

## GIA CƯỜNG DẦM BẰNG GỐI TỰA ĐÀN HỒI

### A. PHẦN CẤU TẠO

Để tăng khả năng chịu tải của dầm, có thể làm thêm những gối tựa trung gian dàn hồi, nhằm giảm bớt nhịp dầm.

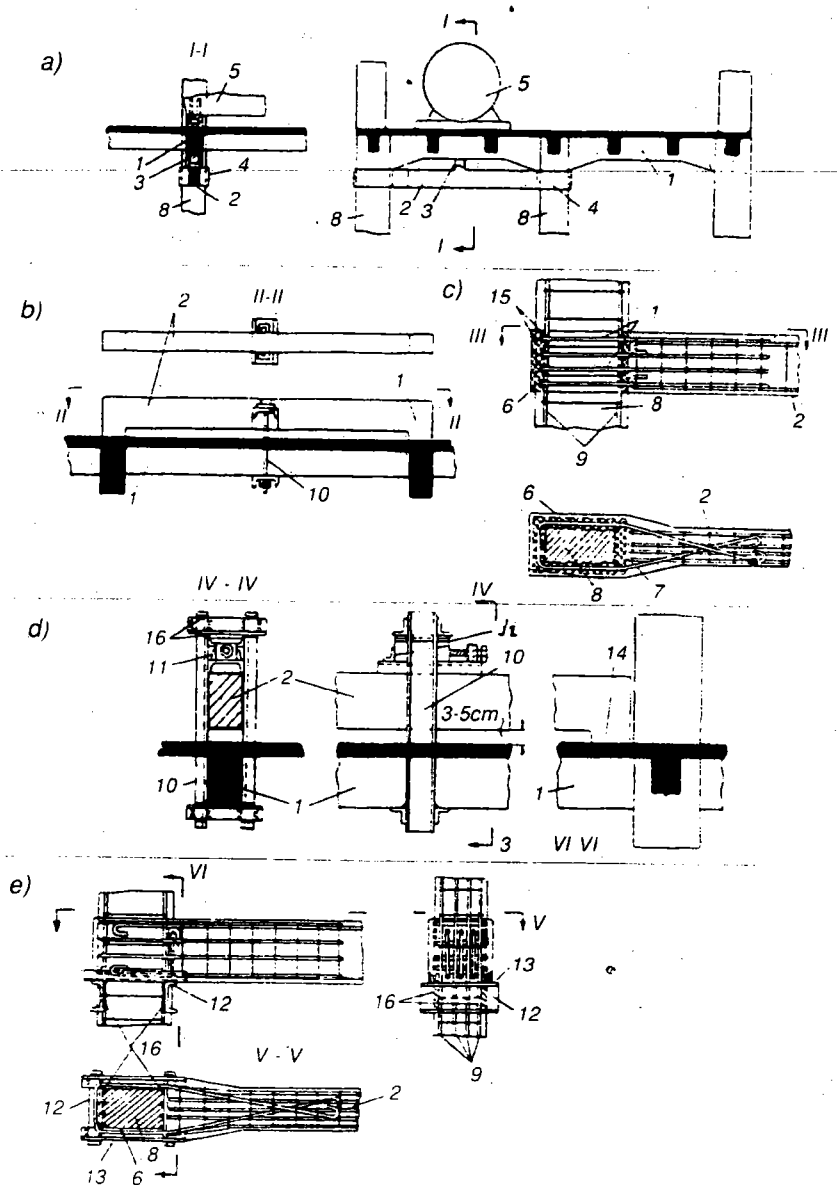
Gối tựa dàn hồi của dầm là một kết cấu chịu uốn khác, được liên kết vào các kết cấu chịu lực chính của công trình để làm việc kết hợp (đồng thời) với dầm cần gia cường.

Gối tựa dàn hồi có những dạng như sau :

Hình 45- Gối tựa dàn hồi dạng dầm.

- a. dầm đỡ dàn hồi đặt dưới dầm chính
- b. dầm đỡ dàn hồi đặt trên dầm chính
- c. đai liên kết dầm đỡ vào cột nhà
- d. dầm đỡ đặt trên dầm chính, với thiết bị kích chêm
- e. đai liên kết dầm đỡ vào cột, bằng thép hình.

1. dầm cần được gia cường;  
 2. dầm đỡ dàn hồi; 3. gối tựa;  
 4. đai ôm liên kết; 5. thiết bị mới;  
 6. chỗ bê-tông bị đục phá; 7. cột thép của đai ôm liên kết; 8. cột nhà; 9. cốt thép cột; 10. đai treo; 11. thiết bị kích chêm; 12. thép hình U hàn liên vào cốt thép; 13. thép góc liên kết các thép U;  
 14. điểm tỳ của dầm dàn hồi đặt trên; 15. chỗ hàn vào cốt thép cột; 16. đường hàn.



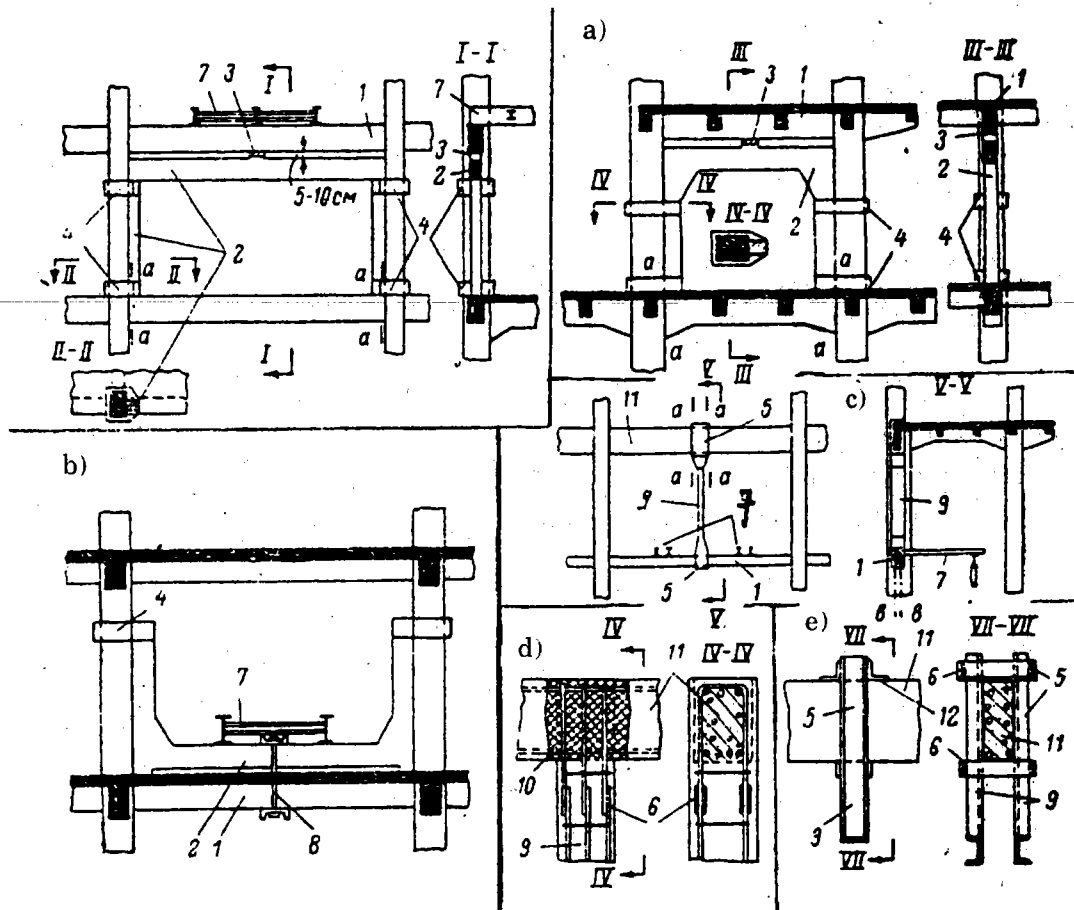
**a. Dạng dầm hay dạng khung bê-tông cốt thép**

Những kết cấu gối tựa dầm hồi này thường làm bằng bê-tông cốt thép, vì muốn giảm tải cho dầm chính bê-tông cốt thép thì bản thân kết cấu làm nhiệm vụ gia cường phải có độ cứng lớn.

Dầm bê-tông cốt thép gia cường có thể bố trí ở trên hay ở dưới dầm chính (hình 45 a,b); nếu bố trí nó ở trên dầm chính thì việc đi lại trên sàn sẽ gặp trở ngại, còn nếu bố trí nó ở dưới dầm chính thì việc thi công bê-tông sẽ khó khăn.

Dầm khung gia cường (hình 46 a, b) khác dầm gia cường ở điểm là dầm khung có độ cứng lớn hơn.

**b. Dạng thanh chống hay thanh treo**



Hình 46 Gối tựa dầm hồi dạng khung và dạng treo.

- a. gia cường dầm bằng gối tựa dầm hồi kê bên dưới, dạng khung
- b. gia cường dầm bằng gối tựa dầm hồi kê bên trên, dạng khung
- c. gia cường dầm bằng thanh treo.
- d. khâu liên kết thanh treo bê-tông cốt thép vào dầm.
- e. khâu liên kết thanh treo thép với dầm.

- 1. dầm cân được gia cường; 2. gối tựa dầm hồi dạng khung; 3. điểm tựa, bằng bê-tông, đúc sau dầm kê dầm hồi; 4. đai ôm liên kết khung vào cột; 5. đai ôm của thanh treo; 6. đường hàn; 7. chân đế thiết bị mới; 8. đai treo bằng thép; 9. thanh treo; 10. nơi bê-tông bị đục phá lộ cốt thép; 11. dầm mang tải; 12. nơi lót vữa xi măng.

Những kết cấu gia cường này bằng bê-tông cốt thép hay bằng thép, đặt ở phía trên hay phía dưới dầm cần gia cường (hình 46 c, d, e) khi còn có những dầm khác chưa được sử dụng hết khả năng nên có thể đưa chúng vào làm việc kết hợp với dầm cần gia cường bằng thanh treo hay thanh chống.

### c. Dạng dầm thép

Dầm thép gia cường treo bên dưới dầm bê-tông cốt thép cần gia cường (hình 47 a) bằng các quang treo. Gối tựa là những mảnh thép chèn độn vào khe hở giữa hai dầm ở điểm giữa nhịp. Khi này hai dầm không làm việc đồng thời vì dầm bê-tông cốt thép cứng hơn dầm thép.

Muốn giảm tải cho dầm bê-tông cốt thép thì phải tạo ứng suất trước cho dầm thép gia cường bằng cách tạo lực chống căng giữa hai dầm ở điểm giữa nhịp, để hình thành khe hở lớn, dặng chèn được gối tựa vào khe (hình 47 b). Lực chống căng này là tải trọng thiết kế của dầm thép gia cường.

Mômen uốn của dầm bê-tông cốt thép sau khi được chống căng, giảm đi rõ rệt như trình bày trong hình 47 b. Lực cắt ở vùng gối tựa mới trong dầm bê-tông cốt thép có thể tăng.

Có thể đặt dầm thép gia cường vuông góc dưới dầm bê-tông cốt thép cần gia cường, hoặc đặt nó gối trực tiếp lên phần thép gia cường cột để hình thành khung thép gia cường.

### d. Dạng dàn thép (hình 49)

- dàn tam giác với thanh cánh thượng nằm ngang (a).
- dàn tam giác với thanh cánh hạ nằm ngang (c).
- dàn thép có hai cánh đều nằm ngang (b).

Kết cấu các dàn thép này gồm hai phần, để ghép vào hai mặt bên dầm cần gia cường, và gắn liền nhau bằng các bản liên kết.

Các dàn thép tam giác mang gối tựa dàn hồi ở điểm giữa nhịp; còn các dàn có cánh song song dùng để tạo nên nhiều gối tựa dàn hồi, đứng cách nhau trong nhịp.

