

CHƯƠNG 12

GIA CƯỜNG DẦM BẰNG THANH CĂNG ỨNG SUẤT TRƯỚC

A. PHÂN CẤU TẠO

Gia cường dầm bằng các thanh căng ứng suất trước vừa giảm tải cho dầm, vừa không phụ thuộc vào tình trạng đang mang tải của dầm lúc gia cường.

Có ba dạng thanh căng ứng suất trước (hình 50) :

- Thanh căng ngang (a).
- Thanh căng vòng (b).
- Thanh căng kết hợp (c) bao gồm hai dạng trên.

Do tạo ứng suất trước trong các thanh căng nên phải thay đổi sơ đồ cấu tạo ban đầu của kết cấu cần gia cường : kết cấu chịu uốn thông thường trở thành kết cấu chịu nén-lệch tâm, tại các gối tựa của nó hình thành các mômen uốn bổ sung, các mômen gối tựa này lại ảnh hưởng đến các mômen nhịp ban đầu.

Tạo ứng suất trước cho các thanh căng là để bắt buộc các thanh căng này phải làm việc kết hợp chặt chẽ với phần tử cần gia cường, như vậy là làm tăng độ cứng của phần tử này; độ cứng tăng sẽ nâng cao khả năng chịu tải của dầm sau khi nó được gia cường.

Tạo ứng suất trước trong thanh căng là gây tác động ngược với tác động ban đầu của ngoại lực, làm tăng khả năng chịu tải của dầm.

Các thanh căng thường làm bằng các loại thép mềm A-I hoặc A-II, đường kính tới 36mm; trong trường hợp chịu nội lực lớn chúng được làm bằng thép hình, như thép L hay thép U (hình 51).

Các thanh căng ngang hay thanh căng vòng thường là một cặp hai thanh, bố trí ở hai cạnh biên của phần tử cần gia cường.

Các dạng thanh căng trên không làm giảm không gian phòng, chúng chỉ chiếm chiều cao 5 – 10 cm, và chúng được chế tạo sẵn ở bên ngoài, rồi được đem vào lắp ráp bên trong nhà.

Sau khi đặt các thanh căng vào vị trí thiết kế và hàn chúng vào neo mới lắp các bản tỳ. Luồn các bản đó vào khe hở giữa mặt đáy dầm và thanh căng ở điểm giữa khâu độ cao của thanh căng, vì ở đó các thanh căng bị võng xuống. Sau đó kéo dịch bản tỳ về phía gặp khúc của thanh căng, và dùng búa gõ cho bản tỳ xê dịch. Cách làm như vậy đảm bảo kéo thẳng được thanh căng và neo thanh căng tỳ sát vào bản tỳ.

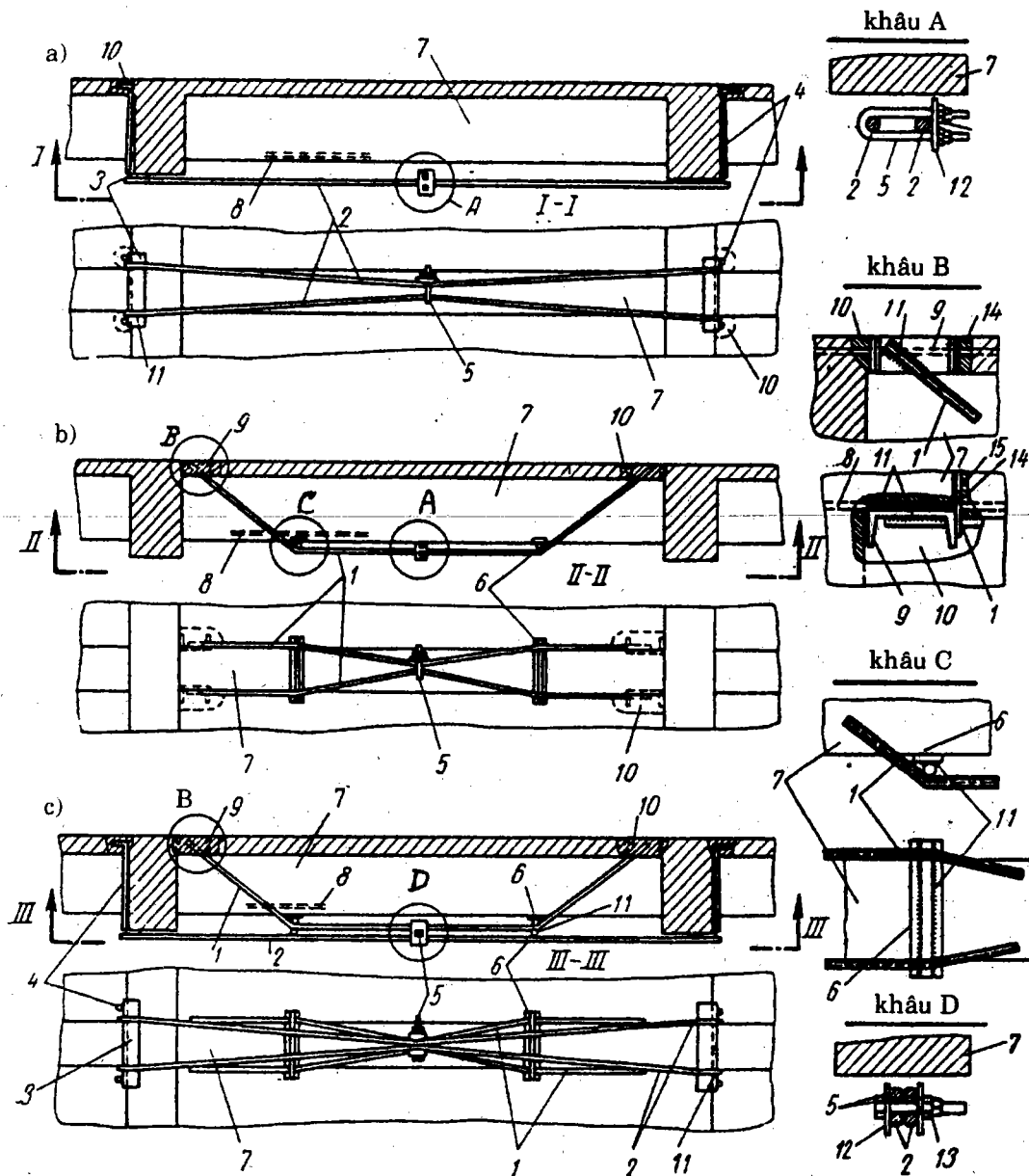
Trong hệ bốn thanh căng kết hợp, ngoài các bản tỳ còn có các thanh đệm phụ nằm giữa cặp thanh căng ngang và cặp thanh căng vòng, ở dưới các bản tỳ (hình 50c). Người ta hàn liền các thanh đệm này vào các thanh căng vòng bên trên, dùng làm mặt trượt cho các thanh căng ngang bên dưới.

Kéo căng các thanh bằng cách bóp xiết ngang cặp thanh cho chúng sát gần nhau; như vậy không cần đến lực lớn, vì khi này ứng suất trong các bulông xiết ngang nhỏ thua ứng

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

suất trong các thanh căng tới 10 lần. Ngoài ra, phương pháp xiết căng này tạo nên nội lực đồng đều trong cả hai thanh căng.

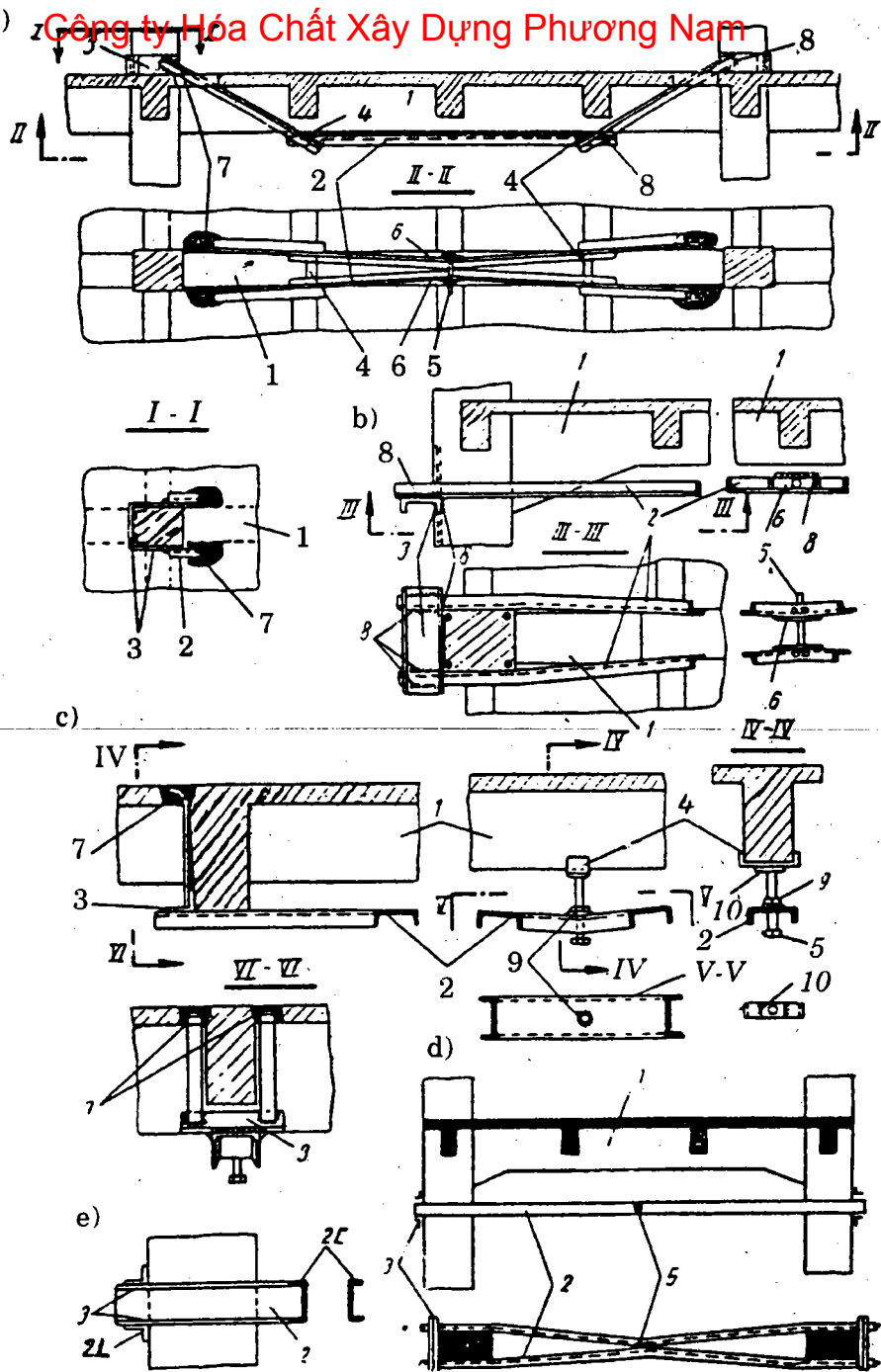
Phương pháp gia cường này có thể làm tăng khả năng chịu lực của dầm lên 2 – 2,5 lần.



Hình 50. – Gia cường dầm phụ bằng thanh căng ứng suất trước.

- a. Thanh căng ngang;
- b. Thanh căng vông;
- c. Thanh căng kết hợp, loại bốn thanh.

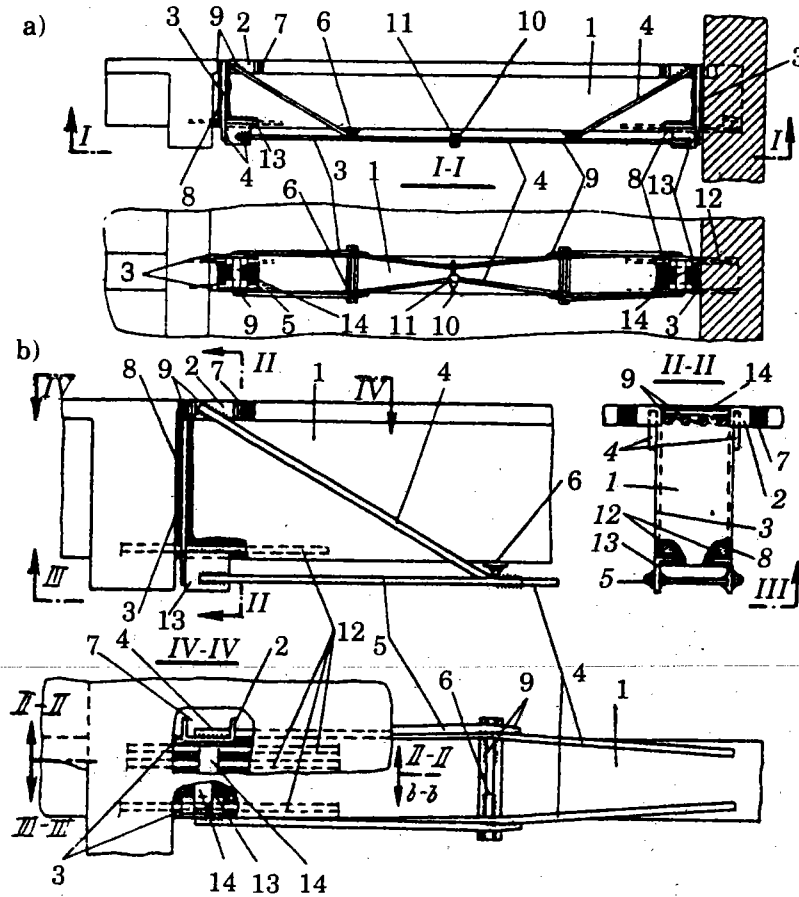
1. Thanh căng vông; 2. Thanh căng ngang; 3. Đoạn thép L dùng làm neo cho các thanh căng ngang; 4. Thanh đứng để giữ các đoạn thép neo L; 5. Bulông xiết căng; 6. Bản tỳ; 7. Dầm phụ cân gia cường; 8. Cốt thép dầm; 9. Neo của thanh căng vông, làm bằng thép U; 10. Lỗ đục trong sàn để đặt neo; 11. Đường hàn; 12. Bản đệm; 13. Ốc; 14. Thanh ngang liên kết hai neo của thanh căng vông; 15. Rãnh đục trong sàn, sau sẽ lấp vữa.



Hình 51. - Các thanh căng ứng suất trước bằng thép hình.

- a. Thanh căng võng bằng thép L;
- b. Thanh căng ngang bằng thép L;
- c. Thanh căng ngang bằng một thanh thép U;
- d. Thanh căng ngang bằng hai thanh thép U;
- e. Cấu tạo neo.

1. Dầm cân được gia cường; 2. Thanh căng; 3. Neo; 4. Bản tỷ; 5. Bulông xiết căng; 6. Bản gia cố chỗ suy yếu do đục lỗ bulông; 7. Lỗ đục qua sàn, sẽ lấp lại bằng bê tông; 8. Đường hàn; 9. Ốc, hàn liền vào thép U;



Hình 52. Gia cường dầm bằng loại hai thanh căng kết hợp, ứng suất trước.

- a. Toàn cảnh gia cường dầm;
b. Các chi tiết cấu tạo.

