

Chương 2

ÁP DỤNG PHƯƠNG PHÁP "GIÀN ẢO" ĐỂ PHÂN TÍCH ỨNG SUẤT CỤC BỘ VÀ THIẾT KẾ VÙNG KHÔNG LIÊN TỤC (VÙNG D)

2.1. CÁC YÊU CẦU VÀ CÁC BƯỚC TÍNH TOÁN

Việc xác định sức kháng của vùng không liên tục (vùng D) được dựa trên các mô hình vật lý tùy thuộc vào các yêu cầu đưa ra khi xét cấu kiện làm việc ở trạng thái giới hạn cực hạn (Ultimate Limit State - ULS). Mô hình cho vùng D phải phù hợp với vùng B kế cận.

Mô hình giàn ảo được phân tích theo nội lực do tải trọng P_u/ϕ gây nên, trong đó $\phi = 0,85$ là hệ số giảm bền lấy theo cốt.

Mô hình giàn ảo là hệ lực cân bằng với tập hợp các tải trọng cho trước. Do vậy, dưới tác dụng của tải trọng thiết kế, không có các cấu kiện nào chịu tải vượt quá khả năng của nó; các ứng suất trong thanh chống và giằng không vượt quá độ bền cấu kiện. Đồng thời, khả năng biến dạng ở bất kỳ điểm nào không bị vượt quá giới hạn cho phép khi hệ lực đạt tới giá trị thiết kế.

Quá trình tính toán theo mô hình giàn ảo bao gồm 5 bước. Các bước này được minh họa trên hình vẽ sau đối với bài toán ví dụ về tính toán đầu dầm kiểu bậc thang (đầu dầm có cốt khác).

Bước 1: Xác định biên của vùng D và các lực tác dụng trên biên (các lực thiết kế giới hạn) căn cứ vào các lực trên mặt cắt và ngoại tải.

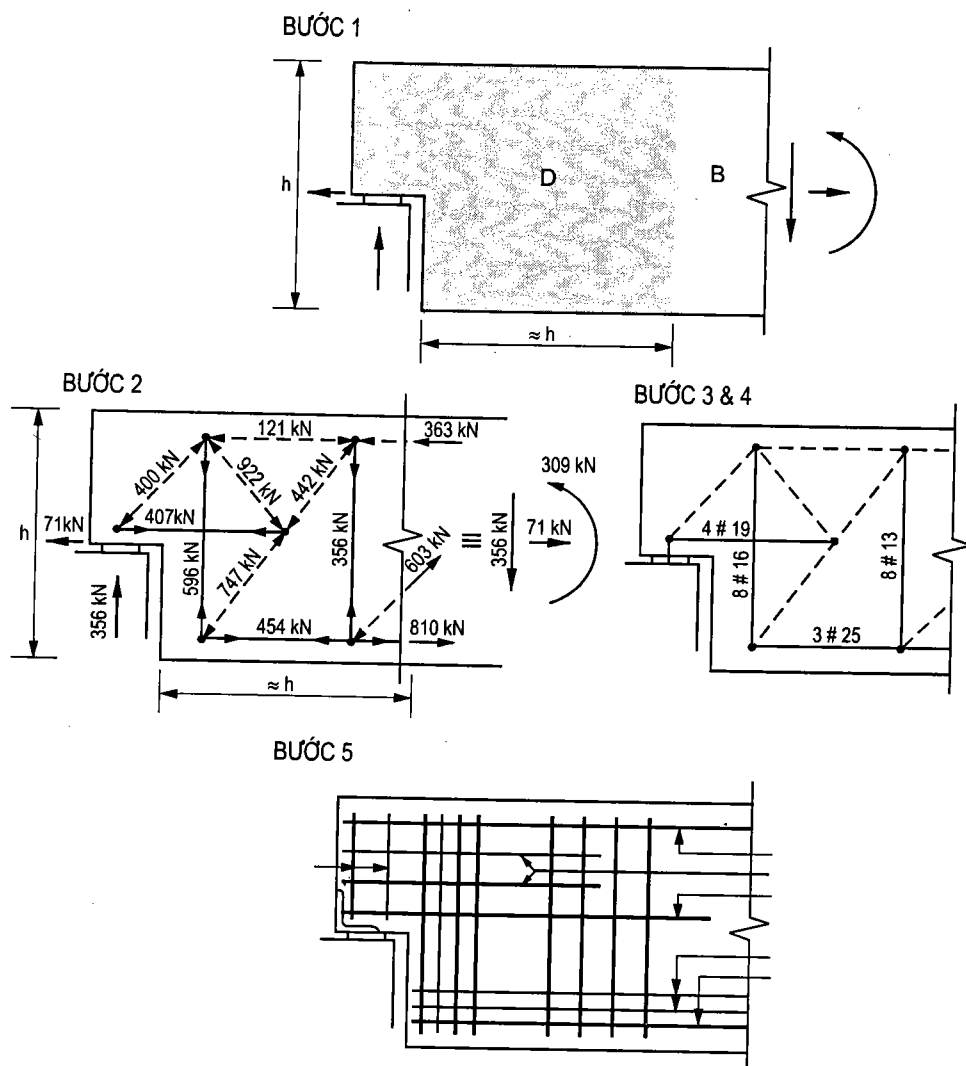
Bước 2: Vẽ phác sơ đồ giàn ảo tùy theo ý mình sao cho hợp lý và dựa trên các nguyên tắc chung. Xác định các lực biên tương đương, giải bài toán tĩnh học giàn để tìm ra các lực trong các bộ phận của giàn ảo.

Bước 3: Lựa chọn cốt thép thường hoặc cốt thép dự ứng lực sao cho đủ cung cấp khả năng chịu kéo cần thiết cho thanh giằng trong sơ đồ giàn ảo và bảo đảm các cốt thép này được neo an toàn vào vùng nút của giàn ảo.

Bước 4: Xác định kích thước của các thanh chống và các nút sao cho khả năng chịu lực của mọi thanh chống và mọi nút đủ để chịu các lực trong thanh của sơ đồ giàn ảo.

Bước 5: Bố trí cốt thép phân bố sao cho đảm bảo trạng thái dẻo của vùng D.

Vì phải đảm bảo cân bằng cho giàn ảo với các lực biên phải được thỏa mãn (bước 2) và các ứng suất ở bất cứ chỗ nào đều phải thấp hơn mức cho phép (bước 3 và 4), nên chúng ta có thể thấy rằng Phương pháp mô hình giàn ảo là phương pháp ở mức thấp của phân tích giới hạn.

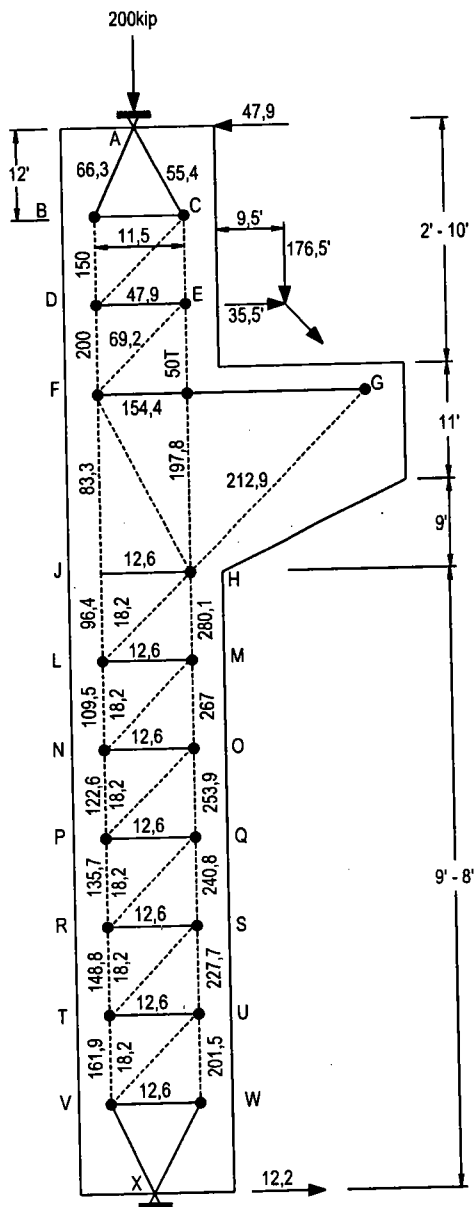


Hình 2.1: Minh họa các bước chính của phân tích mô hình giàn ảo

2.2. CÁC VÙNG KHÔNG LIÊN TỤC TÍNH: ĐẦU DÂY, VAI ĐỖ

Côngôn ngắn hoặc vai đỡ là cấu kiện chìa ra ngoài từ cột hoặc tường để đỡ tải trọng, vai đỡ thường được xây nguyên khối với cột hoặc tường. Thuật ngữ "vai đỡ" thường chỉ dùng đối với các côngôn ngắn có tỉ số chiều dài nhíp với chiều cao (a/d) nhỏ hơn hoặc bằng 1.

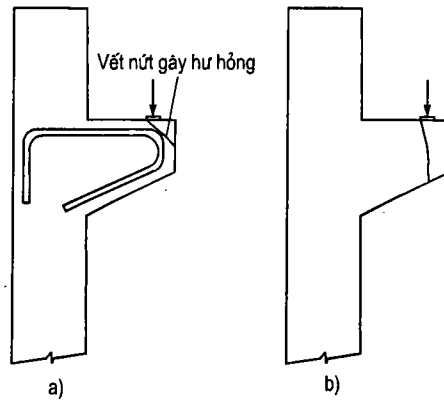
Mô hình giàn ảo cho một vai đỡ và cột được thể hiện như hình 2.1 nêu trên.



Hình 2.2. Mô hình chống và giằng của một cột có vai đỡ

Trong vai đỡ, kết cấu của chính nó bao gồm thanh chống nghiêng G - H và thanh giằng chịu kéo ngang G - F. Lực cắt gây ra trong các cột ở bên trên và bên dưới vai đỡ bị kháng lại bởi lực kéo trong các thanh giằng của cột và lực nén trong các thanh chống giữa các thanh giằng.

Trong các thử nghiệm, các vai đỡ thể hiện một vài dạng phá hỏng điển hình, phổ biến nhất là sự chảy dẻo thanh chịu kéo; sự phá hỏng các mấu neo đầu của thanh giằng chịu kéo dưới điểm đặt tải trọng hoặc trong cột; sự phá hỏng thanh chống chịu nén do nén vỡ hoặc do cắt, sự phá hỏng cục bộ bên dưới tấm gối. Nếu cốt thép của thanh giằng bị uốn móc xuống (hình 2.3a) thì phần bê tông bên ngoài



Hình 2.3. Sự hư hỏng của các vai đỡ

móc uốn có thể bị "bửa" ra ngoài, gây ra sự phá hỏng thanh giằng, nên nén chặt bê tông bằng cách hàn nó vào một thanh cốt thép ngang hoặc một tấm phẳng, cũng có thể uốn cong các thanh giằng thành vòng nằm ngang ở mặt ngoài cùng của vai đỡ, nhưng có thể khó làm và cần lớp bọc thêm. Nếu vai đỡ ở đầu phía ngoài quá nông thì có nguy cơ hình thành vết nứt và có thể kéo dài xuyên qua vai đỡ (như thể hiện trong hình 2.3b). Do đó, tiêu chuẩn ACI quy định chiều cao vai đỡ $0,5d$ tại mép ngoài của tấm đỡ.

2.2.1. Gối đỡ trực tiếp của dầm

Ở vị trí gối đỡ trực tiếp, phản lực gối bằng các ứng suất nén tại mặt đáy của cấu kiện. Phản lực gối $A = V_A$ được truyền vào cấu kiện bằng một thanh chống xiên đại diện cho trường ứng suất nén hình quạt (hình 2.4). Hình dáng của hình quạt được xác định bằng góc phẳng θ , là góc hợp bởi vùng chịu nén của vùng B giao cắt với trục của thanh mạ chịu kéo.

Ở điểm đầu của gối, lực F_{sA} trong thanh mạ chịu kéo phải được neo vào nút trên suốt bản gối:

$$F_{sA} = V_A \cdot \cot\theta_A + N \left(1 - \frac{z_s}{z}\right); \text{ với } N (+) \text{ kéo} \quad (2-1)$$

trong đó:

V_A - phản lực thẳng đứng tại gối

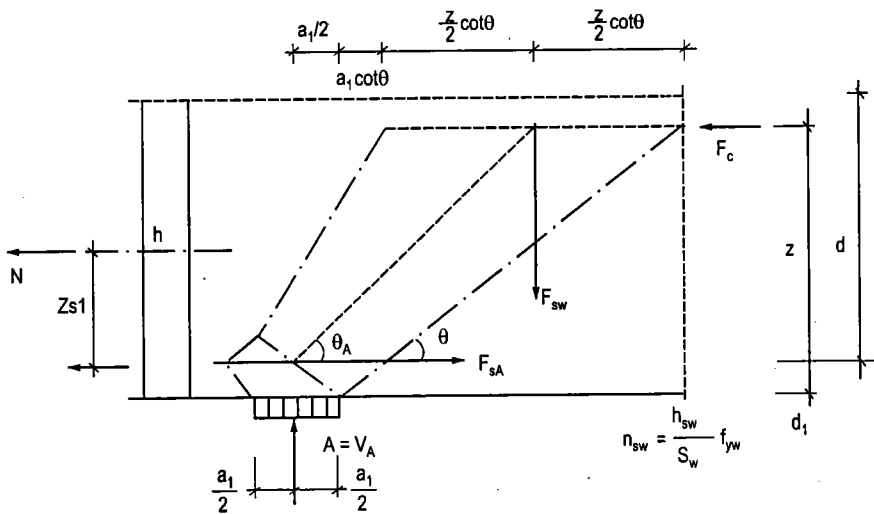
N - lực nén dọc trục

z_s - khoảng cách từ trọng tâm cốt thép chịu kéo đến đường tác dụng N

z - cánh tay đòn nội ngẫu lực tại mặt cắt sát gối

θ_A - để tổ hợp vùng nén hình quạt, tính theo công thức sau:

$$\cotg\theta_A = 0,5 \cdot \frac{a_1}{z} + \left(\frac{d_1}{z} + 0,5 \right) \cdot \cotg\theta \quad (2-2)$$



Hình 2.4. Mô hình giàn ảo tại vị trí gối đỡ trực tiếp

Trong chương 1, giá trị θ biến thiên trong khoảng $25^\circ \div 60^\circ$; ban đầu, thường giả định $\theta = 30^\circ$ ($\cotg \theta = 1,75$) thì khi đó $\cotg \theta_A = 1,20$ và $\theta_A = 40^\circ$.

Lực phân bố q trên toàn bộ hình quạt được truyền thẳng đến gối, do vậy các cốt thép đai gần gối sẽ được thiết kế theo điều kiện lực sau:

$$n_{swd} = \frac{A_{sw} \cdot R_{ad}}{s_w} = \frac{V_A - q \cdot [0,5 \cdot a_1 + (d_1 + z) \cdot \cotg\theta]}{z \cdot \cotg\theta} \quad (2-3)$$

trong đó:

A_{sw} - diện tích cốt thép đai

R_{ad} - giới hạn dẻo của cốt thép đai

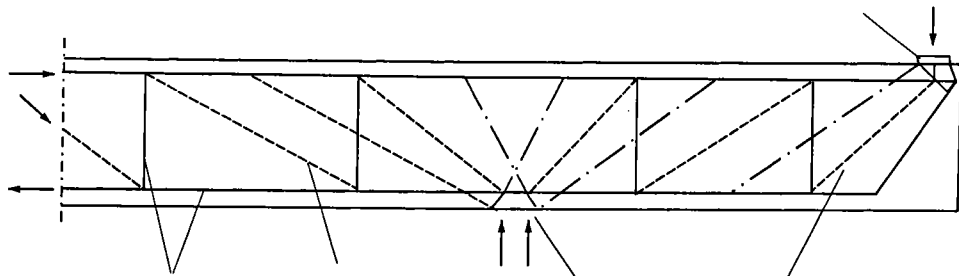
s_w - khoảng cách cốt đai theo hướng dọc trục

n_{swd} - số cốt thép đai

a_1 - chiều dài (đọc trực) tác dụng của lực tập trung, xác định theo khả năng chịu nén ép của bê tông.

d_1 - khoảng cách từ mép ngoài bê tông đến trọng tâm cốt thép chịu kéo.

