ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA

Võ Bá Tầm

KẾT CẤU BÊTÔNG CỐT THÉP

(THEO TCXDVN 356:2005)

Tập 1 CẤU KIỆN CƠ BẢN

(Tái bản lần thứ sáu)

**NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA
TP HỒ CHÍ MINH - 2012**

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU 7

Chương 1 KHÁI NIỆM CHUNG 9

1.1 Thế nào là bêtông cốt thép (BTCT) 9

1.2 Phân loại 10

1.3 Ưu và khuyết điểm của bêtông cốt thép 17

1.4 Phạm vi ứng dụng 18

Chương 2 TÍNH CHẤT CƠ LÝ CỦA VẬT LIỆU 20

A- BÊTÔNG 20

2.1 Tính chất cơ lý của bêtông 20

2.2 Cường độ của bêtông 21

2.3 Cấp độ bền và mác bêtông 25

2.4 Các nhân tố ảnh hưởng đến cường độ của bêtông 27

2.5 Cường độ của bêtông 29

2.6 Biến dạng của bêtông 32

2.7 Môđun đàn hồi 34

B- CỐT THÉP 35

2.8 Biểu đồ ứng suất - biến dạng 36

2.9 Cường độ tiêu chuẩn của cốt thép 37

2.10 Cường độ tính toán của cốt thép 38

2.11 Mô đun đàn hồi của cốt thép E_s 40

C- BÊTÔNG CỐT THÉP 40

Chương 3 **NGUYÊN LÝ TÍNH TOÁN VÀ CẤU TẠO** 43

3.1 Khái niệm chung 43

3.2 Các giai đoạn của trạng thái ứng suất - biến dạng của cấu kiện chịu uốn 43

3.3 Các phương pháp tính toán cấu kiện BTCT 46

3.4 Tải trọng, tải trọng tiêu chuẩn, tải trọng tính toán 48

3.5 Nguyên lý về cấu tạo cốt thép 49

Chương 4 **CẤU KIỆN CHỊU UỐN** 58
4.1 Khái niệm chung 58
4.2 Tính toán cường độ của cấu kiện chịu uốn trên tiết diện thẳng góc (THGH1) 61
4.3 Cấu kiện tiết diện chữ nhật 61
Bài tập 70
4.4 Cấu kiện tiết diện chữ I, T 88
4.5 Tính toán cường độ cấu kiện chịu uốn trên tiết diện nghiêng 115
4.6 Tính toán cường độ trên tiết diện nghiêng theo lực cắt 120
Bài tập 133
4.7 Biểu đồ vật liệu 155

Chương 5 **CẤU KIỆN CHỊU NÉN** 156
5.1 Khái niệm 156
5.2 Đặc điểm cấu tạo 157
5.3 Tính toán cấu kiện chịu nén đúng tâm 161
5.4 Sự làm việc của cấu kiện chịu nén lệch tâm 167
5.5 Tính toán cấu kiện có tiết diện chữ nhật 171
5.6 Biểu đồ tương tác 209

Chương 6 **CẤU KIỆN CHỊU KÉO** 223
6.1 Khái niệm chung và cấu tạo 223
6.2 Tính toán cấu kiện chịu kéo đúng tâm 224
6.3 Tính toán cấu kiện chịu kéo lệch tâm có tiết diện chữ nhật 225
6.4 Tính toán cấu kiện chịu kéo lệch tâm theo lực cắt 228

Chương 7 **TÍNH TOÁN CẤU KIỆN BÊTÔNG CỐT THÉP THEO TRẠNG THÁI GIỚI HẠN THỨ HAI** 237
7.1 Khái niệm chung 237
7.2 Độ cong của trục dầm 238
7.3 Độ cong của dầm bêtông cốt thép 240
7.4 Độ cứng của dầm bêtông cốt thép B 249
7.5 Độ võng của dầm 250
7.6 Tính toán cấu kiện btct theo sự mở rộng khe nứt thẳng góc với trục dọc cấu kiện 252

Chương 8 **CẤU KIỆN CHỊU UỐN – XOẮN** 264
8.1 Khái niệm chung 264
8.2 Cấu tạo 265
8.3 Tính toán độ bền tiết diện không gian cấu kiện chữ nhật chịu uốn - xoắn đồng thời 266
8.4 Tính sơ bộ cốt thép 268
8.5 Kiểm tra khả năng chịu lực theo độ bền 271
8.6 Bài tập 283

Chương 9 **SÀN BÊTÔNG CỐT THÉP** 291
9.1 Khái niệm 291
9.2 Bản dầm (một phương) 295
9.3 Giới thiệu đồ án 300
9.4 Bản sàn 303
9.5 Dầm phụ 312
9.6 Dầm chính 316
9.7 Cấu tạo cốt thép trong dầm 324
9.8 Biểu đồ vật liệu 329
9.9 Ví dụ 331
9.10 Thống kê vật liệu 333
9.11 Hướng dẫn sử dụng sap2000: dầm liên tục - tổ hợp nội lực 334

ĐỒ ÁN BÊ TÔNG 1 :SÀN SƯỜN TOÀN KHỐI LOẠI BẢN DẦM 342

PHỤ LỤC 381

TÀI LIỆU THAM KHẢO 392

LỜI NÓI ĐẦU

KẾT CẤU BÊTÔNG - CỐT THÉP - Tập 1 (Phần cấu kiện cơ bản) *được biên soạn nhằm trang bị cho sinh viên ngành xây dựng, cầu đường, thủy lợi... những kiến thức cơ bản về bản chất làm việc của vật liệu BÊ-TÔNG & CỐT THÉP. Nắm vững những nguyên tắc cơ bản thiết kế và cấu tạo các cấu kiện cơ bản BÊTÔNG - CỐT THÉP đúng với tiêu chuẩn nhà nước đã qui định đang được áp dụng tại VIỆT NAM.*

Kết cấu bêtông - cốt thép - Tập 1:

- Hệ thống, tóm tắt phần lý thuyết cơ bản của bêtông cốt thép.

- Cung cấp cho sinh viên những kiến thức một cách tổng quan khi thực hiện các bài toán tính cốt thép cho từng loại cấu kiện bằng các sơ đồ khối.

- Giúp sinh viên củng cố, nắm vững phần lý thuyết đã học để giải quyết được những bài toán đặt ra. Một số bài tập tiêu biểu mà thường hay gặp trong thực tế.

Trong lần tái bản này, tác giả có chỉnh sửa để hoàn thiện, đồng thời bổ sung thêm chương "Cấu kiện chịu uốn - xoắn" và chương "Sàn bêtông cốt thép": nội dung chính là hướng dẫn thực hành đồ án bêtông 1 ***"Sàn sườn toàn khối loại bản dầm"****.*

Hy vọng tài liệu này sẽ giúp ích cho việc học tập và nghiên cứu ứng dụng của sinh viên trường Đại học Bách khoa TP.HCM, các trường kỹ thuật khác cũng như các kỹ sư đang làm công tác thiết kế công trình và sẽ làm phong phú thêm tủ sách tham khảo của các bạn độc giả.

Tác giả xin chân thành cảm ơn các thầy cô và các bạn đồng nghiệp đã động viên, góp ý cho tôi trong quá trình biên soạn để hoàn thành tập tài liệu này.

Trong quá trình biên soạn, chắc chắn sẽ còn có những hạn chế và thiếu sót rất mong nhận được nhiều ý kiến đóng góp chân tình của bạn đọc để tài liệu này tiếp tục hoàn thiện hơn. Chân thành cám ơn.

Mọi ý kiến đóng góp xin gửi về Bộ môn Công trình - Khoa Kỹ thuật Xây dựng, trường Đại học Bách khoa TP.Hồ Chí Minh - 268 Lý Thường Kiệt Q.10. ĐT:(08).8.650714.

Tác giả
VÕ BÁ TẦM

Chương 1

KHÁI NIỆM CHUNG

1.1 THẾ NÀO LÀ BÊTÔNG CỐT THÉP (BTCT)

Bêtông cốt thép là một loại vật liệu phức hợp gồm bêtông và cốt thép cùng cộng tác chịu lực với nhau. Bêtông được chế tạo từ:

BÊTÔNG = ĐÁ CÁT + XIMĂNG + NƯỚC + CHẤT PHỤ GIA

Bêtông có khả năng chịu nén tốt nhưng chịu kéo rất kém. Trong khi cốt thép là vật liệu chịu nén hoặc chịu kéo rất tốt. Do vậy để tăng khả năng chịu lực của cấu kiện, người ta đặt cốt thép vào trong bêtông. Từ đó sản sinh ra bêtông cốt thép.

Đối với cấu kiện chịu uốn

Do bêtông chịu kéo kém, vì thế vết nứt trong miền bêtông chịu kéo xuất hiện rất sớm khi ứng suất kéo của thớ bêtông chịu kéo ngoài cùng vượt quá cường độ giới hạn chịu kéo của bêtông, trong khi đó ứng suất nén của thớ bêtông chịu nén ngoài cùng còn khá nhỏ so với cường độ giới hạn chịu nén của bêtông. Nếu tiếp tục tăng tải thì vết nứt phát triển dần lên phía trên, tiết diện dầm bị thu hẹp và dầm bị phá hoại trong khi ứng suất nén của bêtông vẫn còn khá nhỏ so với cường độ chịu nén của bêtông. Như thế là lãng phí khả năng chịu nén của bêtông, vì thế để tận dụng hết khả năng chịu nén của bêtông người ta đặt cốt thép vào trong miền bêtông chịu kéo. Theo thí nghiệm: dầm bêtông cốt thép có thể chịu lực nhiều hơn dầm bêtông có cùng kích thước đến hàng chục lần.

Đối với các cấu kiện chịu nén

Vì cốt thép chịu nén và chịu kéo rất tốt nên cốt thép được đặt trong bêtông (cả trong miền nén hoặc kéo) để tăng khả năng chịu lực của cấu kiện, giảm kích thước tiết diện.

Bêtông và cốt thép cùng cộng tác chịu lực do

• Bêtông và cốt thép dính chặt với nhau nhờ lực dính mà có thể truyền lực từ bêtông sang cốt thép hoặc ngược lại. Lực dính có tầm quan trọng hàng đầu đối với bêtông cốt thép. Nhờ lực dính mà cường độ cốt thép mới được khai thác triệt để, giảm bề rộng khe nứt vùng bêtông chịu kéo... Chính vì thế phải tìm mọi cách để tăng cường lực dính giữa bêtông và cốt thép.

• Giữa bêtông và cốt thép không xảy ra phản ứng hóa học, đồng thời bêtông còn bảo vệ cốt thép chống lại các tác dụng ăn mòn của môi trường.

• Cốt thép và bêtông có hệ số giản nở nhiệt α gần bằng nhau:

$$\alpha_b = 0,000010 \div 0,000015 ; \text{ và: } \alpha_s = 0,000012 .$$

Do đó, khi nhiệt độ thay đổi trong phạm vi ($< 100^{\circ}C$) trong cấu kiện không xuất hiện nội ứng suất đáng kể, không làm phá hoại lực dính giữa bêtông và cốt thép.

1.2 PHÂN LOẠI

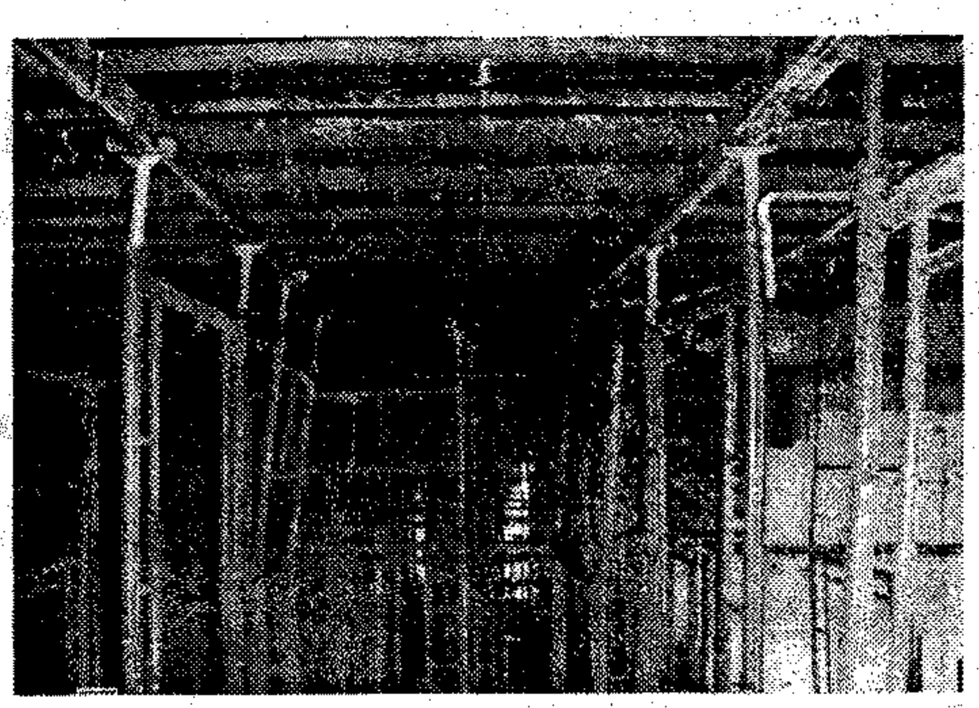
1.2.1 Theo phương pháp thi công

Đối với công trình được xây dựng bằng bêtông cốt thép, tùy theo phương pháp thi công được chia làm ba loại:

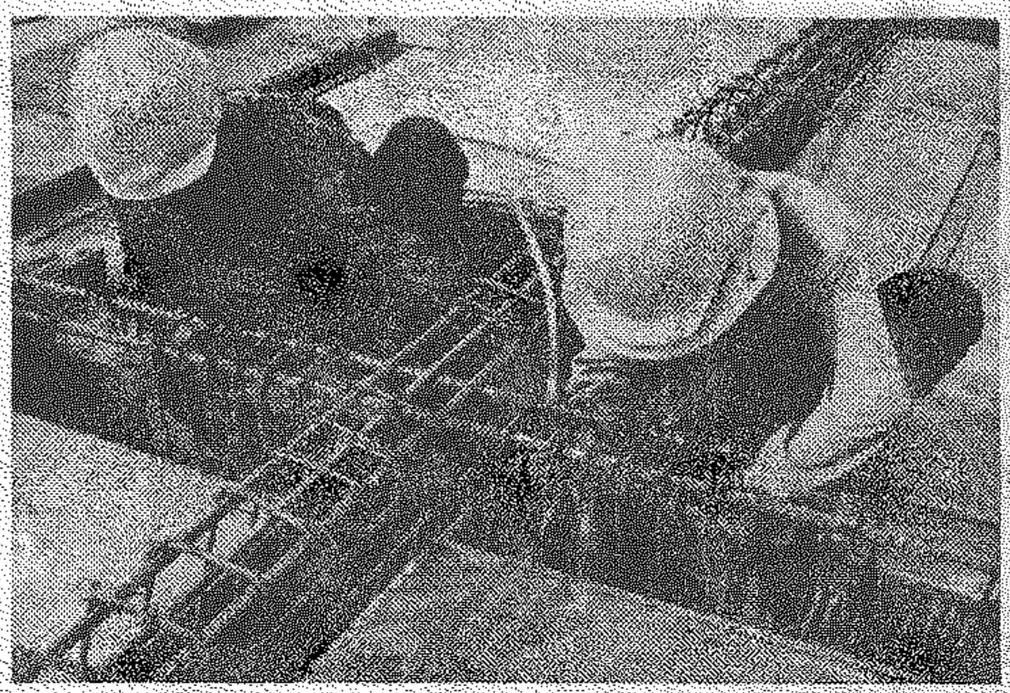
1.2.1.1 Bêtông cốt thép toàn khối

Ghép ván khuôn (coffa), đặt cốt thép và đổ bêtông ngay tại vị trí thiết kế của kết cấu.

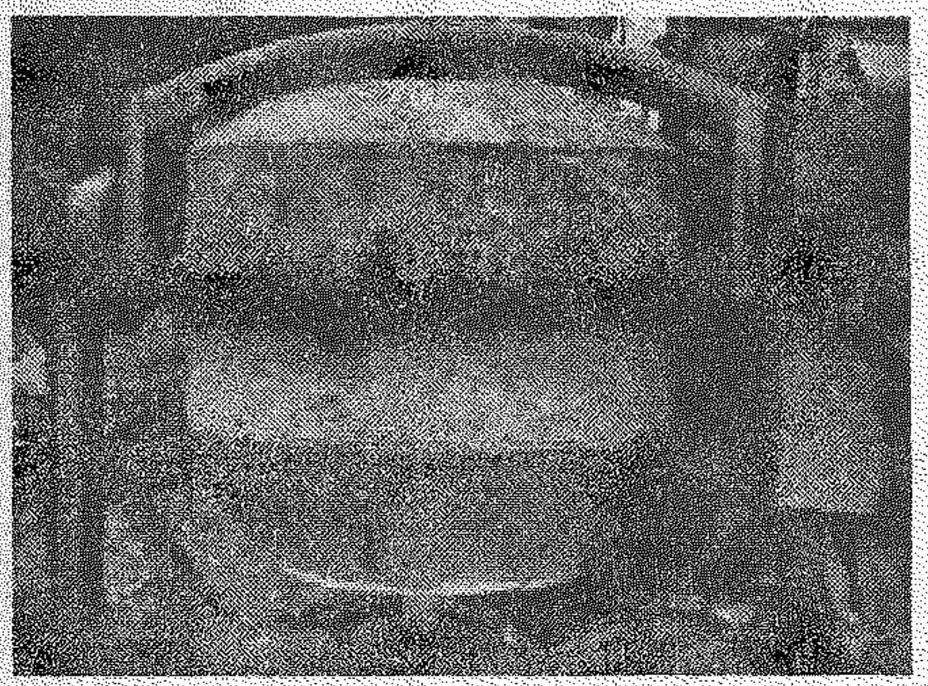
Lắp đặt coffa



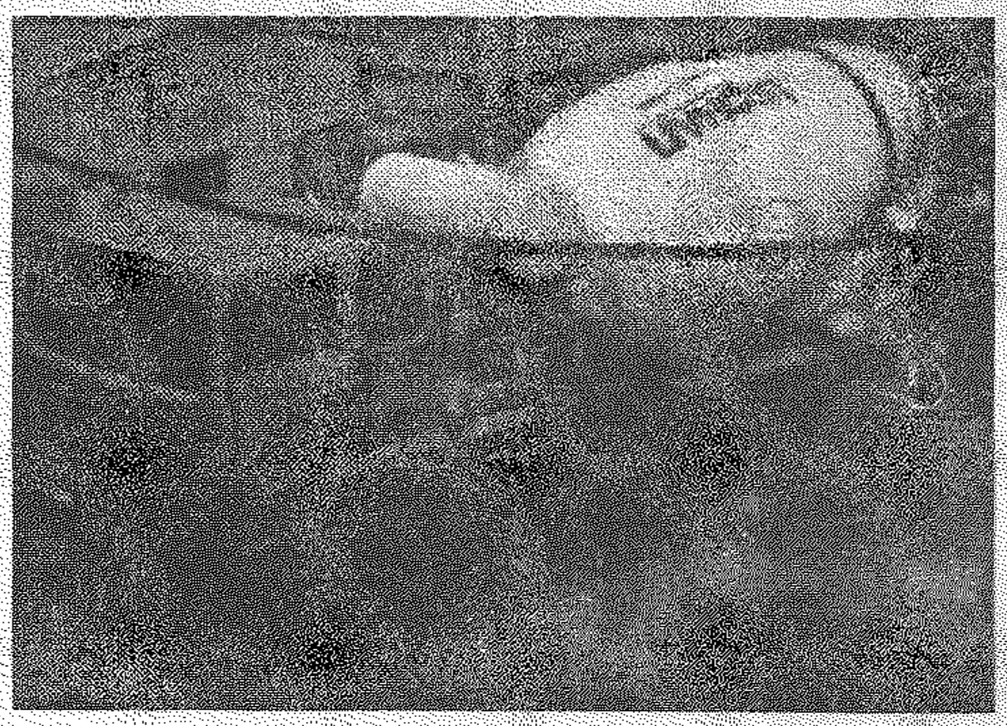
Cây chống



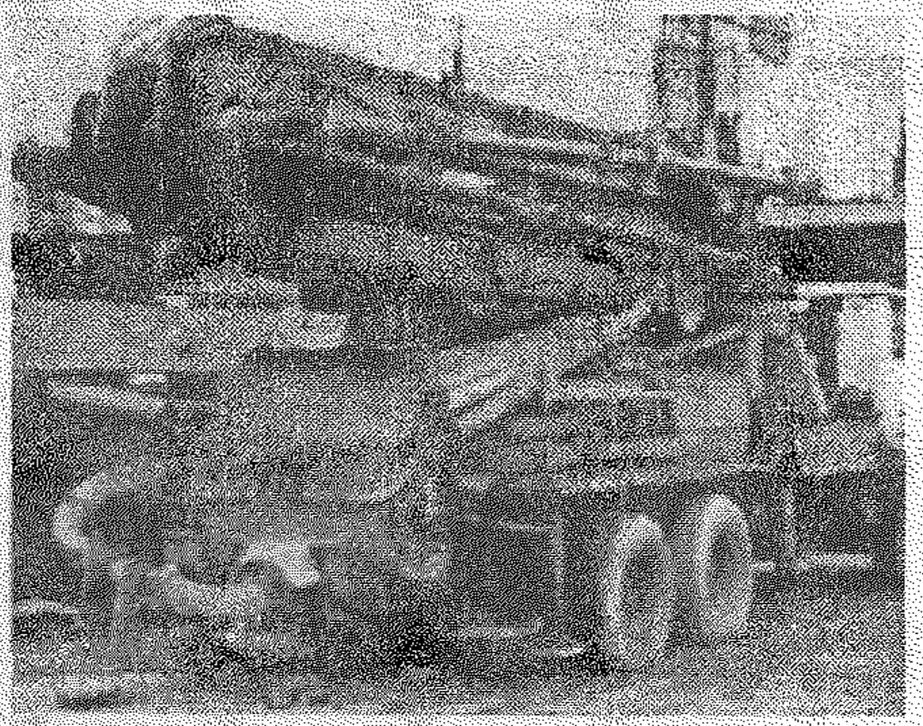
Lắp đặt cốt thép



Máy trộn bêtông



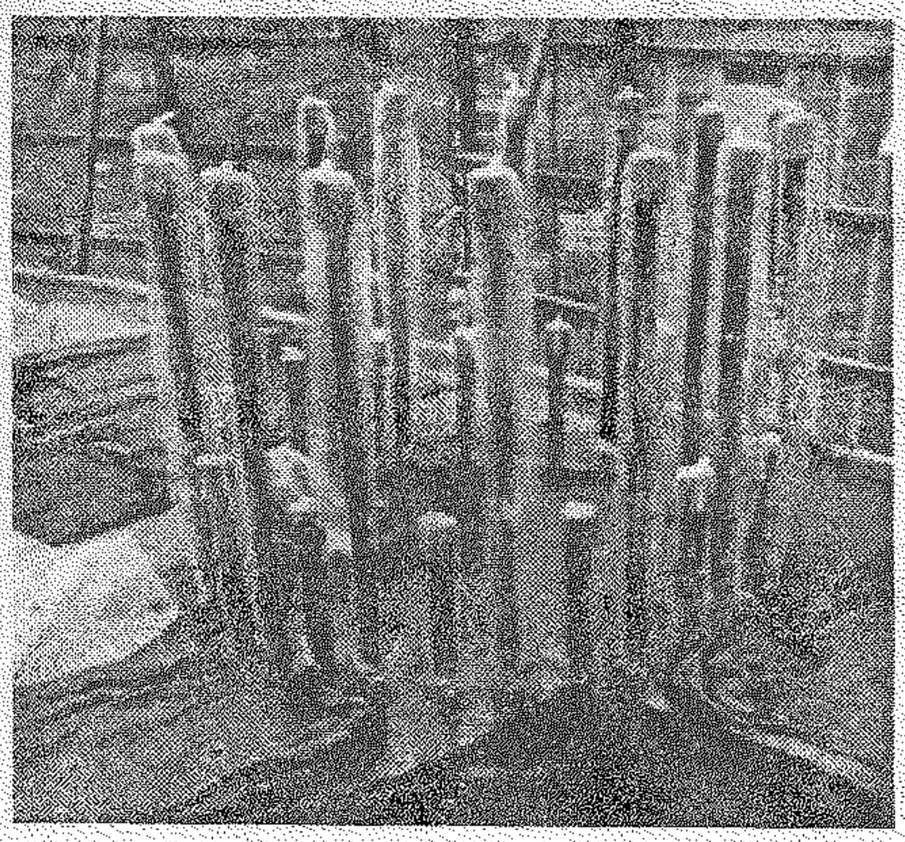
Xe vận chuyển bêtông



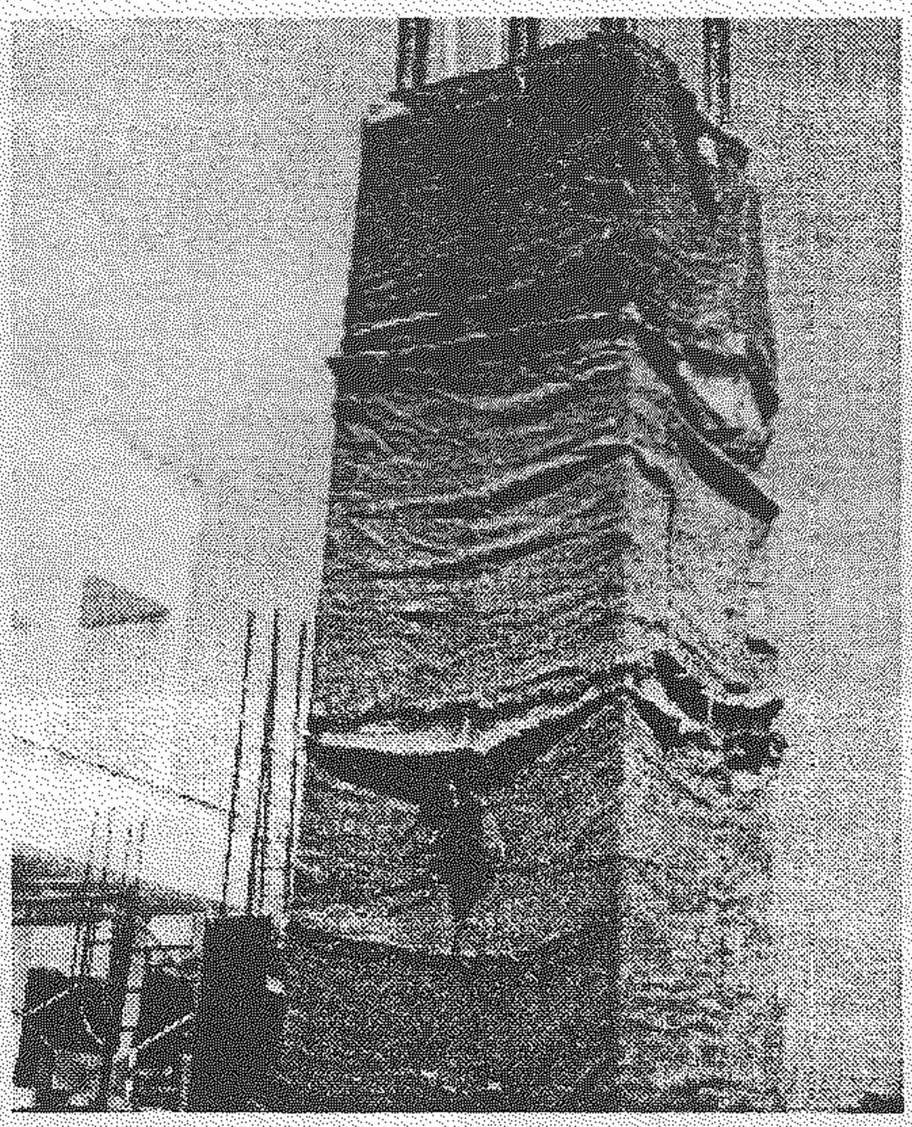
Xe bơm bêtông

Đổ & đầm bêtông

Máy xoa bề mặt bêtông



Share-connect.blogspot.com



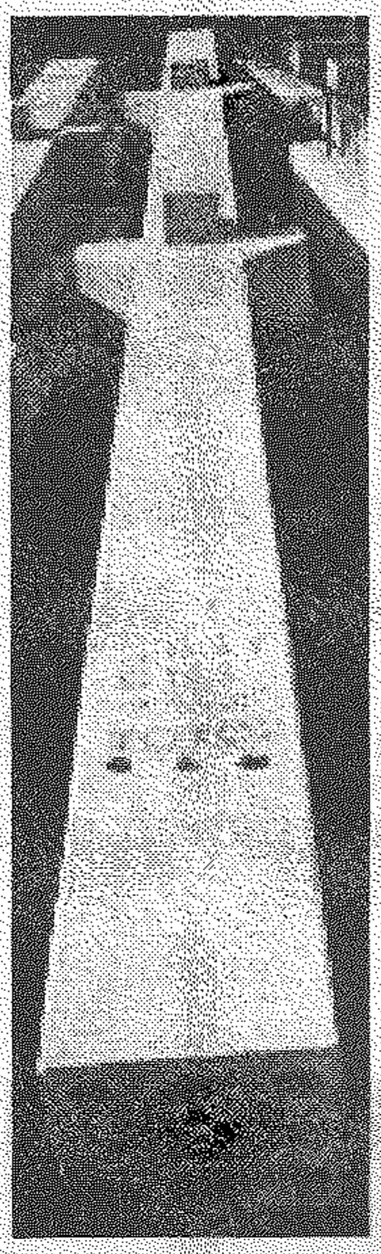
Hình 1.1 *Qui trình đổ bêtông*

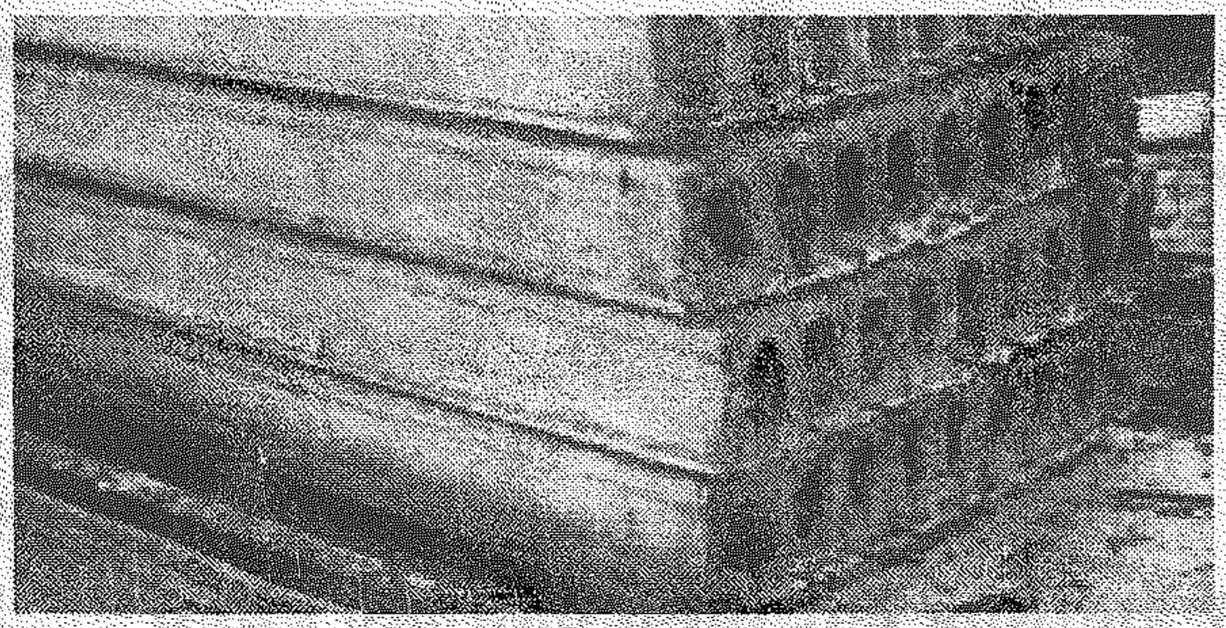
Ưu điểm: độ cứng lớn, chịu lực động tốt.

Khuyết điểm: tốn vật liệu làm ván khuôn, cây chống, thi công bị ảnh hưởng của thời tiết, thời gian thi công chậm.

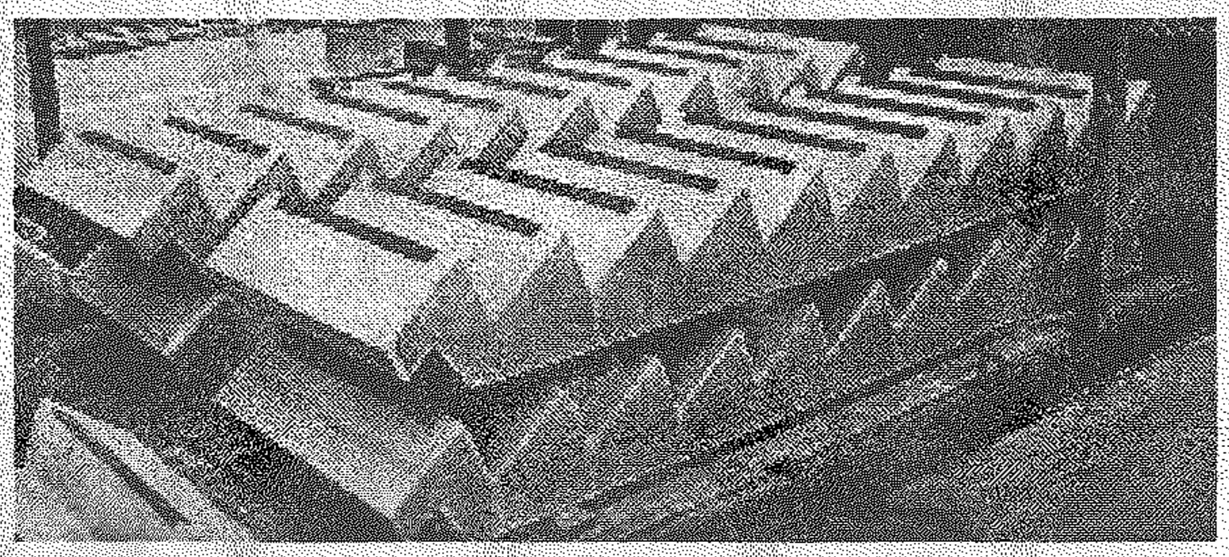
1.2.1.2 Bêtông cốt thép lắp ghép

Các cấu kiện riêng rẽ được chế tạo sẵn ở nhà máy hoặc tại công trường, được vận chuyển đến công trường sau đó dùng cần cẩu vận chuyển lắp ghép nối chúng lại với nhau thành kết cấu tại vị trí thiết kế.



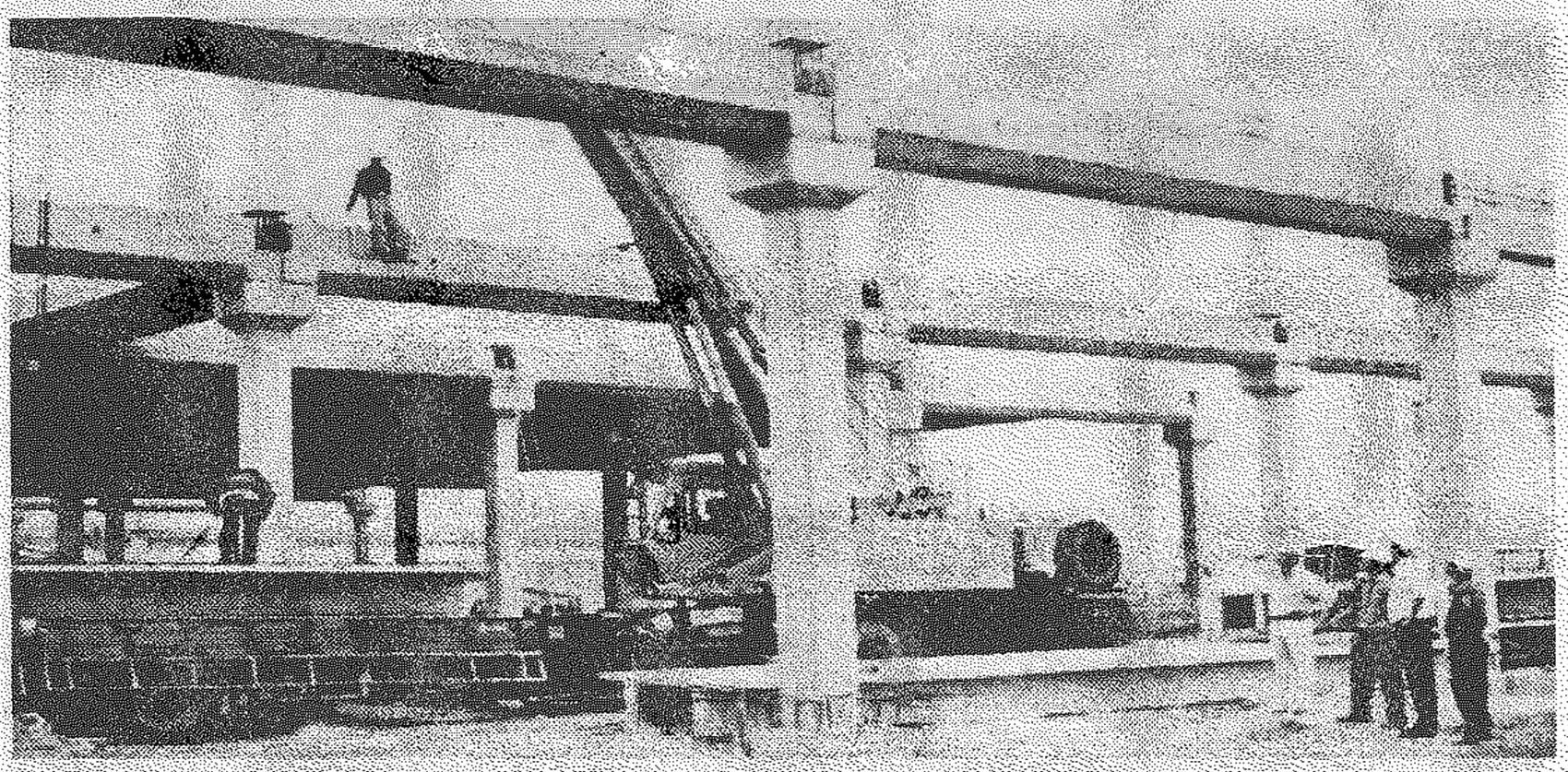


Pa nen sàn

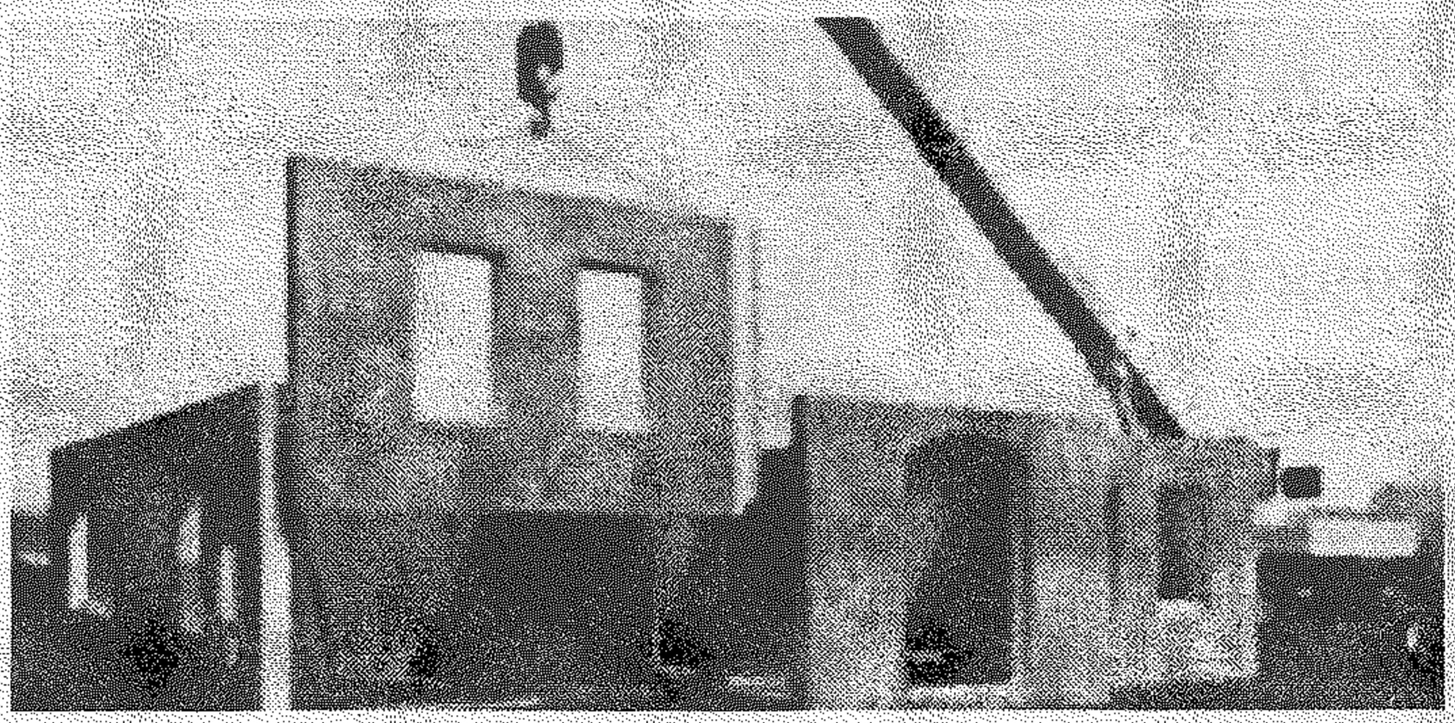


Cột

Cầu thang



Thi công lắp ghép: móng, cột, dầm, sàn



Thi công lắp ghép nhà tấm

***Hình 1.2** Công trình lắp ghép*

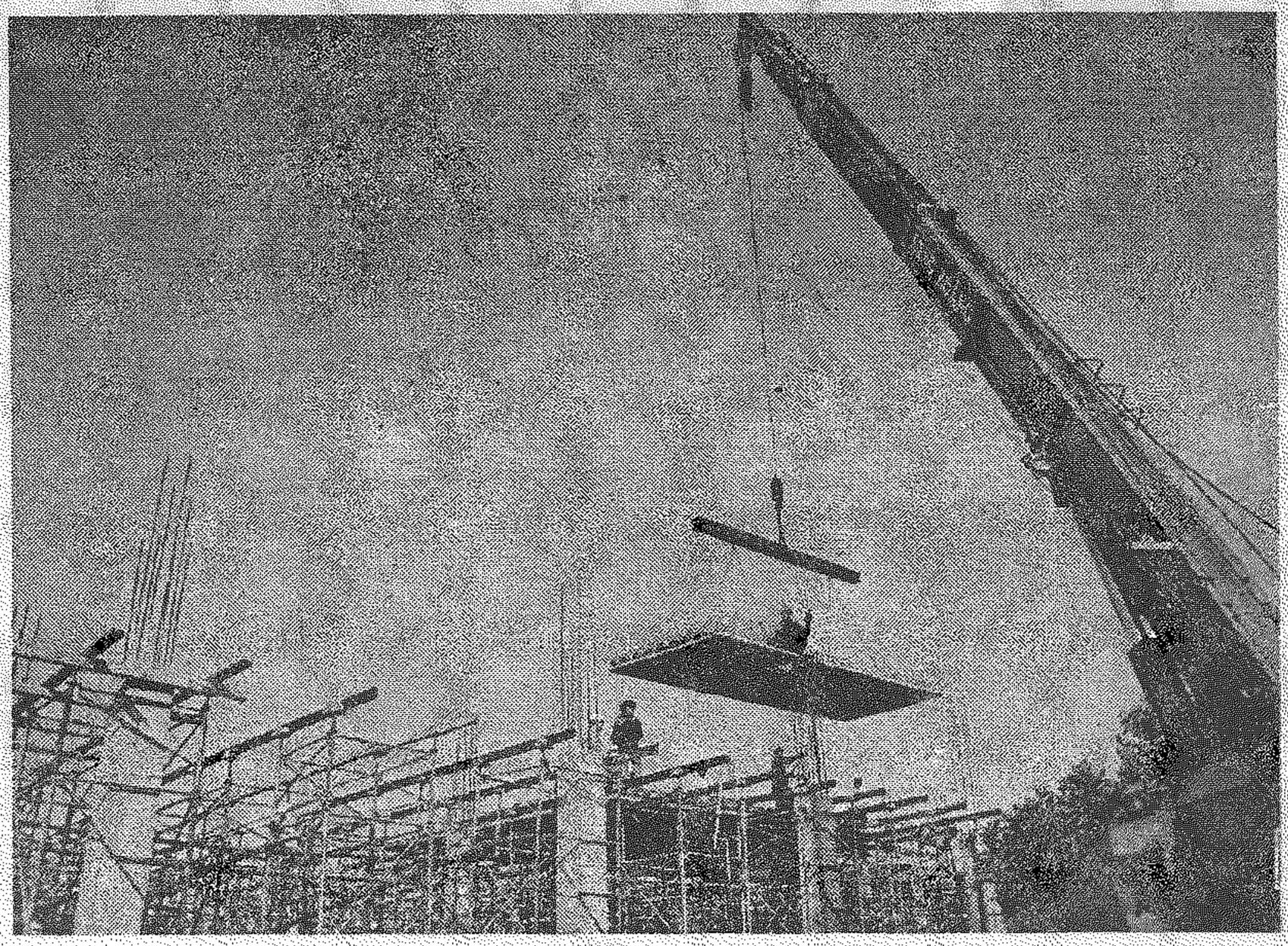
Ưu: thời gian thi công nhanh, ít tốn coffa cây chống.

Khuyết: độ cứng kém hơn bêtông toàn khối, giải quyết các mối nối thường khó khăn. Tổ chức thi công có phần phức tạp và phải chú ý xử lý tốt mặt nối giữa bêtông mới và cũ, cần có các thiết bị chuyên dùng.

1.2.1.3 Bêtông cốt thép bán lắp ghép

Công trình gồm nhiều cấu kiện, trong đó có một số cấu kiện toàn khối (móng, khung...), một số cấu kiện lắp ghép (dầm, panen sàn..)

Ưu: độ cứng cao, ít tốn coffa cây chống...



Hình 1.3 Công trình bán lắp ghép

1.2.2 Theo trọng lượng thể tích

Bêtông nặng có khối lượng riêng trung bình từ $\gamma_b = 22 \div 25 kN/m^3$

Bêtông nhẹ có khối lượng riêng trung bình khoảng $\gamma_b = 18 kN/m^3$

Bêtông nhẹ có cấu trúc rỗng khối lượng riêng trung bình từ $\gamma_b = 5 \div 18 kN/m^3$

Bêtông đặc biệt,...

1.2.3 Theo trạng thái ứng suất

Khi chế tạo và sử dụng:

1.2.3.1 Bêtông cốt thép thường

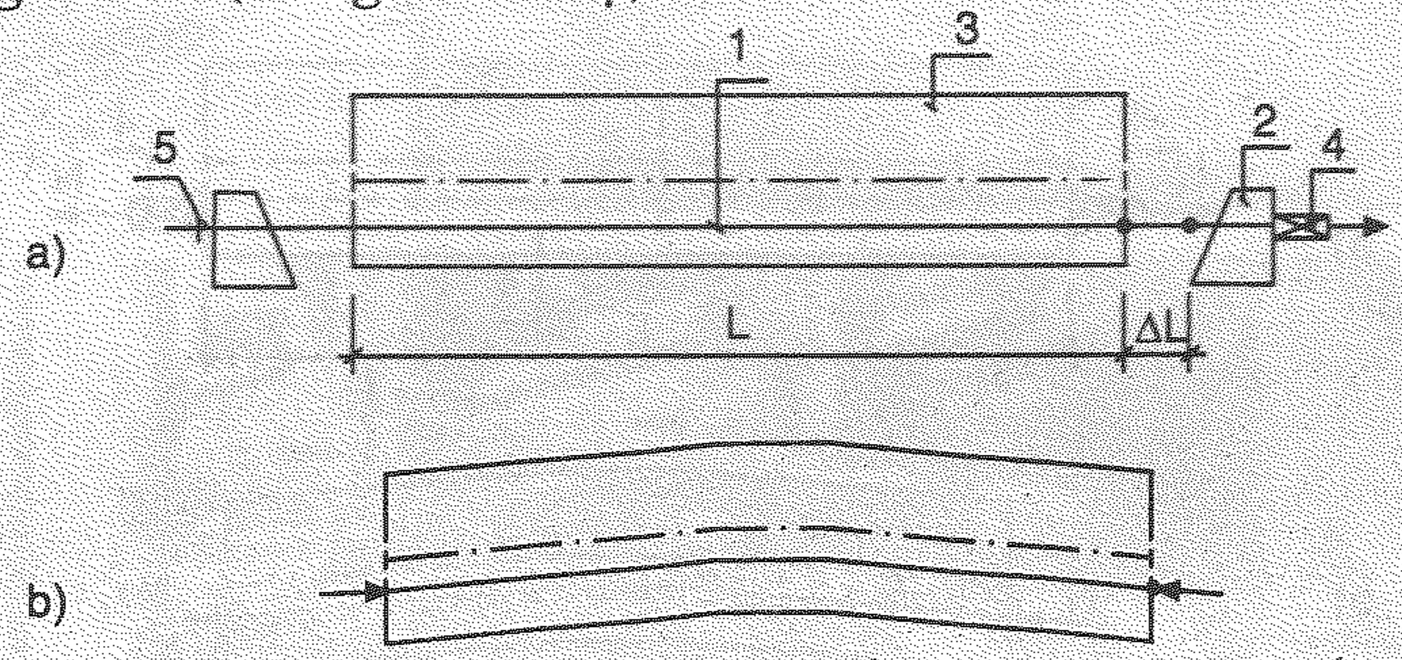
Khi chế tạo cấu kiện cốt thép ở trạng thái không ứng suất.

1.2.3.2 Bêtông cốt thép dự ứng lực (DUL)

Khi chế tạo cấu kiện người ta tạo cho cốt thép một ứng suất ngược dấu với ứng suất của cốt thép khi sử dụng. Thường thì người ta căng cốt thép để nén vùng bêtông chịu kéo (do tải trọng gây ra) của cấu kiện nhằm triệt tiêu ứng suất kéo do tải trọng gây ra.

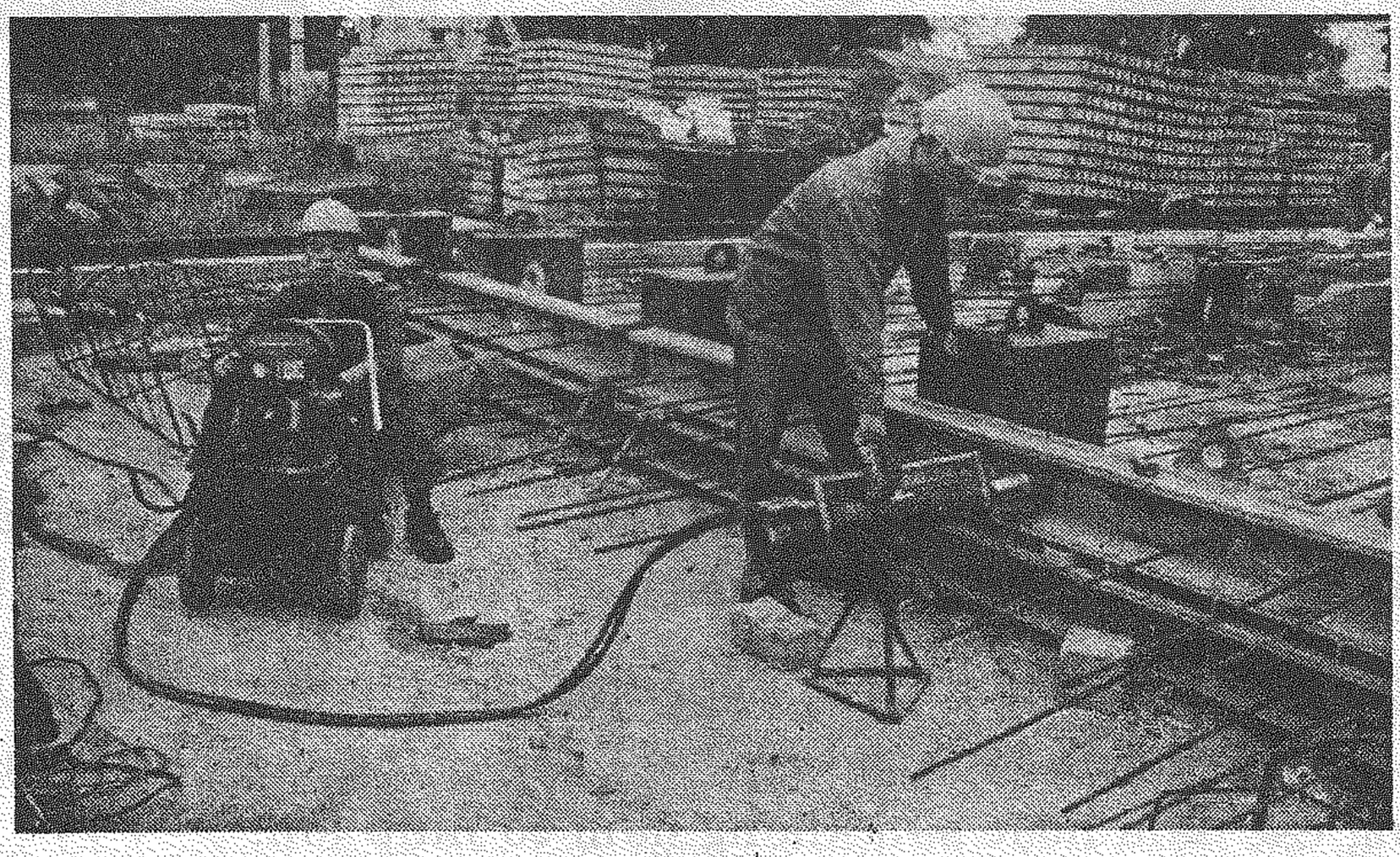
Hiện nay có hai phương pháp căng:

1. Căng trước (căng trên bệ)



1- cốt thép DUL; 2- bệ căng; 3- ván khuôn; 4- thiết bị kéo thép; 5- thiết bị cố định thép

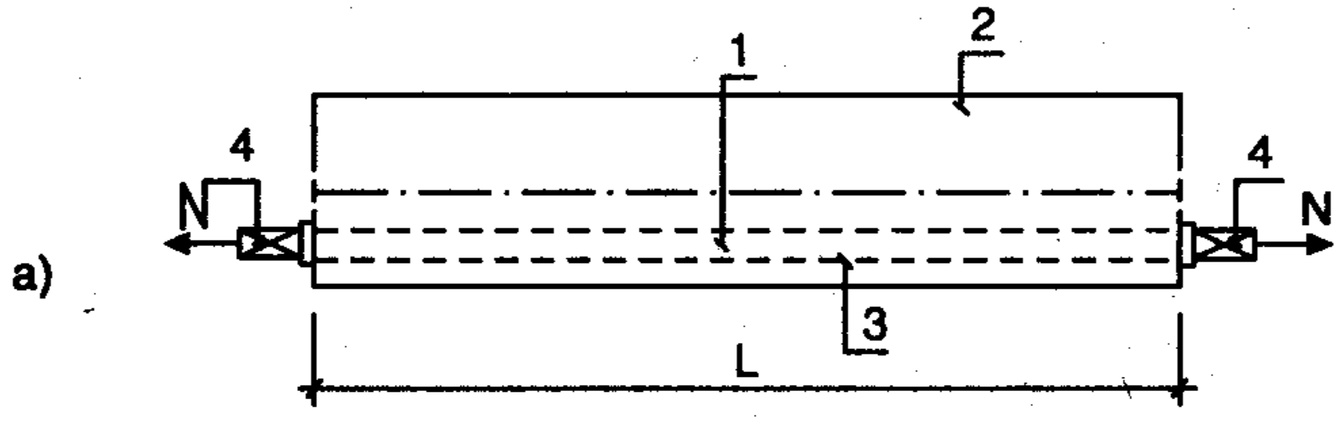
Hình 1.4 *Sơ đồ phương pháp căng trước*
a) Trước khi buông cốt thép DUL
b) Sau khi buông cốt thép DUL



Hình 1.4 *Dùng kích để căng cáp*

Phương pháp này thường sử dụng cho quy trình sản xuất các cấu kiện đúc sẵn, cốt thép được neo cố định một đầu vào bệ thứ nhất còn tại bệ cố định thứ hai dùng kích căng với lực kéo N. Dưới tác dụng của lực N, cốt thép được kéo trong giới hạn đàn hồi và sẽ giãn dài ra một đoạn, tương ứng với các ứng suất xuất hiện trong cốt thép sau đó được cố định vào bệ. Đổ bêtông, đợi cho bêtông đông cứng và đạt cường độ cần thiết thì buông cốt thép. Cốt thép này có xu hướng co ngắn lại và thông qua lực dính giữa cốt thép và bêtông, cấu kiện sẽ bị nén lại với giá trị bằng lực N đã dùng khi kéo cốt thép.

2. Căng sau (căng trên bêtông)

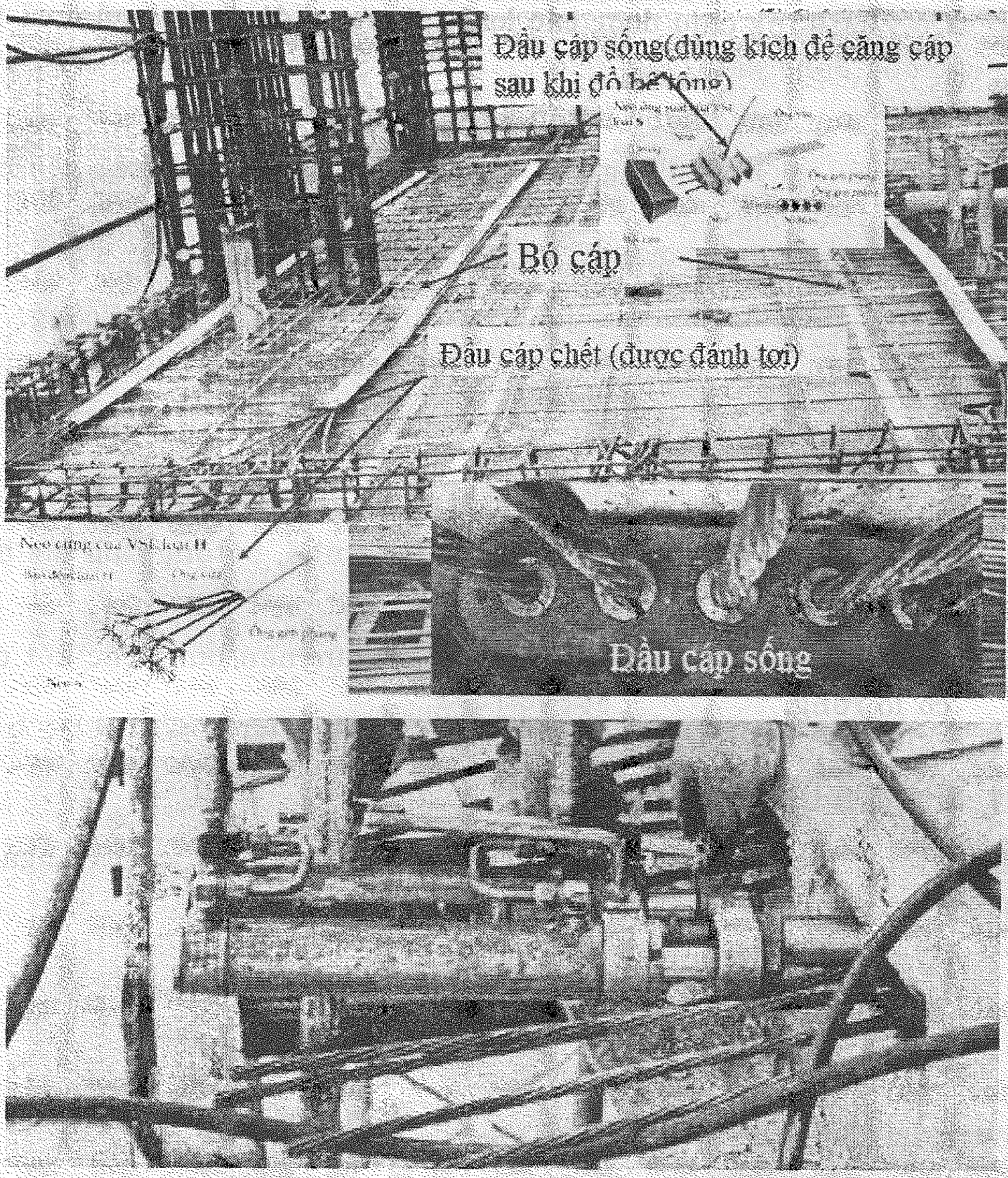


1- cốt thép DUL; 2- cấu kiện BTCT; 3- ống rãnh; 4- thiết bị kích; 5- neo

Hình 1.5 *Sơ đồ phương pháp căng sau*
a) Trong quá trình căng; b) Sau khi căng

Phương pháp này thường sử dụng cho kết cấu bêtông đổ tại chổ tức thực hiện trong quá trình thi công. Trước hết, đặt cốt thép DUL trong ống rãnh và đặt cốt thép thường rồi đổ bêtông. Khi bêtông đạt đến cường độ nhất định thì tiến hành căng cốt thép với ứng suất quy định, căng trực tiếp lên bề mặt bêtông. Sau khi căng xong cốt thép được neo chặt vào cấu kiện, thông qua các neo đó, cấu kiện bị nén bằng lực đã dùng khi kéo căng cốt thép.

Bêtông dự ứng lực thường được ứng dụng cho việc thiết kế các dầm cầu có nhịp lớn, trong xây dựng dân dụng được ứng dụng chủ yếu trong các dầm hoặc sàn không dầm có nhịp lớn.



Hình 1.7 Thi công sàn dự ứng lực

Ưu điểm: Dùng trong các cấu kiện có nhịp lớn, giảm kích thước tiết diện cấu kiện, giảm độ võng, hạn chế xuất hiện khe nứt, sử dụng vật liệu có cường độ cao, chịu được tải trọng lớn.

1.3 ƯU VÀ KHUYẾT ĐIỂM CỦA BÊTÔNG CỐT THÉP

1.3.1 Ưu điểm

- Có khả năng sử dụng vật liệu địa phương.
- Có khả năng chịu lực lớn hơn so với kết cấu gạch đá và gỗ.

- Có khả năng chịu được các loại tải trọng động, bao gồm cả tải trọng động đất.
- Bền vững, bảo dưỡng ít tốn kém, chịu lửa tốt.
- Kết cấu có hình dáng bất kì, đa dạng thỏa mãn mọi yêu cầu kiến trúc, thẩm mỹ v.v...
- Có cường độ chịu nén cao, bền vững trong môi trường.
- Dể cơ giới hóa, tự động hóa quá trình sản xuất và thi công.
- Có thể tạo được nhiều loại bêtông có tính chất khác nhau.

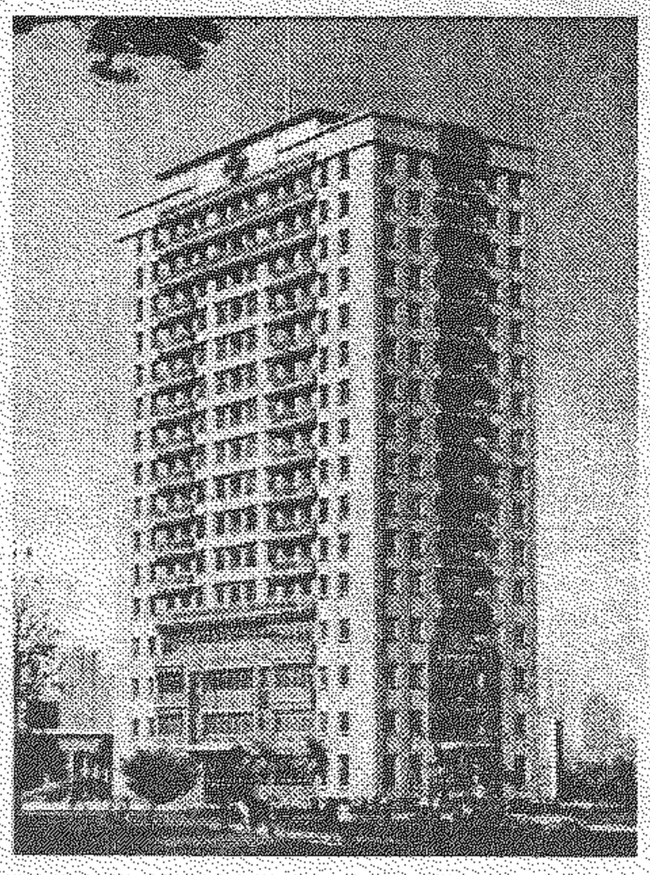
1.3.2 Khuyết điểm

- Trọng lượng bản thân lớn, do đó khó làm được các kết cấu có nhịp lớn. Để khắc phục, dùng bêtông nhẹ, bêtông ứng lực hay các kết cấu vỏ mỏng.
- Cách âm, cách nhiệt kém: để khắc phục nên dùng các kết cấu có lỗ rỗng.

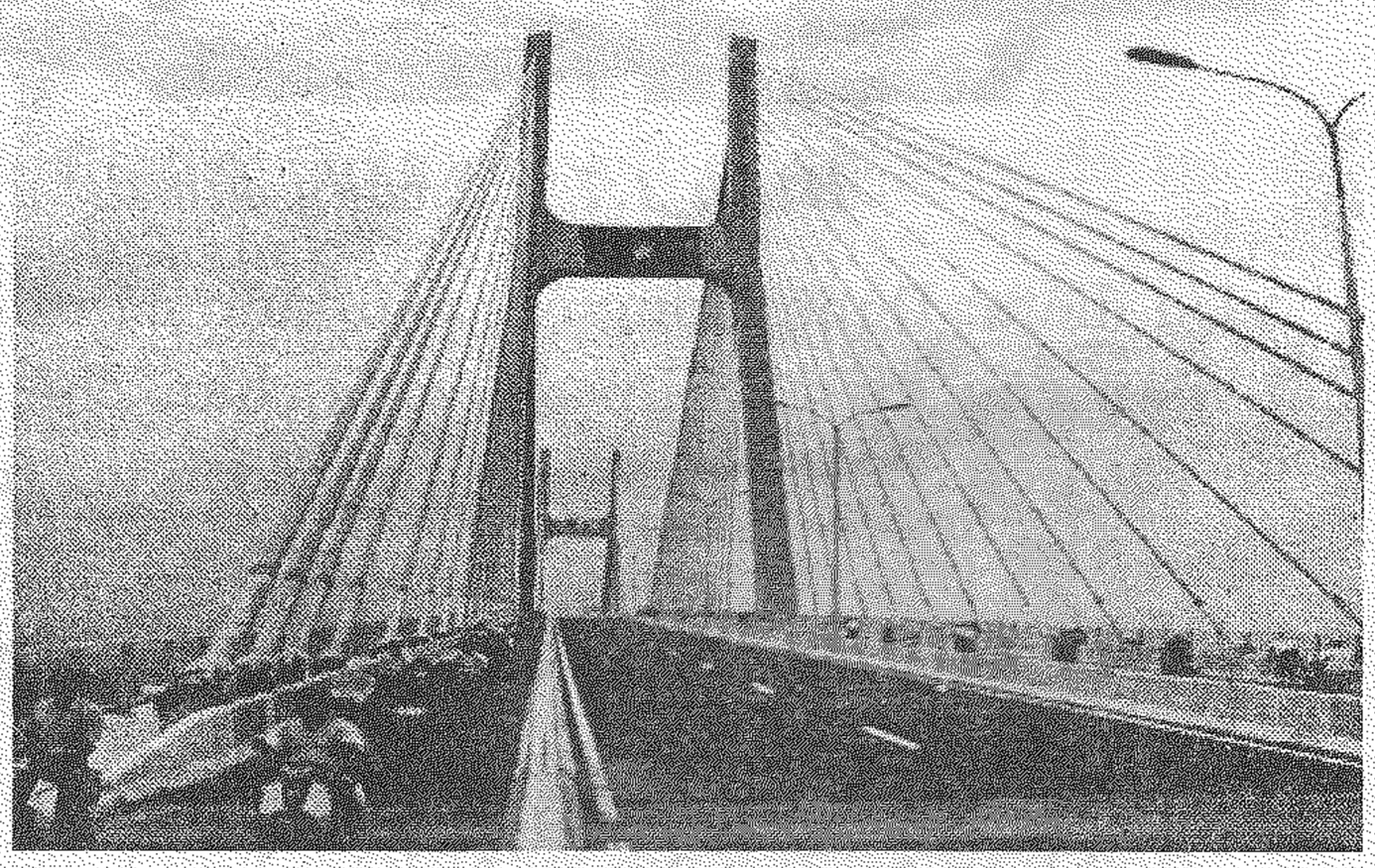
1.4 PHẠM VI ỨNG DỤNG

Bêtông cốt thép sử dụng rất rộng rãi trong tất cả các ngành xây dựng:

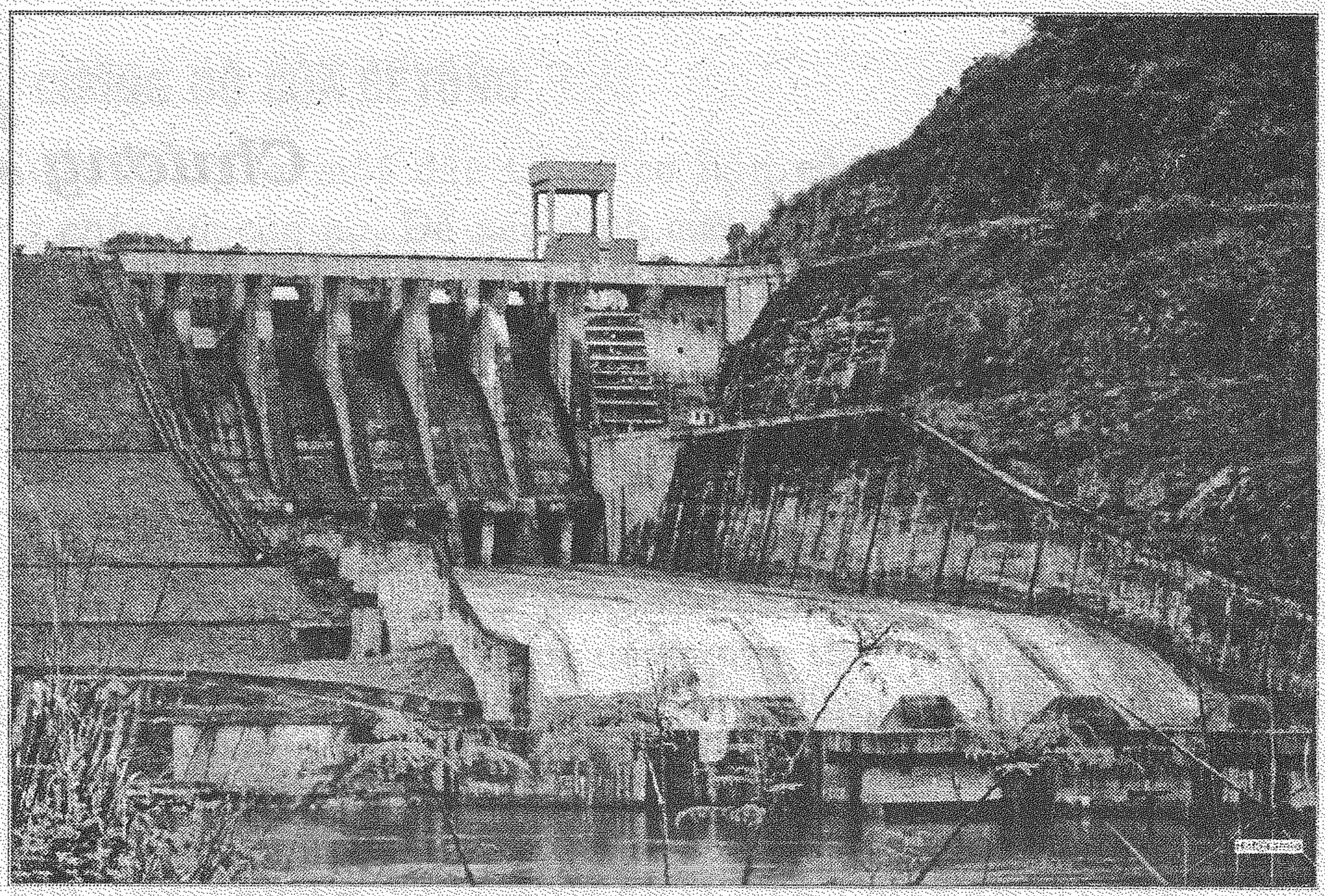
- Xây dựng dân dụng - công nghiệp.
- Xây dựng giao thông - thủy lợi.
- Xây dựng quốc phòng.



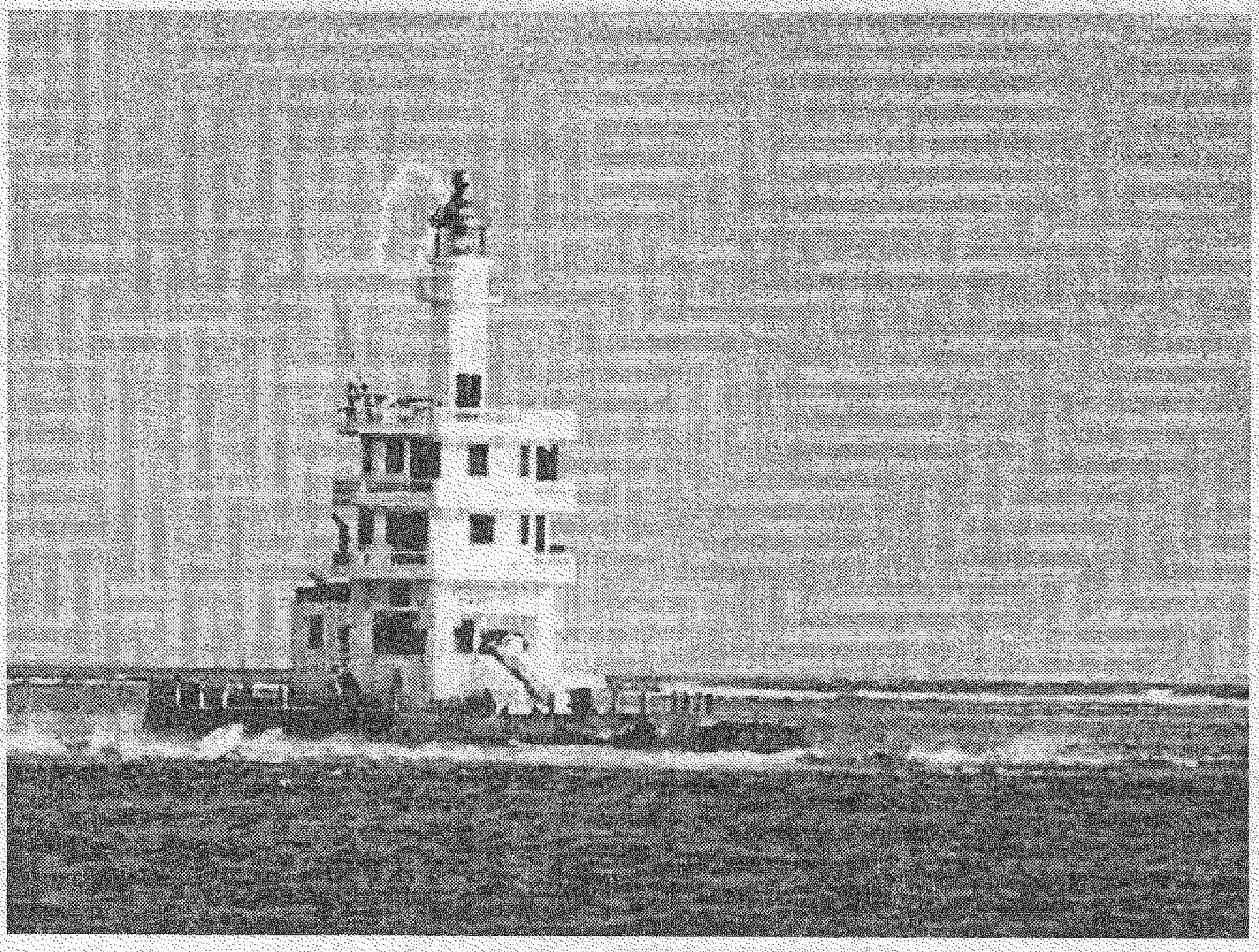
Công trình dân dụng



Cầu



Đập thủy điện



Đảo đá lớn Trường sa

Hình 1.8 *Các công trình bêtông cốt thép*

Chương 2

TÍNH CHẤT CƠ LÝ CỦA VẬT LIỆU

A- BÊTÔNG

Bêtông là một loại đá nhân tạo được chế tạo từ các vật liệu rời và **chất kết** dính.

BÊTÔNG = ĐÁ CÁT+ XIMĂNG + NƯỚC + CHẤT PHỤ GIA

Chất phụ gia để cải thiện một số tính chất của bêtông trong lúc **thi công cũng như** trong quá trình sử dụng. Phụ gia có nhiều loại: có **loại để nâng** cao cường độ bêtông, có loại để tăng nhanh hoặc kéo **dài thời gian động** kết của xi măng, có loại để nâng cao độ dẻo của **bêtông, có loại để** tăng khả năng chống thấm...

Quá trình khô cứng của bêtông là do phản ứng thủy hóa giữa **các thành phần** của xi măng và nước, phản ứng này tỏa ra lượng **nhiệt lớn. Quá** trình này làm cho bêtông trở thành vật liệu vừa có **tính đàn hồi vừa** có tính dẻo.

2.1 TÍNH CHẤT CƠ LÝ CỦA BÊTÔNG

Gồm tính cơ học và tính vật lý.

Tính năng cơ lý của bêtông phụ thuộc vào: chất lượng bêtông, **các đặc trưng của vật** liệu, cấp phối của vật liệu, tỷ lệ nước/xi măng, **cách thi công.**

Tính cơ học: **cường độ**, biến dạng.

Tính vật lý: **co ngót**, từ biến, khả năng chống thấm, chống mòn của b

2.2 CƯỜNG ĐỘ CỦA BÊTÔNG

Cường độ là một đặc trưng cơ bản của bêtông, phản ảnh khả năng chịu lực của nó. Để xác định cường độ của bêtông thường dùng thí nghiệm mẫu.

2.2.1 Thí nghiệm xác định cường độ chịu nén mẫu bêtông

Theo TCXDVN- 356 2005: Mẫu thí nghiệm có dạng khối vuông cạnh a = 150 mm. Mẫu được chế tạo và bảo dưỡng trong điều kiện bình thường, có tuổi 28 ngày.

Khi chịu nén, ngoài biến dạng dọc theo phương lực tác dụng, bêtông còn bị nở ngang .Thông thường, chính sự nở ngang quá mức sẽ làm cho mẫu thử bị phá hoại, nếu hạn chế được sự nở ngang này sẽ làm tăng khả năng chịu nén của bêtông .

Khi thí nghiệm nén mẫu cần bôi trơn mặt tiếp xúc giữa mẫu và bàn nén nhằm làm giảm lực ma sát để mẫu có biến dạng ngang một cách tự do, đồng thời tốc độ gia tải một cách hợp lý. Thí nghiệm bằng máy nén.

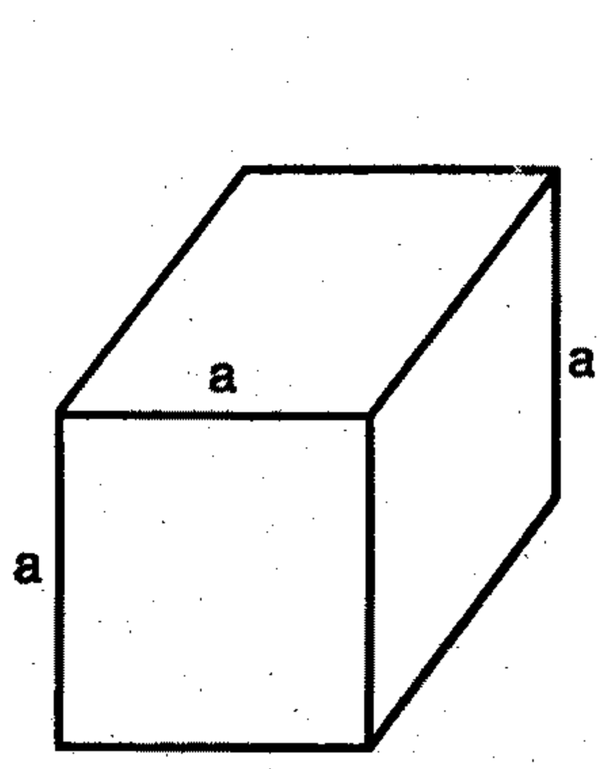
Cường độ chịu nén khối vuông

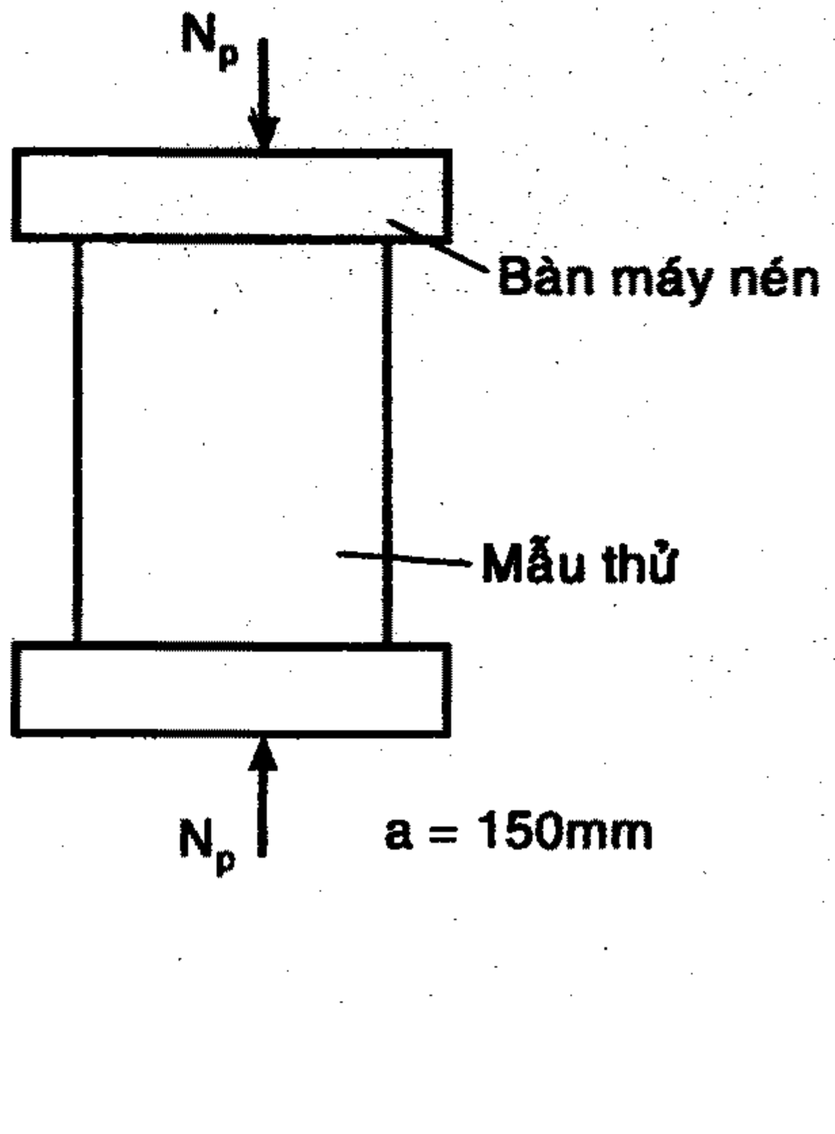
Gọi: N_p - lực làm mẫu bị phá hoại.

A - diện tích tiết diện ngang của mẫu.

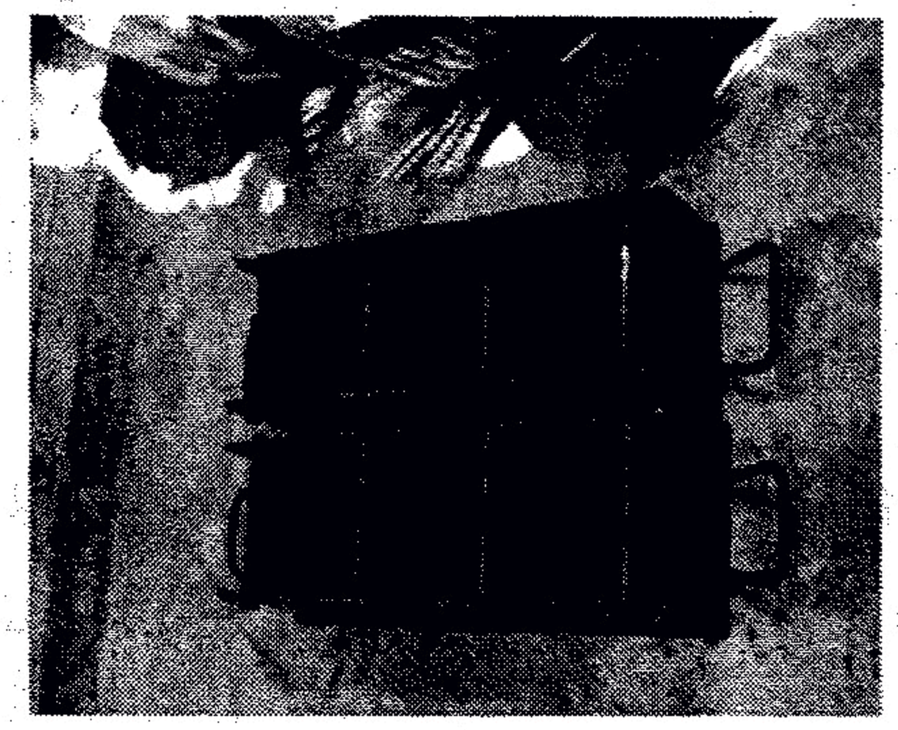
R - cường độ chịu nén của mẫu.

$$R = K\frac{N_p}{A} \text{ (MPa)} \quad (K = 1) \tag{2.1}$$



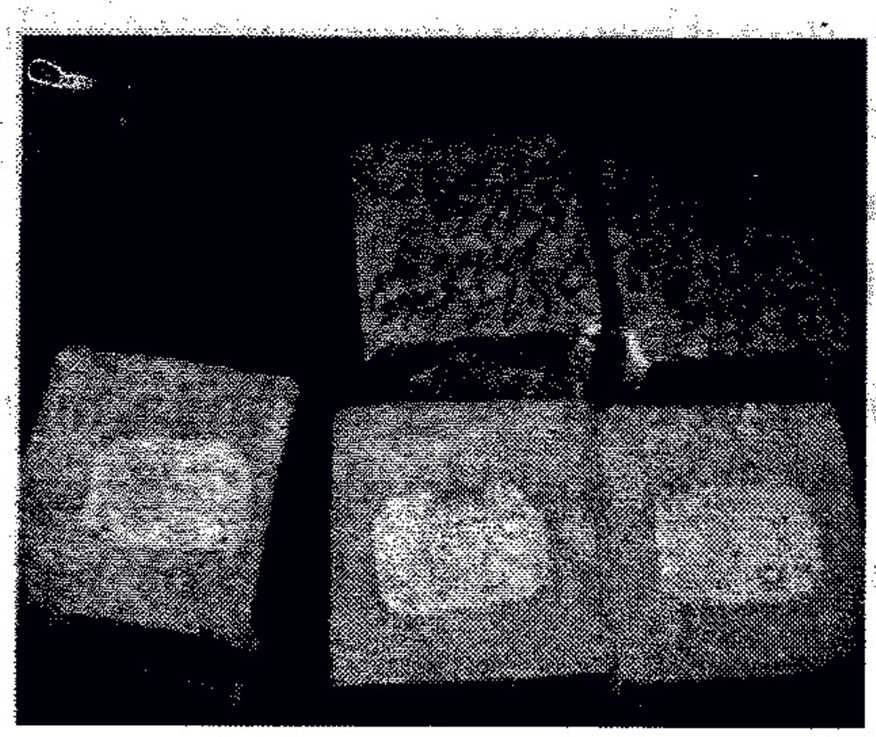


Share-connect.blogspot.com



Khuôn mẫu

Lấy mẫu



Ký hiệu mẫu

Mẫu bị phá hoại

Máy nén

Hình 2.1 *Mẫu thí nghiệm chịu nén*

Trong thực tế, khi thử các mẫu có kích thước khác, trường hợp này để chuyển cường độ chịu nén của mẫu thử đó về cường độ chịu nén của mẫu thử chuẩn có kích thước (150×150×150) ta dùng hệ số chuyển đổi như sau:

***Bảng 2.1** Hệ số chuyển đổi K*

Hình dáng và kích thước mẫu (mm)		Hệ số chuyển đổi K
Mẫu lập phương	100×100×100	0,91
	150×150×150	1
	200×200×200	1,05
	300×300×300	1,1
Mẫu lăng trụ	100×200	.1,16
	150×300	1,20
	200×400	1,24

Khi thử các mẫu trụ khoan cắt từ các cấu kiện sản phẩm mà tỷ số giữa chiều cao (H) và đường kính (D) nhỏ hơn 2, thì kết quả vẫn tính như công thức trên và được nhân thêm kệ số K_1 lấy theo bảng 2.2:

***Bảng 2.2** Hệ số chuyển đổi K_1*

H/D	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0
K1	0,99	0,98	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89

2.2.2 Thí nghiệm xác định cường độ chịu kéo

Mẫu chịu kéo có tiết diện vuông cạnh a, chiều dài 4a:

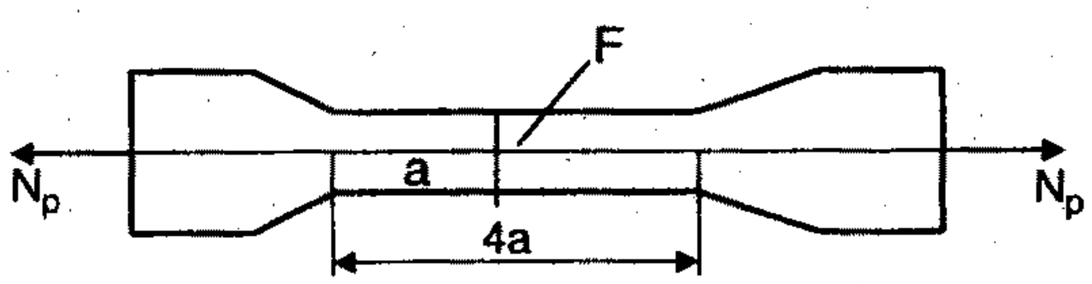
Cường độ chịu kéo của bêtông xác định theo:

Gọi: N_p - lực làm mẫu bị phá hoại.

A - diện tích tiết diện ngang của mẫu.

R_t - cường độ chịu kéo của mẫu.

$$R_t = \frac{N_p}{A} \quad \text{(MPa)} \qquad (2.2)$$



***Hình 2.2** Mẫu thí nghiệm chịu kéo*

2.2.3 Giá trị trung bình của bêtông

Khi thí nghiệm có số lượng mẫu $n < 15$ của cùng một loại bêtông thu được các giá trị cường độ của các mẫu thử lần lượt là R_1, R_2, ..., R_n. Giá trị trung bình cường độ của các mẫu thử ký hiệu là R_m còn gọi là cường độ trung bình tính theo:

$$R_m = \frac{\sum R_i}{n} \tag{2.3}$$

Khi thí nghiệm có số lượng mẫu $n \geq 15$ của cùng một loại bêtông thu được các giá trị cường độ của các mẫu thử lần lượt là R_1, R_2, ..., R_n. Giá trị trung bình cường độ của các mẫu thử ký hiệu là R_m còn gọi là cường độ trung bình tính theo:

$$R_m = \frac{n_1 R_1 + n_2 R_2 + \ldots + n_n R_n}{n_1 + n_2 + \ldots + n_n} \tag{2.4}$$

trong đó: n_1, n_2, ..., n_n: số lượng mẫu thử có cường độ tương ứng là R_1, R_2, ..., R_n

2.2.4 Giá trị đặc trưng

Giá trị đặc trưng của cường độ (giá trị đặc trưng) R_{ch} xác định theo:

$$R_{ch} = R_m(1 - 1,64\upsilon) \tag{2.5}$$

trong đó: υ - hệ số biến động: dùng để đánh giá mức độ đồng chất của bêtông, phụ thuộc vào trình độ sản xuất bêtông. Khi υ càng bé thì bêtông có độ đồng chất của bêtông càng cao và ngược lại .

$\upsilon = 0,135$ ứng với trường hợp khi nén

$\upsilon = 0,165$ ứng với trường hợp khi kéo

2.3 CẤP ĐỘ BỀN VÀ MÁC BÊTÔNG

Để biểu thị chất lượng bêtông người ta dùng khái niệm mác hoặc cấp độ bền.

Công thức xác định cấp độ bền chịu nén (chịu kéo) của bêtông theo TCXDVN 356 -2005:

$$B = R_m(1 - 1,64\upsilon) \tag{2.6}$$

Theo TCVN 5574 - 1991: Mác bêtông kí hiệu bằng chữ M lấy bằng cường độ trung bình của mẫu thử chuẩn, kích thước (150×150×150), tính theo đơn vị kG/cm^2. Gồm các mác sau: M75; M100; M150; M200; M250; M300; M350; M400; M450; M500; M600...

Theo tiêu chuẩn TCXDVN 356-2005: phân biệt chất lượng bêtông theo cấp độ bền chịu nén, kí hiệu B. Gồm có các cấp sau: B3,5, B5, B7,5, B10, B12,5, B15, B20, B25, B30, B35, B40, B45, B50, B55, B60...

Tương quan giữa mác M và cấp độ bền B cùng một loại bêtông thể hiện bằng biểu thức sau:

$$B = \alpha(1 - 1,64\upsilon)M = 0,0778M \tag{2.7}$$

trong đó: $\upsilon = 0,135$ - hệ số biến động khi nén

$\alpha = 0,1$

Theo TCVN 5574-1991: Mác theo cường độ chịu kéo ký hiệu bằng chữ K tính theo đơn vị kG/cm^2. Gồm các mác sau: K10; K15; K20; K25; K30; K40...

Theo tiêu chuẩn TCXDVN 356-2005: phân biệt chất lượng bêtông theo cấp độ bền chịu kéo, kí hiệu B_t. Gồm có các cấp sau: $B_t0,5$; $B_t0,8$; $B_t1,2$; $B_t1,6$; $B_t2,0$; $B_t1,2$; $B_t2,4$; $B_t2,8$; $B_t3,2$; $B_t3,6$; $B_t4,0$.

Tương quan giữa mác M và cấp độ bền B cùng một loại bêtông cho trong bảng 2.3.

Bảng 2.3 *Tương quan giữa cấp độ bền chịu nén của bêtông B và mác theo M*

Cấp độ bền chịu nén B	Cường độ trung bình của mẫu thử (Mpa)	Mác cường độ chịu nén M	Cấp độ bền chịu nén B	Cường độ trung bình của mẫu thử (Mpa)	Mác bêtông theo cường độ chịu nén M
B3,5	4,50	M50	B35	44,95	M450
B5	6,42	M75	B40	51,37	M500
B7,5	9,63	M100	B45	57,80	M600
B10	12,84	M150	B50	64,22	M700
B12,5	16,05	M150	B55	70,64	M700
B15	19,27	M200	B60	77,06	M800
B20	25,69	M250	B65	83,48	M900
B22,5	28,90	M300	B70	89,90	M900
B25	32,11	M350	B75	96,33	M1000
B27,5	35,32	M350	B80	102,75	M1000
B30	38,53	M400			

Tương quan giữa mác K và cấp độ bền chịu kéo B_t cùng một loại bêtông cho trong bảng 2.4

Bảng 2.4 *Tương quan giữa cấp độ bền chịu kéo của bêtông B_t và mác theo K*

Cấp độ bền chịu kéo B_t	Cường độ trung bình của mẫu thử (Mpa)	Mác bêtông theo cường độ chịu kéo K
Bt0,4	0,55	-
Bt 0,8	1,10	K10
Bt 1,2	1,65	K15
Bt 1,6	2,19	K20
Bt 2,0	2,74	K25
Bt 2,4	3,29	K30
Bt 2,8	3,84	K35
Bt 3,2	4,39	K40
Bt 3,6	4,94	-
Bt 4,0	5,48	-

Mác theo khả năng chống thấm và theo khối lượng riêng:

Mác khả năng chống thấm ký hiệu W đối với kết cấu có yêu cầu hạn chế thấm, lấy bằng áp suất lớn nhất (atm) mà mẫu chịu được để nước không thấm qua.

Đối với kết cấu có yêu cầu về cách nhiệt cần quy định mác theo khối lượng riêng trung bình D

2.4 CÁC NHÂN TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN CƯỜNG ĐỘ CỦA BÊTÔNG

2.4.1 Thành phần và cách chế tạo bêtông

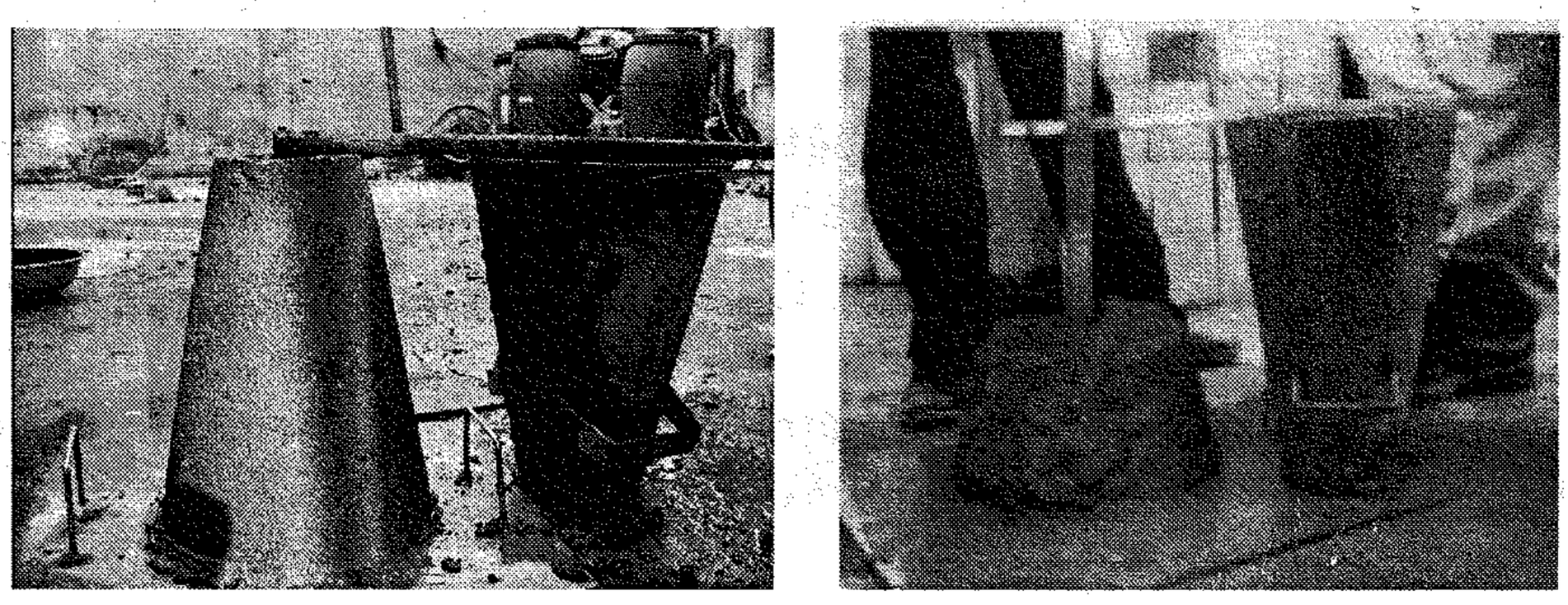
Là nhân tố quyết định cường độ của nó. Phụ thuộc vào:

- Chất lượng và số lượng ximăng.
- Độ cứng, độ sạch và cấp phối của cốt liệu.
- Tỉ lệ nước/xi măng.
- Chất lượng của việc nhào trộn bêtông, độ đầm chắc của bêtông và điều kiện bảo dưỡng.

Cấp phối của cốt liệu là thành phần của từng loại vật liệu (cát, đá, xi măng, nước, chất phụ gia (nếu có) để chế tạo ra $1m^3$ bêtông, cấp phối quyết định chất lượng, cường độ bêtông lấy theo định mức.

Cường độ bêtông phụ phuộc nhiều vào tỷ lệ nước trên xi măng, tỷ lệ này phụ thuộc vào phương pháp thi công. Tỷ lệ nước / xi măng được đánh giá qua độ sụt của bêtông: bêtông có độ sụt càng lớn thì bêtông càng dẻo, tùy theo phương pháp thi công mà chọn độ sụt thích hợp: Độ dẻo của bêtông được đánh giá bằng độ sụt của bêtông dưới tải trọng bản thân, thông thường độ sụt trong khoảng từ 8 đến 12cm.

Phương pháp đo độ sụt bêtông bằng phễu hình nón cụt



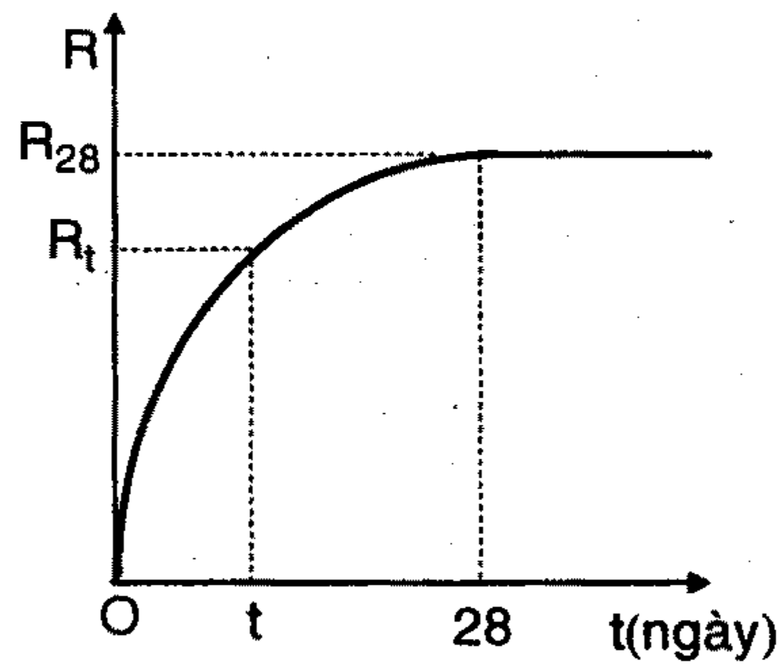
Hình 2.3 *Đo đột sụt của bêtông*

***Bảng 2.5** Độ sụt của bệtông*

Phương pháp thi công	
Cơ giới	Thủ công
- Bêtông có hàm lượng cốt thép trung bình: 6-8 - Bêtông có hàm lượng cốt thép cao: 8-10 - Bêtông đổ trong nước: 12-18	10-12 12-15

2.4.2 Cường độ của bêtông theo thời gian

Tuổi của bêtông là thời gian từ lúc chế tạo bêtông đến thời điểm đang xét. Tuổi của bêtông được tính theo ngày. Theo công thức thực nghiệm của B.G Xkrantaep:



***Hình 2.4** Cường độ của bêtông theo thời gian*

$$R = 0{,}7\, R_{28}\, lgt \qquad (2.8)$$

Nhận xét.

- Khi t còn nhỏ cường độ bêtông tăng rất nhanh, nhưng sau đó tăng chậm dần và tiệm cận tại một giá trị nhất định.
- Khi t > 28 thì cường độ có tăng nhưng tăng không đáng kể.

Vì thế có thể xem R_{28} là cường độ của bêtông (xem như bêtông đạt cường độ 100% lúc t = 28 ngày).

2.5 CƯỜNG ĐỘ CỦA BÊTÔNG

2.5.1 Cường độ tiêu chuẩn của bêtông

2.5.1.1 Cường độ chịu nén tiêu chuẩn của bêtông R_{bn}

$$R_{bn} = \gamma_{kc} R_{ch} \tag{2.9}$$

trong đó: $\gamma_{kc} = 0,7 \div 0,8$ phụ thuộc vào R_{ch}

2.5.1.2 Cường độ chịu kéo tiêu chuẩn của bêtông R_{btn}

$$R_{btn} = \gamma_{kc} R_{ch} \tag{2.10}$$

trong đó: $\gamma_{kc} = 0,7 \div 0,8$ phụ thuộc vào R_{ch}

Tương quan giữa cường độ chịu nén tiêu chuẩn của bêtông và cấp độ bền chịu nén của bêtông B được xác định theo:

- Đối với bêtông nặng:

$$\frac{R_{bn}}{B} = (0,77 - 0,001B) \geq 0,72 \tag{2.11}$$

- Đối với bêtông tổ ong:

$$\frac{R_{bn}}{B} = (0,95 - 0,005B) \tag{2.12}$$

Cường độ chịu nén (kéo) tiêu chuẩn của bêtông R_{bn}, R_{btn} phụ thuộc vào cấp độ bền xóa của bêtông tính theo được (2.9), (2.10) làm tròn cho trong phụ lục 2

2.5.2 Cường độ tính toán của bêtông

2.5.2.1 Cường độ chịu nén tính toán của bêtông R_b

Khi tính toán theo trạng thái giới hạn thứ 1 (TTGH 1):

$$R_b = \frac{R_{bn}}{\gamma_{bc}} \gamma_{bi} \quad \text{(MPa)} \tag{2.13}$$

Khi tính toán theo trạng thái giới hạn thứ 2 (TTGH 2):

$$R_{b.ser} = \frac{R_{bn}}{\gamma_{bc}} \qquad \text{(MPa)} \tag{2.14}$$

trong đó:

γ_{bc} - hệ số tin cậy khi nén của bêtông lấy theo bảng 2.6

γ_{bi} - hệ số làm việc của bêtông (nhằm kể đến tính chất đặc thù của bêtông, tính dài hạn của tác động, tính lặp lại của tải trọng, điều kiện và giai đoạn làm việc của kết cấu, phương pháp sản xuất, kích thước tiết diện...) lấy theo bảng 2.7.

Giá trị R_{bn}, $R_{b.ser}$: cho trong phụ lục 2

Giá trị R_b và R_{bt} chưa kể đến hệ số điều kiện làm việc γ_{bi} cho trong phụ lục 4

2.5.2.2 Cường độ chịu kéo tính toán của bêtông R_{bt}

Khi tính toán theo trạng thái giới hạn thứ 1 (TTGH 1):

$$R_{bt} = \frac{R_{btn}}{\gamma_{bt}} \gamma_{bi} \qquad \text{(MPa)} \tag{2.15}$$

Khi tính toán theo trạng thái giới hạn thứ 2 (TTGH 2):

$$R_{bt.ser} = \frac{R_{btn}}{\gamma_{bt}} \qquad \text{(MPa)} \tag{2.16}$$

trong đó:

γ_{bt} - hệ số tin cậy khi kéo của bêtông lấy theo bảng 2.6

γ_{bi} - hệ số làm việc của bêtông (nhằm kể đến tính chất đặc thù của bêtông, tính dài hạn của tác động, tính lặp lại của tải trọng, điều kiện và giai đoạn làm việc của kết cấu, phương pháp sản xuất, kích thước tiết diện...) lấy theo bảng 2.7.

Giá trị R_{bt}, $R_{bt.ser}$ chưa kể đến hệ số điều kiện làm việc γ_{bi} gọi là cường độ tính toán gốc cho trong phụ lục 4.

Bảng 2.6 *Hệ số tin cậy của một số loại bêtông khi nén γ_{bc} và khi kéo γ_{bt}*

Loại bêtông	Giá trị γ_{bc} và γ_{bt} khi tính toán kết cấu theo trạng thái giới hạn			
	Thứ 1			Thứ 2
	γ_{bc}	γ_{bt} ứng với cấp độ bền của bêtông		γ_{bc}, γ_{bt}
		Khi nén	Khi kéo	
Bêtông nặng, bêtông hạt nhỏ, bêtông tự ứng suất, bêtông nhẹ, bêtông rỗng	1,3	1,5	1,3	1,0
Bêtông tổ ông	1,5	2,3		1,0

Bảng 2.7 *Hệ số điều kiện làm việc của bêtông γ_{bi}*

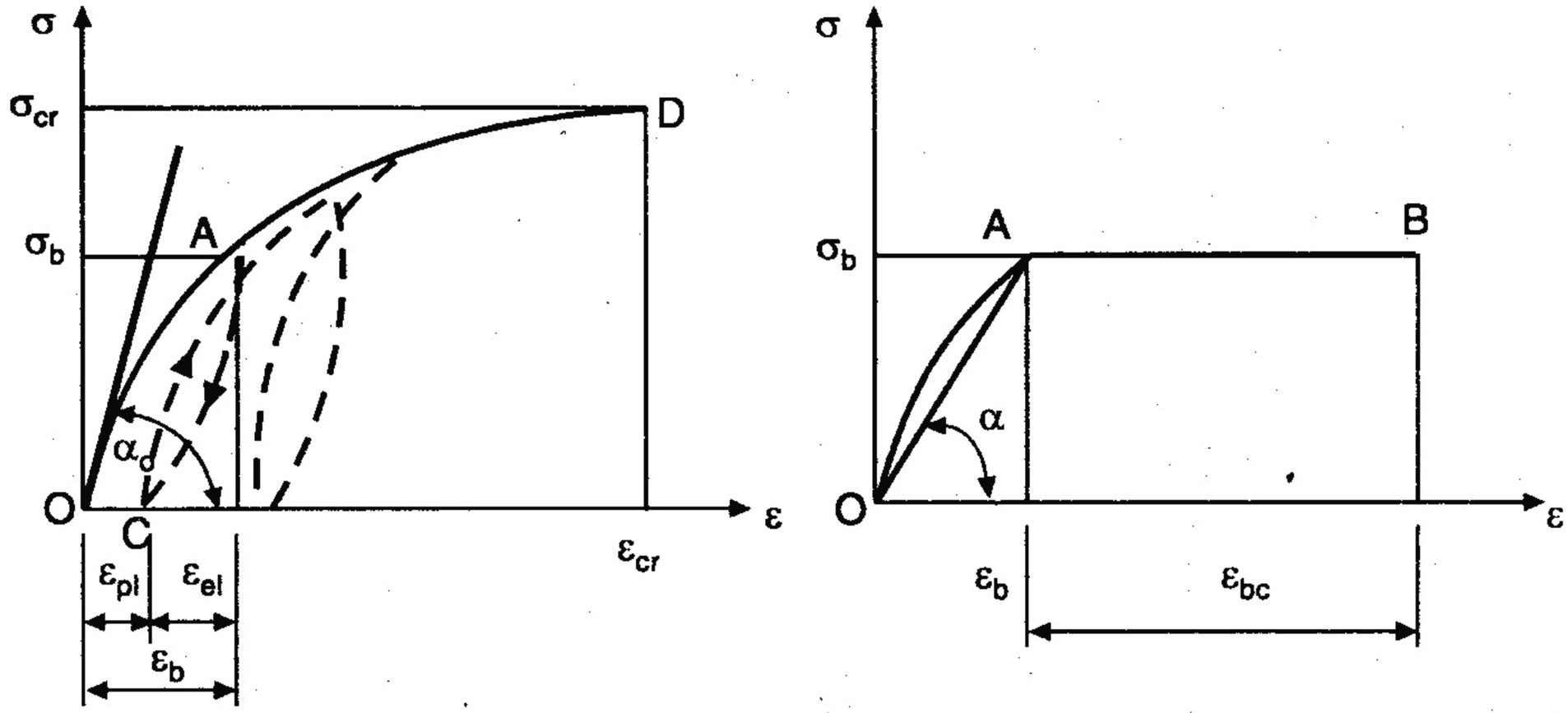
Các yếu tố cần kể đến hệ số điều kiện làm việc của bêtông	γ_{bt}	
	Ký hiệu	**Giá trị**
2- Tính chất dài hạn của tải trọng:	γ_{b2}	
a- Khi kể đến tải trọng thường xuyên, tải trọng tạm thời dài hạn và tạm thời ngắn hạn:		
- Đối với bêtông: nặng, hạt nhỏ, nhe, đóng rắn tự nhiên và bêtông được dưỡng hộ nhiệt trong điều kiện môi trường:		
+ Đảm bảo cho bêtông được tiếp tục tăng cường độ theo thời gian (môi trường nước, đất ẩm hoặc không khí có độ ẩm trên 75%)		1,00
+ Không đảm bảo cho bêtông được tiếp tục tăng theo thời gian		0,90
- Đối với bêtông tổ ong, rỗng không phụ thuộc vào điều kiện sử dụng		0,85
b- Khi kể đến tải trọng tạm thời ngắn hạn (tác dụng ngắn hạn) trong tổ hợp đang xét.		1,10
3- Đổ bêtông theo phương đứng mỗi lớp dày trên 1,5m:	γ_{b3}	
- Đối với bêtông: nặng, hạt nhỏ, nhẹ		0,85
- Đối với bêtông: tổ ong, rỗng		0,80
4- Đổ bêtông theo phương đứng, kích thước lớn nhất của tiết diện cột nhỏ hơn 300mm	γ_{b5}	0,85

Share-connect.blogspot.com

2.6 BIẾN DẠNG CỦA BÊTÔNG

Bêtông bị biến dạng do tác dụng của tải trọng, của nhiệt, co ngót.

2.6.1 Biến dạng do tải trọng



Hình 2.5 *Biểu đồ quan hệ ứng suất - biến dạng của bêtông*

2.6.1.1 Biến dạng do tải trọng ngắn hạn

Làm thí nghiệm nén mẫu bêtông có chiều dài l, diện tích tiết diện ngang A, tác dụng lực nén P, đo được độ co ngắn Δ: Biến dạng tỷ đối $\varepsilon_b = \frac{\Delta}{l}$, ứng suất $\sigma_b = \frac{P}{A}$. Tiếp tục thay đổi P ,đo và lập quan hệ giữa ứng suất và biến dạng người ta thu được đường cong như (H.2.5a). Điểm D ứng với lúc mẫu bị phá hoại, lúc đó có cường độ chịu nén $\sigma_b = \sigma_{cr}$ và biến dạng cực hạn ε_{cr}.

Khi gia tải đến A($\sigma_{b.}, \varepsilon_b$) rồi giảm tải, đường cong giảm tải không trở về gốc O(0,0). Biến dạng của bêtông không phục hồi hoàn toàn ($\varepsilon_b \neq 0$). Điều này chứng tỏ bêtông không phải là vật liệu hoàn toàn đàn hồi, nó là vật liệu đàn hồi - dẻo. Phần biến dạng phục hồi được gọi là biến dạng đàn hồi ε_{el}, phần biến dạng không phục hồi được gọi là biến dạng dẻo ε_{pl}.

$$\varepsilon_b = \varepsilon_{pl} + \varepsilon_{el} \tag{2.17}$$

Đặt $$\nu = \frac{\varepsilon_{el}}{\varepsilon_{pl}} \tag{2.19}$$

ν- hệ số đàn hồi.

trong đó: $$\varepsilon_{el} = \frac{\Delta_1}{l} \tag{2.20}$$

$$\varepsilon_{pl} = \frac{\Delta_2}{l} \tag{2.21}$$

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2$$

Δ_1 - đoạn phục hồi được

Δ_2 - đoạn không phục hồi được

l - chiều dài của mẫu thí nghiệm

Khi ứng suất còn bé, biến dạng chủ yếu là đàn hồi, hệ số đàn hồi gần bằng 1, khi ứng suất lớn biến dạng dẻo tăng lên, hệ số đàn hồi giảm dần. Ở giai đoạn phá hoại, biến dạng dẻo chiếm phần lớn.

2.6.1.2 Biến dạng do tải trọng dài hạn - từ biến ε_{bc}

Nén thí nghiệm mẫu đến điểm A(σ_b,ε_b), rồi giữ nguyên tải trong thời gian dài, người ta thấy biến dạng tiếp tục tăng lên (điểm B). Hình 2.5b Phần biến dạng tăng thêm do ứng suất không tăng (hằng số) gọi là biến dạng từ biến ε_{bc}

Các nhân tố ảnh hưởng đến biến dạng từ biến:

- Khi ứng suất tăng thì biến dạng từ biến tăng.
- Tỉ lệ nước/ximăng tăng thì biến dạng từ biến tăng.
- Độ cứng cốt liệu bé thì biến dạng tăng.
- Tuổi bêtông càng cao thì biến dạng giảm.
- Độ ẩm của môi trường giảm thì biến dạng giảm.

2.6.1.3 Biến dạng do tải trọng lặp

Nếu tải trọng được đặt vào rồi dở ra nhiều lần (H.2.5a), thì biến dạng dẻo sẽ được tích lũy dần dần, cứ sau một chu kỳ đặt tải và dở tải thì biến dạng dẻo tiếp tục tăng thêm và mẫu bị phá hoại khi ứng suất của bêtông đạt đến cường độ mỏi.

2.6.2 Biến dạng do co ngót

Co ngót là hiện tượng bêtông giảm thể tích khi khô cứng trong không khí. Hiện tượng co ngót xảy ra liên quan đến sự biến đổi lý hóa của quá trình thủy hóa ximăng, đến sự tổn hao lượng nước do bay hơi.

Co ngót là hiện tượng bất lợi, khi co ngót bị cản trở hoặc co ngót không đều, có thể làm xuất hiện các vết nứt, các vết nứt này xuất hiện trên bề mặt của cấu kiện có dạng chân chim, vì thế cần hạn chế độ co ngót của bêtông.

Các nhân tố chính ảnh hưởng đến co ngót:

- Cấu kiện có bề mặt càng lớn thì co ngót càng nhiều.
- Môi trường khô co ngót lớn hơn môi trường ẩm.
- Độ co ngót tăng lên khi dùng nhiều xi măng, dùng xi măng có hoạt tính cao, khi tăng tỉ lệ nước/xi măng, dùng cốt liệu có độ rỗng, cát mịn, chất phụ gia...

Để hạn chế co ngót: phải chọn thành phần bêtông thích hợp, đầm chặt bêtông, giảm tỉ lệ nước/ximăng, giữ bêtông thường xuyên ẩm trong thời gian đầu hoặc làm các khe co giãn, đặt cốt thép cấu tạo tại những nơi cần thiết v.v...

2.6.3 Biến dạng nhiệt

Đây là loại biến dạng thể tích khi nhiệt độ thay đổi. Để hạn biến dạng nhiệt nên bố trí các khe co giãn, khe nhiệt độ.

2.7 MÔĐUN ĐÀN HỒI

• Khi chịu nén môđun đàn hồi ban đầu E_b của bêtông được định nghĩa từ biểu thức:

$$E_b = \frac{\sigma_b}{\varepsilon_{cl}} = tg\alpha_o \qquad (2.22)$$

góc α_o - xem hình 2.5a

Môđun đàn hồi - dẻo hay môđun biến dạng E'_b của bêtông được định nghĩa từ biểu thức:

$$E'_b = \frac{\sigma_b}{\varepsilon_b} = tg\alpha \qquad (2.23)$$

góc α xem hình 2.5b

Với $\varepsilon_{el} = \nu\varepsilon_b$

Ta có quan hệ giữa E_b và E'_b như sau:

$$E'_b = \nu E_b \qquad (2.24)$$

• Khi chịu kéo môđun đàn hồi ban đầu của bêtông cũng giống như khi chịu nén. Còn môđun biến dạng khi kéo có giá trị như sau:

$$E'_{bt} = \nu_t E_b \qquad (2.25)$$

trong đó: $\nu_t = 0,5$ - **là hệ số đàn hồi khi kéo.**

Môđun đàn hồi ban đầu của bêtông phụ thuộc vào mác bêtông và tra ở bảng phụ lục 4.

• Môđun chống cắt của bêtông được tính với hệ số Poatxông $\mu = 0,2$

$$G_b = 0,4E_b \qquad (2.26)$$

B- CỐT THÉP

Cốt thép là thành phần rất quan trọng của vật liệu BTCT. Tính chất cơ học của thép phụ thuộc vào thành phần hóa học và công nghệ chế tạo chúng (phần này sẽ bàn kỹ trong môn kết cấu thép).

Cốt thép dùng trong kết cấu BTCT khi biết rõ các chỉ tiêu kỹ thuật sau:

- Thành phần hóa học và phương pháp sản xuất.
- Các chỉ tiêu về cường độ: giới hạn chảy, giới hạn bền và hệ số biến động của giới hạn đó; mođun đàn hồi; độ dẻo; khả năng hàn được...

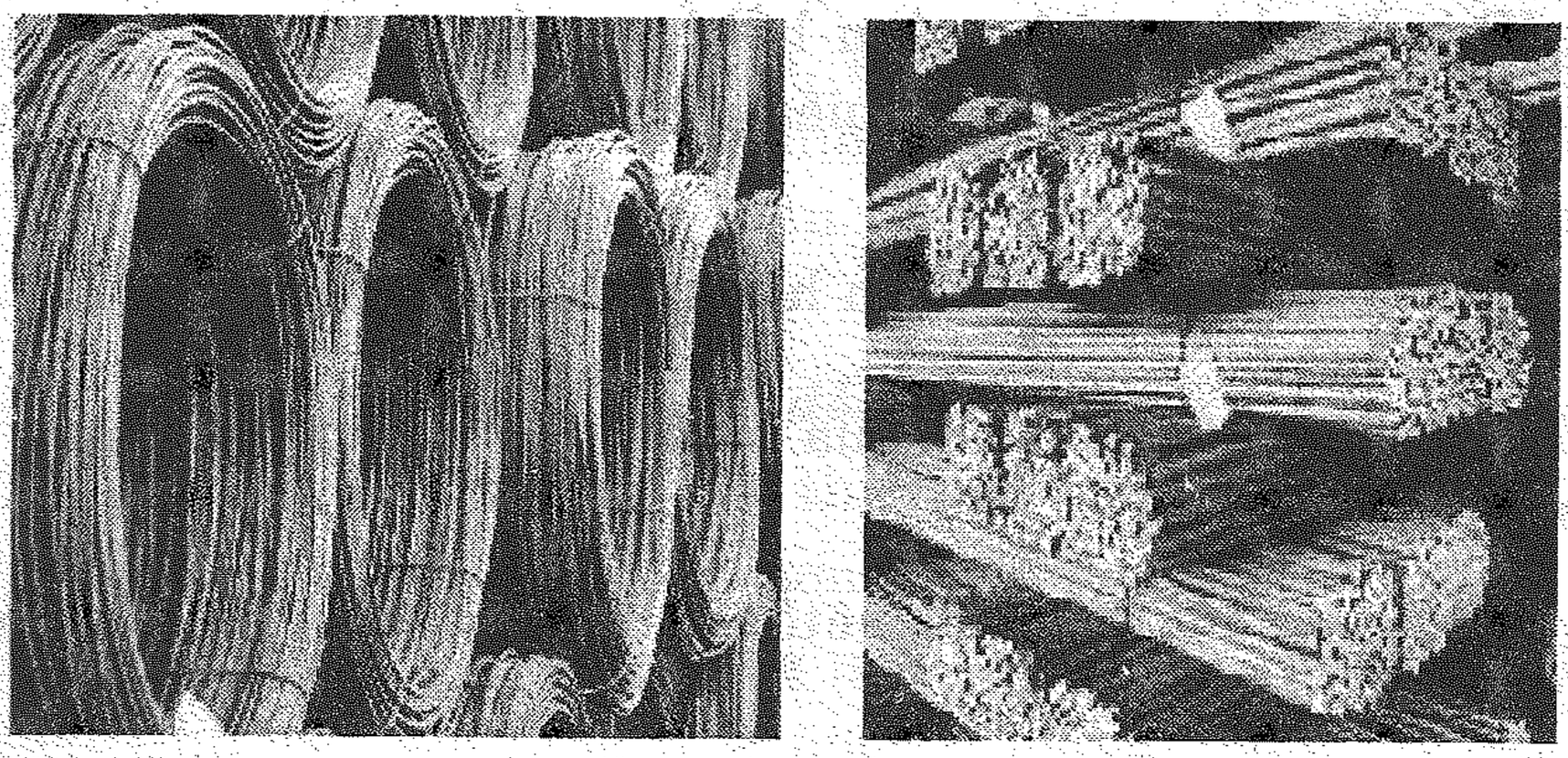
Cốt thép dùng cho kết cấu bêtông cốt thép phải đảm bảo yêu cầu kỹ thuật theo tiêu chuẩn hiện hành. Theo TCVN 1651-1985 có các loại cốt thép trò trơn CI và cốt thép gân CII, CIII, CIV. Theo TCVN 3100-1979 có các loại thép sợi dùng cho bêtông dự ứng lực.

Ngoài ra còn các loại thép nhập từ Nga gồm:

- Cốt thép loại thanh: thép tròn trơn A-I, cốt thép gân: A-II , A-III , A-IV , A-V
- Cốt thép sợi : Bp –I ; B-II , Bp-ii ...

Đường kính cốt thép gồm: 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 36, 40.

Về hình dáng có: cốt thép trơn dạng cuộn, cốt thép gân (gờ) dạng cây, chiều dài mỗi cây 11,7m.



