

## CHƯƠNG 13

# GIA CƯỜNG DẦM LIÊN TỤC BẰNG THANH CĂNG ỨNG SUẤT TRƯỚC

Các kết cấu siêu tĩnh sau khi được gia cường bằng các thanh căng u.s.t, sẽ trở thành những hệ tổ hợp, tính siêu tĩnh của chúng lại tăng lên. Nhưng cách tính toán các hệ tổ hợp này lại rất đơn giản khi áp dụng các công thức và các bảng tra.

Phương pháp tính toán gần đúng này cho những kết quả không sai lệch nhiều so với phương pháp tính toán chính xác, nên hoàn toàn có thể áp dụng vào thực tế.

Phương pháp tính toán này dựa trên nguyên tắc là xét tách biệt tác dụng của từng dạng tải trọng lên hệ.

Thanh căng tác dụng lên hệ tổ hợp này bằng mômen uốn đầu mút. Khi coi các mômen ở đầu mút các kết cấu siêu tĩnh như là những ngoại lực, thì việc tính toán một hệ có các thanh căng không còn khó khăn gì nữa.

Việc đặt thanh căng ở một nhịp nào đó sẽ ảnh hưởng đến các nhịp lân cận, và các nhịp lân cận cũng làm ảnh hưởng đến thanh căng ở một nhịp thông qua các mômen gối tựa đầu mút. Nhưng khi tính các mômen gối tựa này thì không xét tới việc đặt các thanh căng, cho nên các mômen gối tựa này hẳn phải khác các mômen thực sự phần nào. Kết quả tính toán chính xác cho biết độ sai lệch không lớn, nên cách tính gần đúng này có thể áp dụng thực tế được.

Thí nghiệm cho biết : khi thiết kế gia cường hệ siêu tĩnh bằng các thanh căng thì phải xét cả những biến dạng dẻo trong chúng, vì khi này chỉ các nhịp là được gia cường mà thôi, các tiết diện gối tựa không được gia cường, vậy là đã tạo ra các khớp dẻo tại các gối tựa.

Nếu đặt những thanh căng thật lớn khỏe tại các nhịp và tạo các khớp dẻo tại các gối tựa thì xảy ra sự phân phối lại nội lực trong hệ siêu tĩnh, nghĩa là các tiết diện ở nhịp thì chịu tải, còn các tiết diện gối thì được đỡ bớt tải.

Khi xác định nội lực trong các phần tử siêu tĩnh, nên xét tới biến dạng không đàn hồi (biến dạng dẻo) vì nó giúp ta điều chỉnh nội lực theo một hướng cần thiết.

### • Các bước thiết kế gia cường hệ siêu tĩnh bằng các thanh căng như sau :

1. Phát hiện các phần tử cần phải gia cường trên cơ sở tính toán tĩnh học kết cấu.
2. Ấn định sơ bộ tiết diện thanh căng.
3. Tính độ cứng của phần tử phải gia cường.
4. Tính toán ~~tĩnh học hệ siêu tĩnh~~ có các thanh căng gia cường u.s.t., nhằm xác định nội lực tính toán tổng cộng và phân phối lại những nội lực đó.
5. Tính toán kiểm tra các tiết diện của phần tử được gia cường.

Thực chất của các bước thiết kế trên là :

1. Trước tiên tiến hành tính toán tĩnh học kết cấu, từ đó tìm ra nội lực tăng thêm

trong một phần tử hay trong một số phần tử; những phần tử này sẽ phải chịu tải trọng gia tăng sau khi gia cường.

Vì tính tải và hoạt tải có những hệ số vượt tải khác nhau, vậy nên tính toán riêng biệt theo từng dạng tải trọng, nghĩa là tính với tính tải, hoạt tải trước khi gia cường và gia tải (hoạt tải gia tăng) sau khi gia cường kết cấu.

Tổng cộng các nội lực đã tính toán được theo các tổ hợp lực bất lợi nhất, thì sẽ tìm được các nội lực lớn nhất, từ đó xác định được phần tử nào hay nhịp nào cần phải gia cường.

2. Ấn định sơ bộ tiết diện thanh cằng gia cường theo như cách tính tiết diện cốt thép cần thiết để chịu nội lực gia tăng sau khi gia cố. Khi này chiều cao hữu ích  $h_0$  của tiết diện là khoảng cách từ cạnh chịu nén của tiết diện đến trọng tâm của thanh cằng, còn ứng suất trong cốt thép này lấy bằng  $m_0 R_a$ .

Cần chú ý một điều là : để phân phối lại nội lực, người ta không xét các mômen gối tựa hay mômen nút do tải trọng gia tăng gây ra sau khi gia cường, như vậy thì các mômen nhịp sẽ tăng lên.

Tính mômen uốn do tải trọng gia tăng gây ra giống như tính dầm đơn một nhịp (nghĩa là loại bỏ hẳn mômen gối tựa), nhằm làm tăng mômen nhịp.

Tính toán như vậy thì tiết diện thanh cằng mới chỉ là gần đúng, nó có thể thay đổi ở lần tính toán cuối cùng; nhưng thông thường thì tiết diện thanh cằng này vẫn được giữ nguyên.

3. Tính độ cứng B của phần tử hay của nhịp cần gia cường bằng công thức thực nghiệm, có xét tới điều là : ở trạng thái giới hạn, ứng suất trong các thanh cằng đạt tới cường độ tính toán và được chỉnh lý bằng hệ số điều kiện làm việc của thanh cằng.

4. Sử dụng các công thức và các bảng tra để tính nội lực X trong các thanh cằng đã chọn đối với từng loại tải trọng tác dụng, và để tính cả các nội lực tương ứng với từng loại tải trọng đó trong hệ siêu tĩnh tổ hợp này khi có thanh cằng cùng làm việc.

Khi tính toán cần xét tới cả ứng suất trước  $\sigma_0$  đã tạo ra trong các thanh cằng.

Ảnh hưởng của tải trọng gia tăng đến hệ được xét tới trong việc phân phối lại nội lực, nghĩa là trong việc loại bỏ mômen gối tựa, nhằm làm tăng mômen nhịp.

Xác định các nội lực tính toán cuối cùng trong hệ siêu tĩnh tổ hợp này, bằng cách tổng cộng những sơ đồ đặt tải bất lợi nhất.

Nếu những nội lực này tại các tiết diện gối hay tiết diện nút lớn hơn các nội lực ban đầu, thì phải phân phối lại chúng, bằng cách hạ thấp các nội lực đó xuống tới mức cho phép, do làm tăng các mômen nhịp.

Tuy nhiên, khi phân phối lại các mômen nút hay gối không nên giảm chúng xuống quá 30%, nhằm tránh tạo ra những vết nứt quá lớn tại nút hay tại gối tựa.

Đến đây là kết thúc giai đoạn tính toán tĩnh học hệ siêu tĩnh.

5. Tính toán kiểm tra các tiết diện pháp và tiết diện xiên của kết cấu bê tông cốt thép theo các nội lực tính toán cuối cùng, khi này nội lực trong các thanh cằng được coi là ngoại lực, chúng đã không có mặt khi tính toán cường độ chịu lực của các phần tử cần gia cường.

Nếu kết quả kiểm tra cho thấy một vài tiết diện ngang nào đó của phần tử là quá yếu, thì phải tăng tiết diện thanh cằng và tính toán lại.

Cũng cần tăng tiết diện thanh cằng nếu như muốn giảm các mômen gối và mômen

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

nút (được phân phối lại) nhiều hơn 30%.

Nếu trường hợp sau xảy ra, thì một biện pháp khác có thể cho kết quả khả quan, đó là đặt các thanh căng gia cường ở một nhịp lân cận; điều này sẽ tạo ra nội lực nén gia tăng tại tiết diện gối tựa, và như vậy làm giảm ảnh hưởng của mômen uốn.

*Vi dụ 4.*

*Một dầm chính liên tục gồm 3 nhịp.*

*Cần tăng tải ở nhịp thứ nhất A-B.*

*Vậy cần gia cường nhịp này bằng thanh căng ngang.*

Dầm chính mang các tải trọng tập trung ở các đoạn 1/3 của nhịp, do các dầm phụ tựa lên. Để đơn giản tính toán, trọng lượng bản thân của dầm chính này được quy về lực tập trung, đặt tại các điểm có các lực tập trung.

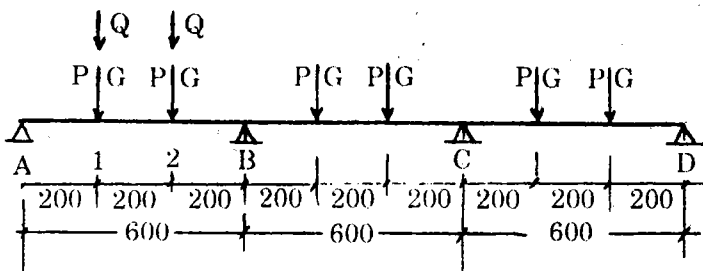
Các tải trọng tiêu chuẩn ban đầu (chưa xét hệ số quá tải) :

$$\text{Tĩnh tải } G^{TC} = 3,70 \text{ T}$$

$$\text{Hoạt tải } P^{TC} = 6,00 \text{ T}$$

$$\text{Gia tải } Q^{TC} = 4,00 \text{ T}$$

Các tải trọng tính toán (xét cả các hệ số quá tải) :



- Tĩnh tải  $G = 3,7 \cdot 1,1 = 4,07 \text{ T}$
- Hoạt tải  $P = 6 \cdot 1,2 = 7,20 \text{ T}$
- Gia tải  $Q = 4 \cdot 1,2 = 4,80 \text{ T}$

Cốt thép có sẵn trong dầm, nhịp thứ nhất :

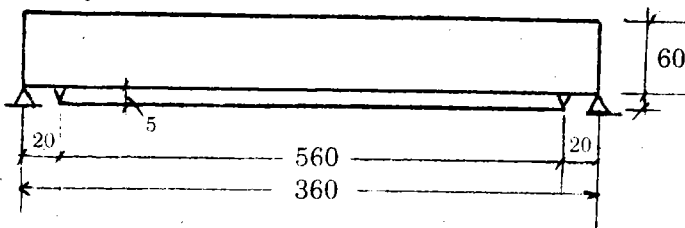
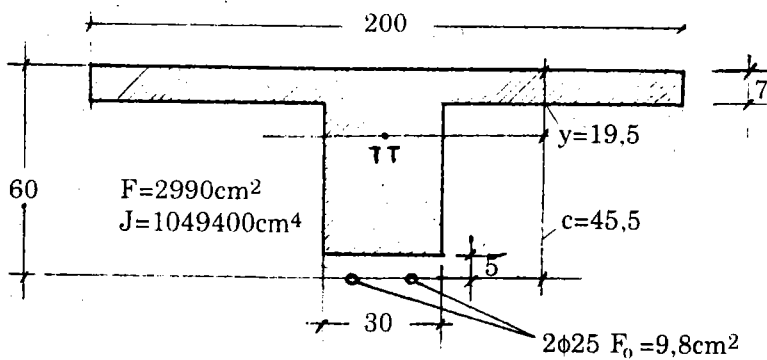
Điểm A :  $3\phi 14$  ,  $F_a = 4,6 \text{ cm}^2$ .