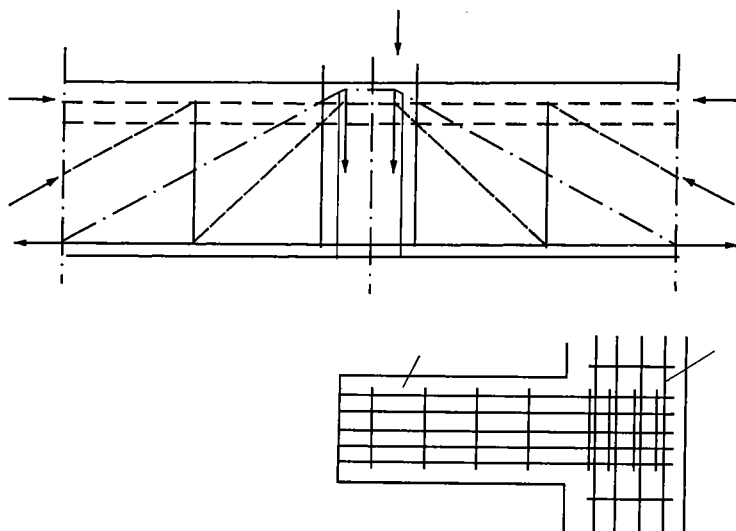
Ở những gối trung gian, mô hình thiết kế phần thân dầm là tổ hợp hai gối đầu dầm, đưa ra các lực cắt thích hợp (xem hình 2.5).



Hình 2.5. Mô hình giàn ảo tại vị trí gối đỡ trực tiếp trung gian

2.2.2. Các gối đỡ gián tiếp

1. Ở các gối đỡ gián tiếp của các cấu kiện giao cắt, gối được cấu tạo dựa trên các ứng suất kéo trên suốt chiều cao của cấu kiện. Lực đỡ tổng cộng phải được truyền tới đỉnh của cấu kiện bằng các cốt thép treo (cốt thép đai thẳng đứng) trong phạm vi chiều rộng của thân dầm.



Hình 2.6. Mô hình giàn ảo tại vị trí gối đỡ gián tiếp

2. Sự truyền tải trọng vào trong thân dầm của các cấu kiện giao cắt và việc thiết kế thân dầm có thể được xem như là một gối trực tiếp.

3. Việc neo các cốt thép chủ nên được xem xét cẩn thận. Sự xuất hiện nén ngang sẽ gây bất lợi với chiều dài neo. Điểm bắt đầu của neo được xác định ở vòng kẹp đầu tiên của cốt thép treo tại mặt trong của dầm đỡ xác định độ lệch của vùng nén.

2.2.3. Tải trọng tập trung gần gối và vai đỡ

Tải trọng gần gối (hình 2.7) hoặc tải trọng trên một vai đỡ (hình 2.8) có thể được truyền trực tiếp tới gối bằng một thanh chống xiên (thành phần F_2). Cốt thép đai (thanh giàng) có thể được thiết kế cho thành phần F_1 của tải trọng:

$$\frac{F_1}{F} = \frac{\left(\frac{2.a}{z} - 1\right)}{3} \quad \text{với: } \frac{z}{2} \leq a \leq 2z \quad (2-4)$$

trong đó: F - tải trọng tác dụng.

F_1 - một phần của tải trọng F được truyền bằng thanh giàng.

a - khoảng cách từ vị trí đặt tải đến gối.

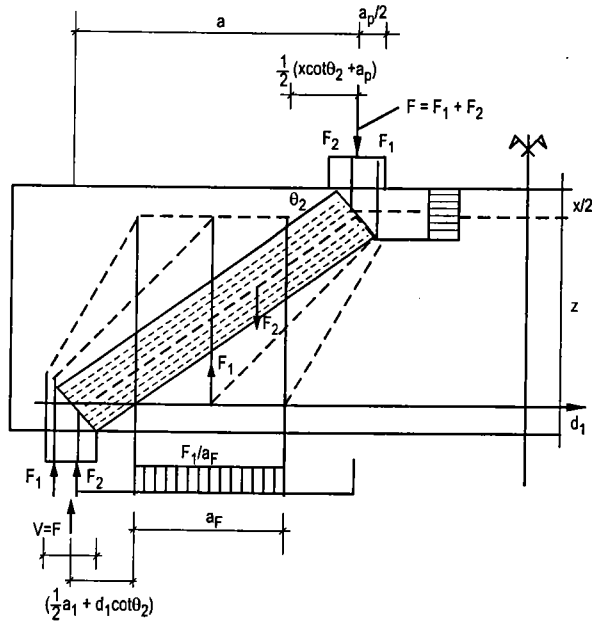
Cốt thép đai sẽ được bố trí trên toàn bộ chiều dài a_F như thể hiện ở hình 2.7.

Trong tính toán, thường giả định giá trị $a_F = 0,85.a - \frac{z}{4}$ để tính toán.

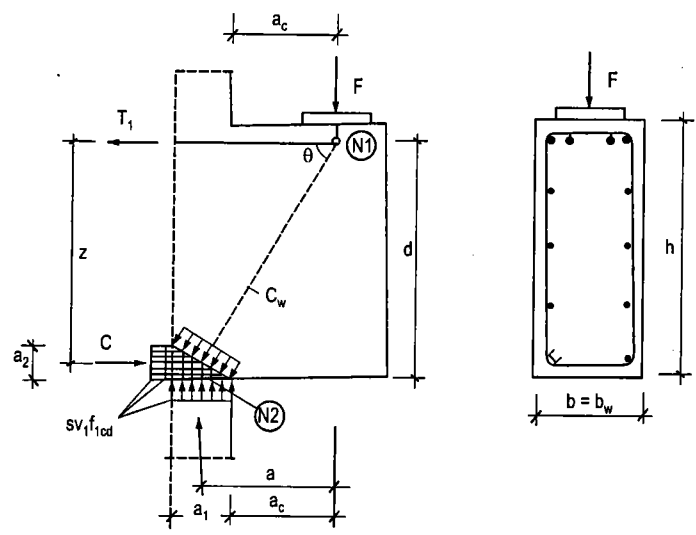
Trừ khi có yêu cầu phải tính toán chi tiết, cường độ của thanh chống xiên có thể lấy bằng $\sigma_{cw} \leq v_2 \cdot R_{lt} = 0,60 R_{lt}$, nếu chiều rộng của thớt gối thỏa mãn điều kiện:

$$a_F \geq \frac{x}{\sin \theta_2} \left(\frac{v_1}{0,60 \cdot \cos \theta_2} - \cos \theta_2 \right) \quad (2-5)$$

Với góc θ_2 được xác định từ $\cotg \theta_2 = \frac{a}{z}$



Hình 2.7. Mô hình giàn ảo với tải trọng tập trung gần gối



Hình 2.8. Sơ đồ giàn ảo cho vai đỡ

Các cấu kiện với tải trọng tập trung rất gần ($a < \frac{z}{2}$) hoặc trên toàn bộ gối yêu cầu cốt thép nằm ngang (hình 2.8). Nếu không có yêu cầu tính toán chi

tiết thì thường giả định có một phản lực nằm ngang T_3 tác dụng tại gối và $T_3 = 0,20F$.

Các bước tính toán:

Bước 1: Xác định chiều dài bê tông chịu nén a_1

$$a_1 = \frac{F}{b \cdot v_1 \cdot R_{lt}} \text{ với } v_1 = \left(1 - \frac{R_n}{2500}\right) \Rightarrow a = a_c + \frac{a_1}{2}$$

trong đó:

R_n - cường độ nén trục của bê tông tuổi 28 ngày

R_{lt} - cường độ nén 1 trục của bê tông

Bước 2: Xác định chiều cao của nút a_2

$$a_2 = d - \sqrt{d^2 - 2 \cdot a \cdot a_1} \Rightarrow z = d - \frac{a_2}{2}$$

Bước 3: Xác định góc nghiêng θ của quạt chịu nén

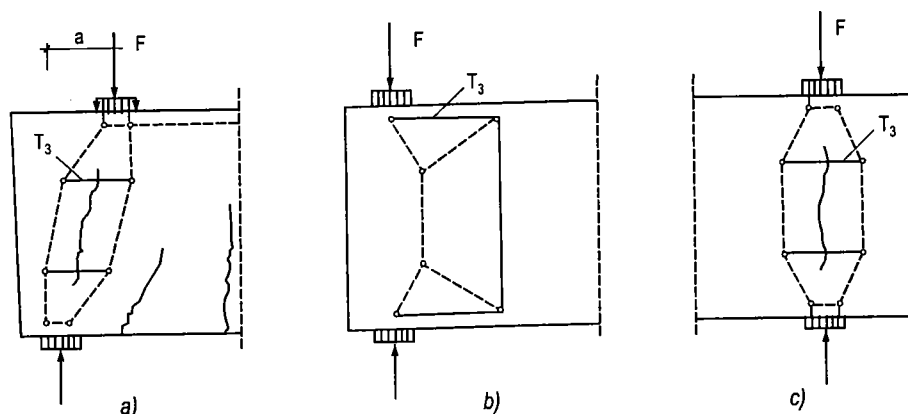
$$\cotg \theta = \frac{a_2}{a_1} = \frac{a}{z}$$

Bước 4: Tính lực kéo trong thanh giằng T_1

$$T_1 = F \cotg \theta \Rightarrow A_{S1} = \frac{T_1}{f_{svd}}$$

Bước 5: Kiểm tra nút (N): a) neo thanh giằng T_1 ; b) áp lực gối

Bước 6: Kiểm tra thanh chống C_w ; không yêu cầu nếu cốt thép nằm ngang được bố trí như trong hình 2.9.



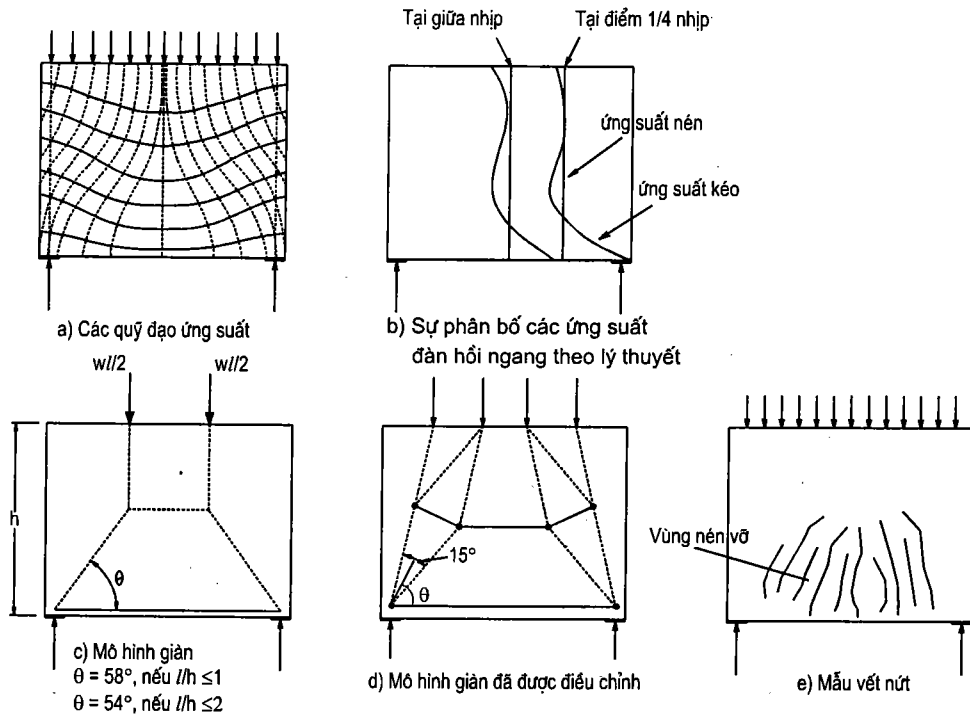
Hình 2.9. Các mô hình giàn ảo có cốt thép ngang đối với tải trọng gắn hoặc trên gối

2.3. DẦM CAO

2.3.1. Khái niệm

Tác động dầm cao được xét đến khi thiết kế chịu uốn l_n/d_c nhỏ hơn hoặc bằng 5/2 (đối với các nhịp liên tục) hoặc 5/4 đối với các nhịp đơn, các nhịp ngắn hơn phải được thiết kế có "tính đến sự biến dạng không tuyến tính", ngoài ra tác động của dầm cao phải được xét đến khi thiết kế chịu cắt nếu l_n/d nhỏ hơn 5 hoặc dầm chịu tải ở đỉnh nút hoặc bề mặt chịu nén. Từ đó, có thể đi đến một định nghĩa tổng quát, dầm cao là dầm mà trong đó lực nén của tải trọng tập trung đáng kể tại các gối đỡ. Điều này xuất hiện nếu tải trọng tập trung tác động lớn hơn khoảng 2d tới gối đỡ hoặc đối với các dầm tải trọng phân bố đều có tỉ số nhịp với chiều cao, l_n/d nhỏ hơn khoảng 4 đến 5.

2.3.2. Các phân tích và trạng thái làm việc của dầm cao



Hình 2.10. Quỹ đạo ứng suất

Những phân tích đàn hồi đối với các dầm cao ở trạng thái chưa nứt chỉ có ý nghĩa trước khi hình thành vết nứt. Trong một dầm cao, sự hình thành vết

nứt sẽ xuất hiện ở một phần ba đến một nửa tải trọng tới hạn. Sau khi các vết nứt phát triển, sự phân bố lại các ứng suất chính là cần thiết vì có thể không có lực kéo ngang qua vết nứt, kết quả phân tích đàn hồi là mối quan tâm chủ yếu vì chúng thể hiện sự phân bố các ứng suất gây ra vết nứt và đưa ra chỉ dẫn về hướng cho vết nứt và dòng lực sau khi nứt. Trong hình 2.11a, các đường đứt nét là các quỹ đạo ứng suất nén song song với hướng của ứng suất nén chính và các đường liền nét là các quỹ đạo ứng suất kéo song song với các ứng suất kéo chính. Các vết nứt được dự đoán xuất hiện vuông góc với các đường liền nét (song song với các đường nét đứt).

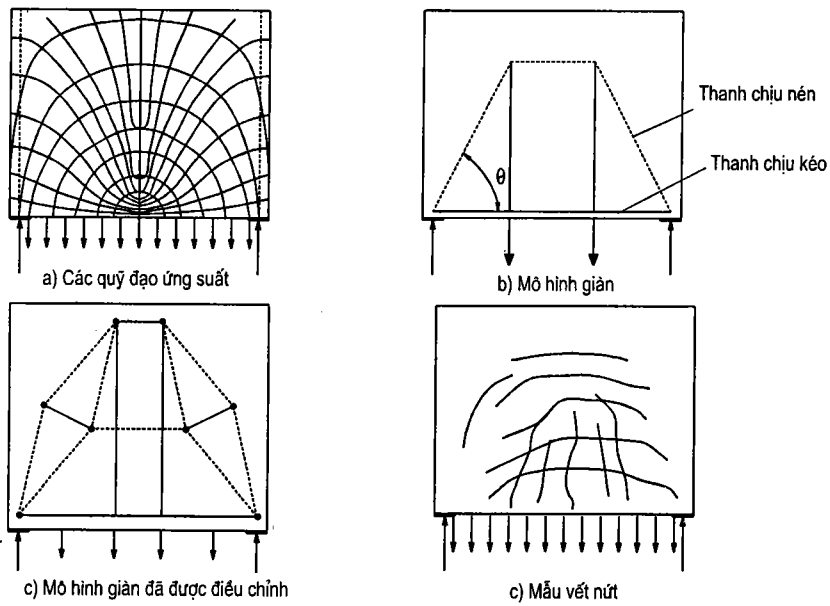
Trong trường hợp dầm giản đơn đỡ tải trọng tập trung giữa nhịp, các ứng suất nén chính tác dụng gần như song song với các đường nối tải trọng và các trục đỡ, các ứng suất kéo chính lớn nhất tác dụng song song với đáy dầm, các ứng suất nén và ứng suất kéo ngang trên mặt phẳng thẳng đứng ở điểm giữa nhịp (hình 2.12).

Dầm giản đơn đàn hồi chưa nứt đỡ một tải trọng đều có các quỹ đạo ứng suất như thể hiện trong hình 2.10a. Sự phân bố các ứng suất ngang trên các mặt phẳng thẳng đứng tại giữa nhịp và tại 1/4 nhịp (hình 2.10b). Các quỹ đạo ứng suất có thể được biểu diễn bằng một giàn giản đơn (hình 2.10c) hoặc một giàn phức tạp hơn (hình 2.10d). Trong trường hợp đầu tiên, tải trọng được chia thành hai phần, mỗi phần được thể hiện bằng vectơ hợp lực của nó. Trong trường hợp thứ hai tải trọng được chia thành bốn phần. Góc ϕ thay đổi từ 68° đối với $l/d = 1,0$ hoặc nhỏ hơn đến khoảng 55° đối với $l/d = 2,0$.

Hình 2.11a thể hiện quỹ đạo ứng suất đối với một dầm cao đỡ tải trọng đều tác dụng lên một mép tại mặt dưới dầm. Các quỹ đạo chịu nén tạo nên một vòm với các tải trọng treo từ vòm đó (hình 2.11b và 2.11c), mẫu vết nứt như hình 2.11d thể hiện tải trọng được truyền từ trên nhờ cốt thép cho đến khi nó tác dụng lên vòm chịu nén, sau đó vòm truyền tải trọng xuống trụ đỡ.

