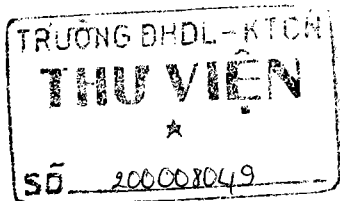
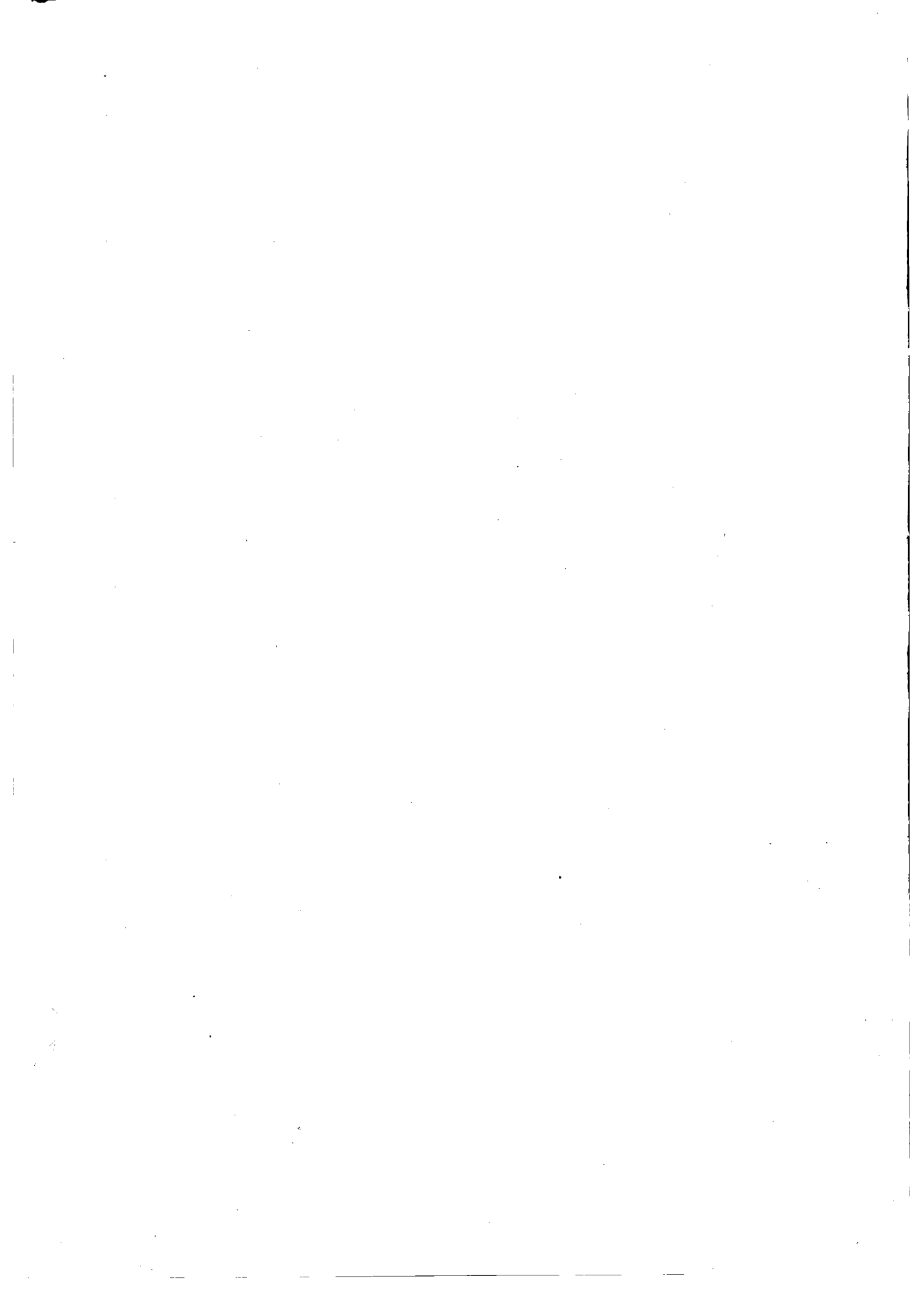


GS. TS. NGUYỄN ĐÌNH CỐNG

SÀN SƯỜN BÊ TÔNG TOÀN KHỐI



NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG
HÀ NỘI - 2008



LỜI NÓI ĐẦU

Tài liệu này trước đây mang tên Sàn bê tông cốt thép toàn khối, dùng để giảng dạy và hướng dẫn làm đồ án môn học của Bộ môn Công trình bê tông cốt thép Trường đại học Xây dựng, được biên soạn theo Tiêu chuẩn thiết kế TCVN 5574 - 1991.

Gần đây Bộ Xây dựng đã ban hành Tiêu chuẩn mới về thiết kế: TCXDVN 356: 2005 để thay thế cho Tiêu chuẩn TCVN 5574. Việc đó đòi hỏi thay đổi các hướng dẫn tính toán. Tài liệu này nhằm đáp ứng yêu cầu vừa nêu.

So với tài liệu đã nêu trên thì tài liệu này được đổi mới cả về nội dung và cách trình bày. Nội dung phong phú hơn, theo sát TCXDVN 356 : 2005, trình bày theo từng vấn đề: tính toán nội lực, tính toán và cấu tạo cốt thép.

Tài liệu được dùng cho sinh viên các ngành xây dựng, để học tập, làm đồ án môn học và đồ án tốt nghiệp. Nó cũng được dùng cho các kỹ sư trong việc thiết kế và thi công kết cấu sàn sườn bê tông cốt thép toàn khối, làm tài liệu tham khảo cho các cán bộ giảng dạy và những người quan tâm đến môn học kết cấu bê tông cốt thép.

Tác giả xin cảm ơn bạn đọc và mong nhận được những nhận xét, góp ý, phê bình tài liệu.

Tác giả

Chương 1

ĐẠI CƯƠNG VỀ KẾT CẤU SÀN

1.1. ĐẶC ĐIỂM CỦA KẾT CẤU SÀN

Kết cấu sàn được gặp chủ yếu trong các nhà nhiều tầng. Nó cũng được gặp trong mặt cầu, bến cảng, nắp và đáy bể nước v.v...

Đặc điểm chủ yếu của kết cấu sàn là nó ở vị trí nằm ngang (có thể nghiêng chút ít), chịu các tải trọng thẳng đứng (theo phương vuông góc với mặt sàn).

Kết cấu sàn được tựa lên các kết cấu đỡ (gối tựa) theo phương đứng là tường, cột, khung. Dưới tác dụng của tải trọng đứng kết cấu sàn làm việc chịu uốn.

Trong nhà nhiều tầng kết cấu sàn còn làm nhiệm vụ vách cứng nằm ngang để truyền tải trọng gió lên các kết cấu chịu lực chính là các khung, vách cứng đứng và lõi cứng. Khi nhà bị lún không đều gây ra uốn tổng thể cho nhà, kết cấu sàn còn bị kéo hoặc bị nén theo phương dọc hoặc ngang nhà do sự uốn tổng thể đó. Kết cấu sàn cũng còn có thể chịu nội lực phát sinh do thay đổi nhiệt độ.

Khi thiết kế kết cấu sàn chủ yếu chỉ tính toán với tải trọng thẳng đứng. Việc để kết cấu sàn làm được nhiệm vụ vách cứng ngang, chịu ảnh hưởng của lún không đều và thay đổi nhiệt độ thường được giải quyết bằng các biện pháp cấu tạo.

1.2. CÁC LOẠI KẾT CẤU SÀN

Kết cấu sàn chủ yếu được làm bằng bê tông cốt thép. Ngoài ra cũng có thể làm bằng kết cấu thép, kết cấu gỗ...

Với sàn bê tông cốt thép, theo phương pháp thi công chia ra:

- Sàn toàn khối, được đổ bê tông tại vị trí thiết kế (đổ bê tông tại chỗ);
- Sàn lắp ghép, được chế tạo sẵn (kết cấu đúc sẵn);
- Sàn nửa lắp ghép.

Với sàn toàn khối, tùy theo hình thức kết cấu được chia ra sàn sườn và sàn phẳng:

- Sàn sườn có bản được liên kết theo các cạnh là tường hoặc dầm (liên kết tuyến);
- Sàn phẳng (thường gọi là sàn năm) có bản được đặt trực tiếp lên cột (liên kết điểm).

Khi thiết kế cần dựa vào các yêu cầu, điều kiện về kiến trúc và thi công để chọn phương án kết cấu sàn phù hợp. Tài liệu này chỉ giới hạn trong việc hướng dẫn thiết kế một số loại sàn sườn toàn khối.

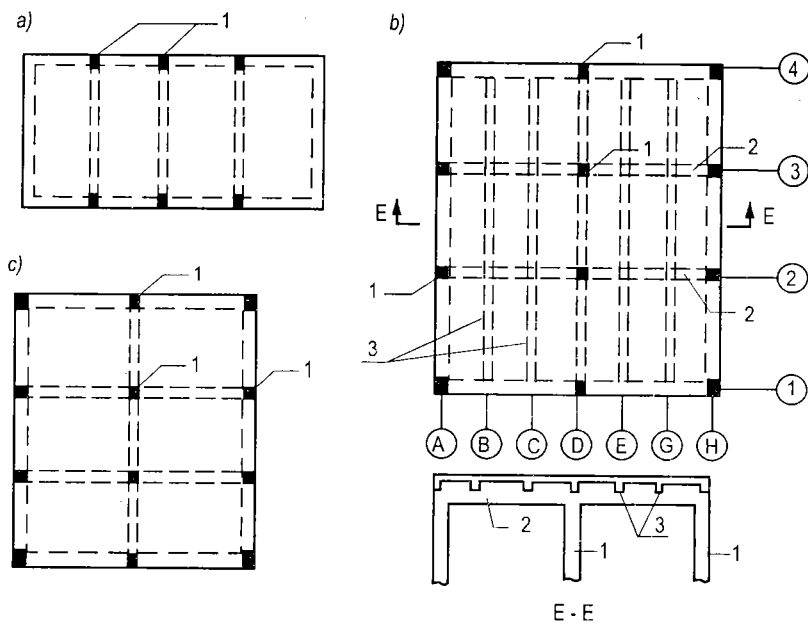
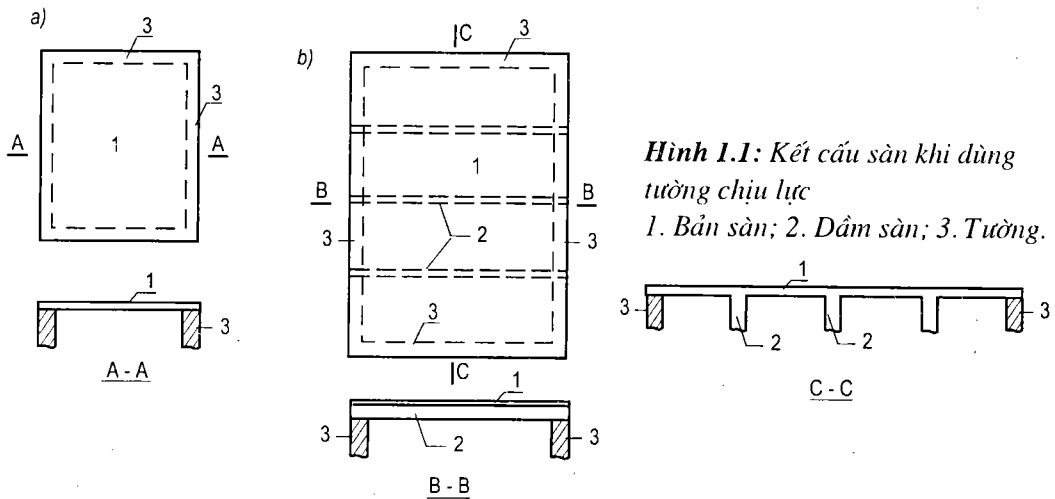
1.3. CÁC BỘ PHẬN CỦA SÀN SƯỜN TOÀN KHỐI

Bộ phận chủ yếu là kết cấu bản. Ngoài ra thường có thêm hệ dầm sàn.

Với các gian nhà có mặt bằng tương đối bé, dùng tường chịu lực thì có thể chỉ làm một bản sàn liên kết với tường (hình 1.1a).

Với gian nhà có mặt bằng không lớn, dùng tường chịu lực, có thể bố trí các dầm sàn song song theo một phương, dầm sàn kê lên tường chịu lực (hình 1.1b).

Trường hợp có dùng khung chịu lực mà khoảng cách giữa các khung không lớn, các dầm cũng có thể chỉ đặt theo một phương, nó vừa là dầm sàn, cũng là dầm khung (hình 1.2a).



Khi gian nhà có mặt bằng khá rộng, dùng khung chịu lực, hệ dầm thường được đặt theo hai phương trong đó cần phân biệt dầm khung và dầm sàn (hình 1.2b).

Dầm khung (còn được gọi là dầm chính) là dầm liên kết với cột tạo thành khung chịu lực. Dầm sàn (dầm phụ) là dầm trực tiếp đỡ bản và gối lên dầm khung hoặc tường. Trên hình 2-2b các dầm khung ở trục 1, 2, 3, 4, dầm sàn ở các trục A đến H, trong đó các dầm ở trục A, D, H có vai trò đặc biệt, cùng với cột tạo nên các khung dọc của nhà. Hình 1.2c thể hiện mặt bằng sàn mà các dầm vừa đóng vai trò dầm sàn vừa là dầm khung.

1.4. CÁC BƯỚC THIẾT KẾ KẾT CẤU SÀN

Thiết kế kết cấu sàn chủ yếu là thiết kế bản và dầm sàn. Các dầm chính được tính toán theo kết cấu khung. Chỉ trong một số trường hợp đặc biệt, khi khung không chịu tải trọng gió (chỉ chịu tải trọng đứng) thì có thể tính dầm chính như một dầm liên tục thông thường. Thiết kế bản và dầm cũng như các kết cấu bê tông cốt thép khác, thường theo 7 bước sau:

Bước 1: Mô tả kết cấu, nêu rõ tên gọi, vị trí trên mặt bằng kết cấu, nhiệm vụ, các đặc điểm (nếu có), các kích thước cơ bản.

Bước 2: Sơ đồ kết cấu, liên kết, gối tựa, là kết cấu tĩnh định hay siêu tĩnh...

Bước 3: Sơ bộ chọn kích thước: bề dày bản, bề cao và bề rộng tiết diện dầm.

Bước 4: Xác định tải trọng gồm tải trọng thường xuyên (tĩnh tải) và tải trọng tạm thời (hoạt tải), xét các trường hợp bất lợi có thể xảy ra của hoạt tải.

Bước 5. Tính toán, vẽ biểu đồ nội lực. Có nhiều phương pháp để xác định nội lực vì vậy trước hết cần nêu tên phương pháp và có thể nêu cả lí do chọn phương pháp đó. Khi chọn phương pháp cần chú ý kết cấu đang xét là tĩnh định hay siêu tĩnh.

Với kết cấu tĩnh định chỉ dùng một phương pháp, một sơ đồ duy nhất là sơ đồ tính theo đàn hồi. Để giảm nhẹ việc tính toán nên dùng các biểu đồ và công thức lập sẵn cho các sơ đồ dầm ứng với các trường hợp tải trọng phụ lục 1 cho một số các sơ đồ như vậy.

Với kết cấu siêu tĩnh (dầm và bản liên tục) có thể dùng sơ đồ đàn hồi hoặc sơ đồ dẻo trong đó có xét đến sự phân phối lại nội lực do tính chất dẻo của vật liệu, do sự hình thành khớp dẻo. Với sơ đồ đàn hồi có thể dùng các phương pháp tra bảng, phương pháp lực, phương pháp chuyển vị, phương pháp phần tử hữu hạn hoặc dùng chương trình tính toán cho máy vi tính.

Khi tính toán bản thường chỉ cần một biểu đồ mômen uốn. Với dầm thường cần xét các trường hợp bất lợi của hoạt tải và tổ hợp để tìm ra hình bao nội lực. Riêng khi tính bản liên tục theo sơ đồ đàn hồi, các hệ số được cho trong các bảng lập sẵn. Có một số số liệu ứng với hình bao nội lực.

Bước 6. Tính toán về bê tông cốt thép. Có thể giải một trong hai loại bài toán: bài toán kiểm tra hoặc bài toán tính cốt thép. Có nhiều phương pháp và tiêu chuẩn khác nhau để tính toán bê tông cốt thép, cần nói rõ phương pháp và tiêu chuẩn được dùng. Tài liệu này

trình bày cách tính toán theo Tiêu chuẩn TCXDVN 356: 2005, dùng phương pháp trạng thái giới hạn.

Bước 7. Thiết kế chi tiết và thể hiện bản vẽ thi công. Bản vẽ kết cấu BTCT cần tuân thủ các tiêu chuẩn về vẽ xây dựng. Trên bản vẽ trình bày mặt bằng kết cấu, các mặt chính của các cấu kiện, các mặt cắt và các chi tiết cấu tạo. Hình vẽ phải rõ ràng, đầy đủ, đúng quy cách, ghi đầy đủ các kích thước... Ngoài các hình, trên bản vẽ còn cần ghi các chú thích có liên quan đến vật liệu, bảng thống kê vật liệu và những chú ý cần thiết khi thi công.

1.5. NHẬN XÉT VỀ PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN KẾT CẤU SÀN

Việc tính toán kết cấu sàn, dù cho theo phương pháp nào, dù cho tính toán có chi li đến đâu thì kết quả cũng chỉ là gần đúng vì mọi việc tính toán đều phải dựa vào một số giả thiết nhằm đơn giản hoá mà các giả thiết đều là gần đúng.

Về tải trọng, giả thiết về hoạt tải là phân bố đều, liên tục trên mặt sàn, thực tế thì hoạt tải thường là những lực gần như là tập trung và phân bố không đều, không liên tục.

Về vật liệu, trong sơ đồ đàn hồi giả thiết bê tông cốt thép là vật liệu đàn hồi, đồng chất. Thực tế thì bê tông là vật liệu có tính dẻo và trong vùng kéo có thể có vết nứt. Biến dạng dẻo của bê tông lại tăng theo nội lực và thời gian.

Trong sơ đồ dẻo cũng mới chỉ xét đến sự xuất hiện khớp dẻo ở một số vùng, chưa xét đến biến dạng dẻo của bê tông trong toàn cấu kiện và trong suốt quá trình sử dụng kết cấu thì hầu như không hề có khớp dẻo xuất hiện (trừ khi kết cấu chịu tải biến...).

Trong sơ đồ tính toán xem dầm sàn là gối tựa của bản, dầm khung là gối tựa của dầm sàn và gối tựa không có chuyển vị đứng. Thực tế dầm sàn và dầm khung đều có thể có độ võng và như vậy gối tựa sẽ có chuyển vị đứng.

Trong sơ đồ đàn hồi xem các gối tựa như là gối tựa đơn, kê trên một điểm, cấu kiện (bản, dầm) có thể xoay trên điểm đó và như vậy sẽ dễ dàng truyền ảnh hưởng của hoạt tải từ nhịp này sang nhịp khác. Thực tế tại liên kết cứng cấu kiện khó có thể xoay tự do và ảnh hưởng của hoạt tải khó truyền từ nhịp này sang nhịp khác.

Thực chất của tính toán không phải ở chỗ xác định thật chính xác giá trị nội lực tại từng tiết diện mà ở chỗ xét được khả năng bất lợi có thể xảy ra và đảm bảo được độ an toàn chung cho kết cấu. Với yêu cầu như vậy thấy rằng dù có dùng các giả thiết gần đúng và dù có dùng sơ đồ đàn hồi hay sơ đồ dẻo để thiết kế thì vấn đề an toàn vẫn được bảo đảm trong phạm vi chấp nhận được.

Chương 2

TÍNH TOÁN NỘI LỰC BẢN

2.1. LIÊN KẾT CỦA BẢN

Bản của sàn sườn được liên kết với tường và dầm theo các cạnh. Thường gặp hai dạng liên kết chính: liên kết kê và liên kết cứng.

Liên kết kê khi bản kê tự do lên tường hoặc lên dầm.

Liên kết cứng khi bản được đúc toàn khối với dầm hoặc với tường bê tông cốt thép, có đủ cốt thép để chịu được nội lực ở liên kết.

Trường hợp bản kê lên tường gạch, trên bản còn tiếp tục tường xây thì thường cũng chỉ xem là liên kết kê.

Cần phân biệt liên kết cứng và liên kết ngàm. Tại ngàm bản không có bất kì chuyển vị nào (chuyển vị đứng, chuyển vị xoay) trong khi tại liên kết cứng bản có thể có chuyển vị. Điểm giống nhau giữa liên kết cứng và ngàm là tại đó đều có xuất hiện mômen, tuy vậy tại ngàm mômen sẽ lớn hơn. Ngàm là liên kết cứng tuyệt đối. Cần chú ý là trong dầm liên tục, mặc dù các gối tựa giữa kê tự do nhưng tại đó vẫn xuất hiện mômen. Người ta nói rằng trong trường hợp đó gối tựa có tác dụng gần như ngàm (vì vẫn có thể có chuyển vị xoay).

Chỉ được xem bản bê tông cốt thép có liên kết ngàm khi tính toán bản công xôn, có liên kết chỉ ở một cạnh. Lúc này về mặt cấu tạo phải bảo đảm để bản được liên kết chắc chắn, ngăn cản được chuyển vị xoay.

Cũng cần phân biệt liên kết và gối tựa. Liên kết là để chỉ trạng thái giao nhau giữa hai cấu kiện còn gối tựa là để chỉ liên kết có khả năng ngăn cản chuyển vị theo một phương nào đó (gối tựa đứng, gối tựa ngang...). Khi đúc liền bản với dầm thì đó là liên kết cứng nhưng trong sơ đồ tính toán bản thường xem các dầm giữa là gối tựa đứng, kê tự do. Tại mép biên, khi bản đúc liền với dầm thường cũng chỉ xem dầm là gối kê tự do, chỉ trong một số trường hợp đặc biệt, khi xét thấy độ cứng chống xoắn của dầm là đáng kể thì có thể xem là gối tựa ngàm đàn hồi (có chuyển vị xoay hạn chế).

Các gối tựa (dầm, tường) phân chia bản thành từng ô. Mỗi ô bản có thể có hình dáng bất kì (tam giác, hình thang, hình tròn...) nhưng thường là chữ nhật. Phân biệt ô bản đơn và bản liên tục.

Ô bản đơn khi sàn chỉ có một ô (hình 1.1a) hoặc tuy có nhiều ô nhưng rời nhau ra.

Bản liên tục khi có nhiều ô cạnh nhau, liên kết toàn khối với nhau (hình 1.2).

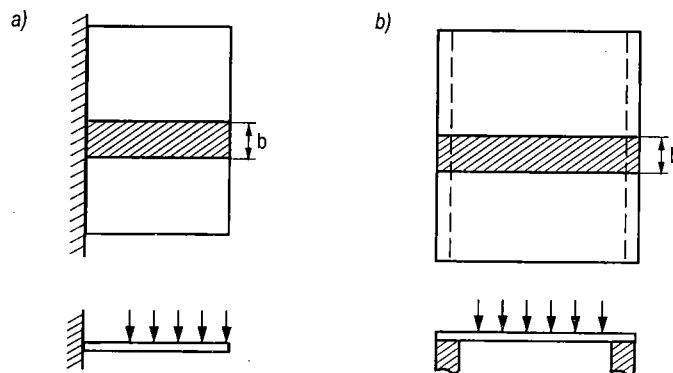
2.2. SỰ LÀM VIỆC CỦA Ô BẢN ĐƠN

Xét mô ô bản đơn có mặt bằng chữ nhật chịu tải trọng phân bố đều vuông góc với bề mặt bản. Bản làm việc chịu uốn. Tùy theo liên kết mà ô bản bị uốn theo một phương hoặc hai phương.

2.2.1. Ô bản chịu uốn một phương

Ô bản có liên kết cứng (hoặc ngàm) theo một cạnh, ô bản có liên kết trên hai cạnh đối diện, song song sẽ chịu uốn theo một phương vuông góc với cạnh có liên kết.

Tưởng tượng cắt một dải bản theo phương chịu uốn, có bề rộng b . Mỗi dải bản như vậy làm việc như một dầm (hình 2.1). Vì vậy bản chịu uốn một phương còn được gọi là bản loại dầm.



Hình 2.1: Ô bản chịu uốn một phương

2.2.2. Ô bản chịu uốn hai phương

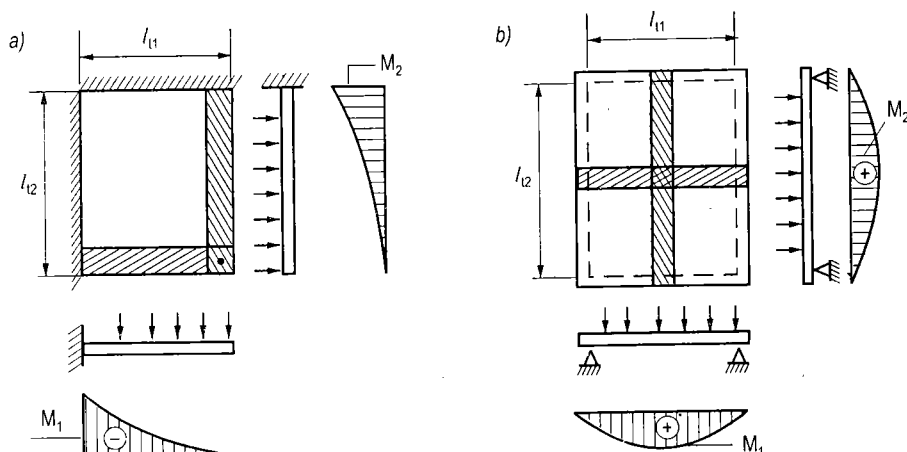
Ô bản có liên kết theo cả 4 cạnh hoặc liên kết cứng (hoặc ngàm) trên hai cạnh vuông góc sẽ chịu uốn theo cả hai phương (hình 2.2). Tưởng tượng lấy hai dải bản vuông góc với nhau. Bản liên kết 4 cạnh là hai dải giữa bản, bản liên kết cứng hai cạnh vuông góc là hai dải ở biên. Gọi l_{t1} , l_{t2} là nhịp tính toán của bản theo hai phương và M_1 , M_2 là mômen uốn trong dải theo phương đang xét thì khi $l_{t1} < l_{t2}$ (l_{t1} là cạnh ngắn) sẽ có $M_1 > M_2$. Bản chịu uốn chủ yếu theo phương cạnh ngắn. Chứng minh điều trên xuất phát từ điều kiện độ võng của hai dải bản ở điểm giao nhau là bằng nhau. Ví dụ xét ô bản trên hình 2.2b, độ võng của dải bản theo hai phương là:

$$f_1 = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_1}{EJ} l_{t1}^2; \quad f_2 = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_2}{EJ} l_{t2}^2;$$

Với $f_1 = f_2$ tính ra:

$$M_2 = M_1 \left(\frac{l_{t1}}{l_{t2}} \right)^2$$

$\frac{l_{t1}}{l_{t2}} < 1$ nên $M_2 < M_1$.



Hình 2.2: Ô bản chịu uốn hai phương

2.2.3. Các trường hợp tính toán bản liên kết bốn cạnh

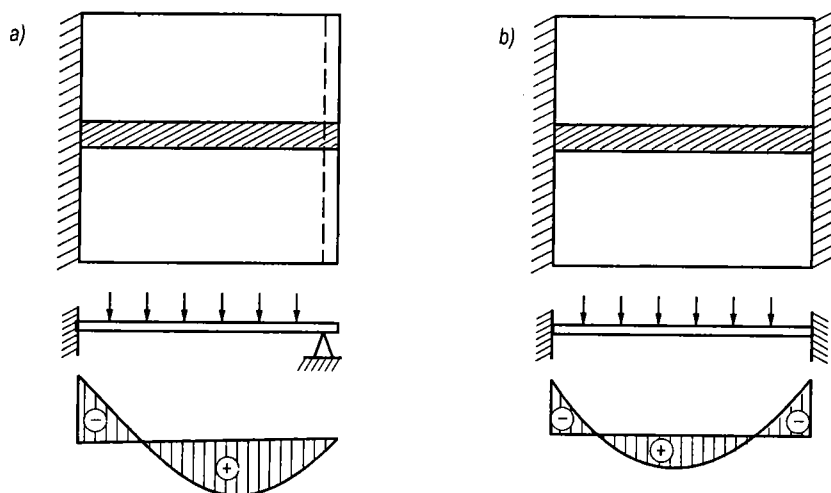
Ô bản có liên kết bốn cạnh luôn luôn chịu uốn theo hai phương nhưng trong tính toán, nếu l_2 khá lớn so với l_1 (M_2 khá bé so với M_1) thì có thể bỏ qua sự làm việc theo cạnh dài và tính toán như bản một phương. Điều kiện là $\frac{l_{t2}}{l_{t1}} > 3$. Tuy vậy trong tính toán thực hành có thể tính toán theo bản một phương khi $\frac{l_{t2}}{l_{t1}} > 2$.

Khi $\frac{l_{t2}}{l_{t1}} \leq 2$ cần tính bản liên kết bốn cạnh theo hai phương.

2.2.4. Mômen uốn trong bản

Tùy thuộc vào liên kết mà mômen uốn trong các dải bản có thể là mômen dương (thở chịu kéo phía dưới) hoặc mômen âm (thở chịu kéo phía trên).

Với sơ đồ ở hình 2.1a và 2.2a toàn bộ ô bản chịu mômen âm theo một hoặc hai phương. Ô bản ở hình 2.1b và 2.2b chịu mômen dương theo một hoặc hai phương. Một dải bản có liên kết hai đầu mà một hoặc cả hai là liên kết cứng (ngàm) sẽ có vùng chịu mômen dương và có vùng chịu mômen âm (hình 2.3).



Hình 2.3: Các vùng chịu mômen dương và âm trong dầm bản

Việc phân tích để biết ô bản chịu uốn theo một hoặc hai phương, vùng bản chịu mômen dương hoặc âm là rất cần thiết vì nó ảnh hưởng lớn đến việc tính toán và bố trí cốt thép chịu lực trong bản.

2.3. CHỌN CHIỀU DÀY BẢN

Đặt h_b là chiều dày bản. Chọn h_b theo điều kiện khả năng chịu lực và thuận tiện cho thi công. Ngoài ra cũng cần $h_b \geq h_{\min}$ theo điều kiện sử dụng.

Tiêu chuẩn TCXDVN 356 : 2005 (điều 8.2.2) quy định:

- $h_{\min} = 40\text{mm}$ đối với sàn mái;
- $= 50\text{mm}$ đối với sàn nhà ở và công trình công cộng;
- $= 60\text{mm}$ đối với sàn của nhà sản xuất;
- $= 70\text{mm}$ đối với bản làm từ bê tông nhẹ.

Để thuận tiện thi công thì h_b nên chọn là bội số của 10mm. Về khả năng chịu lực, nếu ước tính được giá trị của mômen uốn trên dầm bản bề rộng b là M (có thể tính gần đúng giá trị M) thì có thể xác định h_b theo công thức (2-1):

$$h_b = r_b \sqrt{\frac{M}{R_b b}} \quad (2-1)$$

R_b - cường độ tính toán của bê tông, cho ở phụ lục 13;

r_b - hệ số, với bản có thể lấy $r_b = 3 \div 4$.

Thông thường khó ước tính được M vì vậy người ta thường chọn h_b theo nhịp tính toán l_t của ô bản (vì rằng với tải trọng phân bố đều thì M tỉ lệ thuận với l_t^2 do đó h_b tỉ lệ thuận với l_t).

$$h_b = \frac{1}{m} l_t \quad (2-2)$$

Với ô bản chịu uốn một phương có liên kết hai cạnh song song lấy $m = 30 \div 35$.

Với ô bản liên kết bốn cạnh, chịu uốn hai phương $m = 40 \div 50$ và l_t là nhịp theo phương cạnh ngắn.

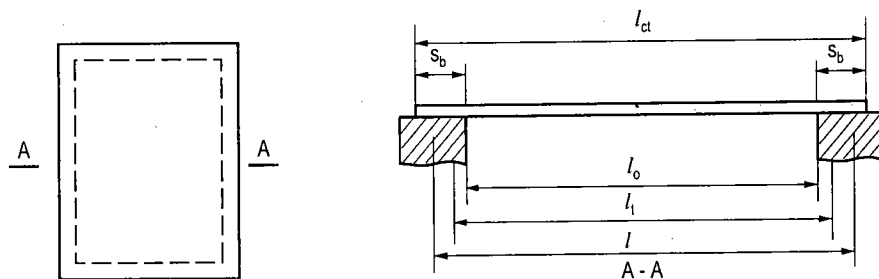
Với ô bản uốn một phương dạng bản công xôn $m = 10 \div 15$.

Hệ số m nên được lấy theo xu hướng bé (h_b cần lớn hơn) trong các trường hợp ô bản tĩnh định, chịu tải trọng lớn. Lấy m lớn hơn đối với bản liên tục, chịu tải trọng bé.

Trong công thức (2-2) thì l_t là nhịp tính toán, tuy vậy cũng có thể lấy l_t là nhịp nguyên l hoặc nhịp thông thuỷ l_0 (xem mục 2.4). Giá trị h_b tính được chỉ là để tham khảo, cần chọn h_b là tròn số, theo bội của 10mm hoặc 20mm để thuận tiện cho thi công (có thể tăng lên hoặc giảm xuống).

2.4. NHỊP TÍNH TOÁN

Xét một ô bản đơn kê lên tường (hình 2.4). Cần phân biệt bốn loại kích thước trên mặt bằng là chiều dài cấu tạo l_{ct} , nhịp nguyên l , nhịp thông thuỷ l_0 và nhịp tính toán l_t .



Hình 2.4: Các kích thước của ô bản

Chiều dài cấu tạo l_{ct} là chiều dài toàn bộ theo thiết kế, tính đến mép bản. Chiều dày này được dùng để tính toán lượng vật liệu (bê tông, cốt thép) cần thiết.

Nhịp nguyên l là khoảng cách giữa trục các gối tựa (hoặc liên kết).

Nhịp thông thuỷ l_0 là khoảng cách bên trong giữa các mép gối tựa (nhịp rỗng).

Nhịp tính toán l_t là khoảng cách giữa các điểm được xem là điểm đặt của phản lực gối tựa. Tùy theo hình thức của liên kết (xem mục 2.1) mà có cách xác định l_t khác nhau.

Với liên kết cứng, l_t được tính từ mép trong của liên kết.

Với liên kết kê, l_t được tính từ điểm đặt phản lực, điểm này lấy lùi vào bên trong mép gối một đoạn là c :

$$c = \min(0,5h_b \text{ và } 0,5s_b)$$

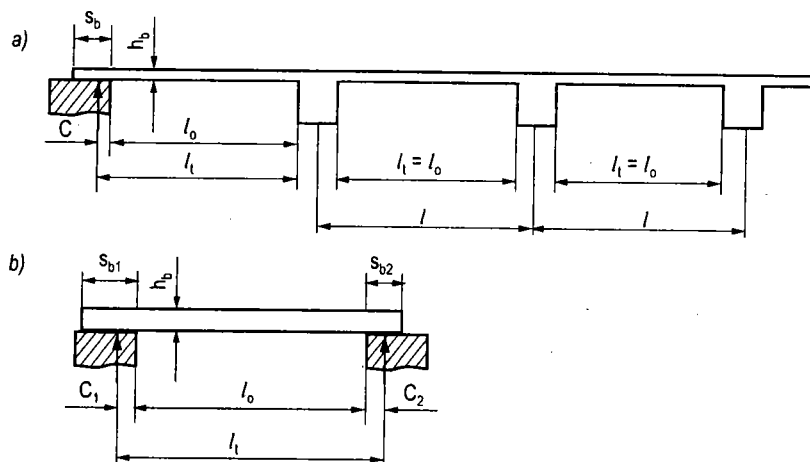
s_b - đoạn bản kê lên gối tựa (xem hình 2.4).

Với gờ kê là tường gạch nên chọn $s_b \geq \max(0,6h_b \text{ và } 100\text{mm})$.

Như vậy công thức để xác định l_t như sau:

- Với hai liên kết cứng (hình 2.5a): $l_t = l_0$
- Với hai gờ kê (hình 2.4 và 2.5b): $l_t = l_0 + c_1 + c_2$
- Với một gờ kê và một liên kết cứng: $l_t = l_0 + c$

(xem các thí dụ 2-2; 2-4; 2-6...)



Hình 2.5: Sơ đồ xác định nhịp tính toán của bản

2.5. TẢI TRỌNG TRÊN BẢN

2.5.1. Tải trọng thường xuyên (tĩnh tải)

Tĩnh tải trên bản chủ yếu là trọng lượng bản thân các lớp cấu tạo của mặt sàn, được tính thành tải trọng phân bố đều trên mét vuông. Ngoài ra, trong một số trường hợp đặc biệt bản còn có thể chịu tĩnh tải tập trung do trọng lượng các vách ngăn cố định đặt trên bản.

Thí dụ 2.1: Xác định tĩnh tải.

Mặt sàn được cấu tạo bằng bốn lớp kể từ trên xuống:

- Lớp gạch lát, chiều dày $\delta = 1,2\text{cm}$ có trọng lượng riêng $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ (kN - kí hiệu của đơn vị lực là kilô Niuton), lấy hệ số độ tin cậy (hệ số vượt tải) là $n = 1,1$.

- Lớp vữa lót $\delta = 1,5\text{cm}$; $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$; $n = 1,2$.

- Bản bê tông cốt thép $h_b = 10\text{cm}$; $\gamma = 25$; $n = 1,1$.

- Lớp vữa trát $\delta = 1\text{cm}$; $\gamma = 18$; $n = 1,2$.

Kết quả tính toán ghi trong bảng (trang sau).

Giá trị tiêu chuẩn của tĩnh tải (tĩnh tải tiêu chuẩn) là $g^{TC} = 3,19 \text{ kN/m}^2$.

Giá trị tính toán của tĩnh tải (tĩnh tải tính toán) là $g = 3,554 \text{ kN/m}^2$.

Cách tính với các lớp		Giá trị tiêu chuẩn	n	Giá trị tính toán
Gạch lát:	$0,012 \times 20 = 0,24 \text{ kN/m}^2$	0,24	1,1	0,264
Vữa lót:	$0,015 \times 18 = 0,27$	0,27	1,2	0,324
Bản BTCT:	$0,10 \times 25 = 2,50$	2,50	1,1	0,275
Vữa trát:	$0,01 \times 18 = 0,18$	0,18	1,2	0,216
Tổng cộng		3,19		$g = 3,554$

Khi trên bản có tải trọng tập trung G thì có thể xử lý theo một trong hai cách:

- Hoặc tính nội lực với cả g và G .
- Hoặc đổi G thành tải trọng phân bố đều tương đương rồi gộp vào với g để tính nội lực. Giá trị của tải trọng tương đương được xác định tùy thuộc vào sơ đồ tính toán của bản và vị trí của lực tập trung (xem phụ lục 2).

2.5.2. Tải trọng tạm thời (hoạt tải)

Hoạt tải trên sàn, kí hiệu là p , thường được lấy là phân bố đều (kN/m^2). Giá trị tiêu chuẩn và hệ số độ tin cậy được lấy theo các tiêu chuẩn thiết kế. Với công trình dân dụng và công nghiệp tiêu chuẩn về tải trọng là TCVN 2737: 1995. Một số quy định của TCVN 2737 được cho ở phụ lục 3.

2.6. NỘI LỰC CỦA BẢN MỘT PHƯƠNG

2.6.1. Sơ đồ tính

Với bản một phương, để tính toán nội lực người ta thường lấy một dải bản rộng là b làm đại diện, tính nội lực của dải bản như đối với dầm. Thông thường $b = 1\text{m}$.

Tải trọng toàn phần trên dải bản là q phân bố đều:

$$q = (g + p)b \quad (\text{kN/m}) \quad (2-3)$$

Với ô bản tĩnh định chỉ dùng một sơ đồ để xác định nội lực, có thể tham khảo ở phụ lục 1.

Với bản siêu tĩnh, liên tục, có thể dùng sơ đồ đàn hồi hoặc sơ đồ dẻo. Chú ý rằng kết quả tính theo hai sơ đồ là khác nhau. Việc chọn sơ đồ nào để tính toán phải dựa vào điều kiện sử dụng kết cấu và vật liệu. Với các sàn của nhà dân dụng và công nghiệp thường dùng sơ đồ dẻo.

2.6.2. Tính bản liên tục theo sơ đồ dẻo

Lí thuyết về tính dầm và bản theo sơ đồ dẻo được trình bày trong phụ lục 4.

Với dải bản liên tục có các nhịp l_i cạnh nhau chênh lệch không quá 10% có thể dùng các công thức lập sẵn theo sơ đồ trên hình 2.6.

Với các gối giữa và nhịp giữa:

$$M = \frac{ql_t^2}{16} \quad (2-4)$$

Để tính M dương giữa nhịp thì ở nhịp nào lấy l_t của nhịp ấy còn để tính M âm ở trên gối, lấy l_t theo nhịp lớn hơn kề với gối ấy.

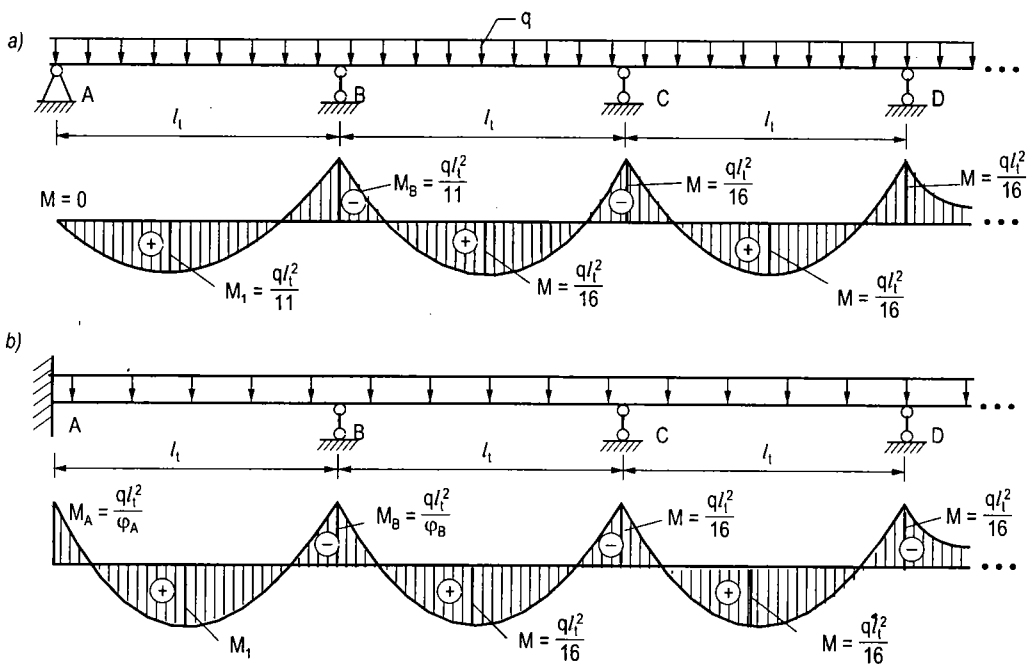
Với gối biên (gối A). Thực tế gối biên không phải hoàn toàn kê tự do nên ở đó có xuất hiện mômen âm. Tuy vậy trong đa số trường hợp xem là gối kê tự do, trong tính toán cho $M_A = 0$ (hình 2.6a).

Để bản chịu được mômen âm nói trên cần có biện pháp đặt cốt thép cấu tạo.

Trường hợp bản đúc liền với dầm biên mà độ cứng chống xoắn của dầm khá lớn, xem gối tựa là ngàm đàn hồi thì có thể lấy mômen âm ở gối biên (gối A) là M_A .

$$M_A = \frac{ql_t^2}{\varphi_A} \quad (2-5)$$

Lấy hệ số $\varphi_A = 24 \div 32$ tùy thuộc vào sự đánh giá độ cứng của dầm. Để đánh giá được việc này đòi hỏi người thiết kế có trình độ phân tích và kinh nghiệm. Chú ý rằng với ngàm tuyệt đối cứng và tính theo sơ đồ dẻo thì có thể lấy $\varphi_A = 16$.



Hình 2.6: Mômen trong dải bản liên tục, một phương
A - gối biên; B - gối thứ hai; C, D - các gối giữa (dải bản còn tiếp tục).
a) Khi gối biên kê tự do; b) Khi gối biên ngàm đàn hồi.

Gối thứ hai (gối B) và nhịp biên. Khi xem gối A là kê tự do ($M_A = 0$) thì tính M_B và M_l theo công thức (2-6) với l_t của nhịp biên:

$$M_l = M_B = \frac{ql_t^2}{11} \quad (2-6)$$

Khi xem A là ngàm đàn hồi, tính M_B theo công thức (2-7) và M_l theo công thức (2-8).

$$M_B = \frac{ql_t^2}{\varphi_B} \quad (2-7)$$

$$\varphi_B = 11 + \frac{80}{\varphi_A}$$

$$M_l = \frac{ql_t^2}{8} - 0,37M_B - 0,5M_A \quad (2-8)$$

Với dải bản nhiều nhịp, khi chênh lệch giữa nhịp lớn nhất và bé nhất không quá 10% của nhịp lớn, để đơn giản hoá việc tính toán có thể lấy l_t theo nhịp lớn nhất để tính toán cho tất cả các mômen đã kể trên.

Khi các nhịp bản cạnh chênh nhau quá lớn, trong tính toán cần có sự điều chỉnh, điều này được trình bày trong phụ lục 10.

2.6.3. Tính bản theo sơ đồ đàn hồi

Tính dải bản một phương, liên tục theo sơ đồ đàn hồi có thể dùng các phương pháp của cơ học kết cấu về tính toán dầm liên tục. Trong trường hợp các nhịp l_t là bằng nhau, có thể dùng công thức (2-a) với các hệ số α_a, α_b được tính sẵn, cho ở phụ lục 5.

$$M = (\alpha_a g + \alpha_b p) l_t^2 \quad (2-a)$$

2.6.4. Thí dụ tính toán

Thí dụ 2.2: Cho mặt bằng sàn như hình 1.1b; 1.2a hoặc 1.2c với các ô bản liên tục, kích thước nhịp nguyên cho trên hình 2.7a. Tĩnh tải đã tính được là $g = 3 \text{ kN/m}^2$. Sàn của nhà hàng với chức năng triển lãm, trưng bày. Yêu cầu tính mômen trong bản thảo theo sơ đồ dầm.

Xét sự làm việc của ô bản. Lấy ô giữa trục (B) và (C), ô bản có liên kết trên cả bốn cạnh, có cạnh ngắn 2600, cạnh dài 6000. Nhịp tính toán theo phương cạnh dài

$$l_2 = 6000 - \frac{300}{2} - \frac{300}{2} = 5700; \text{ theo phương cạnh ngắn } l_1 = 2600 - 100 - 100 = 2400$$

(tính từ mép dầm). Tỷ lệ giữa hai cạnh: $\frac{l_2}{l_1} = \frac{5700}{2400} = 2,38 > 2$. Tính toán theo bản một

phương (cũng có thể lấy gần đúng $\frac{l_2}{l_1} = \frac{600}{2600}$ để xét sự làm việc của ô bản). Lấy dải bản

rộng $b = 1\text{m}$ làm đại diện để tính toán.

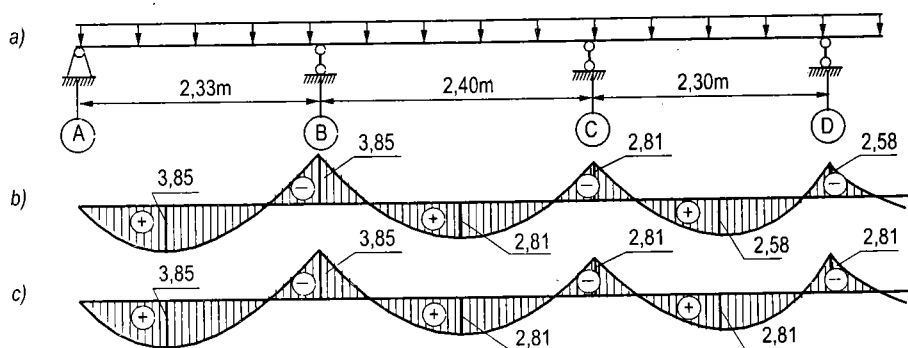
Ở giữa nhịp BC: $M = \frac{ql_1^2}{16} = \frac{7,8 \times 2,4^2}{16} = 2,81 \text{ kNm}$

Ở giữa nhịp CD: $M = \frac{ql_1^2}{16} = \frac{7,8 \times 2,3^2}{16} = 2,58 \text{ kNm}$

Ở gối C: $M_C = \frac{ql_1^2}{16} = \frac{7,8 \times 2,4^2}{16} = 2,81 \text{ kNm}$

Ở gối D: $M_D = \frac{7,8 \times 2,3^2}{16} = 2,58 \text{ kNm}$

Ghi chú: Trên đây đã tính toán khá chi li, việc đó chỉ nhằm thể hiện cách vận dụng lý thuyết. Trong tính toán thực hành, nhận thấy chênh lệch giữa các nhịp là không đáng kể, có thể lấy mômen ở các nhịp giữa và các gối giữa bằng nhau, lấy theo nhịp l_1 lớn hơn: $M = M_C = M_D = 2,81 \text{ kNm}$ (hình 2.8c).



Hình 2.8: a) Sơ đồ tính của dầm bản; b) Biểu đồ mômen; c) Biểu đồ mômen gần đúng (đơn giản hoá tính toán).

Trong tính toán thực hành không cần tính toán chi li và thể hiện biểu đồ trên hình 2.8b, chỉ cần lấy theo biểu đồ 2.8c là được.

Thí dụ 2.3: Theo số liệu như thí dụ 2.2, xác định mômen theo sơ đồ đàn hồi.

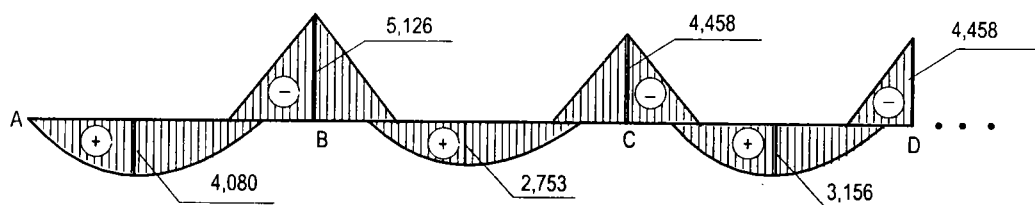
Xem các nhịp bằng nhau, bằng 2,4m. Tính toán với sơ đồ dầm liên tục 5 nhịp (mọi dầm có trên 5 nhịp đều được tính theo dầm 5 nhịp).

Phụ lục 5 cho các giá trị α_1 , α_b như sau:

Tiết diện	Nhịp 1	Gối B	Nhịp 2	Gối C, D	Nhịp 3
α_a	0,0780	-0,1053	0,0330	-0,080	0,0461
α_b	0,0990	-0,1196	0,0790	-0,1112	0,0855

$$M = (\alpha_a g + \alpha_b p) l_1^2$$

Kết quả tính được ghi trong bảng sau và thể hiện ở hình 2.8d.



Hình 2.8d: Hình bao mômen dải bản

Tiết diện	Nhịp 1	Gối B	Nhịp 2	Gối C, D	Nhịp 3
α_{ag}	0,234	-0,316	0,099	-0,240	0,138
α_{bp}	0,475	-0,574	0,379	-0,534	0,410
M	4,080	-5,126	2,753	-4,458	3,156

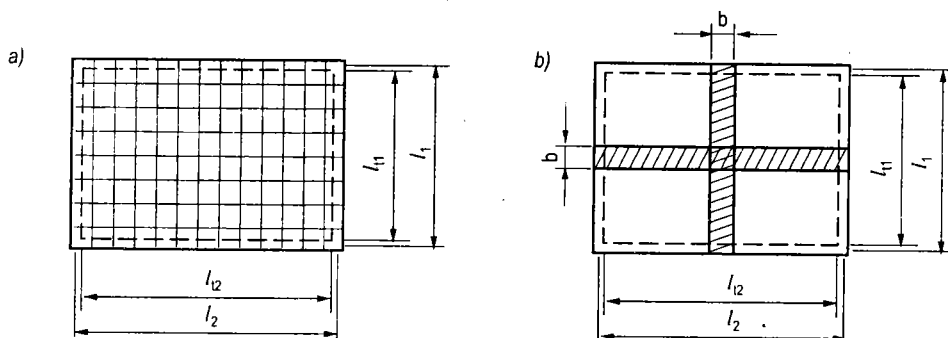
Nhận xét: So với biểu đồ ở hình 2.8c thấy rằng tính theo sơ đồ đàn hồi có mômen ở các tiết diện đều lớn hơn. Đó là do trong sơ đồ đàn hồi đã xét đến các trường hợp ảnh hưởng của hoạt tải từ nhịp này sang nhịp khác và các giá trị tính được là giá trị của hình bao mômen.

Theo sơ đồ đàn hồi mômen âm ở các gối thường lớn hơn nhiều so với mômen dương giữa nhịp, đó là do đã dùng giả thiết gần đúng, xem vật liệu hoàn toàn đàn hồi.

2.7. NỘI LỰC BẢN HAI PHƯƠNG

2.7.1. Sơ đồ tính toán

Xét ô bản có liên kết bốn cạnh với nhịp tính toán l_{t1} và l_{t2} trong đó l_{t2} là cạnh dài hơn. Tính toán ô bản chịu uốn hai phương khi $\frac{l_{t2}}{l_{t1}} \leq 2$. Cũng có thể tính toán ô bản chịu uốn hai phương khi $\frac{l_2}{l_1} \leq 2$ với l_1 và l_2 là nhịp nguyên theo hai phương (nhịp nguyên là khoảng cách giữa trục các gối tựa - xem mục 2.4).



Hình 2.9: Sơ đồ tính toán ô bản hai phương

a) Chia thành phần tử tám; b) Lấy hai dải đại diện

Khi tính toán ô bản theo phương pháp phần tử hữu hạn người ta chia bản thành các phần tử tam, tính toán mômen theo hai phương của mỗi phần tử (hình 2.9a).

Khi tính toán bằng các công thức người ta lấy hai dải bản giao nhau ở giữa ô bản, tính toán mômen cho hai dải đại diện đó (hình 2.9b). Có thể tính toán theo sơ đồ dẻo hoặc sơ đồ đàn hồi.

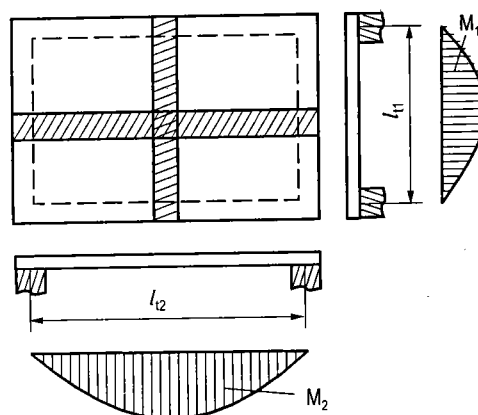
2.7.2. Ô bản đơn kê tự do trên bốn cạnh

Ô bản là kết cấu siêu tĩnh. Mômen trong hai dải bản đại diện là M_1 và M_2 (hình 2.10).

Với sơ đồ dẻo tính toán M_1 và M_2 theo công thức (2-10):

$$M_1 = \frac{ql_{t1}^2}{\varphi_1}; \quad M_2 = \frac{M_1}{r^2} \quad (2-10)$$

$$r = \frac{l_{t2}}{l_{t1}}; \quad \varphi_1 = \frac{24(1+r^3)}{r^2(3r-1)} \quad (2-11)$$



Hình 2.10: Sơ đồ ô bản kê tự do bốn cạnh, chịu uốn hai phương

Có thể tra giá trị φ_1 theo r ở bảng 2.1.

Bảng 2.1. Giá trị φ_1 để tính toán M_1

$r = l_{t2}/l_{t1}$	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2
φ_1	24	20	17,5	15,7	14,3	13,3	12,5	11,5	10,8

Với sơ đồ đàn hồi tính M_1 và M_2 theo công thức:

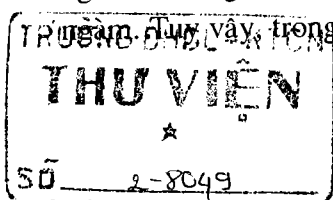
$$M_1 = \alpha_1 ql_{t1} l_{t2}; \quad M_2 = \alpha_2 ql_{t1} l_{t2} \quad (2-12)$$

Hệ số α_1, α_2 tra bảng ở phụ lục 6, loại ô bản số 0 ($\alpha_{01}; \alpha_{02}$).

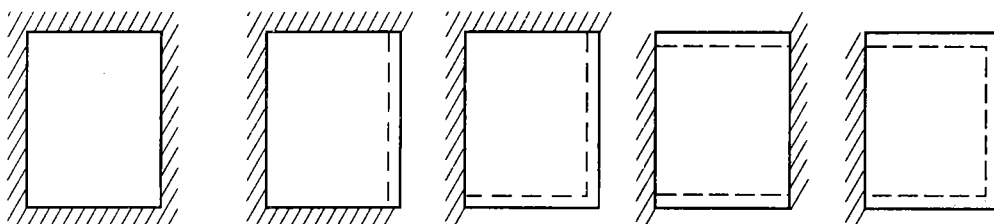
Tính toán ô bản đơn kê tự do 4 cạnh theo sơ đồ đàn hồi cho kết quả gần bằng so với sơ đồ dẻo, tuy theo tỉ số r , có khi sơ đồ đàn hồi cho kết quả lớn hơn hoặc nhỏ hơn.

2.7.3. Tính ô bản đơn có liên kết ngàm

Như trong mục 2.1 đã trình bày, đối với ô bản có liên kết cả bốn cạnh thì thường là liên kết kê hoặc liên kết cứng. Trong các kết cấu thực tế rất ít gặp trường hợp liên kết ngàm lí tưởng, chỉ có thể gặp các ngàm đàn hồi hoặc các gối tựa giữa được xem gần như



một số cạnh để khảo sát. Một ô bản có thể có 4, 3, 2 hoặc 1 cạnh ngàm, các cạnh còn lại kê tự do (hình 2.11).



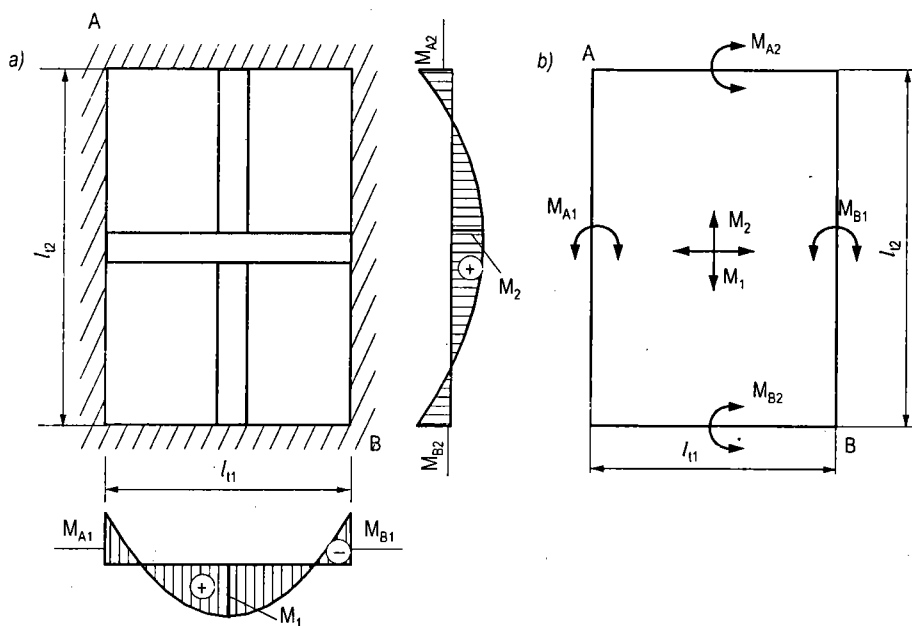
Hình 2.11: Sơ đồ các ô bản có một số cạnh ngàm

Xét mômen theo phương vuông góc với cạnh bản. Dọc theo cạnh kê tự do mômen bằng không còn dọc theo cạnh ngàm có mômen âm.

Lấy ô bản có bốn cạnh ngàm, xét hai dải bản đại diện. Trên mỗi dải bản có mômen dương (M_1, M_2) và mômen âm ($M_{A1}, M_{B1}, M_{A2}, M_{B2}$) (hình 2.12).

Hình 2.12a thể hiện biểu đồ mômen hai dải bản còn hình 2.12b thể hiện mômen trên mặt bằng trong đó mômen dương ở giữa các dải bản M_1, M_2 được thể hiện bằng mũi tên thẳng, mômen âm dọc theo các cạnh thể hiện bằng mũi tên cong. A, B là kí hiệu hai góc bản trên một đường chéo, M_{A1} là mômen âm trên cạnh của góc A và theo phương l_{11} , M_{B2} là mômen âm trên cạnh của góc B và theo phương l_{12} . Khi ô bản có một số cạnh kê tự do thì mômen âm dọc theo các cạnh ấy bằng không.

Tính bản có một số cạnh ngàm có thể theo sơ đồ dẻo hoặc sơ đồ đàn hồi.



Hình 2.12: Mômen trong ô bản có cạnh ngàm

a) Tính toán theo sơ đồ dẻo

- Lấy M_1 là mômen chuẩn của ô bản:

Đặt các hệ số: $\theta = \frac{M_2}{M_1}$; $A_i = \frac{M_{Ai}}{M_1}$; $B_i = \frac{M_{Bi}}{M_1}$ ($i = 1, 2$)

Có thể chọn các hệ số θ , A_i , B_i theo quan điểm và kinh nghiệm của người thiết kế. Bảng 2.2 cho các trị số có tính tham khảo (không cần nội suy chặt chẽ). Với các cạnh kê tự do thì $A_i = 0$; $B_i = 0$.

Bảng 2.2. Các hệ số θ , A_i , B_i để tính bản hai phương

$r = l_2/l_1$	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2
θ	1	0,9	0,8	0,7	0,62	0,55	0,5	0,4	0,3
$A_1; B_1$	1,4	1,3	1,20	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
$A_2; B_2$	1,4	1,20	1,0	1,0	0,8	0,8	0,7	0,6	0,5

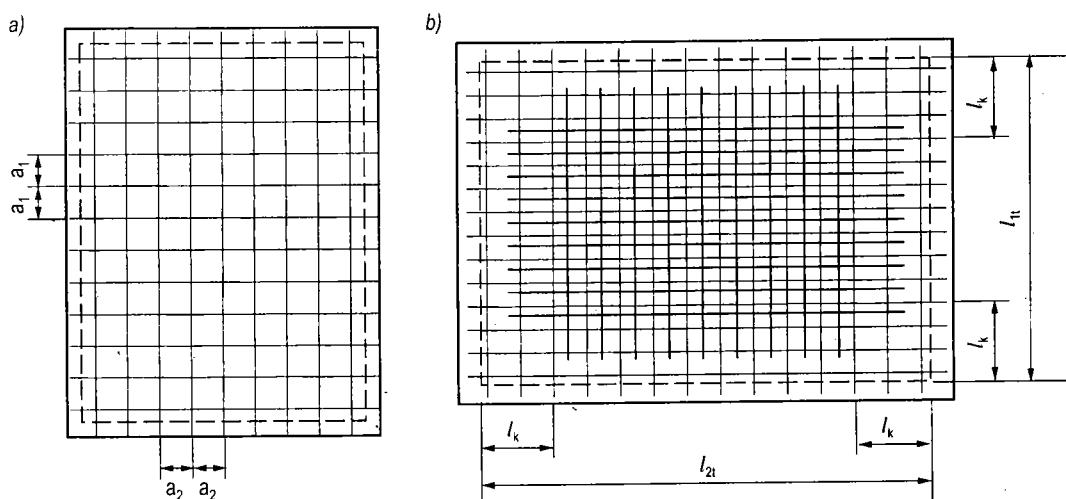
Mômen M_1 được tính theo công thức:

$$M_1 = \frac{q l_{t1}^2 (3l_{t2} - l_{t1})}{12D} \quad (2-13)$$

Biểu thức để xác định D phụ thuộc vào việc đặt cốt thép trong bản.

Khi cốt thép để chịu mômen dương được đặt đều theo mỗi phương trong toàn ô bản (hình 2.13a) xác định D theo công thức:

$$D = (2 + A_1 + B_1)l_{t2} + (2\theta + A_2 + B_2)l_{t1} \quad (2-14)$$



Hình 2.13: Hai cách đặt cốt thép trong bản

Khi cốt thép để chịu mômen dương được đặt không đều (hình 2.13b), ở vùng giữa bản dẹt dày, trong phạm vi các dải biên rộng l_K đặt cốt thép với khoảng cách thưa gấp đôi so với vùng giữa bản, xác định D theo công thức:

$$D = (2 + A_1 + B_1)l_{t2} + (2\theta + A_2 + B_2)l_{t1} - (2 + 2\theta)l_K \quad (2-15)$$

Chỉ nên đặt cốt thép không đều khi ô bản khá lớn và thường lấy $l_K = (0,2 \div 0,25)l_{t1}$

Trong công thức của D các hệ số A, B ứng với cạnh kê tự do lấy bằng không.

Tính M_2 và M_{Ai} , M_{Bi} theo công thức:

$$M_2 = \theta M_1; \quad M_{Ai} = A_i M_1; \quad M_{Bi} = B_i M_1 \quad (2-16)$$

b) Tính toán theo sơ đồ đàn hồi

Công thức tính toán của các mômen là:

M_1 và M_2 : theo công thức (2-12).

M_{A1} và M_{B1} : theo công thức:

$$M_{A1} = \beta_1 q l_{1t} l_{2t}; \quad M_{B1} = \beta_1 q l_{1t} l_{2t} \quad (2-17)$$

M_{A2} và M_{B2} : theo công thức:

$$M_{A2} = \beta_2 q l_{1t} l_{2t}; \quad M_{B2} = \beta_2 q l_{1t} l_{2t} \quad (2-18)$$

Các hệ số $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2$ cho ở phụ lục 6. Ứng với cạnh kê tự do $\beta = 0$.

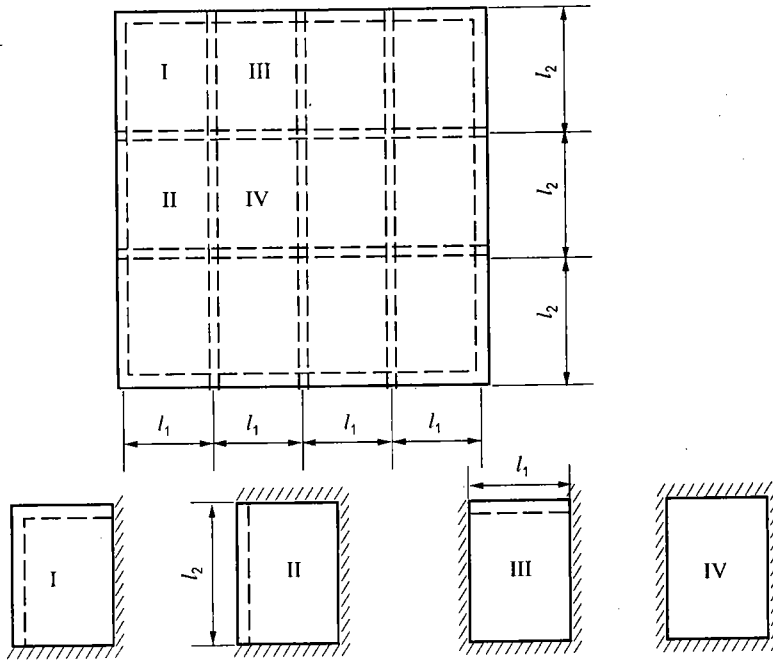
Nhận xét: Tính theo sơ đồ đàn hồi nhận được mômen âm trên các cạnh ngàm thường quá lớn so với mômen dương giữa bản. Đó là do việc đã dùng các giả thiết vật liệu hoàn toàn đàn hồi và ngàm là tuyệt đối, những giả thiết không hoàn toàn sát với thực tế. Khi tính toán và cấu tạo cốt thép với mômen âm quá lớn so với mômen dương thường dẫn tới việc đặt cốt thép không hợp lí, không phản ánh đúng sự làm việc của ô bản và không thuận tiện trong thi công.

2.7.4. Tính toán bản liên tục theo sơ đồ dẻo

Các ô bản liên tục có các nhịp tính toán (hoặc nhịp nguyên) gần bằng nhau theo mỗi phương (sai khác dưới 10%) có thể được tính toán bằng cách tách thành từng ô riêng, trong đó các gối tựa giữa được thay bằng liên kết ngàm còn các gối tựa biên thay bằng gối kê tự do hoặc ngàm đàn hồi. Với gối ngàm đàn hồi lấy các hệ số A_i, B_i bằng $(0,3 \div 0,5)$ giá trị cho trong bảng 2.2.

Thí dụ bản liên tục trên hình 2.14. Xét các ô bản I, II, III, IV. Tách mỗi ô thành ô bản đơn trong đó ô I có hai cạnh kê tự do, hai cạnh ngàm, ô II và III có ba cạnh ngàm (ô II cạnh tự do theo l_2 , ô III cạnh tự do theo l_1), ô IV có bốn cạnh ngàm. Tính toán mỗi ô dùng các công thức (2-13) đến (2-16).