Điểm 1 :

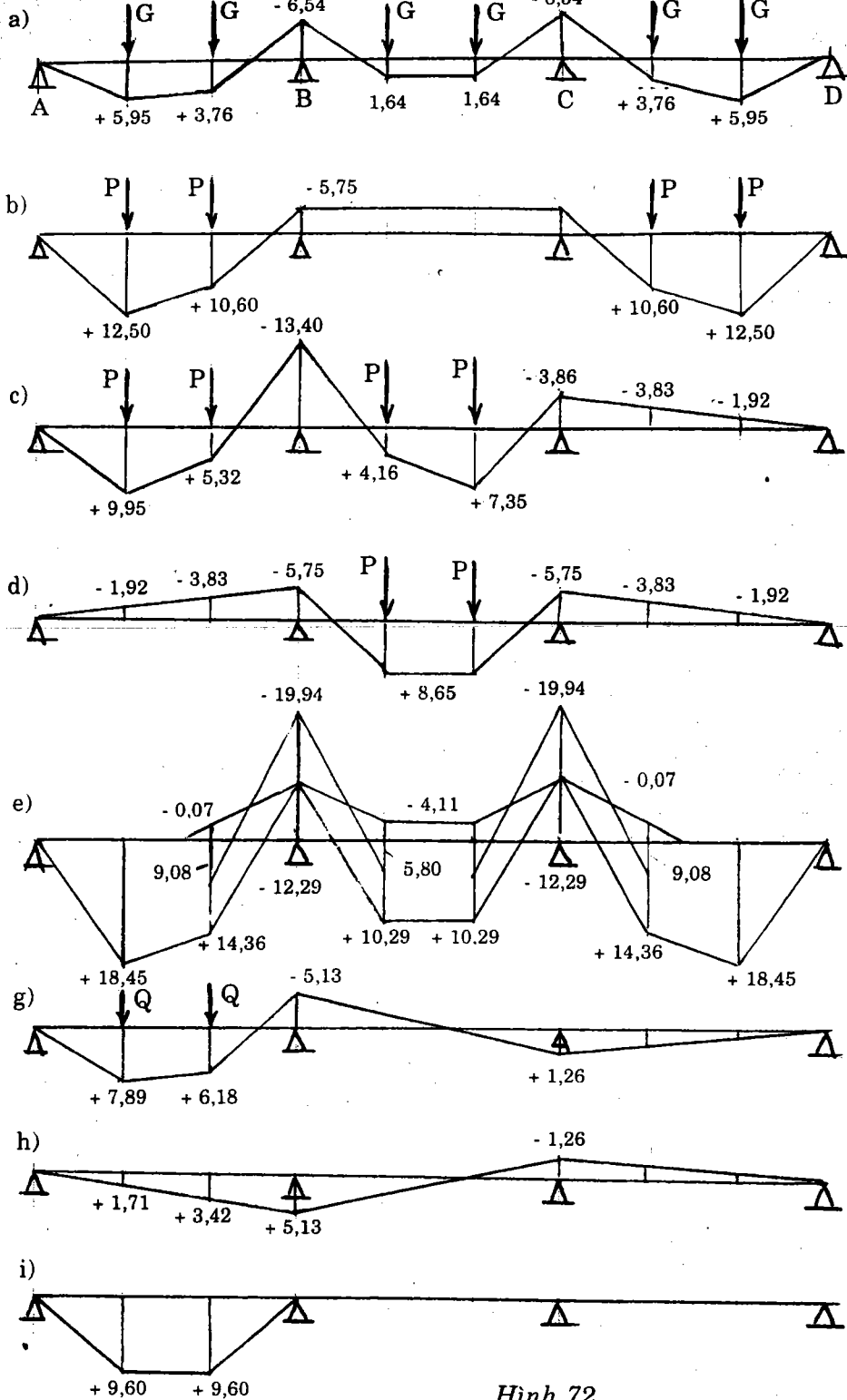
$2\phi 22 + 3\phi 20$  ,  $F_a = 17,0 \text{ cm}^2$ .

Điểm 2 :

$2\phi 22 + 2\phi 20$  ,  $F_a = 13,9 \text{ cm}^2$ .



Hình 71



Hình 72

- a. Biểu đồ mômen uốn do tĩnh tải G.
- b. Biểu đồ mômen do hoạt tải P tại nhịp 1 và nhịp 3.
- c. Biểu đồ mômen do hoạt tải P tại nhịp 1 và nhịp 2.

d. Biểu đồ mômen do hoạt tải P tại nhịp 2.

e. Biểu đồ bao mômen do tổ hợp bất lợi nhất các tải trọng (tĩnh tải và hoạt tải) trước gia cường.

g. Biểu đồ mômen do gia tải Q tại nhịp 1, sau khi đã gia cường dầm. Các tải này không chỉ làm tăng các mômen nhịp, mà làm tăng cả mômen gối. Bằng cách phân phối lại nội lực, ta có thể loại bỏ được các mômen uốn tăng thêm này ở gối tựa, do tăng các mômen ở nhịp.

h. Biểu đồ mômen phân phối lại. Ta có thể tùy tiện ấn định các mômen này.

i. Biểu đồ tổng cộng của hai biểu đồ (g) và (h) nêu trên.

Kết quả là có được một biểu đồ mômen do gia tải Q tác dụng lên một dầm đơn (dầm một nhịp) thông thường.

**• Tính tiết diện thanh căng**

Ở đây ta chọn dạng thanh căng ngang.

Tính mômen tính toán cho nhịp dầm thứ nhất; coi dầm này như là dầm đơn một khâu độ (biểu đồ i).

$$M = Q \cdot a = 4,80 \times 2 = 9,6 \text{ T.m}$$

Hệ số điều kiện làm việc của thanh căng ngang là :

$$m_o = 0,85$$

Tính  $F_o$  khi  $M = 9,60 \text{ T.m}$  và  $h_o = 65 \text{ cm}$ .

$$A_o = \frac{M}{bh_o^2 R_u} = \frac{960.000}{30 \cdot 65^2 \cdot 80} = 0,095$$

$$\gamma_o = 0,950$$

$$F_o = \frac{M}{\gamma_o h_o m_o R_o} = \frac{960.000}{0,950 \cdot 65 \cdot 0,85 \cdot 2100} = 8,7 \text{ cm}^2$$

Ta lấy  $F_o = 9,8 \text{ cm}^2 \rightarrow 2\phi 25$

**• Tính độ cứng của dầm ở nhịp thứ nhất**

$$b_s = 200 \text{ cm}, h = 60 \text{ cm}, h_o = 56 \text{ cm}; h_s = 7 \text{ cm}$$

$$F_a = 17 \text{ cm}^2 \rightarrow 2\phi 22 + 3\phi 20$$

$$F_o = 9,8 \text{ cm}^2 \rightarrow 2\phi 25$$

$$\text{Thép AI} \rightarrow R_a = 2100 \text{ kG/cm}^2$$

$$\text{Bê tông mác 150} \rightarrow R_u = 80 \text{ kG/cm}^2$$

$$M = 18,45 \text{ T.m (biểu đồ e)}$$

$$n = E_a / E_b = \frac{2,1 \cdot 10^6}{2,3 \cdot 10^5} = 9,13$$

$$\mu = \frac{F_a}{b_s \cdot h_o} = \frac{17}{200 \cdot 56} = 0,0015$$

$$N_c = m_o \cdot F_o \cdot R_a = 0,85 \cdot 9,8 \cdot 2100 = 17500 \text{ kG}$$

$$e_o = \frac{M}{N_c} = \frac{1845000}{17500} = 105,5 \text{ cm}$$

$$e = e_o + h - y = 105,5 + 56 - 19,5 = 142 \text{ cm}$$

$$M_m = N_c \cdot e = 17500 \cdot 142 = 2480.000 \text{ kG.cm}$$

Với  $R_u^{TC} = 140 \text{ kG/cm}^2$ .

$$L = \frac{M_m}{b_s \cdot h_o^2 \cdot R_u^{TC}} = \frac{2.480.000}{200 \cdot 56^2 \cdot 140} = 0,0282$$

$T = 0$ , vì  $x < h_o = 7$  và  $\gamma' = 0$ .

$$\xi = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5L}{10\mu \cdot n}} = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5 \cdot 0,0282}{10 \cdot 0,0015 \cdot 9,13}} = 0,104$$

$$x = \xi h_o = 0,104 \cdot 56 = 5,8 \text{ cm} < h_s = 7 \text{ cm}$$

$$Z_1 = h_o \left(1 - \frac{\xi}{2}\right) = 56 \left(1 - \frac{0,104}{2}\right) = 53 \text{ cm}$$

$$W_T = \gamma W_o = \gamma \frac{J}{h-y} = 1,75 \cdot \frac{1.094.000}{60-19,5} = 45.200 \text{ cm}^3$$

Với :  $R_k^{TC} = 13 \text{ kG/cm}^2$ .

$$M_T = W_T \cdot R_k^{TC} + N_c(y - 0,5 \xi h_o) = 45.000 \cdot 13 + 17.500 (19,5 - 0,5 \cdot 0,104 \cdot 56) = 777.000 \text{ kG.cm.}$$

$$M_c = M + N_c(y - 0,5 \xi h_o) = 1.845.000 + 17500 (19,5 - 0,5 \cdot 0,104 \cdot 56) = 2135000 \text{ kG.cm}$$

$$m = \frac{M_T}{M_c} = \frac{777.000}{2135000} = 0,365$$

Với  $S = 0,8$ .

$$\Psi_a = 1,3 - S \cdot m - \frac{1-m}{6-4,5m} = 1,3 - 0,8 \cdot 0,365 - \frac{1-0,365}{6-4,5 \cdot 0,365} = 0,863$$

Với  $\Psi_b = 0,9$  và  $v = 0,15$

$$B = \frac{Z_1 h_o}{\frac{\Psi_a}{E_a F_a} \left(1 + \frac{Z_1}{e}\right) + \frac{\Psi_b}{(\gamma' + \xi) b h_o E_b v}} = \frac{53 \cdot 56}{\frac{0,863}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 17} \left(1 + \frac{53}{142}\right) + \frac{0,9}{(0 + 0,104) \cdot 200 \cdot 56 \cdot 2,3 \cdot 10^5 \cdot 0,15}} = 785 \cdot 10^8 \text{ kG/cm}^2$$

• **Tính toán tĩnh học hệ tổ hợp này.**

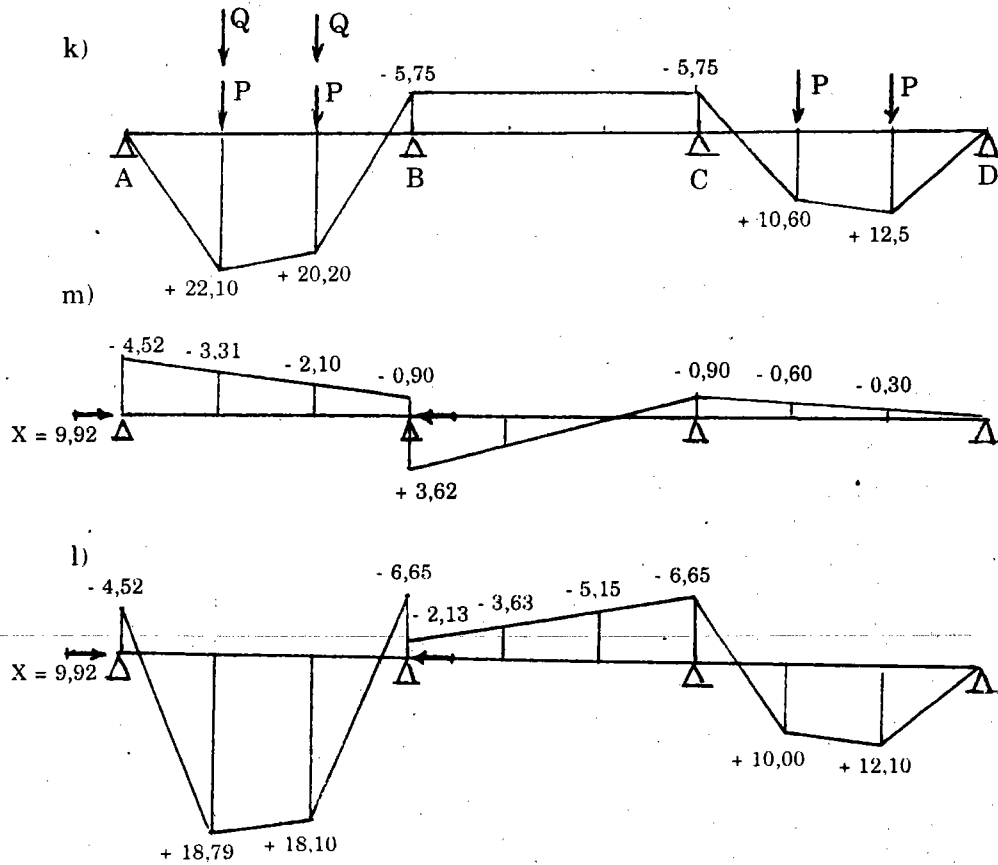
Trường hợp 1.