Biểu đồ tương tự được đưa ra trong hình 2.12 và các mô hình giàn cho thấy lực trong thanh giằng dọc sẽ không đổi dọc theo chiều dài của dầm cao. Điều này có nghĩa là lực này phải được nén chặt tại các mối nối trên khắp các phản lực.

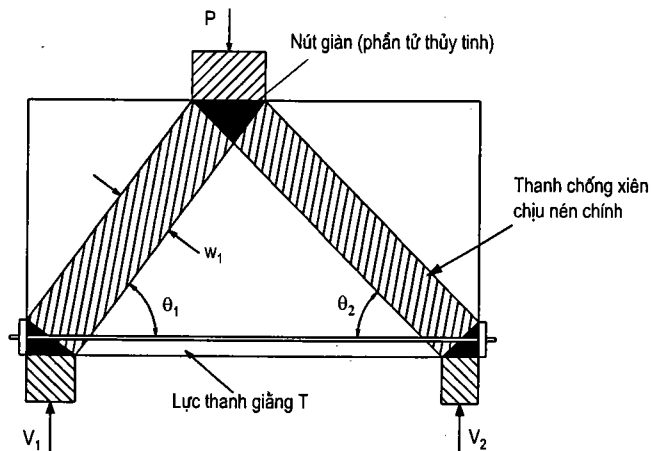
Sự hư hỏng có liên quan đến phần trên là nguyên nhân chính gây ra sự cố trong dầm cao.



Hình 2.11. Dầm cao chịu tải trọng mép đáy

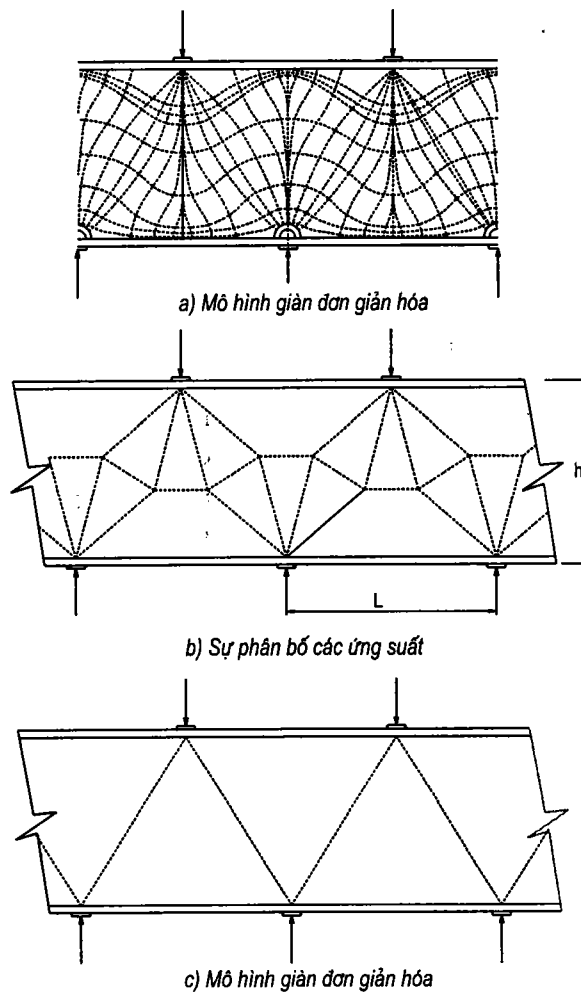
2.3.3. Các mô hình giàn ảo đối với dầm cao

Hình 2.12 thể hiện mô hình giàn ảo đối với 1 dầm cao. Các tải trọng phản lực, các thanh chống và giằng được bố trí sao cho các trọng tâm của mỗi cấu kiện giàn và các đường tác dụng của tải trọng tác dụng từ bên ngoài trùng nhau tại mỗi nối. Điều này cần thiết cho sự cân bằng mỗi nối, trong một dầm bê tông cốt thép, sự neo dầm sẽ được tiến hành hoàn chỉnh bằng các móc theo chiều thẳng đứng hoặc chiều nằm ngang, hoặc trong các trường hợp cực hạn bằng tấm neo như đã thể hiện.



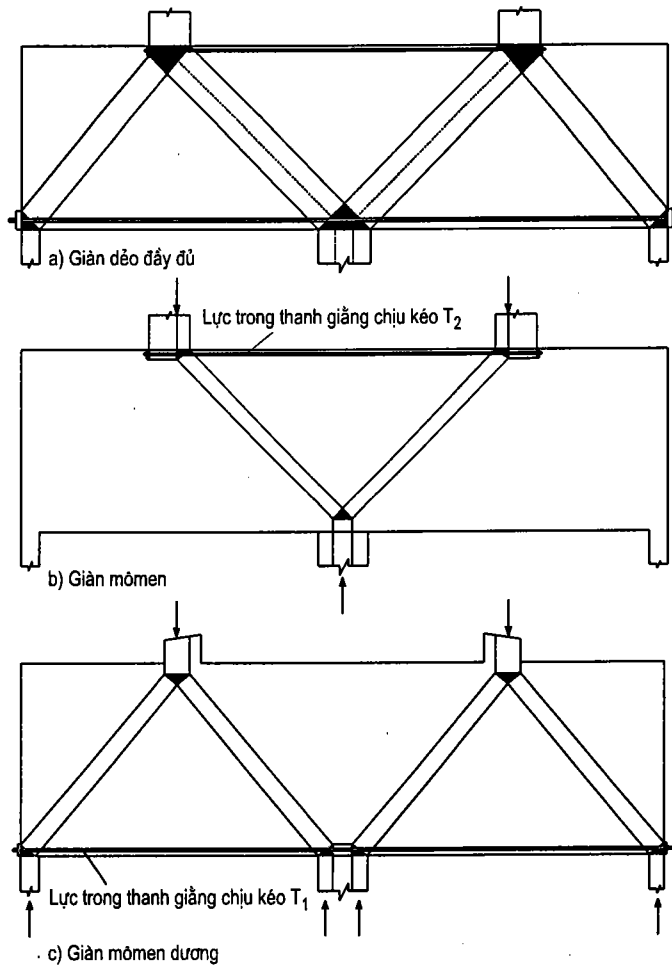
Hình 2.12. Mô hình giàn ảo của một dầm cao

Ví dụ trong một dầm giản đơn với các cốt thép đai thẳng đứng, chịu tải trọng tác dụng giữa nhịp. Đây là sự kết hợp của một vài giàn, một giàn sử dụng một thanh chống trực tiếp kéo dài từ tải trọng đến trụ đỡ. Giàn này chịu lực cắt V_c . Một giàn khác sử dụng các cốt thép đai như các cấu kiện chịu kéo thẳng đứng và có các quạt chịu nén dưới tải trọng và trên các phản lực, lực thẳng đứng trong mỗi cốt thép đai tính được bằng cách giả định là cốt thép đai đã chảy dẻo. Thành phần lực thẳng đứng trong mỗi thanh chống chịu nén nhỏ phải bằng giới hạn chảy của cốt thép đai của nó để mối nối ở trong trạng thái cân bằng, không sử dụng cốt thép đai phía xa nhất, vì không thể kéo một thanh xiên chịu nén từ điểm đặt tải trọng đến đáy của cốt thép này không lấn vào thanh chống chịu nén trực tiếp.



Hình 2.13

Ví dụ hình vẽ 2.14a thể hiện mô hình giàn ảo cho một dầm liên tục hai nhịp. Hơn nữa, các thanh chống được thể hiện bằng phần đánh bóng nhạt và các phần tử thủy tĩnh được thể hiện bằng phần đánh bóng đậm, tại trụ đỡ bên trong có hai giàn chịu tải trọng.



Hình 2.14. Mô hình giàn ảo đối với một dầm liên tục hai nhịp

Giàn bên trên (hình 2.14b) sử dụng cốt thép đỉnh có lực kéo T_2 và giàn bên dưới (hình 2.14c) sử dụng cốt thép đáy có lực kéo T_1 . Độ lớn của mỗi giàn có thể dựa trên hình dạng của các tam giác và giá trị $A_c \cdot f_y$ của cánh chịu kéo. Độ lớn của dầm tìm được bằng cách cộng chúng lại với nhau, lực T_1 và T_2 neo tại các điểm chịu tải và trụ đỡ ngoài các tấm gối. Thực ra, các thanh cốt thép sẽ được neo bằng cách kéo dài hoặc móc vượt ra ngoài các vị

trí của các tấm neo gối. Lưu ý rằng các lực kéo T_1 và T_2 được giả định là không đổi giữa các tấm neo gối.

2.3.4. Tính toán thiết kế, sử dụng các mô hình giàn ảo

Sự tính toán thiết kế dầm cao sử dụng mô hình giàn ảo bao gồm việc bố trí một giàn truyền các tải trọng cần thiết. Một khi đã tìm ra được một giàn thỏa mãn, các mối nối và các cấu kiện của giàn phải được thiết kế chi tiết để truyền các lực cần thiết, các kích thước tổng thể của giàn phải đạt đến mức sao cho toàn bộ giàn vừa khít bên trong dầm và có lớp ngoài tương xứng.

Các dầm cao liên tục là các cấu kiện rất cứng và theo đúng nghĩa thì rất nhạy với độ lún không đều giữa các trụ đỡ của chúng do sự chuyển dịch móng và do chiều cao không đều nhau giữa các cột đỡ dầm. Giai đoạn đầu tiên trong tính toán thiết kế một dầm như vậy là ước tính vùng phản lực và sử dụng nó để tính các đường bao lực cắt và mômen, mặc dù có thể xảy ra sự phân bố lại mômen và lực cắt nào đó nhưng tổng lượng sẽ bị giới hạn.

Vấn đề quan trọng là lựa chọn mô hình giàn đỡ tải trọng. Hướng của các thanh chống chịu nén trong mỗi nhịp chịu cắt phải cùng hướng chung của các ứng suất chính trong nhịp chịu cắt đó, các quỹ đạo ứng suất đã được đơn giản hóa sẽ thực sự hữu ích trong việc thiết lập mô hình giàn, các nghiên cứu đã đưa ra đề nghị rằng các thanh chống nên được định hướng trong phạm vi $\pm 15^\circ$ của góc ϕ thể hiện trong các hình này.

Khi có thể sử dụng được một vài giàn khác nhau; trong số đó, giàn nào có lượng cốt thép ít nhất giàn đó được xem là mô hình hóa chính xác nhất trạng thái làm việc của một dầm bê tông. Giàn này sẽ đạt đến các quỹ đạo ứng suất đàn hồi, do độ cứng của hai loại vật liệu bê tông và cốt thép khác nhau.

Nếu dầm đủ mảnh để các vùng quạt chịu nén tại tải trọng và trụ đỡ không chống lên nhau, thì sẽ không tồn tại thanh chống chịu nén chính thay vào đó sẽ là một vùng chịu nén, trong trường hợp này góc của vùng chịu nén xác định được bằng cách sử dụng phương trình sau:

$$\theta = 10 + 110 \left(\frac{v_u}{\phi \cdot f'_c \cdot b_w \cdot j \cdot d} \right)$$

Với $25^\circ \leq \phi \leq 65^\circ$.

Khi thiết lập hình dạng của giàn, ước tính về lực đầu tiên trong cấu kiện có thể được xác định. Trong nhiều trường hợp, các giàn gần như rất khó xác định, tuy nhiên các giàn như vậy có thể giải quyết được dễ dàng bằng cách giả định rằng các cốt đai chảy dẻo và cốt thép dọc chảy dẻo ở các điểm mômen cực đại. Sau đó có thể tính được lực trong mỗi cấu kiện và từ đó tính toán được kích thước cần thiết đối với mỗi cấu kiện chịu nén để chịu các lực nén yêu cầu. Các thanh chống chịu nén sẽ chịu ứng suất f_{ce} . Thông thường $f_{ce} = 0,5 f'_c$ trong các dầm cao.

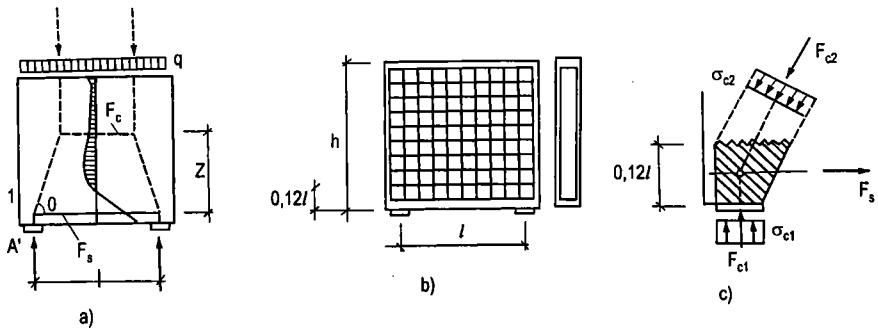
Trong giai đoạn này điều thiết yếu là giàn được vẽ theo tỉ lệ nhất định để thiết lập kích thước của các phần tử thủy tĩnh tại giao điểm của các cấu kiện giàn. Khi điều này được thực hiện, độ nghiêng của một số thanh chống sẽ được thực hiện, độ nghiêng của một số thanh chống sẽ được thay đổi và tính toán lại lực trong thanh chống, sau đó mới đòi hỏi giàn phải vẽ lại theo tỉ lệ. Quá trình này được lặp lại cho tới khi đạt được sự hội tụ, thường là một hoặc hai chu kỳ, khi quá trình này diễn ra, cốt thép được lựa chọn để đủ cung cấp trị số $A_s \cdot f_y$ bằng hoặc lớn hơn các lực kéo trong mỗi cốt thép dài và trong các thanh giằng.

Các thanh xiên chịu nén tỏa ra từ điểm đặt tải cắt các cốt thép đai tại cao độ trọng tâm của cốt thép đáy, do cần có sự thay đổi lực trong cốt thép đáy để cân bằng với thành phần lực ngang trong thanh xiên chịu nén. Lực trong cốt thép đáy bị giảm xuống tại mỗi thanh cốt thép đai nhờ thành phần ngang của thanh xiên chịu nén cắt nhau tại điểm đó, trong đó đường bậc thang thể hiện lực kéo hợp thành trong cốt thép đáy, lực kéo được tính toán từ lý thuyết dầm M/jd thể hiện bằng đường nét đứt.

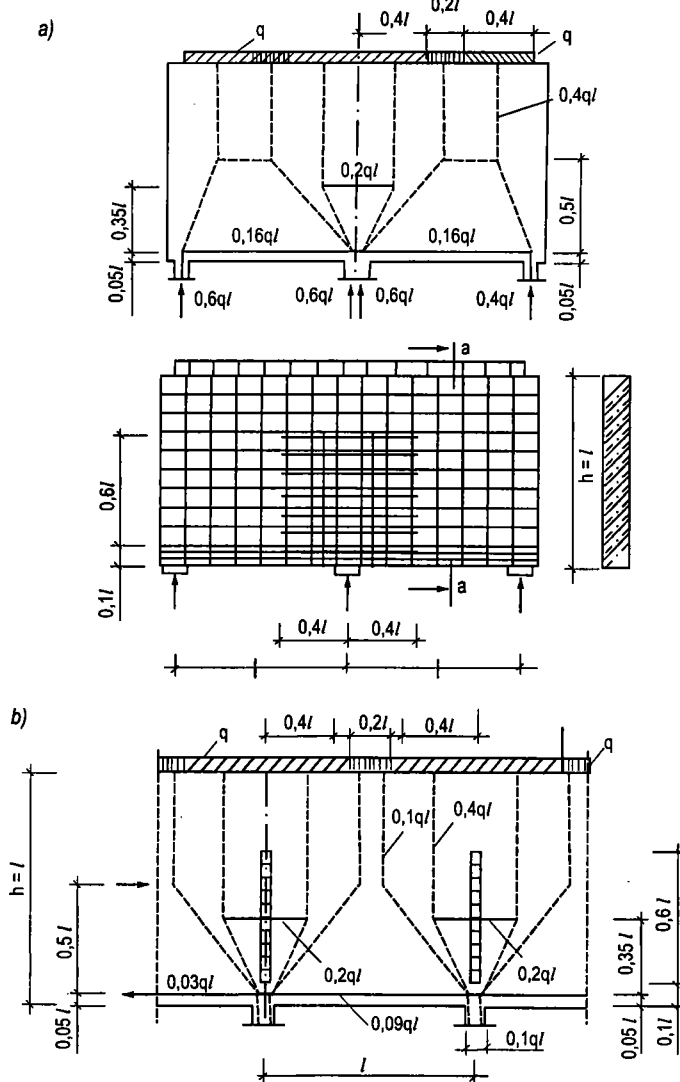
Có thể thiết kế dầm cao bằng mô hình giàn ảo. Nên chú ý đến vị trí nút trên các gối đỡ. Lượng cốt thép tối thiểu 0,1% so với mặt cắt bê tông theo từng hướng nên được bố trí trên từng mặt.