1. Dầm cần được gia cường; 2. Neo làm bằng thép U; 3. Thanh đứng để giữ neo dưới; 4. Thanh căng xiên; 5. Các đoạn thanh ngang đầu mút, hàn vào thanh căng vòng; 6. Bản tỷ; 7. Lỗ đục qua sàn, sẽ lấp kín bê tông sau; 8. Mặt bê tông đục nhám, sẽ trám lại bằng bê tông sau; 9. Đường hàn; 10. Bulông xiết căng; 11. Ốc xiết căng; 12. Cốt thép trong dầm; 13. Neo bằng thép L; 14. Bản liên kết.

B. PHÂN THIẾT KẾ

Kết cấu gia cường này là một hệ siêu tĩnh, vì trong đó phát sinh các nội lực mới; muốn tính toán các nội lực này, ngoài các điều kiện tĩnh học, còn phải xét các biến dạng của hệ. Vậy phải coi các thanh căng và dầm bê tông cốt thép, cùng nhau làm việc kết hợp như một.

Sự làm việc kết hợp này được thể hiện bởi nội lực X trong các thanh căng ứng suất trước khi dầm bê tông cốt thép mang tải trọng bất kỳ.

Phần tử dầm phải chịu lực nén lệch tâm do các thanh căng truyền vào các tiết diện gối tựa, và chịu thêm các mômen đầu mút mới nảy sinh; các mômen này làm thay đổi các mômen nhịp gây ra bởi các ngoại lực.

Các dầm được gia cường bằng các thanh căng vòng, ngoài các nội lực nêu trên, còn phải chịu những lực giảm tải tác dụng vào dầm tại các điểm cong của thanh võng.

Tóm lại, kết cấu chịu uốn bê tông cốt thép được gia cường bằng các thanh căng, biến thành kết cấu chịu nén lệch tâm, đồng thời sơ đồ cấu tạo ban đầu của chúng đã thay đổi.

Việc tính toán các hệ siêu tĩnh này được đơn giản hóa bằng cách lập sẵn một loạt các công thức tính toán giản đơn.

Trước tiên cần chọn dạng thanh căng :

Nên dùng thanh căng ngang khi mức tăng (số phần trăm) của mômen uốn trong dầm sau gia cường, lớn hơn mức tăng (số phần trăm) tương ứng của lực cắt.

Nên chọn thanh căng vòng nếu sau khi gia cường số phần trăm gia tăng của lực cắt lớn hơn số phần trăm gia tăng của mômen uốn.

Nên áp dụng thanh căng kết hợp, khi số phần trăm gia tăng của mômen uốn và của lực cắt hầu như gần bằng nhau.

• TRÌNH TỰ TÍNH TOÁN

1. Tính và vẽ các biểu đồ mômen uốn và lực cắt ban đầu của dầm trước gia cường.
2. Lập các biểu đồ mômen uốn và lực cắt của dầm khi nó chỉ chịu mỗi tải trọng gia tăng (tải trọng tác dụng sau khi gia cường dầm).
3. Xác định sơ bộ tiết diện thanh căng.
4. Tính độ cứng của dầm phải gia cường, khi nó chịu toàn bộ các tải trọng tính toán và chịu lực từ thanh căng, mà ứng suất đã tới trạng thái giới hạn.
5. Tính nội lực trong thanh căng do phải chịu toàn bộ tải trọng tính toán.
6. Tính ứng suất trước cần phải tạo ra trong các thanh căng.
7. Kiểm tra xem dầm có chịu được các tải trọng và các nội lực gia tăng sau khi gia cường.

Bước tính 1 và 2 không mấy khó khăn. Nếu không còn các bản vẽ thiết kế kết cấu, ta có thể phục hồi toàn bộ hình ảnh khung cốt thép bằng đục các rãnh ngang dưới đáy dầm, rộng khoảng 2 – 3 cm, sâu tới cốt thép. Nếu là dầm liên tục thì cần đục các rãnh này ở phần giữa nhịp, ở trên và ở dưới các gối tựa. Số lượng các rãnh tùy thuộc mức độ quan trọng cần thiết. Muốn phát hiện bước và đường kính cốt đai thì đục một rãnh dọc tại mặt bên của dầm.

Bước tính 3 – Tính sơ bộ tiết diện thanh căng; khi này mômen uốn của dầm do tải trọng gia tăng tạo ra, được coi là ngoại lực. Tiết diện thanh căng tính ra từ mômen này thường lớn hơn thực tế, vì sau khi gia cường, dầm lại làm việc chịu nén lệch tâm. Tiết diện sơ bộ của thanh căng có thể giảm đôi chút trong tính toán cuối cùng.

Bước tính 4 – Tính độ cứng của dầm bằng công thức :

$$B = M_m / \frac{1}{\rho} \text{ với } M_m = N_c \cdot e$$

M_m – mômen mới

$1/\rho$ – độ cong của dầm

N_c – phân lực nén dầm bởi thanh căng, khi ứng suất trong các thanh căng đạt tới trị giới hạn :

$$N_c = m_0 \cdot R_a \cdot F_0$$

Biểu thức (1) bây giờ có dạng :

$$\frac{Xl}{F_o E_a} = c(\alpha + \beta) - \frac{Xlc^2}{B} - \frac{Xl}{F \cdot E_b}$$

Rút ra :

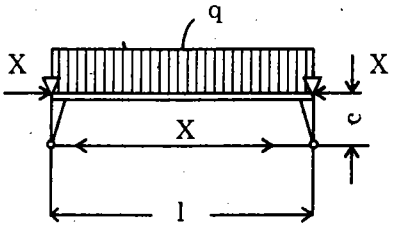
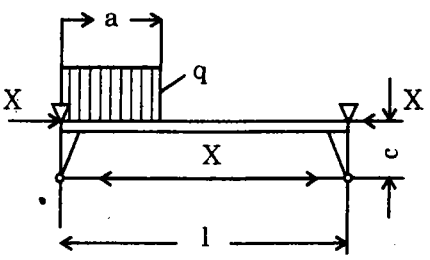
$$X = \frac{(\alpha + \beta)B}{l \left(\frac{B}{cF_o E_a} + c + \frac{B}{cFE_b} \right)} = \frac{(\alpha + \beta)B}{l \cdot A}$$

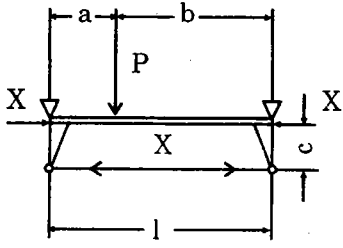
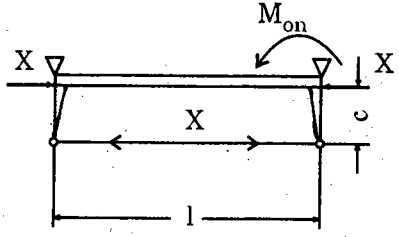
trong đó :

$$A = \frac{B}{cF_o E_a} + c + \frac{B}{cFE_b}$$

- Khi sử dụng công thức tính toán, nếu sơ đồ chất tải phức tạp thì tính cộng dồn các sơ đồ chất tải đơn giản nêu trong bảng 1.
- Khi gia cường dầm liên tục, thì áp dụng công thức tính dầm một nhịp có các mômen uốn ở gối tựa M_{on} .

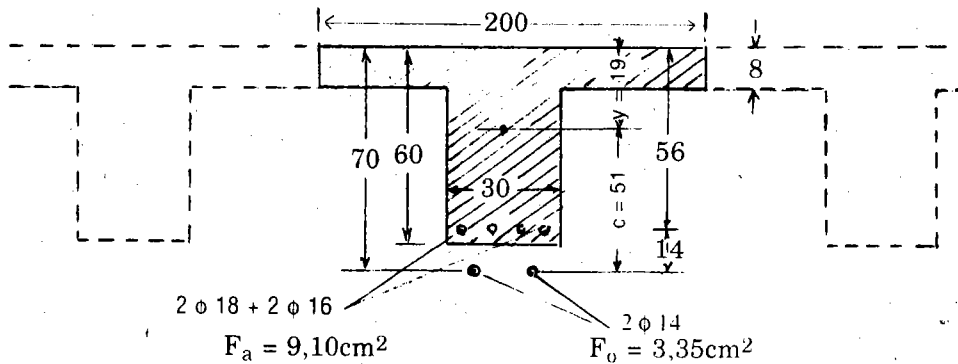
BẢNG 1

$A = \frac{B}{cF_o E_a} + c + \frac{B}{cFE_b}$		
Sơ đồ tải trọng		Công thức tính lực X trong thanh cằng
	94	$X = \frac{ql^2}{12A}$
	95	$X = \frac{qa^2(3l - 2a)}{12Al}$
	96	$X = \frac{0.0086ql^2}{A}$ khi $a = \frac{1}{5}$
	97	$X = \frac{0.0130ql^2}{A}$ khi $a = \frac{1}{4}$
	98	$X = \frac{0.0214ql^2}{A}$ khi $a = \frac{1}{3}$
	99	$X = \frac{0.416ql^2}{A}$ khi $a = \frac{1}{2}$

	<p>100</p> <p>101</p> <p>102</p> <p>103</p> <p>104</p>	$X = \frac{Pab}{2lA}$ $X = \frac{0,08Pl}{A} \text{ khi } a = \frac{l}{5}$ $X = \frac{0,094Pl}{A} \text{ khi } a = \frac{l}{4}$ $X = \frac{0,111Pl}{A} \text{ khi } a = \frac{l}{3}$ $X = \frac{0,125Pl}{A} \text{ khi } a = \frac{l}{2}$
	<p>105</p>	$X = \frac{M_{on}}{2A}$

Ví dụ 1 :

Cho một dầm với các số liệu như sau :



Hình 54

$$F = 0,316 \text{ m}^2, J = 0,01066 \text{ m}^4$$

Bê tông M200 $\rightarrow R_u = 100 \text{ kG/cm}^2$

Thép A-II $\rightarrow R_o = 2700 \text{ kG/cm}^2, m_o = 0,85$.

Các tải trọng tính toán :

Tĩnh tải $g = 0,85 \text{ T/m}$

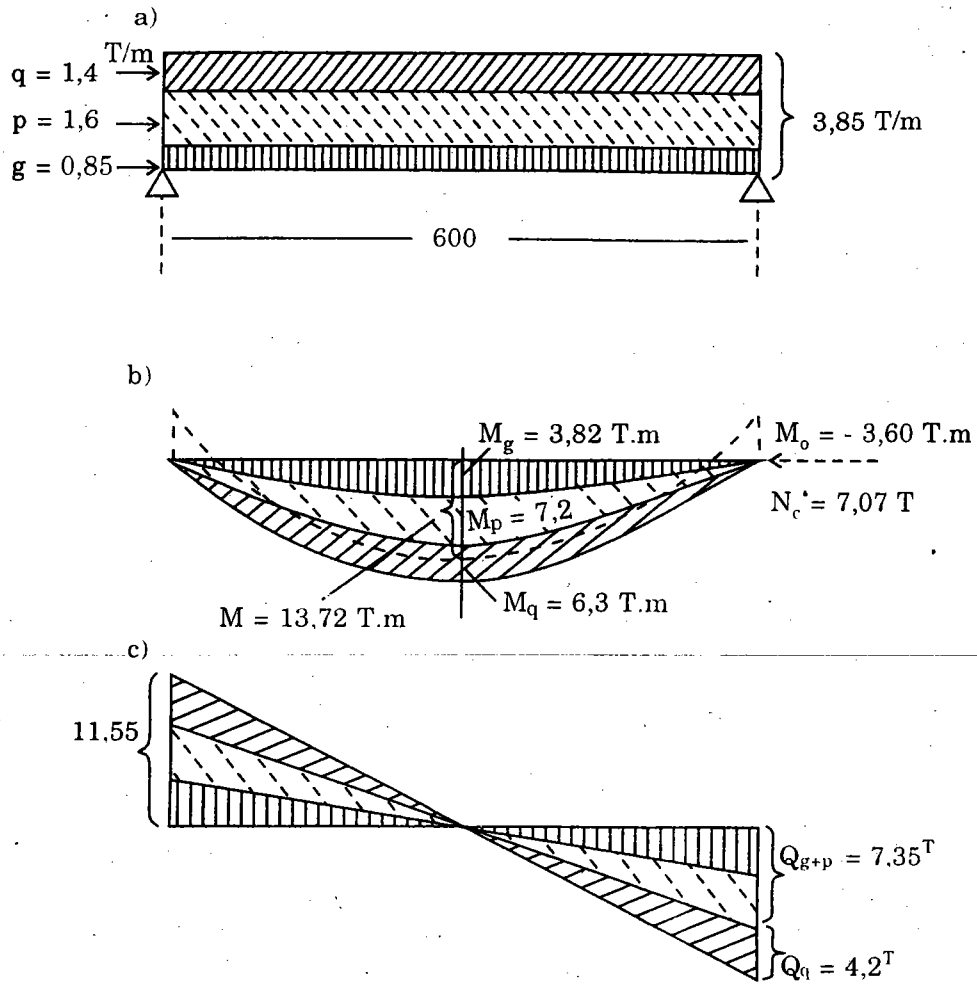
Hoạt tải $p = 1,60 \text{ T/m}$

Gia tải $q = 1,40 \text{ T/m}$

Mômen uốn do gia tải q , sau khi gia cường : $M_q = 6,30 \text{ T} \cdot \text{m}$

GIẢI

• Tính và vẽ các biểu đồ mômen uốn và lực cắt của dầm cần được gia cường để chịu gia tải (Hình 55).



Hình 55.

- Sơ đồ tải trọng tính toán.
- Biểu đồ mômen uốn trước gia cường và sau gia cường (đường chấm chấm).
- Biểu đồ lực cắt.

• Sơ bộ tính tiết diện thanh căng ngang F_o , theo M_q (khi dầm chỉ chịu mỗi gia tải q), bằng cách tra bảng :

$$A_o = \frac{M_q}{b_s \cdot h_o^2 \cdot R_u} = \frac{630.000}{200 \cdot 70^2 \cdot 100} = 0.0064$$

$$\gamma_o = 0.007$$

$$F_o = \frac{M_q}{\gamma_o R_a h_o} = \frac{630.000}{0.997 \cdot 2700 \cdot 70} = 3.35 \text{ cm}^2$$

Lấy 2φ14 A-II $F_o = 3,08 \text{ cm}^2 < 3,35 \text{ cm}^2$

• Tính độ cứng B của dầm, theo công thức :

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

$$B = \frac{M_m}{1/\rho} = \frac{Z_1 h_o}{\frac{\Psi_a}{E_o F_a} \left(1 + \frac{Z_1}{e}\right) + \frac{\Psi_b}{(\gamma' + \xi) b h_o E_b \nu}}$$

Lực nén do thanh căng ngang F_o tác dụng vào dầm :

$$N_c = m_o R_a F_o = 0,85 \cdot 2700 \cdot 3,08 = 7070 \text{ kG}$$

Mômen uốn lớn nhất, trước khi gia cường dầm :

$$M = M_g + M_p = 3,82 + 7,20 = 11,02 \text{ T} \cdot \text{m}$$

Vậy :

$$e_o = \frac{M}{N_c} = \frac{11,02}{7,07} = 1,55 \text{ m} = 155 \text{ cm}$$

$$e = e_o + h_o - y = 155 + 56 - 19 = 192 \text{ cm}$$

M_m - mômen mới, tính đối với tâm thanh căng là :

$$M_m = N_c e = 7070 \cdot 192 = 1.360.000 \text{ kG.cm}$$

$$L = \frac{M_m}{b_s \cdot h^2 \cdot R_u^{TC}} = \frac{1.360.000}{200 \cdot 56^2 \cdot 180} = 0,012$$

$$\xi = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5L}{10\mu_n}} = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5 \cdot 0,012}{10 \cdot 0,00081 \cdot 8}} = 0,049$$

trong đó : $\mu = \frac{F_a}{b_s \cdot h_o} = \frac{9,10}{200 \cdot 56} = 0,00081$

$$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2,1 \cdot 10^6}{2,65 \cdot 10^5} = 8$$

Để tính độ cứng B của dầm sàn, còn cần tính các một số thông số sau :

$$\begin{aligned} Z_1 &= h_o - 0,5 (\gamma' + \xi) h_o = h_o [1 - 0,5(\gamma' + \xi)] \\ &= h_o \left(1 - \frac{\xi}{2}\right) = 56 \left(1 - \frac{0,049}{2}\right) = 54,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

Tiết diện dầm chữ T, ta có :

$$W_T = \gamma W_o = \gamma \frac{J}{h - y} = 1,75 \cdot \frac{1.066.000}{60 - 19} = 45.600 \text{ cm}^3$$

Với $R_k^{TC} = 16 \text{ kG/cm}^2$ thì :

$$\begin{aligned} M_T &= W_T R_k^{TC} + N(y - 0,5 \xi h_o) = \\ &= 45.600 \cdot 16 + 7070(19 - 0,5 \cdot 0,049 \cdot 56) = \\ &= 854.500 \text{ kG.cm} \end{aligned}$$

M - mômen uốn trước gia cường

M_c - mômen uốn sau gia cường.

$$\begin{aligned} M_c &= M + N_c(y - 0,5 \xi h_o) = \\ &= 1102000 + 7070(19 - 0,5 \cdot 0,049 \cdot 56) = 1.226.500 \text{ kG.cm} \end{aligned}$$

$$m = \frac{M_T}{M_c} = \frac{854500}{1226000} = 0,695$$

$$\psi_0 = 1,3 - S m - \frac{1 - m}{6 - 4,5m}$$

Với $S = 0,80$, khi tải lâu dài.

