giá trị ứng suất cục bộ phân bố theo đồ hình bậc thang của phần dưới (phần 2 - $0,6h$) sẽ đạt giá trị lớn nhất tại mặt cắt A-A, là mặt cắt tiếp giáp giữa hai phần 1 và 2. Do vậy, ta chỉ xét ứng suất cục bộ đối với phần 1 ($0,4h = 84\text{cm}$).

3.3.3.2.2. Phân bố ứng suất

Đối với phần trên ($0,4h$), diện tích mặt cắt ngang F sẽ tính trong phạm vi của 3 hình tam giác (hình 3.13). Ta coi trục y hướng xuống dưới, trục x song song với trục dọc của dầm; gốc tọa độ O trùng vào điểm giới hạn của tam giác ứng suất của lực tập trung P_1 .



Hình 3.13. Phân bố ứng suất nén σ_{P_1} , σ_{P_2} , σ_{P_3} và $\Delta\sigma_{P_1, P_2, P_3}$ của phần I

Ta có, σ_{P_1} ; σ_{P_2} ; σ_{P_3} lần lượt là ứng suất nén do các lực tập trung P_1 ; P_2 ; P_3 gây ra tại phần $0,4h$. Do các lực tập trung tác dụng gần nhau nên ứng suất nén trong bê tông của các lực này gây ra bị giao thoa trong khu vực giữa hai lực tác dụng. Cụ thể như sau:

$$\text{Khi } x = 0,00\text{cm} \div 210\text{cm}, \quad \sigma = \sigma_{P_1}$$

$$\text{Khi } x = 210\text{cm} \div 420\text{cm}, \quad \sigma = \sigma_{P_1} + \sigma_{P_2}$$

$$\text{Khi } x = 420\text{cm} \div 480\text{cm}, \quad \sigma = \sigma_{P_2}$$

$$\text{Khi } x = 480\text{cm} \div 660\text{cm}, \quad \sigma = \sigma_{P_2} + \sigma_{P_3}$$

$$\text{Khi } x = 660\text{cm} \div 900\text{cm}, \quad \sigma = \sigma_{P_3}$$

3.3.3.2.3. Tính ứng suất nén σ_{P_1} , σ_{P_2} , σ_{P_3} của phần I ($0,4h = 84\text{cm}$)

$$\sigma_{P_1, P_2, P_3} = \frac{A}{F} \left(1 - \frac{y}{h} \right)$$

A - lần lượt là lực tập trung P_1 , P_2 , P_3 ; tương ứng với σ_{P_1} , σ_{P_2} , σ_{P_3} .

F - diện tích mặt cắt nằm ngang tính theo công thức (3.1) hoặc (3.2);

y - toạ độ thẳng đứng tính từ mặt đỉnh dầm.

a) Tính σ_{P1} :

TT	y (cm)	b (cm)	x_1 (cm)	x_2 (cm)	x_1+x_2	Diện tích F (cm ²)	Lực tập trung P_1	σ_{P1} (kG/cm ²)
1	5	210.00	12.50	12.50	25.00	5,250.00	177,390.00	32.66
2	10	210.00	25.00	25.00	50.00	10,500.00	177,390.00	15.77
3	12	210.00	30.00	30.00	60.00	12,600.00	177,390.00	12.95
4	15	210.00	37.50	37.50	75.00	15,750.00	177,390.00	10.14
5	20	210.00	50.00	50.00	100.00	21,000.00	177,390.00	7.32
6	25	210.00	62.50	62.50	125.00	26,250.00	177,390.00	5.63
7	30	210.00	75.00	75.00	150.00	31,500.00	177,390.00	4.51
8	35	210.00	87.50	87.50	175.00	36,750.00	177,390.00	3.70
9	40	210.00	100.00	100.00	200.00	42,000.00	177,390.00	3.10
10	45	210.00	112.50	112.50	225.00	47,250.00	177,390.00	2.63
11	50	210.00	125.00	125.00	250.00	52,500.00	177,390.00	2.25
12	55	100.00	137.50	137.50	275.00	27,500.00	177,390.00	4.09
13	60	90.00	150.00	150.00	300.00	27,000.00	177,390.00	3.94
14	65	80.00	162.50	162.50	325.00	26,000.00	177,390.00	3.87
15	70	70.00	175.00	175.00	350.00	24,500.00	177,390.00	3.86
16	75	60.00	187.50	187.50	375.00	22,500.00	177,390.00	3.94
17	80	50.00	200.00	200.00	400.00	20,000.00	177,390.00	4.14
18	84	50.00	210.00	210.00	420.00	21,000.00	177,390.00	3.72

b) Tính σ_{P2} :

