

2.3.5. Dầm cao

Dầm cao là cấu kiện chịu tải trọng trên một mặt và được đỡ trên mặt đối diện, do đó trong dầm hình thành những thanh chống (chịu nén) giữa tải trọng và gối đỡ, và có một trong các đặc điểm sau:

1. Nhịp thông thủy l_n bé hơn hoặc bằng 4 lần chiều cao của dầm
2. Tải trọng tập trung xuất hiện gần vị trí gối đỡ (nằm trong khoảng 2 lần chiều cao dầm tính từ mép của gối đỡ)

Có hai lựa chọn khi thiết kế các dầm cao: (1) theo quan điểm phân bố phi tuyến của biến dạng, hoặc (2) sử dụng mô hình giàn ảo (strut-and-tie models) quy định trong ACI 318-08 - Phụ lục A.

Một số yêu cầu khi thiết kế:

1. Cường độ chịu cắt danh nghĩa, V_n , không vượt quá $10\sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$
2. Diện tích cốt thép chịu cắt A_v vuông góc với cốt thép dọc chịu kéo không nhỏ hơn $0,0025 \cdot b_w \cdot s$. Khoảng cách s không vượt quá $d/5$ hoặc 12in (30cm).
3. Diện tích cốt thép chịu cắt A_{vh} song song với cốt thép dọc chịu kéo không nhỏ hơn $0,0015 \cdot b_w \cdot s_2$. Khoảng cách s_2 không vượt quá $d/5$ hoặc 12in (30cm).

Thay vì sử dụng cốt thép chịu cắt tối thiểu nói trên, chúng ta có thể bố trí cốt thép theo tính toán với mô hình giàn ảo.

4. Diện tích tối thiểu của cốt thép chịu kéo $A_{s,min}$ không nhỏ hơn: $A_{s,min} = 3 \sqrt{\frac{f'_c}{f_y}} \cdot b_w \cdot d$ hoặc $200 \frac{b_w \cdot d}{f_y}$
5. Khi chiều cao dầm h vượt quá 36in (90cm), cần bố trí cốt thép cấu tạo dọc trên thành dầm để hạn chế các vết nứt trên bụng dầm gần vùng kéo.