Dầm chịu hoạt tải  $P = 7,2T$  ở nhịp 1 và nhịp 3.

Dầm chịu gia tải  $Q = 4,8T$  ở nhịp 1.

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Cộng hai biểu đồ mômen (b) và (i), ta được biểu đồ (k).



Hình 73

Tính nội lực X trong thanh căng ngang khi trong nhịp thứ nhất có hoạt tải P và gia tải Q, bằng các công thức nêu trong bảng 1.

Đã có những số liệu :

$$F = 2990 \text{ cm}^2.$$

$$F_0 = 9,8 \text{ cm}^2 \rightarrow 2\phi 25 \text{ A-I.}$$

$$c = 45,5 \text{ cm.}$$

Áp dụng công thức 103 của bảng 1, khi có hai lực tập trung  $P + Q = 7,2 + 4,8 = 12,0 \text{ T}$  đặt tại hai điểm 1/3 của nhịp.

$$A = \frac{B}{cF_0E_a} + c + \frac{B}{cFE_b}$$

$$= \frac{785 \cdot 10^8}{45,5 \cdot 9,8 \cdot 2,1 \cdot 10^6} + 45,5 + \frac{785 \cdot 10^8}{45,5 \cdot 2990 \cdot 2,3 \cdot 10^5} = 84 + 45,5 + 2,5 = 132$$

$$X_P = 2 \frac{0,111 \cdot P \cdot l}{A} = 2 \frac{0,111 \cdot 12000 \cdot 600}{132} = 12100 \text{ KG} = 12,1 \text{ T}$$

Khi nhịp 1 chịu những tải trọng nói trên thì tại gối tựa B của dầm có mômen gối tựa  $M_B = -5,75 \text{ T.m}$  tác dụng (xem biểu đồ k), vậy phải xét ảnh hưởng của mômen này đến thanh căng:

$$X_M = \frac{M_B}{2A} = \frac{-576000}{2 \cdot 132} = -2180 \text{kg} = -2,18 \text{ T}$$

Nội lực tổng cộng trong thanh căng :

$$X = X_P + X_M = 12,10 - 2,18 = 9,92 \text{ T}$$

Mômen đầu mút A do thanh căng tác dụng vào dầm :

$$M_o = X \cdot c = 9,92 \cdot 0,455 = -4,52 \text{ T.m}$$

Xác định ảnh hưởng của mômen đầu mút đến dầm liên tục bằng các công thức tính dầm liên tục :

Mômen bên trái gối tựa B :

$$\begin{aligned} M_B &= M_A - 0,1333 \cdot 6 \cdot M_A = \\ &= -4,52 + 0,1333 \cdot 6 \cdot 4,52 = -4,52 + 3,62 = -0,90 \text{ T.m.} \end{aligned}$$

Mômen bên phải gối tựa B :

$$M_B = +3,62 \text{ T.m}$$

Mômen tại gối tựa C :

$$M_C = +0,0333 \cdot 6 \cdot M_A = -0,0333 \cdot 6 \cdot 4,52 = -0,90 \text{ T.m.}$$

Biểu đồ mômen phát sinh trong dầm, do tác dụng của thanh căng, trình bày trong biểu đồ (l).

Cộng hai biểu đồ mômen (k) và (l), thì được biểu đồ mômen (m).

Trường hợp 2.

Dầm chịu hoạt tải  $P = 7,2\text{T}$  ở nhịp 1 và nhịp 2.

Dầm chịu gia tải  $Q = 4,8\text{T}$  ở nhịp 1.

Cộng hai biểu đồ mômen (c) và (i) ta được biểu đồ (n).

Tổ hợp các tải trọng, ta tìm được nội lực trong các thanh căng (xem trường hợp 1) :

$$X_P = 12,1 \text{ T}$$

Nội lực trong thanh căng do mômen gối tựa B :

$$M_B = -13,40 \text{ T.m.}$$

$$X_M = \frac{M_B}{2A} = \frac{-1340000}{2 \cdot 132} = -5,09 \text{ T}$$

Vậy :

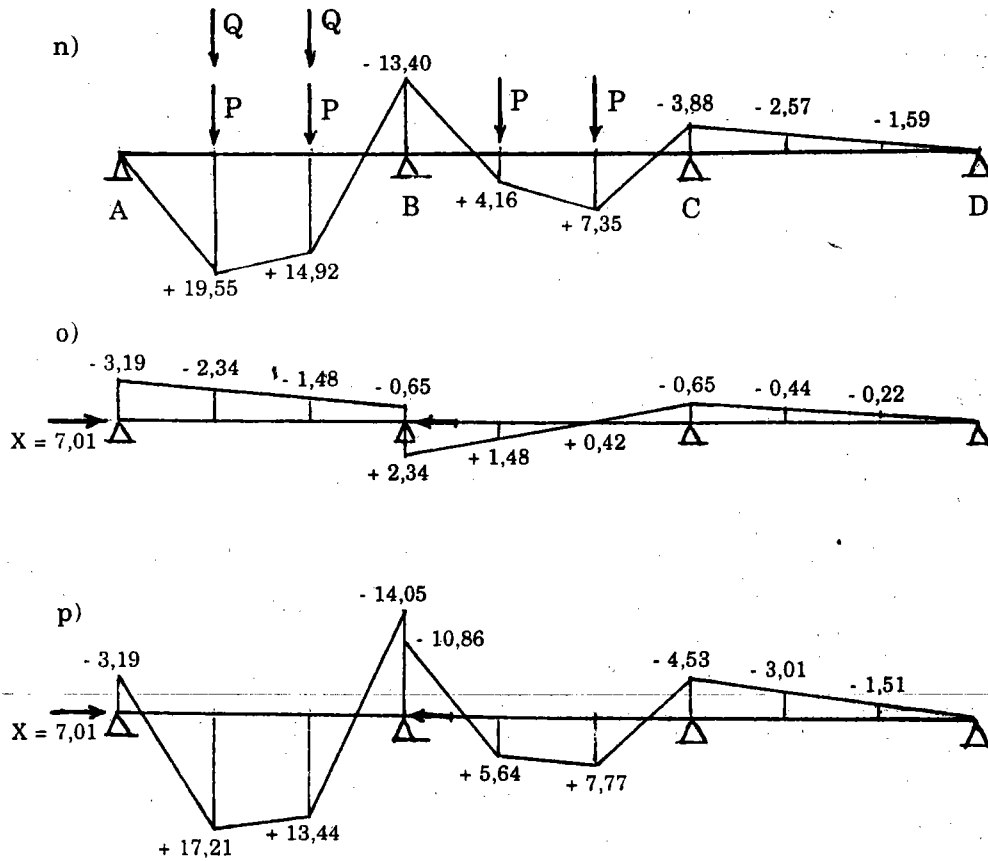
$$X = X_P + X_M = 12,10 - 5,09 = 7,01 \text{ T}$$

$$M_o = X \cdot c = 7,01 \cdot 0,455 = -3,19 \text{ T.m}$$

Biểu đồ mômen (o) do lực trong thanh căng gây ra cho dầm liên tục, giống biểu đồ (l), nhưng khác nhau theo tỷ lệ :

$$\frac{3,19}{4,52} = 0,71$$

Cộng hai biểu đồ (m) và (o) thì được biểu đồ (p), ứng với trường hợp đặt tải 2.



Hình 74

• Tính ứng suất trong các thanh cẳng.

Ta xét hệ tổ hợp này khi hoạt tải P đặt tại nhịp 1 và nhịp 3, còn gia tải Q đặt tại nhịp 1, (có xét sự phân bố lại nội lực), nghĩa là sẽ tính theo biểu đồ mômen (l).

Khi này lực trong thanh cẳng là:

$$X = 9,92 \text{ T}$$

$$\sigma = \frac{X}{F_0} = \frac{9920}{9,8} = 1015 \text{ kG/cm}^2$$

$$\sigma_0 = m_0 R_a - \sigma = 0,85 \cdot 2100 - 1015 = 765 \text{ kG/cm}^2$$

Muốn tạo ứng suất này trong các thanh cẳng, cần phải bóp xiết chúng sát gần vào nhau, theo độ dốc  $i = 0,027$ , nghĩa là :

$$a = 2b \cdot i = 2 \cdot 300 \cdot 0,027 = 16 \text{ cm}$$

Lực tạo nên ứng suất trước  $\sigma_0$  này trong thanh cẳng, bằng :