TT	y (cm)	b (cm)	x_1 (cm)	x_2 (cm)	x_1+x_2	Diện tích F (cm ²)	Lực tập trung P_2	σ_{P2} (kG/cm ²)
1	5	210.00	12.50	12.50	25.00	5,250.00	181,440.00	33.41
2	10	210.00	25.00	25.00	50.00	10,500.00	181,440.00	16.13
3	12	210.00	30.00	30.00	60.00	12,600.00	181,440.00	13.25
4	15	210.00	37.50	37.50	75.00	15,750.00	181,440.00	10.37
5	20	210.00	50.00	50.00	100.00	21,000.00	181,440.00	7.49
6	25	210.00	62.50	62.50	125.00	26,250.00	181,440.00	5.76
7	30	210.00	75.00	75.00	150.00	31,500.00	181,440.00	4.61
8	35	210.00	87.50	87.50	175.00	36,750.00	181,440.00	3.79
9	40	210.00	100.00	100.00	200.00	42,000.00	181,440.00	3.17
10	45	210.00	112.50	112.50	225.00	47,250.00	181,440.00	2.69
11	50	210.00	125.00	125.00	250.00	52,500.00	181,440.00	2.30
12	55	100.00	137.50	137.50	275.00	27,500.00	181,440.00	4.18
13	60	90.00	150.00	150.00	300.00	27,000.00	181,440.00	4.03
14	65	80.00	162.50	162.50	325.00	26,000.00	181,440.00	3.95
15	70	70.00	175.00	175.00	350.00	24,500.00	181,440.00	3.95
16	75	60.00	187.50	187.50	375.00	22,500.00	181,440.00	4.03
17	80	50.00	200.00	200.00	400.00	20,000.00	181,440.00	4.23
18	84	50.00	210.00	210.00	420.00	21,000.00	181,440.00	3.80

c) Tính σ_{P_3} :

TT	y (cm)	b (cm)	x_1 (cm)	x_2 (cm)	x_1+x_2	Diện tích F (cm ²)	Lực tập trung P ₃	σ_{P_3} (KG/cm ²)
1	5	210.00	12.50	12.50	25.00	5,250.00	154,230.00	28.40
2	10	210.00	25.00	25.00	50.00	10,500.00	154,230.00	13.71
3	12	210.00	30.00	30.00	60.00	12,600.00	154,230.00	11.26
4	15	210.00	37.50	37.50	75.00	15,750.00	154,230.00	8.81
5	20	210.00	50.00	50.00	100.00	21,000.00	154,230.00	6.37
6	25	210.00	62.50	62.50	125.00	26,250.00	154,230.00	4.90
7	30	210.00	75.00	75.00	150.00	31,500.00	154,230.00	3.92
8	35	210.00	87.50	87.50	175.00	36,750.00	154,230.00	3.22
9	40	210.00	100.00	100.00	200.00	42,000.00	154,230.00	2.69
10	45	210.00	112.50	112.50	225.00	47,250.00	154,230.00	2.28
11	50	210.00	125.00	125.00	250.00	52,500.00	154,230.00	1.96
12	55	100.00	137.50	137.50	275.00	27,500.00	154,230.00	3.55
13	60	90.00	150.00	150.00	300.00	27,000.00	154,230.00	3.43
14	65	80.00	162.50	162.50	325.00	26,000.00	154,230.00	3.36
15	70	70.00	175.00	175.00	350.00	24,500.00	154,230.00	3.36
16	75	60.00	187.50	187.50	375.00	22,500.00	154,230.00	3.43
17	80	50.00	200.00	200.00	400.00	20,000.00	154,230.00	3.60
18	84	50.00	210.00	210.00	420.00	21,000.00	154,230.00	3.23

Ghi chú:

x_1 - giá trị theo mặt phẳng ngang, nằm bên phải trục y_i (trục của lực P_i)

x_2 - giá trị theo mặt phẳng ngang, nằm bên trái trục y_i (trục của lực P_i)

3.3.3.2.4. Phân bố ứng suất $\Delta\sigma_{P_1, P_2, P_3}$ của phần I

Ứng suất $\Delta\sigma_{P_1, P_2, P_3}$ tại các điểm nằm cách vị trí đặt lực tập trung P_1, P_2, P_3 một đoạn là x tính với quy luật phân bố theo hình tam giác sau:

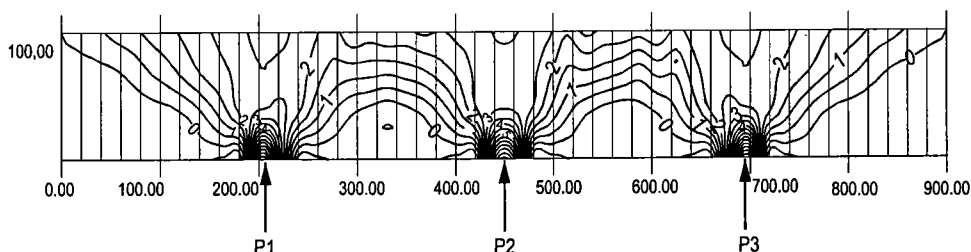
$$\Delta\sigma_y = \sigma_y \cdot \frac{2,5y - x}{2,5y}$$

với:

x - khoảng cách từ điểm đang xét đến trục thẳng đứng đi qua điểm tác dụng của lực tập trung.

y - toạ độ thẳng đứng tính từ mặt đỉnh dầm tới điểm đang xét.

Thay giá trị $\sigma_{P1,P2,P3}$ trong các bảng trên vào công thức $\Delta\sigma_y$ ta xác định được giá trị của ứng suất nén trong phạm vi được giới hạn bởi đồ hình Polivanov của phần 1 (phần chịu trực tiếp tác dụng của lực tập trung). Các giá trị $\Delta\sigma_{P1,P2,P3}$ này kết hợp với giá trị $\sigma_{P1,P2,P3}$ được biểu diễn qua đường đồ thị đẳng ứng suất được vẽ tại hình 3.14.