Trên các gối giữa chung cho hai ô cạnh nhau sẽ có hai giá trị mômen âm khác nhau ứng với từng ô. Để tính toán cốt thép, khi chiều dày hai ô bản bằng nhau, lấy giá trị mômen lớn hơn.



Hình 2.14: Sơ đồ tính toán bản liên tục hai phương

2.7.5. Tính toán bản liên tục theo sơ đồ đàn hồi

Khi nhịp tính toán l_{11} , l_{12} (hoặc nhịp nguyên l_1 , l_2) gần bằng nhau theo mỗi phương cũng có thể tách thành các ô bản đơn để tính toán. Lúc này để kể đến vị trí bất lợi của hoạt tải p người ta xem xét các trường hợp hoạt tải cách ô và hoạt tải đặt trên toàn bản.

Với mômen âm M_A , M_B trên các gối tựa lấy hoạt tải trên toàn bản, tính M_A , M_B theo các công thức (2-17) hoặc (2-18).

Với mômen dương giữa nhịp lấy hoạt tải đặt cách ô.

Tính: $q_1 = g + 0,5p$ và $q_2 = 0,5p$ (2-19)

$$M_1 = (\alpha_1 q_1 + \alpha_{01} q_2) l_{11} l_{12} \quad (2-20a)$$

$$M_2 = (\alpha_2 q_1 + \alpha_{02} q_2) l_{11} l_{12} \quad (2-20b)$$

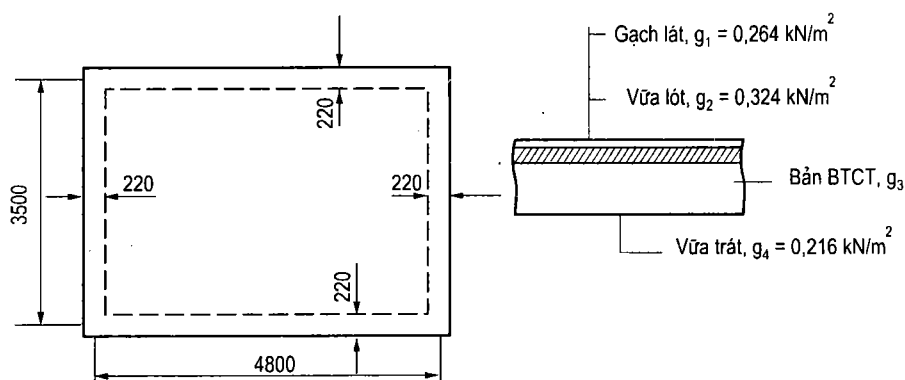
α_{01} , α_{02} - giá trị α_1 , α_2 ứng với bản có bốn cạnh kê tự do;

α_1 , α_2 - giá trị ứng với bản có các gối giữa ngàm.

Như đã nhận xét với ô bản đơn, tính toán theo sơ đồ đàn hồi thường có mômen âm ở các gối tựa quá lớn so với mômen dương giữa bản.

2.7.6. Thí dụ tính toán

Thí dụ 2.4: Cho ô bản đơn kê tự do lên bốn tường gạch có nhịp nguyên $l_1 = 3,5\text{m}$, $l_2 = 4,8\text{m}$. Chiều dày tường $t = 22\text{cm}$. Hoạt tải tiêu chuẩn $p^{\text{TC}} = 3 \text{ kN/m}^3$. Cấu tạo mặt sàn gồm bốn lớp như hình 2.15. Yêu cầu tính nội lực:



Hình 2.15: Hình vẽ của thí dụ 2.4

Ô bản có $\frac{l_2}{l_1} = \frac{4,80}{3,50} = 1,37 < 2$. Bản kê 4 cạnh, chịu uốn hai phương.

Chọn chiều dày: $h_b = \frac{1}{40} l_1 = \frac{3500}{40} = 87 \text{ mm}$

Chọn $h_b = 90 \text{ mm}$.

Tính trọng lượng bản thân bản:

$$g_3 = 0,09 \times 25 \times 1,1 = 2,475 \text{ kN/m}^2$$

$$g = g_1 + g_2 + g_3 + g_4 = 0,264 + 0,324 + 2,475 + 0,216 = 3,28 \text{ kN/m}^2$$

$$p = np^{\text{TC}} = 1,2 \times 3 = 3,6$$

$$q = g + p = 3,28 + 3,6 = 6,88 \text{ kN/m}^2$$

Tính với dải bản rộng $b = 1 \text{ m}$, thì $q = 6,88 \text{ kN/m}$.

Nhập tính toán. Nhập thông thuỷ theo hai phương:

$$l_{01} = l - \frac{t}{2} - \frac{t}{2} = 3500 - \frac{220}{2} - \frac{220}{2} = 3280 \text{ mm};$$

$$l_{02} = 4580 \text{ mm}$$

Lấy đoạn bản kê lên tường $s_b = 110 \text{ mm}$.

$$C_1 = C_2 = C = \min(0,5s_b \text{ và } 0,5h_b) = 45 \text{ mm}$$

Nhập tính toán:

$$l_{t1} = l_{01} + C_1 + C_2 = 3280 + 45 + 45 = 3370 \text{ mm} = 3,37 \text{ m}$$

$$l_{t2} = 4580 + 45 + 45 = 4670 \text{ mm} = 4,67 \text{ m}$$

Dùng công thức (2-10) để tính M_1 và M_2 .

$$r = \frac{l_{t2}}{l_{t1}} = \frac{4,67}{3,37} = 1,386$$

$$\varphi_1 = \frac{24(1+r^3)}{r^2(3r-1)} = \frac{24(1+1,386^3)}{1,386^2(3 \times 1,386 - 1)} = 14,49$$

$$M_1 = \frac{ql_{t1}^2}{\varphi_1} = \frac{6,68 \times 3,37^2}{14,49} = 5,24 \text{ kNm}$$

$$M_2 = \frac{M_1}{r^2} = \frac{5,24}{1,386^2} = 2,73 \text{ kNm}$$

Thí dụ 2.5: Với số liệu của thí dụ 2.4, yêu cầu tính M_1, M_2 theo sơ đồ đàn hồi.

Tra bảng phụ lục 6, với bản kê tự do bốn cạnh.

Với: $r = l_{t2}/l_{t1} = 1,386$ có $\alpha_1 = 0,0468$; $\alpha_2 = 0,0242$.

$$ql_{t1}l_{t2} = 6,88 \times 3,37 \times 4,67 = 108,28 \text{ kNm}$$

$$M_1 = 0,0468 \times 108,28 = 5,067 \text{ kNm}$$

$$M_2 = 0,0242 \times 108,28 = 2,62 \text{ kNm}$$

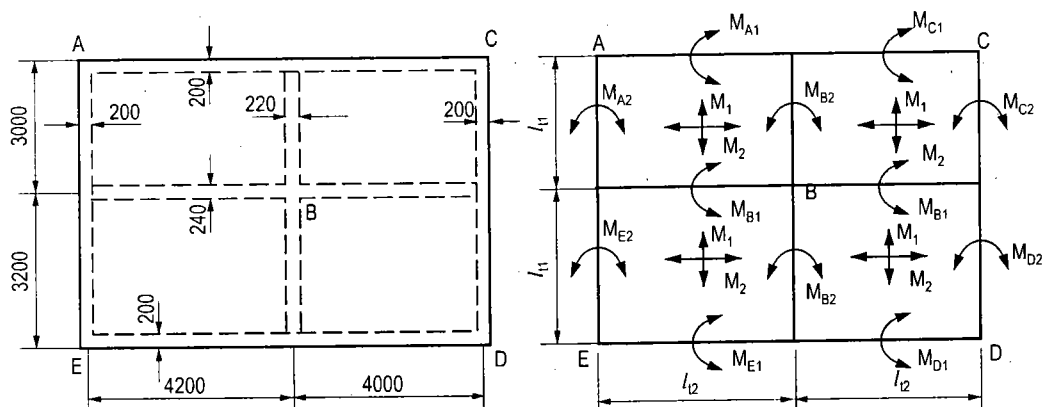
Nhận xét: Bản kê tự do lên 4 cạnh có nội lực tính theo sơ đồ dẻo và sơ đồ đàn hồi gần giống nhau. Trong trường hợp cụ thể của thí dụ thì tính theo sơ đồ dẻo kết quả lớn hơn một chút, lí do là ở tính chất gần đúng của phương pháp.

Thí dụ 2.6: Cho mặt bằng sàn nhà văn phòng trên hình 2.16. Giữa sàn có hai dầm giao nhau. Theo chu vi sàn liên kết cứng với dầm. Tải trọng tĩnh của các lớp cấu tạo mặt sàn (chưa kể bản BTCT) đã tính được $0,8 \text{ kN/m}^2$. Yêu cầu tính mômen bản sàn.

Xét sự làm việc của các ô bản đều thấy $l_2/l_1 < 2$. Bản liên kết bốn cạnh, chịu uốn hai phương.

Chọn chiều dày bản: bản liên tục, chịu tải trọng tương đối bé, lấy $m = 45$. Tính h_b theo nhịp nguyên $l_1 = 3200$.

$$h_b = 1/45 \times 3200 = 71 \text{ mm, chọn } h_b = 70 \text{ mm.}$$



Hình 2.16: Mặt bằng sàn và sơ đồ tính toán của thí dụ 2.6

Tính tải do bản BTCT: $g_{BT} = 0,07 \times 25 \times 1,1 = 1,925 \text{ kN/m}^2$

$$g = 0,8 + 1,925 = 2,725 \text{ kN/m}^2$$

Sàn nhà văn phòng: $p^{TC} = 2 \text{ kN/m}^2$; $p = 1,2 \times 2 = 2,4$.

$$q = 2,725 + 2,4 = 5,125 \text{ kN/m}^2.$$

Với dải bản $b = 1\text{m}$ có $q = 5,125 \text{ kN/m}$.

Để thuận tiện cho việc gọi tên ô bản, đặt các chữ ABCDE ở các góc, mỗi ô được gọi bằng tên đường chéo.

Nhập tính toán: vì các cạnh đều liên kết cứng với dầm nên l_i được tính từ mép dầm ($l_i = l_0$).

Ô bản AB: $l_{t1} = 3000 - \frac{240}{2} - \frac{200}{2} = 2780\text{mm} = 2,78\text{m}$

$$l_{t2} = 4200 - \frac{200}{2} - \frac{220}{2} = 3990\text{mm} = 3,99\text{m}$$

Kết quả tính cho 4 ô được ghi trong bảng sau:

Ô bản	AB	BC	BD	EB
l_{t1}	2,78	2,78	2,98	2,98
l_{t2}	3,99	3,79	3,79	3,99

Tính toán theo sơ đồ dề. Chênh lệch giữa các cạnh theo mỗi phương:

Phương l_1 : $\Delta_1 = \frac{(2,98 - 2,78)100}{2,98} = 6,7\%$

Phương l_2 : $\Delta_2 = \frac{(3,99 - 3,79)100}{3,99} = 5\%$

Các sai lệch đều nhỏ hơn 10%, có thể tách từng ô riêng để tính toán theo công thức (2-13), (2-16). Xem các cạnh biên là gối kê tự do.

1. Tính ô bản AB. Ô bản có hai cạnh ngàm vuông góc với nhau, hai cạnh kê tự do.

$$r = \frac{l_{t2}}{l_{t1}} = \frac{3,99}{2,78} = 1,435$$

Các hệ số: $A_1 = A_2 = 0$; $\theta = 0,6$; $B_1 = 1$; $B_2 = 0,8$ (bảng 2.2)

$$\begin{aligned} D &= (2 + A_1 + B_1)l_{t2} + (2\theta + A_2 + B_2)l_{t1} \\ &= (2 + 1) \times 3,99 + (2 \times 0,6 + 0,8) \times 2,78 = 17,53 \end{aligned}$$

$$M_1 = \frac{ql_{t1}^2(3l_{t2} - l_{t1})}{12D} = \frac{5,125 \times 2,78^2(3 \times 3,99 - 2,78)}{12 \times 17,53} = 1,73\text{kNm}$$

$$M_2 = \theta M_1 = 0,6 \times 1,73 = 1,04 \text{ kNm}$$

$$M_{B1} = B_1 M_1 = 1 \times 1,73 = 1,73 \text{ kNm}$$

$$M_{B2} = B_2 M_1 = 0,8 \times 1,73 = 1,384 \text{ kNm}$$

$$M_{A1} = M_{A2} = 0$$

2. Tính ô bản EB: $r = \frac{3,99}{2,98} = 1,34$

$$E_1 = E_2 = 0; B_1 = 1,2; B_2 = 0,8; \theta = 0,72.$$

$$D = (2 + 1,2) \times 3,99 + (2 \times 0,72 + 0,8) \times 2,98 = 19,44$$

$$M_1 = \frac{5,125 \times 2,98^2 (3 \times 3,99 - 2,98)}{12 \times 19,44} = 1,754 \text{ kNm}$$

$$M_{E1} = M_{E2} = 0$$

$$M_2 = 0,72 \times 1,754 = 1,263 \text{ kNm}$$

$$M_{B1} = 1,2 \times 1,754 = 2,105 \text{ kNm}$$

$$M_{B2} = 0,8 \times 1,754 = 1,403 \text{ kNm}$$

3. Tính ô bản BC: $r = \frac{3,79}{2,78} = 1,363$

$$C_1 = C_2 = 0; \theta = 0,66; B_1 = 1,2; B_2 = 1$$

$$D = (2 + 1,2) \times 3,79 + (2 \times 0,66 + 1) \times 2,78 = 18,57$$

$$M_1 = \frac{5,125 \times 2,78^2 (3 \times 3,79 - 2,78)}{12 \times 18,57} = 1,527 \text{ kNm}$$

$$M_{C1} = M_{C2} = 0$$

$$M_2 = 0,66 \times 1,527 = 1,01 \text{ kNm}$$

$$M_{B1} = 1,2 \times 1,527 = 1,832 \text{ kNm}$$

$$M_{B2} = 1,527 \text{ kNm}$$

4. Tính ô bản BD: $r = \frac{3,79}{2,98} = 1,27$

Hệ số: $D_1 = 0; D_2 = 0; \theta = 0,73; B_1 = 1,2; B_2 = 1$

$$D = (2 + 1,2) \times 3,79 + (2 \times 0,73 + 1) \times 2,98 = 19,45$$

$$M_1 = \frac{5,125 \times 2,98^2 (3 \times 3,79 - 2,98)}{12 \times 19,45} = 1,636 \text{ kNm}$$

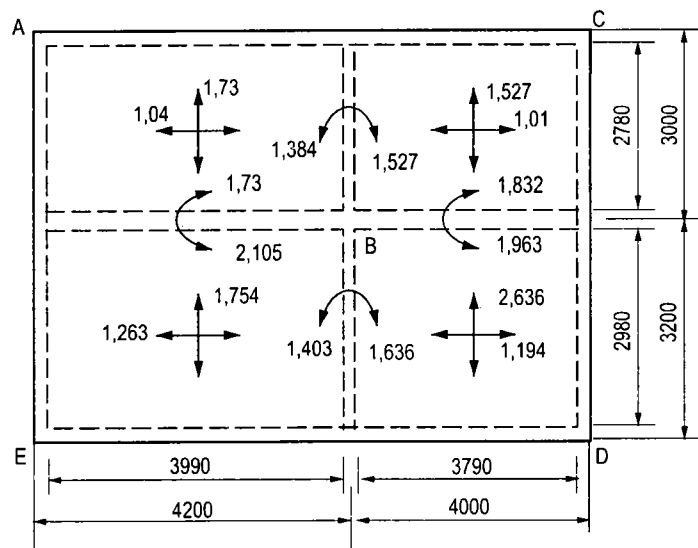
$$M_{D1} = M_{D2} = 0$$

$$M_2 = 0,73 \times 1,636 = 1,194 \text{ kNm}$$

$$M_{B1} = 1,2 \times 1,636 = 1,963 \text{ kNm}$$

$$M_{B2} = 1,636 \text{ kNm}$$

5. Tổng kết. Mômen dương ở giữa ô bản nào lấy theo ô bản đó. Mômen âm trên các gối giữa có hai trị số tính theo hai ô bản liền kề (khi tính cốt thép sẽ lấy theo giá trị lớn hơn). Kết quả thể hiện trên hình 2.17.



Hình 2.17: Mômen trong các ô bản theo thí dụ 2.6 (sơ đồ dẽo)

Thí dụ 2.7: Dùng số liệu của thí dụ 2.6 thực hiện việc tính toán theo sơ đồ đàn hồi.

Tính:

$$q_1 = g + 0,5p = 2,725 + 0,5 \times 2,4 = 3,925 \text{ kN/m}$$

$$q_2 = 0,5p = 0,5 \times 2,4 = 1,2 \text{ kN/m}$$

$$q = g + p = 5,125 \text{ kN/m} \text{ (} q_1, q_2 \text{ và } q \text{ tính trên dải bản } b = 1 \text{ m)}$$

1. Ô bản AB: $r = \frac{l_{12}}{l_{11}} = \frac{3,99}{2,78} = 1,435$. Tra bảng phụ lục 6 theo sơ đồ O và IIc

(2 cạnh ngàm vuông góc) có các hệ số: $\alpha_{01} = 0,0472$; $\alpha_{02} = 0,023$; $\alpha_1 = 0,0324$; $\alpha_2 = 0,016$; $\beta_1 = 0,0702$; $\beta_2 = 0,0342$.

$$M_1 = (\alpha q_1 + \alpha_{01} q_2) l_{11} l_{12}$$

$$= (0,0324 \times 3,925 + 0,0472 \times 1,2) \times 2,78 \times 3,99 = 2,04 \text{ kNm}$$

$$M_2 = (\alpha_2 q_1 + \alpha_{02} q_2) l_{t1} l_{t2} =$$

$$= (0,016 \times 3,925 + 0,023 \times 1,2) \times 2,78 \times 3,99 = 1,003 \text{ kNm}$$

$$M_{A1} = M_{A2} = 0$$

$$M_{B1} = \beta_1 q l_{t1} l_{t2} = 0,0702 \times 5,125 \times 2,78 \times 3,99 = 3,99 \text{ kNm}$$

$$M_{B2} = \beta_2 q l_{t1} l_{t2} = 0,0342 \times 5,125 \times 2,78 \times 3,99 = 1,944 \text{ kNm}$$

2. Ô bản EB: $r = \frac{3,99}{2,98} = 1,34$

$$\alpha_{01} = 0,046; \alpha_{02} = 0,0256; \alpha_1 = 0,032; \alpha_2 = 0,0179; \beta_1 = 0,0711; \beta_2 = 0,0397.$$

$$M_1 = (0,032 \times 3,925 + 0,046 \times 1,2) \times 2,98 \times 3,99 = 2,15 \text{ kNm}$$

$$M_2 = (0,0179 \times 3,925 + 0,0256 \times 1,2) \times 2,98 \times 3,99 = 1,20 \text{ kNm}$$

$$M_{E1} = M_{E2} = 0$$

$$M_{B1} = 0,0711 \times 5,125 \times 2,98 \times 3,99 = 4,33$$

$$M_{B2} = 0,0397 \times 5,125 \times 2,98 \times 3,99 = 2,42$$

3. Ô bản BC: $r = \frac{3,99}{2,98} = 1,34$

$$\alpha_{01} = 0,0463; \alpha_{02} = 0,0249; \alpha_1 = 0,0321; \alpha_2 = 0,0174; \beta_1 = 0,0711; \beta_2 = 0,0385.$$

$$M_1 = (0,0321 \times 3,925 + 0,0463 \times 1,2) \times 2,78 \times 3,79 = 1,913 \text{ kNm}$$

$$M_2 = (0,0174 \times 3,925 + 0,0249 \times 1,2) \times 2,78 \times 3,79 = 1,034 \text{ kNm}$$

$$M_{C1} = M_{C2} = 0$$

$$M_{B1} = 0,0711 \times 5,125 \times 2,78 \times 3,79 = 3,84 \text{ kNm}$$

$$M_{B2} = 0,0385 \times 5,125 \times 2,78 \times 3,79 = 2,079 \text{ kNm}$$

4. Ô bản BD: $r = \frac{3,79}{2,98} = 1,272$

$$\alpha_{01} = 0,0445; \alpha_{02} = 0,0276; \alpha_1 = 0,0316; \alpha_2 = 0,0196; \beta_1 = 0,0711; \beta_2 = 0,0438.$$

$$M_1 = (0,0316 \times 3,925 + 0,0445 \times 1,2) \times 2,98 \times 3,79 = 2,0 \text{ kNm}$$

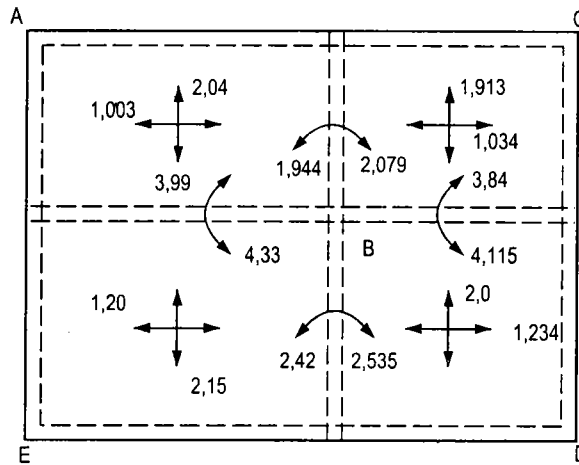
$$M_2 = (0,0196 \times 3,925 + 0,0276 \times 1,2) \times 2,98 \times 3,79 = 1,243 \text{ kNm}$$

$$M_{D1} = M_{D2} = 0$$

$$M_{B1} = 0,0711 \times 5,125 \times 2,98 \times 3,79 = 4,115 \text{ kNm}$$

$$M_{B2} = 0,0438 \times 5,125 \times 2,98 \times 3,79 = 2,535 \text{ kNm}$$

5. Tổng kết: Kết quả tính toán được thể hiện trên hình 2.18.



Hình 2.18: Mômen trong các ô bản theo thí dụ 2.7 (sơ đồ đàn hồi)

So sánh kết quả ở hình 2.18 và hình 2.17 thấy rằng:

- Các giá trị mômen dương M_1 theo sơ đồ đàn hồi lớn hơn sơ đồ dẻo khoảng 20%.
- Mômen dương M_2 ở cả hai sơ đồ có giá trị gần bằng nhau.
- Mômen âm trên các gối theo sơ đồ đàn hồi là khá lớn, có chỗ lớn hơn hai lần so với sơ đồ dẻo.

Việc so sánh như trên chỉ là sơ bộ vì mới chỉ thông qua một thí dụ. Hơn nữa trong khi tương quan giữa các mômen theo sơ đồ đàn hồi là cố định thì tương quan đó trong sơ đồ dẻo là có thể thay đổi tùy thuộc vào việc chọn giá trị các hệ số θ ; A_i ; B_i .

Tuy vậy với nhiều thí dụ cũng có thể rút ra được các kết quả so sánh gần như đã nêu trên.

Thí dụ 2.8: Theo số liệu của thí dụ 2.6, tính toán nội lực các ô bản theo sơ đồ dẻo với các gối biên được xem là ngàm đàn hồi.

Sơ đồ tính toán như trên hình 2.16 với các mômen âm trên các gối biên là M_{Ai} , M_{Ci} , M_{Di} , M_{Ei} đều khác không.

1. Tính ô bản AB: $r = \frac{3,99}{2,78} = 1,435$; $\theta = 0,6$; $B_1 = 1$; $B_2 = 0,8$. Với các cạnh biên xem là ngàm đàn hồi, $A_1 = 0,3$; $A_2 = 0,25$.

$$D = (2 + A_1 + B_1)l_{t2} + (2\theta + A_2 + B_2)l_{t1}$$

$$= (2 + 0,3 + 1)3,99 + (2 \times 0,6 + 0,25 + 0,8)2,78 = 19,422$$

$$M_1 = \frac{ql_{t1}^2(3l_{t2} - l_{t1})}{12D} = \frac{5,125 \times 2,78^2(3 \times 3,99 - 2,78)}{12 \times 19,422} = 1,562 \text{ kNm}$$

$$M_2 = 0,6 \times 1,562 = 0,937 \text{ kNm}$$

$$M_{B1} = 1 \times 1,562 = 1,562 \text{ kNm}$$

$$M_{B2} = 0,8 \times 1,562 = 1,25 \text{ kNm}$$

$$M_{A1} = 0,3 \times 1,562 = 0,4686 \text{ kNm}$$

$$M_{A2} = 0,25 \times 1,562 = 0,39 \text{ kNm}$$

2. Tính ô bản EB: $r = \frac{3,99}{2,98} = 1,34$. Chọn $\theta = 0,72$; $B_1 = 1,2$; $B_2 = 0,8$. Với các cạnh

ngàm đàn hồi: $E_1 = 0,4$; $E_2 = 0,3$.

$$D = (2 + 0,4 + 1,2)3,99 + (2 \times 0,72 + 0,3 + 0,8)2,98 = 21,933$$

$$M_1 = \frac{5,125 \times 2,98^2 (3 \times 3,99 - 2,98)}{12 \times 21,933} = 1,554 \text{ kNm}$$

$$M_2 = 0,72 \times 1,554 = 1,12 \text{ kNm}$$

$$M_{B1} = 1,2 \times 1,554 = 1,865 \text{ kNm}$$

$$M_{B2} = 0,8 \times 1,554 = 1,243 \text{ kNm}$$

$$M_{E1} = 0,4 \times 1,554 = 0,622 \text{ kNm}$$

$$M_{E2} = 0,466 \text{ kNm}$$

3. Tính ô bản BC: $r = \frac{3,79}{2,78} = 1,363$. Chọn $\theta = 0,66$; $B_1 = 1,2$; $B_2 = 1$. Với các cạnh

ngàm đàn hồi: $C_1 = 0,4$; $C_2 = 0,3$.

$$D = (2 + 0,4 + 1,2)3,79 + (2 \times 0,66 + 1 + 0,3)2,78 = 20,927$$

$$M_1 = \frac{5,125 \times 2,78^2 (3 \times 3,79 - 2,78)}{12 \times 20,927} = 1,355 \text{ kNm}$$

$$M_2 = 0,66 \times 1,355 = 0,8943 \text{ kNm}$$

$$M_{B1} = 1,2 \times 1,355 = 1,626 \text{ kNm}$$

$$M_{B2} = 1 \times 1,355 = 1,355 \text{ kNm}$$

$$M_{C1} = 0,4 \times 1,355 = 0,542 \text{ kNm}$$

$$M_{C2} = 0,3 \times 1,355 = 0,4065 \text{ kNm}$$

3. Tính ô bản BD: $r = \frac{3,79}{2,98} = 1,27$. Chọn $\theta = 0,73$; $B_1 = 1,2$; $B_2 = 1$. Với các cạnh

biên ngàm đàn hồi: $D_1 = 0,4$; $D_2 = 0,3$.

$$D = (2 + 0,4 + 1,2)3,79 + (2 \times 0,73 + 0,3 + 1)2,98 = 21,868$$

$$M_1 = \frac{5,125 \times 2,98^2 (3 \times 3,79 - 2,98)}{12 \times 21,868} = 1,455 \text{ kNm}$$

$$M_2 = 0,73 \times 1,455 = 1,062 \text{ kNm}$$

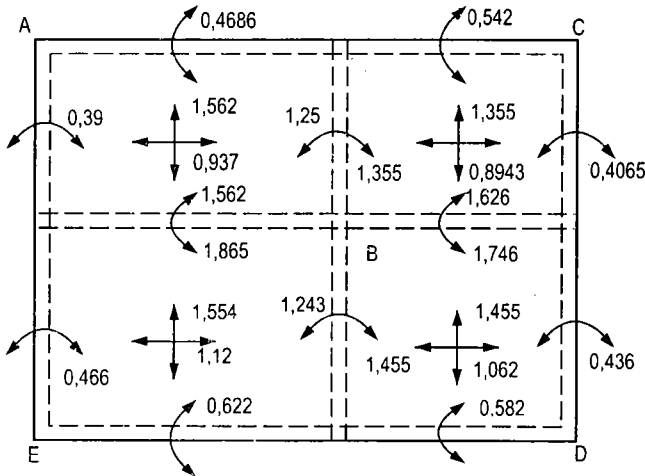
$$M_{B1} = 1,2 \times 1,455 = 1,746 \text{ kNm}$$

$$M_{B2} = 1 \times 1,455 = 1,455 \text{ kNm}$$

$$M_{D1} = 0,4 \times 1,455 = 0,582 \text{ kNm}$$

$$M_{D2} = 0,3 \times 1,455 = 0,436 \text{ kNm}$$

Kết quả thể hiện trên hình 2.19.



Hình 2.19: Momen trong các ô bản theo thí dụ 2.8 (sơ đồ dãi, cạnh biên ngàm đàn hồi)

So sánh hình 2.19 với hình 2.17 thấy rằng khi kể đến mômen âm trên các gối biên thì các mômen dương và âm trong các ô bản đều giảm xuống.

2.8. LỰC CẮT TRONG BẢN

Trong bản của sàn sườn thường không đặt cốt thép ngang chịu lực cắt do đó chiều dày bản phải được chọn để cho riêng bê tông đủ khả năng chống cắt. Thông thường lực cắt trong bản của sàn sườn là khá bé, điều kiện vừa nêu thường được thoả mãn nên có thể bỏ qua việc tính toán và kiểm tra theo lực cắt.

Trường hợp bản chịu tải trọng khá lớn, nếu thấy cần kiểm tra về lực cắt thì có thể tính như sau:

2.8.1. Ô bản tĩnh định - dùng các công thức lập sẵn cho dãi bản như đối với dầm tĩnh định (phụ lục 1).

2.8.2. Bản siêu tĩnh một phương, tính theo sơ đồ dãi

Với ô bản biên, dùng công thức:

$$Q = 0,6q/l_t \quad (2-21)$$

Với các ô bản giữa, dùng công thức:

$$Q = 0,5q/l_t \quad (2-22)$$

2.8.3. Bản liên tục một phương theo sơ đồ đàn hồi

$$Q = (\beta_a g + \beta_b p) l_l \quad (2-23)$$

Hệ số β_a và β_b cho ở phụ lục 5b. Giá trị Q tính được là của hình bao lực cắt.

2.8.4. Ô bản hai phương

Lực cắt lớn nhất trong dải bản của ô bản đơn chịu uốn hai phương được tính theo công thức (2-24) trong đó hệ số β_0 được lấy theo phụ lục 7.

$$Q = \beta_0 q l_{t1} \quad (2-24)$$

Với các ô bản liên tục cũng có thể dùng (2-24) để tính toán.

2.8.5. Thí dụ

Thí dụ 2.9: Theo số liệu của thí dụ 2.6, xác định lực cắt lớn nhất trong ô bản EB.

Số liệu: $q = 5,125 \text{ kN/m}^2$; $l_{12} = 3,99$; $l_{t1} = 2,98\text{m}$

Ô bản có hai cạnh ngàm vuông góc với nhau (sơ đồ IIc)

$$r = \frac{3,99}{2,98} = 1,34 ; \text{Phụ lục 7 cho } \beta_0 = 0,45$$

$$Q = \beta_0 q l_{t1} = 0,45 \times 5,125 \times 2,98 = 6,87\text{kN}$$

Thí dụ 2.10: Theo số liệu của thí dụ 2.2, yêu cầu xác định lực cắt lớn nhất trong dải bản khi tính theo sơ đồ dề.

Số liệu: $q = 7,8 \text{ kN/m}$. Nhịp biên $l_t = 2,33\text{m}$.

Lực cắt lớn nhất là ở nhịp biên.

$$Q = 0,6 q l_t = 0,6 \times 7,8 \times 2,33 = 10,9\text{kN}$$

Thí dụ 2.11: Theo số liệu của thí dụ 2.2, yêu cầu xác định lực cắt trong dải bản theo sơ đồ đàn hồi.

Số liệu: $g = 3 \text{ kN/m}$; $p = 4,8 \text{ kN/m}$

Nhịp biên $l_t = 2,33\text{m}$; các nhịp giữa lấy bằng nhau 2,4m, kết quả tính toán ghi trong bảng:

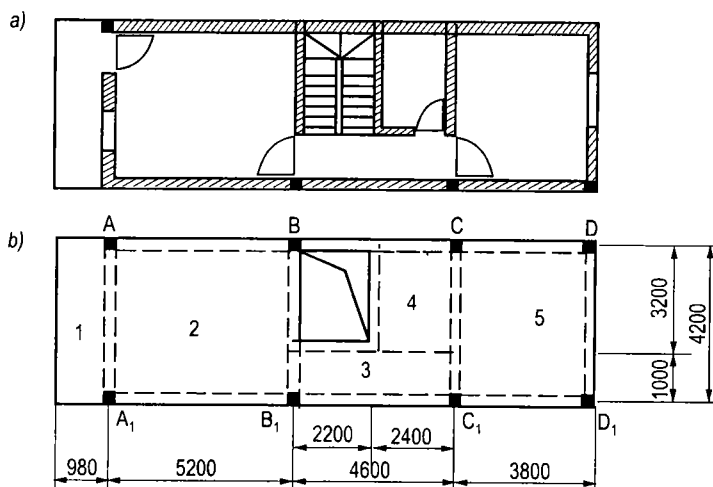
$$Q = (\beta_a g + \beta_b p) l_l$$

Q	β_a	$\beta_a g$	β_b	$\beta_b p$	$\beta_a g + \beta_b p$	Giá trị Q
Q_A	0,395	1,185	0,448	2,150	3,335	7,77
Q_{Bt}	-0,605	-1,815	-0,620	-2,976	-4,791	-11,163
Q_{Bp}	0,526	1,578	0,598	2,870	4,448	10,675
Q_{ct}	-0,474	-1,422	-0,577	-2,770	-4,192	-10,061
Q_{cp}	0,500	1,50	0,591	2,837	4,337	10,409

Ghi chú: Giá trị Q tính được là của hình bao lực cắt.

2.9. MỘT SỐ SƠ ĐỒ HỖN HỢP

Khi thiết kế các sàn nhà thực tế, sơ đồ mặt bằng kết cấu sàn thường bị phụ thuộc vào mặt bằng kiến trúc do đó có thể gặp sơ đồ hỗn hợp gồm các ô bản làm việc một phương và hai phương đặt cạnh nhau. Điều này thường xảy ra với nhà ở gia đình. Hình 2.20 và 2.21 thể hiện một vài sàn như vậy.



Hình 2.20: Mặt bằng kiến trúc (a) và mặt bằng kết cấu (b)

Hình 2.20b là mặt bằng kết cấu gồm 5 ô bản.

Ô bản số 1 dạng bản công xôn, là một ô bản tĩnh định có liên kết ngàm theo cạnh AA₁ (không làm dầm đỡ ra phía ngoài).

Ô bản 2 có kích thước 4200 × 5200 làm việc hai phương trong đó các cạnh AB, BB₁ và A₁B₁ có thể xem là cạnh kê tự do. Riêng cạnh AA₁ được xem là gối tựa giữa hoặc ngàm đàn hồi, dọc theo cạnh đó có mômen âm do bản công xôn 1 gây ra.

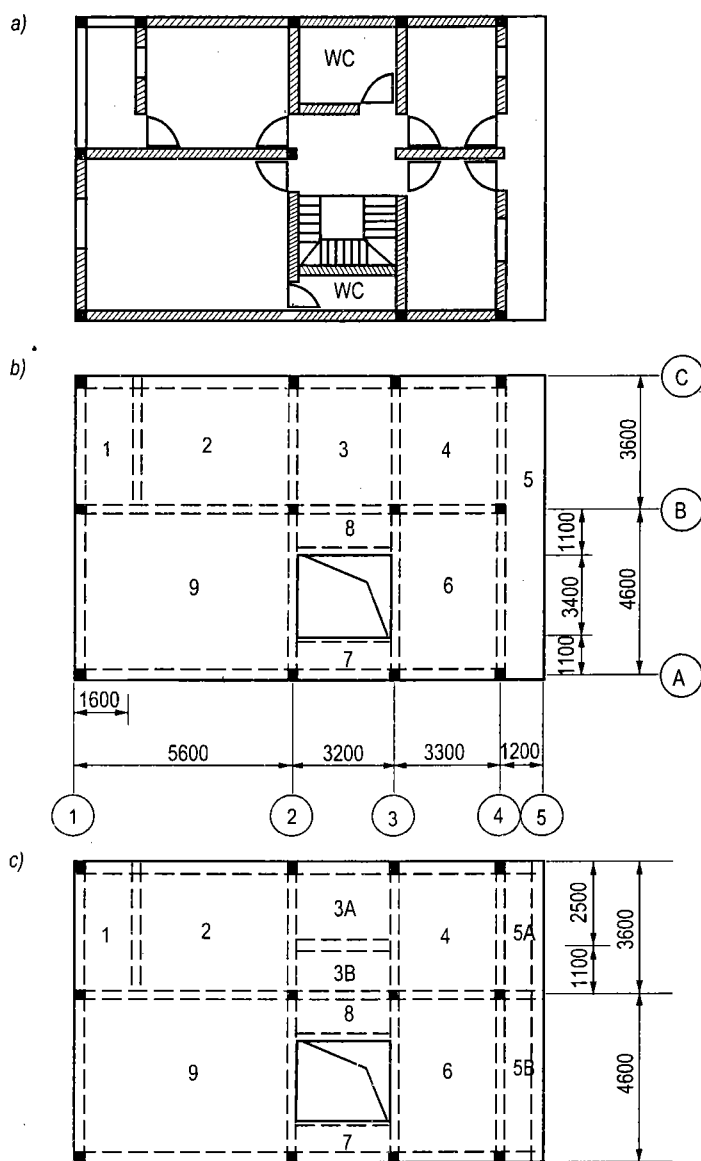
Ô bản số 3 có kích thước 1000 × 4600 chịu uốn theo một phương.

Ô bản số 4 có kích thước 2400 × 3200 chịu uốn hai phương, các cạnh tiếp giáp với ô 3 và ô 5 xem là gối tựa giữa, hai cạnh còn lại là gối biên.

Ô bản số 5 có kích thước 3800 × 4200 chịu uốn hai phương, các cạnh CD; DD₁;

D₁C₁ là gối biên, cạnh CC₁ là gối giữa.

Hình 2.21b là mặt bằng kết cấu gồm 9 ô bản khác nhau. Hình 2.21c có làm thêm dầm để chia ô bản 3 thành 3A và 3B, lại làm dầm theo trục (5) và các trục (A), (B), (C) chia ô bản 5 thành 5A và 5B, như vậy kết cấu sàn sẽ có 11 ô bản khác nhau. Ở hình 2.21b thì có bản 5 là bản công xôn, ở hình 2.21c các ô bản 5A và 5B liên kết với dầm theo cả 4 cạnh và làm việc theo bản một phương. Ô bản 3 ở hình 2.21b có kích thước 3200 × 3600, vách ngăn phòng WC và hành lang được đặt trực tiếp lên bản. Ở hình 2.21c làm thêm dầm để đỡ trực tiếp vách ngăn và chia ô bản 3 thành hai ô là 3A và 3B.



Hình 2.21: Mặt bằng kiến trúc (a) và hai phương án mặt bằng kết cấu (b và c)

Trong sơ đồ hỗn hợp gồm nhiều ô bản khác nhau việc tính toán chính xác nội lực là rất phức tạp. Để xác định nội lực có thể dùng cách gần đúng như sau:

- Ô bản công xôn được tính riêng theo sơ đồ ô bản tĩnh định, lấy một dải làm đại diện.
- Ô bản chịu uốn một phương: Lấy một dải làm đại diện, theo vị trí của ô bản mà xem dải đang xét thuộc nhịp biên hay nhịp giữa của một dải liên tục. Cũng cần xét tương quan về kích thước của các ô bản cạnh nhau để có sự điều chỉnh tùy theo hướng dẫn ở phụ lục 10.
- Ô bản chịu uốn hai phương: tách riêng từng ô để tính toán và điều chỉnh mômen trong các ô theo phụ lục 10.

Khi cấu tạo và tính toán cốt thép cho các ô bản của sơ đồ hỗn hợp không nên máy móc tuân theo quy ước: cốt thép chịu lực đặt ra phía ngoài, cốt thép cấu tạo (hoặc chịu lực theo phương cạnh dài) đặt bên trong. Làm như vậy sẽ rất phức tạp khi thi công vì các ô bản cạnh nhau có thể có phương làm việc chủ yếu khác nhau. Cốt thép chịu mômen dương (đặt ở mặt dưới) trong sơ đồ hỗn hợp nên được theo một quy ước thống nhất cho tất cả các ô bản, ví dụ cốt thép theo phương ngang nhà đặt xuống phía dưới (hoặc ngược lại) trong tất cả các ô. Cần dựa vào sơ đồ bố trí cốt thép để lấy chiều cao tính toán h_0 của từng ô bản sát đúng với thực tế (khi tính cốt thép).

Chương 3

TÍNH TOÁN VÀ CẤU TẠO CỐT THÉP BẢN SÀN

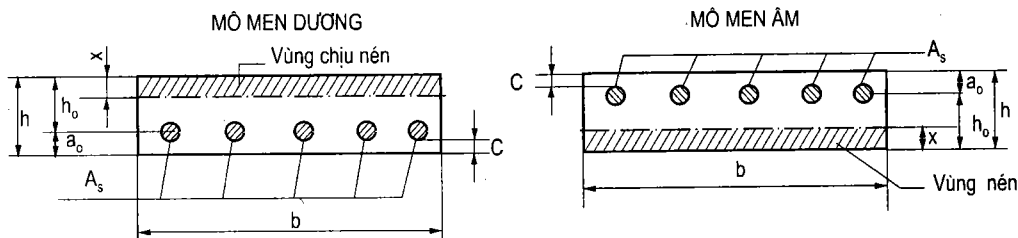
3.1. SỐ LIỆU ĐỂ TÍNH TOÁN

3.1.1. Nguyên tắc tính

Có thể tiến hành theo một trong hai loại bài toán: kiểm tra hoặc tính cốt thép. Việc tính toán được thực hiện cho từng tiết diện, theo tiêu chuẩn thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép TCXDVN 356: 2005.

3.1.2. Tiết diện

Tính toán cho từng dải bản đại diện. Tiết diện của dải bản là hình chữ nhật có bề rộng b bằng bề rộng dải bản (thường $b = 1\text{m}$), có chiều cao h bằng bề dày bản (hình 3.1).



Hình 3.1: Sơ đồ tính toán tiết diện dải bản

A_s - diện tích tiết diện của cốt thép chịu lực trong dải bản. A_s được đặt vào vùng chịu kéo.

a_0 - chiều dày lớp đệm, bằng khoảng cách từ trọng tâm của A_s đến mép chịu kéo. Trong bản thường chỉ đặt A_s thành một lớp do đó:

$$a_0 = c + 0,5\phi$$

c - chiều dày lớp bảo vệ;

ϕ - đường kính cốt thép.

$h_0 = h - a_0$ - chiều cao làm việc của tiết diện, bằng khoảng cách từ trọng tâm A_s đến mép vùng nén.

x - chiều cao vùng chịu nén. Trong tính toán thường dùng $\xi = x/h_0$ là hệ số vùng nén.

3.1.3. Cường độ tính toán của vật liệu

Tính toán bê tông cốt thép trạng thái giới hạn về khả năng chịu lực cần dùng cường độ tính toán R_b và R_s .

R_b - cường độ tính toán về nén của bê tông, lấy phụ thuộc vào cấp cường độ B của bê tông, được cho ở phụ lục 13. Trong một số trường hợp đặc biệt cần xét đến hệ số điều kiện làm việc γ_b cho ở phụ lục 14.

R_s - cường độ tính toán của cốt thép, lấy phụ thuộc vào nhóm hoặc loại cốt thép, cho ở phụ lục 15.

3.1.4. Hệ số hạn chế chiều cao vùng nén

Khi tính cấu kiện bê tông cốt thép chịu uốn (bản, dầm) cần hạn chế chiều cao vùng bê tông chịu nén theo điều kiện sau:

- Khi mômen được xác định theo sơ đồ đàn hồi:

$$x \leq \xi_R h_0 \quad (3-1)$$

- Khi mômen được xác định theo sơ đồ dẻo và tại các tiết diện dự kiến hình thành khớp dẻo (thường là các tiết diện ở gối tựa, chịu mômen âm).

$$x \leq \xi_D h_0 \quad (3-2)$$

Hệ số ξ_R và ξ_D được cho ở phụ lục 16a và 16b.

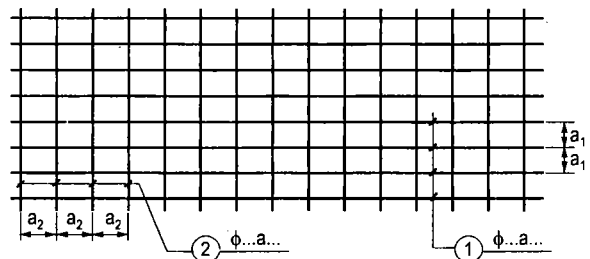
3.2. ĐẠI CƯƠNG VỀ CẤU TẠO

Cốt thép trong bản cần được cấu tạo thành lưới gồm các thanh đặt theo hai phương vuông góc với nhau. Theo mỗi phương các thanh được xác định bởi đường kính ϕ và khoảng cách a . Tùy theo vai trò, nhiệm vụ mà cốt thép trong bản được gọi là cốt thép chịu lực hoặc cốt thép cấu tạo.

Cốt thép chịu lực được xác định bằng tính toán để chịu mômen âm, mômen dương, được đặt theo phương tác dụng của mômen.

Cốt thép cấu tạo được đặt theo một số quy định nào đó, không cần tính toán. Cốt thép cấu tạo trong bản gồm hai loại: cấu tạo để chịu mômen âm và cốt thép phân bố.

Cốt thép cấu tạo chịu mômen âm được đặt ở những vùng có mômen âm xuất hiện nhưng trong tính toán đã bỏ qua (để đơn giản hoá tính toán), nó được đặt theo phương tác dụng của mômen và được chọn theo cấu tạo. Thực ra đây cũng là cốt thép chịu lực nhưng không cần tính toán.



Hình 3.2: Lưới thép bản

Cốt thép phân bố được đặt ở những nơi mà cốt thép chịu lực hoặc cốt cấu tạo chịu mômen âm đặt theo một phương. Lúc này đặt cốt thép phân bố theo phương kia để liên kết các cốt thép nói trên thành lưới.

3.3. CỐT THÉP CHỊU LỰC

Cốt thép chịu lực được xác định bằng tính toán theo một trong hai bài toán: kiểm tra hoặc tính cốt thép.

3.3.1. Bài toán kiểm tra

Biết kích thước b, h , cấp cường độ của bê tông B , cấu tạo cốt thép (ϕ, a , loại thép), cần kiểm tra xem tiết diện chịu được một mômen M_{td} bằng bao nhiêu, có đủ khả năng chịu được M đã biết hay không.

1. Số liệu

Từ cấp bê tông tra bảng có R_b , từ nhóm hoặc loại thép tra bảng có R_s . Có cấu tạo cốt thép xác định được chiều dày lớp bảo vệ C và chiều dày lớp dẽm a_0 , tính $h_0 = h - a_0$.

Với M được tính theo sơ đồ đàn hồi cần tính hoặc tra hệ số ξ_R là hệ số hạn chế chiều cao vùng nén - xem phụ lục 16a.

Với M tính theo sơ đồ dẻo, tra hệ số ξ_D ở phụ lục 16b.

2. Tính toán

$$\xi = \frac{R_s A_s}{R_b b h_0} \quad (3-3)$$

Điều kiện hạn chế: theo sơ đồ đàn hồi $\xi \leq \xi_R$

theo sơ đồ dẻo $\xi \leq \xi_D$

Khi điều kiện hạn chế được thoả mãn thì tính khả năng chịu lực là M_{td} theo công thức:

$$M_{td} = R_s A_s (1 - 0,5\xi) h_0 = R_s A_s \gamma h_0 \quad (3-4)$$

Ghi chú: $\gamma = 1 - 0,5\xi$; γh_0 - cánh tay đòn nội lực;

$\xi = x/h_0$ với x - chiều cao vùng chịu nén.

Nếu điều kiện hạn chế không được thoả mãn chứng tỏ cốt thép quá nhiều so với kích thước tiết diện, nếu được thì nên thay đổi (rút bớt cốt thép hoặc tăng h) rồi tính lại. Khi không thể thay đổi thì có trường hợp đặc biệt. Lúc này, với sơ đồ đàn hồi tính M_{td} theo khả năng vùng nén, dùng công thức (3-5).

Khi $\xi > \xi_R$ thì:

$$M_{td} = \alpha_R R_b b h_0^2 \quad (3-5)$$

$$\alpha_R = \xi_R (1 - 0,5\xi_R) \quad (3-6)$$

Khi $\xi_D < \xi \leq \xi_R$ tính M_{td} theo công thức (3-4) và tại tiết diện đang xét không thể hình thành khớp dẻo.

3. Kiểm tra

Điều kiện kiểm tra là: $M \leq M_{td}$ (3-7)

Nếu điều kiện (3-7) không được thoả mãn chứng tỏ tiết diện chưa đủ khả năng chịu lực.

3.3.2. Bài toán tính cốt thép

Biết M , kích thước b , h , loại vật liệu. Yêu cầu xác định A_s .

1. Số liệu

Giả thiết a_0 . Với bản thường chọn $a_0 = 15 \div 20\text{mm}$. Khi h khá lớn ($h > 150\text{mm}$) có thể chọn $a_0 = 25 \div 30\text{mm}$. Tính $h_0 = h - a_0$. Tra các giá trị R_b , R_s . Tùy theo M đã tính theo sơ đồ đàn hồi hay sơ đồ dẻo để xác định ξ_R hoặc ξ_D .

2. Tính toán

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_0^2} \quad (3-8)$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m} \quad (3-9)$$

Cũng có thể từ α_m tra ra ξ ở phụ lục 15.

Kiểm tra điều kiện hạn chế $\xi \leq \xi_R$ hoặc $\xi \leq \xi_D$.

Chú ý rằng khi $\alpha_m \leq 0,255$ thì trong mọi trường hợp điều kiện hạn chế về ξ đều thoả mãn do đó có thể không cần kiểm tra.

Khi điều kiện hạn chế được thoả mãn, tính γ :

$$\gamma = 1 - 0,5\xi = 0,5(1 + \sqrt{1 - 2\alpha_m}) \quad (3-10)$$

Cũng có thể từ α_m tra bảng ra γ theo phụ lục 17

$$A_s = \frac{M}{R_s \gamma h_0} \quad (3-11)$$

3. Xử lý kết quả

Tính tỉ lệ cốt thép μ :

$$\mu = \frac{A_s}{b h_0} \text{ hoặc } \mu(\%) = \frac{100 A_s}{b h_0}$$

Kiểm tra điều kiện $\mu \geq \mu_{\min}$.

Tiêu chuẩn TCXDVN 356: 2005 quy định $\mu_{\min} = 0,0005 = 0,05\%$. Tác giả thấy giá trị đó quá bé, đề nghị lấy $\mu_{\min} = 0,001 = 0,1\%$. Khi xảy ra $\mu < \mu_{\min}$ chứng tỏ h quá lớn

so với yêu cầu, nếu được thì rút bớt h để tính lại. Nếu không thể giảm h thì cần chọn A_s theo yêu cầu tối thiểu bằng $\mu_{\min}bh_0$.

Sau khi chọn và bố trí cốt thép (đường kính ϕ , chiều dày lớp bảo vệ c ...) cần tính lại a_0 và h_0 . Khi h_0 không nhỏ hơn giá trị đã dùng để tính toán thì kết quả là thiên về an toàn. Nếu h_0 nhỏ hơn giá trị đã dùng với mức độ đáng kể thì cần tính toán lại.

3.3.3. Cấu tạo cốt thép chịu lực

Đường kính ϕ nên chọn $\phi \leq h/10$. Để chọn khoảng cách a có thể tra bảng ở phụ lục 19 hoặc tính toán như sau: Tính a_s là diện tích thanh thép, từ a_s và A_s tính a .

$$a_s = \frac{\pi\phi^2}{4} = 0,785\phi^2; \quad a = \frac{ba_s}{A_s} \quad (3-12)$$

Chọn a không lớn hơn giá trị vừa tính được. Nên chọn a là bội của 10mm để thuận tiện cho thi công.

Khoảng cách cốt thép chịu lực còn cần tuân theo các yêu cầu cấu tạo sau:

$$a_{\min} \leq a \leq a_{\max}$$

Thường lấy $a_{\min} = 70\text{mm}$

Khi $h \leq 150\text{mm}$ lấy $a_{\max} = 200\text{mm}$.

Khi $h > 150\text{mm}$ lấy $a_{\max} = \min(1,5h \text{ và } 400\text{mm})$

Để bố trí cốt thép cần chọn chiều dày lớp bảo vệ là c như sau: với bê tông nặng.

$$c \geq \phi \text{ đồng thời } c \geq c_0.$$

Với bản có: $h \leq 100\text{mm}$ lấy $C_0 = 10\text{mm}$ (15)

$h > 100$ lấy $C_0 = 15\text{mm}$ (20)

Ghi chú:

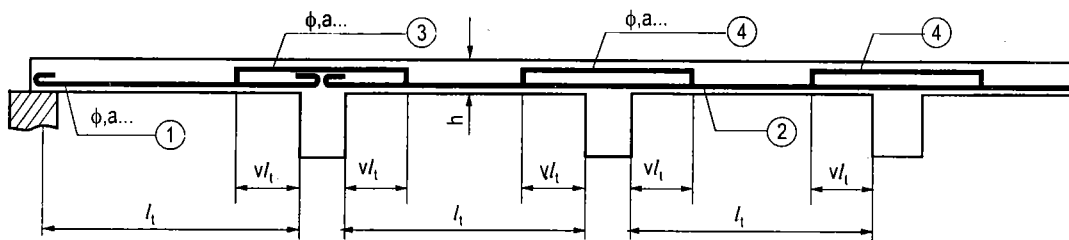
+ Giá trị trong ngoặc (15), (20) dùng cho những kết cấu ngoài trời hoặc những nơi ẩm ướt.

+ Cần lấy tăng chiều dày C đối với kết cấu chịu ảnh hưởng của môi trường biển cũng như kết cấu làm bằng bê tông nhẹ, bê tông tổ ong.

3.3.4. Bố trí cốt thép chịu lực

Trong bản thường chỉ nên dùng một loại đường kính ϕ cho cốt thép chịu lực. Cũng có thể dùng các loại ϕ chênh nhau 2mm đặt ở các vùng khác nhau hoặc đặt xen kẽ trong một vùng. Khi đặt cốt thép có ϕ khác nhau xen kẽ thì trong công thức (3-12) lấy a_s là trung bình của diện tích ứng với hai giá trị ϕ .

Bố trí cốt thép chịu mômen dương và mômen âm có thể theo cách đơn giản như trên hình 3.3 hoặc theo các cách nhằm tiết kiệm thép như trên hình 3.4.



Hình 3.3: Đặt cốt thép trong bản theo cách đơn giản

Cách đặt cốt thép đơn giản là dùng các thanh thẳng đặt ở phía dưới kéo dài suốt cả nhịp bản (thanh số ①) hoặc kéo dài qua nhiều nhịp (thanh ②) để chịu mômen dương, dùng các thanh cốt thép mũ đặt phía trên, trong đoạn bản chịu mômen âm (thanh ③ và ④). Chiều dài đoạn thẳng của cốt thép mũ tính đến mép dầm lấy bằng vl_t . Hệ số v lấy như sau:

Khi $p \leq g$ lấy $v = 0,2$

$p \leq 3g$ lấy $v = 0,25$

$p \leq 5g$ lấy $v = 0,30$

$p > 5g$ lấy $v = 0,33$

p và g là hoạt tải và tĩnh tải tính toán trên bản

Trên mỗi gối tựa lấy vl_t ở hai bên là bằng nhau và theo giá trị l_t lớn hơn.

Trong các ô bản chịu uốn hai phương lấy l_t theo phương cạnh ngắn để tính cho cả cốt thép mũ đặt theo phương cạnh dài.

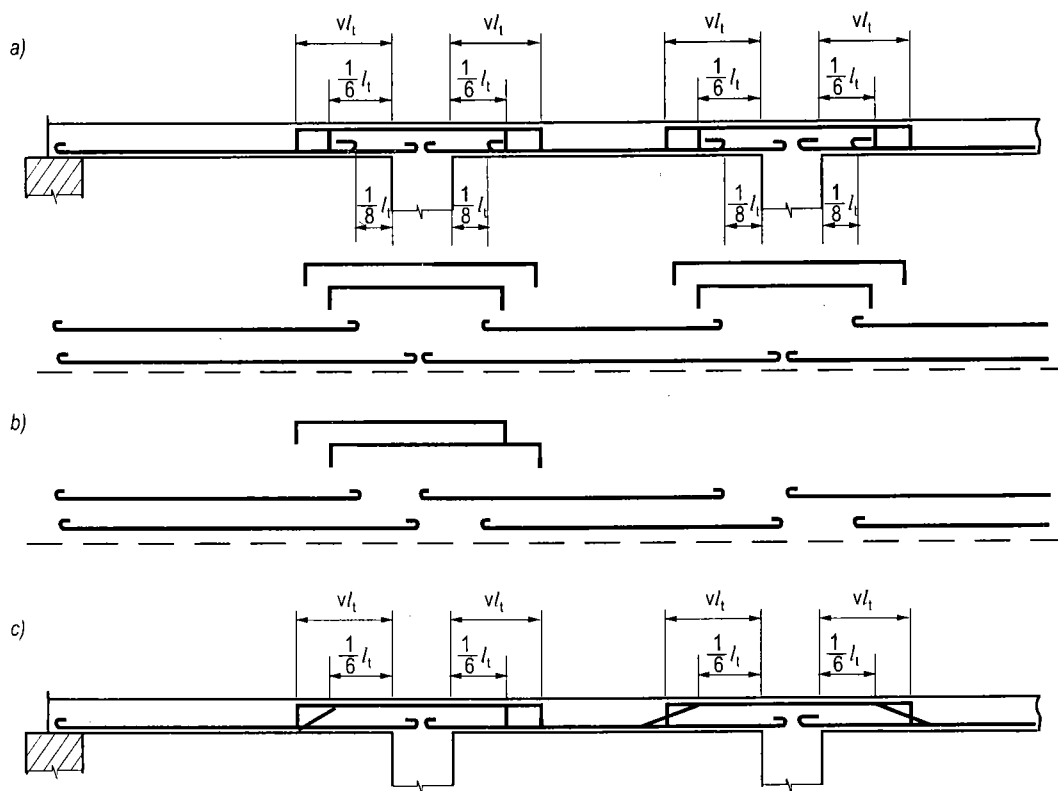
Khi chiều dày bản bé ($h \leq 120\text{mm}$) cốt thép mũ thường được uốn thành móc vuông ở đầu thanh, nút cốt thép được chống vào ván khuôn để giữ vị trí của cốt thép mũ khi đổ bê tông. Với bản dày hơn không nên uốn cốt thép mũ thành móc vuông mà uốn móc tròn (với cốt thép tròn trơn trong lưới buộc) hoặc để thẳng (với cốt thép có gờ hoặc cốt thép tròn trơn trong lưới hàn). Lúc này cần có biện pháp kê, chống... để giữ vị trí cốt thép mũ.

Khi ở các tiết diện tính toán ở giữa nhịp và trên gối đặt cốt thép khá dày ($a < 150\text{mm}$), để tiết kiệm cốt thép có thể dùng một trong các cách ở hình 3.4:

- Đặt các thanh dài và ngắn xe kẽ nhau;
- Dùng các thanh ngắn hơn bình thường đặt so le nhau;
- Đem một số thanh chịu mômen dương ở giữa nhịp uốn lên làm cốt thép chịu mômen âm ở trên gối.

Thường cứ cách một thanh uốn một thanh và cũng chỉ nên dùng khi chiều dày bản $h \geq 80\text{mm}$. Sau khi uốn cốt thép từ nhịp lên, ở trên gối còn thiếu bao nhiêu thì đặt thêm cốt thép mũ. Uốn cốt thép theo độ nghiêng 1 : 2 hoặc góc 30° . Khi bản khá dày có thể uốn nghiêng 45° .

Theo cả ba cách trên số cốt thép phía dưới được kéo vào các gối giữa không được ít hơn một phần ba so với cốt thép ở giữa nhịp và không ít hơn 3 thanh trong mỗi mét. Riêng ở gối biên kê tự do nên kéo toàn bộ cốt thép phía dưới vào gối tựa. Với cốt thép chịu mômen âm, khi dùng các đoạn dài và ngắn đặt so le nhau thì chiều dài của đoạn dài (tính đến mép gối tựa) là vl_t còn chiều dài của đoạn ngắn có thể lấy bằng $1/6l_t$.



Hình 3.4: Một số cách đặt cốt thép chịu lực trong bản

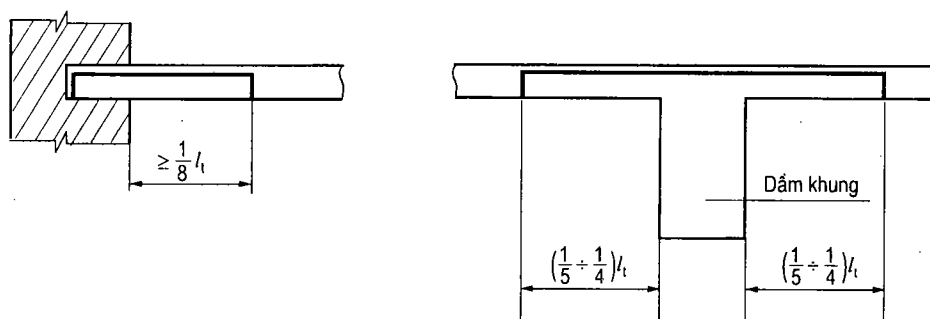
Hình 3.3 và 3.4 thể hiện cốt thép chịu lực của một dải bản. Với bản một phương đó là dải bản đại diện theo phương chịu lực. Với bản hai phương đó là các dải bản vuông góc với nhau, các cốt thép đặt phía dưới theo hai phương đều là cốt thép chịu lực, chiều dài vl_t của cốt thép chịu mômen âm theo cả hai phương đều lấy theo l_t cạnh ngắn.

3.4. CỐT THÉP CẤU TẠO

3.4.1. Cốt thép cấu tạo chịu mômen âm

Trong bản có những vùng có thể xuất hiện mômen âm nhưng trong tính toán đã bỏ qua. Đó là dọc theo các gối biên khi bản được chèn cứng vào tường hoặc đúc liền khối với dầm biên (trong tính toán xem là gối kê tự do), là vùng bản phía trên dầm khung khi tính toán ô bản làm việc một phương (bỏ qua sự làm việc theo phương cạnh dài). Cần đặt cốt thép để chịu các mômen âm nói trên, tránh cho bản có những vết nứt do các mômen

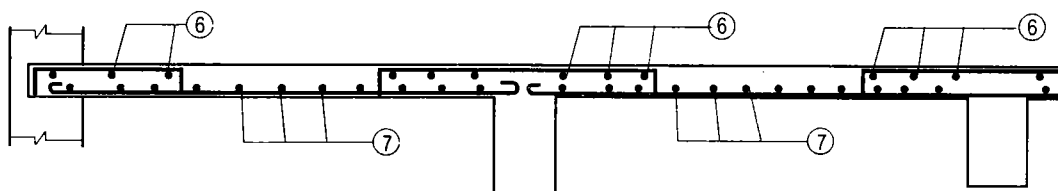
đó gây ra và cũng để làm tăng độ cứng tổng thể của bản. Chọn đặt cốt thép này theo cấu tạo, không ít hơn 5φ6 trong một mét và cũng không ít hơn 50% cốt thép chịu lực tính toán ở các gối tựa giữa (hoặc ở giữa nhịp bản). Đoạn thẳng từ mút cốt thép đến mép tường không nhỏ hơn $1/8 l_t$ và đến mép dầm khung bằng khoảng $(1/5 \div 1/4) l_t$ với l_t là nhịp tính toán của bản (theo cạnh ngắn).



Hình 3.5: Cốt thép cấu tạo chịu mômen âm

3.4.2. Cốt thép phân bố

Ở phía trên cốt thép phân bố được đặt vuông góc với các cốt thép chịu mômen âm (các thanh số ⑥) trên hình 3.6).



Hình 3.6: Cốt thép phân bố - cấu tạo trong bản

Ở phía dưới cốt thép phân bố được đặt vuông góc với cốt thép chịu mômen dương trong các ô bản một phương. Với ô bản hai phương đã đặt cốt thép chịu lực theo cả hai phương nên không cần đặt cốt phân bố. Như vậy, trên hình 3.6, các thanh thép số ⑦ sẽ là:

- Cốt thép phân bố trong ô bản một phương;
- Cốt thép chịu lực trong ô bản hai phương.

Đường kính cốt thép phân bố chọn nhỏ hơn đường kính cốt thép chịu lực ϕ (có thể chọn bằng nếu là $\phi 6$ hoặc nhỏ hơn), khoảng cách a trong khoảng từ 200mm và $a_{\max}^*$:

$$a_{\max}^* = 330\text{mm khi } h \leq 150\text{mm};$$

$$a_{\max}^* = \min(2,2h \text{ và } 500\text{mm}) \text{ khi } h > 150\text{mm}.$$

Cốt thép phân bố đặt ở phía dưới trong các ô bản có liên kết cả bốn cạnh nhưng được tính theo ô bản một phương (thanh số ⑦ hình 3.6) còn chịu mômen dương theo phương cạnh dài mà trong tính toán đã bỏ qua. Diện tích các cốt thép này trong phạm vi bề rộng

dải bản $B_2 = 1\text{m}$ không ít hơn $20\%A_s$ khi $l_2 \leq 3l_1$ và không ít hơn $15\% A_s$ khi $l_2 > 3l_1$, trong đó A_s là diện tích cốt thép chịu lực tính cho dải bản $b = 1\text{m}$, chịu mômen dương.

3.5. THÍ DỤ TÍNH TOÁN

Thí dụ 3.1: Cho biểu đồ mômen đã tính được ở thí dụ 2.2, hình 2.8c. Dùng bê tông cấp B15, cốt thép CI. Ở nhịp biên dự kiến chọn $\phi 8$ a200. Yêu cầu kiểm tra.

1. Số liệu:

$b = 1\text{m} = 1000\text{mm}$; $h = 80\text{mm}$, chọn chiều dày lớp bảo vệ $c = 12\text{mm}$; $a_0 = c + 0,5\phi = 12 + 0,5 \times 8 = 16\text{mm}$; $h_0 = 80 - 16 = 64\text{mm}$. Cốt thép $\phi 8$ có $a_s = 0,785 \times 8^2 = 50\text{mm}^2$

$$A_s = \frac{a_s b}{a} = \frac{50 \times 1000}{200} = 250\text{mm}^2 \text{ (hoặc tra bảng phụ lục 19).}$$

Bê tông 15 có $R_b = 8,5\text{MPa}$; CI có $R_s = 225\text{MPa}$. Nội lực theo sơ đồ dẻo $M = 3,85\text{kNm}$, hệ số $\xi_D = 0,37$.

2. Tính toán

$$\xi = \frac{R_s A_s}{R_b b h_0} = \frac{225 \times 250}{8,5 \times 1000 \times 64} = 0,1034 < \xi_D = 0,37$$

$$\gamma = 1 - 0,5\xi = 1 - 0,5 \times 0,1034 = 0,948$$

$$M_{td} = R_s A_s \gamma h_0 = 225 \times 250 \times 0,948 \times 64 = 3412800\text{Nmm}$$

$$M_{td} = 3,4128\text{kNm}$$

3. Kiểm tra

Có: $M = 3,85\text{kNm}$

$$M_{td} = 3,4128 < M$$

Tiết diện chưa đủ khả năng chịu lực

4. Xử lý

Tăng cốt thép thành $\phi 8$ a170

$$A_s = \frac{50 \times 1000}{170} = 296\text{mm}^2;$$

$$\xi = \frac{225 \times 296}{8,5 \times 1000 \times 64} = 0,122 < \xi_D = 0,37$$

$$\gamma = 1 - 0,5 \times 0,122 = 0,938$$

$$M_{td} = 225 \times 296 \times 0,938 \times 64 = 3998000\text{Nmm} = 3,998\text{kNm}$$

Thỏa mãn điều kiện: $M = 3,85 < M_{td} = 3,998$.

Thí dụ 3.2: Lấy mômen theo thí dụ 2.3, tính theo sơ đồ đàn hồi (hình 2.8d). Dự kiến bố trí cốt thép để chịu mômen âm trên gối B là $\phi 8$ a120 bằng thép CI. Bê tông cấp B15. Yêu cầu kiểm tra.

1. Số liệu

$b = 1000$; $h = 80$; $h_0 = 64\text{mm}$; $A_s = 419\text{mm}^2$; $R_b = 8,5\text{MPa}$; $R_s = 225\text{MPa}$. Nội lực theo đàn hồi, $\xi_R = 0,68$.

