

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.

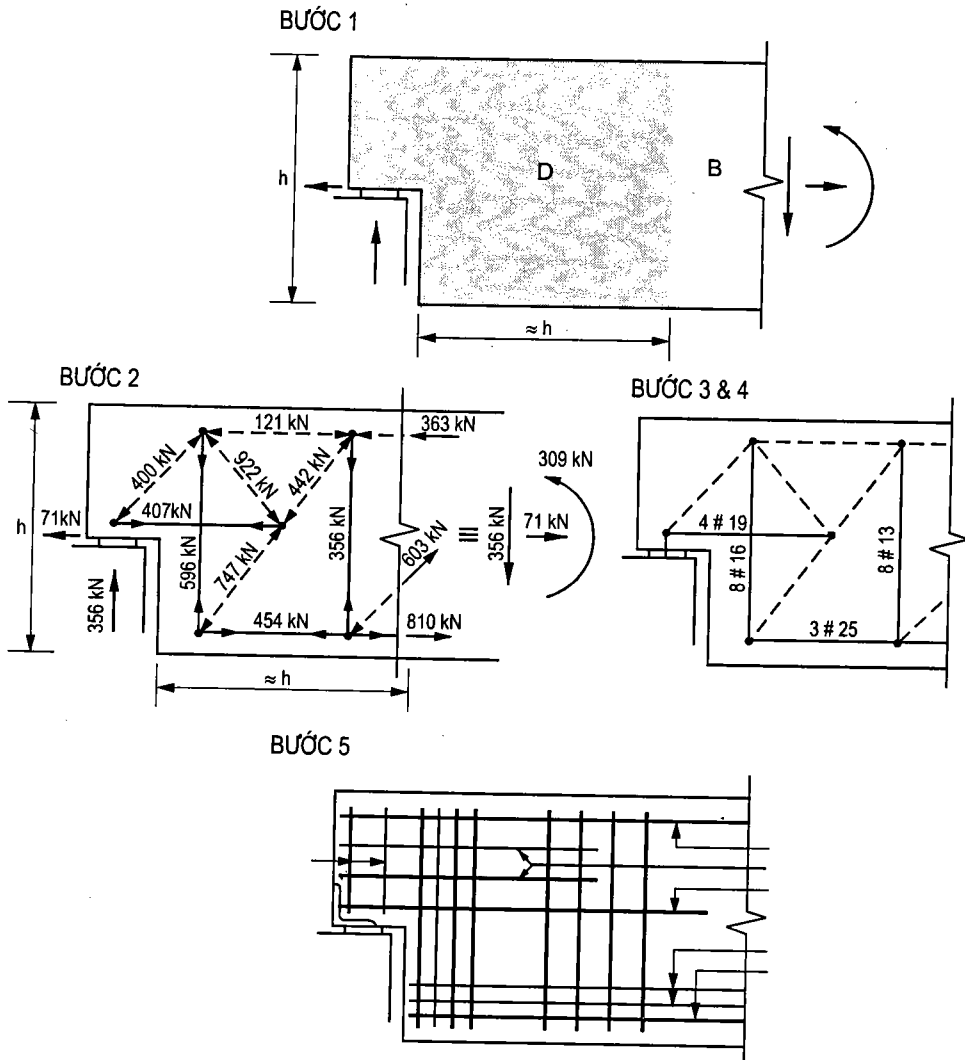
Bước 2: Vẽ phác sơ đồ giàn ảo tùy theo ý mình sao cho hợp lý và dựa trên các nguyên tắc chung. Xác định các lực biên tương đương, giải bài toán tĩnh học giàn để tìm ra các lực trong các bộ phận của giàn ảo.

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.

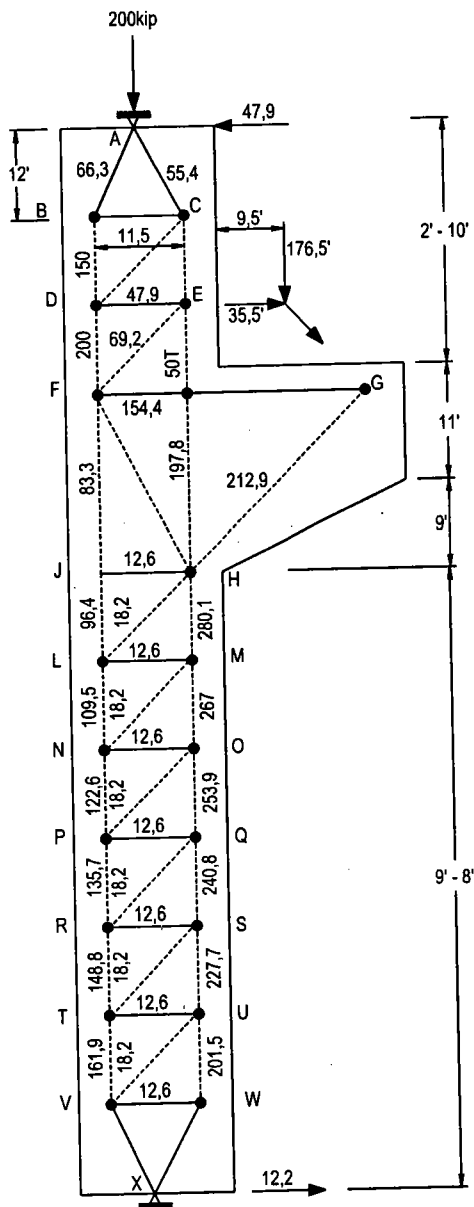


Hình 2.1: Minh họa các bước chính của phân tích mô hình giàn ảo

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.

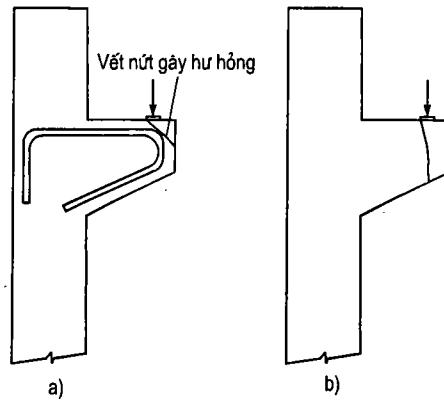
Mô hình giàn ảo cho một vai đỡ và cột được thể hiện như hình 2.1 nêu trên.



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:

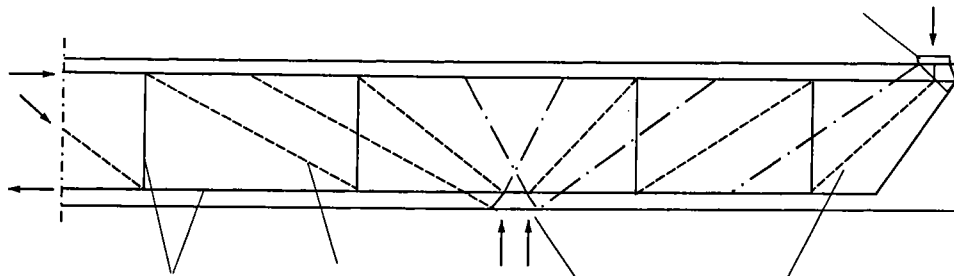
$$F_{sA} = V_A \cdot \cot\theta_A + N \left(1 - \frac{z_s}{z}\right); \text{ với } N (+) \text{ kéo} \quad (2-1)$$

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.