Mô hình giàn ảo và việc bố trí cốt thép của một dầm cao trên hai gối được thể hiện trên hình 2.15. Cánh tay đòn z nên được lấy ở mức $z = 0,6l$ sao cho lực trong thanh biên chịu kéo vào khoảng $F_s = 0,2q \cdot l = 0,4A$ (A : phản lực tại gối tựa).

Vùng gối của các dầm liên tục có thể được thiết kế bằng mô hình thể hiện trên hình 2.16. Theo hướng dẫn của FIP, thường thì cốt thép trên toàn bộ vùng gối nên được tính toán với lực $F_s = 0,2q \cdot l$ và nên được bố trí trên toàn bộ chiều cao $0,6l$; lực trong thanh mạ chịu kéo nên lấy $F_s = 0,16q \cdot l$ ở tại đầu nhịp (hình 2.16a) và $F_s = 0,09 \cdot q \cdot l$ ở các nhịp trung gian. (hình 2.16b).



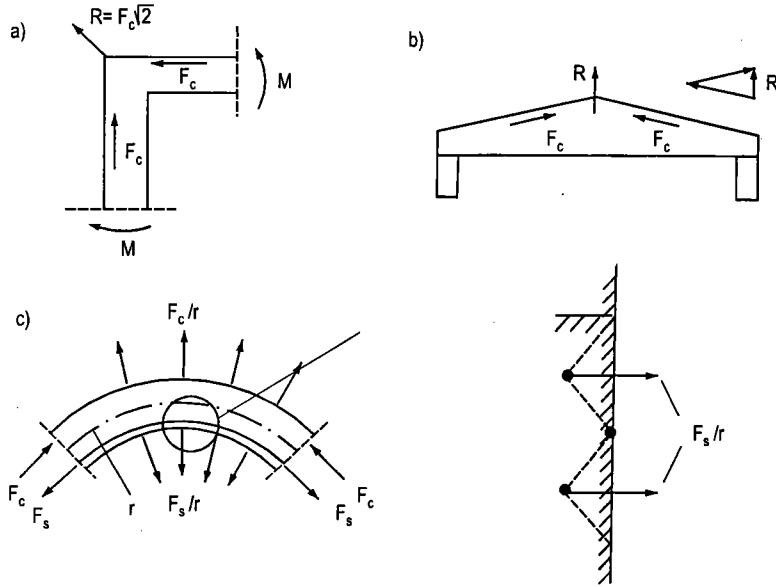
Hình 2.15. Mô hình giàn ảo và sơ đồ bố trí cốt thép đối với dầm giản đơn



Hình 2.16. Mô hình giàn ảo và sơ đồ bố trí cốt thép đối của dầm liên tục

2.4. ĐỘ LỆCH CỦA LỰC

Những thay đổi về hướng lực tác dụng có thể làm nảy sinh ứng suất kéo ngang hoặc những bố lực (hình 2.17). Những bố lực này sẽ được kháng lại bằng việc bố trí các cốt thép neo thích hợp.



Hình 2.17. Các ví dụ về lực căng ngang do độ lệch của lực

2.5. CÁC GÓC KHUNG VÀ LIÊN KẾT DẦM CỘT

2.5.1. Các góc khung với mômen âm (đóng)

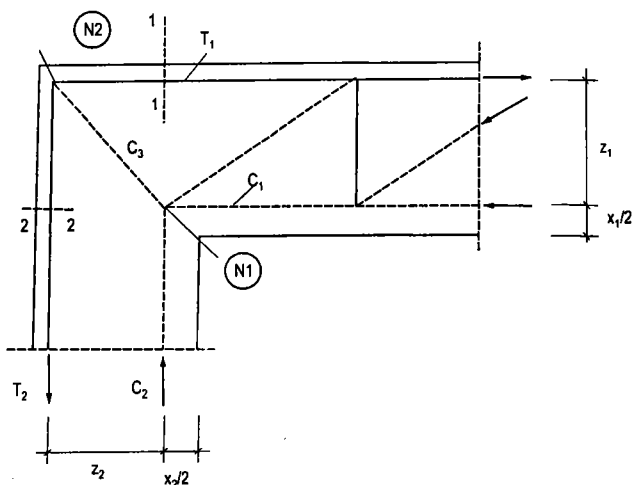
Mô hình giàn ảo cơ bản cho các góc khung chịu mômen âm thể hiện ở hình 2.18. Mặt cắt nguy hiểm 1-1 và 2-2 để xác định lực cực đại trong thanh mạ nằm trong phạm vi liên kết dầm-cột ở khoảng cách $\frac{x_1}{2}$ và $\frac{x_2}{2}$ từ mặt trong dầm và cột. Không nên bố trí thanh mạ chịu nén vì nó không thể neo được vào nút N_1 ; tuy nhiên cường độ chịu nén hai hoặc ba trục có thể được sử dụng cho nút N_1 .

Cường độ của thanh chống C_3 trong hình 2.18 được xác định đơn thuần bằng các kích thước của nút N_2 ở vị trí uốn trên các thanh chính. Cường độ này không nên vượt quá khả năng của thanh chống dạng hình chai, trừ khi liên kết được tăng cường theo cả hai hướng.

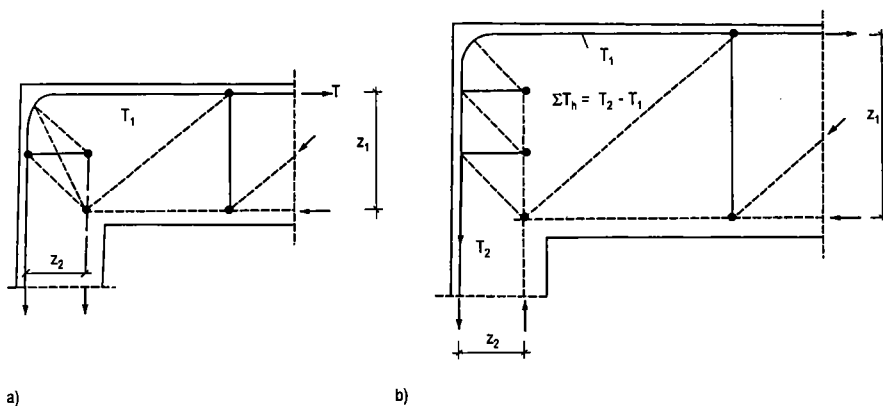
Mô hình giàn ảo cơ bản chỉ phù hợp với các phần tử có cánh tay đòn nội lực $z_1 = z_2$ (hình 2-18). Đối với các trường hợp $z_1 > z_2$ thì phải bố trí cốt thép nằm ngang tại mối liên kết (hình 2-19). Các cốt thép nằm ngang này có thể được xác định từ mô hình đưa ra ở mục 2.2.3 và hình 2-19a hoặc từ điều kiện lực sau (theo mô hình trong hình 2.19b):

$$\Sigma T_h = T_2 - T_1 \quad (2-6)$$

Tại vị trí ghép nối, cốt thép thanh mạ cần bố trí thêm cốt thép đai tăng cường. Sự bao phủ mặt bên của các thanh chủ nên được tăng cường chặt chẽ bằng các vòng kẹp và các thanh cốt thép dọc, bố trí vuông góc với mặt phẳng uốn.



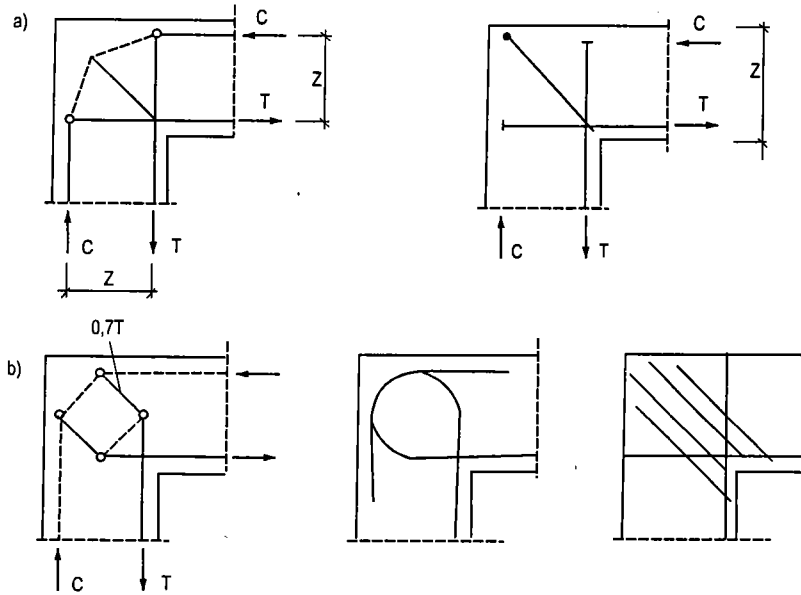
Hình 2.18. Mô hình giàn ảo cơ bản cho góc khung chịu mômen âm



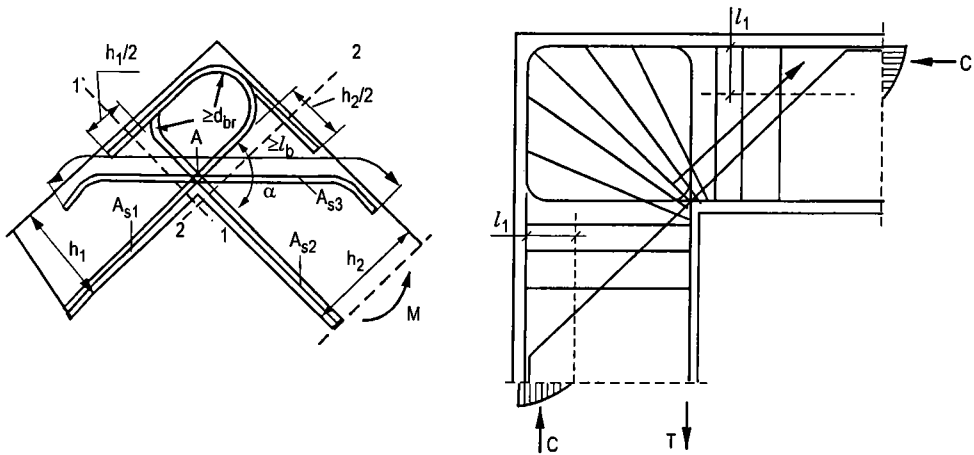
Hình 2.19. Mô hình giàn ảo cơ bản cho góc khung chịu mômen âm và các cấu kiện có chiều cao khác nhau

2.5.2. Các góc khung với mômen dương (mở)

Tại các góc khung với mômen dương, bê tông có thể bị vỡ vụn nên phải được xử lý thích đáng bằng một lượng cốt thép thích hợp. Kiến nghị xem xét mô hình giàn ảo cơ bản (hình 2.20a) và mô hình chi tiết (hình 2.20b) cùng với sơ đồ bố trí cốt thép thích hợp.



Hình 2.20. Mô hình cho góc khung chịu mômen dương



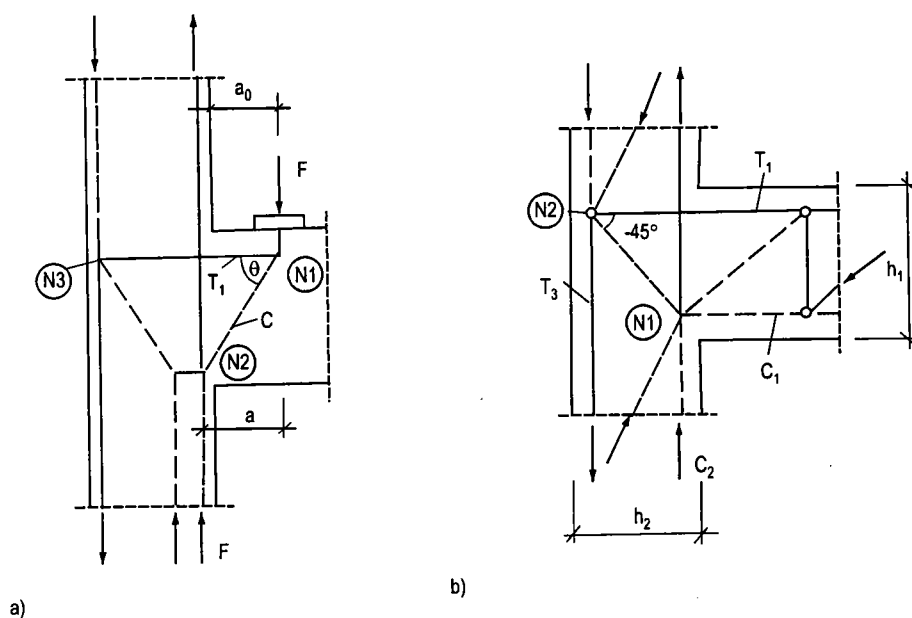
Hình 2.21. Tăng cường cốt thép chịu mômen dương cho góc khung chịu mômen giá trị lớn

Cấu tạo móc neo ở các nút của những thanh giằng chủ của các thanh mạ chịu kéo cần được xem xét kỹ. Khả năng chịu lực của các nút này sẽ bị giảm đáng kể do việc bố trí móc neo làm tăng lượng cốt thép tại nút.

Thanh xiên trong góc làm tăng khả năng và tính làm việc của các góc mở với tỷ lệ cốt thép lớn, hình 2.21 đưa ra hai giải pháp có thể áp dụng.

2.5.3. Liên kết dầm - cột cho một cột ngoài

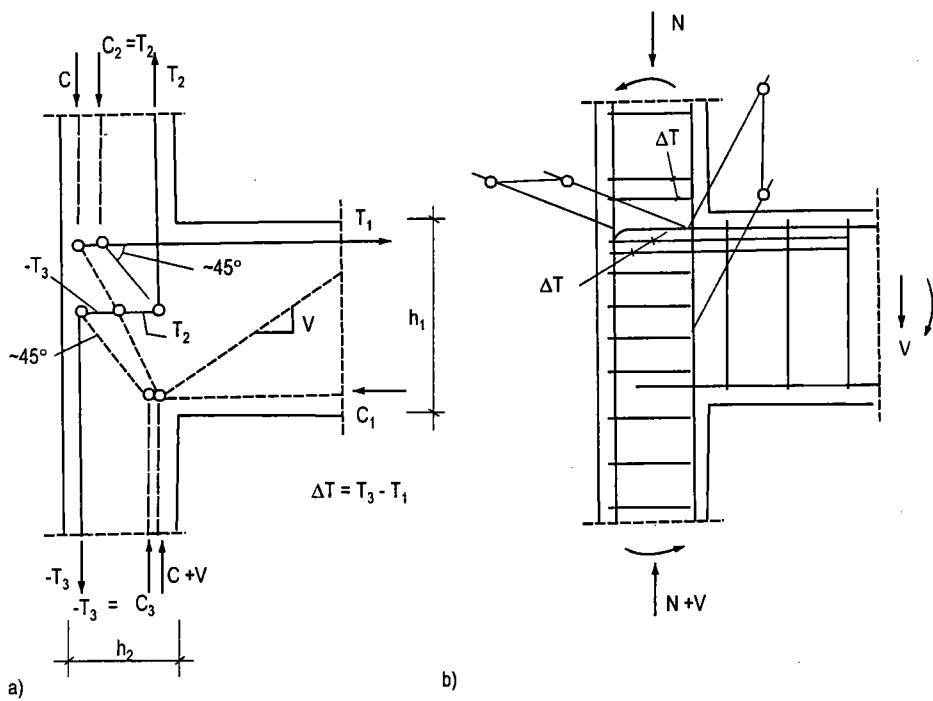
Mô hình đơn giản đối với liên kết dầm - cột của các cấu kiện với chiều cao ảo được trình bày ở hình 2.22. Điều kiện lực để định ra kích thước mỗi liên kết được xác định qua những mặt cắt qua nút N_1 như đã giải thích ở mục 2.2.3 (1).