Thép cuộn Thép cây

Hình 2.6

2.8 BIỂU ĐỒ ỨNG SUẤT - BIẾN DẠNG

Về ứng suất, người ta qui định ba giới hạn:

2.8.1 Giới hạn bền σ_{max} lấy bằng giá trị ứng suất lớn nhất của thép chịu được trước khi bị kéo đứt.

2.8.2 Giới hạn đàn hồi σ_{el} lấy bằng ứng suất ở cuối giai đoạn đàn hồi.

2.8.3 Giới hạn chảy σ_y lấy bằng ứng suất ở đầu giai đoạn chảy.

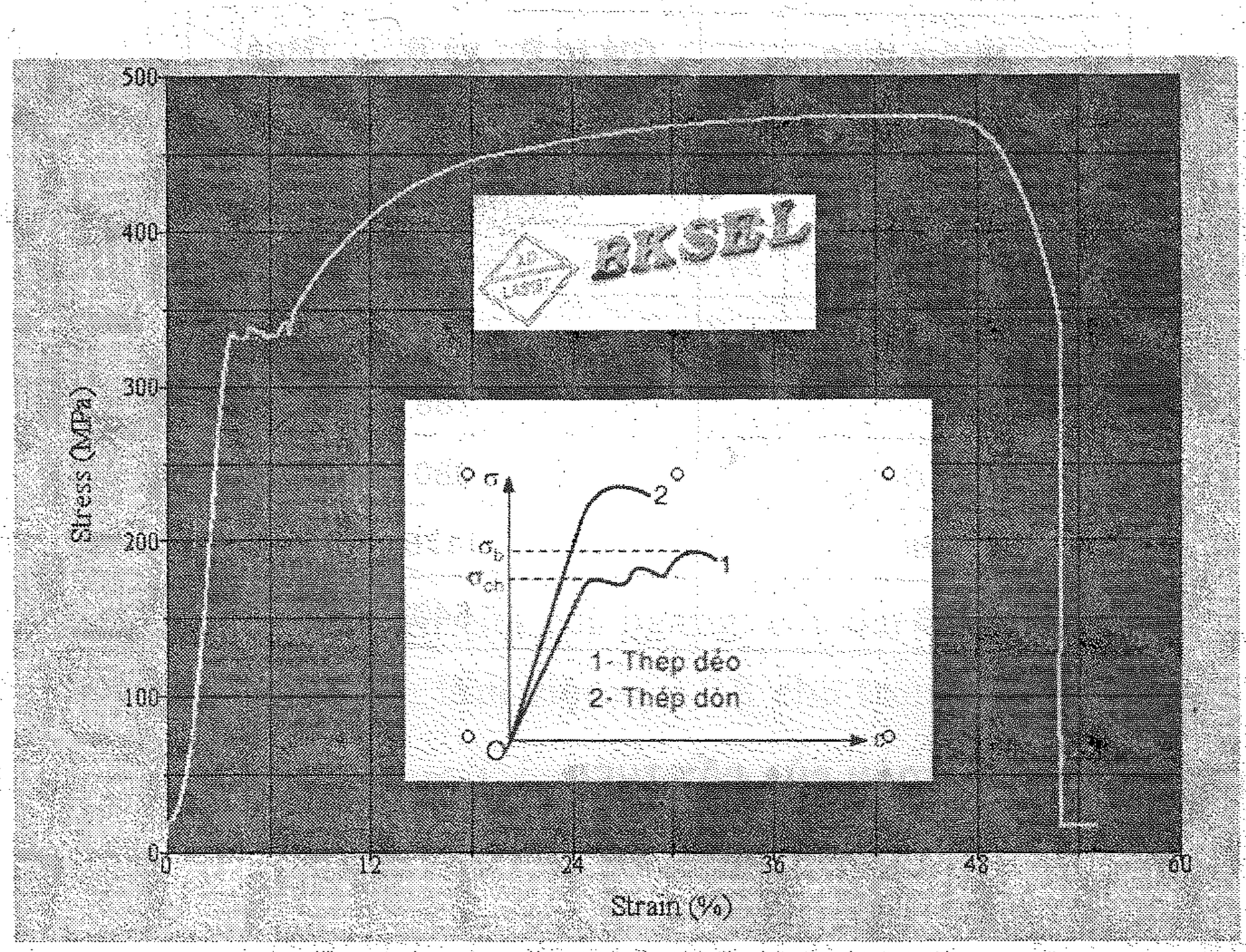
Dựa vào biểu đồ ứng suất - biến dạng có thể phân cốt thép làm hai loại:

1- Cốt thép dẻo

Có thềm chảy rõ ràng hoặc một vùng biến dạng dẻo khá rộng.

2- Cốt thép dòn

Có giới hạn chảy không rõ ràng và gần giới hạn bền. Đây thường là các sợi thép cường độ cao.



Hình 2.7 *Biểu đồ quan hệ giữa ứng suất biến dạng của cốt thép*

2.9 CƯỜNG ĐỘ TIÊU CHUẨN CỦA CỐT THÉP

Cường độ tiêu chuẩn của cốt thép R_{sn} là giá trị nhỏ nhất được kiểm soát của giới hạn chảy thực tế hoặc quy ước (bằng ứng suất với biến dạng dẻo là 0,2%).

$$R_{sn} = \sigma_y^m (1 - 1,64v) \qquad (2.27)$$

trong đó: $\upsilon = 0,05 \div 0,08$ - hệ số biến động.

Cường độ tiêu chuẩn R_{sn} của một số loại cốt thép thanh cho trong bảng 2.8

***Bảng 2.8** Cường độ chịu kéo tiêu chuẩn R_{sn} và cường độ chịu kéo tính toán của cốt thép thanh khi tính theo trạng thái giới hạn thứ 2 $R_{s.ser}$*

Nhóm thép	Giá trị R_{sn} và $R_{s.ser}$ (Mpa)
CI; A-I	235
CII ; A-II	295
CIII ; A-III	390
CIV ; A-IV	590
A-V	788
A-VI	980
AT-VII	1175
A-IIIB	540

2.10 CƯỜNG ĐỘ TÍNH TOÁN CỦA CỐT THÉP

2.8.1 Cường độ chịu kéo tính toán của cốt thép R_s

- Khi tính theo trạng thái giới hạn thứ 1 (TTGH1):

$$R_s = \frac{R_{sn}}{\gamma_s}\gamma_{si} \quad \text{(Mpa)} \tag{2.28}$$

- Khi tính theo trạng thái giới hạn thứ 2 (TTGH2):

$$R_{s.ser} = \frac{R_{sn}}{\gamma_s} \quad \text{(Mpa)} \tag{2.29}$$

trong đó: γ_s - hệ số tin cậy của cốt thep lấy theo bảng 2.9

γ_{si} - hệ số làm việc của cốt thép lấy theo bảng 23 TCXDVN 356- 2005

2.8.1 Cường độ chịu nén tính toán của cốt thép R_{sc}

- Khi tính theo trạng thái giới hạn thứ 1 (TTGH1) và trạng thái giới hạn thứ 2 TTGH 2 lấy theo bảng 2.10 hoặc phụ lục 2.

Bảng 2.9 *Hệ số tin cậy của cốt thép γ_s*

Nhóm thép thanh			Giá trị γ_s khi tính toán kết cấu theo các trang thái giới hạn	
			Thứ 1	Thứ 2
Thép thanh	CI, CII, A-I, A-II		1,05	1,00
	CIII, A-III có đường kính, mm	6,8	1,10	1,00
		10,40	1,07	1,00
	CIV , A-IV , A-V		1,15	1,00
	A-VI , AT-VIII		1,20	1,00
	A-IIIB	Có kiểm soát độ giãn dài và ứng suất	1,10	1,00
		Chỉ kiểm soát độ giãn dài	1,20	1,00

Giá trị R_s chưa kể đến hệ số điều kiện làm việc γ_{si} gọi là cường độ tính toán gốc cho trong bảng 2.10

Cường độ tính toán của cốt ngang: cốt đai R_{sw}, cốt xiên $R_{s.inc}$ đã kể đến hệ số điều kiện làm việc $\gamma_{si} = 0{,}8$ cho trong bảng 2.10

Bảng 2.10 *Cường độ tính toán của cốt thép thanh khi tính toán theo các trạng thái giới hạn thứ 1*

Nhóm thép thanh		Cường độ chịu kéo, MPa		Cường độ chịu nén, Mpa R_{sc}
		Cốt dọc R_s	Cốt ngang (cốt đai R_{sw}, cốt xiên $R_{s.inc}$)	
CI, A-I		225	175	225
CII, A-II		280	225	280
A-III có đường kính, mm	6,8	355	285	355
CIII, A-III có đường kính, mm	10 - 40	365	290	365
CIV, A-IV		510	450	450
A-V		680	545	500
A=VI		815	650	500
AT-VII		980	785	500
A-IIIB	Có kiểm soát độ giãn dài và ừng suất	490	390	200
	Chỉ kiểm soát độ giãn dài	450	360	200
Ghi chú: Trong trường hợp, khi vì lý do nào đó, cốt thép không căn nhóm CIII, A-III trở lên dùng làm cốt ngang (cốt đai, cốt xiên) giá trị cường độ tính toán R_{sw} lấy như đối với thép CIII, A-III				

2.11 MÔ ĐUN ĐÀN HỒI CỦA CỐT THÉP E_s

Mô đun đàn hồi của cốt thép E_s được lấy bằng độ dốc của đoạn thẳng trên biểu đồ σ-ε (hình 2.7)

Giá trị E_s phụ thuộc từng loại cốt thép lấy theo bảng 2.11

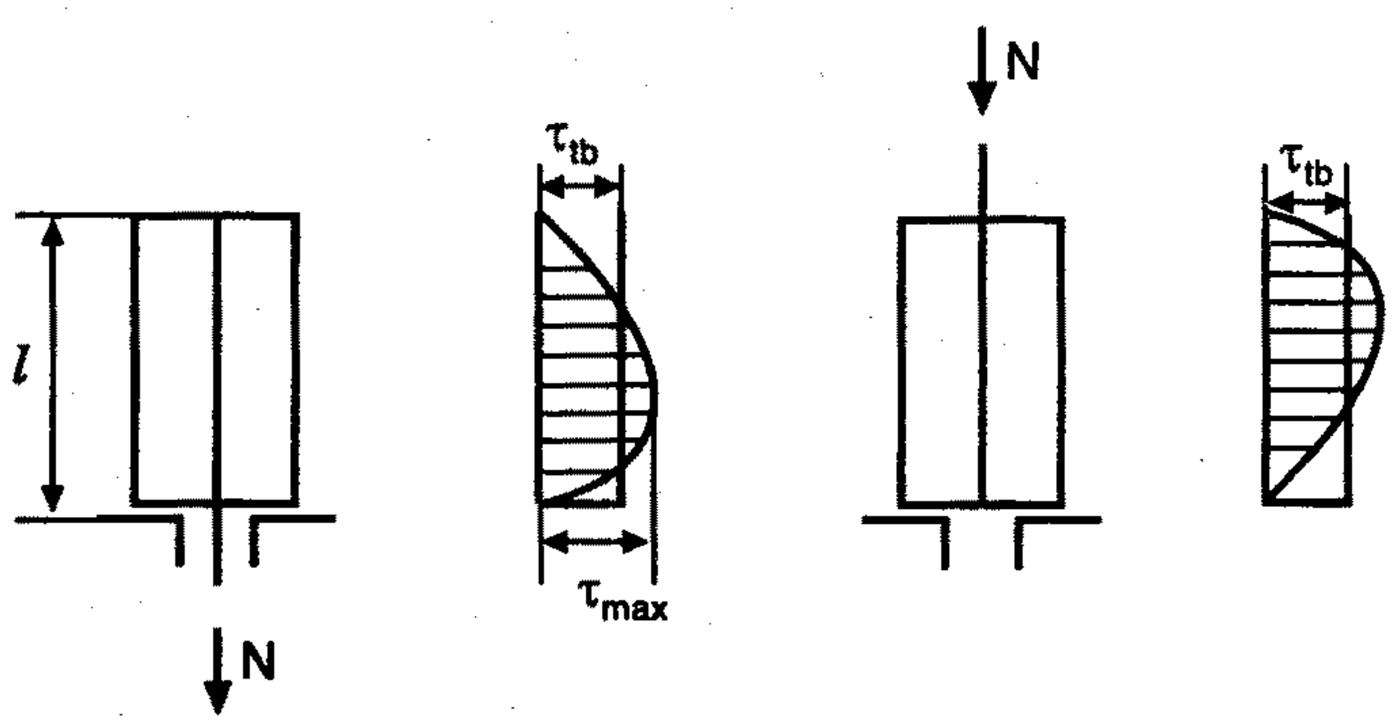
Bảng 2.11 *Mô đun đàn hồi của cốt thép*

Nhóm cốt thép	$E_s.10^4$, MPa
CI ,A-I , CII , A-II	21
CIII , A-III	20
CIV , A-IV , A-V , AVI , AT-VII	19
A-IIIB	18
B-II , BP-II	20
K-7 , K-19	18
BP-I	17

C- BÊTÔNG CỐT THÉP

2.12 Lực dính giữa bêtông và cốt thép

Lực dính là nhân tố cơ bản bảo đảm sự làm việc chung giữa cốt thép và bêtông, bảo đảm cho cốt thép và bêtông cùng biến dạng cũng như bảo đảm cho sự truyền lực qua lại giữa hai vật liệu.



Hình 2.8 *Thí nghiệm xác định lực dính*

Các nhân tố tạo nên lực dính:

- Do bề mặt cốt thép gồ ghề.
- Do chất keo ximăng.
- Do bêtông co ngót ôm chặt cốt thép.

Cường độ lực dính trung bình xác định theo:

$$\tau_{tb} = \frac{N}{\pi d l} \tag{2.30}$$

trong đó: N- lực kéo (nén) tuột cốt thép

d, l- đường kính, chiều dài cốt thép chôn trong bêtông.

Thực ra, lực dính phân bố không đều trên chu vi đoạn cốt thép chôn trong bêtông, ở hai đầu bằng không, giá trị cực đại bằng:

$$\tau_{max} = \frac{N}{\omega \pi d l} \tag{2.31}$$

ω - hệ số hoàn chỉnh biểu đồ lực dính: $\omega < 1$

2.13 Sự làm việc chung giữa bêtông và cốt thép

Làm thí nghiệm một dầm bêtông, khi tải trọng đạt đến giá trị nào đó mà ứng suất kéo của thớ bêtông chịu kéo ngoài cùng vượt quá cường độ chịu kéo của bêtông thì khe nứt xuất hiện, khe nứt đi dần lên phía trên, trong khi ứng suất trong miền bêtông chịu nén còn quá nhỏ. Nếu đặt cốt thép vào vùng bêtông chịu kéo (dầm bêtông cốt thép), thì tại tiết diện có khe nứt ứng lực kéo do cốt thép chịu, nhờ vậy tăng khả năng chịu lực của dầm. Dầm bị phá hoại khi ứng suất của cốt thép đạt đến cường độ giới hạn của nó và ứng suất của bêtông trong miền chịu nén đạt đến cường độ giới hạn của nó.

Dầm bêtông cốt thép có thể chịu lực nhiều hơn dầm bêtông cùng kích thước hàng chục lần.

Tại tiết diện dầm chưa xuất hiện khe nứt: bêtông và cốt thép cùng làm việc với nhau, cùng nhau chịu lực và có biến dạng bằng nhau: $\varepsilon = \varepsilon_s = \varepsilon_b$

- Ứng suất trong bêtông:

$$\sigma_b = \nu \varepsilon E_b \tag{2.32}$$

Share-connect.blogspot.com

- Ứng suất trong cốt thép:

$$\frac{\sigma_s}{\sigma_b} = \frac{\varepsilon E_s}{\nu\varepsilon E_b} = \frac{E_s}{\nu E_b} \qquad (2.34)$$

với: E_s - mođun đàn hồi của cốt thép

E_b - modun đàn hồi của bêtông.

$$\sigma_s = \frac{\alpha}{\nu}\sigma_b \quad (2.35) \quad \text{với} \quad \alpha = \frac{E_s}{E_b}$$

Tại tiết diện đã xuất hiện khe nứt: toàn bộ ứng suất kéo do cốt thép chịu.

Chương 3

NGUYÊN LÝ TÍNH TOÁN VÀ CẤU TẠO

3.1 KHÁI NIỆM CHUNG

Thiết kế kết cấu BTCT gồm: tính toán và cấu tạo.

Nội dung cơ bản của phần tính toán gồm: xác định tải trọng, xác định nội lực do từng tải trọng gây ra, tổ hợp nội lực, tính toán tiết diện cấu kiện và tính cốt thép cho cấu kiện đó.

Nội dung cơ bản của cấu tạo: chọn vật liệu cấp độ bền của bêtông, loại thép, chọn kích thước tiết diện, chọn và bố trí cốt thép, thể hiện bản vẽ.

Cả hai phần tính toán và cấu tạo đều quan trọng.

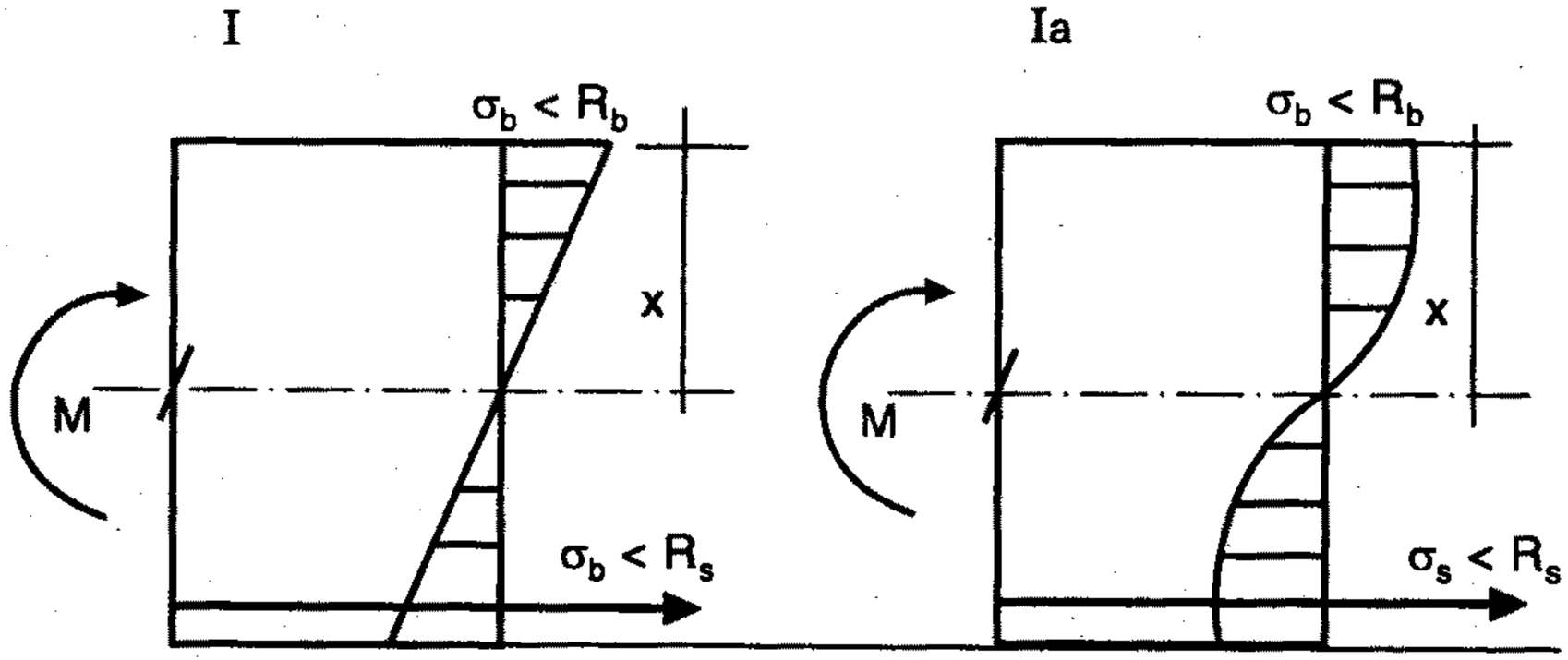
Cấu kiện phải bảo đảm được độ bền, biến dạng và độ cứng không gian xét trong tổng thể, cũng như riêng từng bộ phận của kết cấu, ở mọi giai đoạn xây dựng và sử dụng.

3.2 CÁC GIAI ĐOẠN CỦA TRẠNG THÁI ỨNG SUẤT - BIẾN DẠNG CỦA CẤU KIỆN CHỊU UỐN

Qua thí nghiệm cấu kiện dầm bêtông cốt thép chịu uốn, trạng thái ứng ứng suất và biến dạng của cấu kiện từ lúc đặt tải đến lúc phá hoại có thể chia thành ba giai đoạn sau:

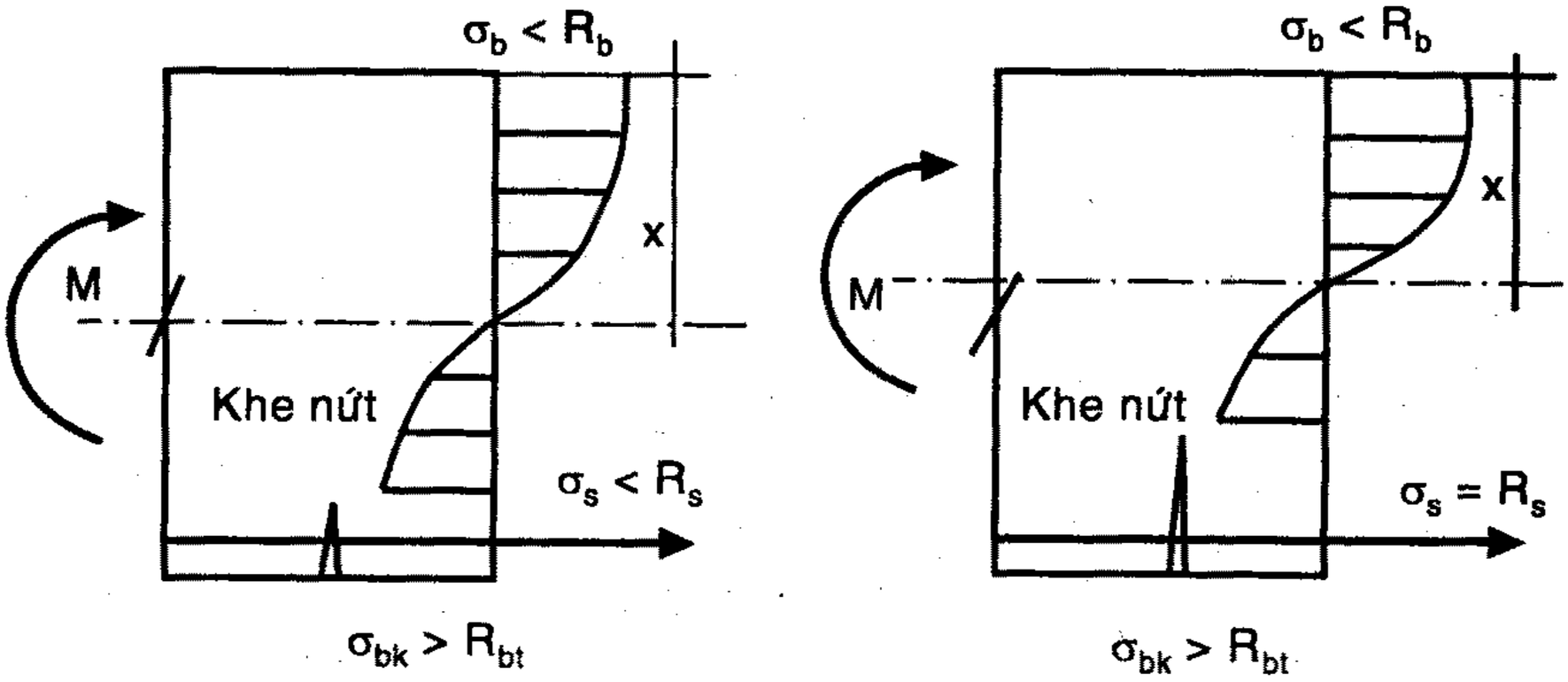
Giai đoạn I (H.3.1a)

a)



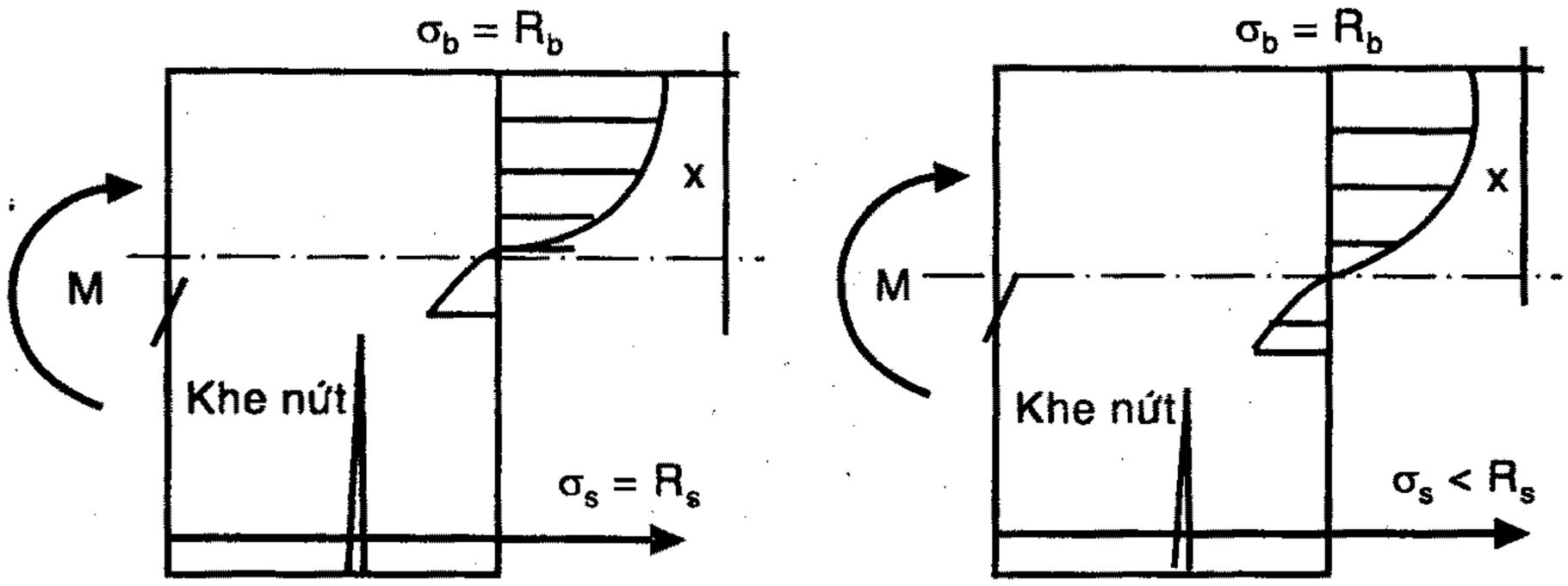
$\sigma_{bk} < R_{bt}$ $\sigma_{bk} = R_{bt}$

b)



$\sigma_{bk} > R_{bt}$ $\sigma_{bk} > R_{bt}$

c)



Hình 3.1 *Các giai đoạn của trạng thái ứng suất - biến dạng của dầm BTCT*

• Khi momen còn nhỏ (tải trọng nhỏ), vật liệu làm việc trong giai đoạn đàn hồi, quan hệ ứng suất - biến dạng là đường thẳng, sơ đồ ứng suất pháp có dạng hình tam giác, gọi là giai đoạn I.

• Khi momen tăng lên, biến dạng dẻo trong bêtông phát triển, sơ đồ ứng suất pháp có dạng đường cong. Lúc ứng suất kéo trong bêtông đạt tới giới hạn cường độ chịu kéo R_{bt}, gọi là giai đoạn Ia.

Giai đoạn II (H.3.1b)

Khi momen tăng lên $\sigma_{bk} > R_{bt}$ thì miền bêtông chịu kéo xuất hiện khe nứt và khe nứt phát triển lên phía trên, tại khe nứt nội lực do cốt thép chịu. Ở miền bêtông chịu nén biến dạng dẻo tiếp tục phát triển, lúc đó ứng suất trong cốt thép là σ_s, ứng suất trong bêtông chịu nén là σ_b, gọi là giai đoạn II.

Nếu lượng cốt thép chịu kéo đặt không nhiều lắm thì khi momen tăng lên, ứng suất trong cốt thép có thể đạt đến giới hạn chảy $\sigma_s = R_s$ trong khi đó ứng suất miền bêtông chịu nén $\sigma_b < R_b$, gọi là giai đoạn IIa.

Giai đoạn III (giai đoạn phá hoại) (H.3.1c)

• Khi momen tăng lên, khe nứt tiếp tục phát triển lên phía trên, vùng bêtông chịu nén thu hẹp lại, ứng suất vùng bêtông chịu nén tăng lên trong khi ứng suất trong cốt thép không tăng nữa (vì cốt thép trong giai đoạn chảy dẻo).

• Khi ứng suất trong bêtông chịu nén đạt đến giới hạn chịu nén $\sigma_b = R_b$, ứng suất cốt thép chịu kéo $\sigma_s = R_s$ thì dầm bị phá hoại (phá hoại cả hai miền kéo và nén): gọi là phá hoại dẻo hay trường hợp phá hoại thứ nhất. Đó là trường hợp phá hoại hợp lý nhất do tận dụng hết khả năng chịu lực của vật liệu bêtông và cốt thép.

Nếu cốt thép chịu kéo đặt quá nhiều thì ứng suất trong cốt thép chưa đạt đến cường độ giới hạn $\sigma_s < R_s$, trong khi ứng suất bêtông chịu nén $\sigma_b = R_b$ thì xem như cấu kiện bị phá hoại. Khi đó, kết cấu không qua giai đoạn IIa, nghĩa là cấu kiện từ giai đoạn II chuyển sang giai đoạn III trường hợp 2.

Đây là sự phá hoại dòn, *phá hoại đột ngột từ vùng bêtông chịu nén* còn gọi là trường hợp phá hoại thứ hai. Trường hợp phá hoại này không tận dụng hết khả năng chịu lực của cốt thép và cũng nguy hiểm vì biến dạng của dầm còn nhỏ nên khó đề phòng.

3.3 CÁC PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN CẤU KIỆN BTCT

Từ khi BTCT xuất hiện đến nay, lý thuyết tính toán kết cấu BTCT tiếp tục hoàn thiện và đã trải qua nhiều giai đoạn, ứng với mỗi giai đoạn có phương pháp tính toán khác nhau, có thể tóm tắt theo **3 giai đoạn** như sau:

3.3.1 Phương pháp tính cấu kiện BTCT theo ứng suất cho phép

Sử dụng lý thuyết đàn hồi của môn SBVL làm cơ sở tính toán, dựa vào các giả thuyết tính toán sau:

- **Vật liệu bêtông** làm việc trong giai đoạn đàn hồi, quan hệ ứng suất - biến dạng tuân theo định luật Hooke. Lấy giai đoạn 1 làm cơ sở tính toán.
- **Sơ đồ ứng suất** của bêtông chịu nén có dạng hình tam giác.
- **Bêtông** chịu kéo không tham gia chịu lực.
- **Toàn bộ ứng suất** kéo do cốt thép chịu.
- **Qui đổi vật liệu** BTCT không đồng chất thành vật liệu đồng chất là bêtông, thông qua hệ số n:

$$\sigma_s = \alpha\sigma_b \quad \text{với:} \quad \alpha = \frac{E_s}{E_b} \tag{3.1}$$

Công thức tổng quát:

$$\sigma \le [\sigma] = \frac{R}{k} \tag{3.2}$$

trong đó: σ, $[\sigma]$- ứng suất do tải trọng, ứng suất cho phép của vật liệu.

R - cường độ giới hạn của vật liệu

$k > 1$ - hệ số an toàn vật liệu.

3.3.2 Phương pháp tính cấu kiện BTCT theo nội lực phá hoại

Xem vật liệu bêtông là vật liệu đàn hồi - dẻo. Lấy giai đoạn III của trạng thái ứng suất biến dạng làm cơ sở tính toán. Các giả thiết tính toán:

• Bêtông là vật liệu đàn hồi dẻo: sơ đồ ứng suất nén của bêtông có dạng hình chữ nhật.

• Ứng suất nén của bêtông đạt đến cường độ giới hạn R_b.

• Ứng suất trong cốt thép chịu kéo đạt đến cường độ giới hạn R_s.

• Bêtông chịu kéo không tham gia chịu lực.

Công thức tổng quát:

$$M \le [M] = \frac{M_p}{k} \qquad (3.3)$$

trong đó: M, [M], M_p - nội lực do tải trọng, nội lực cho phép, nội lực phá hoại của vật liệu; k > 1 - hệ số an toàn vật liệu.

3.3.3 Phương pháp tính theo trạng thái giới hạn (TTGH)

Vẫn xem bêtông là vật liệu đàn hồi dẻo, vẫn sử dụng các giả thiết tính toán như phương pháp tính theo nội lực phá hoại. Tuy nhiên, phương pháp này chia làm hai nhóm:

3.3.3.1 Nhóm trạng thái giới hạn thứ 1(TTGH1): Tính theo độ bền

Theo TCXDVN 356 - 2005, kết cấu bêtông cốt thép tính theo TTGH:

Các kết cấu của công trình phải đủ khả năng chịu lực trong suốt quá trình sử dụng công trình đó

Tính theo TTGH1 nhằm đảm bảo cho kết cấu:

- Không bị phá hoại dòn, dẻo hoặc theo dạng phá hoại khác.
- Không bị mất ổn định về mặt hình dạng hoặc về vị trí.
- Không bị phá hoại mỏi...

Tính toán về độ bền (khả năng chịu lực) theo điều kiện:

$$S \le S_{gh} \qquad (3.1)$$

trong đó: S- nội lực bất lợi do tải trọng gây ra.

S_{gh}- khả năng chịu lực của kết cấu khi làm việc ở TTGH1.

3.3.3.2 Nhóm trạng thái giới hạn thứ 2 (TTGH2): về biến dạng

Tính theo TTGH2 nhằm đảm bảo sự làm việc bình thương của kết cấu, sao cho:

- Không có biến dạng vượt quá giới hạn cho phép (độ võng, góc xoay...)
- Không cho hình thành và mở rộng khe nứt quá mức cho phép

Điều kiện về biến dạng

$$f \le f_{g.h} \tag{3.5}$$

trong đó:

f - biến dạng của kết cấu do tải trọng tiêu chuẩn gây ra.

f_{gh} - biến dạng cho phép để đảm bảo điều kiện làm việc bình thường (bảng 7.3).

Điều kiện sự hình thành và mở rộng khe nứt:

$$a_{crc} \le a_{crc}$$

trong đó: a_{crc} - bề rộng khe nứt do tải trọng tiêu chuẩn gây ra.

a_{crc} - bề rộng khe nứt cho phép để đảm bảo điều kiện làm việc bình thường (bảng 7.4, 7.5).

3.4 TẢI TRỌNG, TẢI TRỌNG TIÊU CHUẨN, TẢI TRỌNG TÍNH TOÁN

Về tính chất, chia tải trọng làm ba loại:

- *Tải trọng thường xuyên* (tĩnh tải) là tải trọng có tác dụng không đổi trong suốt quá trình sử dụng kết cấu như trọng lượng bản thân kết cấu.

- *Tải trọng tạm thời* (hoạt tải) là tải trọng có thể thay đổi về điểm đặt, trị số, chiều tác dụng như: tải trọng do con người, do cầu trục, do ô tô, do gió v.v...

- *Tải trọng đặc biệt* là tải trọng rất ít khi xảy ra như động đất, cháy nổ....

Giá trị của từng loại tải trọng, hệ số tin cậy về tải trọng, hệ số giảm tải, hệ số tổ hợp cũng như phân loại các tải trọng tải trọng tác dụng thường xuyên, tải trọng tác dụng tạm thời lấy theo tiêu chuẩn hiện hành " TCVN 2737 - 1995"

Khi tính toán theo TTGH1: với tổ hợp bất lợi do tải trọng tính toán gây ra.

Khi tính toán theo TTGH2: với tổ hợp bất lợi do tải trọng tiêu chuẩn gây ra vì đó là tải trọng thường xuyên tác động lên cấu kiện. Trường hợp có vượt tải cũng chỉ là nhất thời, lúc đó biến dạng có thể tăng thêm nhưng sẽ giảm đi khi tải trọng trở lại bình thường.

Quan hệ giữa tải trọng tính toán và tải trọng tiêu chuẩn như sau:

$$N = \gamma . N^c$$

trong đó: N- tải trong tính toán

N^c - tải trong tiêu chuẩn

γ - hệ số tin cậy (lấy theo TCVN 2737 - 1995)

3.5 NGUYÊN LÝ VỀ CẤU TẠO CỐT THÉP

3.5.1 Chọn sơ bộ kích thước tiết diện

Kích thước tiết diện thường được chọn sơ bộ để từ đó xác định tải trọng, nội lực, tính cốt thép. Sau khi tính được cốt thép cần kiểm tra lại hàm lượng cốt thép $\mu = \frac{A_s}{A}$ để đánh giá sự hợp lý của kích thước tiết diện đã chọn, nếu chưa hợp lý phải giả thiết lại kích thước tiết diện rồi tính lại.

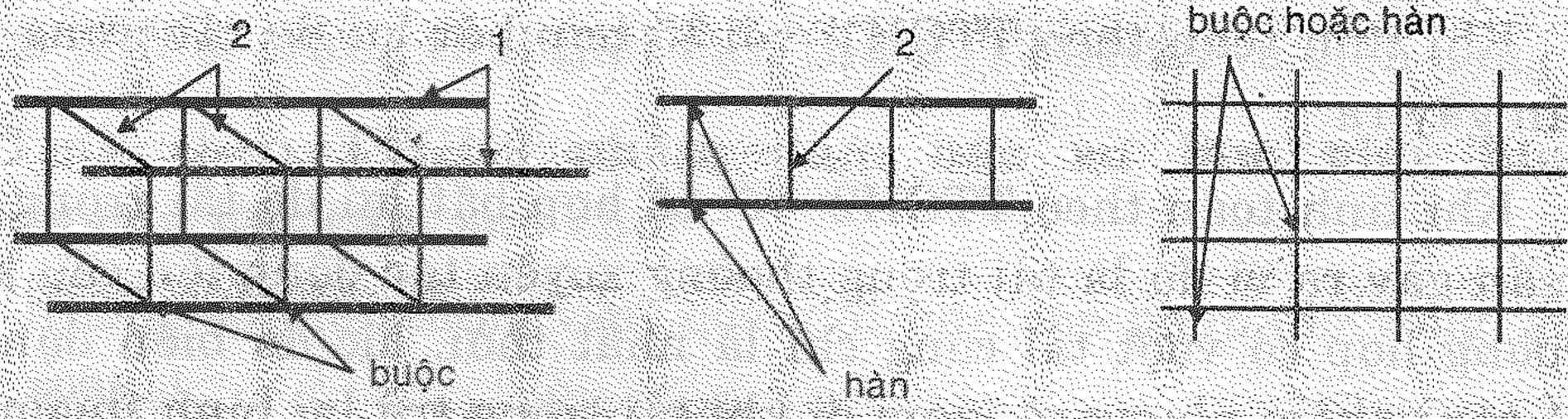
Chọn kích thước tiết diện, ngoài yêu cầu về khả năng chịu lực, biến dạng, cần phải quan tâm đến vấn đề thẩm mỹ, điều kiện thi công và yêu cầu về bố trí cốt thép.

3.5.2 Khung và lưới cốt thép

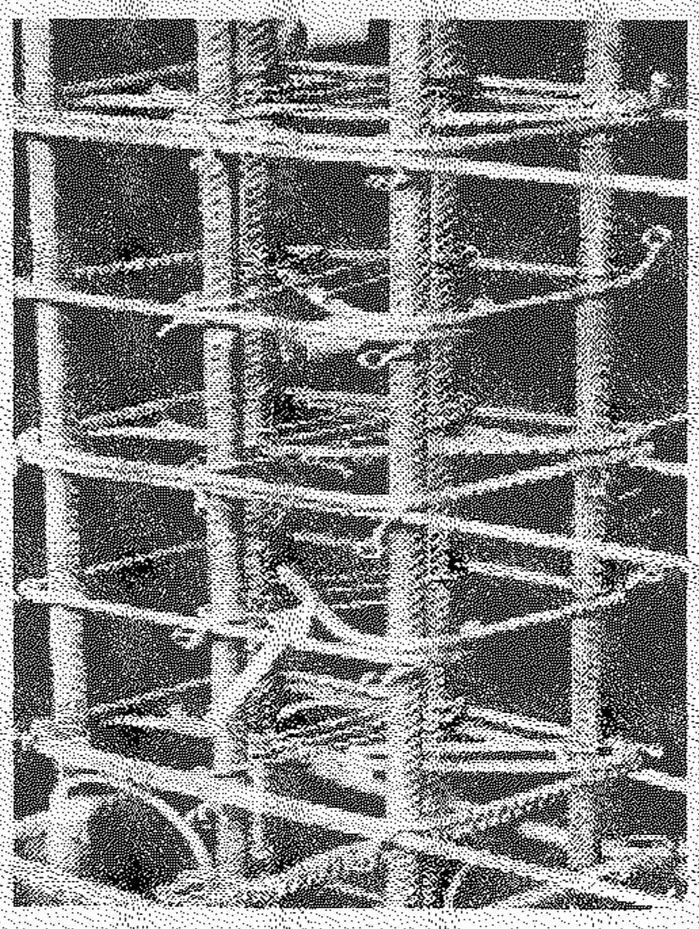
Cốt thép đặt vào trong bêtông không được để rời mà phải liên kết chúng lại với nhau thành khung hoặc lưới: khung được dùng trong khung, cột ; lưới dùng trong sàn.

Khung và lưới buộc được tạo nên từ các thanh thép rời, dùng dây thép mềm buộc chặc tại các nút.

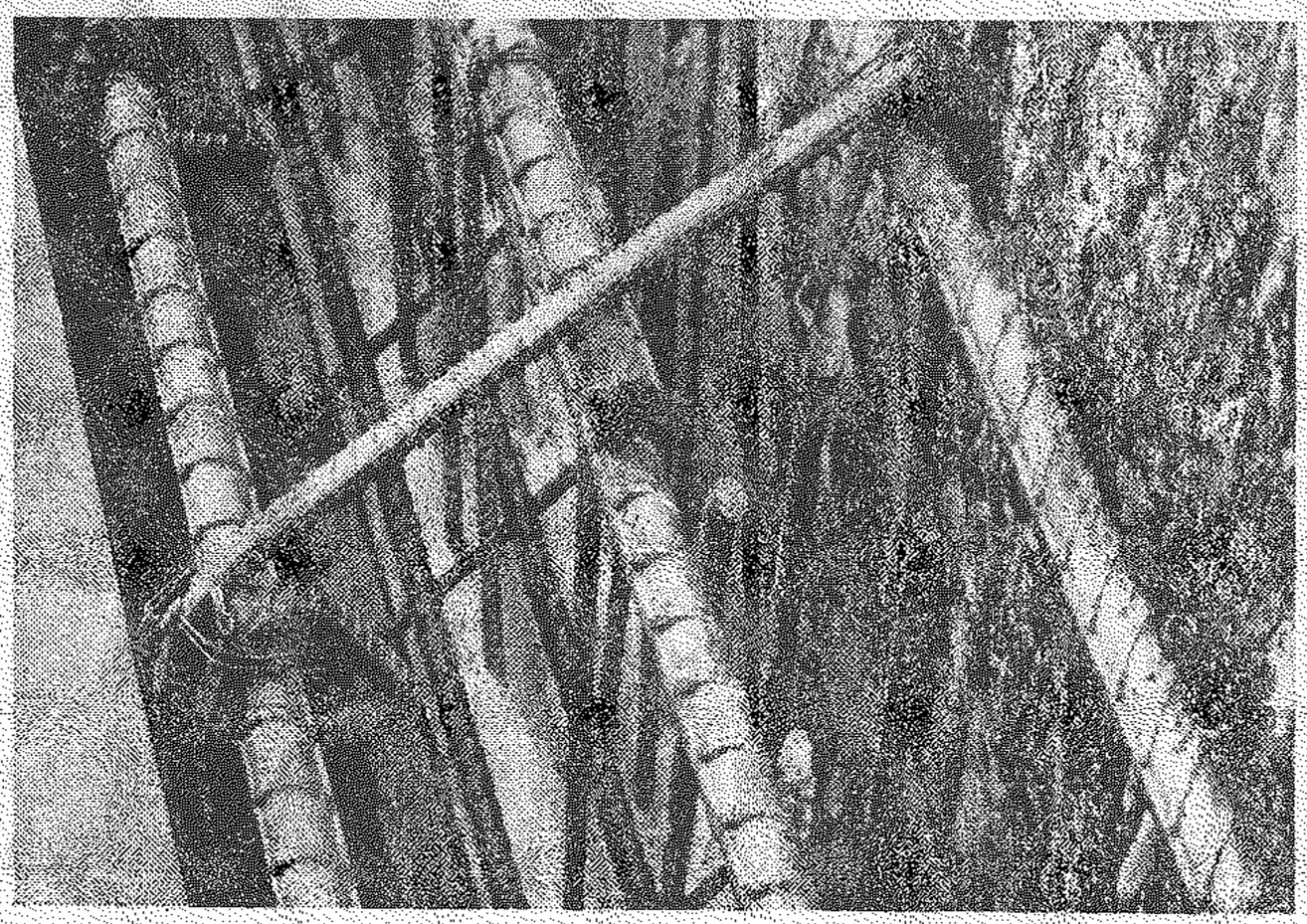
Khung và lưới hàn được tạo nên bằng cách dùng máy để hàn (hàn hồ quang) các điểm tiếp xúc chỗ các cốt thép giao nhau, được sản xuất trong nhà máy chuyên dùng.



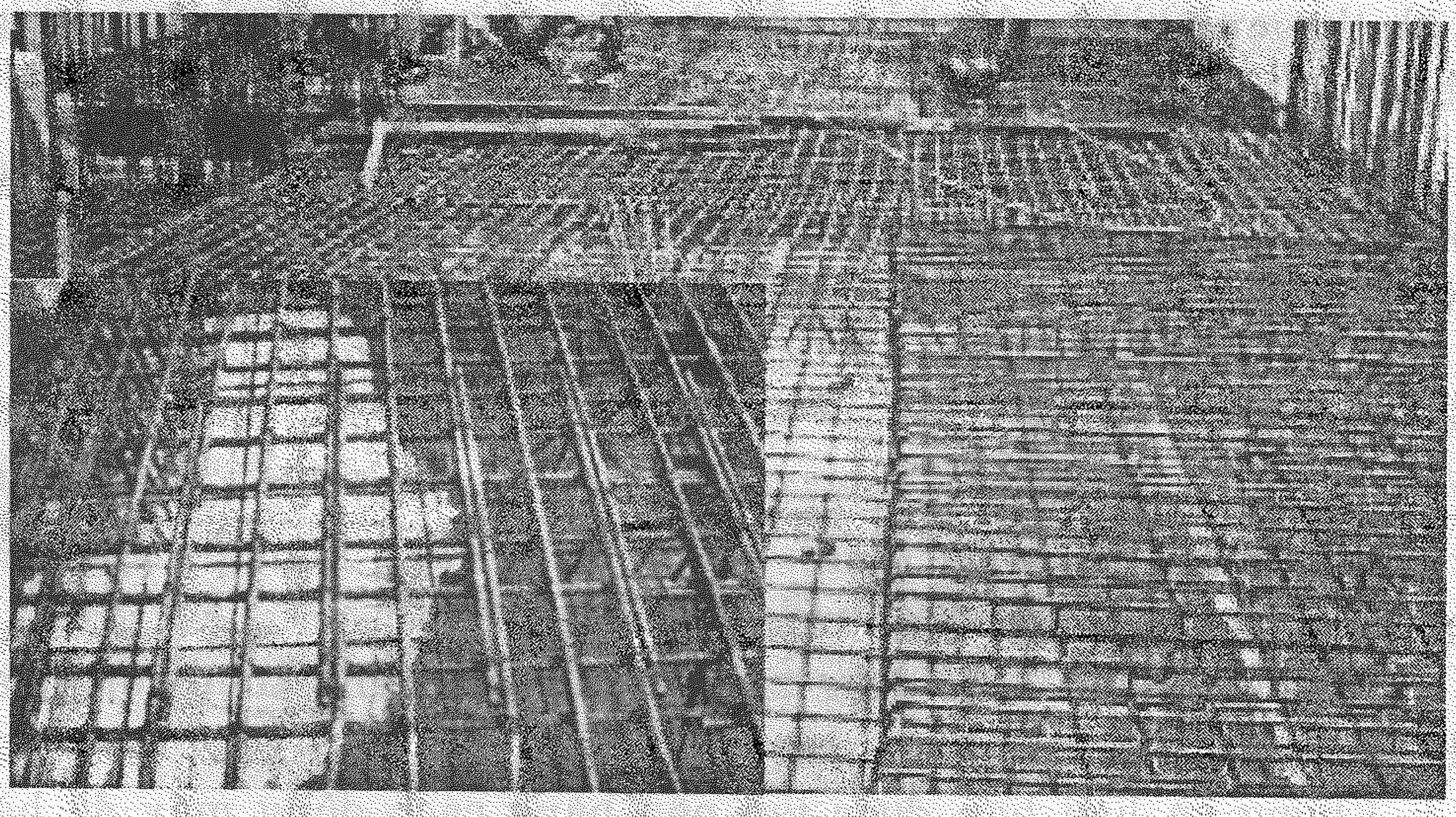
1- cốt dọc; 2- cốt đai



Khung buộc



Khung hàn



Lưới buộc (hàn)

***Hình 3.2** Khung, lưới buộc*

3.5.3 Phân loại cốt thép

Cốt thép đặt trong bêtông có hai loại

Cốt chịu lực: được dùng để chịu các ứng lực phát sinh do tác dụng của tải trọng, được xác định bằng tính toán.

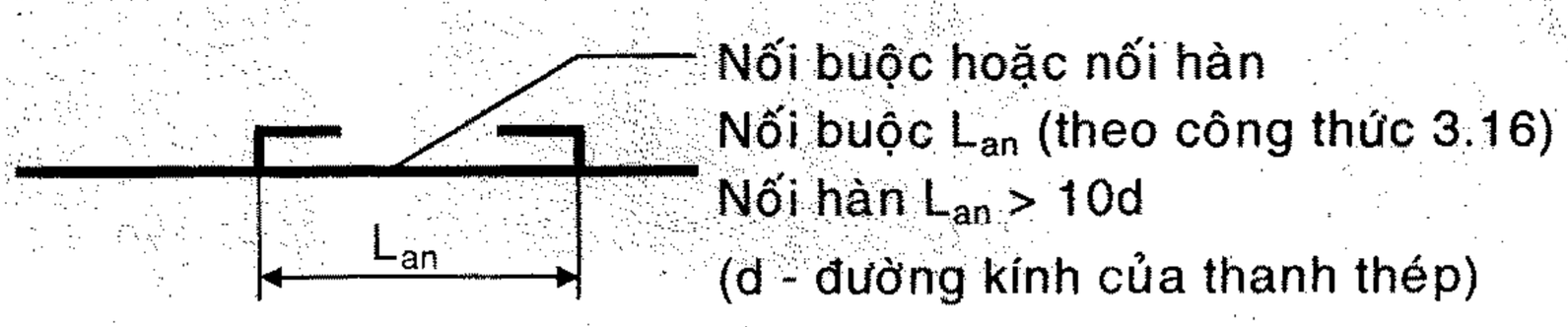
Cốt cấu tạo: được đặt vào kết cấu với nhiều tác dụng khác nhau: để liên kết các cốt chịu lực lại với nhau thành khung hoặc lưới, để giảm co ngót không đều của bêtông, để chịu ứng suất phát sinh do thay đổi nhiệt độ, giảm bề rộng các khe nứt, làm phân bố tác dụng của tải tập trung... Thực tế cốt cấu tạo vẫn chịu lực suốt quá trình sử dụng nhưng thông thường không tính toán mà đặt theo qui phạm. Dù là cốt cấu tạo (không do tính toán) nhưng nó đóng vai trò rất quan trọng, nếu thiếu cốt cấu tạo, kết cấu có thể không phát huy hết khả năng chịu lực, có trường hợp làm cho kết cấu bị phá hoại (có qui định riêng cho từng cấu kiện cụ thể).

3.5.4 Nối cốt thép

Khi chiều dài thanh thép không đủ, cần phải nối. Có thể dùng nối buộc hoặc nối hàn.

3.5.4.1 Nối buộc (chồng): đặt hai đầu cốt thép chồng lên nhau một đoạn L_{an}, rồi dùng sợi thép mềm buộc chúng lại. Trong phạm vi mối nối này, sự truyền lực thực hiện nhờ lực dính giữa bêtông và cốt thép, do đó khi thi công cần chú ý đến chất lượng bêtông trong vùng này.

3.5.4.2 Nối hàn: có thể hàn đối đầu, hàn chồng hoặc hàn đối đầu có thanh ghép: Trường hợp này cần phải kiểm tra chất lượng đường hàn, chiều dài đoạn $L_{an} > 10d$.

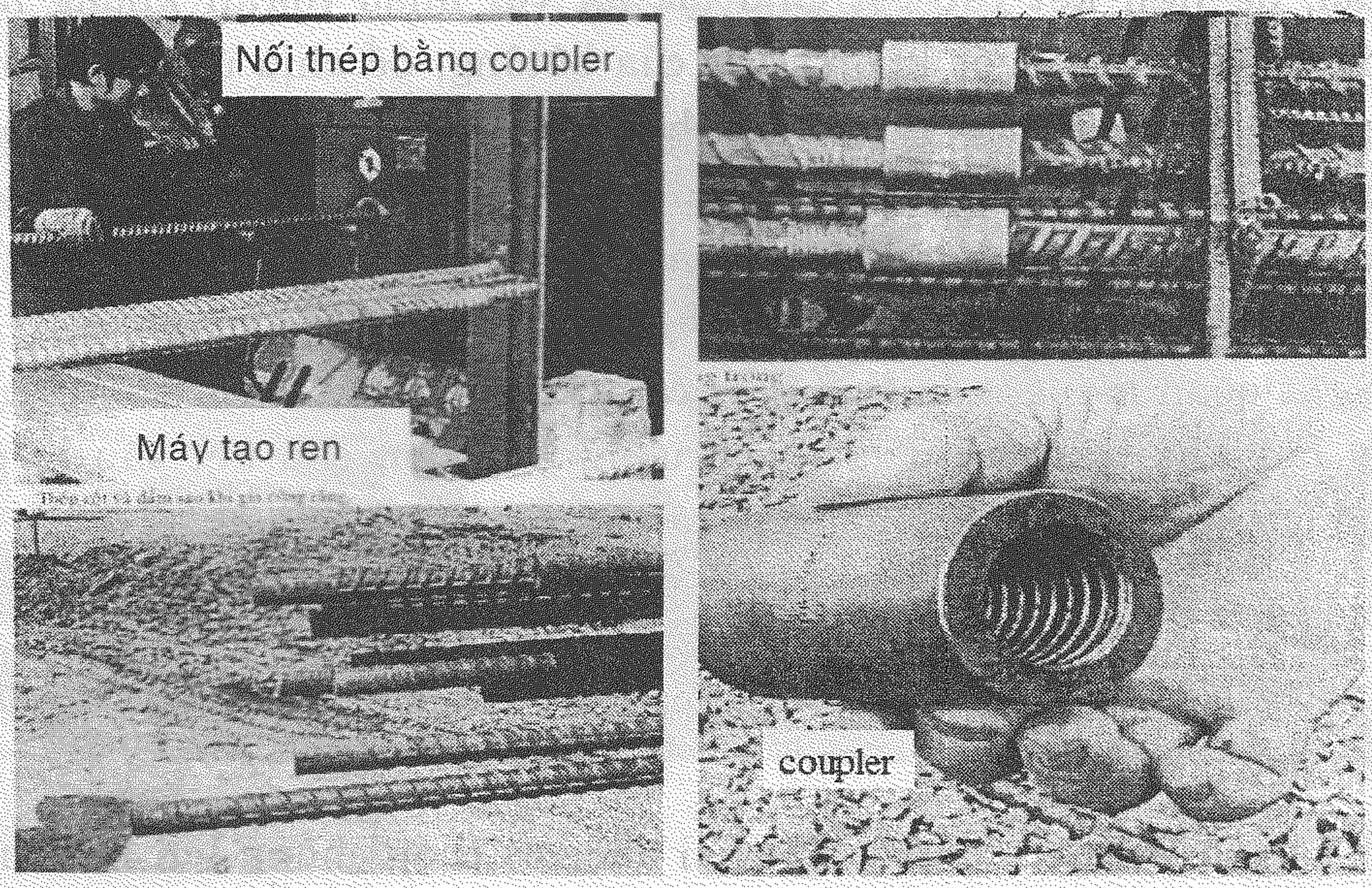


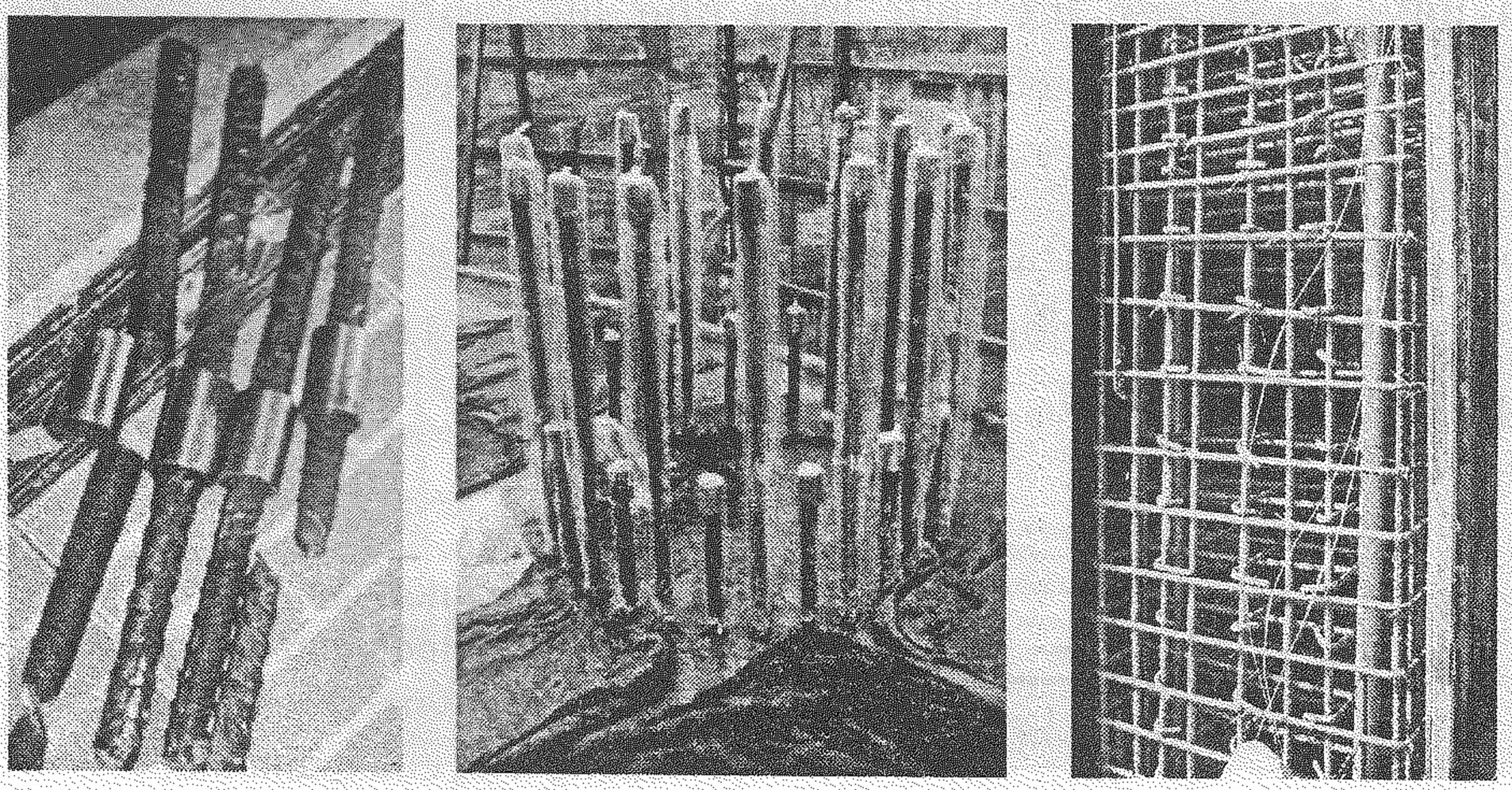
Hình 3.3 *Nối cốt thép*

Share-connect.blogspot.com

3.5.4.3 Nối bằng coupler (ống lồng)

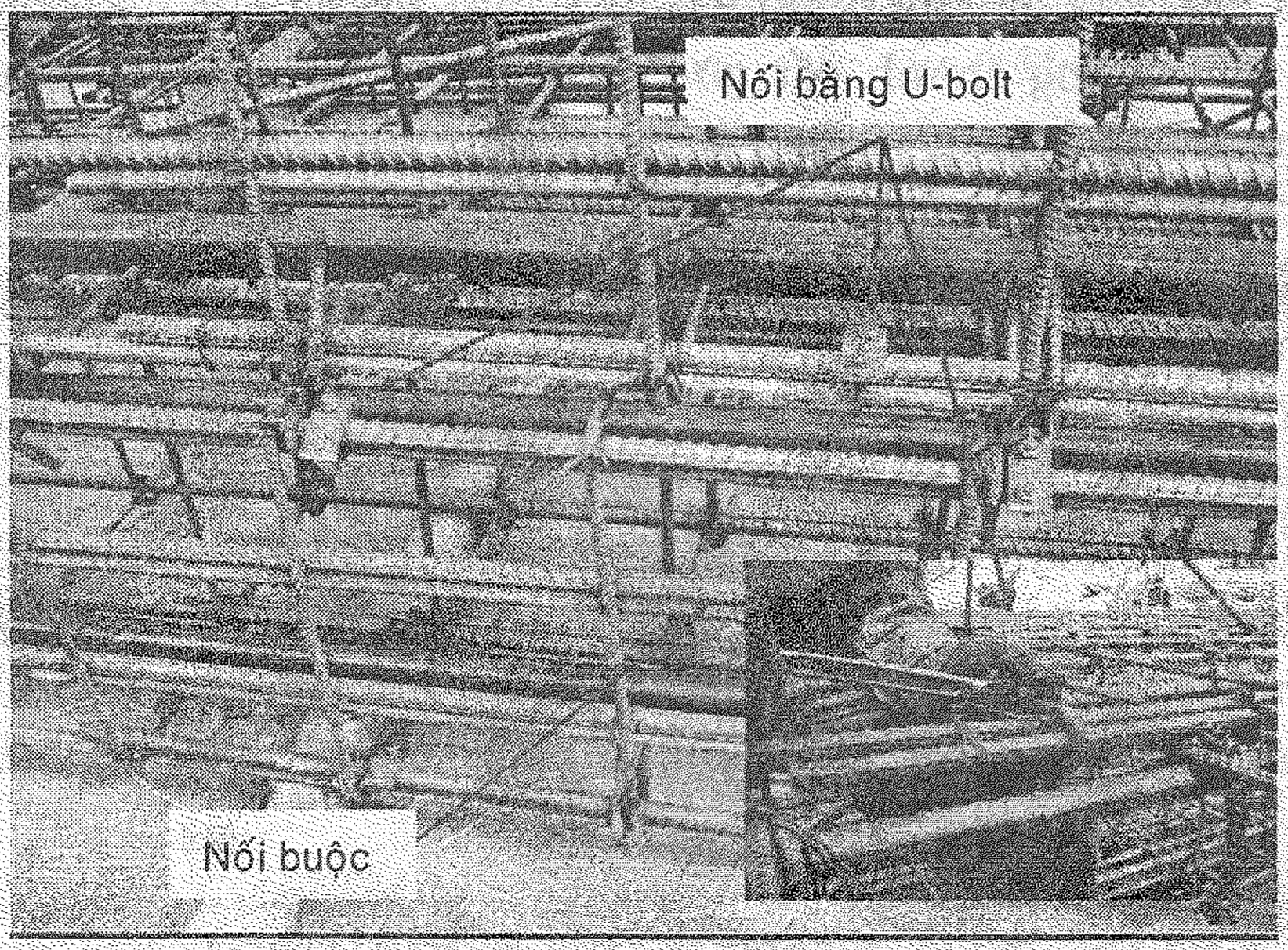
Hai đầu hai thanh cốt thép cần nối được ren răng và được luồng vào ống lồng đã ren răng sẵn. Cần chọn ống lồng đủ khả năng chịu lực và truyền lực. Cách nối này sẽ tiết kiệm một lượng cốt thép đáng kể.





Hình 3.4 Nối cốt thép bằng coupler

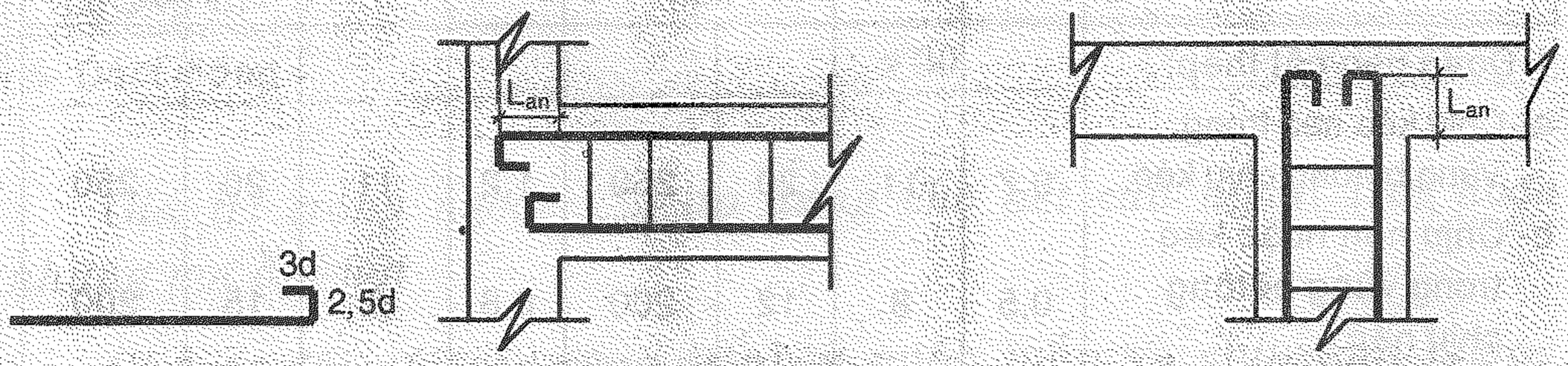
3.5.4.4 Nối buộc kết hợp nối bằng U-Bolt



Hình 3.5 *Nối cốt thép: nối chồng, U-bolt*

Chú ý: Về nguyên tắc ta có thể nối cốt thép tại bất cứ vị trí nào của cấu kiện nếu bảo đảm đoạn nối l_{an}. Tuy nhiên trong thực tế thi công, nhằm bảo đảm an toàn cho kết cấu, hết sức tránh nối cốt thép ở những vùng có nội lực lớn và phải nối so le.

3.5.5 Neo cốt thép



Hình 3.6 *Neo và uốn móc cốt thép*

Để cốt thép phát huy hết khả năng chịu lực của nó cần phải neo chắc đầu mút của nó vào bêtông.

Đối với những thanh cốt gờ (gân) cũng như những thanh tròn trơn dùng trong khung và lưới hàn thì đầu mút không cần uốn móc tức để thẳng.

Những thanh cốt gờ (gân) dùng trong khung và lưới buộc không phải uốn móc ở đầu.

Những thanh tròn trơn dùng trong khung và lưới buộc phải uốn móc ở đầu.

Chiều dài đoạn neo L_{an} được tính từ mút cốt thép đến tiết diện mà nó được tính toán với toàn bộ khả năng chịu lực. Đoạn L_{an} được xác định từ điều kiện: lực trong cốt thép được truyền vào liên kết thông qua lực dính, cốt thép không bị tuột khỏi liên kết. L_{an} xác định theo công thức sau:

$$l_{an} = (\omega_{an} \frac{R_s}{\gamma_b R_b} + \Delta\lambda_{an})d \geq \lambda_{an} d \qquad (3.16)$$

trong đó: d - đường kính cốt thép

ω_{an}, $\Delta\lambda_{an}$, λ_{an}- các hệ số cho trong bảng 3.3.

R_s, R_b - cường độ tính toán của cốt thép và bêtông chịu nén.

γ_b - hệ số điều kiện làm việc của bêtông

Bảng 3.3

Điều kiện làm việc của cốt thép	Các hệ số để xác định đoạn neo cốt thép							
	Cốt thép gờ (gân, vằng)				Cốt thép trơn			
	ω_{an}	$\Delta\lambda_{an}$	λ_{an}	l_{an} (mm)	ω_{an}	$\Delta\lambda_{an}$	λ_{an}	l_{an} (mm)
			Không nhỏ hơn				Không nhỏ hơn	
1-Đoạn neo cốt thép:								
a- Chịu kéo neo trong vùng bêtông chịu kéo	0,7	11	20	250	1,2	11	20	250
b- Chịu nén hoặc kéo trong vùng bêtông chịu nén	0,5	8	12	200	0,8	8	15	200
2- Nối chồng cốt thép:								
a- Trong vùng bêtông chịu kéo	0,9	11	20	250	1,55	11	20	250
b- Trong vùng bêtông chịu nén	0,65	8	15	200	1	8	15	200

3.5.6 Lớp bêtông bảo vệ cốt thép

Lớp bêtông bảo vệ cốt thép cần bảo đảm sự làm việc chung giữa cốt thép và bêtông ở mọi giai đoạn làm việc của kết cấu, bảo vệ cốt thép khỏi bị tác động của không khí bên ngoài, của nhiệt độ và các ảnh hưởng tác hại khác của môi trường.

Chiều dày lớp bêtông bảo vệ cốt thép tính từ mép ngoài của cốt thép đến mép bêtông gần nhất.

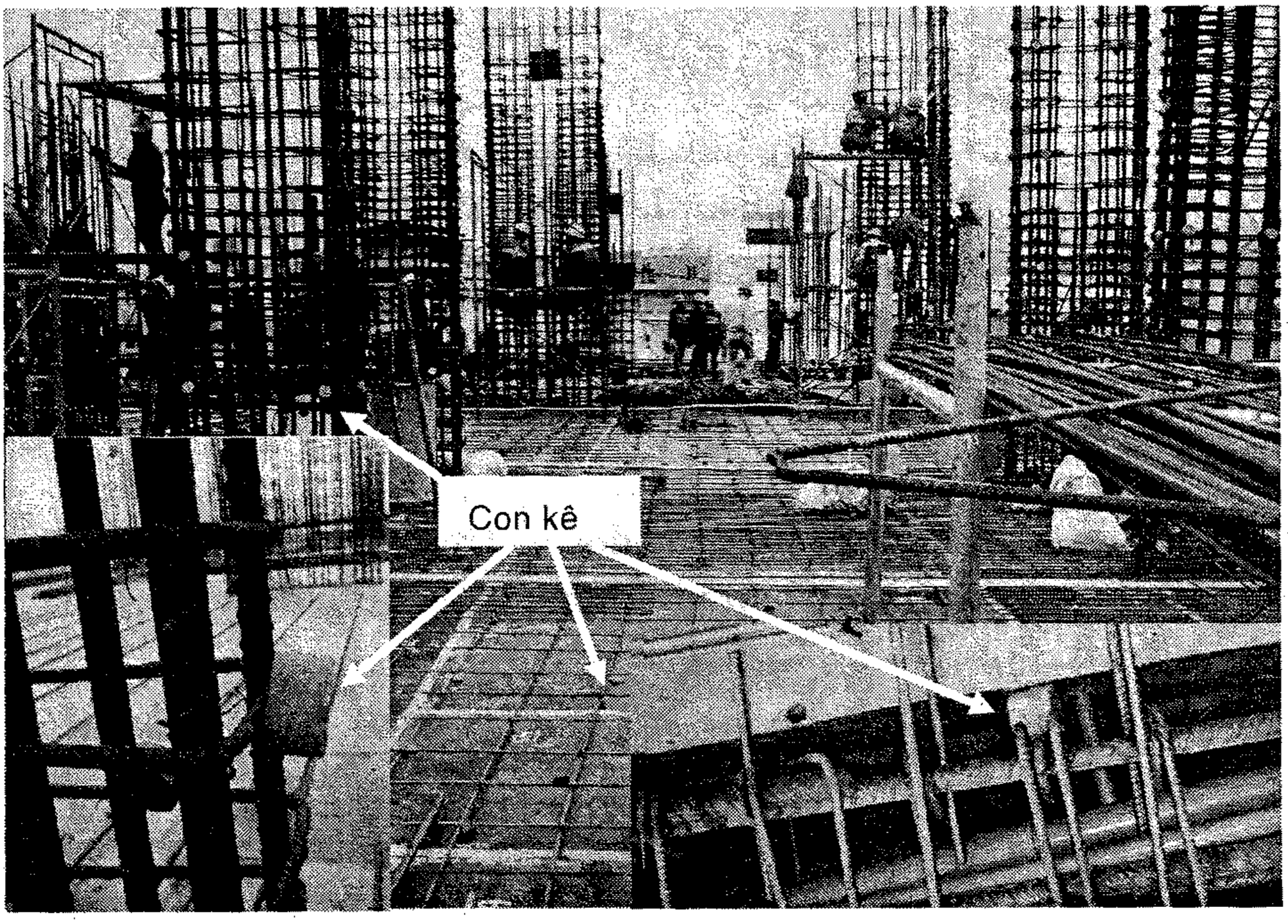
Chiều dày lớp bêtông bảo vệ cốt dọc a_o trong mọi trường không được bé hơn đường kính cốt thép và không được bé hơn trị số a_o qui định như sau:

Bảng 3.4 *Chiều dày lớp bêtông bảo vệ cốt thép*

Cấu kiện	Giá trị a_o (mm) cốt dọc	Giá trị a_o (mm) cốt đai
1- Bản sàn, tường bêtông có chiều dày (mm) h ≤ 100 h > 100	> 10; (>15) > 15; (> 20)	
2- Dầm có chiều cao: h < 250 h ≥ 250	> 15; (> 20) > 20; (>25)	> 10; (> 15) >15; (> 20)
3- Cột	> 20; (> 25)	> 15; (> 20)
4- Móng - Lắp ghép - Toàn khối có lớp bêtông lót - Toàn khối khi không có lớp bêtông lót	 > 30 > 35 > 70	
5- Dầm móng	> 30	> 15; (>20)

Giá trị trong ngoặc (....) áp dụng cho kết cấu ngoài trời hoặc những nơi ẩm ướt

Chú ý: đối với các công trình ở miền biển và chịu ảnh hưởng của hơi nước biển, công trình nằm trong môi trường có tính xâm thực cao, trị số a_o cần được tăng lên từ 5 đến 20mm.

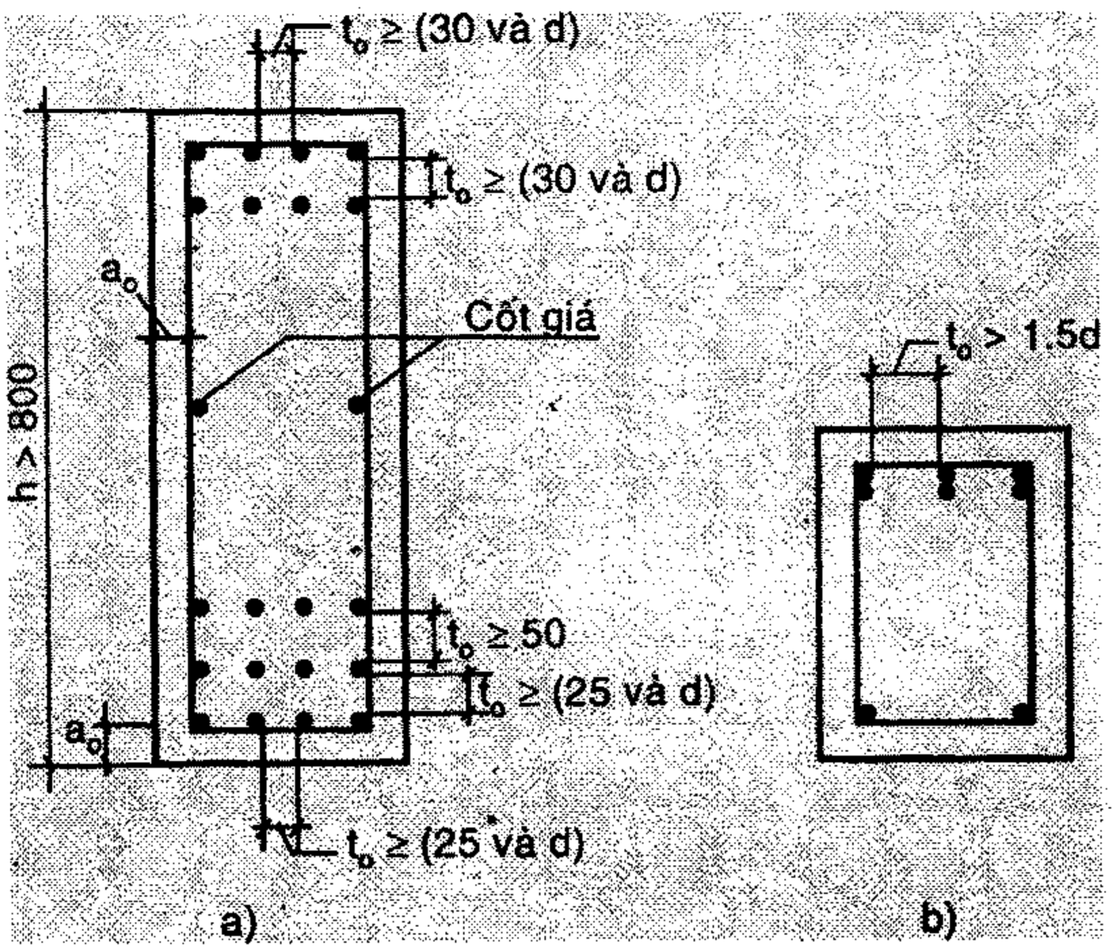


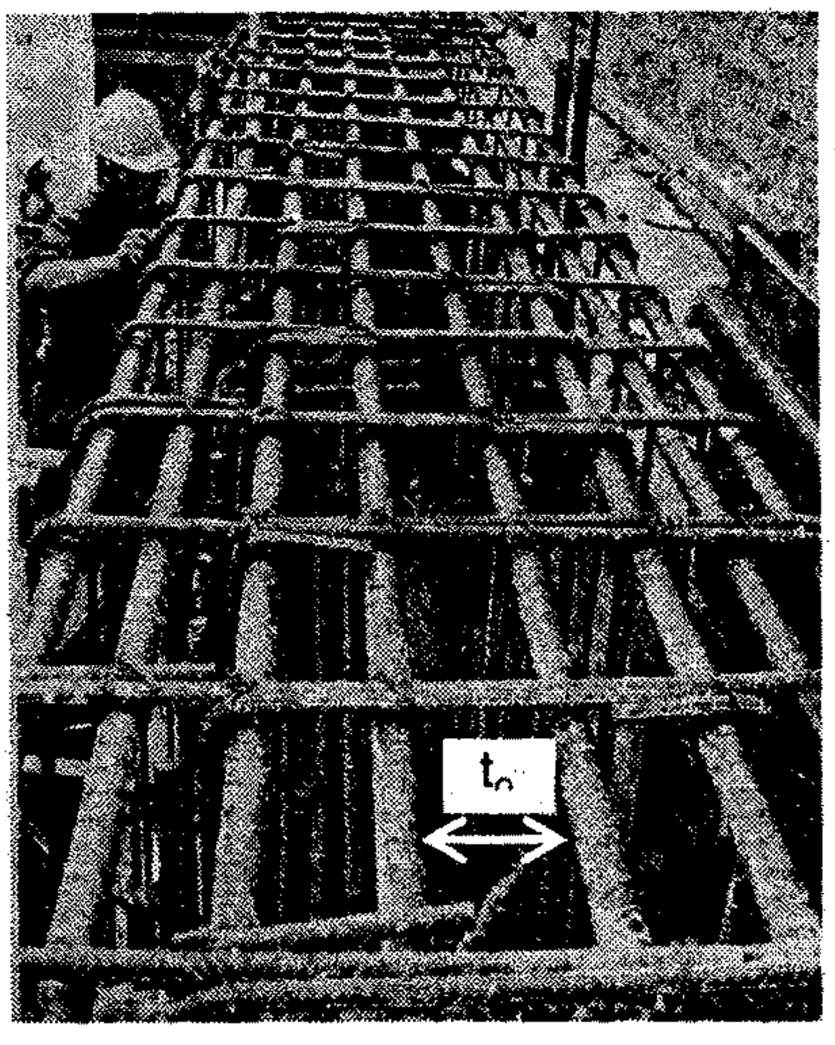
Hình 3.7 *Lớp bêtông bảo vệ cốt thép trong quá trình thi công*

3.5.7 Khoảng cách tối thiểu giữa các cốt thép

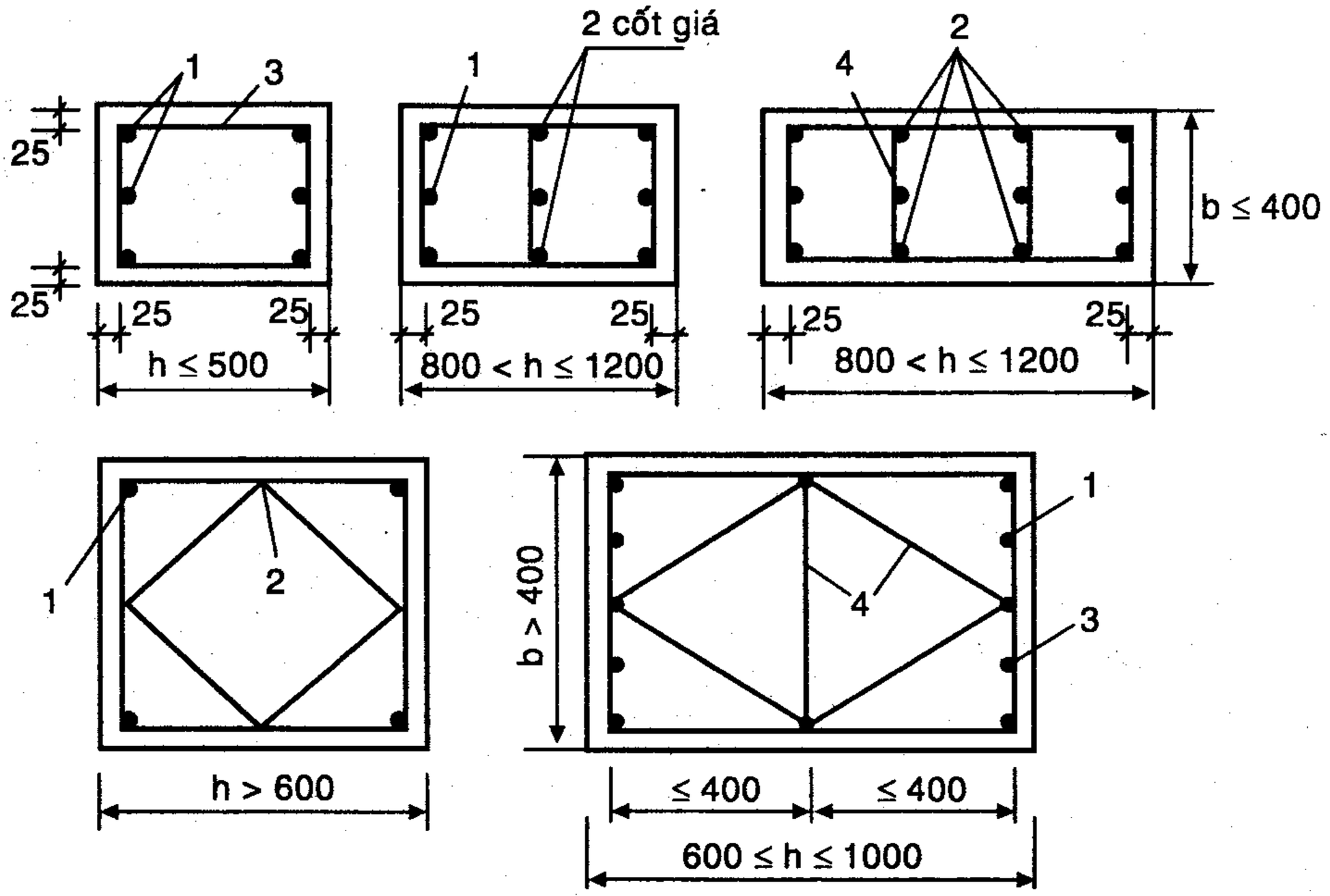
Cốt thép được bố trí với các khoảng hở t_o đủ rộng để vữa bêtông dễ dàng lọt qua và để cho xung quanh mỗi cốt thép có được một lớp bêtông đủ bảo đảm điều kiện về lực dính.

Theo TCXDVN 356 2005 qui định khoảng hở tối thiểu t_o của cốt thép dầm cột (H.3.8).





Hình 3.9 *Khoảng cách giữa các cốt thép*



1- cốt dọc chịu lực; 2- cốt giá; 3- cốt đai chính; 4- cốt đai phụ

Hình 3.9 *Bố trí cốt thép trong cấu kiện chịu nén*

Chú thích:

1- Khoảng cách giữa trục các cốt thép dọc không được lớn quá 400*mm*.

2- Khi dầm, cột có chiều cao tiết diện (h) trên 500*mm*, cần phải đặt cốt dọc (cốt giá) cấu tạo ở cạnh bên (h) sao cho khoảng cách giữa các cốt dọc (đo theo cạnh) không quá 400*mm*.

Diện tích tiết diện của một thanh cốt giá không nhỏ hơn 0,001 $a_1 b_1$

với: a_1 - khoảng cách giữa các cốt dọc.

b_1 - một nửa bề rộng tiết diện nhưng không lớn hơn 200*mm*.

Chương 4

CẤU KIỆN CHỊU UỐN

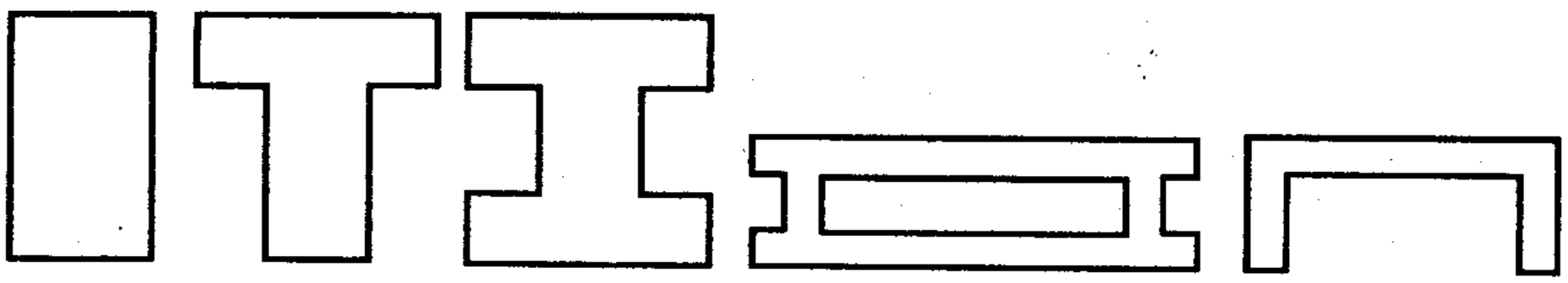
(Tính theo TTGH1, cường độ)

4.1 KHÁI NIỆM CHUNG

Cấu kiện chịu uốn là cấu kiện cơ bản thường gặp trong thực tế, nội lực xuất hiện trong cấu kiện chịu uốn gồm momen và lực cắt. Các cấu kiện thường gặp: các dầm, bản sàn, cầu thang, lanh tô, panen v.v...

Đặc điểm cấu tạo:

• Tiết diện ngang của cấu kiện chịu uốn thường gặp là: hình chữ nhật, chữ **T**, chữ **I**, hình thang, hình hộp... (H.4.1)



Hình 4.1 *Các tiết diện ngang của cấu kiện chịu uốn thường gặp*

• *Xác định sơ bộ kích thước tiết diện ngang của dầm* (H:4.2):

L - nhịp của dầm (khoảng cách giữa hai trục gối tựa)

b - bề rộng của tiết diện ngang của dầm.

h - chiều cao của tiết diện ngang của dầm.

Thông thường: $h = \left(\frac{1}{8} \div \frac{1}{20}\right).L$. Thường chọn h như sau:

Khi: $h \leq 600mm$ nên chọn h bằng bội số của 50mm

Khi: $h > 600mm$ nên chọn h bằng bội số của 100mm

Thông thường: $b = \left(\frac{1}{2} \div \frac{1}{4}\right).h$

Thường chọn: b = 150; 200; 250; 300; 350; 400;...

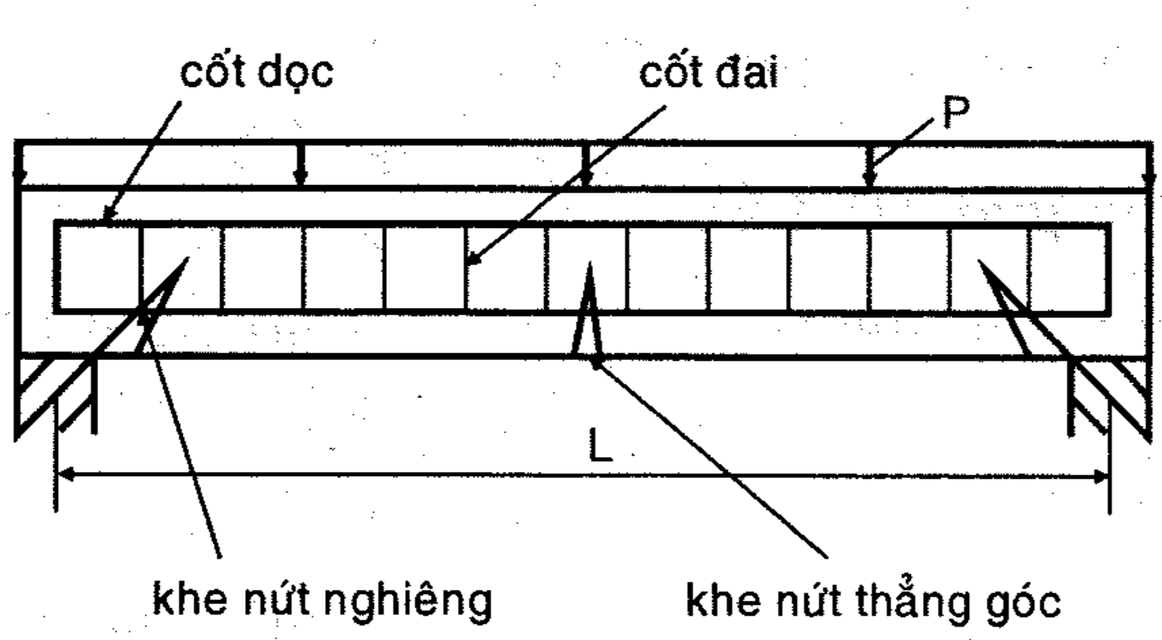
Chú thích: Khi quyết định chọn kích thước tiết diện của kết cấu BTCT, ngoài việc xác định chúng từ cách tính toán theo các trạng thái giới hạn cần phải:

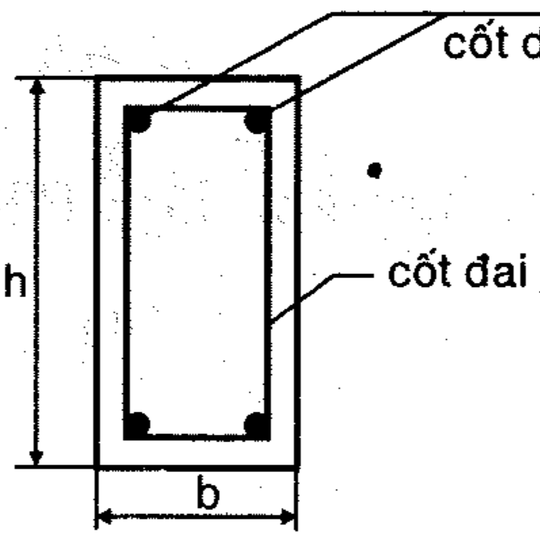
- Xét đến yêu cầu và hiệu quả về kinh tế.
- Xét yêu cầu về thống nhất hóa ván khuôn và cách đặt cốt thép.
- Xét điều kiện của công nghệ chế tạo kết cấu.

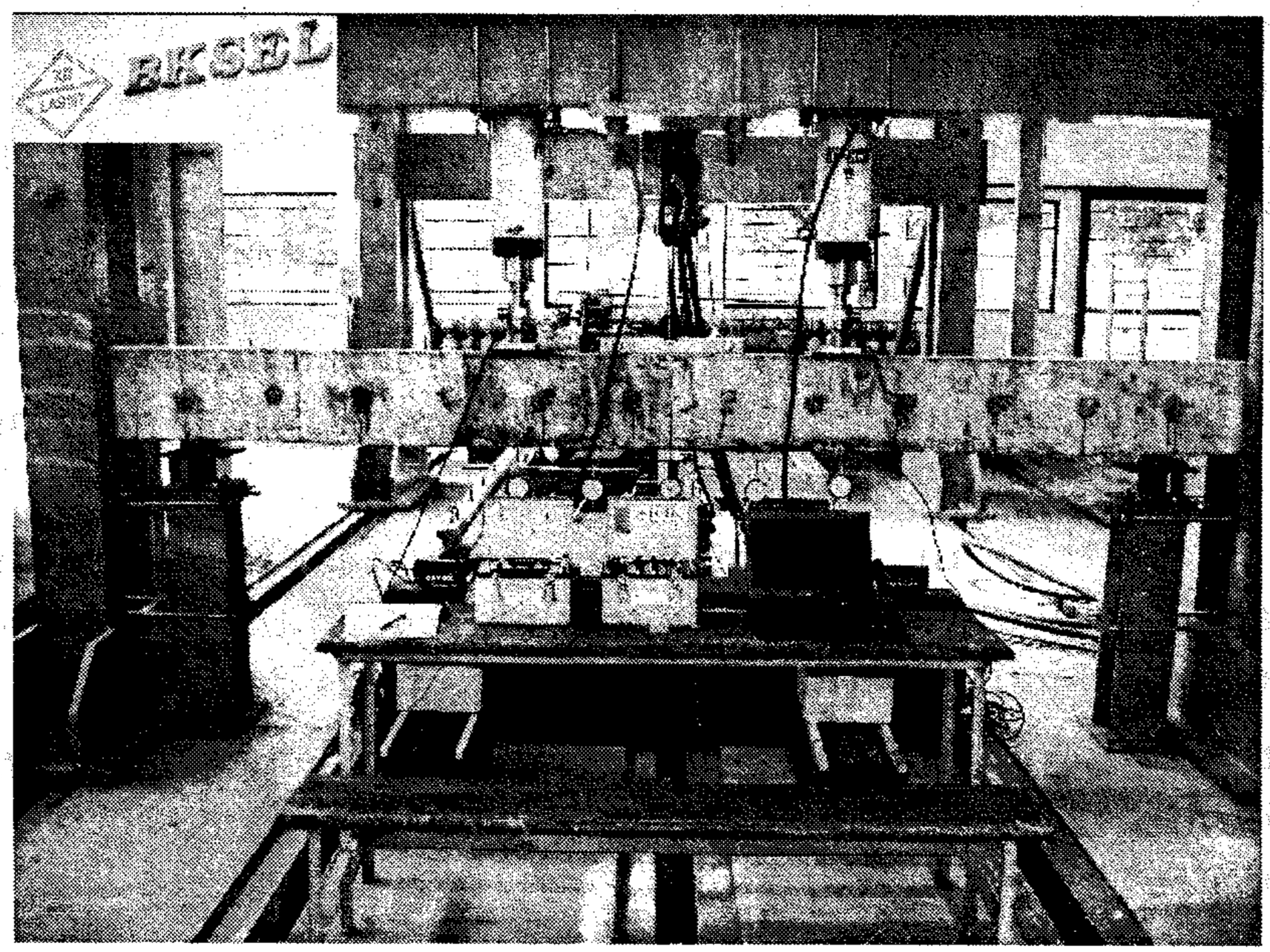
Bảo đảm các yêu cầu về bố trí cốt thép trong tiết diện (chiều dày lớp bảo vệ, khoảng cách giữa các cốt thép) và yêu cầu về neo cốt thép.

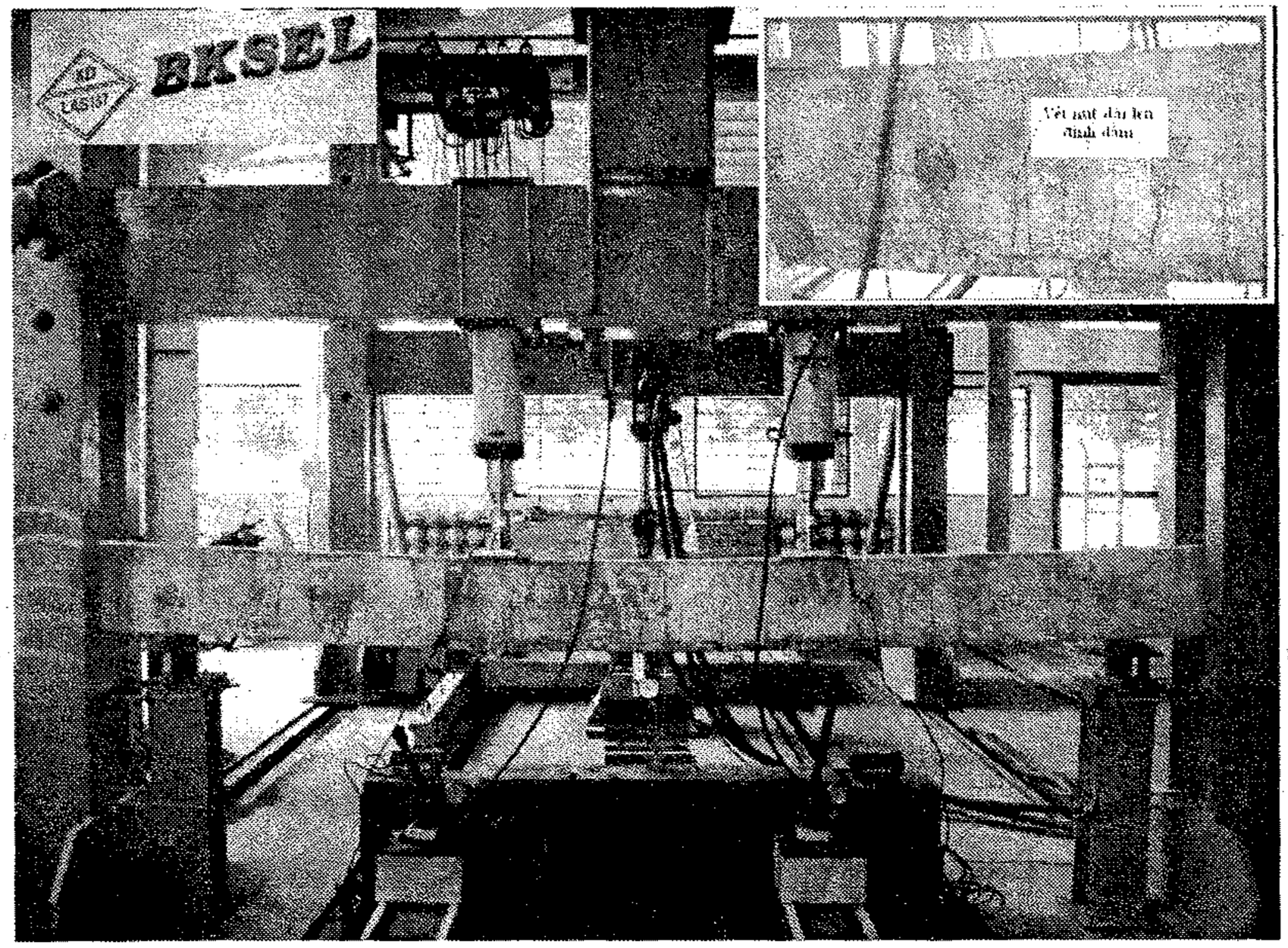
Cấp độ bền chịu nén bêtông thường dùng: B15, B20, B25,...

Cốt thép: cốt dọc: d = 12 ⟶ 30 mm; cốt đai: d = 6, 8mm.









Hình 4.2 *Thí nghiệm dầm BTCT*

Thí nghiệm dầm BTCT đơn giản (H 4.2).

Khi tải trọng còn nhỏ dầm còn nguyên vẹn, chưa xuất hiện khe nứt. Khi tải trọng đủ lớn, ta thấy khe nứt đầu tiên xuất hiện:

- Khe nứt thẳng góc với trục dầm tại nơi có momen lớn nhất (M_{max}).
- Khe nứt nghiêng so với trục dầm tại nơi có lực cắt lớn nhất (Q_{max}).

Việc khe nứt nào xuất hiện trước hay đồng thời xuất hiện cùng lúc là tùy thuộc vào cách bố trí cốt thép trong dầm. Khi tải trọng khá lớn, dầm có thể bị phá hoại tại tiết diện có khe nứt thẳng góc hoặc tại tiết diện có vết nứt nghiêng.

Việc tính toán dầm theo cường độ chính là bảo đảm dầm không bị phá hoại trên tiết diện thẳng góc gọi là *tính toán cường độ trên tiết diện thẳng góc* và không bị phá hoại trên tiết diện nghiêng gọi là *tính toán cường độ trên tiết diện nghiêng*.

Trong quá trình thí nghiệm, độ võng của dầm tăng dần lên, do đó để bảo đảm việc sử dụng cấu kiện bình thường thì phải kiểm tra biến dạng (độ võng) và sự hình thành khe nứt của dầm.

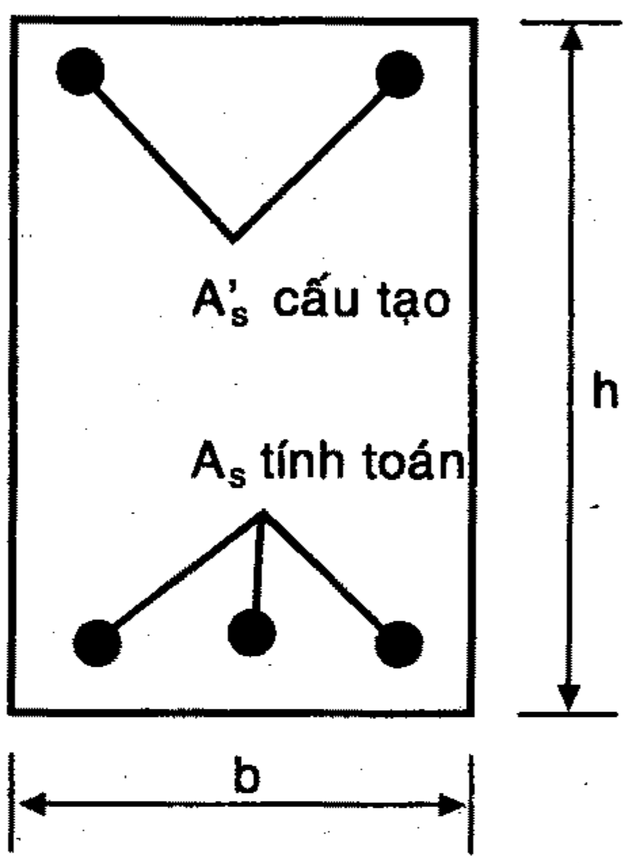
Kết luận: Tính toán kết cấu BTCT theo phương pháp "*trạng thái giới hạn*" là phải tiến hành tính toán theo cường độ và theo biến dạng.

4.2 TÍNH TOÁN CƯỜNG ĐỘ CỦA CẤU KIỆN CHỊU UỐN TRÊN TIẾT DIỆN THẲNG GÓC (TTGH1)

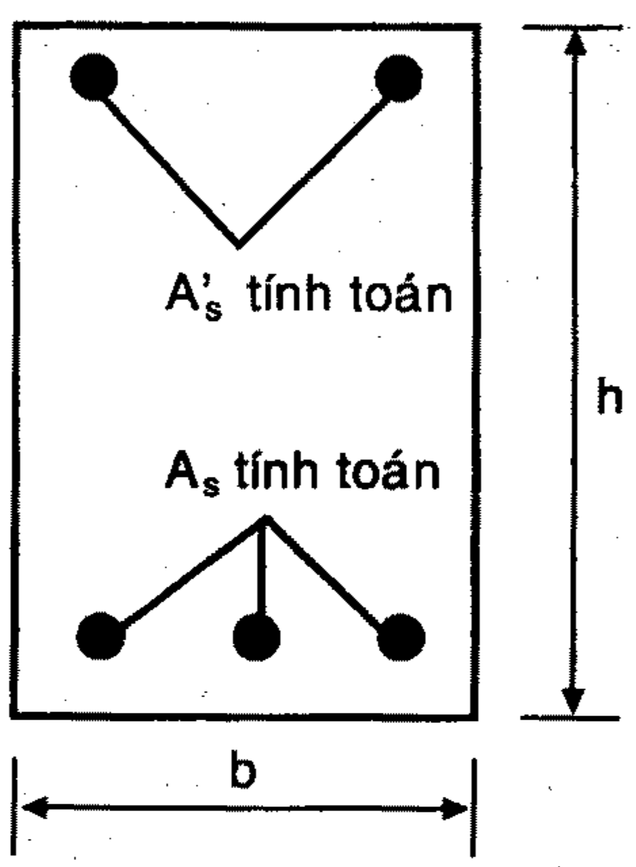
Có hai trường hợp đặt cốt thép:

Cốt đơn: trong cấu kiện chỉ có cốt thép chịu kéo A_s (theo tính toán) còn cốt chịu nén A'_s đặt theo cấu tạo.

Cốt kép: khi có cả cốt thép chịu kéo A_s và cốt thép chịu nén A'_s (theo tính toán).



Hình 4.3 Dầm đặt cốt đơn



Hình 4.4 Dầm đặt cốt kép

4.3 CẤU KIỆN TIẾT DIỆN CHỮ NHẬT

4.3.1 Cấu kiện tiết diện chữ nhật đặt cốt đơn

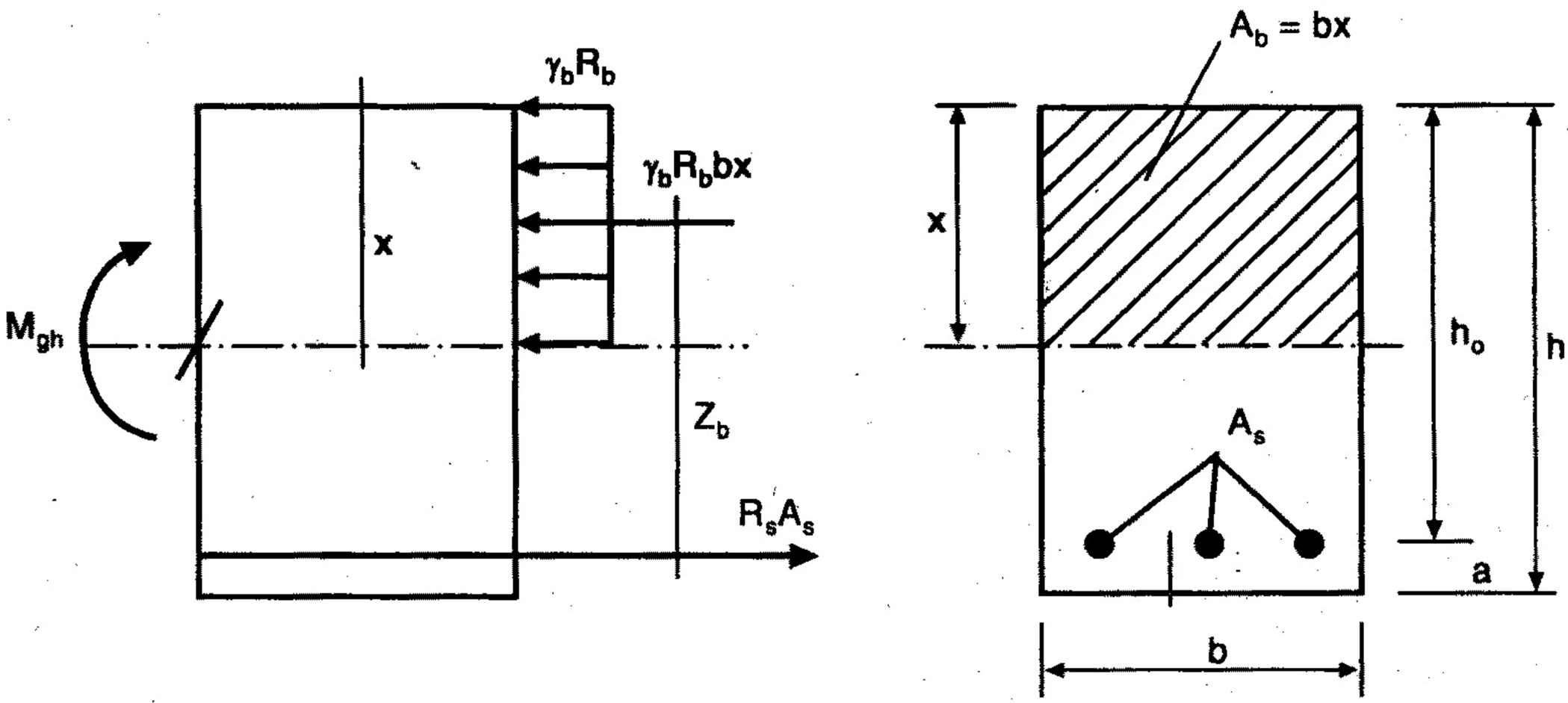
Nhằm tận dụng hết khả năng chịu lực (tiết kiệm vật liệu) của vật liệu bêtông và cốt thép, lấy giai đoạn III (Giai đoạn phá hoại) trường hợp phá hoại thứ 1 của trạng thái ứng suất - biến dạng làm cơ sở tính toán.

4.3.1.1 Các giả thiết tính toán

- Ứng suất trong vùng bêtông chịu nén đạt đến cường độ chịu nén tính toán R_b.
- Sơ đồ ứng suất của bêtông vùng chịu nén có dạng hình chữ nhật.
- Bỏ qua miền bêtông chịu kéo.
- Ứng suất trong cốt thép chịu kéo A_s đạt đến cường độ chịu kéo tính toán R_s.

Share-connect.blogspot.com

4.3.1.2 Sơ đồ ứng suất



M_{gh} - momen giới hạn; x- chiều cao miền bêtông chịu nén

a- khoảng cách từ mép bêtông chịu kéo đến trọng tâm nhóm cốt thép chịu kéo A_s

$h_o = h - a$ - chiều cao có ích của tiết diện

R_s- cường độ chịu kéo tính toán của cốt thép

R_b- cường độ chịu nén tính toán của bêtông

$A_b = b.x$- diện tích vùng bêtông chịu nén

Z_b- cánh tay đòn ngẫu lực.

Hình 4.5 *Sơ đồ ứng suất của tiết diện đặt cốt đơn*

4.3.1.3 Các phương trình cân bằng

Phương trình cân bằng momen:

$$\sum M / A_s = 0 \Leftrightarrow M \le M_{gh} = \gamma_b R_b bx(h_o - 0{,}5x) \qquad (4.1)$$

$$\sum M / A_b = 0 \Leftrightarrow M \le M_{gh} = R_s A_s(h_o - 0{,}5x) \qquad (4.2)$$

Phương trình cân bằng lực (hình chiếu):

$$\sum X = 0 \Leftrightarrow R_s A_s = \gamma_b R_b bx \qquad (4.3)$$

4.3.1.4 Điều kiện hạn chế

Để bảo đảm phá hoại dẻo thì cốt thép A_s không được quá nhiều tức là cần phải hạn chế A_s, tương ứng với nó là hạn chế chiều cao vùng bêtông chịu nén x. Nghiên cứu thực nghiệm cho biết rằng trường hợp phá hoại dẻo xảy ra khi:

$$\xi = \frac{x}{h_o} \le \xi_R \tag{4.4}$$

trong đó:
$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{sR}}{\sigma_{sc.u}}(1 - \frac{\omega}{1,1})} \tag{4.5}$$

với: ω - đặc trưng vùng chịu nén của bêtông, xác định theo:

$$\omega = \alpha - 0,008\gamma_b R_h \tag{4.6}$$

$\alpha = 0,85$ - đối với bêtông nặng

$\alpha = 0,80$ - đối với bêtông hạt nhỏ nhóm A

$\alpha = 0,75$ - đối với bêtông hạt nhỏ nhóm B , C

σ_{sR} - ứng suất của cốt thép (Mpa) lấy bằng R_s đối với cốt thép có giới hạn chảy thực tế: CI, CII, CIII, A-I, A-II, A-III, A-IIIB, Bp-I.

$\sigma_{sc.u}$ - ứng suất giới hạn của cốt thép ở vùng nén được lấy như sau:

$\sigma_{sc.u} = 500MPa$ - đối với bêtông nặng, bêtông hạt nhỏ khi hệ số điều kiện làm việc của bêtông $\gamma_b < 1$

$\sigma_{sc.u} = 400MPa$ - đối với bêtông nặng, bêtông hạt nhỏ khi hệ số điều kiện làm việc của bêtông $\gamma_b \ge 1$

Giá trị ξ_R tính theo (4.5) đã được tính sẵn cho trong phụ lục 6.

4.3.1.5 Hàm lượng cốt thép

Thay $x = \xi h_o$ vào (4.3) ta có:

$$R_s A_s = \xi \gamma_b R_b b h_o \tag{4.7}$$

Đặt $\mu = \frac{A_s}{bh_o}$ - hàm lượng cốt thép (4.8)

Trường hợp $x = x_{\max}$ thì:

$$R_s A_{s.\max} = \xi_R \lambda_b R_b b h_o \tag{4.9}$$

Do đó:
$$\mu_{\max} = \frac{A_{s.\max}}{bh_o} = \frac{\xi_R \gamma_b R_b}{R_s} \tag{4.10}$$

$\mu_{\max}$ - Hàm lượng cốt thép lớn nhất.

Đồng thời nếu cốt thép đặt quá ít sẽ xảy ra phá hoại đột ngột ngay sau khi bêtông bị nứt. Để tránh điều đó hàm lượng của cốt thép cần phải bảo đảm không được quá ít, tức:

$$\mu = \frac{A_s}{bh_o} \geq \mu_{min} \tag{4.11}$$

Giá trị μ_{min} (hàm lượng cốt thép nhỏ nhất) được xác định từ điều kiện: khả năng chịu momen của dầm bêtông cốt thép không nhỏ hơn khả năng chịu momen của dầm bêtông (cùng kích thước) không có cốt thép:

$$\mu_{min} = 0{,}05\%. \tag{4.12}$$

Vậy hàm lượng cốt thép trong tiết diện phải thỏa điều kiện:

$$\mu_{min} = 0,05\% \leq \mu\% = \frac{A_s}{bh_o} \times 100 \leq \mu_{max}\% = \frac{\xi_R \lambda_b R_b}{R_s} \times 100 \tag{4.13}$$

4.3.1.6 Tính cốt thép

Có thể trực tiếp dùng các công thức (4.1) đến (4.4) để tính cốt thép, tiết diện bêtông hay tính khả năng chịu lực M của tiết diện. Tuy nhiên để tiện cho việc tính toán bằng công cụ thô sơ người ta thường đổi biến số như sau:

Đặt:

$$\xi = \frac{x}{h_o}; \quad \varsigma = (1 - 0,5\xi); \tag{4.14}$$

$$\alpha_m = \xi(1 - 0,5\xi); \quad \xi = 1 - \sqrt{1 = 2\alpha_m} \tag{4.15}$$

Thế: $x = \xi.h_o$ vào (4.1 - 4.3) rút gọn được:

$$\sum M / A_s = 0 \Leftrightarrow M \leq M_{gh} = \alpha_m \gamma_b R_b b h_o^2 \tag{4.16}$$

$$\sum M / A_b = 0 \Leftrightarrow M \leq M_{gh} = \varsigma \gamma_b R_s A_s h_o \tag{4.17}$$

Phương trình cân bằng lực (hình chiếu):

$$\sum X = 0 \Leftrightarrow R_s A_s = \xi \gamma_b R_b b h_o \tag{4.18}$$

Điều kiện hạn chế:

$$\xi \le \xi_R ; \quad \alpha_m \le \alpha_R = \xi_R(1 - 0,5\xi_R) \tag{4.19}$$

Các hệ số: ξ; ς; α_m - được tính sẵn cho trong phụ lục 7.

Bài toán tính cốt thép được tóm tắt trong sơ đồ số 4.1.

Bài toán kiểm tra khả năng chịu lực được tóm tắt trong sơ đồ số 4.2.

4.3.2 Cấu kiện tiết diện chữ nhật đặt cốt kép

Khi tính cốt đơn mà điều kiện hạn chế (4.4) không thỏa thì phải đặt cốt thép vào vùng bêtông chịu nén A_s'. Trong tiết diện có cả A_s va A_s': tiết diện đặt cốt kép.

Có thể nói: ***điều kiện để đặt cốt kép*** *khi tính cốt đơn mà có:*

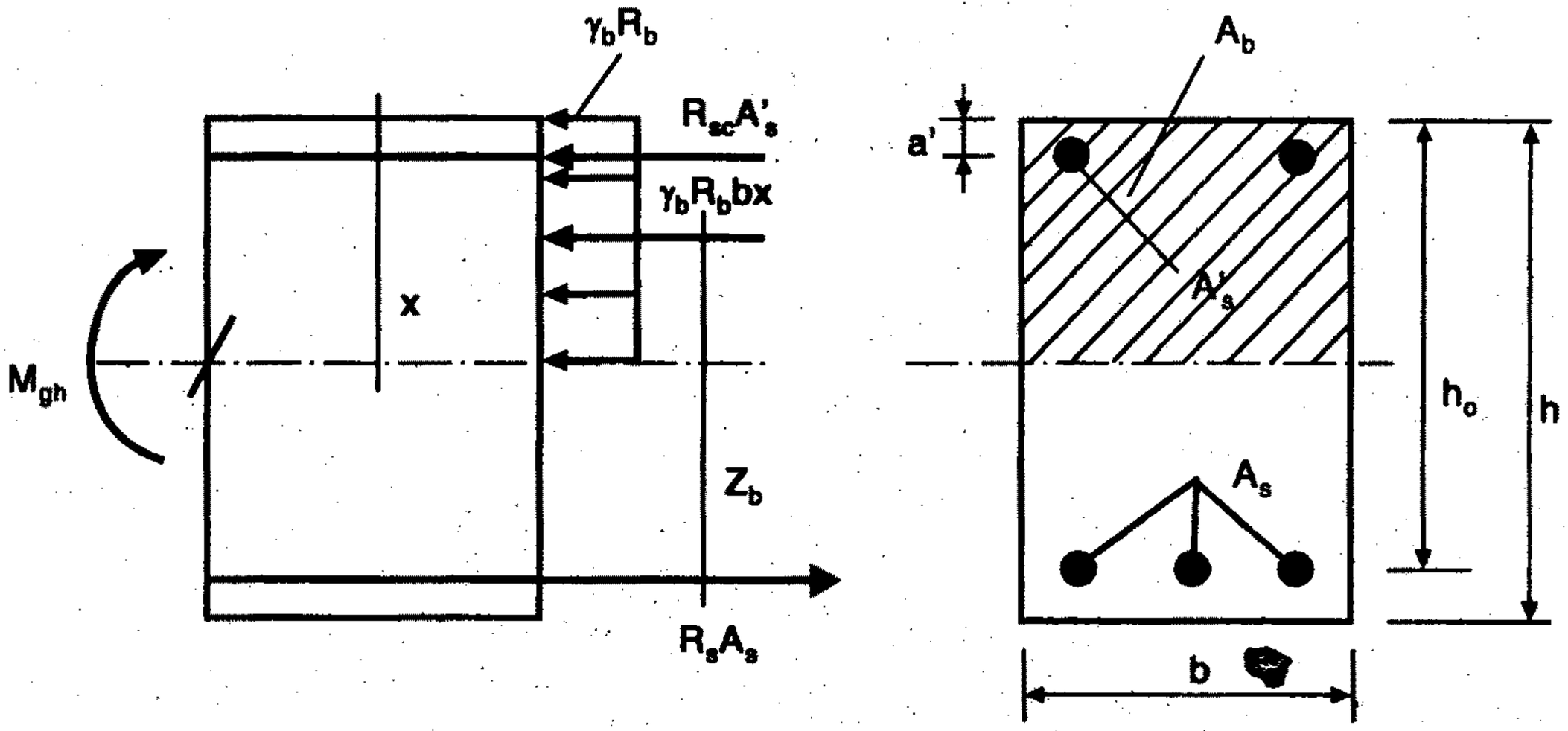
$$x > \xi_R h_o \text{ hoặc } \xi > \xi_R, \ \alpha_m > \alpha_R \tag{4.20}$$

Tuy nhiên không nên đặt quá nhiều cốt thép vào vùng bêtông chịu nén vì lí do kinh tế. Người ta khuyên chỉ đặt cốt kép khi $\alpha_m < 0,5$, còn khi $\alpha_m \ge 0,5$ thì nên tăng kích thước tiết diện cấu kiện hoặc tăng mác bêtông.

4.3.2.1 Các giả thiết tính toán

- Ứng suất trong vùng bêtông chịu nén đạt đến cường độ chịu nén tính toán R_b.
- Sơ đồ ứng suất của bêtông vùng chịu nén có dạng hình chữ nhật.
- Bỏ qua miền bêtông chịu kéo.
- Ứng suất trong cốt thép chịu kéo A_s đạt đến cường độ chịu kéo tính toán R_s.
- Ứng suất trong cốt thép chịu nén A_s' đạt đến cường độ chịu kéo tính toán R_{sc}.

4.3.2.2 Sơ đồ ứng suất



Hình 4.6 *Sơ đồ ứng suất của tiết diện chữ nhật đặt cốt kép*

4.3.2.3 Các phương trình cân bằng

Phương trình cân bằng momen:

$$\sum M / A_s = 0 \Leftrightarrow M \le M_{gh} = \gamma_b R_b bx(h_o - 0,5x) + R_{sc}A'_s(h_o - a') \quad (4.21)$$

Phương trình cân bằng lực (hình chiếu):

$$\sum X = 0 \Leftrightarrow R_s A_s = \gamma_b R_b bx + R_{sc}A'_s \quad (4.22)$$

4.3.2.4 Điều kiện hạn chế

- **Để không bị phá hoại dòn từ phía vùng bêtông chịu nén phải thỏa mãn điều kiện:**

$$\xi = \frac{x}{h_o} \le \xi_R \quad (4.23)$$

- **Để cho ứng suất trong cốt thép chịu nén A'_s đạt đến R_{sc} phải thỏa mãn điều kiện:**

$$x \ge 2a' \quad (4.24)$$

Tương tự như trong cấu kiện đặt cốt đơn:

Thế: $x = \xi.h_o$ vào (4.21), (4.22) rút gọn được:

$$\sum M / A_s = 0 \Leftrightarrow M \le M_{gh} = \alpha_m \gamma_b R_b b h_o^2 + R_{sc} A'_s (h_o - a') \qquad (4.25)$$

Phương trình cân bằng lực (hình chiếu):

$$\sum X = 0 \Leftrightarrow R_s A_s = \xi \gamma_b R_b b h_o + R_{sc} A'_s \qquad (4.26)$$

Điều kiện hạn chế:

$$\xi \le \xi_R; \quad \alpha_m \le \alpha_R = \xi_R (1 - 0,5\xi_R) \qquad (4.27)$$

$x \ge 2a'$

Chú thích:

- Nếu kết quả tính toán từ (4.3), (4.26) mà có $x > \xi_R h_o$ cho phép tính toán theo (4.1), (4.21) chỉ thay thế R_s bằng σ_s

$$\text{Với} \quad \sigma_s = \frac{0,2 + \xi_R}{0,2 + \xi} R_s < R_s \qquad (4.28)$$

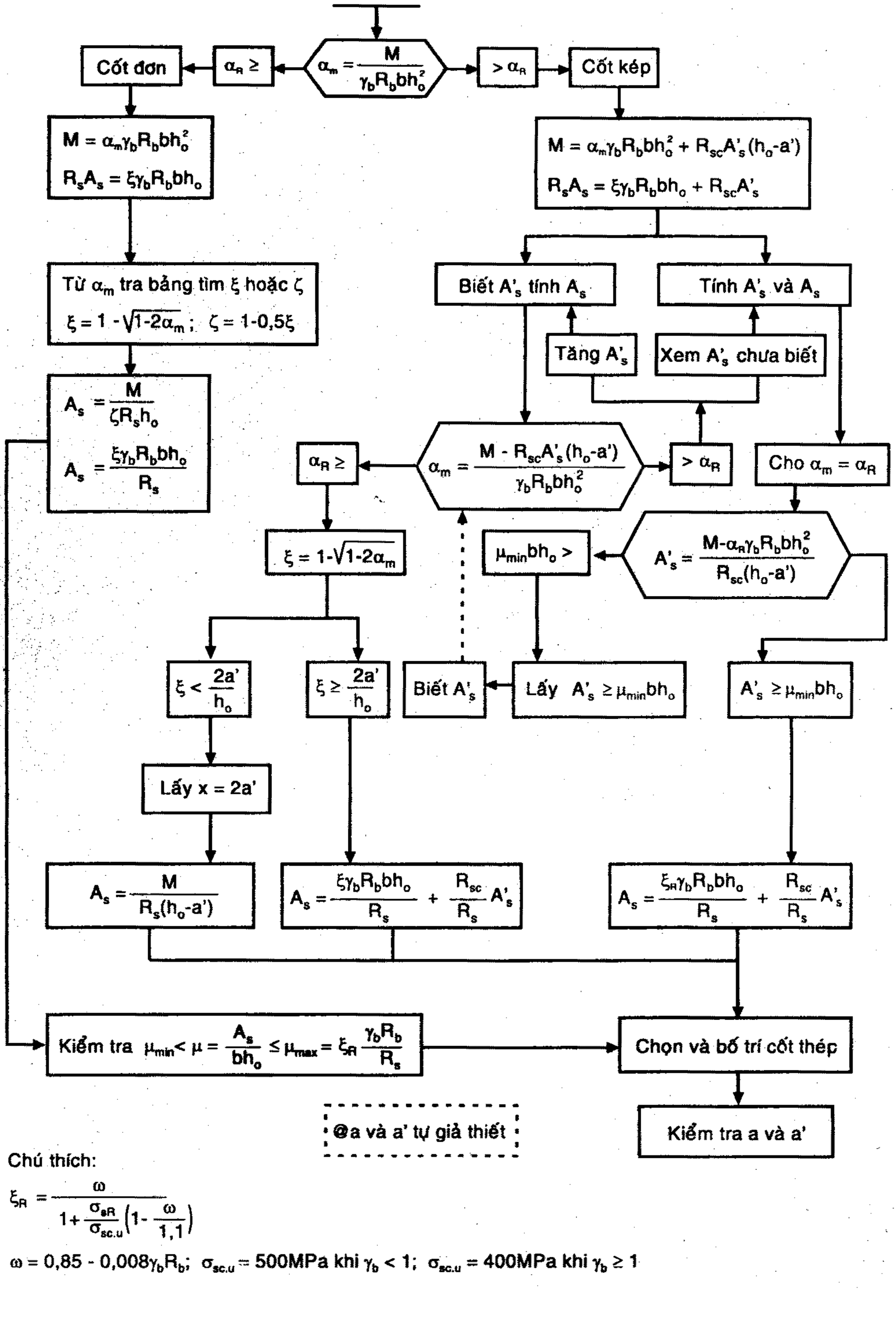
- Riêng đối với các cấu kiện làm từ bêtông cấp độ bền B bằng và thấp hơn B30 và cốt thép: A-I, A-II, A-III, CI, CII, CIII khi $x > \xi_R h_o$ cho phép tính theo (4.1), (4.21) trong đó lấy $x = \xi_R h_o$.