2. Tính toán

$$\xi = \frac{R_s A_s}{R_b b h_0} = \frac{225 \times 419}{8,5 \times 1000 \times 64} = 0,1733 < \xi_R = 0,68$$

$$\gamma = 1 - 0,5 \times 0,1733 = 0,913$$

$$M_{td} = R_s A_s \gamma h_0 = 225 \times 419 \times 0,913 = 5508000\text{Nmm} = 5,508\text{kNm}$$

3. Kiểm tra: Đã tính được mômen tại gối B là $M = 5,126\text{kNm}$. Có $M < M_{td}$. Đủ khả năng chịu lực.

Thí dụ 3.3. Lấy kết quả tính nội lực ở thí dụ 2.2, hình 2.7 và 2.8c, bê tông cấp B20, yêu cầu tính cốt thép bằng thép CI.

1. Số liệu: $b = 1000$; $h = 80\text{mm}$; giả thiết $a_0 = 20\text{mm}$, $h_0 = 80 - 20 = 60\text{mm}$. Bê tông B20 có $R_b = 11,5\text{MPa}$. Cốt thép CI có $R_s = 225\text{MPa}$, hệ số $\xi_D = 0,37$.

Nội lực theo sơ đồ dẻo, dùng hai giá trị:

Ở nhịp biên và gối thứ hai: $M = 3,85\text{kNm}$

Ở các nhịp giữa và gối giữa: $M = 2,81\text{kNm}$

2. Tính toán: với $M = 3,85\text{kNm}$

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_0^2} = \frac{3,85 \times 1000000}{11,5 \times 1000 \times 60^2} = 0,093$$

$\alpha_m < 0,255$. Không cần tính và kiểm tra $\xi \leq \xi_D$

$$\gamma = 0,5(1 + \sqrt{1 - 2\alpha_m}) = 0,5(1 + \sqrt{1 - 2 \times 0,093}) = 0,95$$

$$A_s = \frac{M}{R_s \gamma h_0} = \frac{3,85 \times 1000000}{225 \times 0,95 \times 60} = 300,2\text{mm}^2$$

$$\mu = \frac{A_s}{b h_0} = \frac{300,2}{1000 \times 60} = 0,005 = 0,5\% > \mu_{\min} = 0,1\%$$

$$\text{Với } M = 2,81\text{kNm. } \alpha_m = \frac{2,81 \times 1000000}{11,5 \times 1000 \times 60^2} = 0,0678$$

$$\gamma = 0,5 \left(1 + \sqrt{1 - 2 \times 0,0678} \right) = 0,964$$

$$A_s = \frac{2,81 \times 1000000}{225 \times 0,964 \times 60} = 216 \text{mm}^2$$

$$\mu = \frac{216}{1000 \times 60} = 0,0036 = 0,36\%$$

3. Chọn cấu tạo cốt thép

Ở nhịp biên và gối B với $A_s = 300,2 \text{mm}^2$, chọn $\phi 8$ a160 có $A_s = 314 \text{mm}^2$.

Ở các nhịp giữa và gối giữa $A_s = 216$, chọn $\phi 6$ a130 có $A_s = 218 \text{mm}^2$.

Ghi chú:

- Để thuận tiện cho thi công có thể đặt cốt thép ở nhịp biên và ở gối B là $\phi 8$ a130 ($A_s = 387 \text{mm}^2$).

- Để tiết kiệm thép mà vẫn giữ khoảng cách a130 thì ở nhịp biên đặt $\phi 8$ và $\phi 6$ xen kẽ: $\phi 6/8 \div$ a130 có $A_s = 302 \text{mm}^2$.

4. Kiểm tra lại h_0

Chọn chiều dày lớp bảo vệ $c = 15 \text{mm} > \phi = 8$; $a_0 = c + 0,5\phi = 15 + 0,5 \times 4 = 19 \text{mm}$;
 $h_0 = 80 - 19 = 61 \text{mm}$ lớn hơn giá trị đã dùng để tính toán bằng 60mm.

5. Cốt thép cấu tạo

Ở gối biên đặt cốt thép cấu tạo để chịu mômen âm là $\phi 8$ a200. Cũng dùng $\phi 8$ a200 đặt cấu tạo bên trên các dầm khung.

Cốt thép phân bố dùng $\phi 6$ a250. Diện tích trong một mét rộng của bản là A_{ct} với $\phi 6$ có $a_s = 28,3 \text{mm}^2$

$$A_{ct} = \frac{28,3 \times 1000}{250} = 113,2 \text{mm}^2$$

$$A_{ct} = 13,2 \text{mm}^2 > 20\% A_s = 0,2 \times 300,2 = 60 \text{mm}^2$$

6. Chiều dài thanh thép chịu mômen âm vl_t

Có $g = 3 \text{ kN/m}^2$; $p = 4,8 \text{ kN/m}^2$ (xem thí dụ 2.2)

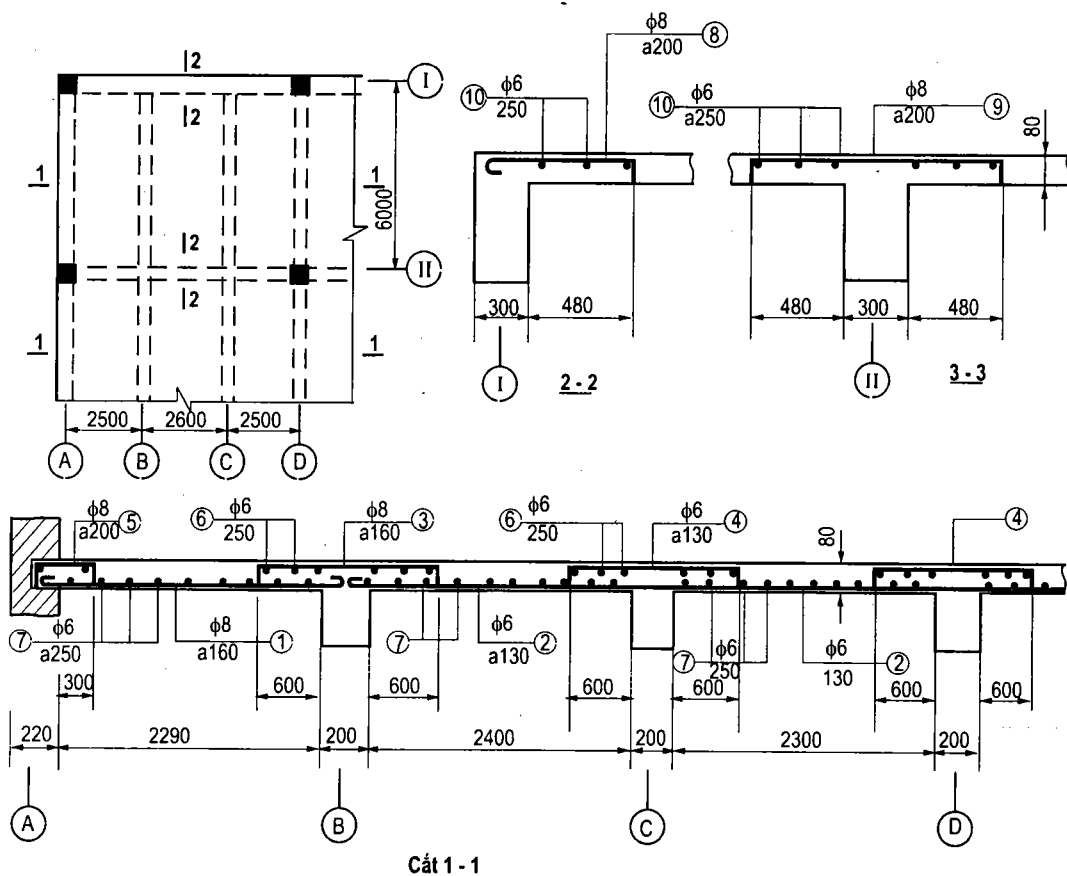
$p < 3g = 9$. Lấy $v = 0,25$. Lấy l_t theo nhịp lớn hơn, bằng 2400mm (xem hình 2.7).
 $vl_t = 0,25 \times 2400 = 600 \text{mm}$.

7. Thể hiện cốt thép

Cốt thép trong một phần của bản sàn được thể hiện trên hình 3.7. Các thanh (1), (2), (3), (4) là cốt thép chịu lực, theo tính toán. Các thanh (5), (8), (9) là cốt thép cấu tạo chịu mômen âm, chúng được đặt suốt dọc chiều dài tường và dầm khung.

Chiều dài thanh số (5) kể từ mép tường lấy bằng $300 > 1/8 l_t$.

Chiều dài thanh số (8) và (9) kể từ mép dầm lấy bằng $1/5 l_t = 480 \text{mm}$.



Hình 3.7: Cấu tạo cốt thép trong bản theo thí dụ 3.3

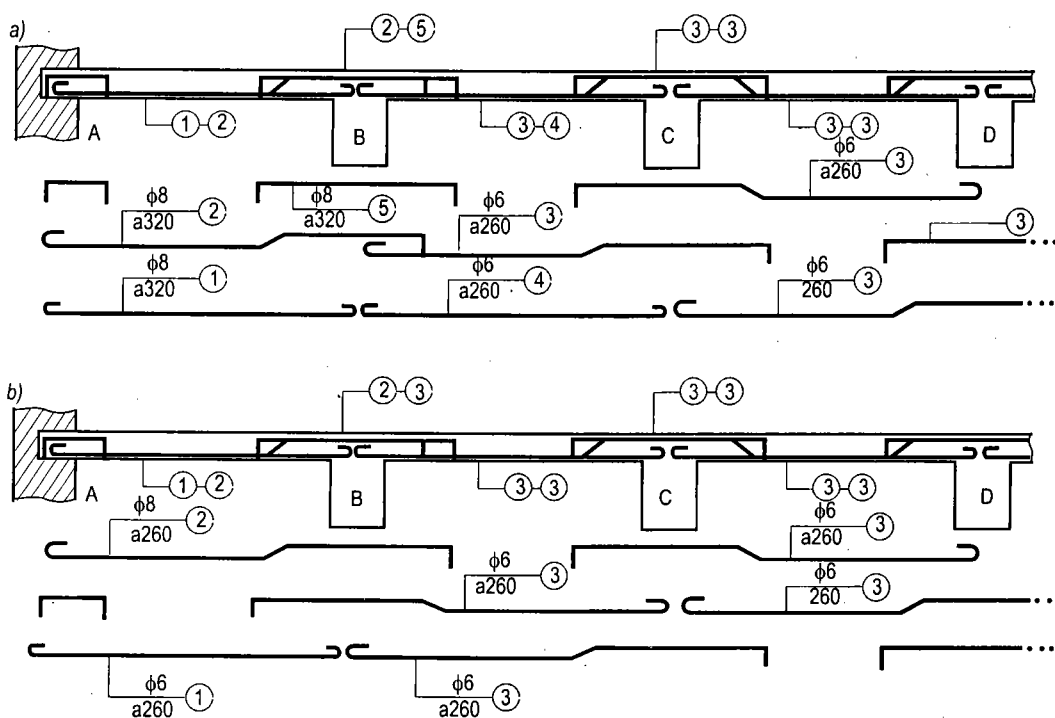
Các thanh số (6), (7), (10) là cốt thép phân bố.

Hình 3.7 thể hiện cấu tạo cốt thép theo cách đơn giản.

Ghi chú: Trường hợp muốn tiết kiệm cốt thép có thể chọn cách uốn cốt thép từ giữa nhịp lên gối như trên hình 3.8a hoặc 3.8b. Trong cả hai hình cốt thép ở các nhịp giữa và gối giữa chỉ dùng một loại thanh số (3) trở đầu đuôi, đặt xen kẽ. Khoảng cách giữa các thanh cùng một hướng là 260, như vậy ở giữa nhịp và trên gối đều có đủ cốt thép $\phi 6$ a130. Số cốt thép ở phía dưới kéo vào gối bằng 50% (lớn hơn một phần ba) so với cốt thép giữa nhịp và nhiều hơn ba thanh trong một mét.

Sự khác nhau ở hình 3.8a và 3.8b chỉ ở nhịp biên và gối B.

Ở hình 3.8a tại nhịp biên vẫn dùng $\phi 8$ a160, gồm hai loại thanh. Thanh số (1) đặt thẳng còn thanh số (2) uốn lên gối, các thanh này đặt xen kẽ nhau, khoảng cách giữa các thanh cùng loại là 320mm. Số thanh ở phía dưới kéo vào gối B là $\phi 8$ a320, bằng 50% so với ở giữa nhịp và không ít hơn 3 thanh trong mỗi mét. Ở trên gối B đã có các thanh số (2) uốn từ nhịp lên $\phi 8$ a320, cần đặt thêm các cốt thép mũ số (5) gồm $\phi 8$ a320 xen kẽ giữa các thanh số (2). Như vậy ở gối B có cốt thép là $\phi 8$ a160, đủ diện tích cần thiết. Chiều dài các thanh thép xem ở hình 3.4c.



Hình 3.8: Các phương án đặt cốt thép tiết kiệm theo thí dụ 3.3

Ở hình 3.8b tại nhịp biên dùng $\phi 8$ và $\phi 6$ đặt xen kẽ với $a = 130$. Khoảng cách các thanh cùng loại là $a260$.

Uốn các thanh số (2) $\phi 8$ $a260$ lên gối, kéo các thanh số (1) $\phi 6$ $a260$ vào gối B. Số cốt thép ở phía dưới kéo vào gối không ít hơn ba thanh trong mỗi mét và diện tích là:
$$\frac{28,3 \times 1000}{260} = 108,8 \text{ mm}^2$$
 ($28,3 \text{ mm}^2$ là diện tích thanh $\phi 6$). Diện tích này lớn hơn một phần ba cốt thép ở giữa nhịp là $\frac{1}{3} \times 302 = 101 \text{ mm}^2$.

Ở gối B đã có các thanh $\phi 8$ $a260$ với diện tích là $\frac{50,3 \times 1000}{260} = 193,4 \text{ mm}^2$, còn thiếu $300,2 - 193,4 = 106,8 \text{ mm}^2$ ($50,3$ là diện tích thanh $\phi 8$; $300,2 \text{ mm}^2$ là diện tích cốt thép cần thiết, đã tính được ở gối B). Với diện tích cần đặt thêm là $106,8$, dùng các thanh đặt xen kẽ giữa các thanh số (2) với khoảng cách $a260$. Diện tích thanh cần đặt thêm là:
$$\frac{260 \times 106,8}{1000} = 27,8 \text{ mm}^2$$
. Dùng $\phi 6$ có diện tích $28,3 \text{ mm}^2$. Như vậy có thể uốn một số thanh ở nhịp 2 lên gối B, cứ cách một thanh uốn một thanh. Dùng các thanh số (3) đặt xen kẽ với các thanh số (2).

Trên hình 3.8 không thể hiện cốt thép phân bố, các cốt thép này lấy giống như trên hình 3.7 là $\phi 6$ $a250$. Cũng không ghi chiều dài các thanh thép. Chiều dài các đoạn cốt thép lấy theo chỉ dẫn ở hình 3.4c.

Thí dụ 3.4: Lấy kết quả nội lực ở thí dụ 2.4, yêu cầu tính cốt thép. Bê tông cấp B25; cốt thép CI.

1. *Số liệu:* Ô bản đơn kê tự do lên 4 cạnh, chịu uốn hai phương, chiều dày $h = 90\text{mm}$. Mômen uốn theo hai phương: $M_1 = 5,24$; $M_2 = 2,73\text{kNm}$. Bê tông B25 có $R_b = 14,5\text{MPa}$; CI có $R_s = 225\text{MPa}$, $\xi_D = 0,37$.

2. Tính cốt thép theo phương l_1

Giả thiết $a_0 = 20\text{mm}$; $h_0 = 90 - 20 = 70\text{mm}$; $b = 1000$.

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_0^2} = \frac{5,24 \times 1000000}{14,5 \times 1000 \times 70^2} = 0,0738 < 0,255$$

$$\gamma = 0,5 \left(1 + \sqrt{1 - 2 \times 0,738} \right) = 0,96$$

$$A_{s1} = \frac{M}{R_s \gamma h_0} = \frac{5,24 \times 1000000}{225 \times 0,96 \times 70} = 346,6\text{mm}^2$$

$$\mu = \frac{346,6}{1000 \times 70} = 0,00495 = 0,495\% > \mu_{\min} = 0,1\%$$

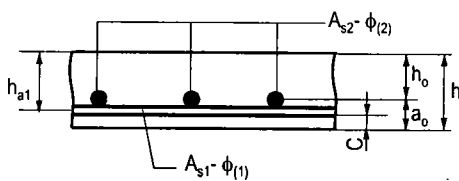
Chọn cốt thép $\phi 8$ a140 có $A_s = 359\text{mm}^2$ (phụ lục 17) chọn lớp bảo vệ $c = 15\text{mm}$, tính được $h_0 = 71\text{mm}$ lớn hơn giá trị đã dùng.

3. Tính cốt thép theo phương l_2

Cốt thép theo phương l_2 là A_{s2} với đường kính $\phi_{(2)}$ được đặt vào bên trong (hình 3.9).

$$a_0 = c + \phi_{(1)} + 0,5\phi_{(2)}$$

Giả thử $\phi_2 = 8$; $a_0 = 15 + 8 + 4 = 27\text{mm}$,
 $h_0 = 90 - 27 = 63\text{mm}$.



Hình 3.9: Sơ đồ tính h_0 bản 2 phương

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_0^2} = \frac{2,73 \times 1000000}{14,5 \times 1000 \times 63^2} = 0,0474 < 0,255$$

$$\gamma = 0,5 \left(1 + \sqrt{1 - 2 \times 0,474} \right) = 0,975$$

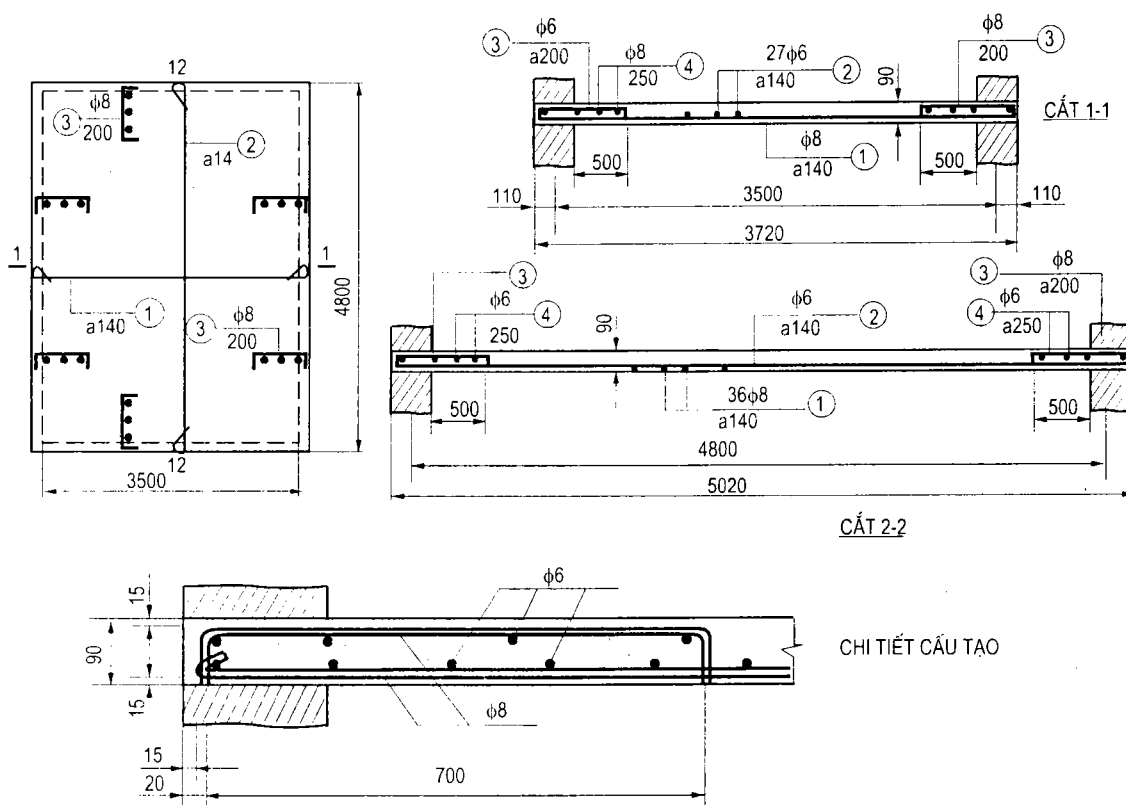
$$A_{s2} = \frac{M}{R_s \gamma h_0} = \frac{2,73 \times 1000000}{225 \times 0,975 \times 63} = 197,5\text{mm}^2$$

$$\mu = \frac{197,5}{1000 \times 63} = 0,0031 = 0,31\% > \mu_{\min}$$

Chọn dùng $\phi 6$ a140. Tính lại $a_0 = 15 + 8 + 3 = 26$; $h_0 = 64\text{mm}$.

4. Cấu tạo cốt thép

Cấu tạo cốt thép thể hiện trên hình 3.10. Phía dưới có cốt thép chịu lực đặt theo cả hai phương. Phía trên đặt cốt thép cấu tạo chịu mômen âm dọc theo các cạnh, đó là các thanh số (3) $\phi 8$ a200, có diện tích trong mỗi mét bề rộng bản là 250mm^2 lớn hơn 50% cốt thép tính toán ở giữa bản ($50\% \times 346,6 = 173,3\text{mm}^2$). Chiều dài thanh thép tính đến mép tường lấy bằng 500, lớn hơn $1/8$ nhịp tính toán ($1/8 \times 3370 = 420$; $l_{t1} = 3370$ - xem thí dụ 2.4).



Hình 3.10: Cấu tạo cốt thép theo thí dụ 3.4

Các thanh số (4) là cốt thép phân bố, dùng $\phi 6$ a250. Trong phạm vi thanh số (3) dài 700 dùng 4 $\phi 6$.

Theo kích thước cấu tạo của bản (3720×5020) và theo chi tiết cấu tạo tính toán được chiều dài và số lượng các thanh cốt thép.

Thí dụ 3.5: Cho mặt bằng kết cấu sàn theo hình 2.20. Yêu cầu tính cốt thép cho ô bản 1 (công xôn) có chiều dày $h = 80\text{mm}$ và ô bản 2 có chiều dày $h = 100\text{mm}$. Tải trọng đã xác định được như sau:

Tĩnh tải: Ô số 1 có $g = 3\text{ kN/m}^2$ và $G = 2\text{ kN/m}$ (trọng lượng lan can)

Ô số 2 có $g = 3,6\text{ kN/m}^2$

Hoạt tải: Ô số 1 tính với hai sơ đồ

- Hoạt tải phân bố đều trên toàn bản $p = 4,8 \text{ kN/m}^2$

- Hoạt tải phân bố theo mép bản $P = 1,5 \text{ kN/m}$

Ô số 2 hoạt tải phân bố đều $p = 3,5 \text{ kN/m}^2$

Dùng bê tông cấp B20, cốt thép CI.

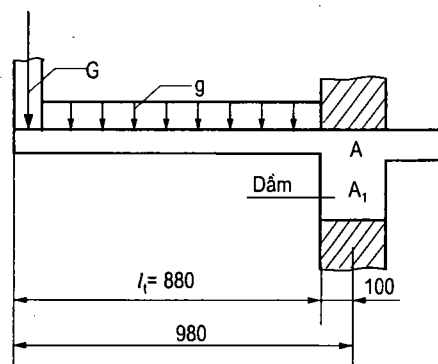
1. Nội lực bản công xôn

Cạnh bản liên kết cứng với dầm, nhịp tính toán l_t kể từ mép dầm.

$$l_t = 980 - 100 = 880 \text{ mm}$$

Nội lực do tĩnh tải:

$$\begin{aligned} M_g &= \frac{g l_t^2}{2} + G l_t \\ &= \frac{3 \times 0,88^2}{2} + 2 \times 0,88 \\ &= 2,92 \text{ kNm} \end{aligned}$$



Hình 3.11: Sơ đồ tính toán bản công xôn

Nội lực do hoạt tải p :

$$M_{p1} = \frac{p l_t^2}{2} + G l_t = 3,5 \times \frac{0,88^2}{2} = 1,355 \text{ kNm}$$

Nội lực do P : $M_{p2} = P l_t = 1,5 \times 0,88 = 1,32$

Lấy M_p là giá trị lớn hơn trong hai giá trị trên (1,355).

$$M = 2,92 + 1,355 = 4,275 \text{ kNm (mômen âm)}$$

2. Nội lực ô bản ABB_1A_1 (hình 3.12)

Cạnh AA_1 là gối tựa giữa, trong sơ đồ tính được xem là "ngàm". Các cạnh còn lại là cạnh biên, xem là kê tự do.

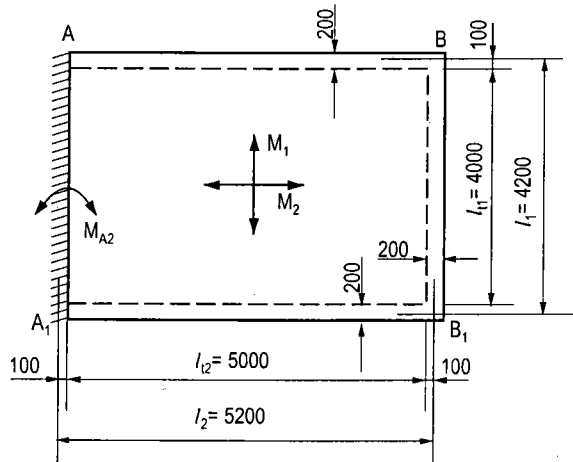
Các cạnh bản đều liên kết cứng với dầm có bề rộng 200mm.

Nhịp tính toán:

$$l_{11} = 4200 - 100 - 100 = 4000 \text{ mm} = 4 \text{ m}$$

$$l_{12} = 5200 - 100 - 100 = 5000 \text{ mm} = 5 \text{ m}$$

$$r = \frac{l_{12}}{l_{11}} = \frac{5}{4} = 1,25$$



Hình 3.12: Sơ đồ tính ô bản ABB_1A_1

Dùng công thức (2-13) để tính M_1 trong đó $A_1 = B_1 = B_2 = 0$; Với $r = 1,25$ chọn $A_2 = 1,0$; $\theta = 0,75$.

$$D = (2 + A_1 + B_1)l_{12} + (2\theta + A_2 + B_2)l_{11} = 2 \times 5 + (2 \times 0,75 + 1)4 = 20$$

$$\text{Tải trọng } q = g + p = 3,6 + 3,5 = 7,1 \text{ kN/m}^2$$

$$M_1 = \frac{ql_{11}^2(3l_{12} - l_{11})}{12D} = \frac{7,1 \times 4^2(3 \times 5 - 4)}{12 \times 20} = 5,207 \text{ kNm}$$

$$M_2 = \theta M_1 = 0,75 \times 5,207 = 3,905$$

$$M_{A2} = A_2 M_1 = 5,207 \text{ kNm (mômen âm)}$$

Trên cạnh AA_1 tính được hai giá trị mômen âm là $M = 4,275$ (thuộc bản công xôn) và $M_{A2} = 5,207$. Các giá trị này có thể xảy ra ứng với các trường hợp tải trọng bất lợi khác nhau hoặc cũng có thể xảy ra đồng thời. Sự chênh lệch về mômen uốn ở trong bản hai bên gối tựa sẽ tạo ra mômen xoắn cho dầm. Thông thường sự xoắn này là khá bé và được bỏ qua. Nếu xét thấy xoắn là đáng kể thì cần tính toán và cấu tạo để dầm chịu được.

Khi chiều dày hai ô bản kế cận bằng nhau thì có thể dùng giá trị mômen lớn hơn để tính cốt thép trong bản.

Trong thí dụ, chiều dày hai ô bản khác nhau (80 và 100mm) vì vậy tính cốt thép riêng cho từng ô và sẽ lấy giá trị lớn hơn để bố trí cốt thép trên gối chung cho hai ô bản.

3. Tính cốt thép

Số liệu: B20 có $R_b = 11,5 \text{ MPa}$; CI có $R_s = 225 \text{ MPa}$.

a) Bản công xôn

Ô bản tĩnh định, nội lực theo sơ đồ đàn hồi, hệ số $\xi_R = 0,655$. Giả thiết $a_0 = 20\text{mm}$; $h_0 = h - a = 80 - 20 = 60\text{mm}$; $b = 1000\text{mm}$.

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_0^2} = \frac{4,275 \times 1000000}{11,5 \times 1000 \times 60^2} = 0,10326$$

$\alpha_m = 0,10326 < 0,255$ - không cần tính toán và kiểm tra ξ .

$$\gamma = 0,5 \left(1 + \sqrt{1 - 2 \times 0,10326} \right) = 0,945$$

$$A_s = \frac{M}{R_s \gamma h_0} = \frac{4,275 \times 1000000}{225 \times 0,945 \times 60} = 335\text{mm}^2$$

b) Ô bản ABB_1A_1

Nội lực theo sơ đồ dèo $\xi_D = 0,37$. Giả thiết $a_0 = 20$; $h_0 = 100 - 20 = 80\text{mm}$.

Cốt thép chịu mômen âm M_{A2} .

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_0^2} = \frac{5,207 \times 1000000}{11,5 \times 1000 \times 80^2} = 0,0707 < 0,255$$

$$\gamma = 0,5 \left(1 + \sqrt{1 - 2 \times 0,0707} \right) = 0,963$$

$$A_s = \frac{M}{R_s \gamma h_0} = \frac{5,207 \times 1000000}{225 \times 0,963 \times 80} = 300\text{mm}^2$$

Cốt thép chịu mômen dương M_1 . Với $M_1 = 5,207\text{kNm}$ và $h_{01} = 80\text{mm}$ tính được $A_s = 300\text{mm}^2$ (như vừa tính xong).

Cốt thép chịu mômen dương M_2 ($M_2 = 3,905$). Dự kiến dùng cốt thép $\phi 8$. Theo phương l_2 có:

$$h_0 = h_{02} = h_{01} - \phi = 80 - 8 = 72\text{mm}$$

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_0^2} = \frac{3,905 \times 1000000}{11,5 \times 1000 \times 72^2} = 0,0655 < 0,255$$

$$\gamma = 0,5 \left(1 + \sqrt{1 - 2 \times 0,0655} \right) = 0,966$$

$$A_s = \frac{3,905 \times 1000000}{225 \times 0,966 \times 72} = 249,5\text{mm}^2$$

4. Chọn và bố trí cốt thép

a) Cốt thép chịu mômen âm trong bản công xôn và phía trên gối AA_1 . Lấy theo giá trị lớn hơn trong hai giá trị tính được là 355mm^2 và 300 . Chọn $\phi 8$ a140 có $A_s = 359\text{mm}^2$.

Đoạn dài phía bên trong của thanh thép tính đến mép dầm bằng v/l_{t1} , với $p = 3,5 \text{ kN/m}^2$ nhỏ hơn $g = 3,6$; lấy $v = 0,20$. Đoạn $v/l_{t1} = 0,2 \times 4000 = 800 \text{ mm}$.

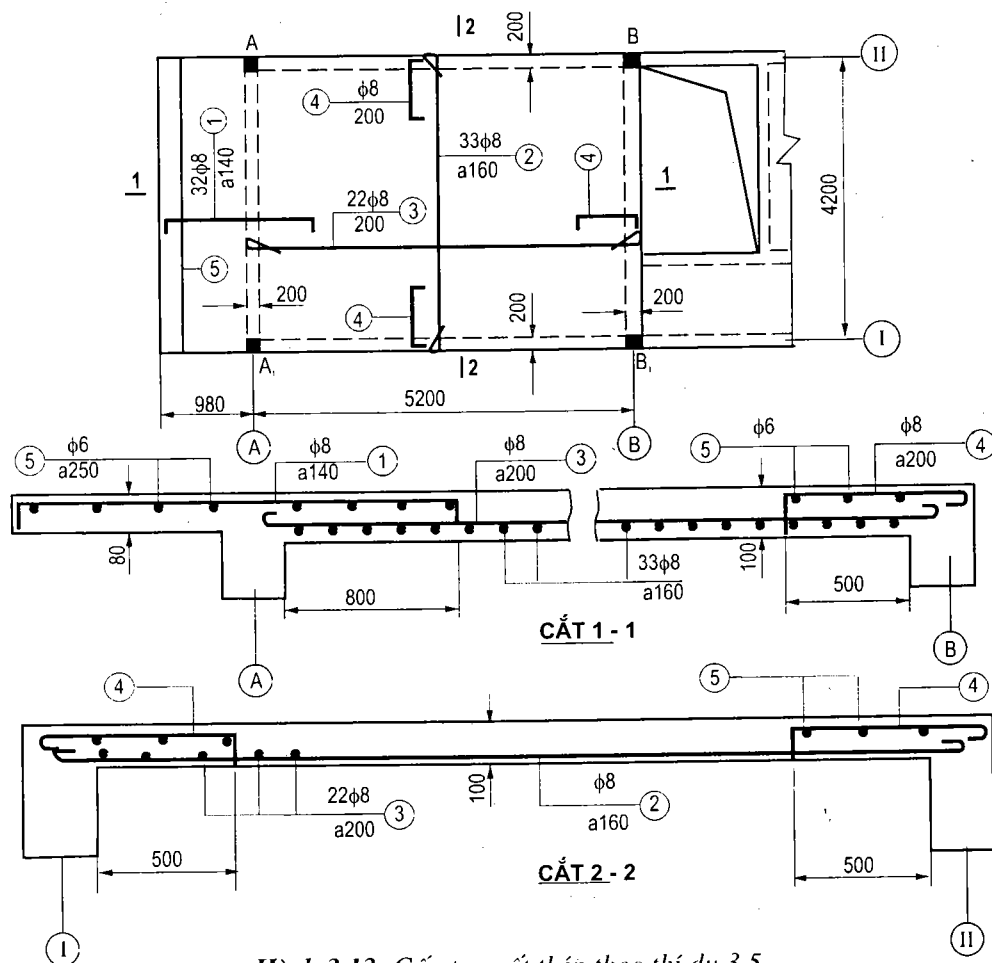
b) Cốt thép trong ô bản ABB_1A_1 . Theo phương cạnh ngắn với $A_s = 300 \text{ mm}^2$ chọn $\phi 8 \text{ a}160$ có $A_s = 314 \text{ mm}^2$. Theo phương cạnh dài chọn $\phi 8 \text{ a}200$ có $A_s = 250 > 249,5 \text{ mm}^2$.

c) Cốt thép cấu tạo chịu mômen âm. Đó là các thanh số (4) trên hình 3.13. Chọn $\phi 8 \text{ a}200$. Đoạn dài thanh thép tính đến mép dầm lấy bằng $l/8l_{t1} = 500 \text{ mm}$.

Cốt thép phân bố để buộc với các thanh số (1) và (4) thành lưới. Đó là các thanh số (5) chọn $\phi 6 \text{ a}250$.

Ghi chú:

1. Trong thí dụ trên cũng có thể cho cân bằng mômen âm ở trên gối A, lấy $M_{A2} = M$ của bản công xôn, bằng 4,275. Với $M_A = 4,275$ lấy hệ số $A_2 = \frac{M_{A2}}{M_1} = \frac{4,275}{M_1}$ thay vào trong công thức tính D. Từ đó tính ra $M_1 = 5,44 \text{ kNm}$.



Hình 3.13: Cấu tạo cốt thép theo thí dụ 3.5

2. Hình 3.13 trình bày cấu tạo cốt thép theo phương án đơn giản. Muốn tiết kiệm cốt thép có thể nghĩ cách giảm cốt thép số (1) khi đi xa gối tựa A và giảm các cốt thép số (2) khi vào sát dầm trục (I) và (II).

3.6. KIỂM TRA VỀ KHẢ NĂNG CHỊU LỰC CẮT

Như đã trình bày trong mục 2.8, lực cắt trong bản của sàn sườn thường khá bé nên có thể bỏ qua, không cần tính toán, xem rằng đương nhiên bản đủ khả năng chịu lực cắt.

Theo lí thuyết hoặc khi xét thấy bản chịu lực cắt khá lớn thì cần kiểm tra về khả năng chịu cắt phẳng và khả năng chống cắt thủng.

3.6.1. Khả năng chịu cắt phẳng

Điều kiện kiểm tra là riêng bê tông đủ khả năng chịu được lực cắt mà không cần đến cốt thép.

$$Q \leq Q_{b0} = 0,5\varphi_{b4}R_{bt}bh_0 \quad (3-13)$$

Q - lực cắt lớn nhất trong bản, tính tại mép gối tựa, xác định theo chỉ dẫn ở mục 2.8;

Q_{b0} - khả năng chịu cắt của tiết diện bê tông;

R_{bt} - cường độ tính toán về kéo của bê tông - phụ lục 13;

φ_{b4} - hệ số để tính toán về khả năng chịu cắt của bê tông, cho ở bảng 6.1. Với bê tông nặng thông thường $\varphi_{b4} = 1,5$.

Kiểm tra theo điều kiện (3-13) chính là kiểm tra giá trị h_0 của bản. Với trường hợp đặc biệt, khi đã chọn h_0 khá lớn ($h_0 > 150\text{mm}$) mà điều kiện (3-13) vẫn không thoả mãn thì cần phải tính toán và cấu tạo cốt thép chịu lực cắt.

3.6.2. Khả năng chống cắt thủng

Cắt thủng (hoặc nén thủng, chọc thủng) xảy ra khi bản chịu một lực tập trung khá lớn đặt trên bề mặt, lúc này sự phá hoại cục bộ về cắt có thể xảy ra theo một hình tháp gọi là tháp cắt thủng (hình 3.14). Tháp này có đáy bé ở phía trên trùng với diện tích đặt lực tập trung, có các mặt bên nghiêng 45° , đáy lớn ngang với cốt thép ở mặt dưới của bản. Kiểm tra khả năng chống cắt thủng theo điều kiện:

$$N_t \leq F_b = \alpha_t R_{bt} U_m h_0 \quad (3-14)$$

N_t - lực tập trung gây ra hiện tượng cắt thủng;

F_b - khả năng chống cắt thủng của bê tông;

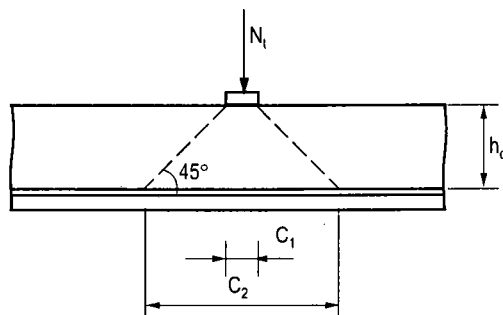
R_{bt} - cường độ tính toán về kéo của bê tông;

α_t - hệ số, với bê tông nặng $\alpha_t = 1,0$; bê tông hạt nhỏ $\alpha_t = 0,85$; bê tông nhẹ $\alpha_t = 0,8$;

U_m - giá trị trung bình của chu vi hai đáy tháp cắt thủng.

Thông thường với diện tích đặt lực tập trung là hình vuông cạnh C_1 thì tháp cắt thủng có 4 mặt bên với cạnh đáy lớn $C_2 = C_1 + 2h_0$, như vậy: $U_m = 4(C_1 + h_0)$.

Cắt thủng là hiện tượng cắt không gian. Khi không có những yêu cầu riêng về thiết kế thì lấy $N_t = 1\text{kN}$ và $C_1 = 10\text{mm}$. Với số liệu như vậy khi $h_0 \geq 30\text{mm}$ thì điều kiện (3-14) luôn được thoả mãn, vì thế thông thường có thể bỏ qua, không cần kiểm tra.



Hình 3.14: Sơ đồ tính toán về cắt thủng

Chương 4

NỘI LỰC DẦM SÀN

4.1. SƠ ĐỒ DẦM

4.1.1. Đại cương về dầm

Trong kết cấu sàn thường gặp hai loại dầm là dầm khung (dầm chính) và dầm sàn (dầm phụ).

Dầm chính liên kết với các cột tạo thành khung chịu lực của nhà. Dầm sàn trực tiếp đỡ bản, liên kết với dầm khung và tường.

Cũng có thể gặp các trường hợp bản chỉ trực tiếp kê lên tường (hình 1.1a) hoặc bản chỉ liên kết với các dầm khung (hình 1.2a; c), lúc này không có dầm sàn hoặc dầm khung cũng đóng luôn vai trò dầm sàn.

Trong kết cấu nhà dùng tường chịu lực (không có khung) thì chỉ có thể có dầm sàn.

Bản kê lên dầm sàn có thể làm việc theo một phương hoặc hai phương.

Dầm sàn có thể là dầm đơn, một nhịp hoặc dầm liên tục, nhiều nhịp.

4.1.2. Liên kết - gối tựa

Theo hình thức phân liên kết thành hai loại: liên kết kê và liên kết cứng. Liên kết kê như trường hợp dầm kê tự do lên tường hoặc dầm. Liên kết cứng như trường hợp dầm sàn đổ liền khối với dầm khung hoặc tường bê tông cốt thép, có đủ cốt thép để chịu được nội lực liên kết. Phân biệt hình thức liên kết chỉ để xác định nhịp tính toán còn trong sơ đồ tính các liên kết được thay bằng các gối tựa.

4.1.3. Nhịp tính toán

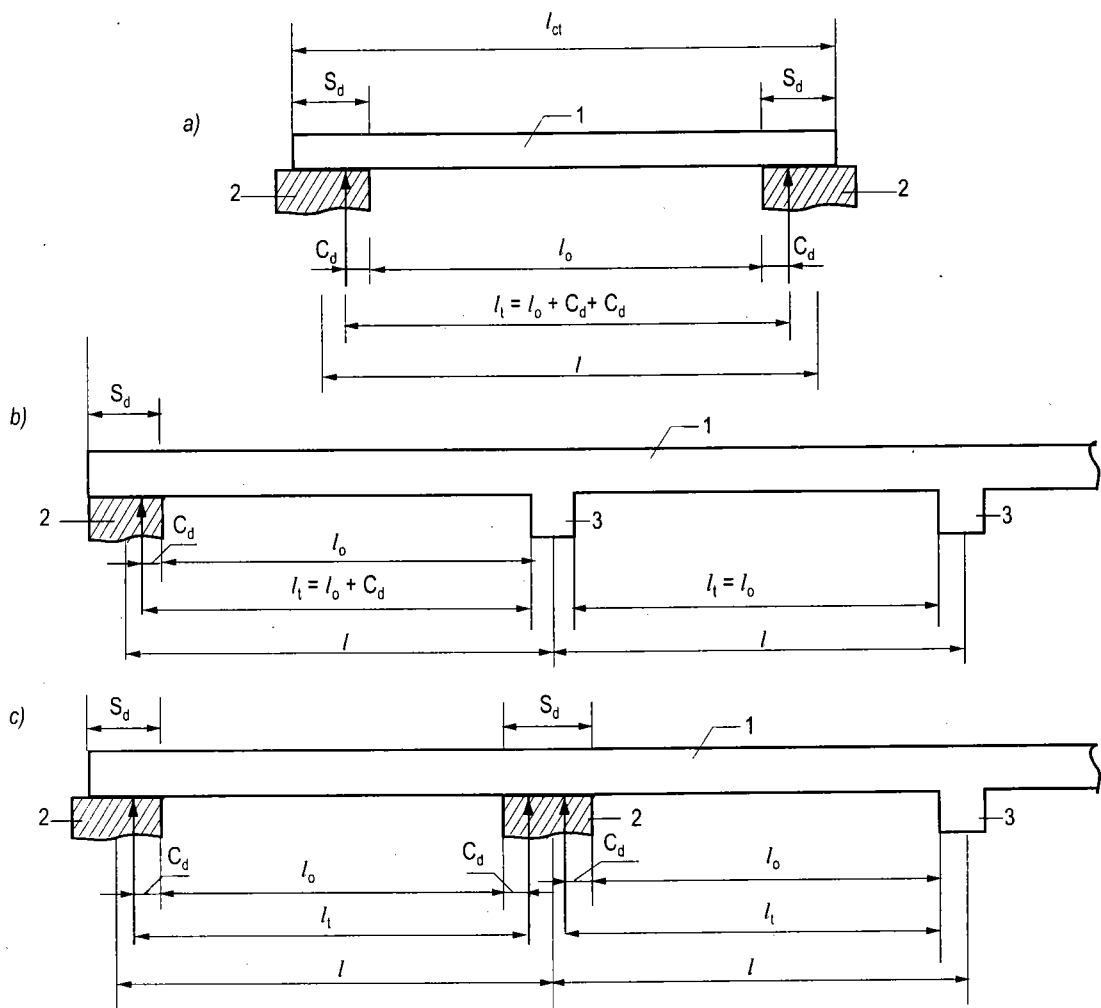
Theo phương dọc của dầm cần phân biệt bốn loại kích thước (chiều dài, nhịp).

Chiều dài cấu tạo l_{ct} được tính đến mút của dầm, thường được gọi là kích thước phủ bì;

Nhịp nguyên l là khoảng cách giữa trục các liên kết;

Nhịp thông thủy l_0 là khoảng cách bên trong giữa các mép của liên kết;

Nhịp tính toán l_1 là khoảng cách các điểm được xem là điểm đặt phản lực liên kết. Giá trị của l_1 được dùng trong việc tính toán nội lực. Tùy theo hình thức của liên kết mà có cách xác định l_1 khác nhau (hình 4.1).



Hình 4.1: Nhịp tính toán của dầm sàn
1. Dầm; 2. Liên kết kê; 3. Liên kết cứng

a) Với liên kết cứng: Nhịp tính toán l_t được đo từ mép liên kết.

b) Với liên kết kê: Nhịp l_t được đo lùi vào bên trong mép liên kết một đoạn là C_d .

$$C_d = \min (0,5S_d \text{ và } 0,025l_0)$$

S_d - đoạn dầm kê lên liên kết (tường)

Như vậy: Khi hai đầu dầm đều là liên kết cứng thì $l_t = l_0$;

Khi hai đầu đều là liên kết kê: $l_t = l_0 + C_d + C_d$;

Khi một đầu liên kết kê, một đầu liên kết cứng: $l_t = l_0 + C_d$.

4.1.4. Chọn kích thước sơ bộ

Kích thước tiết diện dầm cần được chọn theo điều kiện đủ khả năng chịu lực (mômen uốn M , lực cắt Q), có độ võng trong phạm vi giới hạn, thỏa mãn yêu cầu về kiến trúc và thuận tiện cho thi công. Trong các điều kiện trên thì khả năng chịu mômen uốn M là

quan trọng bậc nhất. Khi đã biết hoặc đã dự tính được gần đúng giá trị M thì tính chiều cao tiết diện dầm theo công thức (4-1).

$$h = \sqrt{\frac{M}{R_b b \alpha_h}} \quad (4-1)$$

Hệ số α_h có thể chọn trong khoảng $0,15 \div 0,3$;

R_b - cường độ tính toán về nén của bê tông;

b - bề rộng tiết diện.

Có thể giả thiết trước một vài trị số b để tính h và chọn cặp $b \times h$ nào thích hợp. Cũng có thể chọn trước tỉ số $\rho_b = \frac{b}{h}$ (chọn $\rho_b = 0,25 \div 0,5$) và tính h theo công thức:

$$h = \sqrt[3]{\frac{M}{R_b \alpha_h \rho_b}} \quad (4-2)$$

Khi không thể dự tính được M thì tính toán h sơ bộ theo công thức (4-2) phụ thuộc vào nhịp của dầm và tải trọng tác dụng:

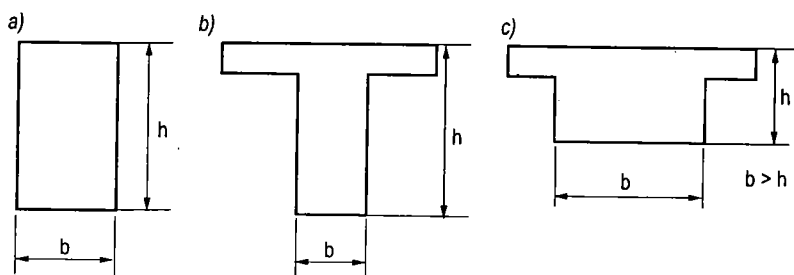
$$h = \frac{1}{m} l_t \quad (4-3)$$

m - hệ số, phụ thuộc vào sơ đồ và tải trọng.

Lấy $m = 12 \div 20$ khi tải trọng là nhỏ hoặc trung bình (dầm sàn); $m = 8 \div 12$ khi tải trọng là lớn (dầm khung). Tải trọng càng lớn thì m càng nhỏ. Dầm tĩnh định đơn giản lấy m nhỏ còn dầm liên tục lấy m lớn hơn. Riêng đối với các dầm công xôn, các nút thừa trong dầm liên tục lấy $m = 5 \div 8$.

Giá trị h theo các công thức trên chỉ là tạm tính được, cần dựa vào đó để chọn h theo các điều kiện về kiến trúc và thi công. Để thuận tiện cho thi công thì h nên là bội số của 20 hoặc 50mm, với h khá lớn nên là bội số của 100mm.

Bề rộng của dầm là $b = \rho_b h$ với $\rho_b = 0,25 \div 0,5$. Nên chọn b là bội số của 20 hoặc 50mm.



Hình 4.2: Tiết diện dầm
a) Chữ nhật; b) Chữ T; c) Dầm bê tông.

Chọn h và b như trên ($h > b$) là hợp lí về mặt chịu uốn. Trong thực tế nếu theo yêu cầu kiến trúc cần hạn chế h , phải chọn h khá nhỏ so với các giá trị tính như trên, lúc này cần phải tăng bề rộng b và có dầm beton với $b > h$ (hình 4.2c).

Dầm thường được đổ bê tông toàn khối với bản và tạo thành tiết diện chữ T. Các loại tiết diện dầm thể hiện trên hình 4.2.

4.2. TẢI TRỌNG TRÊN DẦM SÀN

Tải trọng trên dầm sàn gồm tĩnh tải g_d và hoạt tải p_d . Thường đó là những tải trọng phân bố theo chiều dài trục dầm.

4.2.1. Tĩnh tải (tải trọng thường xuyên)

Tĩnh tải g_d gồm hai phần:

g_0 - trọng lượng bản thân dầm tính phân bố trên mỗi mét dài;

g_1 - phần tĩnh tải từ bản truyền vào dầm.

$$g_d = g_0 + g_1 \quad (4-4)$$

Xác định g_1 tùy thuộc vào sự làm việc của các ô bản.

a) Ô bản một phương

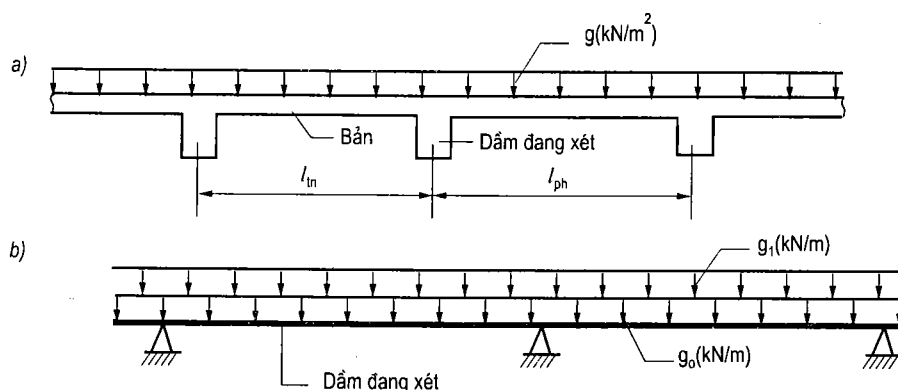
Bỏ qua tính liên tục của bản, tải trọng từ một ô bản truyền vào dầm sẽ bằng $g_1^* = 0,5g/b$ với g là tải trọng phân bố đều trên bản, b là nhịp của ô bản.

Khi cả hai bên dầm đều là ô bản một phương với nhịp của ô bản bên trái là l_{tr} và ô bên phải là l_{ph} , tĩnh tải trên các ô tương ứng là g_{tr} và g_{ph} thì:

$$g_1 = g_{1tr}^* + g_{1ph}^* = 0,5g_{tr}l_{tr} + 0,5g_{ph}l_{ph} \quad (4-5a)$$

Khi $g_{tr} = g_{ph} = g$ thì:

$$g_1 = 0,5g(l_{tr} + l_{ph}) \quad (4-5b)$$



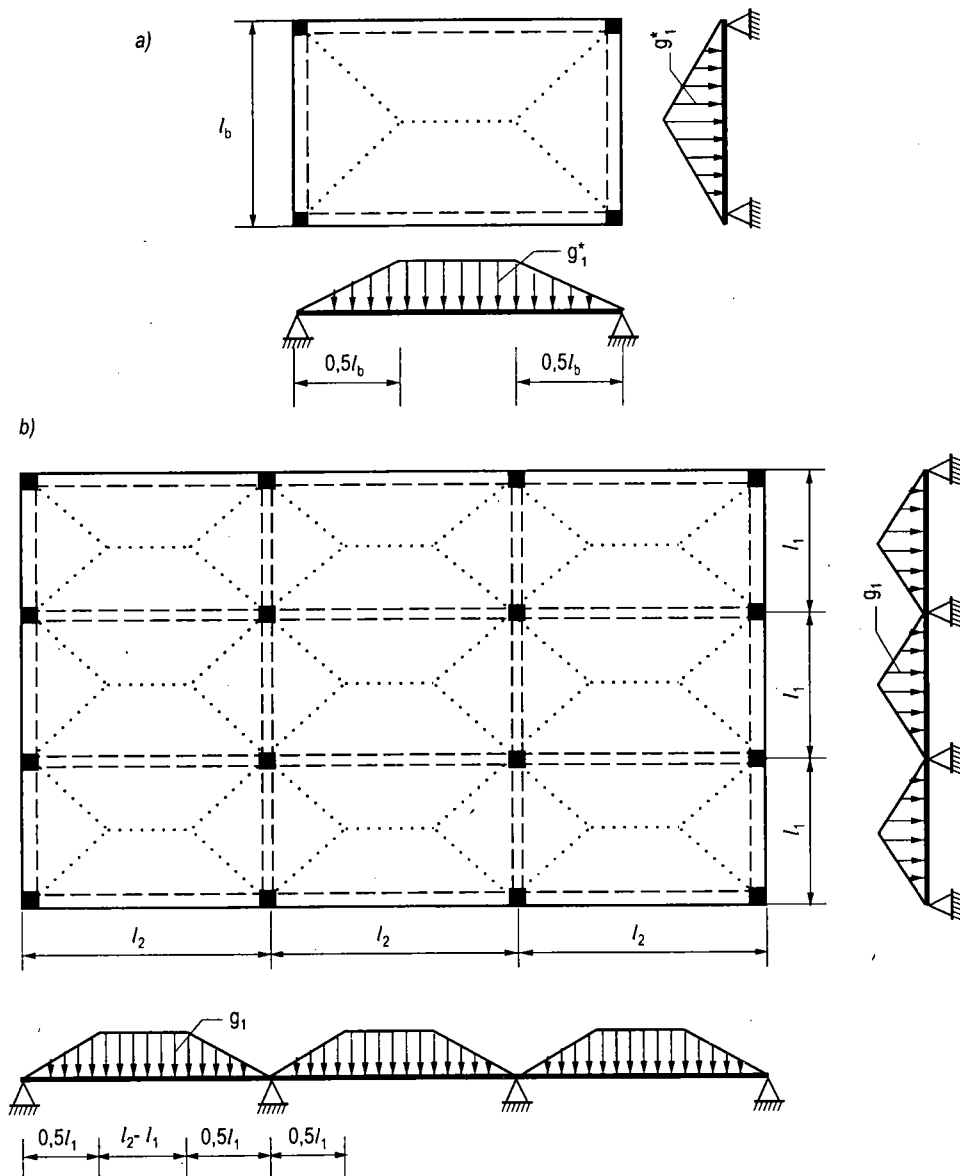
Hình 4.3: Sơ đồ tính tải trọng lên dầm với bản một phương
a) Tải trọng g từ bản truyền vào dầm; b) Tải trọng trên dầm.

Nếu có thêm điều kiện $l_{tr} = l_{ph} = l_1$ thì:

$$g_1 = g'_1 \quad (4-5c)$$

Mặt cắt ngang của bản và dầm sàn để tính g_1 thể hiện trên hình 4.3a.

b) Ô bản hai phương



Hình 4.4: Sơ đồ tính tải trọng lên dầm từ ô bản hai phương

Tải trọng từ ô bản hai phương được truyền ra bốn xung quanh theo quy ước lấy đường phân giác các góc làm giới hạn (hình 4.4a). Như vậy, tải trọng từ mỗi ô bản truyền lên dầm theo phương cạnh ngắn sẽ có dạng tam giác và lên dầm theo phương cạnh dài có dạng hình thang mà giá trị lớn nhất là $g_1^* = 0,5gl_b$ với l_b là nhịp của ô bản theo phương

ngăn. Khi hai bên dầm đều có bản thì g_1 được lấy bằng tổng của g_1^* ở hai bên. Khi các cạnh ô bản bằng nhau theo mỗi phương là l_1 và l_2 thì $g_1 = g/l_1$ như ở công thức (4-5c) (hình 4.4b).

Trên hình 4.4 chỉ mới thể hiện phần g_1 hoặc g_1^* từ bản truyền lên dầm, không thể hiện trọng lượng g_0 của dầm.

c) Trường hợp đặc biệt thứ nhất

Khi hai bên dầm có ô bản một phương và hai phương thì từ mỗi ô bản tính g_1^* truyền vào cho dầm và tính tải g_1 trên dầm lấy bằng tổng của hai giá trị g_1^* ở hai bên bản truyền vào.

d) Trường hợp đặc biệt thứ hai

Dầm sàn có thể chịu tĩnh tải tập trung do trọng lượng các vách ngăn đặt ngang qua dầm.

4.2.2. Hoạt tải

Hoạt tải trên bản là p (kN/m²). Hoạt tải này được truyền vào dầm thành hoạt tải trên dầm là p_d theo nguyên tắc truyền tĩnh tải g .

Khi hai bên dầm là bản một phương thì:

$$p_d = 0,5p(l_{tr} + l_{ph}) \quad (4-6)$$

Khi ô bản làm việc hai phương thì p_d được phân bố theo hình thang hoặc hình tam giác như biểu đồ tĩnh tải g_1^* hoặc g_1 (hình 4.4). Với các ô bản có kích thước bằng nhau thì $p_d = p/l_1$.

Trường hợp đặc biệt, khi hai bên dầm có ô bản một phương và hai phương, từ mỗi ô bản tính $p_d^* = 0,5p/l_b$ và p_d lấy bằng tổng của p_d^* từ hai phía.

4.3. ĐẠI CƯƠNG VỀ NỘI LỰC VÀ HÌNH BAO NỘI LỰC

4.3.1. Nội lực và cách tính

Nội lực trong dầm gồm mômen uốn M và lực cắt Q . Để tính toán M và Q cần phân biệt dầm là tĩnh định hay siêu tĩnh.

Với dầm tĩnh định chỉ dùng một sơ đồ duy nhất để tính toán. Ở phụ lục 1 có cho sẵn biểu đồ và công thức tính M , Q của một số dầm đơn giản.

Với dầm liên tục, siêu tĩnh có thể dùng sơ đồ đàn hồi hoặc sơ đồ dẻo có xét đến sự phân phối lại nội lực. Các dầm sàn trong nhà thường được tính theo sơ đồ dẻo.

4.3.2. Hình bao nội lực

Mômen trong dầm M do tĩnh tải và hoạt tải gây ra:

$$M = M_g + M_p \quad (4-7)$$

M_g - mômen do tĩnh tải;

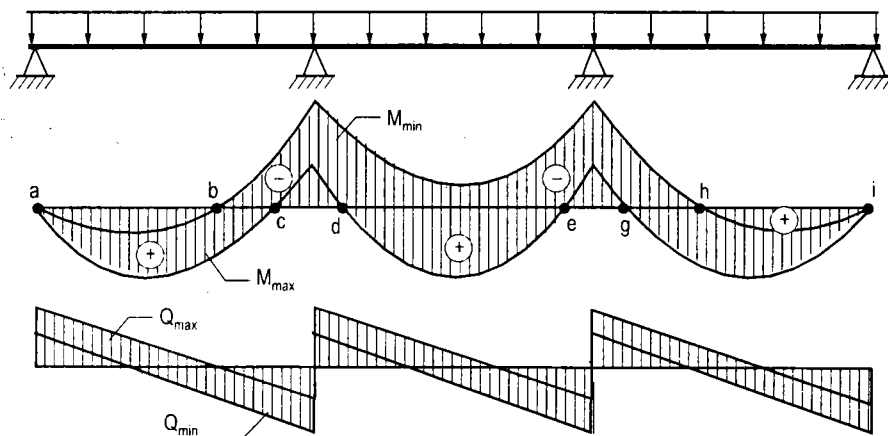
M_p - mômen do hoạt tải.

Tại mỗi tiết diện của dầm thì M_g là không đổi trong khi M_p có thể thay đổi giữa hai giá trị max và min. Ứng với hai giá trị đó của M_p sẽ có hai giá trị của M là $M_{\max}$ và $M_{\min}$

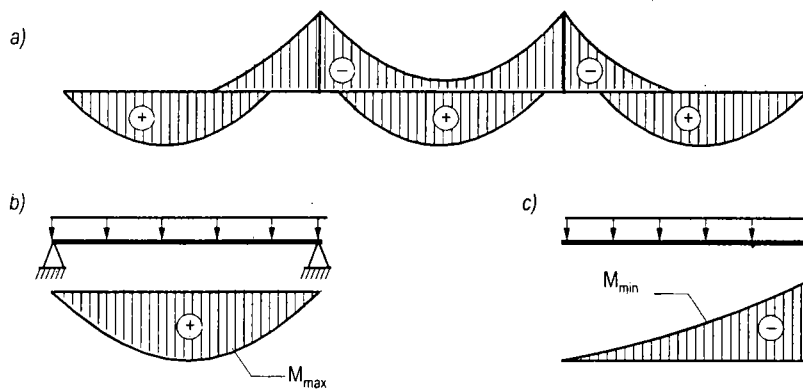
$$M_{\max} = M_g + \max M_p \quad (4-8a)$$

$$M_{\min} = M_g + \min M_p \quad (4-8b)$$

Tập hợp tất cả giá trị $M_{\max}$ trên toàn dầm sẽ có biểu đồ $M_{\max}$, tương tự có biểu đồ $M_{\min}$. Hai biểu đồ $M_{\max}$ và $M_{\min}$ được vẽ chung được gọi là hình bao mômen của dầm. Tương tự như vậy có hình bao lực cắt với biểu đồ $Q_{\max}$ và $Q_{\min}$. Hình 4.5 thể hiện hình bao mômen và hình bao lực cắt của một dầm liên tục ba nhịp.



Hình 4.5: Hình bao mômen và lực cắt



Hình 4.6: Hình bao mômen đơn giản hoá

Tại mỗi tiết diện $M_{\max}$ và $M_{\min}$ có thể là cùng dấu hoặc khác dấu (+) và (-). Dùng các chữ a, b, c... đánh dấu vị trí biểu đồ cắt đường trục. Trên hình 4.5 thấy rằng trong đoạn

ab và hi thì $M_{\max}$ và $M_{\min}$ đều dương, trong đoạn cd và eg cả $M_{\max}$ và $M_{\min}$ đều âm, trong các đoạn bc, de và gh thì $M_{\max}$ là dương còn $M_{\min}$ là âm.

Cần đặc biệt chú ý các đoạn dầm mà $M_{\max}$ và $M_{\min}$ khác dấu vì sẽ liên quan đến việc tính toán và đặt cốt thép.

Trong những đoạn dầm mà $M_{\max}$ và $M_{\min}$ cùng dấu thì có thể bỏ qua phần biểu đồ ở bên trong, chỉ vẽ phần bao bên ngoài. Thí dụ hình bao mômen trên hình 4.5 có thể vẽ như trên hình 4.6a. Với dầm đơn giản kê hai gối tự do chỉ cần vẽ nhánh $M_{\max}$ (hình 4.6b) còn với dầm công xôn chỉ cần vẽ nhánh $M_{\min}$ (hình 4.6c).

4.4. NỘI LỰC DẦM SÀN THEO SƠ ĐỒ DỄ

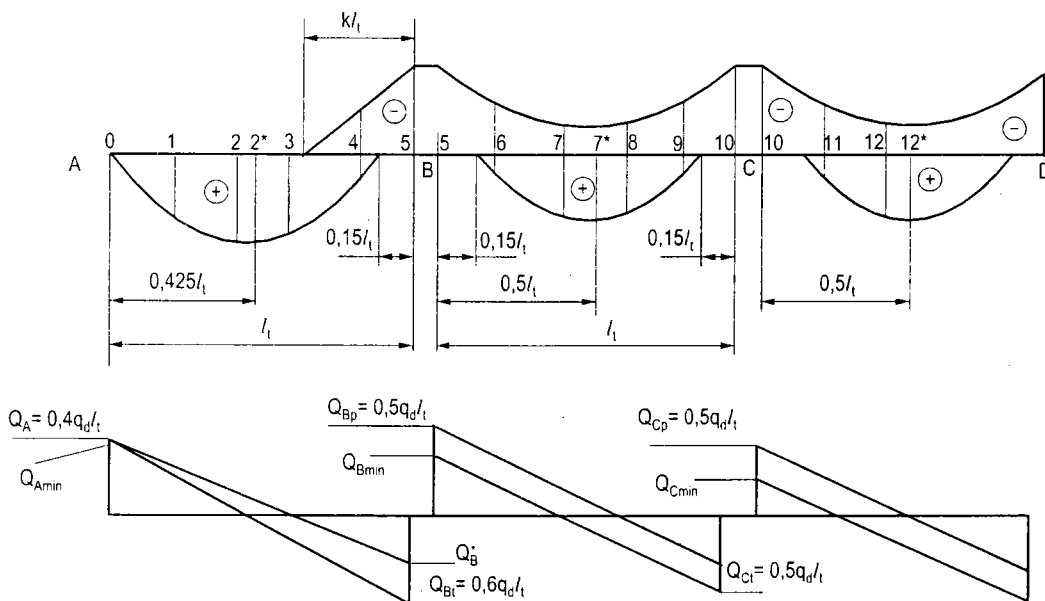
4.4.1. Dầm đỡ bản một phương

Đặc điểm của dầm này là tính tải g_d và hoạt tải p_d phân bố đều. Từ kích thước thật của dầm đưa về sơ đồ tính với nhịp l_t . Khi các nhịp l_t kế cận là gần bằng nhau (sai khác dưới 10%) thì có thể dùng công thức sau để tính tung độ của hình bao mômen.

$$M_{\max} = \beta^* q_d l_t^2 \quad (4-9a)$$

$$M_{\min} = \beta q_d l_t^2 \quad (4-9b)$$

$$q_d = g_d + p_d \quad (4-10)$$



Hình 4.7: Hình bao nội lực dầm sàn theo sơ đồ dễ

Để tính toán chia mỗi nhịp dầm thành 5 đoạn, đánh số 0; 1; 2... Mỗi đoạn dài $0,2l_t$. Các điểm 2*; 7*; 12* là các điểm đặc biệt, tại đó mômen dương có giá trị lớn nhất, vị trí các điểm đó đã ghi trên hình vẽ.

Giá trị của hệ số β^* cho ở phụ lục 8a ứng với các tiết diện đã đánh số, mômen dương bằng không ở gối A và tại các tiết diện ở gần các gối tựa giữa cách mút của l_1 (mép liên kết cứng) một đoạn $0,15l_1$. Tính mômen dương ở nhịp nào dùng l_1 ở nhịp đó. Giá trị của hệ số β để tính nhánh $M_{\min}$ cho ở phụ lục 8b phụ thuộc vào tỉ số p_d/g_d và cho tại các điểm 5; 6; 7... Tại gối B có hai điểm 5 và tại gối C có hai điểm 10, các điểm ấy ứng với điểm mút của l_1 (mép dầm khung - liên kết cứng). Tại nhịp biên lấy biểu đồ mômen âm là đoạn thẳng, có giá trị $M = 0$ tại điểm cách điểm mút của l_1 bằng kl_1 . Hệ số k cho trong phụ lục 8b. Mômen âm ở điểm 5 lấy theo l_1 ở nhịp biên còn ở điểm 10 lấy theo l_1 lớn hơn ở hai bên gối c.

Hình 4.7 vẽ hai nhịp rưỡi của dầm liên tục nhiều nhịp. Với dầm 5 nhịp lấy hai nhịp rưỡi rồi vẽ đối xứng qua trục giữa. Với dầm 4, 3 hoặc 2 nhịp lấy hai nhịp, một nhịp dưới hoặc một nhịp rồi vẽ đối xứng (qua gối c, tiết diện 7* hoặc tiết diện 5). Với dầm trên 5 nhịp lấy theo dầm 5 nhịp trong đó các nhịp giữa lấy giống nhau.

Lực cắt tại tiết diện gối tựa lấy theo giá trị cho trên hình 4.7.

$$\text{Ở gối biên: } Q_A = 0,4q_d l_1 \quad (4-11a)$$

Lọc cắt lớn nhất ở bên trái gối B

$$Q_{Btr} = 0,6q_d l_1 \quad (4-11b)$$

Ở bên phải gối B và tại gối C

$$Q_{Bph} = Q_{Ctr} = Q_{Cph} = 0,5q_d l_1 \quad (4-11c)$$

Để vẽ hình bao lực cắt có thể lấy:

$$Q_{Amin} = Q_{Bmin} = Q_B^* = Q_{Cmin} = \gamma_{\min} q_d l_1 \quad (4-11d)$$

Hệ số $\gamma_{\min}$ lấy bằng $0,25 \div 0,35$.

Tính toán như trên đây là cho các dầm có nhịp gần bằng nhau. Khi các nhịp kế cận sai khác quá 10% thì cần điều chỉnh kết quả theo hướng dẫn ở phụ lục 9.