= 1,0, khi tải ngắn hạn, cốt thép trơn.

= 1,1, khi tải ngắn hạn, cốt thép gân

$$\psi_0 = 1,3 - 0,80 \cdot 0,695 - \frac{1 - 0,695}{6 - 4,5 \cdot 0,695} = 0,639$$

$\psi_0 = 0,9$, $\nu = 0,15$ (vì dùng bê tông nặng)

$$B = \frac{54,5 \cdot 56}{\frac{0,639}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 9 \cdot 10} \left(1 - \frac{54,5}{192}\right) + \frac{0,9}{(0 + 0,049) \cdot 200 \cdot 56 \cdot 2,65 \cdot 10^5 \cdot 0,15}}$$

$$= 465 \cdot 10^8 \text{ kG.cm}^2$$

• Tính nội lực X trong thanh căng gia cường :

Áp dụng công thức 94, bảng 1 :

$$A = \frac{B}{c F_0 E_a} + c + \frac{B}{c F E_b}$$

B – độ cứng của dầm.

c – khoảng cách từ thanh căng đến trọng tâm tiết diện.

$$A = \frac{465 \cdot 10^8}{51 \cdot 3,08 \cdot 2,1 \cdot 10^6} + 51 + \frac{465 \cdot 10^8}{51 \cdot 3160 \cdot 2,65 \cdot 10^5}$$

$$= 141 + 51 + 1,09 = 193,1 \text{ cm} = 1,93 \text{ m}$$

Nội lực X trong thanh căng tính bằng công thức :

$$X = \frac{q l^2}{12A}$$

q – tất cả các loại tải trọng phân bố đều, trừ tính tải g.

$$X = \frac{(1,60 + 1,40) \cdot 6^2}{12 \cdot 1,93} = 4,66T$$

Khi tính X không xét tính tải g vì khi đặt thanh căng thì tính tải đã tác dụng vào kết cấu, nên nó không ảnh hưởng đến nội lực trong thanh căng đặt sau.

• Tính ứng suất trước trong thanh căng (σ_0) :

$$\sigma = \frac{X}{F_0} = \frac{4660}{3,08} = 1510 \text{ kG/cm}^2$$

$$\sigma_0 = m_0 R_a - \sigma = 0,85 \cdot 2700 - 1510 = 790 \text{ kG/cm}^2$$

Tính độ dốc (i) khi bóp xiết cặp thanh căng để tạo ứng suất $\sigma_0 = 790 \text{ kG/cm}^2$, bằng cách tra đồ thị (hình 58) :

$$i = 0,0275$$

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

$$a = i \frac{1}{2} = 0,0275 \cdot \frac{600}{2} = 8,2 \text{ cm}$$

Khoảng cách thông thủy giữa hai thanh cằng khi bóp xiết chúng gần nhau :

$$30 - 2 \cdot 8,2 = 13,6 \text{ cm} \approx 14 \text{ cm}$$

- Kiểm tra cường độ chịu uốn cong của dầm sau khi căng hai thanh gia cường.

Hai thanh cằng ngang đặt lệch tâm đối với dầm bê tông cốt thép, nên tại các gối tựa của dầm phát sinh mômen uốn M_0 ở hai đầu mút.

$$M_0 = N_c \cdot c = 7070 \cdot 51 = 360.000 \text{ kG.cm}$$

Mômen uốn tính toán ở giữa nhịp dầm là :

$$M = M_g + M_p + M_q - M_0 = 3,82 + 7,20 + 6,20 - 3,60 = 13,72 \text{ T.m}$$

Mômen uốn sau khi gia cường này được thể hiện bằng đường chấm chập tại hình 55.

- Kiểm tra cường độ chịu nén của dầm.

Dầm còn chịu nén lệch tâm và phải kiểm tra là :

$$\mu = \frac{M}{N \cdot e_0} = \frac{1372000}{7070 \cdot 194} = 0,0054$$

$$c = \frac{66.000}{R + 350} \left(\frac{1}{\frac{e_0}{h} + 0,16} + 200\mu + 1 \right) = \frac{66.000}{200 + 350} \left(\frac{1}{\frac{194}{184} + 0,16} + 200 \cdot 0,0054 + 1 \right) = 284$$

$$\frac{e_0}{r} = \frac{194}{18,4} = 32,6$$

Vậy không phải xét ảnh hưởng tác dụng lâu dài của tải trọng.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{12cR_u F} \left(\frac{l_0}{r} \right)^2} = \frac{1}{1 - \frac{7070}{12 \cdot 284 \cdot 100 \cdot 3160} \cdot 32,6^2} = 1,01$$

$$e'_0 = \eta e_0 = 1,01 \cdot 194 = 196 \text{ cm}$$

$$e = e'_0 + h_0 - y = 196 + 56 - 19 = 233 \text{ cm}$$

$$R_u \cdot b_s \cdot x (e - h_o + 0,5x) - R_a \cdot F_a \cdot e = 0$$

$$100 \cdot 200 \cdot x (233 - 56 + 0,5x) - 2700 \cdot 9,10 \cdot 233 =$$

$$x^2 + 354x - 572 = 0$$

$$x = 1,61 \text{ cm}$$

Khả năng chịu nén của dầm :

$$N_{gh} = \frac{R_u \cdot b_s \cdot x (h_o - 0,5x)}{e} = \frac{100 \cdot 200 \cdot 1,61 (56 - 0,5 \cdot 1,61)}{233}$$

$$= 7680 \text{ kG} > 7070 \text{ kG.}$$

Vậy, sau khi gia cường, tiết diện dầm chịu được tải trọng gia tăng.

• Kiểm tra tiết diện gối tựa của dầm.

Tại gối tựa ở vùng chịu kéo (phía trên dầm) chỉ có cốt thép cấu tạo :

$$2\phi 10 \rightarrow F_a = 1,57 \text{ cm}^2$$

$$2\phi 18 \rightarrow F'_a = 5,1 \text{ cm}^2.$$

$$b = 30\text{cm}; h = 60\text{cm}; h_o = 56\text{cm}; a = a' = 4\text{cm.}$$

$$M_o = 3,60 \text{ T.m}; N_c = 7,07 \text{ T.}$$

$$e_o = \frac{M_o}{N_c} = \frac{3,60}{7,07} = 0,51 \text{ m} = 51 \text{ cm}$$

$$e = e_o + 0,5b - a = 51 + 0,5 \cdot 60 - 4 = 77 \text{ cm}$$

$$e' = e - h_o + a' = 77 - 56 + 4 = 25 \text{ cm}$$

$$R_u \cdot b \cdot x (e - h_o + 0,5x) - R_a \cdot F_a \cdot e + R_{ac} \cdot F'_a \cdot e' = 0$$

vi $x < 2a'$ nên không xét cốt thép nén. Vậy :

$$100 \cdot 30 \cdot x (71 - 56 + 0,5x) - 2700 \cdot 1,57 \cdot 77 = 0$$

$$x^2 + 42x - 217 = 0$$

$$x = 4,65 \text{ cm.}$$

Khả năng chịu nén của dầm ở gối tựa :

$$N = \frac{R_u \cdot b \cdot x (h_o - 0,5x)}{e} = \frac{100 \cdot 30 \cdot 4,65 (56 - 0,5 \cdot 4,65)}{77} = 9750 \text{ kG} > 7070 \text{ kG}$$

Sau khi gia cường, tiết diện dầm tại gối tựa chịu được lực truyền vào nó.

• Kiểm tra khả năng chịu cắt của dầm.

Xuất phát từ số lượng tối thiểu cốt đai, đặt cách nhau không được tối đa :

$$u = \frac{1}{3} h = \frac{60}{3} = 20\text{cm}$$

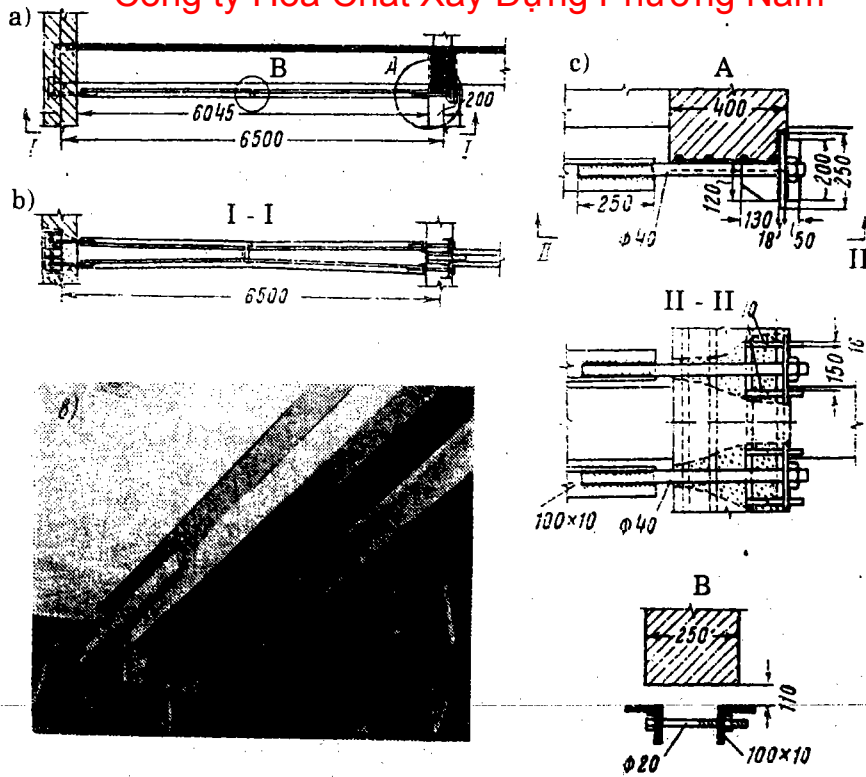
và đường kính cốt đai cũng lấy nhỏ nhất là $\phi = 6 \text{ mm}$, loại thép A-I với $R_d = 1700 \text{ kG/cm}^2$.

$$q_d = \frac{R_d \cdot F_d}{u} = \frac{1700 \cdot 0,56}{20} = 4,75 \text{ kG/cm}$$

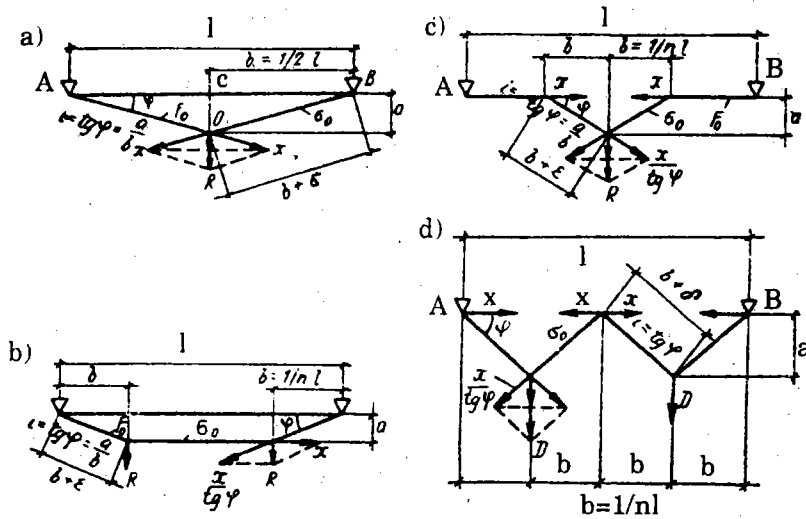
$$Q_{db} = \sqrt{0,6 \cdot R_u \cdot b h^2 q_d} - q_d u = \sqrt{0,6 \cdot 100 \cdot 30 \cdot 56^2 \cdot 4,75} - 4,75 \cdot 20 =$$

$$Q_{db} = 16450 - 950 = 15500 \text{ kG} > 11550 \text{ kG}$$

Vậy dầm có đủ khả năng chịu lực cắt khi lượng cốt đai tối thiểu.



Hình 56. Gia cường một dầm sàn bằng các thanh căng ngang u.s.t., gồm hai thép góc 100×10 .



Hình 57.

- Dùng một bulông xiết ở chính giữa nhịp.
- Dùng hai bulông xiết đối xứng.
- Dùng một bulông xiết ở giữa nhịp với hai đoạn văng;
- Dùng hai bulông xiết đối xứng với một đoạn văng.

• Xác định ứng suất trước trong các thanh căng do bóp xiết ngang.

Ta viết được: $\frac{a}{b} = \operatorname{tg} \varphi = i$ hay $a = ib$

Trong tam giác vuông ta có :

$$b + \delta = \sqrt{a^2 + b^2} = b\sqrt{i^2 + 1}$$

Rút ra :

$$\delta = b(\sqrt{i^2 + 1} - 1)$$

biến dạng tương đối :

$$\varepsilon = \frac{\delta}{b} = \sqrt{i^2 + 1} - 1$$

Theo định luật Hook :

$$\sigma_o = \varepsilon E_a = (\sqrt{i^2 + 1} - 1) E_a \quad (1)$$

- Khi $b = 1/2$ và có hai đoạn b trong thanh căng hoặc khi $b = 1/4$ và có bốn đoạn b , như trong hình (a) và (d), thì dùng được công thức (1).