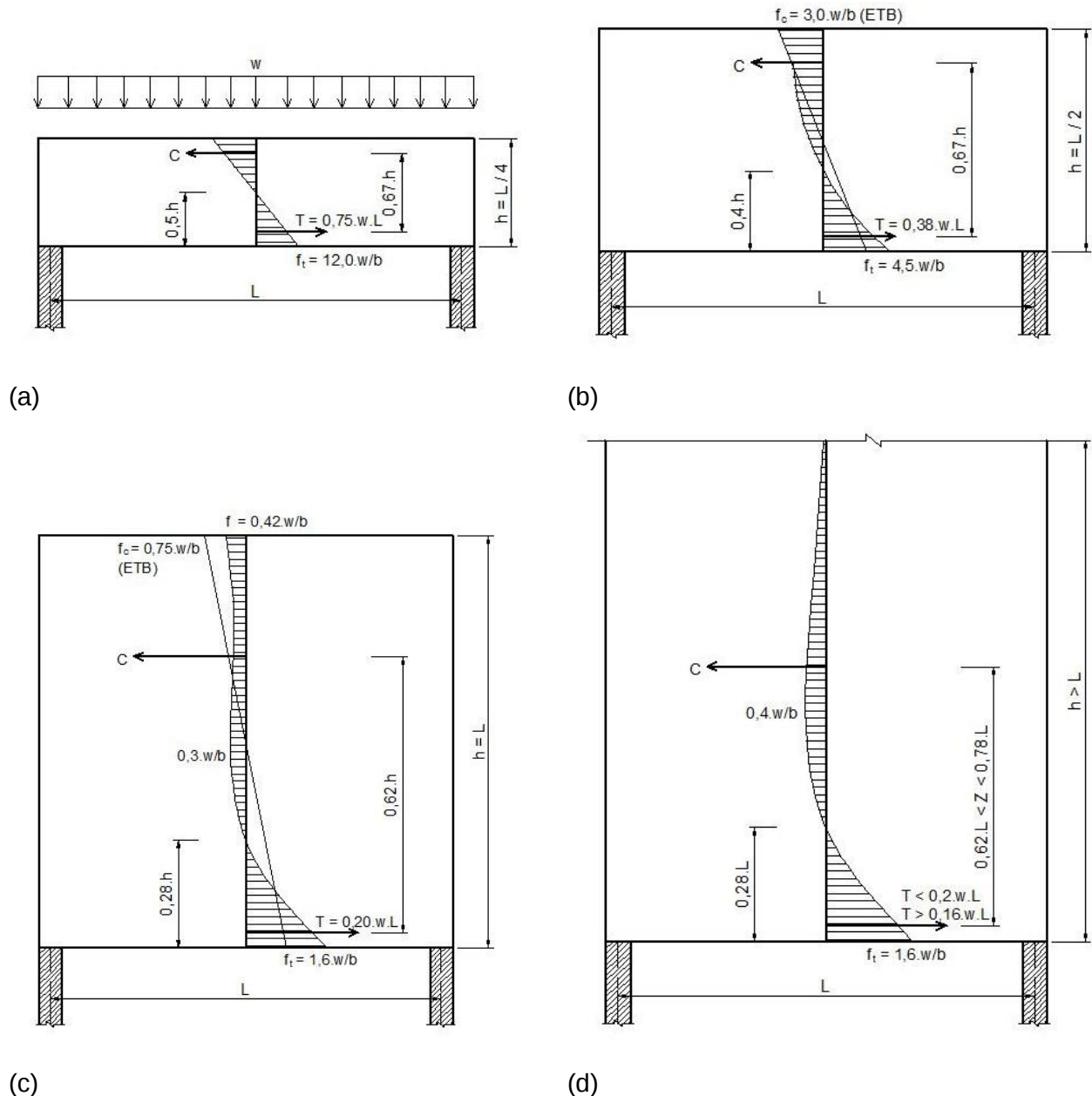
ACI 318-08 cũng như các phiên bản cũ hơn quy định không tính toán dầm cao như cấu kiện chịu uốn trừ khi sử dụng biến dạng phi tuyến và có kiểm tra ổn định tổng thể.

Như đã nói ở trên, dầm được gọi là dầm cao khi tỉ số nhịp trên chiều cao dầm bé hơn hoặc bằng 4. Khi đó sự phân bố ứng suất theo lý thuyết uốn (engineers bending theory, engineers theory of building - ETB) không còn phù hợp và đầy đủ.

Ứng suất trong dầm cao khi chưa xuất hiện vết nứt có thể được phân tích bằng các phương pháp phức tạp như phương pháp phần tử hữu hạn. Kết quả cho thấy rằng với tỉ lệ nhịp trên chiều cao dầm càng nhỏ, thì sự phân bố ứng suất càng khác biệt so với lý thuyết uốn truyền thống. Hình 2.34 cho thấy sự phân bố ứng suất do uốn tại vị trí giữa nhịp của dầm đơn giản với các tỉ lệ nhịp trên chiều cao (l/h) khác nhau dưới tác dụng của tải trọng phân bố đều. Điểm đáng chú ý trong hình 2.34 là với tỉ lệ $l/h = 1$ thì ứng suất kéo lớn hơn hai lần so với tính toán theo lý thuyết uốn truyền thống ($1,6 \cdot w/b$ so với $0,75 \cdot w/b$).