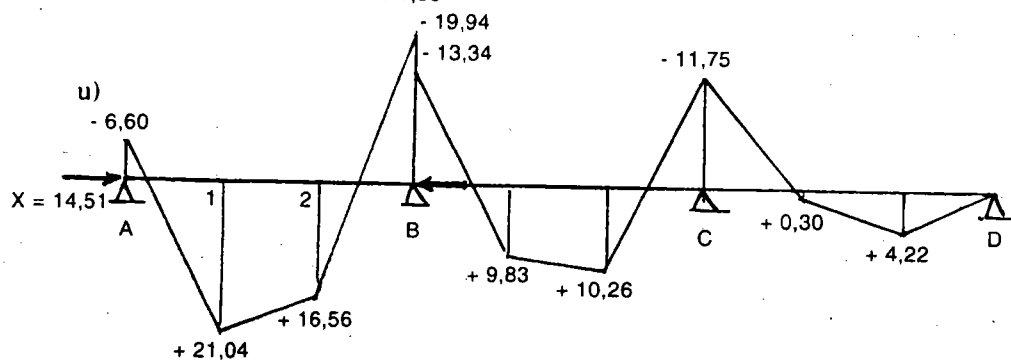
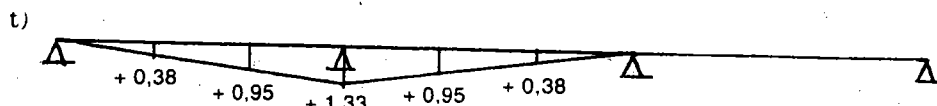
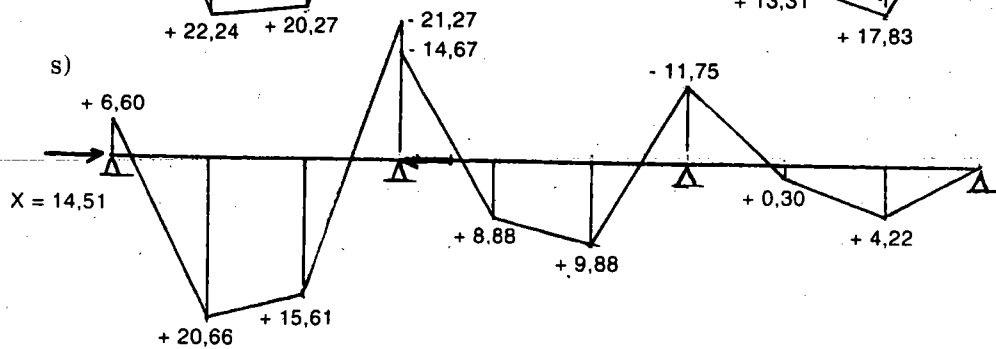
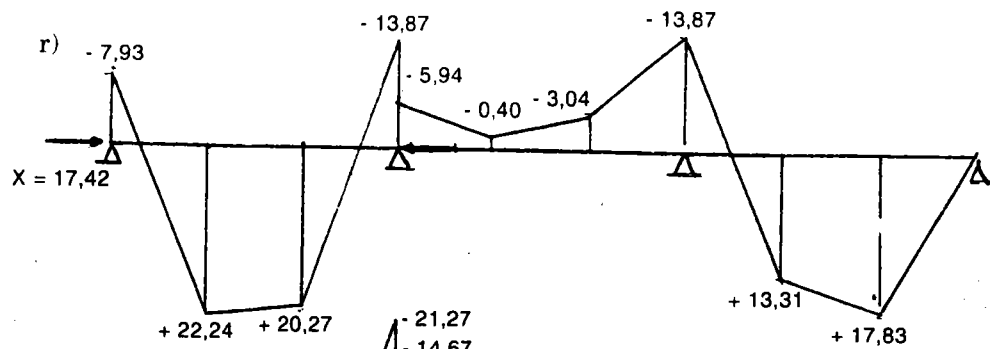
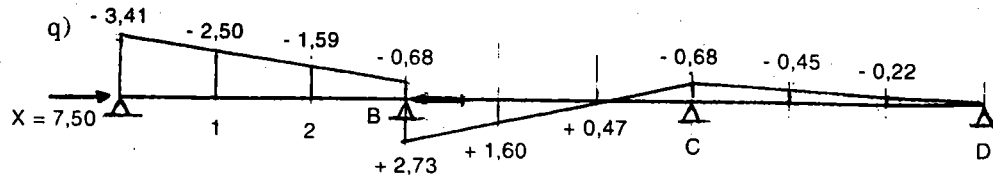
$$X = \sigma_0 \cdot F_0 = 765 \cdot 98 = 7500 \text{ kG} = 7,5 \text{ T}$$

Mômen ở các đầu mút :

$$M_0 = X \cdot c = 7,5 \cdot 0,455 = -3,41 \text{ T.m.}$$

Biểu đồ mômen do tạo u.s.t trong thanh cẳng của hệ tổ hợp này, giống biểu đồ (l), chỉ khác nhau theo tỷ lệ :

$$\frac{3,41}{4,52} = 0,755$$



Biểu đồ này được ký hiệu là biểu đồ (q).

q) Biểu đồ mômen trong dầm, do tạo ứng suất trước trong các thanh căng.

r) Biểu đồ tổng cộng các mômen trong dầm, khi nó chịu tải trọng G trên tất các nhịp; chịu tải P trên nhịp 1 và nhịp 3; chịu tải Q trên nhịp 1; và chịu lực tạo u.s.t. trong thanh căng.

[Cộng các biểu đồ (a), (m) và (q)]

s) Biểu đồ tổng cộng các mômen trong dầm, khi nó chịu tải trọng G trên tất cả các

nhịp; chịu tải P trên nhịp 1 và nhịp 2; chịu tải Q trên nhịp 1; và chịu lực tạo u.s.t. trong thanh cẳng.

[Cộng các biểu đồ (a), (p), (q)]

t) Biểu đồ mômen uốn do phân phối lại mômen gối tựa  $M_B$ .

u) Biểu đồ mômen uốn tổng cộng cuối cùng, do cộng các biểu đồ (s) và (t).

So sánh các biểu đồ mômen tổng cộng (r) và (s) sau khi gia cường dầm với biểu đồ mômen (e) trước khi gia cường, thì thấy tại gối tựa B mômen uốn (21, 27) lớn hơn trị mômen (19, 94) đã thiết kế dầm.

Nay làm giảm mômen này xuống bằng cách phân phối lại nội lực (biểu đồ t). Sau đó thì các nội lực gối tựa (biểu đồ u) của dầm đều nhỏ hơn các số liệu ban đầu.

So sánh các mômen uốn trong nhịp dầm, thì thấy các mômen mới này lớn hơn các mômen ban đầu trong nhịp thứ nhất, nơi đã thực hiện việc gia cường dầm.

Để khẳng định rằng sự gia cường như đã làm là đảm bảo, ta hãy tính toán kiểm tra lại các tiết diện ngang của nhịp thứ nhất.

• **Kiểm tra khả năng chịu lực của nhịp thứ nhất.**

Gối tựa A có mômen uốn, mà trước đó nó không có, cho nên cần kiểm tra cả tiết diện này.

Cặp lực M và N trong biểu đồ mômen tổng cộng (u) bất lợi hơn cặp lực đó trong biểu đồ (r), vì độ lệch tâm lớn hơn, nên ta sẽ kiểm tra tiết diện theo biểu đồ mômen (u), với các số liệu như sau :

$$h_s = 7\text{cm}, b_s = 200\text{cm}, b = 30\text{cm}, h = 60\text{cm}$$

$$h_o = 56\text{cm}; N = 14,51\text{T}, M = + 21,04 \text{ T.m}$$

a. Xét tiết diện 1.

$$F_o = 17 \text{ cm}^2 \rightarrow 2\phi 22 + 3\phi 20$$

$$\text{Mác bê tông 150} \rightarrow R_u = 80 \text{ kG/cm}^2.$$

$$\text{Mác thép AI} \rightarrow R_a = 2100 \text{ kG/cm}^2.$$

$$e_o = \frac{M}{N} = \frac{21,04}{14,51} = 1,45 \text{ m} = 145 \text{ cm}$$

$$\text{Với } R = 150 \text{ kG/cm}^2 \text{ và } \mu = \frac{F_a}{bh_o} = \frac{17}{30 \cdot 56} = 0,01$$

$$c = \frac{66000}{R + 350} \left( \frac{1}{\frac{e_o}{h} + 0,16} + 200\mu + 1 \right) = \frac{66000}{150 + 350} \left( \frac{1}{\frac{145}{60} + 0,16} + 200 \cdot 0,01 + 1 \right) = 446$$

$$\text{Với } J = 1049400 \text{ cm}^2 \text{ và } F = 2990 \text{ cm}^2.$$

$$r = \sqrt{\frac{J}{F}} = \sqrt{\frac{1049400}{2990}} = 18,8 \text{ cm}$$

$$\frac{l_o}{r} = \frac{600}{18,9} = 31,8 < 35$$

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

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{12cR_u F} \left(\frac{l_0}{r_u}\right)^2} = \frac{1}{1 - \frac{14510}{12 \cdot 446 \cdot 80 \cdot 2990} \cdot 31,8^2} = 1,01$$

$$e = \eta e_0 + h - y = 1,01 \times 145 + 56 - 19,5 = 182,5 \text{ cm}$$

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

$$80 \cdot 200 \cdot x (182,5 - 56 + 0,5x) - 2100 \cdot 17 \cdot 182,5 = 0$$

$$x^2 + 253x - 815 = 0$$

$$x = 3,2 \text{ cm} < h_s = 7 \text{ cm}$$

$$N_{gh} = R_u \cdot b_s \cdot x - R_a \cdot F_a = 80 \cdot 200 \cdot 3,2 - 2100 \cdot 17 = 15500 \text{ kG} > 14510 \text{ kG}$$

b. Xét tiết diện A.

$$F_a = 4,6 \text{ cm}^2 \rightarrow 3\phi 14$$

$$N = 17,42 \text{ T.m}; \quad M = -7,93 \text{ T.m}$$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{7,93}{14,42} = 0,455 \text{ m}$$

$$\text{Với } R = 150 \text{ kG/cm}^2 \text{ và } \mu = \frac{F_a}{bh_0} = \frac{4,6}{30 \cdot 56} = 0,0027$$

$$c = \frac{66000}{R+350} \cdot \left( \frac{1}{\frac{e_0}{h} + 0,16} + 200\mu + 1 \right) = \frac{66000}{150+350} \cdot \left( \frac{1}{\frac{45,5}{60} + 0,16} + 200 \cdot 0,0027 + 1 \right) = 346$$

Vì tấm sàn nằm trong vùng chịu kéo, nên

$$\frac{l_0}{h} = \frac{600}{60} = 10$$

nghĩa là không cần xét ảnh hưởng của tải trọng lâu dài :

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{cR_u} \left(\frac{l_0}{h}\right)^2} = \frac{1}{1 - \frac{17420}{346 \cdot 80 \cdot 30 \cdot 60} \cdot 10^2} = 1,04$$

$$e = \eta e_0 + 0,5h - a = 1,04 \cdot 45,5 + 0,5 \cdot 60 - 4 = 73,5 \text{ cm}$$

$$R_u \cdot b \cdot x (e - h_0 + 0,5x) - R_a \cdot F_a \cdot e = 0$$

$$80 \cdot 30 \cdot x (73,5 - 56 + 0,5x) - 2100 \cdot 4,6 \cdot 73,5 = 0$$

$$x^2 + 35x - 592 = 0$$

$$x = 12,5 \text{ cm}$$

$$N_{gh} = R_u \cdot b \cdot x - R_a \cdot F_a = 80 \cdot 30 \cdot 12,5 - 2100 \cdot 4,6 = 20350 \text{ kG} > 17420.$$

c. Kiểm tra chịu lực cắt.

Tính lực cắt tại gối tựa B, phía trái, biểu đồ (u).

$$B^t = G + P + Q + \frac{M_c - M_B^t}{l} = 4,8 + 7,2 + 4,07 + \frac{-6,60 + 19,94}{6} = 18,3T$$

Trong dầm có cốt đai  $3\phi 8$ , với bước 20 cm.

Với  $R_d = 1700 \text{ kG/cm}^2$  và  $F_d = 1,51 \text{ cm}^2$ .

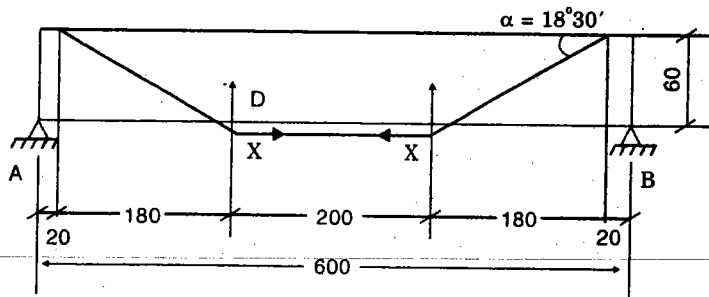
$$q = \frac{R_d \cdot F_d}{u} = \frac{1700 \cdot 1,51}{20} = 1,28 \text{ kG/cm}$$

$$Q_{db} = \sqrt{0,6R_u \cdot b \cdot h_0^2 q_d - q_d \cdot u} = \sqrt{0,6 \cdot 80 \cdot 30 \cdot 56^2 \cdot 1,28 - 1,28 \cdot 20} = 21440 > 18300$$

Kết quả tính toán cho thấy là : sau khi được gia cường, dầm ở nhịp thứ nhất có thể chịu được tải trọng gia tăng.