4.3.2.5 Tính cốt thép

Dựa vào các công thức (4.25), (4.26) và (4.27) để tính cốt thép hoặc kiểm tra khả năng chịu lực của cấu kiện, được tóm tắt trong sơ đồ 4.1 và sơ đồ 4.2.

Sơ đồ 4.1 *Tính cốt thép cấu kiện chịu uốn T.D. chữ nhật*

Số liệu: Cho biết $M, (b,h), \gamma_b, R_b, R_s, R_{sc}, a, a'$ *: Tính* A_s, A'_s



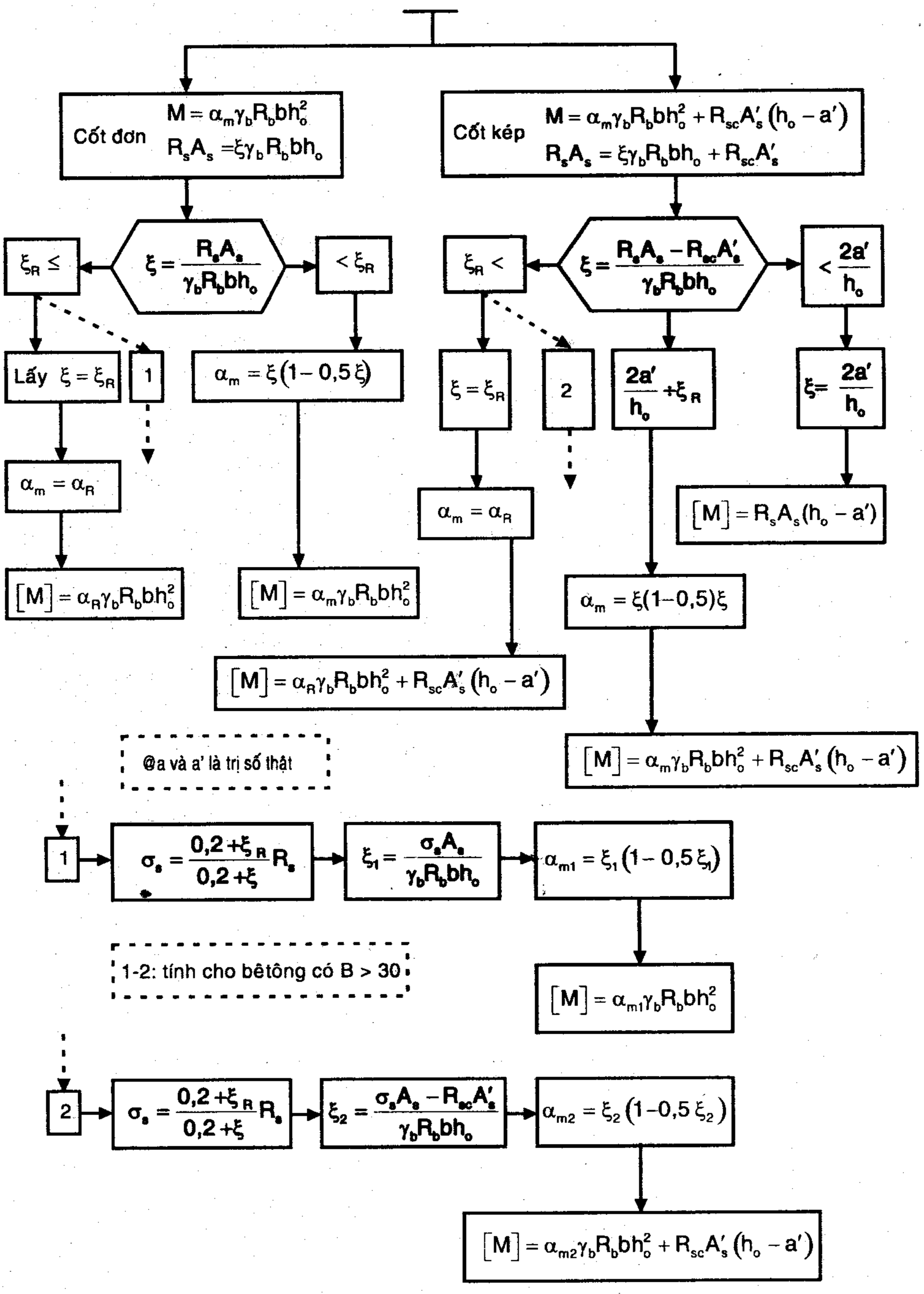
Chú thích:

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{sR}}{\sigma_{sc.u}}\left(1 - \frac{\omega}{1{,}1}\right)}$$

$\omega = 0{,}85 - 0{,}008\gamma_b R_b$; $\sigma_{sc.u} = 500$MPa khi $\gamma_b < 1$; $\sigma_{sc.u} = 400$MPa khi $\gamma_b \geq 1$

Sơ đồ 4.2 *Kiểm tra khả năng chịu lực cấu kiện chịu uốn tiết diện chữ nhật*

Số liệu: Cho biết (b,h), γ_b, R_b, R_s, R_{sc}, A_s, A'_s, a, a' : Tính $[M]$



BÀI TẬP

4.1. Một dầm BTCT đặt cốt đơn có tiết diện: $b = 300mm$, chịu momen $M = 200kN/m$, được thiết kế bằng bêtông nặng có độ bền chịu nén B15 có $R_b = 8{,}5MPa$, hệ số điều kiện làm việc của bêtông $\gamma_b = 0{,}9$. Cốt thép nhóm AII có cường độ tính toán của cốt thép là $R_s = 280MPa$, hệ số điều kiện làm việc của cốt thép $\gamma_{si} = 1$. Xác định chiều cao nhỏ nhất của dầm.

Giải

Tính hệ số ξ_R

$$\omega = 0,85 - 0,008\gamma_b R_b = 0,85 - 0,008 \times 0,9 \times 8,5 = 0,789$$

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{R_s}{\sigma_{sc.u}}(1 - \frac{\omega}{1,1})} = \frac{0,789}{1 + \frac{280}{500}\left(1 - \frac{0,789}{1,1}\right)} = 0,681$$

$$\alpha_R = \xi_R(1 - 0,5\xi_R) = 0,681(1 - 0,5 \times 0,681) = 0,449$$

Hoặc tra bảng: Bêtông có cấp độ bền chịu nén B15 và cốt thép nhóm AII tra bảng được $\xi_R = 0,681$, tương ứng có $\alpha_R = 0,449$.

Cấu kiện đặt cốt đơn nên: $M = \alpha_m \gamma_b R_b b h_o^2$

Chiều cao của tiết diện là nhỏ nhất khi: $\alpha_m = \alpha_R$

Chiều cao có ích của tiết diện:

$$h_o = \sqrt{\frac{M}{\alpha_R \gamma_b R_b b}} = \sqrt{\frac{200 \times 10^6}{0,449 \times 0,9 \times 8,5 \times 300}} = 440mm$$

Giả thiết $a = 40$mm.

Chiều cao tiết diện dầm: $h = h_o + a = 440 + 40 = 480\ mm$

Chọn $h = 500\ mm$.

4.2 Một dầm BTCT đặt cốt đơn có tiết diện ($b = 200$mmm, $h = 300$mm được thiết kế bằng bêtông có cấp độ bền chịu nén B15 có $R_b = 8{,}5MPa$, hệ số điều kiện làm việc của bêtông $\gamma_b = 0{,}9$. Cốt thép nhóm AII có cường độ tính toán của cốt thép là $R_s = 280MPa$,

hệ số điều kiện làm việc của cốt thép $\gamma_{si} = 1$. Cho biết a = 40mm. Hỏi khả năng chịu lực lớn nhất của dầm là bao nhiêu? Lượng cốt thép tương ứng trong trường hợp này là bao nhiêu?

Giải:

Ta biết cấu kiện chữ nhật đặt cốt đơn, phương trình cân bằng:

$$M = \alpha_m \gamma_b R_b b h_o^2$$

Để khả năng chịu lực lớn nhất của dầm thì $\alpha_m = \alpha_R$ hay $\xi = \xi_R$

Bêtông có cấp độ bền chịu nén B15 và cốt thép nhóm AII tra bảng được $\xi_R = 0,681$, tương ứng có $\alpha_R = 0,449$

Vậy khả năng chịu lực lớn nhất của dầm là:

$$[M]_{\max} = \alpha_R \gamma_b R_b b h_o^2 = 0,449 \times 0,9 \times 8,5 \times 200 \times (300 - 40)^2 = 46,44 kNm$$

Hàm lượng cốt thép là: $\mu = \dfrac{A_s}{bh_o}$ hay $A_s = \mu b h_o$

Do đó, để có $A_{s.\max}$ thì $\xi = \xi_R$:

$$\mu_{\max} = \frac{\xi_R \gamma_b R_b}{R_s} = \frac{0,681 \times 0,9 \times 8,5}{280} = 0,0186$$

Vậy diện tích cốt thép lớn nhất là:

$$A_{s.\max} = \mu_{\max} b h_o = 0,0186 \times 200 \times (300 - 40) = 970 mm^2$$

4.3 Một dầm BTCT có tiết diện: b = 300mm, h = 500mm). Chịu momen M = 190kNm. Bêtông có cấp độ bền chịu nén B15 có $R_b = 8,5MPa$, hệ số điều kiện làm việc của bêtông $\gamma_b = 0,9$. Cốt thép nhóm AII có cường độ tính toán của cốt thép là $R_s = 280MPa$, hệ số điều kiện làm việc của cốt thép $\gamma_{si} = 1$. Tính cốt thép.

Giải:

Giả thiết: a = 60mm; $h_o = h - a$ = 440mm

$$\alpha_m = \frac{M}{\gamma_b R_b b h_o^2} = \frac{190 \times 10^6}{0,9 \times 8,5 \times 300 \times 440^2} = 0,428 < \alpha_R = 0,449$$

(cốt đơn thỏa)

Share-connect.blogspot.com

Từ α_m tra bảng hoặc tính ξ từ: $\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m} = 0,62$

Diện tích cốt thép chịu kéo A_s:

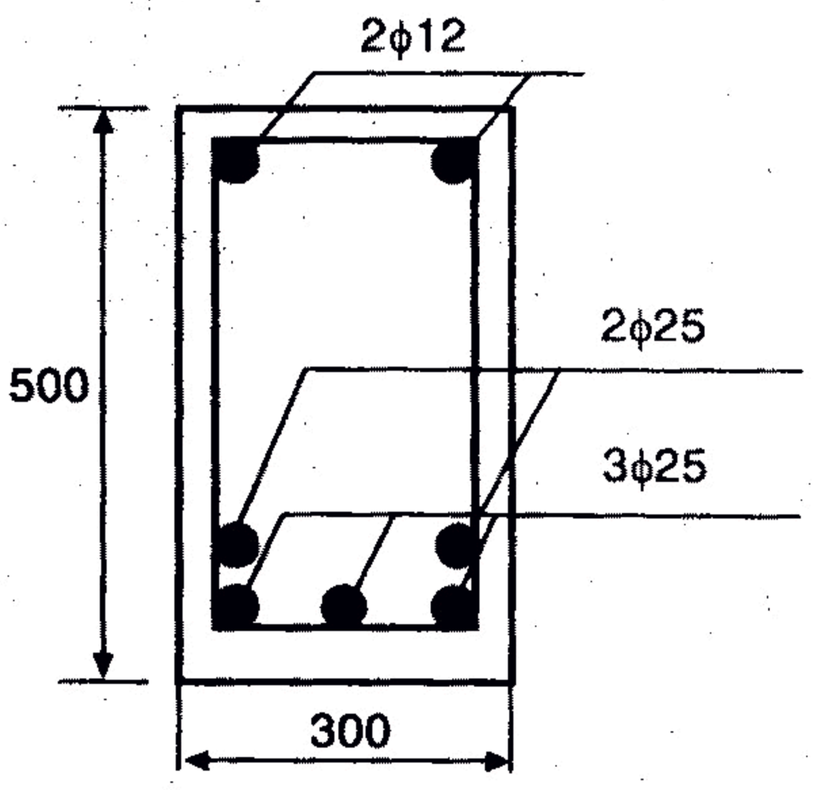
$$A_s = \frac{\xi \gamma_b R_b b h_o}{R_s} = \frac{0,62 \times 0,9 \times 8,5 \times 300 \times 440}{280} = 2234 mm^2.$$

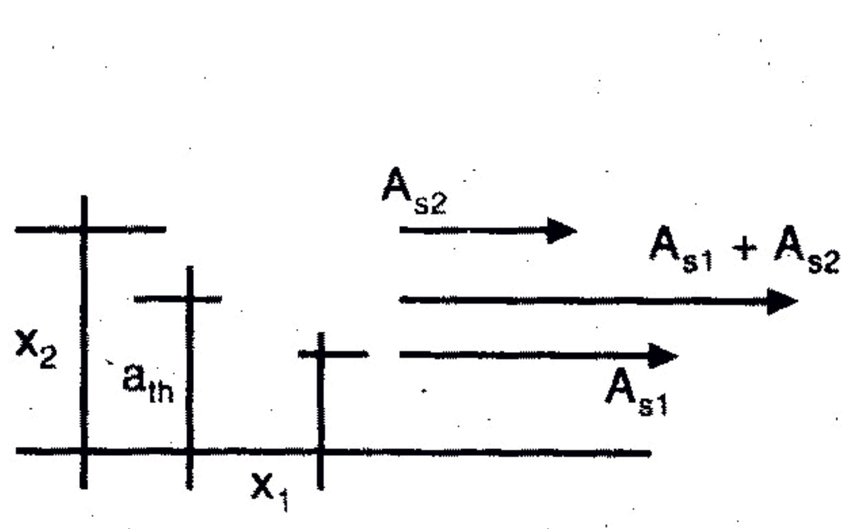
Kiểm tra hàm lượng cốt thép:

$$\mu_{\min} = 0,05\% < \mu = \frac{A_s}{b h_o} = \frac{2234}{300 \times 440} 100 = 1,69\%$$

$$< \mu_{\max} = \xi_R \frac{\gamma_b R_b}{R_s} = 1,86\%$$

Chọn $5\phi25 \left(A_s = 2454,5 mm^2\right)$. Chọn và bố trí cốt thép như hình vẽ.





Sơ đồ tính a_{th}

4.4 Kiểm tra lại khả năng chịu lực của dầm của kết quả tính toán bài (4.3).

Giải

Gọi G là trọng tâm của nhóm cốt thép, đặt:

x_1 - khoảng cách từ mép tiết diện dầm đến trọng tâm của $A_{s1}(3\phi25) = 1472,7 mm^2$: $x_1 = a_o + \phi_1 / 2 = 25 + 25/2 = 37,5 mm$

x_2 - khoảng cách từ mép tiết diện dầm đến trọng tâm của $A_{s2}(2\phi25) = 981,8 mm^2$

$x_2 = a_o + \phi_1 + t + \phi_2 / 2 = 25 + 25 + 25 + 25/2 = 87,5 mm$

a_{th} - khoảng cách từ mép tiết diện dầm đến trọng tâm của $A_{s1} + A_{s2}(5\phi25) = 2454,5 mm^2$

a_{th} tính theo công thức sau:

$$a_{th} = \frac{x_1 A_{s1} + x_2 A_{s2}}{A_{s1} + A_{s2}} = \frac{37,5 \times 1472,7 + 87,5 \times 981,8}{2454,5} = 57,5mm$$

Tính:

$$\xi = \frac{R_s A_s}{\gamma_b R_b b h_o} = \frac{280 \times 2454,5}{0,9 \times 8,5 \times 300 \times (500 - 57,5)} = 0,677 < \xi_R = 0,681$$

Tra bảng hoặc tính $\alpha_m = \xi(1 - 2\xi) = 0,677(1 - 2x0,677) = 0,448$

Khả năng chịu lực của tiết diện dầm.

$$[M] = \alpha_m \gamma_b R_b b h_o^2 = 0,448 \times 0,9 \times 8,8 \times 300 \times (500 - 57,5)^2$$
$$= 201,3kNm$$

$[M] > M$ Vậy dầm đủ khả năng chịu lực.

4.5. Một dầm BTCT có tiết diện: b = 300mm, h = 500mm). Chịu momen $M = 250kNm$. Bêtông có cấp độ bền chịu nén B15 có $R_b = 8,5MPa$, hệ số điều kiện làm việc của bêtông $\gamma_b = 0,9$. Cốt thép nhóm AII có cường độ tính toán của cốt thép là $R_s = 280MPa$, hệ số điều kiện làm việc của cốt thép $\gamma_{si} = 1$. Tính cốt thép.

Giải

Giả thiết $a = 60mm$

Tính $\alpha_m = \frac{M}{\gamma_b R_b b h_o^2} = \frac{250 \times 10^6}{0,9 \times 8,5 \times 300 \times 440^2} = 0,563 > \alpha_R = 0,449$

(cốt đơn không thỏa, tính cốt kép)

Lấy $\alpha_m = \alpha_R$, giả thiết $a' = 40mm$

Cốt thép chịu nén:

$$A_s' = \frac{M - \alpha_R \gamma_b R_b b h_o^2}{R_{sc}(h_o - a')} = \frac{250 \times 10^6 - 0,449 \times 0,9 \times 8,5 \times 300 \times 440^2}{280 \times (440 - 40)} = 450,9mm^2$$

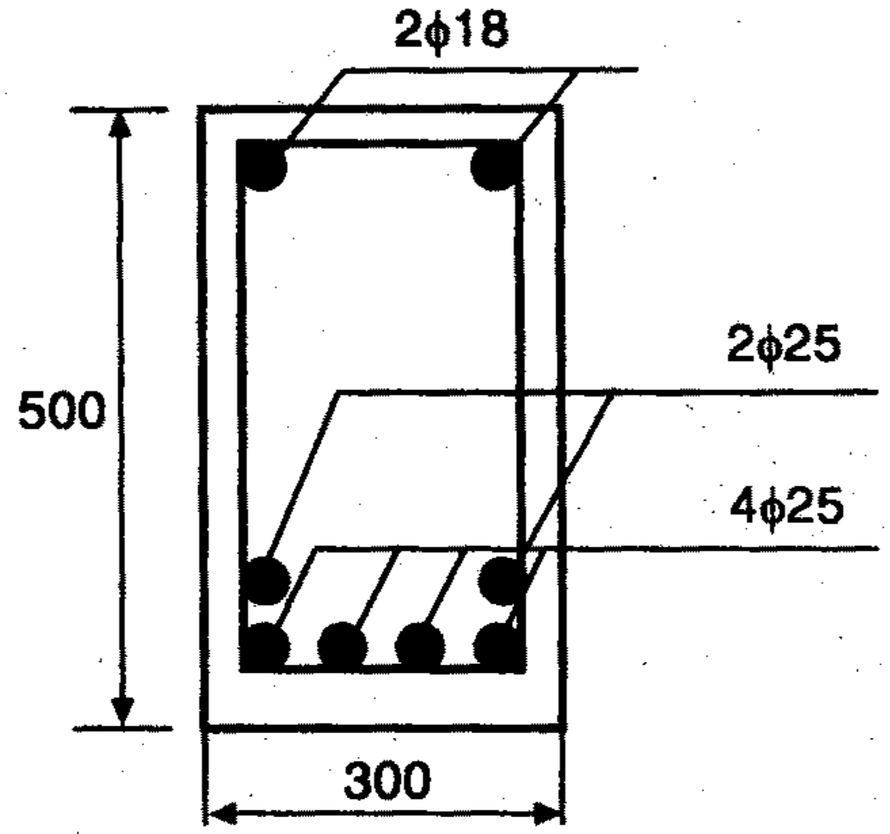
$A_s' > \mu_{\min} b h_o$ (đạt); $x = \xi.h_o > 2a'$. Tính:

Cốt thép chịu kéo:

$$A_s = \frac{\xi_R \gamma_b R_b b h_o}{R_{sc}} + A_s' = \frac{0,681 \times 0,9 \times 8,5 \times 300 \times 440}{280} + 450,9 = 2906,9 mm^2$$

Chọn $6\phi25 \left(A_s = 2945,5 mm^2\right)$; $2\phi18 \left(A_s' = 509 mm^2\right)$

Bố trí cốt thép như hình.



Kiểm tra: a và a'

Tính $a_{tr} = 54,1 mm < a = 60 mm$;

$a_{tr}' = 34 mm < a = 40 mm$

Bố trí cốt thép như trên đủ khả năng chịu lực.

4.6. Một dầm BTCT có tiết diện: b = 300mm, h = 500mm). Chịu momen $M = 250 kNm$. Bêtông có cấp độ bền chịu nén B15 có $R_b = 8,5 MPa$, hệ số điều kiện làm việc của bêtông $\gamma_b = 0,9$. Cốt thép nhóm AII có cường độ tính toán của cốt thép là $R_s = 280 MPa$, hệ số điều kiện làm việc của cốt thép $\gamma_{si} = 1$. Cho biết cốt thép chịu nén $A_s' = 509 mm^3 (2\phi18)$.

Tính cốt thép chịu kéo A_s.

Giải

Giả thiết $a = 60 mm$

Tính $\alpha_m = \dfrac{M}{\gamma_b R_b b h_o^2} = \dfrac{250 \times 10^6}{0,9 \times 8,5 \times 300 \times 440^2} = 0,509 > \alpha_R = 0,449$

(cốt đơn không thỏa, tính cốt kép) chọn $a' = 34mm$

Tính

$$\alpha_m = \frac{M - R_{sc} A'_s (h_o - a')}{\gamma_b R_b b h_o^2} = \frac{250 \times 10^6 - 280 \times 509 \times (440 - 34)}{0,9 \times 8,5 \times 300 \times 440^2}$$

$= 0,432 < \alpha_R = 0,449$

Tính: Từ α_m tra bảng hoặc tính ξ từ: $\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m} = 0,632$

$x = \xi . h_o > 2a'$

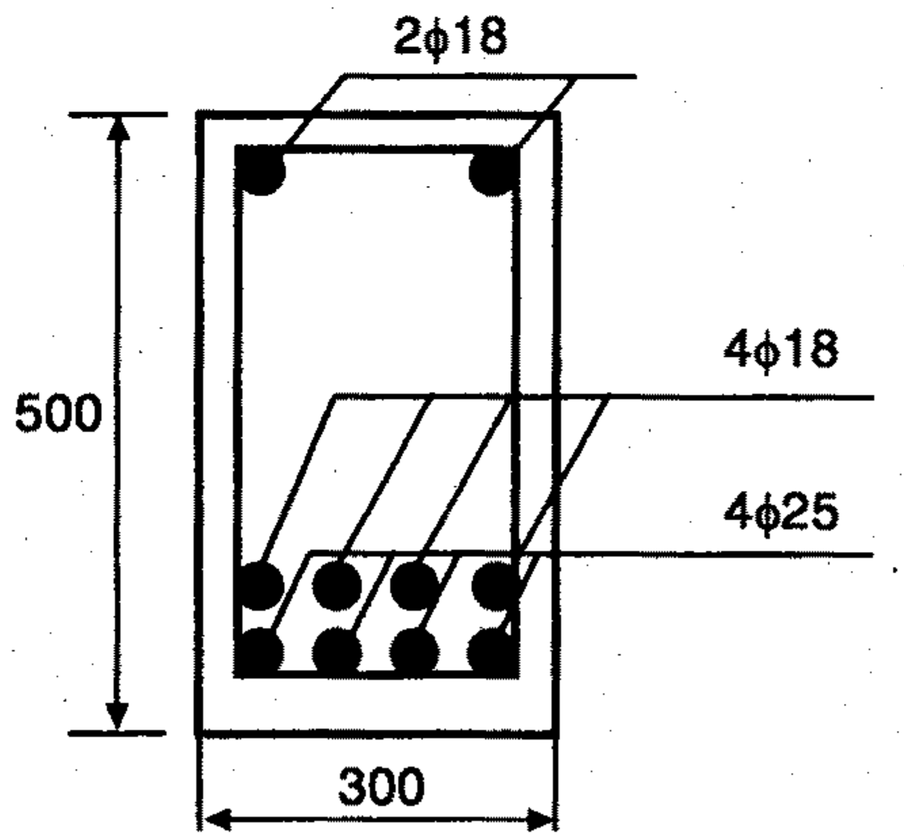
Diện tích cốt thép chịu kéo A_s:

$$A_s = \frac{\xi \gamma_b R_b b h_o}{R_s} + A'_s = \frac{0,632 \times 0,9 \times 8,5 \times 300 \times 440}{280} + 509 = 2790mm^2$$

Chọn $4\phi25 + 4\phi18 \left(A_s = 2973,6mm^2\right)$;

$2\phi18 \left(A'_s = 509mm^2\right)$

Bố trí cốt thép như hình.

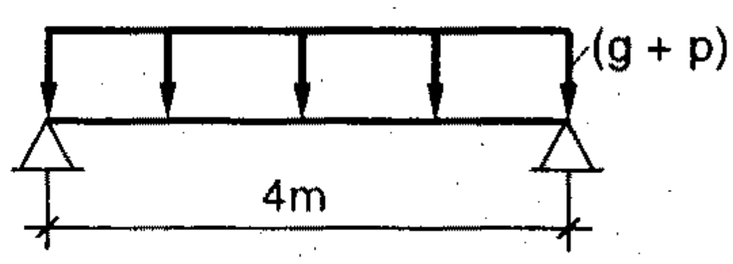


Kiểm tra: a và a' Tính $a_{tr} = 53,4mm < a = 60mm$

$a'_{tr} = 34mm < a = 40mm$ (cách tính a_{tr} xem bài tập 4.4)

4.7. Một dầm BTCT có tiết diện: b = 200mm, h = 300mm). Bêtông có cấp độ bền chịu nén B15 có $R_b = 8{,}5MPa$, hệ số điều kiện làm việc của bêtông $\gamma_b = 0{,}9$. Cốt thép nhóm CI có cường độ tính toán của cốt thép là $R_s = 225MPa$, hệ số điều kiện làm việc của cốt thép $\gamma_{si} = 1$.

Sơ đồ tính toán như hình vẽ, chịu tác dụng của tải trọng gồm: tải trọng tác dụng thường xuyên (tĩnh tải; trọng lượng bản thân) là g, hệ số tin cậy (vượt tải n_g = 1,1) và tải trọng tính toán tác dụng tạm thời (hoạt tải) là $p = 20kN/m$. Tính cốt thép.



Giải

Trọng lượng bản thân dầm:

$$g = n_g \gamma.bh = 1,1 \times 25 \times 0,2 \times 03 = 1,65kN/m$$

Tổng tải trọng: $q = g + p = 20 + 1,65 = 21,65$ kN/m

Momen uốn lớn nhất tại giữa dầm:

$$M = \frac{ql^2}{8} = \frac{21,65 \times 4^2}{8} = 43,3kNm$$

Giả thiết: a =45mm; $h_o = h - a = 255$mm

$$\alpha_m = \frac{M}{\gamma_b R_b b h_o^2} = \frac{43,3 \times 10^6}{0,9 \times 8,5 \times 200 \times 255^2} = 0,435 < \alpha_R = 0,455$$

(cốt đơn thỏa)

Từ α_m tra bảng hoặc tính ξ từ: $\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m} = 0,640$

Diện tích cốt thép chịu kéo A_s:

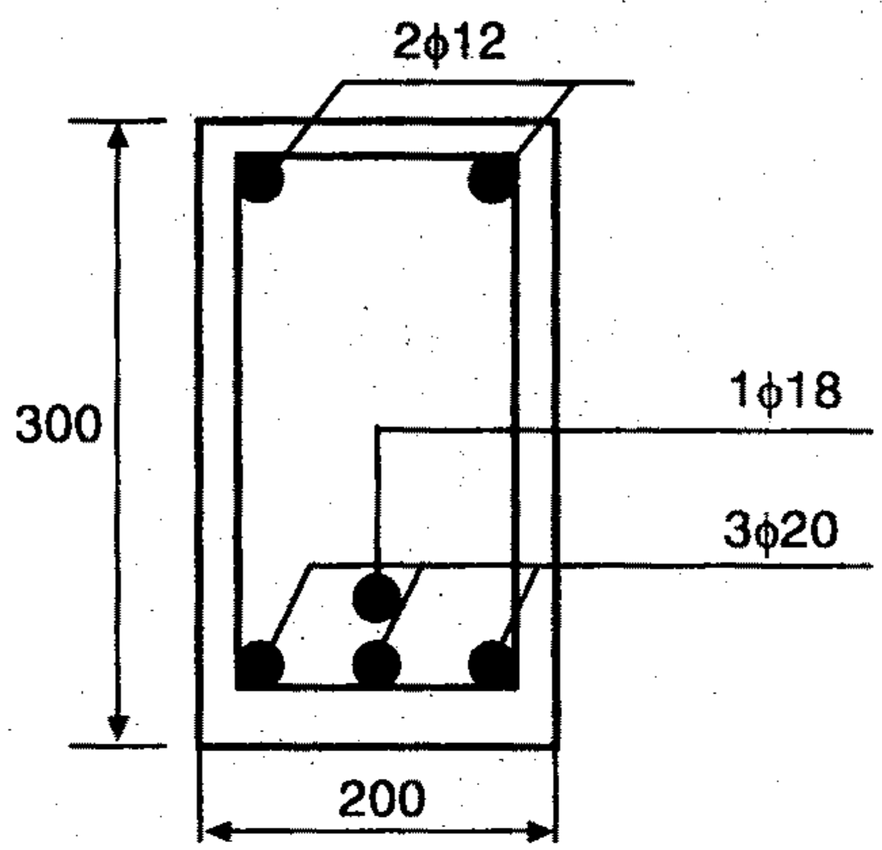
$$A_s = \frac{\xi \gamma_b R_b b h_o}{R_s} = \frac{0,640 \times 0,9 \times 8,5 \times 200 \times 255}{225} = 1110mm^2$$

Kiểm tra hàm lượng cốt thép:

$$\mu_{\min} = 0,05\% < \mu = \frac{A_s}{bh_o} = \frac{1110}{200x255}100 = 2,17\% < \mu_{\max}$$

$$= \xi_R \frac{\gamma_b R_b}{R_s} = 2,38\%$$

Chọn $3\phi20 + 1\phi18(A_s = 1197,1mm^2)$ bố trí cốt thép như hình vẽ.

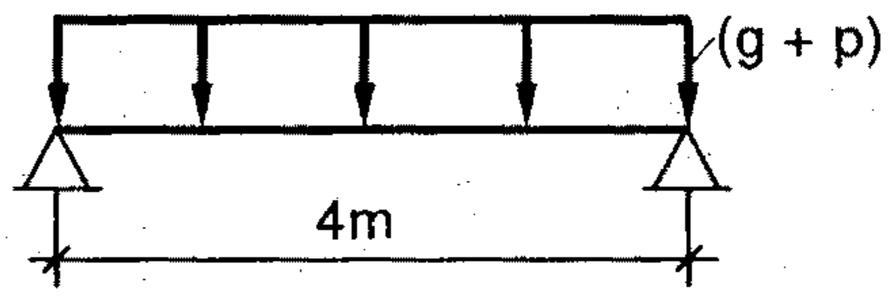


Kiểm tra: a và a'

Tính $a_{tr} = 44,4mm < a = 45mm$ (cách tính a_{tr} xem bài tập 4.4)

4.8. Một dầm BTCT có tiết diện: b = 200mm, h = 300mm). Bêtông có cấp độ bền chịu nén B15 có $R_b = 8,5MPa$, hệ số điều kiện làm việc của bêtông $\gamma_b = 0,9$. Cốt thép nhóm CI có cường độ tính toán của cốt thép là $R_s = 225MPa$, hệ số điều kiện làm việc của cốt thép $\gamma_{si} = 1$.

Sơ đồ tính toán như hình vẽ, chịu tác dụng của tải trọng gồm: tải trọng tác dụng thường xuyên (tĩnh tải; trọng lượng bản thân) là g, hệ số tin cậy (vượt tải n_g = 1,1) và tải trọng tính toán tác dụng tạm thời (hoạt tải) là $p = 22,65kN/m$. Tính cốt thép.



Giải

Trọng lượng bản thân dầm:

$$g = n_g \gamma.bh = 1,1 \times 25 \times 0,2 \times 03 = 1,65kN/m$$

Tổng tải trọng: $q = g + p = 22,65 + 1,65 = 24,3$ kN/m

Momen uốn lớn nhất tại giữa dầm:

$$M = \frac{ql^2}{8} = \frac{24,3 \times 4^2}{8} = 48,6kNm$$

Giả thiết: $a = 45\text{mm}$; $h_o = h - a = 255\text{mm}$

$$\alpha_m = \frac{M}{\gamma_b R_b b h_o^2} = \frac{48,6 \times 10^6}{0,9 \times 8,5 \times 200 \times 255^2} = 0,488 > \alpha_R = 0,455$$

(cốt đơn không thỏa, tính cốt kép). Lấy $\alpha_m = \alpha_R$, giả thiết $a' = 35mm$

Cốt thép chịu nén:

$$A_s' = \frac{M - \alpha_R \gamma_b R_b b h_o^2}{R_{sc}(h_o - a')}$$

$$= \frac{48,6 \times 10^6 - 0,455 \times 0,9 \times 8,5 \times 200 \times 255^2}{225 \times (255 - 35)} = 67,5mm^2$$

A_s' quá nhỏ, chọn $A_s' = 226,2mm^2(2\phi12)$ $a' = 31mm$

Sau khi có A_s', bài toán trở thành biết A_s', tính A_s:

$$\alpha_m = \frac{M - R_{sc} A_s'(h_o - a')}{\gamma_b R_b b h_o^2} = \frac{48,6 \times 10^6 - 225 \times 226,2 \times (255 - 31)}{0,9 \times 8,5 \times 200 \times 255^2}$$

$$= 0,374 < \alpha_R = 0,455$$

Từ α_m tra bảng hoặc tính ξ từ: $\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m} = 0,498$

$$x = \xi . h_o > 2a'$$

Diện tích cốt thép chịu kéo A_s:

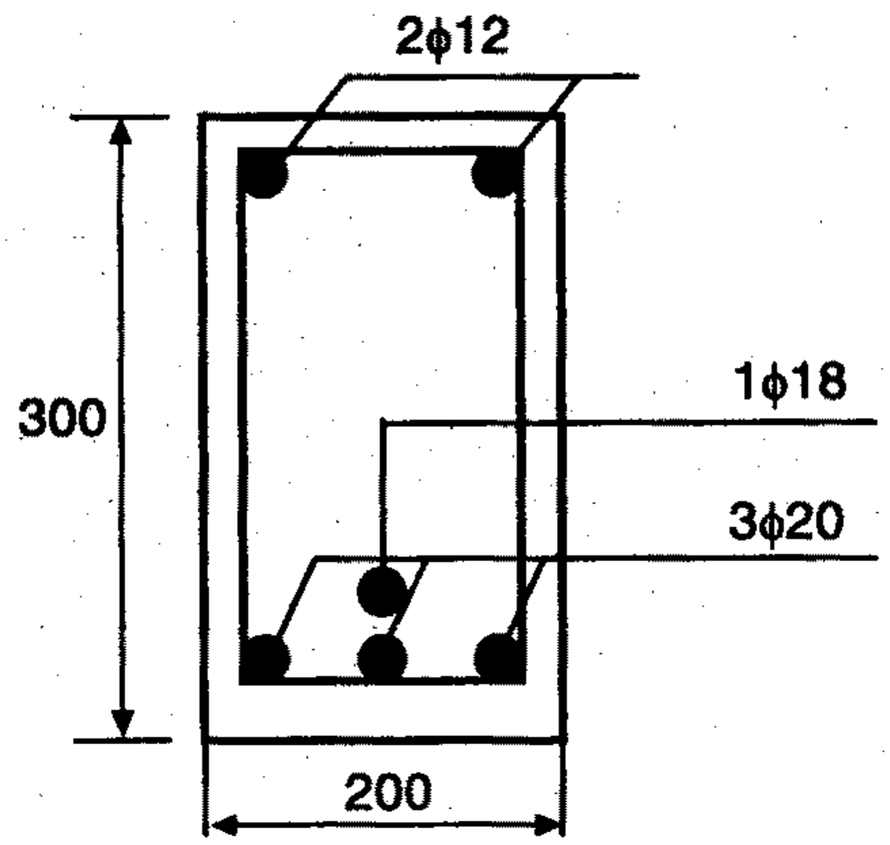
$$A_s = \frac{\xi \gamma_b R_b b h_o}{R_s} + A_s'$$

$$= \frac{0,498 \times 0,9 \times 8,5 \times 200 \times 255}{225} + 226,2 = 1089mm^2$$

Chọn $3\phi20 + 1\phi18\left(A_s = 1197,1mm^2\right)$;

$2\phi12\left(A_s' = 226,2mm^2\right)$

Bố trí cốt thép như hình:



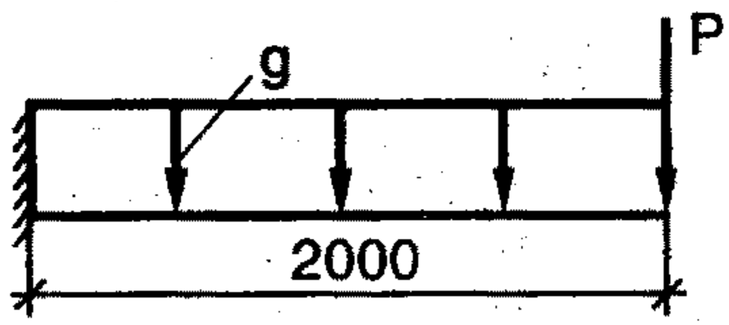
Kiểm tra: a và a'

Tính $a_{tr} = 44,4mm < a = 45mm$ (cách tính a_{tr} xem bài tập 4.4)

$$a'_{tr} = 31mm < a' = 35mm$$

4.9. Một dầm BTCT có tiết diện: b = 200mm, h = 300mm). Bêtông có cấp độ bền chịu nén B15 có $R_b = 8,5MPa$, hệ số điều kiện làm việc của bêtông $\gamma_b = 0,9$. Cốt thép nhóm CII có cường độ tính toán của cốt thép là $R_s = 280MPa$, hệ số điều kiện làm việc của cốt thép $\gamma_{si} = 1$.

Sơ đồ tính toán như hình vẽ, chịu tác dụng của tải trọng gồm: tải trọng tác dụng thường xuyên (tĩnh tải; trọng lượng bản thân) là g, hệ số tin cậy (vượt tải n_g = 1,1) và tải trọng tính toán tác dụng tạm thời (hoạt tải) là $P = 20kN$ Tính cốt thép tại tiết diện nguy hiểm nhất.



Giải

Trọng lượng bản thân dầm:

$$g = n_g \gamma.bh = 1,1 \times 25 \times 0,2 \times 03 = 1,65kN/m$$

Momen uốn lớn nhất tại tiết diện ngàm:

$$M = \frac{gl^2}{2} + Pl = \frac{1,65 \times 2^2}{2} + 20 \times 2 = 43,3kNm$$

Giả thiết: a = 35mm; $h_o = h - a$ = 265mm

$$\alpha_m = \frac{M}{\gamma_b R_b b h_o^2} = \frac{43,3 \times 10^6}{0,9 \times 8,5 \times 200 \times 265^2} = 0,403 < \alpha_R = 0,449$$

Từ α_m tra bảng hoặc tính ξ từ: $\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m} = 0,56$

Diện tích cốt thép chịu kéo A_s:

$$A_s = \frac{\xi \gamma_b R_b b h_o}{R_s} = \frac{0,56 \times 0,9 \times 8,5 \times 200 \times 265}{280} = 810,2mm^2$$

Kiểm tra hàm lượng cốt thép:

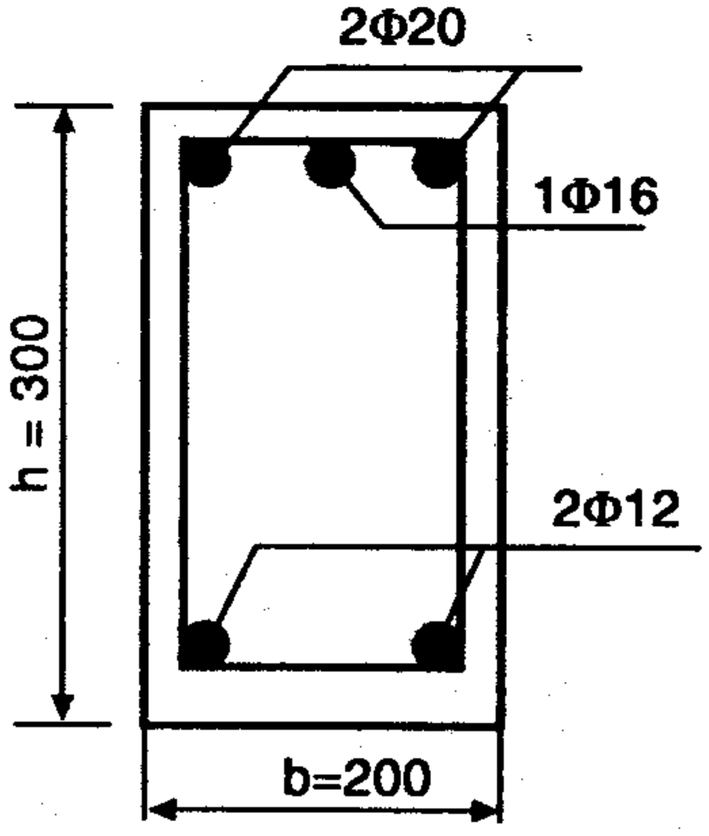
$$\mu_{min} = 0,05\% < \mu = \frac{A_s}{bh_o} = \frac{810,2}{200 \times 255} 100$$

$$= 1,5\% < \mu_{max} = \xi_R \frac{\gamma_b R_b}{R_s} = 1,86\%$$

Chọn $2\phi 20 + 1\phi 16 \left(A_s = 829,5mm^2\right)$

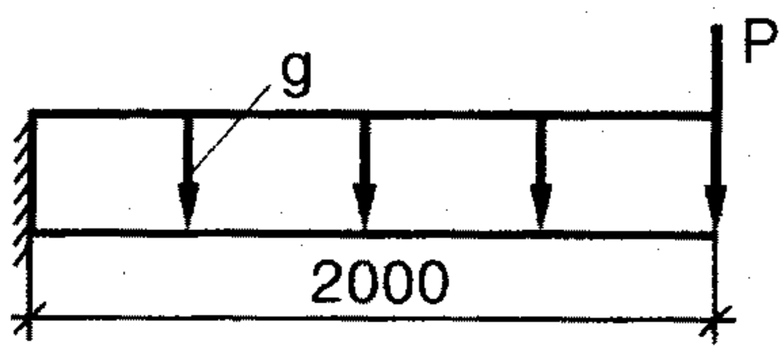
Bố trí cốt thép như hình.

Tính $a_{tr} = 34,5mm < a = 35mm$



4.10. Một dầm BTCT có tiết diện: b = 200mm, h = 300mm). Bêtông có cấp độ bền chịu nén B15 có $R_b = 8{,}5MPa$, hệ số điều kiện làm việc của bêtông $\gamma_b = 0{,}9$. Cốt thép nhóm CII có cường độ tính toán của cốt thép là $R_s = 280MPa$, hệ số điều kiện làm việc của cốt thép $\gamma_{si} = 1$.

Sơ đồ tính toán như hình vẽ, chịu tác dụng của tải trọng gồm: tải trọng tác dụng thường xuyên (tĩnh tải; trọng lượng bản thân) là g, hệ số tin cậy (vượt tải n_g = 1,1) và tải trọng tính toán tác dụng tạm thời (hoạt tải) là là $P = 22{,}65kN$ Tính cốt thép tại tiết diện nguy hiểm nhất.



Giải

Trọng lượng bản thân dầm:

$$g = n_g \gamma.bh = 1,1 \times 25 \times 0,2 \times 03 = 1,65kN/m$$

Momen uốn lớn nhất tại tiết diện ngàm:

$$M = \frac{gl^2}{2} + Pl = \frac{1,65 \times 2^2}{2} + 22,65 \times 2 = 48,6kNm$$

Giả thiết: a = 35mm; $h_o = h - a$ = 265mm

$$\alpha_m = \frac{M}{\gamma_b R_b b h_o^2} = \frac{48,6 \times 10^6}{0,9 \times 8,5 \times 200 \times 265^2} = 0,452 > \alpha_R = 0,449$$

(cốt đơn không thỏa, tính cốt kép) giả thiết $a' = 31mm$

Cốt thép chịu nén: Lấy $\alpha_m = \alpha_R$

$$A_s' = \frac{M - \alpha_R \gamma_b R_b b h_o^2}{R_{sc}(h_o - a')}$$

$$= \frac{48,6 \times 10^6 - 0,449 \times 0,9 \times 8,5 \times 200 \times 265^2}{280 \times (265 - 31)} = 5,5mm^2$$

A_s' quá nhỏ, chọn $A_s' = 226,2mm^2(2\phi12)$ $a' = 31mm$

Sau khi có A_s', bài toán trở thành biết A_s', tính A_s

Share-connect.blogspot.com

$$\alpha_m = \frac{M - R_{sc}A'_s(h_o - a')}{\gamma_b R_b b h_o^2} = \frac{48,6\times10^6 - 280\times226,2\times(265-31)}{0,9\times8,5\times200\times265^2}$$

$$= 0,314 < \alpha_R = 0,449$$

Từ α_m tra bảng hoặc tính ξ từ : $\xi = 1-\sqrt{1-2\alpha_m} = 0,391$

$x = \xi.h_o > 2a'$

Diện tích cốt thép chịu kéo A_s:

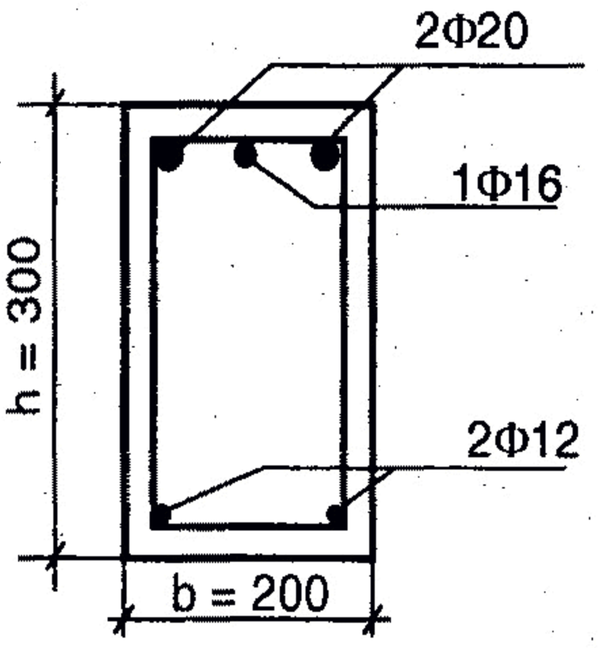
$$A_s = \frac{\xi\gamma_b R_b b h_o}{R_s} + A'_s = \frac{0,356\times0,9\times8,5\times200\times255}{225} + 226,2 = 792mm^2$$

Chọn $2\phi20 + 1\phi16\left(A_s = 829,5mm^2\right)$ $2\phi12\left(A'_s = 226,2mm^2\right)$

Bố trí cốt thép như hình.

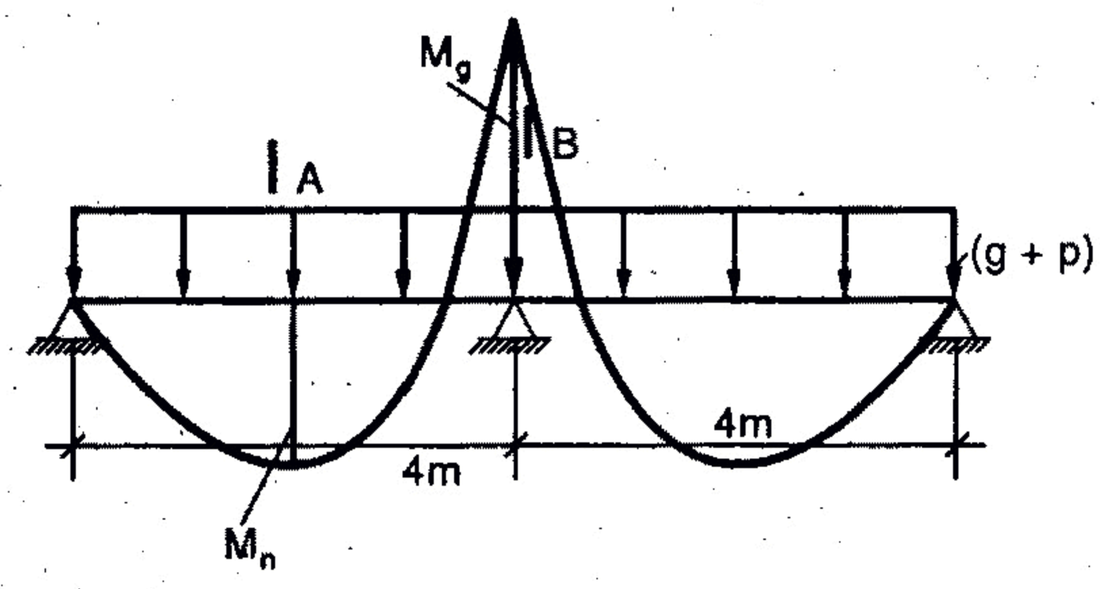
Tính $a_{tr} = 34,5mm < a = 35mm$

$a'_{tr} = 31mm = a' = 31mm$



4.11. Một dầm BTCT có tiết diện: b = 200mm , h = 350mm). Bêtông có cấp độ bền chịu nén B20 có $R_b = 11,5MPa$, hệ số điều kiện làm việc của bêtông $\gamma_b = 0,9$. Cốt thép nhóm CII có cường độ tính toán của cốt thép là $R_s = 280MPa$, hệ số điều kiện làm việc của cốt thép $\gamma_{si} = 1$.

Sơ đồ tính toán, tải trọng tác dụng q = g + p, có biểu đồ momen như hình vẽ. Cho biết momen lớn nhất ở nhịp (A-A) $M_n = 53,452kNm$ và momen lớn nhất gối (B-B) $M_g = 95,45kNm$. Tính cốt thép.



Giải

1- Tính cốt thép ở nhịp (A-A)

Giả thiết: a = 35mm; $h_o = h - a = 315$mm

$$\alpha_m = \frac{M}{\gamma_b R_b b h_o^2} = \frac{53,452 \times 10^6}{0,9 \times 8,5 \times 200 \times 315^2} = 0,26 < \alpha_R = 0,441$$

Từ α_m tra bảng hoặc tính ξ từ: $\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m} = 0,308$

Diện tích cốt thép chịu kéo A_s:

$$A_s = \frac{\xi \gamma_b R_b b h_o}{R_s} = \frac{0,308 \times 0,9 \times 8,5 \times 200 \times 315}{280} = 716,2 mm^2$$

Kiểm tra hàm lượng cốt thép:

$$\mu_{min} = 0,05\% < \mu = \frac{A_s}{b h_o} = \frac{716,2}{200x315} 100 =$$

$$= 1,14\% < \mu_{max} = \xi_R \frac{\gamma_b R_b}{R_s} < 2,4\%$$

Chọn $2\phi16 + 1\phi20 \left(A_s = 716,4 mm^2\right)$ bố trí cốt thép như hình vẽ.

Tính $a_{tr} = 34,5mm < a = 35mm$.

2- Tính cốt thép ở gối (B-B)

Giả thiết: a = 55mm; $h_o = h - a = 295$mm

$$\alpha_m = \frac{M}{\gamma_b R_b b h_o^2} = \frac{95,45 \times 10^6}{0,9 \times 11,5 \times 200 \times 295^2} = 0,53 > \alpha_R = 0,441$$

Tính cốt kép: chọn $A_s' = 402,2 mm^2 (2\phi16)$ dùng cốt thép ở nhịp kéo suốt chiều dài dầm.

Sau khi có A_s', bài toán trở thành biết A_s', tính A_s . $a' = 33mm$

$$\alpha_m = \frac{M - R_{sc} A_s' \left(h_o - a'\right)}{\gamma_b R_b b h_o^2} = \frac{95,45 \times 10^6 - 280 \times 402,2 \times (295 - 33)}{0,9 \times 11,5 \times 200 \times 295^2}$$

$$= 0,366 < \alpha_R = 0,441$$

Từ α_m tra bảng hoặc tính ξ từ: $\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m} = 0,482$

$x = \xi . h_o > 2a'$

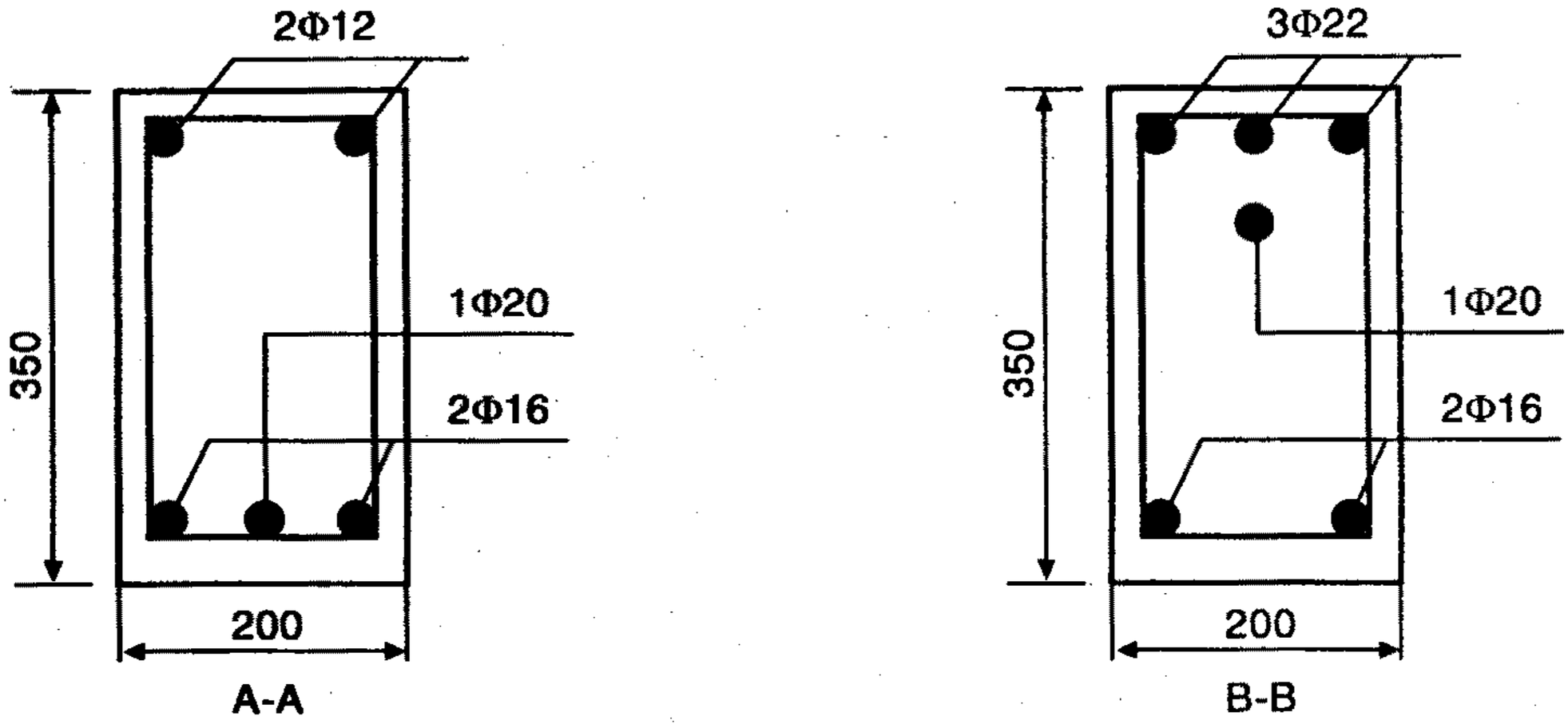
Diện tích cốt thép chịu kéo A_s:

$$A_s = \frac{\xi \gamma_b R_b b h_o}{R_s} + A_s' = \frac{0,482 \times 0,9 \times 11,5 \times 200 \times 295}{280} + 402,2 = 1454 mm^2$$

Chọn $3\phi22 + 1\phi20 \left(A_s = 1454,2 mm^2\right)$; $2\phi12 \left(A_s' = 226,2 mm^2\right)$

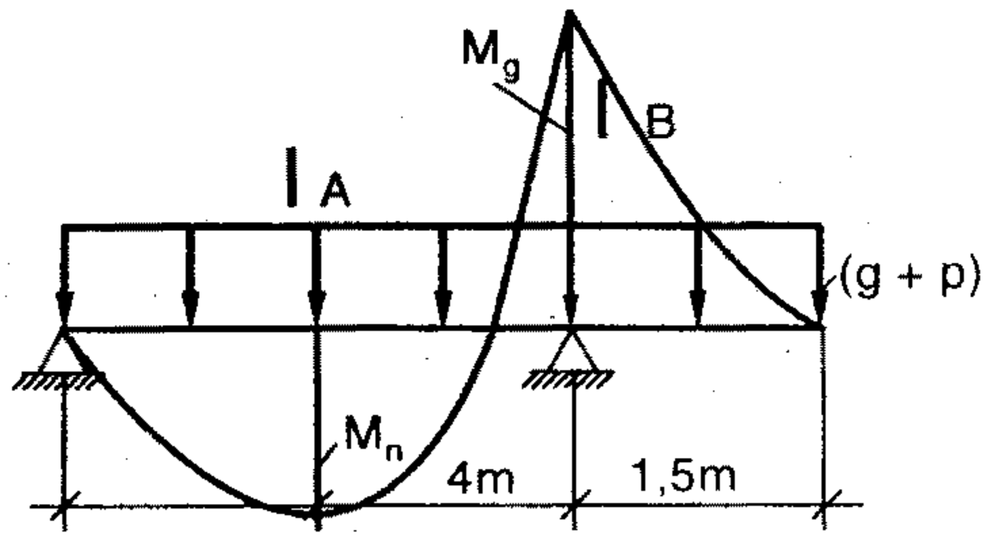
Bố trí cốt thép như hình.

Tính $a_{tr} = 45,9mm < a = 55mm$; $a_{tr}' = 31mm = a' = 31mm$



4.12. Một dầm BTCT có tiết diện: b = 200mm, h = 400mm). Bêtông có cấp độ bền chịu nén B15 có $R_b = 8,5 MPa$, hệ số điều kiện làm việc của bêtông $\gamma_b = 0,9$. Cốt thép nhóm CII có cường độ tính toán của cốt thép là $R_s = 280 MPa$, hệ số điều kiện làm việc của cốt thép $\gamma_{si} = 1$.

Có sơ đồ tính, tải trọng tác dụng q = g + p, biểu đồ mômen xem hình. Cho biết momen lớn nhất ở nhịp (A-A) $M_n = 89,4125 kNm$ và momen lớn nhất gối (B-B) $M_g = 69,975 kNm$. Tính cốt thép.



Giải

1- Tính cốt thép ở gối (B-B)

Giả thiết: a = 55mm; $h_o = h - a$ = 345mm.

$$\alpha_m = \frac{M}{\gamma_b R_b b h_o^2} = \frac{69,975 \times 10^6}{0,9 \times 8,5 \times 200 \times 345^2} = 0,762 < \alpha_R = 0,449$$

Từ α_m tra bảng hoặc tính ξ từ: $\xi = -\sqrt{1-2\alpha_m} = 0{,}519$

Diện tích cốt thép chịu kéo A_s:

$$A_s = \frac{\xi\gamma_b R_b b h_o}{R_s} = \frac{0{,}519 \times 0{,}9 \times 8{,}5 \times 200 \times 345}{280} = 978mm^2$$

Kiểm tra hàm lượng cốt thép:

$$\mu_{\min} = 0{,}05\% < \mu = \frac{A_s}{bh_o} = \frac{978}{200 \times 345}100 = 1{,}42\% < \mu_{\max}$$

$$= \xi_R \frac{\gamma_b R_b}{R_s} < 1{,}86\%$$

Chọn $5\phi16\left(A_s = 1005{,}5mm^2\right)$ bố trí cốt thép như hình vẽ.

Tính $a_{tr} = 49{,}4mm < a = 55mm$.

2- Tính cốt thép ở nhịp (A-A)

Giả thiết: a = 55mm; $h_o = h - a$ = 345mm

$$\alpha_m = \frac{M}{\gamma_b R_b b h_o^2} = \frac{89{,}4125 \times 10^6}{0{,}9 \times 8{,}5 \times 200 \times 345^2} = 0{,}491 > \alpha_R = 0{,}449$$

Tính cốt kép: chọn $A_s' = 402{,}2mm^2(2\phi16)$ dùng cốt thép ở nhịp kéo suốt chiều dài dầm.

Sau khi có A_s', bài toán trở thành biết A_s', tính A_s. $a' = 33mm$

$$\alpha_m = \frac{M - R_{sc}A_s'\left(h_o - a'\right)}{\gamma_b R_b b h_o^2} = \frac{89{,}4125 \times 10^6 - 280 \times 402{,}2 \times (345 - 33)}{0{,}9 \times 8{,}5 \times 200 \times 345^2}$$

$$= 0{,}298 < \alpha_R = 0{,}449$$

Từ α_m tra bảng hoặc tính ξ từ: $\xi = -\sqrt{1-2\alpha_m} = 0{,}364$

$x = \xi.h_o > 2a'$

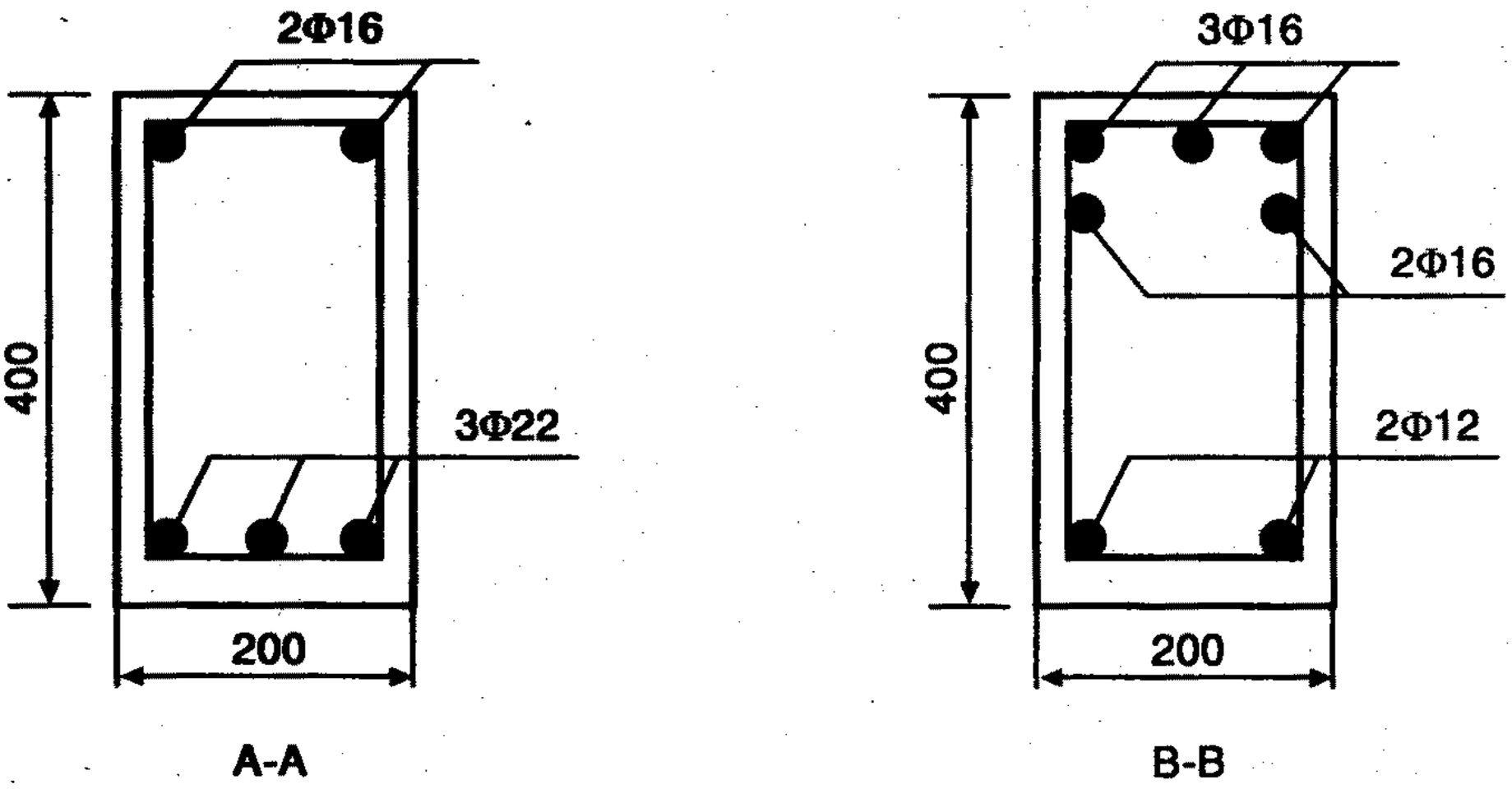
Diện tích cốt thép chịu kéo A_s:

$$A_s = \frac{\xi\gamma_b R_b b h_o}{R_s} + A_s' = \frac{0{,}364 \times 0{,}9 \times 8{,}5 \times 200 \times 345}{280} + 402{,}2 = 1089mm^2$$

Chọn $3\phi22\left(A_s = 1140{,}3mm^2\right)$; $2\phi16\left(A_s' = 402{,}2mm^2\right)$

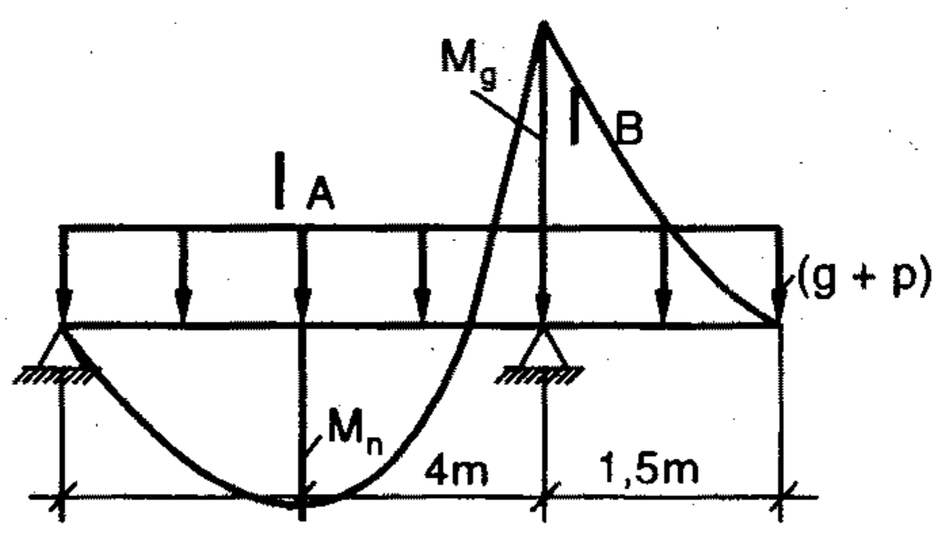
Bố trí cốt thép như hình vẽ.

Tính $a_{tr} = 36mm < a = 55mm$; $a'_{tr} = 33mm = a' = 33mm$



4.13. Một dầm BTCT có tiết diện: $b = 200$mm , $h = 300$mm*)*. **Bêtông có cấp độ bền chịu nén B15 có** $R_b = 8{,}5MPa$, **hệ số điều kiện làm việc của bêtông** $\gamma_b = 0{,}9$. **Cốt thép nhóm CII có cường độ tính toán của cốt thép là** $R_s = 280MPa$, **hệ số điều kiện làm việc của cốt thép** $\gamma'_{si} = 1$.

Có sơ đồ tính, tải trọng tác dụng q = g + p, biểu đồ mômen xem hình. Cho biết momen lớn nhất ở nhịp (A-A) $M_n = 89{,}4125kNm$ **và momen lớn nhất gối (B-B)** $M_g = 69{,}975kNm$ **. Tính cốt thép.**



Giải

1- Tính cốt thép ở gối (B-B)

Giả thiết: $a = 55$mm; $h_o = h - a = 245$mm

$$\alpha_m = \frac{M}{\gamma_b R_b b h_o^2} = \frac{69,975 \times 10^6}{0,9 \times 8,5 \times 200 \times 245^2} = 0,762 > \alpha_R = 0,449$$

Tính cốt kép, $a' = 35mm$

$$A_s' = \frac{M. - \alpha_R \gamma_b R_b b h_o^2}{R_{sc}(h_o - a')}$$

$$= \frac{69,975 \times 10^6 - 0,449 \times 0,9 \times 8,5 \times 200 \times 245^2}{280 \times (245 - 35)} = 489 mm^2$$

$$A_s = \frac{\xi_R \gamma_b R_b b h_o}{R_s} + A_s' = \frac{0,681 \times 0,9 \times 8,5 \times 200 \times 245}{280} + 489 = 1400 mm^2$$

Chọn $6\phi18 \left(A_s = 1527 mm^2\right)$; $2\phi18 \left(A_s' = 509 mm^2\right)$

2- Tính cốt thép ở nhịp (A-A)

Giả thiết: a = 55mm; $h_o = h - a$ = 245mm

$$\alpha_m = \frac{M}{\gamma_b R_b b h_o^2} = \frac{89,4125 \times 10^6}{0,9 \times 8,5 \times 200 \times 245^2} = 0,974 > \alpha_R = 0,449$$

Tính cốt kép, $a' = 35mm$

$$A_s' = \frac{M - \alpha_R \gamma_b R_b b h_o^2}{R_{sc}(h_o - a')}$$

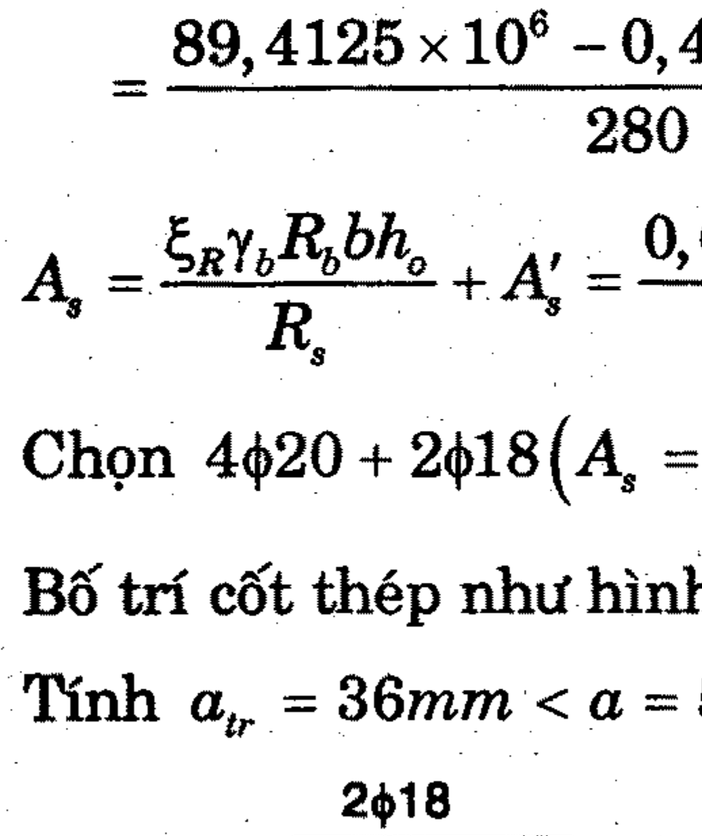
$$= \frac{89,4125 \times 10^6 - 0,449 \times 0,9 \times 8,5 \times 200 \times 245^2}{280 \times (245 - 35)} = 819,2 mm^2$$

$$A_s = \frac{\xi_R \gamma_b R_b b h_o}{R_s} + A_s' = \frac{0,681 \times 0,9 \times 8,5 \times 200 \times 245}{280} + 819,5 = 1731 mm^2$$

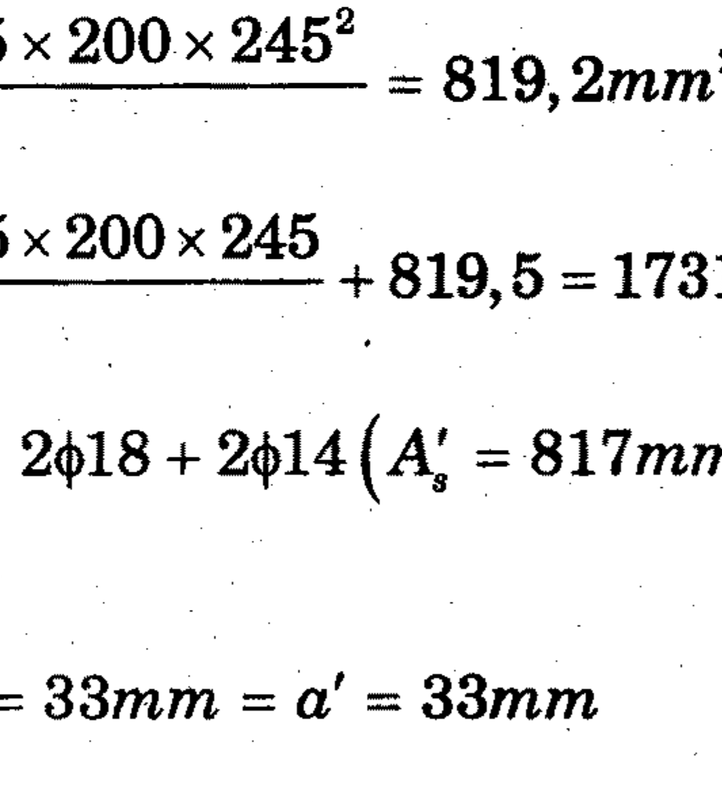
Chọn $4\phi20 + 2\phi18 \left(A_s = 1766 mm^2\right)$; $2\phi18 + 2\phi14 \left(A_s' = 817 mm^2\right)$

Bố trí cốt thép như hình vẽ.

Tính $a_{tr} = 36mm < a = 55mm$; $a_{tr}' = 33mm = a' = 33mm$



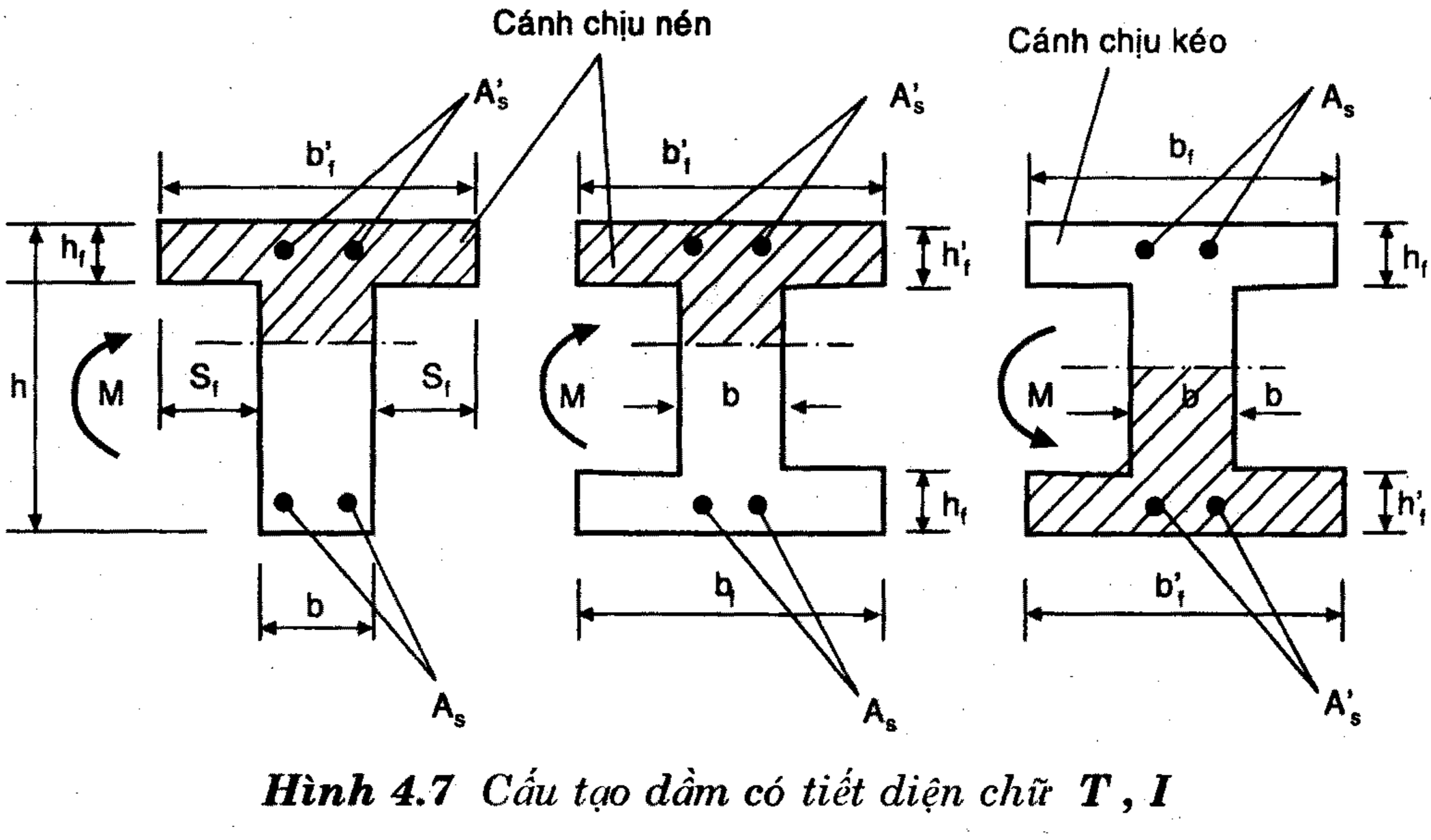
A-A



B-B

4.4 CẤU KIỆN TIẾT DIỆN CHỮ I, T (có bản cánh chịu nén)

4.4.1 Đặc điểm cấu tạo



Hình 4.7 *Cấu tạo dầm có tiết diện chữ* ***T , I***

Các ký hiệu kích thước tiết diện ngang của tiết diện chữ T , I

b'_f, h'_f - **chiều rộng, chiều cao bản cánh chịu nén**

b_f, h_f - **chiều rộng, chiều cao bản cánh chịu kéo**

S_f - **bề rộng mỗi bên của bản cánh**

b - **chiều rộng của sườn**

h - **chiều cao của dầm**

Giá trị b'_f dùng để tính toán: $b'_f = b + 2S_f$, trong đó S_f được lấy từ điều kiện:

- Đối với dầm độc lập S_f lấy như sau:

+ Khi $h'_f > 0,1h$ thì $S_f = 6h'_f$

+ Khi $0,05h \le h'_f < 0,1h$ thì $S_f = 3h'_f$

+ Khi $h'_f < 0,05h$ thì $S_f = 0$ (tính như tiết diện chữ nhật b×h)

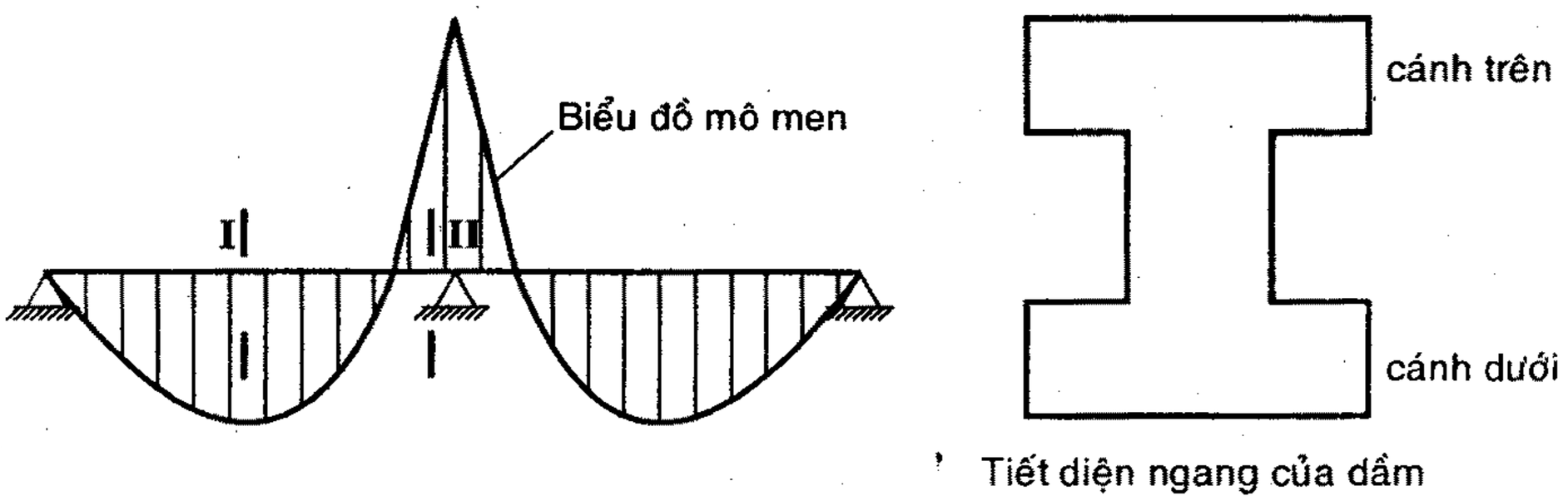
Tiết diện chữ **T** gồm có cánh và sườn, cánh có thể nằm trong vùng nén hoặc nằm trong vùng kéo, tùy thuộc vào phương momen.

Tiết diện chữ **I** thì có một bản cánh nằm trong vùng nén và một bản cánh nằm trong vùng kéo cũng tùy thuộc vào phương momen.

Việc xác định bản cánh nào nằm trong vùng kéo là hết sức quan trọng khi tính cho tiết diện chữ **I** hoặc chữ **T**.

Có thể xác định bản cánh nào nằm trong miền kéo là chủ yếu dựa vào biểu đồ momen. Theo qui ước của môn cơ học kết cấu, biểu đồ mômen luôn được vẽ ở vùng kéo.

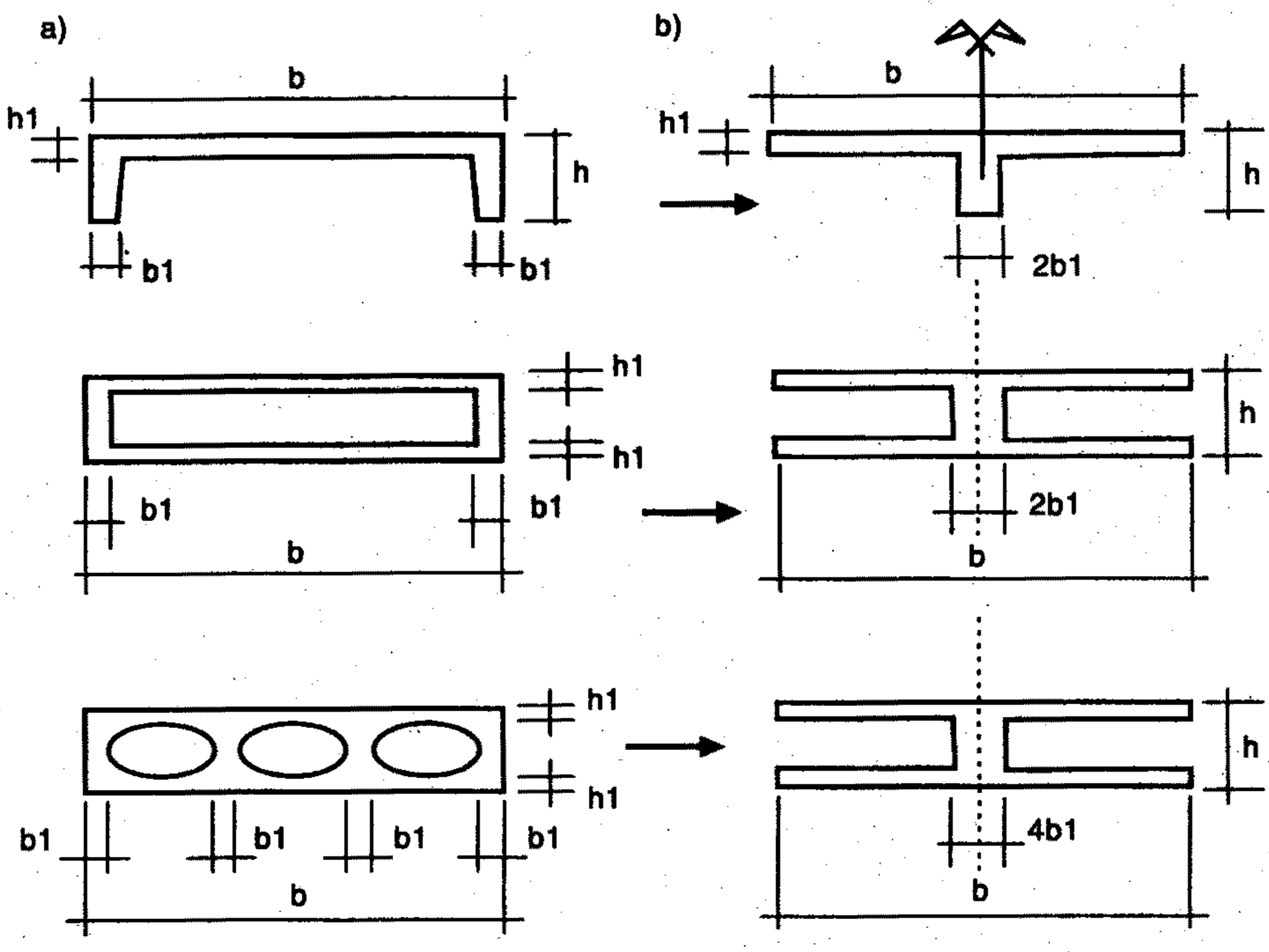
Ví dụ: một dầm liên tục có biểu đồ momen, tiết diện của dầm là chữ **I** như hình sau.



Hình 4.8 *Cách xác định cánh chịu kéo của dầm chữ T*

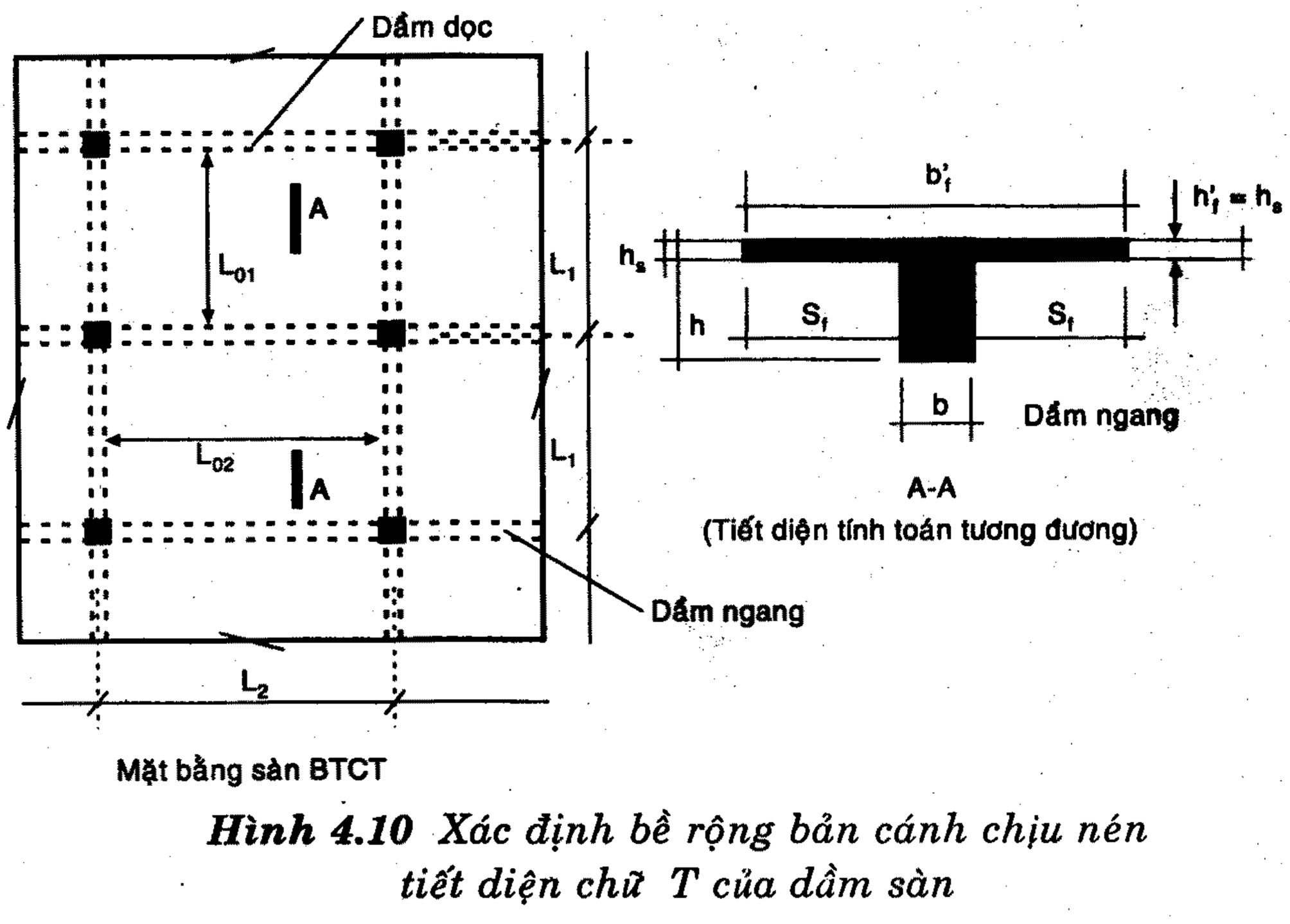
Tại tiết diện **I** (ở nhịp): bản cánh phía dưới của tiết diện chữ **I** nằm trong vùng kéo. Còn tại tiết diện **II** (ở gối) thì bản cánh phía trên của tiết diện chữ **I** nằm trong vùng kéo. Khi đã xác định một bản cánh nằm trong vùng kéo, tất nhiên bản cánh còn lại sẽ nằm trong miền nén.

• Trong thực tế, thường gặp các dạng tiết diện có hình hộp rỗng hoặc các hình khác, khi tính toán phải đổi sang tiết diện tính toán **I, T** tương đương.



Hình 4.9 *Qui đổi tiết diện thật sang tiết diện tính toán tương đương I, T*

a) Tiết diện thật; b) Tiết diện tính toán tương đương



Hình 4.10 *Xác định bề rộng bản cánh chịu nén tiết diện chữ T của dầm sàn*

Bề rộng bản cánh chịu nén tiết diện chữ T của dầm sàn:

$$b'_f = b + 2S_f$$

trong đó:

$$S_f \le \min \begin{cases} \dfrac{L_{01}}{2} \\ \dfrac{L_{02}}{6} \\ 6h'_f \end{cases} \qquad (4.29)$$

trong đó: $L_{01} = L_1 - b_{d.doc}$

$L_{02} = L_2 - b_{d.ngang}$

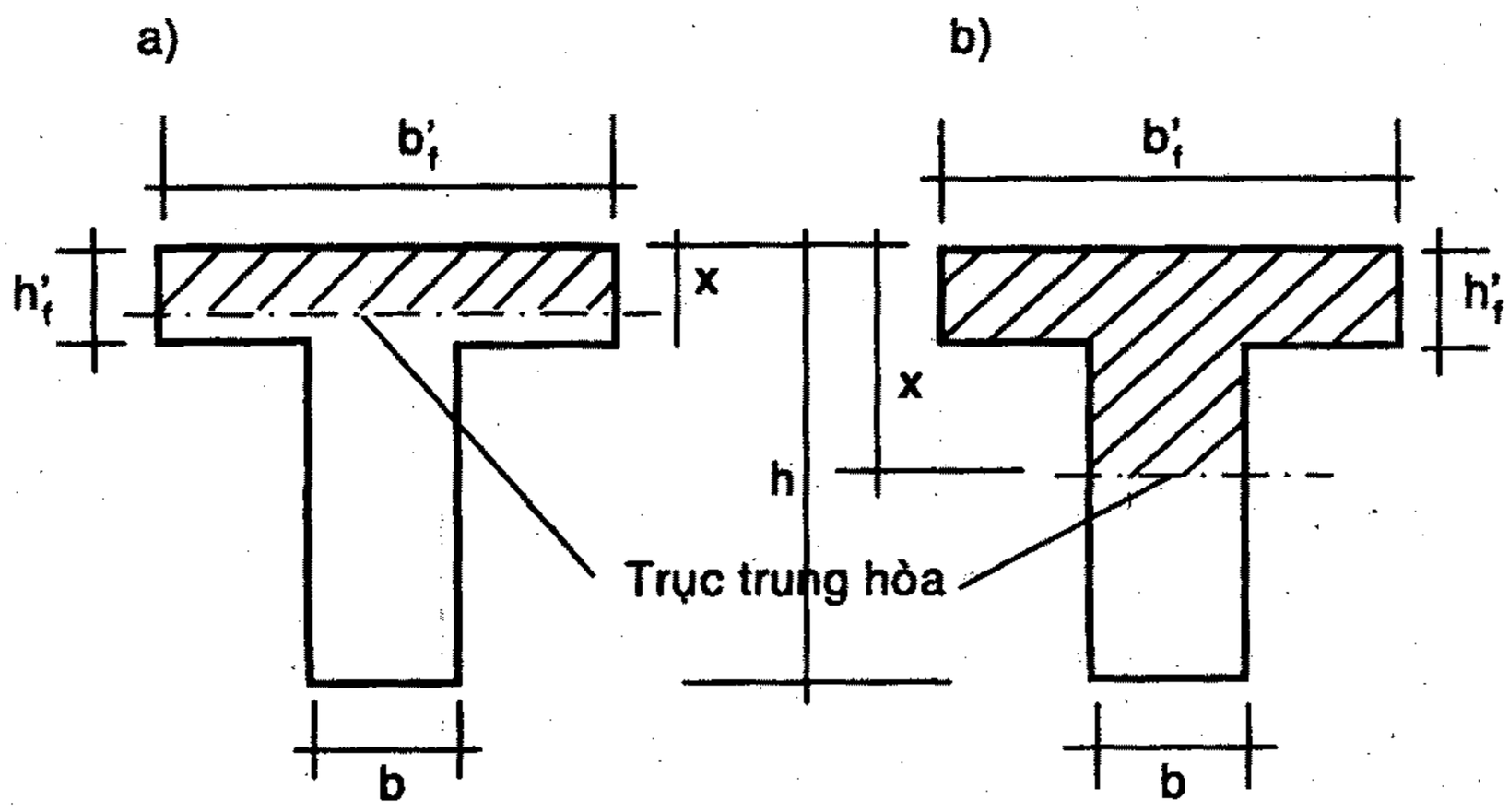
h'_f – chiều dày bản sàn

• Khi tính toán theo cường độ (TTGH1), không kể phần bêtông chịu kéo (vì bêtông chịu kéo đã xuất hiện khe nứt) mà chỉ xét phần bêtông chịu nén. Tiết diện chữ I khi tính toán cũng chỉ có giá trị như tiết diện chữ T có cánh nằm trong vùng nén (không xét bản cánh nằm trong vùng kéo). Việc bố trí cánh trong vùng kéo là do yêu cầu cấu tạo kiến trúc và yêu cầu bố trí cốt thép trong tiết diện.

4.4.2 Tính toán cấu kiện tiết diện chữ T đặt cốt đơn

4.4.2.1 Vị trí trục trung hòa

Đối với tiết diện chữ T, trục trung hòa có thể qua cánh (khi $x \le h'_f$) và có thể qua sườn (khi $x > h'_f$).

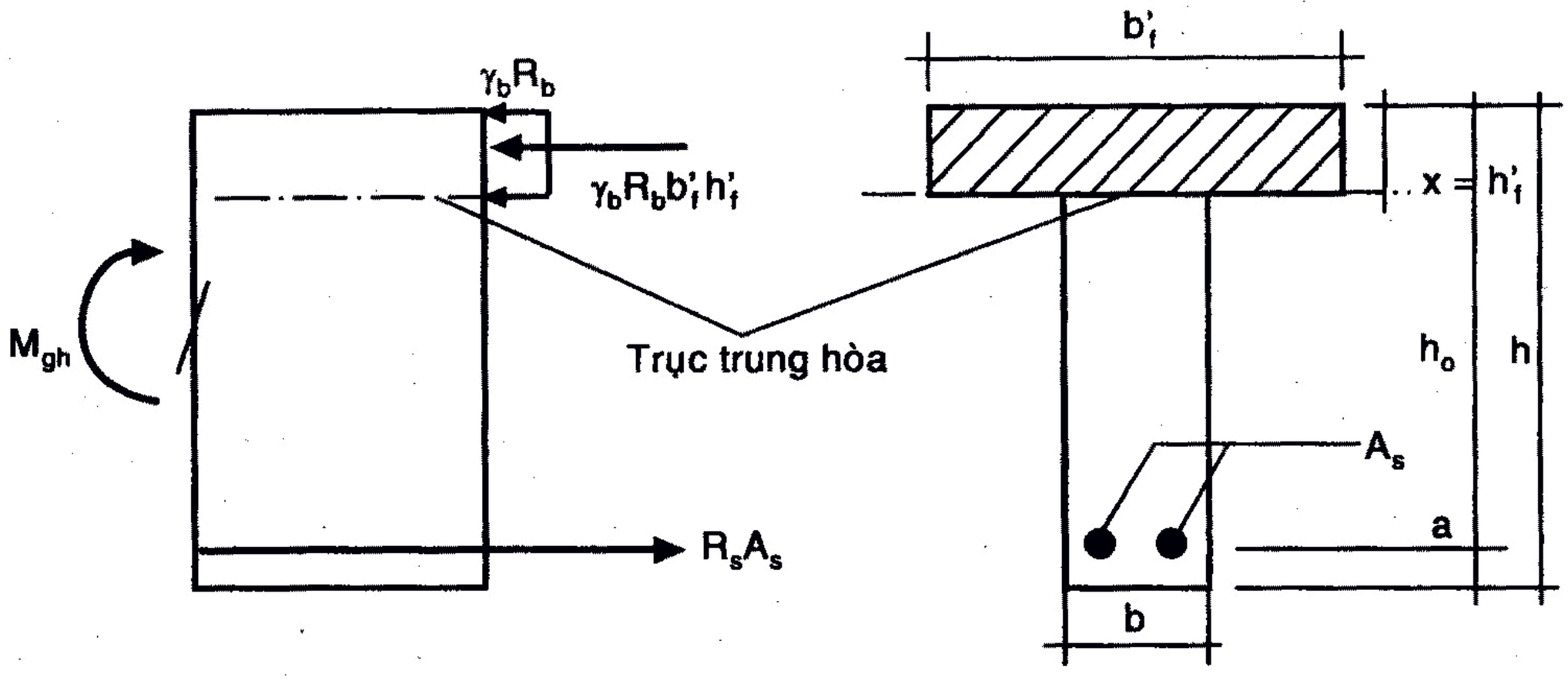


Hình 4.11 *Vị trí trục trung hòa*

a) Trục trung hòa qua cánh; b) Trục trung hòa qua sườn

Share-connect.blogspot.com

Để xác định vị trí trục trung hòa, xét trường hợp trục trung hòa qua mép giữa cánh và sườn khi $x = h'_f$.



Hình 4.12 *Sơ đồ ứng suất khi trục trung hòa qua mép giữa cánh và sườn*

Phương trình cân bằng momen:

$$\sum M / A_s = 0 \Leftrightarrow M_f = \gamma_b R_b b h'_f (h_o - 0,5 h'_f) \qquad (4.30)$$

trong đó:

M_f - là mômen của bản cánh, ứng với trường hợp trục trung hòa qua mép giữa cánh và sườn, khi đặt cốt đơn.

Đặt M - là mômen do tải trọng gây ra tại tiết diện đang xét.

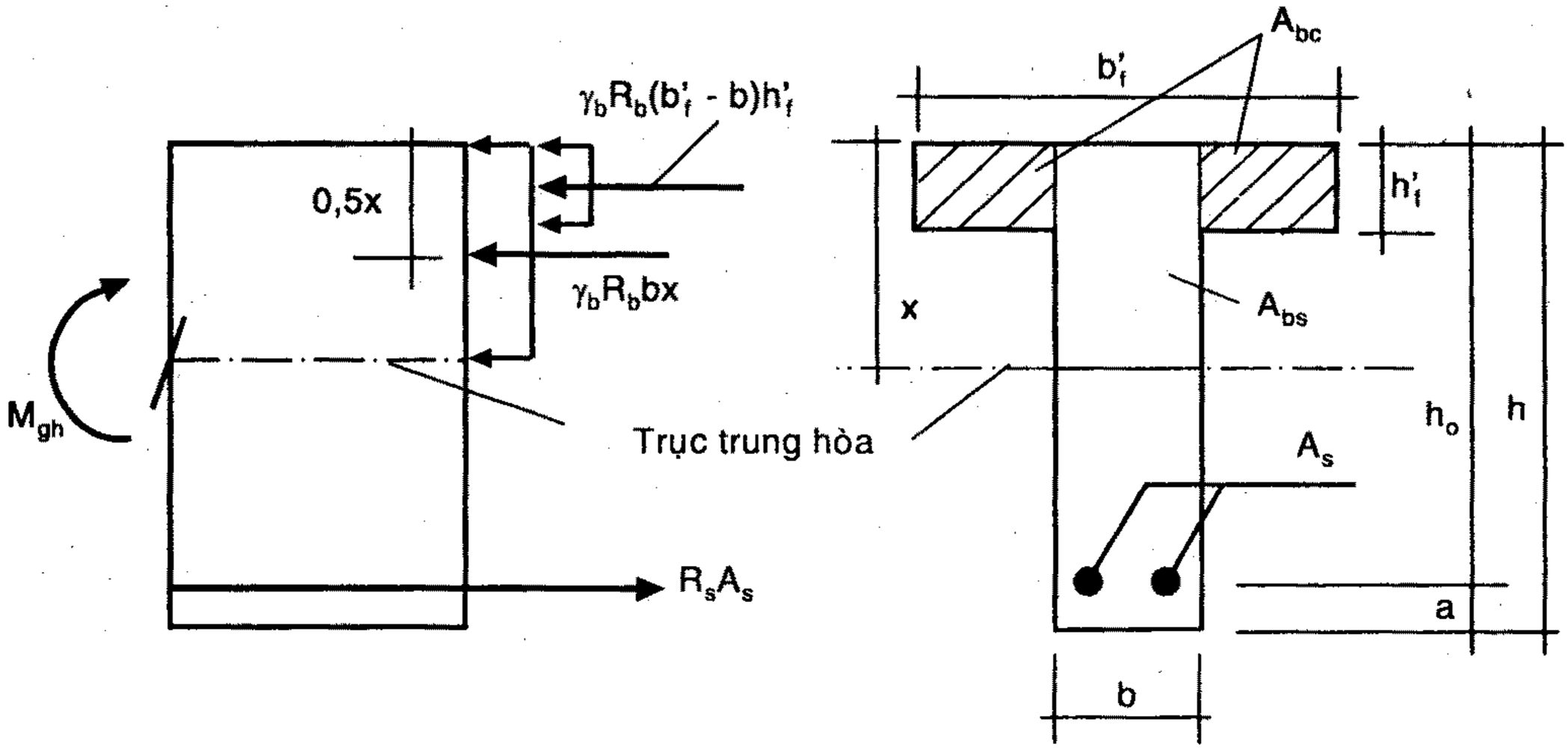
Nếu $M \le M_f$ thì trục trung hòa qua cánh, việc tính toán giống trường hợp tiết diện chữ nhật có tiết diện $(b'_f \times h)$.

Nếu $M > M_f$ thì trục trung hòa qua sườn, lúc này phần bêtông chịu nén gồm cánh và sườn. Trường hợp này phải tính tiết diện chữ **T**.

4.4.2.2 Các giả thiết tính toán

- Ứng suất trong vùng bêtông chịu nén đạt đến cường độ chịu nén tính toán R_b.
- Sơ đồ ứng suất của bêtông vùng chịu nén có dạng hình chữ nhật.
- Bỏ qua miền bêtông chịu kéo.
- Ứng suất trong cốt thép chịu kéo A_s đạt đến cường độ chịu kéo tính toán R_s.

4.4.2.3 Sơ đồ ứng suất



Hình 4.13 *Sơ đồ ứng suất cấu kiện tiết diện T đặt cốt đơn, khi trục trung hòa qua sườn*

trong đó: $$A_{bc} = (b'_f - b)h'_f \; ; \quad A_{bs} = bx \tag{4.31}$$

4.4.2.4 Các phương trình cân bằng

Phương trình cân bằng momen:

$$\sum M / A_s = 0 \Leftrightarrow M \le M_{gh} = \gamma_b R_b bx(h_o - 0,5x) + \gamma_b R_b (b'_f - b)h'_f(h_o - 0,5h'_f) \tag{4.32}$$

Phương trình cân bằng lực (hình chiếu):

$$\sum X = 0 \Leftrightarrow R_s A_s = \gamma_b R_b bx + \gamma_b R_b (b'_f - b)h'_f \tag{4.33}$$

4.4.2.5 Điều kiện hạn chế

Để bảo đảm phá hoại dẻo thì cốt thép A_s không được quá nhiều tức là cần phải hạn chế A_s, tương ứng với nó là hạn chế chiều cao vùng bêtông chịu nén x. Nghiên cứu thực nghiệm cho biết rằng trường hợp phá hoại dẻo xảy ra khi:

$$\xi = \frac{x}{h_o} \le \xi_R$$

$$x = \xi . h_o > h'_f \tag{4.34}$$

4.4.2.6 Tính cốt thép

Có thể trực tiếp dùng các công thức (4.32) đến (4.34) để tính cốt thép, tiết diện bêtông hay tính khả năng chịu lực $[M]$ của tiết diện. Tuy nhiên để tiện cho việc tính toán bằng công cụ thô sơ người ta thường đổi biến số như sau:

Đặt

$$\xi = \frac{x}{h_o}; \quad \varsigma = (1 - 0,5\xi); \tag{4.35}$$

$$\alpha_m = \xi(1 - 0,5\xi); \quad \xi = 1 - \sqrt{1 = 2\alpha_m} \tag{4.36}$$

Thế: $x = \xi.h_o$ vào (4.32), (4.33) rút gọn được:

$$\begin{aligned} &\sum M / A_s = 0 \Leftrightarrow \\ &M \le M_{gh} = \alpha_m \gamma_b R_b b h_o^2 + \gamma_b R_b (b'_f - b) h'_f (h_o - a') \end{aligned} \tag{4.37}$$

Phương trình cân bằng lực (hình chiếu):

$$\sum X = 0 \Leftrightarrow R_s A_s = \xi \gamma_b R_b b h_o + \gamma_b R_b (b'_f - b) h'_f \tag{4.38}$$

Điều kiện hạn chế:

$$\xi \le \xi_R; \quad \alpha_m \le \alpha_R = \xi_R(1 - 0,5\xi_R)$$

$$x = \xi.h_o > h'_f \tag{4.39}$$

Các hệ số: ξ; ς; α_m - được tính sẵn cho trong phụ lục 7.

4.4.2.7 Hàm lượng cốt thép

Hàm lượng cốt thép trong tiết diện phải thỏa điều kiện:

$$\mu_{\min} = 0,05\% \le \mu\% = \frac{A_s}{bh_o} \times 100 \le \mu_{\max}\% = \frac{\xi_R \lambda_b R_b}{R_s} \times 100 \tag{4.40}$$

(Hàm lượng cốt thép của tiết diện chữ T chỉ tính cho phần sườn)

4.4.3.8 Tính toán cốt thép

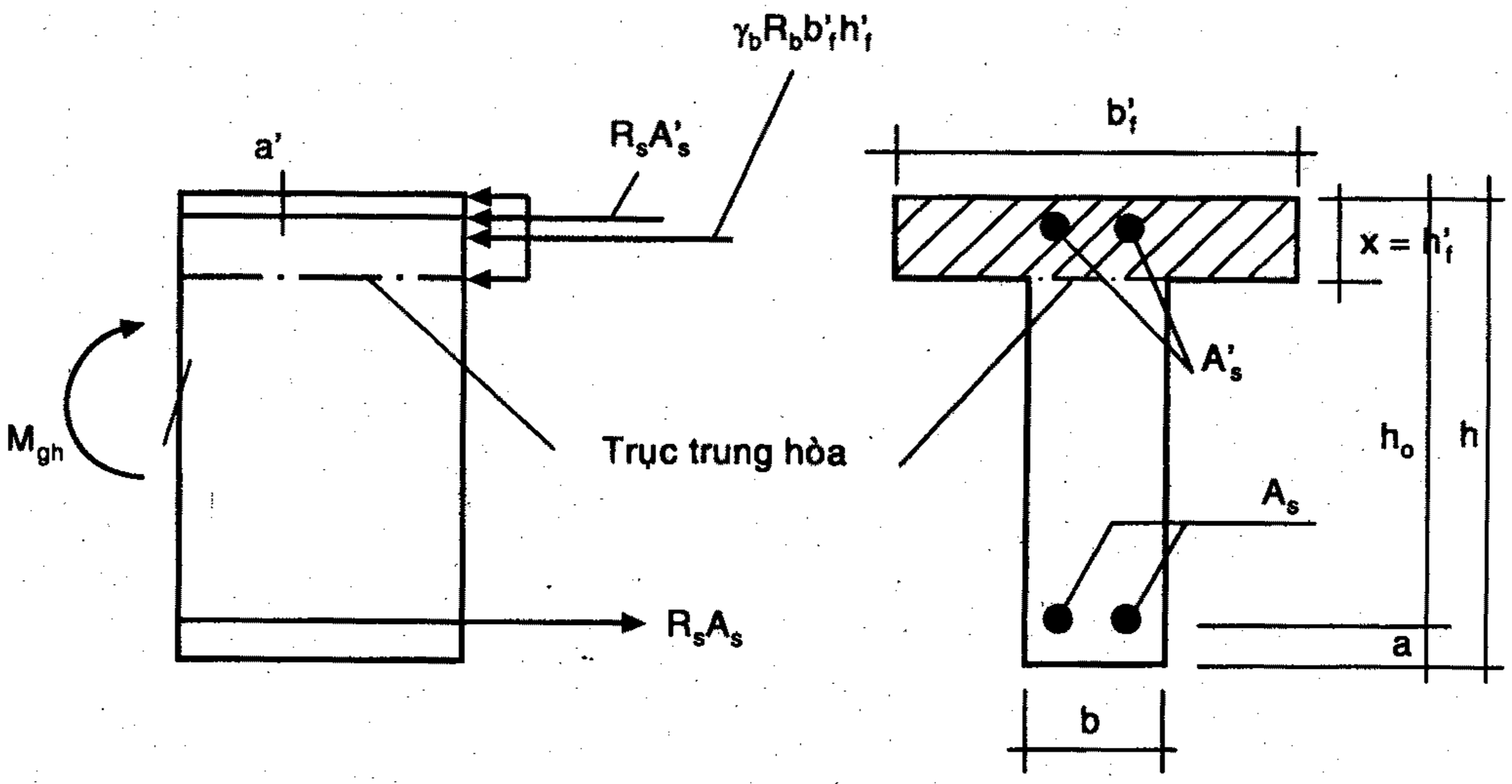
Việc tính cốt thép và kiểm tra khả năng chịu lực $[M]$ tại tiết diện được tóm tắt trong sơ đồ 4.3 và 4.4.

4.4.3 Cấu kiện tiết diện chữ T đặt cốt kép

Nếu tính cốt đơn mà điều kiện (4.34) không thỏa thì phải đặt cốt kép.

4.4.3.1 Vị trí trục trung hòa

Để xác định vị trí trục trung hòa, cũng xét trường hợp trục trung hòa qua mép giữa cánh và sườn ($x = h'_f$).



Hình 4.14 *Sơ đồ ứng suất trường hợp trục trung hòa qua mép giữa cánh và sườn tiết diện chữ* ***T*** *đặt cốt kép*

Phương trình cân bằng momen:

$$\sum M / A_s = 0 \Leftrightarrow M_f = \gamma_b R_b b h'_f (h_o - 0,5h'_f) + R_{sc} A'_s (h_o - a') \qquad (4.41)$$

trong đó:

M_f - là mômen của bản cánh, ứng với trường hợp trục trung hòa qua mép giữa cánh và sườn, khi đặt cốt kép.

Đặt M - là mômen do tải trọng gây ra tại tiết diện đang xét.

Nếu $M \le M_f$ thì trục trung hòa qua cánh, việc tính toán giống trường hợp tiết diện chữ nhật có tiết diện $(b'_f \times h)$.

Nếu $M > M_f$ thì trục trung hòa qua sườn, lúc này phần bêtông chịu nén gồm cánh và sườn. Trường hợp này phải tính tiết diện chữ **T**.

Chú thích: Bài toán tính cốt kép, một số trường hợp vì chưa biết A'_s nên không thể dùng (4.41) để xác định vị trí trục trung hòa, lúc đó chưa biết trục trung hòa qua cánh hay qua sườn. Trường hợp này, ta giả thiết trục trung hòa qua sườn, tính theo tiết diện chữ **T**, sau khi tính được A'_s thì kiểm tra lại vị trí trục trung hòa.

Bài toán kiểm tra khả năng chịu lực, đã biết A'_s, A_s nên dùng (4.41) xác định vị trí trục trung hòa, hoặc dùng phương trình cân bằng hình chiếu:

- Nếu $R_s A_s \le \gamma_b R_b b h'_f (h_o - 0,5h'_f) + R_{sc} A'_s (h_o - a')$ (4.42)

thì trục trung hòa qua cánh.

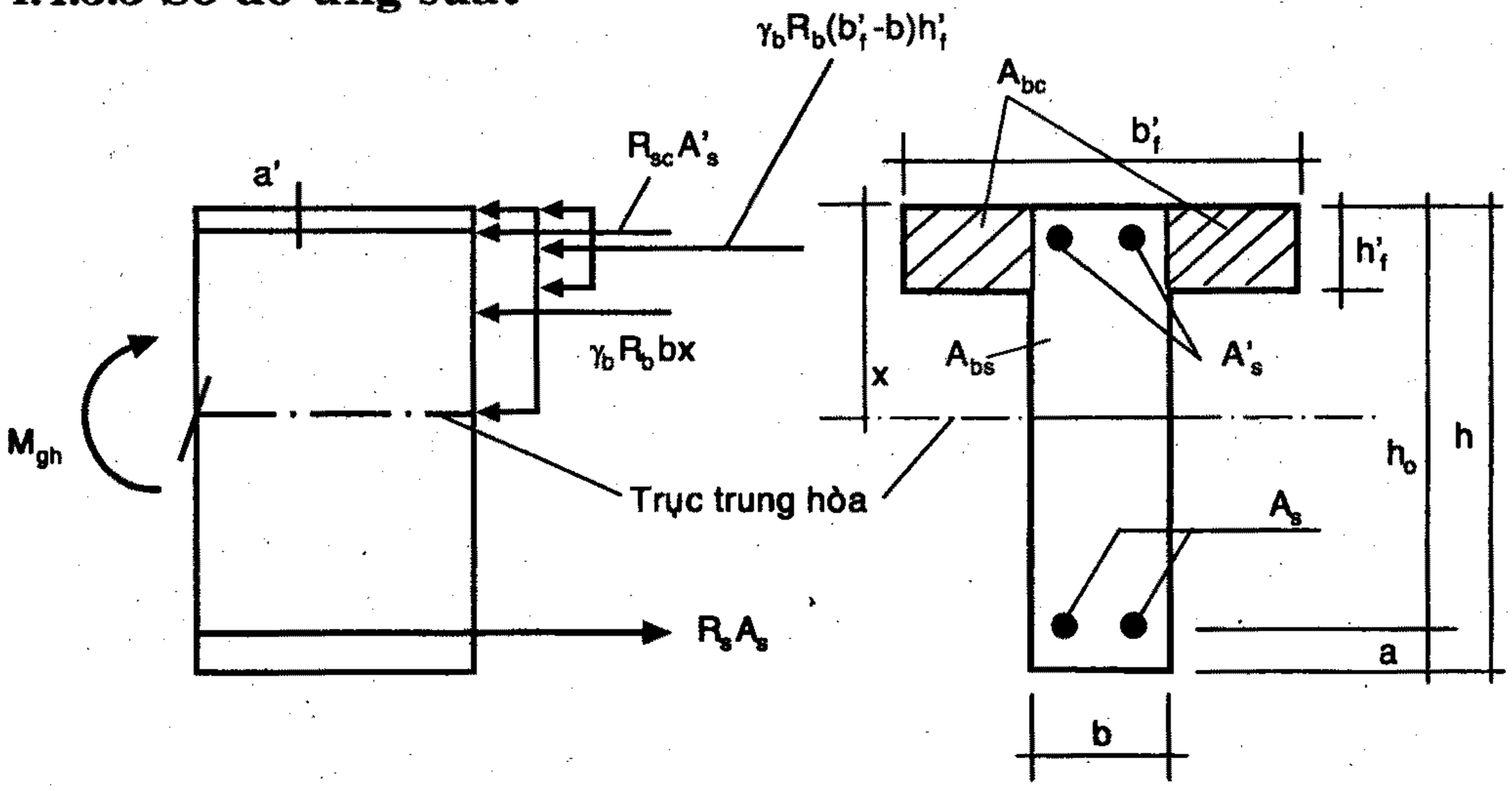
- Nếu $R_s A_s > \gamma_b R_b b h'_f (h_o - 0,5h'_f) + R_{sc} A'_s (h_o - a')$ (4.43)

thì trục trung hòa qua sườn.

4.4.3.2 Các giả thiết tính toán

- Ứng suất trong vùng bêtông chịu nén đạt đến cường độ chịu nén tính toán R_b.
- Sơ đồ ứng suất của bêtông vùng chịu nén có dạng hình chữ nhật.
- Bỏ qua miền bêtông chịu kéo.
- Ứng suất trong cốt thép chịu kéo A_s đạt đến cường độ chịu kéo tính toán R_s.
- Ứng suất trong cốt thép chịu nén A'_s đạt đến cường độ chịu kéo tính toán R_{sc}.

4.4.3.3 Sơ đồ ứng suất



Hình 4.15 *Sơ đồ ứng suất cấu kiện tiết diện T đặt cốt kép*

Trong đó: $A_{bc} = (b'_f - b)h'_f$; $A_{bs} = bx$ (4.44)

4.4.3.4 Các phương trình cân bằng

Phương trình cân bằng momen:

$$\sum M / A_s = 0 \Leftrightarrow$$

$$M \le M_{gh} = \gamma_b R_b bx(h_o - 0,5x) + \gamma_b R_b (b'_f - b)h'_f(h_o - 0,5h'_f) + R_{sc}A'_s(h_o - \alpha') \quad (4.45)$$

Phương trình cân bằng lực (hình chiếu):

$$\sum X = 0 \Leftrightarrow R_s A_s = \gamma_b R_b bx + \gamma_b R_b (b'_f - b)h'_f + R_{sc}A'_s \quad (4.46)$$

4.4.3.5 Điều kiện hạn chế

Để bảo đảm phá hoại dẻo thì cốt thép A_s không được quá nhiều tức là cần phải hạn chế A_s, tương ứng với nó là hạn chế chiều cao vùng bêtông chịu nén x. Nghiên cứu thực nghiệm cho biết rằng trường hợp phá hoại dẻo xảy ra khi:

$$\xi = \frac{x}{h_o} \le \xi_R$$

$$x = \xi.h_o > h'_f \quad (4.47)$$

4.4.3.6 Tính cốt thép

Có thể trực tiếp dùng các công thức (4.45) đến (4.47) để tính cốt thép, hay tính khả năng chịu lực $[M]$ của tiết diện. Tuy nhiên để tiện cho việc tính toán bằng công cụ thô sơ người ta thường đổi biến số như sau:

Đặt

$$\xi = \frac{x}{h_o}; \quad \varsigma = (1 - 0,5\xi); \tag{4.48}$$

$$\alpha_m = \xi(1 - 0,5\xi); \quad \xi = 1 - \sqrt{1 = 2\alpha_m} \tag{4.49}$$

Thế: $x = \xi.h_o$ vào (4.43), (4.44) rút gọn được:

$$\begin{aligned} &\sum M / A_s = 0 \Leftrightarrow \\ &M \le M_{gh} = \alpha_m \gamma_b R_b b h_o^2 + \gamma_b R_b (b'_f - b) h'_f (h_o - a') + R_{sc} A'_s (h_o - a') \end{aligned} \tag{4.50}$$

Phương trình cân bằng lực (hình chiếu):

$$\sum X = 0 \Leftrightarrow R_s A_s = \xi \gamma_b R_b b h_o + \gamma_b R_b (b'_f - b) h'_f + R_{sc} A'_s \tag{4.51}$$

Điều kiện hạn chế:

$$\xi \le \xi_R; \quad \alpha_m \le \alpha_R = \xi_R (1 - 0,5\xi_R)$$

$$x > h'_f \tag{4.52}$$

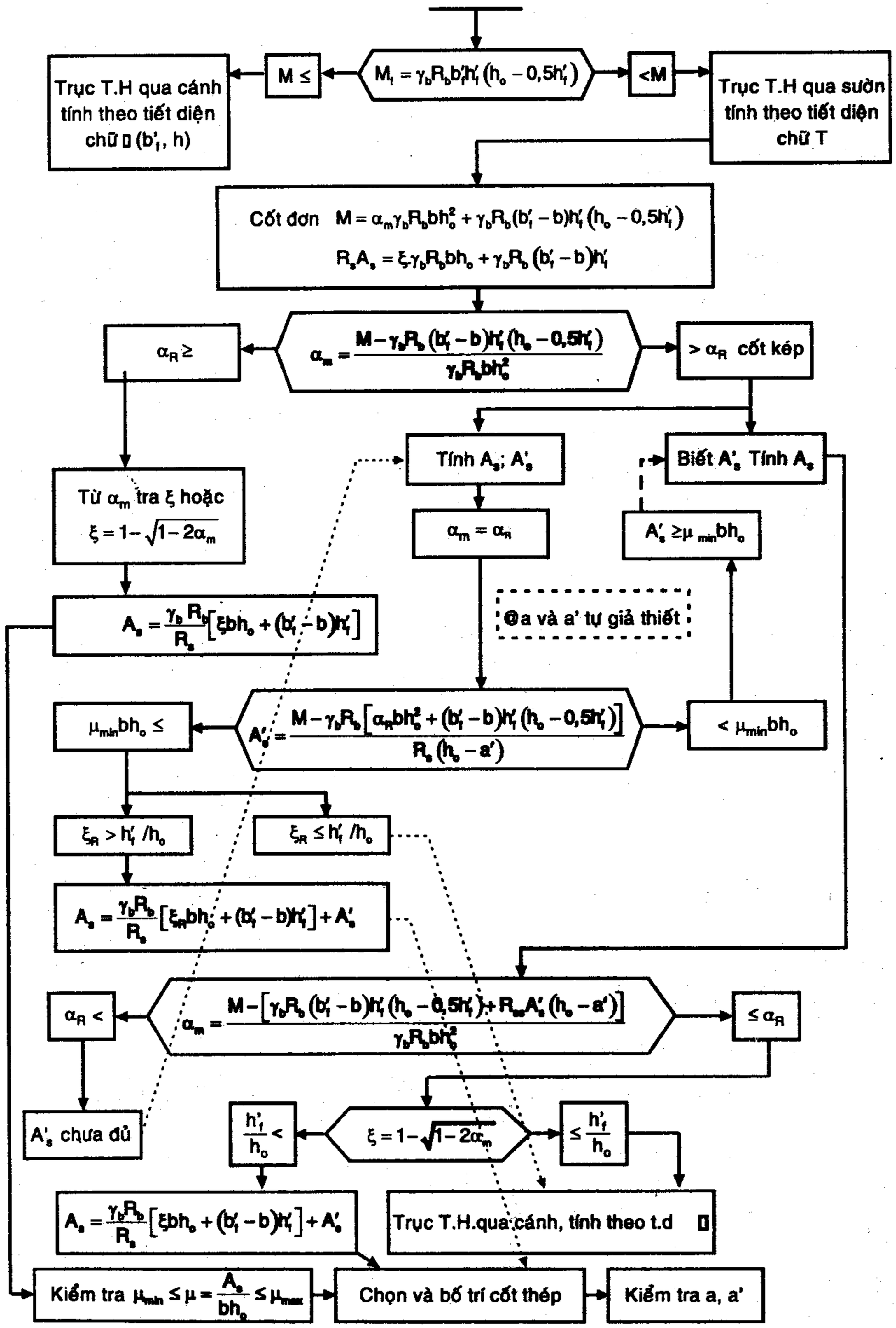
Các hệ số: ξ; ς; α_m - được tính sẵn cho trong phụ lục 7.

4.4.3.7 Tính toán cốt thép

Việc tính cốt thép và kiểm tra khả năng chịu lực $[M]$ tại tiết diện được tóm tắt trong sơ đồ 4.3 và 4.4.

Sơ đồ 4.3 *Tính cốt thép cấu kiện chịu uốn tiết diện chữ T,(I)*

Số liệu: Cho biết $M, \left(b, h; b'_f, h'_f\right), \gamma_b, R_b, R_s, R_{sc}, a, a'$ *: Tính* A_s, A'_s



Sơ đồ 4.4 *Kiểm tra khả năng chịu lực cấu kiện chịu uốn diện chữ T, (I)*

Số liệu: Cho biết: (b.h, $b'_f . h'_f$), A_s , A'_s, R_s, R_{sc}, R_b, γ_b (a, a'). Tính[M].

4.14. Dầm BTCT có tiết diện chữ T có cánh nằm trong vùng nén. Kích thước tiết diện ngang như sau: ($b'_f = 800$; $b = 300$; $h'_f = 100$; $h = 600$). Bêtông có cấp độ bền chịu nén B15 có $R_b = 8{,}5MPa$, hệ số điều kiện làm việc của bêtông $\gamma_b = 0{,}9$. Cốt thép nhóm AII có cường độ tính toán của cốt thép là $R_s = 280MPa$, hệ số điều kiện làm việc của cốt thép $\gamma_{si} = 1$. Chịu tác dụng của momen $M = 450kNm$. Tính cốt thép.

Giải

Giả thiết a = 6cm, dầm đặt cốt đơn.