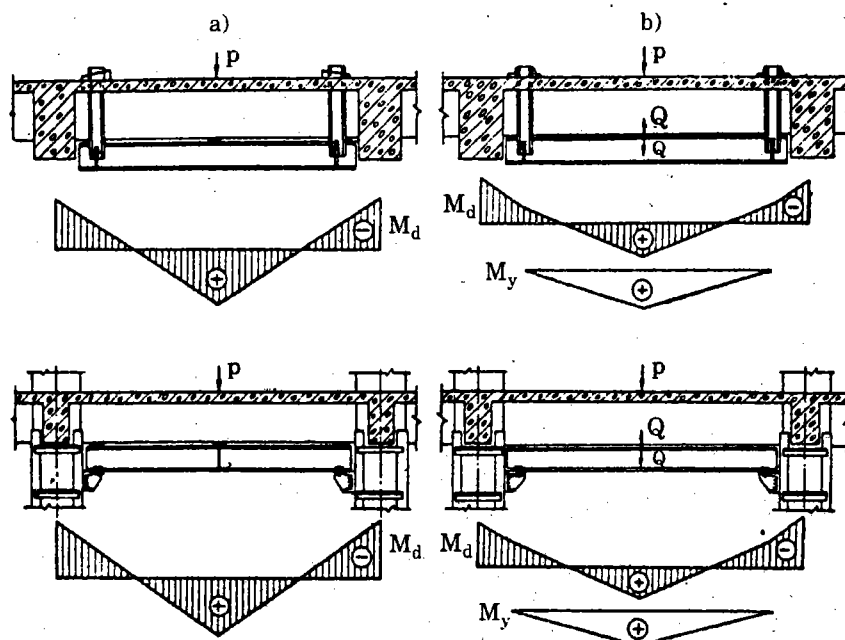
Các gối tựa dàn hồi trên dàn này là những tấm kê chèn giữa dàn và tấm sàn, ở sát mặt bên của dầm cần gia cường; tại những điểm tựa này thanh cánh thượng phải được liên kết vào sàn nhà bằng các bulông.

Nếu dầm không có sàn, thì người ta liên kết dàn gia cường vào dầm bằng các đai ôm.

Khi gia cường một nhịp giữa của dầm phụ, nhịp này không có cột, thì gối tựa của dàn thép gia cường là những đai ôm, treo dàn trực tiếp vào kết cấu cần gia cường, khi này phải sử dụng loại dàn thép có thanh cánh thượng nằm ngang.

Khi dầm cần gia cường tỳ lên các cột, thì nên sử dụng dàn thép tam giác có thanh cánh hạ nằm ngang, và liên kết dàn thép vào các cột; khi này cột được bọc ngoài bởi một cái lồng gồm bốn thanh thép góc, hàn liền bởi các bản liên kết; các thanh thép góc này được gắn bằng vữa xi măng vào mặt bên của cột, và phải dẫn xuống tận điểm tỳ vững chắc, như là sàn nhà hay móng nhà.

Để tăng hiệu quả gia cường của dàn tam giác, cần phải nêo kích tại điểm tựa của dầm.



Hình 47- Gối tựa đàn hồi dạng dầm thép.

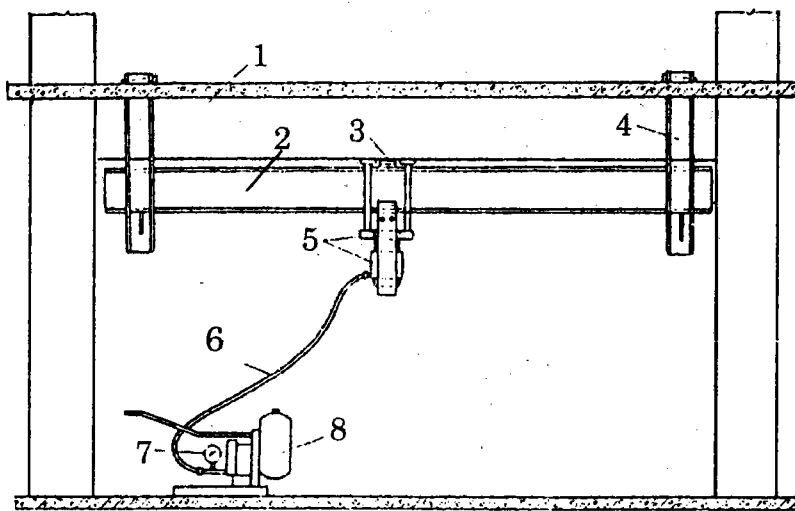
Các biểu đồ mômen uốn

a) Khi không chống căng ở giữa nhịp;

b) Khi có chống căng giữa nhịp.

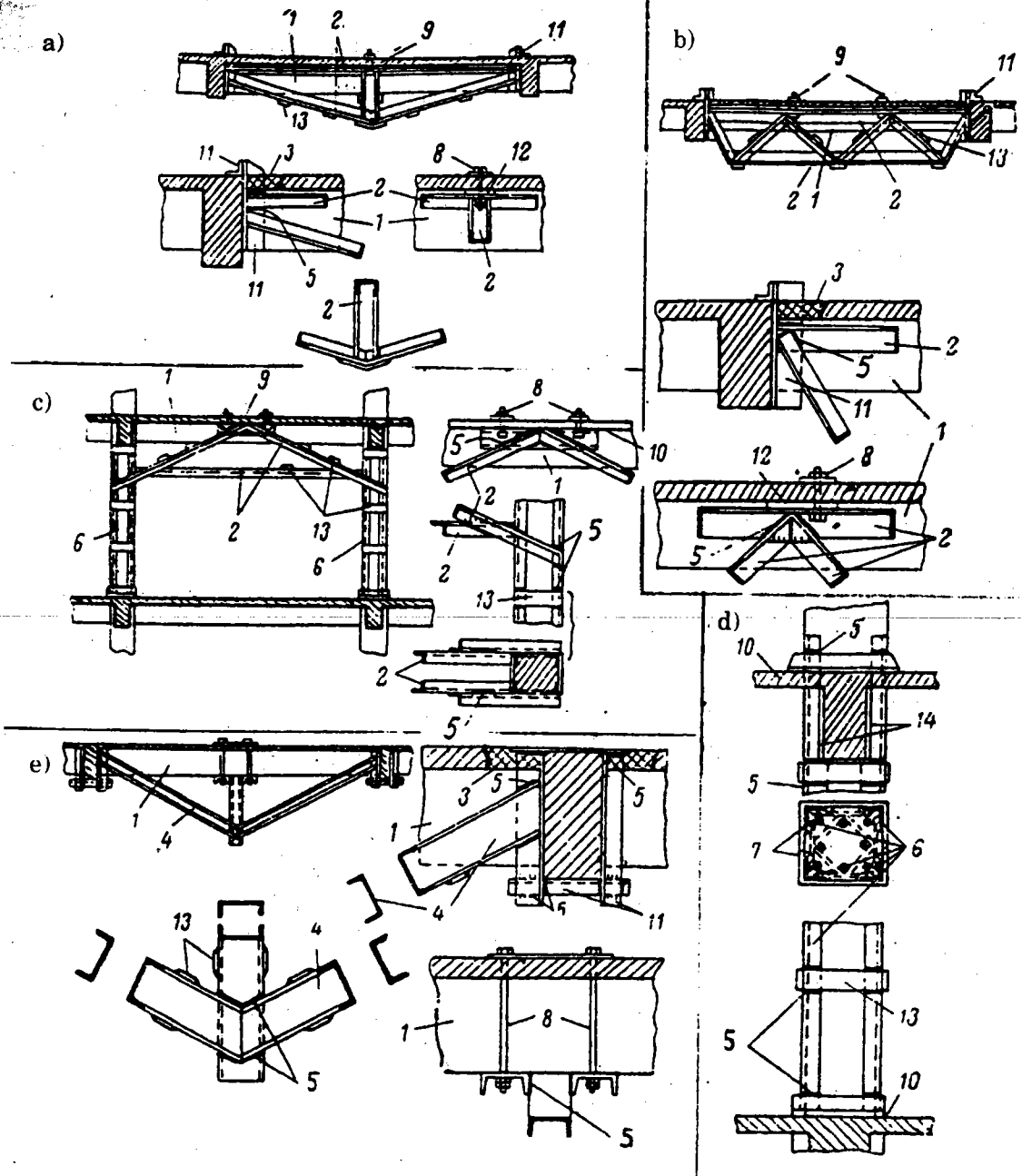
$M_d$  - biểu đồ mômen uốn trong dầm bê-tông cốt thép cân gia cường.

$M_y$  - biểu đồ mômen uốn trong dầm thép có chống căng.



Hình 48- Cách đưa dầm thép gia cường bắt vào làm việc với dầm bê-tông.

1. dầm bê-tông cốt thép; 2. dầm thép; 3. các mảnh thép kê dệm; 4. quang treo dầm thép;  
5. dụng cụ đập căng; 6. ống dẫn cao áp; 7. áp kế; 8. máy bơm dầu.



Hình 49 Gối tựa dàn hồi dạng dàn thép.

- a. Dàn tam giác chống đỡ từ dưới.
  - b. Dàn có các thanh cánh song song.
  - c. Dàn tam giác chống xiên (vào các cột).
  - d. Đai thép treo dàn gia cường.
  - e. Dàn tam giác gia cường dầm, không có thanh cánh thượng.
1. dầm cần được gia cường; 2. dàn gia cường; 3. lỗ đục qua sàn để cố định dàn gia cường;  
 4. dàn tam giác không có thanh cánh thượng; 5. đường hàn; 6. thép góc tắp ở các góc cột;  
 7. mặt bê-tông đục nhám, sau sẽ trám vữa; 8. bulông giằng; 9. chỗ gối tựa dàn hồi; 10. chỗ  
 trái vữa; 11. đai cố định dàn; 12. tấm đệm chỉnh tâm; 13. bản liên kết; 14. cánh của thép  
 góc bị cắt cho dầm đi qua.

### e. Dạng thanh căng võng (hình 49 e)

Hệ thanh căng võng được dùng làm gối tựa dàn hồi là khi sử dụng ngay kết cấu bê-tông cốt thép, cần gia cường làm cánh thượng của hệ, và kết cấu trở thành một hệ tổ hợp. Ưu điểm của loại kết cấu gia cường này là khả năng giảm tải cho dầm bê-tông khá lớn, mà cấu tạo thanh căng võng lại khá đơn giản.

Thanh căng võng gia cường là một kết cấu độc lập nó không có những giằng ngang, nên nó phải có độ tự ổn định cao, như vậy thì dạng tam giác là phù hợp. Độ dốc của thanh căng trong khoảng  $\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{2}\right)$  so với đường nằm ngang.

Lắp ráp thanh căng võng gia cường giống như lắp ráp dàn thép tam giác. Trước tiên lắp cố định các đai gối tựa, sau lắp các bulông liên kết cây chống đứng vào kết cấu bê-tông cốt thép cần gia cường, rồi hàn các thanh căng bằng thép hình vào đoạn chống đứng. Kéo căng các thanh căng về phía trên, rồi hàn cố định chúng vào các đai gối tựa. Các đai gối tựa của thanh căng võng phải liên kết chắc vào kết cấu bê-tông cốt thép, muốn vậy phải đục nhám mặt bê-tông, sau khi lắp đặt xong các đai gối tựa thì phụt vữa xi măng gắn các mặt tiếp xúc giữa bê-tông và thép.

Muốn hệ thanh căng võng và dầm bê-tông cốt thép làm việc kết hợp đồng thời một cách chắc chắn, thì phải tạo ứng suất trước cho hệ, bằng cách đặt bộ phận nêm kích tại chỗ tiếp xúc giữa đoạn chống đứng và dầm bê-tông cốt thép.

## B. PHẦN THIẾT KẾ

• Để đảm bảo cho kết cấu cũ và kết cấu gia cường cùng kết hợp làm việc đồng thời, cần :

– Giảm tối đa các tải trọng tác dụng lên dầm cũ.

– Nếu không dỡ bớt tải được thì dùng nêm kích để trả lại trạng thái “nghỉ” cho dầm cần gia cường.