4.4.2. Dầm đỡ bản hai phương

Tải trọng trên dầm vừa có g_0 phân bố đều vừa có tải trọng phân bố theo hình thang hoặc tam giác. Để tính toán có thể đổi tải trọng hình thang hoặc tam giác thành phân bố đều tương đương hoặc dùng cách treo biểu đồ.

a) Tải trọng tương đương

Cần phân biệt tương đương về mômen và tương đương về lực cắt.

1. Tương đương về mômen

Lấy dầm kê lên hai gối tự do, tính mômen giữa nhịp do tải trọng (hình thang, tam giác) gây ra, cho mômen đó bằng mômen do tải trọng tương đương phân bố đều, sẽ tính được tải trọng tương đương về mômen.

Với tải trọng tam giác:
$$g_{td} = \frac{2}{3} g_1 \quad (4-12a)$$

Với tải trọng hình thang:
$$g_{td} = \left(1 - \frac{1}{3} \rho_1^2\right) g_1 \quad (4-12b)$$

$$\rho_1 = \frac{l_1}{l_2}$$

2. Tương đương về lực cắt (và phản lực gối tựa)

Với tải trọng tam giác:
$$g_{td} = 0,5 g_1 \quad (4-12c)$$

Với tải trọng hình thang:
$$g_{td} = (1 - 0,5 \rho_1) g_1 \quad (4-12d)$$

$l_1; l_2$ - cạnh ngắn và cạnh dài của ô bản

$$g_d = g_0 + g_{td} \quad (4-13)$$

Xác định trị số tương đương của p_{td} cũng giống như đối với g_{td} . Sau khi có được g_d và p_{td} , tính M và Q như trong mục 4.4.1 với $q_d = g_d + p_{td}$.

b) Treo biểu đồ mômen

Xem mỗi nhịp dầm là dầm đơn giản kê lên hai gối tựa do, tính và vẽ biểu đồ $M_{og}; M_{op}$ do tĩnh tải và hoạt tải gây ra. Có thể dùng công thức ở phụ lục 1.

- Với tĩnh tải phân bố đều g_0 và hình tam giác g_1

$$M_{og} = \frac{g_0 l_t^2}{8} + \frac{g_1 l_t^2}{12} \quad (4-14a)$$

- Với hoạt tải phân bố tam giác:

$$M_{op} = \frac{p_d l_t^2}{12} \quad (4-14b)$$

- Với tĩnh tải phân bố đều g_0 và hình thang g_1 :

$$M_{og} = \frac{g_0 l_t^2}{8} + \frac{g_1 l_t^2}{24} (3 - \rho_1^2) \quad (4-15a)$$

- Với hoạt tải hình thang:

$$M_{op} = \frac{p_d l_t^2}{24} (3 - \rho_1^2) \quad (4-16b)$$

Tính M_0 do toàn bộ tải trọng:

$$M_0 = M_{og} + M_{op} \quad (4-17)$$

Mômen dương ở nhịp biên là M_{nhl} :

$$M_{nhl} = 0,8 M_0 \quad (4-18a)$$

Mômen dương ở các nhịp giữa là M_{nh2} :

$$M_{nh2} = 0,5M_0 \quad (4-18b)$$

Mômen âm ở gối thứ hai (gối B) là M_B :

$$M_B = -0,65M_0 \quad (4-19a)$$

Mômen âm ở các gối giữa là M_C :

$$M_C = -0,5M_0 \quad (4-19b)$$

Để có được nhánh M dương đem biểu đồ M_0 treo lên, cho đi qua các điểm:

Ở nhịp biên, tại gối tựa A có $M = 0$ và tại điểm cách gối A một đoạn $0,425l_1$ có $M = M_{nh1}$.

Ở các nhịp giữa, treo biểu đồ M_0 qua các điểm mômen ở trên các gối bằng $0,5M_0$.

Để có được nhánh M_{min} đem treo biểu đồ M_{0g} lên các điểm xác định mômen âm ở trên gối.

4.5. NỘI LỰC DẦM SÀN THEO SƠ ĐỒ ĐÀN HỒI

Dầm liên tục có các nhịp bằng nhau (hoặc gần bằng nhau) chịu tải trọng phân bố đều, tính theo sơ đồ đàn hồi, tung độ của hình bao mômen và hình bao lực cắt được xác định theo công thức (4-20) và (4-21).

$$M_{max} = \alpha_0 g_d l_t^2 + \beta_1 p_d l_t^2 \quad (4-20a)$$

$$M_{min} = \alpha_0 g_d l_t^2 - \beta_2 p_d l_t^2 \quad (4-20b)$$

$$Q_{max} = \gamma_0 g_d l_t + \delta_1 p_d l_t \quad (4-21a)$$

$$Q_{min} = \gamma_0 g_d l_t - \delta_2 p_d l_t \quad (4-21b)$$

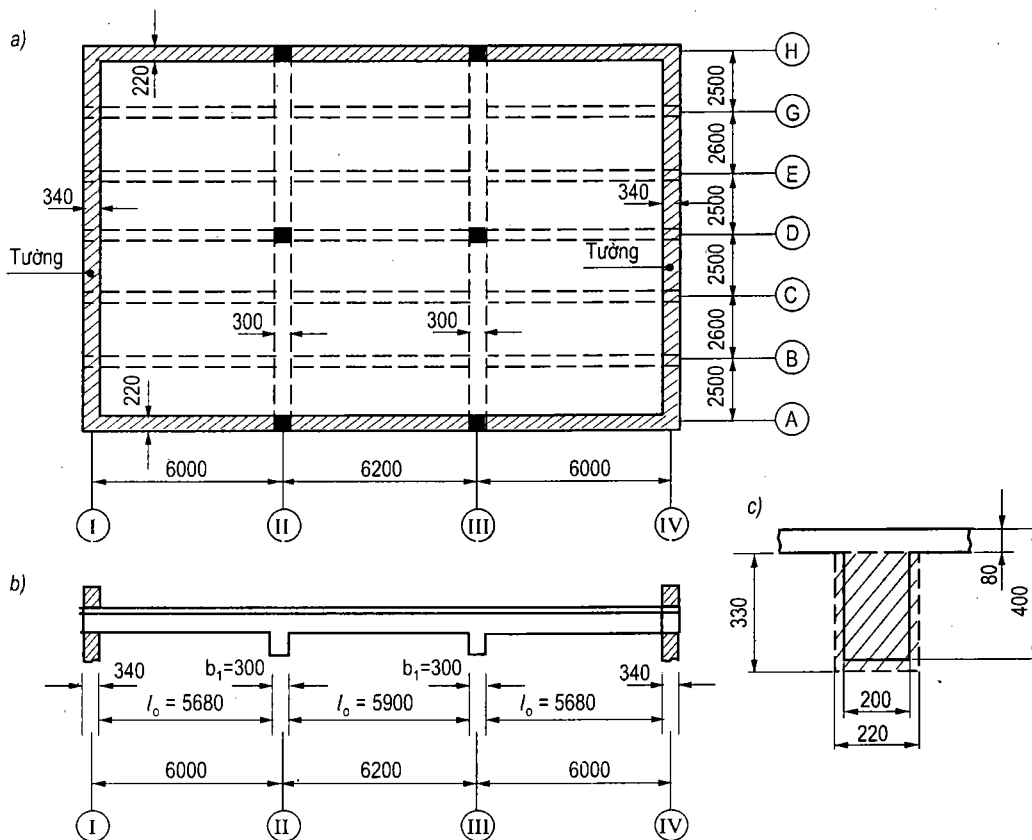
Các hệ số $\alpha_0, \gamma_0, \beta, \delta$ cho ở phụ lục 10 theo số nhịp dầm (2; 3; 4; 5) và theo toạ độ của tiết diện. Với mỗi dầm cho số liệu để vẽ M và Q cho nửa dầm rồi lấy đối xứng. Với dầm trên 5 nhịp các nhịp giữa lấy giống nhau.

4.6. THÍ DỤ

Thí dụ 4.1: Cho mặt bằng sàn ở hình 4.8 (một phần của nó đã được thể hiện ở hình 2.7a, thí dụ 2.2). Tính tải trên bản $g = 2,72 \text{ kN/m}^2$, hoạt tải bản $p = 4,3 \text{ kN/m}^2$. Yêu cầu xác định nội lực dầm sàn trục C theo sơ đồ dẻo.

1. Sơ đồ dầm sàn

Dầm liên tục ba nhịp. Các gối biên kê lên tường dày 340mm, các gối giữa liên kết toàn khối với dầm khung. Bề rộng dầm khung $b_1 = 300\text{mm}$. Nhịp thông thuỷ l_0 được tính và ghi trên hình 4.8b.



Hình 4.8: Hình vẽ của thí dụ 4.1

a) Mặt bằng sàn; b) Sơ đồ dầm sàn; c) Mặt cắt dầm.

Nhịp biên: $l_0 = 6000 - \frac{340}{2} - \frac{300}{2} = 5680\text{mm}$

Nhịp giữa: $l_0 = 6200 - \frac{300}{2} - \frac{300}{2} = 5900\text{mm}$

2. Chọn kích thước

Dầm chịu tải trọng trung bình

$$h = \frac{1}{15} l_t = \frac{1}{15} \times 5900 = 393\text{mm}$$

Chọn $h = 400$; $b = 200\text{mm}$ (hình 4.8c).

3. Tải trọng

Trọng lượng bản thân dầm g_0 được tính theo diện tích phân gạch chéo trên hình 4.8c trong đó không kể phần bản dày 80mm và kể thêm lớp trát xung quanh dày 10mm, hệ số độ tin cậy 1,1 và trọng lượng riêng 25 kN/m^3 .

$$g_0 = 1,1 \times 0,22 \times 0,33 \times 25 = 2 \text{ kN/m}$$

Các ô bản làm việc một phương, phần tính tải từ bản truyền vào cho dầm trục C là:

$$g_1 = 0,5g(l_{tr} + l_{ph}) = 0,5 \times 2,72(2,6 + 2,5) = 6,93 \text{ kN/m}$$

$$g_d = g_0 + g_1 = 2 + 6,93 = 8,93 \text{ kN/m}$$

Hoạt tải: $p_d = 0,5p(l_{tr} + l_{ph}) = 0,5 \times 4,3(2,6 + 2,5) = 10,96 \text{ kN/m}$

4. Nhịp tính toán

Nhịp giữa: $l_1 = l_0 = 5,9\text{m}$

Nhịp biên: $0,5S_d = 0,17\text{m}; 0,025l_0 = 0,025 \times 5,68 = 0,142\text{m}$

$$C_d = \min(0,5S_d \text{ và } 0,025l_0) = 0,142\text{m}$$

$$l_1 = l_0 + C_d = 5,68 + 0,142 = 5,822\text{m}$$

Chênh lệch giữa các nhịp:

$$\frac{5,9 - 5,822}{5,9} = 0,013 = 1,3\% < 10\%$$

5. Hình bao nội lực theo sơ đồ dầm

Dầm ba nhịp, lấy một nhịp rưỡi đầu tiên để tính toán.

$$q_d = g_d + p_d = 8,93 + 10,96 = 19,89 \text{ kN/m}$$

Tỉ số $\frac{p_d}{g_d} = \frac{10,96}{8,93} = 1,23$. Lấy gần đúng và thiên về an toàn hệ số β và k theo dòng

ứng với $\frac{p_d}{g_d} = 1,5$ (không cần nội suy). Giá trị β^* ; β , k , mômen dương, $M_{\min}$ được tính và

ghi trong bảng. Mômen âm bằng không ở nhịp biên tại tiết diện cách mép gối một đoạn là $kl_1 = 0,228 \times 5822 = 1328\text{mm}$. Mômen dương bằng không tại tiết diện cách mép gối tựa giữa một đoạn $0,15l_1$ tương ứng bằng 873 và 885mm.

Tiết diện	1	2	2*	3	4	5	6	7	7*
β^*	0,065	0,090	0,091	0,075	0,020		0,018	0,058	0,0625
β						-0,0715	-0,026	-0,003	-0,0015
$M + - \text{kNm}$	43,82	60,68	61,35	50,57	13,48		12,46	40,16	43,28
$M_{\min} - \text{kNm}$						-48,21	-18,0	-2,08	-1,04
$k = 0,25; q_d l_1^2 = 19,89 \times 5,822^2 = 674,2 \text{ kNm}$							$q_d l_1^2 = 692,4 \text{ kNm}$		

Lực cắt:

Ở gối I: $Q_I = 0,4q_d l_t = 0,4 \times 19,89 \times 5,822 = 46,32 \text{ kN}$

$Q_{I\min} = 0,35q_d l_t = 40,53$

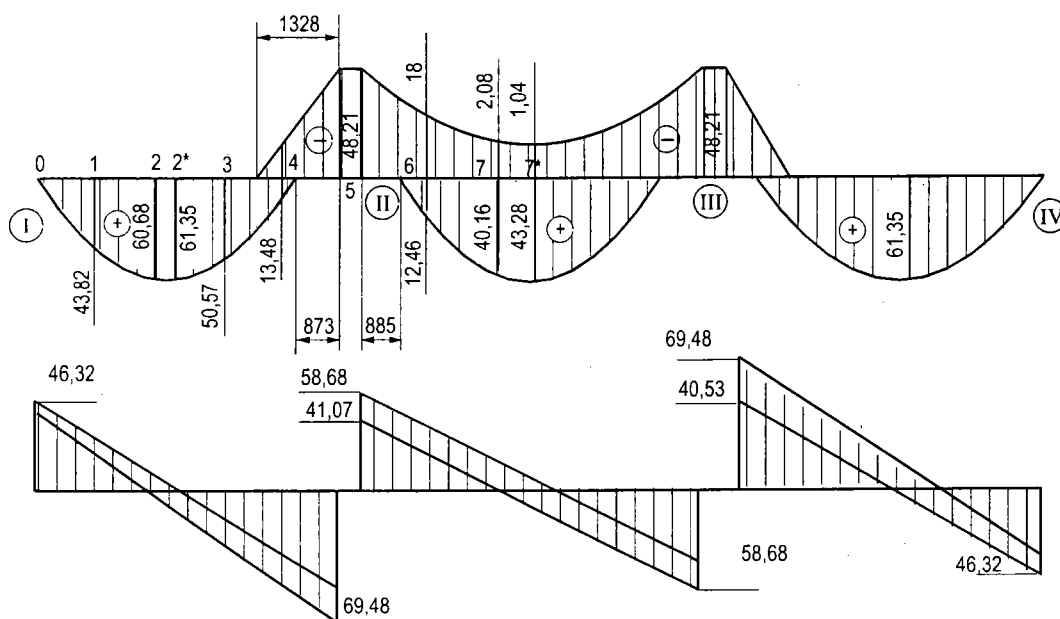
Ở gối II: $Q_{II\text{tr}} = 0,6q_d l_t = 0,6 \times 19,89 \times 5,822 = 69,48 \text{ kN}$

$Q_{II}^* = 0,35q_d l_t = 40,53$

$Q_{IIp} = 0,5q_d l_t = 0,5 \times 19,89 \times 5,9 = 58,68 \text{ kN}$

$Q_{II\min} = 0,35q_d l_t = 0,35 \times 19,89 \times 5,9 = 41,07$

Hình bao mômen và lực cắt thể hiện trên hình 4.9.



Hình 4.9: Hình bao mômen và lực cắt của dầm theo thí dụ 4.1.

Thí dụ 4.2: Với số liệu của thí dụ 4.1 yêu cầu tính tung độ hình bao M và Q theo sơ đồ đàn hồi.

1. Số liệu: $g_d = 7,65$; $p_d = 12,24 \text{ kN/m}$. Dầm ba nhịp, nhịp tính toán $l_t = 5,822$ và $l_t = 5,9 \text{ m}$ (gần bằng nhau).

2. Công thức tính

$$M_{\max} = \alpha_0 g_d l_t^2 + \beta_1 p_d l_t^2 = 266\alpha_0 + 426\beta_1$$

$$M_{\min} = \alpha_0 g_d l_t^2 - \beta_2 p_d l_t^2 = 266\alpha_0 - 426\beta_2$$

$$Q_{\max} = \gamma_0 g_d l_t + \delta_1 p_d l_t = 45,13\gamma_0 + 72,22\delta_1$$

$$Q_{\min} = \gamma_0 g_d l_t - \delta_2 p_d l_t = 45,13\gamma_0 - 72,22\delta_2$$

3. Kết quả tính toán: các hệ số α , β , γ , δ và kết quả tính toán ghi trong bảng.

x/l_t	0	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,0	1,2	1,4	1,5
T.diện	0	1	2		3	4	5tr	5ph	6	7	7*
α_0	0	0,060	0,080	0,075	0,060	0,000	-0,100	-0,100	-0,020	0,020	0,025
β_1	0	0,070	0,100	0,100	0,090	0,040	0,017	0,017	0,030	0,070	0,075
β_2	0	0,010	0,020	0,025	0,030	0,040	0,017	0,017	0,050	0,050	0,050
$M_{\max}$	0	45,87	63,88	62,55	54,30	17,04	-19,36	-19,36	7,25	35,35	38,60
$M_{\min}$	0	11,70	12,76	9,30	3,18	-17,04	-76,44	-76,44	-26,83	-15,77	-14,65
γ_0	0,400	0,200	0,00	-0,100	-0,200	-0,400	-0,600	0,500	0,300	0,100	0,000
δ_1	0,450	0,275	0,150	0,104	0,069	0,028	0,017	0,583	0,399	0,254	0,198
δ_2	0,050	0,075	0,150	0,204	0,269	0,428	0,617	0,083	0,099	0,154	0,198
$Q_{\max}$	50,55	28,89	10,83	3,00	-4,05	-16,03	-25,85	64,66	42,36	22,85	14,30
$Q_{\min}$	14,44	3,62	-10,83	-19,24	-28,46	-48,96	-71,64	16,57	6,39	-6,61	-14,30

Sơ so sánh với kết quả tính theo sơ đồ dầm thấy rằng mômen âm ở gối theo sơ đồ dầm hồi là khá lớn trong khi đó mômen dương ở nhịp giữa lại khá bé.

Lực cắt tính theo hai sơ đồ chênh nhau không đáng kể (71, 64 và 69, 48).

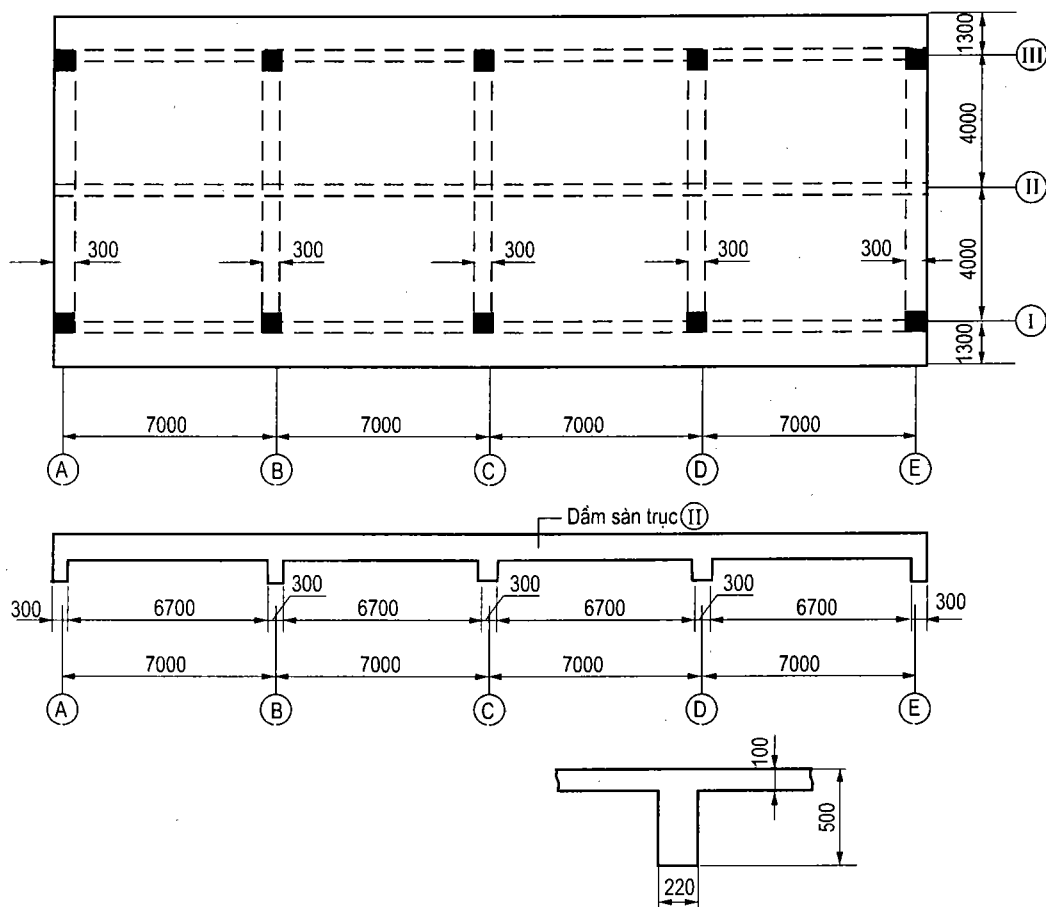
Thí dụ 4.3: Cho mặt bằng kết cấu sàn trên hình 4.10. Chiều dày bản 100mm. Tĩnh tải bản $g = 3,6 \text{ kN/m}^2$, hoạt tải $p = 5 \text{ kN/m}^2$. Yêu cầu chọn kích thước dầm sàn trực (2), tính, vẽ hình bao mômen và lực cắt theo sơ đồ dầm.

1. Sơ đồ dầm

$$\text{Dầm đỡ bản có } \frac{l_2}{l_1} = \frac{7000}{4000} < 2.$$

Bản hai phương. Dầm liên tục 4 nhịp liên kết toàn khối với dầm khung. Nhịp tính toán đo đến mép dầm khung (hình 4.10b).

$$l_1 = 7000 - \frac{300}{2} - \frac{300}{2} = 6700 \text{ mm} = 6,7 \text{ m}$$



Hình 4.10: Hình vẽ của thí dụ 4.3

2. Kích thước tiết diện

Dầm chịu tải trọng trung bình, chọn:

$$h = \left(\frac{1}{12} \div \frac{1}{15} \right) l_t = \left(\frac{1}{12} \div \frac{1}{15} \right) 6700 = 558 \div 446 \text{ mm}$$

Chọn $h = 500 \text{ mm}$.

Bề rộng $b = (0,25 \div 0,5)h = (0,25 \div 0,5)500 = 125 \div 250$. Chọn $b = 220 \text{ mm}$.

3. Tải trọng

Trọng lượng bản thân dầm g_0 tính với lớp trát dày 10mm và bỏ qua phần bản (đã kể vào g), hệ số vượt tải $n = 1,1$; trọng lượng riêng 25 kN/m^3 .

$$g_0 = 1,1 \times 0,24 \times (0,50 - 0,1 + 0,01)25 = 2,7 \text{ kN/m}$$

Tải trọng từ bản truyền vào dầm sàn theo dạng hình thang:

$$g_1 = g/l_1 = 3,6 \times 4 = 14,4 \text{ kN/m}$$

Tải trọng tương đương để tính mômen, với:

$$\rho_1 = \frac{l_1}{l_2} = \frac{4000}{7000} = 0,5714$$

$$g_{td} = \left(1 - \frac{1}{3}\rho_1^2\right)g_1 = \left(1 - \frac{1}{3}0,5714^2\right)14,4 = 12,83 \text{ kN/m}$$

$$g_d = g_0 + g_{td} = 2,7 + 12,83 = 15,53 \text{ kN/m}$$

Hoạt tải:

$$p_d = p/l_1 = 5 \times 4 = 20 \text{ kN/m phân bố hình thang.}$$

Đổi thành phân bố đều tương đương.

$$p_{td} = \left(1 - \frac{1}{3}\rho_1^2\right)p_d = \left(1 - \frac{1}{3}0,5714^2\right)20 = 17,82 \text{ kN/m}$$

4. Tính và vẽ hình bao mômen (đối xứng, tính cho nửa dầm)

$$q_d = q_0 + q_{td} = 15,53 + 17,82 = 33,35 \text{ kN/m}$$

Tỉ số:

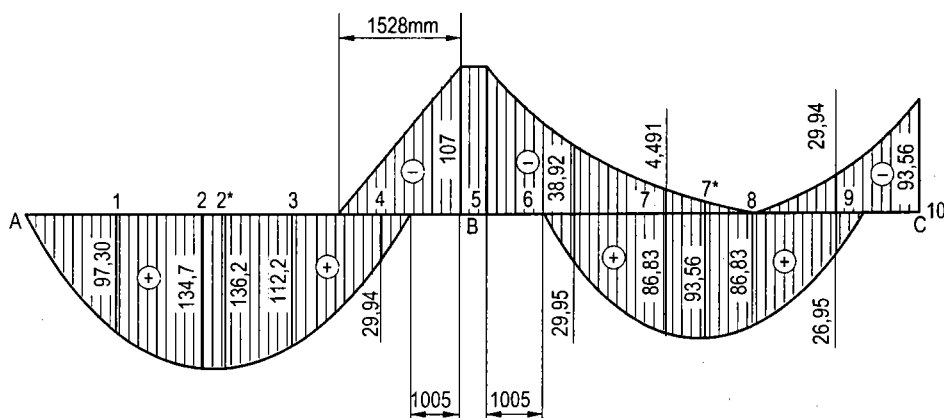
$$\frac{p_{td}}{g_d} = \frac{17,82}{15,53} = 1,15$$

Hệ số β^* và β (lấy theo tỉ số $\frac{p_d}{g_d} = 1,5$ - không nội suy), giá trị mômen dương và

$M_{\min}$ tính được ghi trong bảng.

Tiết diện	1	2	2*	3	4	5	6	7	7*	8	9	10
β^*	0,065	0,090	0,091	0,075	0,020		0,018	0,058	0,0625	0,058	0,018	
β						-0,0715	-0,026	-0,003		0,000	-0,02	-0,0625
$M(+)$ - kNm	97,30	134,7	136,2	112,2	29,94		26,95	86,83	93,56	86,83	26,95	
$M_{\min}$ - kNm						-107	-38,92	-4,491		0,000	-29,94	-93,56
$q_d l_t^2 = 33,35 \times 6,72 = 1497;$ $k = 0,228;$ $k l_t = 0,228 \times 6700 = 1528\text{mm};$ $0,15 l_t = 0,15 \times 6700 = 1005\text{mm}$												

Hình bao mômen thể hiện trên hình 4.11 (nửa dầm)



Hình 4.11: Hình bao mômen nửa dầm theo thí dụ 4.3

5. Tính toán lực cắt

Tải trọng tương đương về lực cắt do tải trọng hình thang thay đổi thành phân bố đều.

$$g_{td} = (1 - 0,5\rho_1)g_l = (1 - 0,5 \times 0,5714)14,4 = 10,29 \text{ kN/m}$$

$$g_d = g_0 + g_{td} = 2,7 + 10,29 = 12,99 \text{ kN/m}$$

$$p_{td} = (1 - 0,5\rho_1)p_d = (1 - 0,5 \times 0,5714)20 = 14,28$$

$$q_d = 12,99 + 14,28 = 27,27 \text{ kN/m}$$

Lực cắt lớn nhất ở bên trái gối B:

$$Q_{Btr} = 0,6q_d l_t = 0,6 \times 27,27 \times 6,7 = 109,6 \text{ kN}$$

Lực cắt ở bên phải gối B và gối C:

$$Q_{Bph} = Q_C = 0,5 \times 27,27 \times 6,7 = 91,4 \text{ kN}$$

Lực cắt ở gối A:

$$Q_A = 0,4 \times 27,27 \times 6,7 = 73,1 \text{ kN}$$

Thí dụ 4.4: Cho mặt bằng kết cấu sàn ở hình 4.10. Xem dầm theo trục I và III là các dầm sàn. Yêu cầu tính mômen của các dầm đó theo số liệu sau. Tải trọng trên sàn $g = 3,6 \text{ kN/m}^2$; $p = 5 \text{ kN/m}^2$). Bản công xôn có tính tải $g_{cx} = 3 \text{ kN/m}^2$; đầu mút bản công xôn có lan can với $g_{lc} = 2 \text{ kN/m}$. Trên dầm có tường ngăn (trong tường có cửa), trọng lượng tường tính phân bố đều trên mỗi mét dài của dầm là $g_l = 7 \text{ kN/m}$ (hình 4.12).

1. Sơ đồ tính và kích thước tiết diện

Thực chất dầm trục I và III cùng với cột tạo thành khung dọc của nhà và nó vừa là dầm sàn vừa là dầm khung. Khi bỏ qua tải trọng gió tác dụng theo phương dọc nhà (chỉ tính gió theo phương ngang) thì có thể tính toán các dầm đó như dầm sàn với các tải trọng thẳng đứng. Sơ đồ tính là dầm liên tục như dầm trục I ở thí dụ 4.3. Nhịp tính toán $l_t = 6,7 \text{ m}$. Kích thước tiết diện: $h = 500$; $b = 220 \text{ mm}$.

2. Tải trọng

Sơ đồ để xác định tĩnh tải lên dầm thể hiện trên hình 4.12. Tải trọng từ bản ở hai bên truyền vào dầm là khác nhau. Phía bên trái là bản công xôn, phía bên phải là bản hai phương.

a) Tĩnh tải:

- Trọng lượng bản thân dầm:

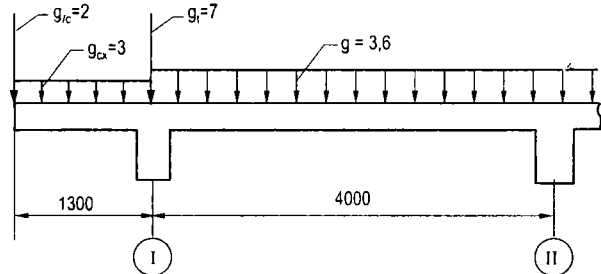
$$g_0 = 2,7 \text{ kN/m (đã tính)}$$

- Do lan can và tường ngăn:

$$g' = 2 + 7 = 9 \text{ kN/m}$$

- Do bản công xôn truyền vào:

$$g'' = 3 \times 1,3 = 3,9$$



Hình 4.12: Sơ đồ để xác định tải trọng lên dầm trục I

Phân tĩnh tải phân bố đều:

$$g_0^* = 2,7 + 9 + 3,9 = 15,6 \text{ kN/m}$$

Tải trọng do bản hai phương truyền vào theo dạng hình thang:

$$g_l^* = 0,5g_l = 0,5 \times 3,6 \times 4 = 7,2 \text{ kN/m}$$

Đổi g_l^* thành phân bố đều tương đương

$$g_{ld} = \left(1 - \frac{1}{3}\rho_l^2\right)g_l^* = \left(1 - \frac{1}{3} \times 0,5714^2\right)7,2 = 6,42 \text{ kN/m}$$

Tĩnh tải: $g_d = 15,6 + 6,42 = 22,02 \text{ kN/m}$.

b) Hoạt tải

Hoạt tải từ phía bản công xôn truyền vào dầm là phân bố đều:

$$p' = 1,3 \times 5 = 6,5 \text{ kN/m}$$

Hoạt tải từ bản sàn truyền vào dạng hình thang:

$$p_d' = 0,5p_l' = 0,5 \times 5 \times 4 = 10 \text{ kN/m}$$

Tính thành phân bố đều tương đương:

$$p_{ld} = \left(1 - \frac{1}{3}\rho_l^2\right)p_d' = \left(1 - \frac{1}{3} \times 0,5714^2\right)10 = 8,91 \text{ kN/m}$$

Hoạt tải dầm: $p_d = 10 + 8,91 = 18,91 \text{ kN/m}$

Tải trọng toàn phần: $q_d = g_d + p_d = 22,02 + 18,91 = 40,93 \text{ kN/m}$

Tỉ số tải trọng: $\frac{p_d}{g_d} = \frac{18,91}{22,02} = 0,86$

3. Tính mômen

Để đơn giản hóa chỉ tính mômen cho một số tiết diện đặc trưng. Việc tính và vẽ hình bao mômen đã thực hiện ở thí dụ 4.1 và 4.3. Kết quả tính toán ghi trong bảng.

Tiết diện	2*	5	7*	10
β^*	0,091		0,0625	
β		-0,0715		-0,0625
$M(+)$ - kNm	167,2		114,8	
$M_{\min}$ - kNm		-131,4		-114,8
$q_d l_1^2 = 40,93 \times 6,7^2 = 1837$				

4.7. DẦM SÀN Ô CỜ

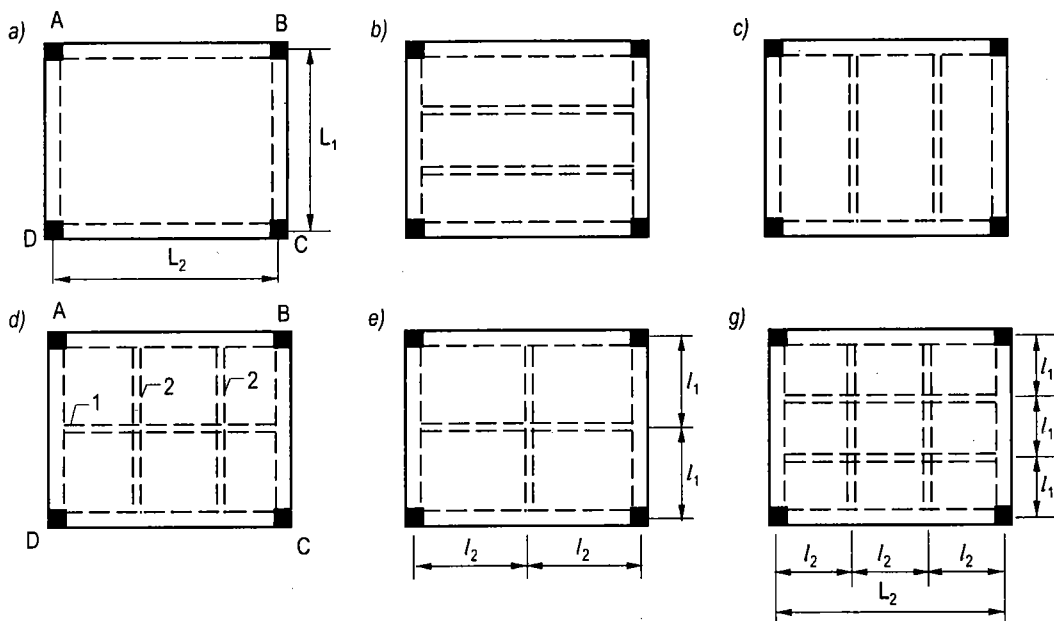
4.7.1. Sàn ô cờ

Sàn ô cờ là loại sàn sườn toàn khối có dầm sàn được đặt theo hai phương, chia bản ra từng ô kiểu ô cờ.

Thí dụ có một phần sàn ở giữa bốn cột ABCD, các dầm nối cột là dầm khung (hình 4.13a). Khi các kích thước L_1, L_2 là tương đối bé thì chỉ cần làm bản sàn kê lên các dầm khung. Khi kích thước là khá lớn nếu chỉ làm bản sàn thì chiều dày bản là lớn, muốn giảm chiều dày bản cần làm thêm dầm sàn đặt theo một phương hoặc hai phương. Khi dầm sàn đặt theo một phương như trên hình 4.13b, 4.13c ta có được các dầm sàn như đã xét ở các mục trước. Khi đặt dầm sàn theo hai phương, có thể chọn một phương làm dầm chính, một phương làm dầm phụ (hình 4.13d) nhưng thông thường dùng dầm sàn theo hai phương là đồng cấp và tạo nên sàn ô cờ (hình 4.14e, g).

Với sơ đồ dầm chính và dầm phụ như trên hình 4.13d, dầm chính 1 được đặt theo phương ngang, có kích thước tiết diện lớn hơn các dầm phụ 2 đặt theo phương dọc. Quan niệm bản vừa kê lên dầm phụ và dầm chính. Tải trọng từ dầm phụ sẽ truyền vào cho dầm chính. Dầm phụ kê lên dầm chính và dầm khung AB, CD. Dầm chính kê lên dầm khung AD, BC.

Với sơ đồ dầm đồng cấp, kích thước tiết diện dầm theo hai phương là như nhau, mỗi dầm đều kê lên các dầm khung. Trong phạm vi mỗi nhịp của dầm khung có thể bố trí một, hai hay nhiều hơn các dầm sàn (hình 4.13e, g). Ở hình 4.13d nếu các dầm 1 và 2 có kích thước tiết diện giống nhau sẽ có các dầm đồng cấp và có sàn ô cờ.



Hình 4.13: Các phương án dầm sàn

a) Không có dầm sàn; b, c) Dầm sàn theo một phương; d) Dầm sàn hai phương gồm dầm chính 1 và dầm phụ 2; e, g) Dầm sàn đồng cấp theo hai phương, sàn ô cờ.

4.7.2. Kích thước sàn ô cờ

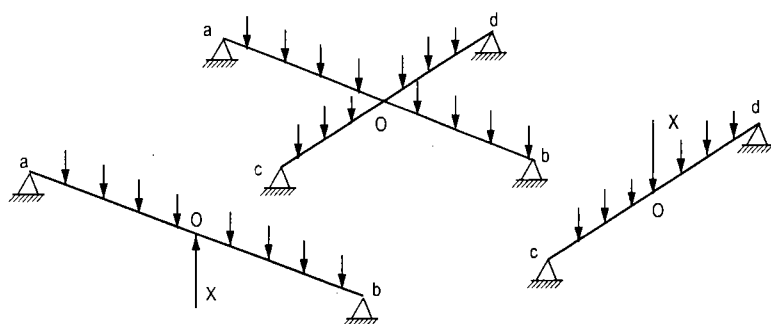
Gọi kích thước lưới cột là $L_1 \times L_2$ với $L_1 \leq L_2$ (L_1 : cạnh bé). Thông thường chỉ nên làm sàn ô cờ khi $L_1 \geq 6\text{m}$ và $L_2 \leq 1,5L_1$. Dầm sàn chia bản thành các ô có kích thước $l_1 \times l_2$ với $0,7 \leq l_1/l_2 \leq 1,4$. Chiều dài cạnh ngắn chọn trong khoảng $1,5 \div 2,5\text{m}$.

Kích thước tiết diện dầm theo 2 phương lấy bằng nhau với chiều cao $h = (1/12 \div 1/20)L_1$. Lấy h theo hướng lớn hơn khi tăng cạnh ngắn ô bản và tăng tỉ số L_2/L_1 . Trong một số công trình thực tế có lúc người ta lấy h của dầm sàn bằng h của dầm khung, đó là do yêu cầu thẩm mỹ của kiến trúc chứ không phải do yêu cầu chịu lực.

4.7.3. Sự làm việc của dầm sàn ô cờ

Mỗi dầm sàn ô cờ được xem là kê lên các dầm khung, có nhịp là L_1 ; L_2 . Ở chỗ các dầm giao nhau có thể xuất hiện lực liên kết. Xác định các lực này bằng điều kiện là tại chỗ giao nhau độ võng của hai dầm bằng nhau. Xét hai dầm ab và cd giao nhau tại O . Gọi phản lực liên kết là X . Nếu tách riêng hai dầm ra để xét thì tại O phải đưa thêm lực X , nó sẽ hướng xuống đối với dầm này (khỏe hơn) và hướng lên đối với dầm kia (yếu hơn). Trên hình 4.14 dầm cd được xem là khỏe hơn, nếu tính riêng rẽ thì độ võng tại O của dầm cd là bé hơn so với dầm ab , lực X trên dầm cd là hướng xuống.

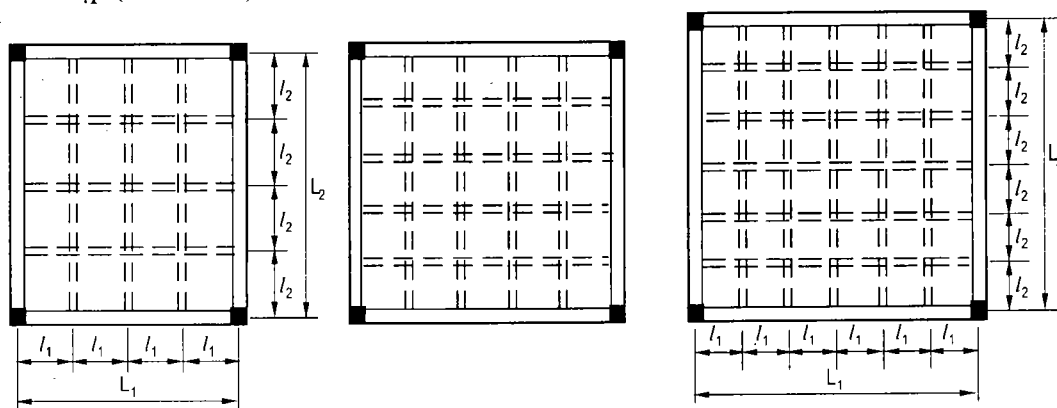
Nếu khi xét riêng từng dầm mà độ võng chỗ giao nhau của hai dầm bằng nhau thì $X = 0$. Thông thường trong tính toán người ta bỏ qua việc xác định các lực liên kết X mà tìm công thức tính mômen, lực cắt cho từng dầm theo tải trọng, kích thước l_1 , l_2 của ô cờ và nhịp dầm L_1 , L_2 .



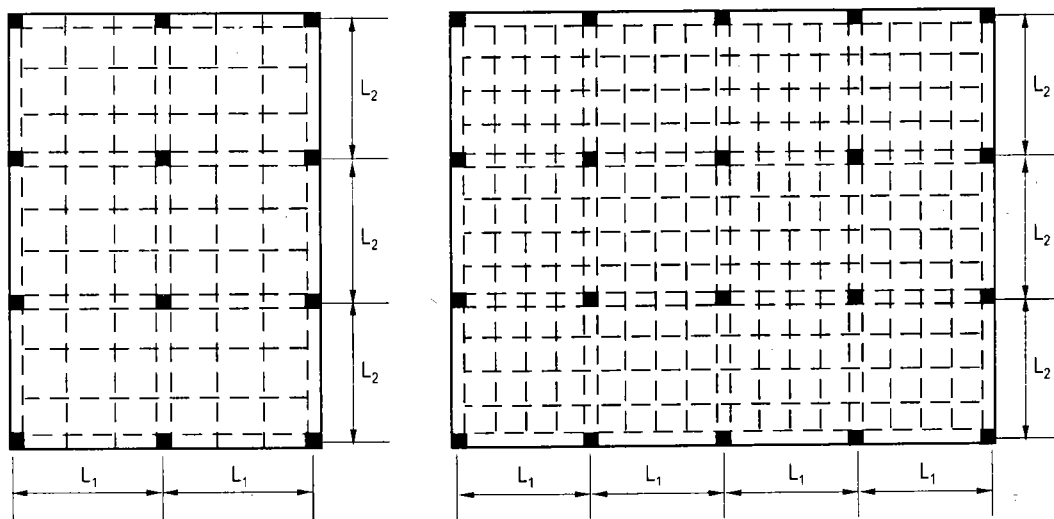
Hình 4.14: Sơ đồ làm việc dầm sàn ô cờ

Khi trong mỗi nhịp của dầm khung chỉ bố trí một hoặc hai dầm sàn như ở hình 4.13e, g thì nội lực trong các dầm theo mỗi phương là giống nhau. Khi trong mỗi nhịp của dầm khung bố trí từ ba dầm sàn trở lên (hình 4.15) thì nội lực trong các dầm sàn ở khoảng giữa là lớn hơn so với các dầm ở gần dầm khung.

Dầm sàn ô cờ có thể là dầm đơn, một nhịp (hình 4.13e, g và hình 4.15) hoặc liên tục nhiều nhịp (hình 4.16).



Hình 4.15: Các dạng sàn ô cờ với dầm đơn



Hình 4.16: Dầm sàn ô cờ nhiều nhịp, liên tục

4.7.4. Nội lực dầm sàn ô cờ

Nhịp nguyên của dầm là khoảng cách giữa các dầm khung L_1, L_2 . Từ L_1, L_2 xác định nhịp L_i của dầm theo phương pháp thông thường đối với dầm sàn. Mút của dầm sàn ô cờ có thể kê lên tường hoặc liên kết với dầm khung.

a) Nội lực của dầm đơn

Xét dầm đơn kê lên hai gối tự do, nội lực trong dầm có thể xác định bằng các công thức lập sẵn, hoặc bằng cách xác định tải trọng tương đương phân bố đều lên dầm rồi dùng cách tính toán thông thường.

Đặt g, p là tải trọng phân bố đều trên bản, phần tải trọng tương đương bản truyền cho dầm là g_i và p_{di} tính như sau ($i = 1, 2$ chỉ phương của dầm đang xét).

$$g_1 = \psi_1 g l_2; \quad p_{d1} = \psi_1 p l_2 \quad (4-22a)$$

$$g_2 = \psi_2 g l_1; \quad p_{d2} = \psi_2 p l_1 \quad (4-22b)$$

Hệ số ψ_1 và ψ_2 cho ở phụ lục 11.

Tải trọng tương đương lên dầm theo mỗi phương là:

$$g_{di} = g_0 + g_i; \quad q_{di} = g_{di} + p_{di} \quad (4-23)$$

Có được q_d , tính mômen và lực cắt:

Dầm theo phương L_1 :

$$M_1 = \frac{q_{d1} L_{11}^2}{8}; \quad Q_1 = \frac{q_{d1} L_{11}}{2} \quad (4-24a)$$

Dầm theo phương L_2 :

$$M_2 = \frac{q_{d2} L_{12}^2}{8}; \quad Q_2 = \frac{q_{d2} L_{12}}{2} \quad (4-24b)$$

g_0 - trọng lượng bản thân của dầm;

L_{11}, L_{12} - nhịp tính toán của dầm theo hai phương.

Để tính nội lực trong dầm sàn ô cờ cũng có thể dùng các chương trình máy tính được lập theo phương pháp phân tử hữu hạn.

b) Nội lực dầm liên tục

Hình bao nội lực của dầm sàn ô cờ liên tục cũng giống như hình bao của dầm sàn thông thường. Khi đã có $g_d; p_d; q_d$ theo công thức (4-22), (4-23) có thể tính và vẽ hình bao nội lực theo hướng dẫn của mục 4.4 (sơ đồ dẻo) hoặc mục 4.5 (sơ đồ đàn hồi).

Chương 5

NỘI LỰC DẦM CHÍNH

5.1. SƠ ĐỒ DẦM CHÍNH

Dầm chính thường liên kết với cột tạo thành khung, tính toán dầm chính như là dầm khung, chịu các tải trọng đứng và tải trọng ngang (gió, động đất).

Có một số trường hợp đặc biệt dầm chính chỉ được tính với tải trọng đứng mà không kể đến tải trọng ngang. Đó là dầm trong kết cấu nhà đã có tường (vách cứng, lõi cứng) chịu toàn bộ tải trọng ngang, là khi dầm chính đặt theo phương dọc nhà trong lúc chỉ xét tác dụng của gió theo phương ngang nhà và một vài trường hợp khác. Khi dầm chính cùng với cột tạo thành khung mà độ cứng chống uốn đơn vị của dầm (EJ/l) lớn hơn bốn lần độ cứng chống uốn đơn vị của cột, dưới tác dụng của tải trọng thẳng đứng có thể xem cột như là các gối tựa bình thường. Trong chương 5 chỉ hạn chế việc tính toán dầm chính kê lên các gối tựa cột và chỉ chịu tác dụng của tải trọng thẳng đứng.

Kích thước tiết diện dầm chính đã trình bày trong mục 4.1.4, công thức (4-3) với $m = 8 \div 12$.

Nhịp tính toán l_1 của dầm chính lấy bằng nhịp nguyên l , bằng khoảng cách giữa các trục gối tựa.

5.2. TẢI TRỌNG LÊN DẦM CHÍNH

Tải trọng tác dụng lên dầm chính gồm trọng lượng bản thân g_0 , phần tải trọng từ bản truyền vào g_1 , p_1 và tải trọng từ dầm sàn truyền vào G_1 , P . Các tải trọng này (trừ g_0) được xác định phụ thuộc vào sơ đồ của bản.

5.2.1. Sàn với bản một phương

Kích thước ô bản là $l_1 \times l_2$ (hình 5.1).

l_1 - khoảng cách giữa các dầm sàn (nhịp của bản)

l_2 - khoảng cách giữa các dầm chính (nhịp dầm sàn)

Bản làm việc một phương khi $l_2 > 2l_1$. Lúc này xem bản kê lên dầm sàn, truyền toàn bộ tải trọng cho dầm sàn, dầm sàn truyền vào dầm chính các tải trọng tập trung G_1 , P . Xác định G_1 , P với giả thiết bỏ qua tính liên tục của dầm sàn.

$$G_l = 0,5g_d(l_{2tr} + l_{2ph}) \quad (5-1a)$$

$$P = 0,5p_d(l_{2tr} + l_{2ph}) \quad (5-1b)$$

g_d, p_d - tĩnh tải và hoạt tải trên dầm sàn;

l_{2tr}, l_{2ph} - nhịp của dầm sàn (nhịp nguyên) ở phía bên trái và phía bên phải dầm chính đang xét.

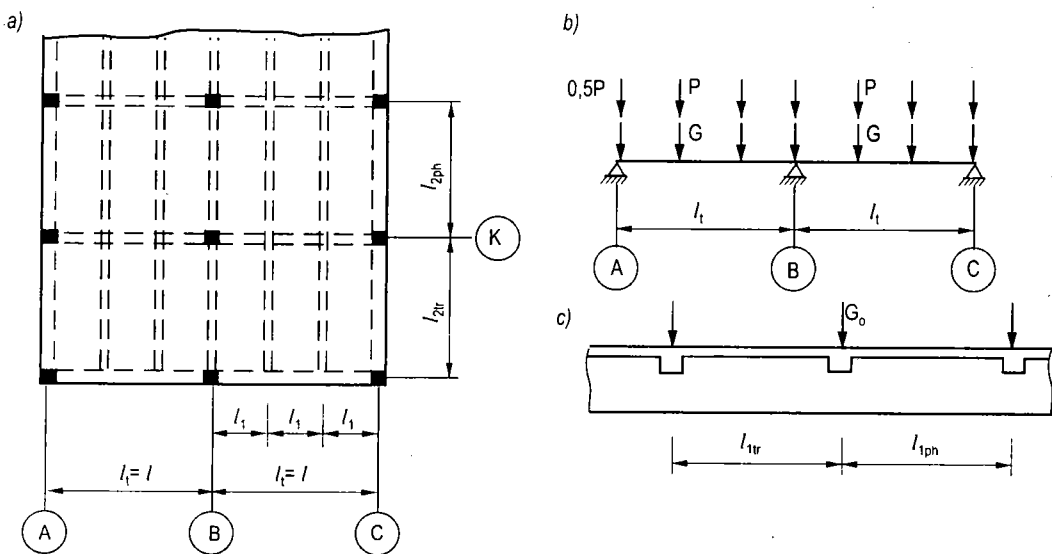
Trọng lượng bản thân dầm chính g_0 là phân bố đều. Để đơn giản hóa việc tính toán có thể đưa về thành các tải trọng tập trung G_0 đặt cùng vị trí với G_l .

$$G_0 = 0,5g_0(l_{1tr} + l_{1ph}) \quad (5-2)$$

l_{1tr}, l_{1ph} - khoảng cách giữa các dầm sàn ở phía trái và phía phải vị trí đặt G_0 .

Như vậy dầm chính được tính toán với tĩnh tải tập trung G và hoạt tải tập trung P trong đó P xác định theo biểu thức (5-1b) và G theo (5-3) (hình 5.1).

$$G = G_0 + G_l \quad (5-3)$$



Hình 5.1: Sơ đồ xác định tải trọng dầm chính trong sàn với bản một phương

a) Một phần mặt bằng sàn với K là dầm đang xét; b) Sơ đồ tải trọng; c) Sơ đồ xác định G_0 .

5.2.2. Sàn với bản hai phương

Bản làm việc hai phương khi $l_2 < 2l_1$ (hình 5.2). Lúc này tải trọng từ bản truyền lên dầm sàn theo dạng hình thang và truyền lên dầm chính theo dạng tam giác. Tải trọng tác dụng lên dầm chính gồm trọng lượng bản thân g_0 phân bố đều, tải trọng từ bản truyền vào phân bố tam giác, tải trọng tập trung G_l, P_l từ dầm sàn truyền vào. Để đơn giản hóa việc tính toán có thể đưa toàn bộ tĩnh tải và hoạt tải về thành các tải trọng tập trung G và P .

$$G = G_0 + G_1^*$$

G_0 - xác định theo công thức (5-2);

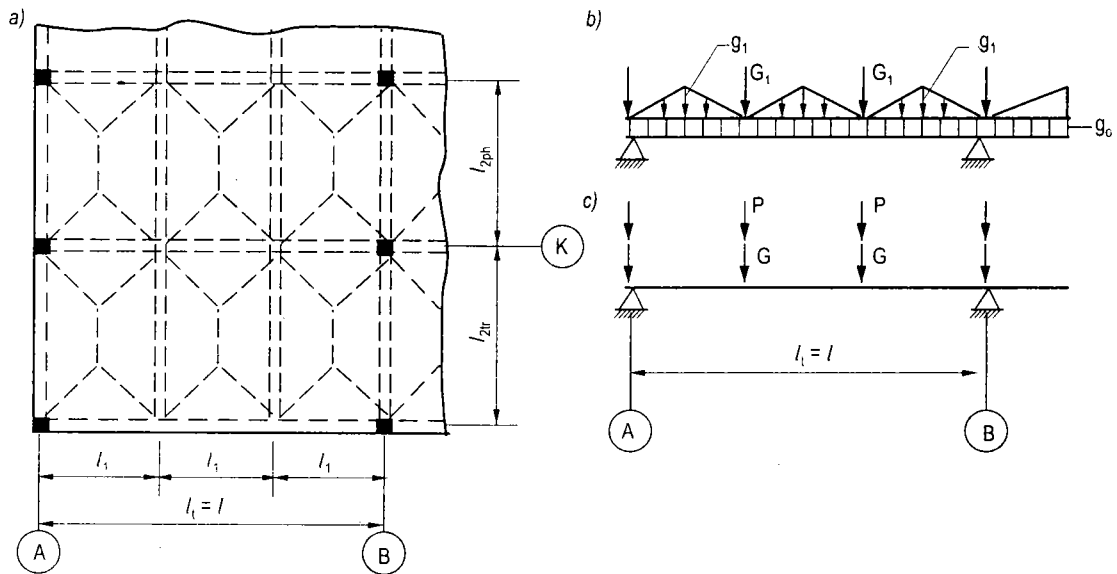
G_1^* - toàn bộ tĩnh tải trên sàn truyền vào dầm chính (truyền trực tiếp và thông qua dầm sàn):

$$G_1^* = 0,25g(l_{1tr} + l_{1ph})(l_{2tr} + l_{2ph}) + 0,5g^*(l_{2t} + l_{2ph}) \quad (5-4a)$$

g^* - trọng lượng bản thân (một mét dài) của dầm sàn

P - toàn bộ hoạt tải trên bản truyền vào dầm chính đưa về thành các tải trọng tập trung:

$$P = 0,25p(l_{1tr} + l_{1ph})(l_{2tr} + l_{2ph}) \quad (5-4b)$$



Hình 5.2: Sơ đồ xác định tải trọng dầm chính trong sàn với bản hai phương

a) Một phần sơ đồ sàn với K là dầm đang xét;
b) Sơ đồ tải trọng trên dầm; c) Sơ đồ tải trọng đơn giản hóa.

5.3. NỘI LỰC DẦM CHÍNH

Để tính toán dầm chính cần tính và vẽ hình bao nội lực. Với dầm đơn giản, một nhịp chỉ cần đặt các tải trọng toàn bộ $P + G$ lên dầm để tính và vẽ biểu đồ M và Q , xem là 1 nhánh của hình bao.

Với dầm nhiều nhịp, siêu tĩnh có thể tính toán theo sơ đồ đàn hồi hoặc sơ đồ dẻo.

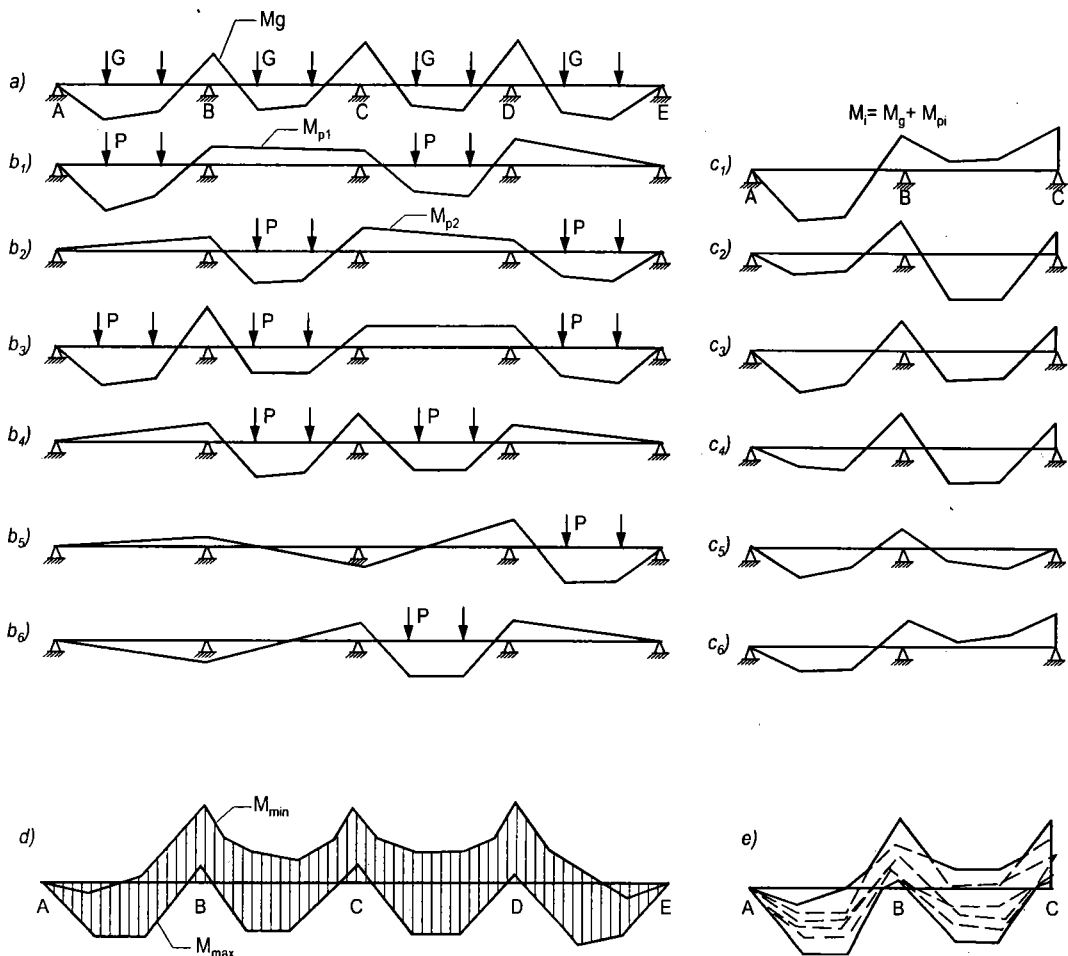
5.3.1. Tính dầm theo sơ đồ đàn hồi

Tung độ của nhánh hình bao M_{max} và M_{min} được xác định theo công thức (4-8) trong đó để tính M_g đem đặt tĩnh tải G lên toàn dầm (hình 5.3a). Để có $maxM_p$ và $minM_p$ cần

xét các trường hợp bất lợi của hoạt tải. Lấy thí dụ dầm bốn nhịp, cần xét 6 trường hợp của P như trên hình 5.3b. Để có được hình bao mômen có thể thực hiện theo một trong hai cách a và b.

a) Tại mỗi tiết diện của dầm lấy M_g từ biểu đồ do tính tải và chọn trong 6 biểu đồ do hoạt tải một giá trị max, một giá trị min rồi dùng công thức (4-8) để tính và vẽ $M_{\max}$ và $M_{\min}$ cho các tiết diện (hình 5.3d).

b) Đem cộng biểu đồ M_g với từng biểu đồ M_p sẽ có được 6 biểu đồ riêng. Trên hình 5.3c₁ đến c₆ thể hiện các biểu đồ riêng ấy cho nửa dầm. Vẽ chung 6 biểu đồ riêng này trên cùng một trục, cùng một tỉ lệ. Hình bao mômen sẽ gồm các đoạn nằm ở bên ngoài của cả 6 biểu đồ. Hình 5.3e thể hiện cách làm này cho nửa dầm.



Hình 5.3: Cách tổ hợp để vẽ hình bao mômen dầm chính

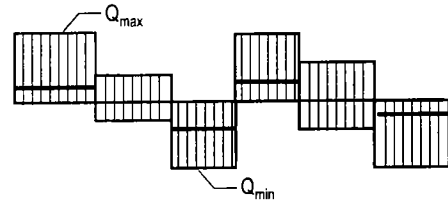
Ghi chú: Để tính M và Q của dầm ứng với từng trường hợp tải trọng chỉ đặt các tải trọng tác dụng ngoài gối tựa. Những tải trọng tác dụng ngay trên gối tựa chỉ gây ra phản lực gối tựa mà không gây ra nội lực (khi các gối không có chuyển vị).

Tương tự như cách tính vẽ hình bao mômen tiến hành tính và vẽ hình bao lực cắt (hình 5.4).

$$Q_{\max} = Q_g + \max Q_p \quad (5-5a)$$

$$Q_{\min} = Q_g + \min Q_p \quad (5-5b)$$

Trong phụ lục 12a cho một số biểu đồ mômen thành phần M_g và M_{pi} của các dầm có hai, ba, bốn nhịp với một số sơ đồ tải trọng. Trong mỗi biểu đồ đã cho giá trị của mômen ở một số tiết diện cơ bản, từ các giá trị đó có thể tính toán ra mômen ở các tiết diện khác. Lực cắt trong từng đoạn lấy bằng độ dốc của biểu đồ mômen.



Hình 5.4: Hình bao lực cắt dầm chính

Ngoài cách xét các trường hợp bất lợi của P và tổ hợp nội lực theo mục a, b trên đây còn có thể tính toán tung độ của hình bao nội lực theo các bảng lập sẵn.

$$M_{\max} = \alpha_g G l_t + \alpha_{p1} P l_t \quad (5-6a)$$

$$M_{\min} = \alpha_g G l_t - \alpha_{p2} P l_t \quad (5-6b)$$

$$Q_{\max} = \beta_g G + \beta_{p1} P \quad (5-7a)$$

$$Q_{\min} = \beta_g G - \beta_{p2} P \quad (5-7b)$$

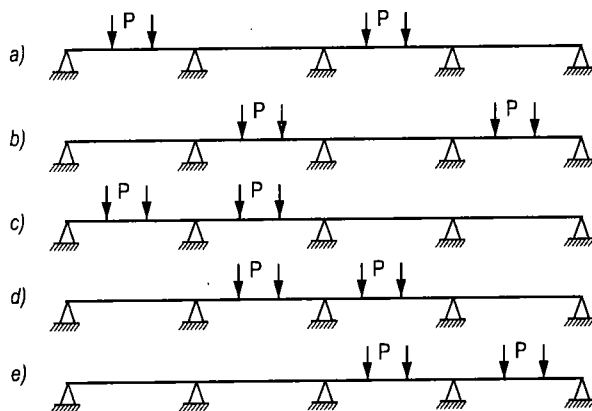
Các hệ số α, β được cho ở phụ lục 12b ứng với một số nhịp dầm và một số sơ đồ tải trọng. Các hệ số được cho tại những tiết diện đặc trưng.

Các số liệu trong phụ lục 12a và 12b được lập cho những dầm có các nhịp bằng nhau. Có thể dùng để tính cho dầm có nhịp gần bằng nhau với độ chênh lệch dưới 10%.

5.3.2. Tính dầm theo sơ đồ dẻo

Trước hết theo sơ đồ đàn hồi thành lập các biểu đồ nội lực do tĩnh tải và một số trường hợp bất lợi của hoạt tải (hình 5.3a, b). Để đơn giản việc tính toán có thể chỉ cần xét các trường hợp sau của P : đối với mômen dương ở nhịp - đặt hoạt tải cách nhịp, đối với mômen âm ở trên gối tựa - đặt hoạt tải lên hai nhịp kề sát gối đỡ.

Như vậy, đối với dầm 4 nhịp cần xét 5 trường hợp hoạt tải như trên hình 5.5 trong đó chỉ phải tính toán 3 lần vì sơ đồ 5.5b có thể suy ra từ 5.5a và sơ đồ 5.5e suy ra từ 5.5c.



Hình 5.5: Các trường hợp hoạt tải bất lợi để xác định M_{pi}

Dem cộng M_g và các M_{pi} được các biểu đồ thành phần sơ cấp M_i . Tiến hành điều chỉnh bằng cách phân phối lại mômen các biểu đồ sơ cấp sẽ được các biểu đồ thứ cấp M_i^* . Tập hợp các biểu đồ thứ cấp M_i^* sẽ cho hình bao mômen.

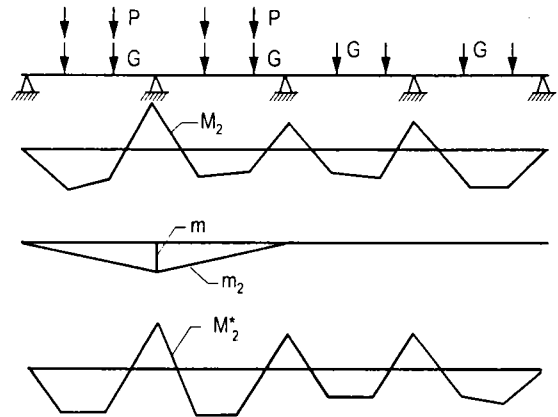
Cách điều chỉnh (phân phối lại mômen) như sau: ứng với mỗi biểu đồ sơ cấp M_i chọn một biểu đồ điều chỉnh m_i .

Cộng M_i với m_i sẽ được M_i^* (hình 5.6).

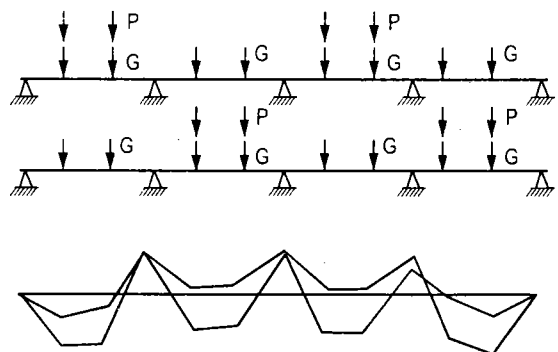
Biểu đồ điều chỉnh m_i lập nên bằng cách đặt vào tiết diện gối tựa (nơi dự định xuất hiện khớp dẻo) một mômen dương m với giá trị chọn tùy ý không lớn quá 30% giá trị mômen âm ở gối trong biểu đồ M_i . Biểu đồ m_i trong các nhịp lấy theo đường thẳng (hình 5.6).

Mục đích của việc điều chỉnh thường nhằm làm giảm mômen âm ở các tiết diện gối tựa (vì tính theo sơ đồ đàn hồi mômen này khá lớn). Vì vậy, chỉ điều chỉnh các biểu đồ sơ cấp nào có mômen âm ở gối tựa lớn, không điều chỉnh các biểu đồ có mômen dương lớn hoặc nếu có điều chỉnh thì phải lấy m là mômen âm.

Khi hoạt tải không lớn lắm ($P \leq 1,3G$) có thể xây dựng hình bao mômen một cách đơn giản bằng cách chỉ lấy các biểu đồ sơ cấp ứng với hoạt tải đặt cách nhịp ở các nhịp lẻ và nhịp chẵn và không cần điều chỉnh gì cả. Làm như vậy là tương tự như đã điều chỉnh mômen âm ở tiết diện trên gối tựa trường hợp lớn nhất (hoạt tải đặt lên hai nhịp liên kề) cho bằng mômen âm của trường hợp hoạt tải cách nhịp (hình 5.7).



Hình 5.6: Sơ đồ điều chỉnh mômen (trường hợp 2 của hoạt tải)



Hình 5.7: Hình bao mômen theo sơ đồ dẻo khi $P \leq 1,3G$

5.4. MÔMEN MÉP GỐI

Nhịp tính toán l_1 của dầm chính lấy đến trục của gối tựa (bằng nhịp nguyên l) vì vậy mômen âm ở tiết diện gối là ứng với tiết diện đi qua trục gối. Khi tính cốt thép thường chỉ lấy mômen ở mép gối M_{mg} (hình 5.8):

$$M_{mg} = M - \Delta M \quad (5-8)$$

$$\Delta M = 0,5Qh_c \quad (5-9)$$

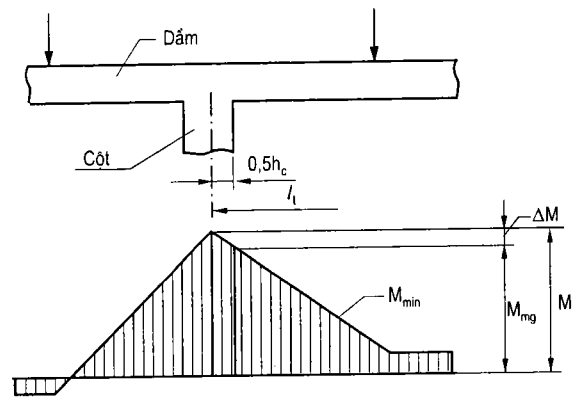
M - mômen ở tiết diện gối tựa;

h_c - kích thước tiết diện cột theo phương trục dầm;

Q - lực cắt, lấy bằng độ dốc của biểu đồ mômen $M_{\min}$ ở đoạn gần gối.