Hình 3.14. Biểu đồ phân bố ứng suất nén do lực tập trung tác dụng

3.3.4. Nhận xét

3.3.4.1. So sánh hai phương pháp

Cả hai phương pháp (mô hình giàn ảo và đồ hình Tiêu chuẩn 22TCN 18-79) đều xác định phạm vi của vùng không liên tục là khoảng bằng chiều cao dầm kéo dài về hai phía. Nhưng phương pháp đồ hình Polivanov chỉ mới xét đến ứng suất nén trong bê tông có hướng thẳng góc với trục dọc của dầm và tác dụng độc lập trong phạm vi của vùng không liên tục. Các ảnh hưởng của những nội lực khác (mômen uốn, lực cắt và lực nén dọc trục) không được cùng xem xét khi tính σ_y và $\Delta\sigma_y$. Do vậy, σ_y và $\Delta\sigma_y$ chỉ phụ thuộc vào giá trị của ngoại lực. Mặc dù, trong tính toán có xét đến đại lượng F (diện tích mặt cắt nằm ngang), nhưng đại lượng này lại tăng dần theo quy luật tuyến tính với $\text{tg}\alpha = \frac{1}{2,5}$, do đó sự thay đổi hình dáng kết cấu không có ảnh hưởng lớn

đến trị số độ lớn của σ_y và $\Delta\sigma_y$.

Với mô hình giàn ảo, do dầm bê tông cốt thép đã được mô hình hoá thành một "Giàn ảo", nên có sự quan hệ chặt chẽ giữa vùng liên tục và không liên tục. Các nội lực cùng được xem xét trong quá trình xác định cánh tay đòn nội ngẫu lực z và góc nghiêng θ của thanh chống xiên. Đặc biệt, việc thay đổi tiết diện mặt cắt ngang và bố trí cốt thép có ảnh hưởng rất lớn đến cấu tạo của các bộ phận trong mô hình giàn ảo. Do đó, việc áp dụng mô hình giàn ảo để xem xét sự làm việc của vùng không liên tục sẽ đưa ra kết quả có độ tin cậy cao.

3.3.4.2. Kết quả tính

3.3.4.2.1. Phương pháp áp dụng mô hình giàn ảo

Ta xác định được những vùng bê tông chịu nén lớn trong sườn dầm, nguyên nhân gây ra chúng lại không phải là do tác dụng của lực tập trung. Việc xuất hiện ứng suất nén lớn trong sườn dầm lại do hai nguyên nhân cơ bản sau:

- Việc đổi hướng đột ngột phương chịu lực của cốt thép chủ chịu kéo tại vị trí thay đổi chiều cao của mặt cắt ngang dầm xà mũ đã gây ra lực nén vào bê tông;
- Chiều rộng sườn dầm (b_w) quá nhỏ được xem xét như một thanh chịu nén trong mô hình giàn ảo.

3.3.4.2.2. Phương pháp đồ hình của Tiêu chuẩn 22TCN 18-79

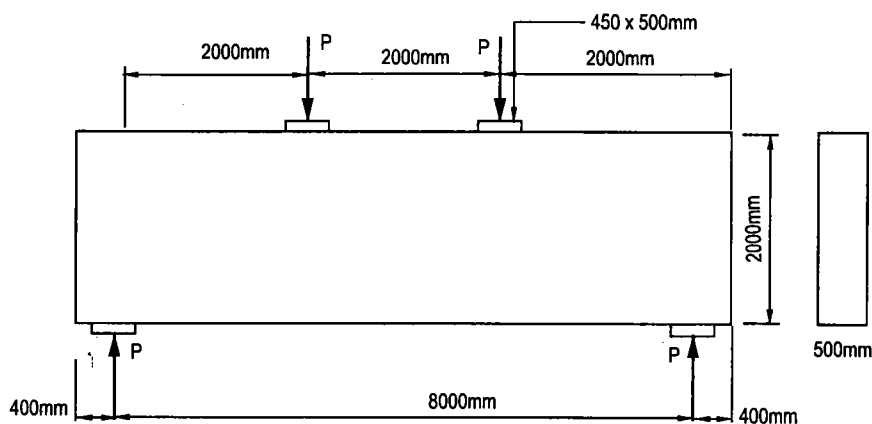
Xác định được ứng suất nén thẳng đứng tại vị trí chịu tác dụng của lực tập trung. Theo phương pháp này, chúng ta chỉ có dữ liệu để bố trí cốt thép phân bố chịu nén cục bộ ngay tại vị trí chịu tác dụng của lực tập trung. Ứng suất nén thẳng đứng σ_y và $\Delta\sigma_y$ đã giảm rất nhanh trong phạm vi sườn dầm.

3.4. VÍ DỤ TÍNH DẦM CÓ 2 LỰC TẬP TRUNG

Xét dầm cao 2m như hình sau. Yêu cầu dùng mô hình giàn ảo để xác định số lượng cốt thép cần thiết.