Xem xét kỹ hơn trường hợp dầm vuông ($l/h = 1$), có 2 điểm có thể nhận thấy từ hình 2.54. Thứ nhất, vùng kéo ở phía dưới dầm tương đối nhỏ, xấp xỉ bằng $0,25 \cdot l$, cốt thép chịu kéo nên bố trí trong khoảng này. Thứ hai, lực kéo - căn cứ để xác định lượng cốt thép yêu cầu - có thể xác

định với cánh tay đòn $j_d = 0,62.h$. Điều đáng chú ý là giá trị này xấp xỉ nhau cho tất cả các dầm, có nghĩa rằng nó chịu ảnh hưởng không đáng kể bởi tỉ số nhịp trên chiều cao của dầm.



Hình 2.34 Phân bố ứng suất ứng với các trường hợp chiều cao dầm: (a) $L/h = 4$, (b) $L/h = 2$, (c) $L/h = 1$, và (d) $L/h < 1$

2.3.6. Phương pháp giàn ảo (Strut-and-Tie method)

Phương pháp giàn ảo là một phương pháp đơn giản và trực quan, dựa trên nguyên lý cân bằng tĩnh lực.

Phương pháp này được áp dụng cho các cấu kiện kết cấu khi giả thiết của lý thuyết uốn không còn chính xác. Một trong các giả thiết được áp dụng cho cấu kiện chịu uốn đó là tiết diện phẳng trước và sau khi uốn. Giả thiết này được áp dụng cho tất cả các tiết diện của dầm trừ những vị trí ngay

sát vị trí chất tải hoặc gối tựa. Ví dụ cho trường hợp cấu kiện không áp dụng được giả thiết này đó là dầm có nhịp thông thủy I_n bé hơn hoặc bằng 4 lần chiều cao. Do đó, thay vì áp dụng lý thuyết uốn, chúng ta sử dụng một mô hình hợp lý hơn là mô hình giàn để mô tả đường truyền tải trọng. Quy trình bắt đầu từ việc giả thiết đường truyền tải trọng trong cấu kiện, đó là các thanh chống và thanh giằng, và tiến hành thiết kế các cấu kiện này dựa trên lực tính được.

Các cấu kiện có trong mô hình giàn điển hình bao gồm:

1. Các thanh chống xiên và thẳng đứng
2. Các cấu kiện chịu kéo dọc trong giàn, hay còn gọi là giằng
3. Các vùng nút là vị trí liên kết của thanh chống và giằng

Kích thước của các cấu kiện trong mô hình giàn được lựa chọn thỏa mãn nội lực xuất hiện trong thanh chống, giằng, và các nút dưới tác dụng của tải trọng thiết kế không vượt quá khả năng chịu lực. Cần lưu ý khi bố trí cốt thép chịu kéo, thanh giằng chịu kéo cần đảm bảo được neo chắc chắn để truyền được tải trọng vào các nút giàn.

Điều tối quan trọng cho sự an toàn của thiết kế khi sử dụng phương pháp giàn ảo là các cấu kiện phải có độ dẻo thích hợp cho phép phân phối tải trọng theo đường dẫn như đã chỉ định.

Một điều dễ nhận thấy là có thể lựa chọn được nhiều mô hình giàn để chịu cùng một tải trọng. Khi một mô hình giàn hiệu quả hơn các mô hình giàn khác theo các tiêu chí thiết kế, thì chứng tỏ rằng mô hình đó đảm bảo khả năng chịu tải và có độ dẻo thích hợp.