Tính toán $M_{\min}$ như trên thường chỉ thực hiện với sơ đồ đàn hồi và trong nhiều trường hợp ΔM là khá bé nên có thể bỏ qua và lấy $M_{\min} = M$.

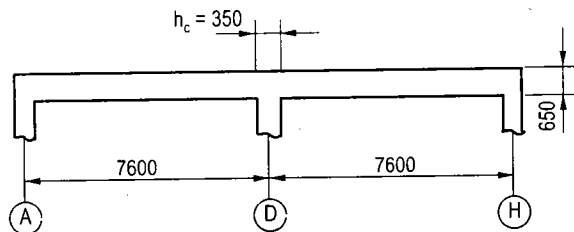
Khi tính theo sơ đồ dẻo, đã điều chỉnh để giảm M ở tiết diện gối tựa nên cũng có thể bỏ qua ΔM .



Hình 5.8: Sơ đồ tính mômen mép gối

5.5. THÍ DỤ

Thí dụ 5.1. Cho mặt bằng sàn trên hình 4.8 và theo số liệu của thí dụ 4.1. Cột có tiết diện $b_c = 300$; $h_c = 350$ mm, chiều cao $H = 5$ m. Yêu cầu tính toán nội lực dầm chính theo sơ đồ đàn hồi.



1. Sơ đồ dầm

Dầm chính ở các trục II, III là các dầm khung nhưng nhà đã có tường đủ chịu tải trọng gió, do đó có thể tính toán dầm chính chỉ chịu tải trọng thẳng đứng, bỏ qua tải trọng ngang. Dầm hai nhịp, gối tựa ở các trục A, D, H.

Nhịp tính toán:

$$l_t = 2500 + 2600 + 2500 = 7600\text{mm}$$

Tính sơ bộ chiều cao tiết diện dầm $h = \left(\frac{1}{8} \div \frac{1}{12}\right) l_t = 950 \div 633\text{mm}$. Chọn $h = 650\text{mm}$.

Bề rộng dầm đã chọn (thí dụ 4.1): $b = 300\text{mm}$.

Mômen quán tính tiết diện dầm:

$$J_d = \frac{bh^3}{12} = \frac{300 \times 650^3}{12} = 6,865 \times 10^9$$

Độ cứng đơn vị của dầm:

$$i_d = \frac{EJ_d}{l} = \frac{6,865 \times 10^9 E}{7600} = 903290E$$

Mômen quán tính tiết diện cột:

$$J_d = \frac{b_c h_c^3}{12} = \frac{300 \times 350^3}{12} = 1,072 \times 10^9$$

Độ cứng đơn vị của cột:

$$i_c = \frac{EJ_c}{H} = \frac{1,072 \times 10^9 E}{5000} = 214400E$$

Tỉ lệ độ cứng:

$$\frac{i_d}{i_c} = \frac{903290}{214400} = 4,2 > 4$$

Tỉ lệ độ cứng lớn hơn 4, có thể xem cột như các gối tựa để tính toán dầm như dầm liên tục.

2. Số liệu về tải trọng

Trọng lượng dầm tính thành phân bố đều, tính với bề rộng kể cả lớp trát là 320mm, chiều cao đã trừ đi phần bản 80mm và kể thêm lớp trát 10mm $(650 - 80 + 10) = 580$.

$$g_0 = 1,1 \times 0,32 \times 0,58 \times 25 = 5,1 \text{ kN/m}$$

Đưa g_0 về thành tải trọng tập trung:

$$G_0 = 0,5g_0(l_{1tr} + l_{1ph}) = 0,5 \times 5,1(2,5 + 2,6) = 13\text{kN}$$

Tải trọng trên dầm sàn đã tính được:

$$g_d = 9,65 \text{ kN/m}; \quad p_d = 12,24 \text{ kN/m}$$

Tải trọng từ dầm sàn truyền vào dầm chính:

$$G_1 = 0,5g_d(l_{2tr} + l_{2ph}) = 0,5 \times 9,65(6 + 6,2) = 58,87\text{kN}$$

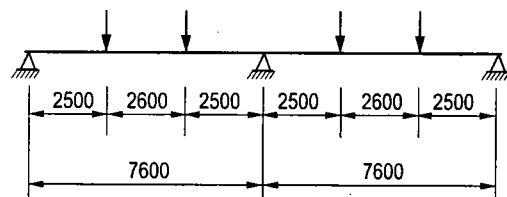
$$P = 0,5 \times 12,24(6 + 6,2) = 74,66\text{kN}$$

Tính tải tập trung:

$$G = G_0 + G_1 = 13 + 58,87 = 71,87\text{kN}$$

3. Mômen

Sơ đồ tính toán dầm như hình vẽ, bỏ qua các tải trọng đặt trực tiếp trên gối tựa. Trong mỗi nhịp có hai tải trọng tập trung với khoảng cách không bằng nhau. Tuy vậy để có thể dùng các bảng lập sẵn với khoảng



cách giữa các lực bằng nhau có thể dịch chuyển vị trí đặt lực tập trung trong khoảng 0,05l. Dùng sơ đồ tính với khoảng cách giữa các lực bằng nhau và bằng $\frac{1}{3}l = \frac{7600}{3} = 2533$. Dịch chuyển vị trí đặt tải trọng một đoạn: $2533 - 2500 = 33\text{mm}$, nhỏ hơn $0,05l = 0,05 \times 7600 = 380\text{mm}$.

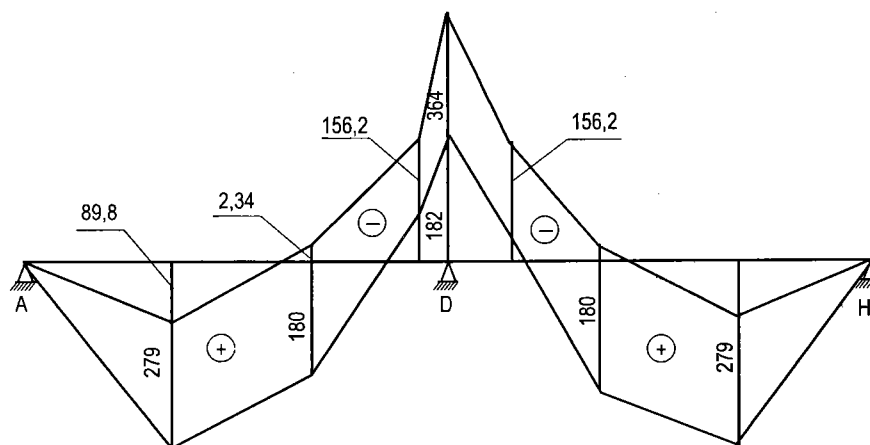
Dùng số liệu của phụ lục 12b để xác định tung độ hình bao mômen:

$$M_{\max} = \alpha_g Gl + \alpha_{p1} Pl$$

$$M_{\min} = \alpha_g Gl + \alpha_{p2} Pl$$

Với sơ đồ dầm hai nhịp, trong mỗi nhịp có hai tải trọng với khoảng cách $\frac{l}{3}$ có các hệ số α và tính ra M ghi ở bảng sau (tính cho một nửa dầm).

a/l	α_g	$\alpha_g Gl$	α_{p1}	$\alpha_{p1} Pl$	α_{p2}	$\alpha_{p2} Pl$	$M_{\max}$	$M_{\min}$
0,333	0,2222	121,4	0,2778	157,6	0,0556	31,55	279	89,8
0,667	0,1111	60,7	0,2222	120,1	0,1111	63,04	180,8	-2,34
0,857	-0,1430	-78,1	0,0		0,1430	81,14	-78,1	-156,2
1,00	-0,3333	-182	0,0		0,3333	189,12	-182	-364



Hình 5.9: Hình bao mômen của thí dụ 5.1

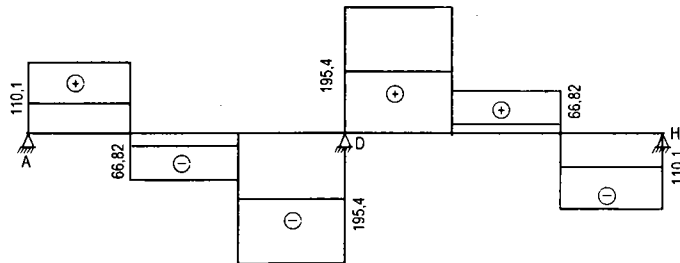
4. Lực cắt

$$Q_{\max} = \beta_g G + \beta_{p1} P$$

$$Q_{\min} = \beta_g G - \beta_{p2} P$$

Hệ số β và $Q_{\max}$, $Q_{\min}$ được trình bày trong bảng:

Đoạn	β_g	$\beta_g G$	β_{p1}	$\beta_{p1} P$	β_{p2}	$\beta_{p2} P$	$Q_{\max}$	$Q_{\min}$
I	0,6667	47,92	0,8333	62,21	0,1667	12,45	110,1	35,47
II	-0,3333	-23,96	0,2407	17,97	0,5741	42,86	-5,99	-66,82
III	-1,3333	-95,83	0,0		1,3333	99,54	-95,83	-195,4



Hình 5.10: Hình bao lực cắt của thí dụ 5.1

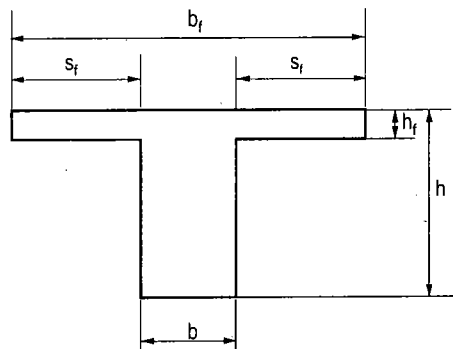
Chương 6

TÍNH TOÁN CỐT THÉP DẦM

6.1. TIẾT DIỆN DẦM

6.1.1. Tiết diện chữ T

Dầm được đúc liền với bản sàn, một phần của bản cùng làm việc với dầm tạo ra tiết diện chữ T gồm phần cánh và phần sườn (hình 6.1). Chiều dày của cánh là h_f bằng chiều dày của bản. Chiều cao tiết diện h là bao gồm cả h_f . Bề rộng cánh b_f được lấy như sau:



Khi cả hai bên dầm đều có bản thì:

$$b_f = b + 2s_f$$

s_f - độ vược của cánh.

Hình 6.1: Tiết diện dầm

Theo tiêu chuẩn thiết kế TCXDVN 356 : 2005, lấy s_f không lớn hơn 1/6 nhịp tính toán của dầm và còn cần tuân theo điều kiện sau:

- Khi có dầm ngang hoặc khi $h_f > 0,1h$: s_f không lớn hơn khoảng cách thông thủy giữa hai dầm dọc (dầm dọc là dầm đang xét).
- Khi không có dầm ngang hoặc khi khoảng cách giữa chúng lớn hơn khoảng cách giữa các dầm dọc và khi $h_f < 0,1h$ thì $s_f \leq 6h_f$.

Theo tác giả, trong kết cấu sàn sườn toàn khối chỉ nên lấy $s_f \leq 6h_f$ cho mọi trường hợp dầm sàn và dầm chính.

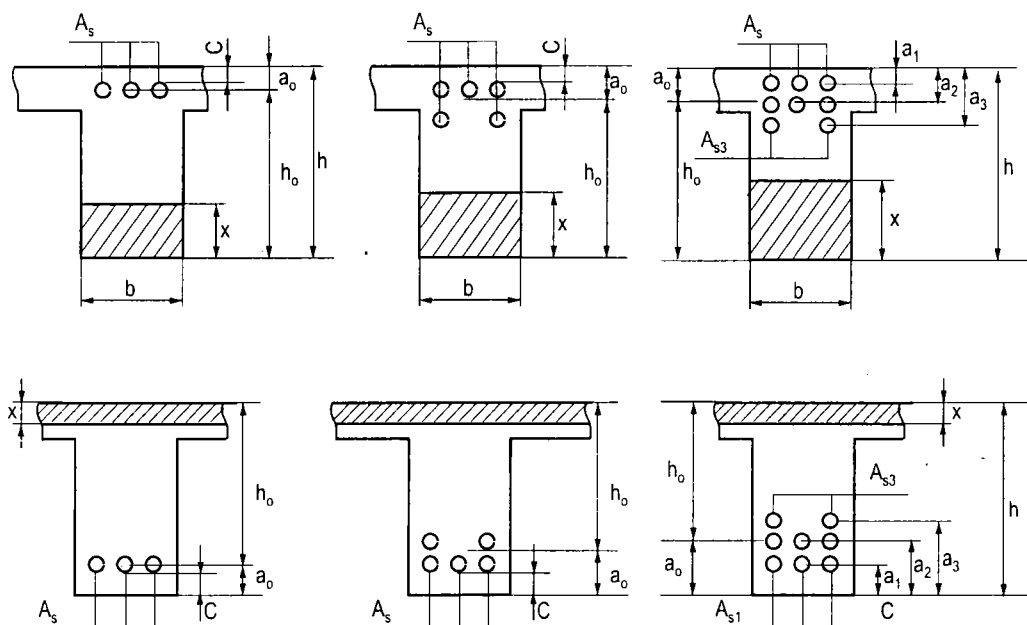
6.1.2. Chiều cao làm việc

Đặt h_0 là chiều cao làm việc (hoặc chiều cao có ích) của tiết diện, là khoảng cách từ trọng tâm cốt thép chịu kéo A_s đến mép chịu nén:

$$h_0 = h - a_0$$

a_0 - chiều dày lớp đệm, là khoảng cách từ trọng tâm A_s đến mép vùng kéo.

Trong dầm có thể đặt cốt thép dọc A_s thành một hoặc nhiều hàng, tùy trường hợp mà xác định a_0 như trên hình 6.2. Với tiết diện chịu mômen âm A_s đặt ở phía trên, với mômen dương A_s ở phía dưới.



Hình 6.2: Sơ đồ xác định a_0 và h_0
(x - chiều cao vùng bê tông chịu nén)

Khi cốt thép chỉ đặt thành một hàng: $a_0 = c + 0,5\phi$ với c là chiều dày lớp bảo vệ.

Khi đặt cốt thép thành nhiều hàng với diện tích các hàng là $A_{s1}, A_{s2}, \dots$, khoảng cách từ trọng tâm mỗi hàng đến mép vùng kéo là $a_1, a_2, \dots$ thì có thể tính a_0 theo công thức lý thuyết:

$$a_0 = \frac{\sum A_{si} a_i}{\sum A_{si}}$$

Trong tính toán thực hành có thể xác định a_0 một cách gần đúng.

6.2. NỘI DUNG VÀ SỐ LIỆU TÍNH TOÁN

6.2.1. Các nội dung tính toán

Dầm cần được tính toán cốt thép dọc để chịu mômen và cốt thép ngang để chịu lực cắt. Khi tính toán cốt thép dọc cần phân biệt mômen âm và mômen dương để có cách tính khác nhau, cũng cần biết mômen được tính theo sơ đồ đàn hồi hay sơ đồ dẻo để lấy hệ số hạn chế chiều cao vùng nén khác nhau.

Cốt thép ngang trong dầm chủ yếu là cốt thép đai, ngoài ra trong một số trường hợp đặc biệt có thể thêm cốt thép xiên.

Tính toán cốt thép cho dầm có thể có một số phương pháp khác nhau. Tài liệu này trình bày cách tính toán theo Tiêu chuẩn thiết kế TCXDVN 356 : 2005 dựa trên phương pháp trạng thái giới hạn.

6.2.2. Số liệu để tính toán

Nội lực của dầm được lấy theo kết quả tính toán đã trình bày trong chương 4 và 5. Kích thước hình học của tiết diện đã được chọn sơ bộ theo mục 4.1.4. Cường độ tính toán của bê tông R_b và R_{bt} , cường độ tính toán của cốt thép R_s và R_{sc} được cho ở phụ lục 13, 15. Hệ số hạn chế chiều cao vùng nén ξ_R hoặc ξ_D được cho ở phụ lục 16.

6.3. TÍNH TOÁN CỐT THÉP DỌC

6.3.1. Các trường hợp tính toán

Tùy theo mômen là dương hay âm mà lấy tiết diện tính toán khác nhau. Tiết diện chữ T có cánh ở phía trên, với mômen âm cánh nằm trong vùng kéo do đó bỏ qua phần vòm của cánh, chỉ tính theo tiết diện chữ nhật $b \times h$; với mômen dương cánh nằm trong vùng nén, tính theo tiết diện chữ T có bề rộng cánh b_f .

Khi mômen được tính theo sơ đồ đàn hồi cần tra hệ số hạn chế chiều cao vùng nén ξ_R còn khi tính theo sơ đồ dẻo tra hệ số ξ_D .

Phân biệt hai trường hợp: tiết diện đặt cốt thép đơn và tiết diện đặt cốt thép kép.

Tiết diện đặt cốt thép đơn khi trong tính toán chỉ kể đến cốt thép chịu kéo A_s , cốt thép đặt trong vùng nén chỉ được xem là cốt thép cấu tạo.

Tiết diện đặt cốt thép kép khi trong tính toán kể đến cốt thép chịu kéo A_s và cốt thép chịu nén A'_s .

Việc tính toán các tiết diện ứng với từng trường hợp đặt cốt thép được trình bày sau đây.

6.3.2. Tiết diện chữ nhật đặt cốt thép đơn

1. Số liệu

Biết M , b , h , chủng loại vật liệu. Giả thiết a_0 để xác định h_0 . Thông thường giả thiết $a_0 = (0,06 \div 0,12)h$. Tra bảng để tìm R_b , R_s và hệ số ξ_R hoặc ξ_D .

2. Tính toán

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_0^2} \quad (6-1)$$

Đặt $\xi = \frac{x}{h_0}$ với x là chiều cao vùng chịu nén.

Từ α_m có thể tra bảng phụ lục 17 ra ξ hoặc tính ξ theo công thức:

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m} \quad (6-2)$$

Kiểm tra hệ số ξ .

Với mômen tính theo sơ đồ đàn hồi:

$$\xi \leq \xi_R \quad (6-3a)$$

Với mômen tính theo sơ đồ dẻo:

$$\xi \leq \xi_D \quad (6-3b)$$

Giá trị bé nhất của ξ_R và ξ_D bằng 0,3 ứng với $\alpha_m = 0,255$. Vì vậy, khi tính được $\alpha_m < 0,255$ thì không cần kiểm tra ξ .

Khi điều kiện về ξ được thỏa mãn, tính $\gamma = 1 - 0,5\xi$. γ là hệ số cánh tay đòn nội lực. Cũng có thể từ α_m tra ra γ theo phụ lục 17 hoặc tính γ theo công thức:

$$\gamma = 0,5 \left(1 + \sqrt{1 - 2\alpha_m} \right) \quad (6-4)$$

Tính diện tích cốt thép A_s theo công thức:

$$A_s = \frac{M}{R_s \gamma h_0} \quad (6-5)$$

3. Xử lí kết quả

Tính tỉ lệ cốt thép $\mu = \frac{A_s}{bh_0}$ hoặc $\mu\% = \frac{100A_s}{bh_0}$. Điều kiện hạn chế cốt thép tối thiểu

là: $\mu \geq \mu_{\min}$.

Tiêu chuẩn TCXDVN 356 : 2005 quy định $\mu_{\min} = 0,0005 = 0,05\%$. Tác giả nhận thấy $\mu_{\min}$ như vậy quá bé, đề nghị tăng $\mu_{\min}$ lên, lấy bằng $0,001 = 0,1\%$.

Nếu xảy ra $\mu < \mu_{\min}$ chứng tỏ kích thước tiết diện quá lớn, nếu có thể thì rút bớt để tính toán lại. Khi vẫn giữ nguyên tiết diện thì phải lấy cốt thép theo yêu cầu tối thiểu là $A_s = \mu_{\min} bh_0$.

Sau khi chọn và bố trí cốt thép (chiều dày lớp bảo vệ c , số lượng và đường kính ϕ trong mỗi hàng...) cần kiểm tra khoảng hở của cốt thép (theo điều kiện cấu tạo - xem chi tiết ở mục 7.1.3 chương 7) và tính toán lại giá trị chiều dày lớp đệm a_0 . Khi a_0 thực tế nhỏ hơn a_0 đã giả thiết thì kết quả thiên về an toàn. Nếu a_0 thực tế lớn hơn a_0 đã giả thiết một cách đáng kể (làm cho h_0 giảm xuống) thì cần tính toán lại với a_0 mới.

Xem các thí dụ 6.1, 6.2.

4. Trường hợp đặc biệt

Khi điều kiện (6-3) không được thỏa mãn chứng tỏ kích thước tiết diện quá bé. Nếu được thì nên tăng kích thước hoặc tăng cấp bê tông (nhằm tăng R_b) để tính toán lại. Khi không thể tăng như vừa nêu thì chuyển sang tính toán tiết diện đặt cốt thép kép.

6.3.3. Tiết diện chữ nhật đặt cốt thép kép

Tiết diện chịu mômen âm được thể hiện trên hình 6.3. Có thể gặp một trong hai loại bài toán:

- 1 - Tính toán cả cốt thép A'_s và A_s ;
- 2 - Tính toán cốt thép A_s khi đã biết A'_s .

1. Bài toán tính A'_s và A_s

Khi biết M và kích thước tiết diện trước hết tính toán theo trường hợp cốt thép đơn, dùng công thức (6-1) và (6-2). Khi điều kiện (6-3) không thỏa mãn thì chuyển sang tính cốt thép kép. Tuy vậy, cũng chỉ nên tính toán khi thỏa mãn điều kiện $\alpha_m \leq 0,5$. Nếu $\alpha_m > 0,5$ chứng tỏ kích thước tiết diện quá bé, cần thiết phải tăng lên.

Giả thiết chiều dày lớp đệm a' . Tự chọn một giá trị x thỏa mãn biểu thức (6-6):

$$2a' \leq x \leq \xi_D h_0 \text{ hoặc } \xi_R h_0 \quad (6-6)$$

Tính A'_s theo công thức (6-7) được kết quả $A'_s > 0$, tính A_s theo công thức (6-8):

$$A'_s = \frac{M - R_b b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right)}{R_{sc} (h_0 - a')} \quad (6-7)$$

$$A_s = \frac{R_b b x + R_{sc} A'_s}{R_s} \quad (6-8)$$

R_{sc} - cường độ tính toán về nén của cốt thép. Với các cốt thép thông thường có $R_s \leq 400\text{MPa}$ thì $R_{sc} = R_s$.

Sau khi chọn và bố trí cốt thép cần kiểm tra lại a_0 , a' và khoảng hở của cốt thép. Xem thí dụ 6.3 và 6.4.

2. Bài toán tính A_s khi biết A'_s

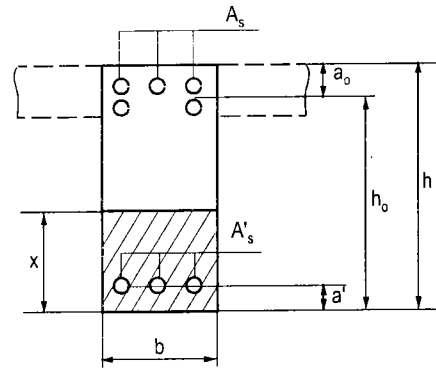
Có thể biết trước A'_s bằng cách chọn trước, ví dụ kéo cốt thép giữa nhịp vào gối. Lúc này A'_s và a' đã biết. Giả thiết a_0 để tính h_0 .

$$\alpha_m = \frac{M - R_{sc} A'_s (h_0 - a')}{R_b b h_0^2} \quad (6-9)$$

Từ α_m tra bảng hoặc tính ra ξ theo công thức (6-2).

Tính $x = \xi h_0$ và kiểm tra theo điều kiện (6-6). Khi điều kiện này được thỏa mãn thì tính A_s theo công thức (6-8).

Nếu xảy ra $x > \xi_D h_0$ (hoặc $\xi_R h_0$) chứng tỏ A'_s đã chọn là chưa đủ, cần chọn tăng A'_s rồi tính lại hoặc tính A'_s theo công thức (6-7).



Hình 6.3: Tiết diện dầm cốt thép kép chịu mômen âm

Nếu xảy ra $x < 2a'$ kể cả trường hợp $\alpha_m < 0$ chứng tỏ A'_s đã chọn quá lớn, nếu được thì giảm A'_s để tính toán lại. Khi không thể giảm A'_s thì tính A_s theo công thức (6-10) trong đó cánh tay đòn nội lực Z được lấy bằng trị số lớn hơn trong hai trị số Z_a và Z_b .

$$A_s = \frac{M}{R_s Z} \quad (6-10)$$

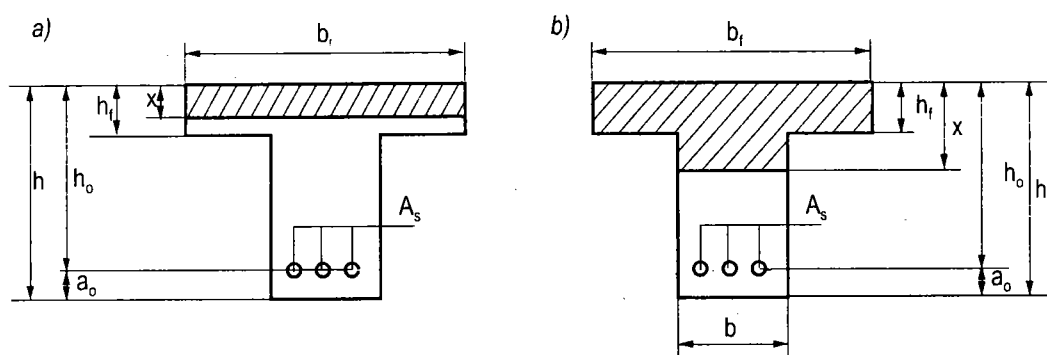
$$Z_a = h_0 - a'; \quad Z_b = h_0(1 - 0,5\xi) \quad (6-11)$$

Trong công thức (6-11) ξ được tính theo công thức (6-2) với α_m tính theo (6-1).

Xem thí dụ 6.5.

6.3.4. Tiết diện chữ T

Với mômen dương tính toán theo tiết diện chữ T có cánh trong vùng nén. Sơ đồ tiết diện trên hình 6.4.



Hình 6.4: Sơ đồ tiết diện chữ T

Xét hai trường hợp: trục trung hòa qua cánh và qua sườn. Để phân biệt cần tính mômen phân giới M_f .

$$M_f = R_b b_f h_f (h_0 - 0,5h_f) \quad (6-12)$$

1. Trục trung hòa qua cánh

Thể hiện bởi $x < h_f$. Điều kiện để trục trung hòa qua cánh là $M < M_f$. Lúc này tính toán theo tiết diện chữ nhật có bề rộng b_f , dùng công thức (6-1) tính α_m trong đó thay b bằng b_f . Tính γ theo công thức (6-3) và A_s theo (6-4). Xem thí dụ 6.6.

2. Trục trung hòa qua sườn

Thể hiện bởi $x > h_f$. Điều kiện là $M > M_f$. Lúc này tính α_m theo công thức:

$$\alpha_m = \frac{M - R_b (b_f - b) h_f (h_0 - 0,5h_f)}{R_b b h_0^2} \quad (6-13)$$

Tính ξ theo công thức (6-2) hoặc tra bảng phụ lục 17. Kiểm tra ξ theo điều kiện (6-3). Khi thỏa mãn điều kiện (6-3) thì tính A_s theo công thức:

$$A_s = \frac{R_b b x + R_b (b_f - b) h_f}{R_s} \quad (6-14)$$

* Trường hợp đặc biệt:

Nếu không thỏa mãn điều kiện (6-3) chứng tỏ kích thước tiết diện quá bé, cần tăng kích thước để tính lại hoặc chuyển sang tính toán tiết diện chữ T đặt cốt thép kép. Trường hợp này hầu như không xảy ra đối với dầm của kết cấu sàn, ở đây không trình bày.

6.3.5. Thí dụ

Thí dụ 6.1: Lấy kết quả nội lực đã tính ở thí dụ 4.1, mômen âm ở gối II là $M = 48,21 \text{ kNm}$. Tiết diện dầm $b = 200 \text{ mm}$, $h = 400 \text{ mm}$. Bê tông cấp B15. Yêu cầu tính toán, bố trí cốt thép bằng thép nhóm CI.

1. Số liệu

Mômen âm, cánh trong vùng kéo, tính toán theo tiết diện chữ nhật $b = 200$; $h = 400 \text{ mm}$. Giả thiết $a_0 = 50 \text{ mm}$; $h_0 = 400 - 50 = 350 \text{ mm}$. B15 có $R_b = 8,5 \text{ MPa}$; cốt thép CI có $R_s = 225 \text{ MPa}$. Nội lực theo sơ đồ dẻo, $\xi_D = 0,37$.

2. Tính toán

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_0^2} = \frac{48,21 \times 1000000}{8,5 \times 200 \times 350^2} = 0,2315$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m} = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,2315} = 0,2672$$

$$\xi < \xi_D = 0,37; \quad \gamma = 1 - 0,5\xi = 1 - 0,5 \times 0,2672 = 0,866$$

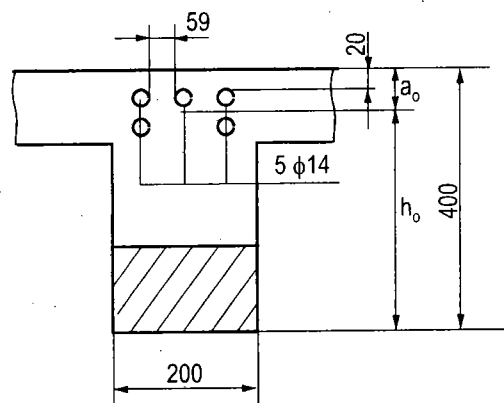
$$A_s = \frac{M}{R_s \gamma h_0} = \frac{48210000}{225 \times 0,866 \times 350} = 707 \text{ mm}^2$$

$$\mu = \frac{A_s}{b h_0} = \frac{707}{200 \times 350}$$

$$= 0,01 = 1\% > \mu_{\min} = 0,1\%$$

3. Bố trí cốt thép

Chọn $5\phi 14$, $A_s = 769 \text{ mm}^2$ đặt thành hai hàng như trên hình 6.5. Lớp bảo vệ $c = 20 \text{ mm}$, khoảng hở giữa hai hàng cốt thép theo phương đứng lấy bằng 30 mm . Tính toán gần đúng a_0 .



Hình 6.5: Tiết diện dầm theo thí dụ 6.1

$$a_0 = 20 + 14 + \frac{30}{2} = 49\text{mm} \text{ nhỏ hơn giá trị đã giả thiết là } 50\text{mm}.$$

Khoảng hở theo phương ngang giữa các cốt thép ở hàng trên:

$$t = \frac{200 - 2 \times 20 - 3 \times 14}{2} = 59\text{mm} \rightarrow \text{Đạt yêu cầu.}$$

Thí dụ 6.2: Lấy kết quả tính nội lực ở thí dụ 4.2, tại tiết diện gối tựa có mômen âm $M = 76,44\text{kNm}$, tính theo sơ đồ đàn hồi. Yêu cầu tính cốt thép CII. Bê tông cấp B20.

1. Số liệu

$M = 76,44$; mômen âm, tiết diện chữ T có cánh trong vùng kéo, tính theo tiết diện chữ nhật, $b = 200\text{mm}$, $h = 400\text{mm}$; giả thiết $a_0 = 50$; $h_0 = 400 - 50 = 350\text{mm}$. B20 có $R_b = 11,5\text{MPa}$; cốt thép CII có $R_s = 280\text{MPa}$. Nội lực theo sơ đồ đàn hồi, hệ số ξ_R ứng với B20 và $R_s = 280$ là $\xi_R = 0,622$.

2. Tính toán

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_0^2} = \frac{76,44 \times 100000}{11,5 \times 200 \times 350^2} = 0,2713$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,2713} = 0,324 < \xi_R = 0,622$$

$$\gamma = 1 - 0,5 \times 0,324 = 0,838$$

$$A_s = \frac{M}{R_s \gamma h_0} = \frac{76,44 \times 100000}{280 \times 0,838 \times 350} = 930,8\text{mm}^2$$

$$\mu = \frac{930,8}{200 \times 350} = 0,0133 = 1,33\% > \mu_{\min} = 0,1\%$$

3. Chọn, bố trí cốt thép

Chọn $4\phi 16 + \phi 14 = 80,4 + 154 = 958\text{mm}^2$. Bố trí thành 2 hàng như trên hình 6.5 trong đó hàng trên đặt $2\phi 16 + \phi 14$, hàng dưới $2\phi 16$.

Thí dụ 6.3: Lấy kết quả nội lực ở thí dụ 4.4. Tại gối B (tiết diện 5) có mômen âm $M = 131,4\text{kNm}$, tiết diện $b = 220\text{mm}$; $h = 500\text{mm}$. Yêu cầu tính cốt thép bằng thép nhóm CII. Bê tông cấp B15.

1. Số liệu

$M = 131,4\text{kNm}$; mômen âm, tiết diện chữ T có cánh trong vùng kéo, tính toán theo tiết diện chữ nhật, $b = 220\text{mm}$; $h = 500\text{mm}$. Giả thiết $a_0 = 50\text{mm}$; $h_0 = 500 - 50 = 450\text{mm}$. Bê tông B15 có $R_b = 8,5\text{MPa}$, cốt thép CII có $R_s = R_{sc} = 280\text{MPa}$. Nội lực theo sơ đồ dẻo $\xi_D = 0,37$.

2. Tính toán

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_0^2} = \frac{131,4 \times 1000000}{8,5 \times 220 \times 450^2} = 0,347$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m} = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,347} = 0,447 > \xi_D = 0,37$$

Đồng thời $\alpha_m < 0,5$ - Cần và được tính tiết diện đặt cốt thép kép. Giả thiết $a' = 35\text{mm}$; $2a' = 70\text{mm}$. $\xi_D h_0 = 0,37 \times 450 = 166\text{mm}$. Chọn $x = 160\text{mm}$ thỏa mãn điều kiện $2a' < x < \xi_D h_0$.

$$A'_s = \frac{M - R_b b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right)}{R_{sc} (h_0 - a')} = \frac{131400000 - 8,5 \times 220 \times 160(450 - 80)}{280(450 - 35)} = 178\text{mm}^2$$

$$A_s = \frac{R_b b x + R_{sc} A'_s}{R_s} = \frac{8,5 \times 220 \times 160}{280} + 178 = 1247\text{mm}^2$$

$$A_{st} = A'_s + A_s = 178 + 1247 = 1425\text{mm}^2$$

Thí dụ 6.4: Cho dầm liên tục, nội lực tính theo sơ đồ đàn hồi có mômen âm ở gối tựa $M = 280\text{kNm}$ (với dầm chính đó là mômen ở mép gối). Tiết diện $b = 250$; $h = 600\text{mm}$. Bê tông cấp B15. Yêu cầu tính toán cốt thép bằng loại RB400.

1. Số liệu

Giả thiết $a_0 = 60\text{mm}$; $h_0 = 600 - 60 = 540\text{mm}$. $R_b = 8,5\text{MPa}$; $R_s = R_{sc} = 365\text{MPa}$. Hệ số $\xi_R = 0,618$.

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_0^2} = \frac{280 \times 1000000}{8,5 \times 250 \times 540^2} = 0,452$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,452} = 0,69 > \xi_R = 0,618.$$

Cần tính cốt thép kép. Giả thiết $a' = 40\text{mm}$. $\xi_R h_0 = 0,618 \times 540 = 333\text{mm}$. Chọn $x = 320\text{mm}$ thỏa mãn: $2a' < x < \xi_D h_0$. Đồng thời $\alpha_m < 0,5$.

$$A'_s = \frac{M - R_b b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right)}{R_{sc} (h_0 - a')} = \frac{280000000 - 8,5 \times 250 \times 320(540 - 180)}{365(540 - 40)} = 193\text{mm}^2$$

$$A_s = \frac{R_b b x + R_{sc} A'_s}{R_s} = \frac{8,5 \times 250 \times 320}{365} + 193 = 2056\text{mm}^2$$

Thí dụ 6.5: Với số liệu của thí dụ 6.3, phía chịu nén đã có sẵn $2\phi 18$ do cốt thép từ nhịp kéo vào. Yêu cầu tính cốt thép A_s .

1. Số liệu

$b = 220$; $h_0 = 450\text{mm}$; $A'_s = 2\phi 18 = 509\text{mm}^2$, $a' = 35\text{mm}$; $M = 131,4\text{kNm}$; $R_b = 8,5\text{MPa}$; $R_s = R'_s = 280\text{MPa}$. Hệ số $\xi_D = 0,37$.

2. Tính toán

$$\alpha_m = \frac{M - R_{sc} A'_s (h_0 - a')}{R_b b h_0^2} = \frac{131400000 - 280 \times 509 (450 - 30)}{8,5 \times 2 \times 450^2} = 0,189$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,189} = 0,212 < \xi_D = 0,37$$

$$x = \xi h_0 = 0,212 \times 450 = 95,4\text{mm} > 2a' = 70\text{mm}$$

$$A_s = \frac{R_b b x + R_{sc} A'_s}{R_s} = \frac{8,5 \times 220 \times 95,4}{280} + 509 = 1146\text{mm}^2$$

Nhận xét: Cùng số liệu về nội lực và tiết diện khi tăng A'_s (từ 178 lên 509mm^2) thì A_s giảm xuống (từ 1247 xuống 1146). Tuy vậy, khi tăng A'_s thì tổng A_{st} tăng lên.

$$A_{st} = A'_s + A_s = 509 + 1146 = 1655 \text{ lớn hơn } 1452 \text{ ở thí dụ 6.3}$$

Thí dụ 6.6: Lấy kết quả tính nội lực ở thí dụ 4.1. Mômen dương ở nhịp biên $M = 61,35\text{kNm}$. Tiết diện $b = 200$; $h = 400$; bê tông cấp B15. Yêu cầu tính cốt thép dọc bằng thép nhóm CI.

1. Số liệu

Tiết diện chịu mômen dương, cánh trong vùng nén, tính theo tiết diện chữ T với $h_f = 80\text{mm}$ bằng bề dày của bản. Lấy $s_f = 6h_f = 6 \times 80 = 480\text{mm}$ thỏa mãn điều kiện nhỏ hơn $1/6$ nhịp dầm (nhịp dầm $l_t = 5822\text{mm}$).

$$b_f = b + 2s_f = 200 + 2 \times 480 = 1160\text{mm}$$

Giả thiết: $a_0 = 35\text{mm}$; $h_0 = 400 - 35 = 365\text{mm}$

$$R_b = 8,5\text{MPa}; R_s = 225\text{MPa}; \text{hệ số } \xi_D = 0,37$$

2. Tính toán

$$M_f = R_b b_f h_f (h_0 - 0,5h_f) = 8,5 \times 1160 \times 80 (365 - 40)$$

$$M_f = 256000000\text{Nmm} = 256\text{kNm}$$

$M = 61,35 < M_f$. Trục trung hòa qua cánh. Tính toán theo tiết diện chữ nhật thay bằng b_f .

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b_f h_0^2} = \frac{61,35 \times 1000000}{8,5 \times 1160 \times 365^2} = 0,0467$$

$\alpha_m < 0,255$; không cần xác định và kiểm tra ξ .

$$\gamma < 0,5 \left(1 + \sqrt{1 - 2\alpha_m} \right) = 0,5 \left(1 + \sqrt{1 - 2 \times 0,0467} \right) = 0,976$$

$$A_s = \frac{M}{R_s \gamma h_0} = \frac{61350000}{225 \times 0,976 \times 365} = 765,4 \text{ mm}^2$$

$$\mu = \frac{A_s}{bh_0} = \frac{765,4}{200 \times 365} = 0,0105 = 1,05\% > \mu_{\min}$$

Chú ý: Với tiết diện chữ T khi tính tỉ lệ cốt thép vẫn so sánh A_s với bh_0 trong đó b luôn luôn là bề rộng của sườn.

3. Chọn và bố trí cốt thép

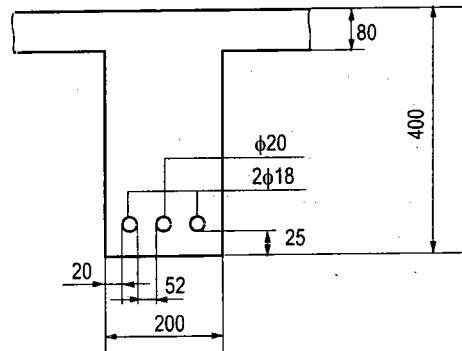
Với $A_s = 765,4$ có thể chọn:

$$2\phi 18 + \phi 20 = 509 + 314 = 823 \text{ mm}^2$$

Chiều dày lớp bảo vệ ở phía dưới lấy bằng 25mm, tính lại được $a_0 = 35\text{mm}$, bằng giá trị đã giả thiết.

Chiều dày lớp bảo vệ ở mặt bên lấy bằng 20mm $> \phi = 18$. Khoảng hở giữa các thanh thép:

$$t = \frac{200 - 2 \times 20 - 2 \times 18 - 20}{2} = 52 \text{ mm} \rightarrow \text{Đạt yêu cầu}$$



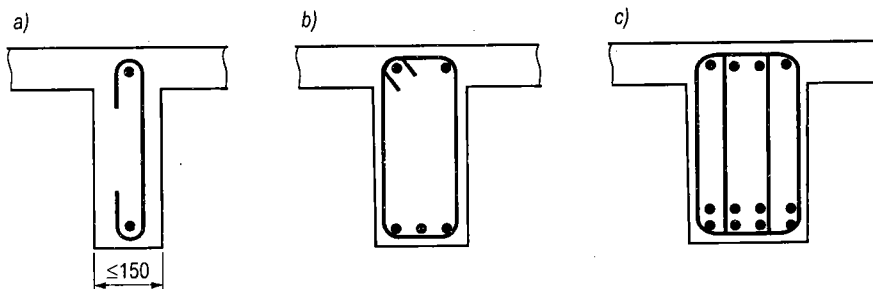
Hình 6.6: Tiết diện dầm theo thí dụ 6.6

6.4. ĐẠI CƯƠNG VỀ CẤU TẠO VÀ TÍNH TOÁN CỐT THÉP ĐAI

6.4.1. Cấu tạo cốt thép đai

Trong dầm cần đặt cốt thép đai ôm lấy toàn bộ cốt thép dọc, liên kết với chúng tạo thành khung cốt thép vững chắc.

Đường kính tối thiểu của cốt thép đai lấy bằng: 5mm khi chiều cao tiết diện dầm $h \leq 800\text{mm}$, 8mm khi $h > 800$.



Hình 6.7: Sơ nhánh cốt thép đai

Cốt thép đai đặt thành từng lớp, số nhánh đứng trong mỗi lớp phụ thuộc vào bề rộng b và số lượng cốt thép dọc. Khi $b \leq 150\text{mm}$ có thể dùng đai một nhánh (hình 6.7a). Với b không lớn và số cốt thép dọc vừa phải thường dùng đai hai nhánh (hình 6.7b). Khi b khá lớn và có nhiều cốt thép dọc cần cấu tạo cốt thép đai có số nhánh nhiều hơn (hình 6.7c).

Khoảng cách giữa các lớp cốt thép đai là s có thể đều hoặc không đều trong toàn nhịp dầm. Đặt cốt thép đai đều (hình 6.8a) sẽ thuận tiện cho thi công nhưng không hợp lý về mặt sử dụng tiết kiệm thép. Tiêu chuẩn TCXDVN 356 : 2005 chia dầm ra các đoạn để quy định về khoảng cách cấu tạo của cốt thép đai: đoạn dầm gần gối tựa có chiều dài S_g và đoạn giữa dầm.

Với dầm chịu tải trọng phân bố: $S_g = \frac{1}{4}l$

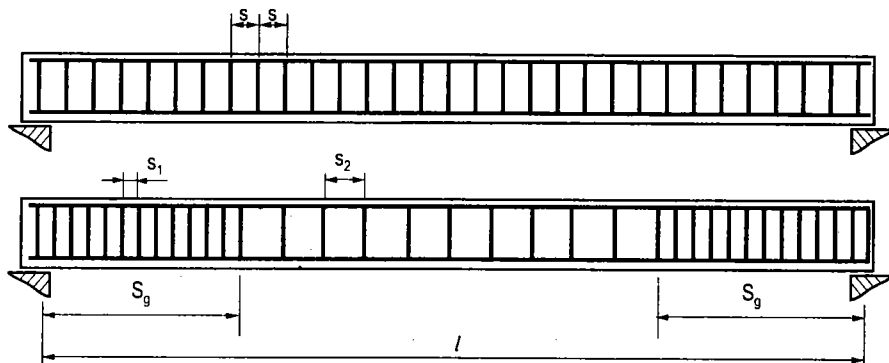
Với dầm chịu tải trọng tập trung: $S_g = \max(v \text{ và } \frac{1}{4}l)$

(l - nhịp dầm; v - khoảng cách từ gối tựa đến điểm đặt tải trọng tập trung.)

Trong đoạn S_g khoảng cách cấu tạo giữa các lớp cốt thép đai không được vượt quá:

150mm và $0,5h$ khi $h \leq 450\text{mm}$

500mm và $h/3$ khi $h > 450$.



Hình 6.8: Khoảng cách các lớp cốt thép đai

Trong đoạn giữa dầm, khi $h > 300\text{mm}$ thì khoảng cách s không lớn hơn $3/4h$ và 500mm. Khi $h \leq 300\text{mm}$ và nếu theo tính toán không cần đến cốt thép đai thì có thể không đặt.

Ghi chú đặc biệt: Khi mà trong tính toán có kể đến cốt thép chịu nén A'_s thì trong đoạn dầm đang xét đặt cốt thép đai còn phải theo quy định đối với cấu kiện chịu nén:

$$\phi_{\text{đai}} \geq \frac{1}{4} \phi_{\text{max}} \text{ và } s \leq 15\phi_{\text{min}}$$

(ϕ_{max} , ϕ_{min} - đường kính lớn nhất và nhỏ nhất của cốt thép chịu nén)

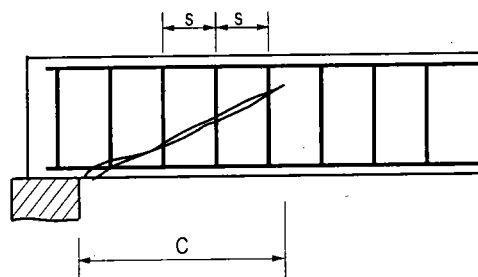
6.4.2. Quy định tính toán của tiêu chuẩn

Tính toán cốt thép đai chịu lực cắt là tính toán theo khả năng chịu lực trên tiết diện nghiêng, sơ đồ thể hiện ở hình 6.9.

Tiêu chuẩn thiết kế TCXDVN 356 : 2005 đưa ra các quy định tính toán như sau:

1. Điều kiện tính toán

Đặt Q_{b0} là khả năng chịu lực cắt của tiết diện bê tông khi không có cốt thép đai:



Hình 6.9: Sơ đồ tiết diện nghiêng

$$Q_{b0} = \frac{\varphi_{b4}(1 + \varphi_n)R_{bt}h_0^2}{C} \quad (6-15)$$

R_{bt} - cường độ tính toán về kéo của bê tông;

φ_{b4} - hệ số, phụ thuộc loại bê tông, cho ở bảng 6.1;

φ_n - hệ số xét đến ảnh hưởng của lực dọc N .

Khi N là lực nén $\varphi_n = \frac{0,1N}{R_{bt}bh_0}$ đồng thời $\varphi_n \leq 0,5$.

Khi N là lực kéo $\varphi_n = \frac{-0,2N}{R_{bt}bh_0}$ đồng thời $|\varphi_n| \leq 0,8$.

Với các dầm sàn thường không kể đến N do đó $\varphi_n = 0$.

C - hình chiếu của tiết diện nghiêng lên phương trục dầm.

Giá trị Q_{b0} được hạn chế trong phạm vi sau:

$$Q_{b3} \leq Q_{b0} \leq 2,5R_{bt}bh_0 \quad (6-16)$$

$$Q_{b3} = \varphi_{b3}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_0 \quad (6-17)$$

φ_{b3} - hệ số; cho ở bảng 6.1.

Tiêu chuẩn quy định, khi thỏa mãn điều kiện (4-18) thì không cần tính toán cốt thép đai, chọn đặt cốt thép đai theo cấu tạo:

$$Q \leq Q_{b0} \quad (6-18)$$

Q - lực cắt được xác định từ các ngoại lực đặt ở một phía của tiết diện nghiêng đang xét.

Khi điều kiện (6-18) không được thỏa mãn cần phải tính toán tiết diện nghiêng bằng cách kiểm tra hoặc tính toán theo hai điều kiện (6-19) và (6-21).

2. Điều kiện về ứng suất nén chính

Đó là điều kiện bê tông chịu nén theo phương tiết diện nghiêng

$$Q_A \leq Q_{bt} = 0,3\varphi_{wl}\varphi_{bl}R_b b h_0 \quad (6-19)$$

$$\varphi_{wl} = 1 + 5\alpha_s\mu_w \quad (6-20)$$

Đồng thời lấy φ_{wl} không lớn hơn 1,3.

$$\alpha_s = \frac{E_s}{E_b}; \quad \mu_w = \frac{A_{sw}}{bs}; \quad \varphi_{bl} = 1 - \beta R_b$$

E_s, E_b - mô đun đàn hồi của cốt thép và của bê tông;

A_{sw} - diện tích tiết diện ngang của một lớp cốt thép đai;

s - khoảng cách giữa các lớp cốt đai;

β - hệ số, cho ở bảng 6.1.

Q_A - lực cắt lớn nhất (trên tiết diện thẳng góc) trong đoạn dầm đang xét.

3. Điều kiện độ bền của tiết diện nghiêng

$$Q \leq Q_{bsw} = Q_b + Q_{sw} \quad (6-21)$$

Q_{bsw} - khả năng chịu lực cắt của tiết diện nghiêng do cả bê tông và cốt thép đai

Q_b - lực cắt do bê tông vùng nén chịu được

$$Q_b = \frac{M_b}{C} \text{ với } M_b = \varphi_{b2}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt} b h_0^2 \quad (6-22)$$

Đồng thời lấy Q_b không nhỏ hơn Q_{bmin}

$$Q_{bmin} = \varphi_{b3}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt} b h_0 \quad (6-23)$$

$\varphi_{b2}, \varphi_{b3}$ - hệ số lấy theo bảng 6.1

φ_f - hệ số xét đến ảnh hưởng của cách chữ T trong vùng nén

$$\varphi_f = \frac{0,75u_f h_f}{b h_0} \text{ đồng thời } \varphi_f \leq 0,5$$

$$u_f = \min[3h_f \text{ và } (b_f - b)]$$

b_f, h_f - bề rộng, bề dày cánh tiết diện chữ T.

Q_{sw} - phần lực cắt do cốt đai (trong phạm vi tiết diện nghiêng) chịu được. Khi trong phạm vi tiết diện nghiêng các cốt đai có khoảng cách s đều nhau thì:

$$Q_{sw} = q_{sw} C_0 \quad (6-24)$$

$$q_{sw} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{s} \quad (6-25)$$

R_{sw} - cường độ tính toán của cốt thép khi tính cốt thép ngang, cho ở phụ lục.

Thông thường $R_{sw} = 0,8R_s$.

Cấu tạo của cốt thép đai (A_{sw} , s) phải bảo đảm sao cho thỏa mãn điều kiện:

$$q_{sw} \geq \frac{Q_{bmin}}{2h_0} \quad (6-26)$$

C_0 - hình chiếu tiết diện nghiêng nguy hiểm nhất. Trong trường hợp khoảng cách các lớp cốt đai bằng nhau xác định C_0 theo công thức:

$$C_0 = \sqrt{\frac{M_b}{q_{sw}}} \quad (6-27)$$

Giá trị C_0 trong công thức (6-24) lấy không lớn hơn $2h_0$, không lớn hơn giá trị C của một tiết diện nghiêng đang xét.

Ngoài việc đảm bảo độ bền theo điều kiện (6-21). Tiêu chuẩn còn quy định phải bảo đảm độ bền theo tiết diện nghiêng trong khoảng giữa hai lớp cốt thép đai, từ đó rút ra điều kiện hạn chế khoảng cách s

$$s \leq s_{max} = \frac{\varphi_{b4}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_0^2}{Q_A} \quad (6-28)$$

Tiêu chuẩn TCXDVN 356 : 2005 chỉ đưa ra các quy định như trên, việc vận dụng các quy định đó để thiết kế cốt thép đai phụ thuộc vào phương pháp của từng tác giả. Sau đây trình bày hai phương pháp: phương pháp thực hành và phương pháp theo tài liệu của Nga.

Bảng 6.1. Các hệ số φ_b và β để tính toán cốt thép đai

Loại bê tông		φ_{b2}	φ_{b3}	φ_{b4}	β
Bê tông nặng và BT tổ ong		2,0	0,6	1,5	0,01
Bê tông hạt nhỏ		1,7	0,5	1,2	0,01
Bê tông nhẹ có mác theo khối lượng	$\geq D1900$	1,9	0,5	1,2	0,02
	$\leq D1800$	1,7 ÷ 1,5	0,4	1,0	0,02
<i>Chú thích:</i> Khi dùng cốt thép dọc là nhóm CIV, AIV, AIIIB hoặc cốt thép nhóm AV, AVI, ATVII các hệ số φ_{b2}, φ_{b3}, φ_{b4} cần nhân với 0,8.					

6.5. PHƯƠNG PHÁP THỰC HÀNH TÍNH CỐT THÉP ĐAI

6.5.1. Giới thiệu phương pháp

Phương pháp do tác giả đề xuất trên cơ sở vận dụng trực tiếp các quy định của tiêu chuẩn và lấy gần đúng một vài số liệu nhằm đơn giản hóa tính toán trong khi vẫn bảo đảm độ an toàn. Phương pháp này dùng thích hợp cho các dầm sàn chịu lực cắt không lớn, thỏa mãn điều kiện:

$$Q_A \leq 0,7Q_{bt} \quad (6-29)$$

Q_A - lực cắt lớn nhất tại gối tựa;

Q_{bt} - khả năng chịu cắt theo điều kiện về ứng suất nén chính, xác định theo công thức (6-19)

Việc vận dụng tiến hành theo một trong hai bài toán: kiểm tra và tính cốt thép.

6.5.2. Bài toán kiểm tra

Chọn đặt cốt thép đai theo cấu tạo, tính khả năng chịu lực Q_{bsw} và kiểm tra theo điều kiện (6-21) trong đó lấy $Q = Q_A$.

1. Số liệu

Biết $b, h_0, R_b, R_{bt}, A_{sw}, s, R_{sw}, E_s, E_b$, các hệ số $\varphi_{b2}, \varphi_{b3}, \varphi_{b4}, \beta$.

2. Tính toán

Tính q_{sw} theo công thức (6-25), tính Q_{bmin} theo công thức (6-22), kiểm tra điều kiện (6-26). Tính M_b theo (6-22).

Dùng công thức (6-27) tính chiều dài hình chiếu tiết diện nghiêng nguy hiểm và tạm đặt là C_* .

$$C_* = \sqrt{\frac{M_b}{q_{sw}}} \quad (6-27a)$$

Lấy giá trị C và C_0 theo bảng 6.2.

Bảng 6.2. Giá trị C và C_0 theo C_*

C_*		$< h_0$	$h_0 \div 2h_0$	$> 2h_0$
C		h_0	C_*	C_*
C_0	Với tải trọng phân bố	C_*	C_*	$2h_0$
	Với tải trọng tập trung	C_*	$0,8C_*$	$1,6h_0$

Tính Q_b theo công thức (6-22), Q_{sw} theo (6-24) và Q_{bsw} theo (6-21). Khả năng chịu cắt của dầm lấy theo giá trị bé hơn trong hai giá trị: Q_{bsw} và $0,7Q_{bt}$ với Q_{bt} theo công thức (6-19). Xem thí dụ 6.10.

6.5.3. Bài toán tính cốt thép

Có kích thước tiết diện và hình bao lực cắt, cần tính toán cốt thép đai.

Để tính toán cốt thép đai thường chọn trước đường kính và số nhánh, từ đó biết được A_{sw} , cần tính toán khoảng cách s .

1. Số liệu

$b, h_0, R_b, R_{bt}, A_{sw}, R_{sw}, E_s, E_b$, các hệ số $\varphi_{b2}, \varphi_{b3}, \varphi_{b4}, \beta$. Giả thiết hệ số φ_w trong khoảng $1,05 \div 1,1$.

2. Kiểm tra điều kiện tính toán

Lấy gần đúng $C = 2h_0$ thay vào (6-15) tính:

$$Q_{b0} = 0,5\varphi_{b4}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_0 \quad (6-30)$$

Khi $Q_A \leq Q_{b0}$ - không cần tính toán, chọn đặt cốt thép đai theo cấu tạo.

Khi $Q_A > Q_{b0}$ - cần tính toán.

Trước hết tính Q_{bt} theo (6-19), kiểm tra điều kiện (6-29).

Chỉ khi điều kiện (6-29) được thỏa mãn mới tính toán tiếp. Tính M_b theo (6-22), tính chiều dài hình chiếu tiết diện nghiêng nguy hiểm, đặt là C^* theo công thức (6-31)

$$C_* = \frac{2M_b}{Q_A} \quad (6-31)$$

Lấy giá trị C và C_0 theo bảng 6.2, tính Q_b theo công thức (6-22) và Q_{bmin} (6-23). Tính hai giá trị của q_{sw} là q_{sw1} và q_{sw2}

$$q_{sw1} = \frac{Q_A - Q_b}{C_0} \quad (6-32)$$

$$q_{sw2} = \frac{Q_{bmin}}{2h_0} \quad (6-33)$$

Lấy q_{sw} bằng giá trị lớn hơn để tính khoảng cách s theo công thức (6-34)

$$s = \frac{R_{sw}A_{sw}}{q_{sw}} \quad (6-34)$$

Khi chọn và bố trí cốt thép đai còn cần tuân theo điều kiện cấu tạo ở mục 6.4.1. Theo quy định của Tiêu chuẩn thì còn cần kiểm tra s theo điều kiện (6-28) nhưng kinh nghiệm thiết kế thấy rằng trong các trường hợp thông thường của dầm sàn điều kiện đó luôn được thỏa mãn nên có thể bỏ qua. Xem các thí dụ 6.7; 6.8; 6.9.

6.5.4. Thí dụ

Thí dụ 6.7: Lấy kết quả nội lực đã tính được ở thí dụ 4.1 với lực cắt ở bên trái gối tựa II là $Q = 69,48\text{kN}$. Yêu cầu tính toán, bố trí cốt thép đai (cốt thép dọc đã được tính toán ở thí dụ 6.1 và 6.6). Bê tông cấp B15, cốt thép đai nhóm CI.

1. Số liệu

$b = 200$, $h = 400$; $a_0 = 49$; $h_0 = 351\text{mm}$; $Q_A = 69,48\text{kN}$. Bê tông B15 có $R_b = 8,5\text{MPa}$; $R_{bt} = 0,75\text{MPa}$; $E_b = 23000\text{MPa}$. Cốt thép đai dùng nhóm CI có $R_{sw} = 175\text{MPa}$; $E_s = 210000\text{MPa}$. Dự kiến dùng cốt thép đai $\phi 6$, hai nhánh. $A_{sw} = 2 \times 28,3 = 56,5\text{mm}^2$. Bê tông nặng có các hệ số $\varphi_{b2} = 2$; $\varphi_{b3} = 0,6$; $\varphi_{b4} = 1,5$; $\beta = 0,01$. Tiết diện chữ T có cánh trong vùng kéo nên $\varphi_f = 0$. Không có lực dọc $\varphi_n = 0$.

2. Điều kiện tính toán

$$Q_{bu} = 0,5\varphi_{b4}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_0 = 0,5 \times 1,5 \times 0,75 \times 200 \times 351 = 39480\text{N}$$

$$Q_{b0} = 39,48\text{kN}; \quad Q_A = 69,48 > Q_{b0} \text{ . Cần tính toán}$$

3. Kiểm tra về điều kiện ứng suất chính nén

Giả thiết $\varphi_{w1} = 1,05$; $\varphi_{b1} = 1 - \beta R_b = 1 - 0,01 \times 8,5 = 0,915$.

$$Q_{bt} = 0,3\varphi_{w1}\varphi_{b1}R_bbh_0 = 0,3 \times 1,05 \times 0,915 \times 8,5 \times 200 \times 351 = 172000\text{N}$$

$$Q_{bt} = 172\text{kN}. \text{ Thỏa mãn điều kiện } Q_A < Q_{bt} \text{ đồng thời}$$

$$Q_A < 0,7Q_{bt} = 0,7 \times 172 = 120\text{kN}.$$

4. Tính cốt thép đai

$$M_b = \varphi_{b2}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}bh_0^2 = 2 \times 0,75 \times 200 \times 351^2 = 36960000\text{Nmm}$$

$$M_b = 36,96\text{kNm}.$$

$$C_* = \frac{2M_b}{Q_A} = \frac{2 \times 36,96}{69,48} = 1,064\text{m} = 1064\text{mm}$$

$C_* > 2h_0 = 2 \times 351 = 702\text{mm}$. Lấy $C = C_* = 1,064\text{m}$ và $C_0 = 2h_0 = 720\text{mm}$ ứng với tải trọng phân bố.

$$Q_b = \frac{M_b}{C} = \frac{36,96}{1,064} = 34,74\text{kN}$$

$$Q_{b\min} = \varphi_{b3}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}bh_0 = 0,6 \times 0,75 \times 200 \times 351 = 31590 = 31,59\text{kN}$$

Lấy $Q_b = 34,74 > Q_{b\min}$.

$$q_{sw1} = \frac{Q_A - Q_b}{C_0} = \frac{69,48 - 34,74}{0,702} = 49,48 \text{ kN/m} = 49,48 \text{ N/mm}$$

$$q_{sw2} = \frac{Q_{bmin}}{2h_0} = \frac{31,59}{2 \times 0,351} = 45 \text{ kN/m}. \text{ Lấy } q_{sw} = 49,48.$$

$$s = \frac{R_{sw} A_{sw}}{q_{sw}} = \frac{175 \times 56,6}{49,48} = 200 \text{ mm}$$

5. Cấu tạo

$$h = 400 < 450 \text{ quy định } s \leq (150 \text{ mm và } 0,5h = 200)$$

$$s_{max} = \frac{\varphi_{b4}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_0^2}{Q_A} = \frac{1,5 \times 0,75 \times 200 \times 351^2}{69,48 \times 1000} = 398 \text{ mm}$$

Chọn đặt cốt thép đai với $s = 150 \text{ mm}$ trong đoạn S_g bằng một phân tử nhịp dầm gần gối tựa. Trong đoạn giữa dầm có $Q < Q_{b0} = 39,48 \text{ kN}$, không cần tính toán, đặt cốt thép đai theo cấu tạo với $s = \frac{3}{4}h = 300 \text{ mm}$.

Kiểm tra lại giả thiết: Ở trên đã giả thiết $\varphi_{w1} = 1,05$ để xác định Q_{bt} . Tính lại φ_{w1} .

$$\alpha_s = \frac{E_s}{E_b} = \frac{210000}{23000} = 9,13$$

$$\mu_w = \frac{A_{sw}}{bs} = \frac{56,6}{200 \times 150} = 0,00188$$

$$\varphi_{w1} = 1 + 5\alpha_s\mu_w = 1 + 5 \times 9,13 \times 0,00188 = 1,086 > 1,05$$

Ghi chú: $\varphi_{w1} > 1$ vì vậy nếu giả thiết $\varphi_w = 1$ để tính toán thì không cần kiểm tra lại.

6. Cốt thép đai ở các phần khác

Ở bên trái gối II và ở gối I có lực cắt nhỏ hơn $Q_A = 69,48$. Với $Q_A = 69,48$ đã tính ra $s = 200$, chọn đặt theo cấu tạo $s = 150$. Vậy ở các nơi khác có Q nhỏ hơn, sẽ tính được s lớn hơn 200. Không cần tính tiếp mà chọn theo cấu tạo $s = 150 \text{ mm}$ là được.

Thí dụ 6.8: Cho số liệu như ở thí dụ 6.7 với lực cắt ở bên trái gối II là $Q_A = 80 \text{ kN}$ và dùng cốt thép đai $\phi 5$. Yêu cầu tính cốt thép đai.

1. Số liệu

Số liệu như ở thí dụ 6.7, ngoài ra $Q_A = 80 \text{ kN}$; $\phi 5$ có diện tích $19,6 \text{ mm}^2$;

$$A_{sw} = 2 \times 19,6 = 39,2 \text{ mm}^2.$$

2. Điều kiện tính toán: như đã làm ở thí dụ trước.

3. Điều kiện về ứng suất nén chính: như đã làm.

4. Tính cốt thép đai: Đã tính được $M_b = 36,96 \text{ kNm}$.

$$C_* = \frac{2M_b}{Q_A} = \frac{2 \times 36,96}{2 \times 80} = 0,924 \text{ m} > 2h_0 = 0,702 \text{ m}$$

Lấy $C = C_* = 0,924 \text{ m}$ và $C_0 = 2h_0 = 0,702 \text{ m}$

$$Q_b = \frac{M_b}{C} = \frac{36,96}{0,924} = 40 \text{ kN}; \quad Q_{b\min} = 31,59 \text{ kN} \text{ (đã tính)}$$

Lấy $Q_b = 40 > Q_{b\min}$

$$q_{sw1} = \frac{Q_A - Q_b}{C_0} = \frac{80 - 40}{0,702} = 56,98 \text{ kN/m} = 56,98 \text{ N/mm}$$

$$q_{sw2} = \frac{Q_{b\min}}{2h_0} = \frac{31,59}{2 \times 0,351} = 45. \text{ Lấy } q_{sw} = 56,98 \text{ N/mm}$$

$$s = \frac{R_{sw} A_{sw}}{q_{sw}} = \frac{175 \times 39,2}{56,98} = 120,4 \text{ mm}$$

5. Cấu tạo

Theo điều kiện cấu tạo, khi $h < 450 \text{ mm}$ thì $s \leq (150 \text{ mm và } \frac{h}{2} = 200)$. Chọn $s = 120 \text{ mm}$ thỏa mãn điều kiện cấu tạo. Bỏ qua không kiểm tra $s \leq s_{\max}$.

Đặt $s = 120 \text{ mm}$ ở đoạn một phần tư nhịp dầm sát bên trái gối tựa II. Ở giữa dầm trong đoạn $Q < Q_{b0}$ đặt cốt thép theo cấu tạo.

6. Cốt thép đai ở các đoạn khác

Ở bên trái gối II và ở gối I có lực cắt nhỏ hơn 80 kN nhưng chưa chắc chắn là đặt cốt thép đai theo cấu tạo đã đủ khả năng chịu lực vì vậy cần tiếp tục tính toán cho các đoạn khác của dầm.

Thí dụ 6.9: Cho hình bao lực cắt đã tính được ở thí dụ 5.1.

Tiết diện dầm $b = 300$, $h = 650$, $h_0 = 590 \text{ mm}$. Bê tông cấp B20. Yêu cầu tính toán cốt thép đai bằng thép nhóm CI.

1. Số liệu

$b = 300 \text{ mm}$, $h_0 = 590 \text{ mm}$. Trước hết tính với lực cắt lớn nhất ở bên trái gối D là $Q_A = 195,4 \text{ kN}$. $R_b = 11,5$; $R_{bt} = 0,90$; $E_b = 27000$, $R_{sw} = 175$; $E_s = 210000 \text{ MPa}$. Dự định

dùng cốt thép đai $\phi 8$, hai nhánh. $A_{sw} = 2 \times 50 = 100 \text{ mm}^2$. Các hệ số $\varphi_{b2} = 2$; $\varphi_{b3} = 0,6$; $\varphi_{b4} = 1,5$; $\beta = 0,01$; $\varphi_n = 0$. Tiết diện chữ T cánh trong vùng kéo $\varphi_f = 0$.

2. Điều kiện tính toán

$$Q_{b0} = 0,5\varphi_{b4}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_0 = 0,5 \times 1,5 \times 0,9 \times 300 \times 590 = 119400 \text{ N}$$

$$Q_{b0} = 119,4 \text{ kN.}$$

$$Q_A = 195,4 > Q_{b0} - \text{cần tính toán.}$$

3. Kiểm tra về ứng suất nén chính

Giả thiết $\varphi_{w1} = 1,0$.

$$\varphi_{b1} = 1 - \beta R_b = 1 - 0,01 \times 11,5 = 0,885$$

$$Q_{bt} = 0,3\varphi_{w1}\varphi_{b1}R_bbh_0 = 0,3 \times 0,885 \times 11,5 \times 300 \times 590 = 540000 \text{ N}$$

$$Q_{bt} = 540 \text{ kN. Thỏa mãn } Q_A < Q_{bt}.$$

Đồng thời $Q_A < 0,7Q_{bt} = 378 \text{ kN}$, có thể tính theo phương pháp thực hành.