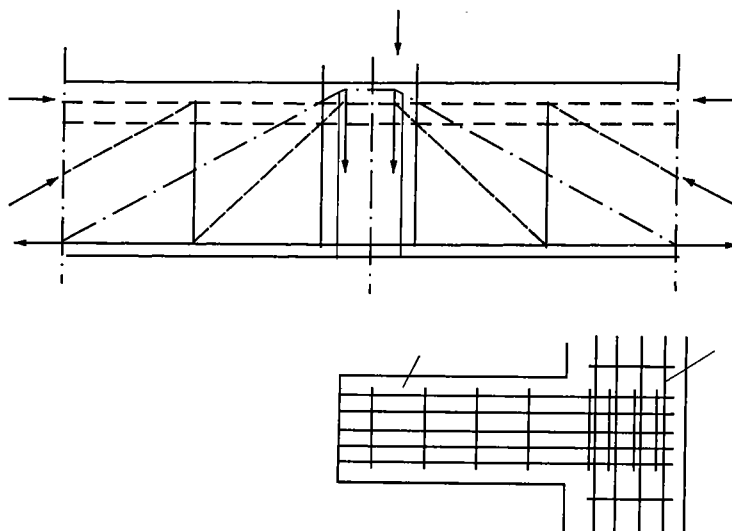
Ở những gối trung gian, mô hình thiết kế phần thân dầm là tổ hợp hai gối đầu dầm, đưa ra các lực cắt thích hợp (xem hình 2.5).



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 $\cotg \theta_2 = \frac{a}{z}$

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

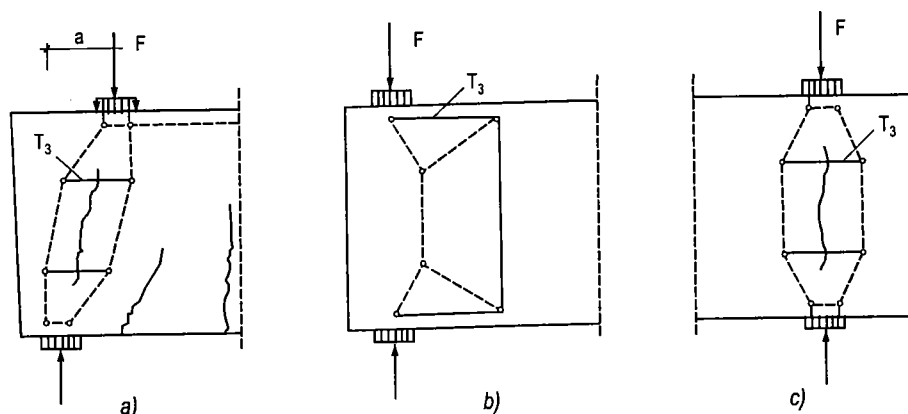
$$\cotg \theta = \frac{a_2}{a_1} = \frac{a}{z}$$

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.



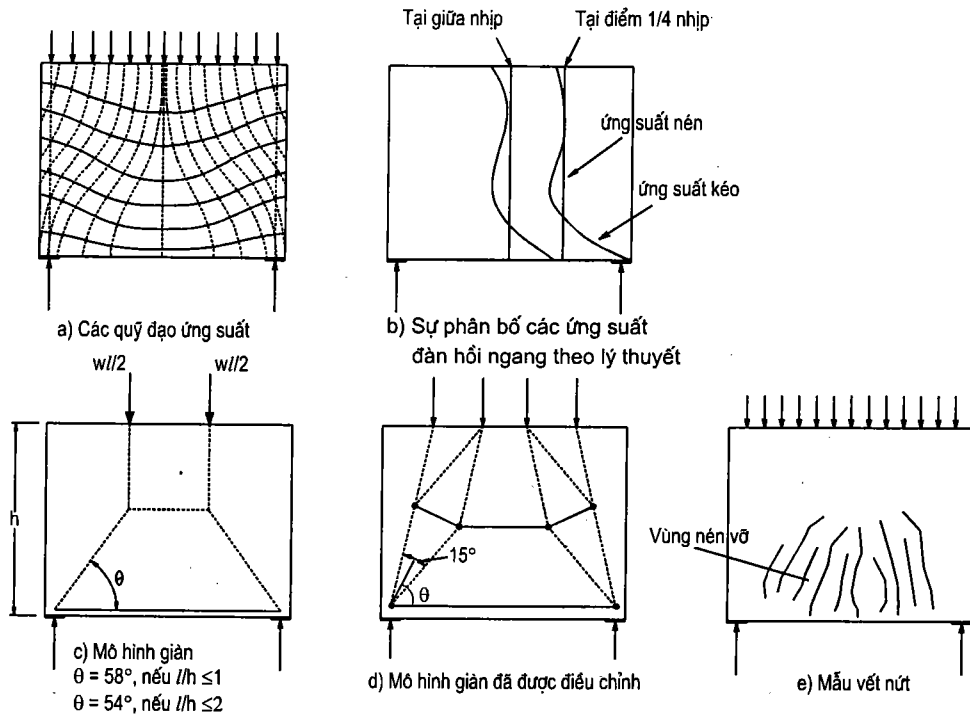
Hình 2.9. Các mô hình giàn ảo có cốt thép ngang đối với tải trọng gắn hoặc trên gối

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).

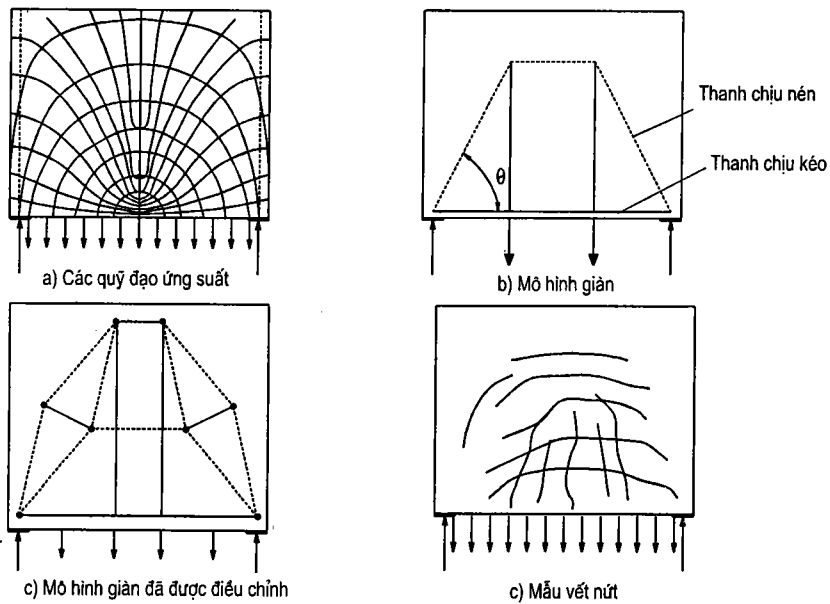
Trong trường hợp dầm giản đơn đỡ tải trọng tập trung giữa nhịp, các ứng suất nén chính tác dụng gần như song song với các đường nối tải trọng và các trục đỡ, các ứng suất kéo chính lớn nhất tác dụng song song với đáy dầm, các ứng suất nén và ứng suất kéo ngang trên mặt phẳng thẳng đứng ở điểm giữa nhịp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