Hình 2.22. Mô hình giàn ảo cơ bản cho mối nối dầm - cột

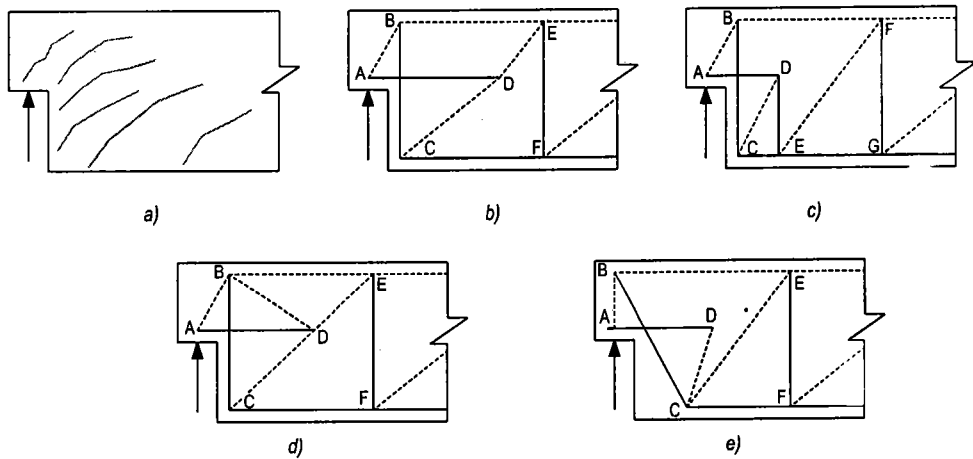
Khả năng của liên kết phụ thuộc nhiều vào các yêu cầu về đường kính uốn cong và neo ở nút N_2 . Trong trường hợp chiều dài neo không đủ ở nút N_2 , yêu cầu phải tăng thêm thanh giằng để chịu lực $\Delta T = T_3 - T_1 = 0,3T_1$ ở bên trên và bên dưới cốt thép chịu lực T_1 như thể hiện ở hình 2.23b

Để liên kết các phân tử có chiều cao khác nhau $h_1 > h_2$ (hình 2.23) yêu cầu tăng thêm cốt thép nằm ngang trong liên kết (xem hình 2.19), liên kết này được thiết kế để chịu lực T_3 .



Hình 2.23. Mô hình giàn ảo của mối nối dầm - cột có chiều cao khác nhau

2.5.4. Các đầu dầm kiểu bậc thang



Hình 2.24. Mô hình giàn ảo đối với một đầu dầm kiểu bậc thang

Các đầu dầm đúc sẵn đôi khi có dạng bậc thang với một đoạn đầu dầm có chiều cao bị giảm (hình 2.24). Ví dụ như các dầm cầu kiểu Super-T vượt qua

các nhịp dài cỡ 35-40m của nhiều cầu ở nước ta. Có nhiều phương pháp tính khác nhau, tuy nhiên phương pháp tính toán thiết kế phù hợp nhất là theo mô hình giàn ảo.

Bốn mô hình giàn ảo phổ biến đối với các vùng đầu dầm kiểu cắt khác được so sánh với mẫu vết nứt quan sát trong các thử nghiệm thể hiện trên hình 2.24. Sự hình thành vết nứt bắt đầu tại vết lõm của vết khác (điểm A trong hình 2.24a). Các mô hình giàn ảo, theo hình 2.24b, c, d đòi hỏi phải có thanh giằng B - C thẳng đứng ở đầu của vị trí cắt bậc của dầm và một thanh chống nghiêng A - B ở phía trên phản lực. Trong các thử nghiệm các mẫu có thanh giằng B - C bao gồm các cốt thép đai thẳng đứng ép kín với các đoạn uốn 135° quanh thanh dọc ở đỉnh của dầm làm việc tốt hơn so với các mẫu cốt thép đai đầu hở. Thành phần nằm ngang của lực nén trong thanh A - B được cân bằng bởi thanh giằng A - D.

Ba mô hình giàn ảo khác nhau về cách thức neo thanh giằng nằm ngang tại D: Mô hình 2.24c có ưu điểm là lực trong thanh giằng C - E thấp hơn, vì vậy dễ neo hơn các lực tương ứng trong thanh giằng C - F hình 2.24b. Đối với mô hình 2.24d, thanh giằng A - D được neo bởi thanh chống B - D, nó bị cắt ngang do các vết nứt như thể hiện trên hình 2.24a, điều này nói lên rằng mô hình 2.24d chưa phù hợp.

Trong hình 2.24e, mô hình giàn ảo có một thanh treo B - C và thanh nén thẳng đứng bên trên vùng phản lực. Phải neo cẩn thận thanh giằng B - C tại đầu trên cùng của nó. Thông thường đặt một thanh giằng ngang tại A để chống lại những lực kéo nào đó do sự co ngót, ngàm chặt dầm đúc sẵn. Trong các thí nghiệm, các đầu dầm kiểu bậc đã được thiết kế sử dụng mô hình 2.24c. Một mô hình hỗn hợp được thiết kế với giả thiết rằng một nửa phản lực bị kháng lại bởi một mô hình trong số hai kiểu mô hình giàn ảo này.

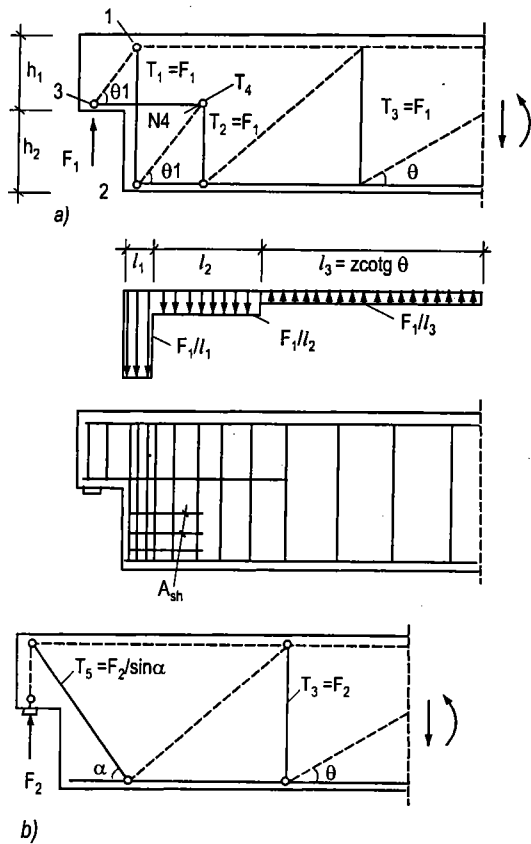
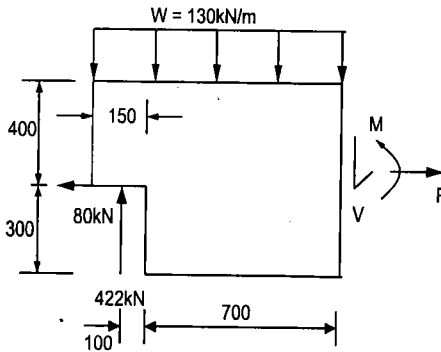
Trong việc bố trí đầu tựa của đầu dầm kiểu bậc thang thì chiều cao phần kéo dài của dầm ít nhất bằng một nửa chiều cao toàn bộ của dầm. Phần kéo dài của dầm phải đủ bề dày để thanh chống nghiêng A - B tại gối đỡ có độ nghiêng không nhỏ hơn 45° . Mặt khác, các lực trong thanh chống và giằng gặp phần kéo dài của dầm tại gối đỡ trở nên quá lớn, để giải quyết một cách đơn giản, phải neo các thanh cốt thép một cách cẩn thận ở vùng xung quanh đầu dầm.

Sau đây chúng ta xem xét kỹ hơn các lực cụ thể và sự bố trí cốt thép sao cho hợp lý.

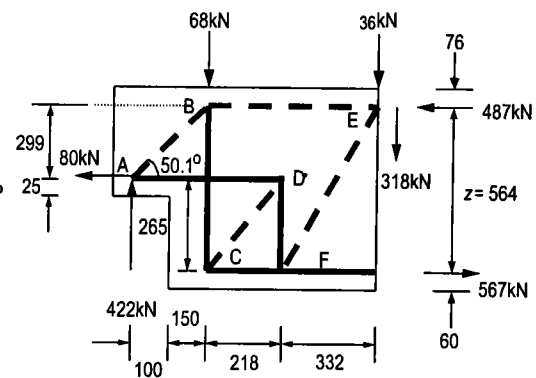
Các dầm kiểu bậc thang nên được thiết kế trên cơ sở tổ hợp hai mô hình giàn ảo ở hình 2.25a, b. Cần có sự cân nhắc tập trung đến các lực ngang có thể có do ma sát tại gối đỡ.

Mô hình ở hình 2.25a yêu cầu cầu có cốt thép đai để chịu lực $(T_1 + T_2) = 2F_1$ được phân bố như đã trình bày. Cần có cốt thép dọc trục để chịu lực giằng T_4 và phải được kéo dài ra ngoài nút N_4 tối thiểu bằng một nửa chiều dài neo của nó. Các móc vòng nằm ngang tăng cường hoặc các thanh kẹp (cốt thép đai A_{sh}) nên được bố trí ở nửa đáy của bậc, nếu $h_2 > h_1$ hoặc nếu $h_2 > 300\text{mm}$.

Dưới đây là một ví dụ ngắn gọn về tính toán dầm dầm kiểu bậc thang theo sơ đồ giàn ảo



Hình 2.25. Mô hình giàn ảo cho dầm dầm kiểu bậc thang



Ký hiệu
 chống — — —
 giằng ———

Hình 2.26. Kết quả ví dụ tính toán dầm dầm cắt khác theo mô hình giàn ảo nét vẽ đậm đứt thể hiện thanh chống, nét vẽ đậm liền thể hiện thanh giằng

2.6. TẢI TRỌNG TẬP TRUNG THEO HƯỚNG DỌC TRỤC CỦA CẤU KIỆN VÀ NHỮNG VÙNG NEO CỦA CÁP DỰ ỨNG LỰC

2.6.1. Vùng D ở vị trí nút gối của các cấu kiện chữ nhật

Mô hình giàn ảo cơ bản trong hình 2.27a áp dụng cho vùng D có tải trọng tập trung tác dụng lên bề mặt neo DƯL trong một cấu kiện có mặt cắt ngang hình chữ nhật. Giá trị của lực căng T_1 được xác định bằng sự phân bố ứng suất theo sơ đồ đàn hồi - dẻo. Lực T_1 có thể được xác định bằng:

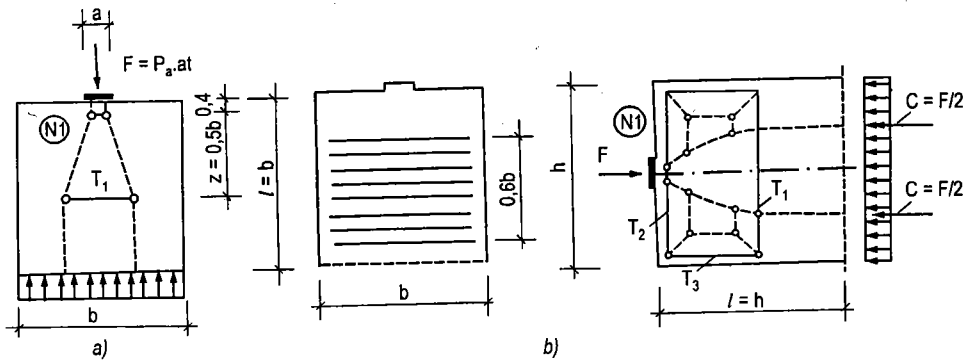
$$T_1 = 0,25 \left(1 - \frac{a}{b}\right)F \quad (2-7)$$

Mô hình phân tích trong hình 2.27b để xác định các lực kéo, "Các lực phân chia" trong bê tông phải thích hợp với các thanh chống xiên có các góc không có ứng suất nén. Lực T_2 và T_3 có thể tính bằng $0,02F$ và được chịu bởi lượng cốt thép tối thiểu.

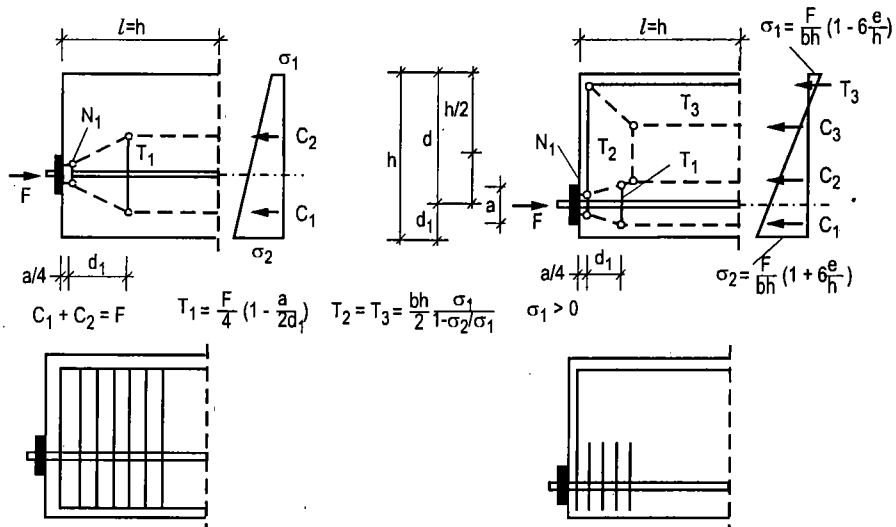
Các mô hình giàn ảo đối với tải trọng tác dụng lệch tâm có được từ sự cân bằng tải trọng áp dụng với phân bố ứng suất đàn dẻo-tuyến tính trong vùng B kế cận ở đầu đối diện của vùng (mô hình hoá với mô hình tải trọng đường).

Trong giàn ảo, vùng neo cáp DƯL ở đầu dầm nhận lực truyền qua neo từ các thanh thép DƯL như thể hiện trong hình 2.29.

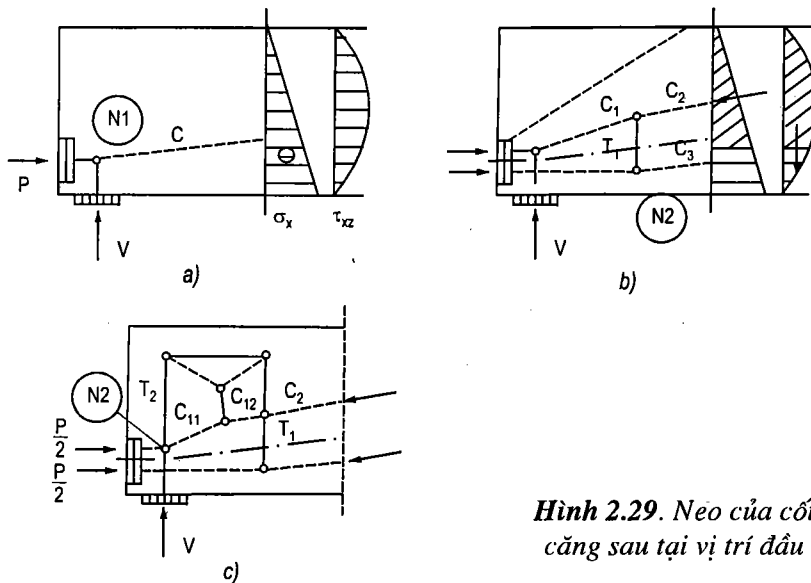
Việc kiểm tra ở nút N_1 phù hợp với mục 2.2.3



Hình 2.27. Mô hình giàn ảo cơ bản đối với tải trọng tập trung tác dụng theo hướng trục của cấu kiện



Hình 2.28. Phân tích điểm đặt tải theo hướng trục dầm



Hình 2.29. Neo của cốt thép căng sau tại vị trí đầu dầm

Trường hợp DƯL căng trước (hình 2.30), phạm vi vùng D được tính là $l_{bpt} + h$; với l_{bpt} là chiều dài truyền lực. Mô hình giàn ảo tuân thủ theo các quy luật đã nêu trước đây (xem hình 2.28). Xác định l_{bpt} theo công thức sau:

$$l_{bpt} = \frac{\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \phi \cdot \sigma_{pi}}{4 \cdot R_{bpd}(\tau)} \quad (2-8)$$

trong đó:

ϕ - đường kính danh định của sợi cáp

σ_{pi} - ứng suất trước khi giảm tải trước mất mát phụ thuộc vào thời gian

$\alpha_1 = 1,00$ khi giảm tải từ từ
 $= 1,25$ khi giảm đột ngột

$\alpha_2 = 0,50$ khi tính ở thời điểm giảm lực căng
 $= 1,00$ khi tính ở trạng thái giới hạn

$\alpha_3 = 0,50$ cho loại 7 sợi dây đàn
 $= 0,70$ cho loại bó xoắn.