Các số liệu ban đầu như sau:

$$f'_c = 25\text{MPa}, f_y = 420\text{MPa}, P_{DL} = 800\text{kN}, P_{LL} = 400\text{kN}.$$



Hình 3.15: Sơ đồ dầm cao chịu 2 lực tập trung

Bước 1: Xác định tải trọng tổng cộng có nhân hệ số P_u :

$$P_{tt} = 1.2P_{DL} + 1.6P_{LL} = 1.2(800) + 1.6(400) = 1600\text{kN}.$$

Bước 2: Kiểm toán khả năng chịu tải ở vị trí đặt tải và vị trí gối tựa

Cường độ chịu tải ở vị trí đặt tải trọng là:

$$\phi 0.85f_c B_n A_c = 0.75(0.85)(25)(1.0)(450)(500)/1000 = 3586 \text{ kN} > 1600 \text{ kN.}$$

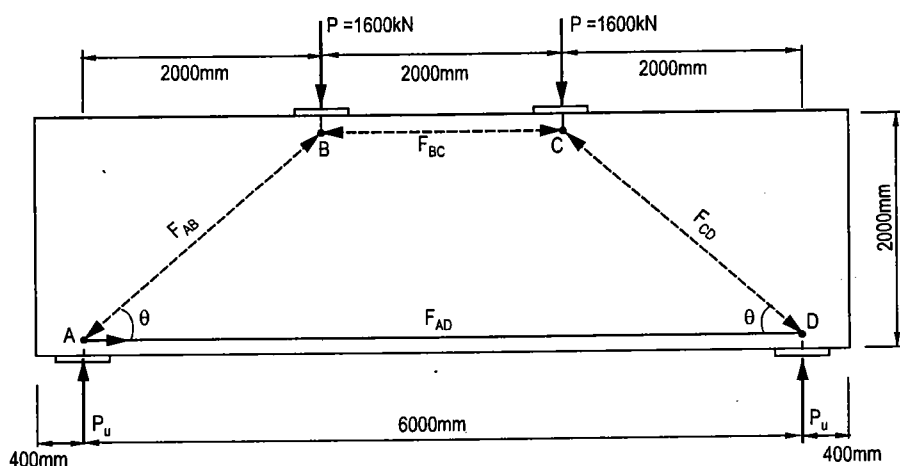
Vậy thoả mãn yêu cầu.

Cường độ chịu tải ở vị trí gối tựa là:

$$\phi 0.85f_c B_n A_c = 0.75(0.85)(25)(0.80)(450)(500)/1000 = 2868 \text{ kN} > 1600 \text{ kN.}$$

Vậy thoả mãn yêu cầu.

Bước 3: Lựa chọn mô hình giàn ảo để áp dụng trong thiết kế.



Hình 3.16: Chọn mô hình giàn ảo cho dầm

Bước 4: Xác định vùng D và dự kiến về các lực và kích thước của các cấu kiện giàn ảo

Toàn bộ dầm cao đều là vùng D, nhưng chỉ cần xét 1/3 chiều dài bên trái của dầm là đủ. Vị trí nằm ngang của các nút A và B rất dễ dàng xác định, nhưng vị trí thẳng đứng của các nút đó cần phải ước lượng trước rồi sẽ xác định lại sau. Điều mà chúng ta biết rõ là cường độ thiết kế của thanh chống BC cần phải lớn hơn hoặc bằng tải trọng đã nhân hệ số trong thanh BC. Có nghĩa là:

$$\text{Thanh chống BC: } \phi F_{nc} = \phi f_{cu} A_c = \phi(0.85\beta_s f_c) \beta w_c \geq F_{BC}$$

trong đó: $\beta_s = 1.0$ (thanh chống hình lăng trụ)

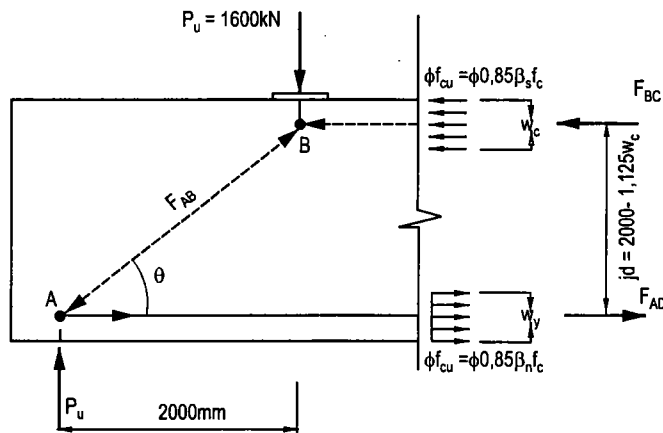
Tương tự, cường độ thiết kế của thanh giằng AD cần phải lớn hơn hoặc bằng tải trọng đã nhân hệ số trong thanh giằng AD. Hơn nữa, thanh giằng này còn phải được neo giữ chắc chắn trên một diện tích đủ bằng $w_s b$ sao cho tải trọng đã nhân hệ số là nhỏ hơn ϕF_{nc} .

Thanh giằng AD: $\phi F_{nt} = \phi A_y f_y \geq F_{BC}$ và

Thanh giằng AD: $\phi F_{nn} = \phi f_{cu} A_c = \phi(0,85\beta_n f_c)\beta w_t \geq F_{AD}$

trong đó: $\beta_n = 0.8$ (đối với thanh giằng được neo giữ tại nút A).

Bằng cách đặt cường độ thiết kế bằng khả năng chịu tải yêu cầu, sẽ được jd đạt cực đại và $w_t = 1.25 w_c$. Cánh tay đòn chịu uốn sẽ là $jd = 2000 - w_f/2 - w_t/2 = 2000 - 1.125w_c$.



Hình 3.17: Sơ đồ đặt lực trong đoạn đầu dầm cao

Tính tổng mômen đối với điểm A:

$$\Sigma M_A = 1600 (2000)(1000) = F_{BC} (2000 - 1,125w_c)$$

Thay biểu thức $\phi(0,85\beta_n f_c)\beta w_t$ cho thành phần F_{BC} , trong công thức trên, sẽ được: $w_c = 231$ mm, và do vậy có $w_t = 288$ mm.