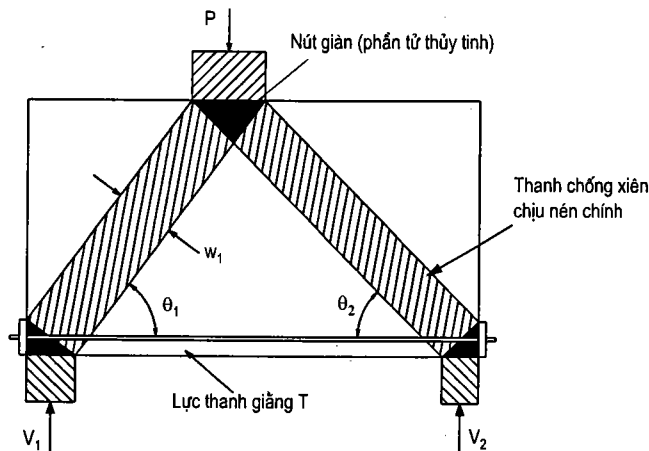
Sự hư hỏng có liên quan đến phần trên là nguyên nhân chính gây ra sự cố trong dầm cao.



Hình 2.11. Dầm cao chịu tải trọng mép đáy

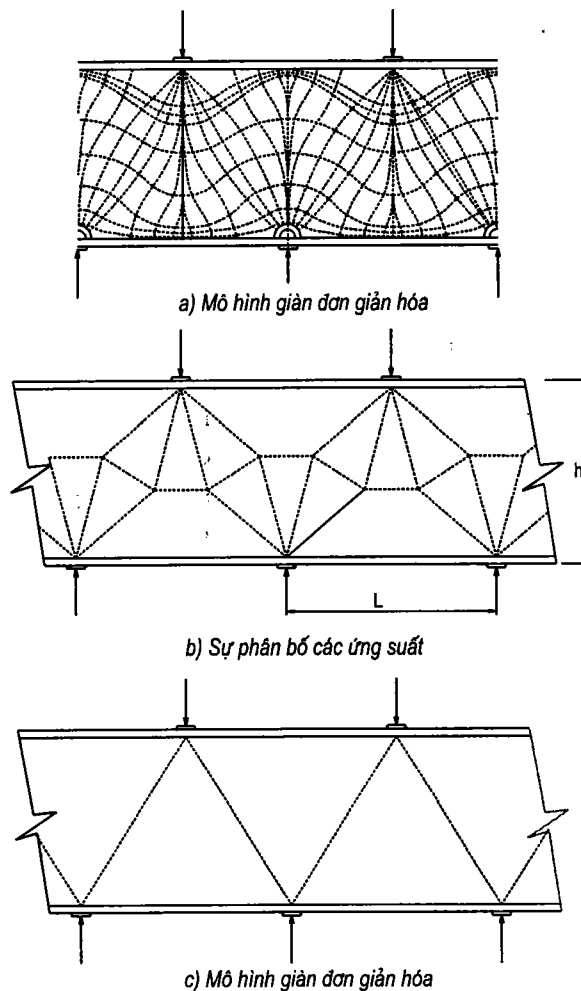
2.3.3. Các mô hình giàn ảo đối với dầm cao

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.



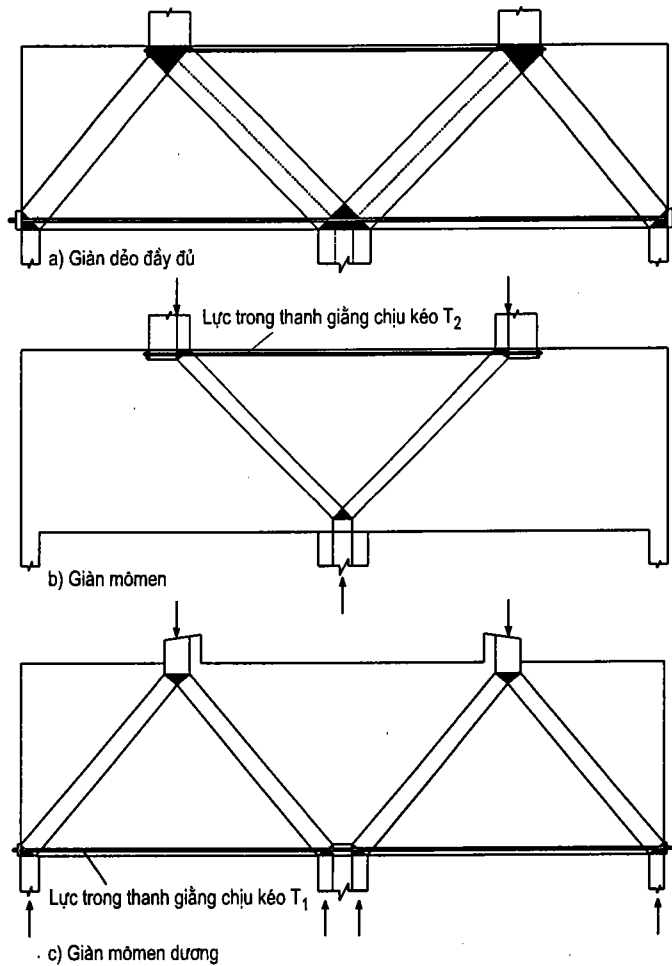
Hình 2.12. Mô hình giàn ảo của một dầm cao

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.

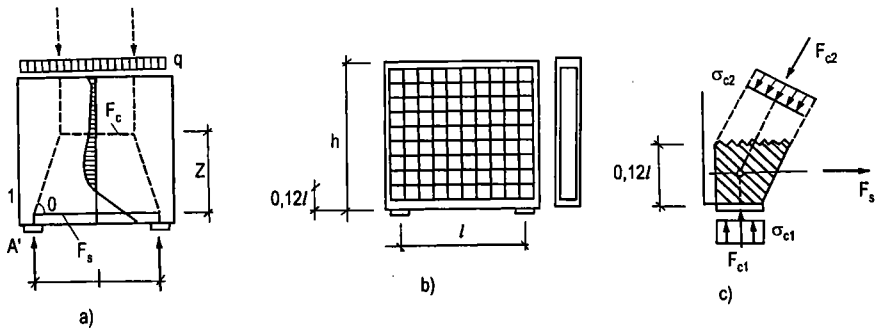
Trong giai đoạn này điều thiết yếu là giàn được vẽ theo tỉ lệ nhất định để thiết lập kích thước của các phần tử thủy tĩnh tại giao điểm của các cấu kiện giàn. Khi điều này được thực hiện, độ nghiêng của một số thanh chống sẽ được thực hiện, độ nghiêng của một số thanh chống sẽ được thay đổi và tính toán 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.