4. Tính cốt thép đai

$$M_b = \varphi_{b2}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}bh_0^2 = 2 \times 0,9 \times 300 \times 590^2$$

$$= 187970000 \text{ Nmm} = 187,97 \text{ kNm}$$

$$C_* = \frac{2M_b}{Q_A} = \frac{2 \times 187,97}{195,4} = 1,924 \text{ m.}$$

$$C_* > 2h_0 = 1,18 \text{ m. Tải trọng tập trung lấy } C = 1,924 \text{ m.}$$

$$C_0 = 1,6h_0 = 1,6 \times 590 = 944 \text{ mm} = 0,944 \text{ m.}$$

$$Q_b = \frac{M_b}{C} = \frac{187,97}{1,924} = 97,7 \text{ kN}$$

$$Q_{bmin} = \varphi_{b3}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}bh_0 = 0,6 \times 0,9 \times 300 \times 590 = 95580 = 95,58 \text{ kN}$$

Lấy $Q_b = 97,7 > Q_{bmin}$.

$$q_{sw1} = \frac{Q_A - Q_b}{C_0} = \frac{195,4 - 97,7}{0,944} = 103,5 \text{ kN/m} = 103,5 \text{ N/mm}$$

$$q_{sw2} = \frac{Q_{bmin}}{2h_0} = \frac{95,58}{2 \times 0,59} = 81. \text{ Lấy } q_{sw} = 103,5$$

$$s = \frac{R_{sw}A_{sw}}{q_{sw}} = \frac{175 \times 100}{103,5} = 169 \text{ mm}$$

5. Cấu tạo

Dầm có $h = 650 > 450$; $s \leq (\frac{h}{3} = 217 \text{ và } 500\text{mm})$. Chọn $s = 160\text{mm}$.

$$s_{\max} = \frac{\varphi_{b4}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_0^2}{Q_A} = \frac{1,5 \times 0,9 \times 300 \times 590^2}{195,4 \times 1000} = 721\text{mm}$$

Thỏa mãn $s < s_{\max}$.

Đặt cốt đai $\phi 8$; $s = 160\text{mm}$ trong đoạn từ gối tựa đến lực tập trung, bằng 2500mm (xem thí dụ 5.1).

Trong đoạn 2600mm giữa dầm có $Q = 66,82\text{kN}$ nhỏ hơn Q_{b0} ($119,4\text{kN}$), đặt cốt thép đai theo cấu tạo với $s \leq (3/4h = 450\text{mm và } 500)$. Chọn $s = 400\text{mm}$.

6. Ở các đoạn khác

Bên phải gối D có $Q = 195,4\text{kN}$, đặt cốt thép đai $\phi 8$ a160 như ở bên trái.

Ở gần gối A và gối H có $Q = 110,1 < Q_{b0}$. Không cần tính toán, đặt cốt thép đai theo cấu tạo.

Ghi chú: Trong dầm chính còn cần tính toán và bố trí cốt thép treo trong đoạn đặt tải trọng tập trung - xem thí dụ 6.

Thí dụ 6.10: Lấy kết quả tính toán nội lực ở thí dụ 4.3.

Yêu cầu cấu tạo cốt thép đai và kiểm tra khả năng chịu lực cắt. Bê tông cấp B25.

1. Số liệu

$b = 220\text{mm}$, $h = 500\text{mm}$; $h_0 = 450\text{mm}$; Lực cắt lớn nhất ở bên trái gối B là $Q_A = 109,6\text{kN}$. Bê tông B25 có $R_b = 14,5\text{MPa}$; $R_{bt} = 1,05$; $E_b = 30000\text{MPa}$ các hệ số $\varphi_{b2} = 2$; $\varphi_{b3} = 0,6$; $\varphi_{b4} = 1,5$; $\beta = 0,01$; $\varphi_f = \varphi_n = 0$.

2. Chọn đặt cốt thép đai theo cấu tạo

Chọn dùng $\phi 8$, hai nhánh $A_{sw} = 2 \times 50 = 100\text{mm}^2$. Cốt thép CI có $R_{sw} = 175$; $E_s = 210000\text{MPa}$. Dầm có $h = 500 > 450$. Theo cấu tạo $s \leq (h/3 = 167 \text{ và } 500\text{mm})$. Chọn $s = 160\text{mm}$.

3. Tính giá trị $Q_{b\text{sw}} = Q_b + Q_{sw}$

$$Q_{b\min} = \varphi_{b3}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}bh_0 = 0,6 \times 1,05 \times 220 \times 450 = 63270\text{N}$$

$$\frac{Q_{b\min}}{2h_0} = \frac{63270}{2 \times 450} = 70,3 \text{ N/mm}$$

$$q_{sw} = \frac{R_{sw}A_{sw}}{s} = \frac{175 \times 100}{160} = 109,4 \text{ N/mm} > \frac{Q_{b\min}}{2h_0}$$

$$M_b = \varphi_{b2}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}bh_0^2 = 0,6 \times 1,05 \times 220 \times 450^2 = 28066000 \text{Nmm}$$

$$C_* = \sqrt{\frac{M_b}{q_{sw}}} = \sqrt{\frac{28066000}{109,4}} = 506,5 \text{m.}$$

Giá trị C_* nằm trong khoảng h_0 và $2h_0$. Lấy $C = C_0 = C_* = 506,5 \text{mm}$.

$$Q_b = \frac{M_b}{C} = \frac{28066000}{506,5} = 55400 \text{N} = 55,4 \text{kN}$$

$$Q_{sw} = q_{sw}C_0 = 109,4 \times 506,5 = 55400 \text{N} = 55,4 \text{kN}$$

$$Q_{bsw} = Q_b + Q_{sw} = 55,4 + 55,4 = 110,8 \text{kN}$$

4. Tính giá trị Q_{bt}

$$\alpha_s = \frac{E_s}{E_b} = \frac{210000}{30000} = 7$$

$$\mu_w = \frac{A_{sw}}{bs} = \frac{100}{220 \times 160} = 0,00284$$

$$\varphi_{wl} = 1 + 5\alpha_s\mu_w = 1 + 5 \times 7 \times 0,00284 = 1,099 < 1,3.$$

$$\varphi_{bl} = 1 - \beta R_b = 1 - 0,01 \times 14,5 = 0,855$$

$$Q_{bt} = 0,3\varphi_{wl}\varphi_{bl}R_bbh_0 = 0,3 \times 1,099 \times 0,855 \times 14,5 \times 220 \times 450 = 404600$$

$$0,7Q_{bt} = 0,7 \times 404600 = 283000 \text{N} = 283 \text{kN}$$

5. Lấy khả năng chịu lực bằng giá trị nhỏ hơn

Trong hai giá trị Q_{bsw} và $0,7Q_{bt}$, bằng 110,8kN.

6. Kiểm tra

Lực cắt lớn nhất $Q_A = 109,6 \text{kN}$ nhỏ hơn khả năng chịu lực. Đảm đủ khả năng chịu lực cắt.

6.6. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN CỐT THÉP ĐAI THEO TÀI LIỆU CỦA NGA

Tiêu chuẩn TCXDVN 356 : 2005 được biên soạn dựa theo tiêu chuẩn của nước Nga. Trong một số tài liệu của Nga có đưa ra cách tính toán cốt thép đai, cách tính toán này được phản ánh trong giáo trình kết cấu bê tông cốt thép của Trường đại học Xây dựng. Chia ra hai trường hợp: dầm chịu tải trọng phân bố đều và dầm chịu tải trọng tập trung.

6.6.1. Dầm chịu tải trọng phân bố đều

Gọi g_d và p_d là tải trọng thường xuyên và tải trọng tạm thời (hoạt tải) phân bố đều, liên tục trên dầm. Gọi q_l là tải trọng được kể đến trong tính toán:

$$q_l = g_d + \frac{p_d}{2} \quad (6-35)$$

Chiều dài hình chiếu tiết diện nghiêng nguy hiểm C_0 được xác định phụ thuộc vào tương quan giữa q_l và q_{sw} .

Khi $q_l \leq 0,56q_{sw}$ thì:
$$C_0 = \sqrt{\frac{M_b}{q_l}} \quad (6-36)$$

Khi $q_l > 0,56q_{sw}$ thì:
$$C_0 = \sqrt{\frac{M_b}{q_l + q_{sw}}} \quad (6-37)$$

Để tính toán cốt thép đai trước hết tính giá trị Q_{bl} theo công thức:

$$Q_{bl} = 2\sqrt{M_b q_l} \quad (6-38)$$

Tuỳ theo tương quan giữa Q_{max} và Q_{bl} mà phân chia ra bốn trường hợp:

Trường hợp 1:

Khi:
$$Q_{max} \leq \frac{Q_{bl}}{0,6} \quad (6-39)$$

thì:
$$q_{sw} = \frac{Q_{max}^2 - Q_{bl}^2}{4M_b} \quad (6-40)$$

Trường hợp 2:

Khi
$$\frac{Q_{bl}}{0,6} < Q_{max} < \frac{M_b}{h_0} + Q_{bl} \quad (6-41)$$

thì:
$$q_{sw} = \frac{(Q_{max} - Q_{bl})^2}{M_b} \quad (6-42)$$

Trong cả hai trường hợp trên không được lấy q_{sw} nhỏ hơn $q_0 = \frac{Q_{max} - Q_{bl}}{2h_0}$.

Trường hợp 3:

Khi:
$$Q_{max} \geq \frac{M_b}{h_0} + Q_{bl} \quad (6-43)$$

thì:
$$q_{sw} = \frac{Q_{max} - Q_{bl}}{h_0} \quad (6-44)$$

Trường hợp 4: Nếu tính được $q_{sw} < \frac{Q_{bmin}}{2h_0}$ phải tính lại q_{sw} theo công thức:

$$q_{sw} = \frac{Q_{max}}{2h_0} + \frac{\varphi_{b2}}{\varphi_{b3}} q_1 - \sqrt{\left(\frac{Q_{max}}{2h_0} + \frac{\varphi_{b2}}{\varphi_{b3}} q_1 \right)^2 - \left(\frac{Q_{max}}{2h_0} \right)^2} \quad (6-45)$$

Có được q_{sw} , tính s theo công thức (6-34) suy ra từ (6-25).

Thí dụ 6.II: Lấy kết quả tính nội lực ở thí dụ 4.1. Yêu cầu tính toán cốt thép đai với bê tông cấp B15, cốt thép nhóm CI.

1. Số liệu

$b = 200$; $h = 400$; $h_0 = 351\text{mm}$; $g_d = 8,93$; $p_d = 10,96 \text{ kN/m}$. Lực cắt tại gối: $Q_{max} = 69,48\text{kN}$. $R_b = 8,5\text{MPa}$, $R_{bt} = 0,75$; $E_b = 23000$; $R_{sw} = 175$; $E_s = 210000\text{MPa}$. Các hệ số: $\varphi_{b2} = 2$; $\varphi_{b3} = 0,6$; $\varphi_{b4} = 1,5$; $\beta = 0,01$; $\varphi_f = \varphi_n = 0$.

$$q_1 = g_d + \frac{p_d}{2} = 8,93 + \frac{10,96}{2} = 14,41 \text{ kN/m}$$

2. Điều kiện tính toán

$$\begin{aligned} M_b &= \varphi_{b2}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}bh_0^2 = 2 \times 0,75 \times 200 \times 351^2 \\ &= 36960000\text{Nmm} = 36,96\text{kNm} \end{aligned}$$

Khi không có cốt thép đai:

$$C_0 = \sqrt{\frac{M_b}{q_1}} = \sqrt{\frac{36,96}{14,41}} = 1,6\text{m}. \text{ Lấy } C = C_0.$$

Khả năng chịu lực của tiết diện bê tông:

$$\begin{aligned} Q_{b0} &= \frac{\varphi_{b4}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_0^2}{C} = \frac{1,5 \times 0,75 \times 200 \times 351^2}{1600} \\ &= 17325\text{N} = 17,325\text{kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{b3} &= \varphi_{b3}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_0 = 0,6 \times 0,75 \times 200 \times 351 \\ &= 31590 = 31,59\text{kN} \end{aligned}$$

Q_{b0} không nhỏ hơn Q_{b3} . Vậy lấy $Q_{b0} = 31,59\text{kN}$. Ứng với $Q_{b0} = 31,59$ tính lại C :

$$C = \frac{\varphi_{b4}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_0^2}{Q_{b0}} = \frac{1,5 \times 0,75 \times 200 \times 351^2}{31590} = 878\text{mm}$$

Lực cắt ở về một phía của tiết diện nghiêng

$$Q = Q_{\max} - q_l C = 69,48 - 14,41 \times 0,878 = 56,83 \text{ kN}$$

Xảy ra $Q > Q_{b0}$ - cần phải tính toán.

3. Kiểm tra điều kiện về ứng suất nén chính

Giả thiết $\varphi_{wl} = 1,05$; $\varphi_{bl} = 1 - \beta R_b = 1 - 0,01 \times 8,5 = 0,915$.

$$\begin{aligned} Q_{bt} &= 0,3 \varphi_{wl} \varphi_{bl} R_b b h_0 = 0,3 \times 1,05 \times 0,915 \times 8,5 \times 200 \times 351 \\ &= 172000 \text{ N} = 172 \text{ kN} \end{aligned}$$

$Q_{\max} = 69,48$. Thỏa mãn điều kiện $Q_{\max} < Q_{bt}$.

4. Tính toán cốt thép đai

$$Q_{bl} = 2\sqrt{M_b q_l} = 2\sqrt{36,96 \times 14,41} = 46,15 \text{ kN}$$

$$\frac{Q_{bl}}{0,6} = \frac{46,15}{0,6} = 76,9 \text{ kN}. \text{ Có trường hợp } Q_{\max} < \frac{Q_{bl}}{0,6}.$$

$$q_{sw} = \frac{Q_{\max}^2 - Q_{bl}^2}{4M_b} = \frac{69,48^2 - 46,15^2}{4 \times 36,96} = 18,25 \text{ kN/m} = 18,25 \text{ N/mm}$$

$$q_0 = \frac{Q_{\max} - Q_{bl}}{2h_0} = \frac{69,48 - 46,15}{2 \times 0,351} = 33,23 \text{ kN/m} = 33,23 \text{ N/mm}$$

Lấy q_{sw} không nhỏ hơn q_0 . Cốt thép đai $\phi 6$, $A_{sw} = 56,6 \text{ mm}^2$

$$s = \frac{R_s A_{sw}}{q_{sw}} = \frac{175 \times 56,6}{33,23} = 298 \text{ mm}. \text{ Theo cấu tạo chọn } s = 150 \text{ mm}.$$

Kiểm tra:

$$s \leq s_{\max} = \frac{\varphi_{b4}(1 + \varphi_n) R_{bt} b h_0^2}{Q_{\max}} = \frac{1,5 \times 0,75 \times 200 \times 351^2}{69480} = 398 \text{ mm}$$

Nhận xét: Cũng theo số liệu như trên, ở thí dụ 6.7, theo phương pháp thực hành tính được $s = 200 \text{ mm}$, chọn theo cấu tạo $s = 150 \text{ mm}$.

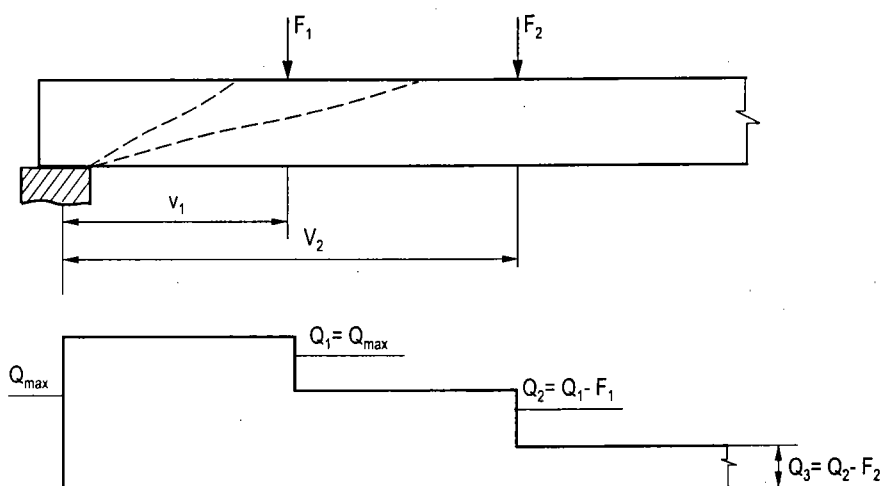
6.6.2. Dầm chịu tải trọng tập trung

Sơ đồ và hình bao lực cắt của đoạn dầm gần gối tựa thể hiện trên hình 6.10. Gọi F_1 , F_2 là các tải trọng tập trung và v_1 , v_2 là khoảng cách từ gối tựa đến các tải trọng.

Cần phải tính toán với các tiết diện nghiêng xuất phát từ gối tựa.

Tiết diện 1: $C_1 \leq v_1$ ứng với $Q_1 = Q_{\max}$.

Tiết diện 2: $v_1 < C_2 \leq v_2$ với $Q_2 = Q_1 - F_1$



Hình 6.10: Sơ đồ tính toán với tải trọng tập trung

Đoạn tiếp theo có lực cắt $Q_3 = Q_2 - F_2$. Nếu Q_3 vẫn lớn hơn Q_{b0} theo công thức (6-15) với $C = v_2$ thì còn cần xét thêm tiết diện 3 có $v_2 < C_3 \leq v_3$.

Tiếp tục xét các tiết diện như vậy cho đến đoạn thứ k mà $Q_k \leq Q_{b0}$ hoặc C_k đạt tới khoảng cách từ gối tựa đến tiết diện có mômen lớn nhất.

Ứng với mỗi tiết diện nghiêng với C_i và Q_i ($i = 1, 2, \dots$) tính:

$$Q_{bi} = \frac{M_b}{C_i} \quad (6-46)$$

đồng thời lấy $Q_{bi} \geq Q_{bmin}$ theo công thức (6-23).

Tính hệ số χ :

$$\chi_i = \frac{Q_i - Q_{bi}}{Q_{bi}} \quad (6-47)$$

Lấy $C_0 = C_i$ nhưng cũng không lớn hơn $2h_0$ tính χ_{0i} .

$$\chi_{0i} = \frac{Q_{bmin}}{Q_{bi}} \times \frac{C_0}{2h_0} \quad (6-48)$$

Tùy theo tương quan giữa χ_i và χ_{0i} mà chia ra bốn trường hợp tính toán.

Trường hợp 1: khi $\chi_i < \chi_{0i}$ tính $q_{sw(i)}$ theo công thức:

$$q_{sw(i)} = \frac{Q_i \chi_{0i}}{C_0 (\chi_{0i} + 1)} \quad (6-49)$$

Trường hợp 2: khi $\chi_{0i} \leq \chi_i \leq \frac{C_i}{C_0}$ tính $q_{sw(i)}$ theo công thức:

$$q_{sw(i)} = \frac{Q_i - Q_{bi}}{C_0} \quad (6-50)$$

Trường hợp 3 - khi $\frac{C_i}{C_0} < \chi_i \leq \frac{C_i}{h_0}$ tính $q_{sw(i)}$ theo công thức:

$$q_{sw(i)} = \frac{(Q_i - Q_{bi})^2}{M_b} \quad (6-51)$$

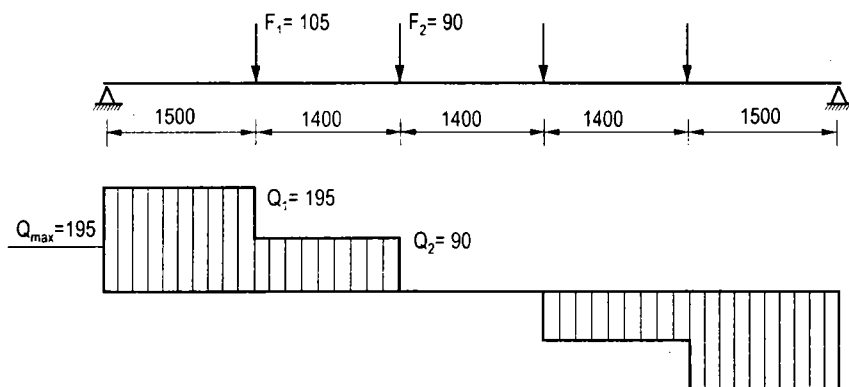
Trường hợp 4 - khi $\chi_i > \frac{C_i}{h_0}$ tính $q_{sw(i)}$ theo công thức:

$$q_{sw(i)} = \frac{Q_i - Q_{bi}}{h_0} \quad (6-52)$$

Trong công thức (6-52) lấy h_0 không lớn hơn C_i .

Với các tiết diện $i = 1, 2, 3 \dots$ tính được các $q_{sw(i)}$, chọn ra giá trị q_{sw} lớn nhất để xác định khoảng cách s theo công thức (6-34).

Thí dụ 6.12: Dầm kê lên hai gối tự do, sơ đồ tính toán đưa về thành các lực tập trung $F_1 = 105\text{kN}$; $F_2 = 90\text{kN}$. Biểu đồ lực cắt như trên hình 6.11. Dầm tiết diện chữ T cánh trong vùng nén. $b = 220$; $h = 800$; $h_0 = 760$; $b_f = 1400$; $h_f = 100\text{mm}$. Bê tông cấp B15. Yêu cầu tính toán cốt thép đai nhóm CI.



Hình 6.11: Sơ đồ tính toán thí dụ 6.12

1. Số liệu

$R_b = 8,5$; $R_{bt} = 0,75$; $E_b = 23000$; $R_{sw} = 175$; $E_s = 210000\text{MPa}$. $\varphi_{b2} = 2$; $\varphi_{b3} = 0,6$; $\varphi_{b4} = 1,5$; $\varphi_n = 0$; $\beta = 0,01$. $u_f = \min(3h_f = 300 \text{ và } b_f - b = 1180) = 300$.

$$\varphi_f = \frac{0,75u_fh_f}{bh_0} = \frac{0,75 \times 300 \times 100}{220 \times 760} = 0,134 < 0,5$$

2. Điều kiện tính toán

Kiểm tra với hai tiết diện nghiêng.

Tiết diện 1 có: $C_1 = v_1 = 1500\text{mm}$ và $Q_1 = 195\text{kN}$

$$Q_{b0} = \frac{\varphi_{b4}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_0^2}{C^*} = \frac{1,5 \times 0,75 \times 220 \times 760^2}{1500} = 95300\text{N} = 95,3\text{kN}$$

$$Q_{b3} = \varphi_{b3}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_0 = 0,6 \times 0,75 \times 220 \times 760 = 75240 = 75,24\text{kN}$$

$$2,5R_{bt}bh_0 = 2,5 \times 0,75 \times 220 \times 760 = 313500 = 313,5\text{kN}$$

Thỏa mãn $Q_3 < Q_{b0} < 2,5R_{bt}bh_0$. Lấy $Q_{b0} = 95,3\text{kN}$. Có $Q_1 = 195 > Q_{b0}$ - cần tính toán theo tiết diện 1.

Tiết diện 2 có $C_2 = 1500 + 1400 = 2900$ và $Q_2 = 90\text{kN}$.

$$Q_{b0} = \frac{\varphi_{b4}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_0^2}{C} = \frac{1,5 \times 0,75 \times 220 \times 760^2}{2900} = 49290 < Q_{b3} = 75240$$

Lấy $Q_{b0} = Q_{b3} = 75240$.

Có $Q_2 = 90\text{kN} > Q_{b0} = 75,24$. Cần tính toán.

3. Kiểm tra điều kiện ứng suất chính nén.

Giả thiết $\varphi_{w1} = 1,0$.

$$\varphi_{b1} = 1 - \beta R_b = 1 - 0,01 \times 8,5 = 0,915$$

$$\begin{aligned} Q_{bt} &= 0,3\varphi_{w1}\varphi_{b1}R_bbh_0 = 0,3 \times 0,915 \times 8,5 \times 220 \times 760 \\ &= 390000 = 390\text{kN}. \end{aligned}$$

$$Q_{b\max} = 195\text{kN}. \text{ Thỏa mãn } Q_{\max} < Q_{bt}.$$

4. Tính cốt thép đai

$$\begin{aligned} M_b &= \varphi_{b2}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}bh_0^2 = 2(1 + 0,134)0,75 \times 220 \times 760^2 = 216000000 \\ &= 216\text{kNm} \end{aligned}$$

Tính với hai tiết diện nghiêng.

$$\text{Tiết diện 1 với } Q_1 = 195\text{kN}. \text{ Tính } C_0 = \frac{2M_b}{Q_1} = \frac{2 \times 216}{195} = 2,21\text{m}.$$

$v_1 = 1,5\text{m} < C_0$, vậy lấy $C_1 = v_1 = 1,5\text{m}$ để tính.

(Ghi chú: Vì $c_1 \leq v_1$, nếu $C_0 < v_1$ thì lấy $C_1 = C_0$ để tính)

$$Q_{b1} = \frac{M_b}{C_1} = \frac{216}{1,5} = 144\text{kN}$$

$$\begin{aligned} Q_{b\min} &= \varphi_{b3}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}bh_0 = 0,6(1 + 0,134)0,75 \times 220 \times 760 \\ &= 85320 = 85,32\text{kN} \end{aligned}$$

Lấy $Q_{b1} = 144 > Q_{b\min}$.

$$\chi_1 = \frac{Q_1 - Q_{bl}}{Q_{bl}} = \frac{195 - 144}{144} = 0,354$$

Lấy $C_0 = C_1 = 1500\text{mm} < 2h_0 = 2 \times 760 = 1520\text{mm}$

$$\chi_{01} = \frac{Q_{b\min}}{Q_{bl}} \times \frac{C_0}{2h_0} = \frac{85,32}{144} \times \frac{1,5}{1,52} = 0,5847$$

Có trường hợp $\chi_1 < \chi_{01}$

$$q_{sw(1)} = \frac{Q_1}{C_0} \times \frac{\chi_{01}}{\chi_{01} + 1} = \frac{195}{1,5} \times \frac{0,5847}{1,5847} = 47,96 \text{ kN/m} = 47,96 \text{ N/mm}$$

Tiết diện 2 với $Q_2 = 90\text{kN}$.

$$C_0 = \frac{2M_b}{Q_2} = \frac{2 \times 216}{90} = 4,8\text{m} > v_2 = 1,5 + 1,4 = 2,9\text{m}$$

Lấy $C_2 = v_2 = 2,9\text{m}$ (nếu $C_0 < v_2$ thì lấy $C_2 = C_0$).

$$Q_{b2} = \frac{M_b}{C_2} = \frac{216}{2,9} = 74,48\text{kN} < Q_{b\min} = 85,32$$

Vậy lấy $Q_{b2} = Q_{b\min} = 85,32\text{kN}$.

$$\chi_2 = \frac{Q_2 - Q_{b2}}{Q_{b2}} = \frac{90 - 85,32}{85,32} = 0,05485$$

$C_2 = 2,9\text{m} > 2h_0 = 1,52\text{m}$ vậy lấy $C_0 = 2h_0 = 1,52\text{m}$ để tính

$$\chi_{02} = \frac{Q_{b\min}}{Q_{b2}} \times \frac{C_0}{2h_0} = 1; \quad \chi_2 < \chi_{02}$$

$$q_{sw(2)} = \frac{Q_2}{C_0} \times \frac{\chi_{02}}{\chi_{01} + 1} = \frac{90}{1,52} \times \frac{1}{2} = 29,6 \text{ kN/m} = 29,6 \text{ N/mm}$$

Lấy giá trị q_{sw} lớn hơn, bằng 47,96 để tính tiếp. Đồng thời q_{sw} phải thỏa mãn điều kiện:

$$q_{sw} \geq \frac{Q_{b\min}}{2h_0} = \frac{85,32}{1,52} = 56,13 \text{ kN/m} = 56,13 \text{ N/mm}$$

Vậy phải lấy $q_{sw} = 56,13 \text{ N/mm}$ để tính.

Dùng cốt thép đai $\phi 8$, hai nhánh $A_{sw} = 2 \times 50 = 100\text{mm}^2$

$$s = \frac{R_{sw} A_{sw}}{q_{sw}} = \frac{175 \times 100}{56,13} = 311\text{mm}$$

Điều kiện cấu tạo. Với $h = 800\text{mm} > 450$.

$$s \leq \left(\frac{1}{3} h = 266 \text{ và } 500\right). \text{ Chọn } s = 250\text{mm}.$$

$$\text{Kiểm tra } s \leq s_{\max} = \frac{\varphi_{b4}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_0^2}{Q_{\max}}$$

$$s_{\max} = \frac{1,5 \times 0,75 \times 220 \times 760^2}{195000} = 733\text{mm}$$

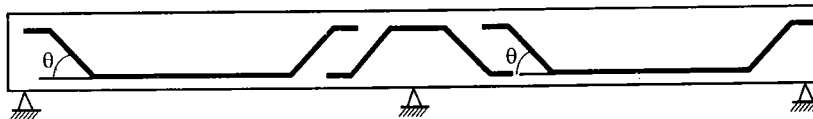
$$s = 250 < s_{\max}$$

6.7. TÍNH TOÁN CỐT THÉP XIÊN

6.7.1. Cấu tạo cốt thép xiên

Cốt thép xiên có thể được dùng trong những dầm chịu lực cắt khá lớn, khi mà bê tông và cốt thép đai chưa đủ khả năng chịu lực cắt, thể hiện bởi điều kiện $Q > Q_{bsw}$ trong đó Q_{bsw} được tính theo công thức (6-21). Trong những dầm sàn thông thường không nên dùng cốt thép xiên vì sẽ làm phức tạp cho thi công.

Cốt thép xiên thường được cấu tạo bằng cách uốn các thanh cốt thép dọc chịu kéo hoặc bằng cách đặt các cốt thép vai bò (hình 6.12). Cũng thường kết hợp uốn chuyển vùng cốt thép (uốn kết hợp cốt thép phía dưới ở giữa nhịp và phía trên ở gối tựa) với việc cấu tạo cốt thép xiên. Góc nghiêng của cốt thép xiên so với trục dầm là θ thường bằng 45° . Với dầm có chiều cao lớn có thể tăng θ lên đến 60° .



Hình 6.12: Cốt thép xiên trong dầm

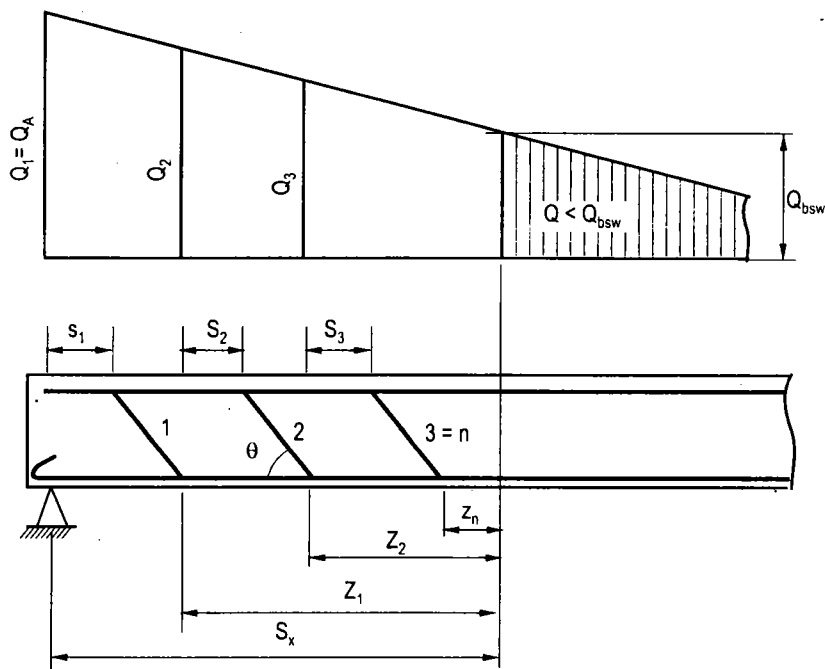
Đoạn dầm cần đặt cốt thép xiên dài bằng S_x là đoạn mà trong đó $Q > Q_{bsw}$. Căn cứ vào S_x để bố trí các lớp cốt thép xiên. Đặt $j = 1, 2, \dots, n$ là thứ tự các lớp cốt thép xiên tính từ một gối tựa nào đó ra phía giữa dầm (n có thể là 1; 2). Xác định $s_{\max}$ theo công thức (6-28). Đặt lớp cốt thép xiên thứ nhất với $s_1 \leq s_{\max}$ (s_1 - khoảng cách từ gối tựa đến điểm đầu lớp cốt thép xiên thứ nhất (hình 6.13)). Tính toán đoạn Z_1 là khoảng cách từ điểm cuối của lớp thứ nhất đến cuối đoạn S_x . Nếu $Z_1 > s_{\max}$ thì cần đặt thêm lớp thứ hai với khoảng cách $s_2 \leq s_{\max}$ (s_2 - khoảng cách từ điểm cuối lớp thứ nhất đến điểm đầu lớp thứ hai), xác định Z_2 . Cứ như thế cho đến lớp thứ n với $Z_n < s_{\max}$. Hình 6.13 thể hiện với $n = 3$. Điểm cuối của lớp cuối cùng có thể nằm trong vùng có $Q < Q_{bsw}$, lúc này $Z_n < 0$. Đầu mút của cốt thép xiên phải được neo chắc vào vùng bê tông chịu nén, chiều dài đoạn neo tối thiểu bằng 15ϕ .

6.7.2. Tính toán cốt thép xiên theo phương pháp thực hành

Chọn đặt cốt thép đai theo cấu tạo, tính Q_{bsw} theo hướng dẫn của mục 6.5.2. Nếu $Q_A > Q_{bsw}$ thì xác định đoạn S_x và dự kiến bố trí các lớp cốt thép xiên. Diện tích lớp cốt thép xiên thứ j là $A_{s.incj}$ được xác định theo công thức (6-53):

$$A_{s.incj} = \frac{Q_j - Q_{bsw}}{R_{sw} \sin \theta} \quad (6-53)$$

Tính lớp thứ nhất lấy $Q_1 = Q_A$: lực cắt lớn nhất ở gối tựa. Tính các lớp sau lấy Q_2 ; Q_3 ứng với điểm cuối của lớp phía trước (hình 6.13).

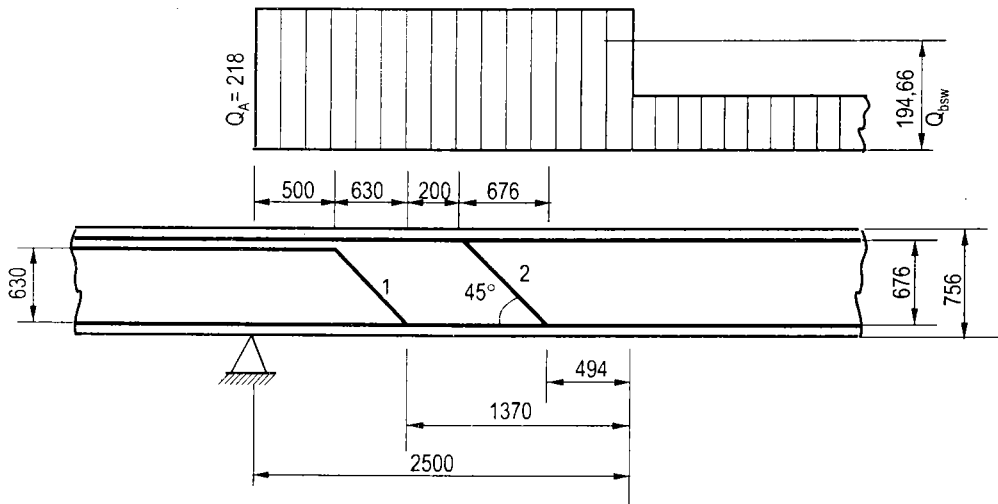


Hình 6.13: Sơ đồ bố trí các lớp cốt thép xiên

Thí dụ 6.13: Cho dầm chính chịu tải trọng tập trung, ở gối giữa có hình bao lực cắt thể hiện trên hình 6.14. Tiết diện chữ T có cánh trong vùng kéo, $b = 250$; $h = 750$; $h_0 = 680$ mm. Bê tông B20. Chọn đặt cốt thép đai theo cấu tạo. Yêu cầu kiểm tra khả năng chịu lực cắt, nếu cần thì tính toán cốt thép xiên.

1. Số liệu

$b = 250$; $h_0 = 680$; $R_b = 11,5$; $R_{bt} = 0,90$; cốt thép đai CI có $R_{sw} = 175$ MPa, cốt thép dọc CII có $R_{sw} = 225$ MPa. $\varphi_{b2} = 2$; $\varphi_{b3} = 0,6$; $\varphi_{b4} = 1,5$; $\varphi_f = \varphi_n = 0$; $\beta = 0,01$. Chọn cấu tạo cốt thép đai $\phi 8$, 2 nhánh, $A_{sw} = 2 \times 50 = 100$ mm². Khoảng cách $s \leq (\frac{h}{3} = 250$ và 500). Chọn $s = 250$ mm.



Hình 6.14

2. Tính toán Q_{bsw}

$$q_{sw} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{s} = \frac{175 \times 100}{250} = 70 \text{ N/mm}$$

$$Q_{bmin} = \varphi_{b3}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}bh_0 = 0,6 \times 0,9 \times 250 \times 680 = 91800\text{N}$$

$$\frac{Q_{bmin}}{2h_0} = \frac{91800}{2 \times 680} = 67,5 \text{ N/mm. Thỏa mãn } q_{sw} > \frac{Q_{bmin}}{2h_0}$$

$$M_b = \varphi_{b2}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}bh_0^2 = 2 \times 0,9 \times 250 \times 680^2 = 208000000\text{Nmm} = 208\text{kNm}$$

$$C_* = \sqrt{\frac{M_b}{q_{sw}}} = \sqrt{\frac{208000000}{67,5}} = 1755\text{mm} > 2h_0 = 1360$$

Tải trọng tập trung, lấy $C = 1755$.

$$C_0 = 1,6h_0 = 1,6 \times 680 = 1088\text{mm}$$

$$Q_b = \frac{M_b}{C} = \frac{208000000}{1755} = 118500\text{N} = 118,5\text{kN} > Q_{bmin}$$

$$Q_{sw} = q_{sw}C_0 = 70 \times 1088 = 76160 = 76,16\text{kN}$$

$$Q_{bsw} = Q_b + Q_{sw} = 118,5 + 76,16 = 194,66\text{kN}$$

$$Q_A = 218\text{kN} > Q_{bsw}$$

Riêng cốt thép đai và bê tông chưa đủ khả năng chịu lực cắt.

3. Tính toán cốt thép xiên

$$s_{\max} = \frac{\varphi_{b4}(1 + \varphi_n)R_{bt}bh_0^2}{Q_A} = \frac{1,5 \times 0,9 \times 250 \times 680^2}{218000} = 715\text{mm}$$

Đoạn cần bố trí cốt thép xiên là $S_x = 2500\text{mm}$. Bố trí lớp cốt thép xiên thứ nhất cách tâm gối tựa $s_1 = 500\text{mm}$; góc nghiêng $\theta = 45^\circ$. Đoạn $Z_1 = 2500 - 500 - 630 = 1370 > s_{\max}$. Cần đặt lớp thứ hai. Đặt lớp thứ hai với khoảng cách $s_2 = 200$ nhỏ hơn $s_{\max}$. Đoạn $Z_2 = 1370 - 200 - 676 = 494 < s_{\max}$, không cần lớp thứ ba.

Trong đoạn dầm cần đặt cốt thép xiên có Q là hằng số, $Q_1 = Q_2 = Q_A = 218\text{kN}$, do đó:

$$A_{s,\text{incl}} = A_{s,\text{inc2}} = \frac{Q_A - Q_{\text{bsw}}}{R_{\text{sw}} \sin \theta} = \frac{218000 - 194660}{225 \times 0,707} = 147\text{mm}^2$$

Ghi chú: Khi uốn cốt thép dọc chịu kéo để làm cốt thép xiên cần tuân thủ điều kiện về uốn cốt thép đối với các đoạn s_1 và Z_2 (xem phần cấu tạo ở mục 7.2.6).

6.7.3. Tính toán cốt thép xiên theo phương pháp của Nga

Phương pháp được tóm tắt như sau: Trước hết xác định đoạn S_x , bố trí các lớp cốt thép xiên theo mục 6.7.1. Tính toán M_b , q_{sw} và C_0 theo công thức (6-27). Đặt các khoảng cách C_1 , C_2 , C_3 như trên hình 6.15. So sánh C_0 với C_1 , C_2 ...

Trường hợp 1: khi xảy ra $C_0 \leq C_1$; $C_0 \leq C_2$ tính diện tích $A_{s,\text{inj}}$ theo công thức (6-53).

Trường hợp 2: khi $C_0 \leq C_1$ và $C_0 > C_2$. Cần đặt các lớp cốt thép xiên thỏa mãn tất cả các bất phương trình sau:

$$Q_1 \leq q_{\text{sw}}C_0 + \frac{M_b}{C_0} + R_{\text{sw}}A_{s,\text{incl}} \sin \theta$$

$$Q_2 \leq q_{\text{sw}}C_2 + \frac{M_b}{C_2} + R_{\text{sw}}A_{s,\text{inc2}} \sin \theta$$

$$Q_2 \leq q_{\text{sw}}C_0 + \frac{M_b}{C_0} + R_{\text{sw}}(A_{s,\text{inc2}} + A_{s,\text{inc3}}) \sin \theta$$

$$Q_3 \leq q_{\text{sw}}C_3 + \frac{M_b}{C_3} + R_{\text{sw}}A_{s,\text{inc3}} \sin \theta$$

Trường hợp 3: khi $C_0 > C_1$ và $C_0 > C_2$

$$Q_1 \leq q_{\text{sw}}C_1 + \frac{M_b}{C_1} + R_{\text{sw}}A_{s,\text{incl}} \sin \theta$$

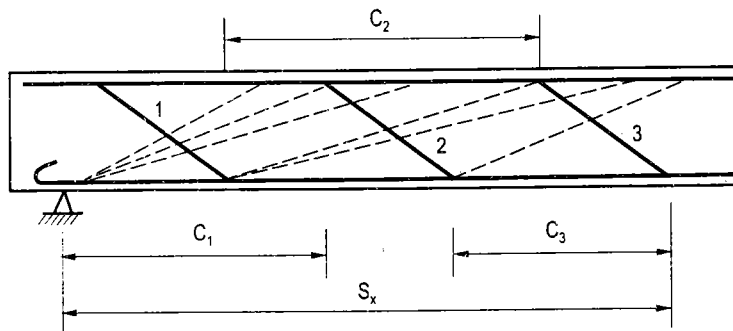
$$Q_1 \leq q_{sw} C_0 + \frac{M_b}{C_0} + R_{sw} (A_{s.inc1} + A_{s.inc2}) \sin \theta$$

$$Q_2 \leq q_{sw} C_2 + \frac{M_b}{C_2} + R_{sw} A_{s.inc2} \sin \theta$$

$$Q_2 \leq q_{sw} C_0 + \frac{M_b}{C_0} + R_{sw} (A_{s.inc2} + A_{s.inc3}) \sin \theta$$

$$Q_3 \leq q_{sw} C_3 + \frac{M_b}{C_3} + R_{sw} A_{s.inc3} \sin \theta$$

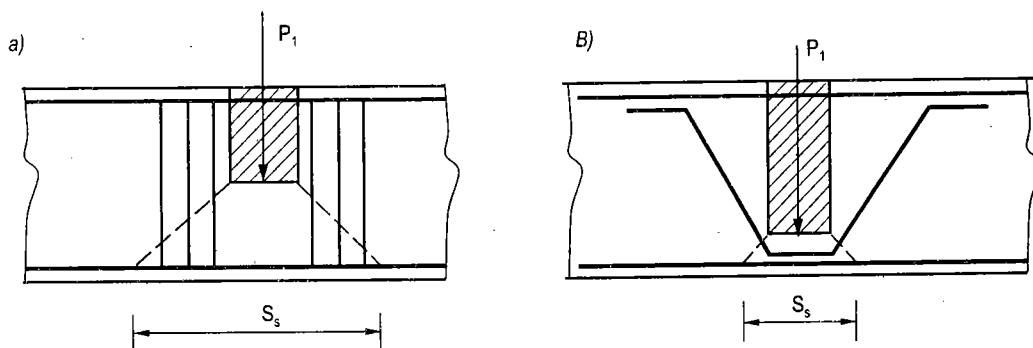
Các giá trị Q_1, Q_2, Q_3 lấy theo hình 6.13.



Hình 6.15: Các tiết diện nghiêng cắt qua một hoặc hai lớp cốt thép xiên

6.8. CỐT THÉP TREO

Ở chỗ dầm sàn liên kết với dầm chính cần phải gia cố cho dầm chính bằng các cốt thép treo dưới dạng các cốt thép đai đặt dày, sát với dầm sàn hoặc cốt thép vai bò (hình 6.16). Các cốt treo này dùng để chịu tải trọng tập trung từ dầm sàn truyền vào cho dầm chính và đặt vào khoảng giữa chiều cao dầm. Từ hai góc phía dưới của dầm sàn kẻ đường xiên 45° gặp cốt thép dọc của dầm chính sẽ xác định được S_s là phạm vi cần đặt cốt thép treo.



Hình 6.16: Cốt thép treo

Khi S_s là đủ lớn thì thường dùng cột treo dưới dạng cốt thép đai (hình 6.16a) và tổng diện tích của cốt thép treo (ở cả hai bên) là A_{ss} .

$$A_{ss} = \frac{P_l}{R_s} \quad (6-54)$$

Khi S_s là khá bé nên dùng cột treo dạng vai bò (hình 6.16b). Diện tích cốt thép vai bò (1 bên) là A_{sv}

$$A_{sv} = \frac{P_l}{2R_s \sin \theta} \quad (6-55)$$

θ - góc nghiêng của cốt thép vai bò;

P_l - tải trọng tập trung từ dầm sàn truyền vào dầm chính

$$P_l = P + G_l \quad (6-56)$$

P - hoạt tải tập trung từ dầm sàn truyền vào;

G_l - tĩnh tải tập trung từ dầm sàn truyền vào.

Chương 7

CẤU TẠO CỐT THÉP DẦM

Trong dầm đặt cốt thép dọc và cốt thép ngang liên kết với nhau tạo thành khung cốt thép. Cấu tạo của cốt thép ngang (cốt đai, cốt xiên) đã được trình bày trong các mục 6.4.1 và 6.7.1. Chương này trình bày cấu tạo cốt thép dọc gồm hai loại: cốt thép chịu lực và cốt thép cấu tạo. Khi bố trí cốt thép cần quan tâm đến việc sắp xếp cốt thép trong tiết diện ngang và sắp xếp cốt thép theo phương dọc dầm.

7.1. BỐ TRÍ CỐT THÉP TRONG TIẾT DIỆN NGANG

7.1.1. Chọn đường kính ϕ

Trong dầm sàn đường kính cốt thép chịu lực thường được chọn trong khoảng $12 \div 25\text{mm}$. Trong dầm chính có thể chọn ϕ đến 32mm . Không nên chọn ϕ lớn quá $1/10$ bề rộng dầm.

Để tiện cho thi công trong mỗi dầm không nên dùng quá ba loại đường kính cho cốt thép chịu lực, các đường kính chênh nhau tối thiểu là 2mm (để tránh nhầm lẫn).

Để chọn cốt thép khi đã biết diện tích A_s có thể dùng bảng ở phụ lục 18. Khi sắp xếp cốt thép trong tiết diện cần tuân theo quy định về lớp bảo vệ và khoảng hở của cốt thép.

7.1.2. Lớp bảo vệ

Phân biệt lớp bảo vệ của cốt thép chịu lực C_1 và của cốt thép đai C_2 . Trong mọi trường hợp chiều dày lớp bảo vệ C không được nhỏ hơn đường kính cốt thép ϕ và không nhỏ hơn giá trị C_0 quy định như sau:

a) Với cốt thép chịu lực

- Trong bản và tường có chiều dày
 - + Từ 100mm trở xuống $C_0 = 10\text{mm}$ (15mm)
 - + Trên 100mm $C_0 = 15\text{mm}$ (20mm)
- Trong dầm và sườn có chiều cao
 - + Nhỏ hơn 250mm $C_0 = 15\text{mm}$ (20mm)
 - + Từ 250mm trở lên $C_0 = 20\text{mm}$ (25mm)

b) Với cốt thép cấu tạo, cốt thép đai

Khi chiều cao tiết diện + nhỏ hơn 250mm $C_0 = 10\text{mm}$ (15mm)
+ từ 250mm trở lên $C_0 = 15\text{mm}$ (20mm)

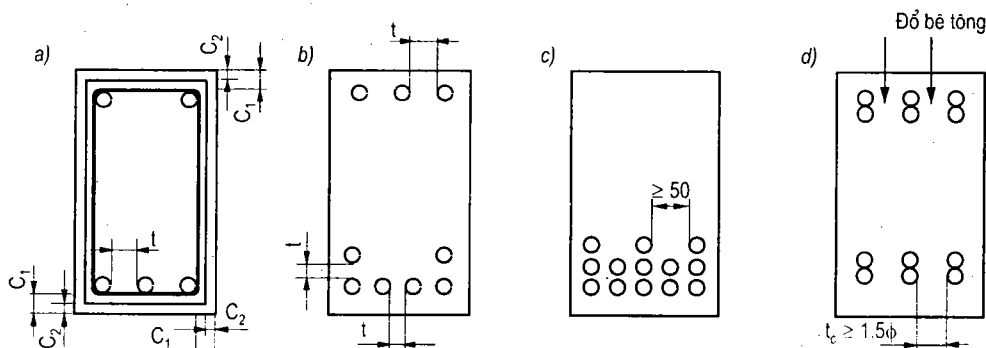
Chú thích:

- Giá trị trong ngoặc (...) áp dụng cho kết cấu ngoài trời hoặc những nơi ẩm ướt.
- Đối với những kết cấu ở trong vùng chịu ảnh hưởng của môi trường biển (nước mặn) cần lấy tăng chiều dày lớp bảo vệ theo Tiêu chuẩn TCXDVN 327: 2004.
- Đối với kết cấu làm bằng bê tông nhẹ, bê tông tổ ong cần lấy tăng chiều dày lớp bảo vệ theo Điều 8.3 của Tiêu chuẩn TCXDVN 356 : 2005.

7.1.3. Khoảng hở của cốt thép

Khoảng hở t giữa hai mép cốt thép (khoảng cách thông thủy) không được nhỏ hơn đường kính cốt thép lớn hơn và không nhỏ hơn trị số t_0 . Đối với cốt thép của dầm sàn, khi đổ bê tông ở vị trí nằm ngang quy định t_0 như sau:

- Với cốt thép đặt dưới $t_0 = 25\text{mm}$
- Với cốt thép đặt trên $t_0 = 30\text{mm}$



Hình 7.1: Lớp bảo vệ và khoảng hở của cốt thép

Khi cốt thép được đặt nhiều hơn hai hàng (hình 7.1c) thì với các hàng phía trên $t_0 = 50\text{mm}$ (trừ hai hàng dưới cùng). Chú ý rằng khi trong mỗi vùng đặt cốt thép thành nhiều hàng thì không được đặt cốt thép ở hàng trên vào khe hở ở hàng dưới.

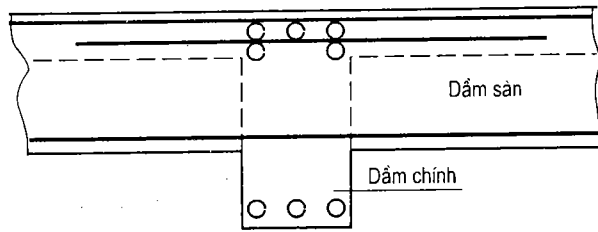
Trường hợp thi công dùng dầm dùi thì khoảng hở t ở các lớp phía trên cần bảo đảm dứt lốt dầm dùi.

Trường hợp đặc biệt

Trong điều kiện chật hẹp, dùng nhiều cốt thép có thể bố trí cốt thép theo cặp, không có khe hở giữa chúng (hình 7.1d). Phương ghép cặp phải theo phương đổ bê tông và khoảng hở giữa các cặp $t_c \geq 1,5\phi$.

7.1.4. Giao nhau của cốt thép

Cốt thép dọc trong dầm sàn và trong dầm khung (dầm chính) vuông góc với nhau, giao nhau tại liên kết. Tại đây cốt thép của hai dầm có thể vướng vào nhau, đặc biệt là các thanh ở phía trên. Thường đặt cốt thép dọc trong dầm chính bên dưới cốt thép của dầm sàn. Khi đặt cốt thép bên trên của dầm sàn thành hai hàng thì phải đặt cách ra để cốt thép phía trên của dầm chính được đặt vào khoảng giữa hai hàng đó. Lúc này nếu cốt thép bên trên của dầm chính cũng đặt thành hai hàng thì cũng phải đặt cách ra để kẹp cốt thép của dầm sàn vào giữa (hình 7.2).



Hình 7.2: Giao nhau giữa dầm sàn và dầm chính

7.2. ĐẶT CỐT THÉP THEO PHƯƠNG DỌC DẦM

7.2.1. Nguyên tắc chung

Trong vùng mômen dương cốt thép dọc chịu kéo A_s đặt ở phía dưới, trong vùng mômen âm - ở phía trên. Trong mỗi vùng đã tính toán và chọn đặt cốt thép ở tiết diện có mômen lớn nhất. Càng xa tiết diện đó, để tiết kiệm có thể và nên giảm bớt cốt thép bằng cách cắt bớt một số thanh hoặc uốn chuyển vùng. Sau khi cắt hoặc uốn phải đảm bảo số cốt thép còn lại đủ khả năng chịu lực theo mômen uốn trên các tiết diện thẳng góc và cả trên các tiết diện nghiêng. Cốt thép chịu lực cần được neo chắc chắn ở đầu mỗi thanh, xác định các đoạn neo này theo các quy định ở mục 7.2.4. Dọc theo trục dầm các cốt thép chịu lực ở phía dưới và phía trên có thể được đặt một cách độc lập hoặc được đặt phối hợp.

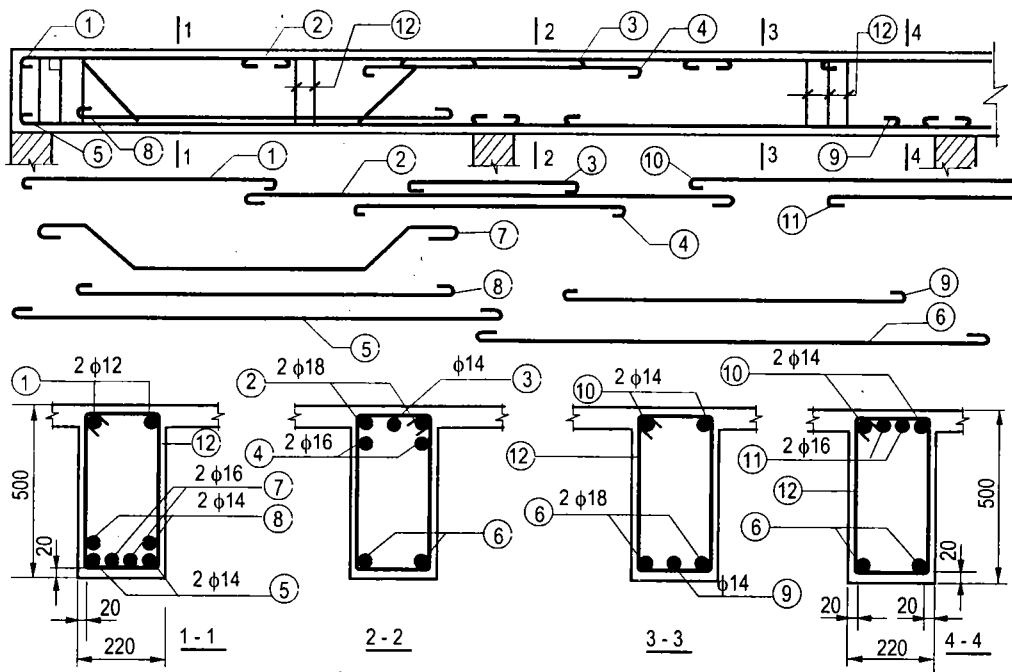
7.2.2. Đặt cốt thép độc lập

Chọn và đặt cốt thép một cách độc lập trong từng nhịp và trong từng gối bằng các thanh thẳng (hình 7.3) sẽ đạt được sự linh hoạt trong việc chọn và bố trí cốt thép, thuận tiện cho thi công nhưng khó đạt được yêu cầu tiết kiệm.

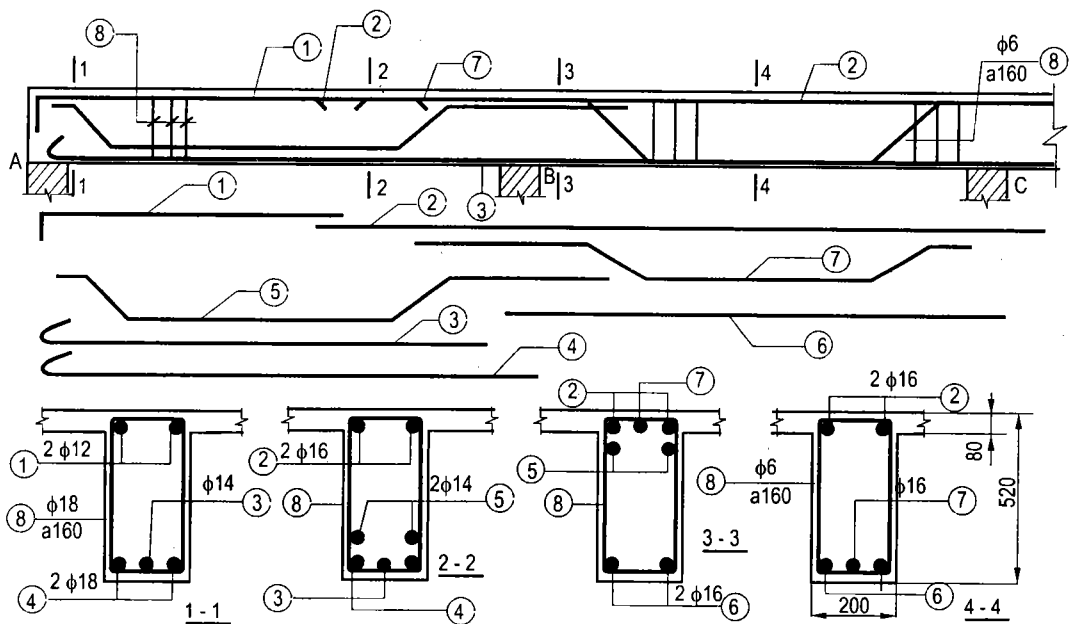
Cốt thép độc lập là những thanh thẳng, cũng có thể uốn các đầu mút làm cốt thép xiên nhưng sau khi uốn chỉ làm thêm đoạn neo mà không kéo dài thêm để tham gia chịu mômen. Các cốt thép xiên này thường được bố trí theo yêu cầu chịu lực cắt, cũng có thể chỉ là cốt xiên theo cấu tạo. Với cốt thép xiên cấu tạo đoạn neo nằm ngang chỉ cần dài 5ϕ .

Hình 7.3 giới thiệu cách bố trí cốt thép độc lập trong hai nhịp đầu của dầm nhiều nhịp. Các thanh cốt thép đều thẳng, riêng thanh số (7) được uốn ở hai đầu làm cốt thép xiên. Với cách đặt cốt thép độc lập số lượng các thanh thép trong mỗi hàng ở nhịp biên, nhịp giữa và trên gối có thể khác nhau. Trên hình 7.3 giả định là các cốt thép tròn tron

nên đầu mút mỗi thanh đều uốn móc tròn. Khi dùng cốt thép có gờ đầu mút có thể để thẳng hoặc uốn neo gập. Trường hợp đầu mút cốt thép để thẳng bị lấn vào hình chiếu của một thanh khác thì dùng kí hiệu một móc nhọn để diễn tả như trên hình 7.4.



Hình 7.3: Thí dụ vẽ cốt thép độc lập



Hình 7.4: Thí dụ vẽ đặt cốt thép phối hợp

7.2.3. Đặt cốt thép phối hợp

Dem uốn một số thanh chịu mômen dương ở giữa nhịp (đặt phía dưới) lên phía trên để kết hợp làm cốt thép chịu mômen âm. Trong thí dụ ở hình 7.4 đã uốn 2 thanh số ⑤ từ nhịp biên lên gối B, uốn thanh số ⑦ ở nhịp giữa lên gối B. Các đoạn uốn xiên có thể được kết hợp làm cốt xiên chịu lực cắt (có kể vào trong tính toán) hoặc chỉ là một đoạn uốn do cấu tạo bình thường.

Việc uốn để phối hợp cốt thép cũng như uốn cốt thép xiên phải bảo đảm tính đối xứng qua mặt phẳng đứng chứa trục dầm và trục của toàn bộ các đoạn của thanh cốt thép phải nằm trong mặt phẳng thẳng đứng. Không cho phép uốn chéo cốt thép.

Việc đặt cốt thép phối hợp có thể tiết kiệm được một ít nhưng làm cho thi công trở nên phức tạp hơn và việc chọn lựa để bố trí đúng các thanh thép cũng trở nên khó khăn hơn.

Để đặt cốt thép phối hợp thường chọn một vài phương án bố trí cốt thép chịu mômen dương ở giữa nhịp, dự kiến uốn một số thanh lên gối. Ở trên gối còn thiếu bao nhiêu thì đặt thêm các thanh thẳng. Trong thí dụ trên, giả thử cốt thép cần thiết ở gối là $A_s = 900\text{mm}^2$. Đã uốn từ dưới lên được $2\phi 14 + \phi 16$, có diện tích là: $308 + 201 = 509\text{mm}^2$, còn thiếu: $900 - 509 = 391\text{mm}^2$, chọn đặt thêm $2\phi 16 = 402\text{mm}^2$.

Việc đặt cốt thép phối hợp khó có thể chọn một lần là xong mà thường phải thử một vài phương án để tìm được cách bố trí hợp lí.

Hình 7.4 thể hiện các cốt thép có gờ, đầu mút để thẳng hoặc uốn móc gấp [(thanh số (1), (3) và (4)]. Ở chỗ đầu mút cốt thép lặn vào hình chiếu của thanh khác dùng kí hiệu một móc nhọn và tại đó ghi số hiệu thanh thép.

7.2.4. Neo cốt thép vào gối

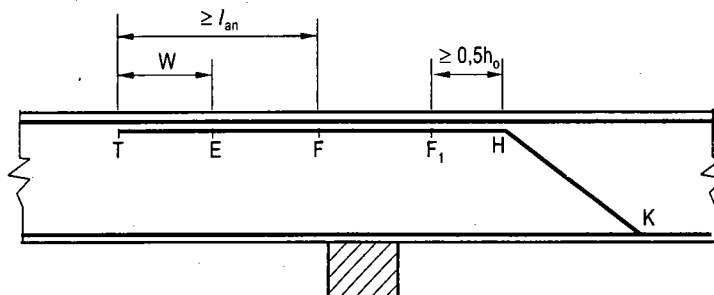
Các cốt thép dọc phía dưới phải được neo chắc chắn vào gối tựa. Đầu mút của các thanh tròn trơn dùng trong khung buộc cần được uốn móc vòng. Đầu mút của các thanh có gờ có thể để thẳng, khi cần thiết có thể uốn gấp 90° hoặc 135° .

Trong dầm với $b \geq 150\text{mm}$ số cốt thép kéo vào gối tựa tối thiểu là hai thanh, có diện tích không nhỏ hơn $k\%$ diện tích A_s cần thiết ở giữa nhịp. Với gối biên kê tự do $k = 60$; với các gối giữa $k = 40$. Riêng với gối biên kê tự do diện tích các thanh kéo vào gối còn không nhỏ hơn $A_{s0} = \frac{Q_A}{R_s}$ (Q_A - lực cắt ở gối tựa).

Đoạn dài neo cốt thép ở gối tựa biên kê tự do (tính từ mép gối tựa đến mút thanh thép) không được nhỏ hơn 5ϕ khi thoả mãn điều kiện (6-18) (không cần tính toán cốt thép đai). Khi không thoả mãn điều kiện (6-18) đoạn dài neo không nhỏ hơn 10ϕ . Trường hợp kích thước gối tựa bị hạn chế không thể bảo đảm chiều dài đoạn neo như quy định cần thiết phải có biện pháp neo bổ sung.

7.2.5. Neo cốt thép ở giữa nhịp

Ra xa các tiết diện có mômen lớn nhất trong từng đoạn dầm, để tiết kiệm có thể cắt bớt một số thanh. Khi cắt như vậy ở mỗi đầu thanh cần xác định ba tiết diện: mút thanh T, tiết diện cắt lí thuyết E và tiết diện mà tại đó thanh được sử dụng hết khả năng chịu lực F (hình 7.5). Tiết diện cắt lí thuyết E là tiết diện mà tại đó theo tính toán về khả năng chịu mômen trên tiết diện thẳng góc thì không cần đến thanh đó nữa (những thanh còn lại đủ để chịu mômen).



Hình 7.5: Sơ đồ đoạn neo và uốn cốt thép

Gọi đoạn TF là đoạn neo toàn phần, đoạn này phải không được nhỏ hơn l_{an} xác định theo công thức (7-1) là chiều dài đoạn neo thẳng của cốt thép.

$$l_{an} = \left(\omega_{an} \frac{R_s}{R_b} + \Delta_{an} \right) \phi \quad (7-1)$$

Đồng thời $l_{an} \geq \lambda_{an} \phi$ và $l_{an} \geq l_*$

Các hệ số ω_{an} , Δ_{an} , λ_{an} và l_* cho trong bảng 7.1.

Bảng 7.1. Các số liệu để xác định đoạn neo cốt thép

Điều kiện làm việc của cốt thép	Cốt thép có gờ				Cốt thép trơn			
	ω_{an}	Δ_{an}	λ_{an}	l_* , mm	ω_{an}	Δ_{an}	λ_{an}	l_* , mm
1. Đoạn neo cốt thép								
a) Chịu kéo trong bê tông chịu kéo	0,7	11	20	250	1,2	11	20	250
b) Chịu nén hoặc kéo trong vùng chịu nén của bê tông	0,5	8	12	200	0,8	8	15	200
2. Nối chồng cốt thép								
a) Trong bê tông chịu kéo	0,9	11	20	250	1,55	11	20	250
b) Trong bê tông chịu nén	0,65	8	15	200	1	8	15	200
<i>Chú thích:</i> Đối với cấu kiện làm bằng bê tông hạt nhỏ cần tăng chiều dài l_{an}. Xem điều 8.5.2. của TCXDVN 356 : 2005.								

Gọi đoạn TE là đoạn neo bổ sung (hoặc đơn giản là đoạn neo), thường kí hiệu bằng chữ W. Với dầm có chiều cao không đổi đoạn neo W được xác định theo công thức (7-2) đồng thời lấy $W \geq 20\phi$.

$$W = \frac{Q}{2q_{sw}} + 5\phi \quad (7-2a)$$

q_{sw} - tính theo công thức (6-25);

Q - lực cắt (lấy bằng độ dốc của biểu đồ mômen) tại tiết diện cắt lí thuyết.

Khi trong vùng neo w có cốt thép xiên thì tính w theo công thức:

$$W = \frac{Q - Q_{s.inc}}{2q_{sw}} + 5\phi \quad (7-2b)$$

$$Q_{s.inc} = R_s A_{s.inc} \sin\theta$$

$A_{s.inc}$ - diện tích lớp cốt thép xiên;

θ - góc nghiêng cốt thép xiên.

Thông thường chỉ cần xác định đoạn neo w mà không cần kiểm tra đoạn $TF \geq l_{an}$; chỉ cần kiểm tra khi điểm E nằm quá gần điểm F.

Để xác định điểm cắt lí thuyết E cần tiến hành xác định khả năng chịu lực của các tiết diện dầm và vẽ hình bao vật liệu, trình bày trong mục 7.3 và 7.4.

7.2.6. Uốn cốt thép

Khi uốn cốt thép cần xác định điểm đầu ở trong vùng kéo và điểm cuối ở trong vùng nén. Các vùng này phụ thuộc vào thanh cốt thép đang dùng để chịu mômen dương hay âm. Xét đoạn uốn xiên HK trên hình 7.5. Khi xem uốn cốt thép chịu mômen dương từ giữa nhịp lên gối thì K là điểm đầu, H là điểm cuối. Cũng có thể xem ngược lại là uốn cốt thép chịu mômen âm trên gối xuống, lúc này H là điểm đầu còn K là điểm cuối.

Gọi tiết diện cần là tiết diện mà tại đó thanh cốt thép được sử dụng hết khả năng chịu lực (để chịu mômen theo tiết diện thẳng góc). Khoảng cách theo phương trục dầm từ tiết diện cần đến điểm đầu đoạn cuối không nhỏ hơn $0,5h_0$. Ví dụ trên hình 7.5, xem tiết diện F_1 là tiết diện cần thì $F_1H \geq 0,5h_0$. Khi trong đoạn từ H đến gối tựa không cắt bớt các thanh cốt thép khác thì có thể xem F_1 ở tiết diện mép gối tựa.

Gọi tiết diện uốn lí thuyết là tiết diện mà tại đó không cần đến thanh cốt thép đang xét (những thanh còn lại đủ khả năng chịu mômen - tương tự như tiết diện cắt lí thuyết). Điểm cuối của đoạn uốn xiên phải nằm về phía có mômen nhỏ hơn so với tiết diện uốn lí thuyết với khoảng cách $\geq 0,5h_0$.

Khi vẽ hình bao vật liệu ở mục 7.4 thấy rằng trong đoạn uốn cốt thép hình bao vật liệu phải bao ra ngoài hình bao mômen với khoảng cách theo phương ngang không nhỏ hơn $0,5h_0$.