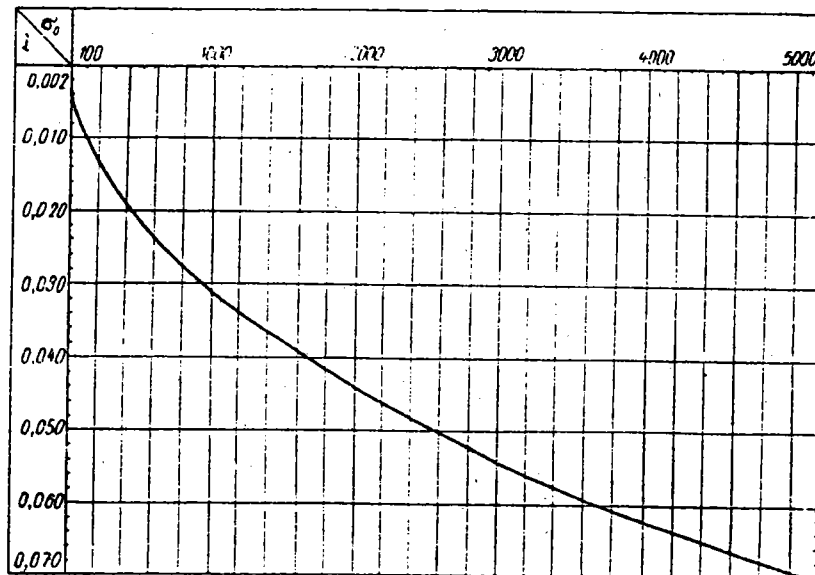
- Khi $b = 1/n$ hay $nb = 1$ và có hai đoạn b trong thanh căng, như trong hình (b) và (c), thì biến dạng tương đối :

$$\varepsilon = \frac{2\delta}{1} = \frac{2\delta}{nb}$$

Vậy khi này công thức (1) có dạng :

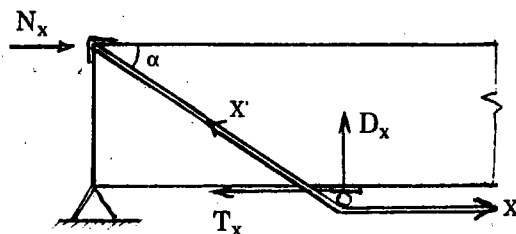
$$\frac{n}{2} \sigma_o = (\sqrt{i^2 + 1} - 1) E_a \quad (2)$$

Đồ thị sau dùng để xác định ứng suất σ_o trong các thanh căng, theo góc dốc i , dựa trên công thức (1).



TÍNH THANH CĂNG VÔNG

Tìm nội lực X trong thanh căng vông không đơn giản như trong thanh căng ngang, và người ta sử dụng bảng tính để tìm ra nội lực X khi dầm chịu nhiều dạng tải trọng khác nhau.



Hình 59.

- Các ngoại lực do thanh căng tác dụng vào dầm.

Các thành phần của lực X truyền vào phần xiên của thanh gồm :

$$T_x = f_0 D_x = f_0 X' \sin \alpha \quad (f_0 = 0,45)$$

$$N_x = X' \cos \alpha$$

$$X = T_x + N_x = X'(f_0 \sin \alpha + \cos \alpha)$$

Lực trong thanh xiên :
$$X' = \frac{X}{f_0 \sin \alpha + \cos \alpha}$$

Lực nén ở điểm neo tại gối tựa :
$$N_x = X \frac{\cos \alpha}{f_0 \sin \alpha + \cos \alpha}$$

Khi cho trước góc α , ta có thể tính được các lực trên theo X, với : $15^\circ < \alpha < 35^\circ$.

Nếu tính trung bình, thì ta có thể lấy :

$$X' = 0,919 X$$

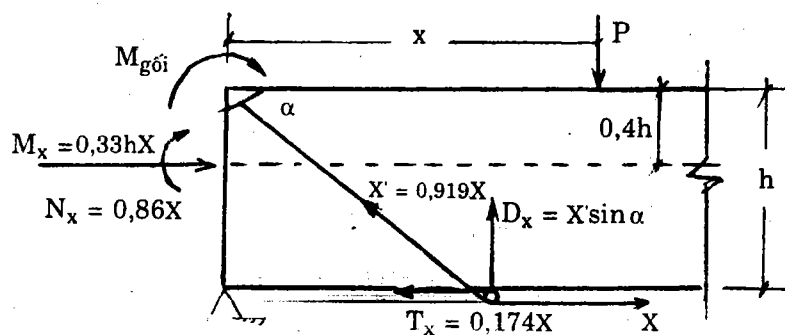
$$N_x = 0,826 X$$

Neo của thanh căng võng đặt tại đỉnh mút trên của dầm cần gia cường, làm phát sinh mômen uốn phụ do X (M_x).

Thí nghiệm nhiều lần cho biết vị trí trục trung hòa ở cách cạnh trên của dầm một khoảng độ 0,4h. Vậy mômen uốn ở đầu mút dầm trung bình là :

$$M_x = 0,826 X \cdot 0,4h = 0,33hX.$$

Chú ý : Nếu dầm liên tục hay dầm bị ngàm thì phải xét thêm mômen gối $M_{gối}$.



Hình 60

Trường hợp gia cường kết cấu bằng hệ các thanh vông, thì kết cấu được gia cường trở thành một kết cấu chịu nén lệch tâm.

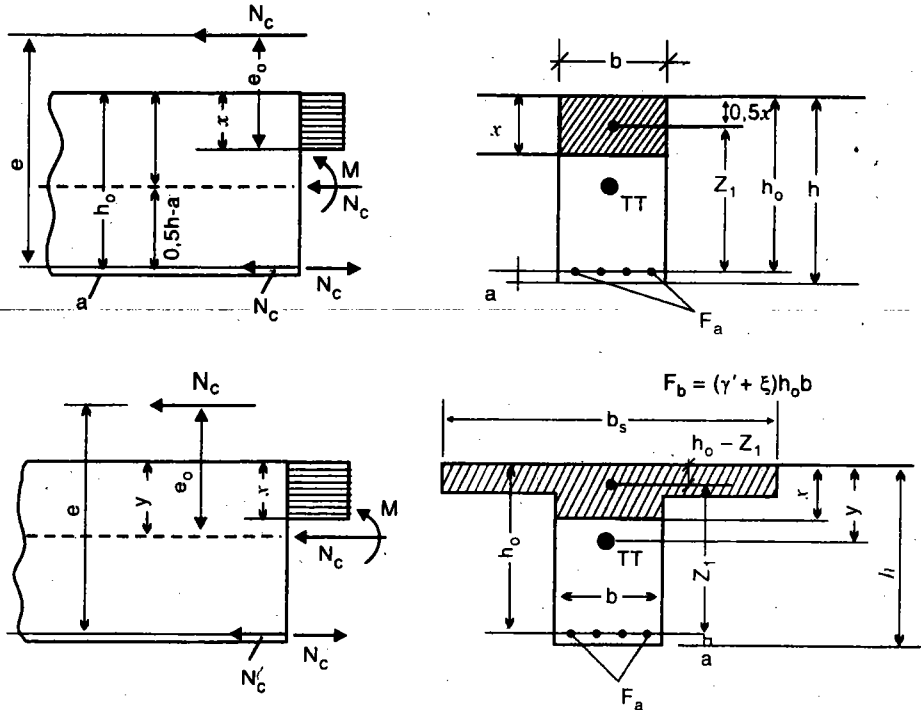
Trong công thức tính toán độ cứng B của kết cấu này cần biết độ cong của phần tử chịu nén lệch tâm, nó bằng :

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M_m}{Z_1 h_0} \left[\frac{\Psi_a}{E_a F_a} + \frac{\Psi_b}{(\gamma' + \xi) b h_0 E_b \nu} \right] - \frac{N_c}{h_0} \cdot \frac{\Psi_a}{E_a F_a}$$

trong đó :

M_m – mômen thay thế, tính đối với trọng tâm của cốt thép chịu kéo.

N_c – lực dọc, nén phần tử.



Hình 61.

Theo hình 61 thì dầm bê tông cốt thép chịu tác dụng của mômen uốn M và lực nén đúng tâm N_c , điều này tương đương với tác dụng của lực nén lệch tâm N_c với độ lệch tâm e_0 , nghĩa là :

$$M = N_c \cdot e_0$$

còn đối với trọng tâm của cốt thép chịu kéo thì tương đương với một mômen thay thế :

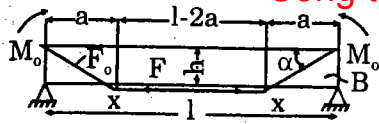
$$M_m = N_c \cdot e$$

nếu tiết diện có hình chữ nhật, thì :

$$e = e_0 + 0,5h - a = e_0 + h_0 - 0,5h$$

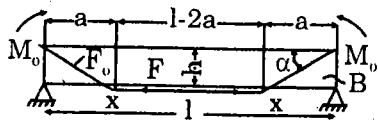
còn nếu tiết diện có hình chữ T, thì :

$$e = e_0 + h$$



BẢNG 2
 $K = \frac{B}{E_a F_0 h}$; $K_0 = \frac{1}{\cos^3 \alpha}$; $K_1 = \frac{B}{E_b F h}$

$a = \frac{1}{3}l$		$A = \frac{1}{1.1KK_0 + 0.47h + 1.65K_1 + 0.81K}$			
$X = APly$		$X = Aql^2\omega$		$X = Aql^2\omega$	
$\frac{x}{l}$	y	$\frac{x}{l}$	ω	$\frac{x}{l}$	ω
0,05	0,01430	0,05	0,00036	0,10	0,01124
0,10	0,02980	0,10	0,00146	0,20	0,02218
0,15	0,04570	0,15	0,00335	0,30	0,03252
0,20	0,06150	0,20	0,00603	0,33	0,03578
0,25	0,07640	0,25	0,00898	0,40	0,04198
0,30	0,08950	0,30	0,01313	0,50	0,05028
0,33	0,09640	0,33	0,01623	0,60	0,05618
0,35	0,09970	0,35	0,01786	0,70	0,06154
0,40	0,10720	0,40	0,02303	0,80	0,06532
0,45	0,11160	0,45	0,02850	0,90	0,06752
0,50	0,11320	0,50	0,03412	1,00	0,06824



BẢNG 3
 $K = \frac{B}{E_a F_0 h}$; $K_0 = \frac{1}{\cos^3 \alpha}$; $K_1 = \frac{B}{E_b F h}$

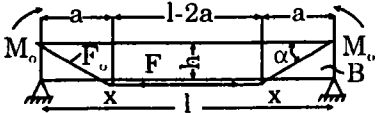
$a = \frac{1}{4}l$		$A = \frac{1}{0.62KK_0 + 0.45h + 1.24K_1 + 0.91K}$			
$X = APly$		$X = Aql^2\omega$		$X = Aql^2\omega$	
$\frac{x}{l}$	y	$\frac{x}{l}$	ω	$\frac{x}{l}$	ω
0,05	0,01360	0,05	0,00034	0,10	0,00960
0,10	0,02810	0,10	0,00138	0,20	0,01896
0,15	0,04260	0,15	0,00315	0,30	0,02788
0,20	0,05620	0,20	0,00562	0,40	0,03612
0,25	0,06840	0,25	0,00873	0,50	0,04346
0,30	0,07840	0,30	0,01240	0,60	0,04968
0,35	0,08640	0,35	0,01652	0,70	0,05462
0,40	0,09190	0,40	0,02098	0,80	0,05816
0,45	0,09550	0,45	0,02566	0,90	0,06024
0,50	0,09640	0,50	0,03046	1,00	0,06092



BẢNG 4

$$K = \frac{B}{E_a F_0 h}; K_0 = \frac{1}{\cos^3 \alpha}; K_1 = \frac{B}{E_b F h}$$

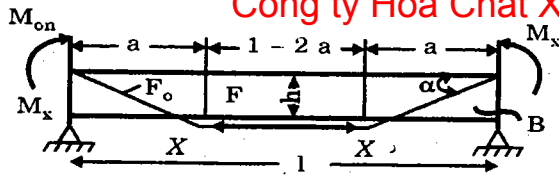
$a = \frac{1}{5}l$		$A = \frac{1}{0,4KK_0 + 0,4h + 0,99K_1 + 0,87K}$			
$X = APly$		$X = Aql^2 \omega$		$X = Aql^2 \omega$	
$\frac{x}{l}$	y	$\frac{x}{l}$	ω	$\frac{x}{l}$	ω
0,05	0,01240	0,05	0,00031	0,10	0,00812
0,10	0,02520	0,10	0,00125	0,20	0,01606
0,15	0,03780	0,15	0,00283	0,30	0,02364
0,20	0,04940	0,20	0,00501	0,40	0,03068
0,25	0,05920	0,25	0,00772	0,50	0,03700
0,30	0,06700	0,30	0,01088	0,60	0,04242
0,35	0,07350	0,35	0,01440	0,70	0,04678
0,40	0,07800	0,40	0,01819	0,80	0,04994
0,45	0,08070	0,45	0,02216	0,90	0,05182
0,50	0,08160	0,50	0,02622	1,00	0,05244



BẢNG 5

$$K = \frac{B}{E_a F_0 h}; K_0 = \frac{1}{\cos^3 \alpha}; K_1 = \frac{B}{E_b F h}$$

$a = \frac{1}{6}l$		$A = \frac{1}{0,28KK_0 + 0,36h + 0,83K_1 + 0,81K}$			
$X = APly$		$X = Aql^2 \omega$		$X = Aql^2 \omega$	
$\frac{x}{l}$	y	$\frac{x}{l}$	ω	$\frac{x}{l}$	ω
0,05	0,01120	0,05	0,00028	0,10	0,00698
0,10	0,02250	0,10	0,00112	0,20	0,01380
0,15	0,03350	0,15	0,00252	0,30	0,02034
0,167	0,03680	0,167	0,00312	0,40	0,02644
0,20	0,04310	0,20	0,00444	0,50	0,03202
0,25	0,05320	0,25	0,00685	0,60	0,03684
0,30	0,05830	0,30	0,00964	0,667	0,03948
0,35	0,06370	0,35	0,01269	0,70	0,04068
0,40	0,06720	0,40	0,01596	0,80	0,04348
0,45	0,06920	0,45	0,01937	0,90	0,04516
0,50	0,07030	0,50	0,02286	1,00	0,04572



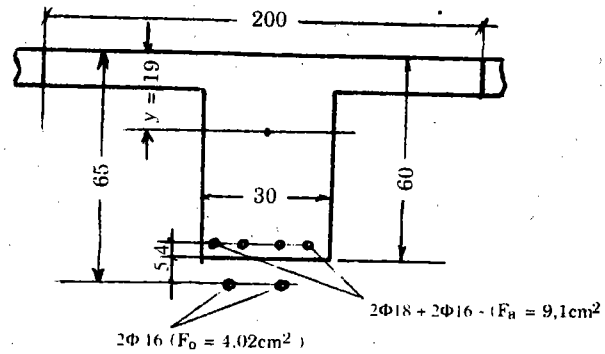
$$X = AyM_{on}$$

Hệ số chung	$K = \frac{B}{E_a F_0 h}; K_0 = \frac{1}{\cos^3 \alpha}; K_1 = \frac{B}{E_b F h}$
$a = \frac{1}{3}l$	$A = \frac{1}{1.1KK_0 + 0.47h + 1.65K_1 + 0.81K}$ $y = 0,266$
$a = \frac{1}{4}l$	$A = \frac{1}{0.62KK_0 + 0.45h + 1.24K_1 + 0.91K}$ $y = 0,262$
$a = \frac{1}{5}l$	$A = \frac{1}{0.4KK_0 + 0.4h + 0.99K_1 + 0.87K}$ $y = 0,240$
$a = \frac{1}{6}l$	$A = \frac{1}{0.28KK_0 + 0.36h + 0.83K_1 + 0.81K}$ $y = 0,216$

Ví dụ 2 :

Cho một dầm với các số liệu như sau :

Hình 62



$$F = 0,316 \text{ m}^2, J = 0,01066 \text{ m}^4.$$

Bê tông mác 200, $R_u = 100 \text{ kG/cm}^2$.