Xác định vị trí trục trung hòa:

$$M^f = \gamma_b R_b b'_f h'_f (h_o - 0{,}5h'_f) = 0{,}9 \times 8{,}5 \times 800 \times 100 \times (540 - 50) = 299{,}9kNm$$

Ta có $M > M^f$ nên trục trung hòa qua sườn. Tính theo tiết diện chữ T.

$$\alpha_m = \frac{M - \gamma_b R_b (b'_f - b) h'_f (h_o - 0{,}5h'_f)}{\gamma_b R_b b h_o^2}$$

$$\alpha_m = \frac{450 \times 10^6 - 0{,}9 \times 8{,}5(800 - 400)100(540 - 50)}{0{,}9 \times 8{,}5 \times 400 \times 540^2} = 0{,}392 < \alpha_R = 0{,}449$$

Cốt đơn. Từ α_m tra bảng hoặc tính ξ từ: $\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m} = 0{,}536$

Diện tích cốt thép chịu kéo A_s:

$$A_s = \frac{\xi \gamma_b R_b b h_o + \gamma_b R_b (b'_f - b) h'_f}{R_s}$$

$$A_s = \frac{0{,}536x0{,}9 \times 8{,}5 \times 300 \times 540 + 0{,}9 \times 8{,}5 \times (800 - 300) \times 100}{280} = 3738{,}5mm^2$$

Kiểm tra hàm lượng cốt thép:

$$\mu_{min} = 0{,}05\% < \mu = \frac{A_s}{b h_o} = \frac{3738{,}5}{300 \times 540} 100 = 2{,}3\% > \mu_{max}$$

$$= \xi_R \frac{\gamma_b R_b}{R_s} = 1{,}86\%$$

Kích thước tiết diện nhỏ, phải tăng kích thước tiết diện.

Chọn lại kích thước: h = 700 mm. Giả thiết: a = 6,5 cm

Tính tương tự như phần trên:

Share-connect.blogspot.com

Giả thiết a = 65mm, dầm đặt cốt đơn. Xác định vị trí trục trung hòa:

$$M_f = \gamma_b R_b b'_f h'_f (h_o - 0,5h'_f) = 0,9 \times 8,5 \times 800 \times 100 \times (635 - 50) = 358kNm$$

Ta có $M > M_f$ nên trục trung hòa qua sườn. Tính theo tiết diện chữ T.

$$\alpha_m = \frac{M - \gamma_b R_b (b'_f - b) h'_f (h_o - 0,5h'_f)}{\gamma_b R_b b h_o^2}$$

$$\alpha_m = \frac{450.10^6 - 0,9 \times 8,5(800 - 300)100(635 - 50)}{0,9 \times 8,5 \times 300 \times 635^2} = 0,244 < \alpha_R = 0,449$$

Cốt đơn. Từ α_m tra bảng hoặc tính ξ từ: $\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m} = 0,285$

Diện tích cốt thép chịu kéo A_s:

$$A_s = \frac{\xi \gamma_b R_b b h_o + \gamma_b R_b (b'_f - b) h'_f}{R_s}$$

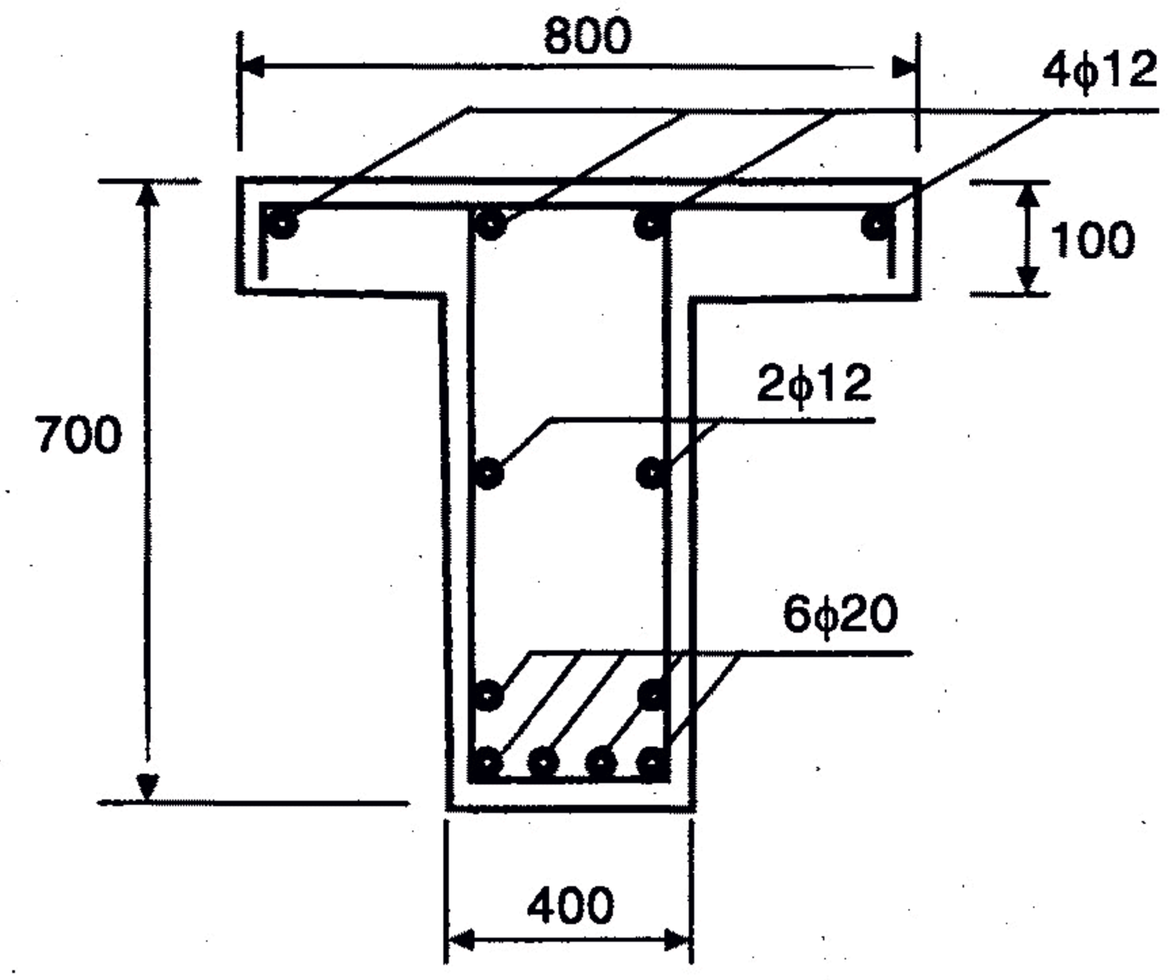
$$A_s = \frac{0,285 \times 0,9 \times 8,5 \times 300 \times 635 + 0,9 \times 8,5 \times (800 - 300) \times 100}{280} = 2850mm^2$$

Kiểm tra hàm lượng cốt thép:

$$\mu_{min} = 0,05\% < \mu = \frac{A_s}{b h_o} = \frac{2850}{300 \times 635} 100 = 1,5\% < \mu_{max} = \xi_R \frac{\gamma_b R_b}{R_s} = 1,86\%$$

Đạt. Chọn $6\phi25 \left(A_s = 2945mm^2\right)$ bố trí cốt thép như hình vẽ.

Tính $a_{tr} = 62,5mm < a = 65mm$ đạt.



4.15. Dầm BTCT có tiết diện chữ T có cánh nằm trong vùng nén. Kích thước tiết diện ngang như sau: ($b'_f = 1100$; $b = 400$; $h'_f = 100$; $h = 700$). Bêtông có cấp độ bền chịu nén B15 có $R_b = 8,5MPa$, hệ số điều kiện làm việc của bêtông $\gamma_b = 0,9$. Cốt thép nhóm AII có cường độ tính toán của cốt thép là $R_s = 280MPa$, hệ số điều kiện làm việc của cốt thép $\gamma_{si} = 1$. Chịu tác dụng của momen $M = 450kNm$. Tính cốt thép.

Giải:

Giả thiết a = 65mm, dầm đặt cốt đơn. Xác định vị trí trục trung hòa:

$$M_f = \gamma_b R_b b'_f h'_f (h_o - 0,5h'_f) = 0,9 \times 8,5 \times 1100 \times 100 \times (635 - 50) = 492,3kNm$$

$M < M_f$ nên trục trung hòa qua cánh. Tính theo tiết diện chữ nhật (1100×700).

$$\alpha_m = \frac{M}{\gamma_b R_b b h_o^2} = \frac{450.10^6}{0,9 \times 8,5 \times 1100 \times 635^2} = 0,133 < \alpha_R = 0,449$$

Cốt đơn. Từ α_m tra bảng hoặc tính ξ từ: $\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m} = 0,143$

Diện tích cốt thép chịu kéo A_s:

$$A_s = \frac{\xi \gamma_b R_b b h_o}{R_s} = \frac{0,143 \times 0,9 \times 8,5 \times 1100 \times 635}{280} = 2725,6mm^2$$

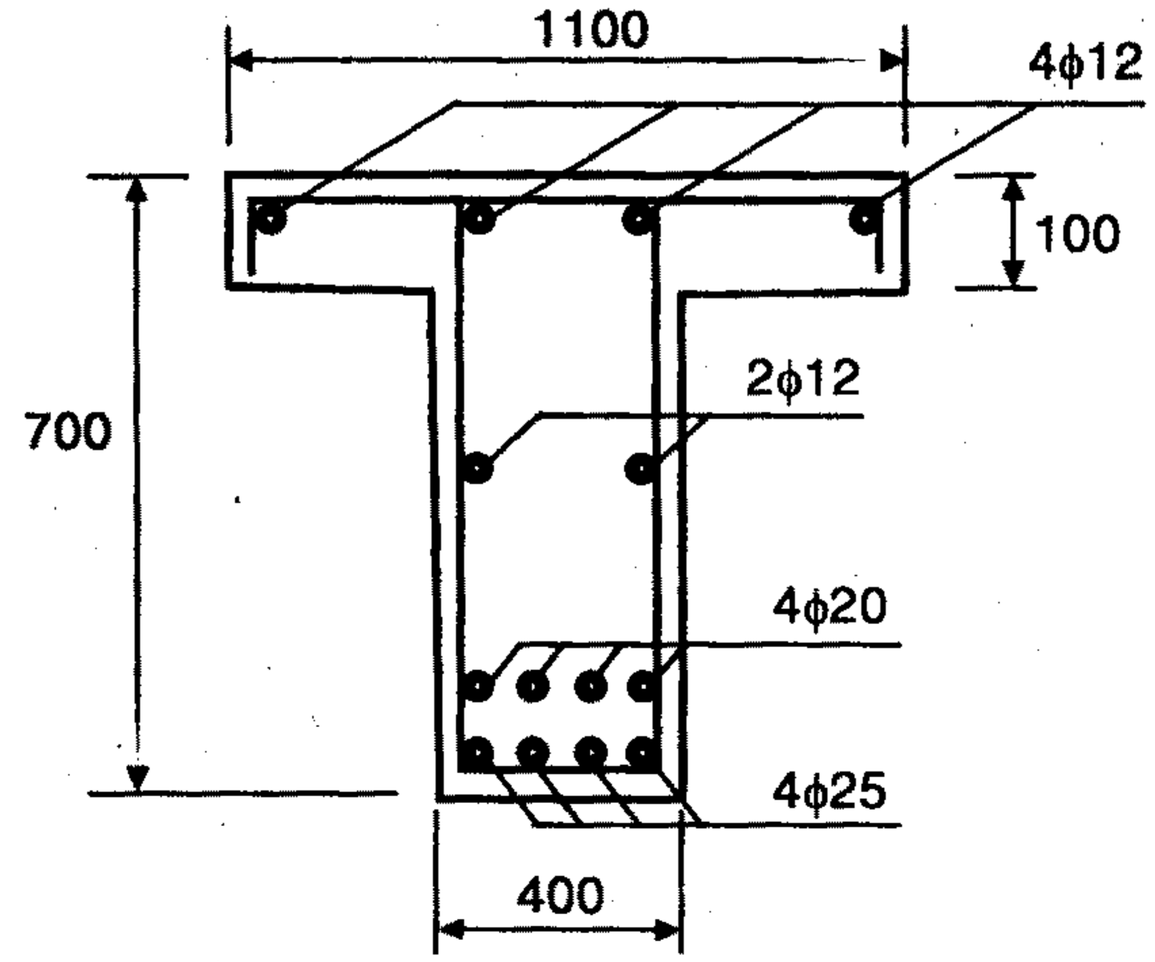
Kiểm tra hàm lượng cốt thép:

$$\mu_{\min} = 0,05\% < \mu = \frac{A_s}{b h_o} = \frac{2725,6}{1100 \times 635} 100 = 0,39\% < \mu_{\max} = \xi_R \frac{\gamma_b R_b}{R_s} = 1,86\%$$

Đạt. Chọn $4\phi25 + 4\phi20 \left(A_s = 2777,2mm^2\right)$

Bố trí cốt thép như hình vẽ.

Tính $a_{tr} = 56,8mm < a = 65mm$ đạt.



4.16. Dầm BTCT có tiết diện chữ T có cánh trong vùng nén. Kích thước tiết diện ngang như sau: ($b'_f = 600$; $b = 350$; $h'_f = 80$; $h = 600$). Bêtông có cấp độ bền chịu nén B15 có $R_b = 8{,}5MPa$, hệ số điều kiện làm việc của bêtông $\gamma_b = 0{,}9$. Cốt thép nhóm AII có cường độ tính toán của cốt thép là $R_s = 280MPa$, hệ số điều kiện làm việc của cốt thép $\gamma_{si} = 1$. Chịu tác dụng của momen $M = 440kNm$. Tính cốt thép.

Giải.

Giả thiết a = 60mm, dầm đặt cốt đơn. Xác định vị trí trục trung hòa:

$$M_f = \gamma_b R_b b'_f h'_f (h_o - 0{,}5h'_f) = 0{,}9 \times 8{,}5 \times 600 \times 80 \times (540 - 40) = 183{,}6kNm$$

Ta có $M > M_f$ nên trục trung hòa qua sườn. Tính theo tiết diện chữ T.

$$\alpha_m = \frac{M - \gamma_b R_b (b'_f - b) h'_f (h_o - 0{,}5h'_f)}{\gamma_b R_b b h_o^2}$$

$$\alpha_m = \frac{440 \times 10^6 - 0{,}9 \times 8{,}5(600 - 350)80(540 - 40)}{0{,}9 \times 8{,}5 \times 350 \times 540^2} = 0{,}466 > \alpha_R = 0{,}449$$

Đặt cốt kép, chọn $a' = 35mm$

$$A'_s = \frac{M - \alpha_R \gamma_b R_b b h_o^2 - \gamma_b R_b (b'_f - b) h'_f (h_o - 0{,}5h'_f)}{R_s (h_o - a')} = 90{,}98mm^2$$

Vì $A'_s < \mu_{\min} bh_o = 0,05\% \times 350 \times 540 = 94,5mm^2$

Cốt thép A'_s quá nhỏ, chọn $A'_s = 804,4mm^2 (4\phi 16)$, $a' = 33mm$

$$\alpha_m = \frac{M - \gamma_b R_b \left(b'_f - b\right) h'_f (h_o - 0,5h'_f) - R_{sc} A'_s \left(h_o - a'\right)}{\gamma_b R_b b h_o^2} = 0,319$$

Từ α_m tra bảng hoặc tính ξ từ: $\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m} = 0,399$

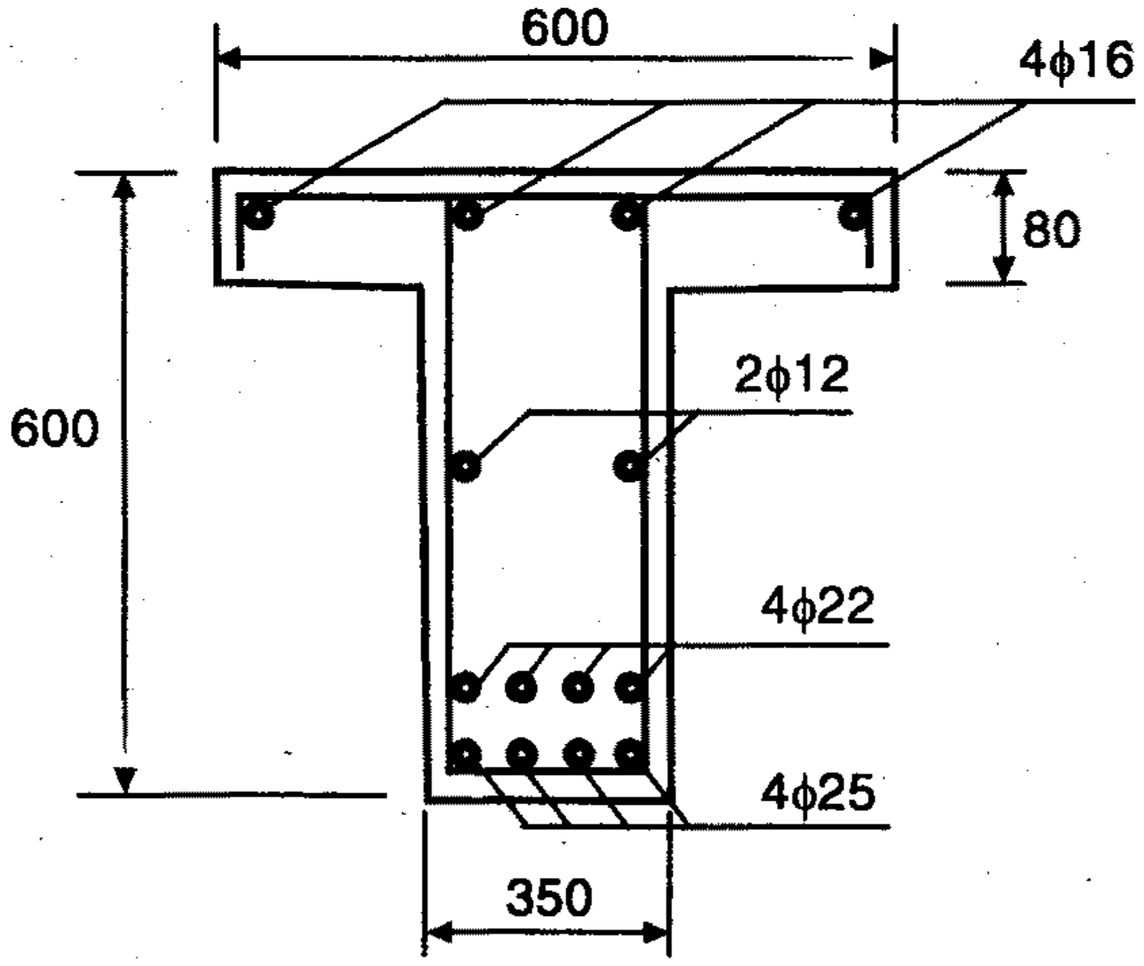
Diện tích cốt thép chịu kéo A_s:

$$A_s = \frac{\xi \gamma_b R_b b h_o + \gamma_b R_b (b'_f - b) h'_f}{R_s} + A'_s = 3410mm^2$$

Chọn $4\phi 25 + 4\phi 22 \left(A_s = 3484mm^2\right)$

Bố trí cốt thép như hình vẽ.

Tính $a_{tr} = 56,8mm > a = 60mm$



4.17. Dầm BTCT có tiết diện chữ T có cánh trong vùng nén. Kích thước tiết diện ngang như sau: ($b'_f = 700$; $b = 300$; $h'_f = 100$; $h = 600$). Bêtông có cấp độ bền chịu nén B15 có $R_b = 8,5MPa$, hệ số điều kiện làm việc của bêtông $\gamma_b = 0,9$. Cốt thép nhóm AII có cường độ tính toán của cốt thép là $R_s = 280MPa$, hệ số điều kiện làm việc của cốt thép $\gamma_{si} = 1$. Chịu tác dụng của momen $M = 450kNm$. Tính cốt thép.

Giải.

Giả thiết a = 60mm, dầm đặt cốt đơn. Xác định vị trí trục trung hòa:

$$M_f = \gamma_b R_b b'_f h'_f (h_o - 0,5h'_f) = 0,9 \times 8,5 \times 700 \times 100 \times (540 - 50) = 262,4kNm$$

Ta có $M > M_f$ nên trục trung hòa qua sườn. Tính theo tiết diện chữ T.

$$\alpha_m = \frac{M - \gamma_b R_b (b'_f - b) h'_f (h_o - 0,5h'_f)}{\gamma_b R_b b h_o^2}$$

$$\alpha_m = \frac{450 \times 10^6 - 0,9 \times 8,5(700 - 300)100(540 - 50)}{0,9 \times 8,5 \times 300 \times 540^2} = 0,448 < \alpha_R = 0,449$$

Từ α_m tra bảng hoặc tính ξ từ : $\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m} = 0,679$

Diện tích cốt thép chịu kéo A_s:

$$A_s = \frac{\gamma_b R_b}{R_s}\left[\xi b h_o + (b'_f - b)h'_f\right]$$

$$A_s = \frac{0,9 \times 8,5}{280}[0,679 \times 300 \times 540 + (700 - 300)100] = 4096,7mm^2$$

$$\mu_{\min} = 0,05\% < \mu = \frac{A_s}{b h_o} = \frac{4096,7}{300 \times 540}100 = 2,5\% > \mu_{\max} = \xi_R \frac{\gamma_b R_b}{R_s} < 1,86\%$$

Kích thước tiết diện nhỏ, phải tăng kích thước tiết diện dầm.

Giả thiết chọn chiều cao dầm h = 700mm

Tính lại (trình tự tính toán giống như trên, dưới đây chỉ tóm tắt kết quả tính toán)

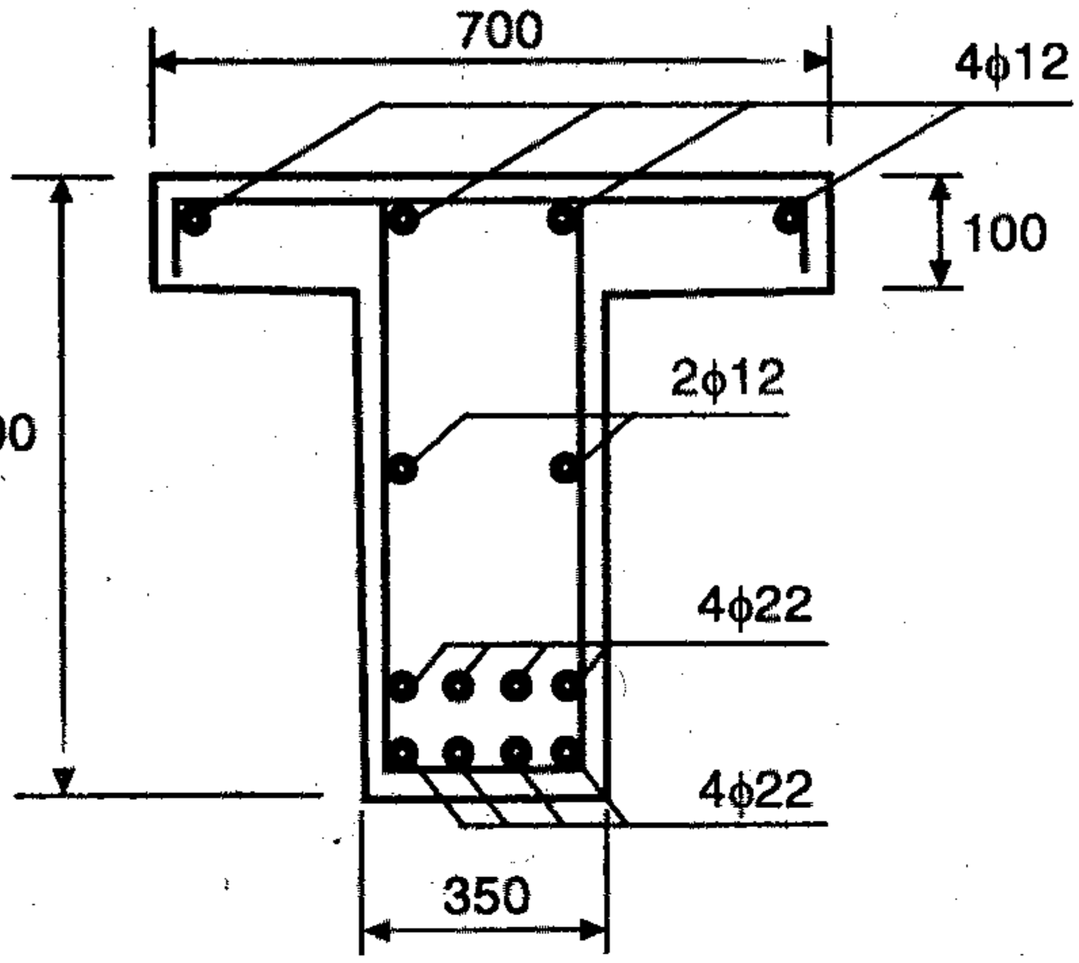
$\alpha_m = 0,287$; $\xi = 0,347$; $A_s = 2912mm^2$

$$\mu_{\min} = 0,05\% < \mu = \frac{A_s}{b h_o} = \frac{2912}{300 \times 640}100 = 1,57\% > \mu_{\max} = \xi_R \frac{\gamma_b R_b}{R_s} < 1,86\%$$

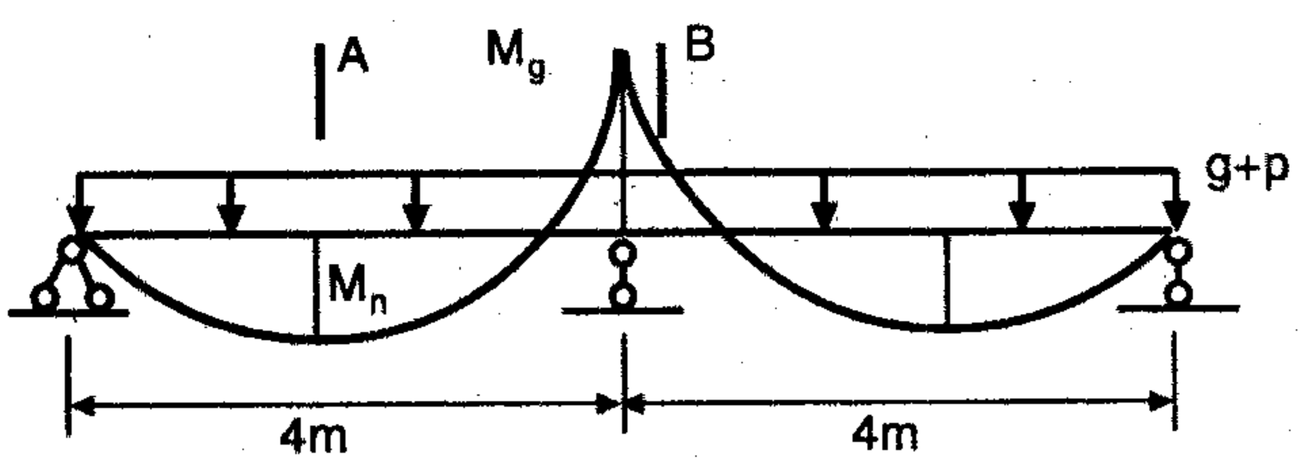
Chọn $8\phi 22 \left(A_s = 3040,8mm^2\right)$

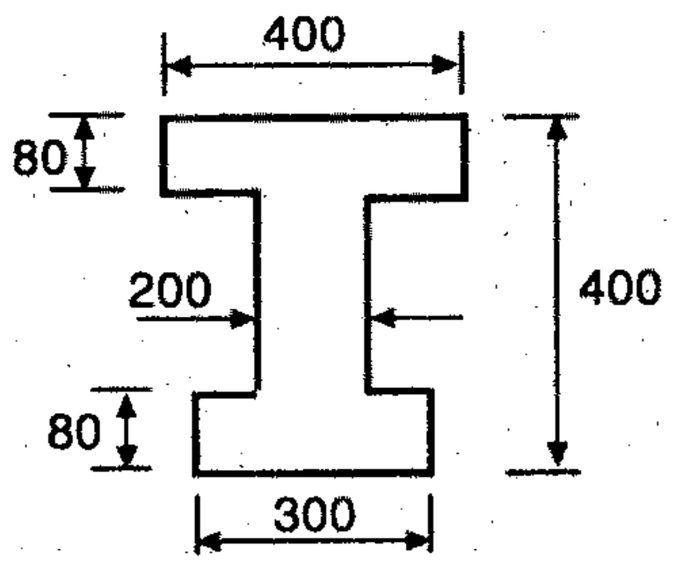
Bố trí cốt thép như hình vẽ.

Tính $a_{tr} = 59,5mm < a = 60mm$



4.18. Dầm BTCT hai nhịp có tiết diện chữ I có kích thước xem hình. Bêtông có cấp độ bền chịu nén B15 có $R_b = 8,5MPa$, hệ số điều kiện làm việc của bêtông $\gamma_b = 0,9$. Cốt thép nhóm AII có cường độ tính toán của cốt thép là $R_s = 280MPa$, hệ số điều kiện làm việc của cốt thép $\gamma_{si} = 1$. Có sơ đồ tính (xem hình vẽ), chịu tác dụng của tải trọng gồm: tải trọng tác dụng thường xuyên (tĩnh tải; trọng lượng bản thân) là g, hệ số tin cậy (vượt tải n_g = 1,1); khối lượng riêng của BTCT là $25kN/m^3$ và tải trọng tiêu chuẩn tác dụng tạm thời luôn luôn đặt trên cả hai nhịp (hoạt tải) là p = 50 kN/m, hệ số tin cậy n_p = 1,2. Tính cốt thép.





Giải.

Trọng lượng bản thân dầm:

$$g = (0,08 \times (0,4 + 0,3) + 0,2 \times (0,4 - 0,16))1,1 \times 25 = 2,86kN/m$$

Hoạt tải: $p = 1,2 \times 50 = 60kN/m$

Momen uốn lớn nhất ở nhịp (tại tiết diện cách gối đoạn 0,4 L) và ở tiết diện gối dầm, được xác định theo biểu thức sau:

$$M_n = \alpha(g+p)l^2 = 0,07(2,86+60)\times 4^2 = 70,403kNm$$

$$M_g = \beta(g+p)l^2 = 0,125(2,86+60)\times 4^2 = 125,72kNm$$

1- Tính cốt thép ở nhịp (A-A)

(Cánh trên của dầm chịu nén, cánh dưới chịu kéo, do đó trong tính toán bỏ qua bản cánh dưới). Tiết diện tính toán là tiết diện chữ T có (b=200, h=400, b'_f = 400 mm)

Xác định vị trí trục trung hòa: Giả thiết: a =45mm; $h_o = h - a$ = 355mm

$$M_f = \gamma_b R_b b'_f h'_f (h_o - 0,5h'_f) = 0,9\times 8,5\times 400\times 80\times(355-40) = 771kNm$$

Ta có $M < M_f$ nên trục trung hòa qua cánh. Tính theo tiết diện chữ nhật (400×400).

$$\alpha_m = \frac{M}{\gamma_b R_b b h_o^2} = \frac{70,403\times 10^6}{0,9\times 8,5\times 400\times x355^2} = 0,183 < \alpha_R = 0,449$$

Từ α_m tra bảng hoặc tính ξ từ: $\xi = 1-\sqrt{1-2\alpha_m}$ = 0,203

Diện tích cốt thép chịu kéo A_s:

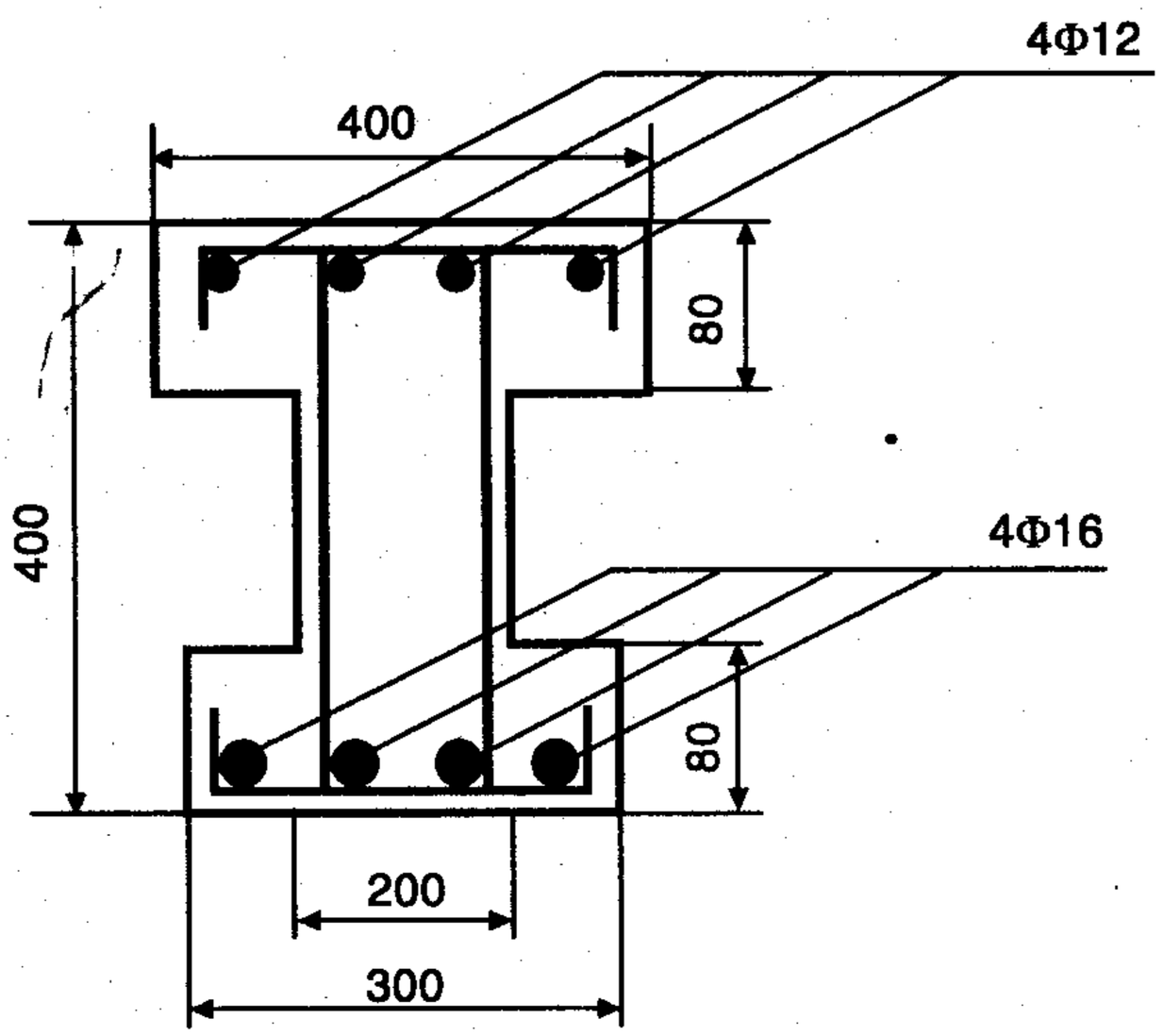
$$A_s = \frac{\xi\gamma_b R_b b h_o}{R_s} = \frac{0,203\times 0,9\times 8,5\times 400\times 345}{280} = 788mm^2$$

Kiểm tra hàm lượng cốt thép:

$$\mu_{\min} = 0,05\% < \mu = \frac{A_s}{bh_o} = \frac{788}{400\times 355}100 = 0,55\% < \mu_{\max} = \xi_R \frac{\gamma_b R_b}{R_s} < 1,9\%$$

Chọn $4\phi 16\left(A_s = 804,4mm^2\right)$ bố trí cốt thép như hình vẽ.

Tính $a_{tr} = 33mm < a = 45mm$.



Bố trí cốt thép ở nhịp dầm (A-A)

1- Tính cốt thép ở gối (B-B)

(Cánh trên của dầm chịu kéo, cánh dưới chịu nén, do đó trong tính toán bỏ qua bản cánh trên). Tiết diện tính toán là tiết diện chữ T có (b = 200, h = 400, b'_f = 300 mm)

Xác định vị trí trục trung hòa:

Giả thiết: a = 45mm; $h_o = h - a$ = 355mm

$$M_f = \gamma_b R_b b'_f h'_f (h_o - 0,5h'_f) = 0,9 \times 8,5 \times 300 \times 80 \times (355 - 40) = 578kNm$$

Ta có $M_g > M_f$ nên trục trung hòa qua sườn. Tính theo tiết diện chữ T có (b = 200, h = 400, b'_f =300 mm)

$$\alpha_m = \frac{M - \gamma_b R_b (b'_f - b) h'_f (h_o - 0,5h'_f)}{\gamma_b R_b b h_o^2}$$

$$\alpha_m = \frac{125,72 \times 10^6 - 0,9 \times 8,5 \times (300 - 200)80 \times (355 - 40)}{0,9 \times 8,5 \times 200 \times 355^2}$$

$$= 0,552 > \alpha_R = 0,449$$

Đặt cốt kép. Kết hợp với tiết diện ở nhịp, dùng 2 thanh Φ16 chạy suốt, làm cốt thép chịu kéo. Trường hợp này bài toán đã biết $A'_s = 402,2mm^2$ tính A_s. Giả thiết: a' = 35mm

$$\alpha_m = \frac{M - \gamma_b R_b \left(b'_f - b\right) h'_f (h_o - 0,5h'_f) - R_{sc} A'_s (h_o - a')}{\gamma_b R_b b h_o^2}$$

$$\alpha_m = \frac{125,72 \times 10^6 - 0,9 \times 8,5 \times (300 - 200)80 \times (355 - 40) - 280 \times 402,2(355 - 35)}{0,9 \times 8,5 \times 200 \times 355^2} = 0,365$$

Từ α_m tra bảng hoặc tính ξ từ: $\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m} = 0,481$

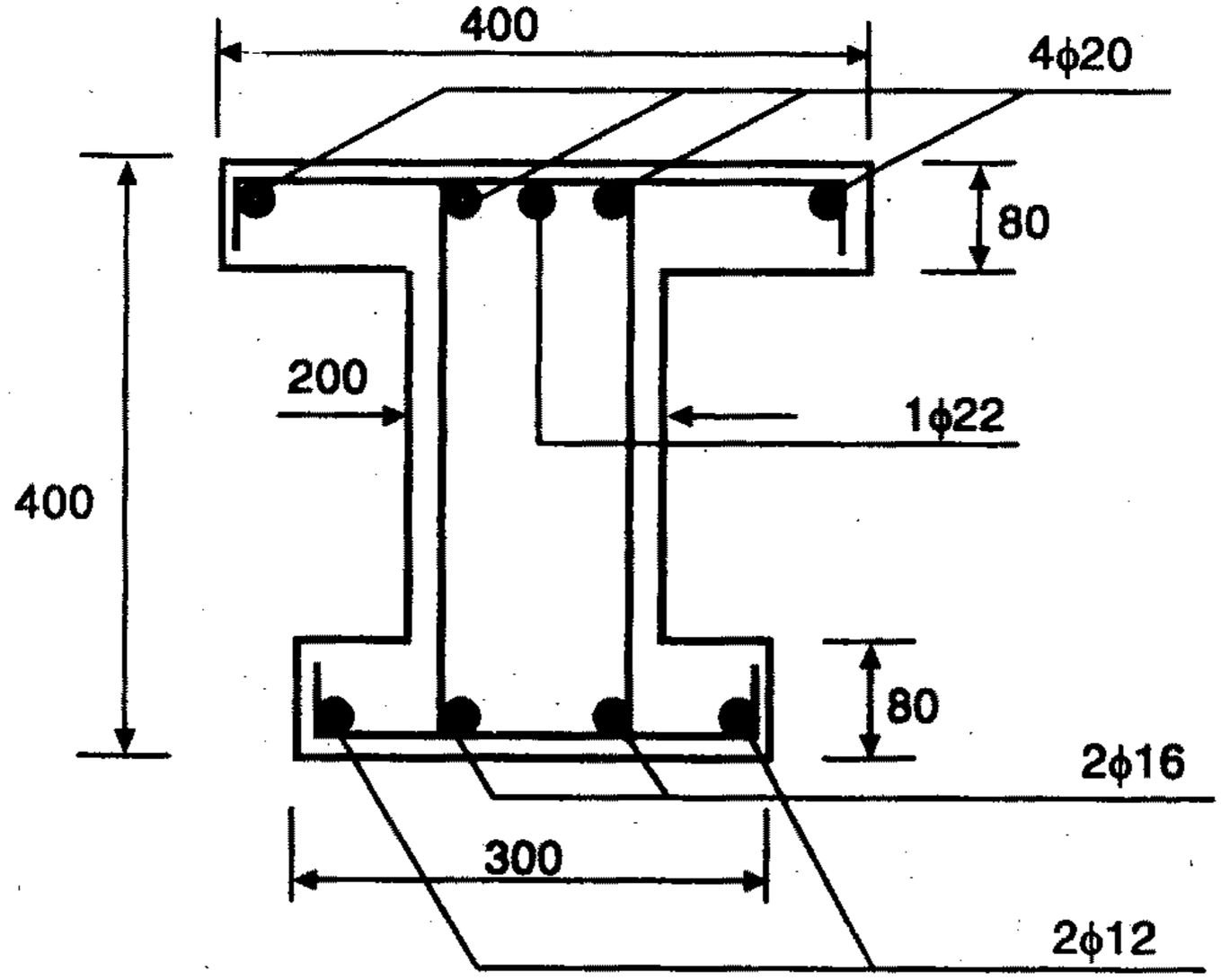
Diện tích cốt thép chịu kéo A_s:

$$A_s = \frac{\gamma_b R_b}{R_s}\left[\xi b h_o + (b'_f - b)h'_f\right] + A'_s$$

$$A_s = \frac{0,9 \times 8,5}{280}\left[0,481 \times 200 \times 355 + (300 - 200)80\right] + 402,2 = 1553 mm^2$$

Chọn $4\phi20 + 1\phi22 \left(A_s = 1636,9 mm^2\right)$ bố trí cốt thép như hình vẽ.

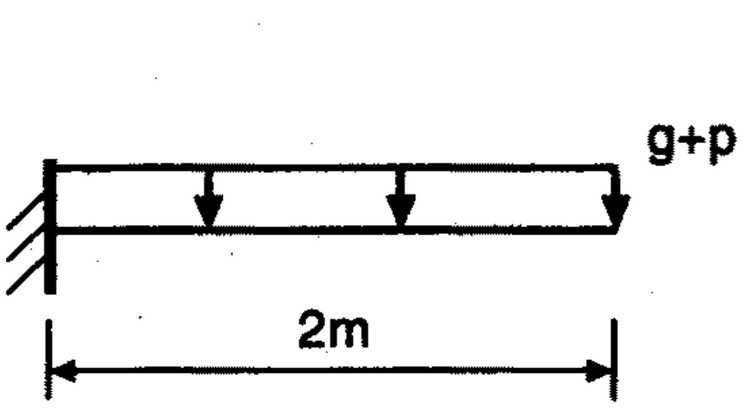
Tính $a_{tr} = 35mm < a = 45mm$; $a'_{tr} = 33mm < a' = 35mm$ đạt.

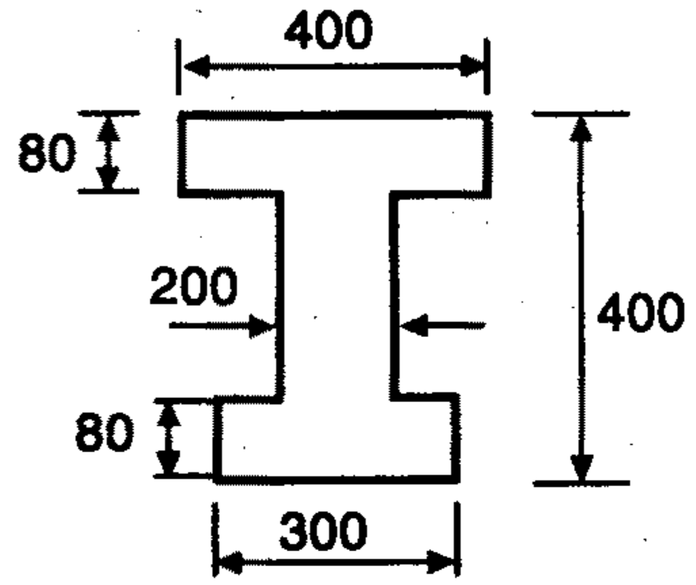


Bố trí cốt thép tại gối (B-B)

4.19. Dầm BTCT có tiết diện chữ I có kích thước xem hình. Bêtông có cấp độ bền chịu nén B20 có $R_b = 11,5 MPa$, hệ số điều kiện làm việc của bêtông $\gamma_b = 0,9$. Cốt thép nhóm CII có cường độ tính toán của cốt thép là $R_s = 280 MPa$, hệ số điều kiện làm việc của cốt thép

$\gamma_{si}=1$. Có sơ đồ tính (xem hình vẽ), chịu tác dụng của tải trọng gồm: tải trọng tác dụng thường xuyên (tĩnh tải; trọng lượng bản thân) là g, hệ số tin cậy (vượt tải n_g = 1,1); khối lượng riêng của BTCT là $25kN/m^3$ và tải trọng tính toán tác dụng tạm thời (hoạt tải) là p = 50 kN/m. Tính cốt thép.





Giải.

Trọng lượng bản thân dầm:

$$g = (0,08 \times (0,4 + 0,3) + 0,2 \times (0,4 - 0,16))1,1 \times 25 = 2,86kN / m$$

Momen uốn lớn nhất ở gối:

$$M = 0,5(g + p)l^2 = 0,5(2,86 + 50) \times 2^2 = 105,72kNm$$

Bản cánh trên chịu kéo, do đó tiết diện tính toán là tiết diện T có kích thước (b=200, h=400, b'_f=300 mm)

Xác định vị trí trục trung hòa:

Giả thiết: a = 60mm; $h_o = h$ - a = 390mm

$$M_f = \gamma_b R_b b'_f h'_f (h_o - 0,5h'_f) = 0,9 \times 11,5 \times 300 \times 80 \times (340 - 40) = 74,52kNm$$

Ta có $M > M_f$ nên trục trung hòa qua sườn. Tính theo tiết diện chữ T.

$$\alpha_m = \frac{M - \gamma_b R_b (b'_f - b) h'_f (h_o - 0,5h'_f)}{\gamma_b R_b b h_o^2}$$

$$\alpha_m = \frac{105,72.10^6 - 0,9 \times 11,5 \times (300 - 200) \times 80 \times (340 - 40)}{0,9 \times 11,5 \times 200 \times 340^2} = 0,338 < 0,441$$

Từ α_m tra bảng hoặc tính ξ từ: $\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m} = 0,431$

Share-connect.blogspot.com

Diện tích cốt thép chịu kéo A_s:

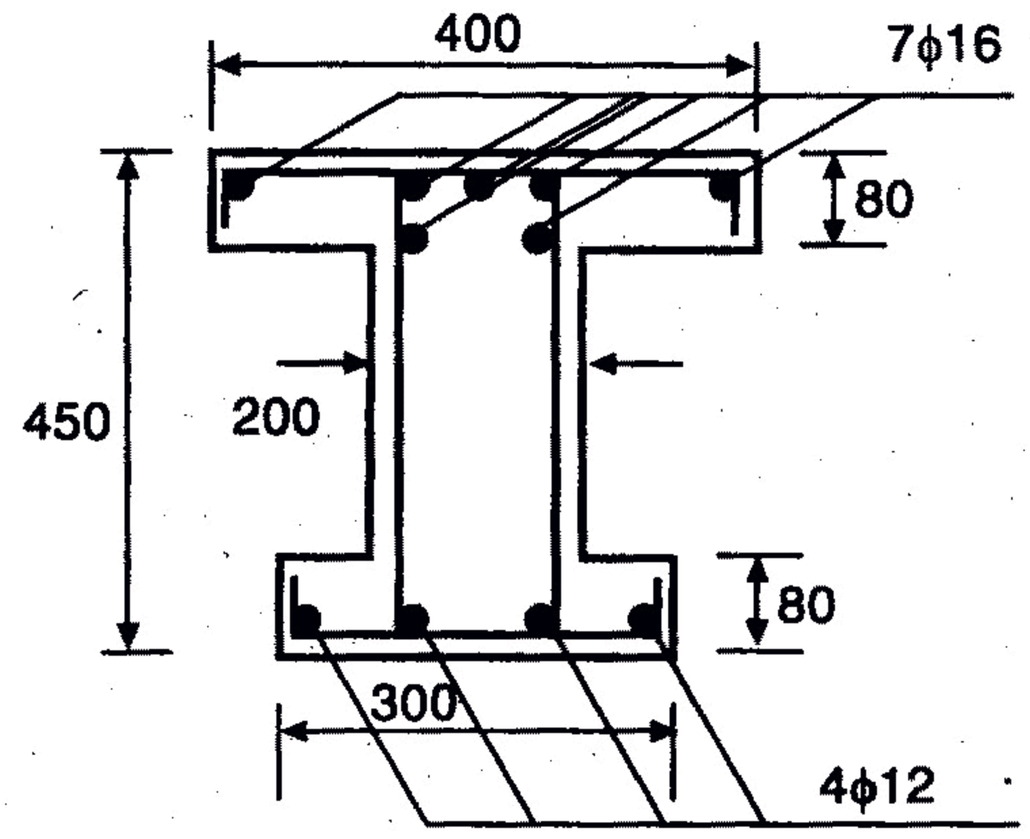
$$A_s = \frac{\gamma_b R_b}{R_s}\left[\xi b h_o + (b'_f - b)h'_f\right].$$

$$A_s = \frac{0,9 \times 11,5}{280}\left[0,431 \times 200 \times 340 + (300 - 200)80\right] = 1378mm^2$$

$$\mu_{\min} = 0,05\% < \mu = \frac{A_s}{bh_o} = \frac{1378}{200 \times 340}100 = 2,02\% < \mu_{\max} = \xi_R \frac{\gamma_b R_b}{R_s} < 2,4\%$$

Chọn $7\phi16\left(A_s = 1407,7mm^2\right)$ bố trí cốt thép như hình vẽ.

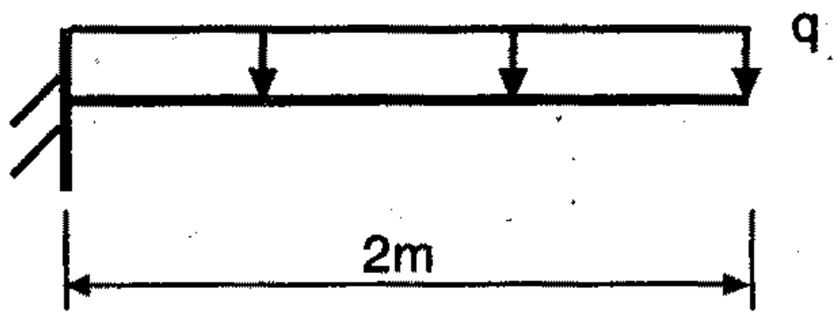
Tính $a_{tt} = 44,7mm < a = 60mm$ đạt.

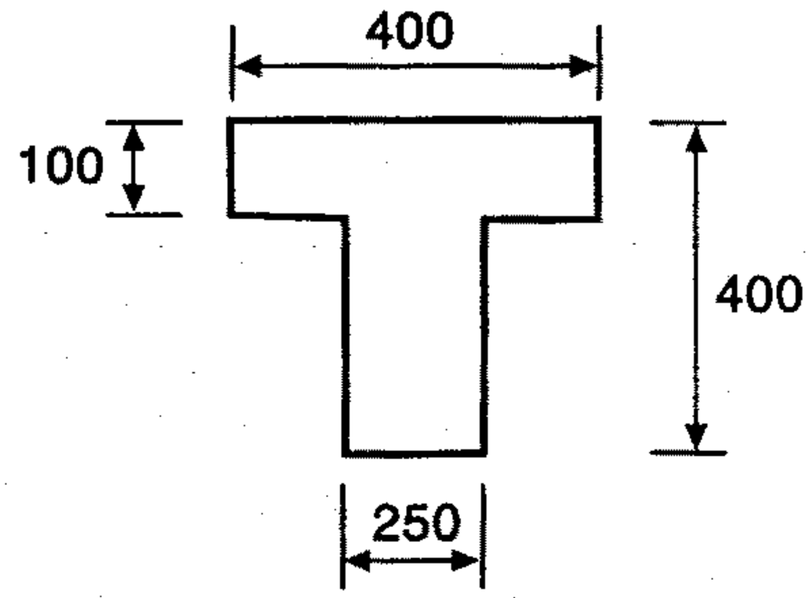


Bố trí cốt thép tại gối

4.20. Dầm BTCT có tiết diện chữ T có kích thước xem hình. Bêtông có cấp độ bền chịu nén B20 có $R_b = 11,5MPa$, hệ số điều kiện làm việc của bêtông $\gamma_b = 0,9$. Cốt thép nhóm CII có cường độ tính toán của cốt thép là $R_s = 280MPa$, hệ số điều kiện làm việc của cốt thép $\gamma_{si} = 1$. Có sơ đồ tính (xem hình vẽ), chịu tác dụng của tải trọng tính toán là $q = 50\ kN/m$.

Tính cốt thép.





Giải

Momen uốn lớn nhất ở gối:

$$M = 0,5ql^2 = 0,5 \times 50 \times 2^2 = 100kNm$$

Bản cánh chịu kéo do đó tiết diện tính toán là tiết diện chữ nhật (250×400)

$$\alpha_m = \frac{M}{\gamma_b R_b b h_o^2} = \frac{1 \times 10^8}{0,9 \times 11,5 \times 250 \times 340^2} = 0,334 < \alpha_R = 0,441$$

Từ α_m tra bảng hoặc tính ξ từ: $\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m} = 0,424$

Diện tích cốt thép chịu kéo A_s:

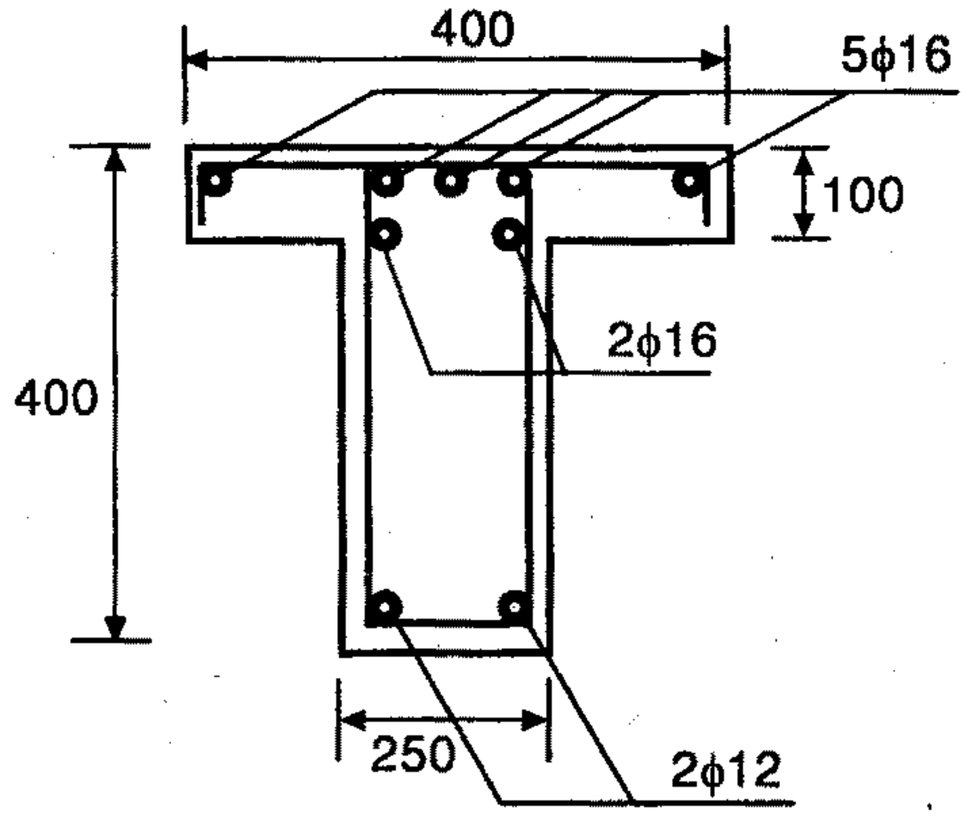
$$A_s = \frac{\xi \gamma_b R_b b h_o}{R_s} = \frac{0,424 \times 0,9 \times 11,5 \times 250 \times 340}{280} = 1333mm^2$$

Kiểm tra hàm lượng cốt thép:

$$\mu_{min} = 0,05\% < \mu = \frac{A_s}{b h_o} = \frac{1333}{250 \times 340} 100 = 1,5\% < \mu_{max} = \xi_R \frac{\gamma_b R_b}{R_s} < 2,4\%$$

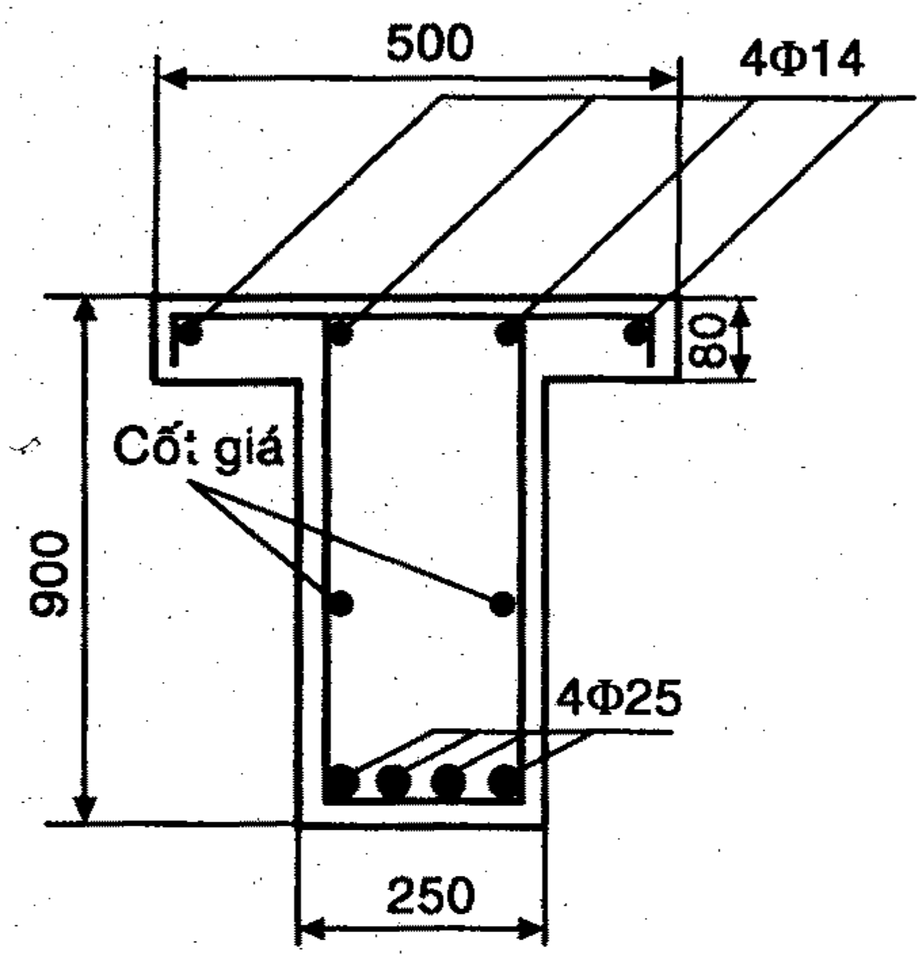
Chọn $7\phi16 \left(A_s = 1407,7mm^2\right)$ bố trí cốt thép như hình vẽ.

Tính $a_{tr} = 48mm < a = 60mm$ đạt.

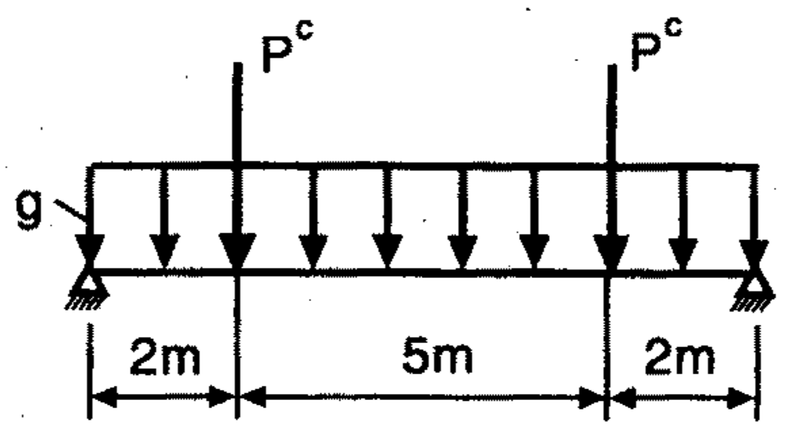


Bố trí cốt thép tại gối

4.21. Một dầm BTCT chịu tác dụng của tải trọng như hình vẽ. Biết bêtông có cấp độ bền chịu nén B25: $R_b = 14,5MPa$, $\gamma_b = 0,9$, dầm tiết diện chữ T đặt cốt kép: kích thước, cốt thép bố trí (xem hình) chiều dày lớp bêtông bảo vệ cốt dọc: a_o = 25m, cốt thép nhóm CII có $R_s = R_{sc} = 280MPa$. Chịu tải trọng gồm: trọng lượng bản thân, hệ số tin cậy n_g = 1,1; hoạt tải tiêu chuẩn P^c = 150kN, hệ số tin cậy n_p = 1,2. Hãy kiểm tra khả năng chịu lực của dầm.



Bố trí cốt thép



Sơ đồ tính của dầm

Giải:

$a = 25 + 25/2 = 37,5\ mm$; $a' = 25 + 14/2 = 32\ mm$

Dầm đặt cốt kép, vị trí trục trung hòa xác định theo:

$$\gamma_b R_b b'_f h'_f + R_{sc} A'_s = 0,9 \times 14.5 \times 500 \times 80 + 280 \times 615,6 = 694,4 \times 10^5 >$$

$$R_s A_s = 280 \times 1964 = 549,8 \times 10^5$$

Nên trục trung hòa qua cánh, kiểm tra theo tiết diện chữ nhật lớn có:

$b = 500, h = 900$

$$\xi = \frac{R_s (A_s - A'_s)}{\gamma_b R_b b h_o} = \frac{280(1963,6 - 615,6)}{0,9 \times 14,5 \times 500 \times (900 - 37,5)} = 0,67 < \xi_R = 0,432$$

$$\xi = 0,067 < \frac{2a'}{h_o} = \frac{2x32}{862,5} = 0,074$$

Khả năng chịu lực của dầm

$$[M] = R_s A_s (h_o - a') = 280 \times 1963,6 \times (900 - 37,5 - 32) = 456,6 kNm$$

Tính momen do tải trọng gây ra.

Trọng lượng bản thân

$$g = An_g\gamma = \left(0,5 \times 0,08 + 0,3(0,9 - 0,08)\right) \times 1,1 \times 2,5 = 7,865\ kN/m$$

Hoạt tải tính toán: $P = P^c.n_p = 150 \times 1,2$

Momen lớn nhất tại tiết diện giữa dầm:

$M = gL^2/8 + Pa = 7,865 \times 9^2/8 + 150 \times 1,2 \times 2,5 = 449,6\ kNm$

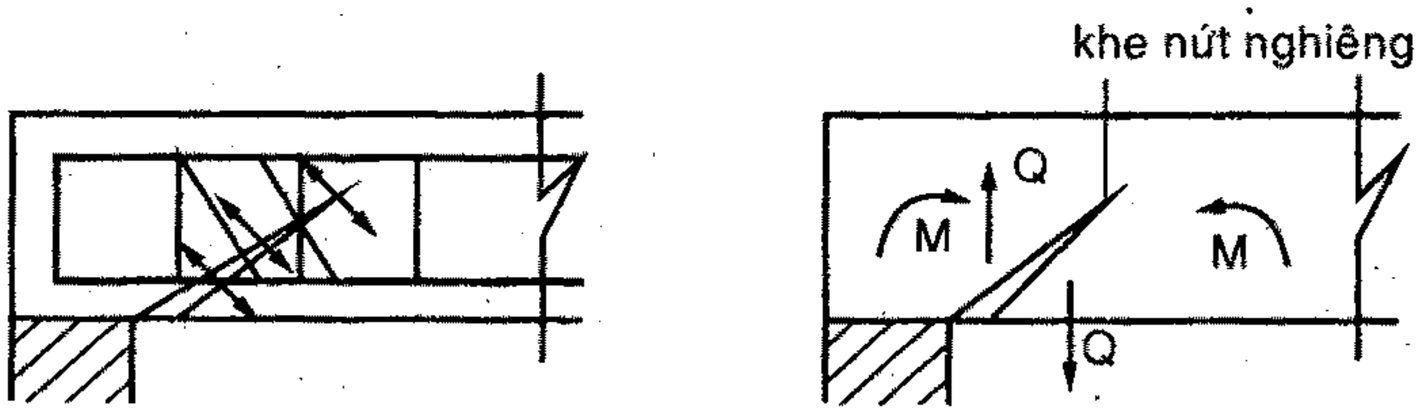
Vậy: $M = 449,6\ kNm < [M] = 456,9\ kNm$.

Dầm đủ khả năng chịu lực.

4.5 TÍNH TOÁN CƯỜNG ĐỘ CẤU KIỆN CHỊU UỐN TRÊN TIẾT DIỆN NGHIÊNG

4.5.1 Sự phá hoại trên tiết diện nghiêng

Ở những đoạn dầm có lực cắt lớn, ứng suất pháp do momen và ứng suất tiếp do lực cắt sẽ gây ra những ứng suất kéo chính nghiêng với trục dầm một góc α nào đó và có thể làm xuất hiện những khe nứt nghiêng. Các cốt dọc, cốt đai và cốt xiên đi ngang qua khe nứt nghiêng sẽ chống lại sự phá hoại theo tiết diện nghiêng.

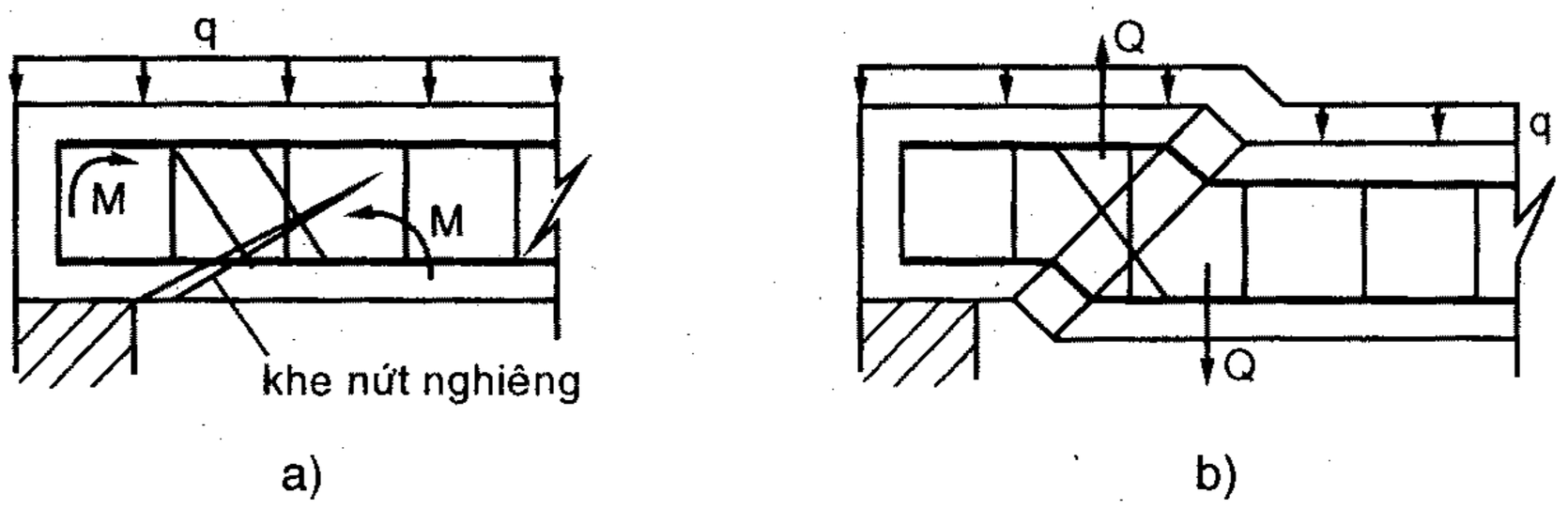


Hình 4.16 *Sự phá hoại trên tiết diện nghiêng*

Kết quả thí nghiệm cho biết, sự phá hoại của dầm trên tiết diện nghiêng do momen và lực cắt gây ra, nhưng nếu xét đồng thời do cả M và Q thì khá phức tạp, để đơn giản ta chỉ xét riêng từng trường hợp do M, Q.

4.5.2 Sơ đồ phá hoại do momen

Xét đoạn dầm, khi M đủ lớn, khe nứt nghiêng đã xuất hiện. Khe nứt nghiêng này chia dầm làm hai mãnh nối với nhau bằng các cốt dọc, cốt đai, cốt xiên đi qua khe nứt nghiêng và phần bêtông phía trên khe nứt nghiêng. Do tác dụng của momen hai mãnh dầm nầy có khuynh hướng quay xung quanh trọng tâm của vùng bêtông chịu nén. Khi khe nứt phát triển thì vùng bêtông chịu nén bị thu hẹp và khi cốt thép bị khe nứt nghiêng cắt qua đạt đến giới hạn chảy thì vùng bêtông chịu nén bị phá vỡ: dầm bị phá hoại tương tự như phá hoại trên tiết diện thẳng góc. Sự phá hoại này gọi là *phá hoại gãy theo tiết diện nghiêng*. Tính toán theo sơ đồ này gọi là **tính toán tiết diện nghiêng theo momen**.



a) b)

Hình 4.17 *Hai sơ đồ phá hoại trên tiết diện nghiêng*
a) do momen; b) do lực cắt

4.5.3 Sơ đồ phá hoại do lực cắt

Khi cốt thép đặt quá nhiều thì sự quay của dầm bị cản trở. hai mãnh dầm chịu tác dụng của lực cắt, nó chuyển dịch tương đối theo phương của lực cắt. Khi các cốt thép bị khe nứt nghiêng cắt qua đạt đến giới hạn chảy thì dầm bị phá hoại. Sự phá hoại này gọi là *phá hoại trượt theo tiết diện nghiêng*. Tính toán theo sơ đồ này gọi là **tính toán tiết diện nghiêng theo lực cắt**.

4.5.4 Điều kiện cường độ trên tiết diện nghiêng

4.5.4.1 Các điều kiện khống chế

• Để bảo đảm bêtông không bị phá hoại do ứng suất nén chính, cần phải thỏa mãn điều kiện:

$$Q \le 0,3\varphi_{\omega 1}\varphi_{b1}\gamma_b R_b b h_o \qquad (4.53)$$

trong đó:

- Hệ số $\varphi_{\omega 1}$ nhằm xét ảnh hưởng của cốt đai, xác định theo:

$$\varphi_{\omega 1} = 1 + 5\alpha\mu_{\omega} \le 1,3 \tag{4.54}$$

$$\alpha = E_s / E_b ; \quad \mu_{\omega} = A_{s\omega} / bs ; \quad A_{s\omega} = nA_{\omega} \tag{4.55}$$

b- bề rộng dầm

s- khoảng cách giữa các cốt đai

n- số nhánh cốt đai

A_{ω}- diện tích tiết diện ngang cốt đai

- Hệ số: $\varphi_{b1} = 1 - \beta\gamma_b R_b$ (4.56)

$\beta = 0,01$ - đối với bêtông nặng, bêtông hạt nhỏ

$\beta = 0,02$ - đối với bêtông nhẹ.

• Bêtông đủ khả năng chịu lực cắt (cốt ngang đặt theo cấu tạo) khi:

$$Q \le \varphi_{b3}(1 + \varphi_f + \varphi_n)\gamma_b R_{bt} b h_o \tag{4.57}$$

$\varphi_{b3} = 0,6$ - đối với bêtông nặng

$\varphi_{b3} = 0,5$ - đối với bêtông hạt nhỏ

- Hệ số φ_f nhằm xét ảnh hưởng của cánh chịu nén trong tiết diện chữ T, I được xác định theo:

$$\varphi_f = 0,75\frac{(b'_f - b)h'_f}{bh_o} \le 0,5 \tag{4.58}$$

Với $b'_f \le b + 3h'_f$ và cốt đai cần neo vào bản cánh.

- Hệ số φ_n nhằm xét ảnh hưởng của lực dọc, đối với cấu kiện chịu nén, chịu kéo:

- Đối với cấu kiện chịu nén thì:

$$\varphi_n = 0,1\frac{N}{\gamma_b R_{bt} b h_o} \le 0,5 \tag{4.59}$$

- Đối với cấu kiện chịu kéo thì:

$$\varphi_n = -0,2\frac{N}{\gamma_b R_{bt} b h_o} \text{ và } |\varphi_n| \le 0,8 \tag{4.60}$$

- Đối với cấu kiện chịu uốn thì:

$$\varphi_n = 0 \tag{4.61}$$

Trong mọi trường hợp thì gía trị:

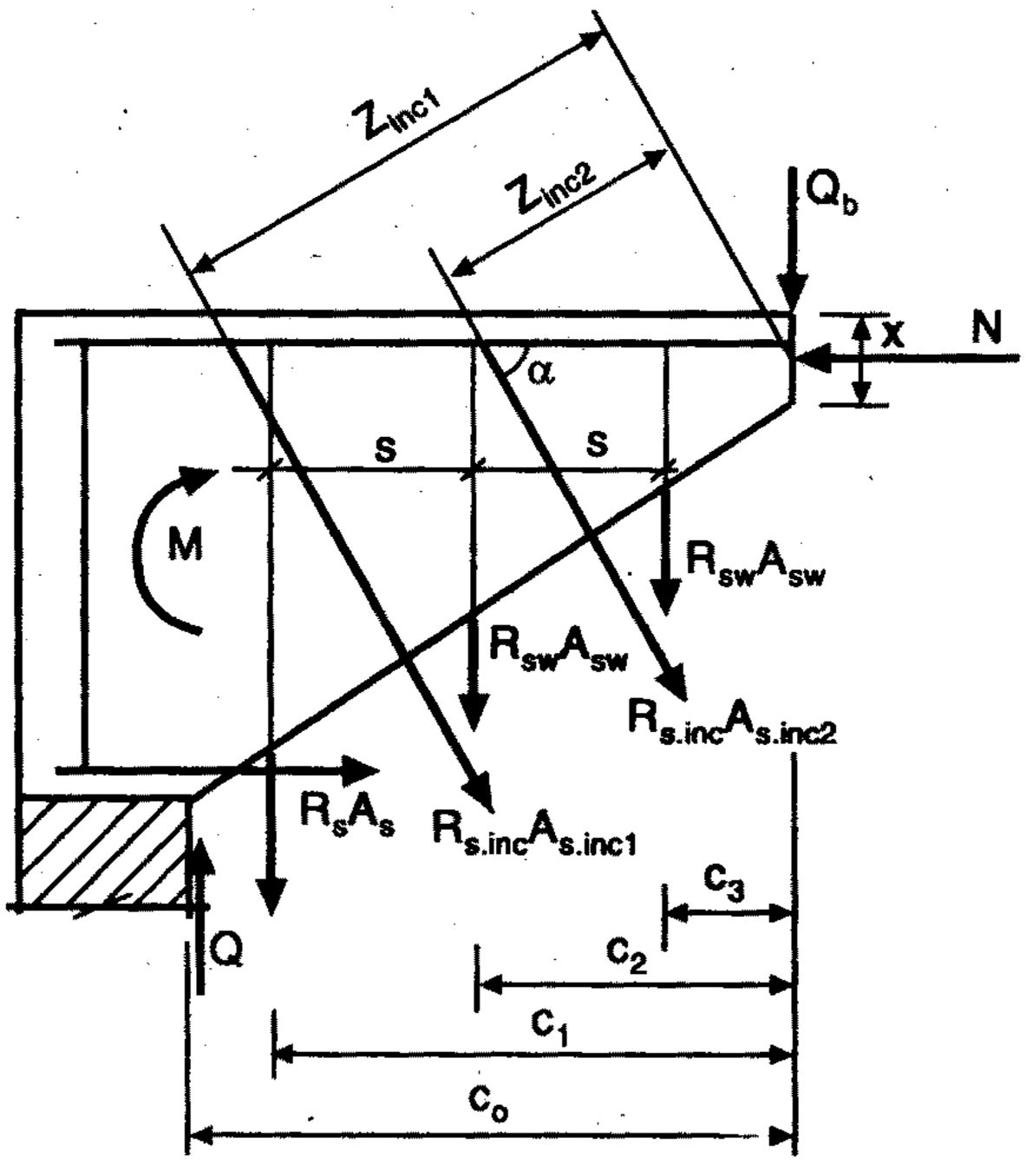
$$(1 + \varphi_f + \varphi_n) \le 1,5 \tag{4.62}$$

Q - lực cắt tính toán tại điểm đầu khe nứt nghiêng.

h_o - chiều cao có ích của tiết diện

b - bề rộng của dầm có tiết diện chữ nhật; đối với tiết diện chữ T, I thì b là bề rộng của sườn.

4.5.4.2 Điều kiện cường độ trên tiết diện nghiêng



Hình 4.18 *Sơ đồ tính toán cường độ trên tiết diện nghiêng*

α - góc nghiêng của cốt xiên đối với trục dầm.

R_{sw}, $R_{s.inc}$ - cường độ tính toán của cốt đai và cốt xiên

n- số nhánh của cốt đai

A_w - diện tích tiết diện ngang cốt đai

$A_{s.inc.i}$ - diện tích của lớp cốt xiên thứ i

$Z_{\omega i}$ - khoảng cách từ trọng tâm vùng bêtông chịu nén đến lớp cốt đai thứ i

$Z_{inc.i}$ - khoảng cách từ trọng tâm vùng bêtông chịu nén đến lớp cốt xiên thứ i

C - hình chiếu tiết diện nghiêng lên trục nằm ngang.

Q - lực cắt tính toán tại đầu khe nứt nghiêng.

N - hợp lực vùng bêtông chịu nén phía trên khe nứt nghiêng.

Z_s - cánh tay đòn ngẫu lực.

s - khoảng cách giữa các cốt đai (bước của cốt đai).

Q_b - khả năng chịu cắt của vùng bêtông phía trên khe nứt nghiêng, được xác định theo công thức thực nghiệm:

Trường hợp tổng quát áp dụng cho các loại cấu kiện, Q_b xác định theo:

Đặt $$M_o = \varphi_{b2}(1 + \varphi_f + \varphi_n)\gamma_b R_{bt} b h_o^2 \qquad (4.63)$$

$$Q_b = \frac{\varphi_{b2}\left(1 + \varphi_f + \varphi_n\right)\gamma_b R_{bt} b h_o^2}{c} = \frac{M_o}{c} \qquad (4.64)$$

trong đó:

$\varphi_{b2} = 2$ - đối với bêtông nặng; $\varphi_{b2} = 1,7$ - đối với bêtông nhẹ

Giá trị Q_b tính theo (4.64) không nhỏ hơn:

$$Q_b \le Q_{\min} = \varphi_{b3}\left(1 + \varphi_f + \varphi_n\right)\gamma_b R_{bt} b h_o \qquad (4.65)$$

$\varphi_{b3} = 0,6$ - đối với bêtông nặng

$\varphi_{b3} = 0,5$ - đối với bêtông hạt nhỏ

Do đó : $$c \le \frac{\varphi_{b2}}{\varphi_{b_3}} h_o \qquad (4.66)$$

Đồng thời $$Q_b \le Q_{\max} = 2,5 R_{bt} b h_o \qquad (4.67)$$

Do đó: $$c \ge \frac{\varphi_{b2}}{2,5}(1 + \varphi_f + \varphi_n) h_o \qquad (4.68)$$

Xét trường hợp dầm đặt cốt đơn $\left(A_s' = 0\right)$

Điều kiện cường độ trên tiết diện nghiêng:

- Phương trình cân bằng mômen (đối với trọng tâm miền bêtông phía trên khe nứt nghiêng)

$$M \le M_{gh} = R_s A_s Z_s + \sum R_{s\omega} A_{sw} Z_{\omega i} + \sum R_{s.inc.i} A_{s.inc.i} Z_{inc.i} \quad (4.69)$$

- Phương trình cân bằng lực (hình chiếu)

$$Q \le Q_b + Q_{s\omega} + Q_{s.inc} \quad (4.70)$$

Dùng điều kiện cường độ (4.70) để tính cốt đai và cốt xiên, còn (4.69) sẽ được thỏa mãn bằng một số biện pháp cấu tạo và tính toán bổ sung.

4.6 TÍNH TOÁN CƯỜNG ĐỘ TRÊN TIẾT DIỆN NGHIÊNG THEO LỰC CẮT

Điều kiện tính toán tiết diện nghiêng theo lực cắt trong trường hợp tổng quát áp dụng cho cấu kiện chịu uốn, cấu kiện chịu nén và cấu kiện chịu kéo được tiến hành khi:

$$\varphi_{b3}\left(1+\varphi_f+\varphi_n\right)\gamma_b R_{bt} b h_o < Q_{\max} \le 0,3\varphi_{\omega 1}\varphi_{b1}\gamma_b R_{bt} b h_o \quad (4.71)$$

4.6.1 Tính toán cốt đai không cốt xiên

Trường hợp cấu kiện chỉ đặt cốt đai không có cốt xiên thì (4.70) trở thành:

$$Q_{\max} \le Q_b + Q_{s\omega} \quad (4.72)$$

Đặt: $Q_{\omega b}$ - Khả năng chịu cắt của bêtông và cốt đai trên tiết diện nghiêng có hình chiếu là c.

$$Q_{\omega b} = \frac{\varphi_{b2}\left(1+\varphi_f+\varphi_n\right)\gamma_b R_{bt} b h_o^2}{c} + \sum R_{s\omega} A_{s\omega} \quad (4.73)$$

$$Q_{wb} = \frac{M_o}{c} + \sum R_{sw} A_{sw}$$

Đặt: $$\sum R_{sw} A_{sw} = R_{sw} A_{sw} \frac{c}{s} = q_{sw}.c \quad (4.74)$$

trong đó: $q_{s\omega} = \frac{R_{s\omega} n A_w}{s}$; $A_\omega = \pi \frac{d_{s\omega}^2}{4}$ (4.75)

A_ω - diện tích tiết diện ngang của cốt đai

n - số nhánh của cốt đai

Thế (4.74), (4.75) vào (4.73) được:

$$Q_{\omega b} = \frac{M_o}{c} + q_{s\omega}c \tag{4.76}$$

Có rất nhiều tiết diện nghiêng xuất phát từ một khởi điểm, do đó có rất nhiều hình chiếu C, nếu gọi C_o là hình chiếu của tiết diện nghiêng nguy hiểm nhất, đó là tiết diện nghiêng có khả năng chịu lực cắt nhỏ nhất.

Để tìm được giá trị c_o, ta lấy đạo hàm vế phải (4.76) theo c và cho đạo hàm đó bằng không, rồi tìm được giá trị c, gọi giá trị c đó là c_o.

Kết quả c_o được xác định theo:

$$c_o = \sqrt{\frac{\varphi_{b2}\left(1+\varphi_f+\varphi_n\right)\gamma_b R_{bt} b h_o^2}{q_{s\omega}}} \tag{4.77}$$

hay $$c_o = \sqrt{\frac{M_o}{q_{sw}}}$$

trong đó: $\varphi_{b2} = 2$

Theo tiêu chuẩn thiết kế, giá trị $Q_{s\omega} = q_{s\omega}c_o$ (4.78)

Đồng thời tiết diện nghiêng nguy hiểm nhất có hình chiếu là:

$$c_o \le 2h_o \tag{4.79}$$

Và cốt đai không được quá ít để tránh phá hoại dòn:

$$q_{s\omega} \ge \frac{\varphi_{b3}(1+\varphi_f+\varphi_n)R_{bt}b}{2} \tag{4.80}$$

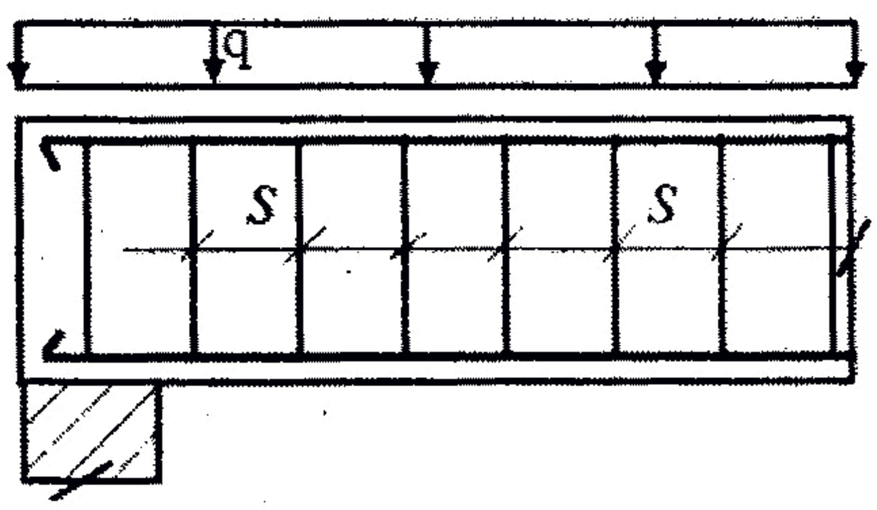
$\varphi_{b3} = 0,6$ - đối với bêtông nặng

$\varphi_{b3} = 0,5$ - đối với bêtông hạt nhỏ

Share-connect.blogspot.com

4.6.1 Tính cốt đai

4.6.1.1 Trường hợp tải phân bố đều, cốt đai bố trí đều



Hình 4.19 *Cốt đai bố trí đều*

Khi dầm chịu tải phân bố đều $q = g + p$

trong đó: g- tải trọng tác dụng thường xuyên (tĩnh tải, trọng lượng bản thân)

p- tải trọng tác dụng không thường xuyên (hoạt tải)

thì biểu thức (4.76), cần bổ sung thêm thành phần q_1:

giá trị $q_1 = g + 0,5p$ (4.81). Nếu p = 0 thì $q_1 = q$ (4.82)

$$Q_{\omega b} = \frac{M_o}{c} + (q_{s\omega} + q_1)c \tag{4.83}$$

Lúc này c_o được xác định theo:

$$c_o = \sqrt{\frac{M_o}{q_{s\omega} + q_1}} \tag{4.84}$$

Điều kiện cường độ:

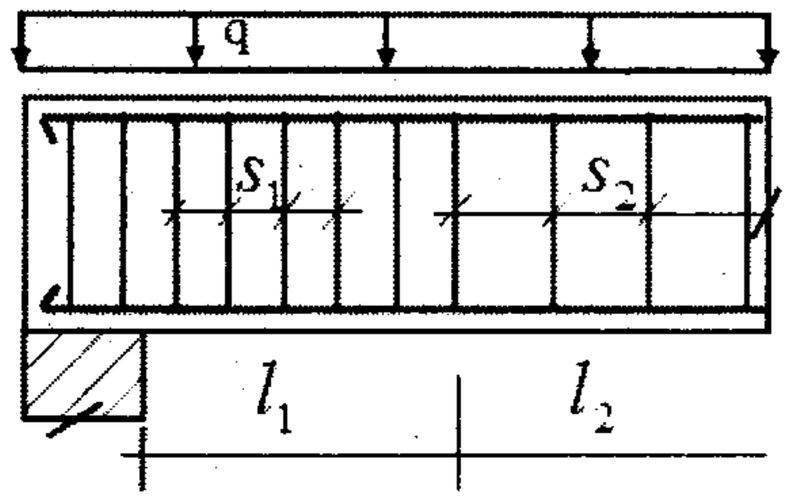
$$Q_{\max} \le Q_{\omega b} = \frac{M_o}{c} + (q_{s\omega} + q_1)c \tag{4.85}$$

Kết quả thực nghiệm cho biết:

- Khi $q_1 \le 0,56q_{s\omega}$ thì tính c_o theo: $c_o = \sqrt{\frac{M_o}{q_1}}$ (4.86)

- Khi $q_1 > 0,56q_{s\omega}$ thì tính c_o theo: $c_o = \sqrt{\frac{M_o}{q_i + q_{s\omega}}}$ (4.87)

4.6.1.2 Trường hợp tải phân bố đều, cốt đai bố trí không đều



Hình 4.20 *Cốt đai bố trí không đều*

Dưới tác dụng của tải phân bố đều, càng xa gối tựa lực cắt càng giảm, trong khoảng cách l_1 từ gối tựa cốt đai bố trí có khoảng cách là s_1, khả năng chịu lực cắt của cốt đai là q_{sw1}, có hình chiếu tiết diện nghiêng là c_1. Ngoài đoạn l_1 bố trí cốt đai có: s_2; q_{sw2}

Tính l_1:

Tính :

$$q_{sw1} = \frac{R_{sw} n A_w}{s_1}; \quad q_{sw2} = \frac{R_{sw} n A_w}{s_2} \tag{4.88}$$

$$c_{o1} = \sqrt{\frac{M_o}{q_{sw1}}} \tag{4.89}$$

Khi $q_1 > q_{sw1} - q_{sw2}$ thì $l_1 = c - \dfrac{\dfrac{M_o}{c} + q_{sw1} c_{o1} - Q_{\max} + q_1 c}{q_{sw1} - q_{sw2}}$ (4.90)

Khi $q_1 < q_{sw1} - q_{sw2}$ thì $l_1 = \dfrac{Q_{\max} - (Q_{b.\min} + q_{sw2} c_{o1})}{q_1} - c_{o1}$ (4.91)

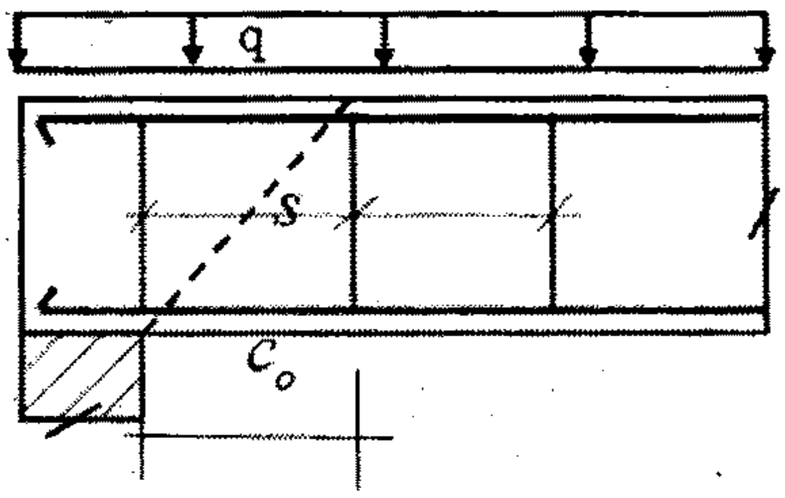
trong đó:

$$c = \sqrt{\frac{M_o}{q_1 - (q_{sw1} - q_{sw2})}} \le \frac{\varphi_{b2}}{\varphi_{b3}} h_o \tag{4.92}$$

$$Q_{b.\min} = \varphi_{b3} \left(1 + \varphi_f + \varphi_n\right) \gamma_b R_{bt} b h_o \tag{4.93}$$

4.6.1.3 Khoảng cách lớn nhất giữa các cốt đai

Trường hợp phá hoại theo tiết diện nghiêng nằm giữa hai cốt đai (không cắt qua một lớp đai nào cả). Khi đó chỉ có bêtông chịu cắt và (4.70) trở thành:



Hình 4.21 *Khe nứt nghiêng không cắt qua cốt đai nào cả*

$$Q \le Q_b \text{ hay } Q_{\omega b} \le \frac{M_o}{c} \tag{4.94}$$

Lúc này $c = s_{\max}$ nên $Q_{\omega b} \le \dfrac{M_o}{s_{\max}}$ (4.95)

Hay $s_{\max} = \dfrac{M_o}{Q}$ (4.96)

Để xét đến việc thi công không chính xác khoảng cách giữa các cốt đai, quy phạm quy định:

$$s_{\max} = \frac{\varphi_{b4}\left(1 + \varphi_f + \varphi_n\right)\gamma_b R_{bt} b h_o^2}{Q} = \frac{\varphi_{b4} M_o}{\varphi_{b2} Q} \tag{4.97}$$

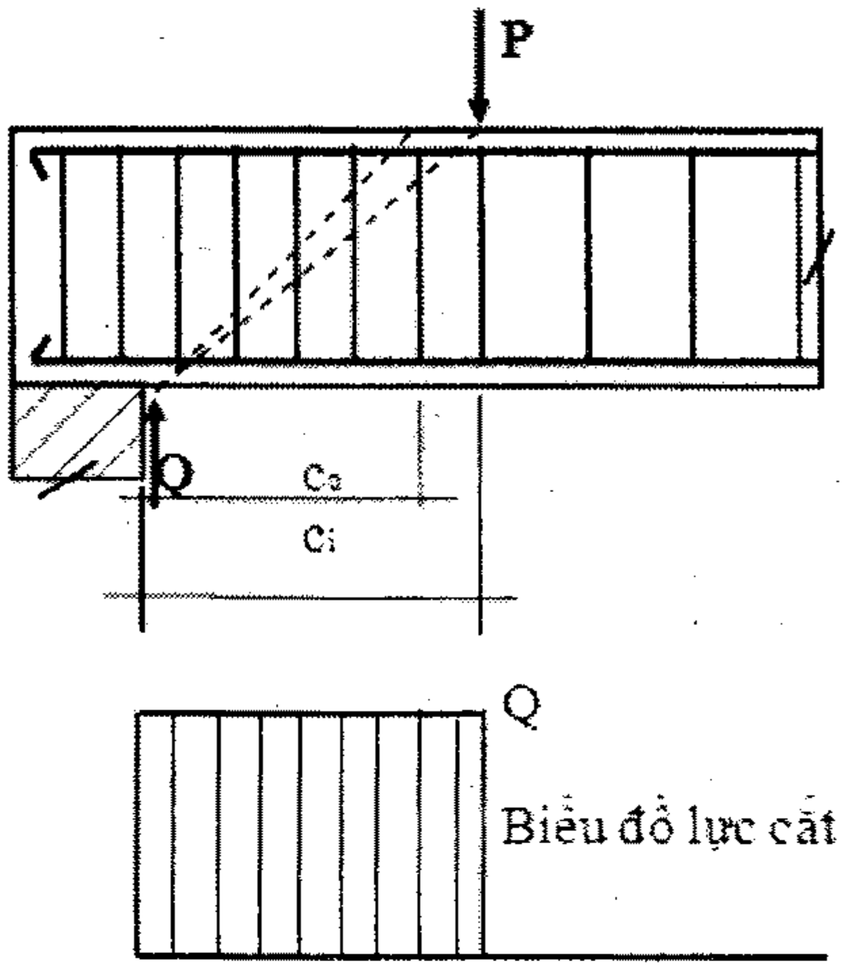
trong đó:

$\varphi_{b4} = 1,5$ - đối với bêtông nặng

$\varphi_{b4} = 1,5$ - đối với bêtông tổ ong

$\varphi_{b3} = 1,2$ - đối với bêtông hạt nhỏ

4.6.1.4 Trường hợp tải trọng là lực tập trung



Hình 4.22 *Sơ đồ tính cốt đai khi chịu lực tập trung*
a) Sơ đồ tiết diện nghiêng; b) Biểu đồ lực cắt

Khi chịu tải trọng tập trung, cần phải tính với tất cả các tiết diện nghiêng c_i xuất phát từ gối tựa nhưng không vượt quá tiết diện có giá trị mômen lớn nhất.

Xét tiết diện nghiêng có hình chiếu là c_i

$$Q \le Q_{\omega b} = \frac{M_o}{c_i} + q_{s\omega} c_i \tag{4.98}$$

với $$c_i \le c_o = 2h_o \tag{4.99}$$

Khoảng cách giữa các cốt đai ứng với c_i là:

$$s_i = \frac{nA_{sw}R_{sw}c_i}{Q - \dfrac{M_o}{c_i}} \tag{4.100}$$

Trong tính toán chọn trước giá trị c_i : $h_o \le c_i \le 2h_o$ (4.101)

Từ (4.100) tính được các s_i, chỉ lấy giá trị $s_i > 0$, cuối cùng khoảng cách giữa các cốt đai là:

$$s_{tt} = \min(s_1, s_2, \ldots s_i) \tag{4.102}$$

4.6.2 Cốt đai đặt theo cấu tạo

Ngoài ra cần phải chú ý đến khoảng cách cấu tạo của cốt đai được qui định như sau:

Nếu tải trọng phân bố đều

- Trên đoạn dầm gần gối tựa (đoạn L/4):

$$s_{ct} = \begin{vmatrix} h/2 \\ 150mm \end{vmatrix} \quad khi\ chiều\ cao\ dầm\ h \le 450\ mm$$

$$s_{ct} = \begin{vmatrix} h/3 \\ 300mm \end{vmatrix} \quad khi\ chiều\ cao\ dầm\ h > 450\ mm$$

- Trên đoạn dầm giữa nhịp (đoạn L/2):

$$s_{ct} = \begin{vmatrix} 3h/4 \\ 500mm \end{vmatrix} \quad khi\ h > 300mm.$$

Nếu tải tập trung thì đoạn dầm gần gối lấy khoảng cách từ gối đến lực tập trung đầu tiên nhưng không nhỏ hơn L /4.

Khoảng cách thiết kế của cốt đai

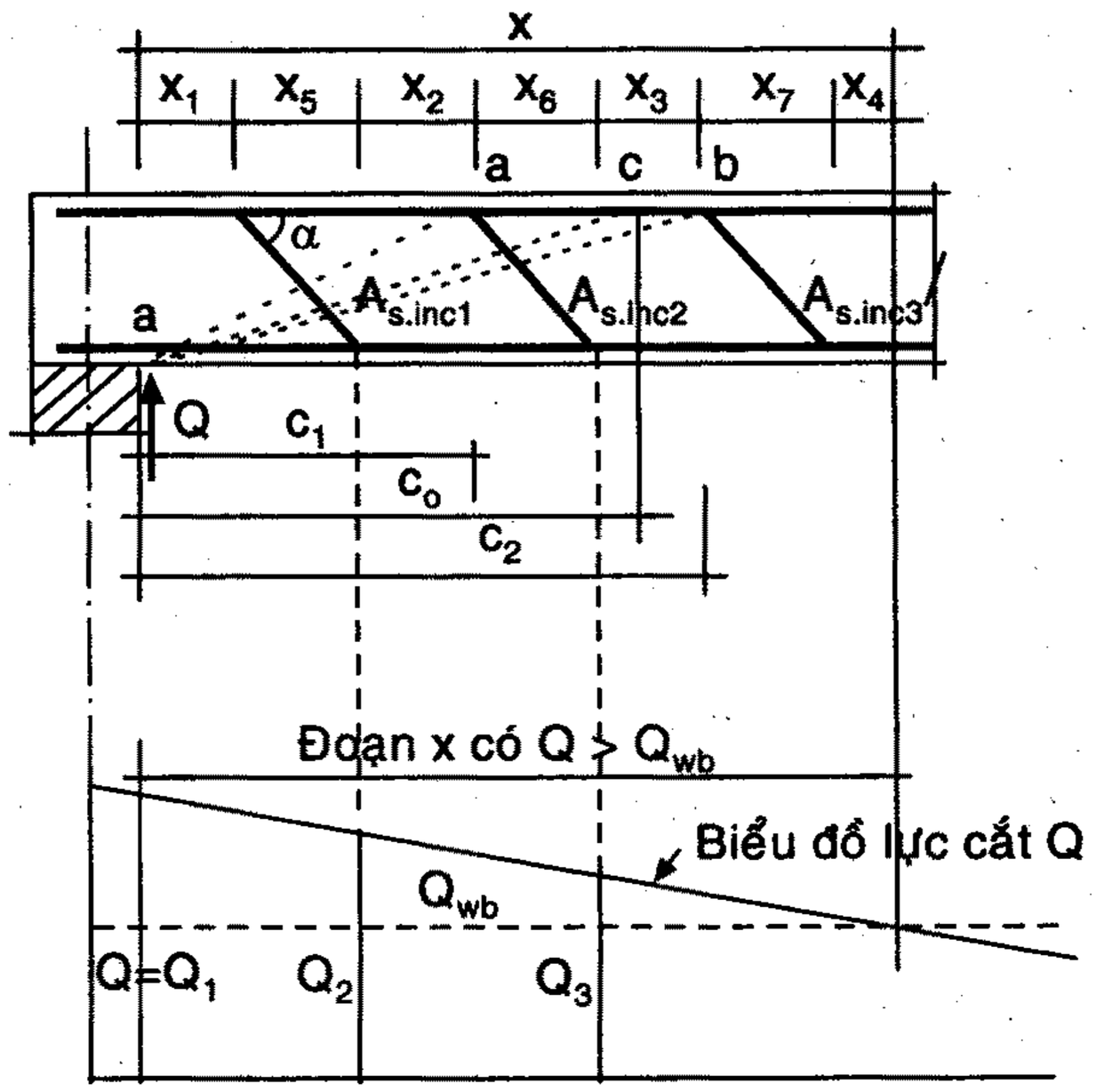
$$s = \min \begin{vmatrix} s_{tt} \\ s_{\max} \\ s_{ct} \end{vmatrix} \tag{4.103}$$

Đồng thời khoảng cách cốt đai phải lấy chẵn đến đơn vị cm để dễ thi công.

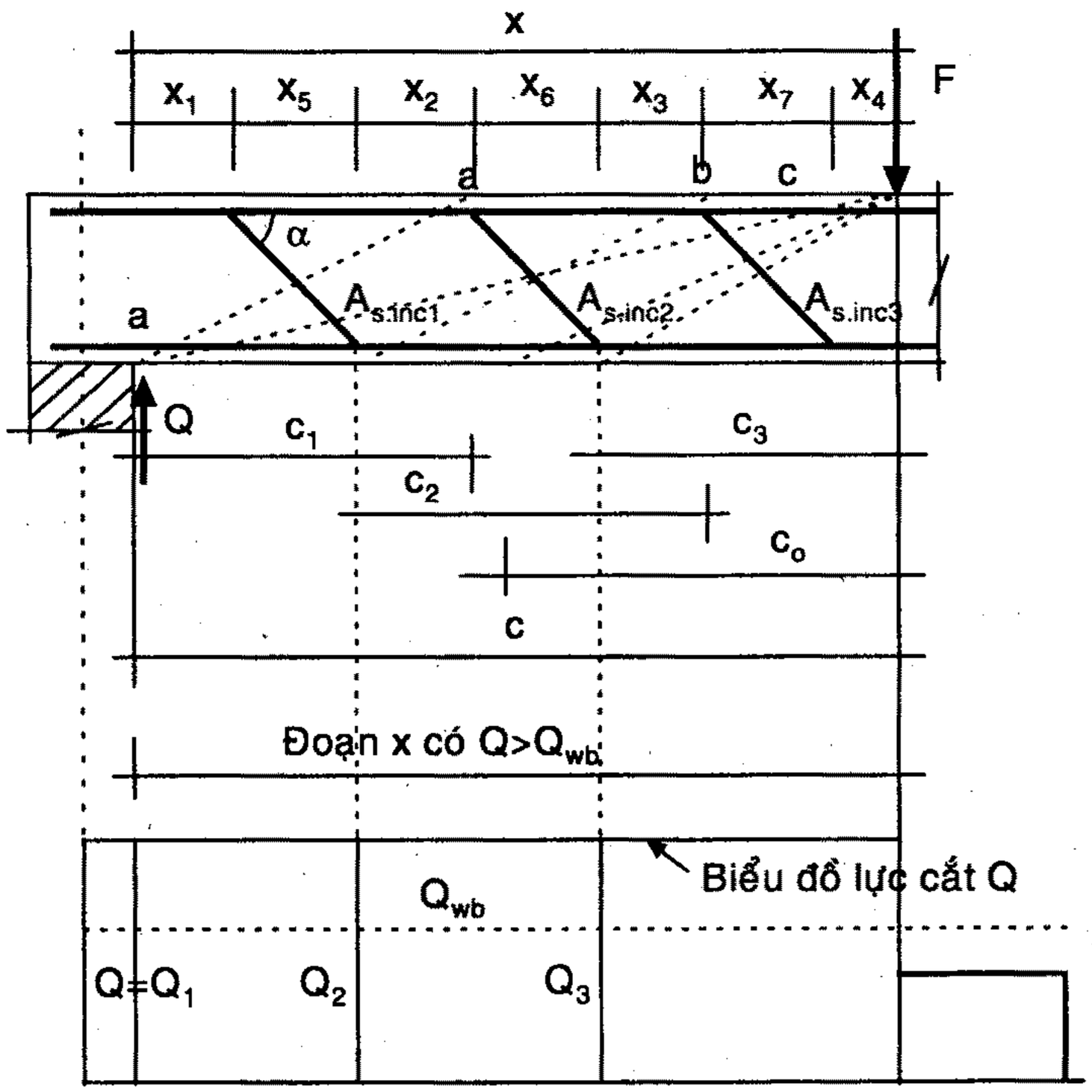
5.6.3 Tính cốt xiên

Điều kiện để đặt cốt xiên khi:

$$Q > Q_{\omega b} \tag{4.104}$$



Hình 4.23 *Sơ đồ tính cốt xiên khi dầm chịu tải phân bố đều*



Hình 4.24 *Sơ đồ tính cốt xiên khi dầm chịu tải tập trung*

Thông thường khi thiết kế, người ta thường dựa vào s_{ct} chọn $d_{s\omega}$ và n (số nhánh của cốt đai), từ đó tính $Q_{\omega b}$ theo:

$$Q_{\max} \le Q_{\omega b} = \frac{M_o}{c_o} + (q_{s\omega} + q_1)c_o \qquad (4.105)$$

với c_o được xác định theo: (4.84) hoặc (4.85)

- Nếu $Q \le Q_{\omega b}$ thì cốt đai và bêtông đủ khả năng chịu lực cắt, không cần tính cốt xiên.
- Nếu $Q > Q_{\omega b}$ thì cốt đai và bêtông không đủ khả năng chịu lực cắt, phải bố trí và tính cốt xiên.

Trình tự tính cốt xiên như sau

- Xác định đoạn dầm cần phải bố trí cốt xiên (x) (H.4.24):

Giả sử, xét dầm đơn giản chịu tải phân bố đều, có biểu đồ lực cắt.

Tìm đoạn dầm cần phải bố trí cốt xiên (x). Từ (4.110) tính được $Q_{\omega b}$, dựa vào biểu đồ lực cắt và $Q_{\omega b}$ để tìm x theo qui tắc hai tam giác đồng dạng.

- Bố trí các lớp cốt xiên: chủ yếu xem trong đoạn x phải bố trí mấy lớp cốt xiên. Để xác định số lớp cốt xiên cần bố trí trong đoạn x dựa vào điều kiện các đoạn $x_i < s_{max}$ kết hợp với góc nghiêng của cốt xiên (xem (H.4.16a) cần 3 lớp cốt xiên). (i = 1, 2, 3, 4)

Góc nghiêng α của cốt xiên lấy như sau:

- Đối với dầm có chiều cao $h < 300$ thì $\alpha = 30^o$
- Đối với dầm có chiều cao $h \le 800$ thì $\alpha = 45^o$
- Đối với dầm có chiều cao $h > 800$ thì $\alpha \le 60^o$

Điều kiện cường độ trên tiết diện nghiêng có hình chiếu là c cắt qua cả cốt đai và cốt xiên do lực cắt là:

$$Q \le Q_b + Q_{s\omega} + Q_{s.inc} \qquad (4.106)$$

hay

$$Q_i \le \frac{M_o}{c_i} + q_{s\omega}c_i + \sum R_{s.inc}A_{s.inc.i}\sin\alpha \qquad (4.107)$$

Khi thiết kế cần phải tính toán tất cả các tiết diện nghiêng xuất phát từ mép gối tựa, xuất phát từ cuối lớp cốt xiên thứ nhất, thứ hai v.v...

Nếu dầm chịu tải tập trung, ngoài các tiết diện trên cần phải tính toán thêm tiết diện nghiêng xuất phát từ điểm đặt của lực tập trung (xem hình 4.24)

Xét các tiết diện nghiêng có hình chiếu là c_1, c_2, c_3; c_o thì điều kiện cường độ trên các tiết diện nghiêng tương ứng là:

$$Q_1 \le \frac{M_o}{c_1} + q_{sw}c_1 + R_{s.inc}A_{s.inc.1}\sin\alpha \qquad (4.108)$$

$$Q_2 \le \frac{M_o}{c_2} + q_{sw}c_2 + R_{s.inc}A_{s.inc.2}\sin\alpha \qquad (4.109)$$

$$Q_3 \le \frac{M_o}{c_3} + q_{sw}c_3 + R_{s.inc}A_{s.inc.3}\sin\alpha \qquad (4.110)$$

Trường hợp hình (4.23) thì:

$$Q_1 \le \frac{M_o}{c_o} + q_{sw}c_o + R_{s.inc}A_{s.inc.1}\sin\alpha + R_{s.inc}A_{s.inc.2}\sin\alpha \qquad (4.111)$$

Trường hợp hình (4.24) thì :

$$Q_o \le \frac{M_o}{c_o} + q_{sw}c_o + R_{s.inc}A_{s.inc.2}\sin\alpha + R_{s.inc}A_{s.inc.3}\sin\alpha \qquad (4.112)$$

trong đó: Q_1, Q_2, Q_3, Q_o- lực cắt tại ở điểm đầu của tiết diện nghiêng có hình chiếu là c_1, c_2, c_3; c_o (xem hình 4.24)

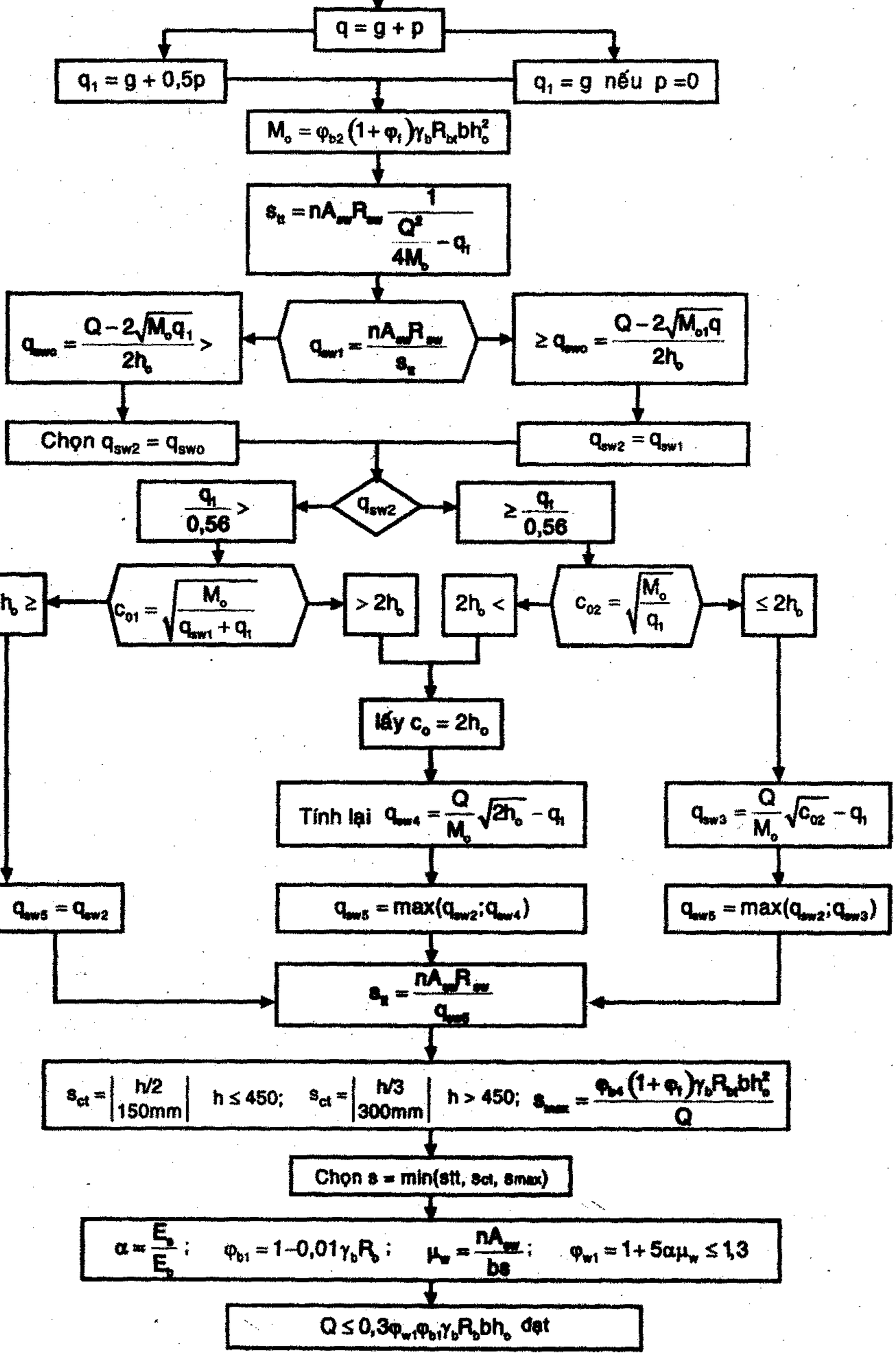
Chú thích: Giá trị $c_o \le 2h_o$ (nếu $c_o > 2h_o$ thì lấy $c_o = 2h_o$)

Giải hệ phương trình trên ta sẽ tìm được diện tích các lớp cốt xiên: $A_{s.inc.i}$ hoặc kiểm tra khả năng chịu lực trên các tiết diện nghiêng

Sơ đồ 4.5 Tính cốt đai và cốt xiên cấu kiện chịu uốn tiết diện chữ nhật, chữ I, T

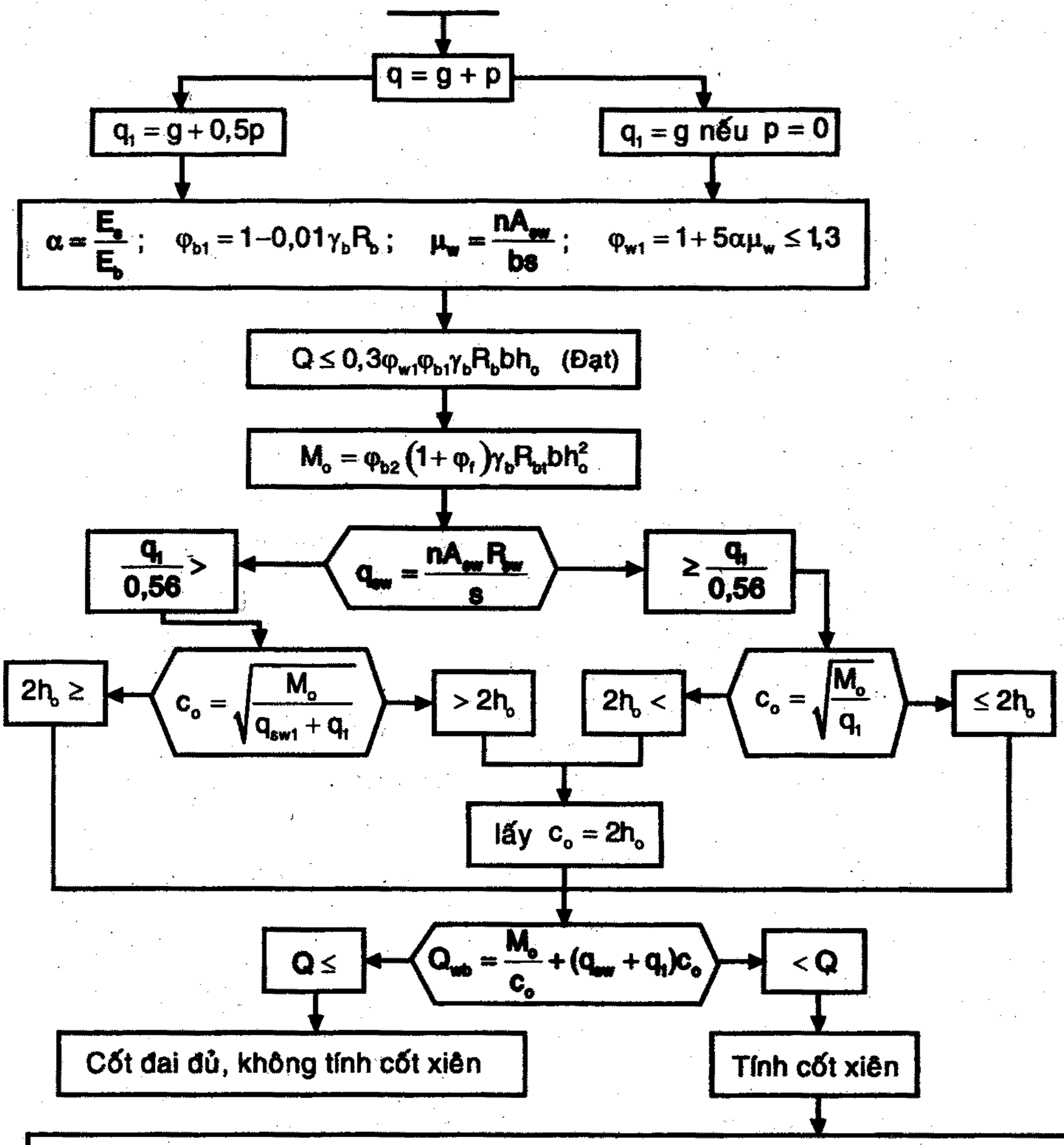
Số liệu: (b, h, b'_f, h'_f), E_b, E_s, γ_b, R_b, R_{bt}, R_{sw}

Tải trọng phân bố đều: g - Tĩnh tải; p- Hoạt tải; lực cắt Q: Tính cốt đai



Sơ đồ 4.6 *Tính cốt xiên cấu kiện chịu uốn tiết diện chữ nhật, chữ I, T*

Số liệu: (b,h,b'_f,h'_f), E_b, E_s, γ_b, R_{bt}, $R_{s.inc}$, cốt đai: n, A_{sw}, s, R_{sw}



Share-connect.blogspot.com

Sơ đồ 4.7 Cốt đai & cốt *xiên cấu kiện chịu uốn tiết diện chữ nhật, chữ I, T*

Số liệu: (b,h,b'_f,h'_f), E_b, E_s, γ_b, R_{bt}, $R_{s.inc}$, cốt đai: n, A_{sw}, R_{sw}

Tải trọng là lực tập trung; lực cắt Q: Tính cốt đai & cốt xiên

Cốt đai (chưa biết s)

$M_o = \varphi_{b2}(1+\varphi_f)\gamma_b R_{bt} b h_o^2$

Chọn $h_o \le c_i \le 2h_o$

$s_i = \dfrac{nA_{sw}R_{sw}c_i}{(Q - \dfrac{M_o}{c_i})}$

Chọn $s_{tt} = \min(s_i) > 0$

$s_{max} = \dfrac{\varphi_{b3}}{\varphi_{b2}}\dfrac{M_o}{Q}$; S_{ct}

Chọn $s = \min(s_{tt}, s_{max}, s_{ct})$

$\alpha = \dfrac{E_s}{E_b}$; $\varphi_{b1} = 1 - 0{,}01\gamma_b R_b$

$\mu_w = \dfrac{nA_{sw}}{bs}$; $\varphi_{w1} = 1 + 5\alpha\mu_w \le 1{,}3$

Kiểm tra $Q \le 0{,}3\varphi_{w1}\varphi_{b1}\gamma_b R_b b h_o$

Cốt đai đủ, không tính cốt xiên

Cốt xiên (biết s)

$\alpha = \dfrac{E_s}{E_b}$; $\varphi_{b1} = 1 - 0{,}01\gamma_b R_b$

$\mu_w = \dfrac{nA_{sw}}{bs}$; $\varphi_{w1} = 1 + 5\alpha\mu_w \le 1{,}3$

Kiểm tra $Q \le 0{,}3\varphi_{w1}\varphi_{b1}\gamma_b R_b b h_o$

$M_o = \varphi_{b2}(1+\varphi_f)\gamma_b R_{bt} b h_o^2$

$q_{sw} = \dfrac{nA_{sw}R_{sw}}{s}$

$c_o = \sqrt{\dfrac{M_o}{q_{sw}}}$ — $2h_o <$ — $\le 2h_o$

Lấy $c_o = 2h_o$

$Q_{wb} = \dfrac{M_o}{c_o} + q_{sw}c_o$ — $Q \le$ — $< Q$

Tính cốt xiên

- Dựa vào biểu đồ lực cắt, tính đoạn dầm (x) có $Q > Q_{wb}$
- Bố trí số lớp cốt xiên trong đoạn (x) đó
- Chọn các vết nứt nghiêng có các hình chiếu là c_i và c_o

Kiểm tra: $c_i > (1+\varphi_f)h_o$ và $c_i \le \varphi_{b2}h_o / \varphi_{b3}$

- Lập các phương trình:

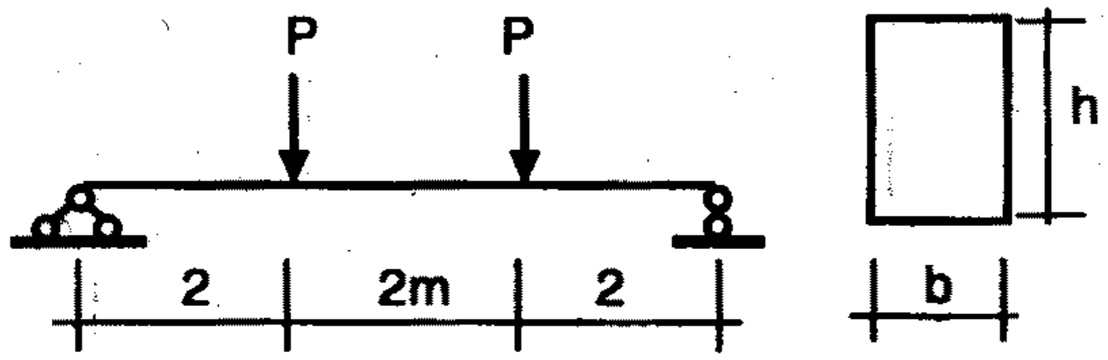
$$Q \le \frac{M_o}{c_i} + q_{sw}c_i + \sum R_{s.inc}A_{s.inc.i}\sin\alpha$$

- Giải hệ phương trình sẽ tìm được các cốt xiên $A_{s.inc.i}$

BÀI TẬP

4.22 Tính cốt đai cho dầm có sơ đồ tải trọng như hình có P = 200kN. Cho biết: dầm có tiết diện chữ nhật: b = 300; h = 600 mm; a = a' = 4cm, cốt đai nhóm CI d = 6 mm, cốt đai hai nhánh, $R_{sw} = 175\ MPa$. $E_s = 21 \times 10^4 MPa$. Bêtông có độ bền chịu nén B15 có: $R_b = 8,5MPa$; $R_{bt} = 0,75MPa$, $\gamma_b = 0,9$, $E_b = 23 \times 10^3 MPa$.

Giải.



$\varphi_{b2} = 2$; $\varphi_f = 0$; $\varphi_n = 0$; $n = 2$; $A_w = \dfrac{\pi d^2}{4} = 28,3mm^2$; Q = 200kN

$M_o = \varphi_{b2}\gamma_b R_{bt} b h_o^2 = 2 \times 0,9 \times 0,75 \times 200 \times 560^2 = 127kNm$

Khoảng cách giữa các cốt đai theo tính toán:

Chọn tiết diện nghiêng bất kỳ: $h_o \le c_i \le 2h_o$

Chọn $c_1 = h_o = 560$

$$s_1 = \frac{nA_{sw}R_{sw}c_1}{Q - \dfrac{M_o}{c_1}} = \frac{2 \times 28,3 \times 175 \times 560}{200 \times 10^3 - \dfrac{127 \times 10^6}{560}} = 207mm$$

Chọn $c_2 = 800$

$$s_2 = \frac{nA_{sw}R_{sw}c_2}{Q - \dfrac{M_o}{c_2}} = \frac{2 \times 28,3 \times 175 \times 800}{200 \times 10^3 - \dfrac{127 \times 10^6}{800}} = 172mm$$

Chọn $c_3 = 1000$

$$s_3 = \frac{nA_{sw}R_{sw}c_3}{Q - \dfrac{M_o}{c_3}} = \frac{2 \times 28,3 \times 175 \times 1000}{200 \times 10^3 - \dfrac{127 \times 10^6}{1000}} = 135mm$$

Chọn $c_4 = 2h_o = 1120$

$$s_4 = \frac{nA_{sw}R_{sw}c_4}{Q - \frac{M_o}{c_4}} = \frac{2 \times 28,3 \times 175 \times 1120}{200 \times 10^3 - \frac{127 \times 10^6}{1120}} = 128mm$$

Khoảng cách lớn nhất giữa các cốt đai: $\varphi_{b4} = 1,5$

$$s_{max} = \varphi_{b4}(1 + \varphi_f)\gamma_b R_{bt} b h_o^2 \frac{1}{Q}$$

$$= 1,5 \times 0,9 \times 0,75 \times 300 \times 560^2 \frac{1}{200 \times 10^3} = 476,3mm$$

Khoảng cách giữa các cốt đai theo cấu tạo:

$$s_{ct} = h/3 = 200 \text{ mm}$$

Chọn s có giá trị nhỏ nhất của s_{tt}, s_{ct} và s_{max}.

Đồng thời để tiện cho thi công chọn cốt đai: s = 125*mm* bố trí trong đoạn 2*m* đầu đầm.

Kiểm tra điều kiện:

Kiểm tra

$$\varphi_b = 1 - 0,01\gamma_b R_b = 0,923$$

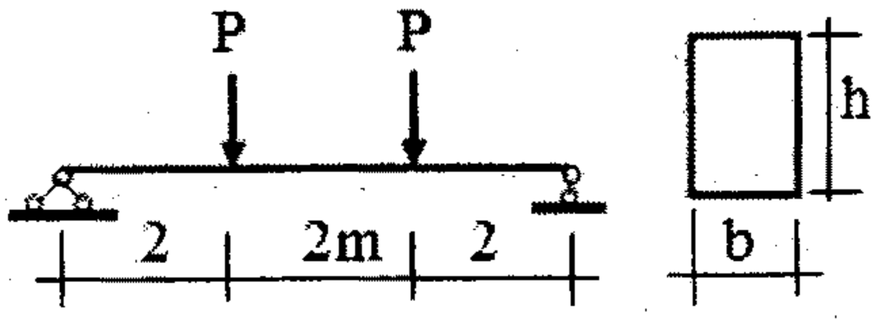
$$\varphi_{w1} = 1 + 5\frac{E_s}{E_b}\frac{A_{sw}}{bs} = 1,069$$

$$Q = 200kN < 0,3\varphi_b\varphi_{w1}\gamma_b R_b b h_o^2 = 380,6kN \text{ thỏa}$$

Trong đoạn giữa dầm có: Q = 0 nên cốt đai đặt theo cấu tạo: *s* = 250mm.