• Nội lực phân phối lại cho kết cấu cũ và kết cấu mới phụ thuộc vào tương quan độ cứng của chúng.

Nếu biết trước độ cứng của kết cấu gia cường mới thì ta biết có thể giảm tải một chừng mực nào đó cho kết cấu cũ cần được gia cường, mà mục đích cuối cùng là làm thế nào cho biểu đồ mômen uốn mới của dầm cũ không vượt ra ngoài giới hạn của biểu đồ mômen uốn ban đầu của nó.

• Cơ sở tính toán cho hai kết cấu cũ và mới làm việc kết hợp đồng thời là độ biến dạng của chúng bằng nhau :

$$f_1 = f_2$$

• Các bước tính toán để xác định độ cứng cần thiết của kết cấu gối tựa dàn hồi như sau :

– Lập biểu đồ mômen do các tải trọng tác dụng khi gia cường ( $M_1$ ).

– Lập biểu đồ mômen do các tải trọng tác dụng sau khi gia cường dầm ( $M_2$ ).

– Lập biểu đồ mômen do phản lực R tại gối tựa dàn hồi ( $M_R$ ).

Án định phản lực R tại gối tựa dàn hồi sao cho tổng của ba biểu đồ mômen  $M_1 + M_2 + M_R$  không vượt ra khỏi đường bao vật liệu.

Công ty Hòa Chất Xây Dựng Phương Nam

- Xác định độ cứng cần thiết của dầm gối tựa dàn hồi (dầm gia cường), để đạt được giá trị phản lực R, cần thiết cho việc giảm tải cho dầm cần được gia cường.

• Tính phản lực gối tựa dàn hồi R khi nó gây nên mômen uốn  $M_R$  tại giữa nhịp của dầm gia cường, bằng đúng mômen  $M_2$  gây ra bởi tải trọng gia tăng (hay bởi tải trọng tác dụng sau gia cường), nhưng theo hướng ngược lại, như sau :

- Nếu dầm một nhịp, thì phản lực gối tựa dàn hồi bằng :

$$R = \frac{4M_2}{l} \quad (1)$$

- Nếu dầm liên tục, thì :

$$R = \frac{4}{l} [M_2 - 0,5(M_0^T + M_0^P)] \quad (1')$$

$M_0^T$  và  $M_0^P$  - là mômen tại gối tựa trái và phải

• Khi sơ đồ tải trọng phức tạp, cần phải xét riêng biệt từng dạng tải trọng giản đơn một để tính phản lực gối tựa R (hay X), bằng các công thức tính toán nêu trong bảng 1 và 2.

• Trong kết cấu bê-tông cốt thép thường gặp các dầm liên tục hoặc các dầm bị ngàm cứng tại gối tựa, nên bảng 1 và 2 có nêu cả trường hợp dầm được gia cường bằng gối tựa dàn hồi, chịu tác dụng của mômen uốn  $M_0$  tại gối tựa.

• Các hệ số A và E trong các công thức tính toán phản lực gối tựa dàn hồi X, tùy thuộc vào độ cứng  $B_1$  của dầm cần được gia cường và độ cứng  $B_2$  của dầm gia cường.

• Các công thức tính độ cứng lấy theo quy phạm xây dựng của Nga CHU II II - B1 - 62 :

Tính độ cứng các phần tử chịu uốn theo công thức (184).

Tính độ cứng các phần tử chịu nén lệch tâm theo công thức (173).

• Xác định độ cứng cần thiết của các dàn thép và các hệ thanh căng vông gia cường bằng cách cho trước tiết diện của một vài phần tử nào đó, rồi mới tính ra các phần tử khác. Sau khi đã chọn sơ bộ tiết diện các phần tử, thì kiểm tra lại chúng theo nội lực.

Tiết diện các phần tử trong dàn thép gia cường thường phải lấy lớn hơn khá nhiều so với tiết diện cần để chịu nội lực, vì rằng dàn thép còn cần có một độ cứng nhất định, nên thường đòi hỏi phải tăng tiết diện các phần tử.

• Khi thiết kế kết cấu gia cường dạng thanh căng vông, có một đặc điểm là : không thể tìm được ngay phản lực gối tựa dàn hồi như đối với các kết cấu khác. Đó là vì trong hệ thanh căng vông phát sinh lực nén dọc H, lực này ảnh hưởng nhiều đến mức độ giảm tải cho dầm cần được gia cường, cho nên phải áp dụng phương pháp gần đúng dần để xác định phản lực gối tựa dàn hồi.

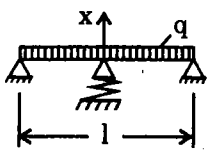
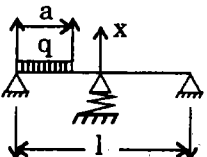
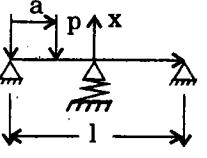
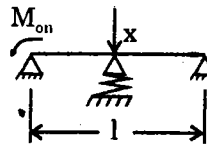
Trước tiên tính phản lực gối tựa dàn hồi mà không xét tới lực nén H, sau đó giảm phản lực mới tìm được đi một chút, do tác dụng giảm tải từ các lực nén H mới phát sinh. Tiếp sau là tính toán lại hệ; nếu cần thiết thì lại tiếp tục một vài lần điều chỉnh mới nữa, khi thấy việc giảm phản lực gối tựa dàn hồi là chưa đủ.

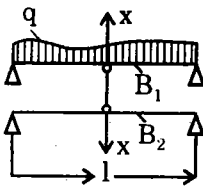
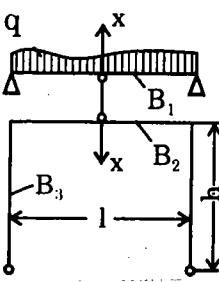
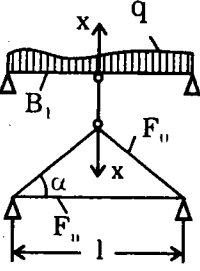
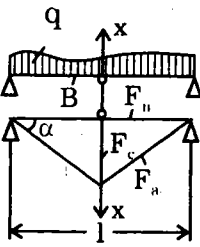
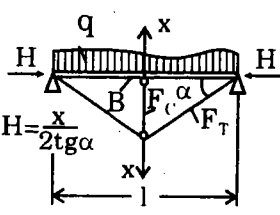
Lần thử gần đúng đầu tiên, có thể giảm phản lực X của gối tựa dàn hồi xuống trị

$$X_0 = \frac{1,8Xh}{l.tg\alpha} \quad (2)$$

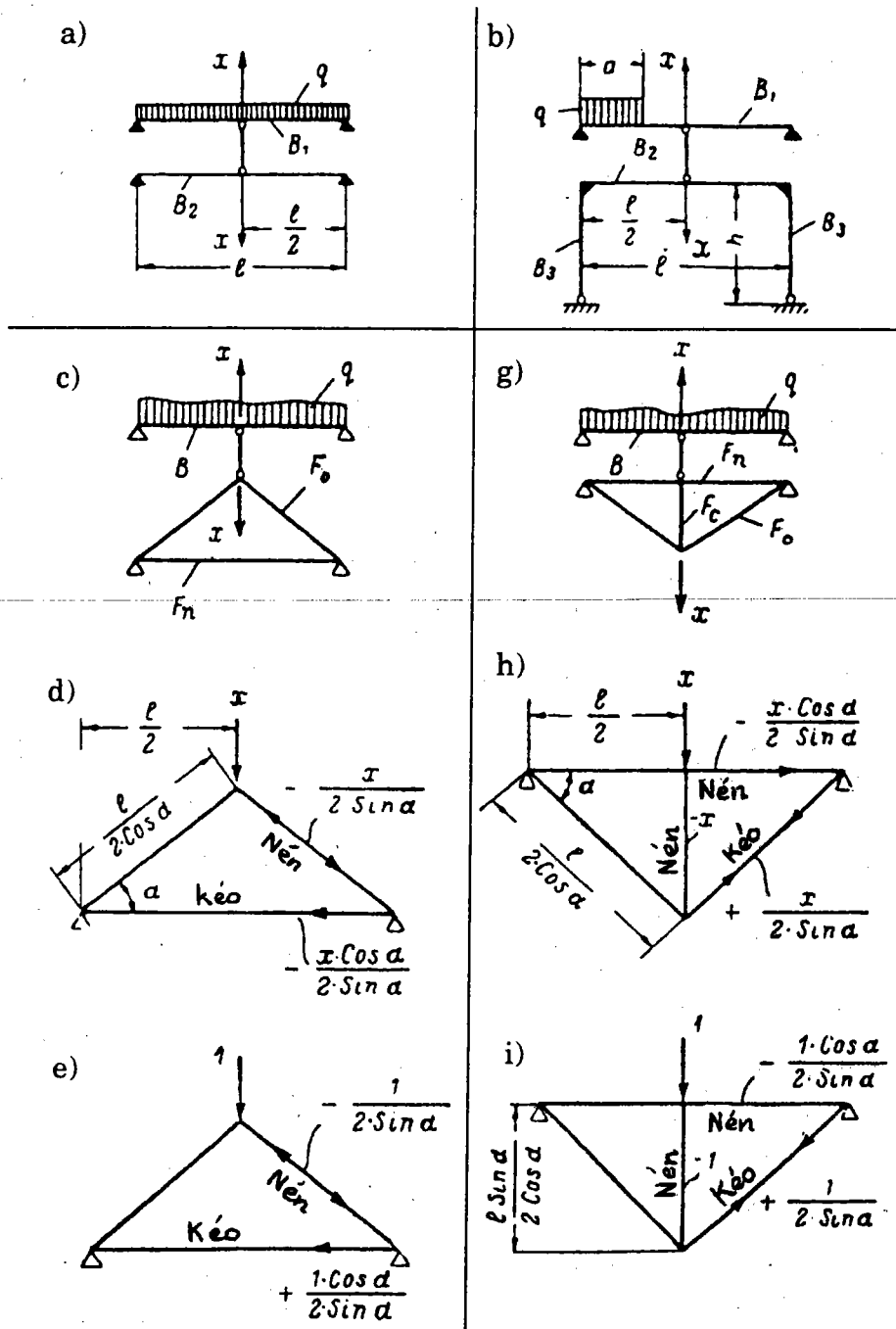
$\alpha$  - góc dốc của thanh căng vông.