Thép A-II, $R_a = 2700 \text{ kG/cm}^2$.

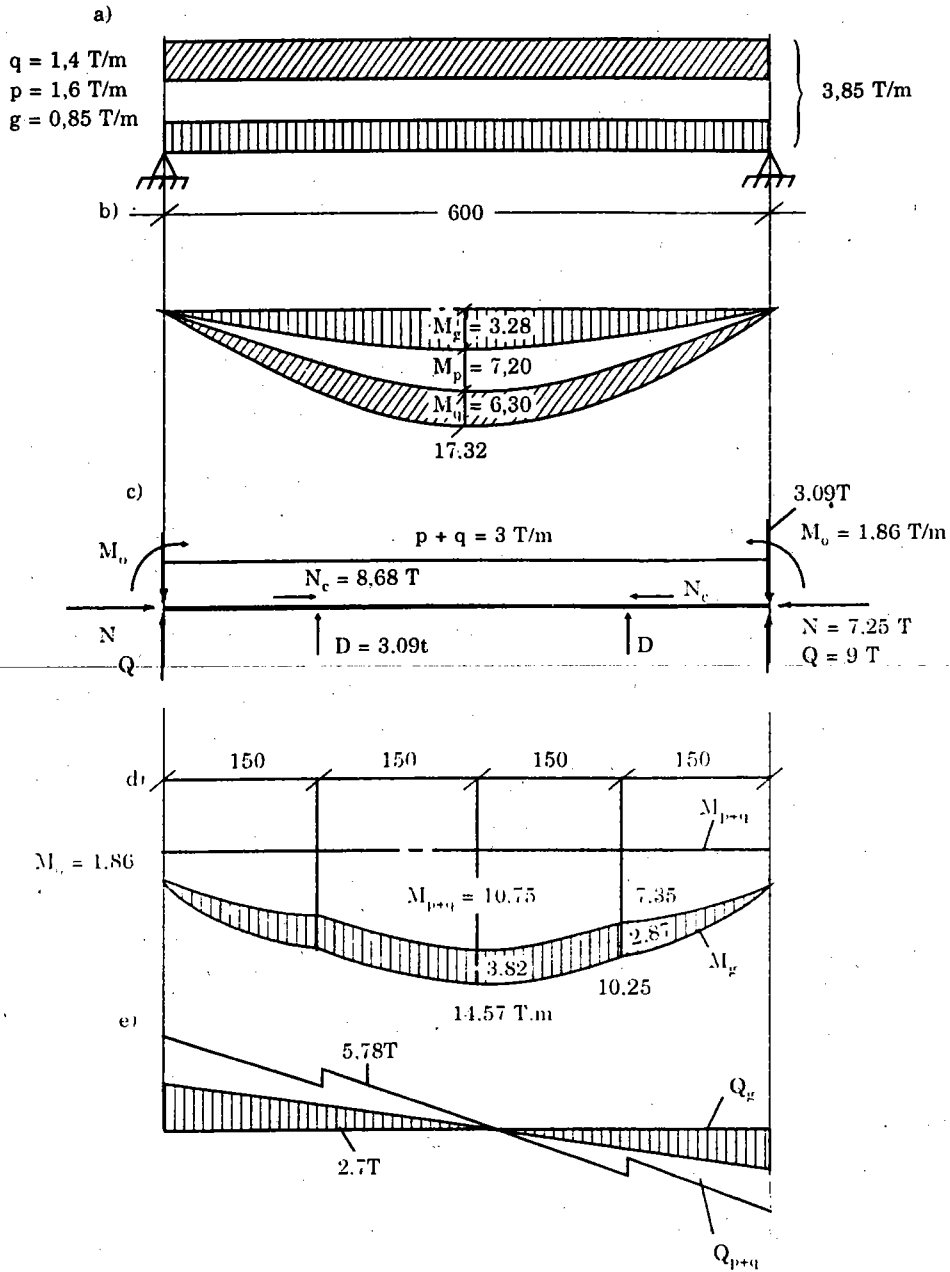
Các tải trọng tính toán :

Tĩnh tải $g = 0,85 \text{ T/m}$.

Hoạt tải $p = 1,60 \text{ T/m}$.

Gia tải $q = 1,40 \text{ T/m}$.

$$M_q = 6,30 \text{ T.m.}$$



Hình 63.

- a. Sơ đồ tải trọng tính toán.
- b. Biểu đồ mômen uốn trước gia cường.
- c. Sơ đồ tính toán toàn bộ hệ.
- d. Biểu đồ mômen uốn sau gia cường.
- e. Biểu đồ lực cắt sau gia cường.

• Sơ bộ tính tiết diện thanh căng vông F_0 theo M_q bằng cách tra bảng :

$$A_0 = \frac{M_q}{b_s \cdot h_0^2 \cdot R_u} = \frac{630000}{200 \cdot 65^2 \cdot 100} = 0.0074$$

$$\gamma_o = 0,961$$

$$F_o = \frac{M_q}{\gamma_o R_a h_o} = \frac{630.000}{0,961 \cdot 2700 \cdot 65} = 3,73 \text{ cm}^2$$

Lấy 2φ16, thép A-II, $F_o = 4,02 \text{ cm}^2 > 3,73 \text{ cm}^2$.

• Tính độ cứng B của dầm.

Trước tiên tính :

$$N_c = m_o R_a F_o = 0,80 \cdot 2700 \cdot 4,02 = 8680 \text{ kG}$$

Mômen uốn lớn nhất, trước khi gia cường dầm:

$$M = M_g + M_p = 3,82 + 7,20 = 11,01 \text{ T.m}$$

Vậy :

$$e_o = \frac{M}{N_c} = \frac{11,02}{8,68} = 1,27 \text{ m} = 127 \text{ cm}$$

$$e = e_o + h - y = 127 + 56 - 19 = 164 \text{ cm}$$

$$M_m = N_c \cdot e = 8680 \cdot 164 = 1420000 \text{ kG.cm}$$

$$L = \frac{M_m}{b_s \cdot h_o^2 \cdot R_u^{TC}} = \frac{1420000}{200 \cdot 56^2 \cdot 180} = 0,0126$$

$$\xi = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5L}{10\mu \cdot n}} = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5 \cdot 0,0126}{10 \cdot 0,00081 \cdot 8}} = 0,037$$

trong đó :

$$\mu = \frac{F_a}{b_s \cdot h_o} = \frac{9,10}{200 \cdot 56} = 0,00081$$

$$n = E_a/E_b = \frac{2,1 \cdot 10^6}{2,65 \cdot 10^5} = 8$$

Để tính độ cứng B, cần tính trước các thông số :

$$Z_1 = h_o \left(1 - \frac{\xi}{2} \right) = 56 \left(1 - \frac{0,037}{2} \right) = 55 \text{ cm}$$

$$W_o = \frac{J}{h - y} = \frac{1066000}{60 - 19} = 26.100 \text{ cm}^3$$

$$W_T = TW_o = 1,75 \cdot 26100 = 45.600 \text{ cm}^3$$

$$M_T = W_T R_k^{TC} + N(y - 0,5 \xi h_o) =$$

$$= 45600 \cdot 16 + 8680 (19 - 0,5 \cdot 0,037 \cdot 56) = 886000 \text{ kG.cm}$$

$$M_c = M + N_c (y - 0,5 \xi h_o) =$$

$$= 1102000 + 8680 (19 - 0,5 \cdot 0,037 \cdot 56) = 1258000 \text{ kG.cm}$$

$$m = \frac{M_T}{M_c} = \frac{886.000}{1.258.000} = 0,705$$

Với $S = 0,8$

$$\Psi_a = 1,3 - 5m - \frac{1,6m}{6 - 4,5m} = 1,3 - 0,8 \cdot 0,705 - \frac{1 - 0,705}{6 - 4,5 \cdot 0,705} = 0,631$$

$$\Psi_b = -0,9 \text{ và } \nu = 0,15$$

$$B = \frac{Z_1 \cdot h_0}{\frac{\Psi_a}{E_a F_a} \left(1 - \frac{Z_1}{2}\right) + \frac{\Psi_b}{(\gamma' + \xi) b h_0 E_b \nu}}$$

$$= \frac{55 \cdot 56}{\frac{0,631}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 9,1} \left(1 - \frac{55}{164}\right) + \frac{0,9}{(0 + 0,037) \cdot 200 \cdot 56 \cdot 2,65 \cdot 10^5 \cdot 0,15}}$$

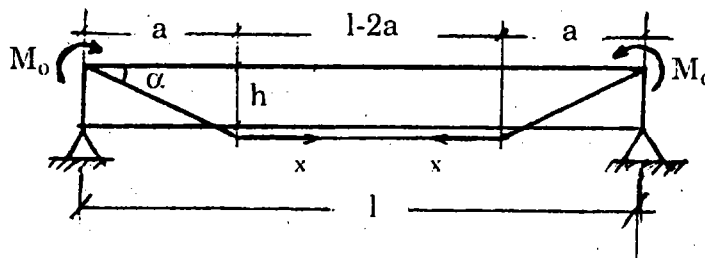
$$= 400 \cdot 10^8 \text{ kG} \cdot \text{cm}^2$$

• Tính nội lực X trong thanh cẳng.

$$\frac{a}{l} = \frac{150}{600} = \frac{1}{4}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{a} = \frac{65}{150} = 0,433$$

$$\alpha = 23^\circ 25'$$



Hình 64

Các hệ số chung :

$$K = \frac{B}{E_a F_o h} = \frac{400 \cdot 10^8}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 4 \cdot 65} = 73,2$$

$$K_o = \frac{1}{\cos^3 \alpha} = \frac{1}{0,971} = 1,3$$

$$K_1 = \frac{B}{E_b \cdot F \cdot h} = \frac{400 \cdot 10^8}{2,65 \cdot 10^5 \cdot 3160 \cdot 65} = 0,735$$

$$A = \frac{1}{0,62 K K_o + 0,45 h + 1,24 K_1 + 0,91 K} =$$

$$= \frac{1}{0,02 \cdot 72,3 \cdot 1,3 + 0,45 \cdot 65 + 1,24 \cdot 0,735 + 0,91 \cdot 73,2} = 0,00643$$

Theo bảng 6, với $\frac{x}{l} = 1$, $\omega = 0,06092$, thì:

Nội lực trong thanh cẳng :

$$X = A q l^2 \omega = 0,00643 \left(\frac{1,6 + 1,4}{0,1} \right) \cdot 600^2 \cdot 0,06092 = 4240 \text{ kG}$$

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

- Tính ứng suất trước σ_0 trong thanh căng :

$$\sigma = \frac{X}{F_0} = \frac{4240}{4,02} = 1050 \text{ kG/cm}^2.$$

$$\sigma_0 = m_0 \cdot R_a - \sigma = 0,80 \cdot 2700 - 1050 = 1110 \text{ kG/cm}^2.$$

Tra đồ thị để xác định độ dốc (i) khi xiết cặp thanh căng để tạo ứng suất trước $\sigma_0 = 110 \text{ kG/cm}^2$, trong ví dụ này $n = 4$. Áp dụng công thức :

$$\frac{n}{2} \sigma_0 = (\sqrt{i^2 + 1} - 1) E_a$$

$$\frac{n}{2} \sigma_0 = 2\sigma_0 = 2200 \text{ kG/cm}^2.$$

$$i = 0,046$$

Khoảng cách bóp sát hai thanh căng gần nhau.

$$2 \frac{1}{4} i = 2 \cdot \frac{600}{4} \cdot 0,046 = 13,8 \approx 14 \text{ cm}$$

- Kiểm tra cường độ chịu uốn của dầm sau khi gia cường :

Ở trạng thái giới hạn, ta có (hình 63) :

$$N = 0,826 N_c = 0,826 \cdot 8680 = 7150 \text{ kG}$$

$$D = Ntga = 7150 \cdot 0,433 = 3,09 \text{ T}$$

$$M_0 = 0,33 N_c h = 0,33 \cdot 8680 \cdot 0,65 = 1,86 \text{ T.m.}$$

Hình (c) ở trên trình bày sơ đồ các ngoại lực tính toán tác dụng lên dầm.

Hình (d) thể hiện biểu đồ mômen uốn.

Hình (e) thể hiện biểu đồ lực cắt.

$$\mu = \frac{F_a}{bh_0} = \frac{9,10}{30 \cdot 6} = 0,0054$$

$$e_0 = \frac{M}{N_c} = \frac{14,57}{8,68} = 1,68 \text{ m} = 168 \text{ cm}$$

$$e = e_0 + h_0 - y = 168 + 56 - 19 = 205 \text{ cm}$$

$$c = \frac{66000}{R + 350} \left(\frac{1}{\frac{e_0}{h} + 0,16} + 200\mu + 1 \right) =$$

$$= \frac{66000}{205 + 350} \left(\frac{1}{\frac{168}{60} + 0,16} + 200 \cdot 0,0054 + 1 \right) = 290$$

$$r = \sqrt{\frac{J}{F}} = \sqrt{\frac{0,01066}{0,0316}} = 0,184 \text{ m} = 18,4 \text{ cm}$$

$$\frac{l_0}{r} = \frac{600}{18,4} = 32,6 < 35$$

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Vậy không cần xét ảnh hưởng tác dụng lâu dài của tải trọng :

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{12cR_u F} \left(\frac{l_0}{r} \right)^2} = \frac{1}{1 - \frac{8680}{12 \cdot 290 \cdot 100 \cdot 3160} \cdot 32,6^2} = 1,02$$

$$e = \eta e_0 + h_0 - y = 1,02 \cdot 168 + 56 - 19 = 209 \text{ cm}$$

Tính công thức :

$$R_u b_s x (e - h_0 + 0,5x) - R_a F_a e = 0$$

$$100 \cdot 200x (209 - 56 + 0,5x) - 2700 \cdot 9,10 \cdot 209 = 0$$

$$x^2 + 306x - 514 = 0$$

$$x = 1,67 \text{ cm}$$

Tính khả năng chịu lực của dầm :

$$N_{gh} = \frac{R_u \cdot b_s \cdot x (h_0 - 0,5x)}{e}$$

$$= \frac{100 \cdot 200 \cdot 1,67 (56 - 0,5 \cdot 1,67)}{209} = 8800 \text{ kG} > 8680 \text{ kG}$$

• Kiểm tra khả năng chịu cắt của dầm.

Xuất phát từ số lượng tối thiểu cốt đai $F_d = 0,56 \text{ cm}^2$ và bước tối đa là $1/3 h = 20 \text{ cm}$.