Nếu lấy các trị số này làm căn cứ để chọn kích thước của các thanh chống và thanh giằng, ứng suất trong thanh chống F_{BC} sẽ đạt mức giới hạn và lực trong thanh giằng F_{AD} sẽ được neo vào diện tích vừa đủ. Vì vậy người ta thường tăng các trị số này một chút để có thêm mức độ an toàn. Chẳng hạn chúng ta sẽ chọn $w_c = 240$ mm, và $w_t = 300$ mm.

Suy ra: $jd = 2000 - 240/2 - 300/2 = 1730 \text{ mm}$

và $F_{BC} = F_{AD} = 1600(2000)/1730 = 1850 \text{ kN}$

Kiểm toán khả năng chịu nén của thanh chống BC ta có:

$$\phi F_{nc} = \phi(0,85\beta_n f_c) \beta w_t = 0,75(0,85)(1,0)(25)(500)(240)/1000 = 1912 \text{ kN}$$

→ OK

Bước 5: Lựa chọn cốt thép thanh giằng AD:

$$\phi F_{nt} = \phi A_s f_y \geq F_{AD} = 1850 \text{ kN}$$

Suy ra:

$$A_s \geq 1850 (100) / 0,75/420 = 5873 \text{ mm}^2$$

- Bố trí lớp thứ nhất gồm các thanh cốt thép loại 6 # 36(11) bars = 6036 mm² với cự ly @ 150 mm kể từ đáy dầm.

- Bố trí lớp thứ 2 gồm các thanh cốt thép loại 5 #29(9) bars = 6450 mm² với cự ly @ 80 mm kể từ đáy dầm.

- Bố trí lớp thứ 3 gồm các thanh cốt thép loại 6 #22(7) bars = 6966 mm² với cự ly @ 60, 150 và 240 mm kể từ đáy dầm.

Kiểm toán khả năng chịu kéo của thanh giằng AD:

$$\phi F_{nt} = \phi A_s f_y = 0,75(6450)(420)/1000 = 2032 \text{ kN} > 1850 \text{ kN} \rightarrow \text{OK}$$

Bước 6: Tính toán lực trong thanh chống chéo chịu nén F_{AB} và kiểm toán khả năng chịu nén của nó.

$$\tan \theta = \frac{1730}{2000} \text{ và } \theta = 40,9^\circ$$

Do vậy, lực trong thanh chống chéo AB là:

$$F_{AB} = \frac{1600}{\sin 40,9^\circ} = 2444 \text{ kN}$$

Bề rộng ở đầu trên của thanh chống là:

$$w_{ct} = l_s \sin \theta + h_2 \cos \theta = 450 \sin 40,9^\circ + 240 \cos 40,9^\circ = 476 \text{ mm.}$$

Bề rộng ở đầu dưới của thanh chống là:

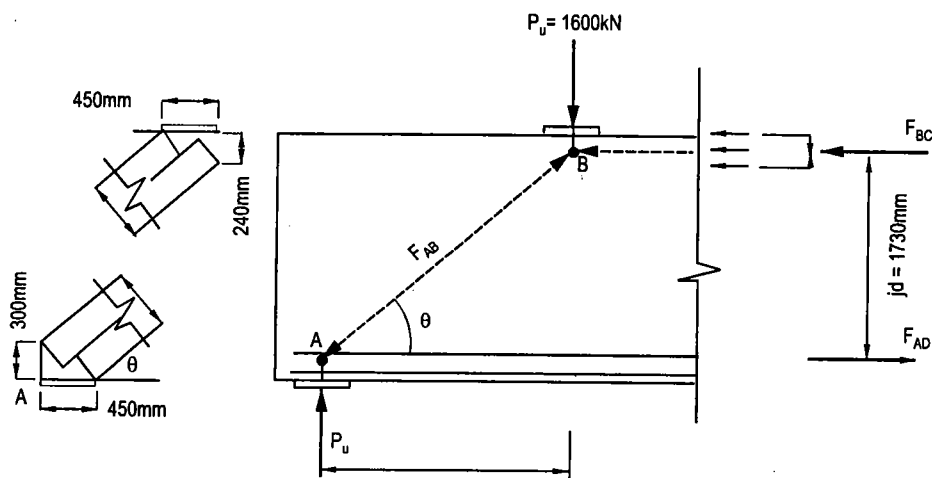
$$w_{cb} = l_b \sin \theta + h_2 \cos \theta = 450 \sin 40,9^\circ + 300 \cos 40,9^\circ = 521 \text{ mm.}$$

Giả sử đã bố trí đủ cốt thép chống nứt, sẽ có:

$$\beta_s = 0,75$$

Kiểm toán khả năng chịu nén của thanh chống AB:

$$\begin{aligned} \phi F_{nc} &= \phi (0,85\beta_s f'_c) b w_{ct} = 0,75(0,85)(0,75)(25)(500)(476)/1000 \\ &= 2885 \text{ kN} > 2444 \text{ kN} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$



Hình 3.18. Kiểm toán thanh chống chéo AB

Bước 7: Tính lượng cốt thép tối thiểu cần phải có đối với các thanh chống chịu nén dạng hình chại.