Lực ngang T_1 có thể tính cho bê tông nếu thoả mãn điều kiện sau:

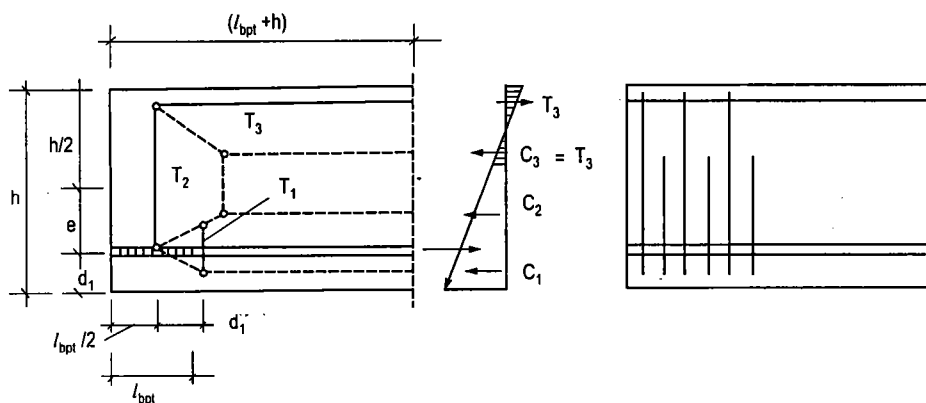
$$\frac{c}{\phi} > 2,5 \text{ và } c_{\text{eff}} > 2,25 \quad (2-9)$$

với: c - lớp phủ bê tông

$$c_{\text{eff}} - \text{lớp phủ có hiệu} = \frac{2.c - 1,5.(n-1).s_n}{2.n}$$

n - số sợi cáp

s_n - khoảng cách tịnh giữa các sợi cáp



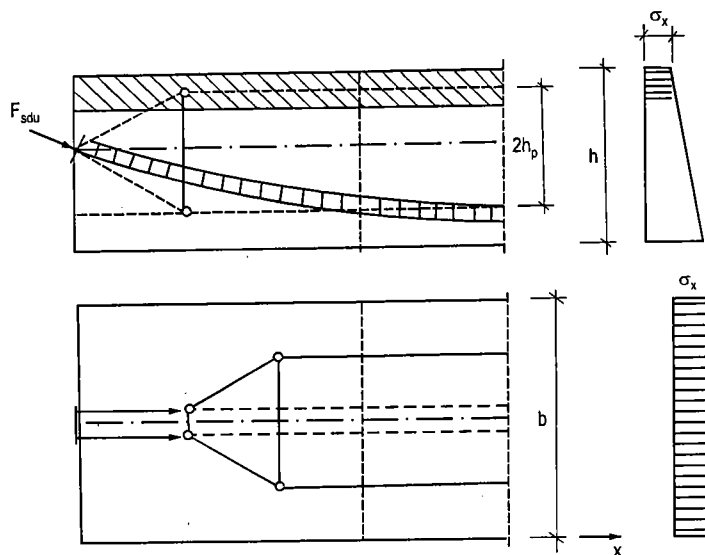
Hình 2.30. Mô hình giàn ảo tại đầu neo của cấu kiện căng trước

2.6.2. Gối của dầm T

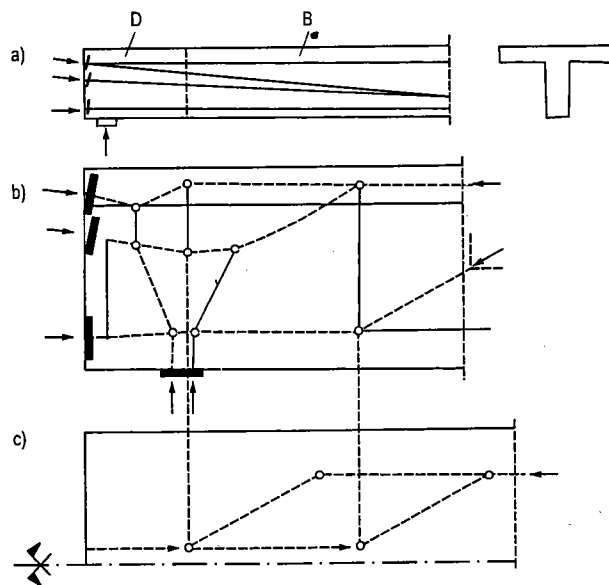
Sự phân bố của lực tập trung lên cánh T của cấu kiện theo sơ đồ ở hình 2.31; yêu cầu bố trí cốt thép đai trên cánh như với sườn dầm.

Sự phân bố của ứng suất nén trước trong dầm T hoặc dầm hộp (hình 2.32) tuân thủ theo các nguyên tắc ảo như đã nêu tại các phần trên. Lực giằng

ngang T_1 trong sườn dầm của vùng D bao gồm các lực do tác dụng kết hợp của DUL và lực cắt ở gối.



Hình 2.31. Sự truyền áp lực nén trước vào một dầm mặt cắt chữ T



Hình 2.32. Mô hình giàn ảo ở đầu dầm T với neo DUL

2.6.3. Vùng neo bên trong và mối liên kết với các neo ứng suất trước

Nếu như tải trọng F tác dụng ở một neo bên trong (hốc ứng suất) của một cấu kiện bê tông, qua quan sát thực nghiệm khoảng 25% giá trị F sẽ được

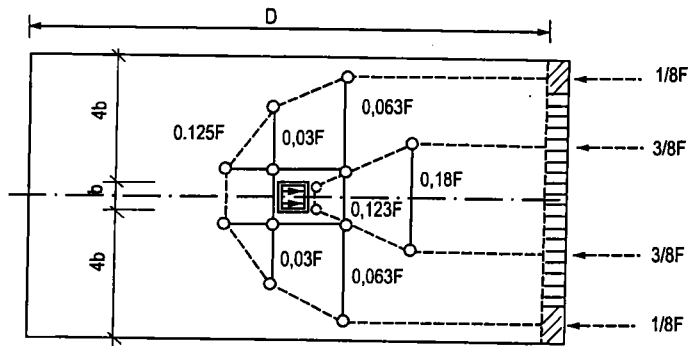
giằng lại phía sau do các cốt thép ở các phía của neo như đã được thể hiện ở sơ đồ giàn ảo (hình 2.33). Lực kéo này có thể sẽ bị giảm đi một lượng là:

$$\Delta F = 5A_1\sigma_c \quad (2-10)$$

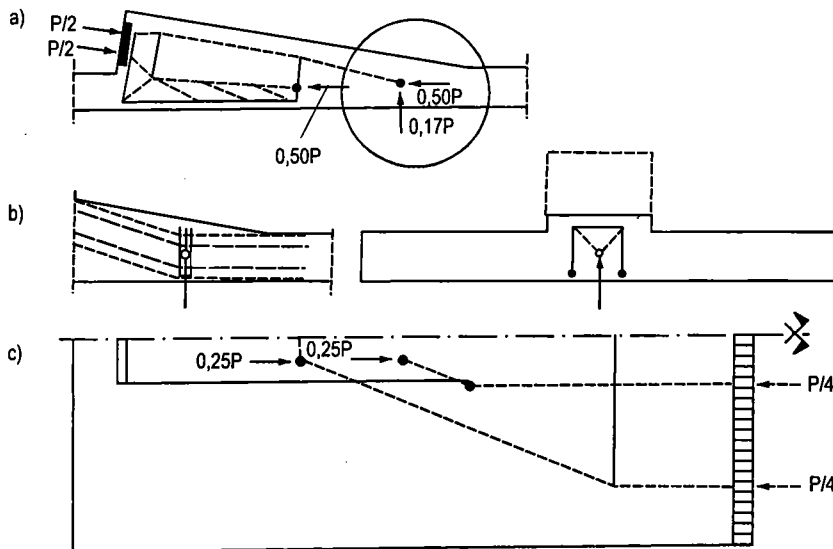
với: σ_c - ứng suất nén ở phía sau neo.

A_1 - diện tích neo.

Khi đó, cốt thép đai có thể được thiết kế cho các lực được đưa ra ở hình 2.31. Chiều dài neo cần được cân nhắc kỹ và phải thoả mãn về độ dài neo.



Hình 2.33. Mô hình giàn ảo cho một neo trong của cáp DUL

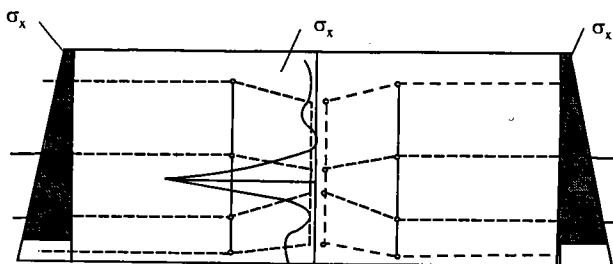


Hình 2.34. Mô hình giàn ảo và sự tăng cường cho một lỗ rỗng

Trong trường hợp có lỗ rỗng bên trong, lực căng ứng suất trước sẽ gây ra lực ngang do sự phân tán của ứng suất, chẳng hạn như do uốn cục bộ, như thể hiện ở mô hình giàn ảo ở hình 2.34a và b.

Để ứng suất truyền được xa hơn vào trong bản, kiến nghị mô hình đơn giản thể hiện ở hình 2.34c; cốt thép dọc bổ sung nên được bố trí theo kiểu quay đầu và bằng một phần của lực căng trước cho một neo bên trong như hình 2.33.

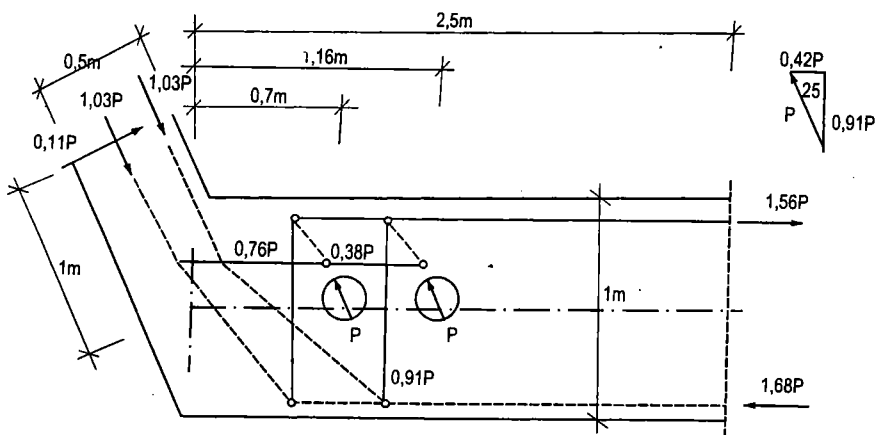
Mối nối xây dựng, sử dụng một neo đôi tương ứng cho một vùng D. Cấu tạo mối nối kiểu này sẽ gây ra lực tập trung vào neo, có thể làm xuất hiện ứng suất kéo trong mặt cắt và gấn các gờ cạnh (hình 2.35). Như vậy, một khối lượng cốt thép dọc tối thiểu nên được bố trí cắt ngang qua liên kết. Vấn đề này được giảm đi đáng kể nếu chỉ một vài bó cáp được kết đôi và nếu các neo đôi được bố trí trên toàn bộ chiều cao của sườn.



Hình 2.35. Phân bố ứng suất và mô hình giàn ảo cho một vùng D tại vị trí mối nối sử dụng một neo đôi

2.6.4. Độ lệch của các sợi cáp dự ứng lực bố trí bên ngoài bê tông gây ra các lực tập trung lớn. Các lực này phải được truyền vào sườn dầm, hình 2.36 thể hiện mô hình giàn ảo ở một điểm lệch và giúp ta thấy rõ rằng cần phải quan tâm đặc biệt tới các thanh giằng ngang.

Độ lệch của các sợi cáp dự ứng lực bố trí bên ngoài bê tông gây ra các lực tập trung lớn. Các lực này phải được truyền vào sườn dầm, hình 2.36 thể hiện mô hình giàn ảo ở một điểm lệch và giúp ta thấy rõ rằng cần phải quan tâm đặc biệt tới các thanh giằng ngang.



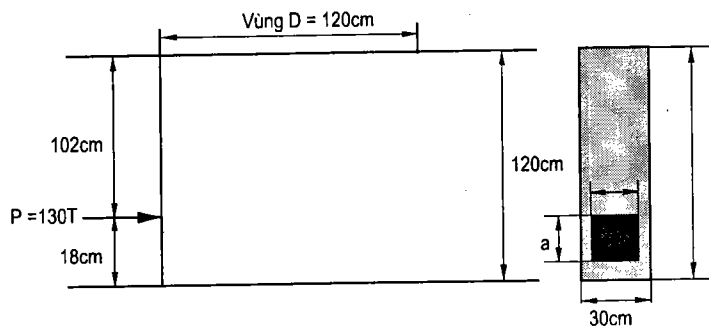
Hình 2.36. Sơ đồ giàn ảo tại điểm lệch đối với một trường hợp DUL ngoài

Chương 3

CÁC VÍ DỤ TÍNH ÁP DỤNG MÔ HÌNH GIÀN ẢO

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

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



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

Bước 1: Tách vùng D

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

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

Tính theo công thức:

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

trong đó:

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

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

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

Thay các giá trị vào biểu thức, ta có:

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

Bước 3: Tính chiều rộng chịu áp lực a

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

trong đó:

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

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

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

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

b - chiều rộng cấu kiện (cm).

P - lực tác dụng tập trung (kG).

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

Bước 4: Phân tích nội lực tại mặt ranh giới

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

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

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

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

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

Thanh chống: đường đứt nét

Thanh giằng: đường liền nét

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

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

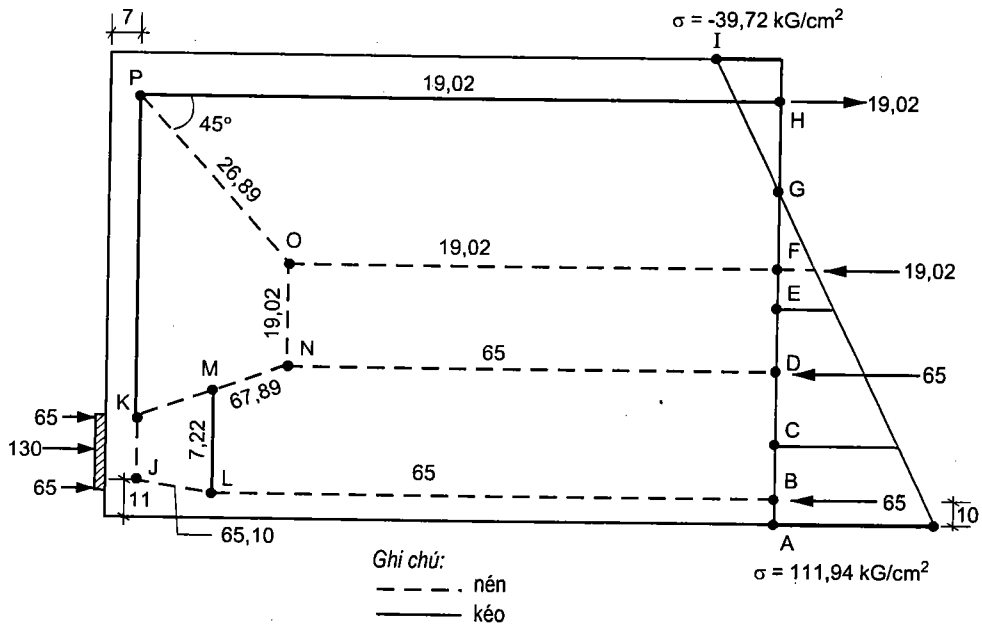
Lực tác dụng tại J cách mép cấu kiện 11cm. Lực nén tác dụng tại B cách mép cấu kiện 10cm. Sự chuyển tiếp của hai lực này được thực hiện bằng cấu kiện J-L. Theo ACI thì cấu kiện J-L đối với trường hợp tổng quát xác định theo độ dốc 2:1. Nhưng trong trường hợp cụ thể thì FIP Recommendation 1996 "Practical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

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

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

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

Kết quả thể hiện tại hình vẽ sau:



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

Bước 6: Kiểm tra ứng suất trong các cấu kiện

1. Các thanh chống chịu nén:

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

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

trong đó:

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

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

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

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

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

trong đó:

C - lực nén trong thanh chống

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

R_{ce} - độ bền chịu nén hiệu quả.

Giá trị h của các thanh chống trong bảng sau:

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

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

2. Các thanh giằng

Diện tích cốt thép yêu cầu trong các thanh giằng:

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

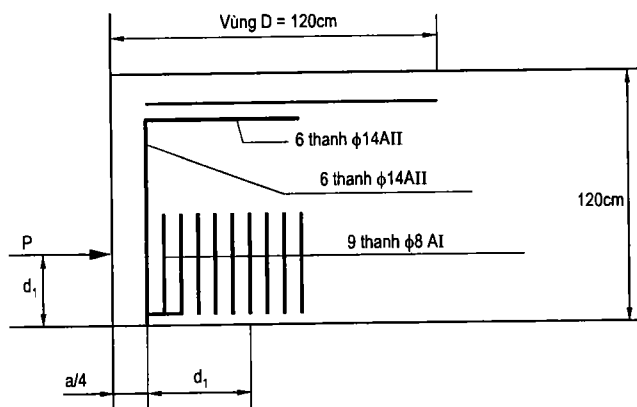
trong đó: T - lực kéo trong thanh

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

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

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

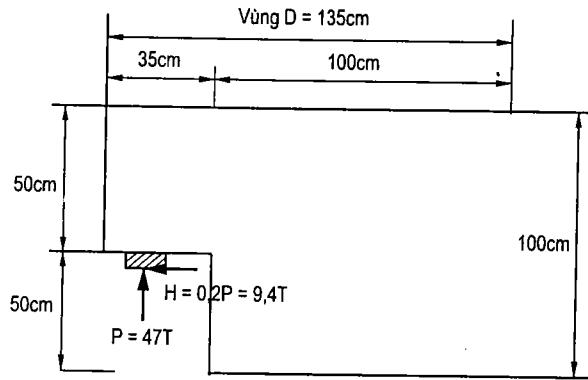
3. Bố trí cốt thép



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

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

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



Hình 3.4. Đầu dầm có mặt cắt khắc thay đổi

Bước 1: Xác định vùng D

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

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

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

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

Mômen uốn tại mặt cắt ranh giới của vùng D:

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

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

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

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

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

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

tác dụng song song với trục dọc của dầm.