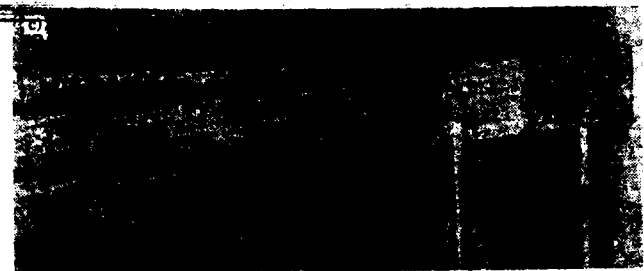
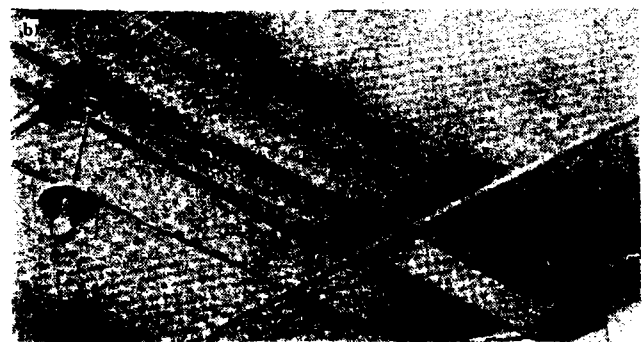
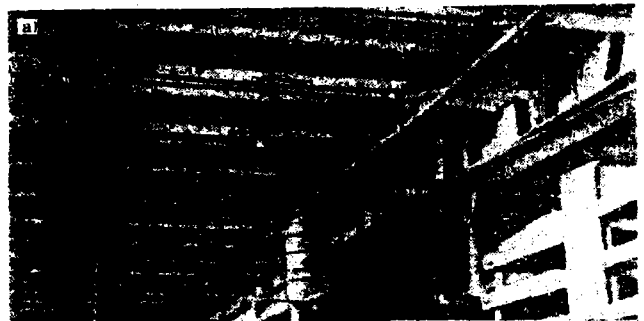
$$q_d = \frac{R_d \cdot F_d}{u} = \frac{1700 \cdot 0,56}{20} = 47,5 \text{ kG/cm}$$

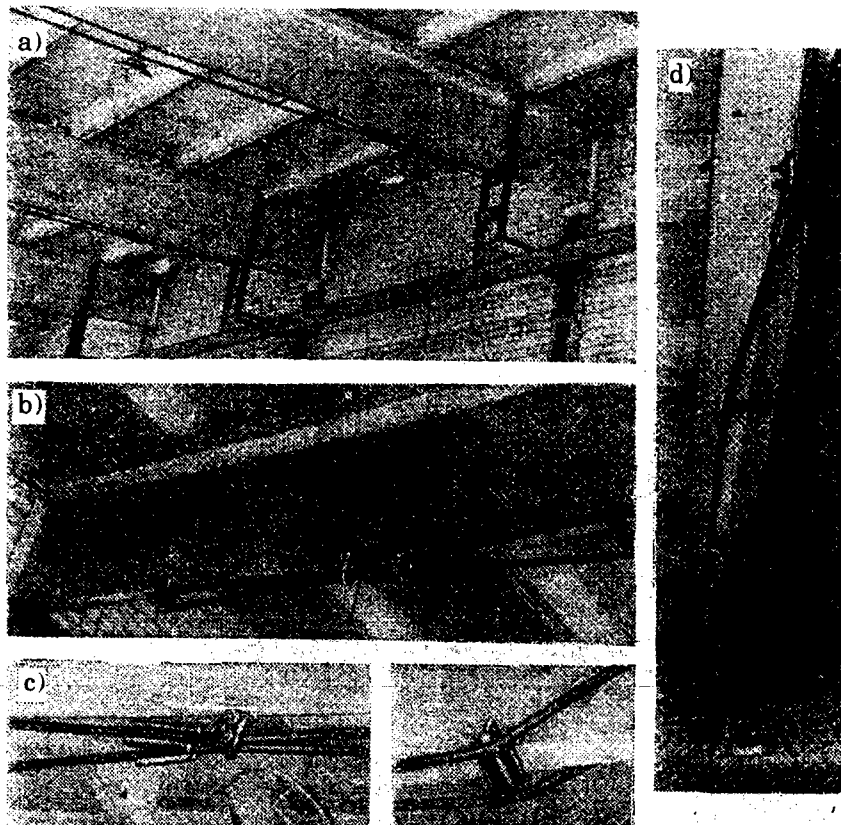
$$Q_{db} = \sqrt{0,6 \cdot R_u \cdot b \cdot h_0^2 q_d} - q_d u$$

$$= \sqrt{0,6 \cdot 100 \cdot 30 \cdot 56^2 \cdot 47,5} - 47,5 \cdot 20$$

$$= 15450 \text{ kG} > 8460 \text{ kG}$$

Hình 65. Gia cường dầm sàn nhà máy sản phẩm cao su bằng các thanh căng võng u.s.t 2φ27.





Hình 66. Gia cường dầm mái bằng các thanh căng vòng $u.s.t$ 2 ϕ 30 A-I.

- Toàn cảnh mái được gia cường.
- Chi tiết thanh căng.
- Chi tiết mối nối thanh căng, và dụng cụ bóp xiết căng.
- Nhìn thanh căng từ phía dưới, với những đoạn văng, vì sườn cứng của dầm quá mỏng.

TÍNH THANH CĂNG KẾT HỢP

Thanh căng dạng kết hợp là hệ siêu tĩnh bậc hai. Tính toán chính xác có nhiều khó khăn; để đơn giản hóa tính toán người ta đưa ra những công thức tính toán gần đúng, nhưng vẫn đảm bảo cho ứng dụng thực tế. Độ sai lệch trung bình là 4% so với tính toán chính xác.

Trước tiên tiến hành phân lực cho các nhánh thanh tại điểm mà thanh căng ngang phân ra thành hai nhánh.

Coi như đã biết nội lực X trong thanh căng ngang.

Từ đó tính ra các ứng lực tại các phân nhánh :

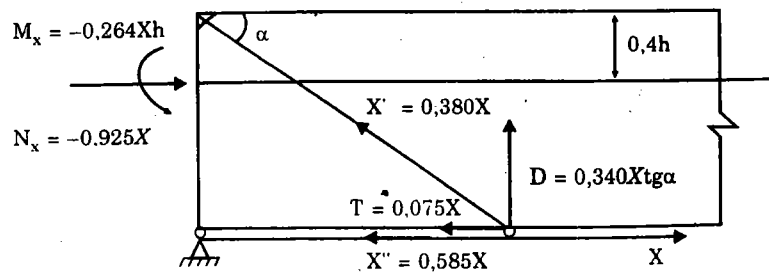
$$M_x = -0,246 X \cdot h$$

$$N_x = 0,925 X$$

$$D = 0,340 X \cdot \operatorname{tg}\alpha$$

$$X' = 0,380 X$$

$$X'' = 0,585 X.$$

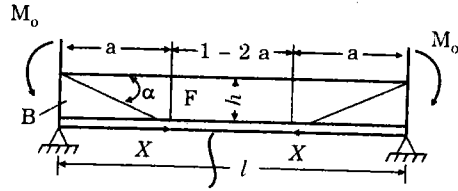


Hình 67



Hình 68. Gia cường dầm bằng các thanh cằng kết hợp, ứng suất trước, gồm 2 ϕ 30.

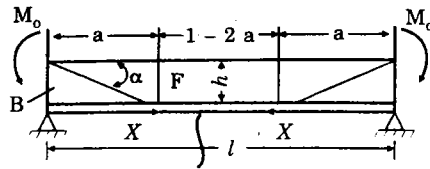
BẢNG 7



$F_0 \begin{cases} \text{Khi có 2 nhánh } -F_0 \\ \text{Khi có 4 nhánh } -0.5F_0 \end{cases}$

Hệ số chung: $K = \frac{B}{E_a F_0 h}$; $K_0 = \frac{1}{\cos^3 \alpha}$; $K_1 = \frac{B}{E_b F h}$

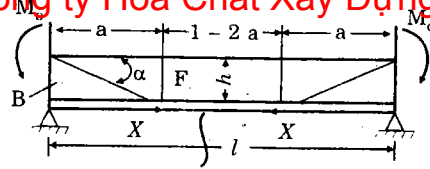
	Hai thanh căng		$A = \frac{1}{0.45KK_0 + 3.31K + 5.03K_1 + 2.06h}$		
$a = \frac{1}{3}l$	Bốn thanh căng		$A = \frac{1}{0.91KK_0 + 4.66K + 5.03K_1 + 2.06h}$		
$X = APly$		$X = Aql^2 \omega$		$X = Aql^2 \omega$	
$\frac{x}{l}$	y	$\frac{x}{l}$	ω	$\frac{x}{l}$	ω
0,05	0,06740	0,05	0,00168	0,10	0,03910
0,10	0,13060	0,10	0,00663	0,20	0,07734
0,15	0,18870	0,15	0,01461	0,30	0,11384
0,20	0,24100	0,20	0,02535	0,33	0,12550
0,25	0,28690	0,25	0,03855	0,40	0,14780
0,30	0,32500	0,30	0,05385	0,50	0,17840
0,33	0,34320	0,33	0,06500	0,60	0,20480
0,35	0,35420	0,35	0,07082	0,70	0,22628
0,40	0,37570	0,40	0,08908	0,80	0,24224
0,45	0,38920	0,45	0,10820	0,90	0,25214
0,50	0,39270	0,50	0,12775	1,00	0,25550



$F_0 \begin{cases} \text{Khi có 2 nhánh } -F_0 \\ \text{Khi có 4 nhánh } -0,5F_0 \end{cases}$

Hệ số chung: $K = \frac{B}{E_a F_0 h}$; $K_0 = \frac{1}{\cos^3 \alpha}$; $K_1 = \frac{B}{E_b F h}$

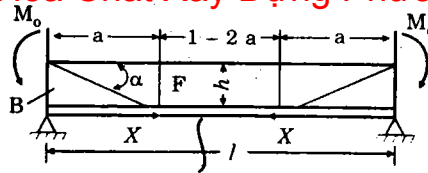
	Hai thanh căng		$A = \frac{1}{0,26KK_0 + 2,97K + 3,77K_1 + 1,69h}$		
$a = \frac{1}{4}l$	Bốn thanh căng		$A = \frac{1}{0,52KK_0 + 3,73K + 3,77K_1 + 1,69h}$		
$X = APly$		$X = Aql^2\omega$		$X = Aql^2\omega$	
$\frac{x}{l}$	y	$\frac{x}{l}$	ω	$\frac{x}{l}$	ω
0,05	0,05360	0,05	0,00134	0,10	0,03044
0,10	0,10380	0,10	0,00527	0,20	0,06028
0,15	0,14960	0,15	0,01161	0,30	0,08880
0,20	0,19050	0,20	0,02011	0,40	0,11540
0,25	0,22600	0,25	0,03052	0,50	0,13946
0,30	0,25520	0,30	0,04255	0,60	0,16028
0,35	0,27700	0,35	0,05585	0,70	0,17728
0,40	0,29360	0,40	0,07011	0,80	0,18996
0,45	0,30300	0,45	0,08503	0,90	0,19782
0,50	0,30590	0,50	0,10025	1,00	0,20050



$F_0 \begin{cases} \text{Khi có 2 nhánh } -F_0 \\ \text{Khi có 4 nhánh } -0,5F_0 \end{cases}$

Hệ số chung : $K = \frac{B}{E_a F_0 h}$; $K_0 = \frac{1}{\cos^3 \alpha}$; $K_1 = \frac{B}{E_b F h}$

	Hai thanh căng		$A = \frac{1}{0,16KK_0 + 2,6K + 3,02K_1 + 1,43h}$		
$a = \frac{1}{5}l$	Bốn thanh căng		$A = \frac{1}{0,33KK_0 + 3,19K + 3,02K_1 + 1,43h}$		
$X = APly$		$X = Aql^2\omega$		$X = Aql^2\omega$	
$\frac{x}{l}$	y	$\frac{x}{l}$	ω	$\frac{x}{l}$	ω
0,05	0,04440	0,05	0,00111	0,10	0,02486
0,10	0,08600	0,10	0,00387	0,20	0,04422
0,15	0,12360	0,15	0,00911	0,30	0,07252
0,20	0,15690	0,20	0,01612	0,40	0,09428
0,25	0,18530	0,25	0,02442	0,50	0,11398
0,30	0,20850	0,30	0,03327	0,60	0,13058
0,35	0,22650	0,35	0,04515	0,70	0,14660
0,40	0,23950	0,40	0,05680	0,80	0,15508
0,45	0,24750	0,45	0,06898	0,90	0,16060
0,50	0,24950	0,50	0,08141	1,00	0,16282

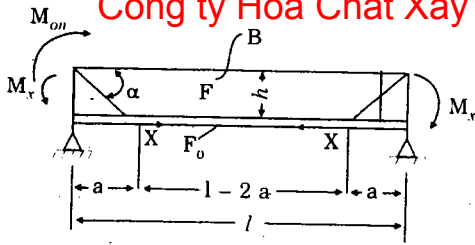


BẢNG 10

$F_0 \begin{cases} \text{Khi có 2 nhánh } -F_0 \\ \text{Khi có 4 nhánh } -0.5F_0 \end{cases}$

Hệ số chung : $K = \frac{B}{E_a F_0 h}$; $K_0 = \frac{1}{\cos^3 \alpha}$; $K_1 = \frac{B}{E_b F h}$

	Hai thanh căng	$A = \frac{1}{0.11KK_0 + 2.30K + 2.52K_1 + 1.23h}$			
$a = \frac{1}{6}l$	Bốn thanh căng	$A = \frac{1}{0.23KK_0 + 2.63K + 2.52K_1 + 1.23h}$			
$X = APl^3$		$X = Aql^2 \omega$		$X = Aql^2 \omega$	
$\frac{x}{l}$	y	$\frac{x}{l}$	ω	$\frac{x}{l}$	ω
0,05	0,03770	0,05	0,00094	0,10	0,02094
0,10	0,07290	0,10	0,00371	0,20	0,04146
0,15	0,10400	0,15	0,00813	0,30	0,06112
0,167	0,11480	0,167	0,00996	0,40	0,07946
0,20	0,12280	0,20	0,01391	0,50	0,09618
0,25	0,15850	0,25	0,02069	0,60	0,10974
0,30	0,17590	0,30	0,02905	0,667	0,11764
0,35	0,19100	0,35	0,03822	0,70	0,12130
0,40	0,20220	0,40	0,04805	0,80	0,13014
0,45	0,20830	0,45	0,05831	0,90	0,13568
0,50	0,21040	0,50	0,06878	1,00	0,13756



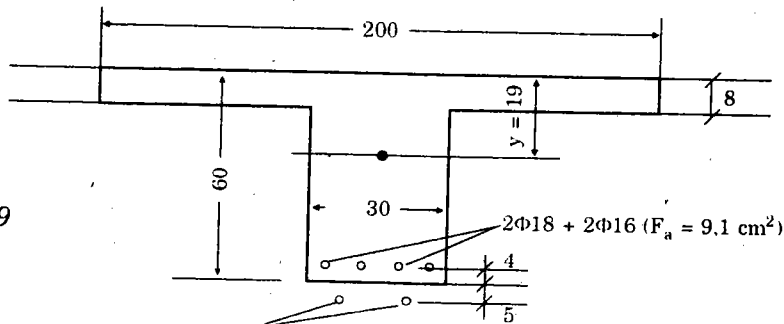
Khi có hai nhánh - F_0

Khi có 4 nhánh - $0,5F_0$

$X = AyM_{oi}$

Dạng thanh cằng	Hệ số y	$K = \frac{B}{E_a F_0 h}; K_o = \frac{1}{\cos^3 \alpha}; K_1 = \frac{B}{E_b F h}$
$a = \frac{1}{3}l$	Hai thanh cằng	$A = \frac{1}{0.45KK_o + 3.31K + 5.03K_1 + 2.06h}$
	Bốn thanh cằng	$A = \frac{1}{0.91KK_o + 4.66K + 5.03K_1 + 2.06h}$
$a = \frac{1}{4}l$	Hai thanh cằng	$A = \frac{1}{0.26KK_o + 2.97K + 3.77K_1 + 1.69h}$
	Bốn thanh cằng	$A = \frac{1}{0.52KK_o + 3.73K + 3.77K_1 + 1.69h}$
$a = \frac{1}{5}l$	Hai thanh cằng	$A = \frac{1}{0.16KK_o + 2.6K + 3.02K_1 + 1.43h}$
	Bốn thanh cằng	$A = \frac{1}{0.33KK_o + 3.19K + 3.02K_1 + 1.43h}$
$a = \frac{1}{6}l$	Hai thanh cằng	$A = \frac{1}{0.11KK_o + 2.3K + 2.52K_1 + 1.23h}$
	Bốn thanh cằng	$A = \frac{1}{0.23KK_o + 2.63K + 2.52K_1 + 1.23h}$