**BẢNG 1. CÁC CÔNG THỨC TÍNH TOÁN GỐI TỰA ĐÀN HỒI**

Sơ đồ tải trọng	Số công thức	Công thức
	3	$X = 0,625ql \frac{A}{A+E}$
	4	$X = \frac{qa^2(1,5l^2 - a^2)}{l^3} \cdot \frac{A}{A+E}$
	5	$X = 0,058ql \frac{A}{A+E}$ khi $a = \frac{l}{5}$
	6	$X = 0,100ql \frac{A}{A+E}$ khi $a = \frac{l}{4}$
	7	$X = 0,154ql \frac{A}{A+E}$ khi $a = \frac{l}{3}$
	8	$X = 0,313ql \frac{A}{A+E}$ khi $a = \frac{l}{2}$
	9	$X = \frac{3Pa(l^2 - 1,33a^2)}{l^3}$ khi $a = \frac{l}{5}$
	10	$X = 0,568P \cdot \frac{A}{A+E}$ khi $a = \frac{l}{5}$
	11	$X = 0,688P \cdot \frac{A}{A+E}$ khi $a = \frac{l}{4}$
	12	$X = 0,852P \cdot \frac{A}{A+E}$ khi $a = \frac{l}{3}$
	13	$X = P \cdot \frac{A}{A+E}$ khi $a = \frac{l}{2}$
	14	$X = \frac{-3M_{on}}{l} \cdot \frac{A}{A+E}$

Sơ đồ hệ gối tựa	Số công thức	Các biểu thức hệ số
	15	$A = B_2$
	16	$E = B_1$
	17	$K = \frac{hB_2}{lB_3}$
	18	$A = B_2(2k + 3)$
	19	$E = B_1(2k + 0,75)$
	20	$A = l^2 \sin \alpha \cdot \sin 2\alpha F_o F_n E_a$
	21	$E = 24B(F_n + F_o \cos^3 \alpha)$
	22	$A = l^2 \sin \alpha \cdot \sin 2\alpha F_o F_n F_c E_a$
	23	$E = 24B(F_n F_c + F_a F_c \cdot \cos^3 \alpha + 2F_o F_n \cos^3 \alpha)$
	24	$A = l^2 \sin^2 \alpha \cdot \cos \alpha E_a F_T F_c$
	25	$E = 12B(F_c + 2\sin^3 \alpha F_T)$

**BẢNG 3. CÁC SƠ ĐỒ ĐỂ TÌM RA CÁC CÔNG THỨC TÍNH TOÁN KẾT CẤU GỖ TỤA DÀN HỒI.**



- a) Dầm tựa lên dầm.
- b) Dầm tựa lên khung một nhịp.
- c) Dầm tựa lên dàn tam giác có cánh hạ nằm ngang.
- d) Sơ đồ tải trọng của dàn hình (c) chịu lực X.
- e) Sơ đồ tải trọng của dàn hình (c) chịu lực đơn vị.
- g) Dầm tựa lên dàn tam giác có cánh thượng nằm ngang.
- h) Sơ đồ tải trọng của dàn hình (g) chịu lực X.
- i) Sơ đồ tải trọng của dàn hình (g) chịu lực đơn vị

### C. CÁC CÔNG THỨC TÍNH TOÁN

Xuất xứ của các công thức tính toán nêu trong bảng 1 và 2, theo các sơ đồ chất tải khác nhau, của từng dạng gối tựa đàn hồi khác nhau, được diễn giải như sau :

- **Dầm một nhịp, chịu tải phân bố đều, tựa lên dầm một nhịp. (bảng 3, a)**

Độ võng của dầm trên :

$$f_1 = \frac{5ql^4}{384B_1} - \frac{Xl^3}{48B_1}$$

Độ võng của dầm dưới :

$$f_2 = \frac{Xl^3}{48B_2}$$

Do vì  $f_1 = f_2$ , nên

$$\frac{5ql^4}{384B_1} = \frac{Xl^3}{48B_1} - \frac{Xl^3}{48B_2}$$

$$X = \frac{5ql}{8B_1} \cdot \frac{B_1 \cdot B_2}{B_1 + B_2} = 0,625ql \frac{B_2}{B_1 + B_2}$$

Nếu ký hiệu :

$$A = B_2 \text{ và } E = B_1$$

Thì :

$$X = 0,625ql \frac{A}{A + E} \quad (3)$$

- **Dầm một nhịp, chịu tải phân bố đều trên một phần nhịp, tựa lên khung một nhịp (bảng 3, b).**

Độ võng của dầm trên :

$$f_1 = \frac{qa^2}{48B_1} (1,5l^2 - a^2) - \frac{Xl^3}{48B_1}$$

Độ võng của dầm khung chống dưới :

$$f_2 = \frac{Xl^3}{48B_2} - \frac{0,75Xl^3}{16B_2(2k+3)}$$

$$k = \frac{hB_2}{lB_3} \quad (17)$$

$B_3$  độ cứng của cột khung

$$M_0 = \frac{0,75Xl}{2(2k+3)}$$

Độ võng (ngược) do hai mômen gối tựa :

$$f = - \frac{M_0 l^2}{8B_2} = - \frac{0,75Xl^3}{16B_2(2k+3)}$$

Do vì  $f_1 = f_2$ , nên

$$\frac{qa^2}{3B_1}(1,5l^2 - a^2) = \frac{Xl^3}{3B_1} + \frac{Xl^3}{3B_2} - \frac{0,75Xl^3}{B_2(2k+3)}$$

$$X = \frac{qa^2(1,5l^2 - a^2)}{l^3} \cdot \frac{B_2(2k+3)}{B_2(2k+3) + B_1(2k+0,75)}$$

Nếu ký hiệu :

$$A = B_2(2k+3) \quad (18)$$

$$E = B_1(2k+0,75) \quad (19)$$

$$X = \frac{qa^2(1,5l^2 - a^2)}{l^3} \cdot \frac{A}{A+E} \quad (4)$$

- Dầm một nhịp, chịu tải trọng bất kỳ, tựa lên dàn tam giác, có thanh cánh hạ nằm ngang (Bảng 3 c).

Ký hiệu :

$F_o$  - diện tích tiết diện các thanh xiên.

$F_n$  - diện tích tiết diện thanh cánh nằm ngang.

$F_c$  - diện tích tiết diện thanh chống đứng.

$N_1$  - nội lực trong các thanh do lực bằng 1 (đơn vị)

$N_x$  - nội lực trong các thanh do lực bằng X (chưa biết)

$L_o$  - chiều dài mỗi thanh

F - diện tích tiết diện thanh.

$\alpha$  - góc dốc của các thanh cánh.

Độ võng của dàn đỡ dưới  $f_2$ , khi chịu lực X, xác định theo phương pháp Mo-rơ :

$$f_2 = \sum \frac{N_1 \cdot N_x \cdot L_o}{E \cdot F}$$

Trong Bảng 3 d) và e) đã cho công thức các nội lực trong dàn do lực X và 1 tác dụng, và cả chiều dài mỗi thanh treo nhịp l và góc dốc  $\alpha$  của thanh cánh thượng. Vậy :

$$f_2 = 2 \frac{\frac{-1}{2\sin\alpha} \cdot \frac{-X}{2\sin\alpha} \cdot \frac{l}{2\cos\alpha} + \frac{1\cos\alpha}{2\sin\alpha} \cdot \frac{X\cos\alpha}{2\sin\alpha} \cdot l}{E_a \cdot F_o} =$$

$$= \frac{X \cdot l}{4\sin^2\alpha \cdot \cos\alpha \cdot E_a \cdot F_o} + \frac{Xl \cdot \cos^2\alpha}{4\sin^2\alpha \cdot E_a \cdot F_n} =$$

$$= \frac{Xl(F_n + F_o \cos^3\alpha)}{4\sin^2\alpha \cdot \cos\alpha \cdot F_o \cdot F_n \cdot E_a} = \frac{Xl(F_n + F_o \cos^3\alpha)}{2\sin\alpha \cdot \sin 2\alpha \cdot F_o \cdot F_n \cdot E_a}$$

Độ võng của dầm trên :

$$f_1 = f_b - \frac{Xl^3}{48B}$$

$f_b$  - độ võng của dầm trên, do tải trọng cụ thể từ ngoài tác dụng.

Do vì  $f_1 = f_2$ , ta rút ra :

$$f_b = \frac{Xl(F_n + F_o \cos^3 \alpha)}{2 \cdot \sin \alpha \cdot \sin 2\alpha \cdot F_o \cdot F_n \cdot E_a} + \frac{Xl^3}{48B}$$

$$= \frac{Xl}{2} \cdot \frac{24B(F_n + F_o \cos^3 \alpha) + l^2 \sin \alpha \cdot \sin 2\alpha \cdot F_o \cdot F_n \cdot E_a}{24B \cdot \sin \alpha \cdot \sin 2\alpha \cdot F_o \cdot F_n \cdot E_a}$$

Ký hiệu :

$$A = l^2 \cdot \sin \alpha \cdot \sin 2\alpha \cdot F_o \cdot F_n \cdot E_a \quad (20)$$

$$E = 24B(F_n + F_o \cos^3 \alpha) \quad (21)$$

$$f_b = \frac{Xl^3(A + E)}{48B \cdot A}, \quad \text{từ đó rút ra : } X = \frac{48 \cdot B \cdot A \cdot f_b}{l^3(A + E)}$$

- Khi tải trọng phân phối đều tác dụng lên dầm trên thì :

$$f_b = \frac{5ql^4}{384B}$$

và 
$$X = \frac{0,625ql \cdot A}{A + E} \quad (3)$$

- Khi một gối tựa của dầm trên chịu mômen gối tựa -  $M_{on}$ , thì :

$$f_b = \frac{-M_{on}l^2}{16B}$$

$$X = \frac{-3M_{on} \cdot A}{l(A + E)} \quad (14)$$

- Dầm một nhịp, chịu tải trọng bất kỳ, tựa lên dàn tam giác, có thanh cánh thượng nằm ngang (Bảng 3 g).

Theo hình (h) và (i) bảng 3, ta lập công thức :

$$f_2 = \frac{-1 \cos \varepsilon}{2 \sin \alpha} \cdot \frac{-X \cos \alpha}{2 \sin \alpha} \cdot \frac{l}{E_a \cdot F_n} + 2 \frac{1}{2 \sin \alpha} \cdot \frac{X}{2 \sin \alpha} \cdot \frac{l}{2 \cos \alpha} + \frac{(-1) \cdot (-X) \cdot \frac{l \cdot \sin \alpha}{2 \cos \alpha}}{E_a \cdot F_c} =$$

$$= \frac{Xl(F_n F_c + F_o F_c \cos^3 \alpha + 2 \sin^3 \alpha F_o \cdot F_n)}{2 \cdot \sin \alpha \cdot \sin 2\alpha \cdot F_n \cdot F_o \cdot F_c \cdot E_a}$$

$$f_b = \frac{Xl}{2} \cdot \frac{24B(F_n \cdot F_c + F_o \cdot F_c \cos^3 \alpha + 2F_o \cdot F_n \sin^3 \alpha) + l^2 \sin \alpha \cdot \sin 2\alpha \cdot F_n \cdot F_o \cdot F_c \cdot E_a}{24B \sin \alpha \cdot \sin 2\alpha \cdot F_n \cdot F_o \cdot F_c \cdot E_a}$$

Ký hiệu :

$$A = l^2 (\sin \alpha \cdot \sin 2\alpha \cdot F_n \cdot F_o \cdot F_c \cdot E_a) \quad (22)$$

$$E = 24B (F_n \cdot F_c + F_o \cdot F_c \cdot \cos^3 \alpha + 2F_o \cdot F_n \cdot \sin^3 \alpha) \quad (23)$$

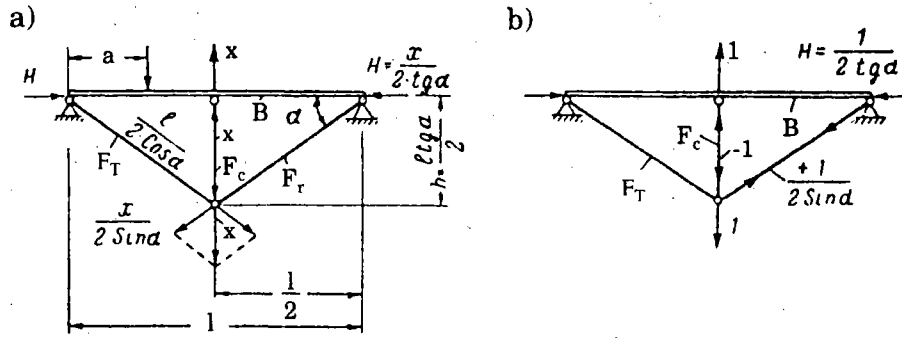
$$f_b = \frac{Xl^3(A + E)}{48B \cdot A}$$

$$X = \frac{48B \cdot A \cdot f_b}{l^3(A + E)}$$

$f_b$  là do độ võng của dầm khi phải chịu tải trọng cụ thể nào.

Với bất kỳ dạng chất tải nào, ta tìm trị  $f_b$  tương ứng là có thể xác định được trị của X.