Ví dụ 5 : Vẫn là dầm liên tục ba nhịp, như trong ví dụ 4 : Cần tăng tải ở nhịp 1 và gia cường nó bằng thanh căng võng.

Tiết diện thanh căng và độ cứng của dầm đã xác định ở ví dụ 4, nay ta chuyển ngay sang tính toán tĩnh học hệ dầm tổ hợp này như sơ đồ hình 76.



Hình 76

• Xét trường hợp dầm mang tải trọng P, Q ở nhịp 1 và P ở nhịp 3.

- Tính nội lực X trong thanh căng theo bảng 2 và 6.

Theo bảng 2, khi  $\frac{x}{l} = 0,33$ , nghĩa là khi có hai lực tập trung P + Q = 7,2 + 4,8 = 12,0 T,

đặt ở hai điểm 1/3 của nhịp, thì ta sẽ có :

$$K = \frac{B}{E_a F_o h} = \frac{785 \cdot 10^8}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 9,8 \cdot 60} = 63,7$$

$$K_o = \frac{1}{\cos^3 \alpha} = \frac{1}{0,948^3} = \frac{1}{0,852} = 1,175$$

$$K_1 = \frac{B}{E_b \cdot F \cdot h} = \frac{785 \cdot 10^8}{2,3 \cdot 10^5 \cdot 2990 \cdot 80} = 1,9$$

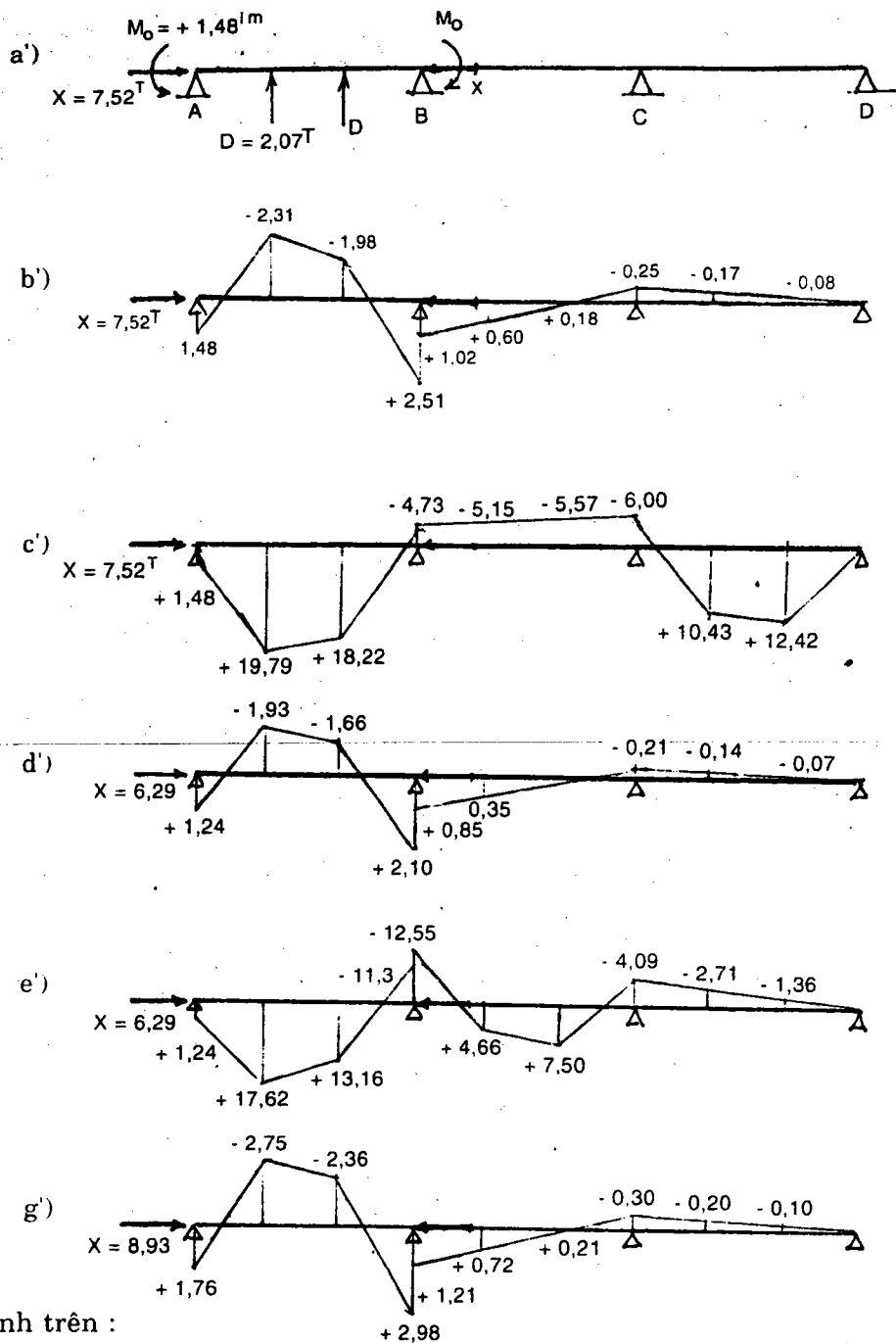
$$A = \frac{1}{1,1KK_o + 0,47h + 1,65K_1 + 0,81K} = \frac{1}{1,1 \cdot 63,7 \cdot 1,175 + 0,47 \cdot 60 + 1,65 \cdot 1,9 + 0,81 \cdot 63,7} = \frac{1}{82,3 + 28,2 + 3,14 + 51,5} = \frac{1}{165,14} = 0,0061$$

Tra bảng 2, ta được y = 0,09640

Tra bảng 6, ta được y = 0,266.

Với P = 12T và M<sub>B</sub> = - 5,75 Tm, thì :

$$X = 2APly + AyM_B = 2 \cdot 0,0061 \cdot 12000 \cdot 600 \cdot 0,0964 - 0,0061 \cdot 0,266 \cdot 575.000 = 8450 - 930 = 7520 \text{ kG} = 7,52 \text{ T}$$



Hình 77

Ghi chú hình trên :

- a' - Sơ đồ tải trọng của dầm do tác dụng của thanh cằng, khi tải trọng  $P$  đặt ở nhịp 1 và nhịp 3, và tải trọng  $G$  đặt ở nhịp 1.
- b' - Biểu đồ mômen của dầm do tác dụng của thanh cằng, và bị chất tải như trong sơ đồ tải trọng (a').
- c' - Biểu đồ tổng cộng của biểu đồ (k) (ví dụ 4) và biểu đồ (b') (ví dụ 5).
- d' - Biểu đồ mômen của dầm do tác dụng của thanh cằng, khi tải trọng  $P$  đặt ở nhịp 1 và nhịp 2, và tải trọng  $Q$  đặt ở nhịp 1.
- e' - Biểu đồ tổng cộng của biểu đồ (n) (ví dụ 4) và biểu đồ (d') (ví dụ 5).
- g' - Biểu đồ mômen của dầm do tạo ứng suất trước trong các thanh cằng.

Mômen đầu mút do thanh căng gây ra :

$$M_0 = 0,33 Xh = 0,33 \cdot 7,52 \cdot 0,6 = + 1,48 \text{ T.m.}$$

Lực chống D tại các điểm gập của thanh căng.

$$D = 0,826 Xtg\alpha = 0,826 \cdot 7,52 \cdot 0,333 = 2,07 \text{ T}$$

- Ảnh hưởng của thanh căng võng lên dầm, thông qua các mômen gối tựa và lực chống D, được xác định bằng các công thức sau :

Mômen bên trái gối tựa B :

$$M_B = M_0 - 0,1333 (-1,33 Dl + 6M_0) = \\ = + 1,48 - 0,1333 (- 1,33 \cdot 2,07 \cdot 6 + 6 \cdot 1,48) = + 1,48 + 2,21 - 1,18 = + 2,51 \text{ Tm.}$$

Mômen bên phải gối tựa B :  $M'_B = + 2,21 - 1,18 = + 1,03 \text{ Tm.}$

Mômen ở gối tựa C :  $M_C = + 0,0333 (- 1,33 \cdot 2,07 \cdot 6 + 6 \cdot 1,48) = - 0,25 \text{ Tm.}$

Biểu đồ mômen trong dầm gây bởi thanh căng võng trình bày trong hình (b').

Cộng biểu đồ mômen (k) với biểu đồ mômen (b') ta được biểu đồ mômen (c') tức biểu đồ mômen của dầm được gia cường bằng thanh căng, mang P, Q ở nhịp 1 và P ở nhịp 3.

• Xét trường hợp dầm mang tải trọng P, Q ở nhịp 1 và P ở nhịp 2.

Trường hợp này đã có biểu đồ mômen (n) (ví dụ 4), và tại gối tựa B, ta có :

$$M_B = - 13,40 \text{ Tm.}$$

Ta tính nội lực trong thanh căng, sau đó xét ảnh hưởng của thanh căng tới dầm :

Với  $P = 12^T$  và  $M_B = - 13,40 \text{ Tm}$  thì :

$$X = 2APly + A_y M_B = \\ = 2 \cdot 0,0061 \cdot 12000 \cdot 600 \cdot 0,0964 - 0,0061 \cdot 0,266 \cdot 1340000 \\ = 8450 - 2160 = 6290 \text{ kG} = 6,29 \text{ T}$$

$$M_0 = 0,33Xh = 0,33 \cdot 6,29 \cdot 0,6 = + 1,24 \text{ Tm}$$

$$D = 0,826 Xtg\alpha = 0,826 \cdot 6,29 \cdot 0,333 = 1,73 \text{ T}$$

Xét ảnh hưởng của thanh căng đến dầm trong sơ đồ tải trọng mới này :

Sử dụng biểu đồ (b') với sự thay đổi theo tỷ lệ :

$$\frac{6,29}{7,52} = 0,837$$

ta được biểu đồ mômen uốn (d').

Cộng biểu đồ mômen (n) (khi có P, Q ở nhịp 1, và P ở nhịp 2) với biểu đồ (d'), ta được biểu đồ mômen tổng cộng (e').

- Tính ứng suất trước trong thanh căng, theo sơ đồ tải trọng (P, Q ở nhịp 1, P ở nhịp 3), ứng với biểu đồ mômen (c').

$$\sigma = \frac{X}{F_0} = \frac{7520}{9,8} = 768 \text{ kG/cm}^2.$$

$$\sigma_0 = m_0 R_{st} - \sigma = 0,8 \cdot 2100 - 788 = 912 \text{ kG/cm}^2.$$

Tra đồ thị :

khi  $n = 6$  và  $\sigma_0 \frac{n}{2} = 3 \sigma_0 = 3 \cdot 912 = 2736 \text{ kG/cm}^2$

thì được :  $i = 0,051$ .