Ví dụ 3 : Cho một dầm với các số liệu như sau :



Hình 69

$2\Phi 16 (F_s = 4.02)$

$F = 0,316 \text{ m}^2; J = 0,01066 \text{ m}^4$

Bê tông M.200 $\rightarrow R_u = 100 \text{ kG/cm}^2$

Thép A-II $\rightarrow R_a = 2700 \text{ kG/cm}^2$

Các tải trọng tính toán Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Tĩnh tải $g = 0,85 \text{ T/m}$

Hoạt tải $p = 1,60 \text{ T/m}$

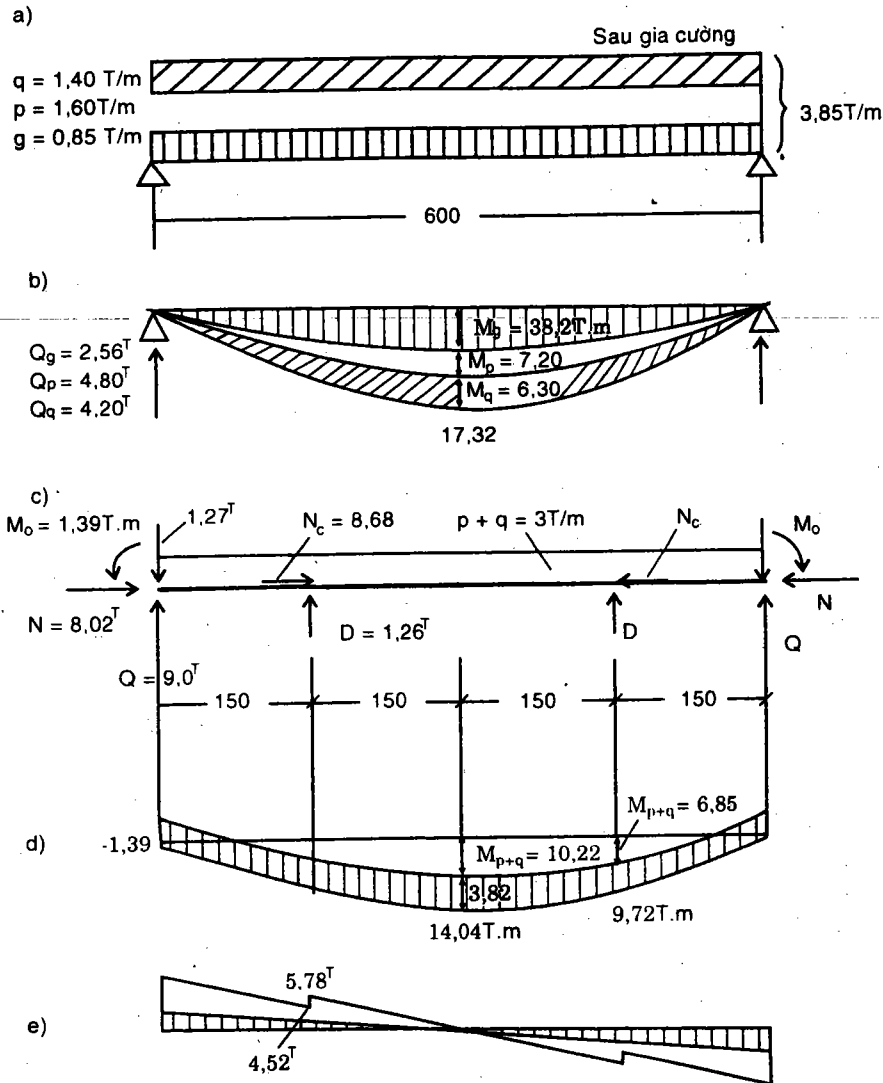
Gia tải $q = 1,40 \text{ T/m}$

Mômen uốn do gia tải q , sau khi gia cường :

$$M_q = 6,30 \text{ T.m.}$$

Do mômen M_q giống như bài toán trước, và thanh căng cũng đặt ở vị trí giống như trước, nên ta lấy tiết diện thanh căng (2 thanh) là :

$$F_o = 4,02 \rightarrow 2\phi 16 \text{ A-II}$$



Hình 70.

- Sơ đồ tải trọng tính toán.
- Biểu đồ mômen trước gia cường.
- Sơ đồ tính toán hệ kết hợp (sau gia cường).
- Biểu đồ mômen sau gia cường.
- Biểu đồ lực cắt sau gia cường.

- Tính độ cứng B của dầm :

Giống như ví dụ trên, ta lấy :

$$B = 400 \cdot 10^8 \text{ kG/cm}^2$$

- Tính nội lực X trong thanh căng, sau gia cường :

Sử dụng bảng 8.

$$\frac{a}{l} = \frac{100}{600} = \frac{1}{6}$$

$$\text{tg}\alpha = \frac{h}{a} = \frac{65}{100} = 0,433$$

$$\alpha = 23^\circ 25'$$

Các hệ số chung :

$$K = \frac{B}{E_a F_a h} = \frac{400 \cdot 10^8}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 4 \cdot 65} = 73,2$$

$$K_o = \frac{1}{\cos^3 \alpha} = \frac{1}{0,917^3} = 1,3$$

$$K_1 = \frac{B}{E_b F_b h} = \frac{400 \cdot 10^8}{2,65 \cdot 10^5 \cdot 3160 \cdot 65} = 0,735$$

$$A = \frac{1}{0,26KK_o + 2,97K + 3,77K_1 + 1,69h}$$

$$= \frac{1}{0,26 \cdot 73,2 \cdot 1,3 + 2,37 \cdot 73,2 + 3,77 \cdot 0,735 + 1,69 \cdot 65}$$

$$= 0,00283$$

Theo bảng 8, với $\frac{x}{l} = 1$ và $\omega = 0,20050$, ta có :

$$X = Aql^2\omega = 0,00283 \cdot \left(\frac{1,6+1,4}{0,1} \right) \cdot 600^2 \cdot 0,20050 = 6150 \text{ kG}$$

Khi tính X, không xét tính tải, vì khi lắp đặt thanh căng tính tải đã tác dụng lên dầm, nên sau này nó không ảnh hưởng gì đến nội lực thanh căng.

- Tính ứng suất trong thanh căng do lực $X = 6,15^T$.

$$\sigma = \frac{X}{F_o} = \frac{6150}{4,02} = 1530 \text{ kG/cm}^2$$

Tính ứng suất trước trong thanh căng, với $m_o = 0,80$.

$$\sigma_o = m_o R_a - \sigma = 0,8 \cdot 2700 - 1530 = 630 \text{ kG/cm}^2$$

Sử dụng đồ thị hình 58, để xác định độ dốc của thanh căng khi $\sigma_o = 630 \text{ kG/cm}^2$.

Ở đây $n = 4$, vậy :

$$\sigma_o \frac{n}{2} = \sigma_o \frac{4}{2} = 2\sigma_o = 1260 \text{ kG/cm}^2$$

Vậy $i = 0,035$

Khoảng cách giữa hai thanh căng khi bó xiết chúng gần vào nhau :

$$2 \cdot \frac{l}{4} \cdot i = 2 \cdot \frac{600}{4} \cdot 0,035 = 10,5 \text{ cm} \approx 11 \text{ cm}$$

- Kiểm tra cường độ dầm sau khi được gia cường bằng hai thanh căng dạng kết hợp :

Những lực tác dụng vào dầm, ở trạng thái giới hạn là :

$$N_c = m_o R_a F_a = 0,8 \cdot 2700 \cdot 4,02 = 8680 \text{ kG}$$

$$N = 0,925 \cdot N_c = 0,925 \cdot 8680 = 8020 \text{ kG}$$

$$D = 0,34 \cdot N_c \cdot \text{tg}\alpha = 0,34 \cdot 8680 \cdot 0,433 = 1270 \text{ kG}$$

$$M_o = 0,246 N_c h = 0,246 \cdot 8,68 \cdot 0,65 = 1,39 \text{ Tm}$$

Hình tiết diện dầm cho biết :

$$h = 60 \text{ cm}; h_o = 56 \text{ cm}; b_s = 200 \text{ cm}; b = 30 \text{ cm}$$

$$F_a = 9,10 \text{ cm}^2 (2\phi 16 + 2\phi 18); a = 4 \text{ cm.}$$

$$\mu = \frac{F_a}{bh_o} = \frac{9,10}{30 \cdot 56} = 0,0054$$

$$e_o = \frac{M}{N_c} = \frac{14,04}{8,68} = 1,62 \text{ m} = 162 \text{ cm}$$

$$c = \frac{66000}{R + 350} \left(\frac{1}{\frac{e_o}{h} + 0,16} + 200\mu + 1 \right) = \frac{66000}{200 + 350} \left(\frac{1}{\frac{162}{60} + 0,16} + 200 \cdot 0,0054 + 1 \right) = 282$$

$$r_u = \sqrt{\frac{J}{F}} = \sqrt{\frac{0,01066}{0,0316}} = 0,184 \text{ m} = 18,4 \text{ cm}$$

$$\frac{l_o}{r_u} = \frac{600}{18,4} = 32,6 < 35$$

Vậy không cần xét ảnh hưởng của tải trọng lâu dài :

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{12cR_u F} \left(\frac{l_o}{r_u} \right)^2} = \frac{1}{1 - \frac{8680}{12 \cdot 282 \cdot 100 \cdot 3160} (32,6)^2} = 1,02$$

$$e = \eta e_o + h_o - y = 1,02 \cdot 162 + 56 - 19 = 203 \text{ cm}$$

$$R_u \cdot b_s \cdot x (e - h_o + 0,5x) - R_a \cdot F_a \cdot e = 0$$

$$100 \cdot 200 \cdot x (203 - 56 + 0,5x) - 2700 \cdot 9,1 \cdot 203 = 0$$

$$x^2 + 294x - 497 = 0$$

$$x = 1,68 \text{ cm}$$

$$N_{gh} = \frac{R_u \cdot b_s \cdot x (h_o - 0,5x)}{e} = \frac{100 \cdot 200 \cdot 1,68 (56 - 0,5 \cdot 1,68)}{203} = 9150 \text{ kG} > 8680 \text{ kG}$$

Vậy sau khi gia cường dầm, tiết diện của nó vẫn chịu được tải trọng gia tăng.

• Kiểm tra tiết diện xiên chịu lực cắt của dầm.

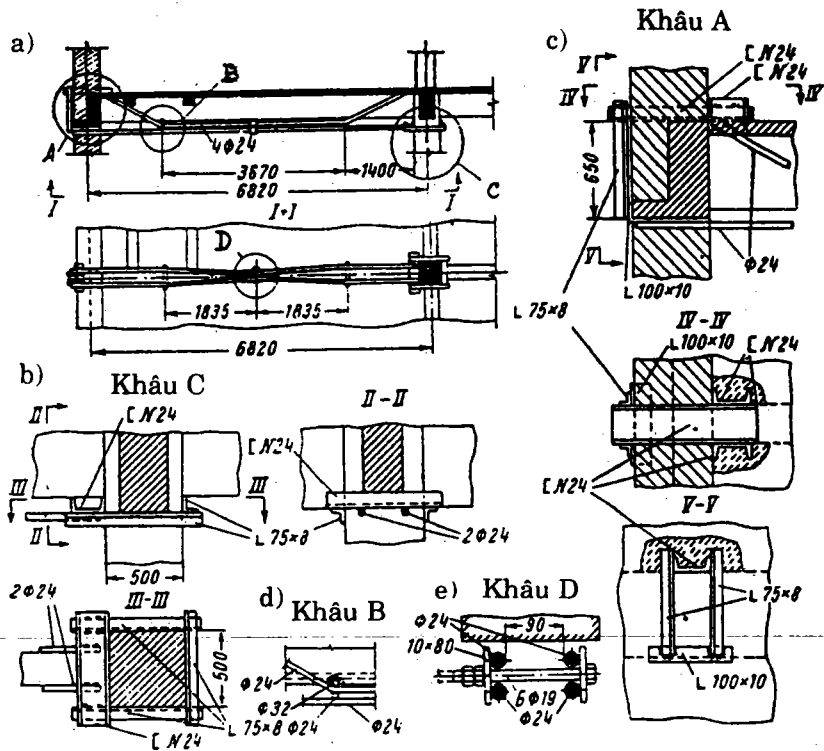
Giống như ví dụ trên, nghĩa là dầm có đủ khả năng chịu lực cắt.

$$Q_d = 15450 \text{ kG} > 10280 \text{ kG.}$$

Nhận xét : Trong ba ví dụ trên, dầm gia cường chịu các tải trọng giống nhau, chỉ có các thanh căng gia cường là khác nhau. Vậy ta hãy so sánh hiệu quả của chúng trong bảng dưới :

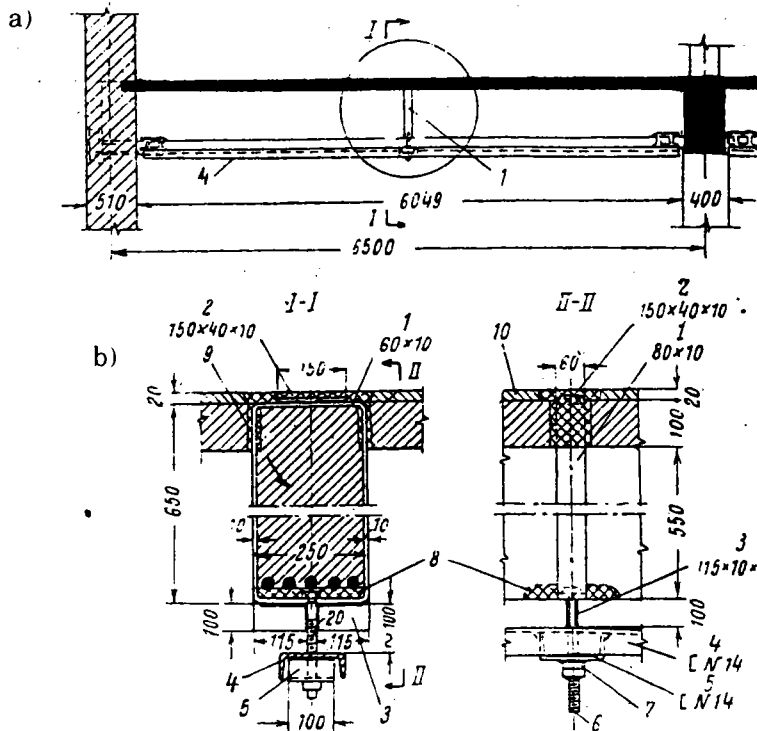
Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Ứng dụng 2. Gia cường dầm bằng bốn thanh cứng kết hợp 4φ24.