- Dầm một nhịp, chịu tải trọng tập trung, tựa lên thanh cằng vông (Hình dưới)



$F_T$  - diện tích tiết diện của thanh cằng

$F_C$  - diện tích tiết diện cây chống

Độ võng của dầm trên thanh cằng vông :

$$f_1 = \frac{P \cdot a}{16B} \cdot (l^2 - 1,33 a^2) - \frac{Xl^3}{48B}$$

Độ lún  $f_2$  của thanh cằng vông do biến dạng đàn hồi, do cây chống bị chùn ngấn, do trục thanh cằng giãn dài, theo công thức Mo-rô như trên, bằng :

$$\begin{aligned} f_2 &= 2 \frac{1}{E_a \cdot F_T} \frac{X}{2 \sin \alpha} \frac{1}{2 \cos \alpha} + \frac{(-1) \cdot (-X) \cdot l \cdot \tan \alpha}{2 \cdot E_a \cdot F_C} = \\ &= \frac{Xl}{4 \sin^2 \alpha \cdot \cos \alpha \cdot E_a \cdot F_T} + \frac{X \cdot l \cdot \sin \alpha}{2 \cos \alpha \cdot E_a \cdot F_C} = \\ &= \frac{Xl F_C + 2Xl \sin^3 \alpha \cdot F_T}{4 \sin^2 \alpha \cdot \cos \alpha \cdot E_a \cdot F_T \cdot F_C} = \frac{Xl (F_C + 2 \sin^3 \alpha \cdot F_T)}{4 \sin^2 \alpha \cdot \cos \alpha \cdot E_a \cdot F_T \cdot F_C} \end{aligned}$$

Độ võng của dầm nằm trên thanh cằng vông còn viết được ra như sau :

$$f_1 = f_b - \frac{Xl^3}{48B}$$

Do vì :  $f_1 = f_2$ , nên ta rút ra được :

$$\begin{aligned} f_b &= \frac{Xl (F_C + 2 \sin^3 \alpha \cdot F_T)}{4 \sin^2 \alpha \cdot \cos \alpha \cdot E_a \cdot F_T \cdot F_C} - \frac{Xl^3}{48B} \\ &= Xl \frac{12B (F_C + 2 \sin^3 \alpha \cdot F_T) + l^2 \cdot \sin^2 \alpha \cdot \cos \alpha \cdot E_a \cdot F_T \cdot F_C}{48B \cdot \sin^2 \alpha \cdot \cos \alpha \cdot E_a \cdot F_T \cdot F_C} \end{aligned}$$

Giải theo nội lực X :

$$X = \frac{f_b}{l} \cdot \frac{48B \sin^2 \alpha \cdot \cos \alpha \cdot E_a \cdot F_T \cdot F_C}{12B (F_C + 2 \sin^3 \alpha \cdot F_T) + l^2 \sin^2 \alpha \cdot \cos \alpha \cdot E_a \cdot F_T \cdot F_C} =$$

Trường hợp tải trọng là lực tập trung P :

$$X = \frac{3Pa(l^2 - 1,33a^2)}{l^3} \cdot \frac{l^2 \cdot \sin^2 \alpha \cdot \cos \alpha \cdot E_a \cdot F_T \cdot F_C}{12B (F_C + 2 \sin^3 \alpha \cdot F_T) + l^2 \sin^2 \alpha \cdot \cos \alpha \cdot E_a \cdot F_T \cdot F_C}$$

Ký hiệu : Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

$$A = l_2 \sin^2 \alpha \cdot \cos \alpha \cdot E_a \cdot F_T \cdot F_c \quad (24)$$

$$E = 12B (F_c + 2\sin^3 \alpha \cdot F_T) \quad (25)$$

$$X = \frac{3Pa (l^2 - 1,33a^2)}{l^3} \cdot \frac{A}{A + E} \quad (9)$$

$$H = \frac{X}{2\text{tg}\alpha} \quad (26)$$

## NHỮNG ƯU KHUYẾT ĐIỂM CỦA PHƯƠNG PHÁP GIA CƯỜNG KẾT CẤU BÊ-TÔNG CỐT THÉP BẰNG HỆ GỐI TỰA ĐÀN HỒI

**Ưu :**

- + dễ dàng thi công kết cấu gia cường, không cần sửa chữa gì nhiều kết cấu cần gia cường.
- + có khá nhiều dạng cấu tạo gối tựa đàn hồi để chọn.
- + có thể nâng cao khả năng chịu lực của kết cấu cần gia cường lên khá nhiều.
- + không chiếm chỗ nhiều trong không gian nhà.
- + có thể thi công lắp đặt kết cấu gia cường nhưng không ảnh hưởng đến sản xuất.

**Khuyết :**

- làm các kết cấu chịu lực chính khác phải chịu tăng tải, đôi khi lại phải gia cường những kết cấu ấy nữa.
- trọng lượng bản thân kết cấu gia cường tăng theo tác dụng giảm tải của nó, nhất là khi sử dụng dầm và dầm khung bê-tông cốt thép làm kết cấu gia cường.
- nếu sử dụng kết cấu gia cường bằng sắt thép thì lại không đảm bảo khả năng chống hỏa hoạn của các kết cấu bê-tông cốt thép cần được gia cường.

*Ví dụ 1 :*

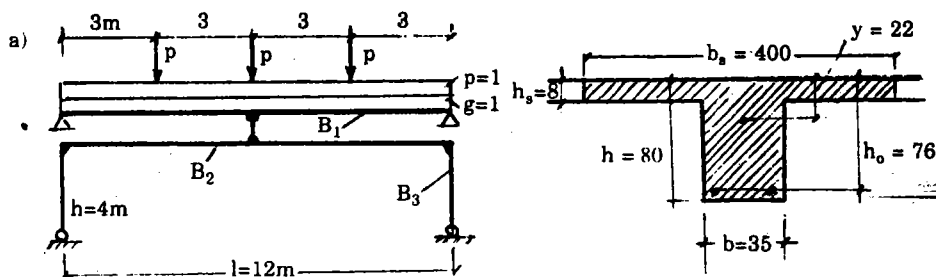
*Cần gia cường một dầm chính của một sàn có sườn, bằng cách tạo một gối tựa đàn hồi ở chính giữa nhịp dầm này. Gối tựa đàn hồi này có dạng khung một nhịp.*

*Tải trọng tính toán khi gia cường gồm tĩnh tải  $g$  và hoạt tải  $p$  :*

$$p + g = 2 T/m$$

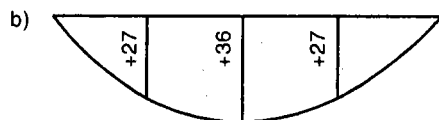
*Ba tải trọng gia tăng  $P$  tác dụng sau khi gia cường:*

$$3.P = 3 \times 4T$$

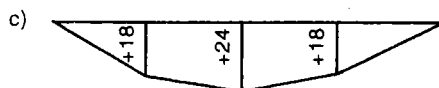


$$F_a = 5 \phi 22 - 19 \text{ cm}^2$$

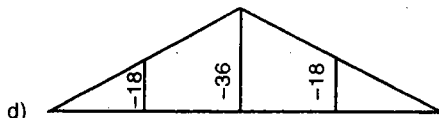
$$J = 33.10^5 \text{ cm}^4$$



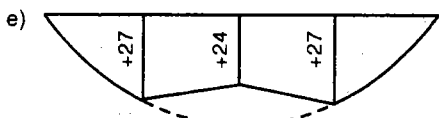
Biểu đồ M khi gia cường.



Biểu đồ M do tải trọng gia tăng sau khi gia cường.



Biểu đồ M do phản lực giảm tải của gối tựa đàn hồi.



Biểu đồ M của dầm chính sau khi gia cường.

• Xác định phản lực của gối tựa đàn hồi sao cho biểu đồ mômen mới không vượt ra khỏi giới hạn của biểu đồ mômen tổng cộng ban đầu.

Phản lực này phải tạo ra tại các điểm  $\frac{1}{4}$  nhịp dầm (hình d) các mômen uốn không nhỏ hơn các mômen uốn cũng tại các điểm đó trong hình c.

Trị của phản lực này, tính theo công thức (1) :

$$X = \frac{4M}{l} = \frac{4 \cdot 36}{12} = 12T$$

• Sau đó áp dụng các công thức (17), (18), (19), (3), (11), (13) nêu trong bảng 1 để tính độ cứng  $B_2$  cần thiết cho khung chống dầm theo độ cứng  $B_1$  của dầm được chống (dầm được gia cường); mà độ cứng  $B_1$  của dầm này thì bao giờ cũng biết trước rồi.

Gọi  $X_1, X_2, X_3$  - là phản lực của gối tựa đàn hồi, chúng được xác định bằng các công thức (3), (11), (13), ta sẽ có :

$$\begin{aligned} X &= X_1 + 2X_2 + X_3 \\ X &= \frac{0,625 \cdot q \cdot l \cdot A}{A + E} + 2 \frac{0,688 P \cdot A}{A + E} + \frac{PA}{A + E} = \\ &= \frac{0,625 \cdot 1,5 \cdot 12A}{A + E} + 2 \cdot \frac{0,688 \cdot 4 \cdot A}{A + E} + \frac{4 \cdot A}{A + E} \end{aligned}$$

Ghi chú : do đỡ bởi một phân hoạt tải, nên  $q = p + g = 1,5T$

Do  $X = 12T$ , vậy :

$$12 = \frac{(11,25 + 5,50 + 4,00)A}{A + E} = \frac{20,75A}{A + E}$$

$$\frac{12}{20,75} = \frac{A}{A+E} = 0,579$$

Thế các trị của A và E trong công thức (18) và (19) ta được :

$$0,579 = \frac{B_2(2k+3)}{B_2(2k+3)+B_1(2k+0,75)}$$

hay 
$$\frac{B_2}{B_1} = 1,37 \cdot \frac{2k+0,75}{2k+3}$$

$B_1$  – độ cứng của dầm cần được gia cường.

$B_2$  – độ cứng của dầm khung chống gia cường.

$B_3$  – độ cứng của cột khung chống một nhịp.

Áp dụng công thức (17) để tính k, sau đó tính  $\frac{B_2}{B_1}$ ; độ cứng  $B_1$  của dầm cần gia cường

đã biết trước, từ đó tính ra độ cứng  $B_2$  của dầm khung chống.

Để tính độ cứng  $B_2$ , ta tự cho trước tỷ lệ :

$$\frac{B_2}{B_3} = 1; \text{ hay } \frac{B_2}{B_3} = 2$$

Theo công thức (17) ta sẽ có :

$$k = \frac{h}{l} \cdot \frac{B_2}{B_3} = \frac{4}{12} \cdot 1 = 0,33$$

hay 
$$k = \frac{h}{l} \cdot \frac{B_2}{B_3} = \frac{4}{12} \cdot 2 = 0,67$$

với  $k = 0,33$ , thì :

$$\frac{B_2}{B_1} = \frac{1,37(0,67+0,75)}{3,67} = 0,53 ; B_2 = 0,53 B_1$$

Với  $k = 0,67$ , thì :

$$\frac{B_2}{B_1} = \frac{1,37(1,34+0,75)}{4,34} = 0,66 ; B_2 = 0,66 B_1$$

• Tính độ cứng  $B_1$  của dầm chính cần gia cường, theo các số liệu đã cho trong hình (a).