Khoảng xiết gần giữa hai thanh căng là :

$$a = 2bi = 2 \cdot 100 \cdot 0,051 = 10,2 \text{ cm.}$$

Nội lực trong thanh căng, khi này là :

$$X = \sigma_0 \cdot F_0 = 912 \cdot 9,8 = 8930 \text{ kG} = 8,93 \text{ T}$$

$$M_0 = 0,33 Xh = 0,33 \cdot 8,93 \cdot 0,6 = 1,77 \text{ Tm.}$$

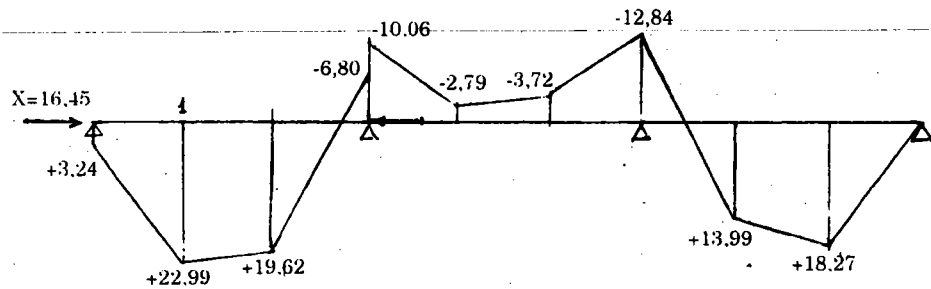
$$D = 0,826 Xtg\alpha = 0,826 \cdot 8,93 \cdot 0,333 = 2,45 \text{ T.}$$

Sử dụng biểu đồ (b') với sự thay đổi theo tỷ lệ :

$$\frac{8,93}{7,52} = 1,19$$

ta được biểu đồ mômen uốn của dầm do ảnh hưởng của ứng suất trước trong các thanh căng, trình bày trong hình (g').

Lập hai biểu đồ tổng hợp các mômen tính toán tác dụng lên dầm :



1. Biểu đồ tổng hợp các mômen, do tác dụng của :

G tại các nhịp 1, 2, 3 (hình a, ví dụ 4)

Q tại nhịp 1  
P tại nhịp 1 và 3 } (hình c')

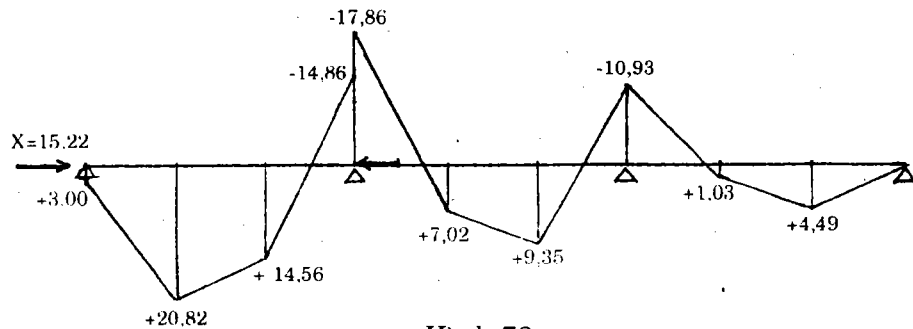
Nội lực do tạo ứng suất trước (hình g').

2. Biểu đồ tổng hợp các mômen, do tác dụng của :

G tại các nhịp 1, 2, 3

Q tại nhịp 1  
P tại nhịp 1 và 2 } (hình e')

Nội lực do tạo ứng suất trước (hình g')



Hình 78

So sánh hai biểu đồ kết quả này với biểu đồ mômen ban đầu (e) (ví dụ 4) thì thấy :

- Tại các gối tựa không nơi nào mômen uốn lại lớn hơn trị mà người ta đã thiết kế dầm trước đó; vậy không cần phân phối lại nội lực.

- Các mômen trong nhịp 1 lớn hơn các mômen ban đầu; nhịp này đã được gia cường.

• Kiểm tra khả năng chịu lực của tiết diện nhịp 1.

Tiết diện 1 trong nhịp 1 chịu ứng suất lớn nhất.

$$h_s = 7\text{cm}, b_s = 200\text{cm}; b = 30\text{cm}$$

$$h = 60\text{cm}, h_o = 56\text{cm}.$$

$$N = 16,45 \text{ T}; M = 22,99 \text{ Tm}$$

$$F_a = 17 \text{ cm}^2 \rightarrow 2\phi 22 + 3\phi 20$$

Thép A-I,  $R_a = 2100 \text{ kG/cm}^2$ .

Bê tông M-150,  $R_u = 80 \text{ kG/cm}^2$ .

$$e_o = \frac{M}{N} = \frac{22,99}{16,45} = 1,4 \text{ m} = 140 \text{ cm}$$

Với  $R = 150 \text{ kG/cm}^2$  và  $\mu = 0,01$  (theo ví dụ 3)

$$c = \frac{66000}{R + 350} \left( \frac{1}{\frac{e_o}{h} + 0,16} + 200\mu + 1 \right) = \frac{66000}{150 + 350} \left( \frac{1}{\frac{140}{60} + 0,16} + 200 \cdot 0,01 + 1 \right) = 448$$

Theo ví dụ 3,  $r_u = 18,8 \text{ cm}$  và  $\frac{l_o}{r_u} = 31,8 < 35$ , vậy không cần xét ảnh hưởng của tải trọng lâu dài.

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{12cR_u F} \left( \frac{l_o}{r_u} \right)^2} = \frac{1}{1 - \frac{16450}{12 \cdot 448 \cdot 80 \cdot 2990} \cdot 31,8^2} = 1,01$$

$$e = \eta e_o + h_o - y = 1,01 \cdot 140 + 56 - 19,5 = 178,5 \text{ cm}$$

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

$$80 \cdot 200x (178,5 - 56 + 0,5x) - 2100 \cdot 17 \cdot 178,5 = 0$$

$$x^2 + 245x - 800 = 0$$

$$x = 3,44 \text{ cm} < h_s = 7 \text{ cm}$$

$$N = R_u \cdot b_s \cdot x - R_a \cdot F_a = 80 \cdot 200 \cdot 3,44 - 2100 \cdot 17 = 16150 \text{ kG} < 16450 \text{ kG}.$$

điều này được phép, vì chưa vượt quá 2%.

Do tiết diện gối tựa chưa làm việc hết sức mình, nên sau này sẽ xảy ra phân phối lại nội lực, điều này sẽ làm giảm  $N = 16450 \text{ kg}$  xuống.

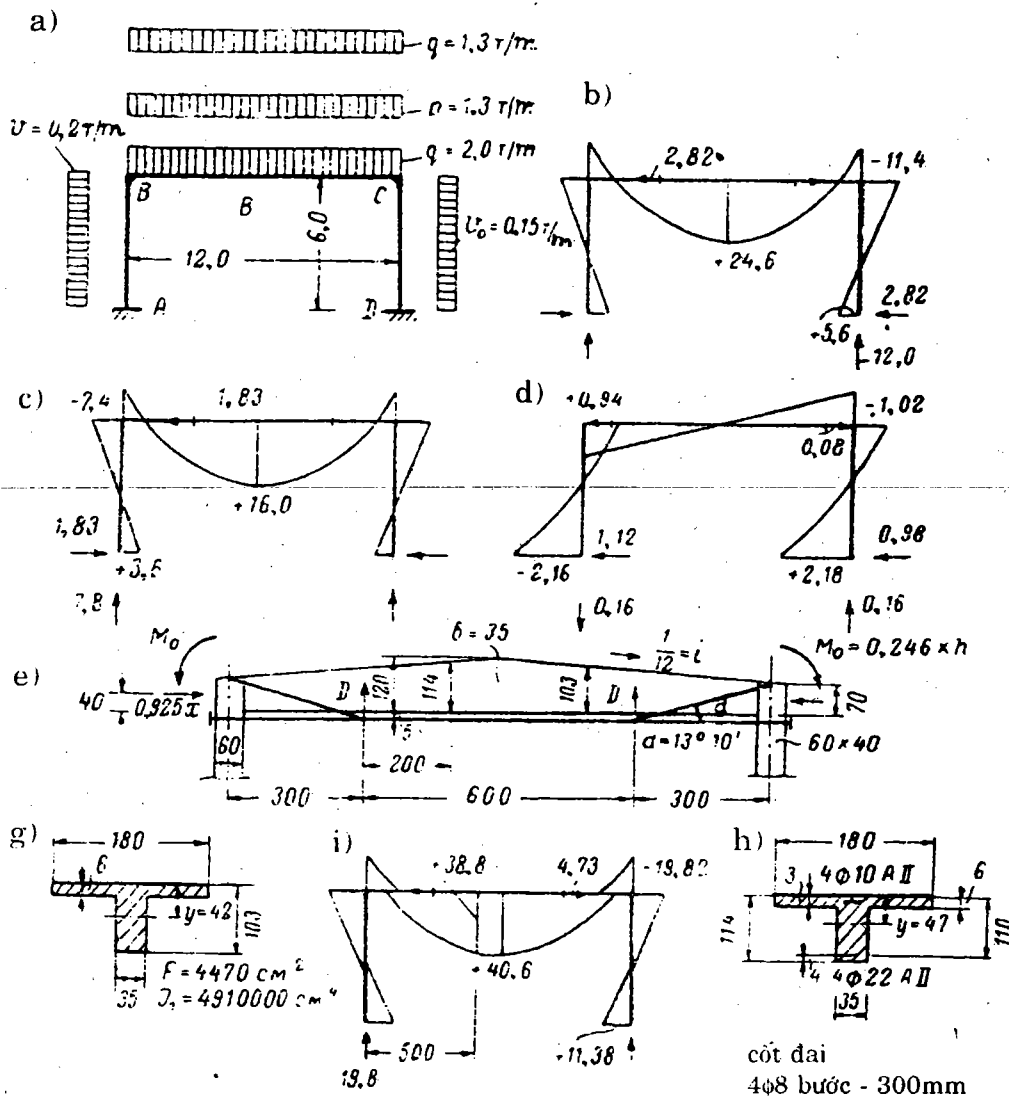
. Không cần kiểm tra tiết diện đầu mút, vì rằng các mômen uốn tại đó cũng là mômen dương như mômen trong nhịp, vậy là vẫn đủ cốt thép.

Ví dụ 6.

Dầm mái khung nhà một nhịp cân được gia cường để chịu tải trọng gia tăng :

Tĩnh tải  $g = 2,0 \text{ T/m}$ ; Hoạt tải  $p = 1,3 \text{ T/m}$ ; Gia tải  $q = 1,3 \text{ T/m}$ .