4.23. Cũng với số liệu của bài 4.22, bố trí cốt đai cốt đai nhóm CI $d = 6\,mm$, cốt đai hai nhánh, s = 200mm; bố trí cốt xiên nhóm CII có: $R_{s.inc} = 225MPa$. Tính cốt xiên

Giải.



Kiểm tra

$$\varphi_b = 1 - 0,01\gamma_b R_b = 0,923$$

$$\varphi_{w1} = 1 + 5\frac{E_s}{E_b}\frac{A_{sw}}{bs} = 1,043$$

$$Q = 200kN < 0,3\varphi_b\varphi_{w1}\gamma_b R_b b h_o^2 = 371kN \text{ thỏa}$$

$$q_{sw} = nA_{sw}\frac{R_{sw}}{s_{tt}} = 2 \times 28,3\frac{175}{200} = 49,525$$

$$M_o = \varphi_{b2}\gamma_b R_{bt} b h_o^2 = 2 \times 0,9 \times 0,75 \times 200 \times 560^2 = 127kNm$$

Hình chiếu tiết diện nghiêng nguy hiểm nhất tính theo:

$$c_o = \sqrt{\frac{M_o}{q_{sw}}} = \sqrt{\frac{1,27.10^8}{49,525}} = 1601mm$$

Vì $c_o > 2h_o = 1120mm$ nên lấy $c_o = 2h_o = 1120mm$

Khả năng chịu cắt của cốt đai và bêtông:

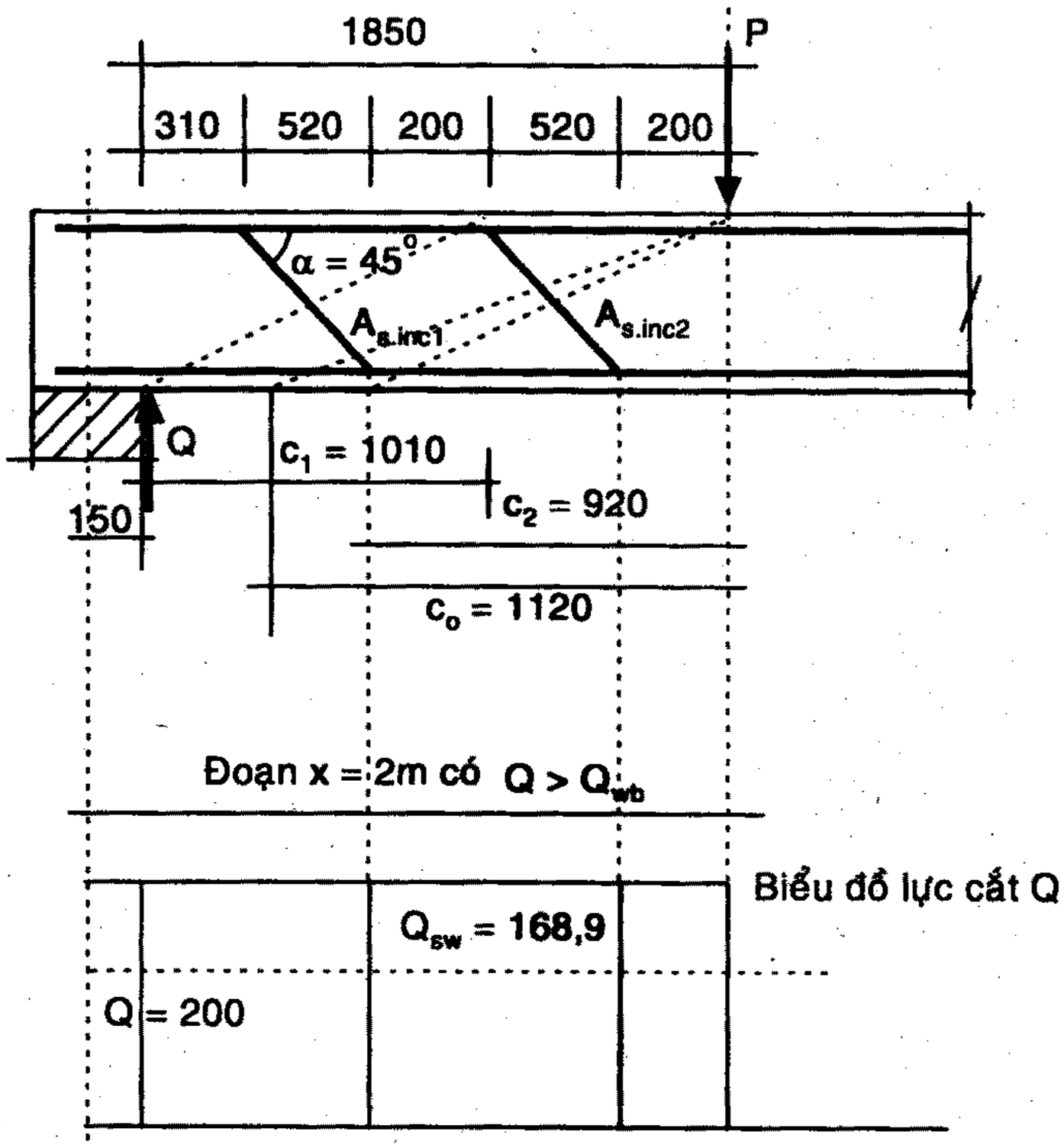
$$Q_{wb} = \frac{M_o}{c_o} + q_{sw}c_o = \frac{1,27.10^8}{1120} + 49,525 \times 1120 = 168,9kN$$

$Q > Q_{wb}$ cốt đai bố trí không đủ chịu lực cắt phải tính cốt xiên

Đoạn dầm cần phải bố trí cốt xiên là đoạn x = 2000mm có: Q = 200kN.

Số lớp cốt xiên cần thiết được bố trí như hình vẽ.

Ta bố trí hai lớp cốt xiên là đảm bảo.



Bố trí cốt xiên

Kiểm tra: $c_1 < \frac{\varphi_{b2}}{\varphi_{b3}} h_o = \frac{2}{0,6} \times 560 = 1867mm$ thỏa

$$c_1 > \frac{\varphi_{b2}}{2,5} h_o = \frac{2}{2,5} \times 560 = 448mm \text{ thỏa}$$

Tính cốt xiên

Ứng với $c_1 = 1010mm$ $\quad A_{s.inc1} = \dfrac{Q - (q_{sw} c_1 + \dfrac{M_o}{c_1})}{R_{s.inc} \sin\alpha} = 152mm^2$

Ứng với $c_2 = 920mm$ $\quad A_{s.inc2} = \dfrac{Q - (q_{sw} c_2 + \dfrac{M_o}{c_2})}{R_{s.inc} \sin\alpha} = 103mm^2$

Ứng với $c_o = 1120mm$

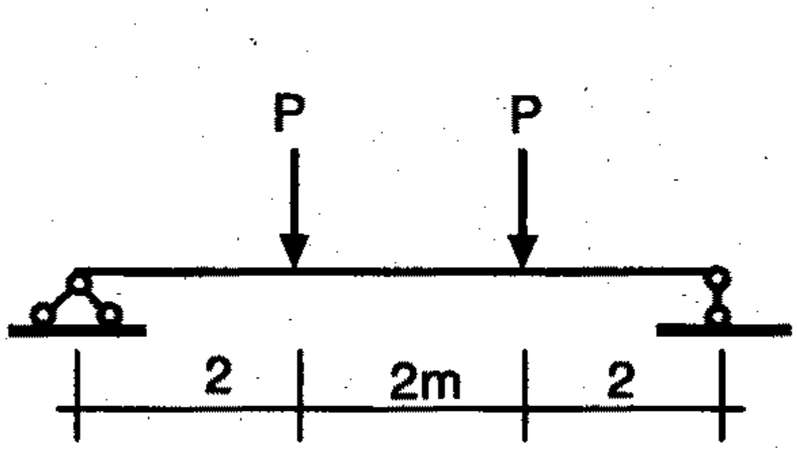
$$A_{s.inc1} + A_{s.inc2} = \frac{Q - (q_{sw} c_o + \dfrac{M_o}{c_o})}{R_{s.inc} \sin\alpha} = 195mm^2$$

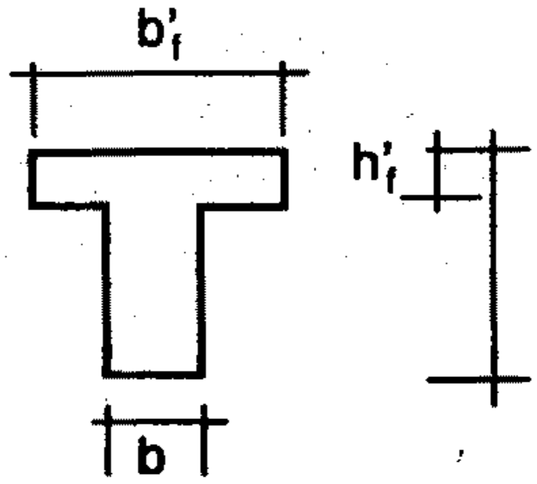
Chọn cốt xiên $A_{s.inc1} = A_{s.inc2} = 201mm^2 (1d16)$

4.24. Tính cốt đai cho dầm có sơ đồ tải trọng như hình có P = 200kN. Cho biết: dầm có tiết diện chữ T: b = 300; h = 600mm, $b_f' = 500$, $h_f' = 100$, a = a' = 4cm, cốt đai nhóm CI $d = 6\ mm$, cốt đai hai nhánh $R_{sw} = 175\ MPa$. $E_s = 21 \times 10^4 MPa$. Bêtông có độ bền chịu nén B15 có: $R_b = 8,5MPa$; $R_{bt} = 0,75MPa$, $\gamma_b = 0,9$, $E_b = 23 \times 10^3 MPa$.

Tính cốt đai

Giải.





$$\varphi_{b2} = 2,\ \varphi_f = 0,75\frac{(b_f' - b)h_f'}{bh_o} = 0,75\frac{(500 - 300)100}{300 \times 560} = 0,089;$$

$\varphi_n = 0$; n = 2; $A_w = \dfrac{\pi d^2}{4} = 28,3mm^2$; Q = 200kN

$$M_o = \varphi_{b2}(1 + \varphi_f)\gamma_b R_{bt} b h_o^2 = 2 \times (1 + 0,089)0,9 \times 0,75 \times 300 \times 560^2 = 138,3kNm$$

Khoảng cách giữa các cốt đai theo tính toán:

Chọn tiết diện nghiêng bất kỳ: $h_o \le c_i \le 2h_o$

Chọn $c_1 = h_o = 560$

$$s_1 = \frac{nA_{sw}R_{sw}c_1}{Q - \dfrac{M_o}{c_1}} = \frac{2 \times 28,3 \times 175 \times 560}{200 \times 10^3 - \dfrac{138,3 \times 10^6}{560}} = -118mm$$

Chọn $c_2 = 800$

$$s_2 = \frac{nA_{sw}R_{sw}c_2}{Q - \dfrac{M_o}{c_2}} = \frac{2 \times 28,3 \times 175 \times 800}{200 \times 10^3 - \dfrac{138,3 \times 10^6}{800}} = 292mm$$

Chọn $c_3 = 1000$

$$s_3 = \frac{nA_{sw}R_{sw}c_3}{Q - \frac{M_o}{c_3}} = \frac{2 \times 28,3 \times 175 \times 1000}{200 \times 10^3 - \frac{138,3 \times 10^6}{1000}} = 160mm$$

Chọn $c_4 = 2h_o = 1120$

$$s_4 = \frac{nA_{sw}R_{sw}c_4}{Q - \frac{M_o}{c_4}} = \frac{2 \times 28,3 \times 175 \times 1120}{200 \times 10^3 - \frac{138,3 \times 10^6}{1120}} = 145mm$$

Khoảng cách lớn nhất giữa các cốt đai: $\varphi_{b4} = 1,5$

$$s_{\max} = \varphi_{b4}(1 + \varphi_f)\gamma_b R_{bt} b h_o^2 \frac{1}{Q}$$

$$= 1,5(1 + 0,089)0,9 \times 0,75 \times 300 \times 560^2 \frac{1}{200 \times 10^3} = 518mm$$

Khoảng cách giữa các cốt đai theo cấu tạo:

$s_{ct} = h/3 = 200$ mm

Chọn s có giá trị nhỏ nhất của s_{tt}, s_{ct} và s_{max}.

Chọn cốt đai: s = 125mm bố trí trong đọan 2m đ đầu dầm

Kiểm tra điều kiện:

$$\varphi_b = 1 - 0,01\gamma_b R_b = 0,923$$

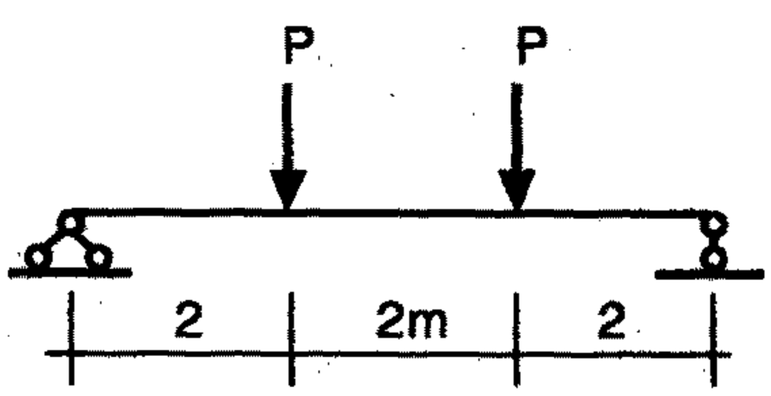
$$\varphi_{w1} = 1 + 5\frac{E_s}{E_b}\frac{A_{sw}}{bs} = 1,043$$

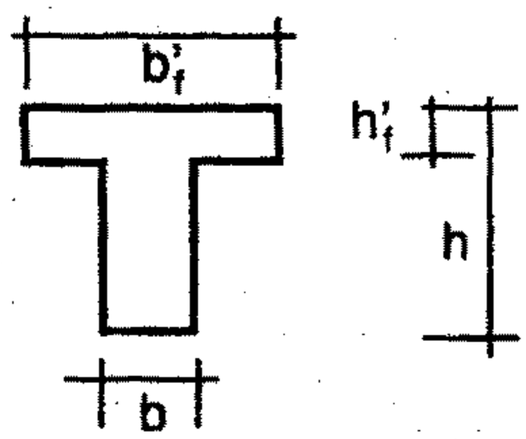
$Q = 200kN < 0,3\varphi_b\varphi_{w1}\gamma_b R_b b h_o^2 = 379,7kN$ thỏa

Trong đoạn giữa dầm có: Q = 0 nên cốt đai đặt theo cấu tạo: $s = 250$mm.

4.25. Cũng với số liệu của bài 4.24, bố trí cốt đai cốt đai nhóm CI $d = 6\,mm$, cốt đai hai nhánh, s = 200mm; bố trí cốt xiên nhóm CII có: $R_{\sin c} = 225MPa$. Tính cốt xiên.

Giải.





Kiểm tra

$$\varphi_b = 1 - 0,01\gamma_b R_b = 0,923$$

$$\varphi_{w1} = 1 + 5\frac{E_s}{E_b}\frac{A_{sw}}{bs} = 1,043$$

$$Q = 200kN < 0,3\varphi_b\varphi_{w1}\gamma_b R_b b h_o^2 = 371kN \text{ thỏa}$$

$$q_{sw} = nA_{sw}\frac{R_{sw}}{s_{tt}} = 2 \times 28,3\frac{175}{200} = 49,525$$

$$M_o = \varphi_{b2}(1 + \varphi_f)\gamma_b R_{bt} b h_o^2$$
$$= 2 \times (1 + 0,089)0,9 \times 0,75 \times 300 \times 560^2 = 138,3kNm$$

Hình chiếu tiết diện nghiêng nguy hiểm nhất tính theo:

$$c_o = \sqrt{\frac{M_o}{q_{sw}}} = \sqrt{\frac{1,383.10^8}{49,525}} = 1671mm$$

Vì $c_o > 2h_o = 1120mm$ nên lấy $c_o = 2h_o = 840mm$

Khả năng chịu cắt của cốt đai và bêtông:

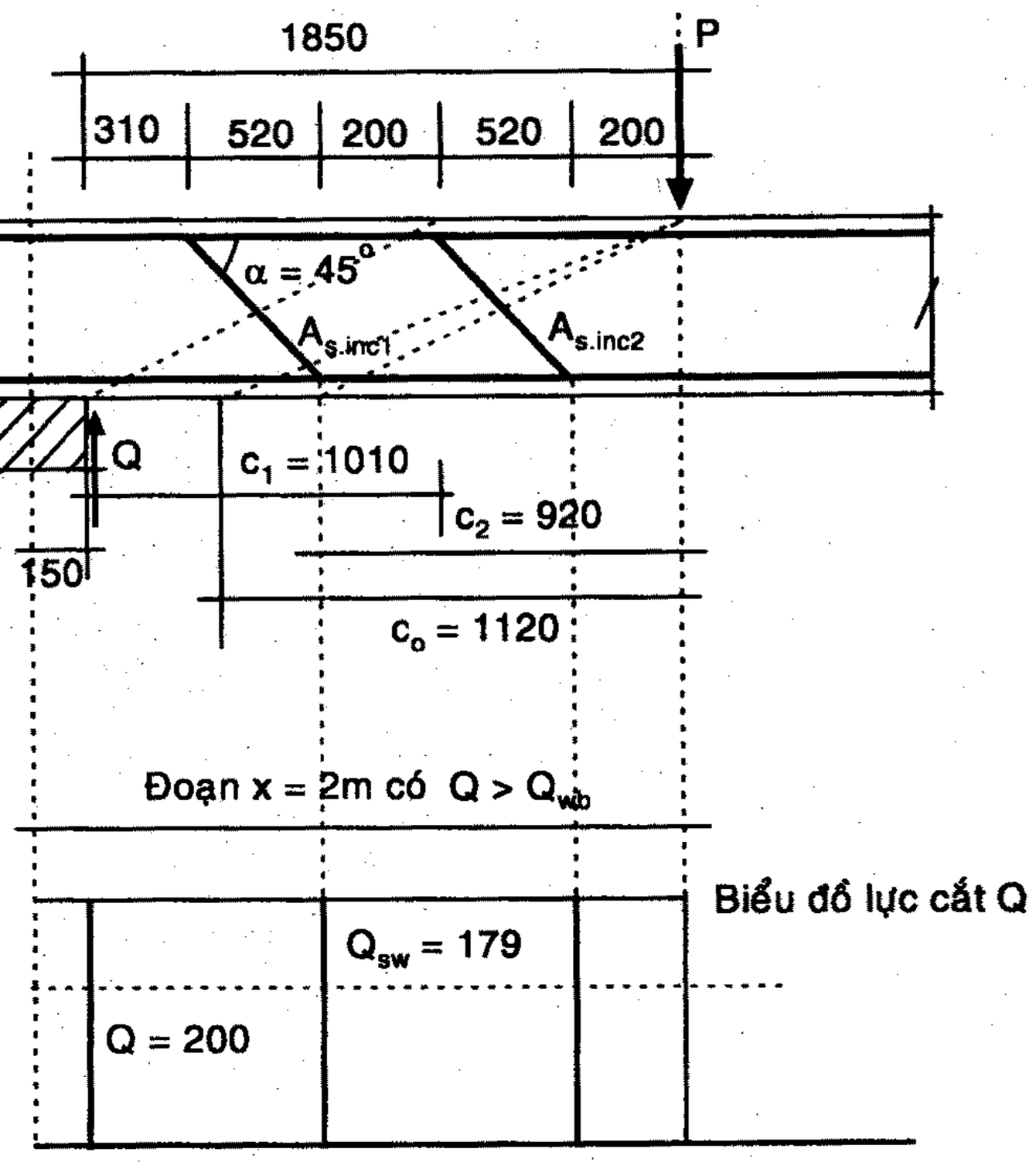
$$Q_{wb} = \frac{M_o}{c_o} + q_{sw}c_o = \frac{1,383.10^8}{1120} + 49,525 \times 1120 = 179kN$$

$Q > Q_{wb}$ cốt đai bố trí không đủ chịu lực cắt phải tính cốt xiên

Đoạn dầm cần phải bố trí cốt xiên là đoạn x = 2000mm có: Q = 200kN.

Số lớp cốt xiên cần thiết được bố trí như hình vẽ.

Ta bố trí hai lớp cốt xiên là đảm bảo.



Kiểm tra: $c_1 < \frac{\varphi_{b2}}{\varphi_{b3}} h_o = \frac{2}{0,6} \times 560 = 1867mm$ thỏa

$$c_1 > \frac{\varphi_{b2}}{2,5} h_o = \frac{2}{2,5} \times 560 = 448mm \quad \text{thỏa}$$

Tính cốt xiên

Ứng với $c_1 = 1010mm$ $A_{s.inc1} = \dfrac{Q - (q_{sw} c_1 + \dfrac{M_o}{c_1})}{R_{s.inc} \sin\alpha} = 81,73mm^2$

Ứng với $c_2 = 920mm$ $A_{s.inc2} = \dfrac{Q - (q_{sw} c_2 + \dfrac{M_o}{c_2})}{R_{s.inc} \sin\alpha} = 25,5mm^2$

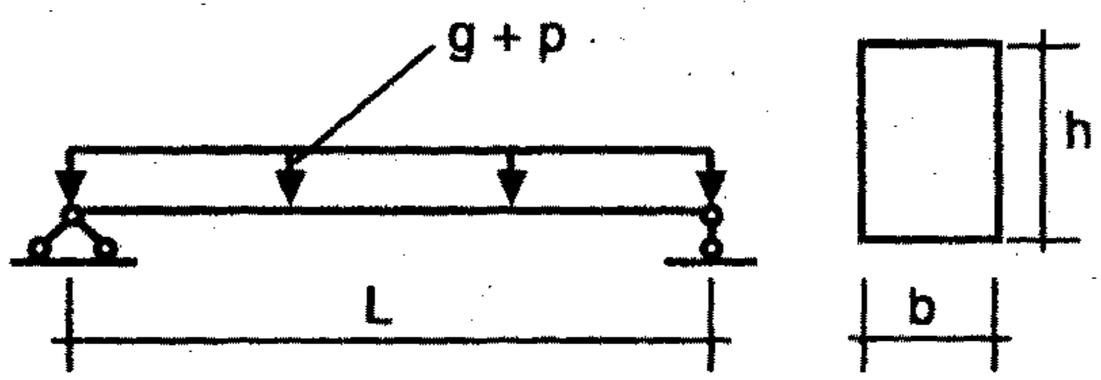
Ứng với $c_o = 1120mm$

$$A_{s.inc1} + A_{s.inc2} = \frac{Q - (q_{sw} c_o + \dfrac{M_o}{c_o})}{R_{s.inc} \sin\alpha} = 132mm^2$$

Chọn cốt xiên $A_{s.inc1} = A_{s.inc2} = 113mm^2 (1d12)$

4.26. Dầm BTCT có sơ đồ tính là dầm đơn giản chịu tải trọng phân bố đều, tĩnh tải g = 20kN/m và hoạt tải p = 40kN/m, nhịp L = 5m. Cho biết: dầm có tiết diện chữ nhật: b = 200; h = 450mm; $a = a'$ = 30mm, cốt đai nhóm CI $d = 6\,mm$, cốt đai hai nhánh, $R_{sw} = 175\,MPa$. $E_s = 21.10^4\,MPa$. Bêtông có độ bền chịu nén B15 có: $R_b = 8,5MPa$; $R_{bt} = 0,75MPa$, $\gamma_b = 0,9$, $E_b = 23.10^3\,MPa$. Tính cốt đai.

Giải.



Lực cắt lớn nhất tại gối tựa:

$$Q = \frac{(g+p)L}{2} = \frac{(20+40)5}{2} = 150kN$$

Khả năng chịu lực cắt của bêtông

$$Q_b = \varphi_{b3}\gamma_b R_{bt} b h_o = 0,6 \times 0,9 \times 0,75 \times 200 \times 420 = 34,02kN$$

Vì $Q > Q_b$ phải tính cốt đai

Tính cốt đai

Đặt $M_o = \varphi_{b2}\gamma_b R_{bt} b h_o^2 = 2 \times 0,9 \times 0,75 \times 200 \times 420^2 = 47,63kNm$

Khoảng cách giữa các cốt đai theo tính toán là:

$$s_{tt} = nA_{sw}R_{sw}\left(\frac{1}{\frac{Q^2}{4M_o} - q_1}\right) = 126,82mm$$

$$q_{sw} = nA_{sw}\frac{R_{sw}}{s_{tt}} = 2 \times 28,3\frac{175}{126,82} = 78,103$$

Kiểm tra:

$$q_1 = g + p/2 = 40kN/m$$

Share-connect.blogspot.com

$$Q_{b1} = 2\sqrt{M_o q_1} = 2\sqrt{4,763\times10^7 \times 40} = 87,3kN$$

$$q_{sw.\min} = \frac{Q - Q_{b1}}{2h_o} = \frac{150\times10^3 - 87,3\times10^3}{2\times420} = 74,648$$

$q_{sw} = 78,103 > q_{sw.\min}$ (thỏa) Lấy $q_{sw} = 78,103$ để tính

Vì $\frac{q_1}{0,56} = 71,429 < q_{sw} = 74,648$ nên

Hình chiếu tiết diện nghiêng nguy hiểm nhất tính theo:

$$c_o = \sqrt{\frac{M_o}{q_1}} = \sqrt{\frac{4,763.10^7}{40}} = 1091mm$$

Vì $c_o > 2h_o = 840mm$ nên lấy $c_o = 2h_o = 840mm$

Tính lại

$$q_{sw} = Q\frac{\sqrt{c_o}}{M_o} - q_1 = -39,9$$ quá nhỏ chọn $q_{sw} = 78,103$

$$s_{tt} = \frac{nA_{sw}R_{sw}}{q_{sw}} = \frac{2\times28,3\times175}{78,103} = 126,82mm$$

Khoảng cách lớn nhất của cốt đai:

$$s_{\max} = \frac{\varphi_{b4}\gamma_b R_{bt} b h_o^2}{Q} = \frac{1,5\times0,9\times0,75\times200\times420^2}{150\times10^3} = 238mm$$

Theo cấu tạo $s_{ct} = \frac{h}{3} = 150mm$

Chọn $s = 120mm$

Kiểm tra

$$\varphi_b = 1 - 0,01\gamma_b R_b = 0,923$$

$$\varphi_{w1} = 1 + 5\frac{E_s}{E_b}\frac{A_{sw}}{bs} = 1,108$$

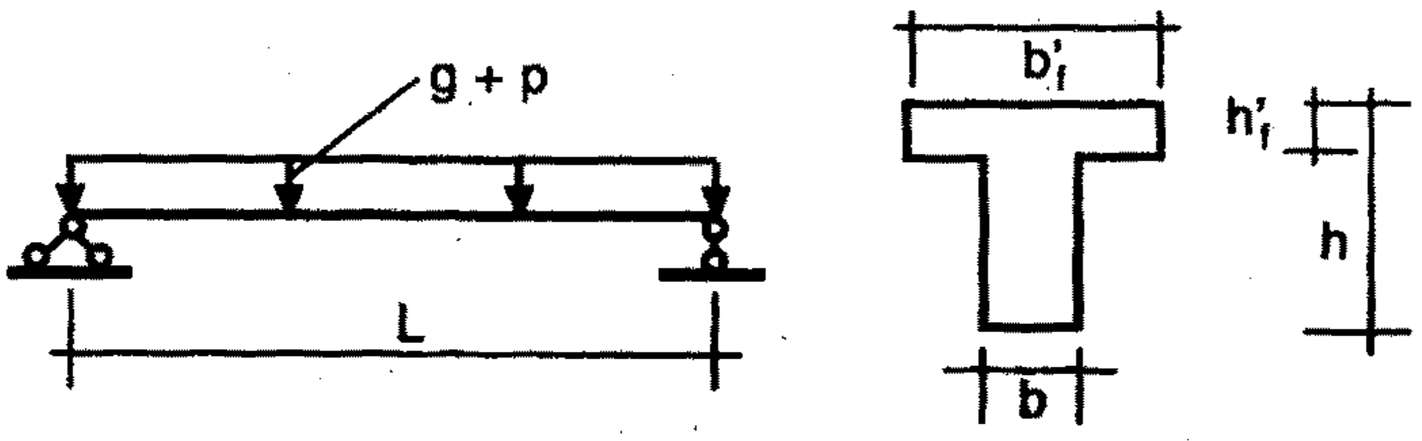
$$Q = 150kN < 0,3\varphi_b\varphi_{w1}\gamma_b R_b b h_o^2 = 192,7kN$$ thỏa

Kết luận: Chọn $s = 120mm$ bố trí trên đoạn L/4 ở đầu dầm

Trong đoạn L/2 còn lại giữa dầm có Q nhỏ nên cốt đai đặt theo cấu tạo: $d = 6$; $s = 250$mm.

4.27. Dầm BTCT có sơ đồ tính là dầm đơn giản chịu tải trọng phân bố đều, tĩnh tải g = 20kN/m và hoạt tải p = 40kN/m, nhịp L = 5m. Cho biết: dầm có tiết diện chữ T: $b = 200$; $h = 450mm$, $b_f' = 600mm$, $h_f' = 80mm$; $a = a' = 30mm$, cốt đai nhóm CI $d = 6\,mm$, cốt đai hai nhánh, $R_{sw} = 175\,MPa$. $E_s = 21.10^4\,MPa$. Bêtông có độ bền chịu nén B15 có: $R_b = 8,5MPa$; $R_{bt} = 0,75MPa$, $\gamma_b = 0,9$, $E_b = 23.10^3\,MPa$. Tính cốt đai.

Giải.



Lực cắt lớn nhất tại gối tựa:

$$Q = \frac{(g+p)L}{2} = \frac{(20+40)5}{2} = 150kN$$

$$\varphi_f = 0,75\frac{(b_f' - b)h_f'}{bh_o} = 0,75 \times \frac{(600-200)80}{200 \times 420} = 0,286$$

Khả năng chịu lực cắt của bêtông

$$Q_b = \varphi_{b3}(1+\varphi_f)\gamma_b R_{bt} bh_o$$
$$= 0,6 \times (1+0,286) \times 0,9 \times 0,75 \times 200 \times 420 = 43,74kN$$

Vì $Q > Q_b$ phải tính cốt đai

Tính cốt đai

Đặt:

$$M_o = \varphi_{b2}(1+\varphi_f)\gamma_b R_{bt} bh_o^2$$
$$= 2 \times (1+0,286)0,9 \times 0,75 \times 200 \times 420^2 = 61,24kNm$$

Khoảng cách giữa các cốt đai theo tính toán là:

$$s_{tt} = nA_{sw}R_{sw}\left(\frac{1}{\frac{Q^2}{4M_o} - q_1}\right) = 191mm$$

$$q_{sw} = nA_{sw}\frac{R_{sw}}{s_{tt}} = 2 \times 28,3\frac{175}{191} = 51,858$$

Kiểm tra:

$$q_1 = g + p/2 = 40kN/m$$

$$Q_{b1} = 2\sqrt{M_o q_1} = 2\sqrt{6,124 \times 10^7 \times 40} = 98,98kN$$

$$q_{sw.\min} = \frac{Q - Q_{b1}}{2h_o} = \frac{150.10^3 - 98,98.10^3}{2 \times 420} = 60,734$$

$q_{sw} = 51,858 < q_{sw.\min}$ (không thỏa)

Lấy $q_{sw} = 60,734$ để tính

Vì $\frac{q_1}{0,56} = 71,429 > q_{sw} = 60,734$ nên

Hình chiếu tiết diện nghiêng nguy hiểm nhất tính theo:

$$c_o = \sqrt{\frac{M_o}{q_1 + q_{sw}}} = \sqrt{\frac{6,124.10^7}{40 + 60,734}} = 779,679mm$$

Vì $c_o < 2h_o = 840mm$ nên lấy $c_o = 779,679mm$

Tính lại

$$q_{sw} = Q\frac{\sqrt{c_o}}{M_o} - q_1 = -39,9$$ quá nhỏ chọn $q_{sw} = 60,734$

$$s_{tt} = \frac{nA_{sw}R_{sw}}{q_{sw}} = \frac{2 \times 28,3 \times 175}{60,734} = 163,1mm$$

Khoảng cách lớn nhất của cốt đai:

$$s_{\max} = \frac{\varphi_{b4}(1 + \varphi_f)\gamma_b R_{bt} b h_o^2}{Q}$$

$$= \frac{1,5 \times (1 + 0,286) \times 0,9 \times 0,75 \times 200 \times 420^2}{150 \times 10^3} = 306mm$$

Theo cấu tạo $s_{ct} = \frac{h}{3} = 150mm$

Chọn $s = 150mm$

Kiểm tra

$$\varphi_b = 1 - 0,01\gamma_b R_b = 0,923$$

$$\varphi_{w1} = 1 + 5\frac{E_s}{E_b}\frac{A_{sw}}{bs} = 1,086$$

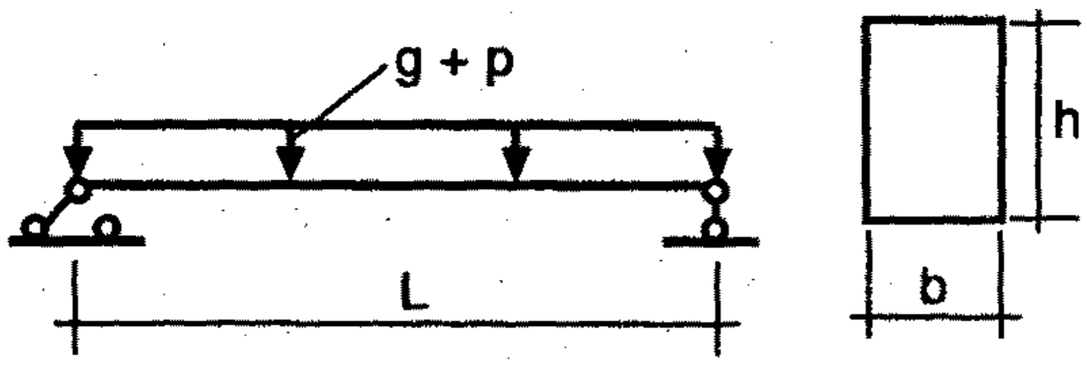
$$Q = 150kN < 0,3\varphi_b\varphi_{w1}\gamma_b R_b b h_o^2 = 193,4kN \text{ thỏa}$$

Kết luận: Chọn $s = 120mm$ bố trí trên đoạn L/4 ở đầu dầm

Trong đoạn L/2 còn lại giữa dầm có Q nhỏ nên cốt đai đặt theo cấu tạo: $d = 6$; s = 250mm.

4.28. Dầm BTCT có sơ đồ tính là dầm đơn giản chịu tải trọng phân bố đều, tĩnh tải g = 25kN/m và hoạt tải p = 70kN/m, nhịp L = 6m. Cho biết: dầm có tiết diện chữ nhật: b = 300; h = 600mm; $a = a'$ = 40mm, cốt đai nhóm CI $d = 6\,mm$, cốt đai hai nhánh, khoảng cách giữa các cốt đai $s = 200mm$, $R_{sw} = 175\,MPa$. $E_s = 21.10^4\,MPa$. Bêtông có độ bền chịu nén B20 có: $R_b = 11,5MPa$; $R_{bt} = 0,9MPa$, $\gamma_b = 0,9$, $E_b = 27.10^3\,MPa$, cốt xiên $R_{s,inc} = 225MPa$. Tính cốt xiên.

Giải.



Lực cắt lớn nhất tại gối tựa:

$$Q = \frac{(g+p)L}{2} = \frac{(25+75)5}{2} = 285kN$$

Kiểm tra

$$\varphi_b = 1 - 0,01\gamma_b R_b = 0,896$$

$$\varphi_{w1} = 1 + 5\frac{E_s}{E_b}\frac{A_{sw}}{bs} = 1,037$$

$$Q = 285kN < 0,3\varphi_b\varphi_{w1}\gamma_b R_b b h_o^2 = 484,8kN \text{ thỏa}$$

$$q_1 = g + p/2 = 40kN/m$$

$$q_{sw} = \frac{nA_{sw}R_{sw}}{s} = \frac{2\times 28,3\times 175}{200} = 49,525$$

Đặt $M_o = \varphi_{b2}\gamma_b R_{bt} b h_o^2 = 2\times 0,9\times 0,9\times 300\times 560^2 = 152,4kNm$

Kiểm tra:

$$q_1 = g + p/2 = 40kN/m$$

$$Q_{b1} = 2\sqrt{M_o q_1} = 2\sqrt{1,524\times 10^8\times 40} = 191,3kN$$

$$q_{sw.\min} = \frac{Q - Q_{b1}}{2h_o} = \frac{285\times 10^3 - 191,3\times 10^3}{2\times 420} = 83,701$$

Vì $q_{sw} = 49,525 < q_{sw.\min}$ (không thỏa) Lấy $q_{sw} = 83,701$ để tính

Tính $\frac{q_1}{0,56} = \frac{60}{0,56} = 107,143 > q_{sw} = 83,701$

Nên $c_o = \sqrt{\frac{M_o}{q_1}} = 1594mm$ vì $c_o > 2h_o = 1120mm$

Lấy $c_o = 2h_o = 1120mm$

Khả năng chịu lực của cốt đai và bêtông là

$$Q_{wb} = \frac{M_o}{c_o} + q_{sw}c_o = \frac{1,524\times 10^8}{1120} + 83,701\times 1120 = 191,5kN$$

$Q_{sw} = 191,5kN < Q = 285kN$ phải tính cốt xiên

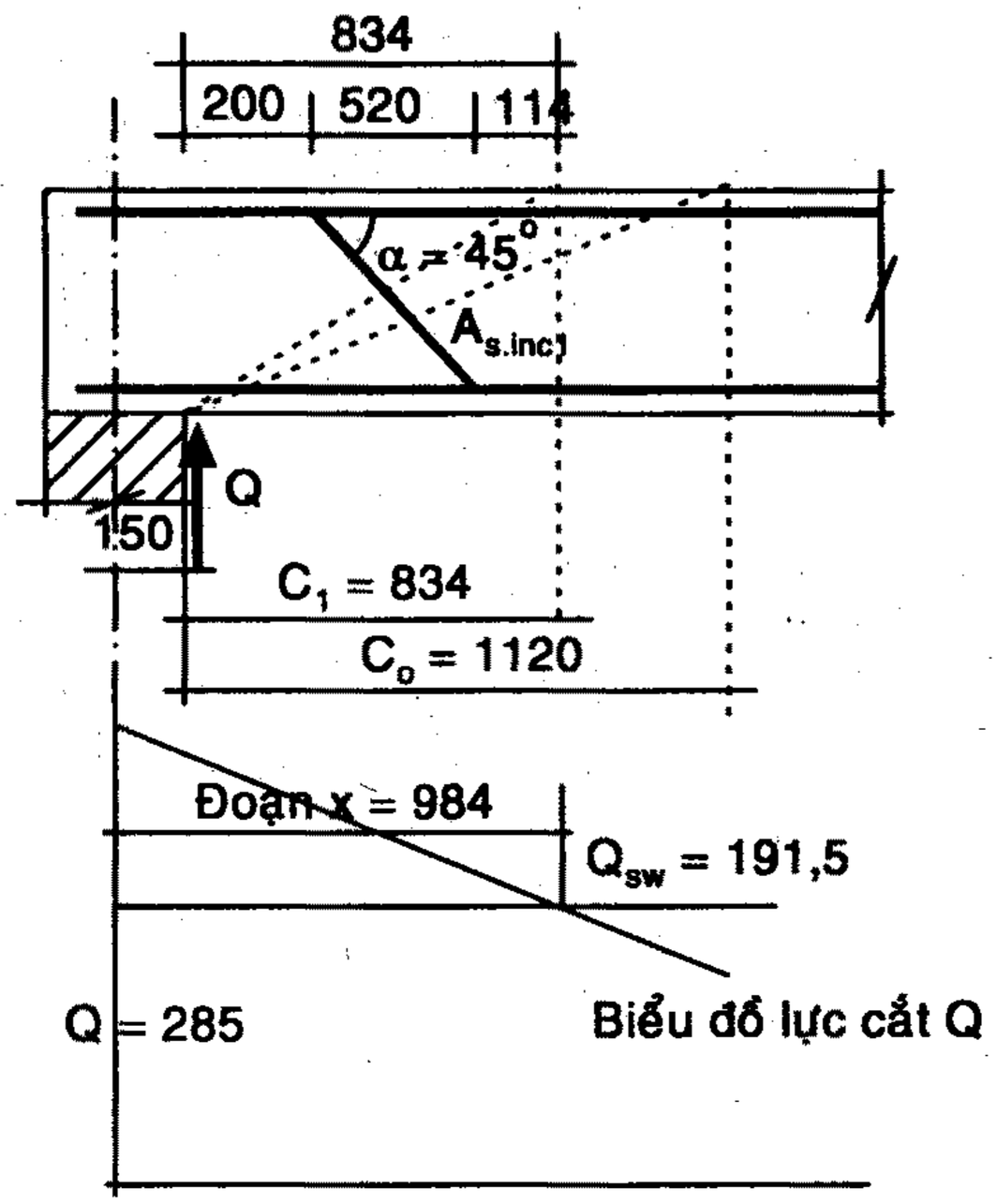
Tính đoạn dầm (x) có $Q \geq Q_{wb}$

Dựa vào biểu đồ lực cắt, theo tam giác đồng dạng, tính x

$$x = \frac{3(285 - 191,5)}{285} = 984mm$$

$$s_{\max} = \frac{\varphi_{b4}\gamma_b R_{bt} b h_o^2}{Q} = \frac{1,5\times 0,9\times 0,9\times 300\times 560^2}{285.10^3} = 401mm$$

Bố trí một lớp cốt xiên theo hình



Chọn hình chiếu tiết diện nghiêng $c_1 = 834mm$

Kiểm tra: $c_1 < \frac{\varphi_{b2}}{\varphi_{b3}} h_o = \frac{2}{0,6} \times 560 = 1867mm$ thỏa

$$c_1 > \frac{\varphi_{b2}}{2,5} h_o = \frac{2}{2,5} \times 560 = 448mm \quad \text{thỏa}$$

Tính cốt xiên

Ứng với $c_1 = 834mm$ $A_{s.inc1} = \dfrac{Q - (q_{sw} c_1 + \dfrac{M_o}{c_1})}{R_{s.inc} \sin\alpha} = 383mm^2$

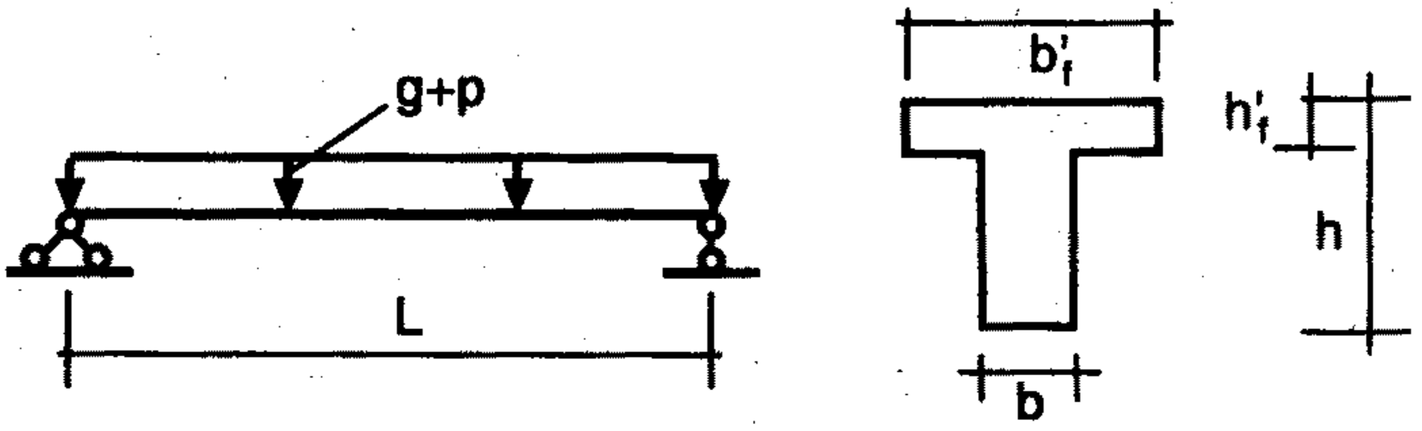
Ứng với $c_o = 1120mm$ $A_{s.inc2} = \dfrac{Q - (q_{sw} c_o + \dfrac{M_o}{c_o})}{R_{s.inc} \sin\alpha} = 587mm^2$

Chọn cốt xiên $2d20(628mm^2)$

4.29. Dầm BTCT có sơ đồ tính là dầm đơn giản chịu tải trọng phân bố đều, tĩnh tải g =25kN/m và hoạt tải p = 70kN/m, nhịp L = 6m. Cho biết: dầm có tiết diện chữ T: b = 300; h = 600 mm, $b'_f = 700mm$, $h'_f = 100mm$; $a = a'$ = 40 mm, cốt đai nhóm CI $d = 6\ mm$, cốt đai hai

nhánh, khoảng cách giữa các cốt đai $s = 200mm$, $R_{sw} = 175\ MPa$. $E_s = 21.10^4 MPa$. Bêtông có độ bền chịu nén B20 có: $R_b = 11,5MPa$; $R_{bt} = 0,9MPa$, $\gamma_b = 0,9$, $E_b = 27.10^3 MPa$, cốt xiên $R_{s.inc} = 225MPa$. Tính cốt xiên

Giải.



Lực cắt lớn nhất tại gối tựa:

$$Q = \frac{(g+p)L}{2} = \frac{(25+75)5}{2} = 285kN$$

Kiểm tra

$$\varphi_b = 1 - 0,01\gamma_b R_b = 0,896$$

$$\varphi_{w1} = 1 + 5\frac{E_s}{E_b}\frac{A_{sw}}{bs} = 1,037$$

$$Q = 285kN < 0,3\varphi_b\varphi_{w1}\gamma_b R_b bh_o^2 = 484,8kN \text{ thỏa}$$

$$q_1 = g + p/2 = 40kN/m$$

$$q_{sw} = \frac{nA_{sw}R_{sw}}{s} = \frac{2\times 28,3\times 175}{200} = 49,525$$

$$\varphi_f = 0,75\frac{(b'_f - b)h'_f}{bh_o} = 0,75\times\frac{(700-300)100}{300\times 560} = 0,179$$

Đặt: $M_o = \varphi_{b2}(1+\varphi_f)\gamma_b R_{bt} bh_o^2$

$$= 2\times(1+0,179)0,9\times 0,9\times 300\times 560^2 = 179,6kNm$$

Kiểm tra:

$$q_1 = g + p/2 = 40kN/m$$

$$Q_{b1} = 2\sqrt{M_o q_1} = 2\sqrt{1,796\times 10^8\times 40} = 207,6kN$$

$$q_{sw.\min} = \frac{Q - Q_{b1}}{2h_o} = \frac{285.10^3 - 207,6.10^3}{2\times 560} = 69,081$$

Vì $q_{sw} = 49,525 < q_{sw.\min}$ (không thỏa) Lấy $q_{sw} = 69,081$ để tính

Tính $\frac{q_1}{0,56} = \frac{60}{0,56} = 107,143 > q_{sw} = 69,081$

Nên $c_o = \sqrt{\frac{M_o}{q_1}} = 1730mm$ vì $c_o > 2h_o = 1120mm$

Lấy $c_o = 2h_o = 1120mm$

Khả năng chịu lực của cốt đai và bêtông là

$$Q_{wb} = \frac{M_o}{c_o} + q_{sw}c_o = \frac{1,796.10^8}{1120} + 69,081 \times 1120 = 215,8kN$$

$Q_{sw} = 215,8kN < Q = 285kN$ phải tính cốt xiên

Tính đoạn dầm (x) có $Q \geq Q_{wb}$

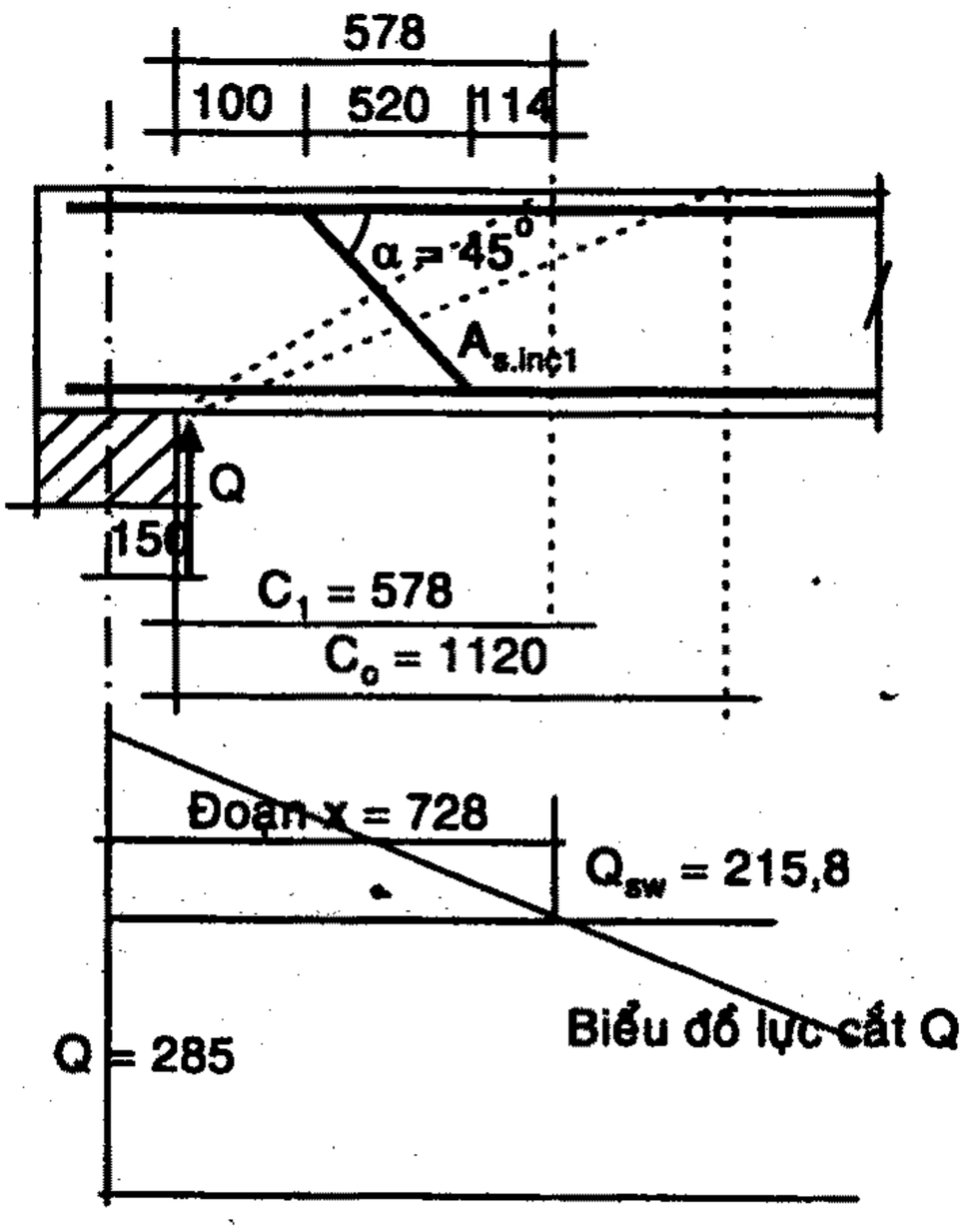
Dựa vào biểu đồ lực cắt, theo tam giác đồng dạng, tính x

$$x = \frac{3(285 - 215,8)}{285} = 728mm$$

$$s_{\max} = \frac{\varphi_{b4}(1 + \varphi_f)\gamma_b R_{bt} b h_o^2}{Q}$$

$$= \frac{1,5 \times (1 + 0,179)0,9 \times 0,9 \times 300 \times 560^2}{285 \times 10^3} = 472mm$$

Bố trí một lớp cốt xiên theo hình



Chọn hình chiếu tiết diện nghiêng $c_1 = 578mm$

Kiểm tra: $c_1 < \frac{\varphi_{b2}}{\varphi_{b3}} h_o = \frac{2}{0,6} \times 560 = 1867mm$ thỏa

$c_1 > \frac{\varphi_{b2}}{2,5}(1+\varphi_f)h_o = \frac{2}{2,5} \times (1+0,179)560 = 528,18mm$ thỏa

Tính cốt xiên

Ứng với $c_1 = 578mm$ $A_{s.inc1} = \frac{Q - (q_{sw}c_1 + \frac{M_o}{c_1})}{R_{s.inc} \sin\alpha} = -34,954mm^2$

Ứng với $c_o = 1120mm$ $A_{s.inc2} = \frac{Q - (q_{sw}c_o + \frac{M_o}{c_o})}{R_{s.inc} \sin\alpha} = 434mm^2$

Chọn cốt xiên $2d18(509mm^2)$

4.6.4 Tính toán cường độ trên tiết diện nghiêng theo momen

Xuất phát từ điều kiện cường độ (4.69).

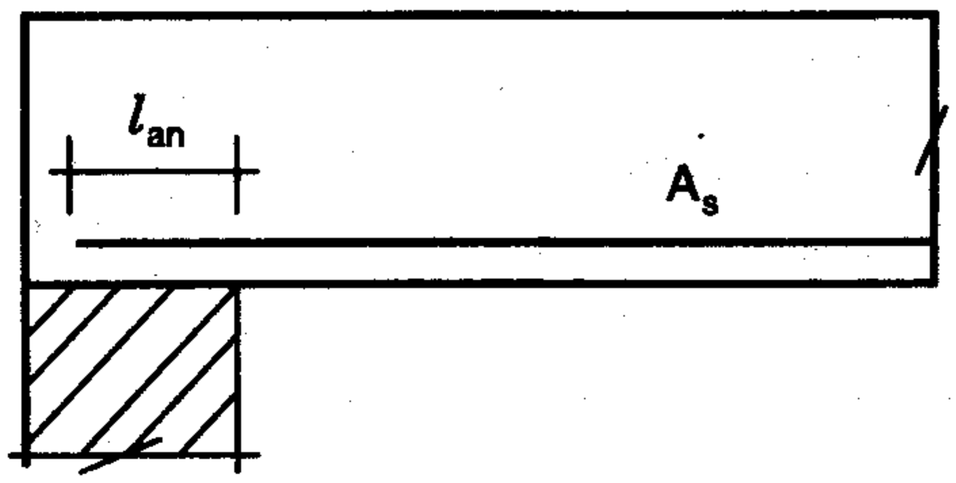
Theo kết quả thí nghiệm thì: $[M]_{td}$ thẳng góc ≤ $[M]_{td}$ nghiêng.

Khả năng chịu lực của tiết diện thẳng góc ≤ khả năng chịu lực trên tiết diện nghiêng khi hai tiết diện đi qua cùng một khởi điểm là điểm đặt của hợp lực vùng bêtông chịu nén. Như vậy nếu khả năng chịu lực $[M]_{td}$ thẳng góc bảo đảm thì không cần tính $[M]_{td}$ nghiêng. Tuy nhiên tại vài vị trí có ứng lực kéo trong cốt thép của tiết diện nghiêng lại lớn hơn ứng lực kéo trong cốt thép của tiết diện thẳng góc. Do đó cần xét vài vị trí sau:

- Neo cốt dọc chịu kéo vào gối tựa tự do.
- Uốn cốt dọc chịu kéo ở nhịp lên gối để chịu momen.
- Cắt bớt cốt dọc chịu kéo.
- Chỗ thay đổi đột ngột chiều cao tiết diện dầm....

Điều kiện (4.69) sẽ được thỏa mãn bằng một số yêu cầu và tính toán bổ sung sau:

4.6.4.1 Neo cốt dọc chịu kéo vào gối tựa tự do



Hình 4.25 *Neo cốt thép vào gối tựa tự do*

Cốt dọc phải được neo chắc, nếu cốt dọc bị tuột thì dầm sẽ bị phá hoại theo tiết diện nghiêng đi qua mép gối.

Cốt dọc phải neo vào gối tựa một đoạn l_{an}:

$$l_{an} = (\omega_{an} \frac{R_s}{R_b} + \Delta\lambda_{an})d \qquad (4.113)$$

trong đó:

$\omega_{an} = 0{,}5$; $\Delta\lambda_{an} = 8$ (neo trong vùng nén) cốt thép gờ.

$\omega_{an} = 0{,}8$; $\Delta\lambda_{an} = 12$ (neo trong vùng nén) cốt thép trơn.

d- đường kính cốt dọc

Trong thực tế, khi thiết kế để nhanh và an toàn thường lấy l_{an} như sau:

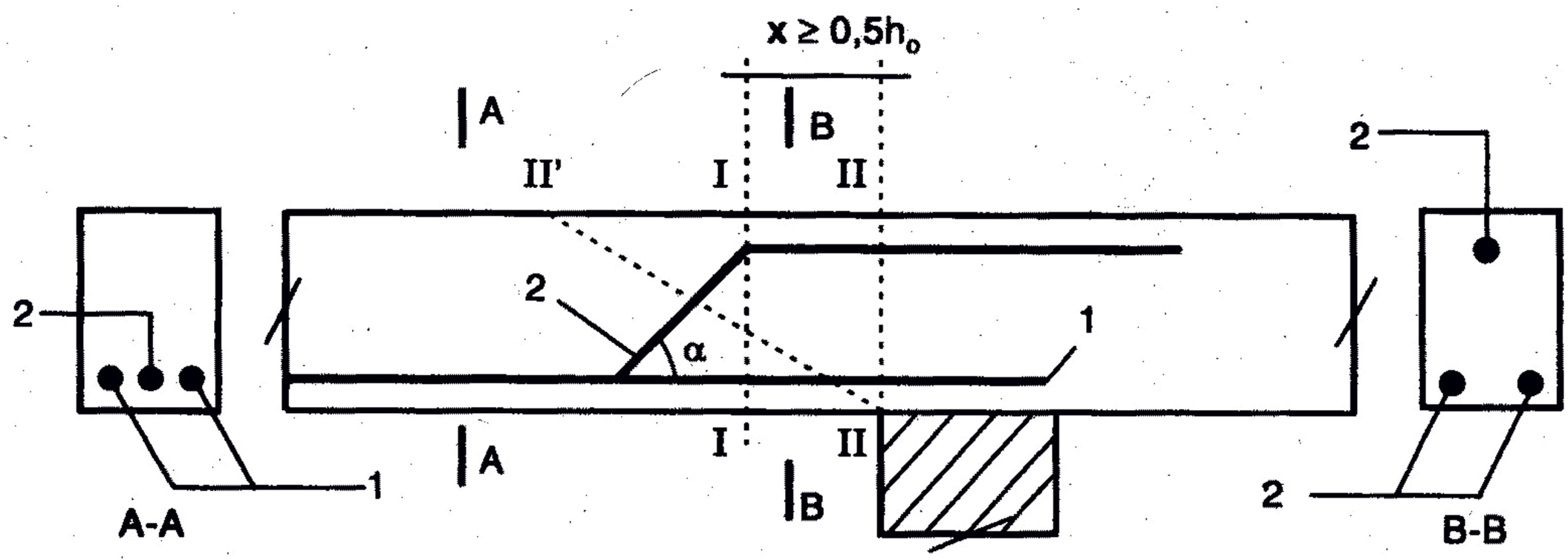
- Khi $Q \le \varphi_{b3}(1 + \varphi_f + \varphi_n)\gamma_b R_{bt} b h_o$ thì lấy $l_{an} = 5d \div 10d$ (4.114)
- Khi $Q > \varphi_{b3}(1 + \varphi_f + \varphi_n)\gamma_b R_{bt} b h_o$ thì lấy $l_{an} = 15d \div 20d$ (4.115)

4.6.4.2 Uốn cốt dọc chịu kéo

Vị trí uốn cốt dọc chịu kéo ở nhịp uốn lên gối chịu momen

Thông thường khi uốn cốt dọc ở nhịp lên gối đề chịu mômen âm (hình 4.26), cốt thép số 2 được uốn từ nhịp lên gối, tại tiết diện thẳng góc II – II khả năng chịu lực của thanh số 2 được tận dụng hết. Để đảm bảo cường độ trên tiết diện nghiêng II – II' thì cánh tay đòn z phải lớn hơn z_s, điều này sẽ xảy ra khi khoảng cách từ tiết diện II – II (mép gối tựa) đến tiết diện I-I (điểm uốn) phải lớn hơn $0{,}5h_o$.

Share-connect.blogspot.com

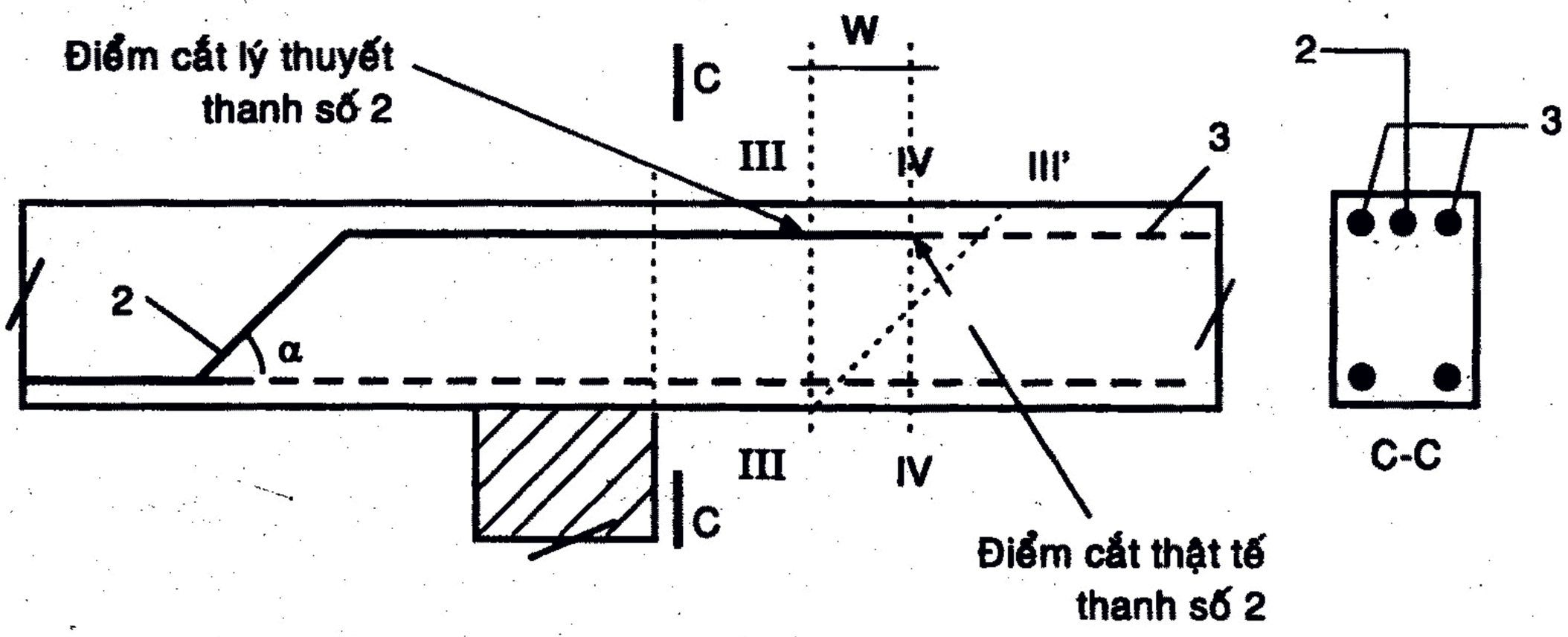


Hình 4.26 *Uốn cốt dọc ở nhịp lên gối chịu mômen*

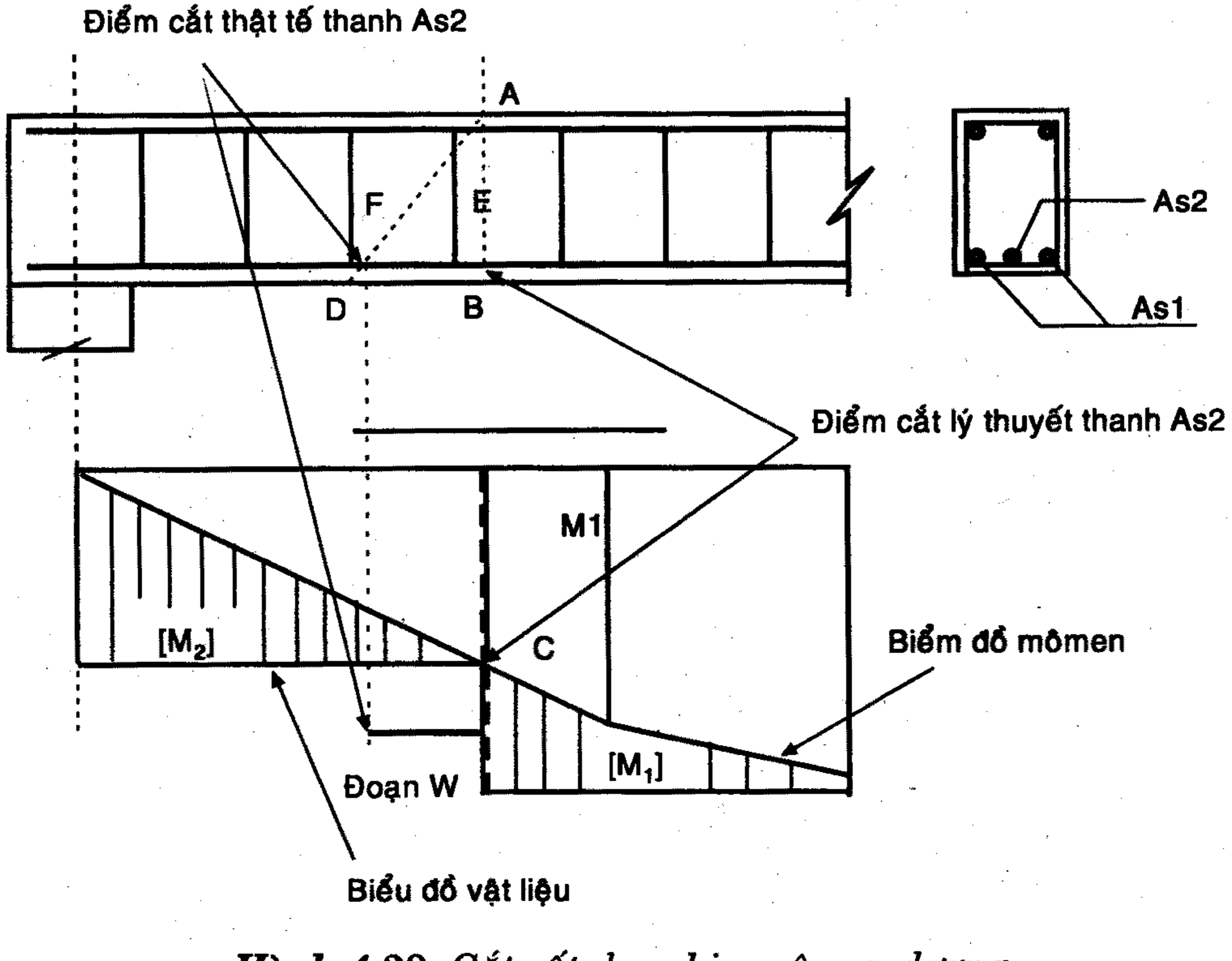
Tóm lại điểm uốn của cốt dọc chịu kéo ở nhịp uốn lên gối chịu mômen âm phải cách mép gối tựa một đoạn:

$$x \geq \frac{h_o}{2} \qquad (4.58)$$

4.6.4.3 Cắt cốt dọc chịu kéo ở ngoài phạm vi gối tựa



Hình 4.27 *Cắt cốt dọc chịu mômen âm*



Hình 4.28 *Cắt cốt dọc chịu mômen dương*

Giả thiết dầm BTCT có biểu đồ momen, cốt thép bố trí như hình tại giữa dầm đã bố trí cốt thép gồm $A_{s1} + A_{s2}$, do biểu đồ momen giảm dần khi vào gối tựa, để tiết kiệm cốt thép ta có thể cắt bớt thanh A_{s2}. Vậy ta phải tìm vị trí điểm cắt của A_{s2}.

4.6.4.4 Xác định điểm cắt lý thuyết

Sau khi A_{s2} bị cắt, tức trong dầm chỉ còn lại A_{s1}

Khả năng chịu lực trên tiết diện thẳng góc A-B tại vị trí thanh A_{s2} bị cắt được tính như sau:

Từ kích thước tiết diện và cốt thép A_{s1} tính được h_{o2}, từ đó tìm được $[M_2]$ theo bài toán kiểm tra, rồi dựa vào biểu đồ momen tìm được vị trí tung độ của biểu đồ mơ men có giá trị là $[M_2]$ là điểm C trên biểu đồ mômen (cách tìm vị trí điểm C dựa theo quan hệ hai tam giác đồng dạng), từ điểm C tìm được điểm E trên dầm, người ta

gọi điểm E là điểm cắt lí thuyết của thanh A_{s2}. Cần phải kiểm tra khả năng chịu lực trên tiết diện nghiêng bất kì A-D, để bảo đảm điều kiện cường độ trên tiết diện nghiêng này thì thanh A_{s2} phải kéo dài thêm một đoạn W (cách xác định đoạn W xem phần tiếp theo). Gọi điểm F là điểm cuối của đoạn W (EF = W), người ta gọi điểm F là điểm cắt thực tế của thanh A_{s2}.

4.6.4.5 Xác định đoạn W

Xuất phát từ điều kiện cường độ trên tiết diện thẳng góc và điều kiện cường độ trên tiết diện nghiêng xuất phát từ một điểm:

$[M]$ trên tiết diện nghiêng > $[M]$ trên tiết diện thẳng góc

Cho kết quả đoạn W như sau:

$$W = \frac{0,8Q}{2q_{s\omega}} + 5d \geq 20d \qquad (4.116)$$

Khi trong vùng cắt bớt cốt dọc có cốt xiên $A_{s.inc}$ thì:

$$W = \frac{0,8Q - Q_{s.inc}}{2q_{s\omega}} + 5d \geq 20d \qquad (4.117)$$

trong đó: $Q_{s.inc} = R_{s.inc} A_{s.inc} \sin\alpha$ (4.118)

Q - lực cắt tại điểm cắt lý thuyết (lấy bằng độ dốc của biểu đồ mômen)

d - đường kính cốt dọc bị cắt

$$q_{s\omega} = \frac{R_{s\omega} n A_w}{s} \qquad (4.119)$$

α - góc nghiêng của cốt xiên; d - đường kính của cốt thép bị cắt.

(Trong mọi trường hợp quy phạm qui định $W \geq 20d$)

Chú thích: Khi chiều cao của dầm: $h \leq 800$ mm thì góc nghiêng: $\alpha = 45^\circ$.

Khi chiều cao của dầm: $h > 800$ *mm* thì góc nghiêng: $\alpha = 60^\circ$.

4.7 BIỂU ĐỒ VẬT LIỆU

Tương tự tính khả năng chịu lực trên tiết diện thẳng góc tại giữa dầm:

Từ kích thước tiết diện và cốt thép ($A_{s1} + A_{s2}$) tính được h_{o1}, từ đó tìm được $[M_1]$ theo bài toán kiểm tra.

Đường thể hiện giá trị mômen $[M_1]$, $[M_2]$ (H.4.28) gọi là biểu đồ vật liệu.

Biểu đồ vật liệu là phải nằm ngoài biểu đồ mômen, tại vị trí cắt cốt dọc thì biểu đồ vật liệu có bước nhảy.

Biểu đồ vật liệu thể hiện khả năng chịu lực của từng tiết diện của dầm.

(xem chi tiết tại chương 9 mục 9.9.3)

Chương 5

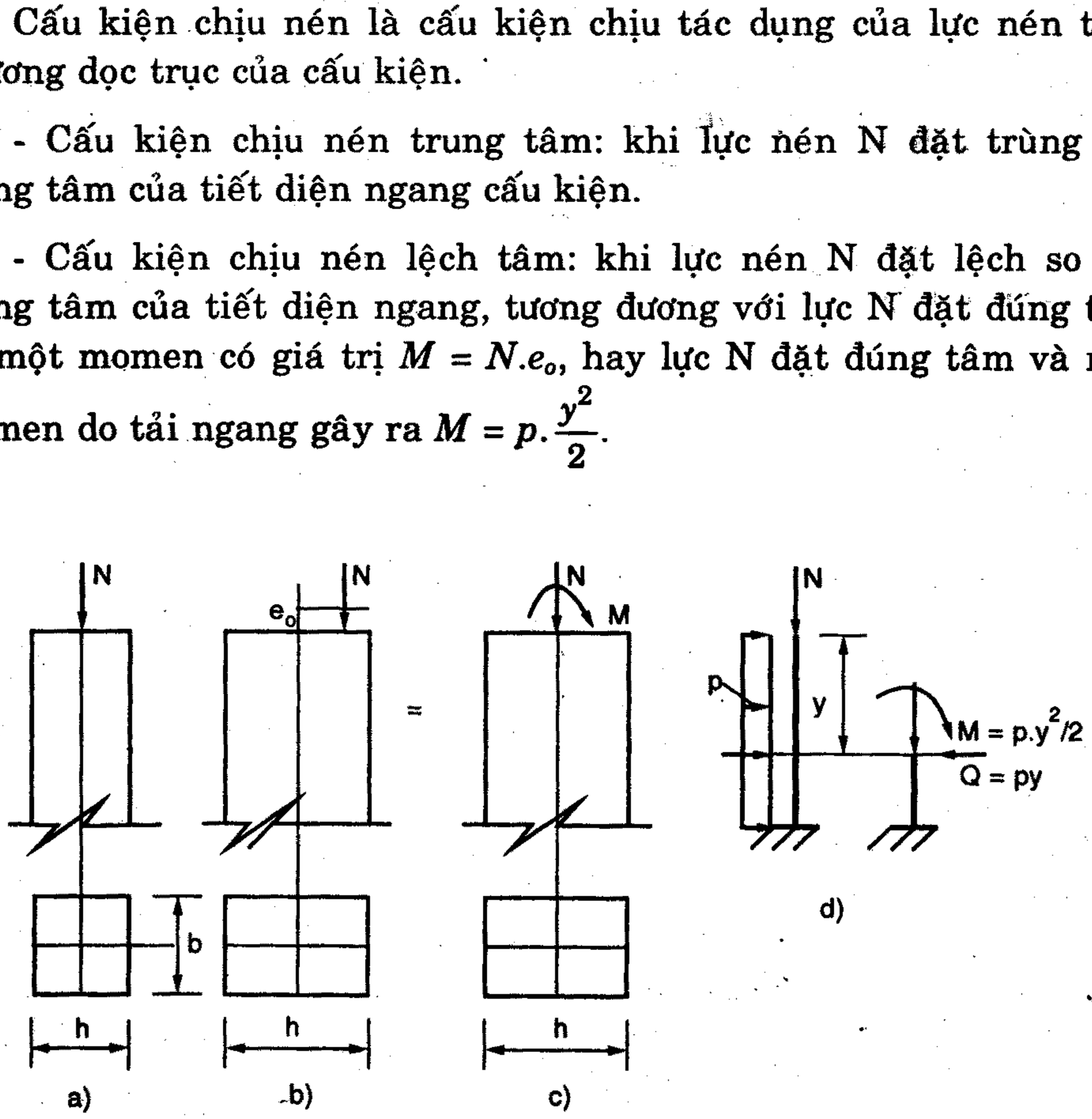
CẤU KIỆN CHỊU NÉN

5.1 KHÁI NIỆM

Cấu kiện chịu nén là cấu kiện chịu tác dụng của lực nén theo phương dọc trục của cấu kiện.

- Cấu kiện chịu nén trung tâm: khi lực nén N đặt trùng với trọng tâm của tiết diện ngang cấu kiện.

- Cấu kiện chịu nén lệch tâm: khi lực nén N đặt lệch so với trọng tâm của tiết diện ngang, tương đương với lực N đặt đúng tâm và một momen có giá trị $M = N.e_o$, hay lực N đặt đúng tâm và một momen do tải ngang gây ra $M = p.\frac{y^2}{2}$.



***Hình 5.1** Cấu kiện chịu nén*
a) nén đúng tâm; b, c và d) nén lệch tâm

Cấu kiện chịu nén thường gặp là các cột của khung, thanh nén của dàn, thân vòm, ống khói... mà trên tiết diện ngang có xuất hiện lực dọc (momen). Trong cấu kiện chịu nén, lực cắt ít nguy hiểm hơn so với cấu kiện chịu uốn. Tuy nhiên khi lực cắt lớn nó có thể gây ra phá hoại trên tiết diện nghiêng và cần phải tính toán kiểm tra.

5.2 ĐẶC ĐIỂM CẤU TẠO

5.2.1 Tiết diện ngang

Cấu kiện chịu nén đúng tâm thường có tiết diện ngang hình vuông, chữ nhật, tròn, đa giác đều cạnh... Còn cấu kiện nén lệch tâm tiết diện ngang thường là hình vuông, chữ nhật, chữ **I**, chữ **T**, hình tròn, hình vành khuyên, cột rỗng hai nhánh... và chiều cao của tiết diện phải song song với mặt phẳng uốn.

Cấu tạo đối với tiết diện chữ nhật: $\frac{h}{b} = 1,5 \div 3.$

trong đó: h - bội số của $50mm$ khi $h < 800$ (mm).

h - bội số của $100mm$ khi $h > 800$ (mm).

b - bội số của 50 msm.

5.2.2 Xác định sơ bộ kích thước tiết diện

Diện tích tiết diện ngang của cấu kiện có thể xác định *sơ bộ* theo công thức gần đúng:

$$A = \frac{kN}{\gamma_b R_b} \tag{5.1}$$

trong đó: A - diện tích tiết diện ngang của cấu kiện

$k = 0,9$ -1,1 đối với cấu kiện nén đúng tâm

$k = 1,2$ - 1,5 đối với cấu kiện nén lệch tâm

N - lực dọc tính toán

R_b - cường độ chịu nén tính toán của bêtông (không xét cốt thép chịu nén)

γ_b - hệ số làm việc của bêtông.

Khi chọn kích thước tiết diện phải chú ý đến điều kiện ổn định. Độ mảnh của cấu kiện:

+ Đối với cấu kiện nén đúng tâm:

$$\lambda = \frac{l_o}{r} \le \lambda_{gh} \tag{5.2}$$

Đối với tiết diện hình vuông (b×b), độ mãnh theo cạnh b:

Đối với tiết diện chữ nhật (b×h), độ mãnh theo cạnh b:

$$\lambda_b = \frac{l_o}{r} = \frac{l_o}{0,288b} \le \lambda_{gh} = 120 \tag{5.3}$$

+ Đối với cấu kiện nén lệch tâm:

Đối với tiết diện chữ nhật (b×h), độ mãnh theo cạnh *h*:

$$\lambda_h = \frac{l_o}{r} = \frac{l_o}{0,288h} \le \lambda_{gh} = 120 \tag{5.4}$$

l_o - chiều dài tính toán của cấu kiện.

Đối với cột của khung nhà nhiều tầng liên kết giữa cột và dầm khung là cứng: Khi sàn lắp ghép: $l_o = 1,2l$

Khi sàn toàn khối: $l_o = 0,7l$

l - chiều cao của tầng nhà hay khoảng cách giữa các mắt khung

b, h - bề rộng và chiều cao của tiết diện;

$\lambda_{g.h}$ - độ mảnh giới hạn.

5.2.3 Cấu tạo cốt thép

5.2.3.1 Cốt dọc

Cốt dọc thường có đường kính từ 12 đến 40 *mm*. Cốt thép có thể bố trí đối xứng hoặc không đối xứng.

- Bố trí đối xứng thường gặp trong các cấu kiện nén đúng tâm hoặc nén lệch tâm lắp ghép, trong cấu kiện có momen đổi dấu

- Bố trí không đối xứng trong cấu kiện nén lệch tâm khi momen không đổi dấu.

Hàm lượng cốt thép:

Cấu kiện nén đúng tâm:

$$\mu_{min} < \mu = \frac{A_{st}}{A} 100\% \le \mu_{max} = 3\% \qquad (5.5)$$

Cấu kiện chịu nén lệch tâm:

$$\mu_{min} < \mu = \frac{A_s + A'_s}{A} 100\% \le \mu_{max} = 3\% \qquad (5.6)$$

Hàm lượng $\mu_{m.i.n}$ đối với cấu kiện chịu nén lệch tâm phụ thuộc vào độ mảnh lấy theo bảng 5.1

Bảng 5.1

$\mu_{m.i.n}$(%)	Khi độ mảnh		
0,05	$\lambda_r \le 17$	hoặc	$\lambda_h \le 5$
0,10	$17 < \lambda_r \le 35$	hoặc	$\lambda_h \le 10$
0,20	$35 < \lambda_r \le 83$	hoặc	$\lambda_h \le 24$
0,25	$\lambda_r > 83$	hoặc	$\lambda_h > 24$

Đối với cấu kiện chịu nén đúng tâm, tính độ mảnh theo cạnh bé của tiết diện thì giá trị $\mu_{m.i.n}$ lấy gấp đôi trị số cho ở trên.

Trong cấu kiện chịu nén lệch tâm, khi chiều cao tiết diện lớn hơn 500 *mm,* cần đặt thêm cốt giá ở các cạnh bên sao cho khoảng cách giữa các cốt dọc không quá 400 *mm*. Diện tích tiết diện của một thanh cốt giá không nhỏ hơn: $A_{s.g} \ge 0,001 a_1 b_1$, đường kính cốt giá $d_{s.g} \ge 12mm$

a_1 - khoảng cách giữa các cốt dọc.

b_1 - 1/2 bề rộng tiết diện, nhưng không lớn hơn 200 *mm*.

Cốt giá dùng để chịu những ứng suất phát sinh do co ngót của bêtông, do thay đổi nhiệt độ và giảm biến dạng ngang của tiết diện.

5.2.3.2 Cốt đai

Cốt đai có tác dụng giữ ổn định cho cốt dọc chịu nén, giữ đúng vị trí của cốt dọc khi đổ bêtông, giảm biến dạng ngang của cấu kiện. Cốt đai chịu lực cắt, đối với cột cốt đai thường đặt theo cấu tạo, khi lực cắt quá lớn phải tính cốt đai (tính giống cấu kiện chịu uốn).

Đường kính cốt thép đai thường dùng:

$$d_{sw} \geq \max \begin{vmatrix} 5 \\ d_{s.\max} / 4 \end{vmatrix}$$

Khoảng cách giữa các cốt đai đặt theo cấu tạo :

$$s_{w.ct} \leq \min \begin{vmatrix} 500 \\ 15d_{s.\min} \end{vmatrix} \quad \text{khi } R_s \leq 400Mpa$$

$$s_{w.ct} \leq \min \begin{vmatrix} 400 \\ 12d_{s.\min} \end{vmatrix} \quad \text{khi } R_s > 400Mpa$$

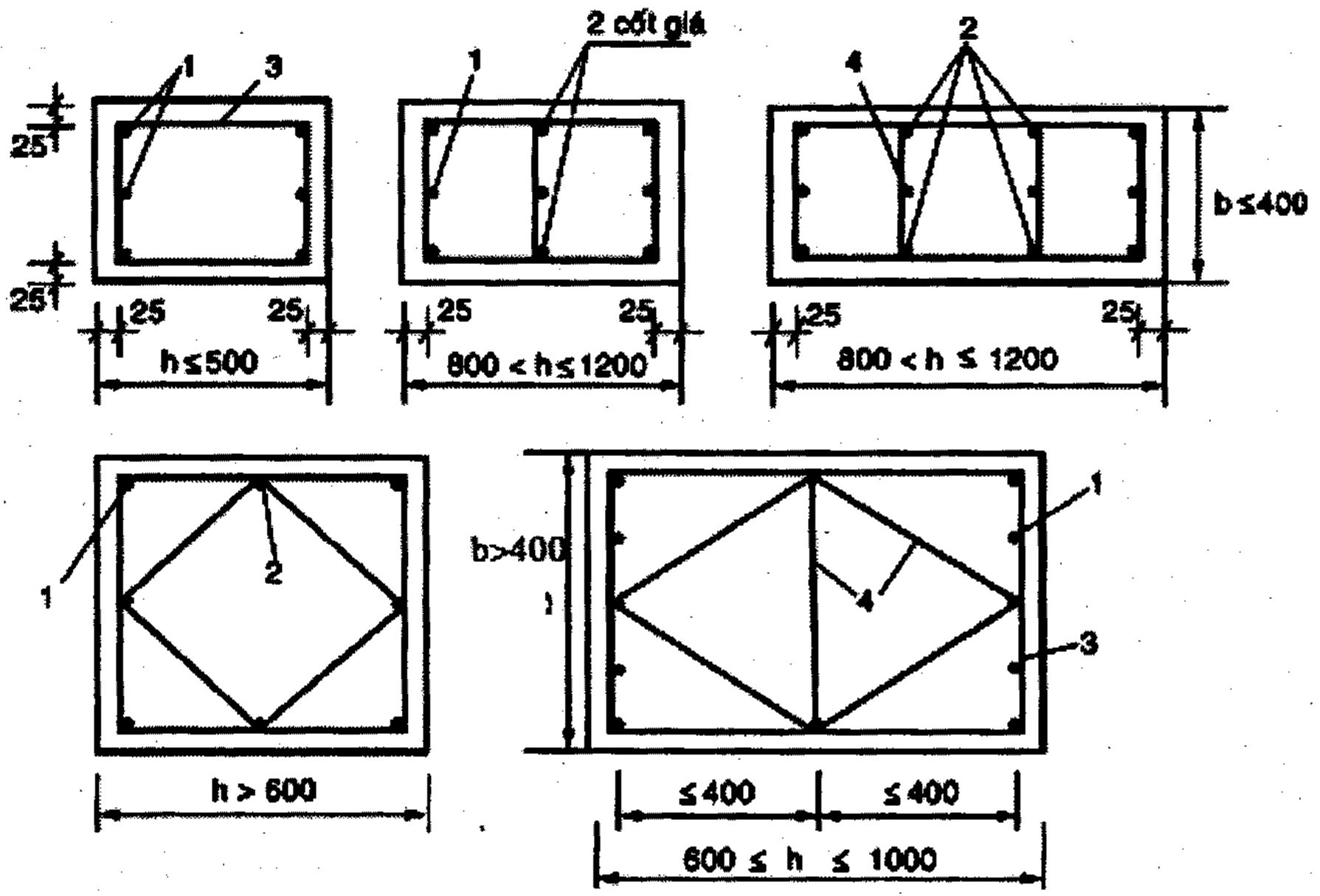
$$s_{w.ct} \leq \min \begin{vmatrix} 300 \\ 10d_{s.\min} \end{vmatrix} \quad \text{khi } \mu = \frac{A_{st}}{A} > 3\%$$

Trong vùng nối chồng cốt thép dọc khoảng cách giữa các cốt đai:

$$s_w \leq 10d_{s.\min}$$

trong đó: $d_{s.\max}$, $d_{s.\min}$ - đường kính cốt dọc lớn nhất, nhỏ nhất.

Bố trí cốt thép trong cấu kiện chịu nén xem (H.5.2).



1- Cốt dọc chịu lực; 2- Cốt giá; 3 - Cốt đai chính; 4- Cốt đai phụ

Hình 5.2 *Cấu tạo cốt đai trong cấu kiện chịu nén*

5.3 TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CHỊU NÉN ĐÚNG TÂM

5.3.1 Cốt dọc mềm và cốt đai thường

Kết quả thí nghiệm, khi cấu kiện phá hoại:

- Toàn bộ tiết diện chịu nén.
- Ứng suất của bêtông chịu nén: $\sigma_b = R_b$.
- Ứng suất của cốt thép chịu nén: $\sigma_{sc} = R_{sc}$.

(Khi dùng cốt thép có $R_{sc} > 400Mpa$ thì lấy $R_{sc} = 400Mpa$ để tính toán.

Điều kiện cường độ:

$$N \le N_{gh} = \varphi\left(\gamma_b R_b A_b + R_{sc} A_{st}\right) \tag{5.7}$$

trong đó: N - lực dọc tính toán.

N_{gh} - lực dọc tới hạn

R_b, R_{sc} - cường độ chịu nén tính toán của bêtông và cốt thép

A_b, A_{st} - diện tích bêtông chịu nén và cốt thép chịu nén

A_b - diện tích bêtông lấy như sau:

$$A_b = A - A_{st} \text{ khi } \mu = \frac{A_{st}}{A} \ge 3\% \tag{5.8}$$

$$A_b = A \text{ khi } \mu = \frac{A_{st}}{A} < 3\% \tag{5.9}$$

$\varphi \le 1$ - Hệ số uốn dọc

Khi $\lambda_r = \frac{l_o}{r} \le 28$ (5.10) thì bỏ qua hiện tượng uốn dọc: lấy $\varphi = 1$

Khi $28 < \lambda_r \le 120$ thì hệ số φ xác định theo công thức sau:

$$\varphi = 1,028 - 0,0000288\lambda_r^2 - 0,0016\lambda_r \tag{5.11}$$

r- bán kính quán tính của tiết diện

- Đối với tiết diện chữ nhật: $r = 0,288b$ hoặc $r = 0,288h$
- Đối với tiết diện hình tròn, có đường kính D: $r = D$

Share-connect.blogspot.com

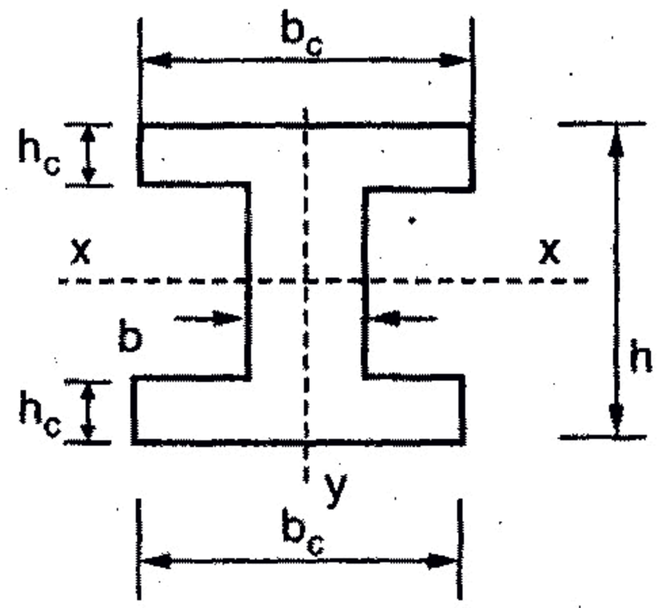
Hệ số φ được tính sẵn cho trong bảng 5.2

Bảng 5.2 *Bảng tra hệ số uốn dọc φ*

Độ mảnh	Tiết diện bất L_o/r	28	35	48	62	76	90	110	130
	Tiết diện chữnhật L_o/b	8	10	14	18	22	26	32	38
	Tiết diện hình tròn L_o/D	7	8.5	12	15.5	19	22.5	28	33
Hệ số φ	Bêtông nặng	1	0.98	0.93	0.85	0.77	0.68	0.54	0.4

Khi tính toán cấu kiện chịu nén trung tâm có tiết diện chữ I đối xứng, bán kính quán tính r_x (đối với trục x-x) và r_y (đối với trục y-y) xác định theo

$$r_x = \vartheta.h$$
$$r_y = \theta.b_c \qquad (5.12)$$



Kích thước tiết diện

Bảng 5.3 *Bảng tra hệ số 9*

b_c/b / h_c/h	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
0,10	0,301	0,320	0,331	0,343	0,348	0,357	0,360	0,366	0,371	0,377
0,15	0,312	0,326	0,337	0,343	0,354	0,360	0,365	0,371	0,374	0,377
0,20	0,312	0,326	0,334	0,340	0,352	0,354	0,357	0,363	0,365	0,368
0,25	0,304	0,322	0,334	0,337	0,343	0,348	0,352	0,354	0,357	0,357
0,30	0,306	0,317	0,323	0,328	0,334	0,337	0,337	0,340	0,340	0.343

Bảng 5.4 *Bảng tra hệ số θ*

b_c/b / h_c/h	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
0,10	0,223	0,205	0,202	0,203	0,207	0,211	0,215	0,218	0,222	0,227
0,15	0,235	0,223	0,222	0,226	0,230	0,233	0,237	0,241	0,244	0,247
0,20	0,246	0,238	0,239	0,243	0,246	0,249	0,252	0,255	0,258	0,259
0,25	0,255	0,250	0,252	0,255	0,258	0,260	0,262	0,264	0,266	0,268
0,30	0,264	0,261	0,263	0,264	0,266	0,267	0,268	0,269	0,273	0,275

Bài tập 5.1 Tính cốt thép cho cột tiết diện hình vuông (400×400), dùng cốt đai thường, chịu nén đúng tâm: $N = 1550\ kN$, cho biết chiều dài tính toán $l_o = 5,9m$. Dùng bêtông có cấp độ bền chịu nén B15 có: $R_b = 8,5Mpa$, hệ số điều kiện làm việc của bêtông $\gamma_b = 0,9$. Cốt thép nhóm AII có $R_s = 280Mpa$.

Giải. Tính $\lambda = \frac{l_o}{b} = \frac{5900}{400} = 14,75$, tra bảng được $\varphi = 0,92$

Diện tích cốt thép

$$A_{s.tot} = \frac{\frac{N}{\varphi} - \gamma_b R_b A_b}{R_{sc}} = \frac{\frac{1550.10^3}{0,92} - 0,9 \times 8,5 \times 400^2}{280} = 1646mm^2$$

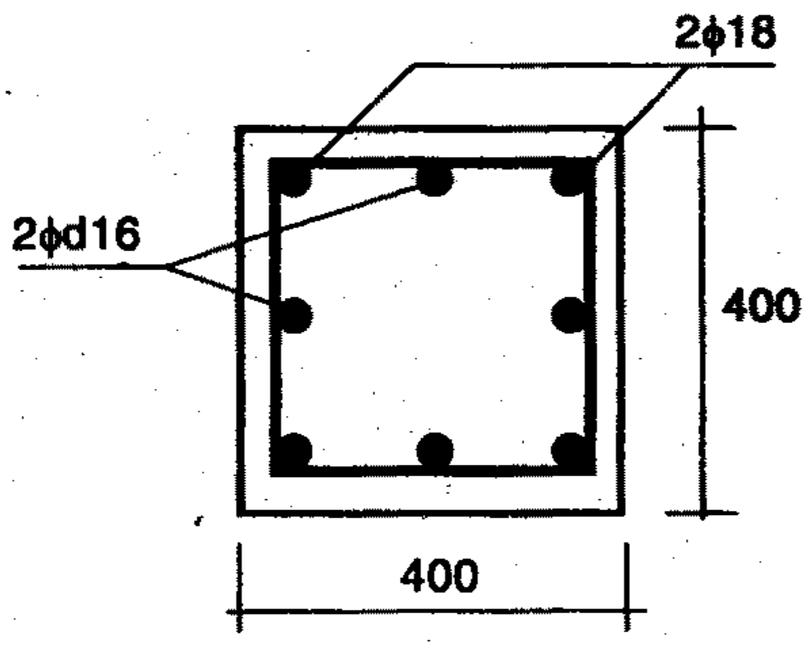
Kiểm tra hàm lượng cốt thép

$$\mu = \frac{A_{s.tot}}{A_b} = \frac{1646}{400^2} = 0,01 < \mu_{max} = 0,03$$

Đạt yêu cầu

Chọn $A_{s.tot} = 1822mm^2(4d16 + 4d18)$

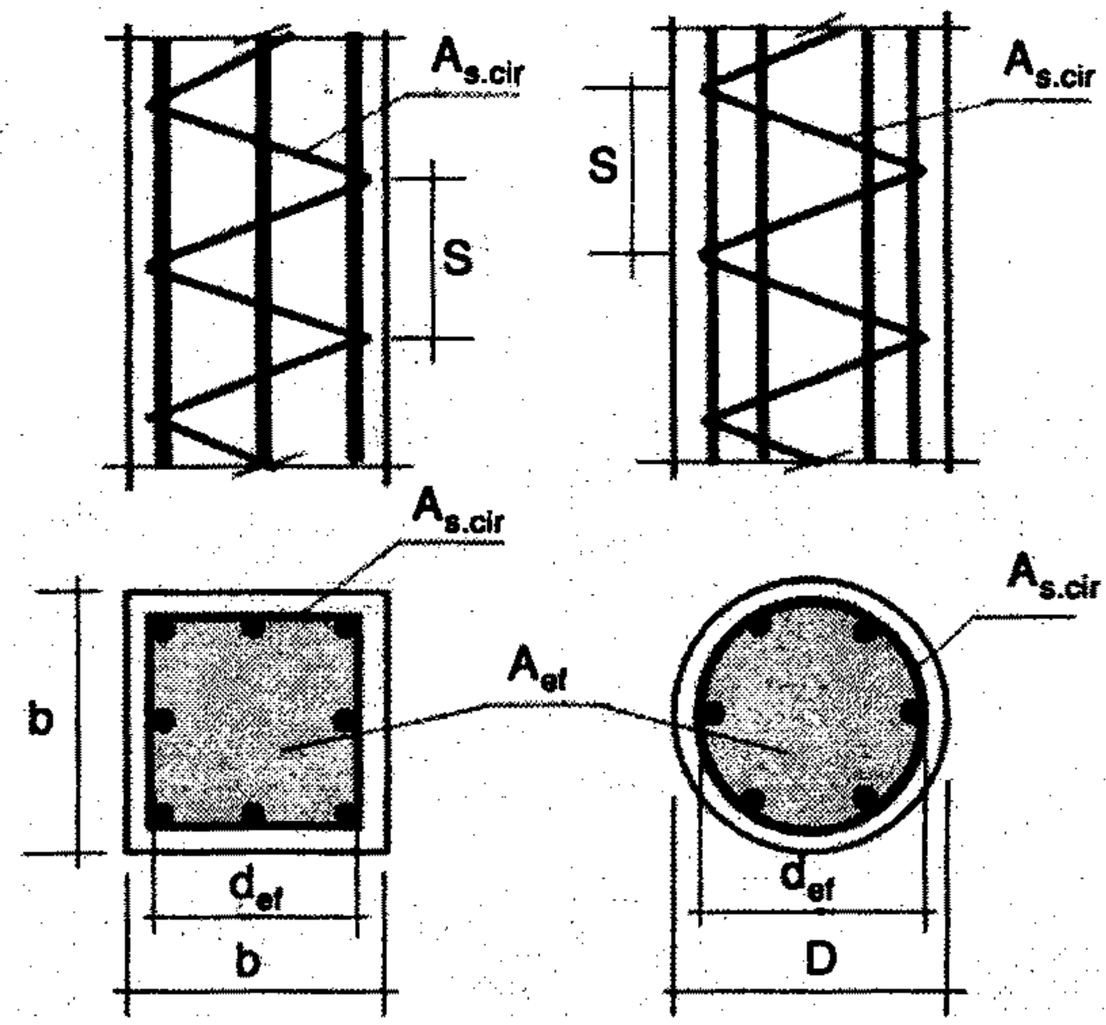
và bố trí cốt thép



Kiểm tra khả năng chịu lực của cột

$[N] = 0,92(0,9 \times 8,5 \times 400^2 + 280 \times 1822,4) = 1596kN > N = 1550kN$ đạt

5.3.2 Cốt dọc mềm và cốt đai xoắn



***Hình 5.3** Cấu kiện chịu nén đặt cốt đai xoắn*

Dùng cốt đai xoắn để tăng khả năng chịu lực của cấu kiện vì cốt đai xoắn cản trở biến dạng ngang.

Bước cốt đai xoắn (s) càng nhỏ thì khả năng chịu lực của cấu kiện càng tăng. Cốt đai xoắn chỉ có tác dụng đối vớc các cấu kiện có độ mảnh nhỏ:

Phạm vi ứng dụng: $\lambda = \frac{l_o}{i_{ef}} \leq 35$ (5.13)

Theo kết quả thí nghiệm: cấu kiện bị phá hoại hoàn toàn khi cốt dọc, cốt đai xoắn đạt đến cường độ giới hạn, lúc này phần bêtông phía ngoài cốt đai đã bị bong ra. Vì thế diện tích tiết diện đưa vào tính toán là phần diện tích nằm trong cốt đai xoắn.

Đối với cấu kiện chịu nén đúng tâm

Điều kiện cường độ:

$$N \leq N_{gh} = \varphi\left[\gamma_b R_b A_{ef} + 2\mu_{cir} R_{s.cir} + A_{st}.R_{sc}\right] \quad (5.14)$$

trong đó:

N - lực dọc tính toán

N_{gh} - Lực dọc tới hạn

φ - hệ số uốn dọc, phụ thuộc vào độ mãnh $\lambda = \frac{l_o}{i_{ef}} \leq 35$ tra bảng 5.1

l_0 - chiều dài tính toán cấu kiện

i_{ef} - bán kính quán tính của phần tiết diện đưa vào tính toán

- Đối với tiết diện cấu kiện hình vuông (b×b):

$$i_{ef} = b - 2a \quad (5.15)$$

- Đối với tiết diện cấu kiện hình tròn, đường kính D:

$$i_{ef} = D - 2a \quad (5.16)$$

a - chiều dầy lớp bêtông bảo vệ cốt dọc

R_b, γ_b - cường độ chịu nén, hệ số điều kiện làm việc của bêtông

μ_{cir} - hàm lượng cốt đai xoắn, tính theo:

$$\mu_{cir} = \frac{4d_{ef}.A_{s.cir}}{S} \quad \text{hoặc} \quad \mu_{cir} = \frac{\pi d_{ef}.A_{s.cir}}{S}$$

$A_{s.cir}$ - diện tích tiết diện ngang cốt đai xoắn

d_{ef} - đường kính, cạnh tiết diện cấu kiện nằm trong cốt đai xoắn

- Đối với tiết diện cấu kiện hình vuông (b×b):

$$d_{ef} = b - 2a \tag{5.18}$$

- Đối với tiết diện cấu kiện hình tròn, đường kính D:

$$d_{ef} = D - 2a \tag{5.19}$$

A_{ef} - Diện tích bêtông đưa vào tính toán

- Đối với tiết diện cấu kiện hình vuông (b×b):

$$A_{ef} = d_{ef}^2 \tag{5.20}$$

- Đối với tiết diện cấu kiện hình tròn, đường kính D:

$$A_{ef} = \pi \frac{d_{ef}^2}{4} \tag{5.21}$$

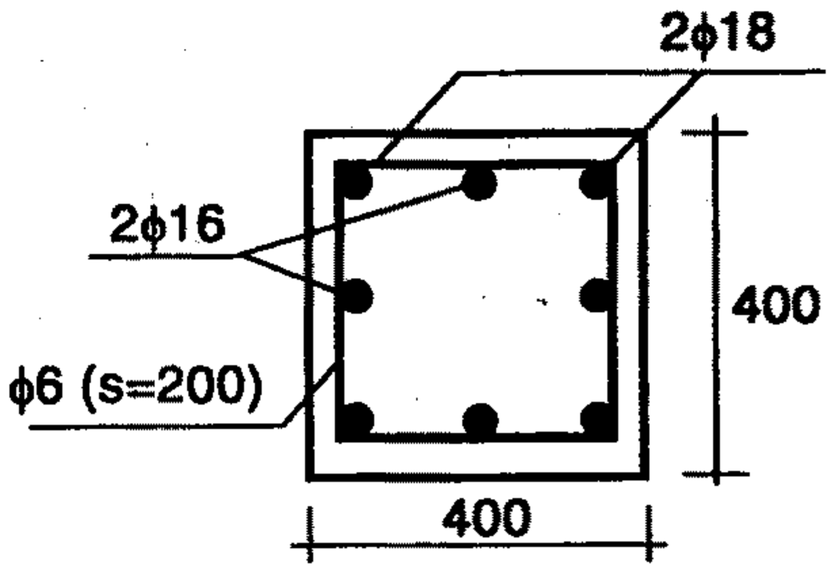
s - bước cốt đai xoắn

$R_{s.cir}$ - cường độ tính toán cốt đai xoắn

R_{sc}, $A_{s.tot}$ - cường độ tính toán, tổng diện tích cốt thép chịu nén

Bài tập 5.2

Tính khả năng chịu lực cho cột tiết diện hình vuông (400×400), cốt thép bố trí xem hình, cột chịu nén đúng tâm, bố trí cốt đai xoắn: cốt đai đường kính $6mm$ có $R_{s.cir} = 225Mpa$, bước cốt đai $s = 200mm$, chiều dày lớp bêtông bảo vệ cốt dọc $a = 25mm$. Cho biết chiều dài tính toán $l_o = 5,9m$. Dùng bêtông có cấp độ bền chịu



nén B15 có: $R_b = 8,5Mpa$, hệ số điều kiện làm việc của bêtông $\gamma_b = 0,9$. Cốt thép nhóm AII có $R_s = 280Mpa$.

Giải.

$$A_{s.tot} = 1822mm^2(4d16 + 4d18)$$

$$d_{ef} = 400 - 50 = 350mm$$

$$\lambda = \frac{l_o}{b} = \frac{5900}{400} = 14,75 \text{, tra bảng được } \varphi = 0,82$$

$$A_{ef} = 350^2 = 122500mm^2$$

$$\mu_{s.cir} = \frac{4d_{ef}.A_{s.cir}}{s} = \frac{4 \times 350 \times 28,3}{200} = 118,1$$

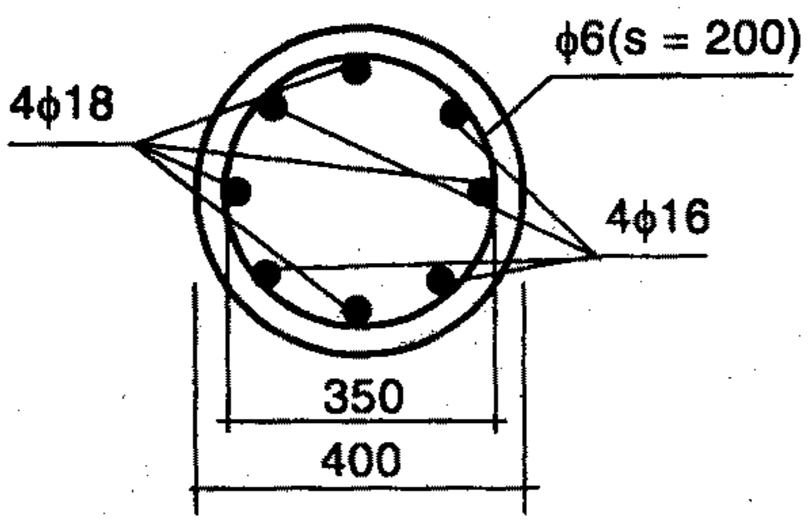
Khả năng chịu lực của cột

$$[N] = \varphi\left[\gamma_b R_b.A_{ef} + 2\mu_{cir}R_{s.cir} + A_{st}.R_{sc}\right]$$

$$[N] = 0,82\left[0,9 \times 8,5 \times 122500 + 2 \times 198,1 \times 225 + 1822 \times 280\right] = 1260kN$$

Bài tập 5.3

Tính khả năng chịu lực cho cột tiết diện hình tròn (D = 400), cốt thép bố trí xem hình, cột chịu nén đúng tâm, bố trí cốt đai xoắn: cốt đai đường kính $6mm$ có $R_{s.cir} = 225Mpa$, bước cốt đai s = $200mm$, chiều dày lớp bêtông bảo vệ cốt dọc a = $25mm$. Cho biết chiều dài tính toán $l_o = 5,9m$. Dùng bêtông có cấp độ bền chịu nén B15 có: $R_b = 8,5Mpa$, hệ số điều kiện làm việc của bêtông $\gamma_b = 0,9$. Cốt thép nhóm AII có $R_s = 280Mpa$.



Giải.

$$A_{s.tot} = 1822mm^2(4d16 + 4d18)$$

$$d_{ef} = 400 - 50 = 350mm$$

$$\lambda = \frac{l_o}{D} = \frac{5900}{350} = 14,75\text{, tra bảng được } \varphi = 0,82$$

$$A_{ef} = \pi \frac{350^2}{4} = 96210mm^2$$

$$\mu_{s.cir} = \frac{\pi d_{ef} A_{sw}}{s} = \frac{\pi \times 350 \times 28,3}{200} = 155,587$$

Khả năng chịu lực của cột

$$[N] = \varphi\left[\gamma_b R_b A_{ef} + 2\mu_{cir} R_{s.cir} + A_{s.t}.R_{sc}\right]$$

$$[N] = 0,84\left[0,9 \times 8,5 \times 96210 + 2 \times 155,587 \times 225 + 1822 \times 250\right] = 1106kN$$

5.4 SỰ LÀM VIỆC CỦA CẤU KIỆN CHỊU NÉN LỆCH TÂM

5.4.1 Độ lệch tâm ngẫu nhiên

Khi thiết kế ngoài độ lệch tâm tĩnh học $e_{01} = \dfrac{M}{N}$ còn phải tính đến độ lệch tâm ngẫu nhiên e_a do: sai lệch kích thước hình học khi thi công, do cốt thép đặt không đối xứng, do trục của cấu kiện không thẳng, do bêtông không đồng chất v.v...

Độ lệch tâm ngẫu nhiên e_a lấy như sau :

$$e_a \geq \max\left|\begin{matrix}\dfrac{l}{600}\\ \dfrac{h}{30}\end{matrix}\right. \qquad (5.22)$$

trong đó:

l - chiều dài của cấu kiện

h - chiều cao của tiết diện cấu kiện

Độ lệch tâm tính toán ban đầu lấy như sau:

Đối với kết cấu tĩnh định: $e_o = e_{01} + e_a$ (5.23)

Đối với kết cấu siêu tĩnh : $e_o = \max\left|\begin{matrix}e_{01}\\ e_a\end{matrix}\right.$ (5.24)

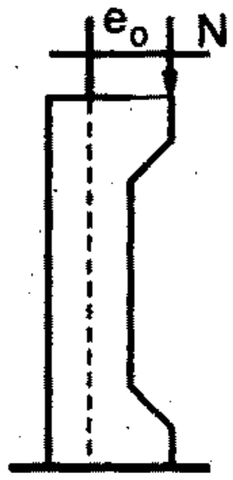
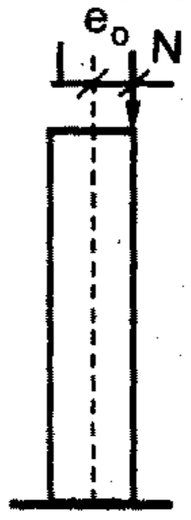
5.4.2 Phân biệt hai trường hợp nén lệch tâm

Cấu kiện chịu nén lệch tâm lớn khi: $x \le \xi_R h_o$ (5.25)

Cấu kiện chịu nén lệch tâm bé khi: $x > \xi_R h_o$ (5.26)

Kết quả nghiên cứu thí nghiệm:

Bảng 5.5

Mô hình thí nghiệm Kết quả thí nghiệm	 Nén lệch tâm lớn $x \le \xi_R h_o$	 Nén lệch tâm bé $x > \xi_R h_o$
- Biểu đồ ứng suất trong tiết diện:	phân biệt rõ hai miền kéo và nén	không phân biệt rõ, toàn bộ chịu nén hoặc có một vùng nhỏ chịu kéo.
- Ứng suất của cốt thép chịu kéo σ_s	$\sigma_s = R_s$	$\sigma_s < R_s$
- Ứng suất của cốt thép chịu nén σ_{sc}	$\sigma_{sc} = R_{sc}$	$\sigma_{sc} = R_{sc}$
- Ứng suất bêtông chịu nén: σ_b	$\sigma_b = R_b$	$\sigma_b = R_b$
- Khe nứt đầu tiên xuất hiện ở vùng:	bêtông chịu kéo	bêtông chịu nén lớn
- Phá hoại từ vùng:	chịu kéo	chịu nén lớn
- Làm việc giống cấu kiện:	chịu uốn đặt cốt kép, cốt thép đặt hợp lí	chịu uốn đặt cốt kép, cốt thép A_s đặt quá nhiều

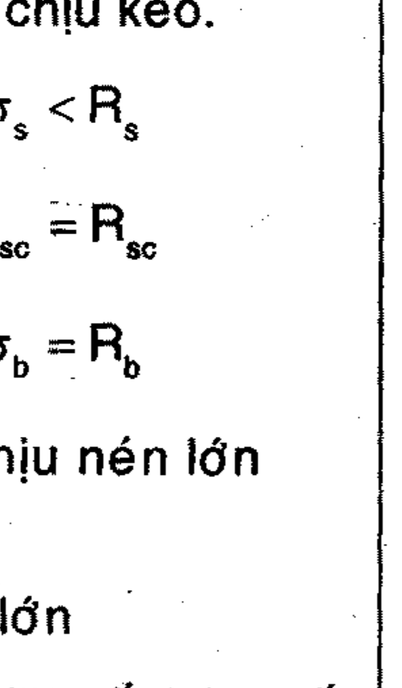
5.4.3 Ảnh hưởng của uốn dọc

Lực dọc đặt lệch tâm sẽ làm cấu kiện có độ võng

Độ lệch tâm ban đầu e_o sẽ tăng lên thành: ηe_o.

Kết quả tính toán về ổn định ta có:

$$\eta = \frac{1}{1 - \dfrac{N}{N_{cr}}} \ge 1 \qquad (5.27)$$



Hình 5.4

trong đó: N - lực dọc tính toán

N_{cr} - lực dọc tới hạn

+ N_{cr} - lực dọc tới hạn được xác định theo công thức sau:

$$N_{cr} = \frac{6,4E_b}{l_o^2}\left[\frac{\left(\frac{0,11}{0,1+\delta_e}+0,1\right)I_b}{\varphi_l}+\alpha I_s\right] \qquad (5.28)$$

trong đó:

E_b - mô dun dàn hồi của bêtông

l_o - chiều dài tính toán của cấu kiện :

+ l_o - Chiều dài tính toán xác định như sau:

Đối với cột của khung nhà nhiều tầng liên kết giữa cột và dầm khung là cứng:

Khi sàn toàn khối: $l_o = 0,7l$

Khi sàn lắp ghép:

- Khung một nhịp $l_o = 1,2l$ với tầng một; $l_o = 1,5l$ với các tầng trên
- Khung từ ba nhịp trở lên $l_o = l$

(l- chiều cao của tầng nhà hay khoảng cách giữa các mắt khung)

+ δ_e - Hệ số lấy theo quy định như sau:

$$\delta_e = \max\begin{cases}\frac{e_o}{h}\\ \delta_{\min} = 0,5 - 0,01\frac{l_o}{h} - 0,01R_b\end{cases} \qquad (5.29)$$

R_b - tính bằng MPa

+ $\varphi_l \geq 1$ - hệ số xét ảnh hưởng của tải trọng tác dụng dài hạn:

$$\varphi_l = 1 + \beta\frac{M_l + N_l y}{M + Ny} \leq 1 + \beta \qquad (5.30)$$

+ β - hệ số phụ thuộc vào loại bêtông

$\beta = 1$ với bêtông nặng

+ M_l, N_l - mômen, lực dọc do tải trọng tác dụng dài hạn

+ M, N - mômen, lực dọc do tổng tải trọng tác dụng

Chú thích: Khi M_l, M ngược dấu nhau, thì lấy M_l có giá trị âm để tính φ_l, nếu giá trị $\varphi_l < 1$ thì lấy $\varphi_l = 1$ để tính N_{cr}

+ y - khoảng cách từ trọng tâm của tiết diện đến mép chịu kéo hoặc chịu nén nhỏ.

Đối với tiết diện chữ nhật ($b \times h$): $y = 0,5h$ (5.31)

+ $\alpha = \dfrac{E_s}{E_b}$ (5.32)

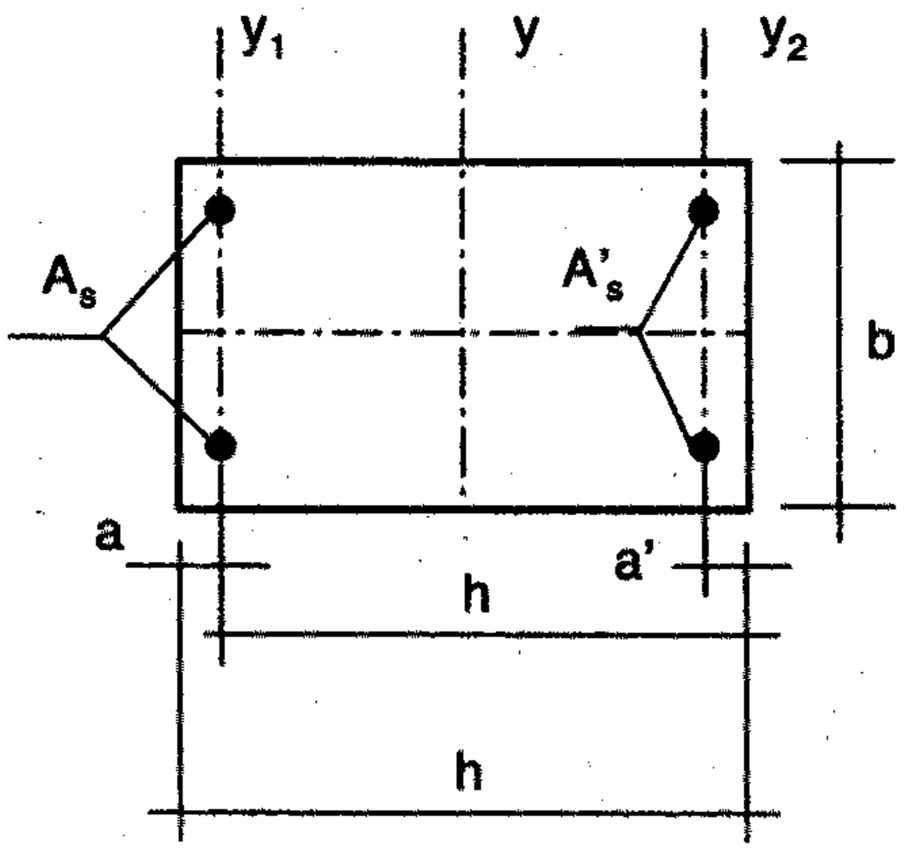
+ E_s - Mô dun đàn hồi của cốt thép

+ I_b - Mômen quán tính của tiết diện

Đối với tiết diện chữ nhật (b×h): $I_b = \dfrac{bh^3}{12}$ (5.33)

+ I_s - Mômen quán tính của toàn bộ cốt thép dọc lấy đối với trục đi qua trung tâm tiết diện và vuông góc với mặt phẳng uốn.

Đối với tiết diện chữ nhật (b×h), có cốt thép chịu kéo A_s và cốt thép chịu nén A'_s:



Hình 5.5

$$I_s = A_s\left(0,5h - a\right)^2 + A'_s(0,5h - a') + I_{s1} + I_{s2} \qquad (5.34a)$$

trong đó I_{s1} , I_{s2} - mômen quán tính của cốt thép A_s và A'_s đối với trục đi qua trọng tâm của nó.

Vì I_{s1} và I_{s2} quá nhỏ nên có thể bỏ qua

Và $a \approx a'$ nên I_s tính gần đúng theo:

$$I_s = \left(A_s + A'_s\right)\left(0,5h - a\right)^2 \qquad (5.34)$$

Chú thích: Cho phép bỏ qua hiện tương uốn dọc:

- Đối với tiết diện chữ nhật:

Khi $\lambda_h = \frac{l_o}{h} \le 8$ thì bỏ qua hiện tượng uốn dọc: lấy $\eta = 1$

- Đối với tiết diện bất kỳ:

Khi $\lambda = \frac{l_o}{r} \le 28$ thì bỏ qua hiện tượng uốn dọc: lấy $\eta = 1$

5.5 TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CÓ TIẾT DIỆN CHỮ NHẬT

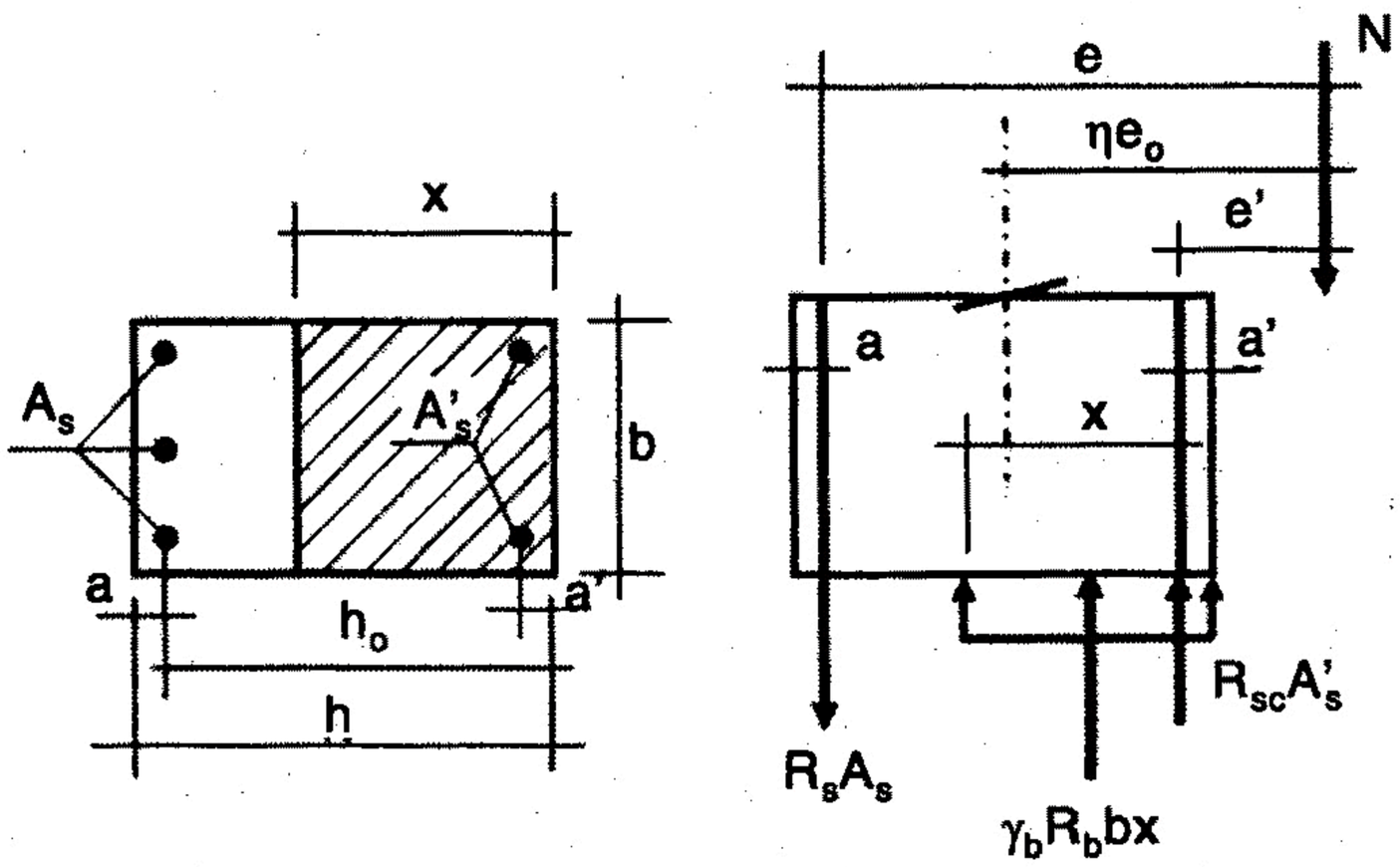
5.5.1 Cấu kiện chịu nén lệch tâm lớn: khi $x \le \xi_R h_o$

5.5.1.1 Các giả thiết tính toán

- Ứng suất trong vùng bêtông chịu nén đạt đến cường độ chịu nén tính toán R_b.
- Sơ đồ ứng suất của bêtông vùng chịu nén có dạng hình chữ nhật.
- Bỏ qua miền bêtông chịu kéo.
- Ứng suất trong cốt thép chịu kéo A_s đạt đến cường độ chịu kéo tính toán R_s.
- Ứng suất trong cốt thép chịu ắn A'_s đạt đến cường độ chịu kéo tính toán R_{sc}.