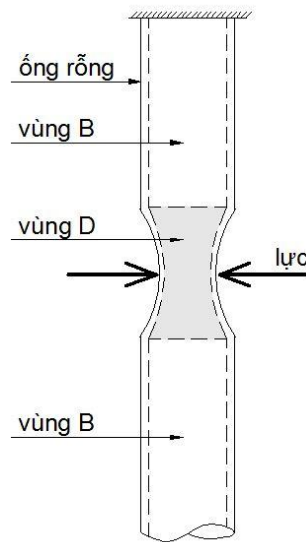
Trước khi đề cập nhiều hơn đến mô hình thanh chống và giằng, cần tìm hiểu qua về nguyên lý Saint-Venant, là nguyên lý cơ sở của phương pháp này. Khi đề cập đến lý thuyết uốn đơn giản, Saint-Venant (1797-1886) phát biểu rằng sự phân bố ứng suất theo lý thuyết uốn đơn giản không đúng trong một phạm vi xung quanh điểm đặt lực tác dụng. Ông cũng khẳng định rằng kết quả tính toán theo lý thuyết uốn đơn giản vẫn đúng trong hầu hết các mặt cắt trừ các vị trí ngay sát điểm đặt lực hoặc gối tựa.

Hình 2.35 là một ví dụ của nguyên lý Saint-Venant. Hai lực bằng nhau và ngược chiều tác dụng lên ống sinh ra biến dạng cục bộ. Ứng suất chỉ xuất hiện ngay tại vị trí đặt lực, và tại một khoảng cách đủ xa kể từ vị trí đặt lực, thành ống không bị ảnh hưởng. Phạm vi ảnh hưởng của những tác động cục bộ chỉ nằm trong khoảng từ 1 đến 2 lần kích thước đặc trưng của cấu kiện.

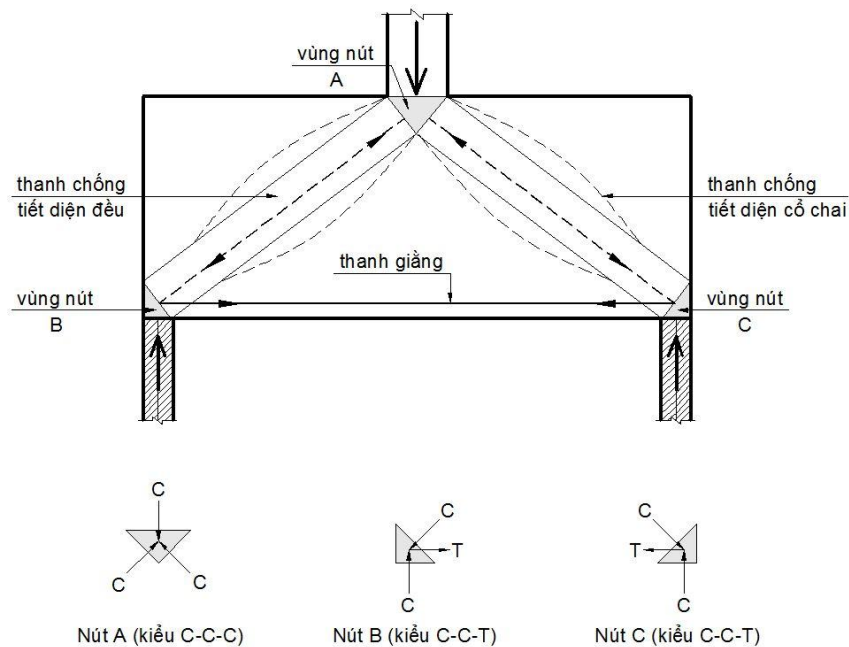
Phương pháp giàn ảo sử dụng để thiết kế dầm cao cho trong phụ lục A - tiêu chuẩn ACI 318-08 dựa vào nguyên lý Saint-Venant đã được đề cập ở trên. Vùng bị bóp cong của ống như trong hình 2.35 tương ứng với vùng không liên tục (Discontinuity region) theo ACI 318. Vùng này được giả thiết có phạm vi không vượt quá một lần chiều rộng của cấu kiện tính từ điểm đặt lực hoặc gối tựa. Các vùng uốn (Bending regions, vùng B theo ACI) là các vùng còn lại, có khoảng cách đủ xa so với các vùng không liên tục, trong phạm vi đó có thể áp dụng lý thuyết uốn đơn giản mà không gây ra sai sót đáng kể.