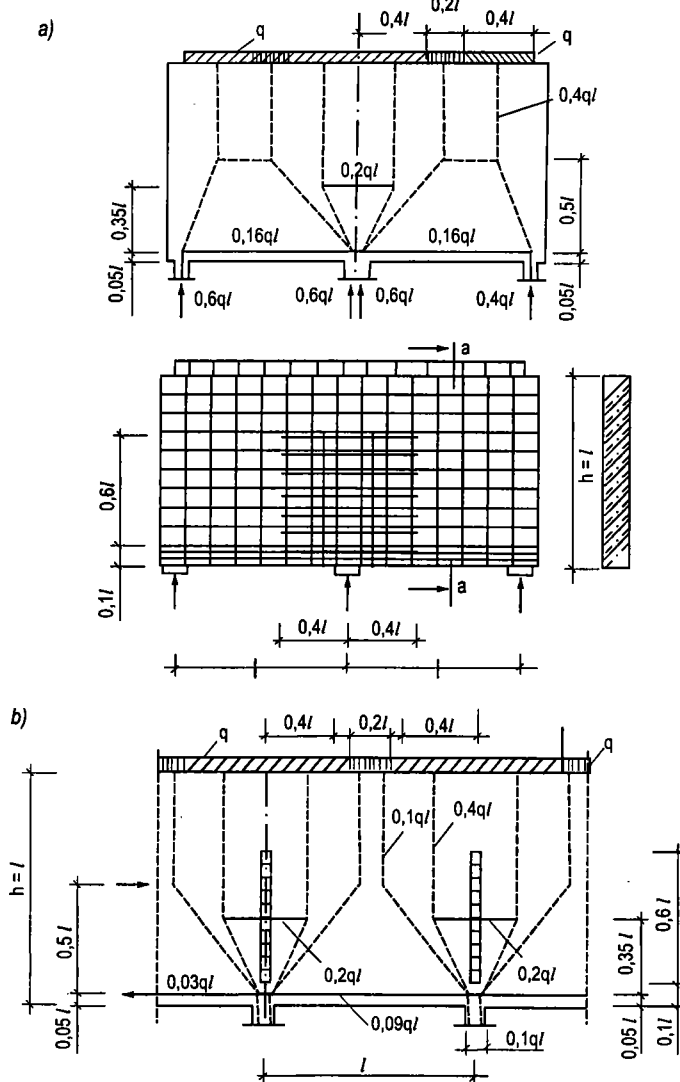
Có thể thiết kế dầm cao bằng mô hình giàn ảo. Nên chú ý đến vị trí nút trên các gối đỡ. Lượng cốt thép tối thiểu 0,1% so với mặt cắt bê tông theo từng hướng nên được bố trí trên từng mặt.

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).



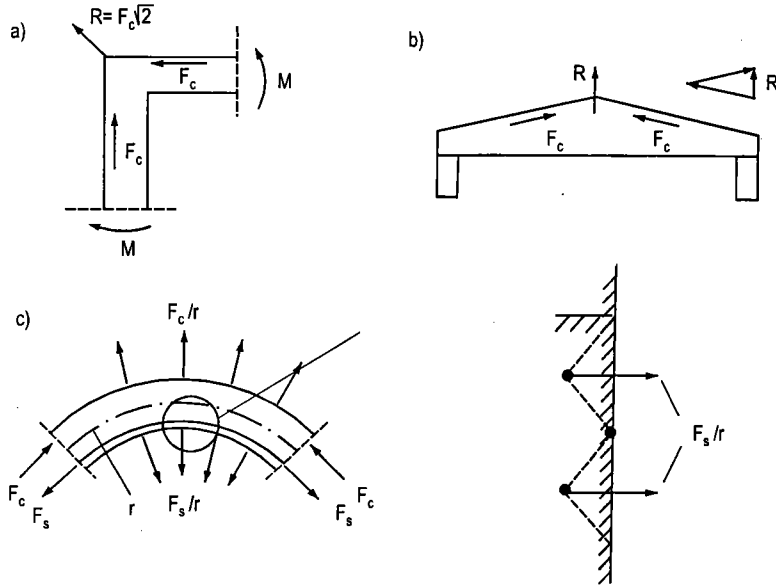
Hình 2.15. Mô hình giàn ảo và sơ đồ bố trí cốt thép đối với dầm giản đơn



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)

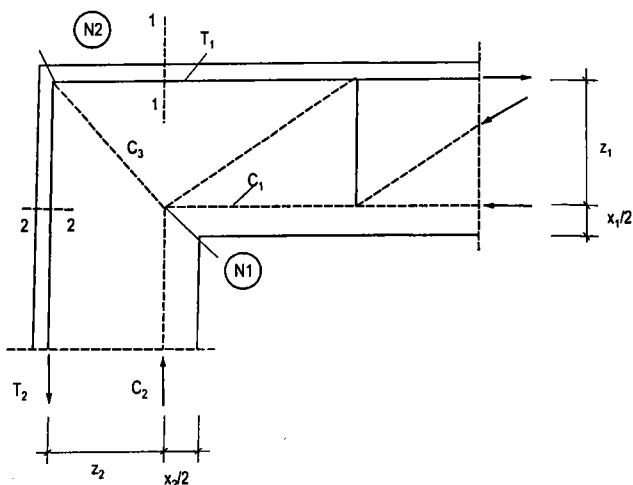
Mô hình giàn ảo cơ bản cho các góc khung chịu mômen âm thể hiện ở hình 2.18. Mặt cắt nguy hiểm 1-1 và 2-2 để xác định lực cực đại trong thanh mạ nằm trong phạm vi liên kết dầm-cột ở khoảng cách $\frac{x_1}{2}$ và $\frac{x_2}{2}$ từ mặt trong dầm và cột. Không nên bố trí thanh mạ chịu nén vì nó không 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.