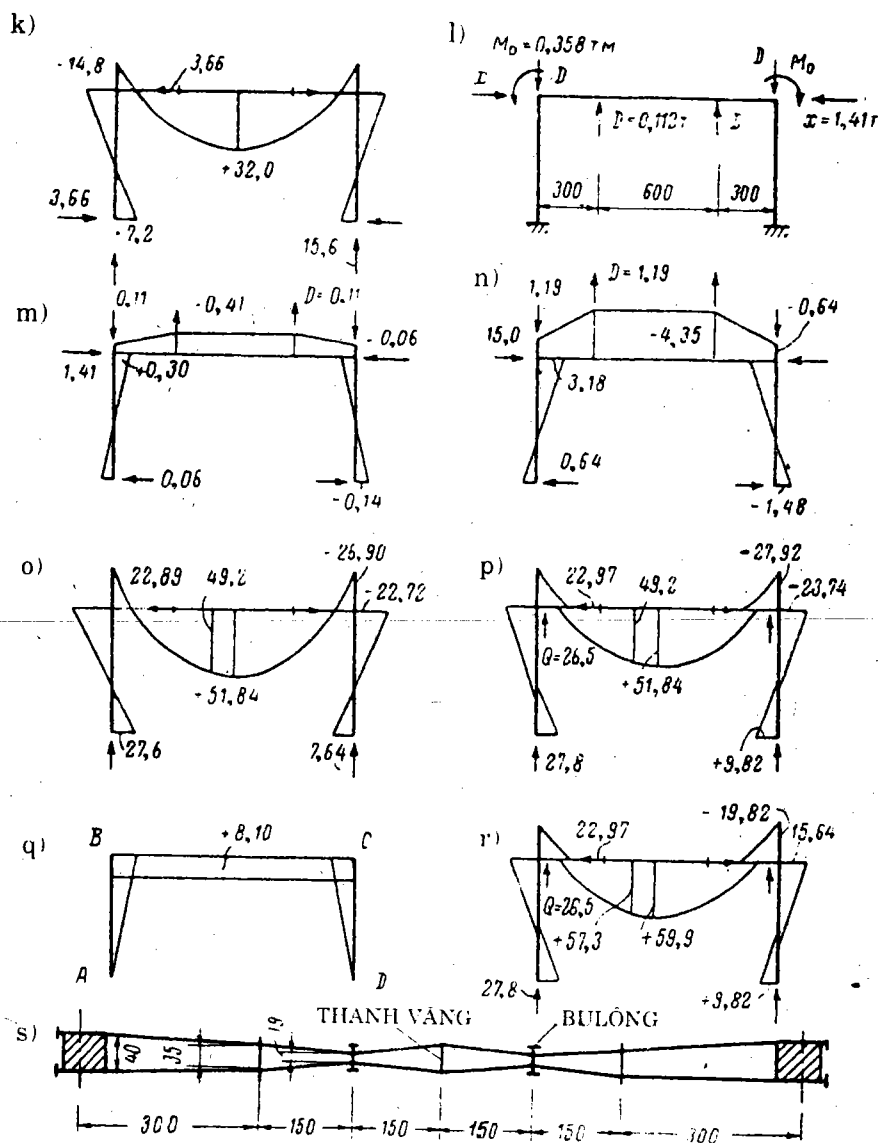
Tải trọng gió : gió đẩy  $v = 0,2 \text{ T/m}$ ; gió hút  $v_0 = 0,15 \text{ T/m}$ .



Hình 79

- Sơ đồ khung nhà cân được gia cường và các tải trọng.
- Biểu đồ mômen do tĩnh tải  $g$ .
- Biểu đồ mômen do hoạt tải  $p$ , cũng là biểu đồ mômen do gia tải  $q$ , vì  $p = q$ .
- Biểu đồ mômen do tải trọng gió đẩy  $v$  và gió hút  $v_0$ .
- Sơ đồ gia cường dầm khung nhà bằng các thanh ~~cứng dạng kết hợp~~.
- Tiết diện dầm để tính độ cứng trung bình của dầm.
- Tiết diện dầm để tính toán kiểm tra.
- Biểu đồ tính toán tổng hợp các mômen của khung nhà khi tổ hợp bất lợi nhất các tải trọng.

Biện pháp gia cường : dùng hai thanh căng ứng suất trước dạng kết hợp.



Hình 80

- k. Biểu đồ mômen do các tải trọng  $p$  và  $q$ .
- l. Sơ đồ tác dụng của các thanh căng kết hợp lên dầm, khi dầm đang chịu các nội lực như trong biểu đồ (k).
- m. Biểu đồ mômen trong dầm do các thanh căng tác dụng như trong sơ đồ (l).
- n. Biểu đồ mômen uốn trong khung do tạo ứng suất trước trong các thanh căng.
- o. Tổng cộng các biểu đồ (b, k, m, n).
- p. Biểu đồ tổng hợp các mômen uốn trong khung, khi nó chịu các tải trọng đặt bất lợi nhất, và khi có cả gia tải  $q$  tác dụng sau gia cường dầm.
- q. Biểu đồ mômen uốn trong khung do phân phối lại nội lực.
- r. Biểu đồ mômen uốn cuối cùng trong dầm, có tính cả phân phối lại nội lực [cộng biểu đồ (p) và (q)].
- s. Sơ đồ đặt các thanh căng khi chúng bị bóp xiết lại gần nhau.

• **Xác định sơ bộ tiết diện thanh căng, khi vẫn giữ nguyên tiết diện gối tựa của khung không gia cường, bằng cách phân phối lại nội lực.**

Tiết diện bất lợi nhất đối với dầm có độ dốc, ở cách gối tựa 5m, tại đó ta xác định mômen uốn như của dầm một nhịp đặt tự do trên gối tựa (có xét phân phối lại nội lực).

Phản lực gối tựa :

$$A = 0,5ql = 0,5 \cdot 1,3 \cdot 12 = 7,8 \text{ T.}$$

$$M = Ax - 0,5 qx^2 = 7,8 \cdot 5 - 0,5 \cdot 1,3 \cdot 5^2 = 39 - 16,25 = 22,75 \text{ Tm.}$$

Thép thanh căng là loại A-I với  $R_a = 2100 \text{ kG/cm}^2$ .

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

Chiều cao tiết diện dầm  $h_o = 114 + 5 = 119 \text{ cm}$

$$A_o = \frac{M}{bh_o^2 R_u} = \frac{2.275.000}{35 \cdot 119^2 \cdot 100} = 0,054$$

Tra bảng (phụ lục 1):

$$\gamma_o = 0,973$$

$$F_o = \frac{M}{\gamma_o h_o R_a} = \frac{2.275.000}{0,973 \cdot 112 \cdot 2100} = 9,4 \text{ cm}^2$$

• **Tính độ cứng của dầm**

Dầm có tiết diện thay đổi nên ta tính độ cứng của nó theo tiết diện trung bình, nằm cách gối tựa một khoảng bằng 0,65 của nửa dầm.

$$h_{tb} = 70 + i \cdot 0,65 \cdot \frac{1}{2} = 70 + \frac{1}{12} \cdot 0,65 \cdot 600 = 70 + 33 = 103 \text{ cm}$$

Đưa thêm sàn vào dầm để tính độ cứng :

$$b_s = 180 \text{ cm}; h_s = 6 \text{ cm}; h = 103 \text{ cm};$$

$$h_o = 103 - 4 = 99 \text{ cm}; b = 35 \text{ cm}; R_u = 100 \text{ kG/cm.}$$

$$F_a = 15,2 \text{ cm}^2 \rightarrow 4\phi 22 \text{ A-II}$$

$$F_o = 9,8 \text{ cm}^2 \rightarrow 2\phi 25 \text{ A-I}$$

$$M = 38,8 \text{ Tm (hình i)}$$

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

$$\mu = \frac{F_a}{b_s \cdot h_o} = \frac{15,2}{180 \cdot 99} = 0,00085$$

$$N_c = m_o F_o R_a = 0,8 \cdot 9,8 \cdot 2100 = 16400 \text{ kG}$$

$$e_o = \frac{M}{N_c} = \frac{3.880.000}{164.000} = 236 \text{ cm}$$

$$e = e_o + h_o - y = 236 + 99 - 42 = 293 \text{ cm}$$

$$M_{m} = N_c \cdot e = 16400 \times 293 = 4.800.000 \text{ kG.cm.}$$

$$L = \frac{M_m}{b_s \cdot h_o^2 \cdot R_u^{TC}} = \frac{4.800.000}{180 \cdot 99^2 \cdot 180} = 0,015$$

$$\xi = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5L}{10\mu_n}} = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5 \cdot 0,015}{10 \cdot 0,00085 \cdot 5}} = 0,057$$

$$x = \xi h_o = 0,057 \cdot 99 = 5,6 \text{ cm} < h_s = 6 \text{ cm}$$

$$Z_1 = h_o \left(1 - \frac{\xi}{2}\right) = 99 \left(1 - \frac{0,057}{2}\right) = 95 \text{ cm}$$

$$W_T = \gamma W_o = \gamma \frac{J}{h-y} = 1,75 \frac{4910000}{103-42} = 141000 \text{ cm}^3$$

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

$$= 141000 \cdot 16 + 16400 (42 - 0,5 \times 0,057 \times 99) = 2905000 \text{ kG.cm}$$

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

$$= 3.880.000 + 16400 (42 - 0,5 \times 0,057 \times 99) = 4.524.000 \text{ kG.cm.}$$

$$m = \frac{M_T}{M_c} = \frac{2.905.000}{4.524.000} = 0,645$$

Với  $S = 0,8$

$$\psi_a = 1,3 - S m - \frac{1-m}{6-4,5m} = 1,3 - 0,8 \cdot 0,645 - \frac{1-0,645}{6-4,5 \cdot 0,645} = 0,669$$

Với  $\psi_b = 0,9$  và  $\nu = 0,15$ , thì :

$$B = \frac{Z_1 h_o}{\frac{\psi_a}{E_a F_a} \left(1 - \frac{Z_1}{e}\right) + \frac{\psi_b}{(\gamma + \xi) b h_o E_b \nu}} =$$

$$B = \frac{95 \cdot 99}{\frac{0,669}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 15,2} \left(1 - \frac{95}{288}\right) + \frac{0,9}{(0 + 0,057) \cdot 180 \cdot 99 \cdot 2,65 \cdot 10^5 \cdot 0,15}} =$$

$$= 256 \cdot 10^{10} \text{ kG cm}^2$$

### • Tính toán tĩnh học hệ kết hợp

Khi khung mang tải trọng  $p + q$ , thì biểu đồ mômen trong hình (k), chính là biểu đồ (c) nhân đôi.

Sử dụng các bảng tính toán 8 và 11 để xác định nội lực trong cặp thanh căng dạng kết hợp khi các tải trọng  $p$  và  $q$  cùng tác dụng.

Hình (e) và (g) cho ta :

$$F = 4470 \text{ cm}^2; F_o = 9,8 \text{ cm}^2; h = 103 \text{ cm.}$$

$$\alpha = 13^\circ 10'; \cos \alpha = 0,947$$

$$K = \frac{B}{E_a F_o h} = \frac{256 \cdot 10^{10}}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 9,8 \cdot 103} = 1210$$

$$K_0 = \frac{1}{\cos^3 \alpha} = \frac{1}{0.974^3} = 1.08$$

$$K_1 = \frac{B}{E_b \cdot F \cdot h} = \frac{256 \cdot 10^{10}}{2.65 \cdot 10^5 \cdot 4470 \cdot 103} = 21$$

$$A = \frac{1}{0.26KK_0 + 2.97K + 3.77K_1 + 1.69h} =$$

$$A = \frac{1}{0.26 \cdot 1210 \cdot 1.08 + 2.97 \cdot 1210 + 3.77 \cdot 21 + 1.69 \cdot 103} =$$

$$= \frac{1}{314 + 3590 + 79 + 174} = \frac{1}{4157} = 0.00024$$

Tra bảng 8, với  $\frac{x}{l} = 1$ , ta được  $\omega = 0,2005$ .

Tra bảng 11, với  $a = \frac{1}{4}l$ , ta được  $y = 1,1$ ,

$$\begin{aligned} X &= Aql^2\omega - AyM_{on} \\ &= 0,00024 \cdot 26 \cdot 1200^2 \cdot 0,2005 - 0,00024 \cdot 1,1 \cdot 1480000 = \\ &= 1800 - 390 = 1410 \text{ kG.} \end{aligned}$$

Mômen đầu mút từ thanh căng truyền vào khung :

$$M_0 = 0,246 Xh = 0,246 \cdot 1410 \cdot 103 = 35800 \text{ kG} = 0,358 \text{ Tm.}$$

Lực chống D tại điểm thanh căng bị gập và phân làm hai nhánh :

$$D = 0,34 X \cdot \text{tg} \alpha = 0,34 \cdot 1410 \cdot 0,233 = 112 \text{ kG} = 0,112 \text{ T.}$$

Sơ đồ các nội lực do thanh căng tác dụng vào khung trình bày trong hình (l).

Biểu đồ mômen trong khung do tác dụng của các nội lực trên, được thể hiện trong hình (m).