- Cốt thép nằm ngang trong sườn dầm:

Dùng một thanh loại #13(4) đặt ở mỗi phía bề mặt sườn, cự ly cách đều $s_h = 300 \text{ mm}$ trên suốt chiều dài

$$A_h / (b s_h) = 2(129) / 500 / 300 = 0,0017 > 0,0015 \rightarrow \text{OK}$$

- Cốt thép thẳng đứng trong sườn dầm:

Dùng 1 thanh loại #16(5) đặt ở mỗi phía bề mặt sườn, cự ly cách đều $s_h = 300 \text{ mm}$ trên suốt chiều dài:

$$A_v / (b s_v) = 2(199) / 500 / 300 = 0,00265 > 0,0025 \rightarrow \text{OK}$$

Kiểm toán cốt thép để chịu lực phá vỡ bùng trong thanh chống hình chại:

$$\Sigma p_{v_i} \sin \gamma_i = 0,0017 \sin 40,9^\circ + 0,00265 \sin 49,1^\circ = 0,00312 > 0,003 \rightarrow \text{OK}$$

MỘT SỐ LƯU Ý KHI VẬN DỤNG PHƯƠNG PHÁP GIÀN ẢO

1. NHẬN XÉT CHUNG

Khi áp dụng mô hình giàn ảo (Strut - and - tie Models) để phân tích ứng suất cục bộ như đã được trình bày, chúng ta có thể sơ bộ rút ra một số kết luận và nhận xét như sau:

1. Nguyên tắc tính toán

Các vấn đề được xem xét khi cấu kiện làm việc trong trạng thái giới hạn. Mặt cắt đang xét là *mặt cắt được đặt sát ngay cạnh vết nứt* do vậy sự phân bố biến dạng là bậc nhất trên toàn bộ chiều cao của mặt cắt và mặt cắt vẫn phẳng.

Để đảm không bị phụ thuộc vào tác động dẻo trong bê tông và mô hình "Giàn ảo" là tĩnh định, dầm phải được *tính toán tỷ lệ sao cho cốt thép đai sẽ bị chảy dẻo trước khi bê tông bị nén vỡ*.

Không áp đặt bất cứ lực cắt nào cho bê tông. Lực cắt thẳng đứng hoàn toàn do cốt thép đai chịu.

2. Về phương pháp tính

Do giả thiết là tất cả cốt thép đai đã chảy dẻo nên giàn luôn tĩnh định. Vì vậy phương pháp tính toán đơn giản, chủ yếu dựa trên các quan hệ hình học và cân bằng nút để xác định các dòng lực tác dụng trong kết cấu.

3. Về kết quả tính toán

Thành phần lực nén C và lực kéo T trong thanh mạ được tính thông qua giá trị tính toán của các thành phần nội lực (mômen, lực cắt và lực dọc trục) tại mặt cắt đang xét. Các thành phần nội lực này được xác định theo sơ đồ ứng suất - biến dạng.

Thành phần lực kéo trong thanh giằng chính là những ngoại lực tác dụng thẳng đứng, bao gồm lực tập trung, lực phân bố và tĩnh tải đã được lý tưởng hoá tác dụng tại những điểm bố trí cốt thép đai.

Thành phần lực nén trong thanh chống được xác định qua sự cân bằng nút, thông qua các giá trị của C, T và lực kéo trong thanh giằng.

Đồng thời, các *mô hình tính toán điển hình* đều được thiết lập dựa trên quan sát thực tế làm việc và tình trạng xuất hiện vết nứt của cấu kiện bê tông cốt thép nên kết quả tính toán đảm bảo độ tin cậy cao. Qua các thí nghiệm do Viện bê tông Hoa Kỳ (ACI) thực hiện, khi so sánh các lực tính toán được và lực đo được ở các cốt thép đỉnh và đáy của dầm, với mô hình giàn ảo đã dự đoán hoàn toàn chính xác.

2. KIẾN NGHỊ KHI VẬN DỤNG PHƯƠNG PHÁP GIÀN ẢO

Đây là một phương pháp đơn giản nhưng đem lại kết quả tương đối thích hợp với trạng thái làm việc thực tế của cấu kiện bê tông cốt thép.

Đây không phải là một lý thuyết mới, lý thuyết này đã được các nước tiến tiến đưa vào quy trình thiết kế kết cấu bê tông cốt thép. Nhưng ở Việt Nam, lý thuyết này còn hạn chế khi áp dụng trong thực tiễn.

Cơ sở cơ bản của lý thuyết này là dầm có vết nứt xiên cho thấy có sự xuất hiện các lực nén và kéo ở bản cánh dầm phía đỉnh và đáy của dầm; lực cắt thẳng đứng trong cốt thép đai và các lực nén nghiêng trong phần thanh chéo bê tông nằm giữa phạm vi hai vết nứt. Hệ lực cụ thể này được thay thế bằng một "mô hình Giàn ảo" hay còn được gọi là mô hình chống - giằng.

Các giả định và sự đơn giản hóa để đưa ra khái niệm "Giàn ảo" cụ thể là:

- Các cốt thép đai bị cắt bởi một mặt cắt nào đó được gộp lại thành cấu kiện thẳng đứng chịu kéo. Gọi là thanh giằng.

- Phần bê tông chéo ở thân dầm làm thành cấu kiện xiên. Cấu kiện xiên này chịu ứng suất nén để kháng lại lực cắt trên mặt cắt này. Gọi là thanh chống.

- Phần bê tông chịu nén đỉnh dầm gọi là thanh biên trên, phần cốt thép chịu kéo ở đáy dầm là thanh biên dưới.

Hai đại lượng cơ bản nhất để xác định được một giàn ảo là:

- Cánh tay đòn nội ngẫu lực z .