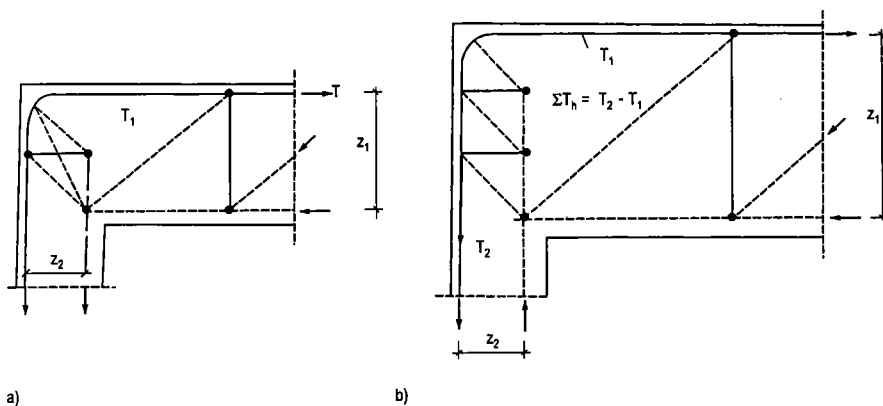
Mô hình giàn ảo cơ bản chỉ phù hợp với các phần tử có cánh tay đòn nội lực $z_1 = z_2$ (hình 2-18). Đối với các trường hợp $z_1 > z_2$ thì phải bố trí cốt thép nằm ngang tại mối liên kết (hình 2-19). Các cốt thép nằm ngang này có thể được xác định từ mô hình đưa ra ở mục 2.2.3 và hình 2-19a hoặc từ điều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



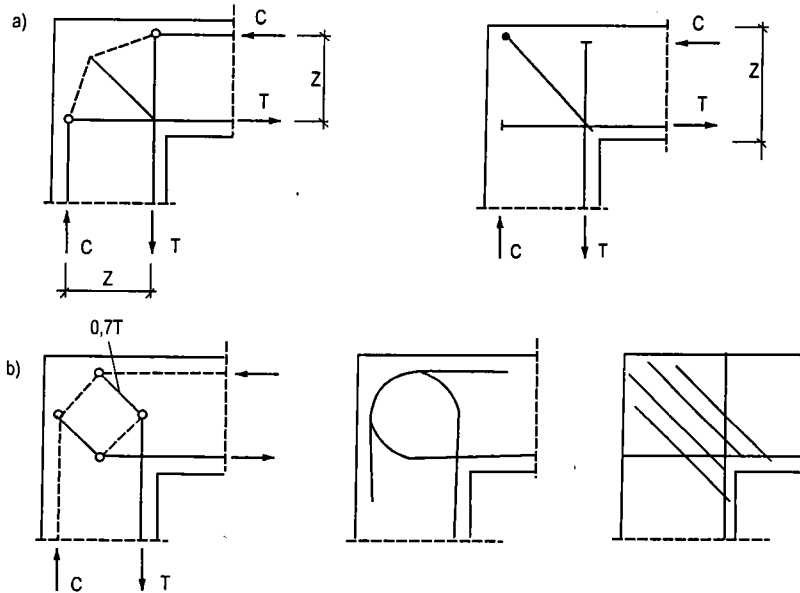
Hình 2.18. Mô hình giàn ảo cơ bản cho góc khung chịu mômen âm



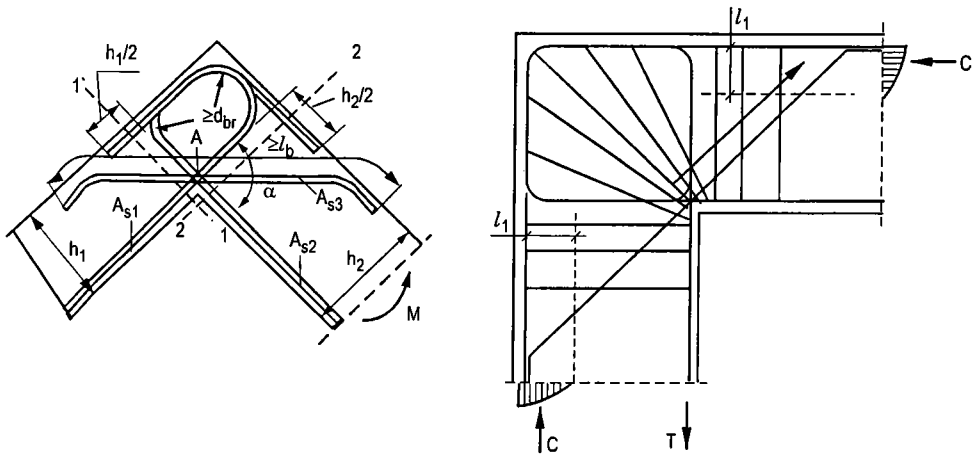
Hình 2.19. Mô hình giàn ảo cơ bản cho góc khung chịu mômen âm và các cấu kiện có chiều cao khác nhau

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



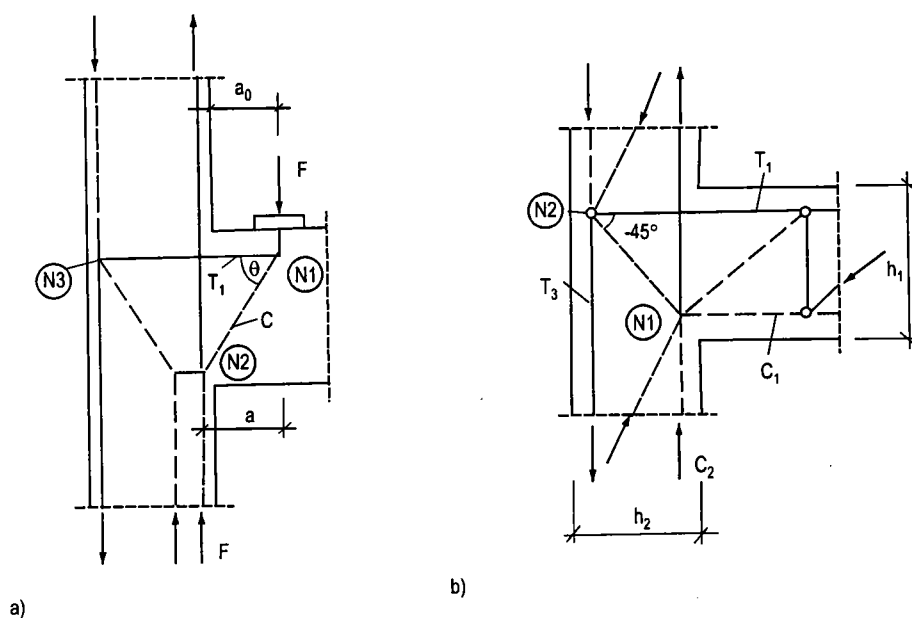
Hình 2.21. Tăng cường cốt thép chịu mômen dương cho góc khung chịu mômen giá trị lớn