Bước 3: Xác định chiều rộng gối

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

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

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

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

b) Chiều rộng gối:

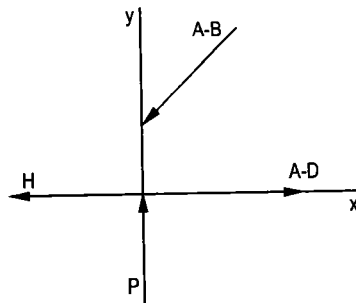
Diện tích tấm gối $= \frac{P}{R_{ce}} = \frac{47000}{198} \approx 240\text{cm}^2$; bề rộng dầm là 40cm , chiều

rộng tấm gối theo trục dọc là 6cm .

Bước 4: Mô hình giàn ảo

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

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



Hình 3.5. Sơ đồ giàn ảo phân gối đỡ

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

Xét cân bằng tại nút A, ta có:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

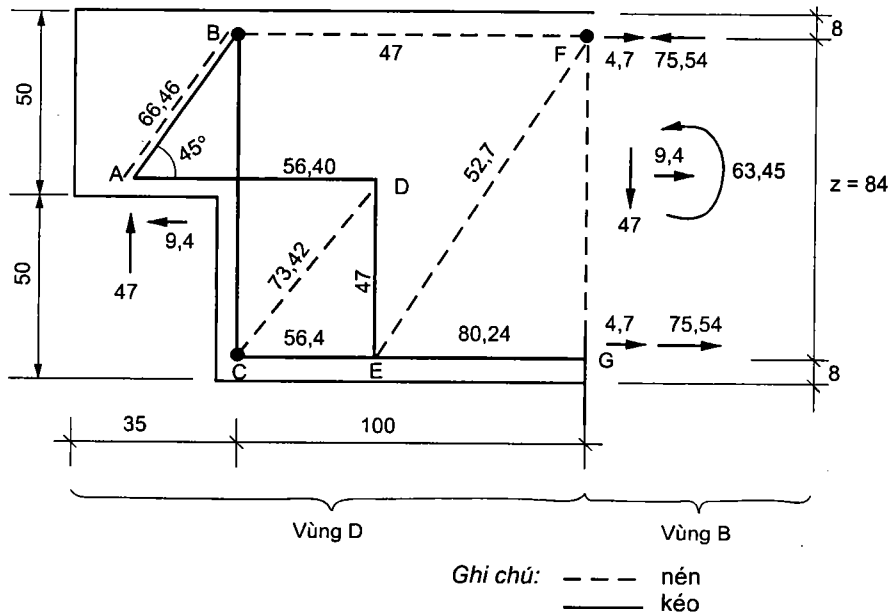
Do vậy, lực nén nghiêng trong thanh E-F là:

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

Kết quả tính ghi trong bảng sau:

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

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



Bước 5: Chiều rộng các thanh chống

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

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

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

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

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

Xác định theo công thức:

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

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

b - chiều dày thanh chống; b = 40cm.

R_{ce} - độ bền chịu nén hiệu quả.

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

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

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

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

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

Ta có:
$$A_s = \frac{T}{R_a}$$

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

T - lực kéo danh định trong thanh giằng

R_a - giới hạn chảy của cốt thép

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

b) Bố trí cốt thép trong các thanh giằng:

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

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

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

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

Bước 7: Bố trí cốt thép cho thanh chống

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

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

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

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

a) Thanh A-B:

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

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

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

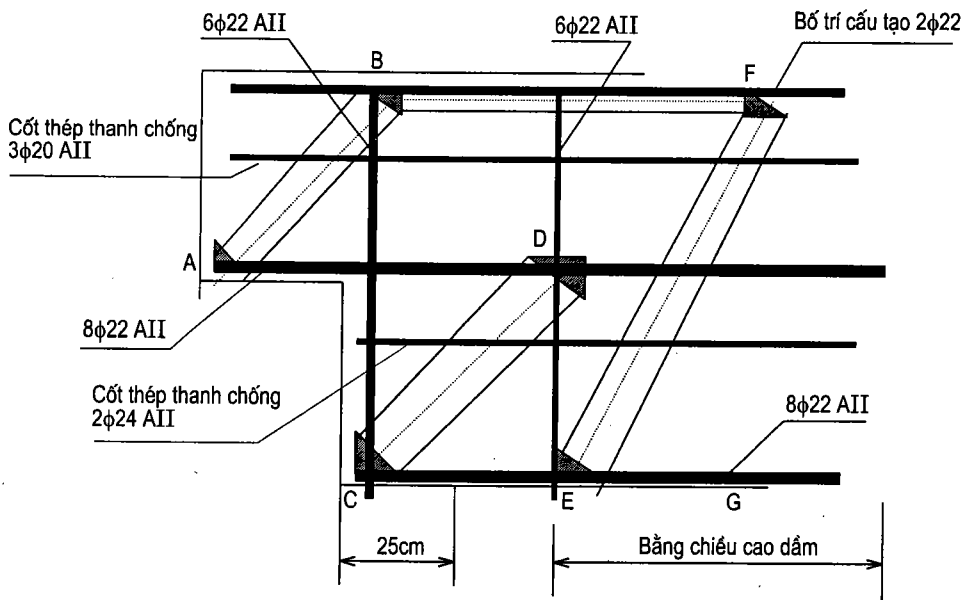
b) Thanh chống C-D:

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

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

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

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



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

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

3.3.1. Các đặc trưng và số liệu cơ bản

3.3.1.1. Kích thước hình học

- Khẩu độ dầm xà mũ tính toán: 12,8m

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

3.3.1.2. Vật liệu

3.3.1.2.1. Bê tông

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

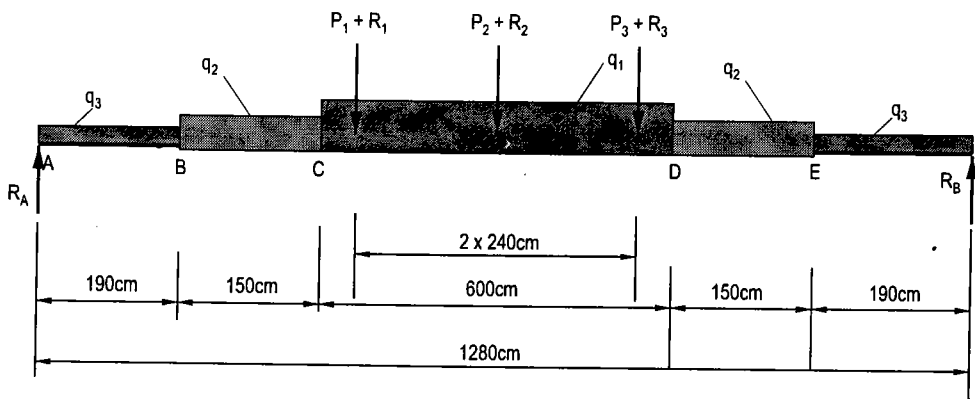
3.3.1.2.2 Cốt thép:

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

3.3.1.3 Tải trọng và nội lực

Tĩnh tải:

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



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

Hoạt tải (xếp 2 xe Sơ mi Romooc):

- $R1_{tc} = 37,45\text{Tấn}$; $R1_{tt} = 52,43\text{Tấn}$.

- $R2_{tc} = 40,35\text{Tấn}$; $R2_{tt} = 56,48\text{Tấn}$.

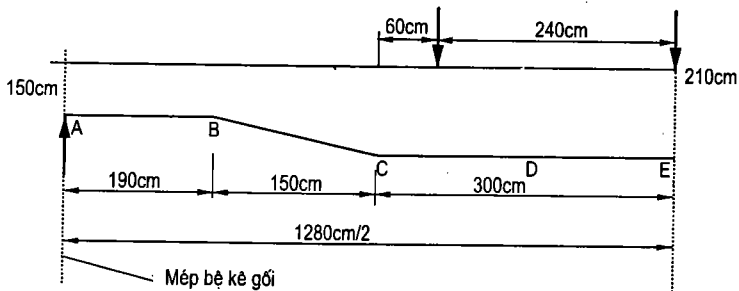
- $R3_{tc} = 20,91\text{Tấn}$; $R3_{tt} = 29,27\text{Tấn}$.

Phản lực gối:

- $R(A)_{tc} = 258,6\text{Tấn}$; $R(A)_{tt} = 299,45\text{Tấn}$

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

3.3.1.4. Mặt cắt dọc dầm xà mũ



Hình 3.8. Mặt cắt dọc dầm xà mũ

Các kích thước tính toán:

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

3.3.2. Các bước tính toán

3.3.2.1. Sơ đồ tính

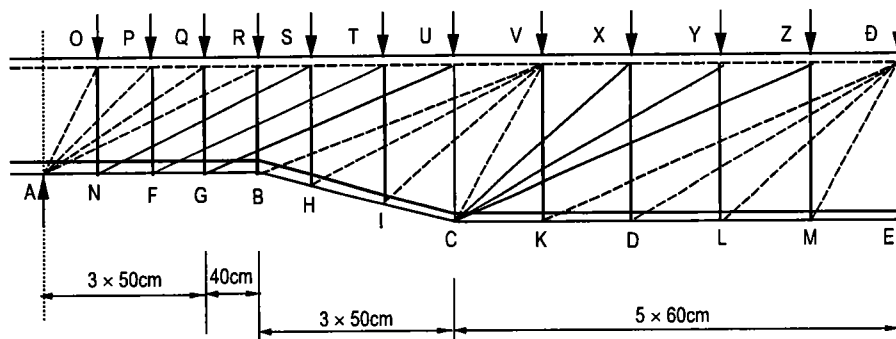
3.3.2.1.1. Tách vùng D

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

3.3.2.1.2. Bố trí cốt thép đai thẳng đứng

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

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



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

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

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

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

3.3.2.1.3. Xác định cánh tay đòn nội ngẫu lực z

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

$$z = j \cdot h_0$$

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

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

3.3.2.1.4. Các quạt chịu nén

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

Do phản lực gối R_A : AOR

Do lực tập trung P_1 : VBC

Do lực tập trung $P_2/2$: ĐKE

3.3.2.2 Tính các quạt chịu nén

3.3.2.2.1. Quạt chịu nén P_1 (VBC)

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

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

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

b) Lực trong thanh giằng:

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

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

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

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

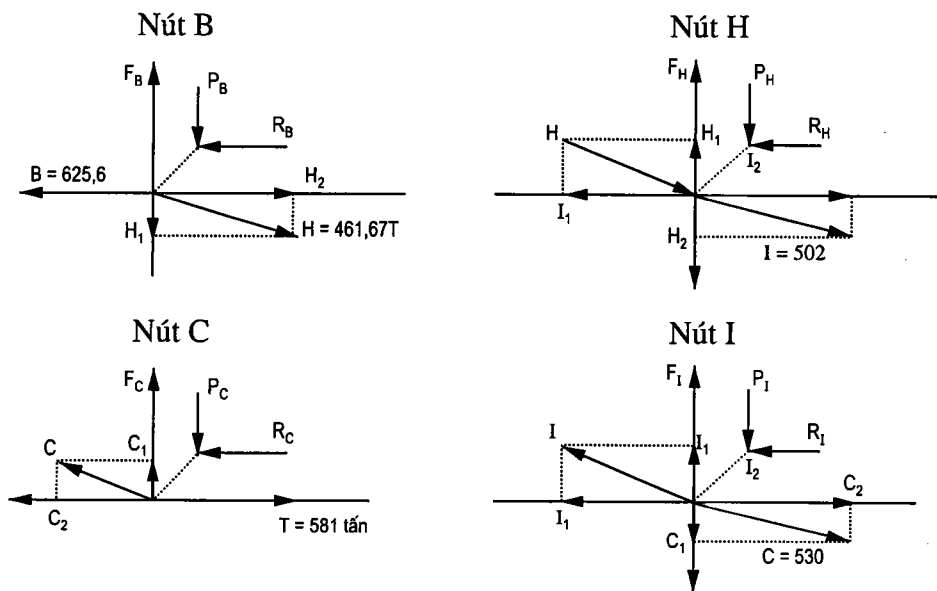
$$F_I = 47,1 \text{ T}$$

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

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

Bước 2: Xét cân bằng các nút:

a) Tách các nút B, C, H và I:



b) Cân bằng các nút:

Xét nút C:

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

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

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

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

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

Giải các phương trình cân bằng trên, ta có:

$$C = 530,12T$$

$$C_1 = 196,83T$$

$$C_2 = 495,13T$$

$$P_C = 244,13T$$

$$R_C = 85,86T$$

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

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

Bước 3: Lực nén trong thanh chống

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

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

trong đó:

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

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

Giá trị lực D_i ghi tại bảng sau:

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

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

a) Chiều rộng của thanh chịu nén:

Chiều rộng thanh chống được xác định theo công thức:

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

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

với : + F = 177,39T;

+ b = chiều rộng sườn dầm;

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

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

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

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

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

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

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

b) Ứng suất nén trong các thanh chống:

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

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

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

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

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

Kết luận:

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

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

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

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

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

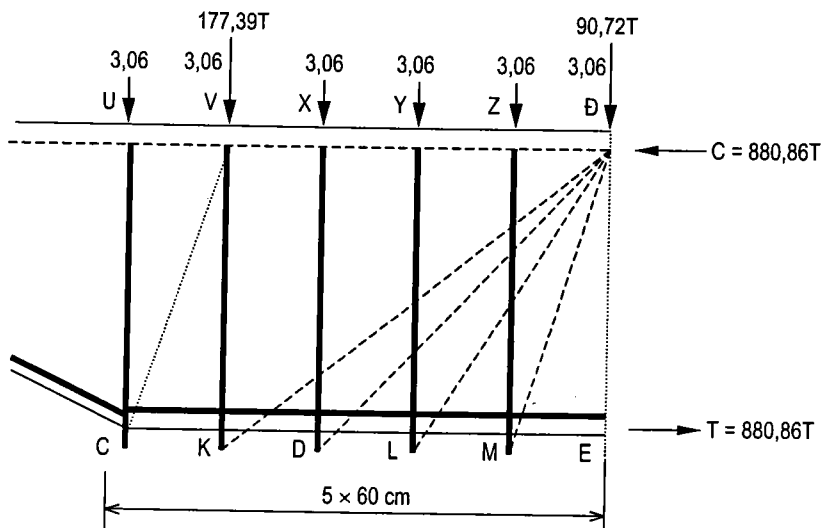
- Mômen tính toán tại mặt cắt Đ-E: $M_{tt} = 1502,76Tm$;
- Cánh tay đòn nội ngẫu lực $z = 170,6cm$
- Lực kéo và nén trong thanh mạ: $T = 880,86T$; $C = -880,86T$.
- Lực kéo trong thanh giằng:

Các thanh giằng đều phải truyền một lực kéo:

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

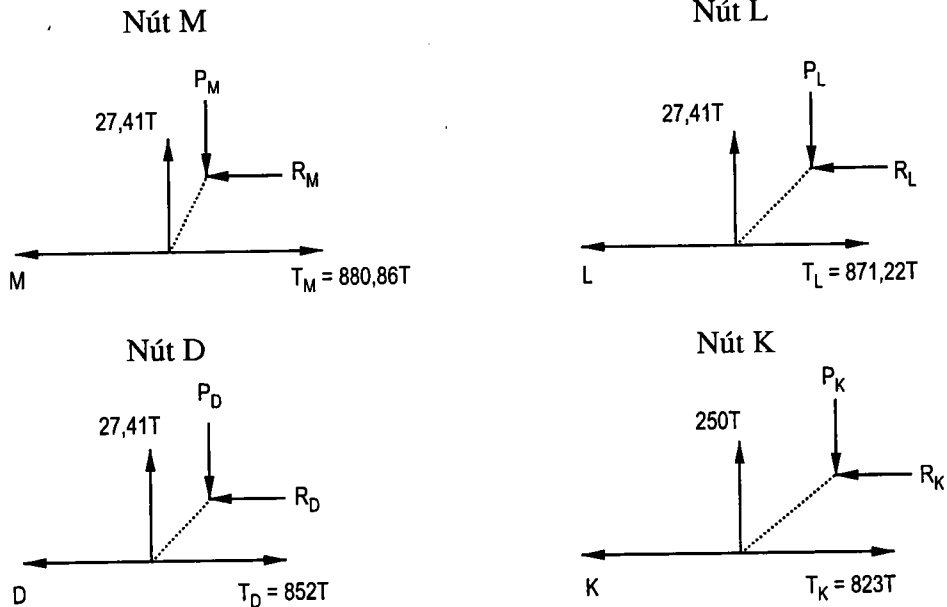
Nút K: thanh giằng K-V còn chịu tác động trực tiếp của lực $P_1 = 177,39T$, do vậy:

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



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

Bước 1: Tách nút, xác định lực trong thanh



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

- Với $\Sigma y = 0$ ta có:

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

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

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

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

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

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

Bước 2: Lực nén trong thanh chống D_i

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

trong đó:

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

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

Các giá trị D_i được ghi tại bảng sau:

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

Bước 3: Chiều rộng thanh nén

a) Chiều rộng của thanh chịu nén:

Chiều rộng thanh chống được xác định theo công thức:

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

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

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

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

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

b) Ứng suất nén trong các thanh chống:

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

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

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

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

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

Kết luận:

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

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

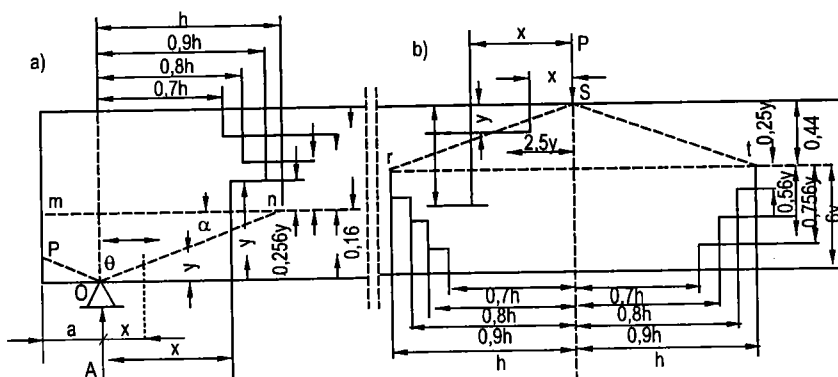
$$N = \sqrt{P_K^2 + R_K^2} = \sqrt{205^2 + 288,4^2} = 353,83T$$

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

3.3.3.1. Khái quát phương pháp tính

3.3.3.1.1. Đồ hình của 22TCN 18-79

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



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

3.3.3.1.2. Diện tích tiết diện nằm ngang F

3.3.3.1.2.1. Diện tích F tại phần 1:

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

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

a) Phạm vi gối dầm:

Nếu sườn dầm có bề dày b không đổi thì:

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

Với: y tính từ mặt đáy dầm.

b) Phạm vi chịu tải trọng tập trung P:

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

Với: y tính từ mặt trên của dầm.

3.3.3.1.2.2. Diện tích F tại phần 2:

a) Phạm vi gối dầm:

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

(F - diện tích phần trên của dầm)

b) Phạm vi chịu tải trọng tập trung P:

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

(F - diện tích phần dưới của dầm)

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

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

a) Phân bố ứng suất σ_y của phần 1:

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

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

với:

A - phản lực gối hoặc lực tập trung;

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

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

b) Phân bố ứng suất σ'_y của phần 2:

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

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

với:

A - phản lực gối hoặc lực tập trung;

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

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

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

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

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

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

với:

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

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

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

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

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

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

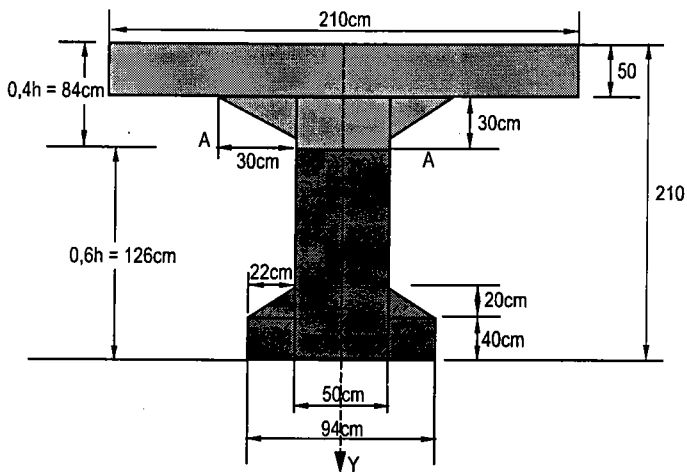
(2). Đối với các điểm nằm xa hơn ($x > 0,7h$): Trị số $\Delta\sigma_y$ sẽ giảm dần theo đồ thức bậc thang (xem hình 3.11). Cụ thể như sau:

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

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

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

3.3.3.2.1. Mặt cắt ngang

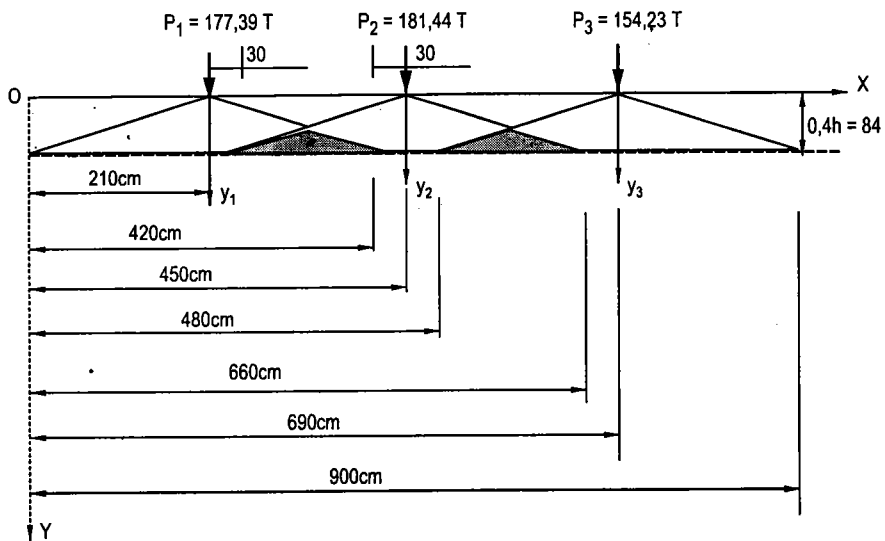


Hình 3.12. Mặt cắt ngang dầm xà mũ cầu Trần Thị Lý tại $L/2$

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

3.3.3.2.2. Phân bố ứng suất

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

a) Tính σ_{P1} :

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

b) Tính σ_{P2} :

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

c) Tính σ_{P_3} :

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

Ghi chú:

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

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

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

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

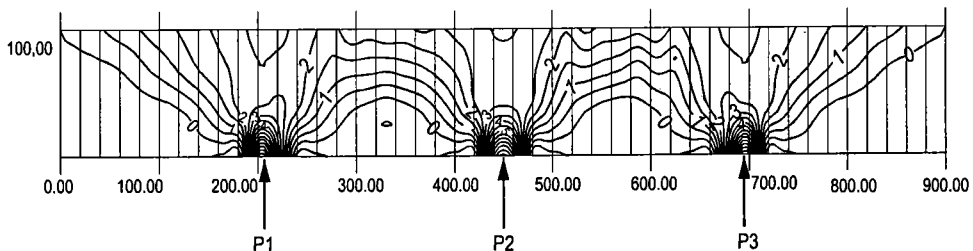
$$\Delta\sigma_y = \sigma_y \cdot \frac{2,5y - x}{2,5y}$$

với:

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

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

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



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

3.3.4. Nhận xét

3.3.4.1. So sánh hai phương pháp

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

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

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

3.3.4.2. Kết quả tính

3.3.4.2.1. Phương pháp áp dụng mô hình giàn ảo

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

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

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

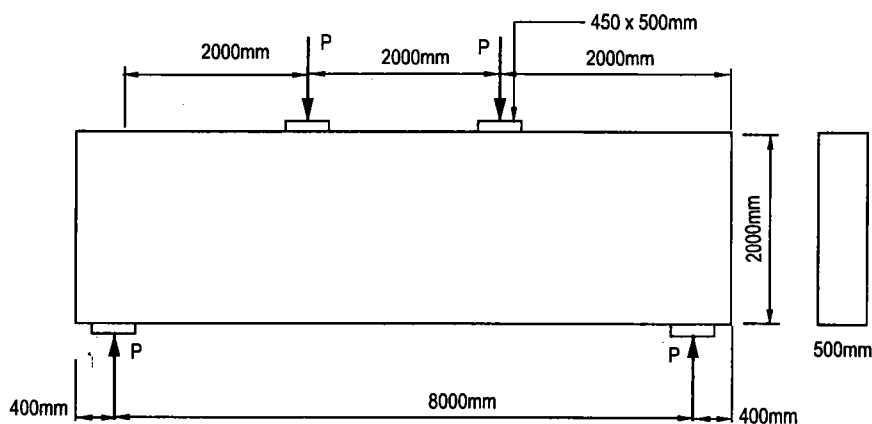
Xác định được ứng suất nén thẳng đứng tại vị trí chịu tác dụng của lực tập trung. Theo phương pháp này, chúng ta chỉ có dữ liệu để bố trí cốt thép phân bố chịu nén cục bộ ngay tại vị trí chịu tác dụng của lực tập trung. Ứng suất nén thẳng đứng σ_y và $\Delta\sigma_y$ đã giảm rất nhanh trong phạm vi sườn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

3.4. VÍ DỤ TÍNH DẦM CÓ 2 LỰC TẬP TRUNG

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

Các số liệu ban đầu như sau:

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



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

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

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

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

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

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

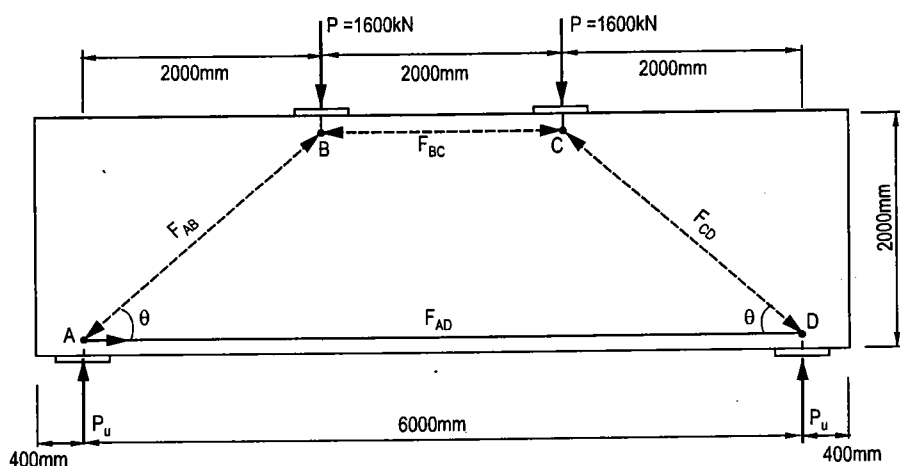
Vậy thoả mãn yêu cầu.

Cường độ chịu tải ở vị trí gối tựa là:

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

Vậy thoả mãn yêu cầu.

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



Hình 3.16: Chọn mô hình giàn ảo cho dầm

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

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

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

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

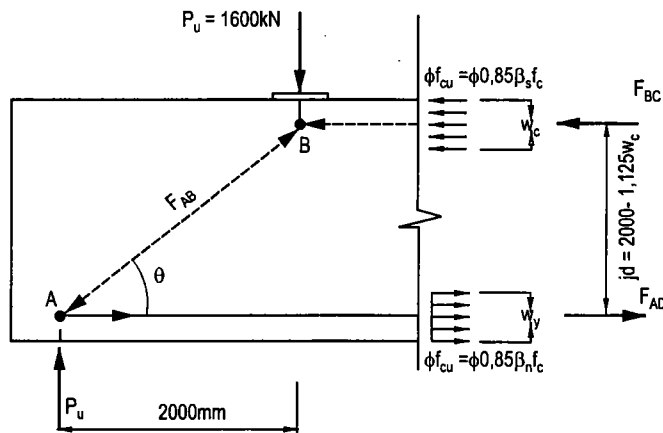
Tương tự, cường độ thiết kế của thanh giằng AD cần phải lớn hơn hoặc bằng tải trọng đã nhân hệ số trong thanh giằng AD. Hơn nữa, thanh giằng này còn phải được neo giữ chắc chắn trên một diện tích đủ bằng $w_s b$ sao cho tải trọng đã nhân hệ số là nhỏ hơn ϕF_{nc} .

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

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

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

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



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

Tính tổng mômen đối với điểm A:

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

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

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

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

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

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

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

→ OK

Bước 5: Lựa chọn cốt thép thanh giằng AD:

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

Suy ra:

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

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

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

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

Kiểm toán khả năng chịu kéo của thanh giằng AD:

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

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

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

Do vậy, lực trong thanh chống chéo AB là:

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

Bề rộng ở đầu trên của thanh chống là:

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

Bề rộng ở đầu dưới của thanh chống là:

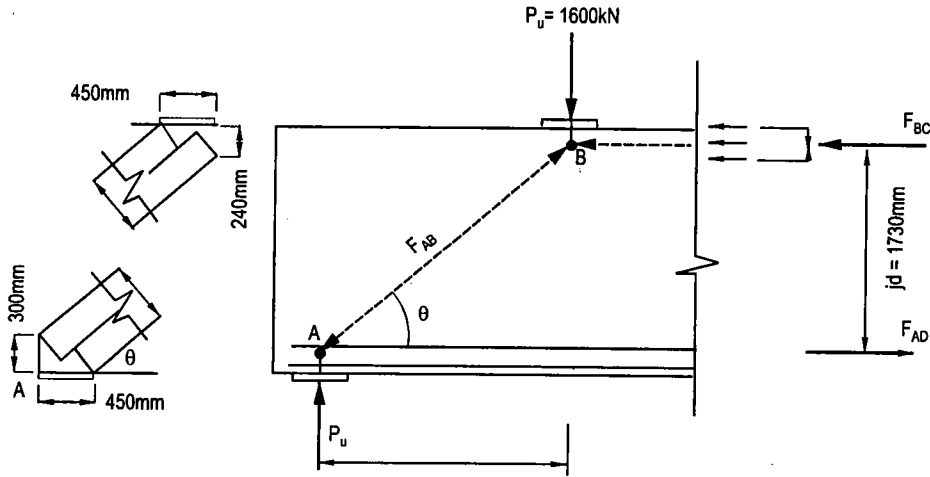
$$w_{cb} = l_b \sin \theta + h_2 \cos \theta = 450 \sin 40,9^\circ + 300 \cos 40,9^\circ = 521 \text{ mm.}$$

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

$$\beta_s = 0,75$$

Kiểm toán khả năng chịu nén của thanh chống AB:

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



Hình 3.18. Kiểm toán thanh chống chéo AB

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

- Cốt thép nằm ngang trong sườn dầm:

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

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

- Cốt thép thẳng đứng trong sườn dầm:

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

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

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

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

MỘT SỐ LƯU Ý KHI VẬN DỤNG PHƯƠNG PHÁP GIÀN ẢO

1. NHẬN XÉT CHUNG

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

1. Nguyên tắc tính toán

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

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

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

2. Về phương pháp tính

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

3. Về kết quả tính toán

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

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

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

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

2. KIẾN NGHỊ KHI VẬN DỤNG PHƯƠNG PHÁP GIÀN ẢO

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

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

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

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

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

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

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

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

- Cánh tay đòn nội ngẫu lực z .

- Góc nghiêng của thanh chống θ .

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

Lực kéo trong cấu kiện thẳng đứng giàn ảo;

Lực nén trong thanh chống xiên giàn ảo;

Lực kéo, nén trong thanh biên giàn ảo.

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

1. Về mô hình tính toán

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

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

2. Về phương pháp tính

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

3. Về kết quả tính

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

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

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

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

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

1. Trong công tác thiết kế

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

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

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

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

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

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

2. Trong công tác chẩn đoán kết cấu

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

3. Trong thi công xây dựng

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

TÀI LIỆU THAM KHẢO

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

MỤC LỤC

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

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

Chịu trách nhiệm xuất bản:

BÙI HỮU HẠNH

Biên tập:

NGUYỄN MINH KHÔI

Chế bản điện tử:

VŨ HỒNG THANH

Sửa bản in:

NGUYỄN MINH KHÔI

Trình bày bìa:

NGUYỄN HỮU TÙNG

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