- a. Toàn cảnh kết cấu dầm được gia cường.
- b. Chi tiết neo tại cột.
- c. Chi tiết neo tại gối tựa ngoài cùng.
- d. Chi tiết rẽ nhánh của thanh cứng trên.
- e. Bulông xiết căng các thanh.

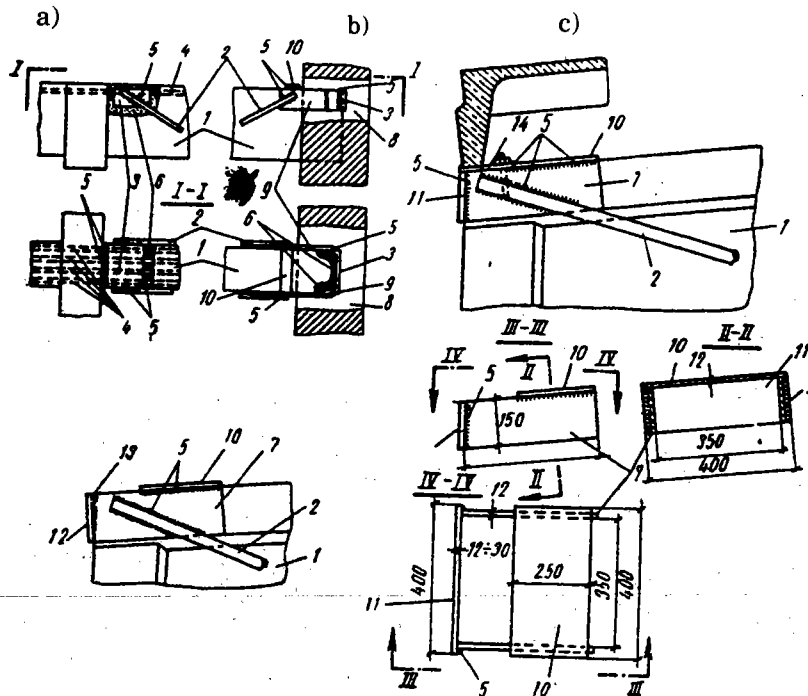
Ứng dụng 3. Gia cường dầm bằng thanh cứng thép hình U.



- a. Gia cường dầm phụ bằng thanh cứng ngang ứng suất trước với thanh thép U N.º 14
- b. Chi tiết bộ phận kéc căng.

1. Đai ôm; 2. Bản hàn đai;
- 3.; 4. Thanh cứng; 5. Đoạn kê của ốc; 6. Bulông căng;
7. Ốc và ốc chống long; 8. Chỗ đục rãnh để đặt thanh cứng, sau sẽ lấp kín;
9. Lỗ đục qua sàn để luồn đai; 10. Sàn.

Ứng dụng 4. Cấu tạo neo của các thanh căng ứng suất trước đặt ở phần trên dầm cần gia cường.



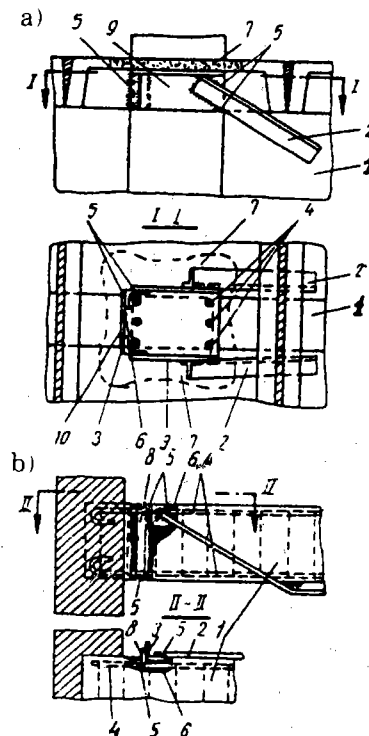
- a. Neo bằng thép U, khi dầm không có sàn;
- b. Neo bằng thép U, đặt ở đầu mút dầm;
- c. Neo hộp làm từ các bản thép hàn;

- 1. Dầm cần được gia cường; 2. Thanh căng; 3. Neo thép U; 4. Cốt thép trong dầm;
- 5. Đường hàn; 6. Chỗ bê tông bị đục; 7. Mặt bên của neo hộp; 8. Lỗ đục vào tường xây;
- 9. Mặt bên của neo để hàn thanh căng; 10. Bản giằng phía trên; 11. Bản đầu mút của neo hộp;
- 12. Bản đầu mút hơi nghiêng; 13. Khe lấp bằng vữa xi-măng.

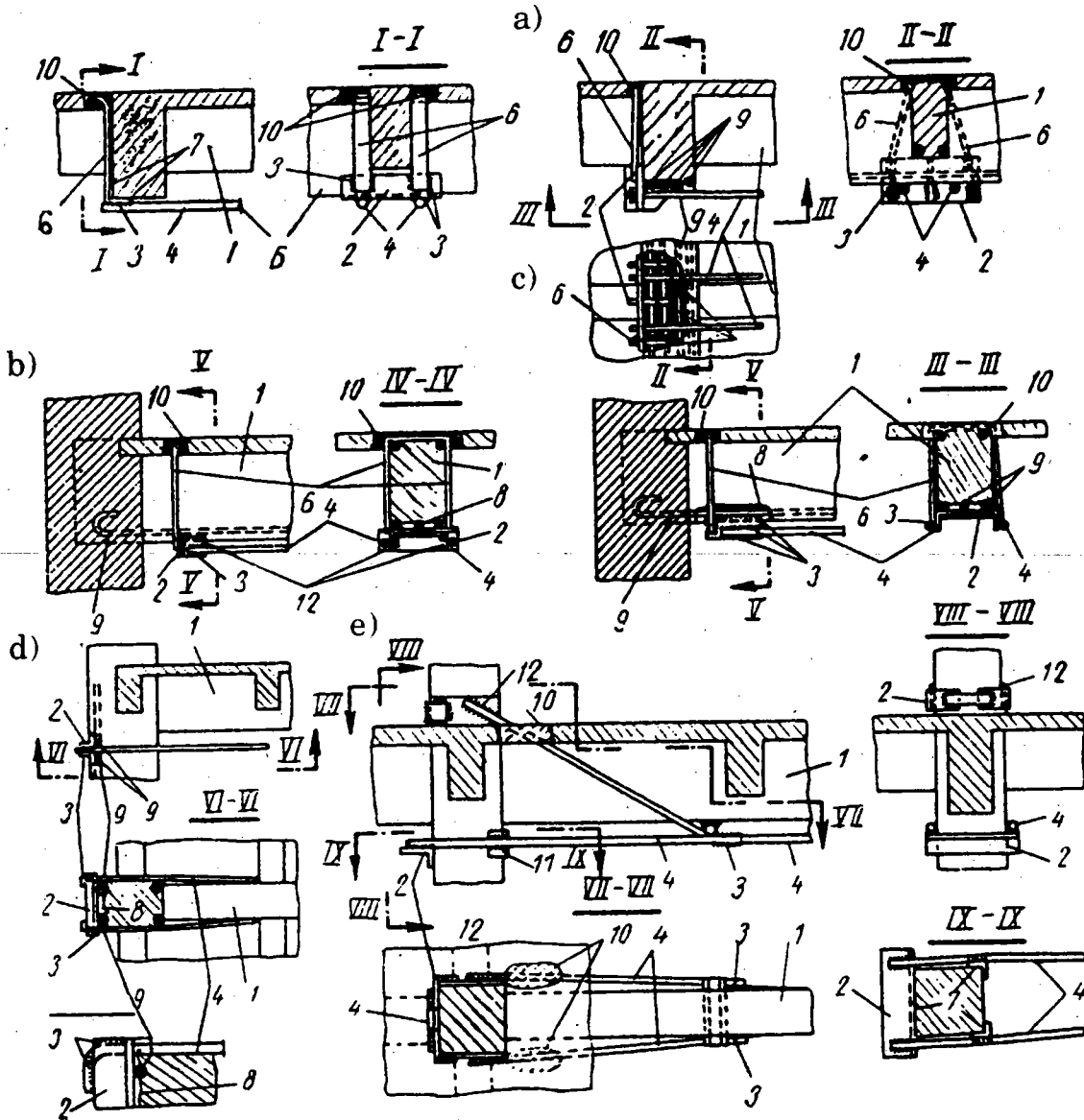
Ứng dụng 5. Cấu tạo neo của thanh căng đặt ở phần trên dầm.

- a. Neo vào cột.
- b. Neo vào gối tựa ngoài cùng.

- 1. Dầm cần được gia cường; 2. Thanh căng; 3. Neo bằng thép góc; 4. Cốt thép của dầm;
- 5. Đường hàn; 6. Chỗ bê tông bị đục; 7. Lỗ đục trên sàn; 8. Đoạn thép góc đặt đứng, để giữ neo;
- 9. Tấm biên để hàn liên kết thanh căng; 10. Bản giằng.



Ứng dụng 6. Cấu tạo neo của các thanh căng ứng suất trước đặt ở dưới dầm cân gia cường.



- a. Neo vào dầm. b. Neo bằng thép góc vào gối tựa đầu mút của dầm.
 c. Neo bằng thép U vào gối tựa đầu mút của dầm.
 d. Neo bằng hai thép góc vào cột.
 e. Neo bằng một thép góc vào cột.

1. Dầm cân được gia cường; 2. Neo; 3. Đường hàn; 4. Thanh căng; 5. Chỗ bê tông bị đục lỗ cốt thép; 6. Thanh dưng treo neo; 7. Bê mặt lót vữa xi-măng trước khi đặt bộ phận bằng thép; 8. Chỗ lấp vữa xi-măng sau khi lắp đặt xong; 9. Cốt thép trong kết cấu bê tông cốt thép; 10. Lỗ đục trong sàn, sẽ được lấp kín bằng bê tông; 11. Miếng đệm bằng thép góc; 12. Tấm bản để hàn thanh căng.

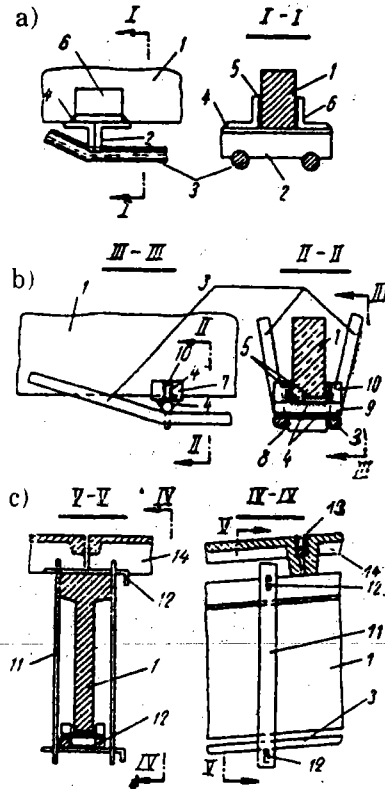
Ứng dụng 7. Cấu tạo bản tỳ và quang treo thi công.

a. Bản tỳ bằng thép góc.

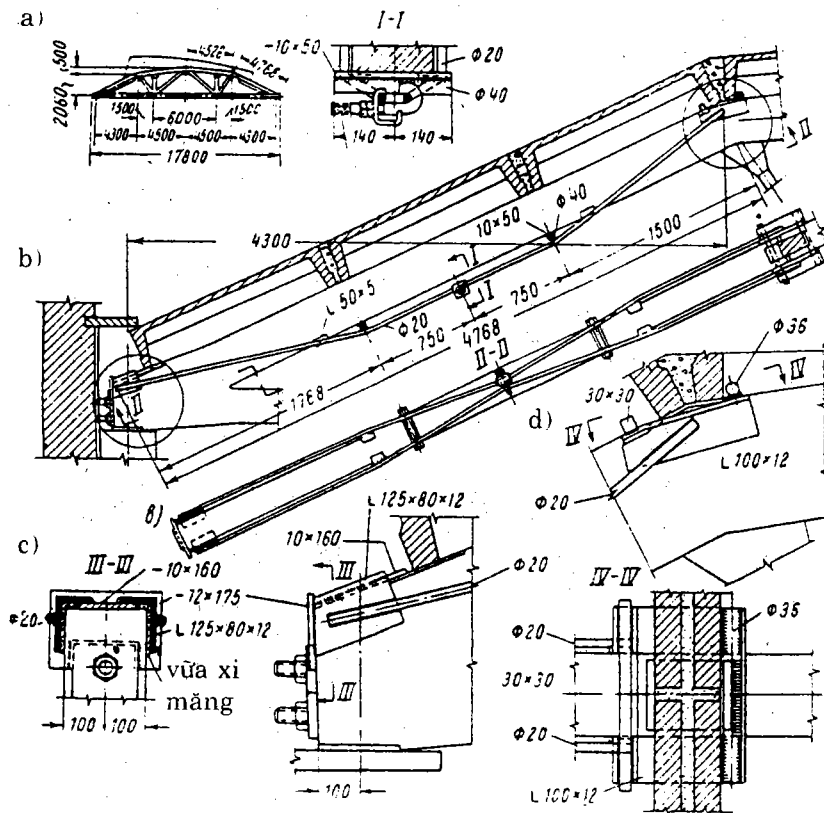
b. Bản tỳ bằng thép U.

c. Quang treo để thi công

1. Kết cấu cần được gia cường; 2. Bản tỳ; 3. Thanh cứng; 4. Đường hàn; 5. Lớp vữa xi-măng; 6. Thép góc định vị; 7. Thép U định vị; 8. Đoạn chặn ngang; 9. Đoạn thép tròn để tỳ; 10. Sườn cứng; 11. Quang treo để lắp đặt; 12. Chốt ngang; 13. Mạch vữa giữa các tấm mái; 14. Sườn cứng tấm mái.



Ứng dụng 8. Gia cường đoạn vì kèo mái bằng thanh cứng vông.



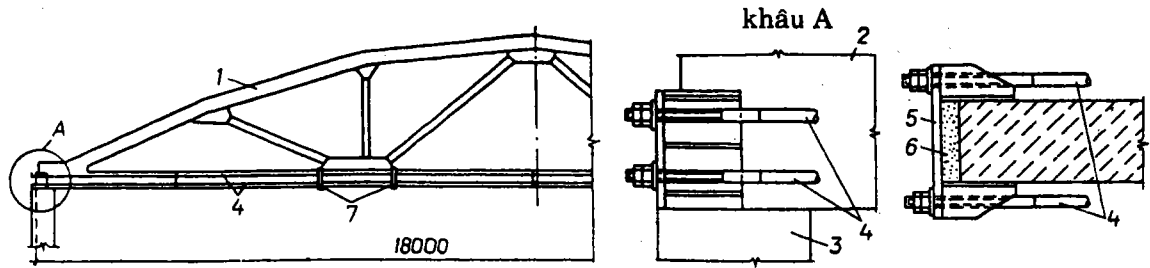
a. Sơ đồ dàn mái bê tông cốt thép.

b. Gia cường đoạn đầu mút thanh cánh thượng bằng thanh cứng vông 2 $\phi 20$ ứng suất trước.

c. Chi tiết neo dưới.

d. Chi tiết neo trên.

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam
Ứng dụng 9. Gia cường dàn vì kèo bê tông cốt thép.



1. Dàn vì kèo gia cường; 2. Chỗ tựa; 3. Đầu cột;
 4. Thanh căng ứng suất trước; 5. Neo hàn; 6. Vữa lấp; 7. Dai định vị.

Ứng dụng 10. Gia cường cánh hạ chịu kéo của dầm mái, dàn mái để chống nứt khi vận chuyển.