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

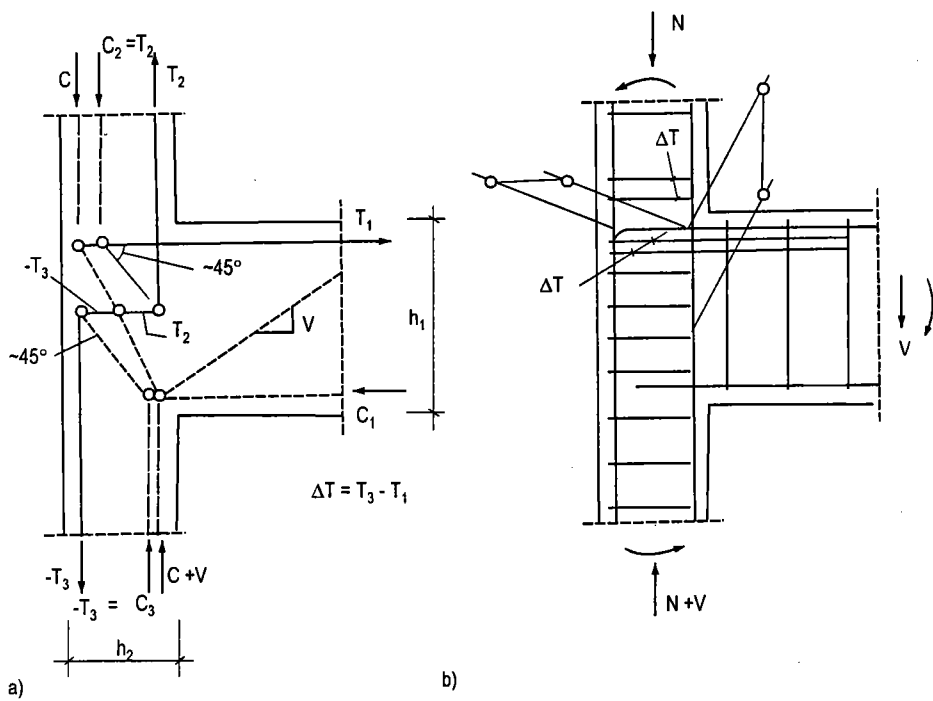
Mô hình đơn giản đối với liên kết dầm - cột của các cấu kiện với chiều cao ảo được trình bày ở hình 2.22. Điều kiện lực để định ra kích thước mỗi liên kết được xác định qua những mặt cắt qua nút N_1 như đã giải thích ở mục 2.2.3 (1).



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

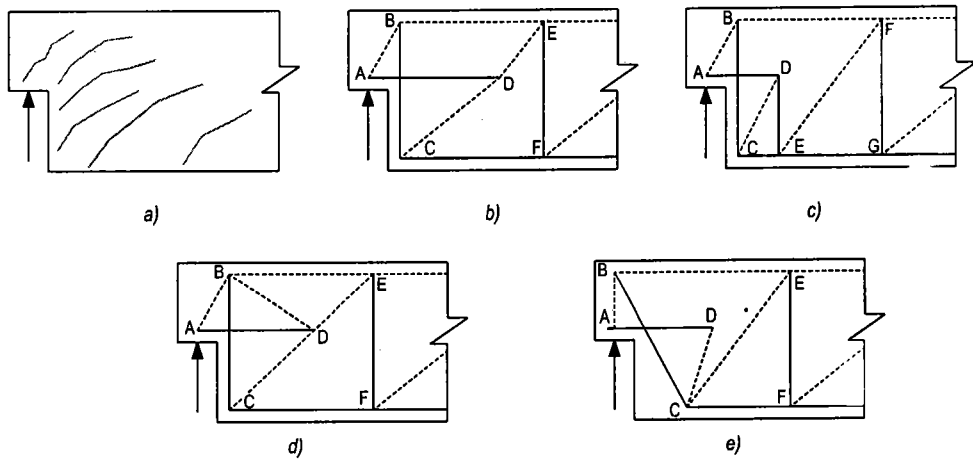
Khả năng của liên kết phụ thuộc nhiều vào các yêu cầu về đường kính uốn cong và neo ở nút N_2 . Trong trường hợp chiều dài neo không đủ ở nút N_2 , yêu cầu phải tăng thêm thanh giằng để chịu lực $\Delta T = T_3 - T_1 = 0,3T_1$ ở bên trên và bên dưới cốt thép chịu lực T_1 như thể hiện ở hình 2.23b

Để liên kết các phần 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.

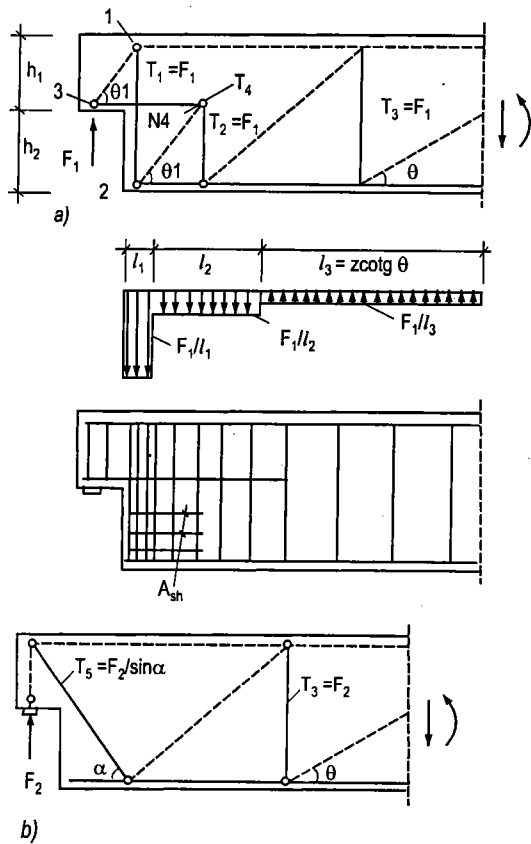
Trong việc bố trí đầu tựa của đầu dầm kiểu bậc thang thì chiều cao phần kéo dài của dầm ít nhất bằng một nửa chiều cao toàn bộ của dầm. Phần kéo dài của dầm phải đủ bề dày để thanh chống nghiêng A - B tại gối đỡ có độ nghiêng không nhỏ hơn 45° . Mặt khác, các lực trong thanh chống và giằng gặp phần kéo 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.

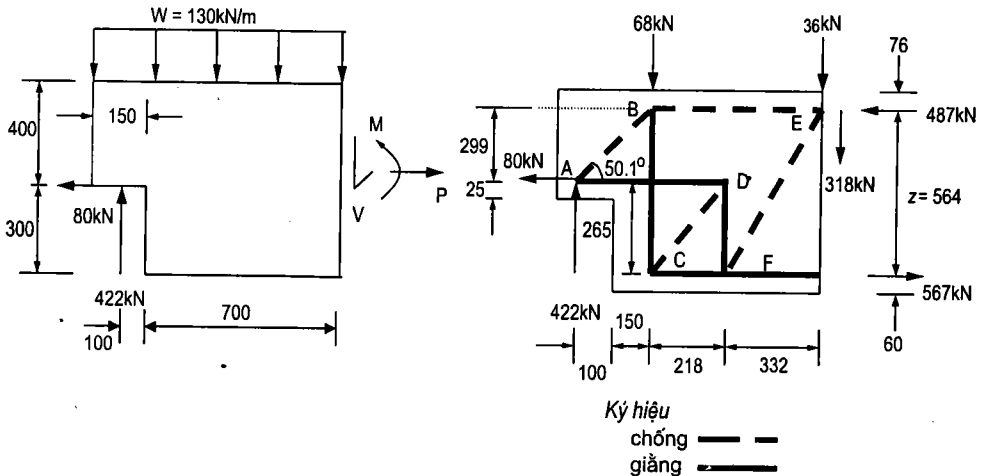
Các dầm kiểu bậc thang nên được thiết kế trên cơ sở tổ hợp hai mô hình giàn ảo ở hình 2.25a, b. Cần có sự cân nhắc tập trung đến các lực ngang có thể có do ma sát tại gối đỡ.