Bê-tông M 200,  $E_b = 2,65 \cdot 10^3 \text{ kG/cm}^2$

Cốt thép 5  $\phi$  22,  $F_a = 19 \text{ cm}^2$

$$n = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2.1 \cdot 10^6}{2.65 \cdot 10^5} = 8; \quad \mu = \frac{19}{400.70} = 0,00063$$

$b_s = 400\text{cm}$ ; vì  $x < h'_s = 8\text{cm}$ , nên  $\gamma' = 0$

$$L = \frac{M}{b_s \cdot h_o^2 \cdot R_u^{tch}} = \frac{3600000}{400.76^2 \cdot 180} = 0,0086$$

$$\xi = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5L}{10\mu \cdot n}} = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5 \cdot 0,0086}{10 \cdot 0,0063 \cdot 8}} = 0,044$$

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

$$Z_1 = h_0 \left(1 - \frac{\xi}{2}\right) = 76 \left(1 - \frac{0,044}{2}\right) = 74 \text{ cm}$$

$$J = 33.10^5 \text{ cm}^4 \text{ và } y = 22 \text{ cm}$$

$$W_0 = \frac{J}{h-y} = \frac{33.10^5}{80-22} = 57000 \text{ cm}^3$$

Tra bảng, ta có :  $\gamma_0 = 1,75$

$$W_b = \gamma_0 W_0 = 1,75 \cdot 57000 = 99500 \text{ cm}^3$$

$$M_b = 0,8 \cdot W_b \cdot R_k^{\text{tch.}} = 0,8 \cdot 99500 \cdot 16 = 1270000 \text{ kG.cm}$$

$$\psi_a = 1,3 - S \frac{M_b}{M} = 1,3 - 0,8 \cdot \frac{1270000}{3600000} = 1,02$$

vì  $\psi_a > 1$ , nên lấy  $\psi_a = 1$

với  $\psi_b = 0,9$  và  $\nu = 0,15$ , ta tính ra :

$$B_1 = \frac{h_0 z_1}{\frac{\psi_a}{E_0 F_a} + \frac{\psi_b}{\xi b h_0 E_b \nu}} = \frac{76.74}{\frac{1}{21.10^6 \cdot 19} + \frac{0,9}{0,044 \cdot 400 \cdot 76 \cdot 2,65 \cdot 10^5 \cdot 0,15}} =$$

$$B_1 = 133.10^9 \text{ kG.cm}^2$$

khi  $k = 0,33$ , thì :

$$B_2 = 0,53 \cdot 133.10^9 = 705.10^8 \text{ kG.cm}^2$$

khi  $k = 0,67$ , thì :

$$B_2 = 0,66 \cdot 133.10^9 = 879.10^8 \text{ kG.cm}^2$$

Chọn tiết diện ngang của dầm khung chống.

Không có phương pháp nào tính thẳng ra tiết diện này từ độ cứng cần thiết, chỉ có cách mò dần.

Chọn tiết diện :

$$b = 35 \text{ cm}, h = 80 \text{ cm}, h_0 = 76 \text{ cm}$$

$$F_a = 15,7 \text{ cm}^2 \text{ với } 5 \phi 20, \text{ thép A-II.}$$

Bê-tông mác M 200.

Với  $k = 0,33$ , thì ở chính giữa nhịp dầm khung chống người ta tính ra  $M = 27 \text{ T.m}$ , khi dầm đó chịu lực  $X = 12 \text{ T}$  truyền từ dầm chính xuống và chịu trọng lượng bản thân.

• Tính độ cứng  $B_2$  của dầm khung chống :

$$n = 8; \mu = \frac{F_0}{b h_0} = \frac{15,7}{35.76} = 0,0059$$

$$L = \frac{M}{b h_0^2 R_u^{\text{tch.}}} = \frac{2700000}{35.76^2 \cdot 180} = 0,075$$

$$\xi = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5L}{10\mu n}} = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5 \cdot 0,075}{10 \cdot 0,0059 \cdot 8}} = 0,212$$

$$z_1 = h_o \left(1 - \frac{\xi}{2}\right) = 76 \left(1 - \frac{0,212}{2}\right) = 68 \text{ cm}$$

$$W_o = \frac{bh^2}{6} = \frac{35 \cdot 80^2}{6} = 37400 \text{ cm}^3$$

Tra bảng, ta được  $\gamma_o = 1,75$

$$W_b = \gamma_o W_o = 1,75 \cdot 37400 = 65500 \text{ cm}^3$$

$$M_b = 0,8 \cdot W_b \cdot R_k^{\text{tch}} = 0,8 \cdot 37400 \cdot 16 = 480000 \text{ kG.cm}$$

$$\psi_a = 1,3 - S \frac{M_b}{M} = 1,3 - 0,8 \frac{480000}{2700000} = 1,16$$

Vì  $\psi_a > 1$ , nên lấy  $\psi_a = 1$

Lấy :  $\psi_b = 0,9$  và  $\nu = 0,15$  (vì là bê-tông nặng)

$$B_2 = \frac{h_o z_1}{\frac{\psi_a}{E_a F_a} + \frac{\psi_b}{\xi b h_o E_b \nu}} = \frac{76 \cdot 67}{\frac{1}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 16,7} + \frac{0,9}{0,212 \cdot 35 \cdot 76 \cdot 2,65 \cdot 10^5 \cdot 0,15}} = 735 \cdot 10^8 \text{ KG.cm}^2 > 705 \cdot 10^8 \text{ KG.cm}^2$$

Vậy là đã chọn xong tiết diện kết cấu khung để làm gối tựa đàn hồi cho dầm chính với  $k = 0,33$ .

Nếu tiến hành chính toán với trường hợp  $k = 0,67$  thì tiết diện của dầm khung chống này là :

$$b = 35 \text{ cm}, h = 85 \text{ cm}.$$

Hình (e) là biểu đồ mômen cuối cùng của dầm chính cần gia cường, sau khi nó được cải tạo.

Ví dụ 2 :

Xét trường hợp khi gia cường, dầm chỉ chịu mỗi tĩnh tải  $g$ .

Khi này tính toán có khác một chút, vẫn sử dụng sơ đồ của ví dụ trên, với tĩnh tải tính toán  $g = 2 \text{ T/m}$ , sau khi gia cường dầm sẽ chịu tải trọng gia tăng với ba lực tập trung  $G = 4 \text{ T}$ , như trong sơ đồ (a) bên dưới.

Trước khi bắt dầm chính chịu các tải gia tăng  $3G = 12 \text{ T}$  cần phải dỡ tải cũ cho nó, bằng cách kích nâng nó lên với lực  $12 \text{ T}$ , để cho tại các điểm  $\frac{1}{4}$  nhịp dầm chính xuất hiện các mômen dỡ tải, bằng đúng các mômen gây ra bởi các tải trọng gia tăng  $3G$  (hình d).

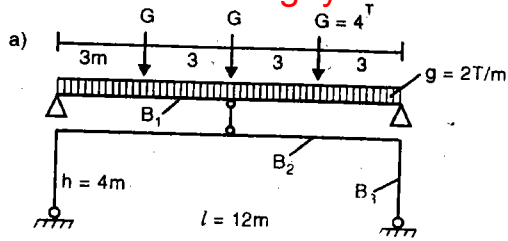
Cần nâng dầm chính lên khỏi hiện trạng của nó là  $5 \text{ mm}$ , chưa tính tới độ võng đồng thời của dầm khung chống; độ võng của dầm này có thể xác định dễ dàng sau khi biết độ cứng của nó.

Khi thiết kế khung chống, cần phải tìm ra độ cứng của nó, sao cho sau khi kích nâng và chất tải gia tăng lên dầm chính, thì phản lực của gối tựa đàn hồi này vẫn giữ nguyên trị  $12 \text{ T}$ .

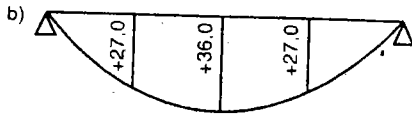
Sau khi kích nâng, tại chỗ đặt kích xuất hiện lực  $Q = 12 \text{ T}$ , lực này sẽ đưa dầm chính trở về tư thế nghỉ ban đầu, nhưng dầm của khung chống phải chịu phản lực ngược. Vậy tại chỗ đặt gối tựa đàn hồi trên dầm khung, sau khi tăng tải, sẽ có lực :

$$G + Q = 4 + 12 = 16 \text{ T}$$

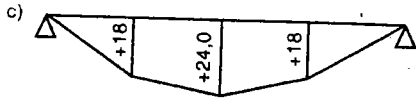
Khi này ảnh hưởng của tĩnh tải  $g = 2,0 \text{ T/m}$  đã được tính tới khi đưa lực  $Q = 12 \text{ T}$  vào trong tính toán dầm khung.



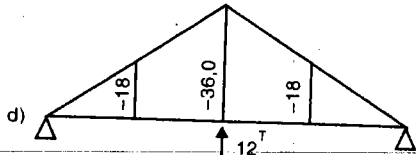
Sơ đồ gia cường dầm chính và các tải trọng.



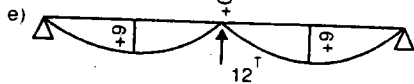
Biểu đồ M do tính tải g khi gia cường.



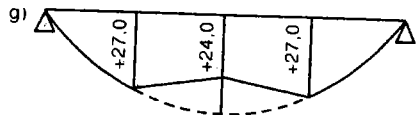
Biểu đồ M do các tải trọng gia tăng G sau khi gia cường.



Biểu đồ M do lực kích



Biểu đồ M của dầm chính sau khi nó được kích nâng lên.



Biểu đồ M của dầm chính sau khi được gia cường và chịu tải gia tăng.

Khi tính toán độ cứng của các phần tử trong khung chống một nhịp, ta áp dụng các công thức (17), (18), (19), (11), (13) trong bảng 1.

$$X = \frac{2.0,688GA}{A+E} + \frac{(G+Q)A}{A+E}$$

$$12 = \frac{2.0,688 \cdot 4 \cdot A + 16A}{A+E} = \frac{21,504A}{A+E}$$

$$\frac{A}{A+E} = \frac{12}{21,504} = 0.56$$

Áp dụng công thức (18) và (19) ta được

$$\frac{B_2(2k+3)}{B_2(2k+3) + B_1(2k+0.75)} = 0.56$$

$$0.56B_1(2k+0.75) = 0.44B_2(2k+3)$$

$$\frac{B_2}{B_1} = 1.27 \cdot \frac{2k+0.75}{2k+3}$$

Từ công thức (17) ta có :

$$k = \frac{h}{l} \frac{B_2}{B_3} = \frac{4}{12} \frac{B_2}{B_3}$$

Nếu cho trước các tỷ lệ

$$B_2 = B_3, \text{ thì } k = 0,333; \text{ hay } B_2 = 4B_3, \text{ thì } k = 1,333$$

Trong hai trường hợp này ta có :

$$\frac{B_2}{B_1} = \frac{1,27(0,67 + 0,75)}{3,67} = 0,49; B_2 = 0,49B_1$$

hay

$$\frac{B_2}{B_1} = \frac{1,27(2,67 + 0,75)}{5,67} = 0,77; B_2 = 0,77 B_1$$

Ta đã biết trị  $B_1 = 133.10^9 \text{ kG.cm}^2$  (xem ví dụ 1)

$$B_2 = 0,49B_1 = 0,49.133.10^9 = 65.10^9 \text{ kG.cm}^2$$

hay

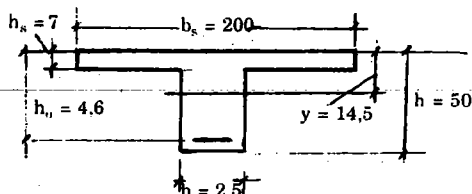
$$B_2 = 0,77B_1 = 0,77.133.10^9 = 102.10^9 \text{ kG.cm}^2$$

Tiếp sau là xác định tiết diện của các phần tử của khung chống.

**Nhận xét :** Độ cứng  $B_2$  của dầm khung chống trong ví dụ này, nhỏ hơn  $B_2$  trong ví dụ trước, đó là vì trong ví dụ trước có hoạt tải, nên không được sử dụng kích nâng.

**Ví dụ 3 :** Cân gia cường nhịp giữa của một dầm liên tục ba nhịp, để chịu các tải trọng gia tăng  $P = 2,5T$ .

a)

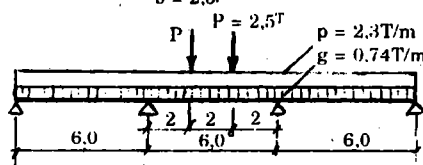


$$J = 4.10^5 \text{ cm}^4$$

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

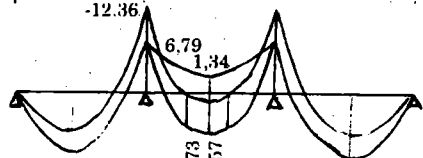
$$F_b = 2475 \text{ cm}^2$$

b)



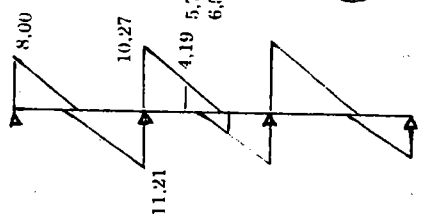
Sơ đồ dầm và các tải trọng sau gia cường.

c)



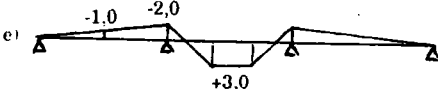
Biểu đồ M do lực đỡ tải bằng 1 đơn vị lực.

d)



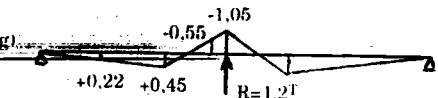
Biểu đồ Q trước gia cường.

e)



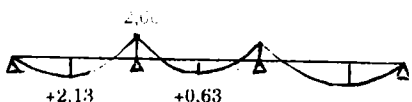
Biểu đồ M do tải trọng gia tăng sau khi gia cường nhịp giữa.

g)



Biểu đồ M do tổ hợp các hoạt tải và tĩnh tải trước gia cường.

h)



Biểu đồ M do tĩnh tải.