- Góc nghiêng của thanh chống θ .

Như vậy các nội lực trong các cấu kiện của giàn ảo cần xác định sẽ bao gồm:

Lực kéo trong cấu kiện thẳng đứng giàn ảo;

Lực nén trong thanh chống xiên giàn ảo;

Lực kéo, nén trong thanh biên giàn ảo.

Sử dụng mô hình giàn ảo (mô hình chống - giằng) để phân tích kết cấu BTCT có một số đặc điểm như sau:

1. Về mô hình tính toán

Trong mô hình biểu diễn dầm như là một giàn ảo với cốt thép đai riêng rẽ hoặc thanh chịu kéo riêng rẽ thay thế cho các nhóm cốt thép đai và thanh chịu nén riêng rẽ mà mỗi thanh biểu diễn cho một đoạn chiều dài thân dầm. Việc biểu diễn một mô hình phụ thuộc cơ bản vào hai yếu tố: (1) Cánh tay đòn nội ngẫu lực z ; (2) Góc nghiêng của thanh chịu nén θ .

Mô hình tính toán đơn giản, có tính thực hành cao; không cần có sự trợ giúp của các phần mềm tính toán phức tạp như những phương pháp khác. Do đó dễ sử dụng và rất linh hoạt khi áp dụng trong thực tế.

2. Về phương pháp tính

Do được giả thiết là tất cả cốt thép đai đã chảy dẻo nên giàn luôn tĩnh định. Vì vậy phương pháp tính toán đơn giản, chủ yếu dựa trên các quan hệ hình học và cân bằng nút để xác định các dòng lực tác dụng trong kết cấu.

3. Về kết quả tính

Các thành phần lực nén C và lực kéo T trong các thanh mạ trên và thanh mạ dưới được tính thông qua giá trị tính toán của các nội lực (mô men, lực cắt và lực dọc trục) tại mặt cắt đang xét. Các nội lực này được xác định theo sơ đồ ứng suất - biến dạng.

Lực kéo trong thanh giằng chính là đại diện của những thành phần ngoại lực tác dụng thẳng đứng; bao gồm lực tập trung, lực phân bố và tĩnh tải đã được lý tưởng hoá tác dụng tại những điểm bố trí cốt thép đai.

Lực nén trong thanh chống được xác định qua phân tích sự cân bằng nút, thông qua các giá trị của C, T và lực kéo trong thanh giằng.

Đồng thời, các mô hình tính toán điển hình đều được thiết lập dựa trên sự quan sát thực tế làm việc và tình trạng xuất hiện vết nứt của cấu kiện bê tông cốt thép nên kết quả tính toán đảm bảo độ tin cậy cao. Qua các thí nghiệm do Viện bê tông Hoa Kỳ (ACI) thực hiện thì khi so sánh các lực tính toán và đo được ở các các thớ đỉnh và đáy của dầm là hoàn toàn phù hợp chính xác với kết quả đã dự đoán bằng mô hình giàn ảo.

Đây là một phương pháp đơn giản nhưng đem lại kết quả tương đối thích hợp với trạng làm việc thực tế của cấu kiện bê tông cốt thép tại những vị trí cục bộ. Do vậy xin có một số kiến nghị sau:

1. Trong công tác thiết kế

Đối với các công trình cầu, Bộ Giao Thông vận tải đã ban hành Tiêu chuẩn 22TCN 272-01 cho phép sử dụng mô hình giàn ảo để tính toán kết cấu BTCT

Đối với các công trình xây dựng dân dụng và công nghiệp, thủy lợi, do chưa được chính thức quy định trong Quy trình thiết kế, nên khuyến cáo sử dụng Mô hình giàn ảo như là một *điều kiện đủ* khi thiết kế tính toán các vùng không liên tục của kết cấu bê tông cốt thép. Đặc biệt là những các trường hợp sau:

Khi thiết kế các vùng chịu lực tập trung, vùng gấn gối đỡ, các vị trí góc khung, vị trí vai đỡ.

Khi xác định điều kiện làm việc của các vị trí chịu tải trọng tập trung theo hướng trục dọc và những vùng neo của cáp DƯL.

Khi thiết kế các dầm cao; các dầm cao thường là những nhịp chịu cắt ngắn, ở các dầm này thường xuất hiện vết nứt xiên nối liền từ điểm đặt tải trọng đến trụ đỡ.

Các vết nứt này phá hỏng dòng lực cắt ngang từ cốt thép dọc đến vùng chịu nén và trạng thái làm việc thay đổi từ tác động kiểu dầm sang kiểu vòm.

2. Trong công tác chẩn đoán kết cấu

Các Mô hình giàn ảo cơ bản hầu như đã được mô phỏng trên cơ sở tình trạng xuất hiện vết nứt thực tế của cấu kiện nên rất thuận lợi khi sử dụng để chuẩn đoán kết cấu. Đồng thời là công cụ thích hợp để *giải thích sự phá hỏng do cắt của các dầm mảnh* và trong một số trường hợp có thể giải thích được sự xuất hiện các vết nứt do cắt ở thân dầm.