7.2.7. Cốt thép dọc cấu tạo

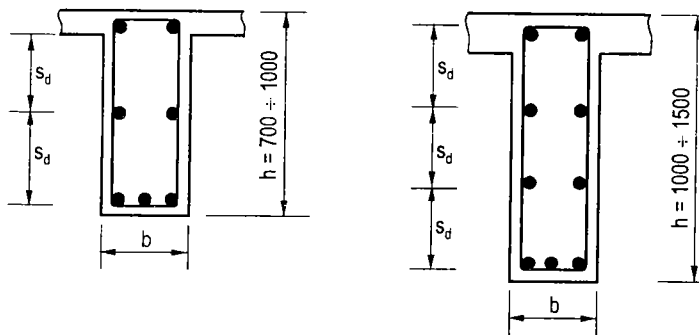
Trong dầm, ngoài cốt thép dọc chịu lực trong một số trường hợp còn cần đặt thêm cốt thép dọc cấu tạo. Có hai loại là cốt giá và cốt đứng.

1. Cốt giá

Khi trong vùng nén của dầm không có cốt thép chịu lực cần đặt cốt thép cấu tạo, gọi là cốt giá để liên kết với cốt đai thành khung cốt thép. Cốt giá được đặt vào các góc của cốt thép đai, thường có đường kính $\phi 10 \div \phi 14$. Tổng diện tích các thanh cốt giá cần $\geq \mu_{\min} b h_0$. ($\mu_{\min} = 0,0005 \div 0,001$). Trên hình 7.3 và 7.4 các thanh số ① $2\phi 12$ là cốt giá. Trong đoạn dầm chịu mômen âm đã đặt thanh số ② để chịu lực, trong đoạn dầm gần gối tựa biên chỉ mômen dương, đem cắt các thanh số ② có đường kính lớn, đặt vào cốt giá số 1 có đường kính bé hơn. Làm như vậy cũng chỉ là để tiết kiệm vật liệu. Cũng có thể kéo dài thanh số ② (khi nó có đường kính không lớn lắm) ra đến mút dầm mà không đặt thêm thanh ①, lúc này thanh số ② làm nhiệm vụ cốt giá ở trong đoạn dầm chỉ chịu mômen dương.

2. Cốt đứng

Khi chiều cao của dầm lớn hơn 700mm cần đặt thêm cốt thép dọc cấu tạo ở mặt bên của dầm, gọi đó là cốt đứng (hình 7.6). Khoảng cách s_d giữa các cốt thép dọc (cốt thép chịu lực, cốt giá, cốt đứng) theo chiều cao dầm không lớn hơn 500mm. Diện tích tiết diện một thanh cốt đứng là A_{sd} không nhỏ hơn $0,001 b_0 s_d$. Lấy $b_0 = \min (b/2 \text{ và } 200\text{mm})$. Đường kính cốt đứng thường là $\phi 10 \div \phi 14$.



Hình 7.6: Cốt thép cấu tạo

7.3. KHẢ NĂNG CHỊU LỰC CỦA TIẾT DIỆN DẦM

Sau khi bố trí cốt thép, dự kiến cắt hoặc uốn một số thanh ở một vài tiết diện nào đó, tại mỗi tiết diện của dầm đã biết được cốt thép chịu lực. Dựa vào cốt thép đã biết để xác định khả năng chịu lực M_{ld} .

Trong thiết kế thực tế cũng có thể không cần tính toán cốt thép theo mục 6.3 mà chọn đặt cốt thép theo kinh nghiệm hoặc theo một số yêu cầu nào đó, lúc này cần thiết phải xác định khả năng chịu lực của các tiết diện là M_{ld} và kiểm tra theo điều kiện:

$$M \leq M_{td} \quad (7-3)$$

M - mômen do tải trọng gây ra, lấy theo hình bao mômen.

Để xác định M_{td} đã biết kích thước tiết diện và cấu tạo của cốt thép. Tính toán M_{td} là bài toán ngược so với bài toán xác định cốt thép mục 6.3. Tính toán M_{td} theo các trường hợp tiết diện chữ nhật hoặc tiết diện chữ T.

7.3.1. Tiết diện chữ nhật đặt cốt thép đơn

Cốt thép chịu kéo đặt ở phía trên, cánh tiết diện nằm trong vùng kéo, tính toán theo trường hợp tiết diện chữ nhật $b \times h$.

$$\xi = \frac{R_s A_s}{R_b b h_0} \quad (7-4)$$

Kiểm tra giá trị hệ số ξ theo điều kiện (6-3):

- Với mômen theo sơ đồ đàn hồi: $\xi \leq \xi_R$

- Với mômen theo sơ đồ dẻo: $\xi \leq \xi_D$

Khi điều kiện về ξ được thoả mãn, tính $\gamma = 1 - 0,5\xi$ và tính M_{td} theo công thức:

$$M_{td} = R_s A_s \gamma h_0 \quad (7-5)$$

Nếu điều kiện về ξ không thoả mãn mà trong vùng nén có thể kể đến cốt thép chịu lực thì chuyển sang tính toán tiết diện đặt cốt thép kép.

7.3.2. Tiết diện chữ nhật đặt cốt thép kép.

Sơ đồ tính như hình 6.3.

$$\xi = \frac{R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b h_0} \quad (7-6)$$

$x = \xi h_0$. Kiểm tra giá trị của x theo điều kiện (6-6)

$$2a' \leq x \leq \xi_D h_0 \text{ hoặc } \xi_R h_0$$

Khi điều kiện về x được thoả mãn, tính M_{td} theo công thức (7-7) đồng thời lấy M_{td} không lớn hơn M_0 theo công thức (7-8):

$$M_{td} = R_b b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') \quad (7-7)$$

$$M_0 = 0,5 R_b b h_0^2 \quad (7-8)$$

Khi xảy ra $x < 2a'$ (kể cả trường hợp $x < 0$) chứng tỏ cốt thép A'_s khá lớn, lúc này tính M_{td} theo công thức:

$$M_{td} = R_s A_s Z \quad (7-9)$$

Trong đó lấy $Z = \max (Z_a \text{ và } Z_b)$

$$Z_a = h_0 - a'$$

$$Z_b = h_0 - \frac{x_1}{2}$$

với $x_1 = \xi_1 h_0$ mà ξ_1 tính theo công thức (7-4).

7.3.3. Trường hợp đặc biệt

Khi tính theo tiết diện đặt cốt thép đơn hoặc cốt thép kép mà xảy ra $\xi > \xi_D$ hoặc ξ_R chứng tỏ cốt thép A_s quá lớn.

Nếu $\xi_D < \xi \leq \xi_R$ thì vẫn có thể tính M_{td} theo công thức (7-5) hoặc (7-7) nhưng tại tiết diện đang xét không thể hình thành khớp dẻo để tính toán M theo sơ đồ dẻo.

Khi $\xi > \xi_R$, có thể tính toán gần đúng bằng cách lấy $x = \xi_R h_0$ và dùng công thức (7-7) để tính M_{td} trong đó với tiết diện đặt cốt thép đơn cho $A'_s = 0$. Muốn tính toán chính xác hơn thì cần giải hệ phương trình để xác định x và σ_s là ứng suất trong cốt thép A_s .

Phương trình thứ nhất:

$$\sigma_s = \frac{(0,2 + \xi_R) h_0 R_s}{0,2 h_0 + x} \quad (7-10)$$

Phương trình thứ hai

$$\sigma_s A_s = R_b b x + R_{sc} A'_s \quad (7-11)$$

Dùng công thức (7-7) để tính M_{td} . Với tiết diện đặt cốt thép đơn thì trong phương trình (7-11) và trong công thức (7-7) cho $A'_s = 0$.

7.3.4. Tiết diện chữ T

Trước hết cần phân biệt các trường hợp tính toán dựa vào vị trí và giá trị của cốt thép chịu kéo A_s .

Trường hợp 1: Khi A_s đặt ở phía cánh thì cánh nằm trong vùng chịu kéo, tính toán theo tiết diện chữ nhật kích thước $b \times h$ như đã trình bày trong các mục 7.3.1 đến 7.3.3.

Trường hợp 2: Khi A_s đặt trong sườn, ở phía dưới, cánh nằm trong vùng nén. Khi thoả mãn điều kiện (7-12) thì trục trung hoà nằm trong cánh.

$$x_0 = \frac{R_s A_s}{R_b b_f} < h_f \quad (7-12)$$

Lúc này tính toán theo tiết diện chữ nhật, trong đó lấy b bằng b_f . Sơ đồ tính toán ở hình 6.4a.

Trường hợp 3: Khi cánh trong vùng nén và không thoả mãn điều kiện (7-12) có nghĩa là $x_0 > h_f$, sơ đồ tính toán thể hiện ở hình 6.4b. Tính x theo công thức:

$$x = \frac{R_s A_s - R_b (b_f - b) h_f}{R_b b} > h_f \quad (7-13)$$

Kiểm tra điều kiện $x \leq \xi_D h_0$ hoặc $\xi_R h_0$. Khi điều kiện này được thoả mãn thì tính M_{td} theo công thức:

$$M_{td} = R_b b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + R_b (b_f - b) h_f \left(h_0 - \frac{h_f}{2} \right) \quad (7-14)$$

Nếu xảy ra $\xi_D h_0 < x \leq \xi_R h_0$ thì vẫn tính M_{td} theo (7-14) nhưng lúc này không bảo đảm sự hình thành khớp dẻo ở tiết diện đang xét.

Nếu xảy ra $x > \xi_R h_0$, tính toán gần đúng lấy $x = \xi_R h_0$ và vẫn dùng công thức (7-14).

7.3.5. Thí dụ

Thí dụ 7.1: Cho cấu tạo dầm ở hình 7.4, xác định khả năng chịu lực ở tiết diện 3-3 theo trường hợp tiết diện đặt cốt thép đơn. Bê tông cấp B15. Cốt thép nhóm CII.

1. Số liệu

Tiết diện chữ T cánh trong vùng kéo, tính toán theo tiết diện chữ nhật $b = 200$; $h = 520\text{mm}$; $a_0 = 55\text{mm}$; $h_0 = 520 - 55 = 465$.

$$\begin{aligned} A_s &= \textcircled{5} + \textcircled{2} + \textcircled{7} = 2\phi 14 + 2\phi 16 + \phi 16 \\ &= 308 + 402 + 201 = 911\text{mm}^2 \end{aligned}$$

$$R_b = 14,5\text{MPa}; \quad R_s = 280\text{MPa}; \quad \xi_D = 0,37.$$

2. Tính toán

$$\xi = \frac{R_s A_s}{R_b b h_0} = \frac{280 \times 911}{14,5 \times 200 \times 465} = 0,1892 < \xi_D = 0,37$$

$$\gamma = 1 - 0,5\xi = 1 - 0,5 \times 0,1892 = 0,905$$

$$\begin{aligned} M_{td} &= R_s a_s \gamma h_0 = 280 \times 911 \times 0,905 \times 465 \\ &= 107300000\text{mm} = 107,3\text{kNm} \end{aligned}$$

M_{td} tính được ứng với khả năng chịu mômen âm.

Thí dụ 7.2: Với số liệu như ở thí dụ 7.1, kể thêm cốt thép đã có ở vùng nén là $2\phi 16$ với $A'_s = 402\text{mm}^2$; $a' = 30\text{mm}$. Tính toán tiết diện đặt cốt thép kép.

1. Số liệu

Như ở thí dụ 7.1, thêm $A'_s = 402$; $R_{sc} = 280\text{MPa}$, $a' = 30\text{mm}$.

$$\xi = \frac{R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b h_0} = \frac{280(911 - 402)}{14,5 \times 200 \times 465} = 0,106 < \xi_D = 0,37$$

$$x = \xi h_0 = 0,106 \times 465 = 49,3\text{mm} < 2a' = 60\text{mm}$$

$$Z_a = h_0 - a' = 465 - 30 = 435\text{mm}$$

$$Z_b = h_0 - \frac{x}{2} \text{ với } x = \xi_1 h_0 \text{ mà } \xi_1 = \frac{R_s A_s}{R_b b h_0} = 0,1892 \text{ (đã tính)}$$

$$x_1 = 0,1892 \times 465 = 88\text{mm};$$

$$Z_b = 465 - \frac{88}{2} = 421\text{mm}$$

Lấy $Z = Z_a = 435\text{mm}$. M_{td} ứng với khả năng chịu mômen âm.

$$M_{td} = R_s A_s Z = 280 \times 911 \times 435 = 110959000\text{Nmm} = 110,96\text{kNm}$$

Nhận xét: Khi có kẻ thêm cốt thép A'_s thì M_{td} tăng lên.

Thí dụ 7.3: Cho số liệu ở hình 7.4. Yêu cầu tính khả năng chịu lực của tiết diện 2-2 với cốt thép $A_s = \textcircled{3} + \textcircled{4} + \textcircled{5}$. Tính toán theo tiết diện đặt cốt thép đơn. Bê tông B25, cốt thép nhóm CII.

1. Số liệu

Cốt thép A_s đặt phía dưới, tính toán theo tiết diện chữ T có cánh trong vùng nén. $b = 200$; $h = 520$; $h_0 = 460$, $h_f = 80\text{mm}$. Lấy $s_f = 6h_f = 6 \times 80 = 480 < 1/6$ nhịp dầm.

Bề rộng cánh $b_f = b + 2s_f = 200 + 2 \times 480 = 1160\text{mm}$; $R_b = 14,5\text{MPa}$, $R_s = 280\text{MPa}$; $\xi_D = 0,37$.

$$A_s = \phi 14 + 2\phi 18 + 2\phi 14 = 154 + 509 + 308 = 971\text{mm}^2$$

2. Tính toán

$$x_0 = \frac{R_s A_s}{R_b b_f} = \frac{280 \times 971}{14,5 \times 1160} = 16,2\text{mm} < h_f = 80$$

Trục trung hòa qua cánh. Tính theo tiết diện chữ nhật có b bằng b_f

$$\xi = \frac{R_s A_s}{R_b b_f h_0} = \frac{280 \times 971}{14,5 \times 1160 \times 460} = 0,0352 < \xi_D = 0,37$$

$$\gamma = 1 - 0,5\xi = 1 - 0,5 \times 0,0352 = 0,982.$$

$$\begin{aligned} M_{td} &= R_s A_s \gamma h_0 = 280 \times 971 \times 0,982 \times 460 \\ &= 122800000\text{Nmm} = 122,8\text{kNm} \end{aligned}$$

$M_{td} = 122,8\text{kNm}$ ứng với khả năng chịu mômen dương.

Thí dụ 7.4: Cho tiết diện 4-4 trên hình 7.4. Yêu cầu xác định khả năng chịu lực theo hai trường hợp: chịu mômen âm và chịu mômen dương. Tính với tiết diện đặt cốt thép đơn.

a) Tính khả năng chịu mômen âm. Tính theo tiết diện chữ nhật $b = 200$; $h = 520$ mm; $A_s = 2\phi 16 = 402\text{mm}^2$, $a_0 = 30$ mm; $h_0 = 490$ mm.

$$\xi = \frac{R_s A_s}{R_b b h_0} = \frac{280 \times 402}{14,5 \times 200 \times 490} = 0,0792 < \xi_D = 0,37$$

$$\gamma = 1 - 0,5 \times 0,0792 = 0,96$$

$$M_{td} = R_s A_s \gamma h_0 = 280 \times 402 \times 0,96 \times 490 = 52940000 = 52,94\text{kNm}$$

Khả năng chịu mômen âm $M_{td} = 52,94\text{kNm}$.

b) Tính khả năng chịu mômen dương. Tiết diện chữ T cánh trong vùng nén, $b = 200$; $h = 520$; $b_f = 1160$ (đã tính ở thí dụ trước) $h_f = 80$ mm; $A_s = 3\phi 16 = 603\text{mm}^2$, $a_0 = 30$; $h_0 = 490$ mm.

$$x_0 = \frac{R_s A_s}{R_b b_f} = \frac{280 \times 603}{14,5 \times 1160} = 10\text{mm} < h_f = 80$$

Trục trung hòa qua cánh. Tính theo tiết diện chữ nhật bề rộng b_f .

$$\xi = \frac{R_s A_s}{R_b b_f h_0} = \frac{280 \times 603}{14,5 \times 1160 \times 490} = 0,0205$$

$$\gamma = 1 - 0,5 \times 0,0205 = 0,988$$

$$\begin{aligned} M_{td} &= R_s A_s \gamma h_0 = 280 \times 603 \times 0,988 \times 490 \\ &= 81740000\text{Nmm} = 81,74\text{kNm} \end{aligned}$$

$M_{td} = 81,74\text{kNm}$ ứng với khả năng chịu mômen dương.

7.4. HÌNH BAO VẬT LIỆU

7.4.1. Khái niệm chung

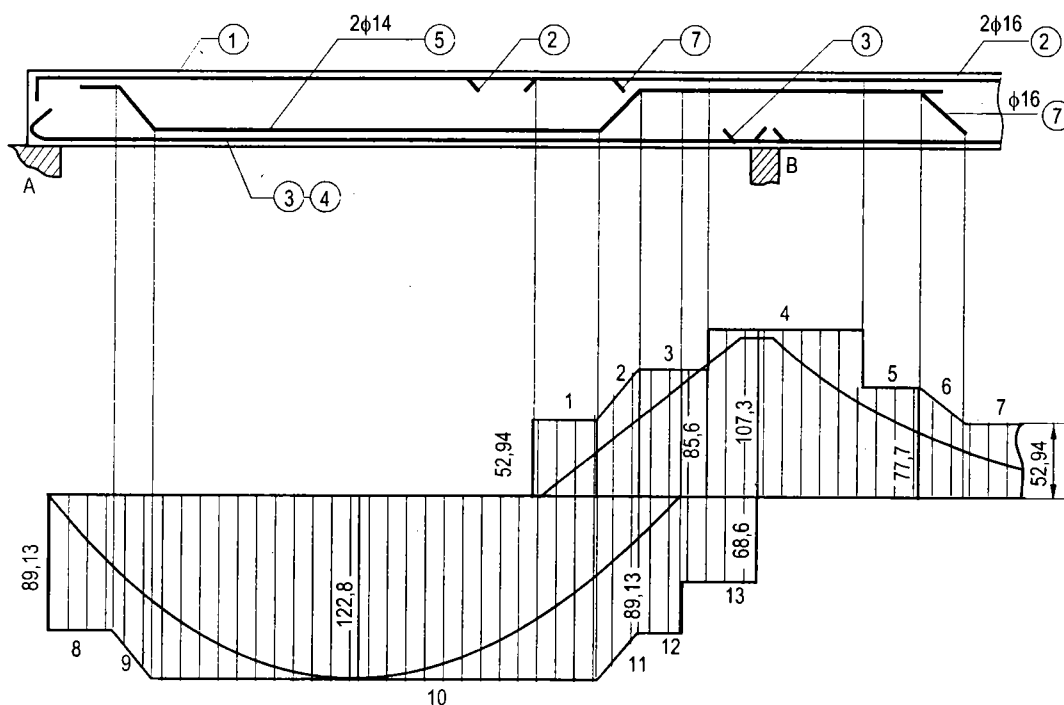
Hình bao vật liệu (HBVL) là biểu đồ thể hiện khả năng chịu lực của toàn bộ các tiết diện của dầm. HBVL được vẽ theo trục dầm với các tung độ bằng giá trị M_{td} đã tính. Khi trong dầm có cốt thép chịu kéo A_s đặt cả phía dưới và phía trên thì HBVL được thể hiện bằng hai nhánh. Nhánh chịu mômen dương và nhánh chịu mômen âm.

HBVL thường được vẽ cùng với hình bao mômen, theo cùng một tỉ lệ. Theo điều kiện (7-3) thì phải đạt yêu cầu là HBVL bao ra bên ngoài hình bao mômen.

7.4.2. Tính chất và quy ước vẽ HBVL

Thể hiện HBVL cho từng đoạn dầm. Trong đoạn có tiết diện không đổi, cốt thép chịu lực không đổi thì HBVL thể hiện bằng đoạn nằm ngang. Tại tiết diện cắt lí thuyết cốt thép dọc quy ước thể hiện HBVL bằng bước nhảy. Trong đoạn uốn cốt thép quy ước thể hiện HBVL bằng đoạn xiên có các điểm đầu và điểm cuối ứng với vị trí uốn cốt thép. Hình 7.7 thể hiện HBVL của nhịp biên ứng với mômen dương và ở gối B ứng với mômen âm của dầm đã cho ở hình 7.4.

Để tiện cho việc giải thích, đánh số các đoạn HBVL từ 1 đến 7 với mômen âm và từ 8 đến 13 với mômen dương như trên hình 7.7.



Hình 7.7: Hình bao vật liệu của một đoạn dầm

Khả năng chịu lực M_{td} của các đoạn được tính như sau:

a) Vùng chịu mômen âm

Ở đoạn 4 có $M_{td} = 107,3$ đã tính ở thí dụ 7.1. Đoạn 7 có $M_{td} = 52,94$ tính ở thí dụ 7.4. Sang bên trái gối B cắt bớt thanh số ⑦, còn lại cốt thép số ② và ⑤. Có $A_s = 2\phi 16 + 2\phi 14 = 710\text{mm}^2$, $h_0 = 465\text{mm}$, tính được $M_{td} = 85,6\text{kNm}$. Đoạn 3 có $M_{td} = 85,6$. Giữa đoạn 4 và 3 thể hiện HBVL có bước nhảy ứng với vị trí cắt lí thuyết thanh số ⑦.

Đoạn 2 ứng với việc uốn 2 thanh số ⑤ từ trên gối xuống nhịp. Trong đoạn 1, sau khi uốn ⑤ còn lại $A_s = 2\phi 16 = 402\text{mm}^2$ tính toán được $M_{td} = 52,94$ như ở đoạn 7. Cuối đoạn 1 cắt các thanh số ②, dùng thanh số ① nối vào, làm cốt thép cấu tạo, không kể vào trong tính toán.

Bên phải gối B. Đoạn 4 kết thúc bởi bước nhảy ứng với điểm cắt lí thuyết các thanh số ⑤. Trong đoạn 5 còn lại; $A_s = ② + ⑦ = 2\phi 16 + \phi 16 = 603\text{mm}^2$, $h_0 = 490\text{mm}$, tính được $M_{ld} = 77,7$. Đoạn 6 ứng với việc uốn thanh số ⑦ từ gối xuống nhịp.

b) Vùng chịu mômen dương

Trong đoạn 10 có các thanh ③ ④ ⑤ đã tính được $M_{ld} = 122,8$ ở thí dụ 7.3. Gần gối A, đoạn 9 ứng với việc uốn cốt số ⑤ còn lại $A_s = ③ + ④ = \phi 14 + 2\phi 18 = 663\text{mm}^2$, $h_0 = 486\text{mm}$, tính được $M_{ld} = 89,13\text{kNm}$. Trong đoạn 8 có $M_{ld} = 89,13$.

Ở gần gối B đoạn 11 ứng với việc uốn cốt số ⑤ lên gối. Đoạn 12 với cốt thép còn lại là ③, ④ đã tính được $M_{ld} = 89,13$. Cuối đoạn 12 ứng với điểm cắt lí thuyết thanh số ③ HBVL có bước nhảy. Đoạn 13 ứng với cốt thép còn lại $A_s = ④ = 2\phi 18 = 509$, tính được $M_{ld} = 68,6\text{kNm}$.

Kết quả tính toán thể hiện tóm tắt trong bảng:

Đoạn	A_s , mm^2	Khả năng chịu mômen	h_0 , mm	ξ	γ	M_{ld} , kNm
1	402	âm	490	0,0792	0,96	52,94
3	710	âm	465	0,1474	0,926	85,60
4	911	âm	465	0,1892	0,905	107,3
5	603	âm	490	0,1188	0,940	77,7
7	402	âm	490	0,0792	0,96	52,94
8	663	dương	486	0,0227	0,988	89,13
10	971	dương	460	0,0352	0,982	122,8
12	663	dương	486	0,0227	0,988	89,13
13	509	dương	486	0,0174	0,990	68,6

Ghi chú: Khả năng chịu mômen âm tính với tiết diện chữ nhật $b = 200$, mômen dương - tiết diện chữ T có $b_f = 1160\text{mm}$.

Để vẽ được HBVL ngoài việc tính toán M_{ld} tại các đoạn, một việc quan trọng là xác định các điểm cắt lí thuyết và điểm uốn cốt thép. Có thể thực hiện theo một trong hai cách.

Cách thứ nhất: Dựa vào hình bao mômen và các cốt thép đã bố trí ở trên gối và giữa nhịp dự kiến các điểm cắt và uốn (theo kinh nghiệm, theo cảm tính), từ các điểm đó gióng xuống để xác định các bước nhảy, các đoạn xiên trên HBVL. Điều kiện kiểm tra là HBVL bao ra ngoài hình bao mômen và khoảng cách (theo phương ngang) giữa các điểm trên đoạn xiên và hình bao mômen đều lớn hơn $0,5h_0$. HBVL càng bao sát hình bao mômen chứng tỏ sự bố trí cốt thép là hợp lí, càng tiết kiệm.

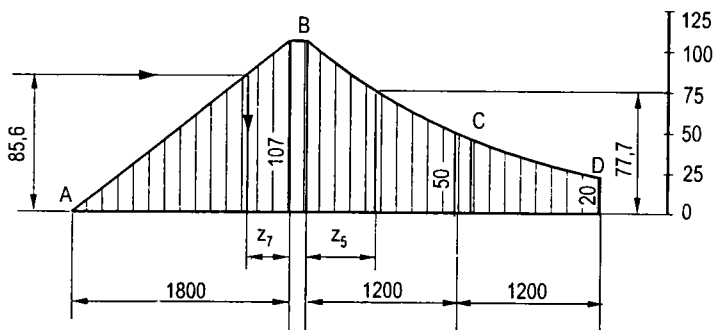
Cách thứ hai: Xuất phát từ HBVL để tìm các điểm cắt lý thuyết và điểm uốn. Tìm điểm chạm trên HBVL, đó là điểm có $M = M_{ld}$. Từ điểm chạm ở HBVL giống lên sẽ có điểm cắt lý thuyết. Thí dụ trong đoạn 3 đã tính được $M_{ld} = 85,6$. Tìm điểm trên hình bao mômen có $M = 85,6$, đó là điểm chạm. Để tìm điểm chạm có thể bằng cách vẽ hoặc tính toán.

Bằng cách vẽ, kéo thẳng đường nằm ngang trong đoạn 3 ứng với $M_{ld} = 85,6$ cho nó chạm vào nhánh âm của hình bao mômen. Để làm việc này cần vẽ chính xác tung độ của hai hình bao theo cùng tỉ lệ.

Để tính toán cần biết phương trình của biểu đồ mômen, cho $M = M_{td}$, giải phương trình tìm ra hoành độ của điểm chạm.

Để tìm điểm uốn cốt thép cũng tiến hành tìm điểm chạm như trên rồi lùi ra một đoạn $\geq 0,5h_0$.

Thí dụ 7.5: Cho biểu đồ mômen âm ở gối B thể hiện bởi các đoạn ABCD như trên hình 7.8 với mômen ở gối B là $M = 107$, mômen ở các tiết diện khác $M_C = 50$, $M_D = 20$. Khoảng cách các tiết diện là 1200mm. Khoảng cách từ A (nơi $M = 0$ ở nhịp biên) đến mép gối là $x = kl = 1800$ mm. Đã tính được khả năng chịu lực sau khi cắt cốt thép là $M_{ld} = 85,6$ và $M_{ld} = 77,7$ (xem hình 7.7). Yêu cầu xác định vị trí tiết diện cắt lý thuyết của các thanh cốt thép bằng phương pháp vẽ.



Hình 7.8: Sơ đồ điểm chạm

Lấy thang tỉ lệ như bên phải của hình. Từ giá trị $M_{ld} = 85,6$ giống vào hình bao mômen tìm được điểm chạm, giống xuống và đo được đoạn Z_7 ứng với tiết diện cắt lý thuyết thanh số ⑦. Tương tự như vậy với $M_{ld} = 77,7$ tìm được Z_5 ứng với tiết diện cắt lý thuyết cốt thép số ⑤.

Dùng phương pháp vẽ phải vẽ với tỉ lệ lớn và vẽ chính xác thì kết quả mới đáng tin cậy. Theo cách làm trên sau khi đo đoạn Z_7 và Z_5 tính theo tỉ lệ được $Z_7 = 360$ và $Z_5 = 600$ mm.

Thí dụ 7.6. Với số liệu ở thí dụ 7.5, hình 7.8, dùng phương pháp tính toán để tìm được vị trí tiết diện cắt lý thuyết các cốt thép số ⑦ và ⑤.

Tính đoạn Z_7 . Đoạn biểu đồ AB là đường thẳng nên có thể tính toán Z_7 bằng tam giác đồng dạng:

$$\frac{85,6}{107} = \frac{1800 - Z_7}{1800} \text{ tính ra } Z_7 = 1800 - \frac{85,6}{107} \times 1800 = 360\text{mm}$$

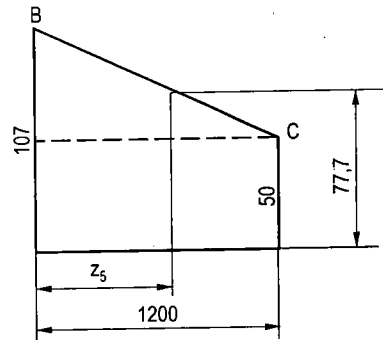
Tính toán Z_5 . Đoạn biểu đồ BC là cong. Muốn tính toán chính xác phải viết được phương trình của nó. Có thể tính toán gần đúng bằng cách thay bằng đoạn thẳng BC và dùng tam giác đồng dạng để tính; sơ đồ như hình 7.9.

Phương trình:

$$\frac{1200 - Z_5}{1200} = \frac{77,7 - 50}{107 - 50}$$

Tính được $Z_5 = 617\text{mm}$

Ghi chú quan trọng: chỉ được thay biểu đồ mômen âm có dạng đường cong lõm bằng đoạn thẳng vì như thế sẽ an toàn hơn. Không được thay đoạn biểu đồ mômen dương dạng đường cong lõm bằng đoạn thẳng nằm vào phía bên trong vì như vậy sẽ thiếu an toàn.



Hình 7.9: Sơ đồ tính gần đúng đoạn Z_5

7.4.3. Sử dụng hình bao vật liệu

Mục đích của việc vẽ HBVL là để xác định hoặc kiểm tra vị trí các điểm cắt lí thuyết hoặc điểm uốn của cốt thép từ đó để xác định chiều dài các thanh cốt thép. Khi xác định chiều dài này cần kể đến đoạn neo cốt thép và xác định theo công thức (7-2).

Việc vẽ HBVL mang tính chất lí thuyết nhiều hơn là thực tế. Trong thiết kế thực tế có thể xác định điểm cắt hoặc uốn cốt thép theo một số quy tắc được tổng kết từ thực tế thiết kế hoặc theo kinh nghiệm. Cách làm như vậy đòi hỏi người thiết kế có nhiều kinh nghiệm và có trình độ phân tích cao. Khi chưa có được kinh nghiệm và trình độ như vậy có thể dùng các cách tính gần đúng để xác định vị trí cắt lí thuyết của cốt thép.

7.5. PHƯƠNG PHÁP GẦN ĐÚNG TÌM TIẾT DIỆN CẮT LÍ THUYẾT

7.5.1. Giới thiệu phương pháp

Phương pháp do tác giả đề xuất nhằm tìm tiết diện cắt lí thuyết và chiều dài các thanh cốt thép chịu mômen âm một cách nhanh chóng, không cần tính toán và vẽ HBVL.

Phương pháp dựa vào hai giả thiết sau:

- Thay thế biểu đồ đường cong của mômen âm bằng đường thẳng
- Xem giá trị γ_{h0} là hằng số, như vậy diện tích cốt thép cần thiết ở mỗi tiết diện tỉ lệ bậc nhất với mômen M.

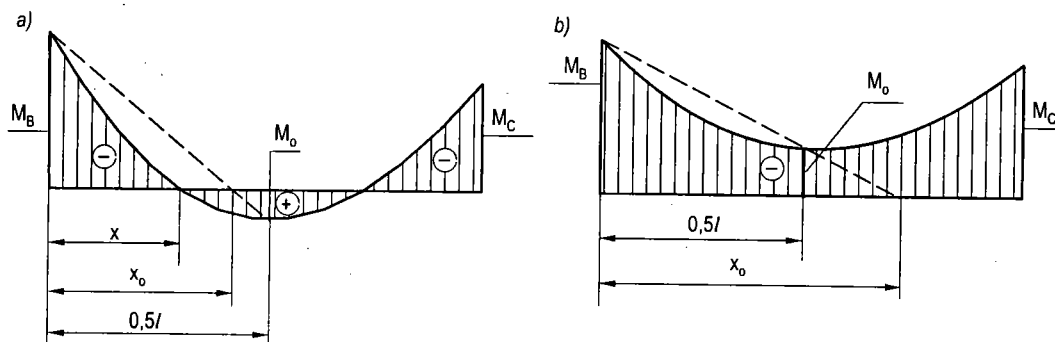
7.5.2. Thay biểu đồ mômen âm bằng đường thẳng

Nhánh biểu đồ $M_{\min}$ có giá trị ở gối tựa là M_B, M_C và ở chính giữa nhịp là M_0 . Giá trị của M_0 có thể là dương hoặc âm (hình 7.10). Tam xét nửa dầm phía gối B.

Quy ước điểm có mômen âm bằng không có tọa độ x_0 .

Khi M_0 dương thì thực tế có một điểm như vậy, tọa độ x .

Nếu đã biết được x thì lấy $x_0 = x$ mà không cần tính x_0 .



Hình 7.10: Sơ đồ tính x_0

Khi M_0 dương và chưa biết x thì tính x_0 theo công thức (7-15) suy ra từ tam giác đồng dạng:

$$x_0 = \frac{M_B}{M_B + M_0} \times 0,5l \quad (7-15)$$

Trong (7-15) lấy M_B và M_0 theo giá trị tuyệt đối.

Nếu lấy M_B là âm (-) và M_0 là dương (+) thì tính x_0 theo công thức:

$$x_0 = \frac{M_B}{M_B - M_0} \times 0,5l \quad (7-16)$$

Với M_0 âm thì thực tế không có điểm $M = 0$. Tính x_0 là quy ước và theo công thức (7-16) với M_B và M_0 lấy theo giá trị tuyệt đối hoặc có kẻ đến dấu.

7.5.3. Tọa độ điểm cắt lí thuyết

Đặt A_s là diện tích cốt thép cần thiết đã tính toán được theo M_B . Tại tiết diện có mômen âm M_k diện tích cốt thép cần thiết là A_{sk} , theo giả thiết thứ hai thì $\frac{M_B}{M_k} = \frac{A_s}{A_{sk}}$

suy ra $M_k = \frac{M_B A_{sk}}{A_s}$. Theo giả thiết thứ nhất thì tọa độ của tiết diện có M_k là Z_k là:

$$Z_k = \frac{x_0 (M_B - M_k)}{M_B} = x_0 \left(1 - \frac{A_{sk}}{A_s} \right) \quad (7-17)$$

Khi dùng công thức (7-15) hoặc (7-16) để xác định x_0 thì:

$$Z_k = \frac{0,5M_B l}{M_B \pm M_0} \left(1 - \frac{A_{sk}}{A_s} \right) \quad (7-18)$$

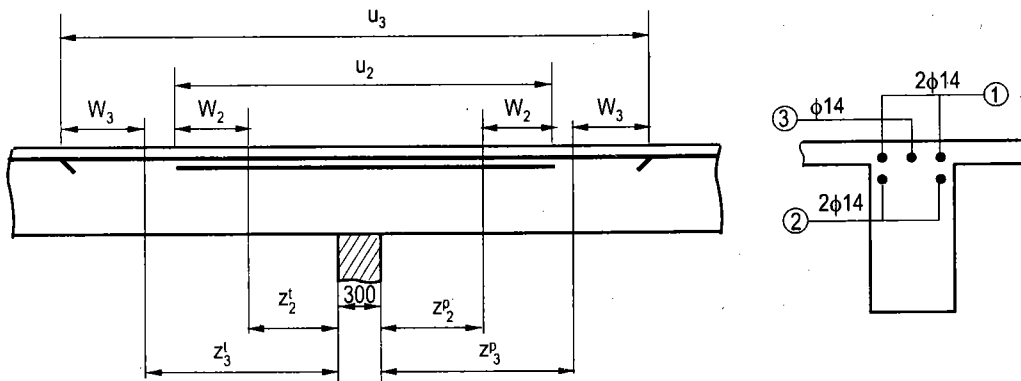
Trong đó khi M_B và M_0 lấy theo giá trị tuyệt đối thì lấy $+M_0$ với M_0 dương và $-M_0$ với M_0 âm. Khi lấy M_B và M_0 với dấu đại số thì chỉ lấy $-M_0$ cho cả 2 trường hợp.

A_{sk} là diện tích cốt thép còn lại sau khi cắt hoặc uốn cốt thép số (k).

Thí dụ 7.7: Lấy kết quả tính cốt thép ở thí dụ 6.1, hình 6.5, yêu cầu tìm toạ độ cắt lý thuyết của các thanh cốt thép.

1. Số liệu

Theo thí dụ 6.1, lấy số liệu gốc từ thí dụ 4.1, hình 4.9 thì: $M_B = -48,21$, ở giữa nhịp 2 có $M_0 = -1,04$; $l = 5900\text{mm}$. Ở nhịp biên có $M = 0$ tại tiết diện có toạ độ $x = 1328\text{mm}$. Với mômen $M = 48,21$ đã tính được $A_s = 707\text{mm}^2$, chọn $5\phi 14$. Đặt số hiệu các thanh như trên hình 7.11. Đặt các thanh số ① chạy dài suốt nhịp dầm. Ra xa gối sẽ cắt bớt số ② và số ③.



Hình 7.11: Sơ đồ tính tiết diện cắt lý thuyết và chiều dài cốt thép

2. Xác định toạ độ tiết diện cắt lý thuyết

Cắt thanh số ② bên trái gối, toạ độ Z_2^l . Đã có $x_0 = x = 1328\text{mm}$. Sau khi cắt ② còn lại $3\phi 14$; $A_{s2} = 3\phi 14 = 462\text{mm}^2$.

$$Z_2^l = x_0 \left(1 - \frac{A_{s2}}{A_s} \right) = 1328 \left(1 - \frac{462}{707} \right) = 460\text{mm}$$

Thanh số ②, cắt bên phải gối:

$$x_0 = \frac{0,5M_b l}{M_B - M_0} = \frac{0,5 \times 48,21 \times 5900}{48,21 - 1,09} = 3015$$

$$Z_2^P = x_0 \left(1 - \frac{A_{s2}}{A_s} \right) = 3015 \left(1 - \frac{462}{707} \right) = 1045 \text{ mm}$$

Cắt thanh số (3) bên trái gối với $x_0 = x = 1328$; còn lại $2\phi 14 = 308 \text{ mm}^2$

$$Z_3^t = 1328 \left(1 - \frac{308}{707} \right) = 750 \text{ mm}$$

Cắt thanh số (3) bên phải gối với $x_0 = 3015$.

$$Z_3^P = 3015 \left(1 - \frac{308}{707} \right) = 1702 \text{ mm}$$

3. Xác định chiều dài thanh thép

Gọi chiều dài thanh thép là u_2 và u_3 :

$$u_2 = w_2^t + Z_2^t + b_c + Z_2^P + w_2^p$$

Trong đó $b_c = 300$ là bề rộng gối tựa.

Các đoạn neo w_2^t và w_2^p , theo lý thuyết phải dùng công thức (7-2) để xác định. Việc tính toán khá phức tạp. Có thể lấy gần đúng $w = (25 \div 30)\phi$. Ở đây lấy $w = 30\phi = 30 \times 14 = 420 \text{ mm}$.

Như vậy: $u_2 = 420 + 460 + 300 + 1045 + 420 = 2645 \text{ mm}$

Tương tự: $u_3 = 420 + 750 + 300 + 1702 + 420 = 3592 \text{ mm}$

Tính toán như trên là khá chi li và sẽ làm cho việc thi công phức tạp hơn. Trên bản vẽ thiết kế phải ghi rõ vị trí của nút cốt thép hoặc chiều dài đoạn thanh cốt thép ở hai bên gối. Trong thi công nếu không hướng dẫn và giám sát thật kỹ thì người ta có xu hướng đặt thanh cốt thép đối xứng qua gối và làm cho một bên cốt thép sẽ bị thiếu hụt. Như vậy, để thuận tiện cho thi công thì nên đặt các thanh số ② và ③ đối xứng qua gối, chọn theo phía dài hơn.

$$u_2 = 2 \times 420 + 2 \times 1045 + 300 = 3230 \text{ mm}$$

$$u_3 = 2 \times 420 + 2 \times 1702 + 300 = 4544 \text{ mm}$$

Ngay cả khi dùng HBVL để xác định tiết diện cắt lý thuyết và chiều dài thanh thép thì vì lý do thuận tiện cho thi công cũng cần đặt các đoạn thanh thép rồi đối xứng qua gối.

7.6. CỐT THÉP Ở PHÍA DƯỚI

Việc xác định tiết diện cắt lý thuyết các thanh cốt thép chịu mômen dương, đặt ở phía dưới là khá phức tạp vì không thể thay đoạn biểu đồ đường cong lồi bằng đoạn thẳng nối

hai điểm của biểu đồ. Thông thường chỉ khi cần có một số cốt thép xiên (theo tính toán hoặc chỉ là cấu tạo) người ta mới uốn một số thanh cốt thép dọc ở phía dưới.

Phải rất thận trọng khi dự định cắt cốt thép ở gần gối biên kê tự do vì trong đoạn đó mômen dương tăng lên rất nhanh. Tốt nhất là không nên cắt mà chỉ có thể uốn một vài thanh.

Ở các nhịp giữa có từ ba thanh trở lên có thể và nên uốn hoặc cắt một số thanh khi vào gần gối tựa. ở tiết diện cách mép gối một khoảng $0,1l_1$ có thể cắt bớt đến 50% số cốt thép (cắt thực tế, không cần xác định tiết diện cắt lí thuyết và đoạn neo). Khi thanh cốt thép được cắt hoặc uốn ở cả hai đầu thì cần chú ý đến tính đối xứng của nó qua giữa nhịp. Tránh việc đặt các đoạn thanh không đối xứng nếu việc đó có thể gây nhầm lẫn khi thi công. Cốt thép phía dưới được kéo vào gối tựa cần tuân theo quy định ở mục 7.2.4.

7.7. BẢN VẼ THI CÔNG CỐT THÉP CỦA DẦM

Bản vẽ thi công dầm gồm bản vẽ ván khuôn và bản vẽ cốt thép. Thông thường với các kết cấu không quá phức tạp có thể không cần bản vẽ ván khuôn khi ở bản vẽ cốt thép đã thể hiện đầy đủ hình dáng và các kích thước cấu tạo của dầm. Bản vẽ thi công thường do thiết kế thực hiện, cũng có thể do đơn vị thi công thực hiện khi đã có bản vẽ thiết kế kĩ thuật.

Bản vẽ cốt thép thường gồm có mặt chính và các mặt cắt ngang. Mặt chính vẽ theo trục dầm, nhìn từ bên cạnh, các mặt cắt ngang thể hiện sự thay đổi của cốt thép dọc theo trục dầm. Quy ước xem bê tông là trong suốt nên trên mặt chính thấy rõ các loại cốt thép. Trên mỗi mặt cắt ngang chỉ thể hiện cốt thép có trong mặt cắt đó. Trong một số trường hợp có cấu tạo đơn giản có thể không cần vẽ cốt thép trong mặt chính mà chỉ vẽ trên một vài mặt cắt.

Cốt thép đai chủ yếu được thể hiện trên mặt cắt. Trên mặt chính có thể vẽ toàn bộ cốt thép đai hoặc chỉ vẽ một vài đai đại diện cho từng đoạn. Khi cốt thép đai được đặt với khoảng cách không đều $s_1, s_2, \dots$ thì phải chỉ rõ số lượng đai với khoảng cách s_1 trong từng đoạn hoặc chiều dài đoạn dầm trong đó đặt cốt thép đai với s_1 .

Trên hình 7.3 và 7.4 ngoài mặt chính và các mặt cắt còn vẽ thêm hình triển khai các thanh cốt thép. Vẽ triển khai như vậy là để giải thích, để dễ nhận thức chứ không bắt buộc. Hình dạng và kích thước cốt thép sẽ được thể hiện chi tiết trong bảng thống kê.

Mỗi cốt thép thường được kí hiệu bằng một con số đặt trong vòng tròn. Mỗi con số dùng cho một loại thanh có hình dạng và kích thước giống nhau, có thể đặt ở các vị trí khác nhau. Số liệu về cốt thép, ví dụ $\frac{2\phi 14}{a300}$ ② hoặc $\frac{\phi 6}{a300}$ ⑥ được ghi ở nơi dễ thấy nhất trên bản vẽ, thường ghi ở nơi cốt thép đó được thể hiện lần đầu, ở các nơi khác chỉ cần ghi kí hiệu nếu xét thấy không thể gây ra nhầm lẫn. Việc ghi nhắc lại số liệu ở một vài nơi chỉ nhằm làm rõ thêm.

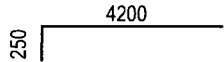
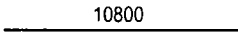
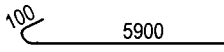
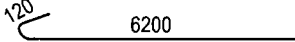
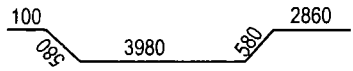
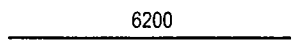
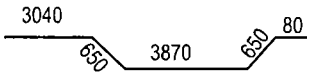
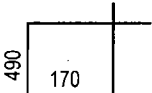
Trên mỗi hình vẽ cần ghi đầy đủ các kích thước và kí hiệu cốt thép. Với các mặt cắt có hình dạng và kích thước giống nhau có thể chỉ cần ghi một lần ở một mặt cắt đại diện. Cần thể hiện hoặc ghi chú rõ về chiều dày lớp bảo vệ. Riêng khoảng hở của cốt thép, khi bố trí cần chú ý bảo đảm đủ yêu cầu còn trên bản vẽ có thể không cần ghi.

Trong bản vẽ cốt thép, ngoài các hình vẽ còn cần mục ghi chú và bảng thống kê. Trong ghi chú cần trình bày những số liệu, những vấn đề thi công cần đến mà chưa được thể hiện trên các hình vẽ như là chủng loại và yêu cầu về chất lượng của vật liệu, những chú ý khi thi công để bảo đảm các yêu cầu của thiết kế v.v...

Bảng thống kê là cơ sở để sản xuất ra các thanh cốt thép theo đúng thiết kế (hình dáng, đường kính, chiều dài, số lượng...). Sau đây là thí dụ bảng thống kê cốt thép của hai nhịp dầm thể hiện trên hình 7.4. Trong trường hợp ở bản vẽ đã trình bày hình khai triển của cốt thép với đầy đủ kích thước thì trong bảng thống kê không cần nhắc lại.

Trong bảng thống kê cũng có thể đưa thêm vào các mục như tổng chiều dài và tổng trọng lượng của các thanh cốt thép để dựa vào đó mà cung cấp vật liệu.

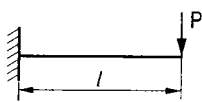
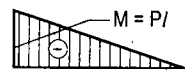
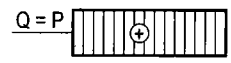
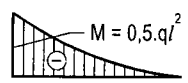
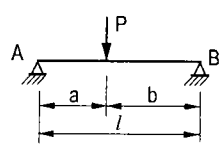
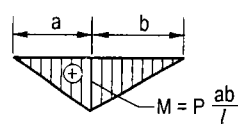
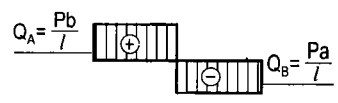
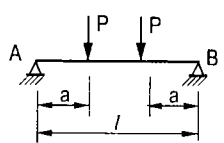
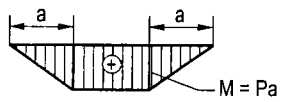
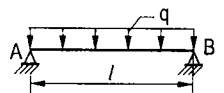
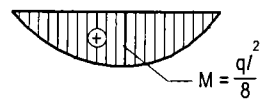
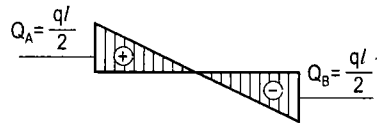
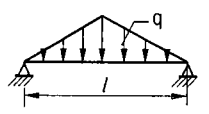
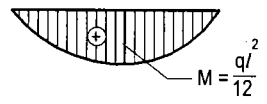
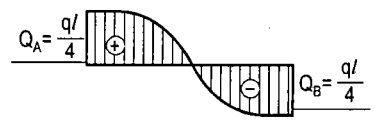
Bảng thống kê cốt thép (2 nhịp dầm)

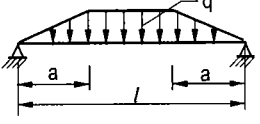
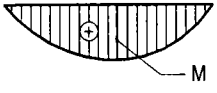
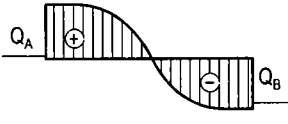
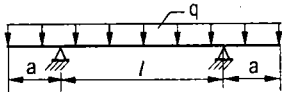
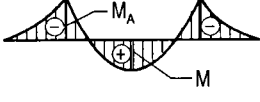
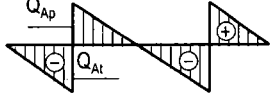
Số hiệu	Hình dạng	ϕ , mm	Chiều dài, mm	Số lượng
1		12	4450	2
2		14	10800	2
3		14	6000	1
4		18	6320	2
5		14	8100	2
6		16	6200	2
7		16	8290	1
8		6	1400	75
Chú thích: Chiều dài thanh số (2) tính sang cả nhịp thứ 3				

PHỤ LỤC

Phụ lục 1

NỘI LỰC CỦA MỘT SỐ DẦM ĐƠN GIẢN

Sơ đồ dầm, tải trọng	Mômen uốn	Lực cắt
	 $M = Pl$	 $Q = P$
	 $M = 0.5ql^2$	 $Q = ql$
	 $M = P \frac{ab}{l}$ Khi $a = b$ thì $M = \frac{Pl}{4}$	 $Q_A = \frac{Pb}{l}$ $Q_B = \frac{Pa}{l}$ Khi $a = b$ thì $Q_A = Q_B = \frac{P}{2}$
	 $M = Pa$	 $Q_A = P$ $Q_B = P$
	 $M = \frac{ql^2}{8}$	 $Q_A = \frac{ql}{2}$ $Q_B = \frac{ql}{2}$
	 $M = \frac{ql^2}{12}$	 $Q_A = \frac{ql}{4}$ $Q_B = \frac{ql}{4}$

Sơ đồ dầm, tải trọng	Mômen uốn	Lực cắt
	 $M = q \left(\frac{l^2}{8} - \frac{a^2}{6} \right)$	 $Q_A = Q_B = \frac{q}{2}(l - a)$
	 $M_A = \frac{qa^2}{2}$ $M = \frac{ql^2}{8} - M_A$	 $Q_{At} = qa$ $Q_{Ap} = \frac{ql}{2}$

Phụ lục 2

TÍNH TOÁN BẢN CHỊU TẢI TRỌNG TẬP TRUNG

Tải trọng tập trung là tải trọng tác dụng trên một diện tích bé. Thông thường các tải trọng trên bản là các tải trọng tập trung như ở chân bàn, chân tủ v.v... Tuy vậy khi có nhiều tải trọng tập trung đặt gần nhau, giá trị không lớn thì có thể xem là tải trọng phân bố đều để tính toán. Khi trên mặt bản có các tải trọng tập trung giá trị lớn, đặt ở vị trí bất lợi thì nên làm dầm để trực tiếp đỡ tải trọng đó. Chỉ khi xét thấy không cần phải làm dầm, riêng bản có thể chịu được tải trọng tập trung đó thì mới tính toán để bản chịu tải trọng tập trung. Lúc này trong nhiều trường hợp có thể đổi tải trọng tập trung F thành tải trọng phân bố đều tương đương f để tính toán với nguyên tắc mômen do f gây ra không nhỏ hơn mômen do F .

F - tổng tải trọng tập trung đặt trên diện tích $u_1 \times u_2$.

u_1 - theo phương nhịp tính toán l_1 (bản một phương) hoặc theo phương cạnh ngắn l_{11} (bản hai phương);

u_2 - theo phương vuông góc với l_1 hoặc theo phương l_{12} .

Đặt y_1 và y_2 là khoảng cách từ trọng tâm diện tích đặt tải $u_1 \times u_2$ đến cạnh bản gần hơn, $y_1 \leq 0,5l_{11}$; $y_2 \leq 0,5l_{12}$.

$$f = \frac{k_1 k_2 \cdot F}{l_{11} l_{12}} \quad (a)$$

k_1, k_2 - các hệ số phụ thuộc vào vị trí đặt lực F và kích thước u_1, u_2 , được xác định theo loại bản.

1. Ô bản một phương ($l_{12} > 2l_{11}$)

$$k_1 = \frac{l_1 - 0,5u_1}{l_1 - y_1} \quad (b)$$

đồng thời lấy $k_1 \geq 0,25$.

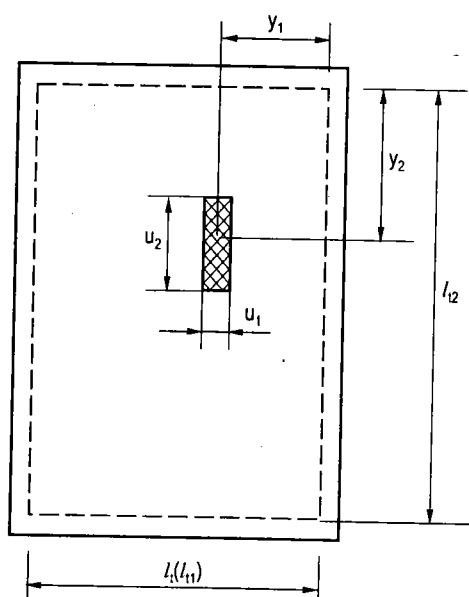
$$k_2 = \frac{l_{12}}{u_2 + c_2 + d_2} \quad (c)$$

Lấy C_2 bằng giá trị bé hơn trong hai giá trị: y_1 và $y_2 - 0,5u_2$

$$C_2 = \min(y_1 \text{ và } y_2 - 0,5u_1)$$

Lấy d_2 bằng giá trị bé hơn trong hai giá trị: y_1 và $l_{12} - y_2 - 0,5u_2$

$$d_2 = \min(y_1 \text{ và } l_{12} - y_2 - 0,5u_2)$$



2. Ô bản hai phương ($l_2 \leq 2l_{11}$)

Hệ số k_1 tính theo công thức (b)

Hệ số k_2 tính theo công thức (d)

$$k_2 = \frac{l_2 + y_2}{1,5l_1 + u_2} \quad (d)$$

đồng thời lấy $k_2 \geq 1$.

Phụ lục 3

TẢI TRỌNG TIÊU CHUẨN PHÂN BỐ ĐỀU TRÊN SÀN (HOẠT TẢI TIÊU CHUẨN)

(Trích một số mục của bảng 3, Điều 4.3.1 của TCVN 2737 - 1995)

Loại phòng	Loại nhà và công trình	Tải trọng tiêu chuẩn, kN/m^2
1. Phòng ngủ	a) Khách sạn, bệnh viện, trại giam	2,0
	b) Nhà ở kiểu căn hộ, nhà trẻ, mẫu giáo, trường học nội trú, nhà nghỉ, nhà hưu trí, điều dưỡng	1,5
2. Phòng ăn, phòng khách, buồng vệ sinh, phòng tắm, phòng bida	a) Nhà ở kiểu căn hộ	1,5
	b) Nhà trẻ, mẫu giáo, trường học, nhà nghỉ, nhà hưu trí, nhà điều dưỡng, khách sạn, bệnh viện, trại giam, trụ sở cơ quan, nhà máy	2,0
3. Văn phòng, phòng thí nghiệm	Trụ sở cơ quan, trường học, bệnh viện, ngân hàng, cơ sở nghiên cứu khoa học	2,0
4. Bếp, phòng giặt	a) Nhà ở kiểu căn hộ	1,5
	b) Nhà trẻ, mẫu giáo, trường học, nhà nghỉ, khách sạn, bệnh viện	3,0
5. Phòng đọc sách	a) Có đặt giá sách	4,0
	b) Không đặt giá sách	2,0
6. Nhà hàng	a) Ăn uống, giải khát	3,0
	b) Triển lãm, trưng bày, cửa hàng	4,0
7. Phòng hội họp, khiêu vũ, phòng đợi, phòng khán giả	a) Có ghế gắn cố định	4,0
	b) Không có ghế gắn cố định	5,0
8. Phòng học	Trường học	2,0
9. Sàn nhà ga và bến tàu điện ngầm		4,0
10. Gara ô tô	Đường cho xe chạy, dốc lên xuống dùng cho xe con, xe khách và xe tải nhẹ có tổng khối lượng không vượt quá 2500kg.	5,0

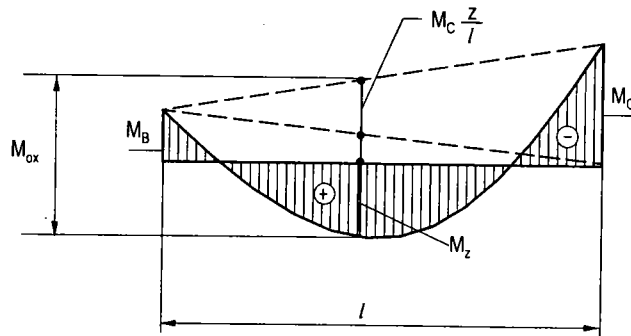
Phụ lục 4

TÍNH NỘI LỰC THEO SƠ ĐỒ DẸO

Tính nội lực của bản và dầm siêu tĩnh theo sơ đồ dẽo là xét đến khả năng hình thành khớp dẽo tại các gối tựa có mômen âm lớn. Tại đó có mômen M_{kd} và cấu kiện có thể có chuyển vị xoay hạn chế. Giá trị M_{kd} phụ thuộc vào lượng cốt thép và có thể điều chỉnh theo ý đồ thiết kế. Khi khớp dẽo hình thành sẽ xảy ra hiện tượng phân phối lại nội lực, mômen ở khớp dẽo giữ nguyên giá trị M_{kd} trong khi mômen dương ở giữa nhịp tăng lên theo sự tăng của tải trọng. Tính toán nội lực theo sơ đồ dẽo có thể bằng phương pháp cân bằng tĩnh hoặc phương pháp cân bằng công khả dĩ.

1. Phương pháp cân bằng tĩnh

Phương pháp này thường dùng cho dầm và bản một phương. Xét nhịp dầm BC, tại gối B và C có các mômen khớp dẽo M_B và M_C . Mômen dương giữa nhịp tại tiết diện cách gối B một đoạn Z là M_Z .



Điều kiện cân bằng tĩnh là:

$$M_Z + M_B \frac{l-Z}{l} + M_C \frac{Z}{l} = M_{0Z}$$

M_{0Z} là mômen tại tiết diện Z của dầm kê lên hai gối tự do.

Với các nhịp giữa, khi lấy $M_B = M_C = M_Z$ với $Z = 0,5l$ và $M_{0Z} = \frac{ql^2}{8}$ tính ra được

$$M_B = M_C = M_Z = \frac{ql^2}{16}.$$

Tại nhịp biên AB, cho $M_A = 0$, với $Z = 0,425l$ tính ra M_B và M_Z như đã cho tại các biểu đồ ở chương 2 và 4.

2. Phương pháp cân bằng công khả dĩ

Phương pháp này thường dùng cho bản làm việc hai phương. Gọi mômen dương ở giữa nhịp là M_1 , M_2 mômen âm trên các gối là M_{A1} , M_{B1} , M_{A2} , M_{B2} như ở hình 2.12. Công khả dĩ của nội lực C_M .

$$C_M = \sum \varphi_i M_i l_i$$

φ_i - góc xoay của tiết diện chịu tác dụng của M_i ;

l_i - chiều dài trên đó tính toán M_i .

Người ta đã chứng minh được rằng: khi đặt cốt thép đều theo từng phương

$$C_M = (2M_1 + M_{A1} + M_{B1})\varphi l_{t2} + (2M_2 + M_{A2} + M_{B2})\varphi l_{t1}$$

Với φ là góc xoay của tiết diện chịu mômen âm ở gối.

Công khả dĩ của ngoại lực là C_q

$$C_q = \int_F q dF y = q \int_F y dF$$

q - tải trọng phân bố đều trên mặt bản;

F - diện tích mặt bản, $F = l_{t1} l_{t2}$;

dF - diện tích của phân tố mặt bản;

y - chuyển vị đứng của phân tố dF . Ở giữa bản y đạt giá trị lớn nhất, bằng độ võng f của bản.

Tích phân của $y dF$ chính là thể tích hình tháp có diện tích đáy là F , chiều cao là f do mặt bản chuyển vị tạo thành. Đã chứng minh được:

$$\int y dF = \frac{f l_{t1}}{2} (l_{t2} - l_{t1}) + \frac{f l_{t1}^2}{3} = \frac{f l_{t1}}{6} (3l_{t2} - l_{t1})$$

Cũng đã tính toán được: $\varphi \approx \tan \varphi = \frac{2f}{l_{t1}}$

Cho $C_M = C_q$ sẽ có được phương trình:

$$\frac{q l_{t1}^2 (3l_{t2} - l_{t1})}{12} = (2M_1 + M_{A1} + M_{B1}) l_{t2} + (2M_2 + M_{A2} + M_{B2}) l_{t1}$$

Từ phương trình này sẽ rút ra công thức (2-13) để tính M_1 .

3. Điều kiện để dùng phương pháp tính nội lực theo sơ đồ dẻo

Để tính toán nội lực theo sơ đồ dẻo cần có một số điều kiện sau:

- Dùng cốt thép dẻo, có giới hạn chảy rõ ràng trên biểu đồ ứng suất biến dạng. Các cốt thép thông thường CI, CII, CIII, RB300, RB400... đều thỏa mãn yêu cầu này.

- Phải hạn chế vùng bê tông chịu nén tại các tiết diện dự kiến có khớp dẻo xuất hiện (tiết diện chịu mômen âm ở các gối tựa) theo điều kiện $x \leq \xi_D h_0$ hoặc $\xi = \frac{x}{h_0} \leq \xi_D$

x - chiều cao vùng bê tông chịu nén;

ξ_D - hệ số cho ở phụ lục 16b.

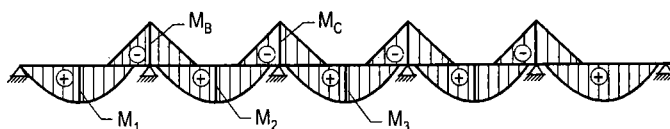
- Chỉ nên dùng sơ đồ dẻo cho kết cấu sàn trong nhà, được che chắn, không trực tiếp chịu tác động khắc nghiệt của mưa nắng.

- Có ý kiến đề xuất nên hạn chế mômen M_{kd} (là M_B, M_C ở các gối tựa) không nhỏ hơn 70% giá trị mômen tính theo sơ đồ đàn hồi. Tuy vậy, với các số liệu đã dùng trong chương 2 và 4 thì yêu cầu này có lúc được châm chước. Cần chú ý rằng, khi giảm mômen âm ở gối tựa sẽ làm tăng mômen dương ở giữa nhịp và ngược lại.

Phụ lục 5

PL5A. HỆ SỐ ĐỂ TÍNH MÔMEN DẢI BẢN NHIỀU NHỊP BẰNG NHAU, CHỊU TẢI TRỌNG PHÂN BỐ ĐỀU, THEO SƠ ĐỒ ĐÀN HỒI

$$M = (\alpha_a g + \alpha_b p) l_t^2$$

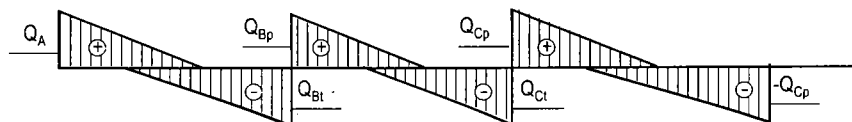


M	Dải 5 nhịp		Dải 4 nhịp		Dải 3 nhịp		Dải 2 nhịp	
M_1	0,0780	0,0989	0,0771	0,986	0,0800	0,1000	0,0700	0,0950
M_B	-0,1053	-0,1196	-0,1071	-0,1205	-0,1000	-0,1167	-0,1250	-0,1250
M_2	0,0330	0,0790	0,0357	0,0804	0,0250	0,0750		
M_C	-0,0799	-0,1112	-0,0741	-0,1071				
M_3	0,0461	0,0855						

Số liệu dùng để tính toán và vẽ hình bao của nửa dải bản rồi lấy đối xứng qua trục giữa để có hình bao toàn dải. Với dải bản có từ 5 nhịp trở lên các nhịp giữa lấy giống nhau theo M_C và M_3 .

PL5B. HỆ SỐ ĐỂ TÍNH LỰC CẮT DẢI BẢN NHIỀU NHỊP BẰNG NHAU, TẢI TRỌNG PHÂN BỐ ĐỀU, THEO SƠ ĐỒ ĐÀN HỒI

$$Q = (\beta_a g + \beta_b p) l_t$$



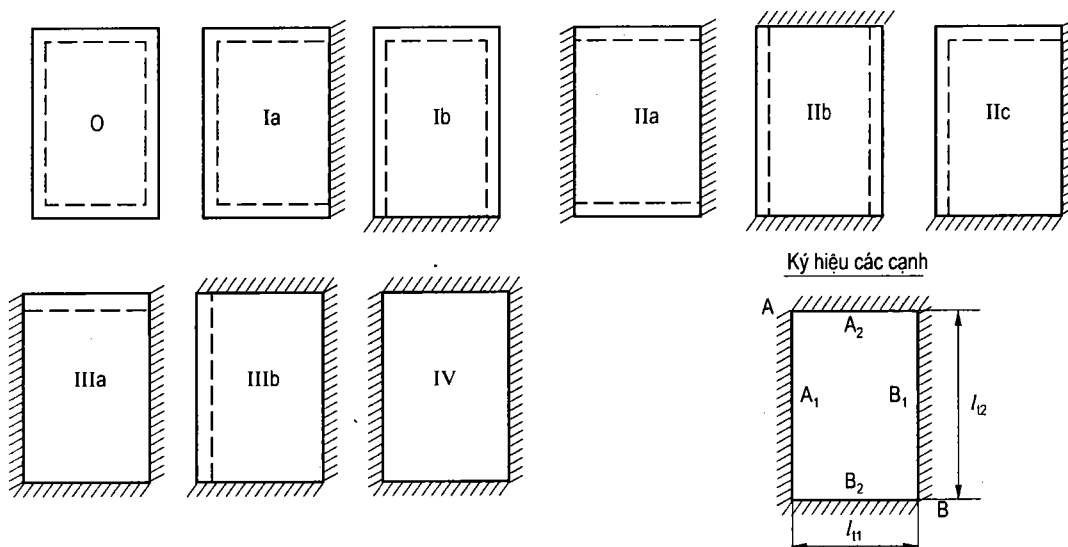
Q	Dải 5 nhịp		Dải 4 nhịp		Dải 3 nhịp		Dải 2 nhịp	
	β_a	β_b	β_a	β_b	β_a	β_b	β_a	β_b
Q_A	0,395	0,448	0,400	0,447	0,400	0,450	0,375	0,438
Q_{Bt}	-0,605	-0,620	-0,607	-0,620	-0,600	-0,617	-0,625	-0,625
Q_{Bp}	0,526	0,598	0,536	0,603	0,500	0,583		
Q_{Ct}	-0,474	-0,577	-0,464	-0,571				
Q_{Cp}	0,500	0,591						

Số liệu dùng để tính toán và vẽ hình bao lực cắt của nửa dải bản rồi lấy phản đối xứng qua trục giữa để có hình bao toàn dải. Với dải bản có từ 5 nhịp trở lên các nhịp giữa lấy giống nhau theo Q_{Cp} và $-Q_{Cp}$.

Phụ lục 6

HỆ SỐ ĐỂ TÍNH MÔMEN CỦA Ô BÀN ĐƠN HAI PHƯƠNG THEO SƠ ĐỒ ĐÀN HỒI

Các loại ô bản: I, II, III, IV chỉ số lượng cạnh ngàm



Công thức tính

Tổng tải trọng trên toàn bản:

$$P = q l_{11} l_{12}$$

q - tải trọng phân bố đều trên mỗi mét vuông (kN/m^2);

l_{11}, l_{12} - nhịp tính toán theo hai phương, l_{11} là cạnh ngắn.