Biểu đồ mômen (hình g) do lực đỡ tải bằng một đơn vị lực, tác dụng ở điểm giữa nhịp dầm gia cường. Từ biểu đồ này ta dễ dàng tính ra phản lực đỡ tải của gối tựa dàn hồi của các hệ cấu tạo khác.

Phản lực dàn hồi xác định theo điều kiện đỡ hết các nội lực do tải trọng gia tăng gây ra (hình e) như sau :

$$X = \frac{3,00}{0,55} = 5,45T$$

Khi đã biết phản lực đỡ tải này rồi, thì áp dụng các công thức tính toán bảng 1, 2 để tính ra các tiết diện của các phần tử trong hệ dàn hồi, như sẽ làm ở dưới đây.

Nếu áp dụng kết cấu dạng dàn thép làm gối tựa dàn hồi thì nên lấy tiết diện toàn bộ các phần tử dàn giống nhau, và việc tính toán sẽ dễ dàng hơn.

*Trường hợp 1:* Áp dụng dàn thép tam giác, với cánh hạ nằm ngang, và góc nghiêng của cánh thượng  $\alpha = 20^\circ$ .

Để tính toán, ta sử dụng các công thức bảng 1, 2.

Trước tiên xác định độ cứng của nhịp dầm giữa với các số liệu đã cho (hình a) như sau:

$$b = 25\text{cm}; b_s = 200\text{cm}; h = 50\text{cm}, h_o = 46\text{cm}; h_s = 7\text{cm}.$$

Bê-tông M 200,  $E_b = 2,65 \cdot 10^5 \text{ kG.cm}^2$

Thép A-II,  $F_a = 6,2 \text{ cm}^2 \rightarrow 4 \phi 14$ .

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

$$\mu = \frac{E_a}{b_s \cdot h_o} = \frac{6,2}{200 \cdot 46} = 0,00065$$

Trong hệ số hàm lượng thép  $\mu$  có xét tới chiều rộng cánh chữ T của dầm, vì  $x < h_s = 7\text{cm}$ , nên  $\gamma' = 0$ .

$$L = \frac{M}{b_s \cdot h_o^2 R_u^{TC}} = \frac{687000}{200 \cdot 46^2 \cdot 180} = 0,009$$

$$\xi = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5L}{10\mu n}} = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5 \cdot 0,009}{10 \cdot 0,00065 \cdot 8}} = 0,0465$$

$$z_1 = h_o \left(1 - \frac{\xi}{2}\right) = 46 \left(1 - \frac{0,0465}{2}\right) = 45\text{cm}$$

Với  $J = 400.000 \text{ cm}^4$  và  $y = 14,5 \text{ cm}$

$$W_o = \frac{J}{h - y} = \frac{400000}{40 - 14,5} = 11300 \text{ cm}^3$$

Tra bảng,  $\gamma_o = 1,75$

$$W_b = \gamma_0 W_0 = 1,75 \cdot 11300 = 19700 \text{ cm}$$

$$M_b = 0,8 W_b R_k^{TC} = 0,8 \cdot 19700 \cdot 16 = 252000 \text{ kG.cm}$$

$$\psi_a = 1,3 - S \frac{M_b}{M} = 1,3 - 0,8 \frac{252000}{657000} = 1,007$$

Vì  $\psi_a > 1$ , nên lấy  $\psi_a = 1$ .

Lấy :  $\psi_b = 0,9$  và  $v = 0,15$

$$B_1 = \frac{h_0 z_1}{\frac{\psi_a}{E_a F_a} + \frac{\psi_b}{\xi b h_0 E_b v}} =$$

$$B_1 = \frac{46.45}{\frac{1}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 6,2} + \frac{0,9}{0,0465 \cdot 200 \cdot 46 \cdot 2,65 \cdot 10^5 \cdot 0,15}} = 159 \cdot 10^8$$

$$= 159 \cdot 10^8 \text{ kG.cm}^2$$

Áp dụng các công thức (3), (12), (14) để tính ra tỷ số  $\frac{A}{A+E}$ , sau đó áp dụng công thức (20) và (21) để xác định tiết diện các phần tử  $F_0, F_n$  của dàn.

Nhận xét :

- Khi tiến hành những tính toán trên, ta dựa trên các điều kiện bất lợi nhất của nhịp dầm giữa, nghĩa là khi nó mang các tải trọng hữu ích, còn hai nhịp dầm biên chỉ mang tĩnh tải.

- Tác dụng tĩnh tải lên dầm không làm ảnh hưởng đến tính toán về biến dạng đồng thời, vì rằng những độ võng do tĩnh tải gây ra không thay đổi. Khi đặt kết cấu đỡ tải bên dưới dầm, và cả khi dầm cùng kết cấu đỡ tải làm việc đồng thời thì tĩnh tải, theo lý do nêu trên, cũng không gây ảnh hưởng gì đến hệ kết cấu mới này.

Vậy trong tính toán, ta chỉ cần lấy (hình b) :

$$p = 2,30 \text{ T/m}$$

Mômen gối tựa  $M_0$  :

$$M_0 = -6,79 + 2,66 - 2,00 + 0,45 \cdot 5,45 = -3,68 \text{ T.m}$$

Ở đây ta sử dụng các biểu đồ M hình c, e, g, h.

$$X = \frac{0,625 \cdot q l A}{A+E} + 2 \frac{0,852 P A}{A+E} + 2 \frac{-3 M_0}{1} \cdot \frac{A}{A+E}$$

$$= \left( 0,625 \cdot 2,3 \cdot 6 + 2 \cdot 0,852 \cdot 2,5 - \frac{2 \cdot 3 \cdot 3,68}{6} \right) \cdot \frac{A}{A+E}$$

$$= (8,60 + 4,25 - 3,68) \frac{A}{A+E} = 9,17 \frac{A}{A+E}$$

Vì  $X = 5,45T$ , nên :

$$5,45 = 9,17 \frac{A}{A+E} \quad \text{hay} \quad \frac{5,45}{9,17} = \frac{A}{A+E} = 0,596$$

Áp dụng công thức (20) và (21) ta sẽ có :

$$\frac{A}{A+E} = 0,596 = \frac{l^2 \sin \alpha \cdot \sin 2\alpha \cdot F_o \cdot F_n \cdot E_a}{l^2 \sin \alpha \cdot \sin 2\alpha \cdot F_o \cdot F_n \cdot E_a + 24B(F_n + F_o \cdot \cos^3 \alpha)}$$

Vì  $F_o = F_n$  và  $B = 159 \cdot 10^8 \text{ kG} \cdot \text{cm}^2$ , nên

$$0,596 = \frac{600^2 \cdot 0,342 \cdot 0,643 \cdot F_o^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6}{600^2 \cdot 0,342 \cdot 0,643 \cdot F_o^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6 + 24 \cdot 159 \cdot 10^8 \cdot F_o (1 + 0,94^3)}$$

$$= \frac{166 \cdot 10^9 \cdot F_o^2}{166 \cdot 10^9 \cdot F_o^2 + 698 \cdot 10^9 \cdot F_o} = \frac{F_o}{F_o + 4,20}$$

$$0,596 F_o + 2,50 = F_o$$

$$0,404 F_o = 2,50$$

$$F_o = \frac{2,50}{0,404} = 6,2 \text{ cm}^2$$

Nếu cho tiết diện các phần tử chịu nén của dàn lớn hơn một chút, chẳng hạn :

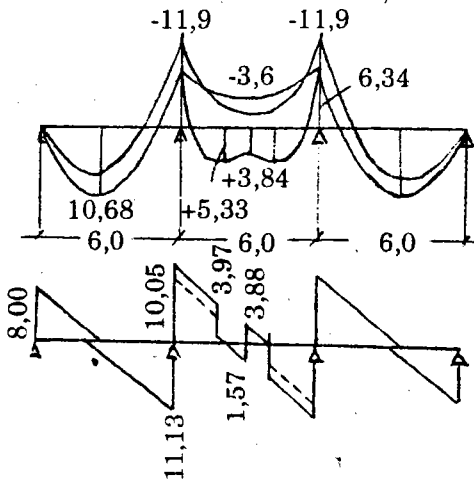
$F_o = 1,5 F_n$ , ta sẽ có :

$$0,596 = \frac{166 \cdot 10^9 \cdot 1,5 F_n^2}{166 \cdot 10^9 \cdot 1,5 F_n^2 + 2,4 \cdot 159 \cdot 10^8 \cdot F_n (1,5 + 0,94^2)} = \frac{F_n}{F_n + 3,6}$$

$$F_n = 5,3 \text{ cm}^2 \text{ và } F_o = 7,9 \text{ cm}^2$$

Trường hợp  $F_o = F_n$ , lượng thép cho toàn bộ dàn là 61kg.

Trường hợp  $F_o = 1,5 F_n$ , lượng thép là 65kg.



Biểu đồ M tổng kết sau khi gia cường nhịp giữa bằng kết cấu dàn thép.

Biểu đồ lực cắt Q tổng kết khi gia cường bằng kết cấu dàn thép.

Trường hợp 2 : Áp dụng dàn thép tam giác, với cánh thượng nằm ngang, và góc dốc của cánh hạ  $\alpha = 20^\circ$ .

Trước tiên sử dụng các công thức (3), (12), (14) để tính toán, thì được :

$$0,596 = \frac{A}{A + E}$$

Còn khi sử dụng các công thức (22) và (23), và lấy  $F_o = F_c = F_n$ , nghĩa là các phần tử của dàn có cùng một tiết diện như nhau, ta sẽ có :

$$\begin{aligned} \frac{A}{A + E} = 0,596 &= \frac{l^2 \sin \alpha \cdot \sin 2\alpha \cdot F_n \cdot F_o \cdot F_c \cdot E_a}{l^2 \sin \alpha \cdot \sin 2\alpha \cdot F_n \cdot F_o \cdot F_c \cdot E_a + 24B(F_n \cdot F_c + F_o \cdot F_c \cos^3 \alpha + 2F_o \cdot F_n \cdot \sin^3 \alpha)} \\ &= \frac{600^2 \cdot 0,342 \cdot 0,643 \cdot F_o^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6}{600^2 \cdot 0,342 \cdot 0,643 \cdot F_o^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6 + 24 \cdot 159 \cdot 10^8 (F_o^2 + F_o^2 \cdot 0,94^3 + 2F_o^2 \cdot 0,342^3)} \\ &= \frac{166 \cdot 10^9 \cdot F_o^3}{166 \cdot 10^9 \cdot F_o^3 + 730 \cdot 10^9 \cdot F_o^2} = \frac{F_o}{F_o + 4,40} \end{aligned}$$

$$0,596 F_o + 2,62 = F_o$$

$$2,62 = 0,404 F_o$$

$$F_o = 6,5 \text{ cm}^2$$

Lượng sắt thép cho toàn bộ dàn là 69kg, nghĩa là lớn hơn 13% so với dàn có cánh hạ nằm ngang.

*Trường hợp 3 :* Áp dụng hệ thanh căng vông và góc dốc của thanh căng  $\alpha = 20^\circ$ .