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



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 DUL 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:

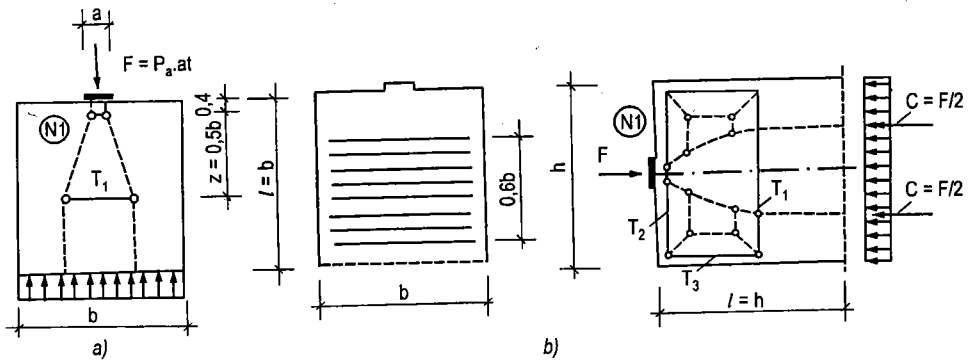
$$T_1 = 0,25 \left(1 - \frac{a}{b}\right) F \quad (2-7)$$

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.

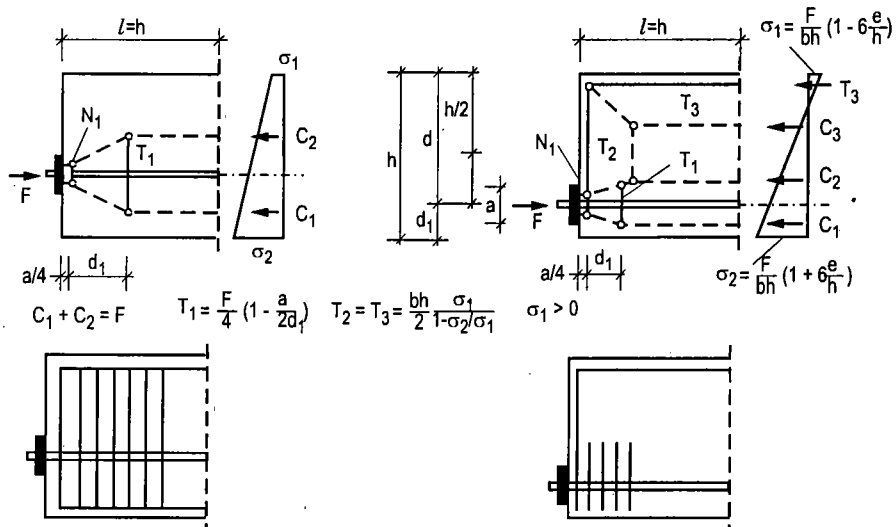
Các mô hình giàn ảo đối với tải trọng tác dụng lệch tâm có được từ sự cân bằng tải trọng áp dụng với phân bố ứng suất đàn dẻo-tuyến tính trong vùng B kế cận ở đầu đối diện của vùng (mô hình hoá với mô hình tải trọng đường).

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

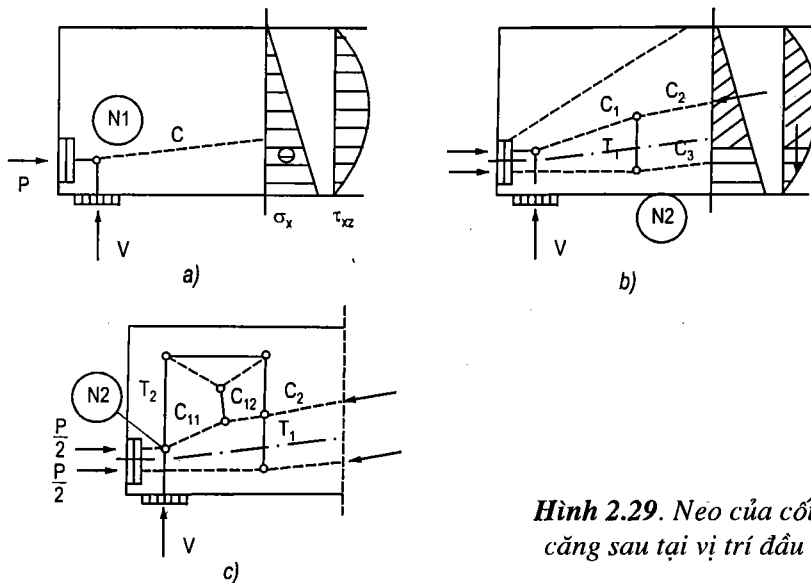
Việc kiểm tra ở nút N_1 phù hợp với mục 2.2.3



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. Néo 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:

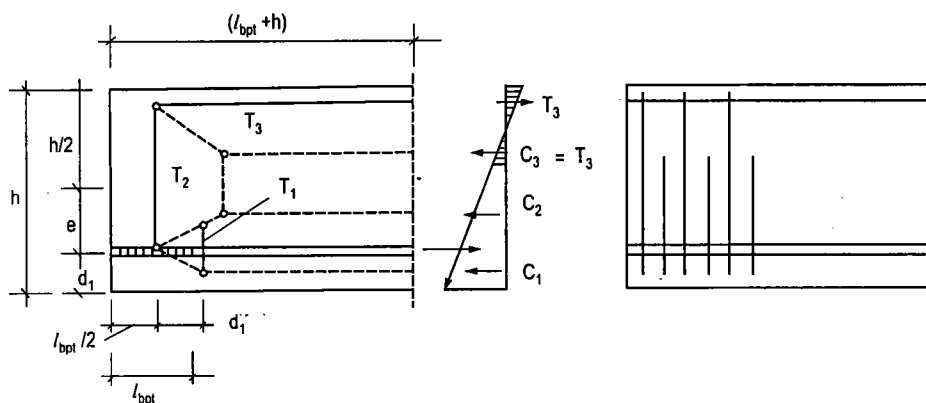
$$\frac{c}{\phi} > 2,5 \text{ và } c_{\text{eff}} > 2,25 \quad (2-9)$$

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



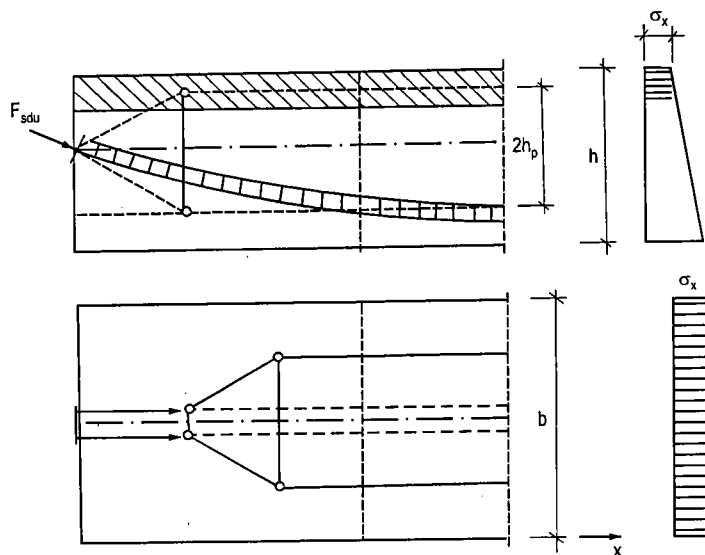
Hình 2.30. Mô hình giàn ảo tại đầu neo của cấu kiện căng trước