Share-connect.blogspot.com

5.5.1.2 Sơ đồ ứng suất



Hình 5.6 *Sơ đồ ứng suất cấu kiện chịu nén lệch tâm lớn.*

5.5.1.3 Điều kiện cường độ

$$M \le M_{gh} \Rightarrow Ne \le \gamma_b R_b b x \left(h_o - 0,5x\right) + R_{sc} A'_s (h_o - a') \qquad (5.35)$$

$$N \le N_{gh} \Rightarrow N \le \gamma_b R_b b x + R_{sc} A'_s + R_s A_s \qquad (5.36)$$

trong đó: $e = \eta e_o + 0,5h - a$ (5.37)

Điều kiện sử dụng

Để ứng suất trong cốt thép A_s đạt đến R_s thì:

$$x \le \xi_R h_o \qquad (5.38)$$

Để ứng suất trong cốt thép A'_s đạt đến R_{sc} thì:

$$x \ge 2a' \qquad (5.39)$$

thay $x = \xi\, h_o$ vào (5.35) và (5.36) ta có:

$$Ne \le \alpha_m \gamma_b R_b b h_o^2 + R_{sc} A'_s (h_o - a') \qquad (5.40)$$

$$N \le \xi \gamma_b R_b b h_o + R_{sc} A'_s - R_s A_s \qquad (5.41)$$

Điều kiện sử dụng

$$x \le \xi_R h_o \qquad \text{hay} \qquad \xi \le \xi_R,\ \alpha_m \le \alpha_R \tag{5.42}$$

$$x \ge 2a'$$

Trường hợp đặc biệt nếu $x < 2a'$ thì không dùng các biểu thức (5.35), lúc này cần lấy mômen đối với trục đi qua trọng tâm của A_s' thì:

$$Ne' \le \gamma_b R_b b x(a' - 0,5x) + R_s A_s (h_o - a') \tag{5.43}$$

Hoặc lấy gần đúng

$$Ne' \le R_s A_s (h_o - a') \tag{5.44}$$

trong đó: $$e' = \eta e_o - 0,5h + a' \tag{5.45}$$

Hàm lượng cốt thép:

$$\mu_{\min} < \mu = \frac{A_s + A_s'}{bh_o} \le \mu_{\max} = 3\% \tag{5.46}$$

Tính toán cốt thép và kiểm tra khả năng chịu lực được tóm tắt trong sơ đồ số 5.1; 5.2

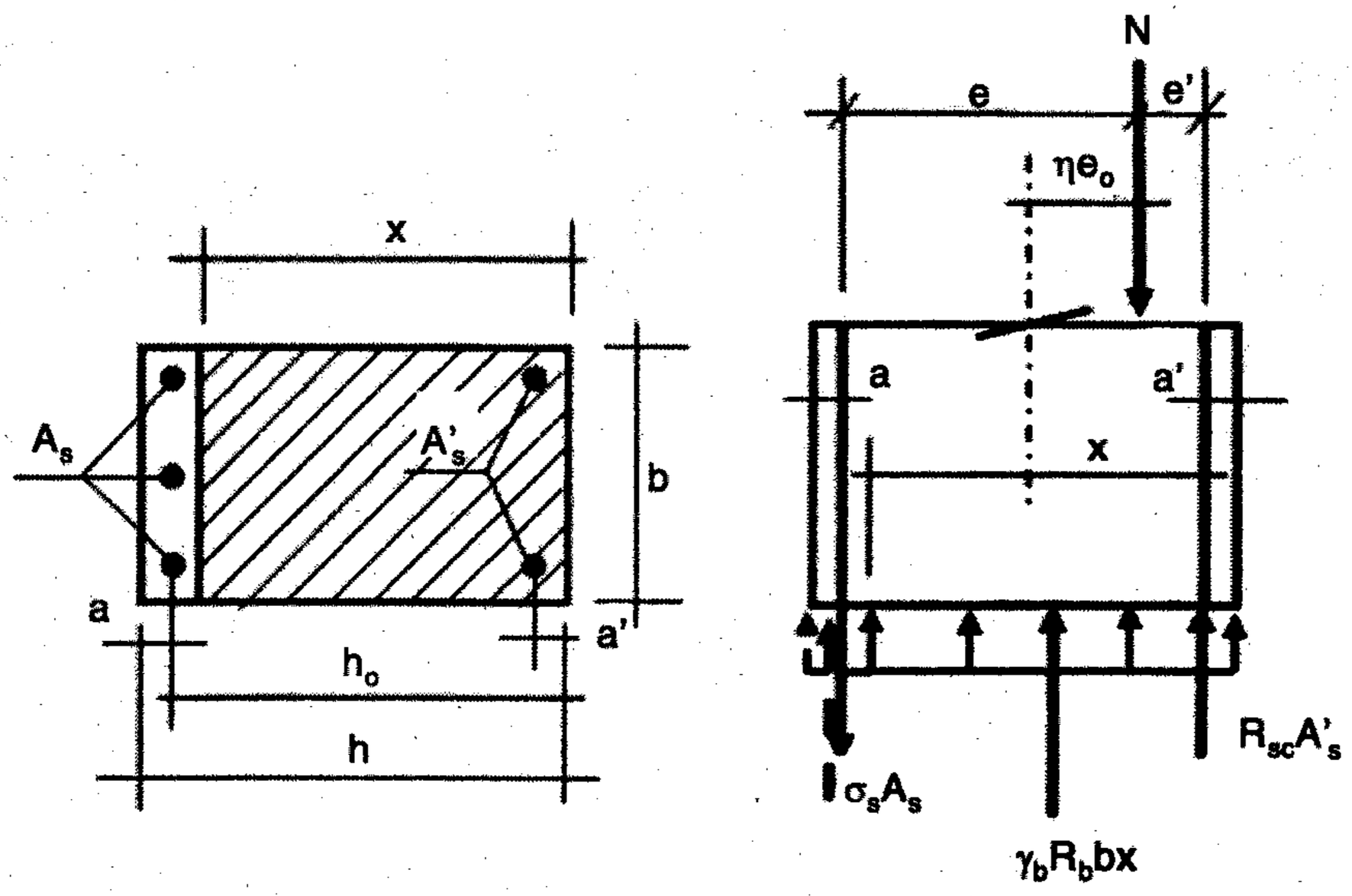
5.5.2 Cấu kiện tiết diện chữ nhật nén lệch tâm bé: khi $x > \xi_R h_o$

5.5.2.1 Các giả thiết tính toán

- Ứng suất trong vùng bêtông chịu nén đạt đến cường độ chịu nén tính toán R_b.
- Sơ đồ ứng suất của bêtông vùng chịu nén có dạng hình chữ nhật.
- Bỏ qua miền bêtông chịu kéo.
- Ứng suất trong cốt thép chịu kéo A_s chưa đạt đến cường độ chịu kéo tính toán $\sigma_s < R_s$.
- Ứng suất trong cốt thép chịu nén A_s' đạt đến cường độ chịu kéo tính toán R_{sc}.

Đặc điểm của cấu kiện nén lệch tâm bé là: có thể có một vùng bêtông chịu kéo nhỏ (khi $x < h_o$) thì ứng suất trong cốt thép chịu kéo A_s là $\sigma_s < R_s$; hoặc tiết diện bị nén toàn bộ (khi $x > h_o$) thì ứng suất trong cốt thép chịu nén nhỏ A_s là $\sigma_s < R_s$ (hợp lực $\sigma_s A_s$ là nét khuất hình 5.7)

5.5.2.2 Sơ đồ ứng suất



Hình 5.7 *Sơ đồ ứng suất cấu kiện chịu nén lệch tâm bé*

5.5.2.3 Điều kiện cường độ

$$M \le M_{gh} \Rightarrow Ne \le \gamma_b R_b bx\left(h_o - 0,5x\right) + R_{sc} A'_s (h_o - a') \quad (5.47)$$

$$N \le N_{gh} \Rightarrow N \le \gamma_b R_b bx + R_{sc} A'_s \pm \sigma_s A_s \quad (5.48)$$

$$e = \eta e_o + 0,5h - a; \quad e' = \left|0,5h - \eta e_o - a'\right| \quad (5.49)$$

Điều kiện sử dụng

$$x > \xi_R h_o \quad (5.50)$$

Đối với cấu kiện làm từ bêtông có cấp độ bền nhỏ hơn hoặc bằng B30, dùng cốt thép có $R_s \le 365MPa$ thì:

$$\sigma_s = \left(2\frac{1-\frac{x}{h_o}}{1-\xi_R} - 1 \right) R_s \qquad (5.51)$$

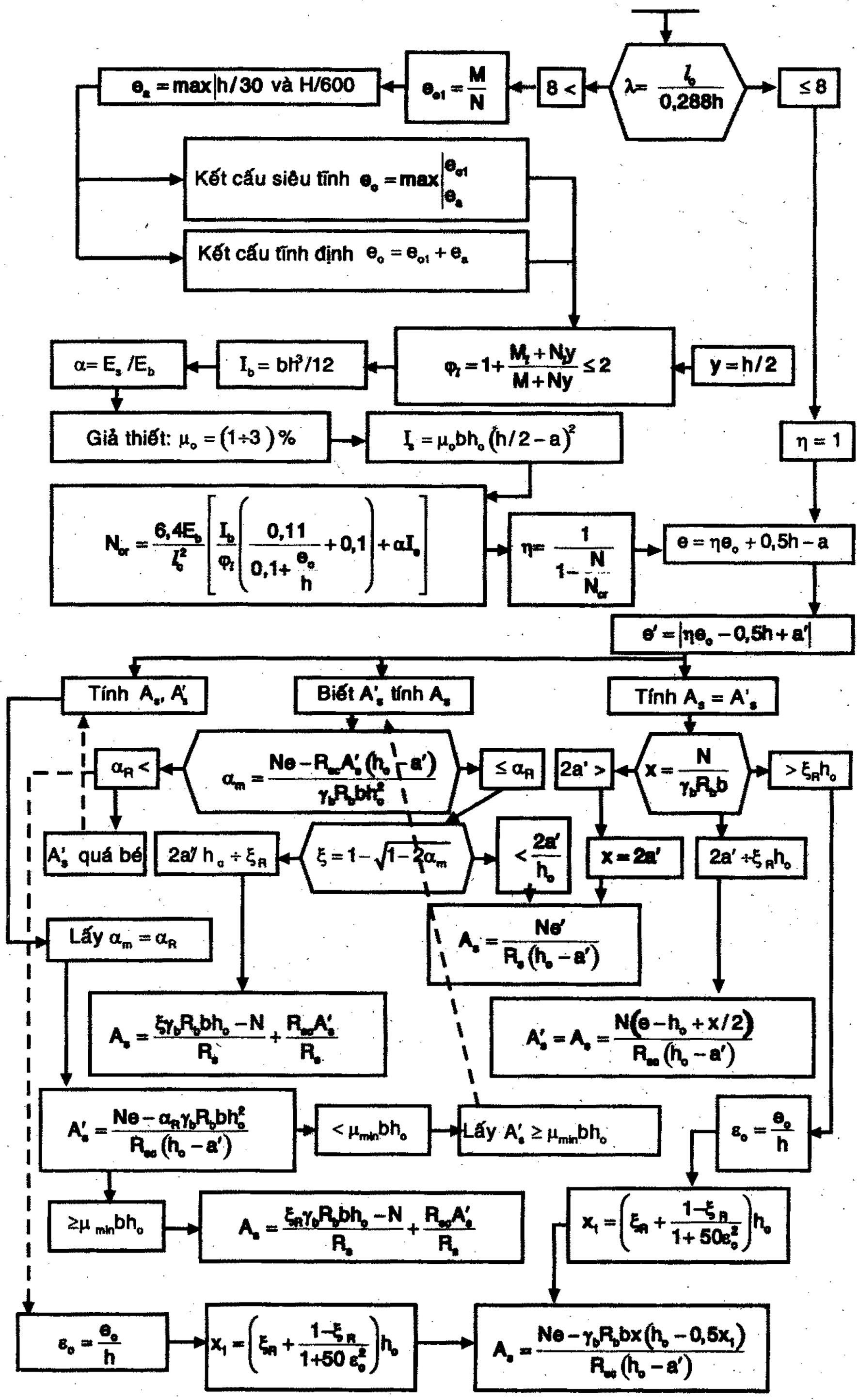
Giá trị σ_s có trị số dương là ứng suất kéo, σ_s có trị số âm là ứng suất nén

- Tính cốt thép được tóm tắt trong sơ đồ 5.1.
- Kiểm tra khả năng chịu lực tóm tắt trong sơ đồ số 5.2 - 5.5.

Sơ đồ 5.1 *Tính cốt thép cấu kiện chịu nén lệch tâm tiết diện chữ nhật*

Số liệu: Cho biết: (b,h), H, l_o, M, M_l, N, N_l, γ_b, R_b, R_s, R_{sc}, a,a'.

Tính A_s và A'_s



Chú thích: Bài toán tính cốt thép cấu kiện chịu nén lệch tâm thường gặp có hai dạng:

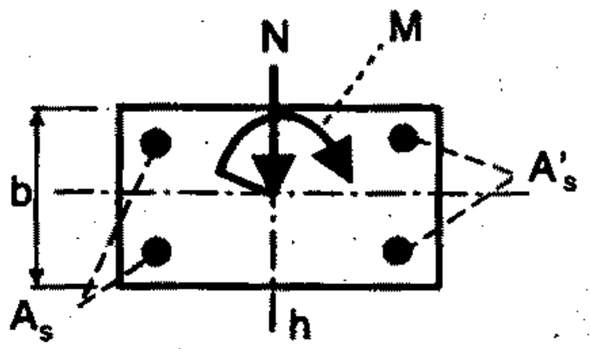
Dạng 1: Giải bài toán theo trình tự như sơ đồ trên: nghĩa là phải giả thiết trước hàm lượng cốt thép μ_o, tính η rồi tiến hành tính A_s, A'_s, sau đĩ tiến hành kiểm tra $\Delta\mu \approx [\Delta\mu]$. Nếu có sai lệch lớn phải giả thiết lại μ, rồi tiến hành tính vòng thứ 2 , thứ 3 ... thứ n : đến khi đạt yêu cầu .

Dạng 2: Có thể giả thiết trước η_o, tính cốt thép A_s, A'_s, tính μ, rồi tính lại η, sau đó tiến hành kiểm tra $\Delta\eta \approx [\Delta\eta]$. Nếu có sai lệch lớn phải giả thiết lại η, rồi tiến hành tính vòng thứ 2, thứ 3 ... thứ n: đến khi đạt yêu cầu.

Sơ đồ 5.2 *Kiểm tra khả năng chịu lực cấu kiện chịu nén lệch tâm*

Số liệu: Cho biết: (b,h), M, M_l, N, N_l, A_s, A'_s, γ_b, R_b, R_s, a,a':

TÍNH $[N]$



Theo chiều M biết A_s, A'_s

$\varphi_l = 1 + \frac{M_l}{M}$ → $I_b = \frac{bh^3}{12}$ → $I_s = A_s(0,5h-a)^2 + A'_s(0,5h-a')^2$

$\alpha = \frac{E_s}{E_b}$ → $e_o = \frac{M}{N}$ → $N_{cr} = \frac{6,4E_b}{l_o^2}\left[\frac{I_b}{\varphi_l}\left(\frac{0,11}{0,1+\frac{e_o}{h}}+0,1\right)+\alpha I_s\right]$

$\eta = \frac{1}{1-\frac{N}{N_{cr}}}$

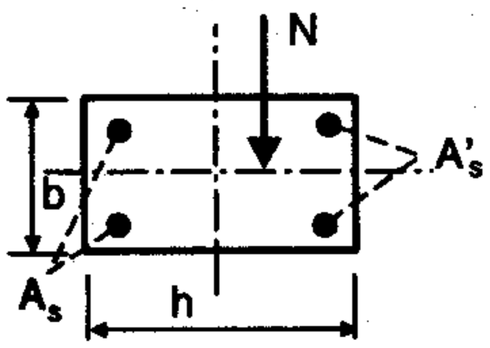
$x = \frac{N+R_sA_s-R_{sc}A'_s}{\gamma_b R_b b}$

- $\xi_R h_o <$ → Lệch tâm bé, Tính lại x → $\varepsilon_o = \frac{e_o}{h_o}$ → $x_1 = \left(\xi_R + \frac{1-\xi_R}{1+50\varepsilon_o^2}\right)h_o$ → $[N] = \frac{\gamma_b R_b b x_1(h_o-0,5x_1)+R_{sc}A'_s(h_o-a')}{e}$
- $x < 2a'$ → Lấy $x = 2a'$ → $e' = \eta e_o - 0,5h + a'$ → $[N] = \frac{R_{sc}A'_s(h_o-a')}{e'}$
- $2a' \div \xi_R h_o$ → Lệch tâm lớn, $e = \eta e_o + 0,5h - a$ → $[N] = \frac{\gamma_b R_b b x(h_o-0,5x)+R_{sc}A'_s(h_o-a')}{e}$

$[N] \geq N$ (ĐẠT)

Sơ đồ 5.3 Cấu kiện chịu nén lệch tâm biết N tính M

Số liệu: Cho biết: (b,h), N, A_s, A'_s, $R_s, R_{sc}, \gamma_b, R_b, R_s, a, a'$, e_o, φ_l: Tính $[M]$



Từ vị trí của N biết A_s, A'_s

$x = \dfrac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{\gamma_b R_b b}$

$\xi_{R0} h <$

$2a' \div \xi_R h_o$

Lệch tâm bé (tính lại x)

$[M] = \gamma_b R_b x(h_o - 0{,}5x) + R_{sc} A'_s (h_o - a')$

$x_1 = \dfrac{(N - R_{sc} A'_s)(h - \xi_R h_o) + R_s A_s (h - \xi_R h_o)}{\gamma_b R_b b (h - \xi_R h_o) + 2 R_s A_s}$

$x_1 < 2a'$

$\xi_R h_o \div h$

Lấy $x_1 < 2a'$

$[M] = R_s A_s (h_o - a')$

$[M] = \gamma_b R_b x_1 (h_o - 0{,}5x_1) + R_{sc} A'_s (h_o - a')$

Tính η

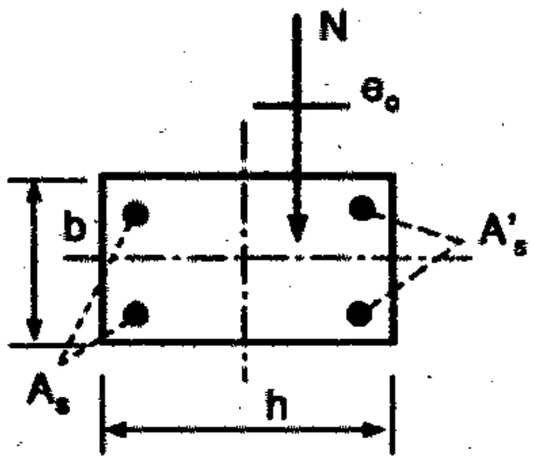
$e_o = \dfrac{[M] - N(0{,}5h - a)}{\eta N}$

$e = e_o + e_a$

$M = Ne$

***Sơ đồ 5.4** Cấu kiện chịu nén lệch tâm biết e_o tính N*

Số liệu: Cho biết: (b,h), A_s, A'_s, γ_b, e_o, R_b, a, a': Tính [N]



Từ e_o biết A_s, A'_s

Giả thiết η

$e = \eta e_o + 0{,}5h - a$

$e' = e - (h_o - a')$ lấy dấu đại số

$x = (h_o - e) + \sqrt{(h_o - e)^2 + \dfrac{2(R_s A_s e - R_{sc} A'_s e')}{\gamma_b R_b b}}$

$2a' \div \xi_R h_o$

$[N] = \gamma_b R_b b x + R_{sc} A'_s - R_s A_s$

$x < 2a'$

$[N] = \dfrac{R_s A_s (h_o - a')}{e' - (h_o - a')}$

$> \xi_R h_o$

Tính lại x

Giải phương trình: $x^2 + 2(e - h_o)x + \dfrac{2(R_{sc} A'_s e' - \sigma_s A_s e)}{\gamma_b R_b b} = 0$

$\sigma_s = \left[1 - \dfrac{2(x - \xi_R h_o)}{h - \xi_R h_o}\right] R_s$

Tìm được x

$M = \gamma_b R_b b x (h_o - 0{,}5x) + R_{sc} A'_s (h_o - a')$

$[N] = \dfrac{M}{e}$

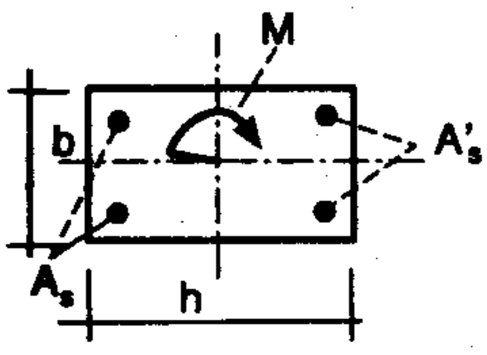
Tính lại $\eta_1 = \dfrac{1}{1 - \dfrac{[N]}{N_{cr}}}$

So sánh $\eta_1 \approx \eta$

Kết quả

Sơ đồ 5.5 Cấu kiện chịu nén lệch tâm biết M tính N

Số liệu: Cho biết: (b,h), M, A_s, A'_s, γ_b, R_b, R_s, R_{sc}, R_s, a,a': tính [N]



Theo chiều M biết A_s, A'_s

Khi N = 0

$x = \frac{R_s A_s - R_{sc} A'_s}{\gamma_b R b_o}$

$\xi_{Rb} h <$

$2a' \div \xi_R h_o$

Lấy $x_{max} = \xi_R h_o$

$x < 2a'$

$M_o = \gamma_b R_b b x (h_o - 0{,}5x) + R_{sc} A'_s (h_o - a')$

$M_o = R_s A_s (h_o - a')$

$M_o = \gamma_b R_b b x_{max} (h_o - 0{,}5x_{max}) + R_{sc} A'_s (h_o - a')$

M > M_o > M

Lệch tâm bé

Giả thiết η và $\sigma_s = R_s$

Giải phương trình $\gamma_b R_b b x^2 - \gamma_b R_b b h x - R_{sc} A'_s (h - 2a') - \sigma_s A_s (h - 2a) + 2\eta M = 0$

$\sigma_s = \left[1 - \frac{2(x + \xi_R h_o)}{h - \xi_R h_o}\right] R_s$

Tìm được hai nghiệm: x_1 và x_2

$e = \eta e_o + 0{,}5h - a$

$x_2 = 2a' + \xi_R h_o$

$x_2 < 2a'$

$x_1 > \xi_R h_o$

Tìm một nghiệm là x_1

$N_2 = \frac{\eta M - R_s A_s (h_o - a')}{0{,}5h - a'}$

$N_2 = \gamma_b R_b b x_2 + R_{sc} A'_s - R_s A_s$

$N_1 = \frac{\gamma_b R_b (h_o - 0{,}5x_1) + R_{sc} A'_s (h_o - a')}{e}$

Chọn $[N] = \min[N_1; N_2; N_o = \varphi(\gamma_b R_b b h + R_s (A'_s + A_s)]$

Tính $\eta_1 = \frac{1}{1 - \frac{[N]}{N_{cr}}}$

so sánh $\eta_1 \approx \eta$

Kết quả

Share-connect.blogspot.com

5.5.3 Tính toán cường độ trên tiết diện nghiêng theo lực cắt

Tương tự như đối với dầm BTCT Ttiết diện chữ nhật:

Điều kiện tính toán tiết diện nghiêng theo lực cắt trong trường hợp cấu kiện chịu nén tiết diện chữ nhật được tiến hành khi:

$$\varphi_{b3}\left(1+\varphi_n\right)\gamma_b R_{bt} b h_o < Q_{\max} \le 0,3\varphi_{\omega 1}\varphi_{b1}\gamma_b R_{bt} b h_o \qquad (4.52)$$

trong đó: $\varphi_n = 0,1\dfrac{N}{\gamma_b R_{bt} b h_o} \le 0,5$ (5.53)

Tính toán cốt đai

$$Q_{\max} \le Q_b + Q_{s\omega} \qquad (4.54)$$

Đặt: $Q_{\omega b}$ - khả năng chịu cắt của bêtông và cốt đai trên tiết diện nghiêng có hình chiếu là c.

$$Q_{\omega b} = \frac{\varphi_{b2}\left(1+\phi_n\right)\gamma_b R_{bt} b h_o^2}{c} + \sum R_{s\omega} A_{s\omega} \qquad (5.55)$$

trong đó: $q_{s\omega} = \dfrac{R_{s\omega} n A_w}{s}$ (5.56); $A_\omega = \pi\dfrac{d_{s\omega}^2}{4}$ (5.57)

A_ω - diện tích tiết diện ngang của cốt đai

n- số nhánh của cốt đai

với $\sum R_{s\omega} A_{s\omega} = R_{s\omega} A_{s\omega}\dfrac{c}{s} = q_{s\omega} c$ (5.58)

Thế (5.58) vào (5.55) được:

$$Q_{\omega b} = \frac{\varphi_{b2}\left(1+\varphi_n\right)\gamma_b R_{bt} b h_o^2}{c} + q_{s\omega} c \qquad (5.59)$$

Có rất nhiều tiết diện nghiêng xuất phát từ một khởi điểm, do đó có rất nhiều hình chiếu C, nếu gọi C_o là hình chiếu của tiết diện nghiêng nguy hiểm nhất, đó là tiết diện nghiêng có khả năng chịu lực cắt nhỏ nhất .

Để tìm được giá trị c_o, ta lấy đạo hàm vế phải (5.59) theo c và cho đạo hàm đó bằng không, rồi tìm được giá trị c, gọi giá trị c đó là c_o.

Kết quả c_o được xác định theo:

$$c_o = \sqrt{\frac{\varphi_{b2}\left(1+\varphi_n\right)\gamma_b R_{bt} b h_o^2}{q_{s\omega}}} \tag{5.60}$$

trong đó: $\varphi_{b2} = 2$

Theo tiêu chuẩn thiết kế, giá trị $Q_{s\omega} = q_{s\omega} c_o$ (5.61)

Giá trị c_o: $c_o \le 2h_o$; nếu tính c_o theo (5.60) mà $c_o > 2h_o$ thì lấy $c_o = 2h_o$ để tính Q_{wb}

Điều kiện cường độ:

$$Q_{\max} \le Q_{\omega b} = \frac{\phi_{b2}\left(1+\varphi_n\right)\gamma_b R_{bt} b h_o^2}{c_o} + q_{s\omega} c_o \tag{5.62}$$

Hay $$Q_{\omega b} = 2\sqrt{\left[\varphi_{b2}(1+\varphi_n)\right]\gamma_b R_{bt} b h_o^2 q_{s\omega}} \tag{5.63}$$

Do đó $$q_{s\omega} \ge \frac{1}{4}\frac{Q_{\max}^2}{\left[\varphi_{b2}\left(1+\varphi_n\right)\right]\gamma_b R_{bt} b h_o^2} \tag{5.64}$$

+ Khoảng cách giữa các cốt đai theo tính toán là:

$$s_1 = R_{s\omega} n \pi d_{s\omega}^2 \frac{\varphi_{b2}\left(1+\varphi_n\right)\gamma_b R_{bt} b h_o^2}{Q_{\max}^2} \tag{5.65}$$

+ Để tránh phá hoại dòn do cốt đai đặt quá ít thì:

$$q_{s\omega} \ge \frac{\varphi_{b3}(1+\varphi_n) R_{bt} b}{2} \tag{5.66}$$

$\varphi_{b3} = 0,6$ - đối với bêtông nặng

$\varphi_{b3} = 0,5$ - đối với bêtông hạt nhỏ

Từ (5.66) tính khoảng cách giữa các cốt đai là:

$$s_2 = \frac{2R_{s\omega} n A_{\omega}}{\varphi_{b3}(1+\varphi_n) R_{bt} b} \tag{5.67}$$

+ Khoảng cách lớn nhất giữa các cốt đai là:

$$s_{\max} = \frac{\varphi_{b4}\left(1+\varphi_n\right)\gamma_b R_{bt} b h_o^2}{Q_{\max}} \tag{5.68}$$

$\varphi_{b4} = 1,5$ - đối với bêtông nặng

$\varphi_{b4} = 1,2$ - đối với bêtông hạt nhỏ

+ Theo yêu cầu cấu tạo cốt đai được quy định như sau:

Đường kính cốt thép đai:

$$d_{sw} \geq \max \begin{vmatrix} 5 \\ d_{s.\max} / 4 \end{vmatrix}$$

+ Khoảng cách giữa các cốt đai theo cấu tạo:

$$s_{w.ct} \leq \min \begin{vmatrix} 500 \\ 15 d_{s.\min} \end{vmatrix} \quad \text{khi } R_s \leq 400 Mpa$$

$$s_{w.ct} \leq \min \begin{vmatrix} 400 \\ 12 d_{s.\min} \end{vmatrix} \quad \text{khi } R_s > 400 Mpa$$

$$s_{w.ct} \leq \min \begin{vmatrix} 300 \\ 10 d_{s.\min} \end{vmatrix} \quad \text{khi } \mu = \frac{A_s + A'_s}{b h_o} > 3\%$$

+ Cuối cùng khoảng cách giữa các cốt đai được chọn là:

$$s_{\omega} \leq \min \begin{vmatrix} s_1 \\ s_2 \\ s_{\max} \\ s_{\omega.ct} \end{vmatrix} \tag{5.69}$$

Bài tập 5.4 Một cột BTCT lắp ghép thuộc kết cấu tĩnh định, có tiết diện chữ nhật (b = 350; h = 600 mm), chiều cao của cột $l = 10m$, cho biết chiều dài tính toán là: $l_o = 9m$. Chịu tác dụng của $M = 300kNm$ ($M_{lt} = 180kNm$), $N = 1000kN$ ($N_{lt} = 600kN$). Bêtông có độ bền chịu nén B15 (R_b = 8,5MPa), hệ số điều kiện làm việc $\lambda_b = 0,9$, $E_b = 23.10^3$ MPa, cốt thép nhóm CII có cường độ tính toán $R_s = R_{sc} = 280MPa$). $E_s = 21x10^4\ MPa$. Tính cốt thép:

1- Cốt thép không đối xứng.

2- Cốt thép đối xứng.

3- Biết cốt thép chịu nén $A'_s = 15,27cm^2$.

Ghi chú: Bài toán tính cấu kiện chịu nén lệch tâm có hai cách giải:

Cách 1: giả thiết hệ số uốn dọc η để tính cốt thép.

Cách 2: giả thiết hàm lượng cốt thép μ để tính cốt thép.

Tuy điểm xuất phát của hai cách tính hoàn toàn khác nhau, nhưng kết quả cuối cùng là giống nhau (chấp nhận sai số không đáng kể).

Dưới đây sẽ trình bày cả hai cách tính, nhằm giúp sinh viên nắm vững cách tính. Trong thực tế, dùng cách nào để tính cốt thép tùy theo số liệu bài toán cho hay tùy sinh viên tự chọn cách tính sao cho nhanh hội tụ nhất.

Cách 1: Độ mảnh của cấu kiện: $\lambda_h = \frac{l_o}{h} = \frac{9}{0,6} > 8$ phải xét đến ảnh hưởng của uốn dọc.

Giả thiết: Hệ số uốn dọc $\eta = 1,2$

Độ lệch tâm của lực dọc: $e_{o1} = \frac{M}{N} = \frac{300}{1000} = 300mm$

Độ lệch tâm ngẫu nhiên: $e_a = \frac{h}{30} = \frac{600}{30} = 20mm < \frac{l}{600}$;

Chọn $e_a = 20mm$ để tính toán .

Độ lệch tâm tổng cộng: $e_o = e_{o1} + e_a = 320mm$

Giả thiết $a = a' = 60mm$

$e = \eta.e_o + h/2 - a' = 1,2x320 + 300 - 60 = 624mm$

1- Tính cốt thép không đối xứng

Vòng thứ 1

Cốt thép chịu nén:

$$A'_s = \frac{Ne - \alpha_R \gamma_b R_b b h_o^2}{R_{sc}(h_o - a')}$$

$$= \frac{10^6 \times 624 - 0,449 \times 0,9 \times 8,5 \times 350 \times 540^2}{280 \times (540 - 6)} = 2034,5mm^2$$

$$A_s' > \mu_{\min} b h_o = 0,0005 \times 35 \times 540 \quad (thỏa)$$

Cốt thép chịu kéo

$$A_s = \frac{\xi_R \gamma_b R_b b h_o - N}{R_s} + A_s' =$$

$$= \frac{0,681 \times 0,9 \times 8,5 \times 350 \times 540 - 10^6}{280} + 2034,5 = 1979,6 mm^2$$

Kiểm tra:

$$\mu = \frac{A_s + A_s'}{b h_o} \times 100 = \frac{1979,6 + 2034,5}{350 \times 540} \times 100 = 2,1\% < 3\% \text{ (đạt)}$$

Tính các hệ số:

$$\phi_l = 1 + \frac{M_l + N_l y}{M + Ny} = 1 + \frac{180 + 600x0,3}{300 + 1000x0,3} = 1,6$$

$$I_s = (A_s + A_s')\left(\frac{h}{2} - a\right)^2 = (1979 + 2034)\left(\frac{600}{2} - 60\right)^2 = 2,312.10^6 mm^4$$

$$I_b = bh^3 / 12 = 350 \times 600^3 / 12 = 6,3 \times 10^9 mm^4$$

Lực tới hạn qui ước:

$$N_{cr} = \frac{6,4 E_b}{l_o^2}\left[\frac{I_b}{\varphi_1}\left(\frac{0,11}{0,1 + \frac{e_o}{h}} + 0,1\right) + \alpha I_s\right]$$

$$= \frac{6,4 \times 23 \times 10^3}{(9000)^2}\left[\frac{6,3 \times 10^9}{1,6}\left(\frac{0,11}{0,1 + \frac{320}{600}} + 0,1\right) + \frac{21 \times 10^4}{23 \times 10^3} \times 2,312 \times 10^8\right] = 5795 kN$$

Hệ số uốn dọc:

$$\eta_1 = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{1000}{5795}} = 1,209$$

Độ sai số: $\Delta\eta = \left|\frac{1,209 - 1,2}{1,209} \times 100\right| = 0,713\%$

Độ sai số tương đối lớn, do đó phải tính lại vòng thứ hai.

Tính vòng thứ 2

Để bài toán nhanh hội tụ, thường ta phải giả thiết η bằng trung bình cộng trị số η của hai lần liên tiếp nhau.

Giả thiết $\eta_2 = \dfrac{\eta + \eta_1}{2} = 1{,}205$. Trình tự tính toán giống như lần thứ 1, ở đây chỉ ghi lại kết quả:

$$A_s' = 2046,4mm^2;\ A_s = 1991,5mm^2;\ \eta_2 = 1,208$$

$$\Delta\eta = \left|\frac{1,208 - 1,205}{1,208} \times 100\right| = 0,248\%$$

Nếu không yêu cầu độ chính xác cao thì có thể dừng tại đây. Giả sử cần độ chính xác cao hơn, ta tính tiếp vòng thứ 3.

Tính vòng thứ 3

Giả thiết $\eta_3 = 1,207$. Cũng tính tương tự như các vòng trên, ở đây chỉ ghi lại kết quả tính: $A_s' = 2051,2mm^2;\ A_s = 1996,3mm^2$

hàm lượng cốt thép: $\mu = \dfrac{A_s + A_s'}{bh_o} \times 100 = 2,1\% < 3\%$;

$$I_s = 2,331.10^8 mm^4; \qquad I_b = 6,3.10^9 mm^4\ ;$$

$$N_{cr} = \frac{6,4E_b}{l_o^2}\left[\frac{I_b}{\varphi_1}\left(\frac{0,11}{0,1+\dfrac{e_o}{h}}+0,1\right)+\alpha I_s\right] =$$

$$= \frac{6,4\times 23\times 10^3}{(9000)^2}\left[\frac{6,3\times 10^9}{1,6}\left(\frac{0,11}{0,1+\dfrac{320}{600}}+0,1\right)+\frac{21\times 10^4}{23\times 10^3}\times 2,331\times 10^8\right] = 5825kN$$

$$\eta_1 = \frac{1}{1-\dfrac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1-\dfrac{1000}{5825}} = 1,207$$

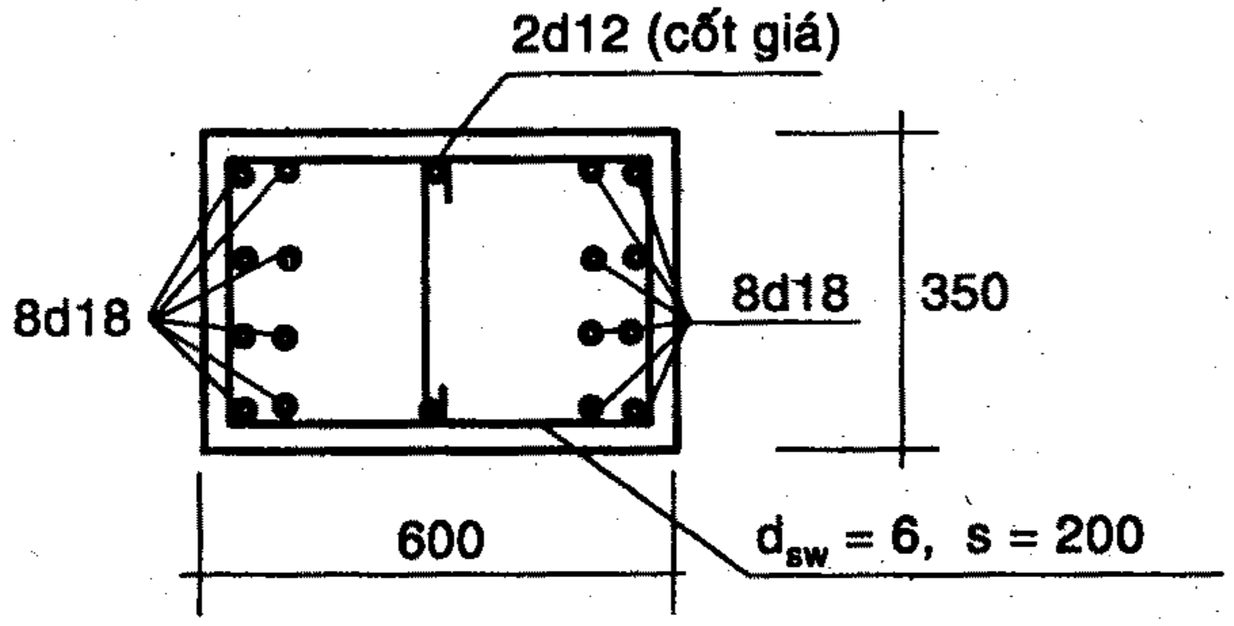
Độ sai số $\Delta\eta = 0\%$. Kết quả chấp nhận

Kết luận: $A_s' = 2051,2mm^2;\ A_s = 1996,3mm^2$

Chọn và bố trí cốt thép:

chọn $A_s = A'_s$: $8d18(2036mm^2)$

Bố trí cốt thép làm 2 lớp, kiểm tra a và a' thỏa.



Bố trí cốt thép

2- Tính cốt thép đối xứng $A_s = A'_s$

Tính cho trường hợp cuối cùng, tức $\eta = 1,207$.

Chiều cao của miền bêtông chịu nén x:

$$x = \frac{N}{\gamma_b R_b b} = \frac{10^6}{0,9 \times 8,5 \times 350} = 373,5mm > \xi_R h_o = 0,681 \times 540 = 367,7mm$$

Tính lại x: $\varepsilon_o = \frac{e_o}{h} = 0,533$

$$x_1 = \left(\xi_R + \frac{1-\xi_R}{1+50\varepsilon_o^2}\right)h_o = \left(0,681 + \frac{1-0,681}{1+50 \times 0,533^2}\right)540 = 379mm$$

$$A'_s = \frac{Ne - \gamma_b R_b b x\left(h_o - 0,5x_1\right)}{R_{sc}\left(h_o - a'\right)} =$$

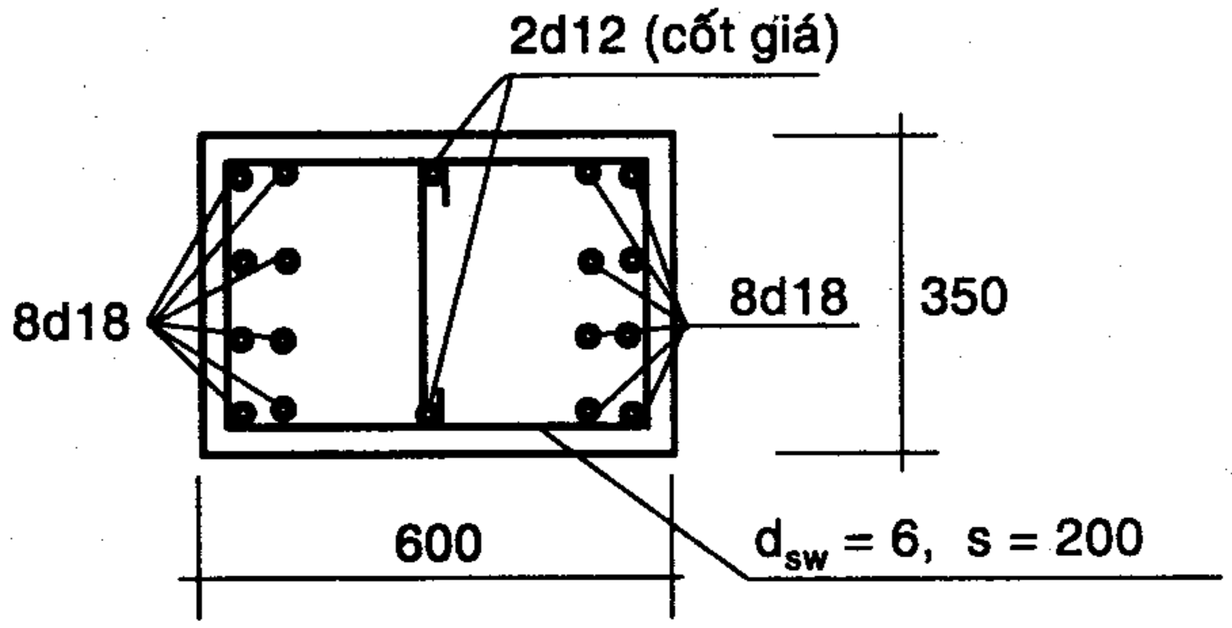
$$= \frac{1000 \times 10^3 \times 626,24 - 0,9 \times 8,5 \times 379(540 - 0,5 \times 379)}{280\left(540 - 60\right)} = 2013mm^2$$

Hàm lượng cốt thép: $\mu = \frac{A_s + A'_s}{bh_o} \times 100 = 2,1\% < 3\%$

Chọn và bố trí cốt thép:

chọn $A_s = A'_s$: $8d18(2036mm^2)$

Bố trí cốt thép làm 2 lớp, kiểm tra a và a' thỏa.



Bố trí cốt thép

3. Biết A_s' = 1527 mm², tính A_s

Vòng 1 (*Giả thiết* $\eta_3 = 1,207$)

Tính:

$$\alpha_m = \frac{Ne - R_{sc}A_s'\left(h_o - a'\right)}{\gamma_b R_b b h_o^2} = \frac{10^6 \times 626 - 280 \times 1527\left(540 - 60\right)}{0,9 \times 8,5 \times 350 \times 540^2} = 0,539 > \alpha_R$$

Vậy cốt thép A_s' đã biết chưa đủ: có thể xem như A_s' chưa biết tính như trường hợp tính cốt thép không đối xứng như phần trên hoặc tăng A_s'.

Giả sử trường hợp này tăng $A_s' = 2513mm^2$ (8d20)

Tính lại α_m giống như trên, tìm được $\alpha_m = 0,369 < \alpha_R = 0,449$ *(thỏa)*

Tra bảng được: $\xi = 0,489$.

$$A_s = \frac{\xi\gamma_b R_b b h_0 - N}{R_s} + A_s' =$$

$$= \frac{0,489 \times 0,9 \times 8,5 \times 350 \times 540 - 10^6}{280} + 2513 = 1467mm^2$$

hàm lượng cốt thép: $\mu = \frac{A_s + A_s'}{bh_o} \times 100 = 2,1\% < 3\%$;

$I_s = 2,293 \times 10^8 mm^4$; $I_b = 6,3 \times 10^9 mm^4$;

$$N_{cr} = \frac{6,4E_b}{l_o^2}\left[\frac{I_b}{\varphi_1}\left(\frac{0,11}{0,1+\frac{e_o}{h}}+0,1\right)+\alpha I_s\right] = 5763kN$$

$$\eta_1 = \frac{1}{1-\frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1-\frac{1000}{5763}} = 1,21$$

Vòng 2 (*Giả thiết* $\eta_3 = 1,209$)

Tính lại α_m giống như trên, tìm được $\alpha_m = 0,37 < \alpha_R = 0,449$ *(thỏa)*

Tra bảng được: $\xi = 0,49$.

$$A_s = \frac{\xi\gamma_b R_b b h_0 - N}{R_s} + A_s' =$$

$$= \frac{0,49\times 0,9\times 8,5\times 350\times 540 - 10^6}{280} + 2513 = 1475mm^2$$

hàm lượng cốt thép: $\mu = \frac{A_s + A_s'}{bh_o}\times 100 = 2,1\% < 3\%$;

$I_s = 2,298\times 10^8 mm^4$; $I_b = 6,3\times 10^9 mm^4$;

$$N_{cr} = \frac{6,4E_b}{l_o^2}\left[\frac{I_b}{\varphi_1}\left(\frac{0,11}{0,1+\frac{e_o}{h}}+0,1\right)+\alpha I_s\right] = 5771kN$$

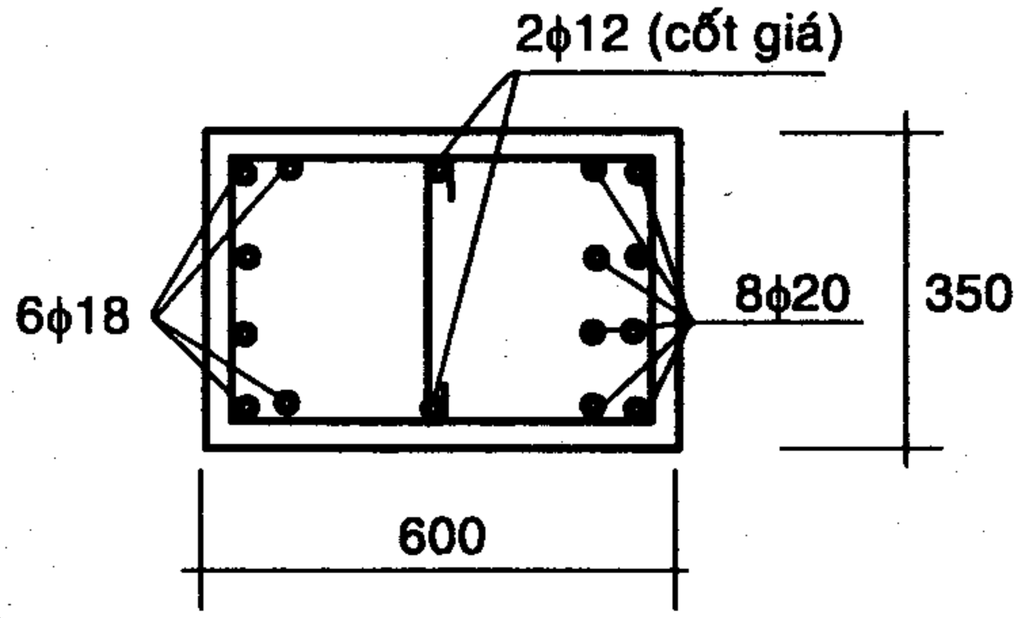
$$\eta_1 = \frac{1}{1-\frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1-\frac{1000}{5771}} = 1,21$$

Độ sai số $\Delta\eta = 5,127\times 10^{-4}$ (đạt)

Chọn và bố trí cốt thép:

chọn A_s: $6d18(1527mm^2)$; A_s': $8d20(2516mm^2)$

Bố trí cốt thép làm 2 lớp, kiểm tra a và a' thỏa.



Bố trí cốt thép

Cách 2: Giả thiết hàm lượng cốt thép: $\mu = 2\%$.

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_l + N_l y}{M + Ny} = 1 + \frac{180 + 600 \times 0,3}{300 + 1000 \times 0,3} = 1,6$$

$$I_s = \mu b h_o \left(\frac{h}{2} - a\right)^2 = 0,02 \times 350 \times 540 \times \left(\frac{600}{2} - 60\right)^2 = 2,177 \times 10^8 mm^4$$

$$I_b = bh^3 / 12 = 350 \times 600^3 / 12 = 6,3 \times 10^9 mm^4$$

Lực tới hạn qui ước:

$$N_{cr} = \frac{6,4E_b}{l_o^2}\left[\frac{I_b}{\varphi_1}\left(\frac{0,11}{0,1 + \frac{e_o}{h}} + 0,1\right) + \alpha I_s\right]$$

$$= \frac{6,4 \times 23 \times 10^3}{(9000)^2}\left[\frac{6,3 \times 10^9}{1,6}\left(\frac{0,11}{0,1 + \frac{320}{600}} + 0,1\right) + \frac{21 \times 10^4}{23 \times 10^3} \times 2,177 \times 10^8\right] = 5571kN$$

Hệ số uốn dọc:

$$\eta_1 = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{1000}{5571}} = 1,219$$

Độ lệch tâm tổng cộng: $e_o = e_{o1} + e_a = 320mm$

Giả thiết $a = a' = 60mm$

$$e = \eta.e_o + h / 2 - a' = 1,219 \times 320 + 300 - 60 = 630mm$$

Share-connect.blogspot.com

1- Tính cốt thép không đối xứng

Vòng thứ 1

Cốt thép chịu nén

$$A_s' = \frac{Ne - \alpha_R \gamma_b R_b b h_o^2}{R_{sc}\left(h_o - a'\right)}$$

$$= \frac{10^6 \times 630 - 0,449 \times 0,98\times,5 \times 350 \times 540^2}{280 \times \left(540 - 6\right)} = 2079mm^2$$

$A_s' > \mu_{\min} b h_o = 0,0005x35x540$ *(thỏa)*

Cốt thép chịu kéo

$$A_s = \frac{\xi_R \gamma_b R_b b h_o - N}{R_s} + A_s'$$

$$= \frac{0,681 \times 0,9 \times 8,5 \times 350 \times 540 - 10^6}{280} + 2079 = 2023mm^2$$

Kiểm tra:

$$\mu = \frac{A_s + A_s'}{b h_o} \times 100 = \frac{2023 + 2079}{350 \times 540} \times 100 = 2,2\% < 3\% \text{ (đạt)}$$

Độ sai số: $\Delta\mu = \left|\frac{2,2 - 2,0}{2,2}\right| = 0,078\%$

Tính vòng thứ 2

Giả thiết $\mu_2 = 2,102\%$. Trình tự tính toán giống như lần thứ 1, ở đây chỉ ghi lại kết quả:

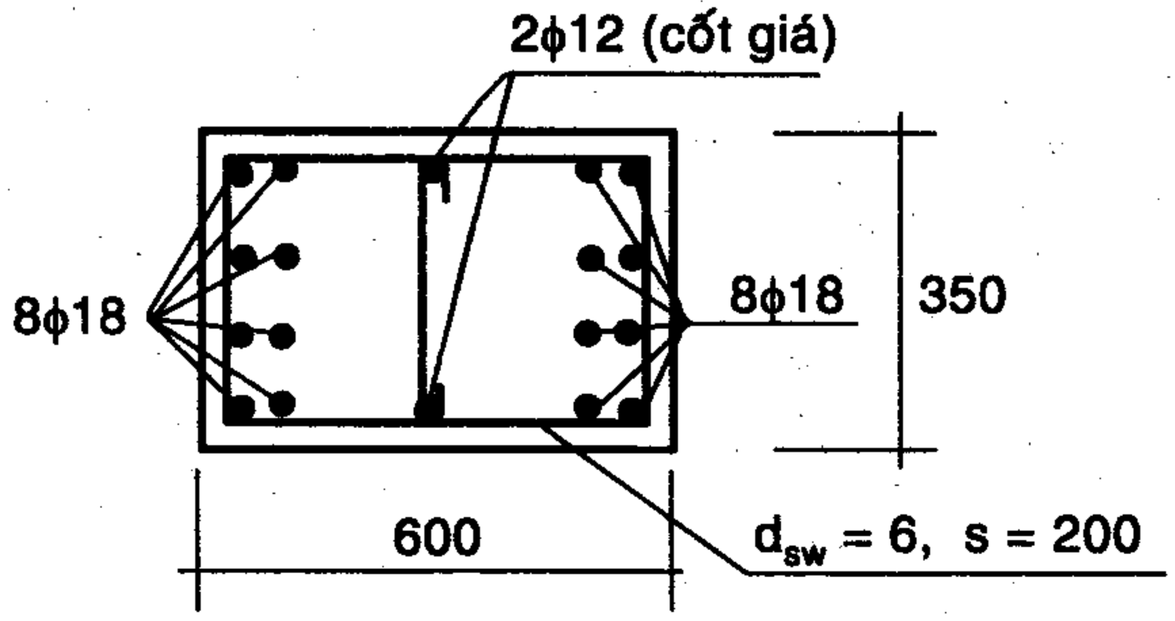
$A_s' = 2058mm^2$; $A_s = 2003mm^2$; $\mu = 2,1\%$

$$\Delta\mu = \left|\frac{2,102 - 2,1}{2,102} \times 100\right| = 5,13 \times 10^{-4} \text{ (đạt)}$$

Chọn và bố trí cốt thép:

chọn $A_s = A_s'$: $8d18(2036mm^2)$

Bố trí cốt thép làm 2 lớp, kiểm tra a và a' thỏa.



Bố trí cốt thép

Tính cốt đai: Giả thiết cột chịu tác dụng của lực cắt $Q = 100\text{kN}$, cốt thép làm cốt đai thuộc nhóm CI có $R_{sw} = 175MPa$.

$$\text{Từ} \quad d_{sw} \geq \max \begin{vmatrix} 6mm \\ \frac{d_{s.\max}}{4} \end{vmatrix}$$

$$\text{chọn } d_{sw} = 6mm,\ n = 2\ \ A_w = \frac{\pi d^2}{4} = 28,3mm^2$$

$$\varphi_n = 0,1\frac{N}{\gamma_b R_{bt} b h_o} = 0,1\frac{10^5}{0,9 \times 0,75 \times 350 \times (600 - 60)} = 0,0784$$

$\varphi_n < 0,5$ thỏa

Khoảng cách giữa các cốt đai theo tính toán là:

$$s_{tt} = 4\varphi_{b2}(1 + \varphi_n)\gamma_b R_{bt} b h_o^2 \frac{R_{sw} n A_w}{Q^2} = 558mm$$

$$\text{Từ} \quad s_w \leq \min \begin{vmatrix} 15d_{s.\min} = 270mm \\ 558mm \\ 2b_c = 700mm \end{vmatrix}$$

Chọn khoảng cách giữa các cốt đai theo cấu tạo: $s = 200mm$

Kiểm tra điều kiện: $\varphi_b = 1 - 0,01\gamma_b R_b = 0,923$

$$\varphi_{w1} = 1 + 5\frac{E_s}{E_b}\frac{nA_w}{bs} = 1,037$$

$$Q \leq 0,3\varphi_b \varphi_{w1} \gamma_b R_b b h_o^2 = 4,153 \times 10^5 N \quad \text{(đạt)}$$

2- Tính cốt thép đối xứng $A_s = A'_s$

Tính cho trường hợp cuối cùng, tức $\mu = 2,102\%$.

Chiều cao của miền bêtông chịu nén x:

$$x = \frac{N}{\gamma_b R_b b} = \frac{10^6}{0,9 \times 8,5 \times 350}$$

$$= 373,5mm > \xi_R h_o = 0,681 \times 540 = 367,7mm$$

Tính lại x: $\varepsilon_o = \frac{e_o}{h} = 0,533$

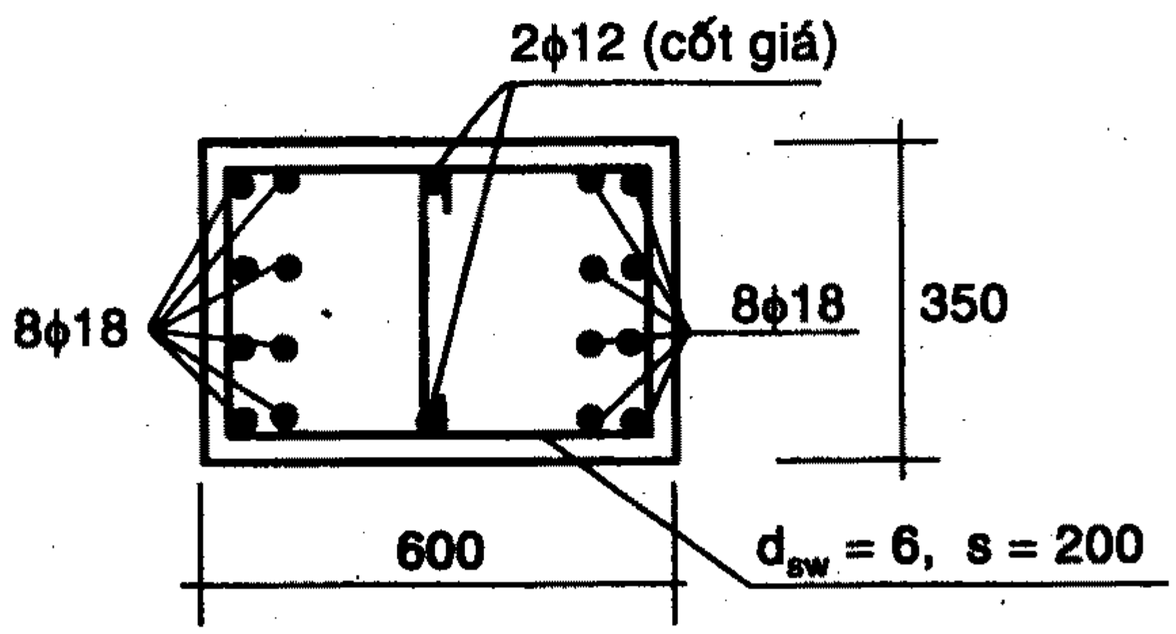
$$x_1 = \left(\xi_R + \frac{1-\xi_R}{1+50\varepsilon_o^2}\right) h_o = \left(0,681 + \frac{1-0,681}{1+50 \times 0.533^2}\right) 540 = 379mm$$

$$A'_s = \frac{Ne - \gamma_b R_b b x \left(h_o - 0,5x_1\right)}{R_{sc}\left(h_o - a'\right)}$$

$$= \frac{10^6 \times 628,13 - 0,9 \times 8,5 \times 379(540 - 0,5 \times 379)}{280\left(540 - 60\right)} = 2021mm^2$$

Chọn $A_s = A'_s$: $8\phi18(2036mm^2)$

Bố trí cốt thép làm 2 lớp, kiểm tra a và a' thỏa.



Bố trí cốt thép

3. Biết A'_s = 2513 mm^2, tính A_s

$$\alpha_m = \frac{Ne - R_{sc} A'_s \left(h_o - a'\right)}{\gamma_b R_b b h_o^2} = \frac{10^6 \times 627 - 280 \times 2513\left(540 - 60\right)}{0,9 \times 8,5 \times 350 \times 540^2} = 0,371 < \alpha_R$$

Tra bảng được: $\xi = 0,492$.

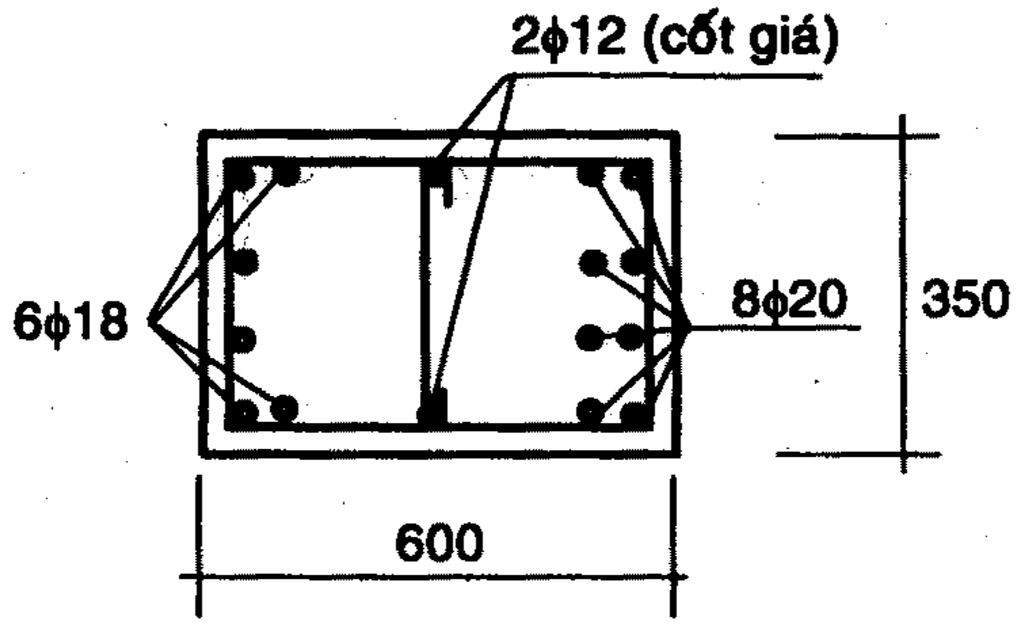
$$A_s = \frac{\xi \gamma_b R_b b h_o - N}{R_s} + A'_s$$

$$= \frac{0,492 \times 0,9 \times 8,5 \times 350 \times 540 - 10^6}{280} + 2513 = 1481 mm^2$$

Hàm lượng cốt thép: $\mu = \frac{A_s + A'_s}{b h_o} \times 100 = 2,1\% < 3\%$

Chọn A_s: $6\phi 18 (1527 mm^2)$; A'_s: $8\phi 20 (2516 mm^2)$

Bố trí cốt thép làm 2 lớp, kiểm tra α và α' thỏa.



Bố trí cốt thép

Bài tập 5.5 Một cột BTCT lắp ghép thuộc hệ kết cấu tĩnh định có tiết diện chữ nhật ($b = 350$; $h = 500\ mm$), chiều cao của cột $l = 9m$, cột có chiều dài tính toán là: $l_o = 9m$. Chịu tác dụng của $M = 221,8kNm$ ($M_{lt} = 1,25kNm$), $N = 930kN$ ($N_{lt} = 890kN$). Bêtông có độ bền chịu nén B15 ($R_b = 8,5MPa$), hệ số điều kiện làm việc $\lambda_b = 0,9$; $E_b = 23.10^3\ MPa$, cốt thép nhóm CII có cường độ tính toán $R_s = R_{sc} = 280MPa$; $E_s = 21.10^4\ MPa$. Tính cốt thép đối xứng.

Giải.

Giả thiết hàm lượng cốt thép: $\mu = 0,95\%$.

Độ lệch tâm của lực dọc: $e_{o1} = \frac{M}{N} = \frac{221,8}{930} = 238,5mm$

Độ lệch tâm ngẫu nhiên: $e_a = \frac{h}{30} = \frac{500}{30} = 16,667mm > \frac{H}{600} = 15mm$;

Chọn $e_a = 16,667mm$ để tính toán.

Độ lệch tâm tổng cộng: $e_o = e_{o1} + e_a = 255,16mm$

Giả thiết $a = a' = 35mm$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_l + N_l y}{M + Ny} = 1 + \frac{1,25 + 890 \times 0,25}{221,8 + 930 \times 0,25} = 1,49$$

$$I_s = \mu b h_o \left(\frac{h}{2} - a\right)^2 = 0,0095 \times 350 \times 465 \times \left(\frac{500}{2} - 35\right)^2 = 7,147x10^7 mm^4$$

$$I_b = bh^3 / 12 = 350 \times 500^3 / 12 = 3,646 \times 10^9 mm^4$$

Lực tới hạn qui ước:

$$N_{cr} = \frac{6,4E_b}{l_o^2}\left[\frac{I_b}{\varphi_1}\left(\frac{0,11}{0,1 + \frac{e_o}{h}} + 0,1\right) + \alpha I_s\right]$$

$$= \frac{6,4 \times 23 \times 10^3}{(9000)^2}\left[\frac{3,646 \times 10^9}{1,49}\left(\frac{0,11}{0,1 + \frac{320}{500}} + 0,1\right) + \frac{21 \times 10^4}{23 \times 10^3} \times 7,147 \times 10^7\right] = 2,432 \times 10^3 kN$$

Hệ số uốn dọc:

$$\eta_1 = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{930}{2432}} = 1,619$$

$$e = \eta.e_o + h/2 - a' = 1,619 \times 255,16 + 250 - 35 = 628,13mm$$

Chiều cao của miền bêtông chịu nén x:

$$x = \frac{N}{\gamma_b R_b b} = \frac{930 \times 10^3}{0,9 \times 8,5 \times 350}$$

$$= 347,34mm > \xi_R h_o = 0,681 \times 465 = 316,63mm$$

Tính lại x:

$$\varepsilon_o = \frac{e_o}{h} = 0,51$$

$$x_1 = \left(\xi_R + \frac{1-\xi_R}{1+50\varepsilon_o^2}\right)h_o = \left(0,681 + \frac{1-0,681}{1+50\times 0,51^2}\right)465 = 327,2mm$$

$$A_s' = \frac{Ne - \gamma_b R_b bx\left(h_o - 0,5x_1\right)}{R_{sc}\left(h_o - a'\right)}$$

$$= \frac{930\times 10^3 \times 628,13 - 0,9\times 8,5\times 316,6(465 - 0,5\times 327,2)}{280\left(465-35\right)} = 2661mm^2$$

Hàm lượng cốt thép:

$$\mu = \frac{A_s + A_s'}{bh_o}\times 100 = 3,3\% > 3\%$$

Nhận xét: Ta thấy hàm lượng cốt thép tính được lớn hơn hàm lượng cốt thép cho phép, đồng thời hàm lượng cốt thép tính được lớn hơn hàm lượng cốt thép giả thiết khá lớn, do đó cần tăng tiết diện cấu kiện và tính lại (phần này S.V tự làm).

Bài tập 5.6 Một cột BTCT đổ toàn khối của nhà một tầng một nhịp, có sơ đồ tính siêu tỉnh: một đầu ngàm một đầu khớp, tiết diện chữ nhật (b = 300; h = 400 mm), chiều cao của cột $l = 4,2m$, chiều dài tính toán là: $l_o = 1,5\times l = 6,3m$. Chịu tác dụng của $M = 100kNm$ ($M_l = 20kNm$), $N = 500kN$ ($N_l = 400kN$). Bêtông có độ bền chịu nén B20 ($R_b = 11,5MPa$), hệ số điều kiện làm việc $\lambda_b = 0,85$, $E_b = 27.10^3 MPa$, cốt thép nhóm CII có cường độ tính toán $R_s = R_{sc} = 280MPa$). $E_s = 20.10^4 MPa$.

Tính và bố trí cốt thép.

Giải.

Giả thiết hàm lượng cốt thép: $\mu = 0,014$.

Độ lệch tâm của lực dọc: $e_{01} = \frac{M}{N} = \frac{100}{500} = 200mm$

Độ lệch tâm ngẫu nhiên: $e_a = \max\left|\begin{matrix}\frac{h}{30} = 13,33mm \\ \frac{l}{600} = 7\end{matrix}\right.$

chọn $e_a = 13,33mm$

Kết cấu thuộc hệ siêu tĩnh:

Độ lệch tâm tính toán: $e_0 = \max\begin{vmatrix} e_{01} \\ e_a \end{vmatrix}$ chọn $e_o = 200mm$

Giả thiết $a = a' = 40mm$

$$\lambda = \frac{l_o}{h} = 15,75 > 8$$

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_l + N_l y}{M + Ny} = 1 + \frac{20 + 400 \times 0,2}{100 + 500 \times 0,2} = 1,5$$

Giả thiết hàm lượng cốt thép: $\mu_g = 0,014$.

$$I_s = \mu_g b h_o \left(0,5h - a\right)^2$$
$$= 0,014 \times 300 \times 360 \times (200 - 40)^2 = 3,871 \times 10^7 mm^4$$

$$I_b = \frac{bh^3}{12} = 1,6 \times 10^9 mm^4$$

Lực tới hạn qui ước:

$$N_{cr} = \frac{6,4E_b}{l_o^2}\left[\frac{I_b}{\phi_l}\left(\frac{0,11}{0,1 + \frac{e_o}{h}} + 0,1\right) + \frac{E_s}{E_b} I_s\right] = 2627kN$$

Hệ số uốn dọc:

$$\eta_1 = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{500}{2627}} = 1,235$$

$$e = \eta_1 e_o + 0,5h - a' = 1,235 \times 200 + 200 - 40 = 407,025mm$$

1- Tính cốt thép không đối xứng

Cốt thép chịu nén

$$A_s' = \frac{Ne - \alpha_R \gamma_b R_b b h_o^2}{R_{sc}(h_o - a')}$$
$$= \frac{500 \times 10^6 \times 407,025 - 0,443 \times 0,85 \times 11,5 \times 300 \times 360^2}{280(360 - 40)} = 393,807mm^2$$

$$A'_s > \mu_{\min} bh_o = 0,0005 \times 300 \times 360 \quad (thỏa)$$

Cốt thép chịu kéo

$$A_s = \frac{\alpha_R \gamma_b R_b bh_o}{R_{sc}} + A'_{sc}$$

$$= \frac{0,443 \times 0,85 \times 11,5 \times 300 \times 360}{280} + 393,807 = 1101 mm^2$$

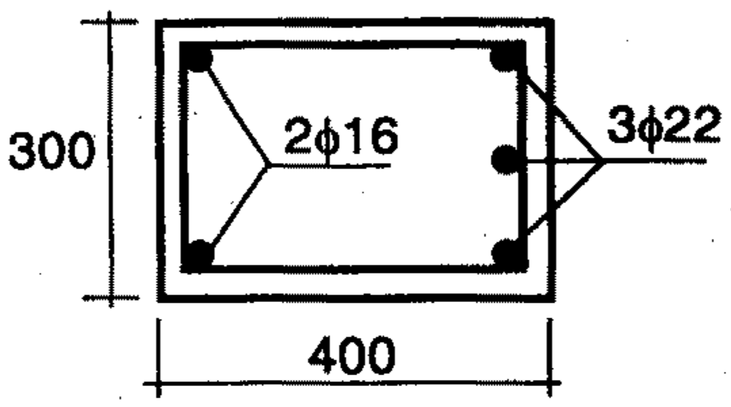
Kiểm tra:

$$\mu = \frac{A_s + A'_s}{bh_o} = \frac{393,807 + 1101}{300 \times 360} = 0,014 = \mu_g \quad (\text{đạt})$$

Chọn và bố trí cốt thép

Chọn: $A'_s = 2\phi 16(402,2mm^2)$

$A_s = 3\phi 22(1140,3mm^2)$



3. Biết cốt thép chịu nén 2d18 $A'_s = 509\ mm^2$, tính A_s

$$\alpha_m = \frac{Ne - R_{sc} A'_s (h_o - a')}{\gamma_b R_b bh_o^2}$$

$$= \frac{500 \times 10^3 \times 407,025 - 280 \times 509(360 - 40)}{0,85 \times 11,5 \times 300 \times 360^2} = 0,415 < \alpha_R = 0,443$$

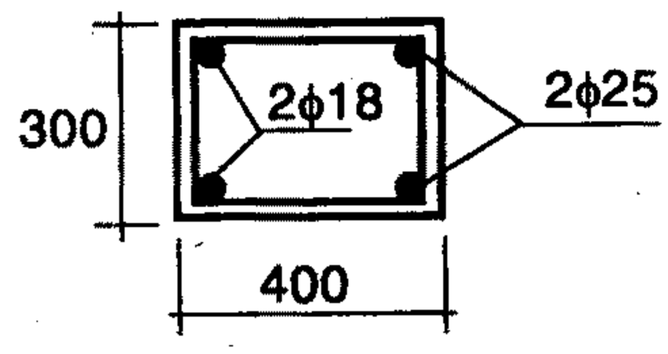
Tra bảng được: $\xi = 0,589$.

$$A_s = \frac{\alpha_m \gamma_b R_b bh_o}{R_{sc}} + A'_{sc}$$

$$= \frac{0,415 \times 0,85 \times 11,5 \times 300 \times 360}{280} + 509 = 943,534 mm^2$$

Hàm lượng cốt thép:

$$\mu = \frac{A_s + A'_s}{bh_o} = \frac{509 + 960,8}{300 \times 360} = 0,014 = \mu_g$$



Chọn A_s: $2d25(981,8mm^2)$; A'_s: $2d18(509mm^2)$

2- Tính cốt thép đối xứng $A_s = A'_s$

Chiều cao của miền bêtông chịu nén x:

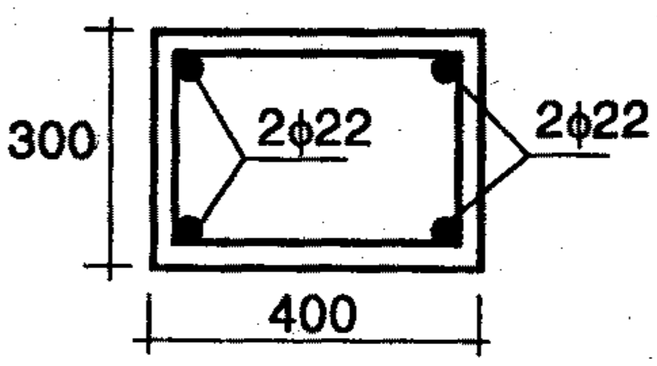
$$x = \frac{N}{\gamma_b R_b b h_o} = \frac{500 \times 10^3}{0,85 \times 11,5 \times 300 \times 360} = 170,5mm < \xi_R h_o = 238mm$$

$$A_s = A'_s = \frac{N(e - h_o + 0,5x)}{R_{sc}(h_o - a')}$$

$$= \frac{500 \times 10^3 (407,025 - 360 + 0,5 \times 170,5)}{280(360 - 40)} = 738,151mm^2$$

Hàm lượng cốt thép:

$$\mu = \frac{A_s + A'_s}{b h_o} = \frac{2 \times 738,151}{300 \times 360} = 0,014 = \mu_g$$



Chọn $A_s : 2d22(760mm^2)$; $A'_s : 2d22(760mm^2)$

Tính cốt đai:

Giả thiết cột chịu tác dụng của lực cắt $Q = 100kN$, cốt thép làm cốt đai thuộc nhóm CI có $R_{sw} = 175MPa$.

$$\text{Từ } d_{sw} \geq \max \begin{vmatrix} 6mm \\ \frac{d_{s.\max}}{4} \end{vmatrix}$$

chọn $d_{sw} = 6mm$, $n = 2$; $A_w = \frac{\pi d^2}{4} = 28,3mm^2$

$$\varphi_n = 0,1\frac{N}{\gamma_b R_b b h_o} = 0,1\frac{500000}{0,85 \times 0,9 \times 300 \times (400 - 40)} = 0,605 > 0,5$$

Chọn $\varphi_n = 0,5$ để tính

Khoảng cách giữa các cốt đai theo tính toán là:

$$s_1 = 4\varphi_{b2}(1 + \varphi_n)\gamma_b R_b b h_o^2 \frac{R_{sw} n A_w}{Q^2} = 353mm$$

Khoảng cách giữa các cốt đai theo cấu tạo:

$$s_{ct} = 15d_{s.\min} = 15 \times 16 = 240mm$$

$$s_w \le \begin{cases} s_{ct} = 240 \\ s_1 = 353 \\ 2b_c = 600mm \end{cases}$$

Chọn khoảng cách giữa các cốt đai: $s_w = 200mm$

$$\varphi_b = 1 - 0,01\gamma_b R_b = 0,902$$

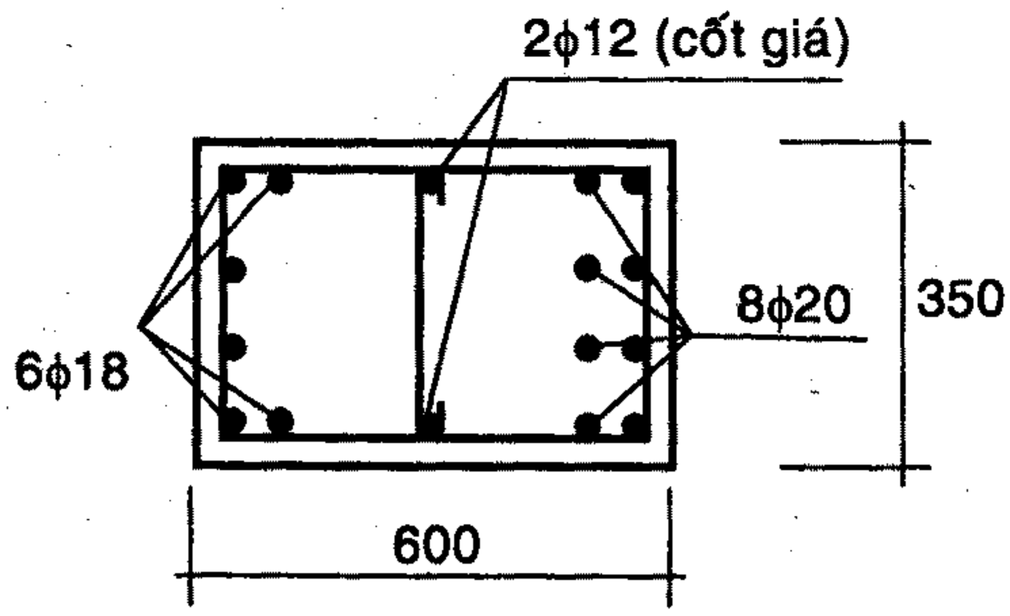
$$\varphi_{w1} = 1 + 5\frac{E_s}{E_b}\frac{nA_w}{bs} = 1,035 < 1,3$$

Kiểm tra điều kiện:

$$Q \le 0,3\varphi_b\varphi_{w1}\gamma_b R_b b h_o^2 = 295,7kN \text{ thỏa}$$

Bài tập 5.7 Một cột BTCT lắp ghép thuộc kết cấu tĩnh định, có tiết diện chữ nhật (b = 350; h = 600mm), chiều cao của cột $l = 10m$, cho biết chiều dài tính toán là: l_o = 9m. Chịu tác dụng của M = 300kNm (M_{lt} = 180kNm), N = 1000kN (N_{lt} = 600kN). Bêtông có độ bền chịu nén B15 (R_b = 8,5MPa), hệ số điều kiện làm việc $\lambda_b = 0,9$, $E_b = 23.10^3$ MPa, cốt thép nhóm CII có cường độ tính toán R_s =R_{sc} = 280MPa). $E_s = 21.10^4\,MPa$. Kết quả tính cốt thép và bố trí cốt thép xem hình sau:

A_s : 6ϕ18(1527mm^2); A_s' : 8ϕ20(2516mm^2)



Bố trí cốt thép

Cho biết: $a = 40mm$, $a' = 57,5mm$

Hãy kiểm tra khả năng chịu lực của cột.

Giải

Share-connect.blogspot.com

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_l + N_l y}{M + Ny} = 1,6$$

$$I_s = A_s (0,5h - a)^2 + A'_s (0,5h - a')^2$$
$$= 1527(300 - 40)^2 + 2516(300 - 57,5)^2 = 2,512.10^8 mm^4$$

$$I_b = \frac{bh^3}{12} = 6,9.10^9 mm^4$$

Lực tới hạn qui ước:

$$N_{cr} = \frac{6,4E_b}{l_o^2}\left[\frac{\left(\frac{0,11}{0,1+\delta_e} + 0,1\right)I_b}{\varphi_l} + \alpha I_s\right] = 6,548.10^3 kN$$

Hệ số uốn dọc:

$$\eta_1 = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{1000}{6548}} = 1,18$$

Tính x

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{\gamma_b R_b b}$$
$$= \frac{10^6 + 280 \times 1527 - 280 \times 2516}{0,9 \times 8,5 \times 350} = 270,058 < \xi_R h_o = 381,316$$

(nén lệch tâm lớn)

$$e = \eta_1 e_o + 0,5h - a' = 1,18 \times 300 + 300 - 40 = 614,076mm$$

Khả năng chịu lực của cột

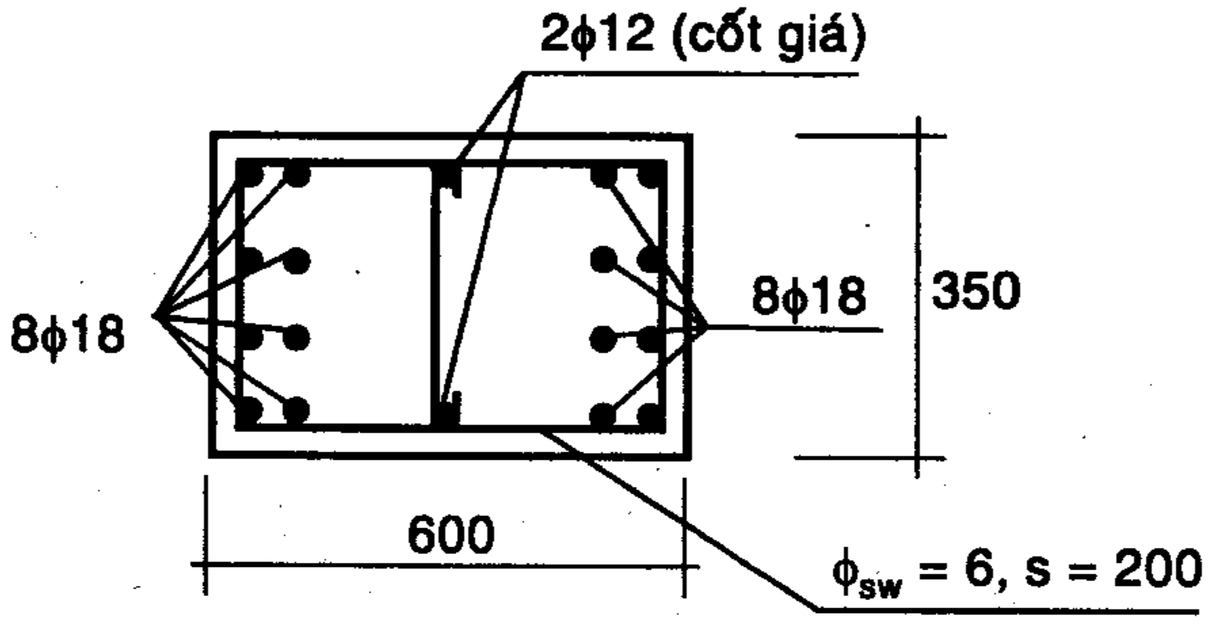
$$[N] = \frac{\gamma_b R_b bx(h_o - 0,5x) + R_{sc} A'_s (h_o - a')}{e}$$

$$[N] = \frac{0,9 \times 8,5 \times 350 \times 270,058(560 - 0,5 \times 270,058) + 280 \times 2516(560 - 57,5)}{614,076} = 1077kN$$

$[N] > N = 1000kN$

Cột đủ khả năng chịu lực

Bài tập 5.8 Một cột BTCT lắp ghép thuộc kết cấu tĩnh định, có tiết diện chữ nhật (b = 350; h = 600mm), chiều cao của cột $l = 10m$, cho biết chiều dài tính toán là: l_o = 9m. Chịu tác dụng của M = 300kNm (M_{lt} = 180kNm), N = 1000kN (N_{lt} = 600kN). Bêtông có độ bền chịu nén B15 (R_b = 8,5MPa), hệ số điều kiện làm việc $\lambda_b = 0,9$, $E_b = 23.10^3$ MPa, cốt thép nhóm CII có cường độ tính toán R_s =R_{sc} = 280MPa). $E_s = 21.10^4\,MPa$. Kết quả tính cốt thép và bố trí cốt thép xem hình sau:



Bố trí cốt thép

A_s : 8ϕ18(2036mm^2); A'_s : 8ϕ18(2036mm^2)

Cho biết: $a = a' = 55,5mm$

Hãy kiểm tra khả năng chịu lực của cột.

Giải.

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_l + N_l y}{M + Ny} = 1,6$$

$$I_s = (A_s + A'_s)(0,5h - a)^2 = 2,414.10^8 mm^4$$

$$I_b = \frac{bh^3}{12} = 6,3.10^9 mm^4$$

Lực tới hạn qui ước:

$$N_{cr} = \frac{6,4E_b}{l_o^2}\left[\frac{\left(\frac{0,11}{0,1+\delta_e} + 0,1\right)I_b}{\varphi_l} + \alpha I_s\right] = 6,386.10^3 kN$$

Hệ số uốn dọc:

$$\eta_1 = \frac{1}{1-\frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1-\frac{1000}{6386}} = 1,186$$

Tính x

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{\gamma_b R_b b} = \frac{10^6 + 280(0)}{0,9 \times 8,5 \times 350} = 373,483 > \xi_R h_o = 370,762$$

(nén lệch tâm bé)

Tính lại x:

$$\varepsilon_o = \frac{e_o}{h} = 0,551$$

$$x_1 = (\xi_R + \frac{1-\xi_R}{1+50\varepsilon_o^2})h_o = 381,501mm$$

$$e = \eta_1 e_o + 0,5h - a' = 1,186 \times 300 + 300 - 55,5 = 600,198mm$$

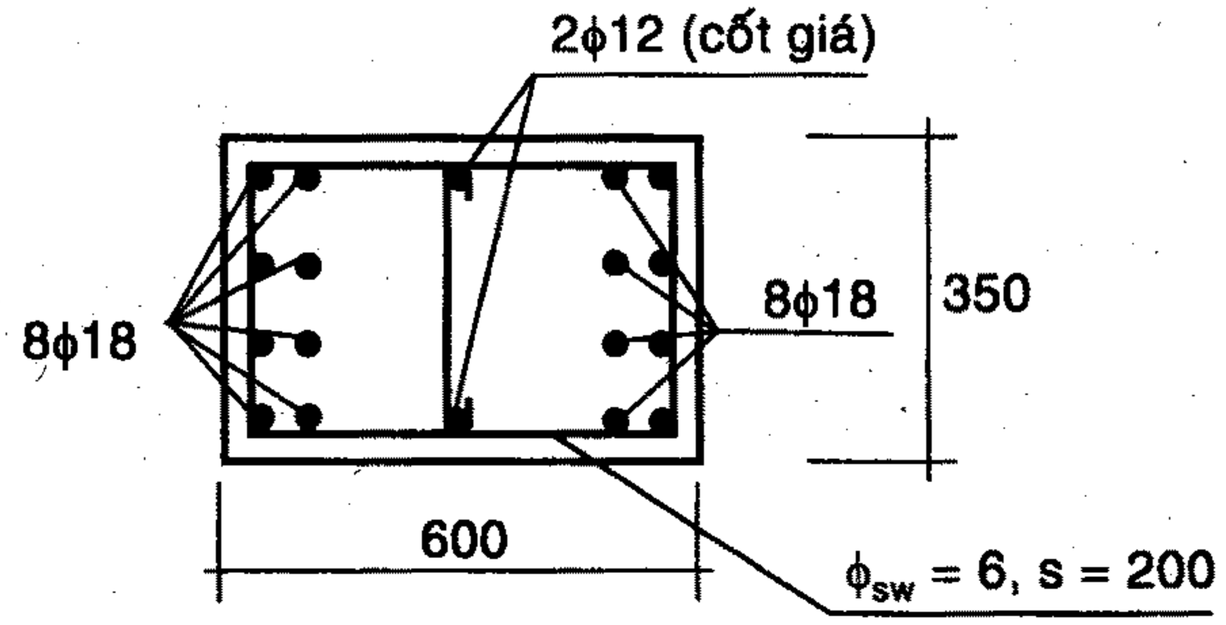
Khả năng chịu lực của cột

$$[N] = \frac{\gamma_b R_b b x_1 (h_o - 0,5x_1) + R_{sc} A'_s (h_o - a')}{e}$$

$$[N] = \frac{0,9 \times 8,5 \times 350 \times 381,501(560 - 0,5 \times 381,501) + 280 \times 2036(560 - 55,5)}{600,198} = 1067kN$$

$[N] > N = 1000kN$ Cột đủ khả năng chịu lực

Bài tập 5.9 Một cột BTCT lắp ghép thuộc kết cấu tĩnh định, có tiết diện chữ nhật (b = 350; h = 600 mm), chiều cao của cột $l = 10m$, cho biết chiều dài tính toán là: l_o = 9m. Chịu tác dụng N = 1000kN, độ lệch tâm của lực dọc $e_o = 300mm$. Bêtông có độ bền chịu nén B15 (R_b = 8,5MPa), hệ số điều kiện làm việc $\lambda_b = 0,9$, $E_b = 23.10^3$ MPa, cốt thép nhóm CII có cường độ tính toán $R_s = R_{sc} = 280MPa$). $E_s = 21.10^4\,MPa$, bố trí cốt thấp xem hình sau:



Bố trí cốt thép

$A_s : 8\phi 18(2036mm^2)$; $A'_s : 8\phi 18(2036mm^2)$

Cho biết : $a = a' = 57,5mm$, $\varphi_l = 1,6$, $e_o = 300mm$,

Hãy tính giá trị mô men lớn nhất mà cột chịu được.

Giải.

Tính x

$$x = \frac{N + R_s A_s - R_{sc} A'_s}{\gamma_b R_b b} = \frac{10^6 + 280(0)}{0,9 \times 8,5 \times 350} = 373,483 > \xi_R h_o = 369,4$$

Lệch tâm bé

Tính lại x:

$$x_1 = \frac{(N - R_{sc} A'_s)(h - \xi_R h_o) + R_s A_s (h - \xi_R h_o)}{\gamma_b R_b b(h - \xi_R h_o) + 2R_s A_s} = 131,202mm$$

$x_1 < \xi_R h_o$

Tính $M = R_s A_s (h_o - a') = 280 \times 2036(542,5 - 57,5) = 276,5kNm$

$$I_s = (A_s + A'_s)(0,5h - a)^2 = 2,395.10^8 mm^4$$

$$I_b = \frac{bh^3}{12} = 6,3.10^9 mm^4$$

Lực tới hạn qui ước:

$$N_{cr} = \frac{6,4E_b}{l_o^2}\left[\frac{\left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1\right)I_b}{\varphi_l} + \alpha I_s\right] = 6,353x10^3 kN$$

Hệ số uốn dọc:

$$\eta_1 = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{1000}{6353}} = 1,187$$

Tính x

$$e_o = \frac{M - N(0,5h - a)}{\eta N} = \frac{276,5 - 1000(300 - 57,5)}{1,187 \times 1000} = 281,156mm$$

Độ lệch tâm ngẫu nhiên: $e_a = \frac{h}{30} = \frac{600}{30} = 20mm < \frac{l}{600}$;

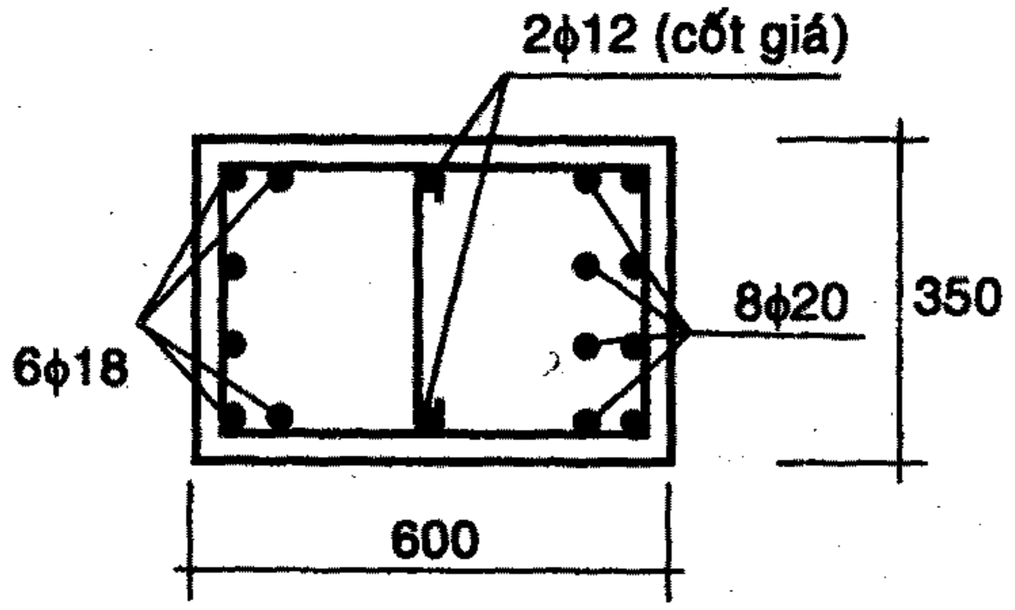
Chọn $e_a = 20mm$

$$e = e_o + e_a = 281,16 + 20 = 320mm$$

Mômen lớn nhất:

$$[M] = Ne = 1000 \times 0,320 = 320kNm$$

Bài tập 5.10 Một cột BTCT lắp ghép thuộc kết cấu tĩnh định, có tiết diện chữ nhật ($b = 350$; $h = 600\ mm$), chiều cao của cột $l = 10m$, cho biết chiều dài tính toán là: $l_o = 9m$. Chịu tác dụng $N = 1000kN$, độ lệch tâm của lực dọc $e_o = 300mm$. Bêtông có độ bền chịu nén B15 (R_b = 8,5MPa), hệ số điều kiện làm việc $\lambda_b = 0,9$, $E_b = 23.10^3$ MPa, cốt thép nhóm CII có cường độ tính toán $R_s = R_{sc} = 280MPa$). $E_s = 21.10^4\ MPa$, bố trí cốt thấp xem hình sau:



Bố trí cốt thép

A_s: 6ϕ18($1527mm^2$); A'_s: 8ϕ20($2516mm^2$)

Cho biết : $a = 40mm$, $a' = 57,5mm$, $\varphi_l = 1,6$, $e_o = 300mm$

Hãy tính lực dọc lớn nhất mà cột chịu được.

Giải.

Giả thiết $\mu_g = 1,18$

$$e = \eta_g e_o + 0,5h - a' = 1,18 \times 300 + 300 - 40 = 614mm$$

$$e' = e - (h_o - a') = 614 - (560 - 57,5) = 111,5mm$$

Tính x

$$x = (h_o - e) + \sqrt{(h_o - e)^2 + \frac{2(R_s A_s e - R_{sc} A'_s e')}{\gamma_b R_b b}} = 320,616mm$$

$$x < \xi_R h_o = 381,316$$

Tính

$$[N] = \gamma_b R_b b x + R_{sc} A'_s - R_s A$$
$$= 0,9 \times 8,5 \times 350 \times 320,616 + 280(2516 - 1527) = 1135kN$$

$$I_s = A_s (0,5h - a)^2 + A'_s (0,5h - a')^2$$
$$= 1527(300 - 40)^2 + 2516(300 - 57,5)^2 = 2,512.10^8 mm^4$$

$$I_b = \frac{bh^3}{12} = 6,9.10^9 mm^4$$

Lực tới hạn qui ước:

$$N_{cr} = \frac{6,4E_b}{l_o^2}\left[\frac{\left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1\right) I_b}{\varphi_l} + \alpha I_s\right] = 6,548.10^3 kN$$

Hệ số uốn dọc:

$$\eta_1 = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{1000}{6548}} = 1,21 > \quad \mu_g = 1,18$$

Độ sai số quá lớn

Tính lại

Giả thiết $\mu_g = 1,205$

$$e = \eta_g e_o + 0,5h - a = 1,205x300 + 300 - 40 = 621,5mm$$

$$e' = e - (h_o - a') = 621,5 - (560 - 57,5) = 119mm$$

Tính x

$$x = (h_o - e) + \sqrt{(h_o - e)^2 + \frac{2(R_s A_s e - R_{sc} A'_s e')}{\gamma_b R_b b}} = 312,2mm$$

$$x < \xi_R h_o = 381,316$$

Tính

$$[N] = \gamma_b R_b bx + R_{sc} A'_s - R_s A$$
$$= 0,9 \times 8,5 \times 350 \times 312,2 + 280(2516 - 1527) = 1113kN$$

$$I_s = A_s (0,5h - a)^2 + A'_s (0,5h - a')^2$$
$$= 1527(300 - 40)^2 + 2516(300 - 57,5)^2 = 2,512.10^8 mm^4$$

$$I_b = \frac{bh^3}{12} = 6,9.10^9 mm^4$$

Lực tới hạn qui ước:

$$N_{cr} = \frac{6,4E_b}{l_o^2}\left[\frac{\left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1\right)I_b}{\varphi_l} + \alpha I_s\right] = 6,548.10^3 kN$$

Hệ số uốn dọc:

$$\eta_1 = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{1000}{6548}} = 1,205$$

$$\eta_1 = \eta_g$$

Lực dọc lớn nhất mà cột chịu được là:

$$[N] = 1113kN$$

5.6 BIỂU ĐỒ TƯƠNG TÁC

5.6.1 Khái niệm về biểu đồ tương tác

Tương tác ở đây có nghĩa là tương tác giữa khả năng chịu mômen uốn M và khả năng chịu lực nén N

Với một tiết diện đã biết cốt thép có thể thành lập được một biểu đồ tương tác, nó thể hiện toàn bộ khả năng chịu lực của nó ứng với mọi giá trị N và M.

Ứng với mỗi giá trị N sẽ tìm được một giá trị M tương ứng, ứng với mỗi giá trị e_o tìm được một giá trị N hoặc ứng với mỗi giá trị M tìm được môt hoặc hai giá trị N. Lập biểu đồ với hai trục là M và N . Mỗi cặp giá trị (M,N) cho một điểm .Tập hợp tất cả các điểm có được biểu đồ tương tác.

5.6.2 Phương pháp vẽ biểu đồ tương tác

Có nhiều phương pháp để vẽ biểu đồ tương tác, tuy nhiên phương pháp nào cũng phải thông qua biến số trung gian là x .

Đối với cấu kiện chịu nén lệch tâm, tiết diện chữ nhật (bxh) : Trình tự vẽ biểu đồ tương tác như sau:

1- Dựa vào chiều mômen để xác định cốt thép chịu kéo A_s, chịu nén A'_s.

2- Cho $N = 0$, cấu kiện trở thành cấu kiện chịu uốn, tính chiều cao miền bêtông chịu nén x theo:

$$x_1 = \frac{R_s A_s - R_{sc} A'_s}{b\gamma_b R_b} \quad (5.70)$$

Tính M theo:

$$M = \gamma_b R_b b x (h_o - a') + R_{sc} A'_s - R_s A'_s \quad (5.71)$$

3- Cho $M = 0$, cấu kiện trở thành cấu kiện chịu nén đúng tâm, tính N:

$$N = \varphi[\gamma_b R_b A_b + R_s A_s + R_{sc} A'_s] \quad (5.72$$

trong đó: $A_b = bxh - (A_s + A'_s)$ (5.73

φ - hệ số uốn dọc của cấu kiện chịu nén đúng tâm

$$\varphi = 1,028 - 0,0000288\lambda^2 - 0,0016\lambda \quad (5.74$$

$$\lambda = \frac{l_o}{b} \quad (5.75$$

4- Lấy giá trị x trong khoảng $2a' \le x \le \xi_R h_o$ thì :

Tính N theo: $N = \gamma_b R_b bx + R_{sc} A'_s - R_s A_s$ (5.76

M theo: $M = \gamma_b R_b bx(h_o - 0,5x) + R_{sc} A'_s(h_o - a')$ (5.77

Trong thực hành, trục mômen người ta không đặt giá trị M mà đặt giá trị M* (nhằm xét đến độ lệch tâm ngẫu nhiên và hệ số uốn dọc η; do đó $M^* = N\eta e_o$ (5.78)

do đó:

$$M^* = M - N(0,5h_o - a) \quad (5.79)$$

5- Lấy giá trị x trong khoảng $\xi_R h_o \le x \le h$ thì:

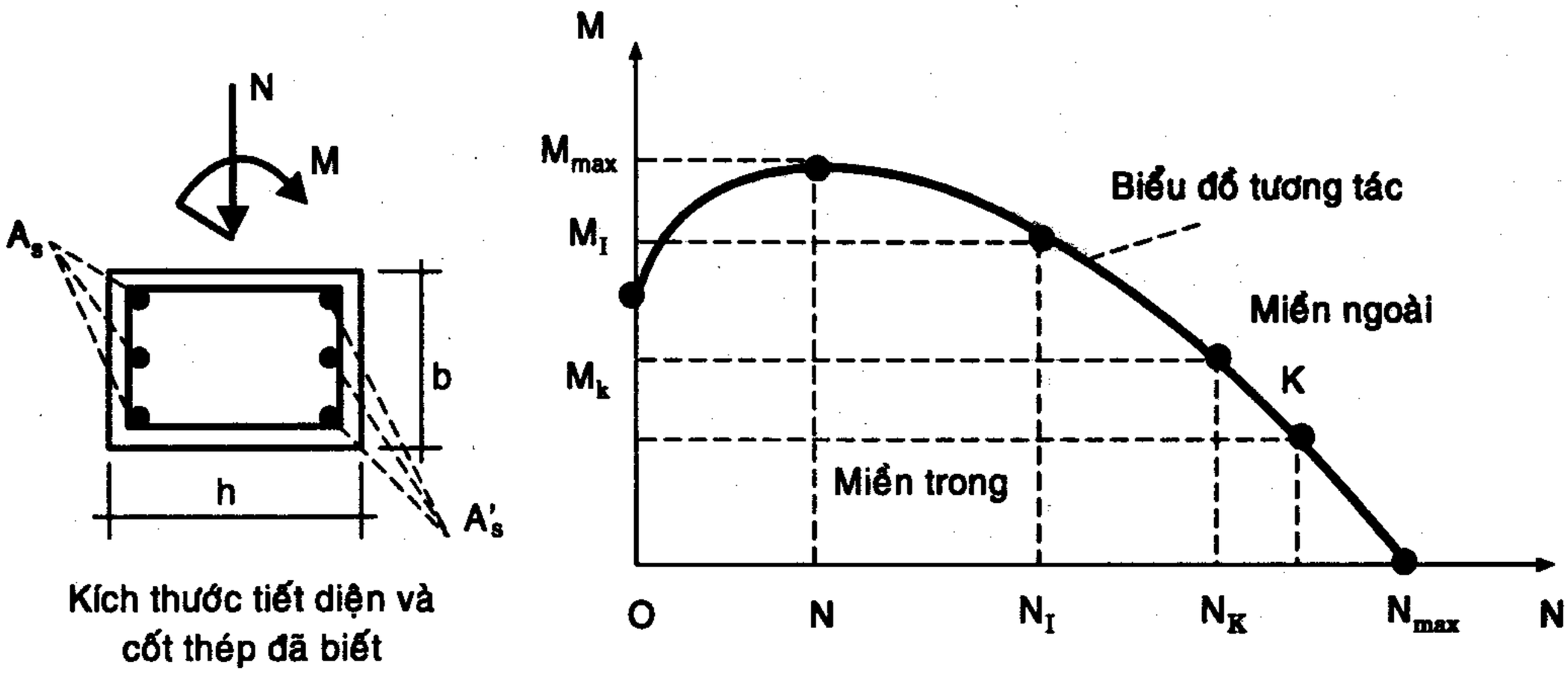
Tính $\sigma_s = \left[1 - \frac{2(x - \xi_R h_o)}{h - \xi_R h_o}\right] R_s$ (5.80)

Tính N theo: $N = \gamma_b R_b bx + R_{sc} A'_s - \sigma_s A_s$ (5.81)

M theo: $M = \gamma_b R_b bx(h_o - 0,5x) + R_{sc} A'_s(h_o - a')$ (5.82)

$$M^* = M - N(0,5h_o - a) \quad (5.83)$$

6- Ứng với mỗi cặp (N, M*) sẽ tìm được một điểm, tập hợp tất cả các điểm đó sẽ được biểu đồ tương tác.



***Hình 5.8** Biểu đồ tương tác*

Dùng biểu đồ tương tác: biểu đồ tương tác của một tiết diện cụ thể được dùng để kiểm tra khả năng chịu lực.

Để kiểm tra khả năng chịu cặp nội lực M, N: trước hết tính e_o, η và tính $M^* = N\eta e_o$. Với cặp (M^*, N) tìm được một điểm I. Khi điểm I nằm ở miền trong của biểu đồ tương tác thì tiết diện đủ khả năng chịu lực.

5.6.2 Biểu đồ tương tác không thứ nguyên

Biểu đồ tương tác của tiết diện và cốt thép đã biết chỉ thích hợp cho tiết diện đó, do đó việc vận dụng vào thực tế bị hạn chế. Biểu đồ tương tác không thứ nguyên sẽ được vận dụng rộng rãi hơn.

Xét tiết diện chữ nhật đặt cốt thép đối xứng $A_s = A'_s$ và thỏa điều kiện $R_s = R_{sc}$

$$\text{Đặt : } n = \frac{N}{\gamma_b R_b b h_o}; \quad m = \frac{M^*}{\gamma_b R_b b h_o^2} = \frac{N\eta e_o}{\gamma_b R_b b h_o^2} \tag{5.84}$$

$$\delta = \frac{a}{h_o} = \frac{a'}{h_o}; \quad \xi = \frac{x}{h_o}; \quad \alpha = \frac{R_s A_s}{\gamma_b R_b b h_o} = \frac{R_{sc} A'_s}{\gamma_b R_b b h_o} \tag{5.85}$$

Share-connect.blogspot.com

Từ phương trình $N = \gamma_b R_b b h_o + R_{sc} A'_s - \sigma_s A_s$ (5.86) biến đổi thành

$$n = \xi + \alpha(1 - \varphi_s) \tag{5.87}$$

trong đó: $\varphi_s = \dfrac{\sigma_s}{R_s}$ (5.88)

Khi $\xi \le \xi_R$ thì $\varphi_s = 1$ và $n = \xi$

Khi $\xi > \xi_R$ thì $\varphi_s = 1 - \dfrac{2(\xi - \xi_R)}{1 + \sigma_s - \xi_R}$ (5.89)

Và biến đổi công thức $M^* = N\eta e_o = M - N(0,5h - a)$ (5.90) thành:

$$m = \xi(1 - 0,5\xi) + (1 - \delta)(\alpha - 0,5n) \tag{5.91}$$

Để lập biểu đồ, cho δ, ξ_R, và α một giá trị chọn sẵn, cho ξ thay đổi:

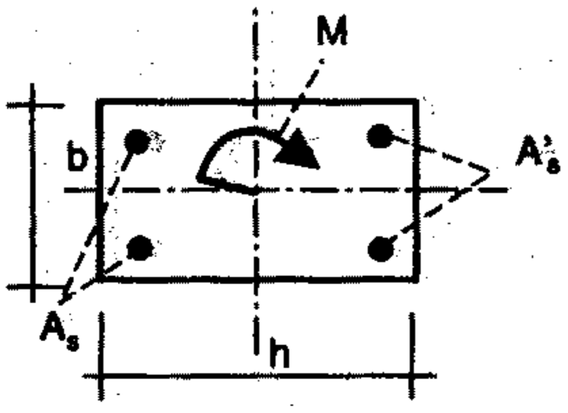
(Lấy ξ thay đổi từ 0 đến ξ_R; rồi từ ξ_R đến h) sẽ tìm được giá trị n và m.

Mỗi cặp giá trị n, m cho một điểm trên biểu đồ.

Với δ và ξ_R chọn sẵn, lại cho α thay đổi $(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, ...)$. Ứng với mỗi giá trị α_i ta có một biểu đồ, tập hợp nhiều biểu đồ ứng với các $(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, ...)$ sẽ có một họ biểu đồ.

***Sơ đồ 5.6** Cách vẽ biểu đồ tương tác*

Số liệu: Cho biết: (b,h), A_s, A'_s, γ_b, R_b, R_s, R_{sc}, a,a': vẽ biểu đồ lượng giác



Theo chiều M biết A_s, A'_s

$x = \dfrac{R_s A_s - R_{sc} A'_s}{\gamma_b R_b b}$

CHO X BIẾN THIÊN

$\xi_R h_o \le x \le h$

$\sigma_s = \left[1 - \dfrac{2(x - \xi_R h_o)}{h - \xi_R h_o}\right] R_s$

$N = \gamma_b R_b bx + R_{sc} A'_s - \sigma_s A_s \le N_o$

$M = \gamma_b R_b bx(h_o - 0{,}5x) + R_{sc} A'_s (h_o - a')$

$M^* = N\eta e_o = M - N(0{,}5h - a)$

$2a' \le x \le \xi_R h_o$

$2a' \le x \le h$

$N = \gamma_b R_b bx + R_{sc} A'_s - R_s A_s$

$M = \gamma_b R_b bx(h_o - 0{,}5x) + R_{sc} A'_s (h_o - a')$

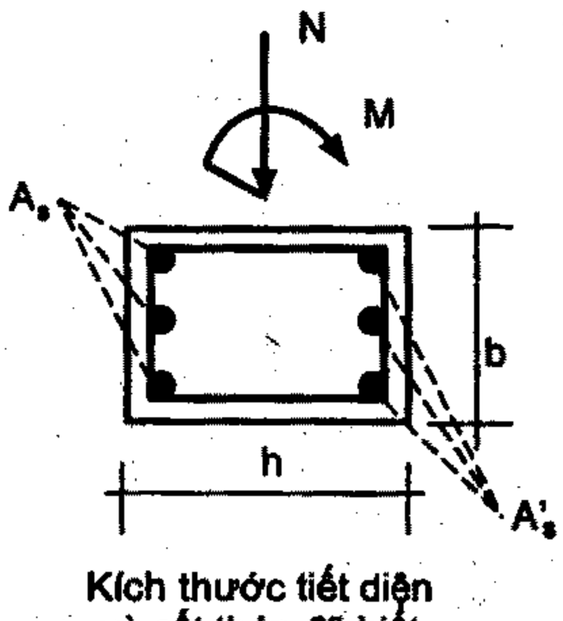
$M^* = N\eta e_o = M - N(0{,}5h - a)$

X = 0

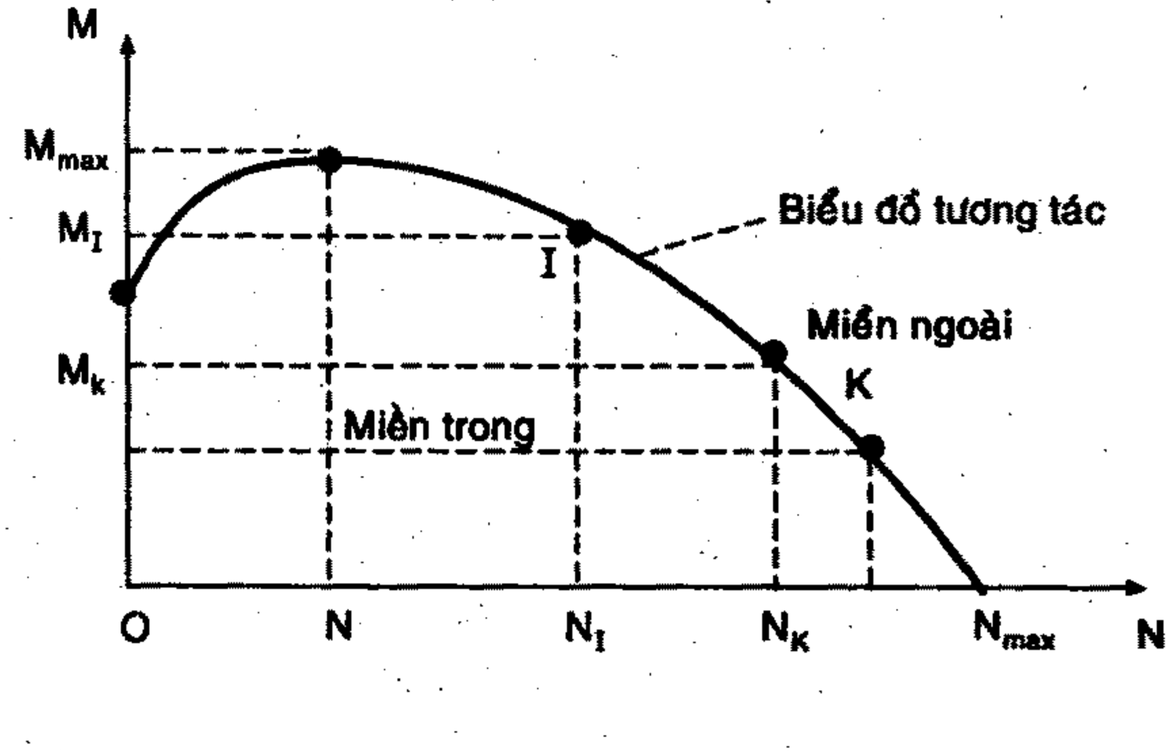
$N_o = \varphi(\gamma_b R_b bh + R_{sc} A'_s)$

$M_o = R_s A_s (h_o - a')$

ỨNG VỚI CẶP (N, M*) TÌM ĐƯỢC 1 ĐIỂM I, ĐƯỜNG NỐI TẤT CẢ CÁC ĐIỂM I, được biểu đồ tương tác

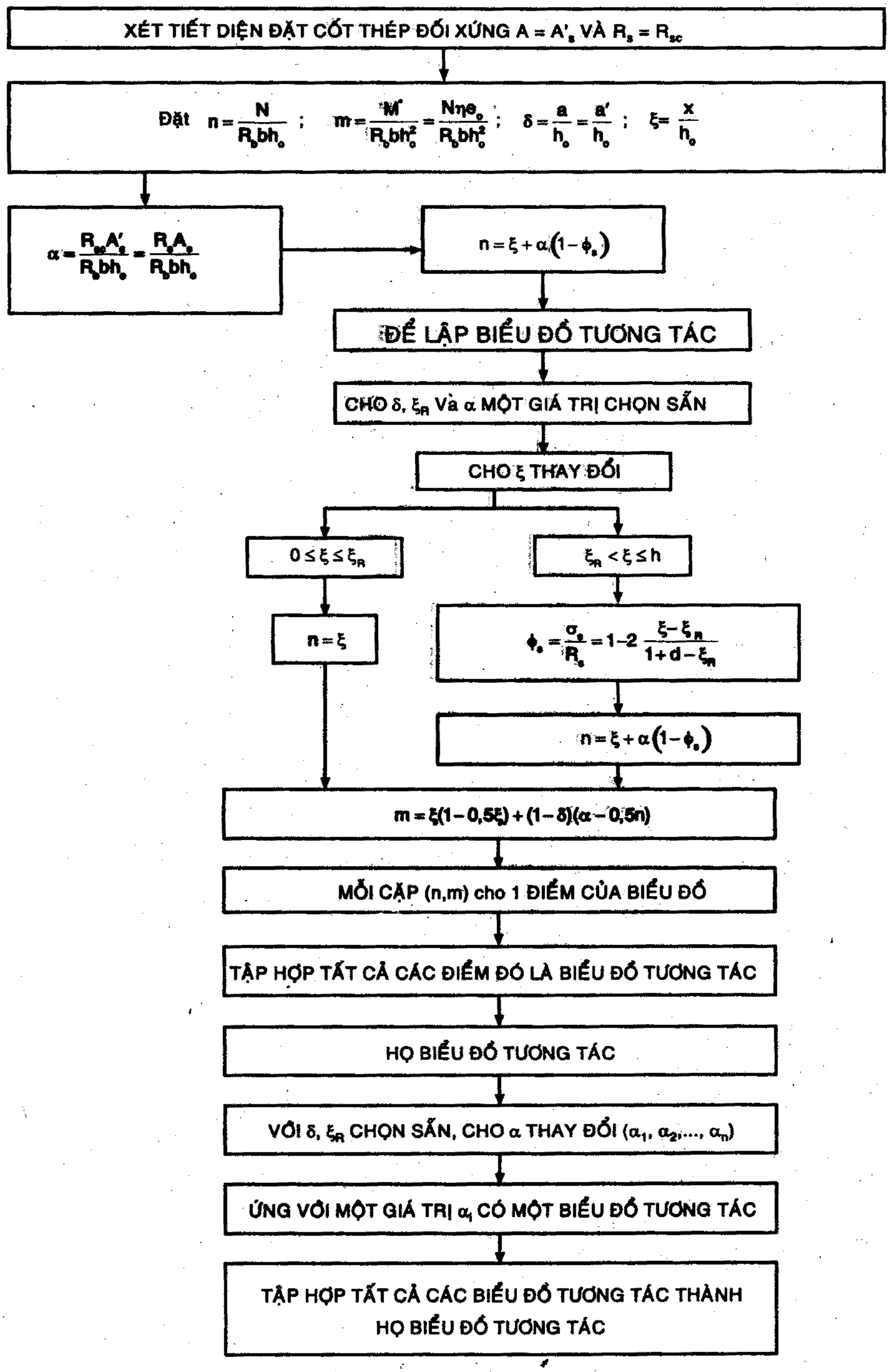


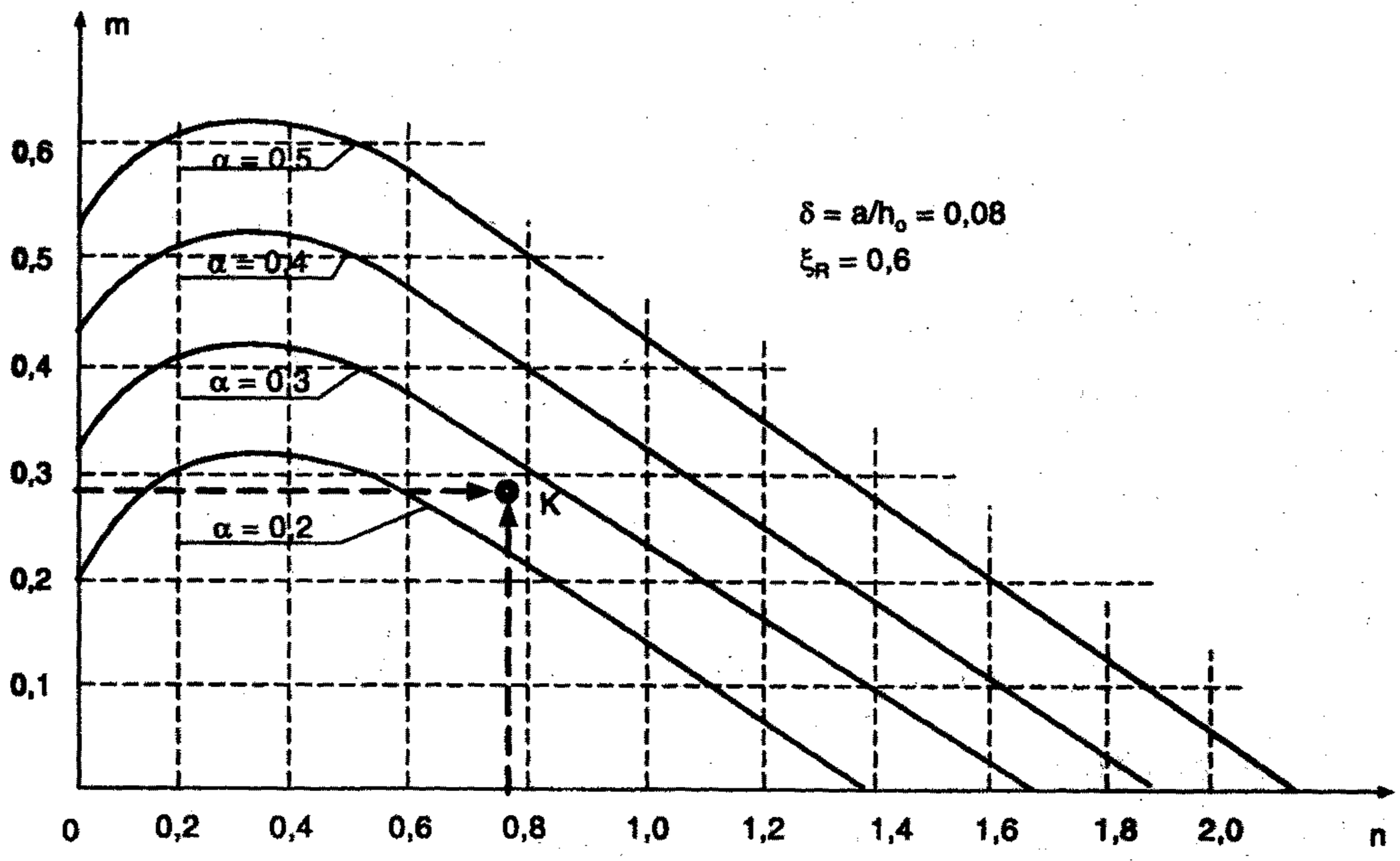
Kích thước tiết diện và cốt thép đã biết



***Sơ đồ 5.7** Biểu đồ tương tác không thứ nguyên*

Xét tiết diện đặt cốt thép đối xứng $A_s = A'_s$ *và* $R_s = R_{sc}$

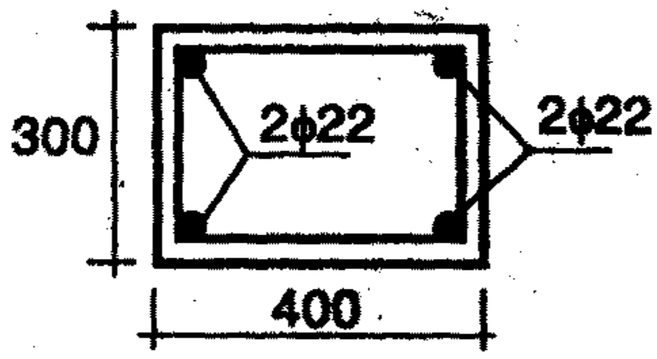




Họ biểu đồ tương tác không thứ nguyên

Bài tập 5.11

Tính và vẽ biểu đồ tương tác ứng với bài tập 5.6 ứng với trường hợp bố trí cốt thép đối xứng.



Giải.

Cho $N = 0$

Tính chiều cao miền bêtông chịu nén x

$$x_1 = \frac{R_s A_s - R_{sc} A'_s}{b\gamma_b R_b} = 0$$

Tính M theo:

$$M_o = \gamma_b R_b b x (h_o - a') + R_{sc} A'_s - R_s A'_s$$
$$= 0,85 \times 11,5 \times 300 \times (400 - 40) = 68,1 kNm$$

Cho $M = 0$, cấu kiện trở thành cấu kiện chịu nén đúng tâm, tính N:

$i = 0,288b = 0,288 \times 300 = 86,4$

$$\lambda = \frac{l_o}{i} = \frac{1,5 \times 4,2}{86,4} = 72,917$$

$$\varphi = 1,028 - 0,0000288\lambda^2 - 0,0016\lambda = 0,758$$

$$A_b = b \times h - (A_s + A'_s) = 300 \times 400 - (760 + 760) = 118500mm^2$$

$$N_o = \varphi[\gamma_b R_b A_b + R_s A_s + R_{sc} A'_s]$$

$$= 0,758[0,85 \times 11,5 \times 118500 + 2800(1520)] = 1356kN$$

cho x biến thiên từ $2a' \le x \le \xi_R h_o$

trong đó $\xi_R = 0,661$

Lấy $x = 2a' = 80mm$

Tính N theo:

$$N = \gamma_b R_b bx + R_{sc} A'_s - R_s A_s = 0,85 \times 11,5 \times 300 \times 80 = 234,6kN$$

M theo:

$$M = \gamma_b R_b bx(h_o - 0,5x) + R_{sc} A'_s(h_o - a')$$

$$= 0,85 \times 11,5 \times 300 \times 80(360 - 40) + 280 \times 760(360 - 40) = 143,2kNm$$

do đó:

$$M^* = M - N(0,5h_o - a) = 134,2 - 234,6(200 - 40) = 105,6kNm$$

Tiếp tục lấy $x = 120$; $x = 160$; $x = 200$; $x = \xi_R h_o = 238$

Kết quả tính toán ghi trong bảng sau:

x(mm)	N(kN)	M(kNm)	M*(kNm)
80	234,6	143,2	105,6
120	351,9	173,7	117,4
160	469,2	199,5	124,4
200	586,5	220,6	126,7
238	698,1	236,3	124,6

Tiếp tục cho x biến thiên trong khoảng $\xi_R h_o \le x \le h$ thì:

Lấy $x = 250$

Tính $\sigma_s = \left[1 - \frac{2(x - \xi_R h_o)}{h - \xi_R h_o}\right] R_s = 238,74MPa$ (5.80)

Tính N theo:

$$N = \gamma_b R_b bx + R_{sc} A'_s - \sigma_s A_s$$
$$= 0,85 \times 11,5 \times 300 \times 250 + (280 - 238,74)760 = 764,5kN$$

M theo:

$$M = \gamma_b R_b bx(h_o - 0,5x) + R_{sc} A'_s (h_o - a')$$
$$= 0,85 \times 11,5 \times 300 \times 250(360 - 125) + 280 \times 760(360 - 40) = 240,4kNm$$

$$M^* = M - N(0,5h_o - a) = 240,4 - 764,5(180 - 40) = 118,1kNm$$

Tiếp tục lấy $x = 300$; $x = 350$; $x = 360$

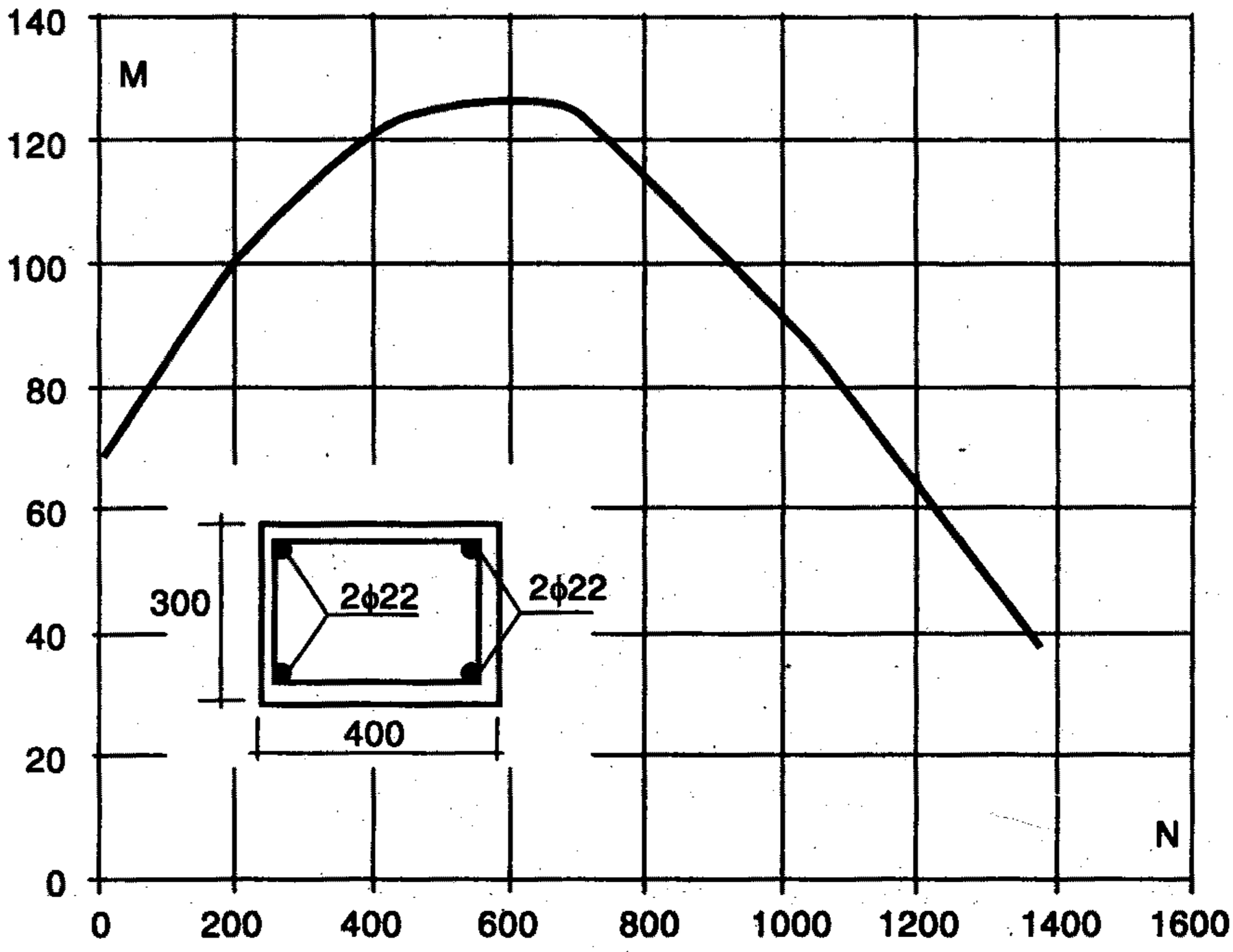
Kết quả tính toán ghi trong bảng sau:

x(mm)	σ_s(MPa)	N(kN)	M(kNm)	M*(kNm)
250	238,74	764,5	240,4	118,1
300	65,829	1043	252,8	86,04
350	-108,09	1321	258,0	46,69
360	-280	1376	258,1	37,94

Kết quả để vẽ đồ thị được ghi trong bảng sau:

N	0	234,6	351,9	469,2	586,5	698,1	764,5	1043	1321	1376
M*	68,1	105,6	117,4	124,4	126,7	124,6	118,1	86,04	46,69	37,94

Kết quả tính được thể hiện trong hình sau



Biểu đồ tương tác

Bài tập 5.8

Vẽ biểu đồ tương tác không thứ nguyên

Cho biết tiết diện cột (b×h = 300×400), bố trí cốt thép đối xứng

Hàm lượng cốt thép μ = 0,014, cốt thép có $R_s = 280MPa$, bêtông có $R_b = 11,5MPa$, $\gamma_b = 0,85$, $\xi_R = 0,661$, $\delta = \frac{a}{h_o} = 0,111$

Giải.