Theo công thức (2), ta có :

$$X_o = \frac{1,8Xh}{l \operatorname{tg} \alpha} = \frac{1,8 \cdot 5,45 \cdot 0,5}{6,0,364} = 2,24T$$

$$\text{Vậy } X = 5,45 - 2,24 = 3,21T$$

Tương tự như ví dụ trên, sử dụng các biểu đồ (c - h) để tính ra  $M_o$  :

$$M_o = -6,79 + 2,66 - 2,00 + 0,45 \cdot 3,21 = 4,69 \text{ T.m}$$

Sử dụng các công thức (3), (12), (14), ta sẽ tìm được:

$$\begin{aligned} X &= \frac{0,625qlA}{A + E} + 2 \frac{0,852 \cdot P \cdot A}{A + E} + 2 \frac{-3M_o \cdot A}{A + E} = \\ &= \left( 0,625 \cdot 2,3 \cdot 6 + 2 \cdot 0,852 \cdot 2,5 - \frac{2 \cdot 3 \cdot 4,69}{6} \right) \frac{A}{A + E} = \\ &= (8,60 + 4,25 - 4,69) \cdot \frac{A}{A + E} = 8,16 \frac{A}{A + E} \end{aligned}$$

Ở đây, ta đã biết :  $X = 3,21$ , vậy :

$$3,21 = 8,16 \frac{A}{A + E}, \text{ từ đó } \frac{A}{A + E} = \frac{3,21}{8,16} = 0,394$$

Sử dụng các công thức (24) và (23), ta sẽ có :

$$\frac{A}{A + E} = \frac{l^2 \sin 2\alpha E_a \cdot F_T \cdot F_c \cdot \cos \alpha}{l^2 \sin 2\alpha E_a \cdot F_T \cdot F_c \cdot \cos \alpha + 12B(F_c + 2 \sin^3 \alpha \cdot F_T)}$$

Lực nén H trong dầm dọc thanh căng vông tính bằng công thức (26) :

$$H = \frac{X}{2 \operatorname{tg} \alpha} = \frac{3,21}{2 \cdot 0,364} = 4,40T$$

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Khi mômen uốn lớn nhất trong nhịp là  $M = 6,57 \text{ T.m}$  theo biểu đồ (c), thì độ lệch tâm là :

$$e_o = \frac{M}{H} = \frac{6,57}{4,40} = 1,49\text{m}$$

Theo công thức :

$$e = e_o + h_o - y = 149 + 46 - 14,5 = 180,5\text{cm}$$

Theo công thức :

$$M_m = N_c \cdot e = H \cdot e = 4400 \cdot 180,5 = 792000 \text{ kG.cm}$$

$$L = \frac{M_m}{b_s \cdot h_o^2 \cdot R_u^{\text{tch}}} = \frac{792000}{200 \cdot 46^2 \cdot 180} = 0,0104$$

$$x < h_o = 7\text{cm}; \quad \gamma' = 0$$

$$\xi = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5L}{10\mu_n}} = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5 \cdot 0,0104}{10 \cdot 0,00065 \cdot 8}} = 0,0452$$

$$z_1 = h_o \left(1 - \frac{\xi}{2}\right) + 46 \left(1 - \frac{0,0452}{2}\right) = 45\text{cm}$$

Áp dụng công thức sau, với  $W_T = 19700 \text{ cm}^3$  và  $R_k^{\text{tch}} = 16$

$$\begin{aligned} M_T &= W_T R_k^{\text{tch}} + N_c (y - 0,5\xi h_o) = \\ &= 19700 \cdot 16 + 4400 \times (14,5 - 0,5 \cdot 0,0452 \cdot 46) = 374200 \text{ kG.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_c &= M + N_c (y - 0,5\xi h_o) = \\ &= 657000 + 4400 (14,5 - 0,5 \cdot 0,0452 \cdot 46) = 716000 \text{ kG.cm} \end{aligned}$$

$$m = \frac{M_T}{M_c} = \frac{374200}{716200} = 0,521$$

$$\psi_a = 1,3 - 5m \frac{1-m}{6-4,5m} = 1,3 - 0,8 \cdot 0,521 \cdot \frac{1-0,521}{6-4,5 \cdot 0,521} = 0,752$$

Vật liệu là bê-tông nặng nên lấy :  $\psi_b = 0,9$  và  $\nu_b = 0,15$ .

Tính độ cứng của kết cấu bê-tông cốt thép bị nén lệch tâm bằng công thức :

$$\begin{aligned} B &= \frac{Z_1 h_o}{\frac{\psi_a}{E_a F_a} \left(1 - \frac{Z_1}{e}\right) + (\gamma' + \xi) b h_o E_b \nu} \\ &= \frac{45 \cdot 46}{\frac{0,752}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 6,2} \left(1 - \frac{45}{180,5}\right) + (0 + 0,0452) 200 \cdot 46 \cdot 2,65 \cdot 10^5 \cdot 0,15} = 211 \cdot 10^8 \text{ kG} \cdot \text{cm}^2 \end{aligned}$$

Ta lấy :  $F_c = F_T$ , nên :

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

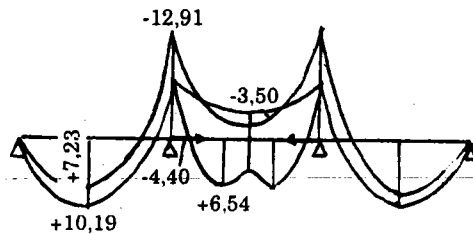
$$\frac{A}{A + E} = 0,394 = \frac{600^2 \cdot 0,342^2 \cdot 0,94 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot F_c^2}{600^2 \cdot 0,342^2 \cdot 0,94 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot F_c^2 + 12 \cdot 211 \cdot 10^8 + (F_c + 2 \cdot 0,324^3 F_c)}$$

$$= \frac{83 \cdot 10^9 \cdot F_c^2}{83 \cdot 10^9 \cdot F_c^2 + 595 \cdot 10^9 \cdot F_c} = \frac{F_c}{F_c + 7,18}$$

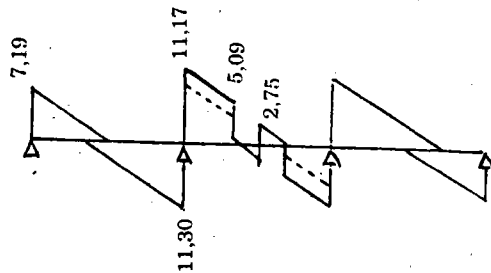
$$0,394 F_c + 2,83 = F_c$$

$$F_c = \frac{2,83}{0,606} = 4,66 \text{ cm}^2$$

Lượng sắt thép của thanh căng võng là 27,5kg, nghĩa là 2,4 lần nhỏ hơn các dàn thép gia cường.



Biểu đồ M sau khi gia cường dầm bằng thanh căng võng



Biểu đồ Q sau khi gia cường.

- Kiểm tra tiết diện nhịp giữa của dầm, sau khi gia cường bằng thanh căng võng, nó đã làm việc như một phần tử chịu nén lệch tâm.

Với các số liệu nêu trong hình (a), ta có :

$$r_u = \sqrt{\frac{J}{F}} = \sqrt{\frac{400.000}{2475}} = 12,3 \text{ cm}$$

$$\mu = \frac{F_a}{bh_o} = \frac{6,2}{25 \cdot 46} = 0,0054$$

$$\dot{c} = \frac{66000}{R + 350} \left( \frac{1}{\frac{e_o}{h} + 0,16} + 200\mu + 1 \right) = \frac{66000}{200 + 350} \left( \frac{1}{\frac{149}{50} + 0,16} + 200 \cdot 0,0054 + 1 \right) = 288$$

$$\frac{l_o}{r_u} = \frac{600}{12,3} = 47; \quad m_1 = 0,93$$

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

$$m_{1td} = \frac{m_1 + 2 \frac{e_o \cdot l}{h}}{1 + 2 \frac{e_o \cdot l}{h}} = \frac{0,93 + 2 \frac{149}{50}}{1 + 2 \frac{149}{50}} = 0,99$$

Với :  $N_1 = H = 4400 \text{ kG}$ , thì :  $N = \frac{N_1}{m_{1td}} = \frac{4400}{0,99} = 4450 \text{ kG}$

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{12cR_u F} \left( \frac{l_o^2}{r_u} \right)} = \frac{1}{1 - \frac{4450}{12 \cdot 288 \cdot 100 \cdot 2475} \cdot 47^2} = \frac{1}{0,988} = 1,02$$

$$e'_o = \eta e_o = 1,02 \cdot 149 = 152 \text{ cm}$$

$$e = e'_o + h_o - y = 152 + 46 - 14,5 = 183,5 \text{ cm}$$

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

$$100 \cdot 200 \cdot x (183,5 - 46 + 0,5x) - 2700 \cdot 6,2 \cdot 183,5 = 0$$

$$x^2 - 275x + 307 = 0$$

$$x = 1,12 \text{ cm}$$

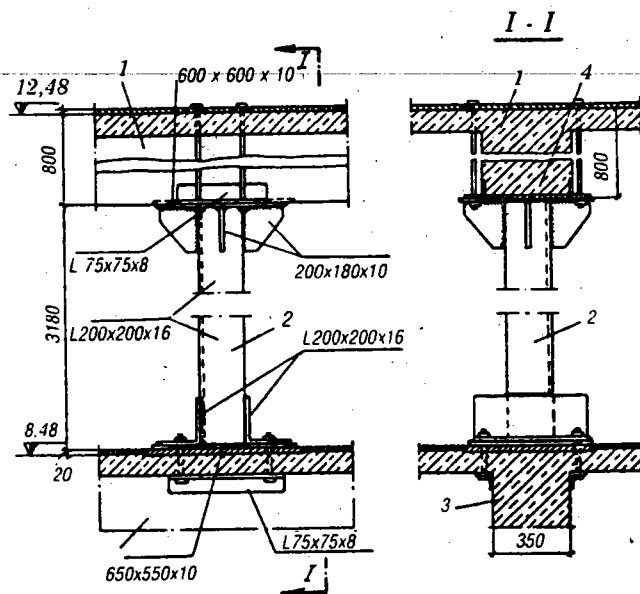
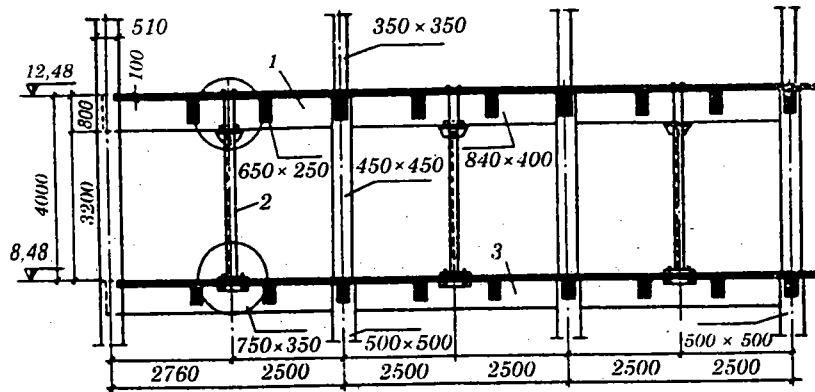
$$N = \frac{R_u \cdot b'_s \cdot x (e - h_o + 0,5x)}{R_a F_a} = \frac{100 \cdot 200 \cdot 1,12 (183,5 - 46 + 0,5 \cdot 1,12)}{2700 \cdot 6,2} = 5550 \text{ kG}$$

$$= 5550 \text{ kG} > 4450 \text{ kG}$$

Vậy cường độ dầm đảm bảo chịu được lực nén.

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam  
D. PHẦN ỨNG DỤNG

Ứng dụng 1. - Gia cường dầm một nhà máy để chịu tải gia tăng bằng gối tựa dàn hồi



- 1- dầm cân gia cường để chịu thêm tải;
- 2- gối tựa dàn hồi;
- 3- dầm gia cường vì còn dư khả năng chịu lực;
- 4- lớp xi măng lỏng.