Mômen dương ở giữa bản theo hai phương: M_1, M_2

$$M_1 = \alpha_1 P; \quad M_2 = \alpha_2 P$$

Mômen âm dọc theo các cạnh bản M_{A1} hoặc M_{B1} ; M_{A2} hoặc M_{B2} .

$$M_{A1} \text{ (hoặc } M_{B1}) = \beta_1 P$$

$$M_{A2} \text{ (hoặc } M_{B2}) = \beta_2 P$$

Phụ lục 6 (tiếp theo)

l_1/l_2	Ô bản số 0		Ô bản số Ia			Ô bản số Ib		
	$\alpha_1 (\alpha_{01})$	$\alpha_2 (\alpha_{02})$	α_1	α_2	β_1	α_1	α_2	β_2
1,0	0,0365	0,0365	0,0334	0,0273	0,0892	0,0273	0,0334	0,0893
1,05	0,0384	0,0341	0,0343	0,0252	0,0889	0,0293	0,0325	0,0883
1,10	0,0399	0,0330	0,0349	0,0231	0,0885	0,0313	0,0313	0,0886
1,15	0,0414	0,0314	0,0353	0,0213	0,0880	0,0332	0,0302	0,0844
1,20	0,0428	0,0298	0,0357	0,0196	0,0872	0,0348	0,0292	0,0820
1,25	0,0440	0,0282	0,0359	0,0179	0,0859	0,0363	0,0280	0,0791
1,30	0,0452	0,0268	0,0359	0,0165	0,0843	0,0378	0,0260	0,0760
1,35	0,0461	0,0253	0,0358	0,0152	0,0827	0,0391	0,0258	0,0726
1,40	0,0469	0,0240	0,0357	0,0140	0,0808	0,0401	0,0248	0,0688
1,45	0,0475	0,0225	0,0353	0,0128	0,0790	0,0411	0,0237	0,0654
1,50	0,0480	0,0214	0,0350	0,0119	0,0772	0,0420	0,0228	0,0620
1,55	0,0484	0,0201	0,0346	0,0109	0,0754	0,0427	0,0219	0,0585
1,60	0,0485	0,0189	0,0341	0,0101	0,0735	0,0433	0,0208	0,0553
1,65	0,0186	0,0179	0,0338	0,0093	0,0718	0,0437	0,0198	0,0519
1,70	0,0488	0,0169	0,0333	0,0086	0,0701	0,0441	0,0190	0,0489
1,75	0,0486	0,0158	0,0329	0,0080	0,0685	0,0443	0,0181	0,0460
1,80	0,0485	0,0148	0,0326	0,0075	0,0668	0,0444	0,0172	0,0432
1,85	0,0484	0,0140	0,0321	0,0069	0,0653	0,0445	0,0165	0,0407
1,90	0,0480	0,0133	0,0316	0,0064	0,0638	0,0445	0,0157	0,0332
1,95	0,0476	0,0125	0,0310	0,0060	0,0624	0,0444	0,0149	0,0359
2,00	0,0473	0,0118	0,0303	0,0056	0,0610	0,0443	0,0142	0,0338

Phụ lục 6 (tiếp theo)

l_1/l_2	Ô bản số IIa			Ô bản số IIb			Ô bản số IIc			
	α_1	α_2	β_1	α_1	α_2	β	α_1	α_2	β_1	β_2
1,00	0,267	0,0180	0,0694	0,0180	0,0267	0,0694	0,0269	0,0269	0,0625	0,0625
1,05	0,0267	0,0161	0,0680	0,0199	0,0265	0,0705	0,0282	0,0255	0,0655	0,0590
1,10	0,0266	0,0146	0,0667	0,0218	0,0262	0,0708	0,0292	0,0242	0,0675	0,0558
1,15	0,0264	0,0134	0,0650	0,0236	0,0258	0,0710	0,0301	0,0228	0,0691	0,0522
1,20	0,0261	0,0118	0,0633	0,0254	0,0254	0,0707	0,0309	0,0214	0,0703	0,0488
1,25	0,0257	0,0106	0,0616	0,0274	0,0248	0,0700	0,0314	0,0202	0,0710	0,0454
1,30	0,0254	0,0097	0,0599	0,0287	0,0242	0,0689	0,0319	0,0188	0,0711	0,0421
1,35	0,0250	0,0088	0,0582	0,0302	0,0235	0,0676	0,0320	0,0176	0,0711	0,0391
1,40	0,0245	0,0080	0,0565	0,0316	0,0229	0,0660	0,0323	0,0165	0,0709	0,0361
1,45	0,0240	0,0072	0,0550	0,0329	0,0222	0,0641	0,0324	0,0154	0,0703	0,0334
1,50	0,0235	0,0066	0,0534	0,0341	0,0214	0,0621	0,0324	0,0144	0,0695	0,0310
1,55	0,0230	0,0060	0,0519	0,0352	0,0207	0,0599	0,0323	0,0134	0,0686	0,0286
1,60	0,0226	0,0056	0,0506	0,0362	0,0200	0,0577	0,0321	0,0125	0,0678	0,0265
1,65	0,0221	0,0051	0,0493	0,0369	0,0193	0,0555	0,0319	0,0117	0,0668	0,0245
1,70	0,0217	0,0047	0,0476	0,0376	0,0186	0,0534	0,0316	0,0109	0,0657	0,0228
1,75	0,0212	0,0043	0,0466	0,0383	0,0179	0,0507	0,0313	0,0097	0,0645	0,0211
1,80	0,0208	0,0040	0,0454	0,0388	0,0172	0,0484	0,0308	0,0096	0,0635	0,0196
1,85	0,0204	0,0037	0,0443	0,0393	0,0165	0,0464	0,0306	0,0089	0,0622	0,0183
1,90	0,0199	0,0034	0,0432	0,0396	0,0158	0,0439	0,0302	0,0084	0,0612	0,0169
1,95	0,0196	0,0032	0,0422	0,0398	0,0152	0,0418	0,0299	0,0078	0,0599	0,0169
2,00	0,0193	0,0030	0,0412	0,0400	0,0146	0,0397	0,0294	0,0074	0,0588	0,0147

Phụ lục 6 (tiếp theo)

l_u/l_2	Ô bản số IIIa				Ô bản số IIIb				Ô bản số IV			
	α_1	α_2	β_1	β_2	α_1	α_2	β_1	β_2	α_1	α_2	β_1	β_2
1,00	0,0226	0,0198	0,0556	0,0417	0,0198	0,0226	0,0417	0,0556	0,0179	0,0179	0,0417	0,0417
1,05	0,0231	0,0184	0,0560	0,0385	0,0213	0,0221	0,0450	0,0545	0,0187	0,0171	0,0437	0,0394
1,10	0,0234	0,0169	0,0565	0,0350	0,0226	0,0212	0,0481	0,0530	0,0194	0,0161	0,0450	0,0372
1,15	0,0236	0,0154	0,0564	0,0319	0,0238	0,0206	0,0507	0,0511	0,0200	0,0150	0,0461	0,0349
1,20	0,0336	0,0142	0,0560	0,0292	0,0249	0,0198	0,0530	0,0491	0,0204	0,0142	0,0468	0,0325
1,25	0,0236	0,0132	0,0552	0,0267	0,0258	0,0189	0,0549	0,0470	0,0207	0,0133	0,0473	0,0303
1,30	0,0235	0,0120	0,0545	0,0242	0,0266	0,0181	0,0565	0,0447	0,0208	0,0123	0,0475	0,0281
1,35	0,0233	0,0110	0,0536	0,0222	0,0272	0,0172	0,0577	0,0424	0,0210	0,0115	0,0474	0,0262
1,40	0,0230	0,0102	0,0526	0,0202	0,0279	0,0162	0,0588	0,0400	0,0210	0,0107	0,0473	0,0240
1,45	0,0228	0,0094	0,0516	0,0185	0,0282	0,0154	0,0593	0,0377	0,0209	0,0100	0,0469	0,0223
1,50	0,0225	0,0086	0,0506	0,0169	0,0285	0,0146	0,0597	0,0354	0,0208	0,0093	0,0464	0,0206
1,55	0,0221	0,0079	0,0495	0,0155	0,0289	0,0138	0,0599	0,0332	0,0206	0,0086	0,0459	0,0191
1,60	0,0218	0,0073	0,0484	0,0142	0,0289	0,0130	0,0599	0,0342	0,0205	0,0080	0,0452	0,0177
1,65	0,0214	0,0067	0,0473	0,0131	0,0290	0,0123	0,0597	0,0293	0,0202	0,0074	0,0446	0,0164
1,70	0,0210	0,0062	0,0462	0,0120	0,0290	0,0116	0,0594	0,0274	0,0200	0,0069	0,0438	0,0152
1,75	0,0206	0,0058	0,0452	0,0112	0,0290	0,0109	0,0589	0,0256	0,0197	0,0064	0,0431	0,0141
1,80	0,0203	0,0054	0,0442	0,0102	0,0288	2,0103	0,0583	0,0240	0,0195	0,0060	0,0423	0,0131
1,85	0,0200	0,0050	0,0432	0,0095	0,0286	0,0097	0,0576	0,0225	0,0192	0,0056	0,0415	0,0122
1,90	0,0196	0,0046	0,0422	C 0088	0,0254	0,0092	0,057	00212	0,0190	0,0052	0,0408	0,0117
1,95	0,0192	0,0043	0,0413	0,0082	0,0282	0,0086	0,0562	0,0198	0,0180	0,0049	0,0400	0,0107
2,00	0,0189	0,0040	0,0404	0,0076	0,0280	0,0081	0,0555	0,0187	0,0183	0,0046	0,0392	0,0098

Phụ lục 7

HỆ SỐ β_0 ĐỂ TÍNH LỰC CẮT TRONG Ô BẢN HAI PHƯƠNG

$$Q = \beta_0 q l_{t1}$$

(Loại ô bản lấy theo sơ đồ ở phụ lục 6)

$r = l_{t2}/l_{t1}$	Hệ số β_0 ứng với loại ô bản							
	0 và IV	Ia	Ib	IIa	IIb	IIc	IIIa	IIIb
1	0,30	0,36	0,36	0,34	0,34	0,35	0,32	0,32
1,2	0,36	0,43	0,40	0,38	0,36	0,41	0,38	0,40
1,4	0,41	0,49	0,42	0,41	0,37	0,46	0,43	0,46
1,6	0,45	0,54	0,43	0,44	0,38	0,51	0,47	0,50
1,8	0,47	0,56	0,44	0,47	0,39	0,55	0,49	0,52
2,0	0,48	0,58	0,45	0,5	0,40	0,58	0,50	0,54

Phụ lục 8

PL8A. HÊ SỐ β^* ĐỂ TÍNH MÔMEN DƯƠNG CỦA DẦM LIÊN TỤC THEO SƠ ĐỒ DỄ

Tiết diện	1	2	2*	3	4	6; 9; 11	7; 8; 12	7*; 12*
β^*	0,065	0,090	0,091	0,075	0,02	0,018	0,058	0,0625

Tiết diện 2* cách gối biên một đoạn bằng $0,425l_1$
 Tiết diện 7* và 12* ở giữa nhịp dầm
 Ở cạnh các gối giữa $\beta^* = 0$ tại tiết diện cách mép gối một đoạn $0,15l_1$.

PL8B. HÊ SỐ β ĐỂ TÍNH $M_{\min}$ CỦA DẦM LIÊN TỤC THEO SƠ ĐỒ DỄ

Tỉ số P_d/g_d	Giá trị -100β ứng với các tiết diện								Hệ số k
	5	6	7	8	9	10	11	12	
$\leq 0,5$	7,15	1,00	-2,20	-2,40	-0,4	6,25	0,30	-2,80	0,167
1	7,15	2,00	-1,60	-0,90	1,40	6,25	1,30	-1,30	0,200
1,5	7,15	2,60	0,30	0,00	2,00	6,25	1,90	-0,40	0,228
2	7,15	3,30	0,90	0,60	2,40	6,25	2,30	0,30	0,250
2,5	7,15	3,30	1,20	0,90	2,70	6,25	2,50	0,60	0,270
3	7,15	3,50	1,60	1,40	2,90	6,25	2,80	1,00	0,285
4	7,15	3,80	2,10	1,80	3,20	6,25	3,00	1,50	0,314
5	7,15	4,00	2,40	2,10	3,40	6,25	3,30	1,80	0,333

Để có được giá trị của β cần lấy trị số trong bảng chia cho 100 rồi đổi dấu. β mang dấu - có nghĩa $M_{\min}$ là mômen âm và ngược lại. Ở nhịp biên $\beta = 0$ tại tiết diện cách mép gối tựa giữa một đoạn bằng kl_1 .

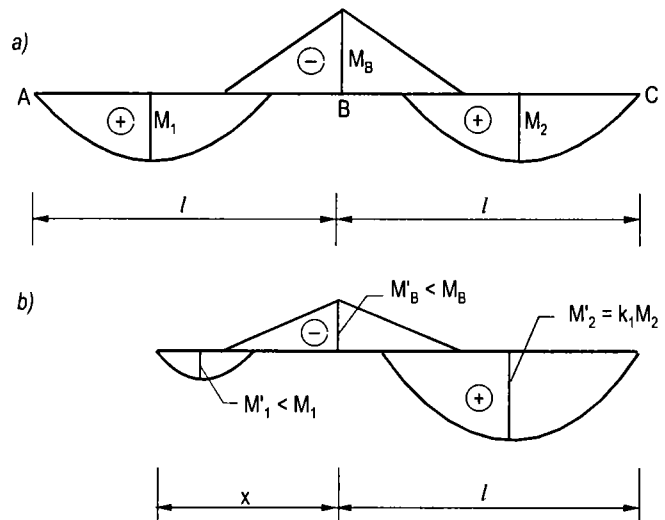
Phụ lục 9

ĐIỀU CHỈNH NỘI LỰC THEO SƠ ĐỒ DẪO DẦM VÀ BẢN CÓ NHỊP KHÁC NHAU

Trong chương 2 và 4 đã cho số liệu để tính toán nội lực theo sơ đồ dẻo của dầm và bản có nhịp bằng nhau (có thể dùng cho trường hợp nhịp gần bằng nhau). Khi các nhịp cạnh nhau chênh lệch khá lớn (trên 10%) có thể dùng các kết quả đã có với sự điều chỉnh cần thiết. Thường cần điều chỉnh tăng mômen dương ở nhịp lớn hơn và phạm vi tác dụng của mômen âm ở nhịp bé. Để tiến hành điều chỉnh đòi hỏi người thiết kế có trình độ phân tích kết cấu, có kinh nghiệm tính toán.

1. Xét dầm hai nhịp ABC

Khi hai nhịp bằng nhau có mômen dương ở các nhịp là M_1 , M_2 , mômen âm ở gối là M_B (hình PL9.1a). Giữ nguyên nhịp BC là l , thu nhỏ dầm nhịp AB và đặt là x . Khi giảm dần x từ l đến không thì M_1 giảm thành M'_1 , M_B giảm thành M'_B và M_2 tăng lên thành $M'_2 = kM_2$ (hình PL9.1b). Cho đến một lúc M'_1 giảm đến không, từ đây trở đi trong nhịp AB chỉ còn có mômen âm. Khi $x = 0$ dầm trở thành một nhịp và $M'_B = 0$; M'_2 đạt giá trị lớn nhất.



Hình PL9.1: Điều chỉnh mômen dầm hai nhịp

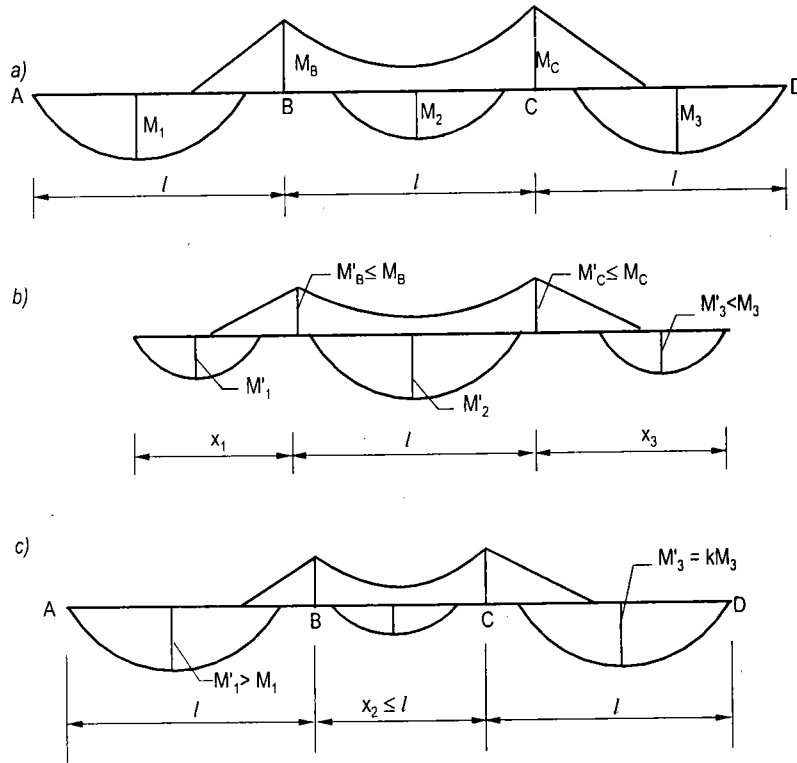
Để an toàn trong thiết kế có thể lấy M_B như khi tính với dầm đều nhịp, lấy M'_1 được tính với nhịp x , lấy $M'_2 = k_1 M_2$ với $k_1 = 1,375 - \frac{0,375x}{l}$.

2. Xét dầm ba nhịp ABCD

Khi ba nhịp bằng nhau có hình bao mômen như ở hình PL9.2a với mômen dương M_1 , M_2 , M_3 , mômen âm trên gối M_B , M_C . Nếu giữ nguyên nhịp giữa bằng l , giảm một hoặc cả hai nhịp biên thành x_1 , x_3 thì các mômen dương M_1 , M_3 giảm dần (như với M_1 của

dầm hai nhịp). Các mômen âm M_B , M_C cũng giảm dần theo x_1 và x_3 . Mômen dương M_2 tăng lên thành $M'_2 = k_2 M_2$ với $k_2 = 2 - \frac{0,5x_1}{l} - \frac{0,5x_3}{l}$.

Để thiết kế an toàn không lấy giảm M_B và M_C . Lấy M'_1 và M'_3 theo nhịp x_1 , x_3 .



Hình PL9.2: Điều chỉnh mômen dầm 3 nhịp

3. Dầm ba nhịp

Giữ nguyên nhịp một và nhịp ba bằng l , giảm nhịp giữa BC thành $x_2 < l$ (hình PL9.2c). Khi giảm x_2 thì ban đầu M'_B và M'_C giảm xuống nhưng đến một lúc nào đó trở đi ($x_2 < 0,5l$) thì M'_B , M'_C lại tăng dần lên. Đến khi $x_2 = 0$ sẽ trở thành dầm hai nhịp.

Khi M'_B và M'_C giảm xuống thì M'_1 và M'_3 tăng lên. Để thiết kế an toàn, lấy M_B và M_C như khi đều nhịp, lấy M'_2 được tính theo x_2 , lấy $M'_1 = kM_1$ và $M'_3 = kM_3$ với k cho trong bảng sau:

x_2/l	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
k	1,05	1,09	1,13	1,17	1,20	1,17	1,13	1,09	1,05

4. Trường hợp dầm có 4 nhịp trở lên

Theo sự phân tích như trên để điều chỉnh.

Phụ lục 10

CÁC HỆ SỐ ĐỂ XÁC ĐỊNH TUNG ĐỘ HÌNH BAO MÔMEN
VÀ LỰC CẮT CỦA DẦM LIÊN TỤC,
TÍNH THEO SƠ ĐỒ ĐÀN HỒI, TẢI TRỌNG PHÂN BỐ ĐỀU

$$M_{\max} = \alpha_0 g_d l_t^2 + \beta_1 p_d l_t^2$$

$$M_{\min} = \alpha_0 g_d l_t^2 - \beta_2 p_d l_t^2$$

$$Q_{\max} = \gamma_0 g_d l_t + \delta_1 p_d l_t$$

$$Q_{\min} = \gamma_0 g_d l_t - \delta_2 p_d l_t$$

PL10A. DẦM HAI NHỊP

x/l_t	Hệ số của hình bao M			x/l_t	Hệ số của hình bao Q		
	α_0	β_1	β_2		γ_0	δ_1	δ_2
0	0	0	0	0	0,375	0,4375	0,0625
0,1	0,0325	0,0387	0,0062	0,1	0,275	0,3437	0,0687
0,2	0,0550	0,0675	0,0125	0,2	0,175	0,2624	0,0874
0,3	0,0675	0,0862	0,0187	0,3	0,075	0,1932	0,1182
0,4	0,0700	0,0950	0,0250	0,4	-0,025	0,1359	0,1609
0,5	0,0625	0,0937	0,0312	0,5	-0,125	0,0898	0,2148
0,6	0,0450	0,0825	0,0375	0,6	-0,225	0,0544	0,2794
0,7	0,0175	0,0612	0,0437	0,7	-0,325	0,0287	0,3537
0,8	-0,0200	0,0300	0,0500	0,8	-0,425	0,0119	0,4309
0,85	-0,0425	0,0152	0,0577	0,9	-0,525	0,0027	0,5277
0,90	-0,0675	0,0061	0,0736	1,0	-0,625	0,000	0,6250
0,95	-0,0950	0,0014	0,0964	Phản lực gối tựa: $A_{\max} = 0,375 g_d l_t + 0,4375 p_d l_t$ $B_{\max} = 1,25 (g_d + p_d) l_t$			
1,00	-0,1250	0,000	0,1250				

PL10B. DẦM BA NHỊP

x/l_t	α_0	β_1	β_2
0	0,00	0,00	0,00
0,1	0,035	0,040	0,005
0,2	0,060	0,070	0,010
0,3	0,075	0,090	0,015
0,4	0,080	0,100	0,020
0,5	0,075	0,100	0,025
0,6	0,060	0,090	0,030
0,7	0,035	0,070	0,035
0,8	0,00	0,0402	0,0402
0,85	-0,0212	0,0277	0,0490
0,90	-0,0450	0,0204	0,0654
0,95	-0,0712	0,0171	0,0883
1,00	-0,100	0,0167	0,1167
1,05	-0,0762	0,0141	0,0903
1,10	-0,0550	0,0151	0,0701
1,15	-0,0362	0,0205	0,0568
1,2	-0,0200	0,0300	0,0500
1,3	0,0050	0,0550	0,0500
1,4	0,0200	0,0700	0,0500
1,5	0,0250	0,0750	0,0500

x/l_t	γ_0	δ_1	δ_2
0	0,4000	0,4500	0,0500
0,1	0,3000	0,3560	0,0563
0,2	0,2000	0,2752	0,0752
0,3	0,1000	0,2065	0,1065
0,4	0,0000	0,1496	0,1496
0,5	-0,100	0,1042	0,2042
0,6	-0,200	0,0694	0,2694
0,7	-0,300	0,0433	0,3433
0,8	-0,400	0,0280	0,4280
0,9	-0,500	0,0193	0,5193
1,0	-0,600	0,0167	0,6167
1,0	0,500	0,5833	0,0833
1,1	0,400	0,4870	0,0870
1,2	0,300	0,3991	0,0991
1,3	0,200	0,3210	0,1210
1,4	0,100	0,2537	0,1537
1,5	0,00	0,1979	0,1979
Phản lực gối tựa: $A_{\max} = 0,4g_d l_t + 0,45p_d l_t$ $B_{\max} = 1,1g_d l_t + 1,2p_d l_t$			

PL10C. DẦM BỐN NHỊP

x/l_t	α_0	β_1	β_2	x/l_t	γ_0	δ_1	δ_2
0	0,	0,0	0,0	0	0,3929	0,4464	0,0535
0,1	0,0343	0,0396	0,0054	0,1	0,2929	0,3528	0,0599
0,2	0,0586	0,0693	0,0107	0,2	0,1929	0,2717	0,0788
0,3	0,0729	0,0889	0,0161	0,3	0,0929	0,2029	0,1101
0,4	0,0771	0,0986	0,0214	0,4	-0,0071	0,1461	0,1533
0,5	0,0714	0,0982	0,0268	0,5	-0,1071	0,1007	0,2079
0,6	0,0557	0,0879	0,0321	0,6	-0,2071	0,0660	0,2731
0,7	0,0300	0,0675	0,0375	0,7	-0,3071	0,0410	0,3481
0,8	-0,0057	0,0374	0,0431	0,8	-0,4071	0,0247	0,4319
0,85	-0,0273	0,0248	0,0522	0,9	-0,5071	0,0160	0,5231
0,90	-0,0514	0,0163	0,0677	1,0	-0,6071	0,0134	0,6205
0,95	-0,0780	0,0139	0,0920	1,0	0,5357	0,6027	0,0670
1,00	-0,1071	0,0134	0,1205	1,1	0,4357	0,5064	0,0707
1,05	-0,0816	0,0116	0,0932	1,2	0,3357	0,4187	0,0830
1,10	-0,0586	0,0145	0,0721	1,3	0,2357	0,3410	0,1153
1,15	-0,0380	0,0198	0,0578	1,4	0,1357	0,2742	0,1358
1,2	-0,0200	0,0300	0,0500	1,5	0,0357	0,2190	0,1833
1,3	0,0086	0,0568	0,0482	1,6	-0,0643	0,1755	0,2398
1,4	0,0271	0,0736	0,0464	1,7	-0,1643	0,1435	0,3078
1,5	0,0357	0,0804	0,0446	1,8	-0,2643	0,1222	0,3865
1,6	0,0343	0,0771	0,0429	1,9	-0,3643	0,1106	0,4749
1,7	0,0229	0,0639	0,0411	2,0	-0,4643	0,1071	0,5714
1,8	0,0014	0,0417	0,0403	Phản lực gối tựa: $A_{\max} = 0,3929g_d l_t + 0,4464p_d l_t$ $B_{\max} = 1,1428g_d l_t + 1,2232p_d l_t$ $C_{\max} = 0,9286g_d l_t + 1,1428p_d l_t$			
1,85	-0,0130	0,0345	0,0475				
1,9	-0,0300	0,0310	0,0610				
1,95	0,0495	0,0317	0,0812				
2,0	-0,0741	0,0357	0,1071				

PL10D. DẦM NĂM NHỊP

x/l_1	α_0	β_1	β_2
0	0	0	0
0,1	0,0345	0,0397	0,0053
0,2	0,0589	0,0695	0,0105
0,3	0,0734	0,0892	0,0158
0,4	0,0779	0,0989	0,0211
0,5	0,0724	0,0987	0,0263
0,6	0,0568	0,0884	0,0316
0,7	0,0313	0,0682	0,0368
0,8	-0,0042	0,0381	0,0423
0,9	-0,0497	0,0183	0,0680
1,00	-0,1053	0,0144	0,1196
1,1	-0,0576	0,0140	0,0717
1,2	-0,0200	0,0300	0,0500
1,3	0,0076	0,0563	0,0487
1,4	0,0253	0,0726	0,0474
1,5	0,0329	0,0789	0,0461
1,6	0,0305	0,0753	0,0447
1,7	0,0182	0,0616	0,0434
1,8	-0,0042	0,0389	0,0432
1,9	-0,0366	0,0280	0,0646
2,0	-0,0799	0,0323	0,1112
2,1	-0,0339	0,0293	0,0633
2,2	0,0011	0,0416	0,0405
2,3	0,0261	0,0655	0,0395
2,4	0,0411	0,0805	0,0395
2,5	0,0461	0,0855	0,0395

x/l_1	γ_0	δ_1	δ_2
0	0,3947	0,4474	0,0526
0,1	0,2947	0,3537	0,0590
0,2	0,1947	0,2726	0,0779
0,3	0,0947	0,2039	0,1091
0,4	-0,0053	0,1471	0,1524
0,5	-0,01053	0,1017	0,2609
0,6	-0,02053	0,0669	0,2722
0,7	-0,03053	0,0419	0,3472
0,8	-0,4053	0,0257	0,4309
0,9	-0,5053	0,0169	0,5222
1,0	-0,6053	0,0144	0,6196
1,0	0,5263	0,5981	0,0718
1,1	0,4263	0,5081	0,0755
1,2	0,3263	0,4141	0,0878
1,3	0,2263	0,3364	0,1101
1,4	0,1263	0,2697	0,1434
1,5	0,0263	0,2164	0,1882
1,6	-0,0737	0,1711	0,2448
1,7	-0,1737	0,1391	0,3128
1,8	-0,2737	0,1179	0,3916
1,9	-0,3737	0,1063	0,4800
2,0	-0,4737	0,1029	0,5766
2,0	0,5000	0,5907	0,0909
2,1	0,4000	0,4944	0,0944
2,2	0,3000	0,4063	0,1063
2,3	0,2000	0,3279	0,1279
2,4	0,1000	0,2604	0,1604
2,5	0,0000	0,2405	0,2405

Phụ lục 11

HỆ SỐ ψ_1, ψ_2 ĐỂ TÍNH TẢI TRỌNG TƯƠNG ĐƯƠNG CỦA DẦM SÀN Ô CỜ

$$g_1 = \psi_1 g l_2; \quad g_2 = \psi_2 g l_1$$

g - tải trọng phân bố đều trên bản

Sơ đồ sàn và cách xác định ψ_1, ψ_2		
		$\psi_1 = \frac{l_2^3}{l_1^3 + l_2^3}$ $\psi_2 = \frac{l_1^3}{l_1^3 + l_2^3}$
		$\psi_1 = \frac{5l_2^3}{l_1^3 + 5l_2^3}$ $\psi_2 = \frac{l_1^3}{l_1^3 + 5l_2^3}$
	$l_1 = l_2 = l$	Dầm giữa: $\psi_1 = 0,812$ Dầm ngoài: $\psi_1 = 0,60$ $\psi_2 = 0,22$
	$L_1 = L_2 = 4l$ $l_1 = l_2 = l$	Dầm giữa $\psi_1 = \psi_2 = 0,586$ Dầm ngoài: $\psi_1 = \psi_2 = 0,415$
	$L_1 = L_2 = 5l$ $l_1 = l_2 = l$	Dầm giữa $\psi_1 = \psi_2 = 0,55$ Dầm ngoài: $\psi_1 = \psi_2 = 0,316$

Phụ lục 12

PL12A. CÁC HỆ SỐ α , β ĐỂ XÁC ĐỊNH NỘI LỰC VÀ PHẢN LỰC GỐI TỰA CỦA DẦM LIÊN TỤC VỚI CÁC TRƯỜNG HỢP TẢI TRỌNG TẬP TRUNG P

Công thức: $M = \alpha Pl$; $Q = \beta P$; $R_J = \beta_J P$

Kí hiệu: M_{iK} - mômen ở tiết diện K tại nhịp i ($i = 1, 2, \dots$);

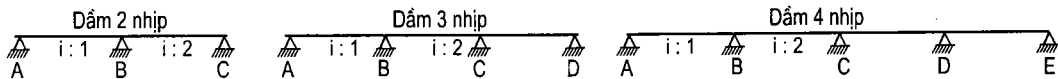
M_J - mômen ở tiết diện tại gối J ($J = A, B, \dots$);

Q_{iJ} - lực cắt ở gối J phía nhịp i;

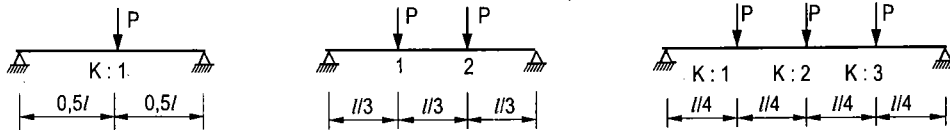
R_J - phản lực ở gối J;

$R_A = Q_{1A}$;

$R_B = Q_{2B} - Q_{1B}$.



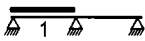
Sơ đồ tải trọng từng nhịp có đặt tải và tiết diện K



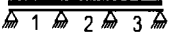
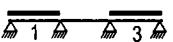
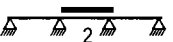
Dầm hai nhịp

Sơ đồ đặt tải trọng	Nội lực, phản lực	Giá trị hệ số α ứng với các sơ đồ tải trọng			Giá trị hệ số β và β_J ứng với các sơ đồ tải trọng		
1	2	3	4	5	6	7	8
	$Q_{1A}; M_{11}$	0,156	0,222	0,258	0,312	0,667	1,031
	M_{12}	-	0,111	0,266			
	$M_{13}; Q_{1B}$	-	-	0,023	-0,688	-1,333	-1,969
	$M_B; Q_{2B}$	-0,188	-0,333	-0,469	0,688	1,333	1,969

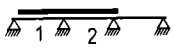
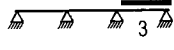
Dầm hai nhịp (tiếp theo)

1	2	3	4	5	6	7	8
	$Q_{1A}; M_{11}$	0,203	0,278	0,326	0,406	0,833	1,302
	M_{12}	-	0,222	0,401			
	$M_{13}; Q_{1B}$	-	-	0,226	-0,594	-1,167	-1,698
	$M_B; Q_{2B}$	0,094	-0,167	-0,198	0,094	0,167	0,198
	$Q_{1A}; M_{11}$	-0,047	-0,056	-0,050	-0,094	-0,167	-0,198
	M_{12}	-	-0,111	-0,100			
	M_{13}	-	-	-0,149			
	$M_B; R_B$	-0,094	-0,167	-0,198	0,688	1,334	1,896

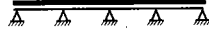
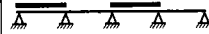
Dầm ba nhịp

Sơ đồ đặt tải trọng	Nội lực, phản lực	Giá trị hệ số α ứng với các sơ đồ tải trọng			Giá trị hệ số β và β_j ứng với các sơ đồ tải trọng		
							
1	2	3	4	5	6	7	8
	$Q_{1A}; M_{11}$	0,175	0,244	0,281	0,350	0,733	1,125
	M_{12}	-	0,156	0,316			
	$M_{13}; Q_{1B}$		-	0,094	-0,650	-1,267	-1,875
	M_B	-0,150	-0,267	-0,375			
	$Q_{2B}; M_{21}$	0,100	0,067	0,00	0,500	1,000	1,500
	M_{22}	-	0,067	0,125			
	$Q_{1A}; M_{11}$	0,213	0,289	0,328	0,425	0,867	1,312
	M_{12}	-	0,244	0,406			
	$M_{13}; Q_{1B}$	-	-	0,234	-0,781	-1,133	-1,688
	M_B	-0,075	-0,133	-0,188			
	$Q_{2B}; M_{21}$	-0,075	-0,133	-0,188	0,000	0,000	0,000
	$Q_{1A}; M_{11}$	-0,038	-0,044	-0,040	-0,075	-0,133	-0,158
	$M_B; R_B$	-0,075	-0,133	-0,158	0,575	1,133	1,658
	$M_{2B}; M_{21}$	-0,175	0,200	0,100	0,500	1,000	1,500
	M_{22}	-	0,200	0,258			

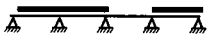
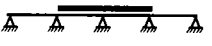
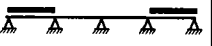
Dầm ba nhịp (tiếp theo)

1	2	3	4	5	6	7	8
	$Q_{1A}; M_{11}$	0,163	0,230	0,283	0,325	0,689	1,131
	M_{12}	-	0,126	0,316			
	$M_{13}; Q_{1B}$	-	-	0,098	-0,675	-1,311	-1,869
	M_B	-0,175	-0,311	-0,369			
	$Q_{2B}; M_{21}$	0,138	0,095	0,072	0,625	1,222	1,764
	M_{22}	-	0,170	0,263			
	M_{23}		-	0,204			
	$M_C; R_C$	-0,050	-0,089	-0,106	0,425	0,867	1,325
	Q_{1A}				0,025	0,044	0,053
	$M_B; R_{2B};$	0,025	0,044	0,053			
	$M_C; R_C$	-0,100	-0,178	-0,211	0,725	1,400	1,975
	$Q_{3D} = -R_D$				-0,400	-0,822	-1,289

Dầm bốn nhịp

Sơ đồ đặt tải trọng	Nội lực, phản lực	Giá trị hệ số α ứng với các sơ đồ tải trọng			Giá trị hệ số β và β_j ứng với các sơ đồ tải trọng		
							
1	2	3	4	5	6	7	8
	$Q_{1A}; M_{11}$	0,170	0,238	0,274	0,339	0,714	1,098
	M_{12}	-	0,143	0,299			
	$M_{13}; Q_{1B}$	-	-	0,074	-0,661	-1,286	-1,902
	$M_B; R_B$	-0,161	-0,286	-0,402	1,215	2,318	3,536
	$Q_{2B}; M_{21}$	0,116	0,079	-0,007	0,554	1,095	1,634
	M_{22}	-	0,111	0,1651			
	$M_{23}; Q_{2C}$	-	-	0,074	-0,446	-0,905	-1,366
	$M_C; R_C$	-0,107	-0,190	-0,268	0,829	1,810	2,732
	$Q_{1A}; M_{11}$	0,210	0,286	0,333	0,420	0,857	1,330
	M_{12}	-	0,238	0,415			
	M_{13}	-	-	0,248			
	$M_B; R_B$	-0,080	-0,143	-0,170	0,606	1,191	1,727
	$M_C; R_C$	-0,054	-0,095	-0,113	0,448	0,904	1,386

Dầm ba nhịp (tiếp theo)

1	2	3	4	5	6	7	8
	$Q_{IA}; M_{I1}$	-0,040	-0,048	-0,0425	-0,080	-0,143	-0,170
	M_B	-0,080	-0,143	-0,170	0,606	1,191	1,727
	M_{21}	0,183	0,206	0,207			
	M_{22}	-	0,222	0,472			
	M_{23}	-	-	0,236			
	$M_C; R_C$	-0,054	-0,095	-0,113	0,448	0,904	1,386
	$Q_{IA}; M_{I1}$	0,160	0,226	0,280	0,319	0,679	1,118
	$M_B; R_B$	-0,181	-0,321	-0,382	1,335	2,595	3,707
	M_C	-0,027	-0,048	-0,057			
	M_D	-0,087	-0,155	-0,184			
	$R_A = Q_{IA}$				0,020	0,036	0,042
	$M_B; R_B$	0,020	0,036	0,042	-0,121	-0,214	-0,254
	M_C	-0,080	-0,143	-0,170			
	M_D	-0,074	-0,131	-0,156			
	$R_A = Q_{IA}$				-0,054	-0,095	-0,113
	$M_B; R_B$	-0,054	-0,095	-0,113	0,447	0,905	1,387
	$M_C; R_C$	-0,161	0,286	0,339	1,214	2,381	3,452
	$R_A = Q_{IA}$				0,393	0,810	1,274
	$M_B; R_B$	-0,107	-0,190	-0,226	0,767	1,475	2,065
	$M_C; R_C$	0,054	0,095	0,113	-0,321	-0,571	-0,679

**PL12B. GIÁ TRỊ CÁC HỆ SỐ ĐỂ XÁC ĐỊNH TUNG ĐỘ HÌNH BAO NỘI LỰC
DẦM LIÊN TỤC CHỊU TẢI TRỌNG TẬP TRUNG**

Công thức:

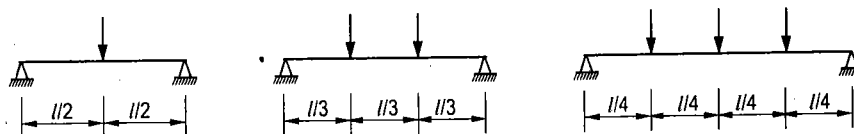
$$M_{\max} = \alpha_g Gl + \alpha_{p1} Pl; \quad M_{\min} = \alpha_g Gl - \alpha_{p2} Pl$$

$$Q_{\max} = \beta_g G + \beta_{p1} P; \quad Q_{\min} = \beta_g G - \beta_{p2} P$$

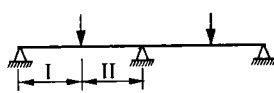
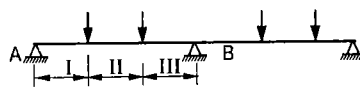
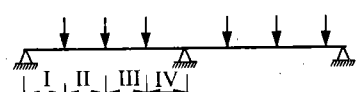
M được xác định tại các tiết diện có tọa độ x tính từ gối A.

Q được xác định trong từng đoạn I, II, III... tính từ gối A.

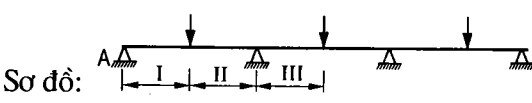
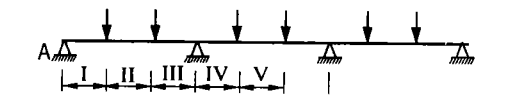
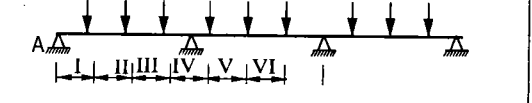
Sơ đồ tải trọng trong từng nhịp:



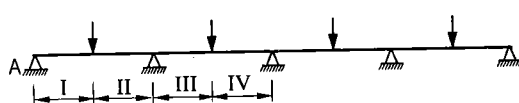
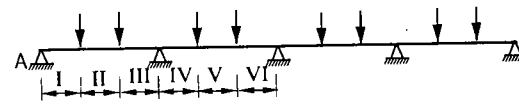
Dầm hai nhịp

Sơ đồ: 				Hệ số mômen			
Hệ số lực cắt				x/l	α_g	α_{p1}	α_{p2}
				0	0	0	0
				0,50	0,1563	0,2031	0,0469
I				0,842	-0,0789	0,000	0,0789
II				1,00	-0,1875	0,000	0,1875
Sơ đồ: 				0	0	0	0
				0,333	0,2222	0,2778	0,0556
I				0,667	0,1111	0,2222	0,1111
II				0,857	-0,1430	0,0	0,1430
III				1,00	-0,3333	0,0	0,3333
Sơ đồ: 				Hệ số mômen			
Hệ số lực cắt				x/l	α_g	α_{p1}	α_{p2}
				0	0	0	0
Đoạn	β_g	β_{p1}	β_{p2}	0,25	0,2576	0,3164	0,0587
I	1,0306	1,2653	0,2347	0,50	0,2656	0,3826	0,1174
II	0,0306	0,5749	0,5443	0,75	0,0230	0,1990	0,1760
III	-0,9694	0,1679	1,1373	0,865	-0,2025	0,0	0,2025
IV	-1,9694	0,0	1,9694	1,00	-0,4688	0,0	0,4688

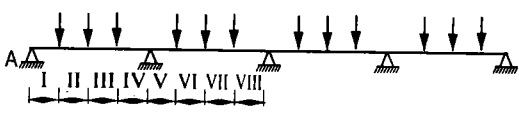
Dầm ba nhịp

Sơ đồ: 				Hệ số mômen			
Hệ số lực cắt				x/l	α_g	α_{p1}	α_{p2}
Đoạn	β_g	β_{p1}	β_{p2}	0,0	0	0	0
I	0,3500	0,4250	0,0755	0,5	0,1750	0,2125	0,0375
II	-0,6500	0,0250	0,6750	0,833	-0,0416	0,0208	0,0625
III	0,5000	0,6250	0,1250	1,0	-0,1500	0,0250	0,1750
				1,15	-0,0750	0,0063	0,0813
				1,20	-0,0500	0,0250	0,075
				1,50	0,1000	0,1750	0,075
Sơ đồ: 				0,0	0	0	0
I	0,7333	0,8667	0,1332	0,333	0,2444	0,2889	0,0444
II	-0,2667	0,2790	0,5457	0,667	0,1555	0,2444	0,0889
III	-1,2667	0,0444	1,3111	0,849	-0,0750	0,0377	0,1127
IV	1,000	1,2222	0,2222	1,00	-0,2667	0,0444	0,3111
V	0,00	0,5333	0,5333	1,133	-0,1333	0,0133	0,1467
				1,200	-0,0667	0,0667	0,1333
				1,333	0,0667	0,2000	0,1333
				1,50	0,0667	0,2000	0,1333
Sơ đồ: 				0,0	0	0	0
I	1,1250	1,3125	0,1875	0,25	0,2813	0,3281	0,0469
II	0,1250	0,6250	0,5000	0,50	0,3125	0,4062	0,0938
III	-0,8750	0,2250	1,1000	0,75	0,0938	0,2344	0,1406
IV	-1,8750	0,0625	0,9375	0,837	-0,1070	0,0535	0,1605
V	1,5000	1,8125	0,3125	1,0	-0,3750	0,0625	0,4375
VI	0,5000	1,0325	0,5300	1,125	-0,1875	0,0232	0,2107
				1,20	-0,075	0,1125	0,1875
				1,25	0,00	0,1875	0,1875
				1,50	0,125	0,3125	0,1875

Dầm bốn nhịp

Sơ đồ: 				Hệ số mômen			
				x/l	α_g	α_{p1}	α_{p2}
Hệ số lực cắt				0,50	0,1697	0,2098	0,0402
				0,833	-0,0503	0,0168	0,0670
I	0,3393	0,4196	0,0804	1,00	-0,1607	0,0201	0,1808
II	-0,6607	0,0201	0,7410	1,147	-0,0781	0,0018	0,0830
III	0,5536	0,6540	0,1004	1,20	-0,0500	0,0250	0,0750
IV	-0,4464	0,1607	0,6071	1,50	0,1161	0,1830	0,0670
				1,79	0,0134	0,0458	0,0592
				1,835	-0,0362	0,0282	0,0644
				2,0	-0,1072	0,0536	0,1607
				0,333	0,2381	0,2857	0,0476
				0,667	0,1429	0,2381	0,0958
Sơ đồ: 				0,848	-0,0907	0,0303	0,1211
				1,00	-0,2857	0,0357	0,3214
I	0,7143	0,8571	0,1428	1,133	-0,1400	0,0127	0,1528
II	0,2857	0,2698	0,5555	1,20	-0,0667	0,0667	0,1333
III	-1,2857	0,0357	1,3214	1,333	0,0794	0,2063	0,1270
IV	1,0953	1,2738	0,1785	1,667	0,1111	0,2222	0,1111
V	0,0958	0,5874	0,4921	1,79	0,0	0,1053	0,1053
VI	-0,9047	0,2858	1,1905	1,858	-0,0623	0,0547	0,1170
				2,00	-0,1905	0,0952	0,2857

Dầm bốn nhịp (tiếp theo)

Sơ đồ:				Hệ số mômen			
				x/l	α_g	α_{p1}	α_{p2}
Hệ số lực cắt				0,25	0,2746	0,3248	0,0503
				0,50	0,2991	0,3996	0,1004
				0,1506			
Đoạn	β_g	0,75	0,0736	0,857	-0,1295	0,0431	0,1726
I	1,0982	1,2991	0,2009	1,0	-0,4018	0,0503	0,4520
II	0,0982	0,6118	0,5137	1,124	-0,1988	0,0192	0,2180
III	-0,9018	0,2123	1,1142	1,20	-0,0750	0,1125	0,1875
IV	-1,9018	0,0502	1,9520	1,25	-0,0067	0,1908	0,1842
V	1,6339	1,8851	0,2511	1,50	0,1651	0,3325	0,1675
VI	0,6339	1,1392	0,5053	1,75	0,0736	0,2243	0,1507
VII	-0,3661	0,6458	1,0120	1,79	0,0195	0,1670	0,1475
VIII	-1,3661	0,4517	1,7678	1,867	-0,0870	0,0805	0,1675
				2,00	-0,2679	0,1339	0,4018

Phụ lục 13

PL13A. CƯỜNG ĐỘ TÍNH TOÁN GỐC CỦA BÊTÔNG KHI TÍNH THEO TRẠNG THÁI GIỚI HẠN THỨ NHẤT
(ĐƠN VỊ MPa)

Trạng thái	Loại bê tông	Cấp độ bền chịu nén									
		B10	B12,5	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50
Nén dọc trục (cường độ lãng trụ) R_b	Bê tông nặng, bê tông hạt nhỏ	6,0	7,5	8,5	11,5	14,5	17,0	19,5	22,0	25,0	27,5
	Bê tông nhẹ	6,0	7,5	8,5	11,5	14,5	17,0	19,5	22,0	-	-
	Bê tông tổ ong	6,0	7,0	7,7	-	-	-	-	-	-	-
	Bê tông nặng	0,57	0,66	0,75	0,90	1,05	1,20	1,30	1,40	1,48	1,55
Kéo dọc trục R_{bt}	Bê tông hạt nhỏ nhóm:	A	0,57	0,66	0,90	1,05	1,20	1,30	1,40	-	-
		B	0,45	0,51	0,64	0,77	0,90	-	-	-	-
		C	-	-	0,75	0,90	1,20	1,30	1,40	1,48	1,55
	Bê tông nhẹ cốt liệu	Đặc	0,57	0,66	0,75	1,05	1,20	1,30	1,40	-	-
		Rỗng	0,57	0,66	0,74	0,8	1,00	1,10	1,20	-	-
	Bê tông tổ ong	0,39	0,44	0,46	-	-	-	-	-	-	-
Ghi chú:		1. Cường độ tính toán của bê tông được lấy bằng giá trị trong bảng nhân với các hệ số γ_m cho ở phụ lục 2. 2. Đối với bê tông Keramzit - Perlit giá trị R_{bt} lấy bằng giá trị của bê tông nhẹ cốt liệu rỗng nhân với 0,85. 3. Đối với bê tông rỗng giá trị R_b được lấy như đối với bê tông nhẹ còn giá trị R_{bt} nhân thêm với 0,7. 4. Với $B < 10$ và $B > 50$ tìm số liệu ở tiêu chuẩn hoặc các tài liệu khác.									

Ghi chú: D là mức bê tông theo khối lượng thể tích trung bình. Với các D ở khoảng giữa lấy E_b theo nội suy tuyến tính.

Phụ lục 14

HỆ SỐ ĐIỀU KIỆN LÀM VIỆC CỦA BÊTÔNG γ_{bi}

Các yếu tố cần kể đến hệ số điều kiện làm việc của bê tông	Hệ số điều kiện làm việc	
	Kí hiệu	Giá trị
1	2	3
1. Tải trọng lặp (rung động)	γ_{b1}	(*)
2. Tính chất tác dụng dài hạn của tải trọng a) Khi kể đến tải trọng thường xuyên, tải trọng tạm thời dài hạn và tạm thời ngắn hạn, ngoại trừ tải trọng tác dụng ngắn hạn mà tổng thời gian tác dụng của chúng trong thời gian sử dụng nhỏ (ví dụ: tải trọng do cầu trục, do thiết bị băng tải, tải trọng gió, tải trọng xuất hiện trong quá trình sản xuất, vận chuyển và lắp dựng, v.v...); cũng như khi kể đến tải trọng đặc biệt gây biến dạng lún không đều v.v... - Đối với bê tông nặng, bê tông hạt nhỏ, bê tông nhẹ đóng rắn tự nhiên và bê tông được dưỡng hộ nhiệt trong điều kiện môi trường: + Đảm bảo cho bê tông được tiếp tục tăng cường độ theo thời gian (ví dụ: môi trường nước, đất ẩm hoặc không khí có độ ẩm trên 75%); + Không đảm bảo cho bê tông được tiếp tục tăng cường độ theo thời gian (khô hanh). - Đối với bê tông tổ ong, bê tông rỗng không phụ thuộc vào điều kiện sử dụng. b) Khi kể đến tải trọng tạm thời ngắn hạn (tác dụng ngắn hạn) trong tổ hợp đang xét hay tải trọng đặc biệt ** không nêu trong mục 2a, đối với các loại bê tông.	γ_{b2}	1,00 0,90 0,85 1,10
3. Đổ bê tông theo phương đứng, mỗi lớp dày > 1,5m đối với: - Bê tông nặng, bê tông nhẹ và bê tông hạt nhỏ - Bê tông tổ ong và bê tông rỗng	γ_{b3}	0,85 0,80
4. Ảnh hưởng của trạng thái ứng suất hai trục "nén - kéo" đến cường độ bê tông	γ_{b4}	(*)
5. Đổ bê tông theo phương đứng, kích thước lớn nhất của tiết diện cột nhỏ hơn 300mm	γ_{b5}	0,85
6. Giai đoạn ứng lực trước kết cấu	γ_{b6}	(*)
7. Kết cấu bê tông	γ_{b7}	(*)

Phụ lục 14a (tiếp theo)

1	2	3
8. Kết cấu bê tông làm từ bê tông cường độ cao	γ_{b8}	(*)
9. Độ ẩm của bê tông tổ ong W + 10% và nhỏ hơn + Lớn hơn 25% + 10% < W < 21%	γ_{b9}	1,00 0,85 Nội suy
10. Bê tông đổ chèn mối nối cấu kiện lắp ghép khi chiều rộng mối nối nhỏ hơn 1/5 kích thước của cấu kiện và nhỏ hơn 100mm	γ_{b10}	1,15
(*) Các số liệu ra ngoài phạm vi của tài liệu, xin xem ở Tiêu chuẩn thiết kế TCXDVN 356 : 2005. Ở đây không đưa ra vì khá phức tạp. ** Khi đưa thêm hệ số điều kiện làm việc bổ sung trong trường hợp kể đến tải trọng đặc biệt theo chỉ dẫn của tiêu chuẩn tương ứng (ví dụ: khi kể đến tải trọng động đất) thì lấy $\gamma_{b2} = 1,00$. <i>Chú thích:</i> - Hệ số điều kiện làm việc - Lấy theo mục 1, 2, 7, 9: cần được kể đến khi xác định cường độ tính toán R_b và R_{bt}. - Lấy theo mục 4 cần được kể đến khi xác định $R_{bt,ser}$. - Còn theo các mục khác cần được kể đến khi xác định R_b. - Đối với kết cấu chịu tác dụng của tải trọng lặp hệ số γ_{b2} được kể đến khi tính toán theo độ bền còn γ_{b1} khi tính toán theo độ bền mỏi và theo điều kiện hình thành khe nứt. - Khi tính toán kết cấu chịu tải trọng trong giai đoạn ứng lực trước, hệ số γ_{b2} không cần kể đến. - Các hệ số điều kiện làm việc của bê tông được kể đến khi tính toán không phụ thuộc lẫn nhau, nhưng tích của chúng không được nhỏ hơn 0,45.		

Phụ lục 15

PL15A. CƯỜNG ĐỘ TÍNH TOÁN CỦA CỐT THÉP: MPa

Nhóm, loại cốt thép		Cường độ chịu kéo		Cường độ chịu nén R_{sc}
		Cốt thép dọc R_s	Cốt thép ngang (CT đai, CT xiên) R_{sw}	
CI, AI		225	175	225
CII, AII, RB300		280	225	280
AIII có đường kính $6 \div 8\text{mm}$		355	285 (255)	355
CIII, AIII, RB400, RB400W có đường kính $10 \div 40\text{mm}$		365	290 (225)	365
RB500, RB500W		400	320	400
CIV, AIV		510	405	450 (400)
AV		680	545	500 (400)
AVI		815	650	500 (400)
AIII _B	Có kiểm soát độ dẫn dài và ứng suất	490	390	200
	Chỉ kiểm soát độ dẫn dài	450	360	200

Ghi chú:

- Cường độ tính toán của cốt thép R_s , R_{sw} , R_{sc} lấy theo giá trị trong bảng. Trong một số trường hợp cần phải nhân các giá trị đã cho với hệ số điều kiện làm việc γ_{si} cho ở phụ lục 7.
- Trong khung cốt thép hàn, với cốt thép đai CIII, AIII, RB400, RB400W có đường kính nhỏ hơn $1/3$ đường kính cốt thép dọc thì lấy $R_{sw} = 255$.
- Giá trị $R_{sc} = 450$ và 500 cho trong bảng là dùng cho kết cấu làm bằng bê tông nặng, bê tông hạt nhỏ, bê tông nhẹ khi trong tính toán kể đến tải trọng theo mục 2a ở phụ lục 2, cần lấy $R_{sc} = 400$ khi kể đến tải trọng theo mục 2b. Đối với kết cấu làm từ bê tông tổ ong và bê tông rỗng, trong mọi trường hợp lấy $R_{sc} = 400$.

PL15B. MÔĐUN ĐÀN HỒI CỦA CỐT THÉP E_s

Nhóm, loại cốt thép	CI, AI, CII, AII, RB300	CIII, AIII, RB400, RB400W	CIV, AIV, AV, AVI RB500, RB500W	AIII _B
E_s : MPa	210000	200000	190000	180000

Phụ lục 16

PL16A. HỆ SỐ HẠN CHẾ CHIỀU CAO VÙNG NÉN ξ_R

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{R_s}{\sigma_{sc,u}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1} \right)}$$

ω - đặc trưng vùng chịu nén của bê tông:

$$\omega = \alpha - 0,008R_b$$

R_b - cường độ tính toán chịu nén của bê tông theo đơn vị MPa;

α - hệ số lấy phụ thuộc loại bê tông:

Bê tông nặng: $\alpha = 0,85$;

Bê tông hạt nhỏ nhóm A và bê tông nhẹ: $\alpha = 0,80$;

Bê tông hạt nhỏ nhóm B, C: $\alpha = 0,75$.

$\sigma_{sc,u}$ - ứng suất giới hạn của cốt thép ở vùng chịu nén, lấy như sau:

a) Đối với bê tông nặng, bê tông hạt nhỏ, bê tông nhẹ, tùy thuộc vào các yếu tố nêu trong phụ lục 14 về hệ số điều kiện làm việc của bê tông:

- Với tải trọng tác dụng như tại mục 2a: ... 500MPa

- Với tải trọng tác dụng như tại mục 2b: ... 400MPa

b) Đối với bê tông rỗng, bê tông tổ ong, trong mọi trường hợp đều lấy 400MPa. Khi tính toán kết cấu trong giai đoạn nén trước (BTCT ứng lực trước) lấy bằng 330MPa.

**Hệ số ξ_R đối với kết cấu làm bằng bê tông nặng,
tính toán nội lực theo sơ đồ đàn hồi**

Hệ số ĐILV của bê tông γ_{b2}	Kí hiệu hệ số	Giá trị hệ số ω và ξ_R ứng với các cấp bê tông								
		B12,5	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50
$\gamma_{b2} = 0,9$	ω	0,796	0,788	0,767	0,746	0,720	0,710	0,692	0,670	0,652
	ξ_R ứng với các giá trị của R_s	$R_s = 225$	0,689	0,680	0,655	0,631	0,611	0,591	0,572	0,549
		280	0,667	0,658	0,633	0,608	0,588	0,568	0,549	0,526
		365	0,635	0,627	0,601	0,576	0,555	0,536	0,516	0,493
		400	0,623	0,614	0,589	0,564	0,543	0,523	0,504	0,481
		510	0,588	0,579	0,553	0,528	0,508	0,488	0,469	0,447

PL16A (tiếp theo)

Hệ số ĐILV của bê tông γ_{b2}		Kí hiệu hệ số	Giá trị hệ số ω và ξ_R ứng với các cấp bê tông								
			B12,5	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50
$\gamma_{b2} = 1$	ω		0,790	0,782	0,758	0,734	0,714	0,694	0,674	0,650	0,630
	ξ_R ứng với các giá trị của R_s	$R_s = 225$	0,682	0,672	0,645	0,618	0,596	0,574	0,553	0,528	0,508
		280	0,659	0,650	0,622	0,595	0,573	0,551	0,530	0,505	0,485
		365	0,628	0,618	0,590	0,563	0,540	0,519	0,498	0,473	0,453
		400	0,616	0,606	0,578	0,550	0,528	0,507	0,485	0,461	0,441
		510	0,581	0,571	0,542	0,515	0,493	0,472	0,451	0,427	0,407
$\gamma_{b2} = 1,1$	ω		0,784	0,775	0,749	0,722	0,700	0,678	0,656	0,630	0,608
	ξ_R ứng với các giá trị của R_s	$R_s = 225$	0,675	0,664	0,634	0,605	0,581	0,558	0,535	0,508	0,485
		280	0,652	0,642	0,612	0,582	0,558	0,534	0,511	0,484	0,463
		365	0,621	0,610	0,579	0,550	0,526	0,502	0,479	0,453	0,431
		400	0,609	0,598	0,567	0,537	0,513	0,490	0,467	0,441	0,420
		510	0,573	0,563	0,532	0,502	0,478	0,455	0,433	0,407	0,378

$\omega = \alpha - 0,008R_b$. Với bê tông nặng $\alpha = 0,85$.

$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{R_s}{\sigma_{cs,u}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)}$. Trong bảng trên tính với $\sigma_{sc,u} = 400$.

PL16B. HỆ SỐ ξ_R GIỚI HẠN CHIỀU CAO VÙNG NÉN KHI NỘI LỰC ĐƯỢC TÍNH THEO SƠ ĐỒ DẪO

Cấp cường độ của bê tông	$\leq B25$	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
ξ_D	0,37	0,36	0,35	0,34	0,33	0,32	0,31	0,30

Phụ lục 17
CÁC HỆ SỐ ξ , γ , α_m ĐỂ TÍNH TOÁN CẦU KIỆN

ξ	γ	α_m	ξ	γ	α_m	ξ	γ	α_m
0,01	0,995	0,010	0,25	0,875	0,219	0,49	0,755	0,370
0,02	0,990	0,020	0,26	0,870	0,226	0,50	0,750	0,375
0,03	0,985	0,030	0,27	0,865	0,234	0,51	0,745	0,380
0,04	0,980	0,039	0,28	0,860	0,241	0,52	0,740	0,385
0,05	0,975	0,049	0,29	0,855	0,248	0,53	0,735	0,390
0,06	0,970	0,058	0,30	0,850	0,255	0,54	0,730	0,394
0,07	0,965	0,068	0,31	0,845	0,262	0,55	0,725	0,399
0,08	0,960	0,077	0,32	0,840	0,269	0,56	0,720	0,403
0,09	0,955	0,086	0,33	0,835	0,276	0,57	0,715	0,407
0,10	0,950	0,095	0,34	0,830	0,282	0,58	0,710	0,412
0,11	0,945	0,104	0,35	0,825	0,289	0,59	0,705	0,416
0,12	0,940	0,113	0,36	0,820	0,295	0,60	0,700	0,420
0,13	0,935	0,122	0,37	0,815	0,302	0,61	0,695	0,424
0,14	0,930	0,130	0,38	0,810	0,308	0,62	0,690	0,428
0,15	0,925	0,139	0,39	0,805	0,314	0,63	0,685	0,431
0,16	0,920	0,147	0,40	0,800	0,320	0,64	0,680	0,435
0,17	0,915	0,156	0,41	0,795	0,326	0,65	0,675	0,438
0,18	0,910	0,164	0,42	0,790	0,332	0,66	0,670	0,442
0,19	0,905	0,172	0,43	0,785	0,338	0,67	0,665	0,445
0,20	0,900	0,180	0,44	0,780	0,343	0,68	0,660	0,449
0,21	0,895	0,188	0,45	0,775	0,349	0,69	0,655	0,452
0,22	0,890	0,196	0,46	0,770	0,354	0,70	0,650	0,455
0,23	0,885	0,204	0,47	0,765	0,360	$\gamma = 1 - 0,5\xi; \alpha_m = \xi\gamma$		
0,24	0,880	0,211	0,48	0,760	0,365			

Phụ lục 18

BẢNG TRA DIỆN TÍCH VÀ TRỌNG LƯỢNG CỐT THÉP

φ mm	Diện tích tiết diện ngang - mm ² - ứng với số thanh									Trọng lượng 1 mét (kg)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
6	28,3	57	85	113	142	170	198	226	255	0,222
8	50,3	100	151	201	251	302	352	402	453	0,395
10	78,5	157	236	314	392	471	550	628	707	0,617
12	113	226	339	452	565	678	792	905	1018	0,888
14	154	308	462	616	769	923	1077	1231	1385	1,208
16	201	402	603	804	1005	1206	1407	1608	1810	1,578
18	254	509	763	1018	1272	1527	1781	2036	2290	1,998
20	314	628	942	1256	1571	1885	2199	2514	2827	2,466
22	380	760	1140	1520	1900	2281	2661	3041	3421	2,984
25	491	982	1473	1963	2454	2945	3436	3927	4418	3,853
28	615	1231	1847	2463	3079	3695	4310	4926	5542	4,834
30	707	1414	2121	2828	3534	4241	4948	5655	6362	5,549
32	804	1608	2412	3217	4021	4825	5630	6434	7238	6,313
36	1018	2036	3054	4072	5090	6108	7126	8144	9162	7,990
40	1256	2512	3768	5024	6280	7536	8792	10048	11304	9,870

Phụ lục 19

BẢNG TRA DIỆN TÍCH CỐT THÉP CỦA BẢN

Khoảng cách a mm	Diện tích: mm ² ứng với đường kính cốt thép							
	5	6	6/8	8	8/10	10	10/12	12
70	281	404	561	719	920	1121	1368	1615
80	245	354	491	629	805	981	1197	1413
90	218	314	437	559	716	872	1064	1256
100	196	283	393	503	644	785	958	1131
110	178	257	357	457	585	714	871	1028
120	163	236	327	419	537	654	798	942
130	151	218	302	387	495	604	737	870
140	140	202	281	359	460	561	684	807
150	131	189	262	335	429	523	638	754
160	123	177	246	314	403	491	598	706
170	115	166	231	296	379	462	563	665
180	109	157	218	279	358	436	532	628
190	103	149	207	265	339	413	504	595
200	98	141	196	250	322	392	478	565
Kí hiệu 6/8 là dùng các thanh $\phi 6$ và $\phi 8$ đặt xen kẽ nhau.								

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Đình Cống. *Sàn bê tông cốt thép toàn khối*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2005.
2. Nguyễn Đình Cống. *Tính toán thực hành cấu kiện bê tông cốt thép theo tiêu chuẩn TCXDVN 356 - 2005*. Nhà xuất bản Xây dựng, 2007.
3. Phan Quang Minh, Ngô Thế Phong, Nguyễn Đình Cống. *Kết cấu bê tông cốt thép - phần cấu kiện cơ bản*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2006.
4. Nguyễn Đình Cống, Ngô Thế Phong, Huỳnh Chánh Thiên. *Kết cấu bê tông cốt thép - phần kết cấu nhà*. Nhà xuất bản Đại học và Trung học chuyên nghiệp, 1978.
5. Tiêu chuẩn Việt Nam. *Tiêu chuẩn thiết kế về tải trọng và tác động*. TCXDVN 2737 - 1995.
6. Tiêu chuẩn Việt Nam. *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Tiêu chuẩn thiết kế*. TCXDVN 356 : 2005.
7. Paxôbie pô prôektirôvanhie bêtônnox i jêlêzobêtonnox konstrukxi.
8. V. M. Bondarenkô. *Jêlêzobêtonnue i kamennue konstrukxi*. Moskva, 2004.

MỤC LỤC

	Trang
Lời nói đầu	3
Chương 1. Đại cương về kết cấu sàn	
1.1. Đặc điểm của kết cấu sàn	5
1.2. Các loại kết cấu sàn	5
1.3. Các bộ phận của sàn sườn toàn khối	6
1.4. Các bước thiết kế kết cấu sàn	7
1.5. Nhận xét về phương pháp tính toán kết cấu sàn	8
Chương 2. Tính toán nội lực bản	
2.1. Liên kết của bản	9
2.2. Sự làm việc của ô bản đơn	10
2.3. Chọn chiều dày bản	12
2.4. Nhịp tính toán	13
2.5. Tải trọng trên bản	14
2.6. Nội lực của bản một phương	15
2.7. Nội lực bản hai phương	20
2.8. Lực cắt trong bản	34
2.9. Một số sơ đồ hỗn hợp	36
Chương 3. Tính toán và cấu tạo cốt thép bản sàn	
3.1. Số liệu để tính toán	39
3.2. Đại cương về cấu tạo	40
3.3. Cốt thép chịu lực	41
3.4. Cốt thép cấu tạo	45
3.5. Thí dụ tính toán	47
3.6. Kiểm tra về khả năng chịu lực cắt	58
Chương 4. Nội lực dầm sàn	
4.1. Sơ đồ dầm	60
4.2. Tải trọng trên dầm sàn	63

4.3. Đại cương về nội lực và hình bao nội lực	65
4.4. Nội lực dầm sàn theo sơ đồ dẻo	67
4.5. Nội lực dầm sàn theo sơ đồ đàn hồi	70
4.6. Thí dụ	70
4.7. Dầm sàn ô cờ	79
Chương 5. Nội lực dầm chính	
5.1. Sơ đồ dầm chính	83
5.2. Tải trọng lên dầm chính	83
5.3. Nội lực dầm chính	85
5.4. Mômen mép gối	88
5.5. Thí dụ	89
Chương 6. Tính toán cốt thép dầm	
6.1. Tiết diện dầm	91
6.2. Nội dung và số liệu tính toán	94
6.3. Tính toán cốt thép dọc	95
6.4. Đại cương về cấu tạo và tính toán cốt thép đai	103
6.5. Phương pháp thực hành tính cốt thép đai	108
6.6. Phương pháp tính toán cốt thép đai theo tài liệu của Nga	115
6.7. Tính toán cốt thép xiên	123
6.8. Cốt thép treo	127
Chương 7. Cấu tạo cốt thép dầm	
7.1. Bố trí cốt thép trong tiết diện ngang	129
7.2. Đặt cốt thép theo phương dọc dầm	131
7.3. Khả năng chịu lực của tiết diện dầm	136
7.4. Hình bao vật liệu	141
7.5. Phương pháp gần đúng tìm tiết diện cắt lí thuyết	145
7.6. Cốt thép ở phía dưới	148
7.7. Bản vẽ thi công cốt thép của dầm	149
Phụ lục	149
Tài liệu tham khảo	191

SÀN SƯỜN BÊTÔNG TOÀN KHỐI

Chịu trách nhiệm xuất bản:

BÙI HỮU HẠNH

Biên tập:

TẠ HẢI PHONG

Chế bản điện tử:

TRẦN KIM ANH

Sửa bản in:

TẠ HẢI PHONG

Bìa:

VŨ BÌNH MINH

In 1000 cuốn khổ 19 × 27cm, tại Xưởng in Nhà xuất bản Xây dựng. Giấy chấp nhận đăng ký kế hoạch xuất bản số 229-2007/CXB/112-14/XD, ngày 26-3-2007. In xong nộp lưu chiểu tháng 1 năm 2008.