Tính hệ số: $\alpha = \mu \frac{R_s}{\gamma_b R_b} = 0,014 \frac{280}{0,85 \times 11,5} = 0,401$

Trong phạm vi $0 < \xi \le \xi_R = 0,661$

Khi $\xi = 0$ thì $n = \xi = 0$;

$m = \xi(1 - 0,5\xi) + (1 - \delta)(\alpha - 0,5n) = 0,356$

Khi $\xi = 0,2$ thì $n = \xi = 0,2$;

$m = \xi(1 - 0,5\xi) + (1 - \delta)(\alpha - 0,5n) = 0,448$

Tương tự cho ξ thay đổi đến $\xi_R = 0,661$

Kết quả tính toán được tóm tắt trong bảng sau:

Trong phạm vi $\xi_R < \xi \le 1 + \delta = 1,111$

$$\varphi_s = \frac{\sigma_s}{R_s} = 1 - 2\frac{\xi - \xi_R}{1 + \delta - \xi_R}$$

Khi $\xi = 0,7$ thì $\varphi_s = 1 - 2\dfrac{\xi - \xi_R}{1 + \delta - \xi_R} = 0,827$

$$n = \xi + \alpha(1 - \varphi_s) = 0,769$$

$$m = \xi(1 - 0,5\xi) + (1 - \delta)(\alpha - 0,5n) = 0,469$$

Khi $\xi = 0,8$ thì $\varphi_s = 1 - 2\dfrac{\xi - \xi_R}{1 + \delta - \xi_R} = 0,382$

$$n = \xi + \alpha(1 - \varphi_s) = 1,048$$

$$m = \xi(1 - 0,5\xi) + (1 - \delta)(\alpha - 0,5n) = 0,371$$

Tương tự cho ξ thay đổi đến $1 + \delta = 1,111$

Kết quả tính toán được tóm tắt trong bảng sau:

	ξ	φ_s	n	m
	0		0	0,356
	0,2		0,2	0,448
	0,3		0,3	0,478
	0,4		0,4	0,499
	0,5		0,5	0,509
$\alpha = 0,401$	0,6		0,6	0,510
	0,661		0,661	0,505
	0,7	0,827	0,769	0,469
	0,8	0,382	1,048	0,371
	0,9	-0,062	1,326	0,262
	1,0	-0,506	1,604	0,144
	1,111	-1	1,913	0

Tập hợp tất cả các điểm có tọa độ (n,m) sẽ được một biểu tương tác ứng với giá trị $\alpha = 0,401$

Bây giờ ta thay đổi giá trị α, cho $\alpha = 0,1$, $\alpha = 0,2$, $\alpha = 0,$ $\alpha = 0,5$, $\alpha = 0,6$; ứng với mỗi giá trị α, tạ có một biểu đồ tương t ứng với giá trị α đó. Tập hợp tất cả các biểu đồ tương tác đó sẽ đu một họ biểu đồ.

Kết quả tính toán được tóm tắt trong bảng sau:

	ξ	φ_s	n	m
α = 0,1	0		0	0,089
	0,2		0,2	0,180
	0,3		0,3	0,211
	0,4		0,4	0,231
	0,5		0,5	0,242
	0,6		0,6	0,242
	0,661		0,661	0,238
	0,7	0,827	0,717	0,225
	0,8	0,382	0,862	0,186
	0,9	-0,062	1,006	0,137
	1,0	-0,506	1,151	0,077
	1,111	-1	1,311	0

	ξ	φ_s	n	m
α = 0,2	0		0	0,178
	0,2		0,2	0,269
	0,3		0,3	0,299
	0,4		0,4	0,320
	0,5		0,5	0,331
	0,6		0,6	0,331
	0,661		0,661	0,327
	0,7	0,827	0,735	0,306
	0,8	0,382	0,924	0,247
	0,9	-0,062	1,112	0,178
	1,0	-0,506	1,301	0,099
	1,111	-1	1,511	0

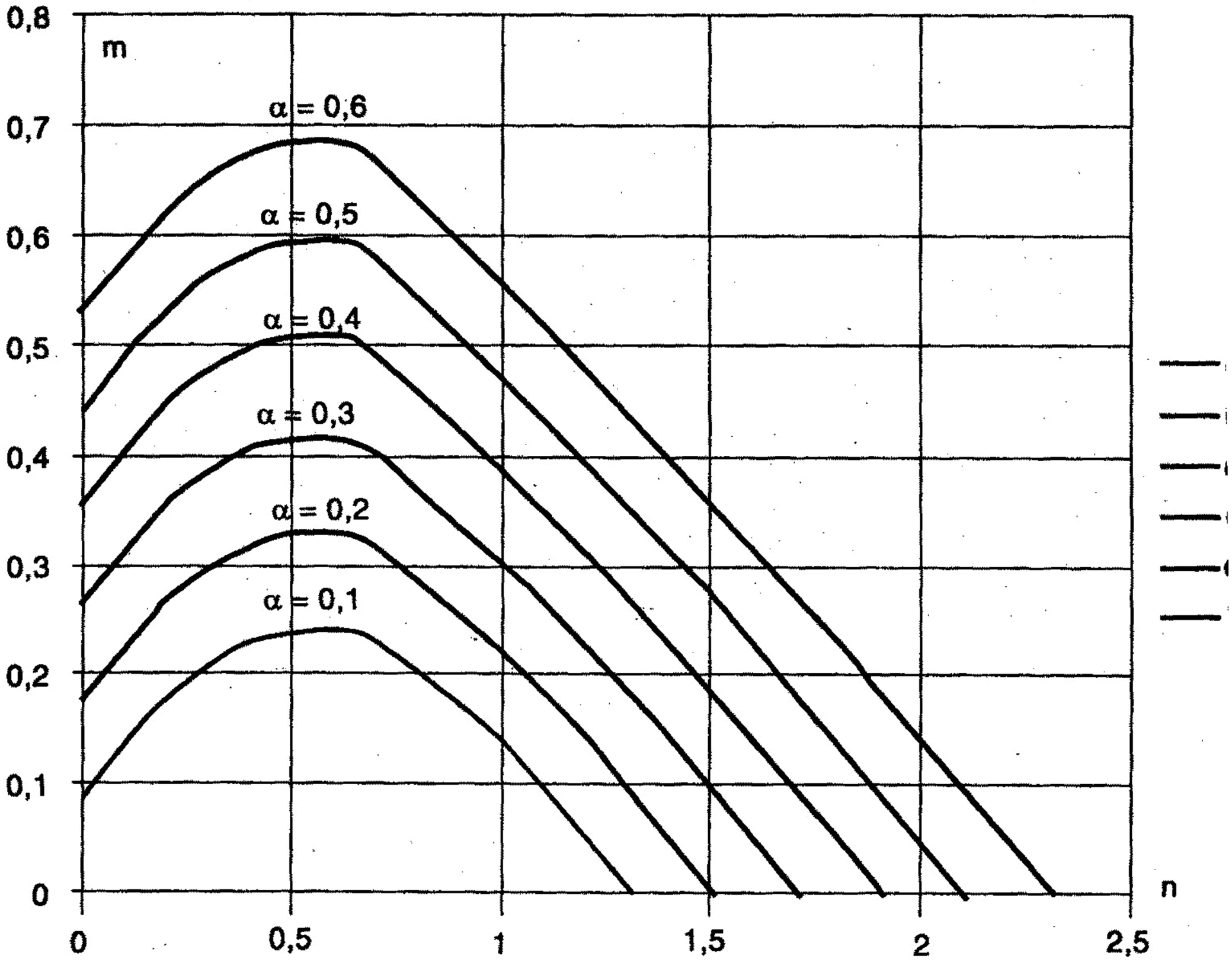
	ξ	φ_s	n	m
	0		0	0,267
	0,2		0,2	0,358
	0,3		0,3	0,388
	0,4		0,4	0,409
	0,5		0,5	0,419
$\alpha = 0,3$	0,6		0,6	0,420
	0,661		0,661	0,415
	0,7	0,827	0,752	0,387
	0,8	0,382	0,985	0,309
	0,9	-0,062	1,219	0,220
	1,0	-0,506	1,452	0,121
	1,111	-1	1,711	0

	ξ	φ_s	n	m
	0		0	0,444
	0,2		0,2	0,536
	0,3		0,3	0,566
	0,4		0,4	0,587
$\alpha = 0,5$	0,5		0,5	0,597
	0,6		0,6	0,598
	0,661		0,661	0,593
	0,7	0,827	0,787	0,550
	0,8	0,382	1,109	0,432
	0,9	-0,062	1,431	0,303
	1,0	-0,506	1,753	0,165
	1,111	-1	2,111	0

	ξ	φ_s	n	m
	0		0	0,533
	0,2		0,2	0,624
	0,3		0,3	0,655
	0,4		0,4	0,676
	0,5		0,5	0,686
	0,6		0,6	0,687
$\alpha = 0,6$	0,661		0,661	0,682
	0,7	0,827	0,804	0,631
	0,8	0,382	1,171	0,493
	0,9	-0,062	1,537	0,345
	1,0	-0,506	1,904	0,187
	1,111	-1	2,311	0

Share-connect.blogspot.com

Kết quả tính được thể hiện trong hình sau



Họ biểu đồ tương tác

Họ biểu đồ không thứ nguyên, ngoài việc kiểm ra khả năng chịu lực (chỉ dùng một đường ứng với α đã biết) còn dùng để tính cốt thép một cách nhanh chóng.

Từ số liệu đã cho: M, N, b, h, R_b, γ_b, R_s: giả thiết a, tính $h_o = h - a$, $\delta = \dfrac{a}{h_o}$. Tính n, ηe_o, m.

Dùng họ đường cong với δ và ξ_R thích hợp sẽ tìm được α và tính được cốt thép theo: $A_s = \dfrac{\alpha \gamma_b R_b b h_o}{R_s}$

Chương 6

CẤU KIỆN CHỊU KÉO

6.1 KHÁI NIỆM CHUNG VÀ CẤU TẠO

Cấu kiện chịu kéo thường gặp là các thanh kéo trong các dàn vì kèo, các thanh căng của vòm, thành các bể chứa chất lỏng, thành của silô chứa vật liệu rời.

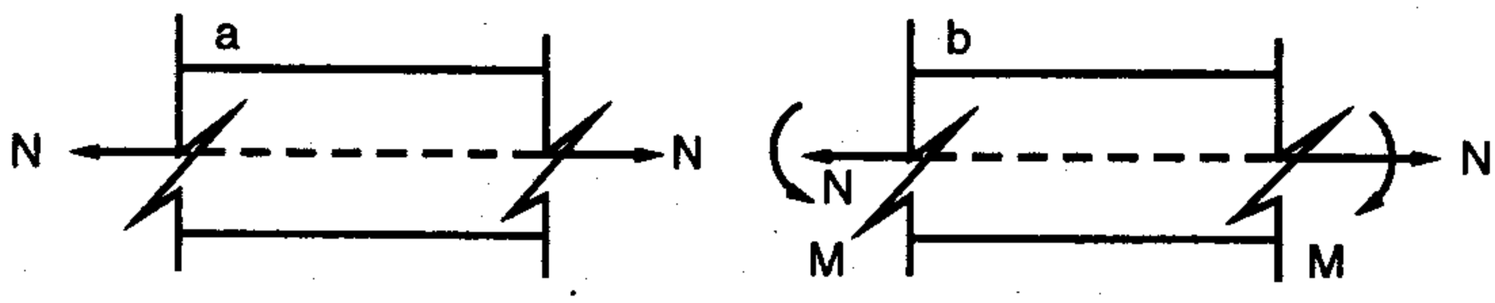
Cấu kiện chịu kéo đúng tâm khi điểm đặt của lực kéo trùng với trọng tâm của tiết diện cấu kiện, thường có tiết diện hình vuông, chữ nhật..., cốt thép chịu lực được bố trí đối xứng theo chu vi tiết diện với hàm lượng cốt thép $\mu_{min} = 0,04\%$, khoảng cách giữa các cốt đai $s \leq 500$

Cấu kiện chịu kéo lệch tâm khi lực kéo đặt đúng tâm và momen uốn hoặc lực kéo đặt lệch tâm với trọng tâm của tiết diện: thường gặp là tiết diện chữ nhật, cốt thép có thể bố trí đối xứng hoặc không đối xứng, hàm lượng cốt thép:

$\mu_{min} = 0,05\%$ - đối với cấu kiện chịu kéo lệch tâm lớn.

$\mu_{min} = 0,06\%$ - đối với cấu kiện chịu kéo lệch tâm bé

Đối với cấu kiện chịu kéo yêu cầu cốt thép phải được neo chặt ở các gối tựa, phải đảm bảo đoạn neo cần thiết, tốt nhất là được neo vào vùng bêtông chịu nén của các bộ phận khác của kết cấu. Nếu phải nối cốt thép phải dùng liên kết hàn.

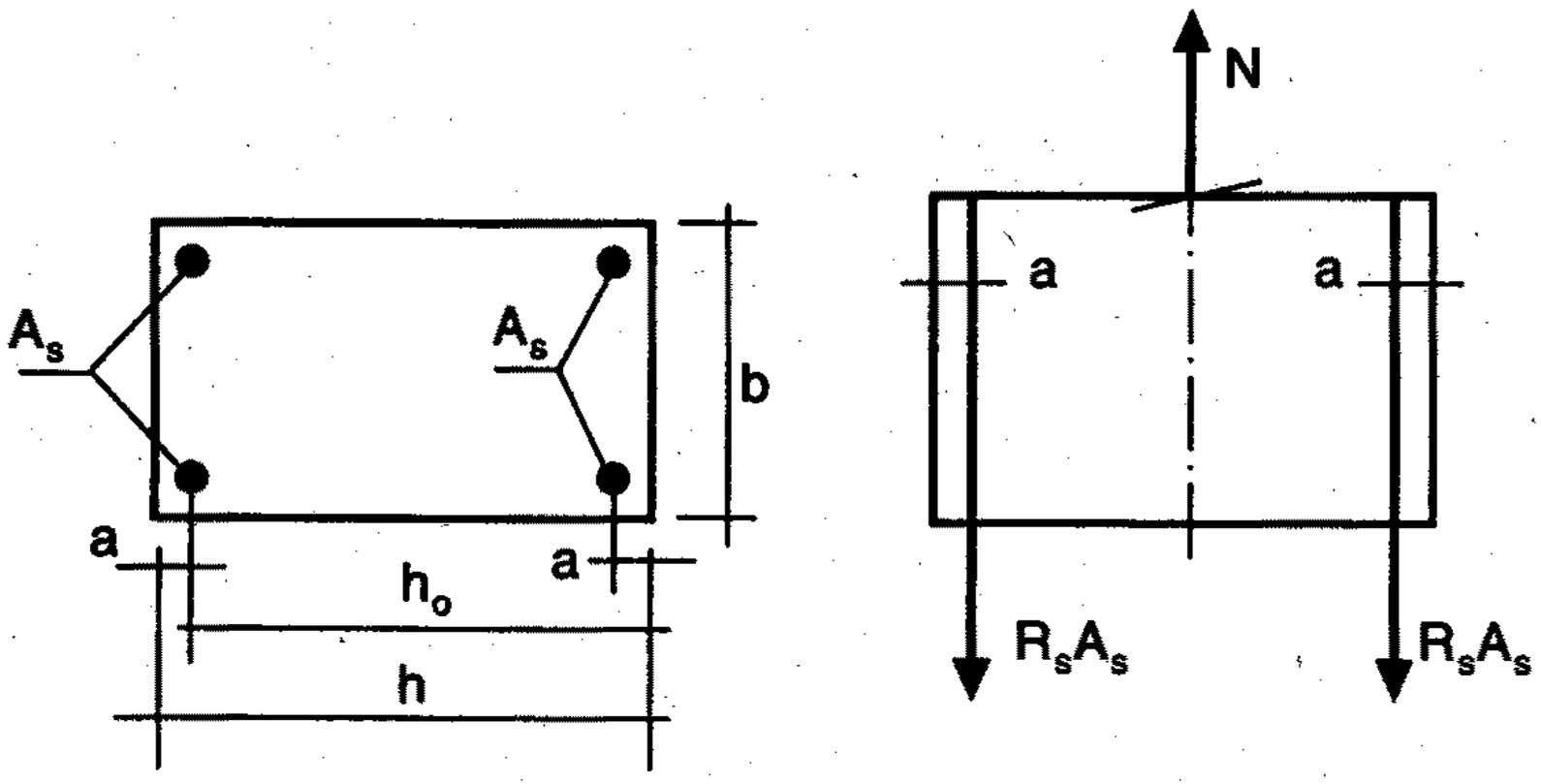


Hình 6.1 *Cấu kiện chịu kéo*

a) Kéo đúng tâm; b) Kéo lệch tâm

6.2 TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CHỊU KÉO ĐÚNG TÂM

Toàn bộ diện tích tiết diện của cấu kiện chịu kéo, vì bêtông chịu kéo không đưa vào tính toán do đó toàn bộ lực kéo N do cốt thép chịu. Như vậy bêtông chỉ có ý nghĩa bảo vệ cốt thép và do đó cần phải tính toán hạn chế bề rộng khe nứt theo chương 7.



Hình 6.2 *Sơ đồ ứng suất cấu kiện chịu kéo đúng tâm*

Điều kiện cường độ:

$$N \le N_{gh} = R_s A_{st} \tag{6.1}$$

trong đó:

N - lực kéo tính toán

N_{gh} - khả năng chịu lực

A_{st} - tổng diện tích cốt thép

Đặt: $$\mu_t = \frac{A_{st}}{bh} 100 \tag{6.2}$$

$\mu_{st} = 0,4 \div 3\%$ - hàm lượng cốt thép

6.3 TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CHỊU KÉO LỆCH TÂM CÓ TIẾT DIỆN CHỮ NHẬT

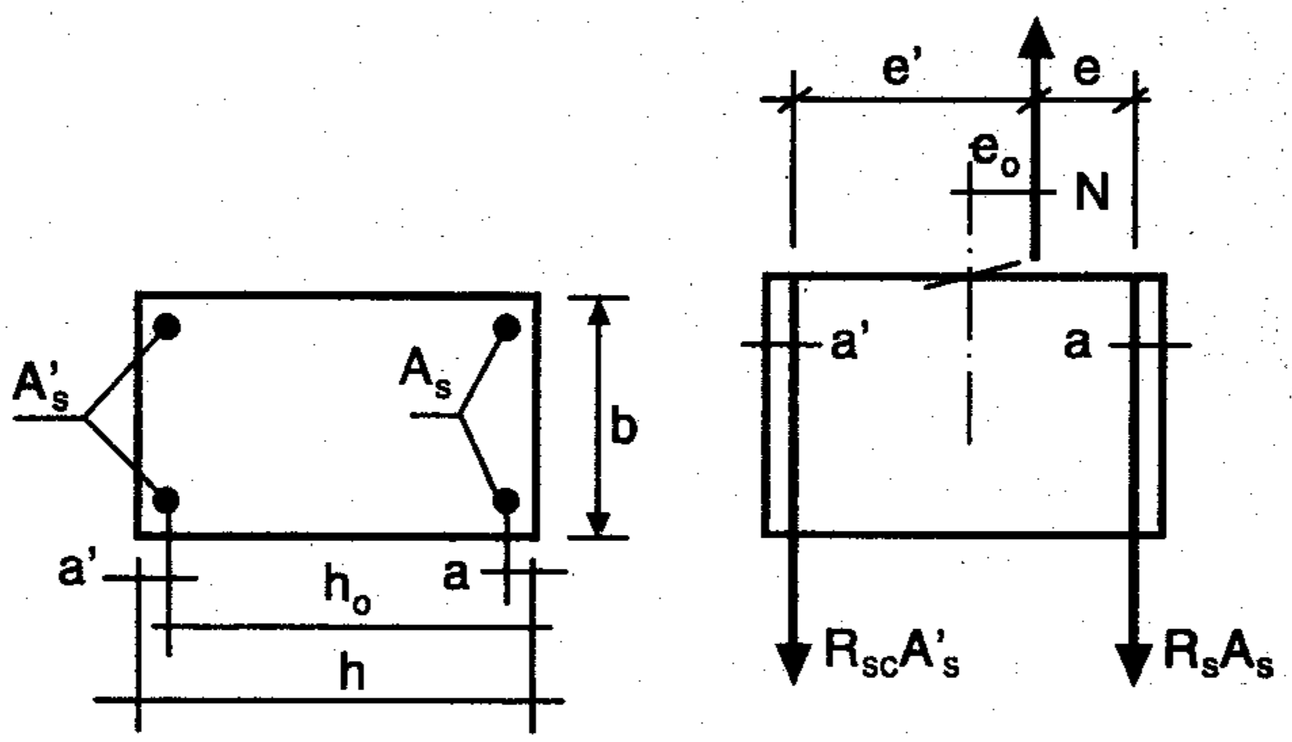
6.3.1 Trường hợp lệch tâm bé

Lệch tâm bé khi toàn bộ tiết diện chịu kéo hay khi lực kéo N đặt trong phạm vi cốt thép A_s và A'_s.

Điều kiện để xảy ra lệch tâm bé, đối với tiết diện chữ nhật là:

$$e_o = \frac{M}{N} \le 0{,}5h - a \tag{6.3}$$

6.3.1.1 Sơ đồ ứng suất



Hình 6.3 *Sơ đồ ứng suất cấu kiện kéo lệch tâm bé*

Toàn bộ tiết diện chịu kéo do bỏ qua khả năng chịu kéo của bêtông, nên toàn bộ lực kéo do cốt thép chịu và ứng suất trong cốt thép đạt đến R_s.

6.3.1.2 Phương trình cân bằng

$$Ne \le [Ne]_{gh} = R_s A'_s (h_o - a') \tag{6.4}$$

$$Ne' \le [Ne']_{gh} = R_s A_s (h_o - a') \tag{6.5}$$

trong đó: $e = \frac{h}{2} - e_o - a; \quad e' = \frac{h}{2} + e_o - a'$ (6.6)

Do đó:

6.3.1.3 Tính cốt thép

$$A_s = \frac{Ne'}{R_s(h_o - a')}$$

$$A'_s = \frac{Ne}{R_s(h_o - a')} \qquad (6.7)$$

Hàm lượng cốt thép: $\mu_{min} = 0,06\%$ (6.8)

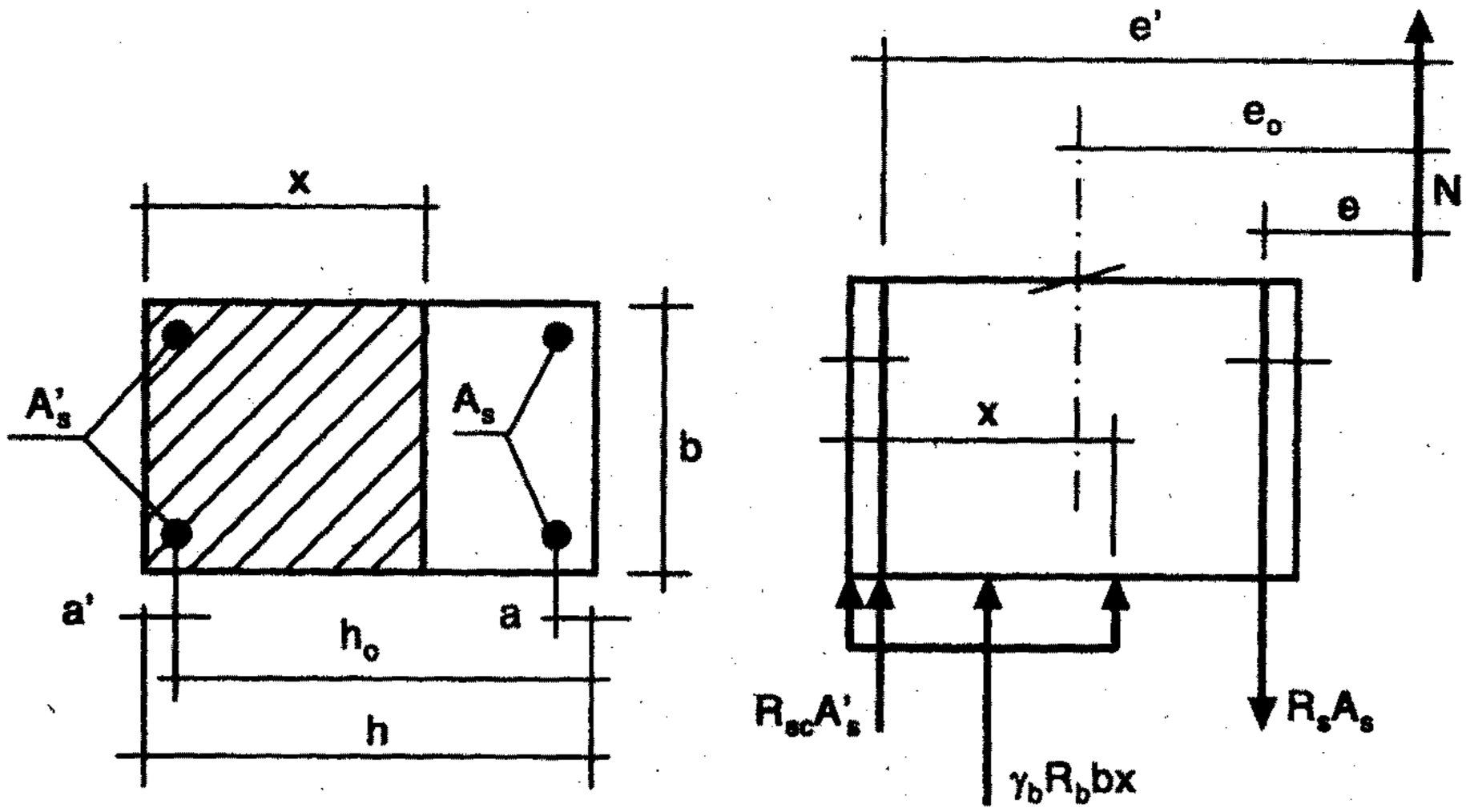
6.3.2 Trường hợp lệch tâm lớn

Lệch tâm lớn khi tiết diện có một phần chịu kéo và một phần chịu nén hay khi lực kéo N ngoài phạm vi cốt thép A_s và A'_s .

Điều kiện để xảy ra lệch tâm lớn đối với tiết diện chữ nhật là:

$$e_o = \frac{M}{N} > 0,5h - a \qquad (6.9)$$

6.3.2.1 Sơ đồ ứng suất



Hình 6.4 *Sơ đồ ứng suất cấu kiện chịu kéo lệch tâm lớn*

6.3.2.2 Phương trình cân bằng

Phương trình cân bằng mômen:

$$Ne \le [Ne]_{gh} = \gamma_b R_b bx(h_o - 0,5x) + R_{sc} A'_s (h_o - a') \qquad (6.10)$$

Phương trình cân bằng lực:

$$N \le N_{gh} = R_s A_s - \gamma_b R_b b x - R_{sc} A'_s \tag{6.11}$$

trong đó: $e = e_o - 0,5h + a'$ (6.12)

Điều kiện sử dụng:

$$2a' \le x \le \xi_R h_o \tag{6.13}$$

Chú thích:

- Nếu $x < 2a'$, thì lấy $x = 2a'$ để tính, lúc này:

Phương trình cân bằng mômen:

$$Ne' \le [Ne']_{gh} = R_s A'_s (h_o - a') \tag{6.14}$$

Phương trình cân bằng lực:

$$N \le N_{gh} = R_s A_s - \gamma_b R_b b x - R_{sc} A'_s \tag{6.15}$$

trong đó: $e' = e_o + 0,5h - a'$ (6.16)

- Nếu $x > \xi_R h_o$, thì lấy $x = \xi_R h_o$ để tính

Hàm lượng cốt thép: $\mu_{min} = 0,05\%$ (6.18)

Tương tự như cấu kiện chịu uốn, sau khi thay $x = \xi h_o$ vào (6.10), (6.11) rút gọn ta được:

Phương trình cân bằng mômen:

$$Ne \le [Ne]_{gh} = \alpha_m \gamma_b R_b b h_o^2 + R_{sc} A'_s (h_o - a') \tag{6.19}$$

Phương trình cân bằng lực:

$$N \le N_{gh} = R_s A_s - \xi \gamma_b R_b b h_o - R_{sc} A'_s \tag{6.20}$$

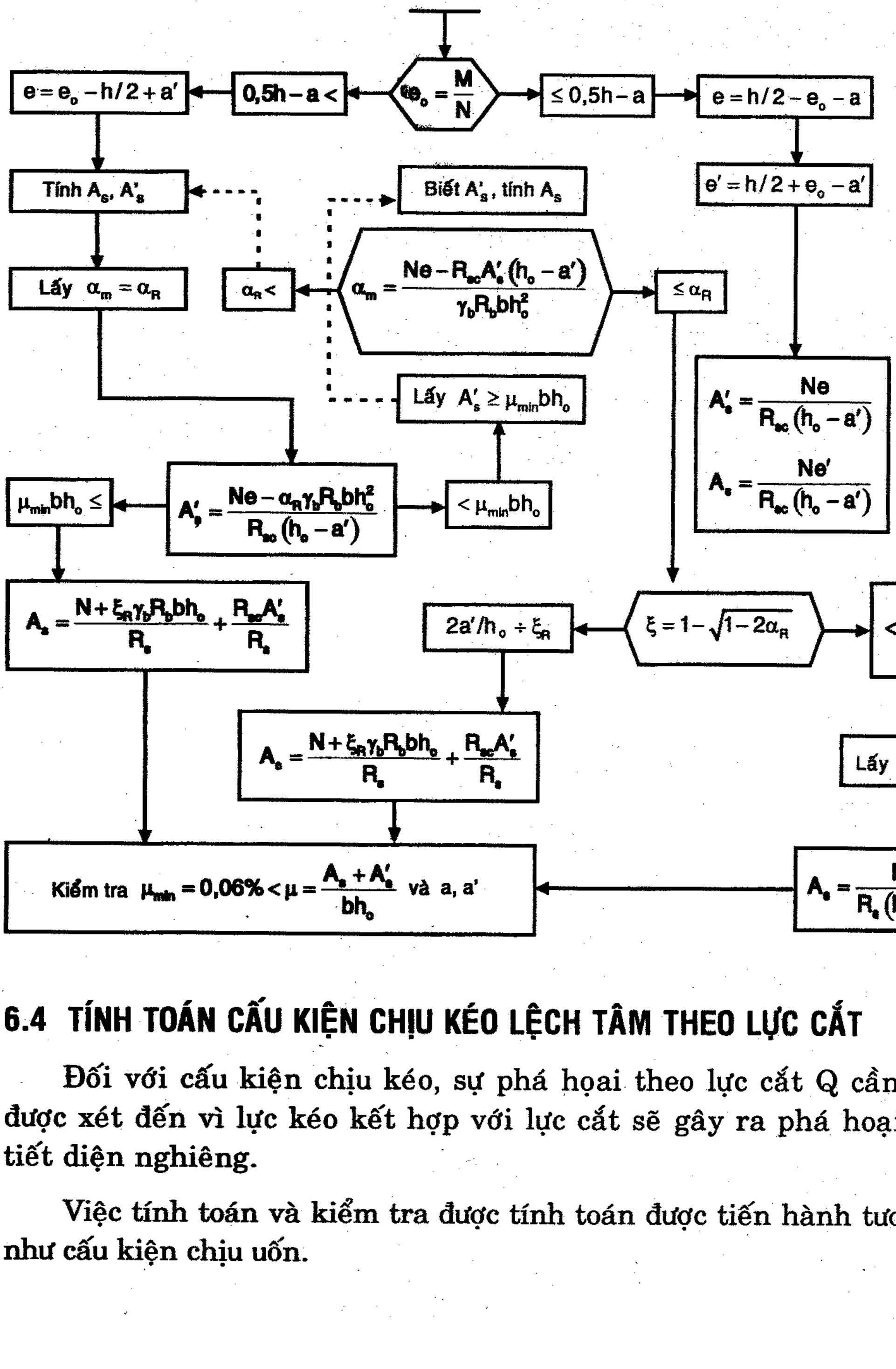
trong đó: $e = e_o - 0,5h + a'$

Điều kiện sử dụng:

$$2a' \le x \le \xi_R h_o$$

6.3.2.3 Tính cốt thép được tóm tắt trong sơ đồ 6.1

***Sơ đồ 6.1** Tính cốt thép cấu kiện chịu kéo lệch tâm tiết diện chữ nhật*



6.4 TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CHỊU KÉO LỆCH TÂM THEO LỰC CẮT

Đối với cấu kiện chịu kéo, sự phá hoại theo lực cắt Q cần phải được xét đến vì lực kéo kết hợp với lực cắt sẽ gây ra phá hoại theo tiết diện nghiêng.

Việc tính toán và kiểm tra được tính toán được tiến hành tương tự như cấu kiện chịu uốn.

Đối với cấu kiện chịu kéo:

Nếu $$Q \le \varphi_{b3}\left(1+\varphi_f+\varphi_n\right)\gamma_b R_{bt} b h_o \qquad (6.21)$$

thì không cần tính cốt đai, mà chỉ cần đặt cốt đai theo cấu tạo như đối với cấu kiện chịu uốn.

Nếu $$Q > \varphi_{b3}\left(1+\varphi_f+\varphi_n\right)\gamma_b R_{bt} b h_o \qquad (6.22)$$

thì phải tính cốt đai.

Điều kiện tính toán tiết diện nghiêng theo lực cắt trong trường hợp cấu kiện chịu kéo, tiết diện chữ nhật được tiến hành khi:

$$Q > \varphi_{b3}\left(1+\varphi_n\right)\gamma_b R_{bt} b h_o \qquad (4.23)$$

trong đó $$\varphi_n = -0,2\frac{N}{\gamma_b R_b b h_o} \text{ và } \left|\varphi_n\right| \le 0,8 \qquad (6.24)$$

Phương trình cường độ:

$$Q \le Q_b + Q_{s\omega} \qquad (4.25)$$

Đặt: $Q_{\omega b}$- Khả năng chịu cắt của bê tông và cốt đai trên tiết diện nghiêng có hình chiếu là c.

$$Q_{\omega b} \le \frac{\varphi_{b2}\left(1+\varphi_n\right)\gamma_b R_{bt} b h_o^2}{c} + \sum R_{s\omega} A_{s\omega} \qquad (6.26)$$

$$q_{s\omega} = \frac{R_{s\omega} n A_w}{s};\quad A_\omega = \pi\frac{d_{s\omega}^2}{4} \qquad (6.27)$$

A_ω- diện tích tiết diện ngang của cốt đai

n - số cốt đai bị khe nứt nghiêng cắt qua

Tìm được khả năng chịu lực cắt của bêtông và cốt đai tại tiết diện nghiêng nguy hiểm nhất là:

$$Q_{\omega b} = 2\sqrt{\varphi_{b2}\left(1+\varphi_n\right)\gamma_b R_{bt} b h_o^2 q_{\omega b}} \qquad (4.28)$$

Vậy khoảng cách giữa hai cốt đai theo tính toán là:

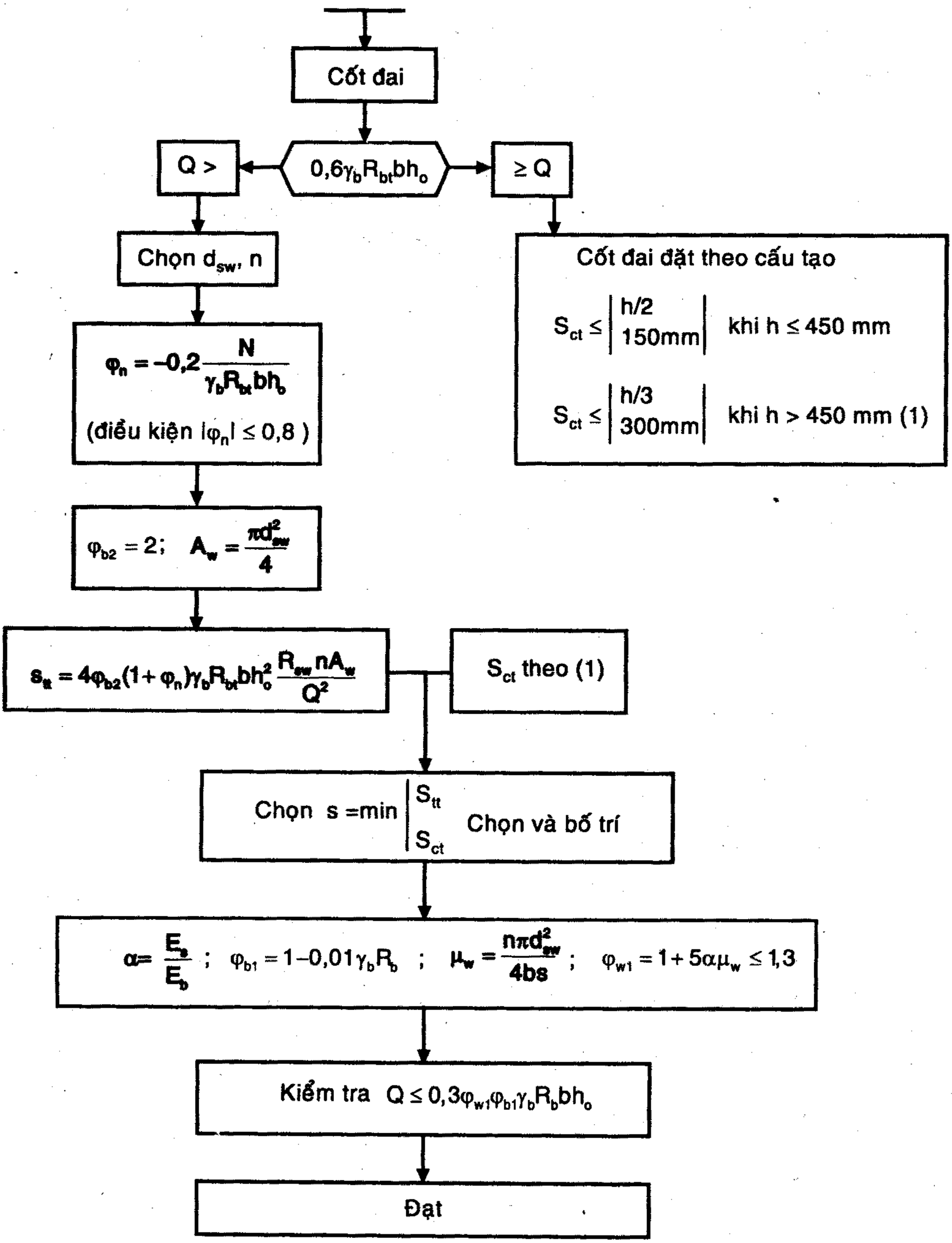
$$s_{tt} = \frac{\varphi_{b2}\left(1+\varphi_n\right)\gamma_b R_{bt} b h_o^2}{Q^2} R_{s\omega} n . A_\omega \qquad (4.29)$$

n - số nhánh cốt đai; A_ω- diện tích của cốt đai

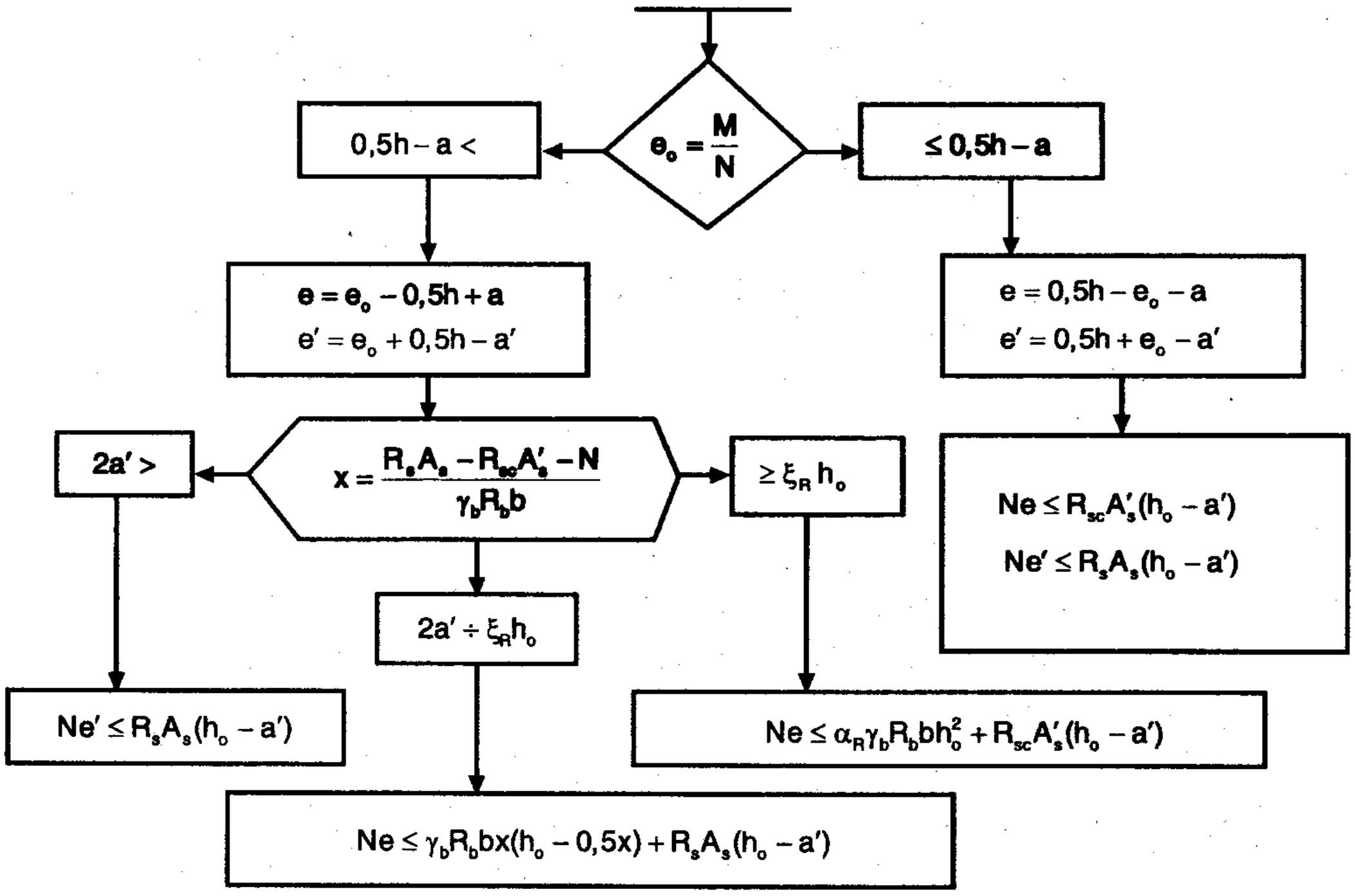
Tính cốt đai dựa theo sơ đồ số 6.2.

Sơ đồ 6.2 *Tính cốt đai cấu kiện chịu kéo*

Số liệu: Cho biết: (b,h), Q, γ_b, R_b, R_{bt}, R_{sw}, a,a': Tính cốt đai



Sơ đồ 6.3 *Kiểm tra khả năng chịu lực*



6.1. Xác định diện tích cốt thép cho cấu kiện chịu kéo lệch tâm có tiết diện chữ nhật ($b = 200$, $h = 400m$). Chịu tác dụng của $M = 15kNm$, $N = 140kN$. Bêtông có cấp độ bền chịu nén B15: $R_b = 8,5MPa, R_{bt} = 0,75MPa$; $\gamma_b = 0,9$. Cốt thép nhóm CII có cường độ tính toán $R_s = R_{sc} = 280MPa$. Cốt đai nhóm CI có cường độ tính toán $R_{sw} = 175MPa$. Tính cốt dọc.

Giải.

Giả thiết $a = 35mm$, $a' = 30mm$; $h_o = h - a = 400 - 35 = 365mm$

Độ lệch tâm của lực dọc:

$$e_o = \frac{M}{N} = \frac{15}{140} = 107;14mm; \quad e_o < \frac{h}{2} - a = 165mm$$

như vậy thuộc trường hợp kéo lệch tâm ít.

$$e = \frac{h}{2} - e_o - a = 57,8mm; \quad e' = \frac{h}{2} + e_o - a' = 277,1mm$$

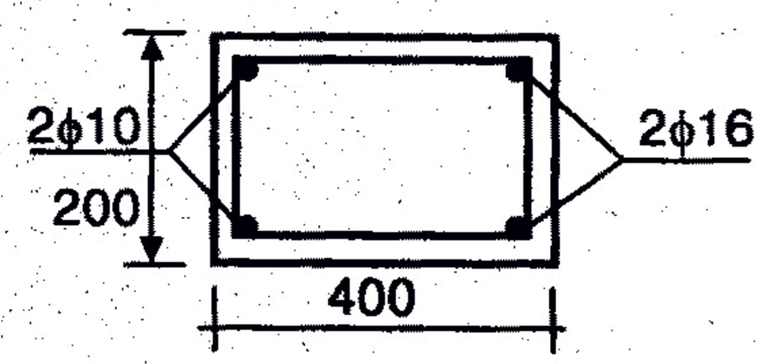
Diện tích cốt thép chịu nén:

Share-connect.blogspot.com

$$A'_s = \frac{Ne}{R_s(h_o - a')} = 86,35mm^2;\ A_s = \frac{Ne'}{R_s(h_o - a')} = 406,18mm^2$$

Chọn: $A_s = 2\phi16(402,2mm^2)$; $A'_s = 2\phi10(157mm^2)$

Bố trí cốt thép:



6.2. Xác định diện tích cốt thép cho cấu kiện chịu kéo lệch tâm có tiết diện chữ nhật ($b = 250$, $h = 400m$). Chịu tác dụng của $M = 217kNm$, $N = 200kN$, $Q = 42kN$. Bêtông có cấp độ bền chịu nén B15: $R_b = 8,5MPa, R_{bt} = 0,75MPa$; $\gamma_b = 0,9$. Cốt thép nhóm CII có cường độ tính toán $R_s = R_{sc} = 280MPa$. Cốt đai nhóm CI có cường độ tính toán $R_{sw} = 175MPa$. Tính cốt dọc và cốt đai.

Giải.

Giả thiết $a = 60mm$, $a' = 40mm$; $h_o = h - a = 400 - 60 = 340\ mm$

Độ lệch tâm của lực dọc:

$$e_o = \frac{M}{N} = \frac{217}{200} = 1085mm;\ e_o > \frac{h}{2} - a = 140mm$$

như vậy thuộc trường hợp kéo lệch tâm nhiều.

$$e = e_o - \frac{h}{2} + a' = 1085 - 200 + 40 = 925mm$$

1- Tính A_s và A'_s:

Diện tích cốt thép chịu nén:

$$A'_s = \frac{Ne - \alpha_R \gamma_b R_b b h_o^2}{R_s(ho - a')}$$

$$= \frac{200.10^3 \times 925 - 0,449 \times 0,9 \times 8,5 \times 200(340)^2}{R_s(340 - 40)} = 1020mm^2$$

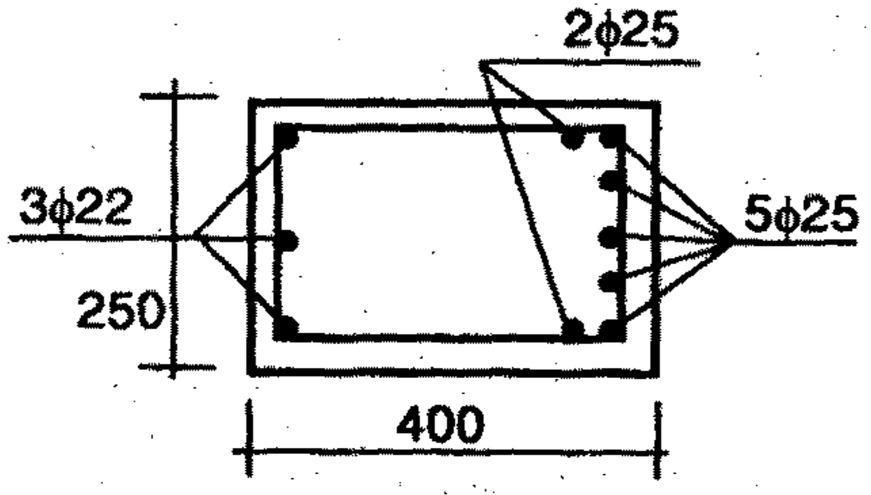
Diện tích cốt thép chịu kéo:

$$A_s = \frac{N - \xi_R \gamma_b R_b b h_o}{R_s} + A'_s$$

$$= \frac{200.10^3 - 0,681 \times 0,9 \times 8,5 \times 250 \times 340^2}{280} + 1020 = 3316 mm^2$$

Chọn: $A_s = 7\phi25(3436,3mm^2)$; $A'_s = 3\phi22(1140mm^2)$

Bố trí cốt thép:



1- Tính cốt đai

Khoảng cách giữa các cốt đai theo tính toán là:

$\varphi_{b2} = 2$; $\varphi_f = 0$; $\varphi_n = -\frac{0,2N}{\gamma_b R_{bt} b h_o} = -0,697$; $|\varphi_n| \le 0,8$ đạt

Chọn $n = 2$; $A_w = \frac{\pi d_w^2}{4} = 28,3mm^2$.

$$Q = 42x10^3 N > 0,6\gamma_b R_b b h_o = 34,42x10^3 N$$

nên phải tính cốt đai

$$s_{tt} = 4\varphi_{b2}(1 + \varphi_f + \varphi_n)\gamma_b R_{bt} b h_o^2 \frac{R_{sw} n A_w}{Q^2} = 265mm$$

Khoảng cách lớn nhất giữa các cốt đai:

$$\varphi_{b4} = 1,5$$

$$s_{\max} = \frac{\varphi_{b4}\gamma_b R_{bt}.b.h_o^2}{Q} = 696,7\ mm$$

Khoảng cách cấu tạo giữa các cốt đai:

$$s_{ct} = h/2 = 200\ \text{mm}$$

Chọn s có giá trị nhỏ nhất của s_{tt}, s_{ct} và s_{max}.

Đồng thời để tiện cho thi công chọn cốt đai: $d_w = 6$; $s = 150mm$

Kiểm tra điều kiện:

$$\varphi_b = 1 - 0,01\gamma_b R_b = 0,923$$

$$\varphi_{w1} = 1 + 5\frac{E_s}{E_b}\frac{nA_w}{bs} = 1,069$$

$$Q \le 0,3\varphi_b\varphi_{w1}\gamma_b R_b b h_o = 1,926.10^5 N \quad \text{(đạt)}$$

3- Trường hợp biết $A'_s = 1256,8mm^2$

Tính A_s

$$\alpha_m = \frac{Ne - R_s A'_{sc}(h_o - a')}{\gamma_b R_b b h_o^2} = \frac{200.10^3 \times 925 - 280 \times 1256,8(340 - 40)}{0,9 \times 8,5 \times 200 \times 340^2} = 0,359$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m} = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,359} = 0,469$$

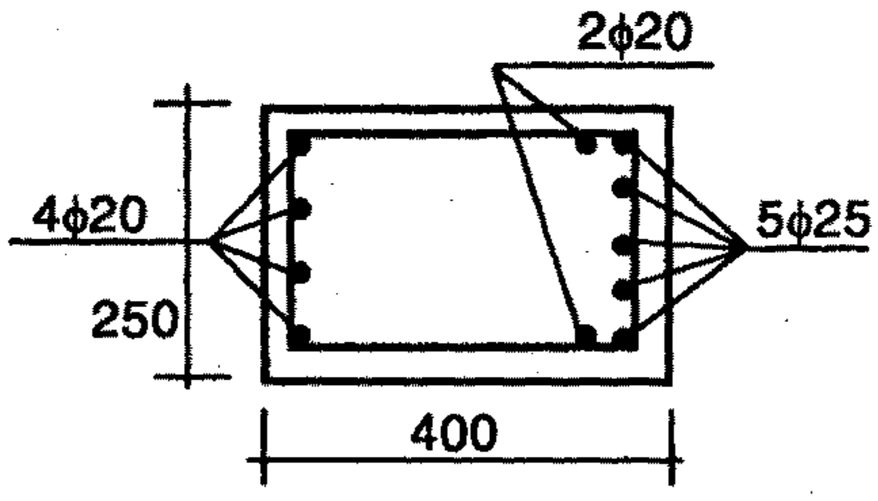
Cốt thép chịu kéo:

$$A_s = \frac{N + \xi\gamma_b R_b b h_o}{R_s} + A'_s$$

$$= \frac{200.10^3 + 0,469 \times 0,9 \times 8,5 \times 200 \times 340}{280} + 1256,8 = 3061mm^2$$

Chọn: $A_s = 5\phi25 + 2\phi20(3080,9mm^2)$; $A'_s = 4\phi20(1256,8mm^2)$

Bố trí cốt thép:



6.3. Xác định diện tích cốt thép cho cấu kiện chịu kéo lệch tâm có tiết diện chữ nhật (b = 1000, h = 300m). Chịu tác dụng của M = 40kNm, N = 163kN. Bêtông có cấp độ bền chịu nén B20: $R_b = 11,5MPa$, $R_{bt} = 0,9MPa$; $\gamma_b = 1$. Cốt thép nhóm CIII có cường độ tính toán $R_s = R_{sc} = 365MPa$. Tính cốt dọc.

Giải.

Giả thiết $a = 35mm$, $a' = 30mm$; $h_o = h - a = 300 - 35 = 265mm$

Độ lệch tâm của lực dọc:

$$e_o = \frac{M}{N} = \frac{163}{400} = 245,4mm\,; \quad e_o > \frac{h}{2} - a = 115mm$$

như vậy thuộc trường hợp kéo lệch tâm nhiều.

$$e = e_o - \frac{h}{2} + a' = 245,4 - 150 + 30 = 125,4mm$$

1- Tính A_s và A'_s:

$$A'_s = \frac{Ne - \alpha_R \gamma_b R_b b h_o^2}{R_s\,(ho - a')}$$

$$= \frac{163.10^3 \times 125,4 - 0,416 \times 11,5 \times 1000(265)^2}{365(265 - 30)} =< 0$$

Chọn $A'_s = 141,5mm^2\,(5d6)$, Tính A_s

$$\alpha_m = \frac{Ne - R_s A'_{sc}(h_o - a')}{R_b b h_o^2} = \frac{163.10^3 \times 125,4 - 365 \times 141,5(265 - 30)}{11,5 \times 1000 \times 265^2} = 0,01$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m} = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,01} = 0,01$$

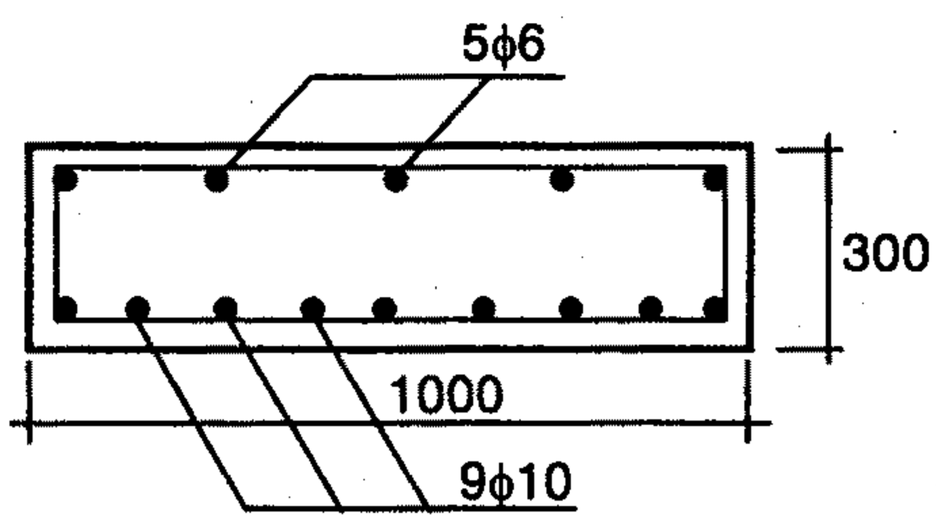
Cốt thép chịu kéo:

$$A_s = \frac{N + \xi \gamma_b R_b b h_o}{R_s} + A'_s$$

$$= \frac{163.10^3 + 0,01 \times 11,5 \times 1000 \times 265}{365} + 141,5 = 674,36mm^2$$

Chọn: $A_s = 9\phi10(706mm^2)$; $A'_s = 5\phi6(141,5mm^2)$

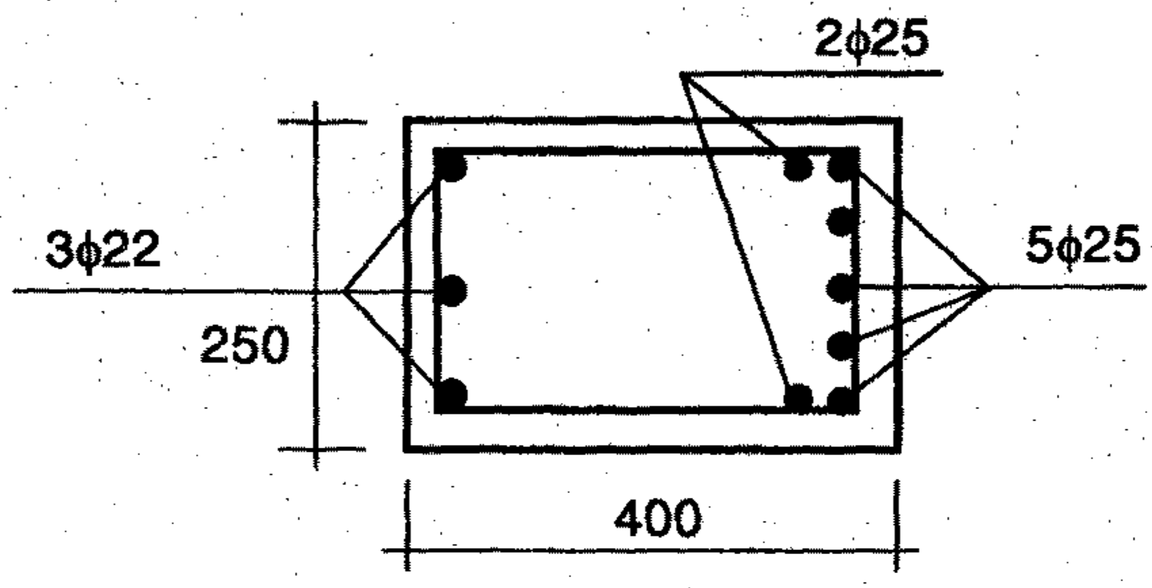
Bố trí cốt thép



Bài tập 6.4 Một cấu kiện chịu kéo lệch tâm có tiết diện chữ nhật ($b = 250$, $h = 400m$). Chịu tác dụng của $M = 217$kNm, $N = 200kN$. Bêtông có cấp độ bền chịu nén B15: $R_b = 8,5MPa$, $R_{bt} = 0,75MPa$ $\gamma_b = 0,9$. Cốt thép nhóm CII có cường độ tính toán $R_s = R_{sc} = 280MPa$. Cốt thép được bố trí xem hình: $A_s = 7d25(3436,3mm^2)$; $A_s' = 3d22(1140mm^2)$. Hãy kiểm tra khả năng chịu lực của cấu kiện đó.

Bố trí cốt thép:

Bố trí cốt thép:



Giải.

a = 51,8 mm, $a' = 37,5$; $h_o = h - a = 400 - 51,8 = 348,2$ mm

Độ lệch tâm của lực dọc: $e_o = \frac{M}{N} = \frac{217}{200} = 1085mm$;

$e_o > \frac{h}{2} - a = 140$mm

như vậy thuộc trường hợp kéo lệch tâm nhiều.

$e = e_o - \frac{h}{2} + a' = 1085 - 200 + 18,75 = 903,75$ mm

$$x = \frac{R_s A_s - R_{sc} A_s' - N}{\gamma_b R_b b}$$

$$= \frac{280(3436,3 - 1140) - 200000}{0,9 \times 8,5 \times 200} = 289,5mm > \xi_R h_o = 0,681 \times 348,2 = 238,2mm$$

$$Ne = 200 \times 0,90375 = 180,75kNm$$

$$\alpha_R \gamma_b R_b b h_o^2 + R_{sc} A_s'(h_o - a')$$

$$= 0,449 \times 0,9 \times 8,5 \times 200 \times 348,2^2 + 280 \times 1140(348,2 - 37,5) = 182,46kNm$$

Cấu kiện đủ khả năng chịu lực.

Chương 7

TÍNH TOÁN CẤU KIỆN BÊTÔNG CỐT THÉP THEO TRẠNG THÁI GIỚI HẠN THỨ HAI

7.1 KHÁI NIỆM CHUNG

Biến dạng (độ võng, góc xoay....) của cấu kiện bêtông cốt thép sẽ xuất hiện trong quá trình sử dụng cấu kiện đó.

Cấu kiện có biến dạng quá lớn sẽ ảnh hưởng đến việc sử dụng kết cấu đó dù kết cấu đó chưa phá hoại: làm mất mỹ quan, làm bong lớp ốp, lớp trát hoặc gây tâm lý sợ hãi cho người sử dụng. Vì vậy, tiêu chuẩn thiết kế đòi hỏi biến dạng do tải trọng tiêu chuẩn gây ra không được vượt quá những giá trị biến dạng giới hạn cho phép.

Tính toán theo trạng thái giới hạn thứ 2 bao gồm:

Tính toán về sự hình thành và mở rộng khe nứt.

Tính toán biến dạng của cấu kiện.

Đối với những kết cấu thông thường, khi khi kiểm tra theo trạng thái giới hạn thứ hai dùng tải trọng tiêu chuẩn vì đó là tải trọng tác dụng lên kết cấu khi làm việc bình thường. Trường hợp có vượt tải cũng chỉ là nhất thời, lúc đó độ võng cũng tăng lên nhất thời rồi sẽ giảm đi khi tải trọng trở lại bình thường.

Đối với một số kết cấu đặc biệt có qui định riêng mới dùng tải tính toán.

Từ biến (là biến dạng xảy ra theo thời gian khi tải trọng không thay đổi giá trị) làm tăng độ võng của cấu kiện, do vậy khi tính độ võng cần phải phân biệt tải trọng tác dụng ngắn hạn và tải trọng tác dụng dài hạn. Tải trọng tác dụng dài hạn gồm trọng lượng bản thân và một phần của tải trọng sử dụng (hoạt tải dài hạn).

7.2 ĐỘ CONG CỦA TRỤC DẦM

Trong môn sức bền vật liệu ta đã biết, độ cong của trục dầm xác định theo:

$$\frac{1}{r} = \frac{M^c}{EI} \tag{7.1}$$

trong đó:

$\frac{1}{r}$ - độ cong của trục dầm

EI - độ cứng của dầm với vật liệu đàn hồi, đồng chất và đẳng hướng.

Bêtông cốt thép là vật liệu đàn hồi - dẻo, không đồng nhất và không đẳng hướng thường có khe nứt trong miền kéo nên không thể lấy EI làm độ cứng cho dầm. Người ta thường dùng kí hiệu độ cứng dầm bêtông cốt thép là **B** với quan hệ:

$$\frac{1}{r} = \frac{M^c}{B} \tag{7.2}$$

• Trong những đoạn dầm không có khe nứt thẳng góc tính độ cứng chống uốn theo công thức:

$$B = \varphi_{b1} E_b I_{red} \tag{7.3}$$

trong đó:

φ_{b1} - hệ số xét ảnh hưởng từ biến của bêtông

$\varphi_{b1} = 0,85$ với bêtông nặng , hạt nhỏ

E_b - mođun đàn hồi của bêtông

I_{red} - momen quán tính của tiết diện quy đổi đối với trục trọng tâm của tiết diện, trong đó tết diện bêtông phải được trừ đi diện tích cốt thép khi $\mu\% > 3\%$ và diện tích cốt thép được nhân với hệ số:

$$\alpha = \frac{E_s}{E_b} \tag{7.4}$$

Để xét đến ảnh hưởng của tải trọng ngắn hạn và tải trọng dài hạn , độ cong của cấu kiện được xác định theo:

$$\frac{1}{r} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2$$

trong đó:

$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M_{sh}}{B}$ (7.5) - độ cong do tác dụng của tải trọng ngắn hạn

$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{\varphi_{b2} M_l}{B}$ (7.6) - độ cong do tác dụng của tải trọng thường xuyên và tải trọng tạm thời dài hạn

M_{sh}, M_l - lần lượt là mômen do tải trọng tác dụng ngắn hạn và mômen do tải trọng tác dụng dài hạn đối với trục đi qua trọng tâm tiết diện quy đổi và thẳng góc với mặt phẳng uốn.

$\varphi_{b2} = 1$ - đối với bêtông nặng và tác dụng của tải trọng là không kéo dài

$\varphi_{b2} = 2$ - đối với bêtông nặng và tác dụng của tải trọng là kéo dài

Đặt:

B_{sh}, B_l - lần lượt là độ cứng ngắn hạn, dài hạn thì:

$$B_{sh} = B = \varphi_{b1} E_b I_{red} \tag{7.7}$$

$$B_l = \frac{B}{\varphi_{b2}} = \frac{\varphi_{b1} E_b I_{red}}{\varphi_{b2}} \tag{7.8}$$

Từ B_{sh}, M_{sh} có thể tính được độ võng dài hạn f_{sh}

Từ B_l, M_l có thể tính được độ võng dài hạn f_l

Độ võng toàn phần:

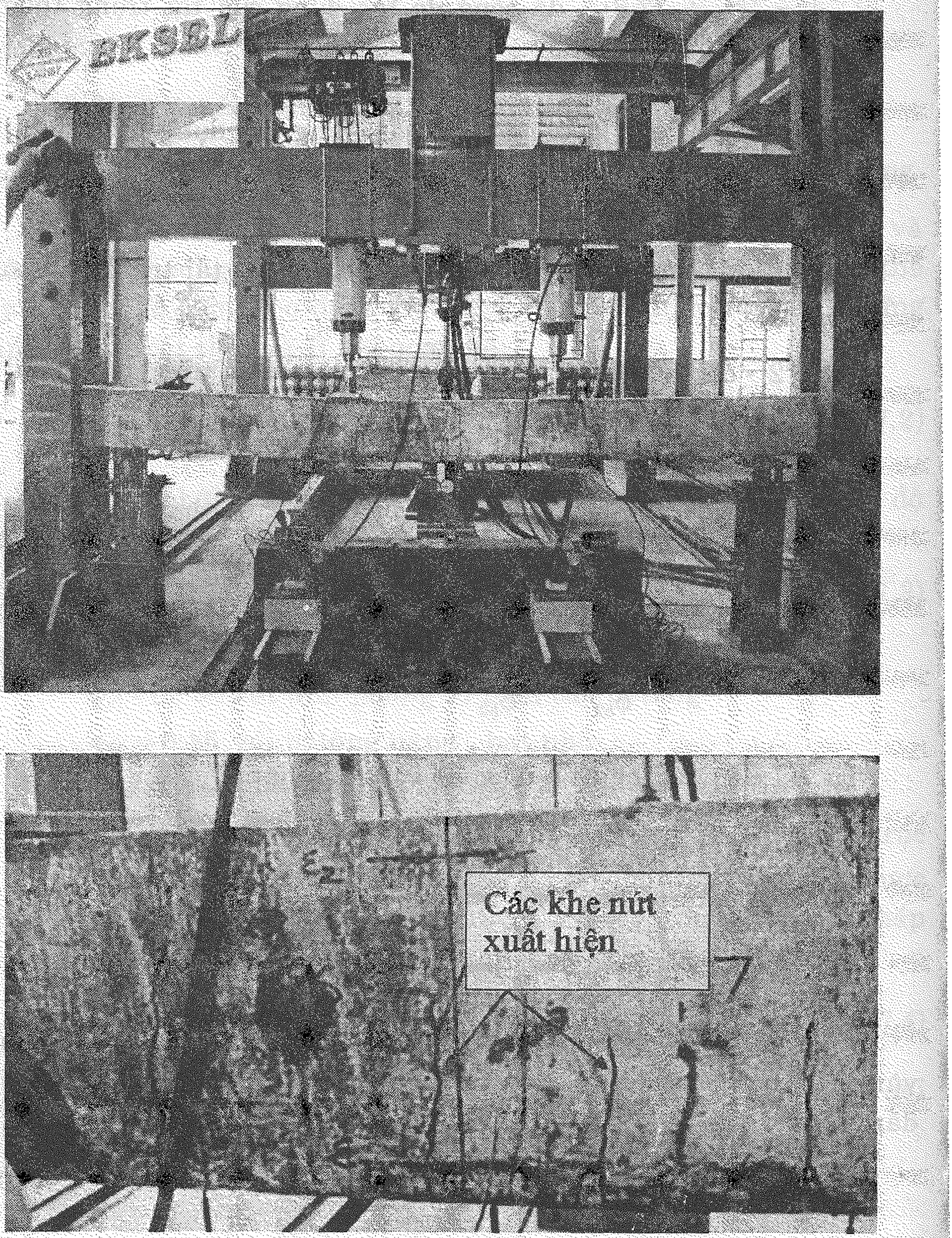
$$f = f_{sh} + f_l \tag{7.9}$$

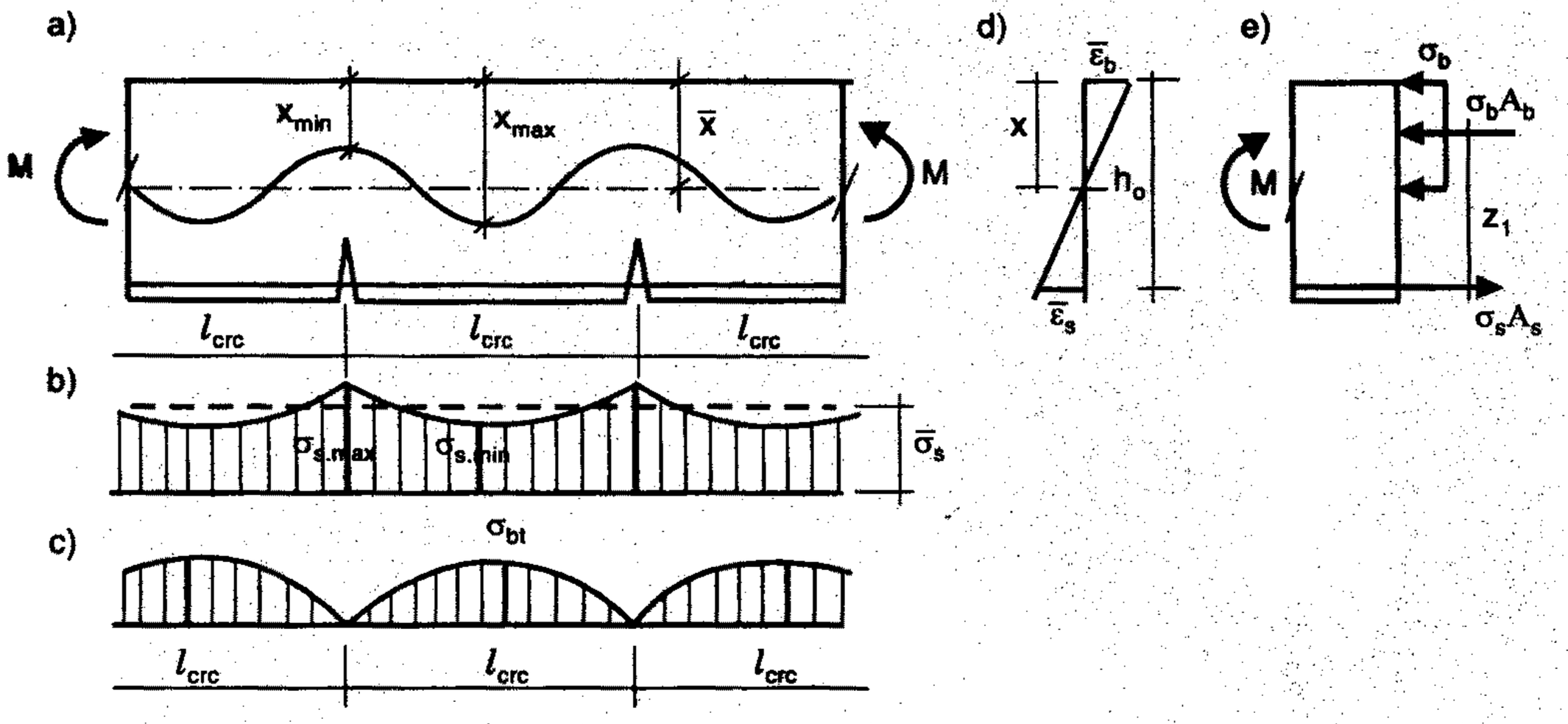
• Trong những đoạn dầm có khe nứt thẳng góc xuất hiện ở vùng bêtông chịu kéo, độ cứng chống uốn theo **B** và độ cong của trục dầm theo:

$$\frac{1}{r} = \frac{M^c}{B} \tag{7.10}$$

7.3 ĐỘ CONG CỦA DẦM BÊTÔNG CỐT THÉP

7.3.1 Trạng thái ứng suất-biến dạng của dầm sau khi xuất hiện khe nứt





***Hình 7.1** Trạng thái ứng suất - biến dạng của dầm sau khi xuất hiện khe nứt*

Xét đoạn dầm chịu uốn thuần túy, sau khi xuất hiện khe nứt:

Theo kết quả thí nghiệm, dầm sau khi xuất hiện vết nứt thì trục trung hòa có hình lượn sóng:

• Xét tại tiết diện có khe nứt: có chiều cao miền bêtông chịu nén x nhỏ nhất, ứng suất nén của thớ bêtông ngoài cùng là σ_b, ứng suất của cốt thép chịu kéo là $\sigma_{s.max}$, ứng suất kéo của bêtông chịu kéo là $\sigma_{bt} = 0$.

• Xét tại tiết diện giữa các khe nứt: có x_{max}, $\sigma_{s.min}$, $\sigma_{bt.max}$.

Gọi $\bar{x}$ - giá trị trung bình của chiều cao miền bêtông chịu nén.

$\bar{\sigma}_b$ - ứng suất trung bình của thớ bêtông chịu nén ngoài cùng.

$\bar{\sigma}_s$ - ứng suất trung bình của cốt thép chịu kéo.

Ta có quan hệ: $\bar{\sigma}_b = \psi_b.\sigma_b$ với $\psi_b \le 1$ (7.11)

$$\bar{\sigma}_s = \psi_s.\sigma_s \quad \text{với } \psi_s \le 1 \tag{7.12}$$

Chiều cao miền bêtông chịu nén được xác định theo công thức thực nghiệm sau:

$$x = \bar{x}\left(1 - \frac{0.7}{100\mu + 1}\right) \tag{7.13}$$

trong đó: ψ_b - hệ số kể đến biến dạng không đều của mép bêtông miền nén.

ψ_s - hệ số kể đến biến dạng không đều của cốt thép chịu kéo.

Share-connect.blogspot.com

Chấp nhận giả thiết tiết diện phẳng đối với dầm qui ước có chiều cao miền nén là $\bar{x}$, biến dạng tỉ đối của bêtông miền nén là $\bar{\varepsilon}_b$, biến dạng tỉ đối của cốt thép chịu kéo là $\bar{\varepsilon}_s$ ta có:

$$\bar{\varepsilon}_s = \frac{\bar{\sigma}_s}{E_s} = \psi_a \frac{\sigma_s}{E_s}; \quad \bar{\varepsilon}_b = \frac{\bar{\sigma}_b}{E'_b} = \psi_b \frac{\sigma_b}{\nu . E_b} \tag{7.14}$$

Tại tiết diện có khe nứt, biểu đồ ứng suất nén của bêtông có hình chữ nhật. Các phương trình cân bằng:

$$\begin{aligned} M^c &= \sigma_s A_s Z_1 \\ M^c &= \sigma_b A_b Z_1 \end{aligned} \tag{7.15}$$

Trường hợp dầm đặt cốt kép, khi tính toán cần qui đổi cốt thép chịu nén. A'_s thành diện tích bêtông tương đương. Khi đó A_b trong (7.15) được thay bằng A_{td}.

- Đối với tiết diện chữ nhật đặt cốt kép:

$$A_{td} = A_b + \frac{\alpha}{\nu} A'_s \tag{7.16}$$

- Đối với tiết diện chữ T đặt cốt kép:

$$A_{td} = A_b + \frac{\alpha}{\nu} A'_s + (b'_f - b)h'_f \tag{7.17}$$

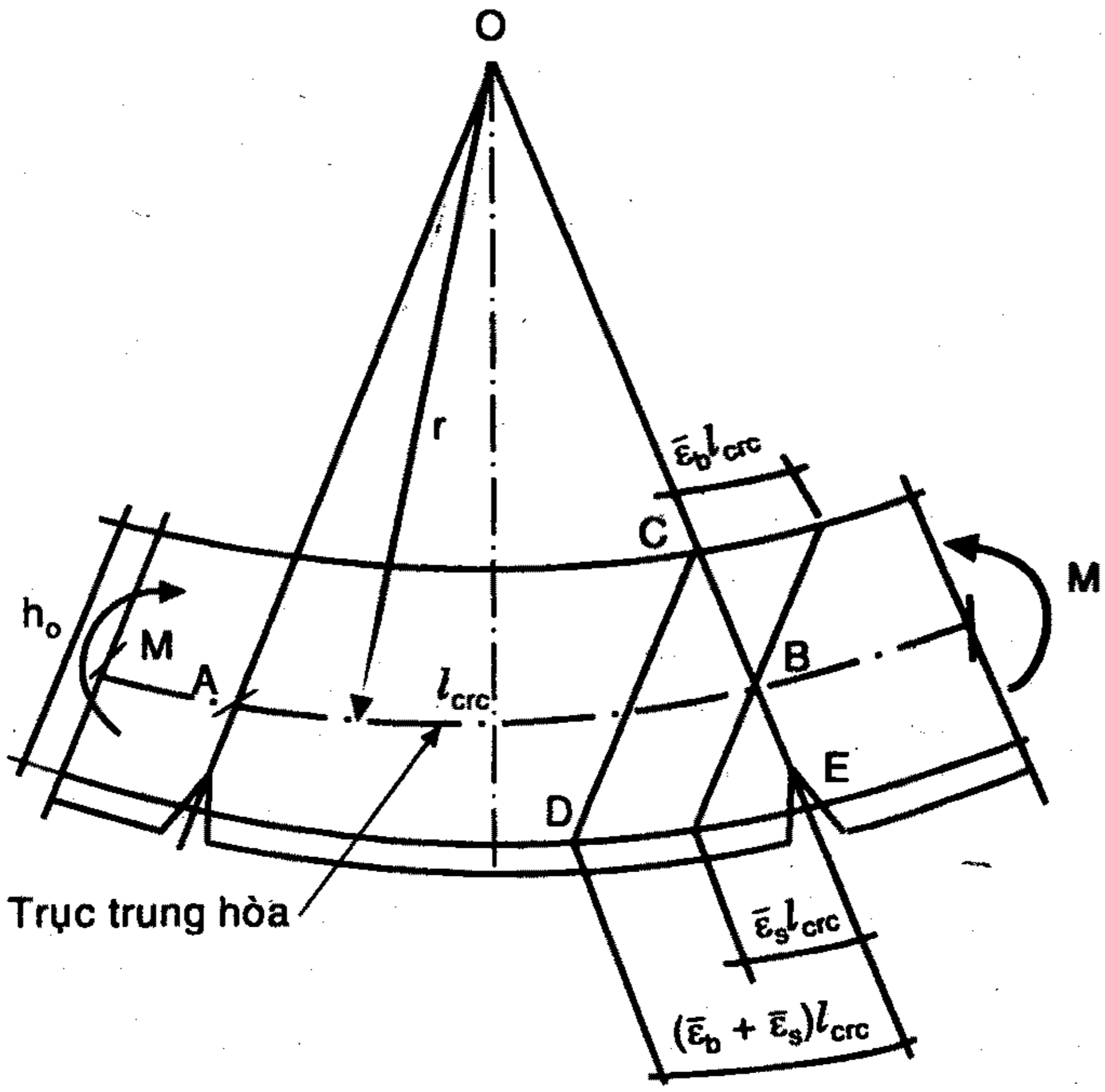
trong đó: A_b - diện tích tiết diện bêtông chịu nén đối với tiết diện chữ nhật (của sườn đối với tiết diện chữ T).

$$\alpha = \frac{E_s}{E_b} \tag{7.18}$$

$\nu = 0,45$ khi tính với tải trọng tác dụng ngắn hạn.

$\nu = 0,15$ khi tính với tải trọng tác dụng dài hạn.

7.3.2 Độ cong của dầm BTCT trên đoạn có khe nứt trong vùng bêtông chịu kéo



Hình 7.2 *Sơ đồ để xác định độ cong của trục dầm*

Xét đoạn dầm giữa hai khe nứt (xem H.7.2)

Gọi $\bar{\varepsilon}_b l_{crc}$ - biến dạng co trung bình của thớ bêtông chịu nén ngoài cùng trong đoạn l_{crc}.

$\bar{\varepsilon}_s l_{crc}$ - biến dạng dài trung bình của cốt thép chịu kéo trong đoạn l_{crc}.

Xét hai tam giác đồng dạng OAB và CDE ta có:

$$\frac{l_{crc}}{r} = \frac{(\bar{\varepsilon}_s + \bar{\varepsilon}_b)}{h_o} l_{crc} \qquad (7.19)$$

hay:
$$\frac{1}{r} = \frac{(\bar{\varepsilon}_s + \bar{\varepsilon}_b)}{h_o} \qquad (7.20)$$

Kết hợp (7.14), đến (7.20) ta được:

$$\frac{1}{r} = \frac{M^c}{h_o Z_1}\left(\frac{\psi_s}{E_s A_s} + \frac{\psi_b}{\nu E_b A_{td}}\right) \qquad (7.21)$$

Tổng quát, độ cong của cấu kiện BTCT tại các khu vực có hình thành các khe nứt thẳng góc với trục cấu kiện chịu uốn, nén lệch tâm, kéo lệch tâm có tiết diện chữ nhật, chữ I, chữ T với $e_{o.tot} \geq 0{,}8h_o$ được xác định theo công thức tổng quát sau:

$$\frac{1}{r} = \frac{M^c}{h_o Z_1}\left(\frac{\psi_s}{E_s A_s} + \frac{\psi_b}{\nu E_b A_{id}}\right) \pm N\frac{\psi_s}{E_s A_s h_o} \qquad (7.22)$$

- Đối với cấu kiện chịu uốn vế phải (7.22) không có thành phần thứ 2.
- Đối với cấu kiện chịu nén lệch tâm vế phải (7.22) có thành phần thứ 2 mang dấu (-).
- Đối với cấu kiện chịu kéo lệch tâm vế phải (7.22) có thành phần thứ 2 mang dấu (+).

trong đó:

Z_1 - Khoảng cách từ trung tâm cốt thép chịu kéo đến hợp lực của miền bêtông chịu nén trên khe nứt nghiêng.

ψ_s - Hệ số xét đến sự làm việc của bêtông vùng chịu kéo trên đoạn có khe nứt , xác định như sau:

$$\psi_s = 1{,}25 - \varphi_{ls}\varphi_m \qquad (7.23)$$

φ_{ls} - Hệ số xét đến ảnh hưởng của tác dụng dài hạn của tải trọng, lấy theo bảng 7.1

Bảng 7.1 *Hệ số* φ_{ls}

Tính chất tác dụng dài hạn của tải trọng	Hệ số φ_{ls} ứng với cấp độ bền của bêtông	
	> B7,5	≤ B7,5
1-Tác dụng ngắn hạn, khi cốt thép:		
a- Thép trơn	1,0	0,7
b- Thép gờ	1,1	0,8
c- Thép sợi	1,0	0,7
2- Tác dụng dài hạn, không phụ thuộc vào loại cốt thép:	0,8	0,6

$$\varphi_m = \frac{R_{bt.ser} W_{pl}}{|M_r|} \leq 1$$

trong đó: W_{pl} - mômen kháng của tiết diện quy đổi đối với thớ chịu kéo ngoài cùng (có kể đến biến dạng không đàn hồi của bêtông vùng chịu kéo), xác định theo:

$$W_{pl} = \frac{2(I_{bo} + \alpha I_{so} + \alpha I'_{so})}{h - x} + S_{bo} \qquad (7.25)$$

Vị trí trục trung hòa xác định từ điều kiện:

$$S'_{bo} + \alpha S'_{so} - \alpha S_{so} = \frac{(h - x)A_{bt}}{2} \qquad (7.26)$$

Với:

I_{bo}; I_{so}; I'_{so} - mômen quán tính của tiết diện bêtông miền nén, của của cốt thép chịu kéo A_s, của cốt thép chịu nén A'_s lấy đối với trục trung hòa.

S'_{bo}, S'_{so}, S_{so}- mômen tĩnh của tiết diện bêtông miền nén, của của cốt thép chịu kéo A_s, của cốt thép chịu nén A'_s lấy đối với trục trung hòa.

A_{bt} - diện tích bêtông vùng kéo

$$\alpha = \frac{E_s}{E_b} \qquad (7.27)$$

M_r - mômen do các ngoại lực nằm ở một phía tiết diện đang xét đối với trục song song với trục trung hòa và đi qua điểm lõi cách xa vùng chịu kéo của tiết diện này hơn cả.

Giá trị M_r được xác định như sau:

+ Đối với cấu kiện chịu uốn: $M_r = M$ (7.28)

+ Đối với cấu kiện chịu nén lệch tâm:

$$M_r = N(e_o - r) \qquad (7.29)$$

+ Đối với cấu kiện chịu kéo lệch tâm:

$$M_r = N(e_o + r) \qquad (7.30)$$

với r khoảng cách từ trọng tâm của tiết diện quy đổi đến điểm lõi vùng chịu kéo hơn cả đang được kiểm tra sự hình thành khe nứt:

+ Đối với cấu kiện chịu uốn:

$$r = \frac{W_{red}}{A_{red}} \tag{7.31}$$

+ Đối với cấu kiện chịu kéo lệch tâm:

$$r = \frac{W_{pl}}{A + 2\alpha(A_s + A'_s)} \tag{7.32}$$

A_{red} - diện tích tiết diện quy đổi của tiết diện

W_{red} - mômen kháng uốn của tiết diện quy đổi của cấu kiện đối với thớ chịu kéo ở biên.

Bằng cách tính gần đúng W_{pl} - có thể xác định theo:

$$W_{pl} = \upsilon W_o \tag{7.33}$$

υ - hệ số đặc trưng đàn hồi - dẻo của bêtông vùng nén, lấy theo phụ lục 10

W_o - mômen kháng đàn hồi của tiết diện

ψ_b - hệ số xét đến sự phân bố không đều biến dạng của thớ bêtông chịu nén ngoài cùng trên chiều dài đoạn có vết nứt, được lấy như sau:

+ Đối với bêtông nặng, hạt nhỏ, bêtông nhẹ cấp cao hơn B7,5: $\psi_b = 0,9$

+ Đối với bêtông nhẹ, bêtông rỗng, tổ ong cấp bằng và thấp hơn B7,5: $\psi_b = 0,7$

+ Đối với kết cấu chịu tác động của tải trọng lặp, không phụ thuộc loại và cấp bêtông: $\psi_b = 1$

φ_f - hệ số xét đến bản cánh chịu nén của tiết diện chữ I, T và cốt thép chịu nén A'_s

$$\varphi_f = \frac{(b'_f - b)h'_f + \frac{\alpha}{2\nu}A'_s}{bh_o} \tag{7.34}$$

ξ- chiều cao tương đối của miền bêtông chịu nén:

$$\xi = \frac{1}{\beta + \dfrac{1 + 5(\delta + \lambda)}{10\mu\alpha}} \pm \frac{1,5 + \varphi_f}{11,5\dfrac{e_{o.tot}}{h_o} \mp 5} \le 1 \qquad (7.35)$$

+ Đối với cấu kiện chịu uốn vế phải (7.35) không có thành phần thứ 2

+ Đối với cấu kiện chịu nén lệch tâm vế phải (7.35) có thành phần thứ 2, mang dấu (+)

+ Đối với cấu kiện chịu kéo lệch tâm vế phải của (7.35) có thành phần thứ 2, mang dấu (-)

trong đó:

$\beta = 1,8$ đối với bêtông nặng

$\beta = 1,6$ đối với bêtông hạt nhỏ

$\beta = 1,4$ đối với bêtông rỗng, tổ ong

$$\delta = \frac{M}{R_{b.ser} b h_o^2}\ ; \quad \lambda = \varphi_f\left(1 - \frac{h'_f}{2h_o}\right)\ ; \quad e_{o.tot} = \left|\frac{M}{N_{tot}}\right| \qquad (7.36)$$

Khoảng cách Z_1:

$$Z_1 = h_o\left[1 - \frac{\dfrac{h'_f}{h_o}\varphi_f + \xi^2}{2(\varphi_f + \xi)}\right] \qquad (7.37)$$

+ Đối với cấu kiện chịu nén lệch tâm, giá trị Z_1 cần được lấy không lớn hơn $0,97e_{o.tot}$

+ Đối với cấu kiện tiết diện chữ nhật hoặc chữ T có cánh trong miền kéo trong công thức (7.36), (7.37) thay h'_f bằng $2a'$ hoặc $h'_f = 0$, tương ứng khi có hoặc không có A'_s.

+ Các tiết diện có cánh nằm trong miền nén, khi $\xi < \dfrac{h'_f}{h_o}$ được tính như tiết diện chữ nhất có bề rộng b'_f.

Bảng 7.2 *Hệ số đặc trưng đàn hồi - dẻo của bêtông vùng nén*

Tính chất tác dụng dài hạn của tải trọng	Hệ số ν đối với các cấu kiện làm từ:					
	Bêtông nặng, nhẹ	Bêtông rỗng	Bêtông hạt nhỏ nhóm:			Bêtông tổ ong
			A	B	C	
1-Tác dụng ngắn hạn	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
2- Tác dụng dài hạn, khi độ ẩm không khí môi trường xung quanh:						
a- 40% đến 70%	0,15	0,07	0,10	0,08	0,15	0,20
b- <40%	0,10	0,04	0,07	0,05	0,10	0,10

Độ cong toàn phần $1/r$ đối với các đoạn có khe nứt trong vùng chịu kéo xác định theo công thức sau:

$$\frac{1}{r}=\left(\frac{1}{r}\right)_1-\left(\frac{1}{r}\right)_2+\left(\frac{1}{r}\right)_3 \qquad (7.38)$$

trong đó:

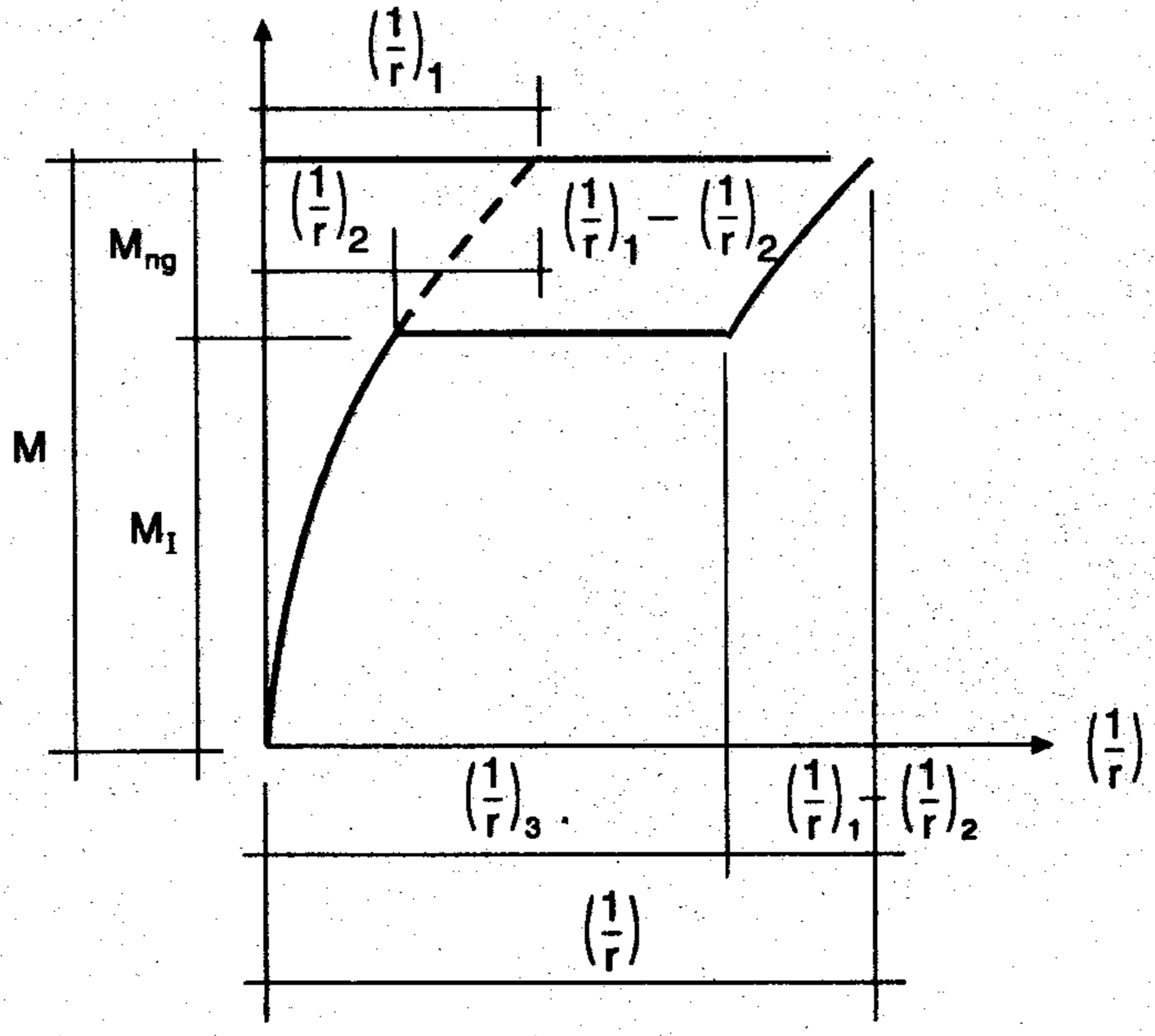
$\left(\frac{1}{r}\right)_1$ - độ cong do tác dụng ngắn hạn của toàn bộ tải trọng dùng để tính toán biến dạng, được tính với giá trị ψ_s và ν ứng với tác dụng ngắn hạn của tải trọng.

$\left(\frac{1}{r}\right)_2$ - độ cong do tác dụng ngắn hạn của tải trọng thường xuyên và tải trọng tạm thời dài hạn, được tính với giá trị ψ_s và ν ứng với tác dụng ngắn hạn của tải trọng.

$\left(\frac{1}{r}\right)_3$ - độ cong do tác dụng dài hạn của tải trọng thường xuyên và tải trọng tạm thời dài hạn, được tính với giá trị ψ_s và ν ứng với tác dụng dài hạn của tải trọng.

Nếu giá trị $\left(\frac{1}{r}\right)_2$ và $\left(\frac{1}{r}\right)_3$ là âm thì được lấy bằng không.

Công thức (7.38) có thể được giải thích thông qua đồ thị biến dạng (H.7.3).



***Hình 7.3** Quan hệ giữa mômen và độ cong*

7.4 ĐỘ CỨNG CỦA DẦM BÊTÔNG CỐT THÉP B

Độ cứng của dầm BTCT trên đoạn có khe nứt trong vùng bêtông chịu kéo

Từ (7.2) kết hợp (7.21) ta có:

Độ cứng dầm bêtông cốt thép:

$$B = \frac{h_o Z_1}{\frac{\Psi_s}{E_s A_s} + \frac{\Psi_b}{\nu E_b A_{td}}} \tag{7.39}$$

Độ cứng dầm **B** còn được viết một cách tổng quát hơn, để tiện trong việc tính toán cho các cấu kiện sau này được viết dưới dạng:

$$B = \frac{h_o Z_1}{\frac{\Psi_s}{E_s A_s} + \frac{\Psi_b}{(\gamma' + \xi)\nu E_b b h_o}} \tag{7.40}$$

Vậy độ cứng của dầm bêtông cốt thép phụ thuộc vào: đặc trưng hình học của tiết diện, cốt thép, tải trọng tác dụng và tính chất đàn hồi - dẻo của bêtông.

Để tăng độ cứng cho dầm bêtông cốt thép bằng cách tăng chiều cao tiết diện dầm có hiệu quả nhất so với khi tăng diện tích cốt thép, mác bêtông, chiều rộng của tiết diện dầm.

7.5 ĐỘ VÕNG CỦA DẦM

7.5.1 Độ võng f_m do biến dạng uốn gây ra được xác định theo

$$f_m = \int_0^l \bar{M}_x \left(\frac{1}{r}\right)_x dx \qquad (7.41)$$

trong đó:

$\bar{M}_x$ - mômen uốn tại tiết diện x do tác dụng của lực đơn vị đặt theo hướng chuyển vị cần xác định của cấu kiện tại tiết diện x trên chiều dài nhịp cần tìm độ võng.

$\left(\frac{1}{r}\right)_x$ - độ cong toàn phần tại tiết diện x do tải trọng gây nên ra độ võng cần xác định.

Đối với cấu kiện chịu uốn có tiết diện không đổi, có khe nứt trong miền kéo, trên từng đoạn có mômen không đổi dấu, cho phép tính độ cong đối với tiết diện có ứng suất lớn nhất, độ cong của các tiết diện còn lại trên đoạn đó được lấy tỷ lệ với giá trị mômen uốn.

Đối với cấu kiện chịu uốn có sơ đồ tính đơn giản, có thể tính độ võng theo công thứ sau:

$$f = \beta\left(\frac{1}{r}\right)l^2 = \beta\frac{M^c_{\max}}{B}l^2 \qquad (7.42)$$

trong đó: β - hệ số phụ thuộc vào liên kết và dạng tải trọng tác dụng, lấy theo phụ lục 11

7.5.2 Độ võng f_q do biến dạng trượt gây ra được xác định theo

$$f_q = \int_0^l \bar{Q}_x \gamma_x dx \qquad (7.43)$$

trong đó:

$\bar{Q}_x$ - lực cắt tại tiết diện x do tác dụng của lực đơn vị đặt theo hướng chuyển vị cần xác định của cấu kiện tại tiết diện x trên chiều dài nhịp cần tìm độ võng.

γ_x - biến dạng trượt, được xác định theo:

$$\gamma_x = \frac{1,5Q_x\varphi_{b2}}{Gbh_o}\varphi_{crc} \tag{7.44}$$

trong đó:

Q_x - lực cắt tại tiết diện x do tác dụng của tải trọng.

G - môđun trượt của bêtông.

$\varphi_{b2} = 2$ - đối với bêtông nặng

$\varphi_{b2} = 1,7$ - đối với bêtông hạt nhỏ

φ_{crc} - hệ số xét ảnh hưởng của khe nứt lê biến dạng trượt lấy như sau:

$$\varphi_{crc} = \frac{3E_bI_{red}}{M_x}\left(\frac{1}{r}\right)_x \tag{7.45}$$

trong đó: M_x ; $1/r$ - lần lượt là mômen, độ cong toàn phần tại tiết diện x do tải trọng gây ra

I_{red} - mômen quán tính của tiết diện quy đổi đối với trọng tâm của nó

Độ võng tổng cộng:

$$f = f_m + f_q \tag{7.46}$$

Độ võng toàn phần f đối với các đoạn có khe nứt trong vùng kéo được xác định theo:

$$f = f_1 - f_2 + f_3 \tag{7.47}$$

trong đó:

f_1 - độ võng do tác dụng ngắn hạn của toàn bộ tải trọng dùng để tính toán biến dạng, được tính với giá trị ψ_s và ν ứng với tác dụng ngắn hạn của tải trọng.

f_2 - độ võng do tác dụng ngắn hạn của tải trọng thường xuyên và tải trọng tạm thời dài hạn, được tính với giá trị ψ_s và ν ứng với tác dụng ngắn hạn của tải trọng.

f_3 - độ võng do tác dụng dài hạn của tải trọng thường xuyên và tải trọng tạm thời dài hạn, được tính với giá trị ψ_s và ν ứng với tác dụng dài hạn của tải trọng.

Share-connect.blogspot.com

Bảng 7.3 *Một số độ võng giới hạn của cấu kiện bêtông cốt thép*

TT	Tên cấu kiện	Độ võng giới hạn
1.	Dầm cầu trục chạy điện	(1/600)L
2.	Sàn phẳng khi nhịp:	
	L < 6m	(1/200)L
	L = 6 – 7,5m	3cm
	L > 7,5m	(1/250)L
3	Sàn có sườn và cầu thang khi nhịp:	
	L < 5m	(1/200)L
	L = 5 -10m	2,5cm
	L >10m	(1/400)/L

Chú thích: L là nhịp tính toán của dầm hoặc của bản kê lên hai gối.

Đối với conson: $L = 2\,L_1$ (L_1 là độ vươn của conson)

7.6 TÍNH TOÁN CẤU KIỆN BTCT THEO SỰ MỞ RỘNG KHE NỨT THẲNG GÓC VỚI TRỤC DỌC CẤU KIỆN

Khả năng chống nứt của cấu kiện được phân thành ba cấp phụ thuộc vào điều kiện làm việc của chúng và loại cốt thép dùng:

Cấp 1: không cho xuất hiện khe nứt.

Cấp 2: cho phép có sự mở rộng ngắn hạn của khe nứt với bề rộng hạn chế a_{crc1}, nhưng chắc chắn khe nứt sẽ khép kín trở lại khi đã dở bỏ tải trọng tạm thời.

Cấp 3: cho phép xuất hiện khe nứt ngắn hạn với bề rộng hạn chế khe nứt a_{crc1} và cho phép xuất hiện khe nứt dài hạn với bề rộng hạn chế a_{crc12}.

Bề rộng khe nứt ngắn hạn được hiểu là sự mở rộng khe nứt tkhi kết cấu chịu tác động đồng thời của tải trọng thường xuyên, tải trọng tạm thời ngắn hạn và dài hạn gây ra.

Bề rộng khe nứt dài hạn được hiểu là sự mở rộng khe nứt khi kết cấu chịu tác động đồng thời của tải trọng thường xuyên, tải trọng tạm thời dài hạn gây ra.

Cấp chống nứt của kết cấu BTCT cũng như giá trị bề rộng khe nứt giới hạn cho phép trong điều kiện môi trường không bị xâm thực cho trong bảng 7.4.

Bảng 7.4 *Cấp chống nứt của kết cấu BTCT cũng như giá trị bề rộng khe nứt để đảm bảo hạn chế thấm cho kết cấu*

Điều kiện làm việc của kết cấu		Cấp chống nứt của kết cấu BTCT cũng như giá trị bề rộng khe nứt giới hạn (mm) để đảm bảo hạn chế kết cấu bị thấm	
1-Kết cấu chịu áp lực của chất lỏng hoặc hơi	Khi toàn bộ tiết diện chịu kéo	Cấp 1	$a_{crc1} = 0,3$ $a_{crc2} = 0,2$
	Khi một phần tiết diện chịu nén	Cấp 3	
2- Kết cấu chịu áp lực của vật liệu rời		Cấp 3	$a_{crc1} = 0,3$ $a_{crc2} = 0,2$

Cấp chống nứt của kết cấu BTCT cũng như giá trị bề rộng khe nứt để đảm bảo an toàn cho cốt thép cho trong bảng 7.5.

Bảng 7.5 *Cấp chống nứt của kết cấu BBTCT và giá trị bề rộng khe nứt giới hạn a_{crc1} và a_{crc2} để đảm bảo an toàn cho cốt thép*

Điều kiện làm việc của cốt thép	Cấp chống nứt và giá trị bề rộng khe nứt a_{crc1} và a_{crc2}		
	Thép thanh nhóm: CI, CII, CIII, CIV, AI, AII AIII, A-IV	Thanh thép nhóm: A-V; A-VI	Thanh thép nhóm: AT-VII
1- Ở nơi được che phủ	Cấp 3 $a_{crc1} = 0,4$ $a_{crc2} = 0,3$	Cấp 3 $a_{crc1} = 0,3$ $a_{crc2} = 0,2$	Cấp 3 $a_{crc1} = 0,2$ $a_{crc2} = 0,1$
2- Nơi ở ngoài trời hoặc trong đất , ở trên hoặc dưới mực nước ngầm	Cấp 3 $a_{crc1} = 0,4$ $a_{crc2} = 0,3$	Cấp 3 $a_{crc1} = 0,2$ $a_{crc2} = 0,1$	Cấp 3 $a_{crc1} = 0,2$
3-Ở trong đất có mực nước ngầm thay đổi	Cấp 3 $a_{crc1} = 0,3$ $a_{crc2} = 0,2$	Cấp 3 $a_{crc1} = 0,2$	Cấp 3 $a_{crc1} = 0,1$

Đối với bêtông cốt thép thường, cho dù tính toán không cho phép nứt nhưng khe nứt vẫn có thể xuất hiện do nhiều yếu tố ngẫu nhiên.

Tải trọng sử dụng dùng trong tính toán kết cấu BTCT theo điều kiện hình thành và mở rộng khe nứt là tải trọng tiêu chuẩn.

7.6.1 Điều kiện để cấu kiện bêtông cốt thép thường không bị nứt như sau:

a) Đối với cấu kiện chịu kéo đúng tâm:

$$N \le N_{crc} = AR_{bt.ser} + 2\frac{E_s}{E_b}R_{bt.ser}A_s \qquad (7.48)$$

b) Đối với cấu kiện chịu kéo lệch tâm:

$$M_r = N(e_o + r) \le M_{crc} = R_{bt.ser}W_{pl} \qquad (7.49)$$

c) Đối với cấu kiện chịu uốn:

$$M \le M_{crc} = R_{bt.ser}W_{pl} \qquad (7.50)$$

d) Đối với cấu kiện chịu nén lệch tâm:

$$M_r = N(e_o - r) \le M_{crc} = R_{bt.ser}W_{pl} \qquad (7.51)$$

trong đó:

N, M- lực dọc, mômen do tải trọng gây ra tại tiết diện đang xét.

N_{crc}, M_{crc} - lực dọc, mômen kháng nứt tại tiết diện đang xét.

W_{crc} - mômen kháng nứt tại tiết diện đang xét.

W_{pl} - mômen kháng uốn của tiết diện.

7.6.2 Bề rộng khe nứt thẳng góc theo TCXDVN 356 - 2005

Bề rộng khe nứt thẳng góc với trục dọc cấu kiện a_{crc} (mm) theo TCXDVN 356-2005 xác định theo:

$$a_{crc} = \delta\varphi_l\eta\frac{\sigma_s}{E_s}20(3,5 - 100\mu)\sqrt[3]{d} \qquad (7.52)$$

trong đó:

Hệ số δ lấy như sau:

$\delta = 1$ - đối với cấu kiện chịu uốn, nén lệch tâm.

$\delta = 1,2$ - đối với cấu kiện chịu kéo.

Hệ số φ_l - khi có tác dụng của:

+ Tải trọng tạm thời ngắn hạn và tác dụng ngắn hạn của tải trọng thường xuyên và tải trọng tạm thời dài hạn: $\varphi_l = 1$.

+ Tải trọng lặp, tải trọng thường xuyên và tải trọng tạm thời dài hạn đối với kết cấu làm từ bêtông nặng trong điều kiện độ ẩm tự nhiên: $\varphi_l = 1,6$.

Hệ số η - lấy như sau:

+ Với cốt thép gờ: $\eta = 1$

+ Với cốt thép trơn: $\eta = 1,3$

Ứng suất của cốt thép σ_s:

+ Đối với cấu kiện chịu kéo đúng tâm: $\sigma_s = \dfrac{N}{A_s}$ (7.53)

+ Đối với cấu kiện chịu uốn: $\sigma_s = \dfrac{M}{A_s Z_1}$ (7.54)

+ Đối với cấu kiện chịu kéo lệch tâm: $\sigma_s = \dfrac{N(e + Z)}{A_s Z}$ (7.55)

+ Đối với cấu kiện chịu nén lệch tâm: $\sigma_s = \dfrac{N(e - Z)}{A_s Z}$ (7.56)

+ Đối với cấu kiện chịu kéo lệch tâm khi $e_{o.tot} < 0,8h_o$:

$$\sigma_s = \frac{N(e + Z_s)}{A_s Z_s} \tag{7.57}$$

+ Đối với cấu kiện chịu nén lệch tâm khi $e_{o.tot} < 0,8h_o$:

$$\sigma_s = \frac{N(e - Z)}{A_s Z} \tag{7.58}$$

Khi vị trí lực dọc N nằm giữa cac trọng tâm tâm cốt thép A_s và A'_s thì giá trị e mang dấu (-).

Khi cốt thép chịu kéo được bố trí nhiều lớp theo chiều cao tiết diện, đối với cấu kiện chịu uốn, kéo - nén lệch tâm với $e_{o.tot} \geq 0,8h_o$ thì σ_s trong (5.53) đến (5.58) cần phải nhân với hệ số:

$$\delta_n = \frac{h - x - a_2}{h - x - a_1} \tag{7.59}$$

trong đó: $x = \xi h_o$ - chiều cao miền nén

a_1, a_2 - khoảng cách từ trọng tâm của toàn bộ cốt thép và từ trọng tâm của lớp 1 cốt thép đến thớ bêtông chịu kéo lớn nhất.

$$Z_1 = h_o \left[1 - \frac{\frac{h'_f}{h_o}\varphi_f + \xi^2}{2(\varphi_f + \xi)} \right] \tag{7.60}$$

$$Z_s = h - (a + a') \tag{7.61}$$

e - khoảng cách từ điểm đặt của lực dọc N đến trọng tâm cốt thép chịu kéo A_s

$$\mu = \frac{A_s}{bh_o} \le 0,02 \tag{7.62}$$

d - đường kính cốt thép (mm)

Đối với cấu kiện có yêu cầu chống nứt cấp 2, bề rộng khe nứt được xác định theo tổng tải trọng thường xuyên, tải trọng tạm thời dài hạn và ngắn hạn với hệ số $\varphi_l = 1$

Đối với cấu kiện có yêu cầu chống nứt cấp 3, bề rộng khe nứt dài hạn a_{crc2} được xác định theo tổng tải trọng thường xuyên, tải trọng tạm thời dài hạn với hệ số $\varphi_l > 1$; còn bề rộng khe nứt gắn hạn a_{crc1} là tổng của bề rộng khe nứt dài hạn và bề rộng khe nứt do tác dụng của tải trọng tạm thời ngắn hạn với hệ số $\varphi_l = 1$.

Vậy: $$a_{crc1} = a_{crc.1t} - a_{crc.1d} + a_{crc2} \tag{7.63}$$

trong đó: $a_{crc.1t}$ - bề rộng khe nứt do tác dụng ngắn hạn của toàn bộ tải trọng.

$a_{crc.dt}$ - bề rộng khe nứt do tải trọng thường xuyên và tải trọng dài hạn, tác dụng ngắn hạn.

a_{crc2} - bề rộng khe nứt do tác dụng dài hạn của tải trọng thường xuyên và tải trọng dài hạn.

7.6.3 Bề rộng khe nứt nghiêng theo TCXDVN 356 - 2005

Bề rộng khe nứt nghiêng khi đặt cốt đai thẳng góc với trục dọc cấu kiện a_{crc} (mm) theo TCXDVN 356-2005 xác định theo:

$$a_{crc} = \varphi_l \frac{0,6\sigma_{sw} d_{sw} \eta}{E_s \frac{d_{sw}}{h_o} + 0,15 E_b (1 + 2\alpha\mu_w)} \tag{7.64}$$

trong đó: hệ số φ_l - khi có tác dụng của:

+ Tải trọng tạm thời ngắn hạn và tác dụng ngắn hạn của tải trọng thường xuyên và tải trọng tạm thời dài hạn: $\varphi_l = 1$.

+ Tải trọng lặp cũng như tác dụng dài hạn của tải trọng thường xuyên và tải trọng tạm thời dài hạn đối với kết cấu làm từ bêtông nặng:

- Trong điều kiện độ ẩm tự nhiên: $\varphi_l = 1,5$
- Trong trang thái bão hòa nước: $\varphi_l = 1,2$
- Khi biến đổi luân phiên giữa trạng thái bão hòa nước và khô : $\varphi_l = 1,75$

Hệ số η - lấy như sau:

+ Với cốt thép gờ: $\eta = 1$

+ Với cốt thép trơn: $\eta = 1,3$

d_{sw} - đường kính cốt đai

$$\alpha = \frac{E_s}{E_b} \tag{7.65}$$

Hàm lượng cốt đai: $\mu_w = \frac{A_{sw}}{bs}$ (7.66)

S - bước cốt đai

Ứng suất cốt đai:

$$\sigma_{sw} = \frac{Q - Q_{b1}}{A_{sw} h_o} s \le R_{sw.ser} \tag{7.67}$$

$$Q_{b1} = 0,8 \frac{\varphi_{b4}(1 + \varphi_f) R_{bt.ser} b h_o^2}{c_o} \tag{7.68}$$

$\varphi_{b4} = 1,5$ - đối với bêtông nặng

c_o - hình chiếu tiết diện nghiêng nguy hiểm nhất.

Khi tính bề rộng khe nứt nghiêng cũng phải xét ảnh hưởng của sự tác dụng dài hạn và ngắn hạn của tải trọng giống như đối với khe nứt thẳng góc.

Bài tập

7.1. Cho dầm đơn giản nhịp $L = 6m$, kích thước tiết diện ngang của dầm $b = 200mm$; $h = 500mm$. Bố trí cốt thép nhóm CII cốt chịu kéo $4\Phi20$ $A_s = 1256,8mm^2$ và cốt chịu nén: $3\Phi14(A_s' = 361,7\,mm^2)$ $E_s = 21\times10^4\ MPa$. Bêtông có cấp độ bền chịu nén B15 có $R_{bn} = 11\,MPa$; $R_{btn} = 1,15\,MPa$; $\gamma_b = 0,9$ $E_b = 24\times10^3\,MPa$.

Chịu tác dụng của tải trọng tiêu chuẩn: Tĩnh tải $G^c = 10\ kN/m$, hoạt tải $P^c = 50\ kN/m$.

Tính độ võng lớn nhất và bề rộng khe nứt lớn nhất của dầm.

Giải:

1- Tính độ võng của dầm:

a) Tính f_1 (độ võng do toàn bộ tải trọng tác dụng ngắn hạn).

$$M = \frac{(G^c + p^c)L^2}{8} = 270\text{kNm}$$

$\alpha = E_s / E_b = 9,13$; a=60mm; $h_o = h - a = 540mm$; $a' = 35mm$

Tính các hệ số:

$\nu = 0,45$

$\varphi_{ls} = 1,1$ (cốt thép có gờ)

$$\varphi_f = \frac{\alpha A_s' / 2\nu}{bh_o} = \frac{9,13\times361,7/2\times0,45}{200\times440} = 0,042$$

$$\mu = \frac{A_s}{bh_o} = \frac{1256,8}{200\times440} = 0,014$$

$$\lambda = \phi_f = 0,042;\quad \delta = \frac{M}{R_{btn}bh^2} = \frac{270.10^6}{1,15\times200\times540^2} = 0,634$$

$$\xi = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5(\delta+\lambda)}{10\mu.\alpha}} = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5(0,634+0,042)}{10\times 0,014\times 9,13}} = 0,194$$

$$Z = \left[1 - \left(\frac{\frac{h_f}{h_o}\varphi_f + \xi^2}{2(\varphi_f + \xi)}\right)\right] h_o = 404,89mm$$

$$W_{pl} = (0,292 + 0,75\frac{\alpha.A'_s}{\nu bh_o} + 0,15\frac{\alpha.A'_s}{bh})bh_o^2$$

$$W_{pl} = (0,292 + 0,75\frac{9,13\times 361,7}{0,45\times 200\times 540} + 0,15\times\frac{9,13\times 361,7}{200\times 600})200\times 540^2$$

$$= 1,449\times 10^7 mm^3$$

(hoặc tính gần đúng theo: $W_{pl} = \beta W_o = 1,75\frac{bh^2}{6}$)

$$\varphi_m = \frac{R_{bn}W_{pl}}{M} = 0,59$$

$$\psi_s = 1,25 - \varphi_{ls}.\varphi_m = 0,601$$

$$\psi_b = 0,9$$

Độ cứng của dầm.

$$B = \frac{h_o.Z}{\frac{\psi_s}{E_s.A_s} + \frac{\psi_b}{(\varphi_f+\xi)\nu.E_b.b.h_o}} = 2,753\times 10^{13} Nmm^2$$

Độ võng của dầm: $f_1 = \frac{5}{48}\frac{M}{B}L^2 = 36,77mm$

(hoặc tính từ : $f_1 = \frac{5}{384}\left(G^c + p^c\right)\frac{L^4}{B} = 36,77\text{mm}$)

b) Tính f_2 (độ võng do tải trọng dài hạn tác dụng ngắn hạn).

$$M = \frac{G^c L^2}{8} = 4,5\times 10^7 Nmm$$

$\alpha = E_s / E_b = 9,13$; $a = 60mm$; $h_o = h - a = 540mm$;

$a' = 35\ mm$

Tính các hệ số:

$$\nu = 0,45$$

$$\varphi_{ls} = 1,1 \text{ (cốt thép có gờ)}$$

$$\varphi_f = \frac{\alpha A_s' / 2\nu}{bh_o} = \frac{9,13 \times 361,7 / 2 \times 0,45}{200 \times 440} = 0,042$$

$$\mu = \frac{A_s}{bh_o} = \frac{1256,8}{200 \times 440} = 0,014$$

$$\lambda = \phi_f = 0,042; \quad \delta = \frac{M}{R_{btn} bh^2} = \frac{270.10^6}{1,15 \times 200 \times 540^2} = 0,106$$

$$\xi = \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5(\delta + \lambda)}{10\mu.\alpha}} = \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5(0,634 + 0,042)}{10 \times 0,014 \times 9,13}} = 0,319$$

$$Z = \left[1 - \left(\frac{\frac{h_f}{h_o}\varphi_f + \xi^2}{2(\varphi_f + \xi)}\right)\right] h_o = 377,87mm$$

$$W_{pl} = (0,292 + 0,75\frac{\alpha.A_s'}{\nu bh_o} + 0,15\frac{\alpha.A_s'}{bh})bh_o^2$$

$$W_{pl} = (0,292 + 0,75\frac{9,13 \times 361,7}{0,45 \times 200 \times 540} + 0,15 \times \frac{9,13 \times 361,7}{200 \times 600})200 \times 540^2$$

$$= 1,449 \times 10^7 mm^3$$

(hoặc tính gần đúng theo: $W_{pl} = \beta W_o = 1,75\frac{bh^2}{6}$ (β theo phụ lục 8)

$$\varphi_m = \frac{R_{bn} W_{pl}}{M} = 3,541 > 1 \text{ lấy } \varphi_m = 1 \text{ để tính}$$

$$\psi_s = 1,25 - \varphi_{ls}.\varphi_m = 0,150.$$

$$\psi_b = 0,9$$

Độ cứng của dầm.

$$B = \frac{h_o.Z}{\frac{\psi_s}{E_s.A_s} + \frac{\psi_b}{(\varphi_f + \xi)\nu.E_b.b.h_o}} = 5,03 \times 10^{13} Nmm^2$$

Độ võng của dầm: $f_1 = \frac{5}{48}\frac{M}{B}L^2 = 3,35mm$

(hoặc tính từ: $f_1 = \frac{5}{384}G^c\frac{L^4}{B} = 3,35\text{mm}$)

c - Tính f_3 (độ võng do tải trọng dài hạn tác dụng dài hạn).

$$M = \frac{G^c L^2}{8} = 4,5.10^7\, Nmm$$

$\alpha = E_s / E_b = 9,13$; $a = 60\text{mm}$; $h_o = h - a = 540mm$; $a' = 35mm$

Tính các hệ số:

$\nu = 0,15$

$\varphi_{ls} = 1,1$ (cốt thép có gờ)

$$\varphi_f = \frac{\alpha A'_s / 2\nu}{bh_o} = \frac{9,13\times 361,7 / 2x0,45}{200\times 440} = 0,042$$

$$\mu = \frac{A_s}{bh_o} = \frac{1256,8}{200\times 440} = 0,014$$

$$\lambda = \phi_f = 0,125;\ \delta = \frac{M}{R_{btn}bh^2} = \frac{270.10^6}{1,15\times 200\times 540^2} = 0,106$$

$$\xi = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5(\delta+\lambda)}{10\mu.\alpha}} = \frac{1}{1,8 + \frac{1+5(0,634+0,042)}{10\times 0,014\times 9,13}} = 0,29$$

$$Z = \left[1 - \left(\frac{\frac{h_f}{h_o}\varphi_f + \xi^2}{2(\varphi_f + \xi)}\right)\right]h_o = 395,48mm$$

$$W_{pl} = (0,292 + 0,75\frac{\alpha.A'_s}{\nu bh_o} + 0,15\frac{\alpha.A'_s}{bh})bh_o^2$$

$$W_{pl} = (0,292 + 0,75\frac{9,13x361,7}{0,45x200x540} + 0,15\times\frac{9,13x361,7}{200x600})200\times 540^2$$

$$= 1,933\times 10^7\, mm^3$$

(hoặc tính gần đúng theo: $W_{pl} = \beta W_o = 1,75\frac{bh^2}{6}$)

Share-connect.blogspot.com

$$\varphi_m = \frac{R_{bn} W_{pl}}{M} = 4,725 > 1 \text{ lấy } \varphi_m = 1 \text{ để tính}$$

$$\psi_s = 1,25 - \varphi_{ls}.\varphi_m = 0,150.$$

$$\psi_b = 0,9$$

Độ cứng của dầm.

$$B = \frac{h_o.Z}{\frac{\psi_s}{E_s.A_s} + \frac{\psi_b}{(\varphi_f + \xi)\nu.E_b.b.h_o}} = 2,256 \times 10^{13}\, Nmm^2$$

Độ võng của dầm: $f_1 = \frac{5}{48}\frac{M}{B}L^2 = 7,48mm$

(hoặc tính từ: $f_1 = \frac{5}{384} G^c \frac{L^4}{B} = 7,48\text{mm}$)

Độ võng tổng cộng

$$f = f_1 - f_2 + f_3 = 40,90\ mm$$

Độ võng tương đối: $\frac{f}{L} = \frac{40,9}{6000} > \left[\frac{f}{L}\right] = \frac{1}{200}$

(Độ võng khá lớn không đạt yêu cầu, phải tăng kích thước tiết diện dầm)

2- Tính bề rộng vết nứt thẳng góc với trục cấu kiện

a) Tính $a_{crc.1t}$ do tác dụng ngắn hạn của toàn bộ tải trọng.

$$M = \frac{(G^c + p^c)L^2}{8} = 270kNm;\ \ \nu = 0,45$$

$$\delta = 1,\ \varphi_l = 1,\ \eta = 1,\ M = 270 \times 10^6\, Nmm,\ z = 404,89mm$$

$$A_s = 1256,8mm^2,\ \sigma_s = \frac{M}{A_s z} = 530,592N/mm^2$$

$$d = 20,\ \mu = 0,014$$

$$a_{crc.1t} = \delta\varphi_l\eta\frac{\sigma_s}{E_s}20(3,5 - 100\mu)\sqrt[3]{d} = 0,288mm$$

Tính $a_{crc.1d}$ do tác dụng ngắn hạn của tải trọng dài hạn.

$$M = \frac{G^c L^2}{8} = 4,5.10^7\, Nmm\,;\ \ \nu = 0,15$$

$$\delta = 1,\ \ \varphi_l = 1,\ \eta = 1,\ z = 377,87mm$$

$$A_s = 1256,8mm^2,\ \sigma_s = \frac{M}{A_s z} = 94,735N/mm^2$$

$$d = 20,\ \mu = 0,014$$

$$a_{crc.1d} = \delta\varphi_l\eta\frac{\sigma_s}{E_s}20(3,5-100\mu)\sqrt[3]{d} = 0,051mm$$

b) Tính $a_{crc.2}$ do tác dụng dài hạn của tải trọng dài hạn.

$$M = \frac{G^c L^2}{8} = 4,5.10^7\, Nmm\,;\ \ \nu = 0,15$$

$$\delta = 1,\quad \varphi_l = 1,6-15\mu = 1,39,\quad \eta = 1,\quad z = 395,48mm$$

$$A_s = 1256,8mm^2,\quad \sigma_s = \frac{M}{A_s z} = 90,536N/mm^2$$

$$d = 20,\ \mu = 0,014$$

$$a_{crc.2} = \delta\varphi_l\eta\frac{\sigma_s}{E_s}20(3,5-100\mu)\sqrt[3]{d} = 0,068mm$$

Bề rộng vết nứt tổng cộng:

$$a_{crc} = a_{crc.1t} - a_{crc.1d} + a_{crc.2}$$
$$= 0,288 - 0,051 + 0,068 = 0,205mm < 0,4mm$$

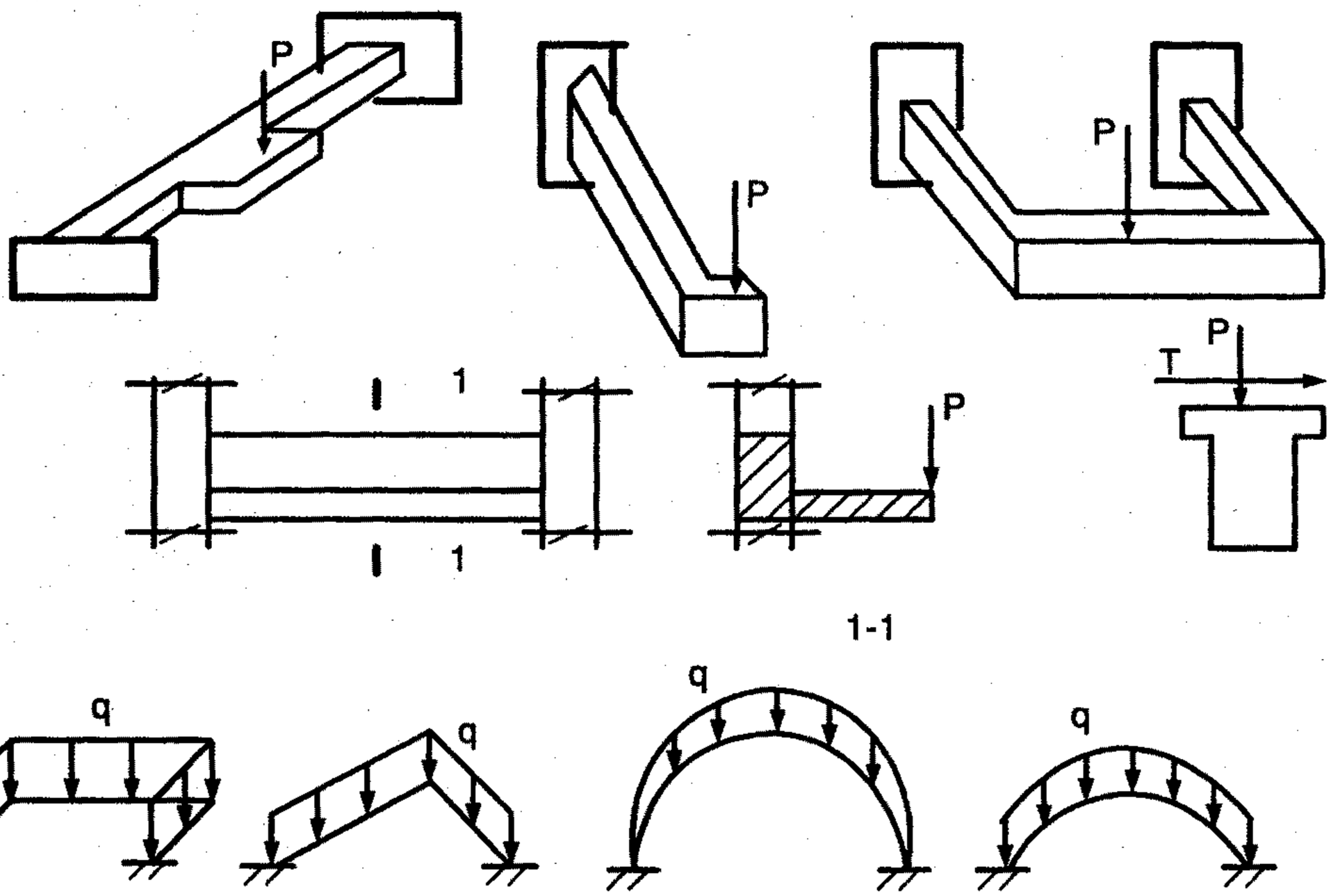
Chương 8

CẤU KIỆN CHỊU UỐN - XOẮN

8.1 KHÁI NIỆM CHUNG

Trong kết cấu BTCT hầu như ta không gặp hiện tượng xoắn thuần túy mà chỉ gặp xoắn cùng với uốn. Các cấu kiện chịu uốn - xoắn thường gặp là các dầm có mặt bằng bằng hình gãy góc, các cung tròn, các dầm limon cầu thang...