Các thành phần của mô hình thanh chống - giằng được định nghĩa trong ACI 318. Vùng liên kết (nodal zone), xem hình 2.36, là vùng bê tông bao quanh liên kết có chức năng truyền tải lực dọc

trong thanh chống và giằng. Thanh chống (strut) là phần bê tông chịu nén và giằng (tie) là phần chịu lực kéo.



Hình 2.35 Ví dụ về nguyên lý Saint-Venant: vùng D là vùng không liên tục. Vùng cạnh vùng D là vùng B (theo ACI 318-08, phụ lục A)



Hình 2.36 Mô hình giàn ảo, nút loại C-C-C (chịu 3 lực nén), và các nút loại C-C-T (chịu 2 lực nén, 1 lực kéo)

Phương pháp thiết kế khá giống với phương pháp chúng ta thường sử dụng với trạng thái giới hạn vừa cấu kiện bê tông: chúng ta so sánh nội lực tính toán F_u trong các thanh chống, giằng và vùng liên kết, với khả năng ϕF_u , cấu kiện đảm bảo khả năng chịu lực nếu:

$$\phi F_u \geq F_u$$

Thiết kế dầm cao theo mô hình thanh chống - giằng là một hình thức của phương pháp thử sai. Do đó khá phù hợp với các quy trình tính toán sử dụng biểu đồ tương tác.

Trình tự thiết kế như sau:

1. Giả thiết trọng tâm của thanh giằng BC nằm ở vị trí ngay phía trên của đáy dầm. Giá trị phù hợp có thể sử dụng là $0,05.D$ với D là chiều cao dầm.
2. Giả thiết trọng tâm của nút A cũng ở một khoảng cách $0,05.D$ phía dưới mép trên của dầm.
3. Các giả thiết trên cho phép chúng ta xác định các thông số hình học, qua đó xác định được các lực, bao gồm lực kéo trong thanh BC và lực nén trong các thanh AB và AC. Kết quả tính toán, ký hiệu F_u , là lực đã nhân hệ số xuất hiện trong thanh chống, giằng hoặc trên các mặt của nút.
4. Tính toán sức bền danh nghĩa F_n của thanh chống, giằng, hay vùng liên kết theo các công thức sau:

Đối với các thanh chống: $f_{ce} = 0,85.\beta_s.f_c'$

trong đó

$\beta_s = 1,0$ với các thanh chống hình lăng trụ

$\beta_s = 0,75$ với các thanh chống dạng cổ chai, có cốt thép

$\beta_s = 0,6.\lambda$ với các thanh chống dạng cổ chai, không có cốt thép. λ là hệ số giảm độ bền đối với bê tông nhẹ (Xem ACI mục 8.6.1)

Đối với thanh giằng: $F_{nt} = A_{ts}.F_y$ (với thanh giằng không có ứng suất trước)

Chú ý rằng cốt thép chịu kéo cần được neo bằng các phương pháp kéo dài, bẻ góc hoặc bằng cơ cấu neo.

Đối với vùng nút: $F_{nn} = f_{ce}.A_{nz}$

trong đó

F_{nn} là độ bền chịu nén danh nghĩa của vùng nút

A_{nz} là diện tích bề mặt của nút chịu tác động của F_u

f_{ce} là cường độ chịu nén hữu hiệu trên bề mặt của vùng nút, $f_{ce} = 0,85.\beta_n.f_c'$

$\beta_n = 1,0$ với nút loại C-C-C

$\beta_n = 0,8$ với nút loại C-C-T

$\beta_n = 0,6$ với nút loại C-T-T

(Bản gốc có đưa ra một ví dụ, nhưng số liệu không cụ thể nên chúng tôi không đưa vào trong phần dịch này, người đọc tìm hiểu thêm thông tin từ bản gốc có thể tải về tại trang cùng chủ đề trên website: <http://www.ketcausoft.com>)