Khi nội lực trong thanh căng  $X = 1410 \text{ kG}$ , thì :

$$\sigma = \frac{X}{F_0} = \frac{1410}{9.8} = 144 \text{ kG/cm}^2$$

$$\sigma_0 = m_0 R_a - \sigma = 0,8 \cdot 2100 - 144 = 1536 \text{ kG/cm}^2.$$

Thanh căng khá dài, nên để tạo ứng suất trước cần thiết, ta đặt thêm đoạn văng ngang. Bóp xiết thanh căng bằng hai bulông, như nêu trong hình (s). Khi này  $n = 4$ .

Độ dốc  $i$  cần thiết của thanh căng xác định theo đồ thị khi :

$$\sigma_0 \cdot \frac{n}{2} = 1536 \cdot 2 = 3072 \text{ kG/cm}^2.$$

là :  $i = 0,0054$  và  $a = 2bi = 2 \cdot 150 \cdot 0,054 \approx 16 \text{ cm}$

Ứng suất trước sẽ gây ra trong thanh căng nội lực :

$$X = \sigma_0 \cdot F_0 = 1536 \times 9,8 = 15.000 \text{ kG} = 15 \text{ T}$$

Sử dụng biểu đồ mômen hình (m) và thay đổi nó theo tỷ lệ :

$$\frac{15000}{1410} = 10.6$$

ta sẽ được biểu đồ mômen của khung, do tạo ứng suất trước trong các thanh căng, như trong hình (n).

Tổng cộng các biểu đồ do tĩnh tải, hoạt tải và gia tải, do ảnh hưởng của thanh căng và do ứng suất trước thì được biểu đồ tính toán (không kể tải trọng gió) trình bày trong hình (o); còn như xét cả tải trọng gió đẩy và gió hút thì biểu đồ trình bày trong hình (p).

So sánh biểu đồ tổng cộng này với biểu đồ (i) thì thấy các mômen gối tựa  $M_B$  và  $M_C$  lớn hơn các mômen trong (i), vậy cần phải làm giảm chúng xuống bằng phân phối lại nội lực.

Hình (q) là biểu đồ phân phối lại mômen.

Hình (r) là biểu đồ tính toán cuối cùng, và ta sẽ dùng nó để tiến hành tính toán kiểm tra.

#### • Kiểm tra khả năng chịu lực của các tiết diện

Theo biểu đồ mômen hình (r) thì các mômen ở nút không vượt quá các mômen ban đầu (hình i). Các mômen ở tiết diện A và D cũng vậy.

Nhưng mômen ở nhịp lại lớn hơn mômen ban đầu, đã dùng để tính khung.

Tiết diện cách gối tựa 5m có mômen nhỏ hơn tiết diện ở chính giữa nhịp, nó lại là tiết diện để tính toán, vì dầm có tiết diện thay đổi, vậy ta dùng mômen nhỏ này để tiến hành kiểm tra.

Tiết diện tính toán trong hình (h), cách gối tựa 5m, có :

$$b_s = 180\text{cm}; h_s = 6\text{cm}; b = 35\text{cm},$$

$$h = 114\text{cm}; a = 4\text{cm}; h_o = 110\text{cm}.$$

$$F_o = 15,2 \text{ cm}^2 \rightarrow 4\phi 22 \text{ A-II}, R_a = 2700 \text{ kG/cm}^2.$$

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

Theo hình (r) thì :

$$M = 57,3 \text{ Tm}; N = 22,37 \text{ T}.$$

$$e_o = \frac{M}{N} = \frac{5.730.000}{22.970} = 249\text{cm}$$

$$\text{Với } R = 200 \text{ kG/cm}^2 \text{ và } \mu = \frac{F_a}{bh_o} = \frac{15,2}{35 \cdot 100} = 0,0039.$$

$$c = \frac{66000}{R + 350} \left( \frac{1}{\frac{e_o}{h} + 0,16} + 200\mu + 1 \right) = \frac{66000}{200 + 350} \left( \frac{1}{\frac{249}{114} + 0,16} + 200 \cdot 0,0039 + 1 \right) = 266$$

Theo hình (g) thì :

$$J = 4910000 \text{ cm}^2; F = 4470 \text{ cm}^2.$$

$$r_u = \sqrt{\frac{J}{F}} = \sqrt{\frac{4910000}{4470}} = 33,2 \text{ cm}$$

$$\frac{l_o}{r_o} = \frac{1200}{33,2} = 36,2 > 35$$

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

$$\text{Tra bảng thì với } \frac{l_o}{r_u} = 36,2 \rightarrow m_1 = 0,99$$

Tất cả các tải trọng tác dụng vào khung (trừ tải trọng gió) đều là các tải trọng lâu dài, vậy theo hình (o) thì :

$$N_l = 22,89 \text{ T} ; M_l = 49,2 \text{ T.m.}$$

theo hình (d) thì :  $N_n = 0,08 \text{ T}$

vậy : 
$$e_{ol} = \frac{M_l}{N_l} = \frac{49,20}{22,89} = 2,14 \text{ m} = 214 \text{ cm.}$$

$$m_{tdl} = \frac{m_1 + 2 \frac{e_{ol}}{h}}{1 + 2 \frac{e_{ol}}{h}} = \frac{0,99 + 2 \frac{214}{114}}{1 + 2 \frac{214}{114}} = 0,998$$

$$N_{qd} = \frac{N_l}{m_{tdl}} + N_n = \frac{22890}{0,998} + 80 = 23015 \text{ kG}$$

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{12cR_u F \left(\frac{l_0}{r_u}\right)^2}} = \frac{1}{1 - \frac{23015}{12 \cdot 266 \cdot 100 \cdot 4470 \cdot 36,2^2}} = 1,02$$

$$e_o = \frac{M}{N_{qd}} = \frac{5730000}{23015} = 249 \text{ cm}$$

$$e = \eta e_o + h_o - y = 1,02 \cdot 249 + 110 - 47$$

$$= 317 \text{ cm}$$

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

$$100 \cdot 180 \cdot x(317 - 110 + 0,5x) - 2700 \cdot 15,2 \cdot 317 = 0$$

$$x^2 + 414 x - 1446 = 0$$

$$x = 3,48 \text{ cm} < h_s = 6 \text{ cm}$$

$$N = R_u b_s x - R_a F_a$$

$$= 100 \cdot 180 \cdot 3,48 - 2700 \cdot 15,2$$

$$= 22500 \text{ kG} < 23015 \text{ kG}$$

$\Delta N = 2\% < 3\%$ , điều này được phép.

• **Kiểm tra tiết diện gối tựa:**

$$b = 35 \text{ cm} , h = 70 \text{ cm}$$

Lực cắt (theo hình r) :  $Q = 26,5 \text{ T}$  (đã xét sự giảm tải do thanh căng)

Cốt đai (theo hình h):

$$F_d = 2,02 \text{ cm}^2 \rightarrow 2\phi 8 \text{ AI, bước } 30 \text{ cm, } R_{ad} = 2150 \text{ kG/cm}^2$$

$$q_d = \frac{R_{ad} \cdot F_d}{u} = \frac{2150 \cdot 2,02}{30} = 146 \text{ kG/cm}$$

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

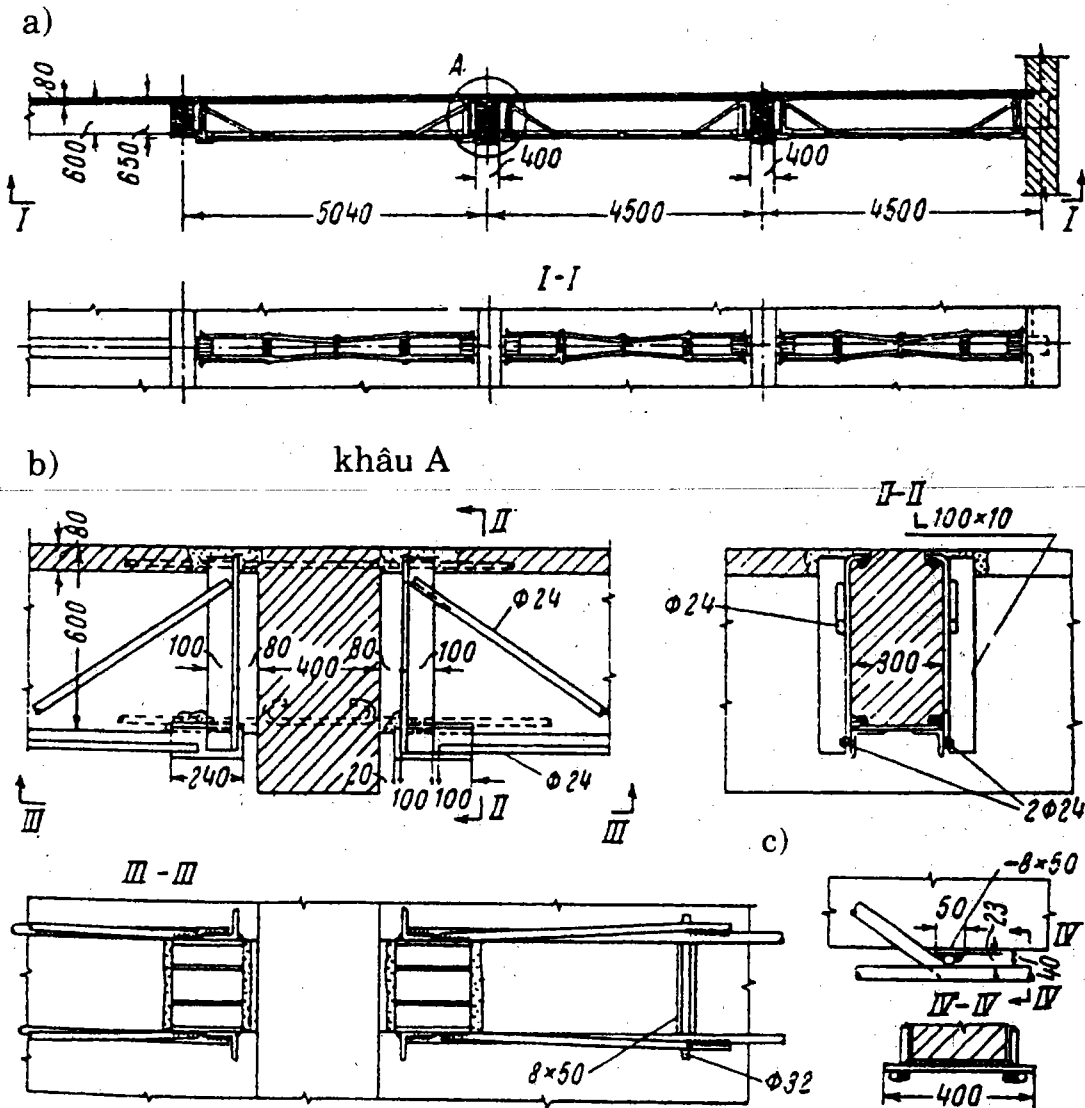
$$= \sqrt{0,6 \cdot 100 \cdot 35 \cdot 66^2 \cdot 146} - 146 \cdot 30 =$$

$$= 33200 - 4300 = 28820 \text{ kG} > 26500 \text{ kG}$$

Ở đây  $h_0 = 70 - 4 = 66\text{cm}$

Vậy không cần gia cường dầm chống lực cắt.

**Ứng dụng 1. Gia cường dầm liên tục bằng các thanh cứng kết hợp.**



a. Gia cường ba nhịp dầm sàn liên tục.

b. Chi tiết cấu tạo neo tại gối tựa trung gian.

c. Chi tiết điểm rẽ nhánh của các thanh cứng.