2.6.2. Gối của dầm T

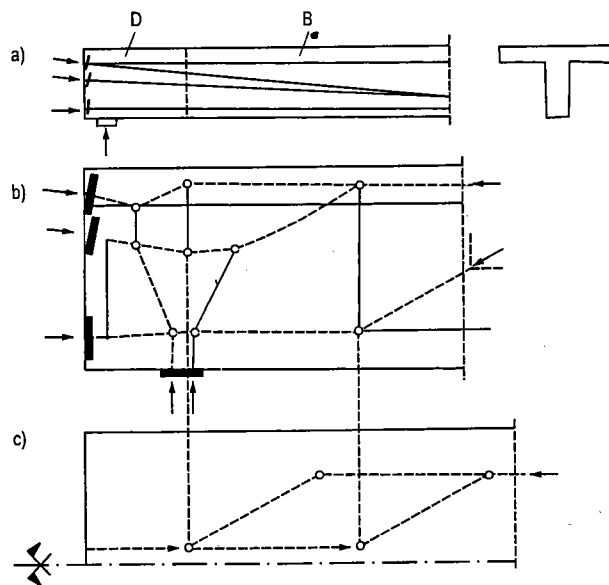
Sự phân bố của lực tập trung lên cánh T của cấu kiện theo sơ đồ ở hình 2.31; yêu cầu bố trí cốt thép đai trên cánh như với sườn dầm.

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

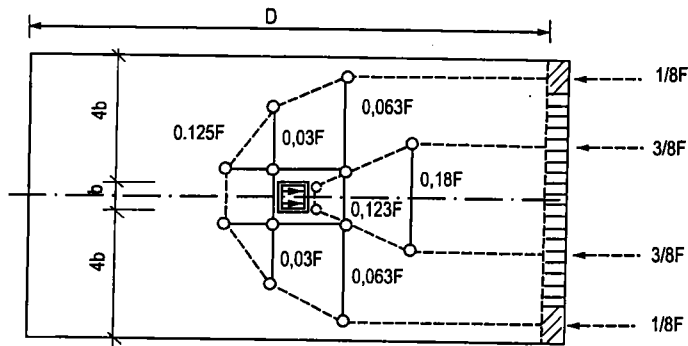
giằng lại phía sau do các cốt thép ở các phía của neo như đã được thể hiện ở sơ đồ giàn ảo (hình 2.33). Lực kéo này có thể sẽ bị giảm đi một lượng là:

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

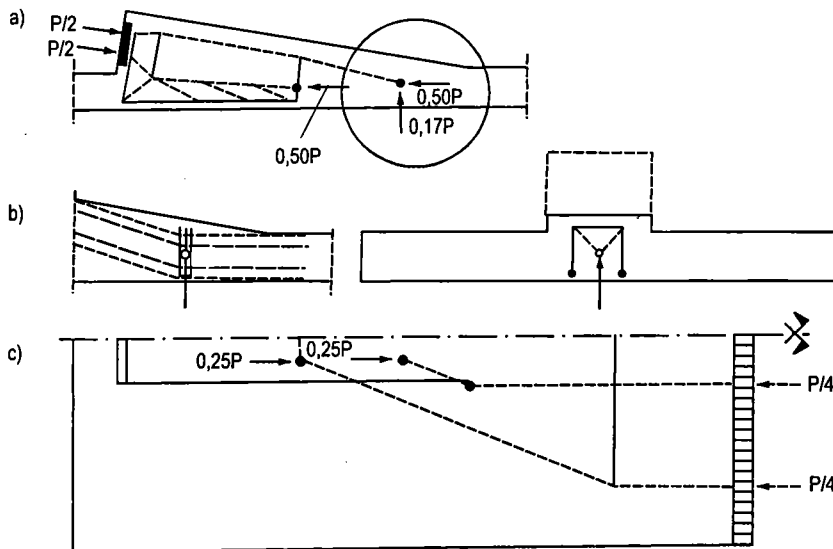
với: σ_c - ứng suất nén ở phía sau neo.

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

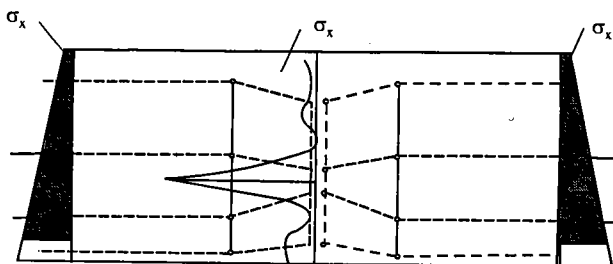


Hình 2.34. Mô hình giàn ảo và sự tăng cường cho một lỗ rỗng

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.

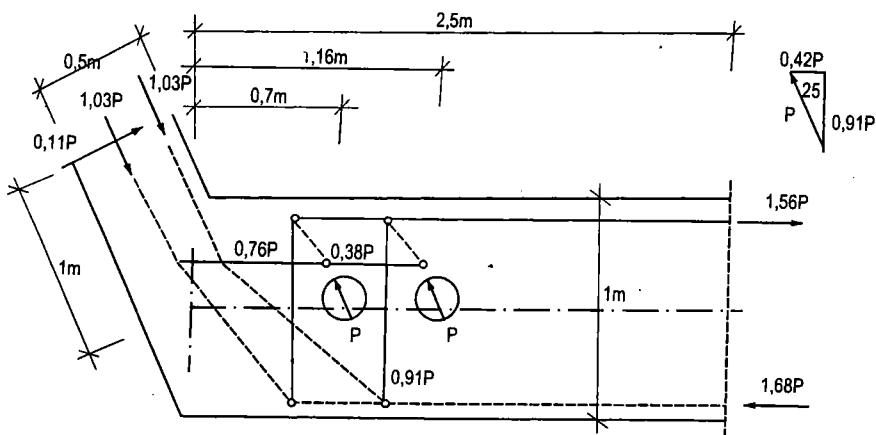
Mối nối xây dựng, sử dụng một neo đôi tương ứng cho một vùng D. Cấu tạo mối nối kiểu này sẽ gây ra lực tập trung vào neo, có thể làm xuất hiện ứng suất kéo trong mặt cắt và gấn các gờ cạnh (hình 2.35). Như vậy, một khối lượng cốt thép dọc tối thiểu nên được bố trí cắt ngang qua liên kết. Vấn đề này được 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 ngoài

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