3. Trong thi công xây dựng

Khái niệm Mô hình giàn ảo và các mô hình cơ bản của nó đơn giản và có tính thực hành cao; do vậy nên được trang bị cho người Kỹ sư chỉ đạo hiện trường để giúp họ có được một dụng cụ tương đối đặc dụng nhưng đơn giản (không cần phải có sự trợ giúp của các phần mềm tính toán) để có thể nhanh chóng kiểm tra tính hợp lý của các sơ đồ bố trí cốt thép trong hồ sơ Thiết kế Kỹ thuật.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *Tiêu chuẩn thiết kế cầu Việt Nam 22 TCN18-79*. Bộ GTVT ban hành năm 1979.
2. *Tiêu chuẩn thiết kế cầu Việt Nam 22 TCN 272-79*. Bộ GTVT ban hành năm 2001.
3. *CEB-FIP Model Code. Design Code. Part I, II & III*. Thomas Telford. 1990
4. *FIP Recommendations 1996. Practical Design of Structure Concrete*. FIP Congress Amsterdam - May. 1998.
5. N.I. POLIVANOV. *Thiết kế cầu bê tông cốt thép và cầu thép trên đường Ô tô*. Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật. 1976.
6. PGS.TS. Nguyễn Viết Trung, TS. Hoàng Hà, KS. Nguyễn Ngọc Long. *Cầu bê tông cốt thép*. Nhà xuất bản Giao thông vận tải. Hà Nội. 2000.
7. TS. Bùi Quang Trường, KS. Nguyễn Thanh Bình, KS. Bùi Trung Dũng. *Tính kết cấu bê tông cốt thép (nguyên lý của Ủy ban bê tông Châu Âu - CEB)*. Nhà xuất bản Xây dựng. Hà Nội. 2000.
8. *AASHTO LRFD Bridge Design Specification. SI Units. Second Edition*. 1998.
9. PGS. TS. Nguyễn Viết Trung. *Thiết kế cầu bê tông cốt thép hiện đại theo tiêu chuẩn ACI*. Nhà xuất bản Giao thông vận tải. Hà Nội. 2000.
10. *General zone Design, Detailing for Post-Tensioning*. Published by VSL International Lid. Bern, Switzerland.
11. *VSL NEWS; issue one, two*. 1993 - 1999.
12. PGS.TS. Nguyễn Viết Trung. *Hướng dẫn sử dụng SAP-2000*. Trường Đại học Giao thông vận tải. 2000.
13. *Hồ sơ thiết kế kỹ thuật cầu Trần Thị Lý* - TP. Đà Nẵng. Công ty TVXDCTGT 533.
14. *Hồ sơ kiểm toán xà mũ trụ cầu Trần Thị Lý*. Công ty TVKT cầu lớn hầm (TEDI).

MỤC LỤC

Lời nói đầu	3
Chương 1. Khái niệm về lý thuyết mô hình giàn ảo (mô hình chống và giằng)	
1.1. Giới thiệu	5
1.2. Xác định vùng B và D	7
1.3. Mô hình tính toán	9
1.4. Kết cấu của mô hình giàn ảo	19
1.5. Phân bố cốt thép đai	20
1.6. Thành phần lực cắt V_{cz} , V_{ay} và V_d	20
1.7. Vùng quạt chịu nén và vùng chịu nén	21
1.8. Đơn giản hoá mô hình giàn ảo	22
1.9. Nội lực trong mô hình giàn ảo	23
1.10. Giá trị của θ trong phạm vi vùng chịu nén	31
1.11. Các bộ phận cấu thành của mô hình giàn ảo	34
1.12. Sự phá hỏng thanh chống ảo	38
1.13. Sự phá hủy do nén của thanh chịu nén ảo	40
1.14. Kiểm toán điều kiện bền của thanh chống ảo	43
1.15. Quy định về cốt thép khống chế nứt	43
Chương 2. Áp dụng phương pháp "Giàn ảo" để phân tích ứng suất cục bộ và thiết kế vùng không liên tục (vùng D)	
2.1. Các yêu cầu và các bước tính toán	44
2.2. Các vùng không liên tục tính: đầu dầm, vai đỡ	46
2.3. Dầm cao	53
2.4. Độ lệch của lực	61
2.5. Các góc khung và liên kết dầm cột	61
2.6. Tải trọng tập trung theo hướng dọc trục của cấu kiện và những vùng neo của cáp dự ứng lực	68
Chương 3. Các ví dụ tính áp dụng mô hình giàn ảo	
3.1. Mô hình giàn ảo của một đầu dầm chịu tải trọng tập trung	74
3.2. Mô hình giàn ảo của một đầu dầm có khác tại gối	79
3.3. Áp dụng mô hình giàn ảo để giải thích sự xuất hiện vết nứt của dầm xà mũ (Cầu Trần Thị Lý Tp. Đà Nẵng)	85
3.4. Ví dụ tính dầm có 2 lực tập trung	104
Một số lưu ý khi vận dụng phương pháp giàn ảo	109
Tài liệu tham khảo	113

TÍNH TOÁN KẾT CẤU BÊ TÔNG CỐT THÉP THEO MÔ HÌNH GIÀN ẢO

Chịu trách nhiệm xuất bản:

BÙI HỮU HẠNH

Biên tập:

NGUYỄN MINH KHÔI

Chế bản điện tử:

VŨ HỒNG THANH

Sửa bản in:

NGUYỄN MINH KHÔI

Trình bày bìa:

NGUYỄN HỮU TÙNG

In 500 cuốn khổ 17 × 24cm, tại Xưởng in Nhà xuất bản Xây dựng. Giấy chấp nhận đăng ký kế hoạch xuất bản số 197/XB-QLXB-138 ngày 21/02/2005. In xong nộp lưu chiểu tháng 5/2005.