Các cấu kiện chịu uốn - xoắn thường gặp:



Hình 8.1 *Các cấu kiện chịu uốn - xoắn thường gặp*

Khả năng chịu xoắn của cấu kiện BTCT kém so với khả năng chịu uốn, do đó cấu kiện chịu xoắn dễ xuất hiện khe nứt.

Với trường hợp xoắn thuần túy ($M_u = 0$), mômen xoắn gây nên ứng suất tiếp mà tổng hợp của chúng sẽ là các ứng suất kéo chính và ứng nén chính nghiêng 45° so với trục cấu kiện. Khi ứng suất kéo chính vượt quá khả năng chịu kéo của bêtông sẽ gây nên các vết nứt vuông góc với phương ứng suất kéo chính, tức là vết nứt sẽ nghiêng với trục dầm một góc 45°.

Trường hợp cấu kiện vừa chịu xoắn vừa chịu uốn thì sự làm việc của nó phức tạp hơn. Các vết nứt sẽ tạo nên tiết diện vênh gồm ba phía chịu kéo và một phía chịu nén. Sự phá hoại theo tiết diện vênh sẽ bắt đầu khi ứng suất trong cốt thép vùng kéo đạt đến giới hạn chảy hoặc ứng suất trong vùng bêtông chịu nén đạt đến cường độ của nó.

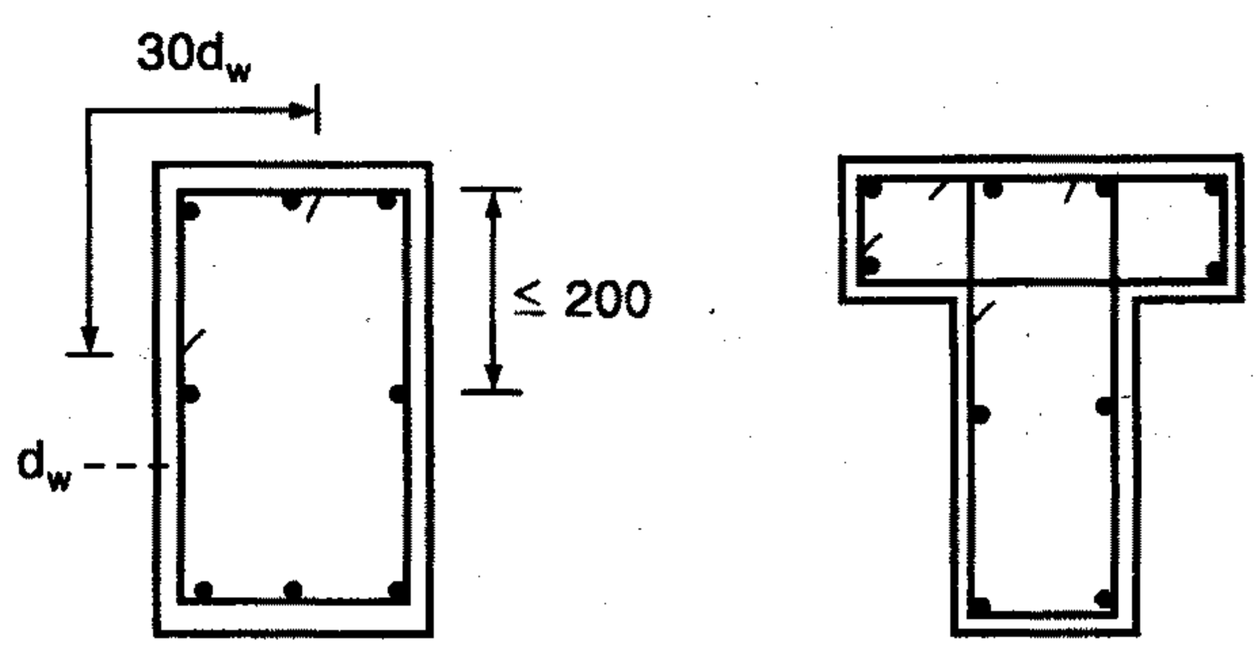
8.2 CẤU TẠO

Cấu kiện chịu xoắn thường có tiết diện đặc, cũng có thể có tiết diện rỗng nhưng tỷ số các cạnh phải nhỏ hơn 3/1. Tiết diện thường gặp: hình vuông, chữ nhật, chữ T...

Để chịu được mômen xoắn, trong cấu kiện chịu uốn - xoắn cần phải đặt cốt dọc theo chu vi tiết diện và cốt đai khép kín.

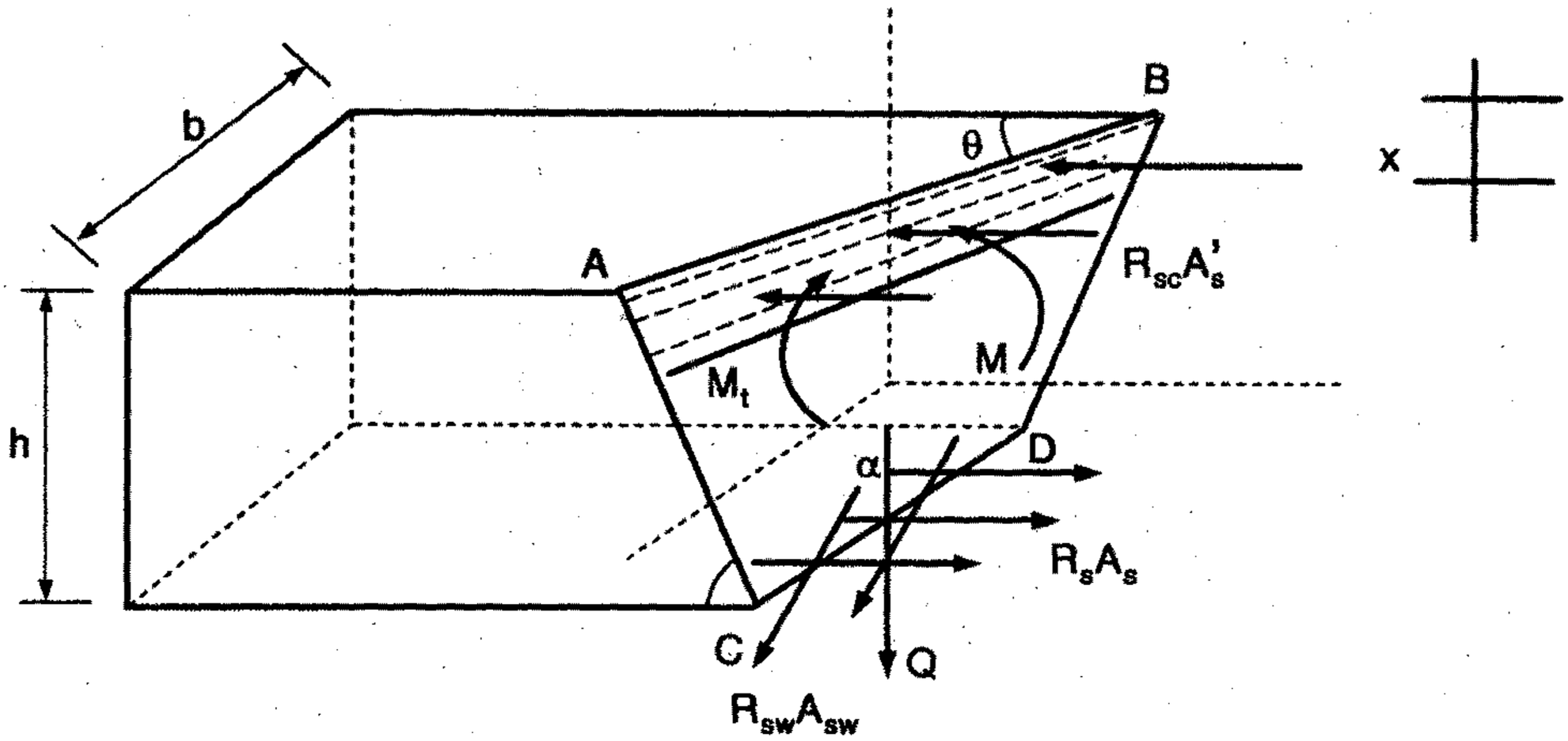
Các cốt dọc cần phải được neo chắc vào gối với chiều dài $L_{an} \geq 30d$. Cốt đai trong khung buộc cần phải có hai đầu chập với nhau một đoạn không nhỏ hơn 30 lần đường kính của nó. Các cốt ngang trong khung hàn cần được làm thành vòng kín, đầu mút được hàn chắc với cốt dọc. Cấu kiện có tiết diện chữ T, I cần đặt cốt đai thành vòng kín trong cả sườn và cánh.

Khi cạnh của tiết diện $\leq 200mm$ đặt ít nhất hai cốt dọc, với cạnh $> 200mm$ đặt ít nhất ba cốt dọc và khoảng cách giữa hai cốt dọc không quá $200mm$.



***Hình 8.2** Cấu tạo cấu kiện chịu uốn xoắn*

8.3 TÍNH TOÁN ĐỘ BỀN TIẾT DIỆN KHÔNG GIAN CẤU KIỆN CHỮ NHẬT CHỊU UỐN - XOẮN ĐỒNG THỜI



Hình 8.3 *Sơ đồ nội lực trong tiết diện không gian cấu kiện BTCT chịu uốn - xoắn đồng thời khi tính toán theo độ bền*

Thí nghiệm cấu kiện chịu xoắn thuần túy, mômen xoắn gây nên ứng suất tiếp mà tổng hợp của chúng sẽ là các ứng suất kéo chính và ứng suất nén chính nghiêng 45° so với trục của cấu kiện. Các ứng suất kéo chính khi vượt quá khả năng chịu kéo của bêtông sẽ gây ra các vết nứt vuông góc với phương ứng suất kéo chính, có nghĩa là các vết nứt sẽ nghiêng 45° so với trục dầm.

Trường hợp cấu kiện chịu uốn - xoắn thì sự làm việc của nó phức tạp hơn. Các vết nứt sẽ tạo nên tiết diện vênh gồm ba phía chịu kéo và một phía chịu nén. Sự phá hoại theo tiết diện vênh sẽ bắt đầu khi ứng suất trong cốt thép chịu kéo đạt đến giới hạn chảy hoặc ứng suất của bêtông chịu nén đạt đến cường độ chịu nén.

8.3.1 Các giả thiết tính toán

Cấu kiện có chịu mômen xoắn M_t cần được tính toán kiểm tra khả năng chịu lực theo tiết diện vênh trong không gian với các giả thiết:

- Bỏ qua khả năng chịu kéo của bêtông.
- Vùng chịu của tiết diện không gian được coi là phẳng, nằm nghiêng một góc θ với trục dọc cấu kiện, khả năng chịu nén của bêtông lấy bằng $R_b\sin^2\theta$, phân bố đều trên vùng chịu nén.

- Ứng suất trong cốt dọc và cốt đai cắt qua vùng kéo của tiết diện không gian đang xét lấy bằng cường độ tính toán của nó: R_s, R_{sw}.
- Ứng suất của cốt dọc nằm trong vùng nén lấy bằng cường độ tính toán của nó R_{sc}.

8.3.2 Điều kiện cường độ

Cấu kiện chịu uốn - xoắn có thể bị phá hoại theo tiết diện vênh do các cốt dọc và cốt đai đạt đến giới hạn về cường độ, cần kiểm tra theo hai điều kiện:

Điều kiện hạn chế về ứng suất nén chính:

Mọi cấu kiện chịu mômen xoắn cần thỏa mãn điều kiện sau:

$$M_t \le 0{,}1\gamma_b R_b . b^2 h \tag{8.1}$$

trong đó: b - cạnh bé của tiết diện; h - cạnh lớn của tiết diện.

M_t - mômen xoắn

Điều kiện cường độ theo tiết diện vênh:

$$M_t \le M_{gh} \tag{8.2}$$

Đặc trưng làm việc của cấu kiện chịu uốn - xoắn được xác định trên cơ sở các hệ số χ và φ_q - đặc trưng cho quan hệ giữa các nội lực M_t, M, Q:

$$\chi = \frac{M}{M_t} \tag{8.3}$$

$$\varphi_q = 1 + \frac{Qh}{2M_t} \tag{8.4}$$

trong đó: M_t- mômen xoắn; M- mômen uốn; Q- lực cắt

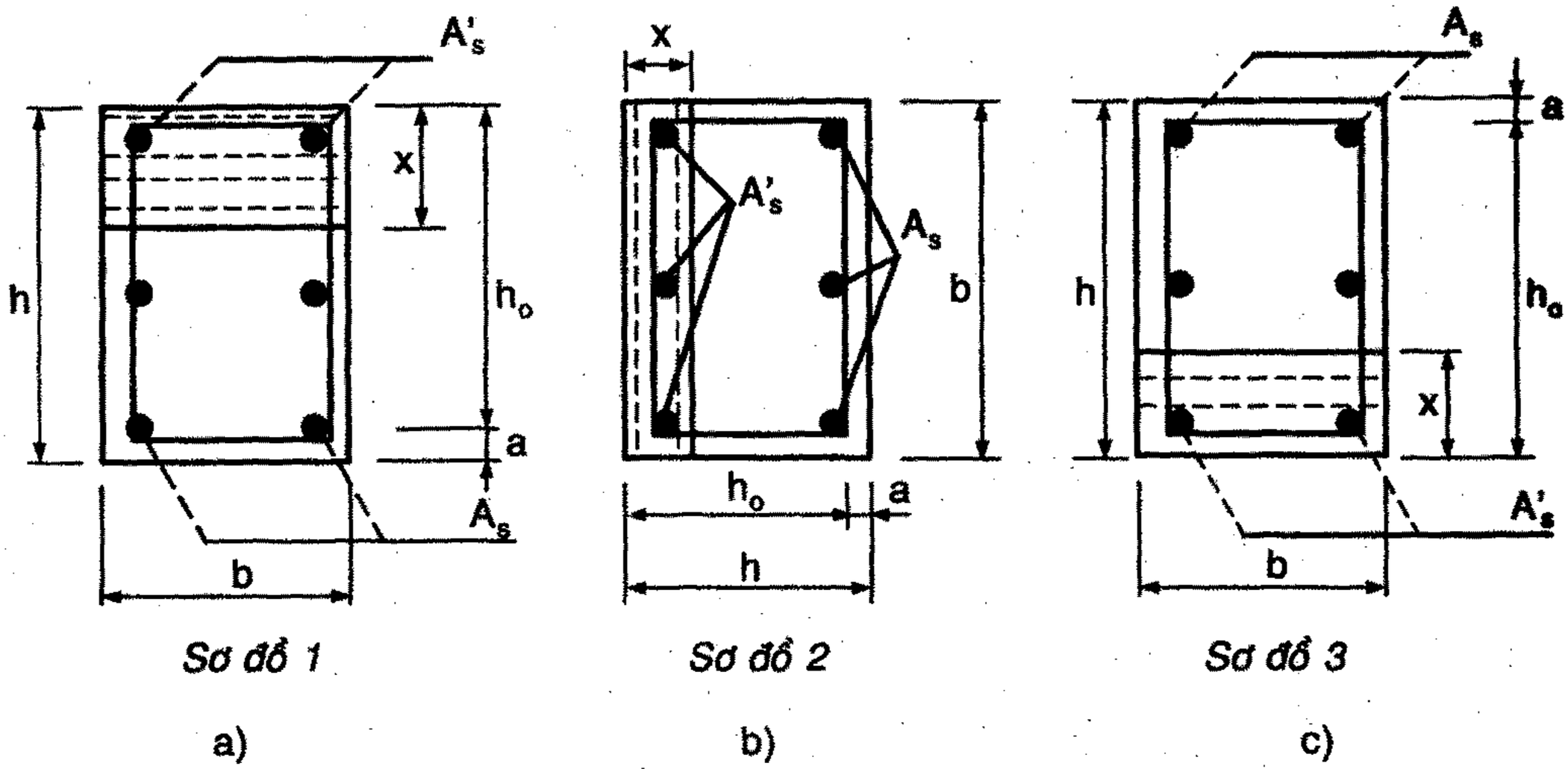
8.3.3 Các sơ đồ kiểm tra

Cấu kiện chịu uốn - xoắn chịu đồng thời các nội lực M, M_t và Q. Việc tính toán theo tiết diện không gian có kể đồng thời ba nội lực đó khá phức tạp và cũng chưa có được cách tính hoàn hảo. Vì vậy, đơn giản trong việc tính toán kiểm tra khả năng chịu lực, đối với cấu kiện chịu uốn - xoắn được tính toán kiểm tra theo ba sơ đồ:

Sơ đồ 1: ở cạnh bị nén do uốn của cấu kiện (***Hình 8.4a***)

Sơ đồ 2: ở cạnh của cấu kiện, song song với mặt phẳng tác dụng của mômen uốn (***Hình 8.4b***)

Sơ đồ 3: ở cạnh bị kéo do uốn của cấu kiện (***Hình 8.4c***)



Hình 8.4 *Sơ đồ vị trí vùng chịu nén của tiết diện không gian*

8.4 TÍNH SƠ BỘ CỐT THÉP

Phương pháp tính cốt thép cấu kiện chịu uốn - xoắn chịu đồng thời M, M_t và Q rất phức tạp, thông thường cốt thép trong cấu kiện chịu uốn - xoắn được tính toán và bố trí sơ bộ sau đó kiểm tra lại khả năng chịu xoắn thì đơn giản hơn.

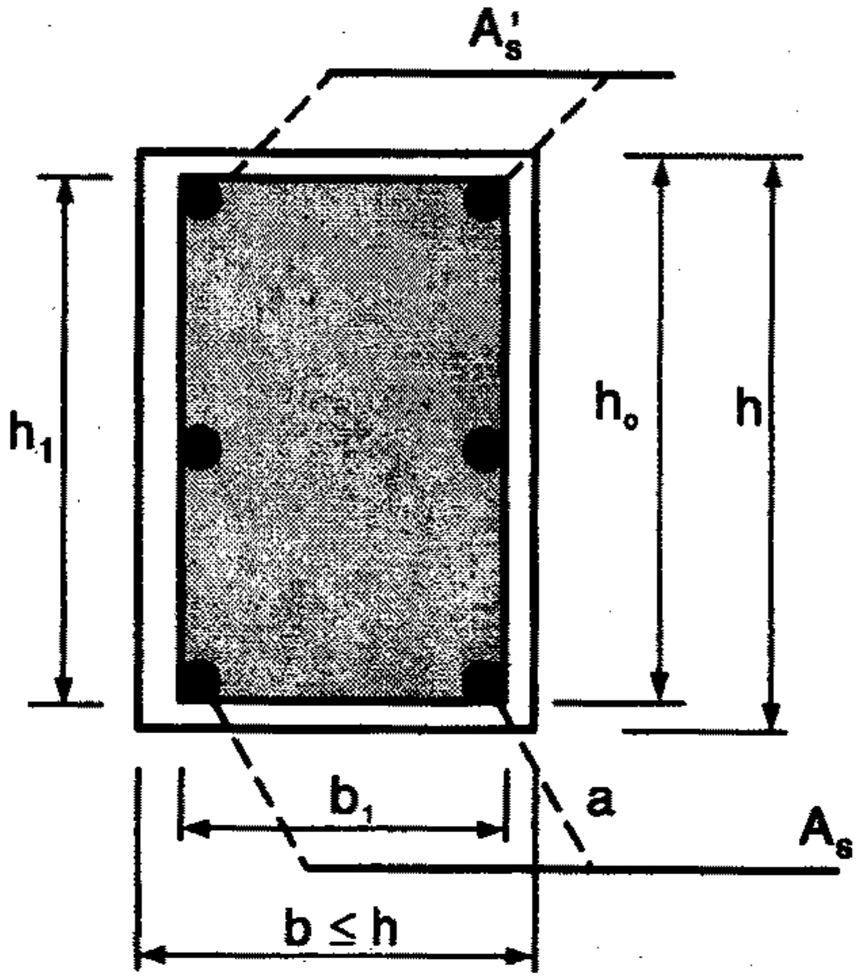
Tính cốt thép sơ bộ như sau:

- Từ M tính đươc cốt doc.
- Từ Q tính được cốt đai.
- Từ M_t tính được cốt dọc và cốt đai.

Cốt thép bố trí trong tiết diện là tổng hợp của cả bốn loại thép trên.

Có thể tính sơ bộ cốt thép như sau:

Đặc trưng hình học



Hình 8.5

Mômen tĩnh chống xoắn W_t:

$$W_t = \frac{b^2}{6}(3h - b) \tag{8.5}$$

Diện tích lõi chống xoắn Ω: phần diện tích nằm bên trong cốt đai, lấy trục của thanh cốt đai làm giới hạn:

$$\Omega = b_1 h_1 \tag{8.6}$$

Chu vi lõi chống xoắn V

$$V = 2(b_1 + h_1) \tag{8.7}$$

trong đó: b- cạnh nhỏ của tiết diện

$$b_1 = b - 2(a_o + 0{,}5d_{sw}) \tag{8.8}$$

$$h_1 = h - 2(a_o + 0{,}5d_{sw}) \tag{8.9}$$

Ứng suất do M_t và Q gây ra:

$$\tau = \frac{M_t}{W_t} + \frac{Q}{bh_o} \tag{8.10}$$

- Nếu $\tau \le R_{bt}$ (cường độ chịu kéo của bêtông) thì bêtông đủ khả năng chịu xoắn, không cần tính toán về xoắn, cốt thép chịu xoắn chỉ đặt theo cấu tạo.

- Nếu $\tau > R_{bt}$ (cường độ chịu kéo của bêtông) thì cần tính toán cốt dọc và cốt đai chịu xoắn.

Trình tự tính cốt thép:

- Cốt thép chịu uốn: cốt dọc

$$a_m = \frac{M}{\gamma_b R_b b h_o^2} \le \alpha_R ; \quad \xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m} ; \quad A_{su} = \xi \gamma_b R_b b h_o \qquad (8.11)$$

- Cốt thép chịu cắt: cốt đai

Chọn d_{sw}, n

Khoảng cách giữa các cốt đai:

$$s = R_{sw} n \pi d_{sw}^2 \frac{\varphi_{b2} \gamma_b R_{bt} b h_o^2}{Q^2} \qquad (8.12)$$

- Cốt thép chịu xoắn:

Cốt dọc chịu xoắn: toàn bộ cốt dọc chịu xoắn

$$A_{st} = \frac{M_t V}{1{,}6 \Omega R_s} \qquad (8.13)$$

Phân phối A_{st} cho các cạnh:

Ở trên cạnh chịu kéo do uốn:

$$A_s = A_{st} \frac{b_1}{V} + A_{su} \qquad (8.14)$$

Ở trên cạnh h:

$$A_{s1} = A_{st} \frac{h_1}{V} \qquad (8.15)$$

Cốt đai chịu xoắn:

Khoảng cách giữa các cốt đai:

$$s_t = \frac{1{,}6 \Omega A_{sw} R_{sw}}{M_t} \qquad (8.16)$$

Khoảng cách giữa các cốt đai chịu uốn - xoắn:

$$s_w = \frac{s . s_t}{s + s_t} \qquad (8.17)$$

Từ kết quả tính cốt thép đó, tiến hành chọn và bố trí cốt thép trong tiết diện cấu kiện và tiến hành kiểm tra khả năng chịu xoắn cho tiết diện.

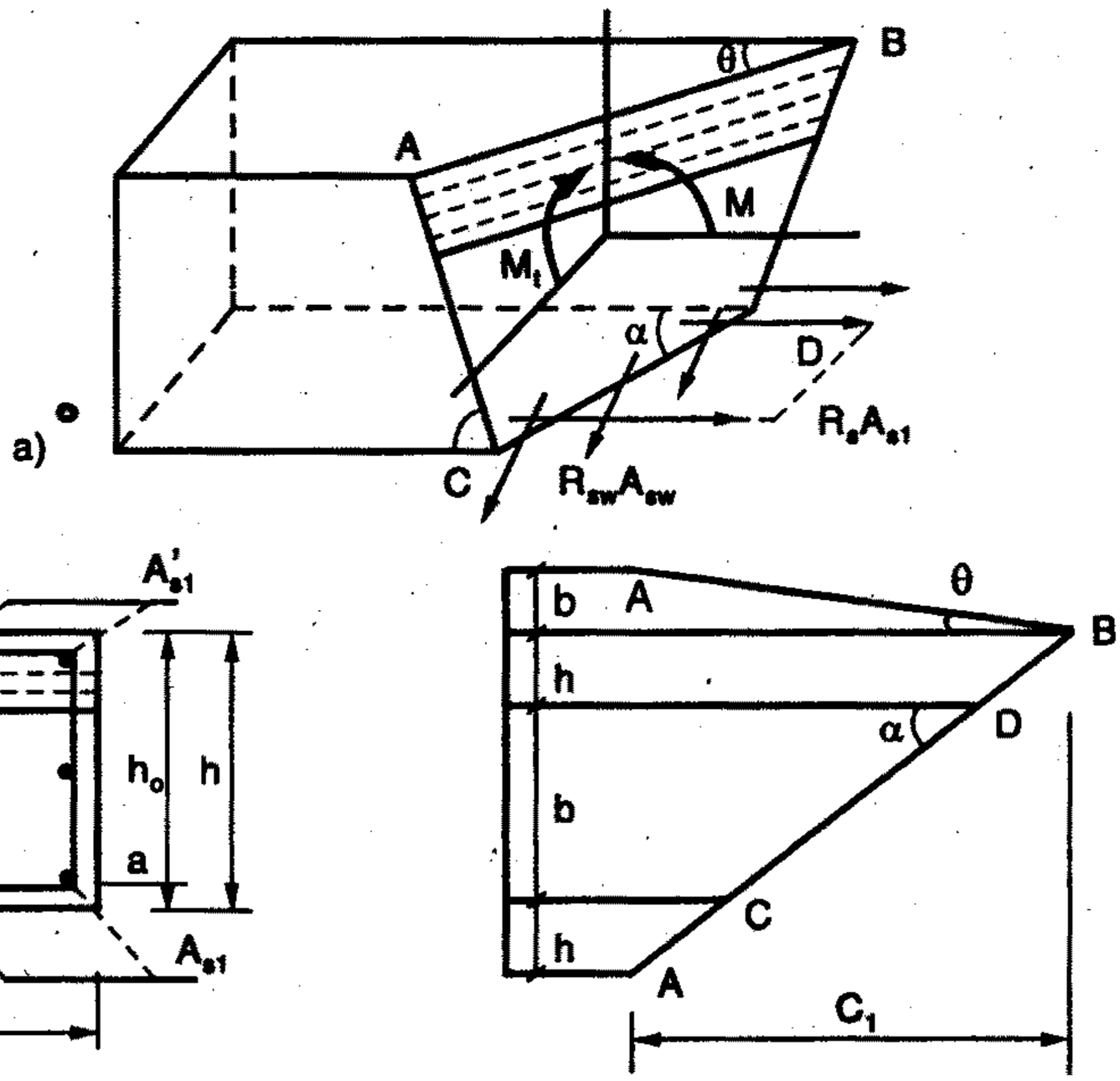
8.5 KIỂM TRA KHẢ NĂNG CHỊU LỰC THEO ĐỘ BỀN

8.5.1 Tính toán theo sơ đồ 1: Do M và M_t

8.5.1.1- Điều kiện cường độ

Sơ đồ tính toán tiết diện vênh ABDC thể hiện trên (H.8.6). Cạnh chịu nén AB nghiêng so với trục dầm một góc θ, có hình chiếu lên phương ấy là C_1. Cạnh DC nghiêng với trục dầm một góc α. Ứng suất trong bêtông chịu nén đạt đến R_b và tác dụng vuông góc với AB. Ứng suất trong cốt dọc chịu kéo đạt đến R_s và trong cốt dọc chịu nén đạt đến R_{sc} và hướng theo trục thanh. Nội lực tính toán trong mỗi nhánh cốt đai là $R_{sw}A_{sw}$ và hướng theo trục của nó.

Chiếu tiết diện vênh ABDC lên mặt phẳng vuông góc với trục dầm sẽ được hình 8.6b như là tiết diện thẳng góc, với x_1 là chiều cao vùng nén.



Hình chiếu của tiết diện vênh ABCD mặt phẳng thẳng góc với trục dầm

***Hình 8.6** Tính toán theo sơ đồ 1 (với M và M_x)*

Share-connect.blogspot.com

- Phương trình hình chiếu của các lực lên phương trục dầm:

$$\sum X = 0 \Leftrightarrow R_s.A_{s1} - R_{sc}.A'_{s1} - \gamma_b R_b AB x_1 . \sin\theta = 0 \qquad (8.18)$$

với: $AB.\sin\theta = b$ hay $R_s.A_{s1} - R_{sc}.A'_{s1} - \gamma_b R_b.b x_1 = 0$ (8.19)

Ta thấy (6.19) giống cấu kiện chịu uốn.

- Phương trình cân bằng mômen lấy đối với trục đi qua hợp lực vùng bêtông chịu nén và theo phương AB:

$$M \sin\theta + M_t \cos\theta =$$

$$= R_s.A_{s1} \sin\theta\left(h_o - \frac{x_1}{2}\right) + \sum R_{sw}.A_{sw} \cos\theta\left(h_o - \frac{x_1}{2}\right) \qquad (8.20)$$

Trong phương trình bỏ qua ảnh hưởng của cốt dọc chịu nén và các cốt đai cắt qua cạnh BD và AC, cả cốt đai chịu nén theo cạnh AB.

Gọi s là khoảng cách giữa các cốt đai:

$$\sum A_{sw} = \frac{A_{sw}}{s} DC \cos\alpha \quad \text{mà} \quad DC = \frac{b}{\sin\alpha} \quad \text{nên:}$$

$$\sum A_{sw} = A_{sw} \frac{\cos\alpha}{\sin\alpha} \frac{b}{s} \quad \text{mà} \quad tg\alpha = \frac{C_1}{2h + b} \quad \text{do đó:}$$

$$\sum R_{sw} A_{sw} = \frac{R_{sw}.A_{sw}}{s} . \frac{bC_1}{(2h + b)} \qquad (8.21)$$

Đặt: $q_{sw} = \dfrac{R_{sw}.A_{sw}}{s}$ (8.22)

A_{sw} - diện tích tiết diện ngang của một thanh cốt đai.

Thay (6.21) vào (6.20), rồi chia cả hai vế cho $\cos\theta$ và đặt M_t thành thừa số chung ở vế trái ta có:

$$M_t\left(1 + \frac{M}{M_t} tg\theta\right) = R_s A_{s1} tg\theta(h_o - 0{,}5x_1) + q_{sw} \frac{bC_1}{2h + b}(h_o - 0{,}5x_1) \qquad (8.23)$$

trong đó: $tg\theta = \dfrac{b}{C_1}$ (8.24)

Đem tách riêng M_t ở vế trái, dùng dấu bất đẳng thức để thể hiện điều kiện về cường độ và sau khi biến đổi ta được:

$$M_t \le M_{gh} = \frac{R_s.A_{s1}(1 + \frac{R_{sw}A_{sw}}{R_sA_{s1}}\frac{b}{s}\frac{b}{2h+b}\frac{C_1^2}{b^2})(h_o - 0{,}5x_1)}{\frac{C_1}{b} + \frac{M}{M_t}} \quad (8.25)$$

Đặt: $\delta_1 = \frac{b}{2h+b}$; $\lambda_1 = \frac{C_1}{b}$; $\varphi_{q1} = 1 + \frac{Qh}{2M_t} = 1$; $\chi_1 = \frac{M}{M_t}$ (8.26)

$$\varphi_{w1} = \frac{R_{sw}A_{sw}}{R_sA_{s1}}\frac{b}{s} \quad (8.27)$$

Biểu thức (6.25) viết lại dưới dạng sau:

$$M_t \le R_sA_{s1}\frac{1 + \varphi_{w1}\delta_1\lambda_1^2}{\varphi_{q1}\lambda_1 + \chi_1}(h_o - 0{,}5x_1) \quad (8.28)$$

Chú thích: Theo nghiên cứu thực nghiệm thấy rằng nên hạn chế trong khoảng:

$$\varphi_{w1.\min} \le \varphi_{w1} \le \varphi_{w1.\max} \quad (8.29)$$

trong đó: $\varphi_{w1.\min} = \frac{0{,}5}{1 + \frac{M}{2\varphi_{w1}M_u}}$ (8.30)

$$\varphi_{w1.\max} = 1{,}5\left(1 - \frac{M}{M_u}\right) \quad (8.31)$$

Nếu giá trị φ_{w1} tính theo (8.27) nhỏ hơn $\varphi_{w1.min}$ thì lúc này trong biểu thức (8.19) và (8.28) thay R_{s1} bằng $k_1R_sA_{s1}$ với:

$$k_1 = \frac{\varphi_{w1}}{\varphi_{w1.\min}} \quad (8.32)$$

trong đó: M- mômen uốn

M_u- mômen uốn lớn nhất mà tiết diện thẳng góc với trục dọc cấu kiện chịu được.

Tổng quát biểu thức (8.28) viết lại dưới dạng sau:

$$M_t \le k_1R_sA_{s1}\frac{1 + \varphi_{w1}\delta_1\lambda_1^2}{\varphi_{q1}\lambda_1 + \chi_1}(h_o - 0{,}5x_1) \quad (8.33)$$

8.5.1.2 Tính hình chiếu tiết diện C_{01}

Theo (8.33) giá trị C_1 vẫn chưa biết $\left(\lambda_1 = \frac{C_1}{b}\right)$, xác định C_1 theo điều kiện tiết diện vênh được khảo sát là nguy hiểm nhất, bằng điều kiện cực tiểu của vế phải (8.33), tức lấy đạo hàm của vế phải (8.33) theo C_1, rồi cho đạo hàm đó bằng không, tìm được C_{01}:

$$C_{01} = -\chi_1 b + b\sqrt{\left(\chi_1^2 + \frac{1}{\varphi_{w1}\delta_1}\right)} \tag{8.34}$$

Điều kiện hạn chế:

$$C_{01} \le 2h + b \tag{8.35}$$

Kết hợp (8.34) và (8.35) được:

$$C_{o1} = -\chi_1 b + b\sqrt{\left(\chi_1^2 + \frac{1}{\varphi_{w1}\delta_1}\right)} \le 2h + b \tag{8.36}$$

$$\text{hoặc } C_{o1} = -\chi_1 b + b\sqrt{\left(\chi_1^2 b^2 + \frac{R_s A_{s1}}{R_{sw} A_{sw}}\right) s(2b + h)} \le 2h + b \tag{8.37}$$

8.5.1.3 Tính mômen uốn lớn nhất

M_u được tính như sau:

Tính: $$\xi = \frac{R_s A_{s1} - R_{sc} A'_{s1}}{\gamma_b R_b b h_o} \tag{8.38}$$

- Nếu $$\xi = \frac{2a'}{h_o \div \xi_R} \tag{8.39}$$

M_u tính theo:

$$M_u = \alpha_m \gamma_b R_b b h_o^2 + R_{sc} A'_{s1}(h_o - a') \tag{8.40}$$

- Nếu $\xi > \xi_R$ M_u tính theo:

$$M_u = \alpha_R \gamma_b R_b b h_o^2 + R_{sc} A'_{s1}(h_o - a') \tag{8.41}$$

- Nếu $\xi < \frac{2a'}{h_o}$ M_u tính theo:

$$M_u = R_{s1} A_{s1}(h_o - a') \tag{8.42}$$

8.5.1.4 Tính chiều cao miền bêtông chịu nén x_1

Chiều cao miền bêtông chịu nén x_1 được xác định từ (8.19).

$$R_s.A_{s1} - R_{sc}A'_{s1} - \gamma_b R_b.bx_1 = 0 \qquad (8.19)$$

Điều kiện sử dụng:

$$x_1 \le \xi_R h_o \text{ và } x_1 \ge 2a' \qquad (8.43)$$

Chú thích:

- Khi kể đến A'_{s1} mà $x_1 < 2a'$ (kể cả $x_1 < 0$) thì xem $A'_{s1} = 0$ để tính

$$x_1 = \frac{R_s A_{s1}}{\gamma_b R_b b} \qquad (8.44)$$

- Khi tính $x_1 > \xi_R h_o$ có nghĩa do A_{s1} quá nhiều, lúc này trong biểu thức (6.31) thay $R_s A_{s1}$ bằng $k_{11} R_s A_{s1}$ với:

$$k_{11} = \frac{\xi_R h_o}{x_1} \qquad (8.45)$$

8.5.2 Tính toán theo sơ đồ 2: Do Q và M_t ($M = 0$)

8.5.2.1 Điều kiện cường độ

1- Khi $M_t \le 0,5Q_b$ thì khi tính theo sơ đồ 2, kiểm tra theo điều kiện:

$$Q \le Q_{sw} + Q_b - \frac{3M_t}{b} = Q_{wb} - \frac{3M_t}{b} \qquad (8.46)$$

trong đó: Q_{sw}, Q_b- khả năng chịu cắt của cốt đai, bêtông, xác định như cấu kiện chịu uốn thuần túy.

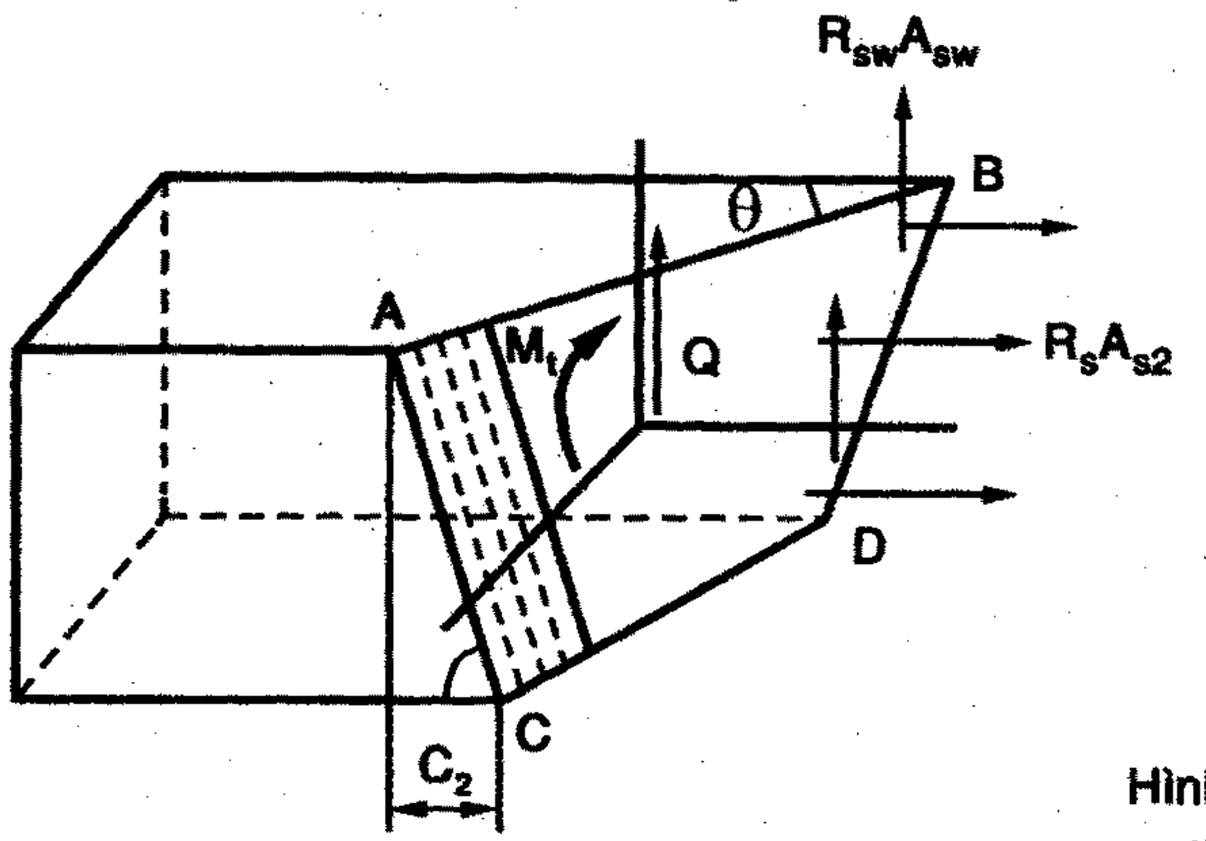
$$Q_{wb} = 2\sqrt{\varphi_2 \gamma_b R_{bt} h b_o^2 q_{sw}} \qquad (8.47)$$

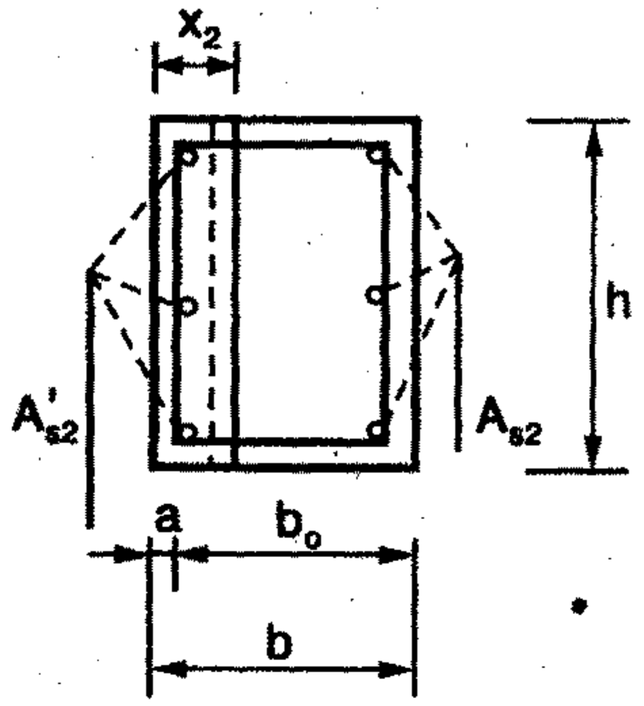
$$q_{sw} = \frac{R_{sw} n A_{sw}}{s} \qquad (8.58)$$

2- Khi $M_t > 0,5Q_b$ (8.49)

Sự phá hoại xảy ra theo tiết diện vênh với vùng nén nằm theo cạnh bên (cạnh h) của tiết diện.

Cũng lập luận như trong phần tính theo sơ đồ 1 (H.8.6a), xác lập các phương trình cân bằng tính theo sơ đồ 2 (H.8.7) như sau:





Hình chiếu của tiết diện vênh ABCD
mặt phẳng thẳng góc với trục dầm

Hình 8.7 *Tính toán theo sơ đồ 2 (với Q và M_t)*

Phương trình cân bằng hình chiếu:

$$R_s.A_{s2} - R_{sc}A'_{s2} - \gamma_b R_b.hx_2 = 0 \qquad (8.50)$$

Phương trình cân bằng mômen:

$$M_t \le R_s A_{s2} \frac{1 + \varphi_{w2}\delta_2\lambda_2^2}{\varphi_{q2}\lambda_2}(b_o - 0{,}5x_2) \qquad (8.51)$$

trong đó: A_{s2}, A'_{s2}- diện tích tiết diện cốt thép chịu kéo và chịu nén đặt dọc theo cạnh h như trên hình (8.7b)

b_o- khoảng cách từ trọng tâm cốt thép chịu kéo A_{s2} đến mép chịu nén của tiết diện.

8.5.2.2 Tính hình chiếu tiết diện C_{02}

$$C_{02} = \sqrt{\frac{h^2}{\varphi_{w2}\delta_2}} \qquad (8.52)$$

hoặc
$$C_{02} = \sqrt{\frac{R_s A_{s2}}{R_{sw}A_{sw}} s(2b + h)} \qquad (8.53)$$

Điều kiện hạn chế:

$$C_{02} \le 2b + h \qquad (8.54)$$

Kết hợp (8.33) và (8.34) được:

$$C_{02} = \sqrt{\frac{R_s A_{s2}}{R_{sw} A_{sw}} s(2b + h)} \leq 2b + h \tag{8.55}$$

Các hệ số:

$$\delta_2 = \frac{h}{2b + h}; \quad \lambda_2 = \frac{C_{02}}{h}; \quad \varphi_{q2} = 1 + \frac{Qh}{2M_t} \tag{8.56}$$

$$\varphi_{w2} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{R_s A_{s2}} \frac{h}{s} \tag{8.57}$$

Giá trị φ_{w2} nên thỏa mãn điều kiện:

$$0{,}5 \leq \varphi_{w2} \leq 1{,}5 \tag{8.58}$$

Nếu $\varphi_{w2} < 0{,}5$ thì lúc này trong biểu thức (8.50) và (8.51) thay $R_s A_{s2}$ bằng $k_2 R_s A_{s2}$ với $k_2 = \frac{\varphi_{w2}}{0{,}5}$ (8.59)

Biểu thức (8.50) và (8.51) được viết lại:

$$k_2 R_s . A_{s2} - R_{sc} A'_{s2} - \gamma_b R_b . h x_2 = 0 \tag{8.60}$$

$$M_t \leq k_2 R_s A_{s2} \frac{1 + \varphi_{w2} \delta_2 \lambda_2^2}{\varphi_{q2} \lambda_2} (b_o - 0{,}5 x_2) \tag{8.61}$$

8.5.2.3 Tính chiều cao miền bêtông chịu nén x_2

Chiều cao miền bêtông chịu nén x_2 được xác định từ

$$R_s A_{s2} - R_{sc} A'_{s2} - \gamma_b R_b h x_2 = 0 \tag{8.62}$$

Điều kiện sử dụng:

$$x_2 \leq \xi_R b_o \text{ và } x_2 \geq 2a' \tag{8.63}$$

Chú thích:

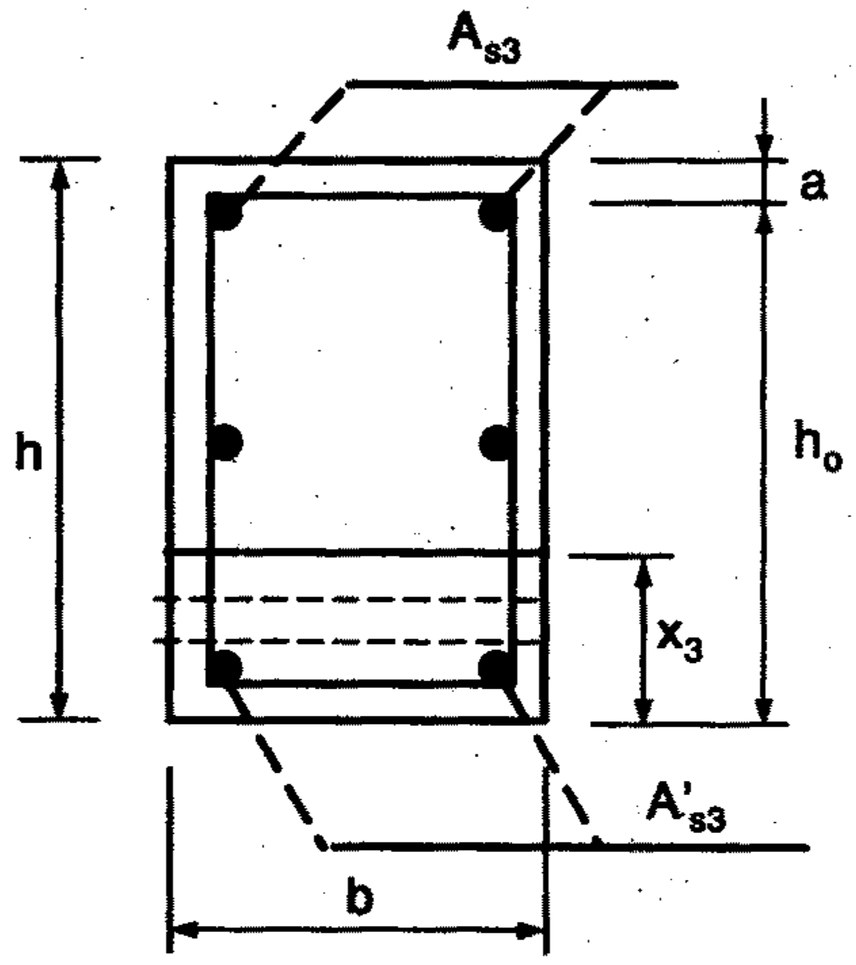
- Khi kể đến A'_{s2} mà $x_2 < 2a'$ (kể cả $x_2 < 0$) thì xem $A'_{s2} = 0$ để tính $x_2 = \frac{R_s A_{s2}}{\gamma_b R_b h}$ (8.64)

- Khi tính $x_2 > \xi_R b_o$ có nghĩa do A_{s2} quá nhiều, lúc này trong biểu thức (6.31) thay $R_s A_{s2}$ bằng $k_{22} R_s A_{s2}$ với

$$k_{22} = \frac{\xi_R b_o}{x_2} \tag{8.65}$$

8.5.3 Tính toán theo sơ đồ 3: Do -M và M_t

Có vùng nén ở cạnh chịu kéo do mômen uốn



Hình 6.8 *Tính toán theo sơ đồ 3*

Cần tính theo sơ đồ 3 khi: $M_t > M \dfrac{b}{2h + b}$ (8.66)

Khi tính toán theo sơ đồ 3 có vùng nén ở cạnh chịu kéo do mômen uốn, tương tự như khi tính theo sơ đồ 1 (H.8.4a) chỉ cần chú ý:

- Giá trị mômen uốn M tính theo sơ đồ 3 (H.8.8) được lấy dấu (-): tức M có giá trị âm.
- Cốt thép tính theo sơ đồ 3 (H.8.8) đã được hoán vị từ sơ đồ 1 (H.8.6a): cốt thép A'_s trong sơ đồ 1 (H.8.6a) trở thành A_s trong sơ đồ 3 (H.8.8) và ngược lại.

Cụ thể cần kiểm tra theo:

$$M_t \le k_3 R_s A_{s3} \frac{1 + \varphi_{w3} \delta_3 \lambda_3^2}{\varphi_{q3} \lambda_3 + \chi_3} (h_o - 0{,}5 x_3) \tag{8.67}$$

Chiều cao miền bêtông chịu nén x_3 được xác định từ

$$k_3 R_s . A_{s3} - R_{sc} A'_{s3} - \gamma_b R_b . b x_3 = 0 \qquad (8.68)$$

Điều kiện sử dụng:

$$x_3 \le \xi_R h_o \text{ và } x_3 \ge 2a' \qquad (8.69)$$

trong đó: $$\chi_3 = -\frac{M}{M_t} \qquad (8.70)$$

$$\varphi_{w3} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{R_s A_{s3}} \frac{b}{s} \qquad (8.71)$$

Chú thích: Theo nghiên cứu thực nghiệm thấy rằng nên hạn chế φ_{w3} trong khoảng:

$$\varphi_{w3.\min} \le \varphi_{w3} \le \varphi_{w3.\max} \qquad (8.72)$$

với $$\varphi_{w3.\min} = \frac{0{,}5}{1 - \dfrac{M}{2\varphi_{w3} M_u}} \qquad (8.73)$$

$$\varphi_{w3.\max} = 1{,}5\left(1 + \frac{M}{M_u}\right) \qquad (8.74)$$

Nếu giá trị φ_{w3} tính theo (8.62) nhỏ hơn $\varphi_{w3.\min}$ thì lúc này trong biểu thức (8.67) và (8.68) thay $R_s A_{s3}$ bằng $k_3 R_s A_{s3}$

với $$k_3 = \frac{\varphi_{w3}}{\varphi_{w3.\min}} \qquad (8.75)$$

Các hệ số:

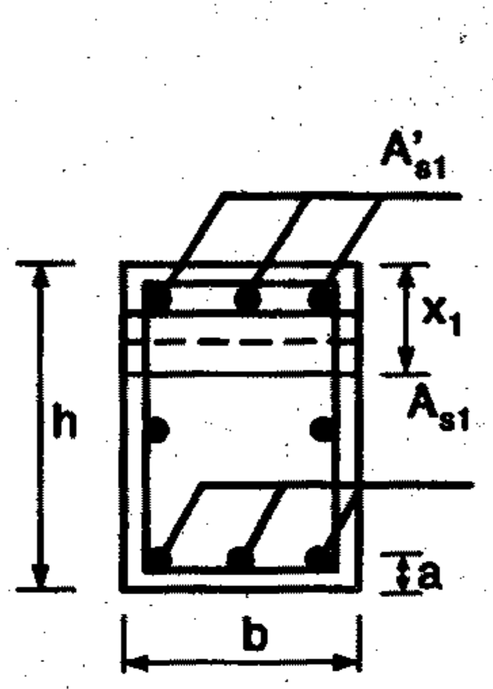
$$\delta_3 = \frac{b}{2h + b}; \quad \lambda_3 = \frac{C_{03}}{b}; \quad \varphi_{q3} = 1 \qquad (8.76)$$

$$\varphi_{w3} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{R_s A_{s3}} \frac{b}{s} \qquad (8.77)$$

Tính hình chiếu tiết diện C_{03} theo:

$$C_{03} = -\chi_3 b + \sqrt{\chi_3^2 b^2 + \frac{R_s A_{s3}}{R_{sw} A_{sw}} s(2h + b)} \le 2h + b \qquad (8.78)$$

Tóm tắt trình tự kiểm tra khả năng chịu lực của cấu kiện chịu uốn - xoắn được tóm tắt trong sơ đồ sau:



KIỂM TRA THEO SƠ ĐỒ 1: Số liệu

bxh; A'_{s1}; A_{s1}; A_{sw}; s; γ_b; R_b; R_s; R_{sw}; M; M_t; Q

M_t

$0,1\gamma_b R_b b^2 h <$ → Tăng b×h

$\leq 0,1\gamma_b R_b b^2 h$

$\xi = \dfrac{R_s A_{s1} - R_{sc} A'_{s1}}{\gamma_b R_b b h_o}$

$\xi_R <$ → $M_u = \alpha_R \gamma_b R_b b h_o^2 + R_{sc} A'_{s1}(h_o - a')$

$< \dfrac{2a'}{h_o}$ → $M_u = R_{sc} A_{s1}(h_o - a')$

$\dfrac{2a'}{h_o} \div \xi_R$ → $M_u = \alpha_m \gamma_b R_b b h_o^2 + R_{sc} A'_{s1}(h_o - a')$

$\varphi_{w1} = \dfrac{R_{sw} A_{sw}}{R_s A_{s1}} \dfrac{b}{s}$

$\varphi_{wmin1} = \dfrac{0,5}{1 + \dfrac{M}{2\varphi_{w1} M_u}}$

$\leq \varphi_{wmax1} = 1,5\left(1 - \dfrac{M}{M_u}\right)$

$k_1 = \dfrac{\varphi_{w1}}{\varphi_{wmin1}}$

$k_1 = 1$

$x_1 = \dfrac{k_1 R_s A_{s1} - R_{sc} A'_{s1}}{\gamma_b R_b b}$

$\xi_R h_o <$ → $k_{11} = \dfrac{\xi_R h_o}{x_1}$

$< 2a'$ → Tính lại x_1: $x_1 = \dfrac{R_s A_{s1}}{\gamma_b R_b b}$

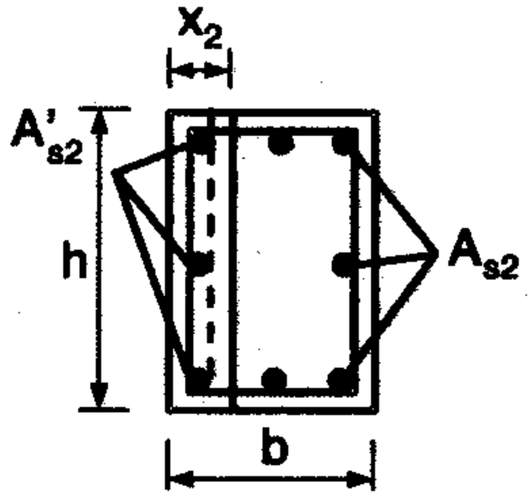
$2a' + \xi_R h_o$ → $k_{11} = 1$

$\chi_1 = \dfrac{M}{M_t}$

$C_{o1} = -\chi_1 b + \sqrt{\chi_1^2 b^2 + \dfrac{R_s A_{s1}}{R_{sw} A_{sw}} s(2h+b)} \leq 2h + b$

$\delta_1 = \dfrac{b}{2h + b}$; $\gamma_1 = \dfrac{C_{o1}}{b}$; $\varphi_{el} = 1$

$M_t \leq k_1 k_{11} R_s A_{s1} \dfrac{1 + \varphi_{w1}\delta_1 \lambda_1^2}{\varphi_{el}\lambda_1 + \chi_1}(h_o - 0,5x_1)$



KIỂM TRA THEO SƠ ĐỒ 2: Số liệu

bxh; A'_{s2}; A_{s2}; A_{sw}; s; γ_b; R_b; R_s; R_{sw}; M; M_t; Q

M_t

$0,5Q_b \geq$

$> 0,5Q_b$

$$Q \leq 2\sqrt{2\gamma_b R_{bt} h b_o^2 \frac{R_{sw} n A_{sw}}{s}} - \frac{3M_t}{b} \quad \text{(Đạt)}$$

$$\varphi_{w2} = \frac{R_{sw}A_{sw}}{R_s A_{s2}} \frac{h}{s}$$

$0,5 >$

$0,5 \div 1,5$

$k_2 = \frac{\varphi_{w2}}{0,5}$

$k_2 = 1$

$$x_2 = \frac{k_2 R_s A_{s2} - R_{sc} A'_{s2}}{\gamma_b R_b h}$$

$\xi_R b_o <$

$< 2a'$

$2a' + \xi_R b_o$

Tính lại x_2

$$x_2 = \frac{R_s A_{s2}}{\gamma_b R_b h}$$

$k_{22} = \frac{\xi_R b_o}{x_2}$

$k_{22} = 1$

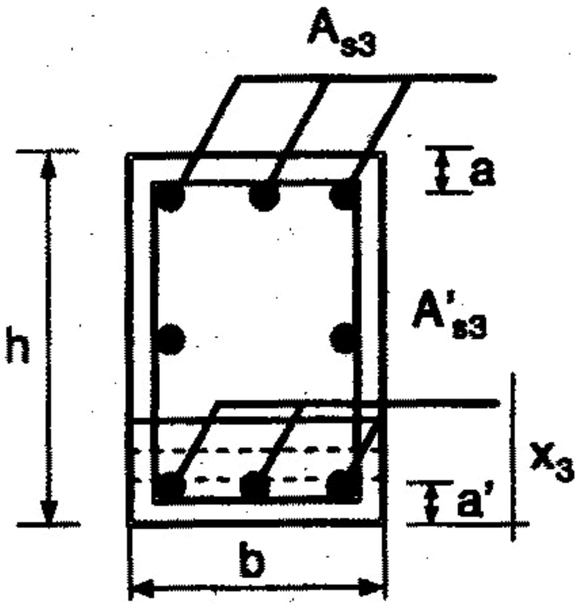
$$C_{o2} = \sqrt{\frac{R_s A_{s2}}{R_{sw} A_{sw}} s(2b + b)} \leq 2b + h$$

$$\delta_2 = \frac{h}{2b + h}; \quad \lambda_2 = \frac{C_{o2}}{h}; \quad \varphi_{q2} = 1 + \frac{Qh}{2M_t}$$

$$M_t \leq k_2 k_{22} R_s A_{s2} \frac{1 + \varphi_{w2}\delta_2\lambda_2^2}{\varphi_{q2}\lambda_2}(b_o - 0,5x_2)$$

Đạt

Share-connect.blogspot.com



KIỂM TRA THEO SƠ ĐỒ 3: Số liệu

bxh; A'_{s3}; A_{s3}; A_{sw}; s; γ_b; R_b; R_s; R_{sw}; M; M_t; Q

$0,1\gamma_b R_b b^2 h <$ ← M_t → $\leq 0,1\gamma_b R_b b^2 h$

Tăng b×h

$\xi = \dfrac{R_s A_{s3} - R_{sc} A'_{s3}}{\gamma_b R_b b h_o}$; $\xi_R <$; $< \dfrac{2a'}{h_o}$

$M_u = \alpha_R \gamma_b R_b b h_o^2 + R_{sc} A'_{s3}(h_o - a')$

$\dfrac{2a'}{h_o} \div \xi_R$

$M_u = R_{sc} A_{s3}(h_o - a')$

$M_u = \alpha_m \gamma_b R_b b h_o^2 + R_{sc} A'_{s3}(h_o - a')$

$\varphi_{wmin3} = \dfrac{0,5}{1 - \dfrac{M}{2\varphi_{w3} M_u}} >$ ← $\varphi_{w3} = \dfrac{R_{sw} A_{sw}}{R_s A_{s3}} \dfrac{b}{s}$ → $\varphi_{wmax3} = 1,5\left(1 + \dfrac{M}{M_u}\right)$

$k_3 = \dfrac{\varphi_{w3}}{\varphi_{wmin3}}$; $k_3 = 3$

$x_3 = \dfrac{k_3 R_s A_{s3} - R_{sc} A'_{s3}}{\gamma_b R_b b}$; $\xi_R h_o <$; $< 2a'$

$2a' \div \xi_R h_o$

$k_{33} = \dfrac{\xi_R h_o}{x_3}$; $k_{33} = 1$; Tính lại x_3 $x_3 = \dfrac{R_s A_{s3}}{\gamma_b R_b b}$

$\chi_3 = -\dfrac{M}{M_t}$

$C_{o3} = -\chi_3 b + \sqrt{\chi_3^2 b^2 + \dfrac{R_s A_{s3}}{R_{sw} A_{sw}} s(2h + b)} \leq 2h + b$

$\delta_3 = \dfrac{b}{2h+b}$; $\lambda_3 = \dfrac{C_{o3}}{b}$; $\varphi_{q3} = 1$

$M_t \leq k_3 k_{33} R_s A_{s3} \dfrac{1 + \varphi_{w3} \delta_3 \lambda_3^2}{\varphi_{q3} \lambda_3 + \chi_3} (h_o - 0,5x_3)$

8.6 BÀI TẬP

8.1 Một dầm BTCT chịu uốn - xoắn, có kích thước tiết diện ngang 350×450, chịu tác dụng của: $M = 4500daNm$, $M_t = 1500daNm$, $Q = 4000daN$. Hãy tính, bố trí cốt thép cho dầm.

Số liệu tính toán:

$R_s = 280MPa$; $R_{sw} = 225MPa$

$R_b = 8{,}5MPa$; $\gamma_b = 0{,}9$

1- Tính sơ bộ cốt thép

Mômen tĩnh chống xoắn W_t:

$$W_t = \frac{b^2}{6}(3h - b) = \frac{350^2}{6}(3 \times 450 - 350) = 3{,}471.10^7\ mm^3$$

Diện tích lõi chống xoắn Ω: phần diện tích nằm bên trong cốt đai, lấy trục của thanh cốt đai làm giới hạn:

Chọn cốt đai: $d_{sw} = 8mm$, $n = 2$, $a_o = 25$

$$b_1 = b - 2(a_o + 0{,}5d_{sw}) = 350 - 2(25 + 0{,}5 \times 8) = 308\,mm$$

$$h_1 = h - 2(a_o + 0{,}5d_{sw}) = 450 - 2(25 + 0{,}5 \times 8) = 408\,mm$$

$$\Omega = b_1 h_1 = 308 \times 408 = 125{,}664.10^3\ mm^2$$

Chu vi lõi chống xoắn V

$$V = 2(b_1 + h_1) = 2(308 + 408) = 1432\,mm$$

Ứng suất do M_t và Q gây ra:

$$\tau = \frac{M_t}{W_t} + \frac{Q}{bh_o} = 0{,}706 > \gamma_b R_{bt} = 0{,}675$$

phải tính toán cốt dọc và cốt đai chịu xoắn.

Tính cốt thép:

- Cốt thép chịu uốn: cốt dọc

$$\alpha_m = \frac{M}{\gamma_b R_b b h_o^2} = \frac{4500.10^4}{0{,}9 \times 8{,}5 \times 350 \times (450-32)^2} = 0{,}096 \le \alpha_R$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1-2\alpha_m} = 1 - \sqrt{1-2\times 0{,}096} = 0{,}101$$

$$A_{su} = \frac{\xi \gamma_b R_b b h_o}{R_s} = \frac{0{,}101 \times 0{,}9 \times 8{,}5 \times 350 \times 418}{280} = 405\,mm^2$$

- Cốt thép chịu cắt: cốt đai

Chọn d_{sw}= 8, $n = 2$

Khoảng cách giữa các cốt đai:

$$s = R_{sw} n \pi d_{sw}^2 \frac{\varphi_{b2} \gamma_b R_{bt} b h_o^2}{Q^2} = 1167\,mm$$

Chọn theo cấu tạo: $s = 200mm$

- Cốt thép chịu xoắn:

Cốt dọc chịu xoắn: toàn bộ cốt dọc chịu xoắn

$$A_{st} = \frac{M_t V}{1{,}6 \Omega R_s} = \frac{1500.10^4 \times 1432}{1{,}6 \times 1{,}257.10^5 \times 280} = 381\,mm^2$$

Phân phối A_{st} cho các cạnh:

Ở trên cạnh chịu kéo do uốn:

$$A_s = A_{st}\frac{b_1}{V} + A_{su} = 381\frac{308}{1432} + 405 = 487\,mm^2$$

Ở trên cạnh h:

$$A_{s1} = A_{st}\frac{h_1}{V} = 381\frac{408}{1432} = 108\,mm^2$$

Cốt đai chịu xoắn:

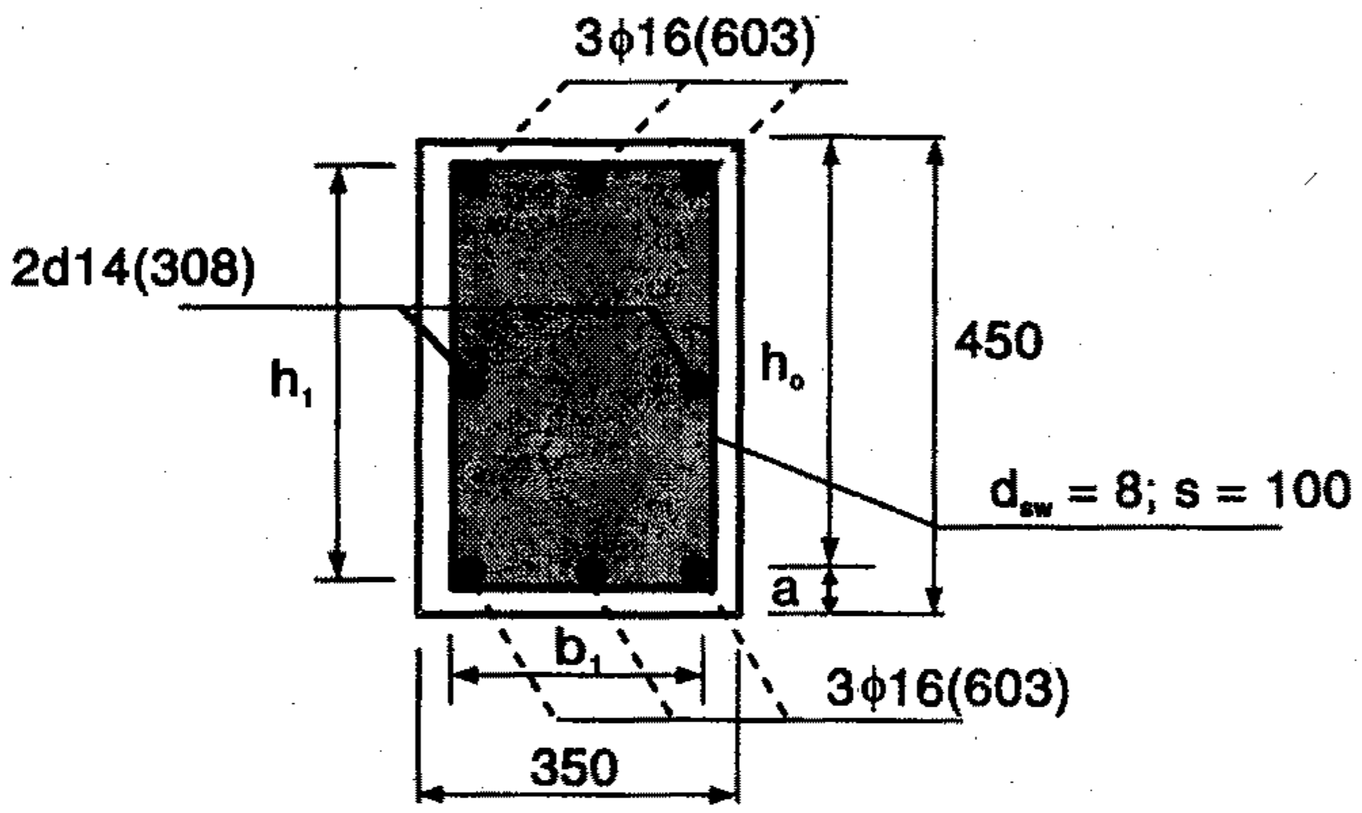
Khoảng cách giữa các cốt đai:

$$s_t = \frac{1{,}6\Omega A_{sw} R_{sw}}{M_t} = \frac{1{,}6 \times 1{,}257.10^5 \times 50{,}3 \times 225}{1500.10^4} = 303\,mm$$

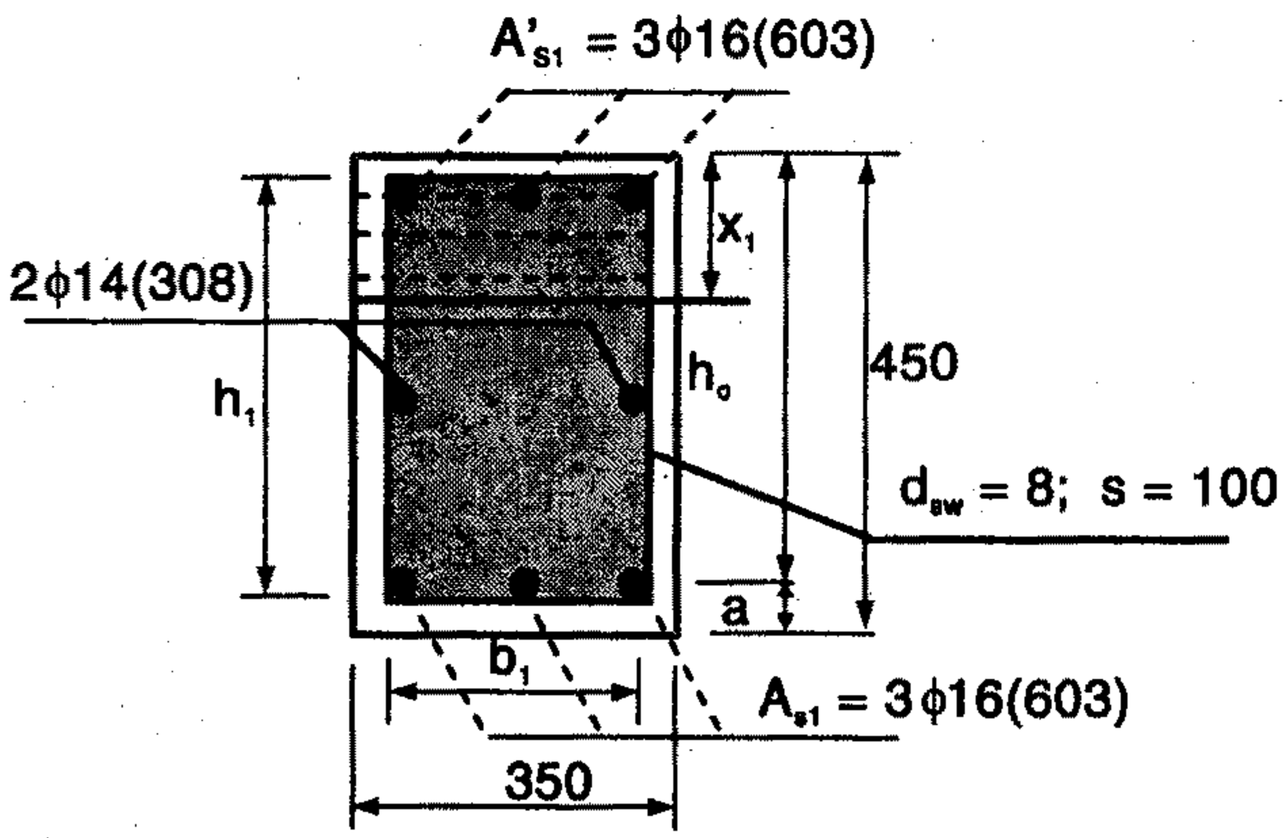
Khoảng cách giữa các cốt đai chịu uốn - xoắn:

$$s_w = \frac{s.s_t}{s + s_t} = \frac{200 \times 303}{200 + 303} = 120\,mm$$

Chọn và bố trí cốt thép sơ bộ như hình sau:



2- Kiểm tra theo sơ đồ 1 do M và M_t



Sơ đồ bố trí cốt thép để kiểm tra theo sơ đồ 1

Kiểm tra: $M_t \le 0{,}1\gamma_b R_b b^2 h = 4{,}218.10^7$ (thỏa)

- Tính mômen uốn lớn nhất

M_{u1} được tính như sau:

Tính: $\xi = \dfrac{R_s A_{s1} - R_{sc} A'_{s1}}{\gamma_b R_b b h_o} = 0$

M_{u1} tính theo:

$$M_{u1} = R_{s1} A_{s1} (h_o - a') = 280 \times 603(417 - 33) = 6{,}483.10^4\ kNm$$

- Tính:

$$\varphi_{w1} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{R_s A_{s1}} \frac{b}{s} = \frac{225 \times 50{,}3}{280 \times 603} \frac{350}{100} = 0{,}234$$

$$\varphi_{w1.\min} = \frac{0{,}5}{1 + \dfrac{M}{2\varphi_{w1} M_{u1}}} = \frac{0{,}5}{1 + \dfrac{4500.10^4}{2 \times 0{,}234 \times 6{,}483.10^7}} = 0{,}202$$

$$\varphi_{w1.\max} = 1{,}5\left(1 - \frac{M}{M_{u1}}\right) = 1{,}5\left(1 - \frac{4500.10^4}{6{,}483.10^7}\right) = 0{,}459$$

ta có $\varphi_{w1.\min} \le \varphi_{w1} \le \varphi_{w1.\max}$

nên $k_1 = 1$

- Tính chiều cao miền nén x_1:

$$x_1 = \frac{k_1 R_s A_{s1} - R_{sc} A'_{s1}}{\gamma_b R_b b h_o} = 0$$

Tính lại x_1 theo:

$$x_1 = \frac{R_s A_{s1}}{\gamma_b R_b b} = \frac{280 \times 603}{0{,}9 \times 8{,}5 \times 350} = 60\,mm$$

nên $k_1 = 1$

- Tính: $\chi_1 = \dfrac{M}{M_t} = 3$

- Tính:

$$C_{o1} = -\chi_1 b + b\sqrt{\left(\chi_1^2 b^2 + \frac{R_s A_{s1}}{R_{sw} A_{sw}}\right) s(2b+h)} = 673mm$$

Vì $C_{01} = 673 < 2h + b = 1250$ lấy $C_{01} = 673\ mm$

$$\delta_1 = \frac{b}{2h+b} = 0{,}28;\ \lambda_1 = \frac{C_{01}}{b} = 1{,}925;\ \ \varphi_{q1} = 1;\ \chi_1 = \frac{M}{M_t} = 3$$

Kiểm tra theo:

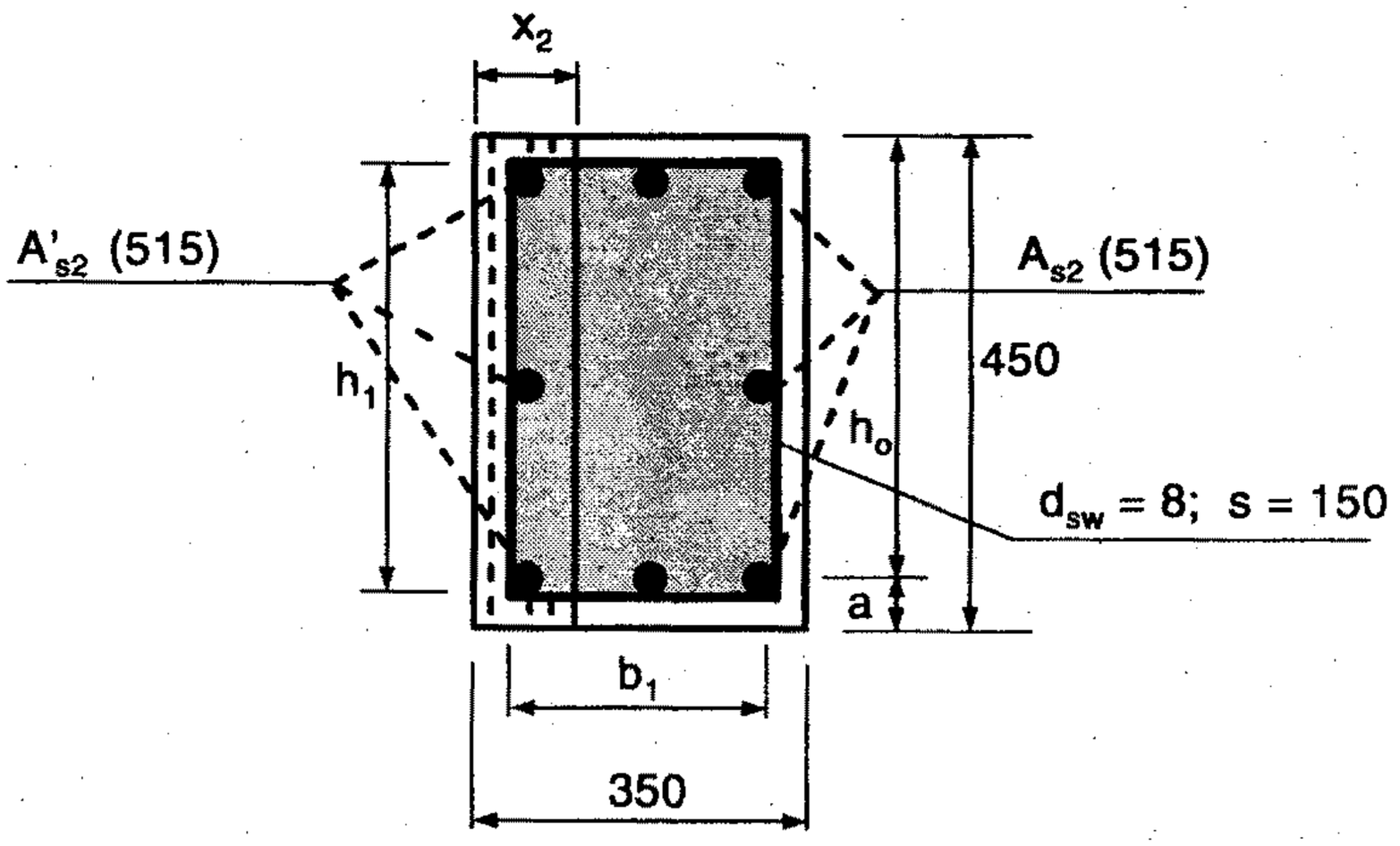
$$M_t = 1{,}5.10^4 \le k_1 R_s A_{s1} \frac{1 + \varphi_{w1}\delta_1\lambda_1^2}{\varphi_{q1}\lambda_1 + \chi_1}(h_o - 0{,}5x_1)$$

$$= 1 \times 280 \times 603 \frac{1 + 0{,}234 \times 0{,}28 \times 1{,}935^2}{1 \times 1{,}925 + 3}(417 - 0{,}5 \times 63)$$

$$= 1{,}643.10^4\ kNm$$

đạt yêu cầu

3- Kiểm tra theo sơ đồ 2 do M_t và Q



Sơ đồ bố trí cốt thép để kiểm tra theo sơ đồ 2

Kiểm tra: $M_t \le 0{,}1\gamma_b R_b b^2 h = 4{,}218.10^7$ (thỏa)

Vì $M_t > 0{,}5Q.b = 7.10^4\ kNm$ kiểm tra theo:

Cốt thép: $A_{s2} = A'_{s2} = 515\,mm^2$, $a = 32mm$

- Tính:

$$\varphi_{w2} = \frac{R_{sw}A_{sw}}{R_sA_{s3}}\frac{h}{s} = \frac{225 \times 50{,}3}{280 \times 515}\frac{450}{100} = 0{,}353$$

$$\varphi_{w2.\min} = 0{,}5$$

$$\varphi_{w2.\max} = 1{,}5$$

ta có $\varphi_{w2} < \varphi_{w2.\min}$

nên $k_2 = \frac{\varphi_{w2}}{0{,}5} = 0{,}706$

- Tính chiều cao miền nén x_2:

$$x_2 = \frac{k_2R_sA_{s2} - R_{sc}A'_{s2}}{\gamma_bR_bh} = -12{,}32\,mm$$

Tính lại x_2 theo:

$$x_2 = \frac{R_sA_{s2}}{\gamma_bR_bh} = \frac{280 \times 603}{0{,}9 \times 8{,}5 \times 450} = 41{,}88\,mm$$

nên $k_2 = 1$

- Tính:

$$C_{o2} = \sqrt{\frac{R_sA_{s2}}{R_{sw}A_{sw}}s(2b+h)} = 1212\,mm$$

Vì $C_{o2} = 1212 > 2b + h = 1150$ lấy $C_{o2} = 2h + b = 1150\,mm$

$$\delta_2 = \frac{h}{2b+h} = 0{,}391;\ \lambda_2 = \frac{C_{o2}}{b} = 2{,}556;\ \varphi_{q2} = 1 + \frac{Qh}{2M_t} = 1{,}467$$

Kiểm tra theo:

$$M_t = 1{,}5.10^4 \le k_2R_sA_{s2}\frac{1 + \varphi_{w2}\delta_2\lambda_2^2}{\varphi_{q2}\lambda_2}(b_o - 0{,}5x_2)$$

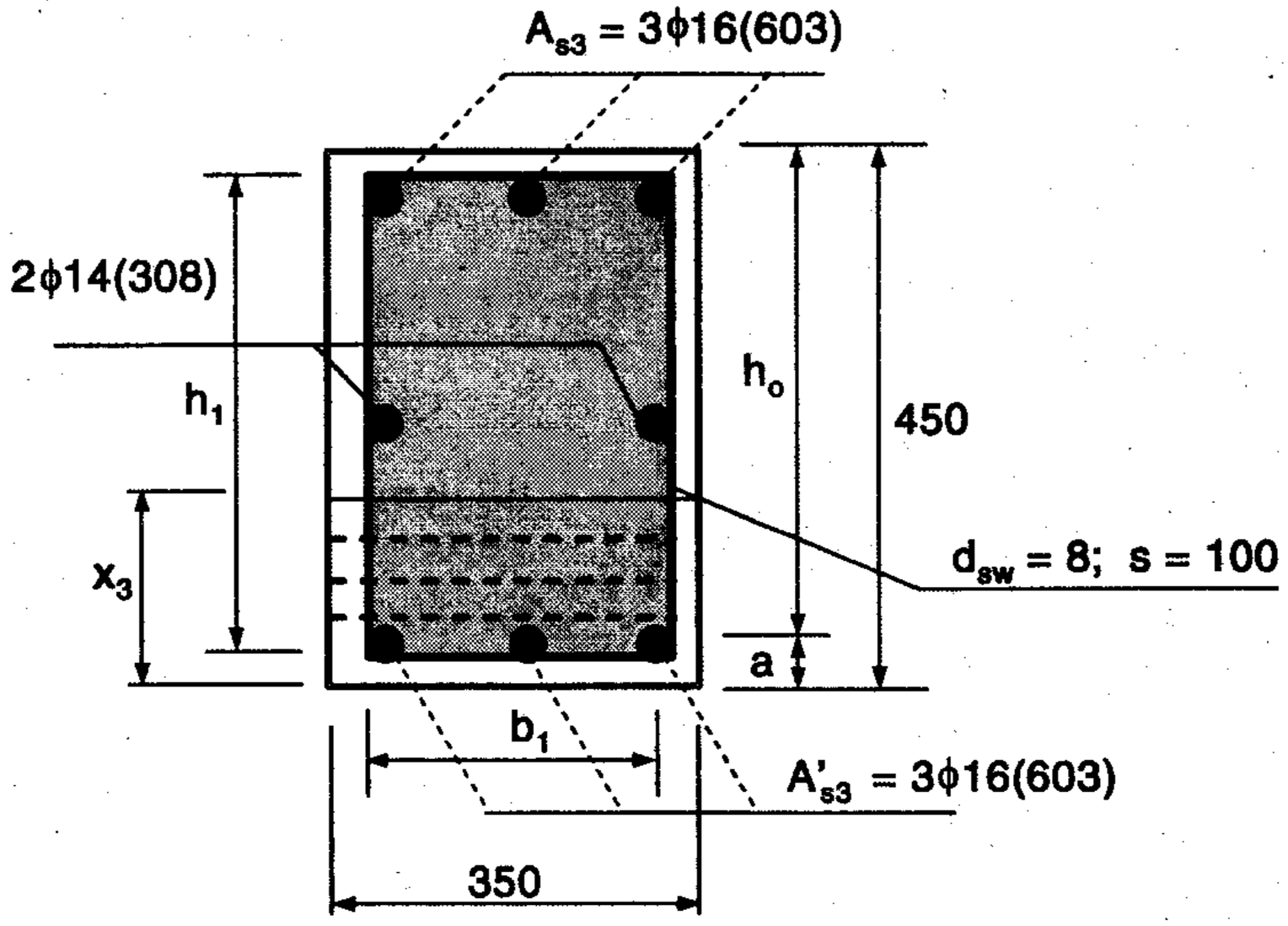
$$= 1 \times 280 \times 515\frac{1 + 0{,}353 \times 0{,}391 \times 2{,}556^2}{1{,}467 \times 2{,}556}(318 - 0{,}5 \times 41{,}88)$$

$$= 1{,}534.10^4\ kNm$$

đạt yêu cầu

4- Kiểm tra theo sơ đồ 3 do -M và M_t

Chọn và bố trí cốt thép sơ bộ như hình sau:



Sơ đồ bố trí cốt thép để kiểm tra theo sơ đồ 3

Kiểm tra: $M_t \le 0{,}1\gamma_b R_b b^2 h = 4{,}128.10^7$ (thỏa)

- Tính mômen uốn lớn nhất

Cốt thép: $A_{s3} = A'_{s3} = 603\,mm^2,\ a = 33\,mm$

M_{u3} được tính như sau:

Tính: $$\xi_3 = \frac{R_s A_{s3} - R_{sc} A'_{s3}}{\gamma_b R_b b h_o} = 0$$

M_u tính theo:

$$M_{u3} = R_s A_{s3}(h_o - a') = 280 \times 603(417 - 33) = 6{,}483.10^4\ kNm$$

- Tính:

$$\varphi_{w3} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{R_s A_{s3}} \frac{b}{s} = \frac{225 \times 50{,}3}{280 \times 603} \frac{350}{100} = 0{,}234$$

$$\varphi_{w3.\max} = 1{,}5\left(1 + \frac{M}{M_{u3}}\right) = 1{,}5\left(1 + \frac{4500.10^4}{6{,}483.10^7}\right) = 2{,}541$$

ta có: $\varphi_{w3.\min} \le \varphi_{w3} \le \varphi_{w3.\max}$

nên $k_3 = 1$

- Tính chiều cao miền nén x_3:

$$x_3 = \frac{k_3 R_s A_{s3} - R_{sc} A'_{s3}}{\gamma_b R_b b h_o} = 0$$

Tính lại x_3 theo:

$$x_3 = \frac{R_s A_{s3}}{\gamma_b R_b b} = \frac{280 \times 603}{0{,}9 \times 8{,}5 \times 350} = 63\,mm$$

nên $k_1 = 1$

- Tính: $\chi_3 = -\frac{M}{M_t} = -3$

- Tính: $C_{03} = -\chi_3 b + \sqrt{x_3^2 b^2 + \frac{R_s A_{s3}}{R_{sw} A_{sw}} s(2h+b)} = 2773\,mm$

Vì $C_{03} = 2773 > 2h + b = 1250$ lấy $C_{03} = 1250\ mm$

$$\delta_3 = \frac{b}{2h+b} = 0{,}28; \quad \lambda_3 = \frac{C_{03}}{b} = 3{,}571; \quad \varphi_{q3} = 1$$

Kiểm tra theo:

$$M_t = 1{,}5.10^4 \le k_3 R_s A_{s3} \frac{1 + \varphi_{w3}\delta_3\lambda_3^2}{\varphi_{q3}\lambda_3 + \chi_3}(h_o - 0{,}5x_3)$$

$$= 1 \times 280 \times 603 \frac{1 + 0{,}234 \times 0{,}28 \times 3{,}571^2}{1 \times 3{,}571 - 3}(417 - 0{,}5 \times 63)$$

$$= 2{,}093.10^5 \ \ kNm$$

đạt yêu cầu

Kết luận: Bố trí cốt thép trong dầm đủ khả năng chịu uốn - xoắn.

Chương 9

SÀN BÊTÔNG CỐT THÉP

9.1 KHÁI NIỆM

Sàn là một kết cấu chịu lực trực tiếp của tải trọng sử dụng tác dụng lên công trình, sau đó tải này sẽ truyền lên dầm, rồi từ dầm truyền lên cột, xuống móng.

Sàn bêtông cốt thép được dùng rất rộng rãi trong ngành xây dựng dân dụng - công nghiệp. Nó có những ưu điểm quan trọng như bền vững, có độ cứng lớn, có khả năng chống cháy tốt, chống thấm tương đối tốt, thỏa mãn các yêu cầu thẩm mỹ, vệ sinh và điều kiện kinh tế. Tuy nhiên, nó có khả năng cách âm không cao.

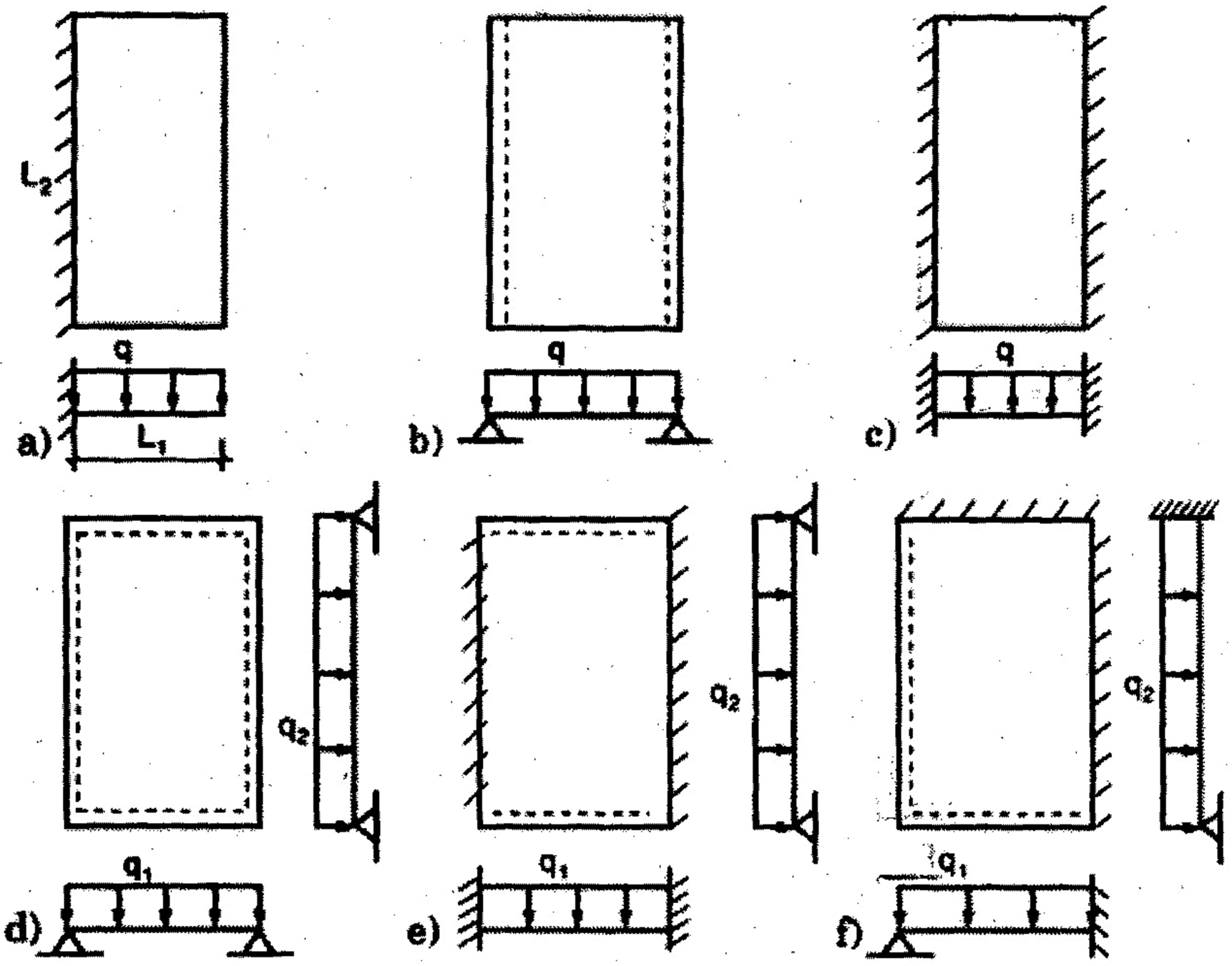
9.1.1 Phân loại sàn

Đối với sàn BTCT đổ toàn khối có thể phân thành hai loại:

- *Bản loại dầm:* Khi bản sàn được liên kết (dầm hoặc tường) ở một cạnh (liên kết ngàm) hoặc ở hai cạnh đối diện (kê tự do hoặc ngàm) và chịu tải phân bố đều. Bản chỉ chịu uốn theo phương có liên kết, bản chịu lực một phương gọi là bản một phương hay bản loại dầm.

- *Bản kê bốn cạnh:* Khi bản có liên kết ở cả bốn cạnh (tựa tự do hoặc ngàm), tải trọng tác dụng trên bản truyền đến các liên kết theo cả hai phương. Bản chịu uốn hai phương được gọi là bản hai phương hay bản kê bốn cạnh.

Share-connect.blogspot.com



Hình 9.1 *a, b, c) Bản loại dầm; d, e, f) Bản kê bốn cạnh*

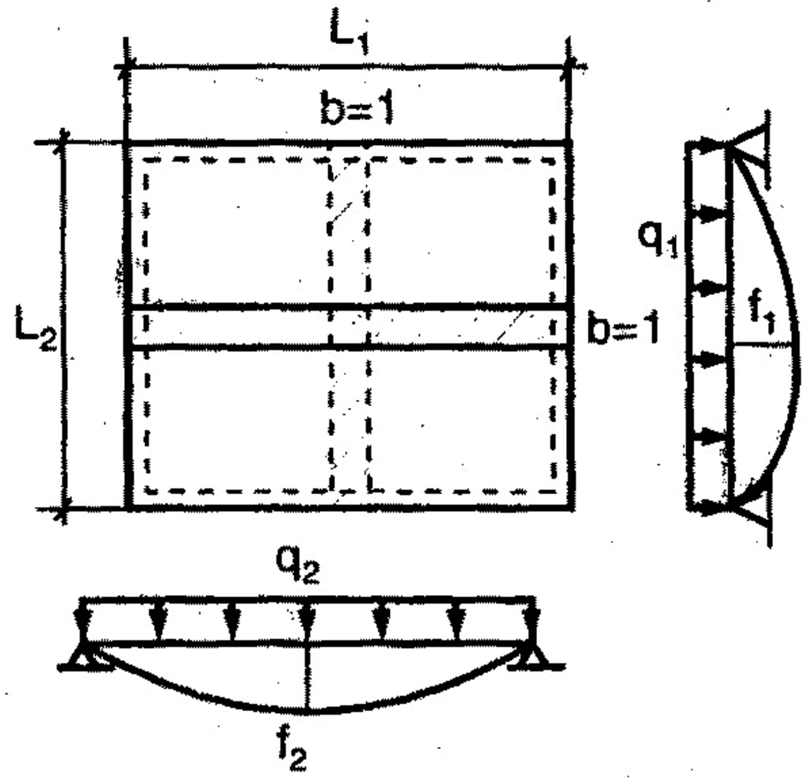
Đối với bản kê bốn cạnh để đơn giản khi tính toán, lại chia làm hai loại:

Xét ô bản kê tự do lên bốn cạnh, có kích thước L_1, L_2 chịu tải trọng phân bố đều $q(daN/m^2)$ làm ví dụ

Đặt $\alpha = \dfrac{L_2}{L_1}$

với L_2- cạnh dài của ô bản;

L_1- cạnh ngắn.



Hình 9.2 *Sơ đồ để tính bản kê 4 cạnh*

Xét hai dải giữa của bản theo hai phương L_1 và L_2, có bề rộng $b = 1$ đơn vị.

Gọi q_1 và q_2 là tải trọng phân bố lên dải theo phương L_1 và L_2.

Vậy $q_1 + q_2 = q$ (9.1)

Xem mỗi dải như một dầm đơn giản, độ võng tại điểm chính giữa của các dải bằng nhau.

- Dải theo phương L_1: $$f_1 = \frac{5}{384}.\frac{q_1 L_1^4}{EI} \quad (9.2)$$

- Dải theo phương L_2: $$f_2 = \frac{5}{384}.\frac{q_2 L_2^4}{EI} \quad (9.3)$$

Tại điểm giữa, nơi hai dải giao nhau độ võng của chúng phải bằng nhau

$$f_1 = f_2 \Leftrightarrow q_1 L_1^4 = q_2 L_2^4 \quad (9.4)$$

Giải hệ phương trình (9.1) và (9.4) được:

$$q_1 = \frac{L_2^4}{L_1^4 + L_2^4} q; \qquad q_2 = \frac{L_1^4}{L_1^4 + L_2^4} q \quad (9.5)$$

Từ (9.4) tìm được: $$q_1 = \alpha^4 q_2 \quad (9.6)$$

Như vậy tải trọng chủ yếu truyền theo phương cạnh ngắn nếu hệ số α lớn.

Tùy theo quy phạm mỗi nước hệ số α lấy khác nhau, sự khác nhau này không quan trọng vì còn tùy thuộc vào cách đặt cốt thép cấu tạo theo phương cạnh dài.

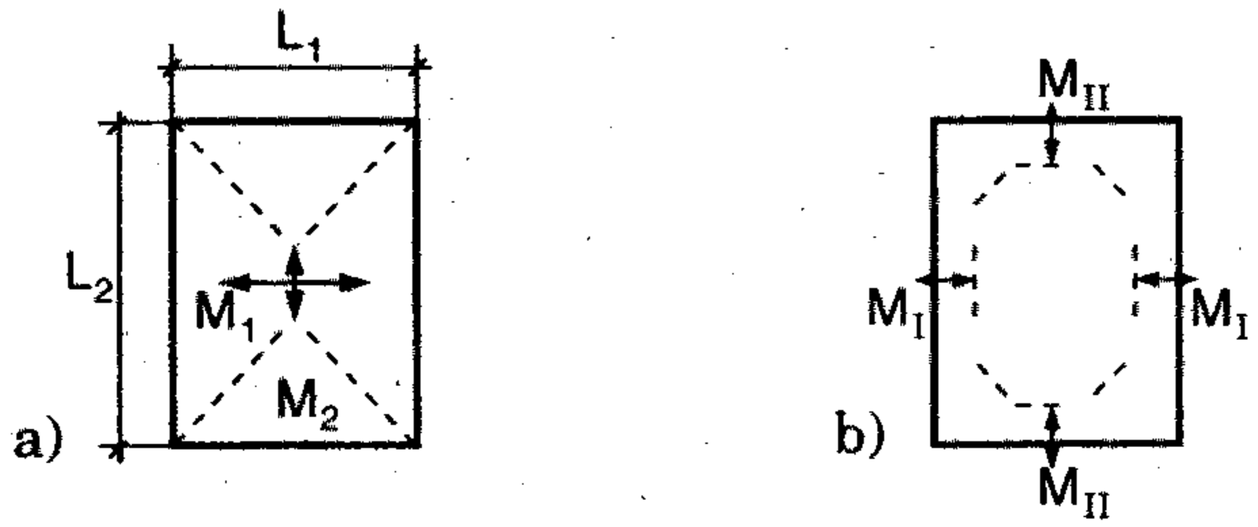
Qui phạm Việt Nam lấy hệ số $\alpha = 2$. Nếu $\alpha > 2$ thì $q_1 > 16 q_2$ (xem như toàn bộ tải trọng truyền hết cho phương cạnh ngắn).

Kết luận

- *Khi* $\alpha = \frac{L_2}{L_1} > 2$*: thuộc loại bản dầm,* bản làm việc một phương theo phương cạnh ngắn. Thường được dùng trong các nhà công nghiệp có hoạt tải lớn.

- *Khi* $\alpha = \frac{L_2}{L_1} \leq 2$*: thuộc loại bản kê bốn cạnh,* bản làm việc theo hai phương (thường dùng khi $L_2, L_1 \leq 6\,m$). Dùng rất rộng rãi trong các công trình dân dụng, công nghiệp có hoạt tải nhỏ.

9.1.2 Sự phân bố tải trọng từ sàn bản kê bốn cạnh vào dầm xung quanh



Hình 9.3 *Đường nứt ở bản kê bốn cạnh*

a) Vết nứt ở mặt dưới; b) Vết nứt ở mặt trên

Như đã phân tích ở trên, bản kê bốn cạnh chịu uốn theo hai phương. Ở giữa bản có mômen dương M_1, M_2 còn trên gối có mômen âm M_I, M_{II}.

Thí nghiệm ô bản sàn, chịu tải phân bố đều trên toàn bộ ô bản:

Nếu các cạnh kê tự do thì ở mặt dưới của bản hình thành các đường nứt theo phương cạnh dài (ở giữa bản) và theo đường phân giác các góc và các góc bản sẽ bị vênh lên khỏi gối tựa. (H.9.3a)

Như vậy ở giữa ô bản xuất hiện các mô men dương M_1 và M_2.

Nếu các cạnh bị ngàm thì ở mặt dưới của bản hình thành các đường nứt như trường hợp các cạnh kê tự do, đồng thời ở mặt trên của bản, có thêm các đường nứt chạy vòng theo chu vi (H.9.3b).

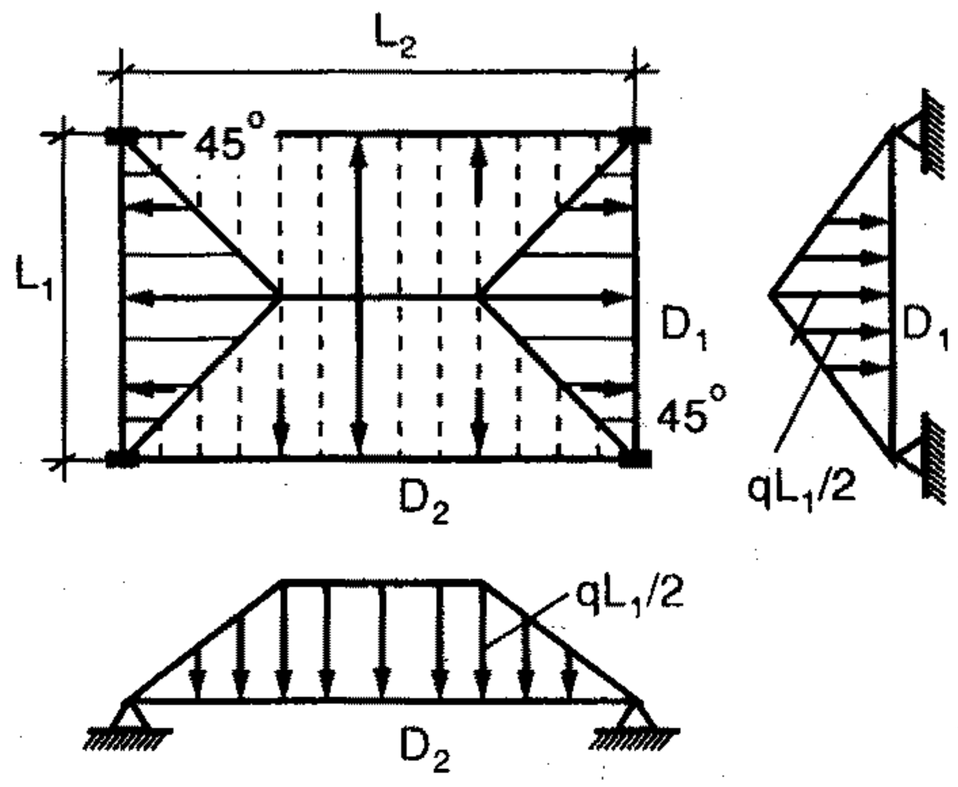
Như vậy ở giữa ô bản xuất hiện các mô men dương M_1 và M_2, đồng thời trên gối lại xuất hiện các mô men âm M_I và M_{II}.

Khi ô bản bị phá hoại, dựa vào sự phát triển của đường nứt ở giữa nhịp sẽ chia ô bản thành các hình tam giác và hình thang. Gọi đó là diện truyền tải từ sàn vào các dầm bao quanh ô bản.

Dầm theo phương cạnh ngắn có diện truyền tải là hình tam giác.

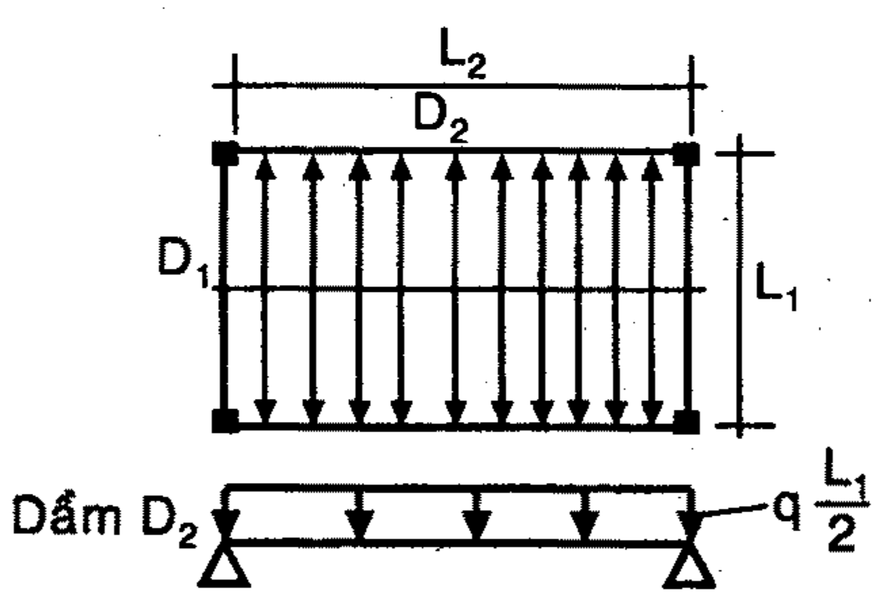
Dầm theo phương cạnh dài có diện truyền tải là hình thang.

Giả thiết tải trọng phân bố đều tác dụng lên bản là q (daN/m^2) thì chiều cao của tải tam giác và hình thang có giá trị là $qL_1/2$ (daN/m).



Hình 9.4 *Sự phân bố tải trọng từ sàn thuộc loại bản kê bốn cạnh vào các dầm xung quanh*

Đối với ô bản thuộc loại bản dầm khi $\alpha = \frac{L_2}{L_1} > 2$ để đơn giản khi tính toán có thể xem tải từ sàn truyền vào các dầm xung quanh theo một phương: tải chỉ truyền lên các dầm theo phương L_2 của bản.

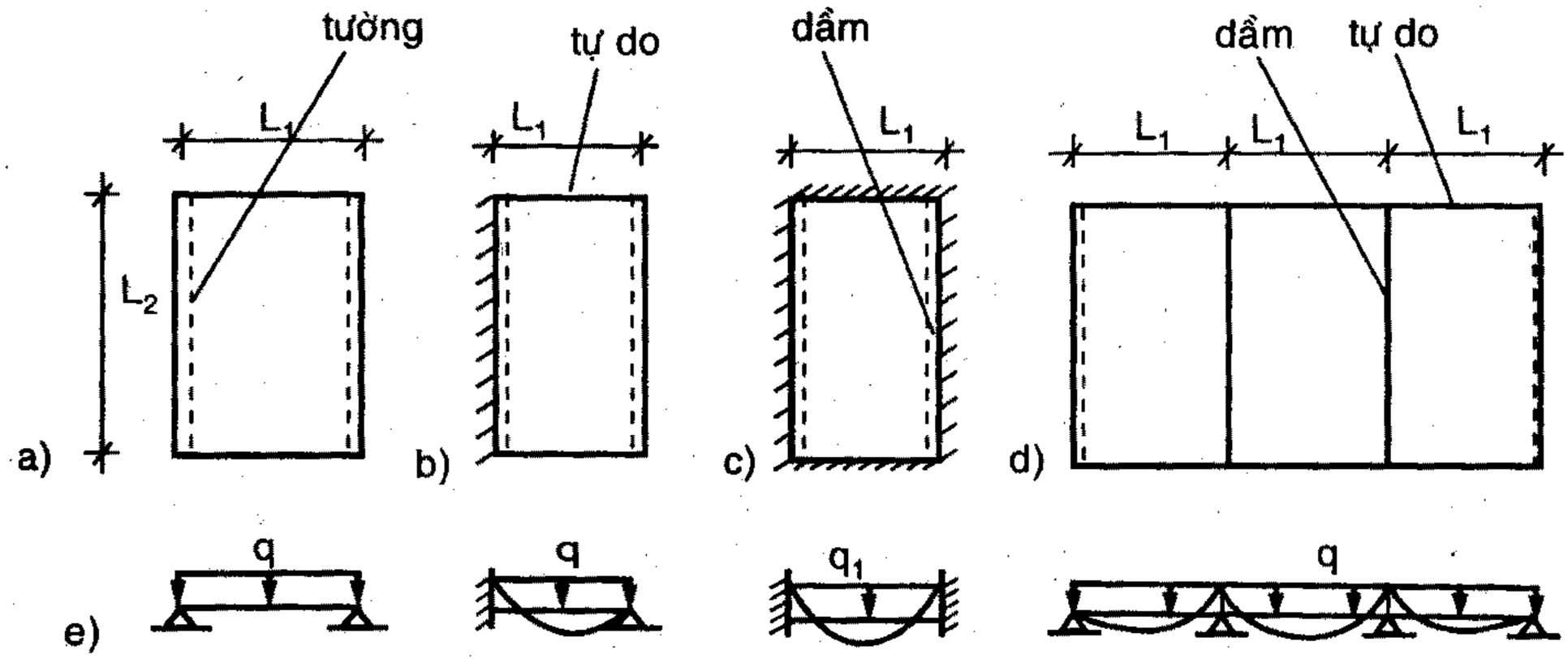


Hình 9.5 *Sự phân bố tải trọng từ sàn thuộc loại bản dầm vào dầm xung quanh*

9.2 BẢN DẦM (MỘT PHƯƠNG)

Bản dầm hay bản một phương có thể là bản đơn hoặc liên tục.

Đặc điểm *bản dầm* (*khi* $\alpha = \frac{L_2}{L_1} > 2$) *là* bản một phương , do đó tải trọng tác dụng trên bản truyền theo phương liên kết. Để tính toán cắt một dải thẳng góc với phương liên kết có bề rộng $b = 1m$, xem bản như một dầm, tùy theo gối tựa là tường hay dầm mà chọn sơ đồ tính cho thích hợp.



Hình 9.6 *Bản một phương*

a, b, c) Bản đơn; d) Bản liên tục; e) Sơ đồ tính bản

9.2.1 Bản đơn (H9.6a, b, c)

- **Xác định sơ bộ chiều dày bản sàn**

Việc chọn chiều dày bản sàn có ý nghĩa quan trọng vì khi chỉ thay đổi h_s một vài centimét thì khối lượng bêtông của toàn sàn cũng thay đổi đáng kể. Chọn chiều dày sàn phụ thuộc vào nhịp và tải trọng tác dụng, có thể xác định *sơ bộ* chiều dày h_s theo biểu thức sau:

$$h_s = \frac{D}{m} L_1 \tag{9.7}$$

$m = 30 \div 35$ đối với bản dầm;

$D = 0{,}8 \div 1{,}4$ phụ thuộc vào tải trọng.

Chọn h_s là một số nguyên theo cm, đồng thời phải đảm bảo điều kiện cấu tạo.

$h_s \geq 50mm$ đối với mái bằng

$h_s \geq 60mm$ đối với sàn nhà dân dụng (thực tế thường chọn $h_s = 80mm$)

$h_s \geq 70mm$ đối với sàn nhà công nghiệp (thực tế thường chọn $h_s \geq 80mm$).

• Sơ đồ tính thể hiện trên hình 9.6e

Theo quy ước

Liên kết được xem là tựa đơn khi:

- Bản kê lên tường
- Bản tựa lên dầm bêtông cốt thép (đổ toàn khối) mà có $h_d / h_s < 3$.
- Bản lắp ghép.

Liên kết được xem là ngàm khi:

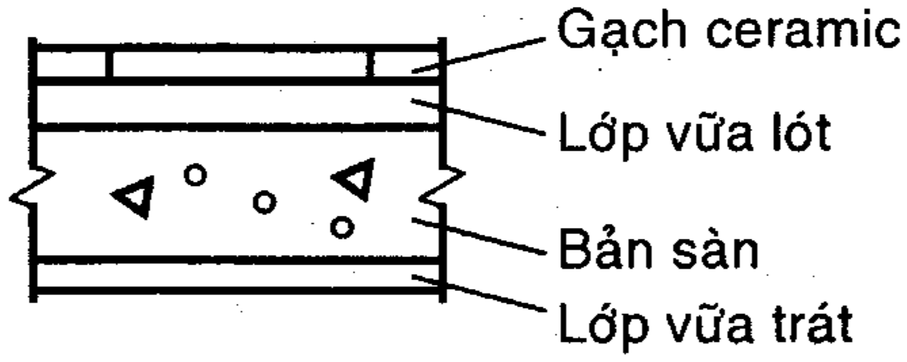
- Bản tựa lên dầm bêtông cốt thép (đổ toàn khối) có $h_d / h_s \geq 3$.

h_d - chiều cao dầm; h_s - chiều dày bản

(từ đó chọn sơ đồ tính cho từng trường hợp cụ thể)

• Xác định tải trọng

Tĩnh tải: gồm trọng lượng bản thân các lớp cấu tạo sàn:



Hình 9.7 *Các lớp cấu tạo sàn*

Gọi g_i^c - trọng lượng bản thân của lớp cấu tạo sàn thứ i (daN/m^2)

δ_i, γ_i - chiều dày, khối lượng riêng của lớp thứ i

n_i - hệ số vượt tải của lớp sàn thứ i

Tải trọng tính toán của sàn $/m^2$

$$g_s = \sum^{n} g_i^c . n_i = \sum^{n} \delta_i \gamma_i n_i \quad (daN/m^2) \qquad (9.8)$$

Hoạt tải:

Gọi p_s^c (daN/m^2) - hoạt tải tiêu chuẩn tác dụng lên sàn

n_p - hệ số tin cậy của hoạt tải: tra trong "Tiêu chuẩn Tải trọng - tác động TCVN 27-37.1995" phụ thuộc vào chức năng sử dụng của sàn. Hoạt tải tính toán:

$$p_s = p_s^c.n_p \ \ (daN/m^2) \tag{9.9}$$

Tải trọng tác dụng lên bản sàn là

Tĩnh tải $G_s = g_s.b \ \ (daN/m)$ (9.10)

Hoạt tải $P_s = p_s.b \ \ (daN/m)$ (b = *1* mét) (9.11)

Tổng tải trọng tính toán: $Q_s = G_s + P_s \ \ (daN/m)$ (9.12)

+ *Xác định mômen*

Khi tính nội lực theo sơ đồ đàn hồi, các giá trị mômen ở nhịp và ở gối theo các công thức của cơ học kết cấu.

Khi tính nội lực theo sơ đồ khớp dẻo, các giá trị mômen ở nhịp và ở gối theo các công thức đã lập sẵn.

+ *Tính cốt thép:* Từ các giá trị mômen ở nhịp và ở gối tính cốt thép:

Giả thiết $a = 15mm$, tính $h_o = h - a$

Điều kiện hạn chế khi tính cốt thép theo sơ đồ đàn hồi:

$$\alpha_m = \frac{M}{\gamma_b R_b.bh_o^2} \le \alpha_R \tag{9.13}$$

Điều kiện hạn chế khi tính cốt thép theo sơ đồ khớp dẻo:

$$\alpha_m = \frac{M}{\gamma_b R_b bh_o^2} \le \alpha_{pl}$$

Khi $R_b \le 15\ MPa$ thì $\alpha_{pl} = 0,3$ và $\xi_{pl} = 0,37$

$R_b > 25\ MPa$ thì $\alpha_{pl} = 0,255$ và $\xi_{pl} = 0,3$

$15 < R_b \le 25\ MPa$ thì phải nội suy α_{pl} và ξ_{pl}.

tra bảng được ξ hoặc tính từ

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m} \tag{9.14}$$

$$A_s = \xi.\gamma_b R_b.bh_o / R_s \tag{9.15}$$

Kết quả tính cốt thép được tóm tắt trong bảng 9.1

Bảng 9.1

Tiết diện	M (*daN*m)	α_m	ξ	A_{st} (mm^2/m)	A_s			$\mu = \frac{A_s}{b.h_o}$
					d	@	A_s	
Nhịp (gối)								

Chú thích: Tiết diện tính toán: ($b = 1m$; h_s);

cốt thép A_{st} (mm^2 /1m)

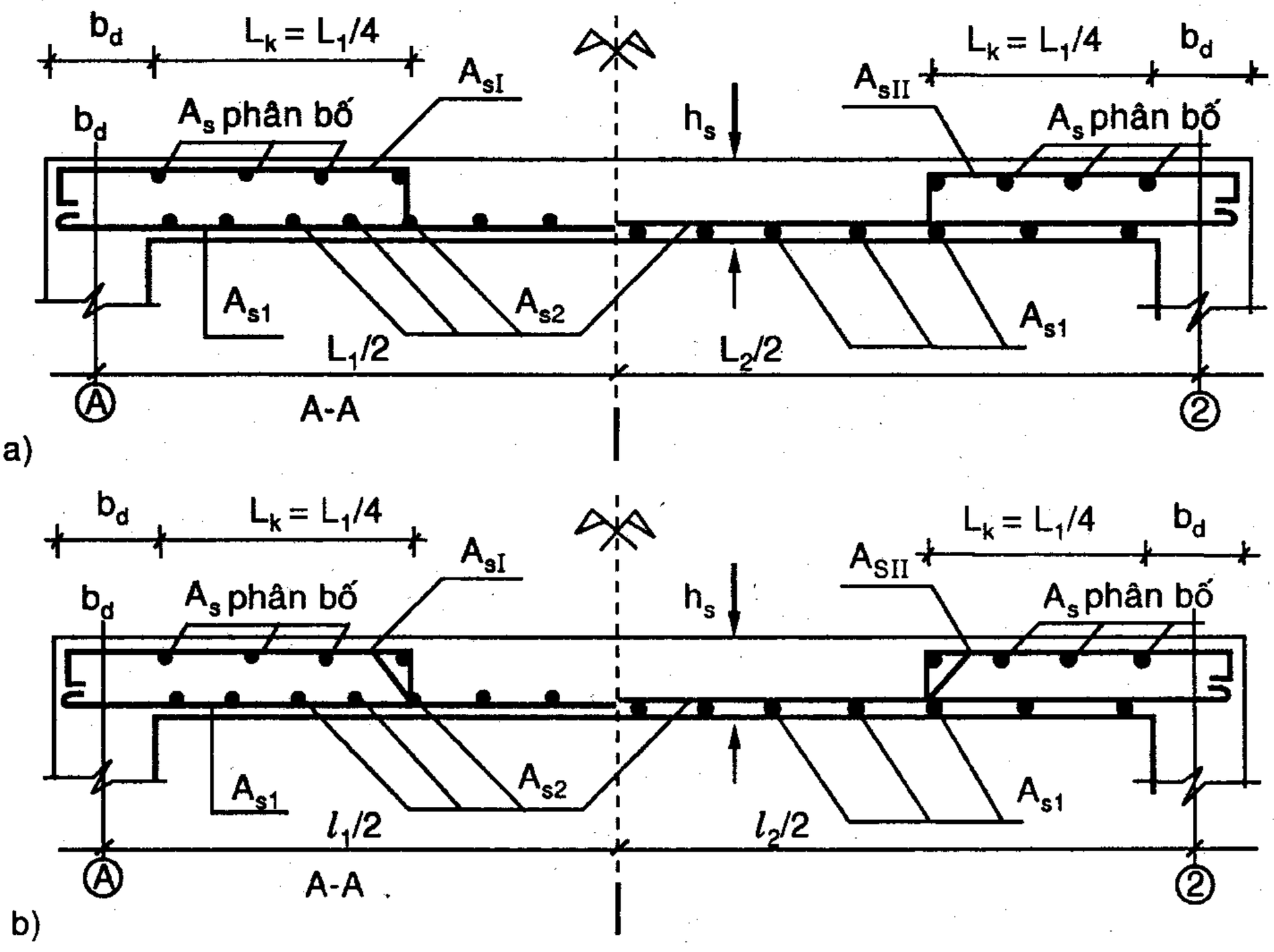
• Chọn và bố trí cốt thép

Chọn cốt thép sàn theo bảng phụ lục 9

- Cốt thép bố trí theo phương L_2 đặt theo cấu tạo như sau:

Khi $\frac{L_2}{L_1} \geq 3$ thì lấy $A_{s2} \geq 10\% A_s$

Khi $\frac{L_2}{L_1} = 2 \div 3$ thì lấy $A_{s2} \geq 20\% A_s$



Hình 9.8 *Bố trí cốt thép trong bản đơn*

- A_s phân bố chọn (d6 @ = 250 - 300)

Bố trí cốt thép

a- Phương án 1: cốt thép ở gối và nhịp riêng biệt

b- Phương án 2: tận dụng cốt thép ở nhịp uốn lên gối

9.2.2 Bản liên tục *(hình 9.6d)*

Tính toán hoàn toàn giống sàn sườn toàn khối loại bản dầm.

ĐỒ ÁN: SÀN SƯỜN TOÀN KHỐI LOẠI BẢN DẦM

9.3 GIỚI THIỆU ĐỒ ÁN

9.3.1 Mục đích

Đồ án môn học kết cấu bêtông ***"Sàn sườn toàn khối loại bản dầm"*** (ĐABT1) tạo điều kiện cho sinh viên chuyên ngành Xây dựng vận dụng tổng hợp và sáng tạo các kiến thức đã học để giải quyết bài toán thiết kế kết cấu bêtông cốt thép cụ thể. Sinh viên được yêu cầu thiết kế hệ thống kết cấu sàn và dầm của một công trình nhà công nghiệp.

Để làm tốt đồ án này, sinh viên phải nắm vững kiến thức cơ bản của các môn học: sức bền vật liệu, cơ học kết cấu, vẽ kỹ thuật xây dựng và đặc biệt là giáo trình kết cấu bêtông cốt thép 1 và 2.

Đồ án giúp sinh viên nắm được trình tự thiết kế một kết cấu bêtông cốt thép từ bước chọn sơ bộ kích thước tiết diện, chọn sơ đồ tính, xác định tải trọng tác dụng, xác định nội lực, tổ hợp nội lực, tính cốt thép, chọn và bố trí cốt thép chịu lực và cốt thép cấu tạo, kiểm tra khả năng chịu lực đến việc thể hiện các kết quả tính toán thành bản vẽ chi tiết có thể thi công được. Qua quá trình thực hiện đồ án, sinh viên còn có dịp để rèn luyện kỹ năng thiết kế và nhất là rèn luyện kỹ năng thể hiện bản vẽ kết cấu. Đây là kỹ năng rất quan trọng đối với người kỹ sư xây dựng, đồng thời là dịp để rèn luyện tác phong của người thiết kế: chính xác, cẩn thận, trung thực... Đây là những đức tính cần thiết đối với người cán bộ thiết kế công trình.

9.3.2 Nội dung

Nội dung chủ yếu của đồ án là tính toán thiết kế ba kết cấu chịu lực cơ bản của công trình: bản sàn, dầm phụ và dầm chính. Kết cấu cột và móng, sinh viên sẽ tính toán thiết kế trong đồ án môn học kết cấu bêtông 2.

Trình tự thiết kế một kết cấu bêtông cốt thép bao gồm:

1. Xác định sơ đồ tính (sơ đồ khớp dẻo hoặc sơ đồ đàn hồi) và nhịp tính toán.

2. Xác định tải trọng tác dụng: tĩnh tải và hoạt tải, tải trọng tiêu chuẩn và tải trọng tính toán.

3. Xác định nội lực và tổ hợp nội lực.

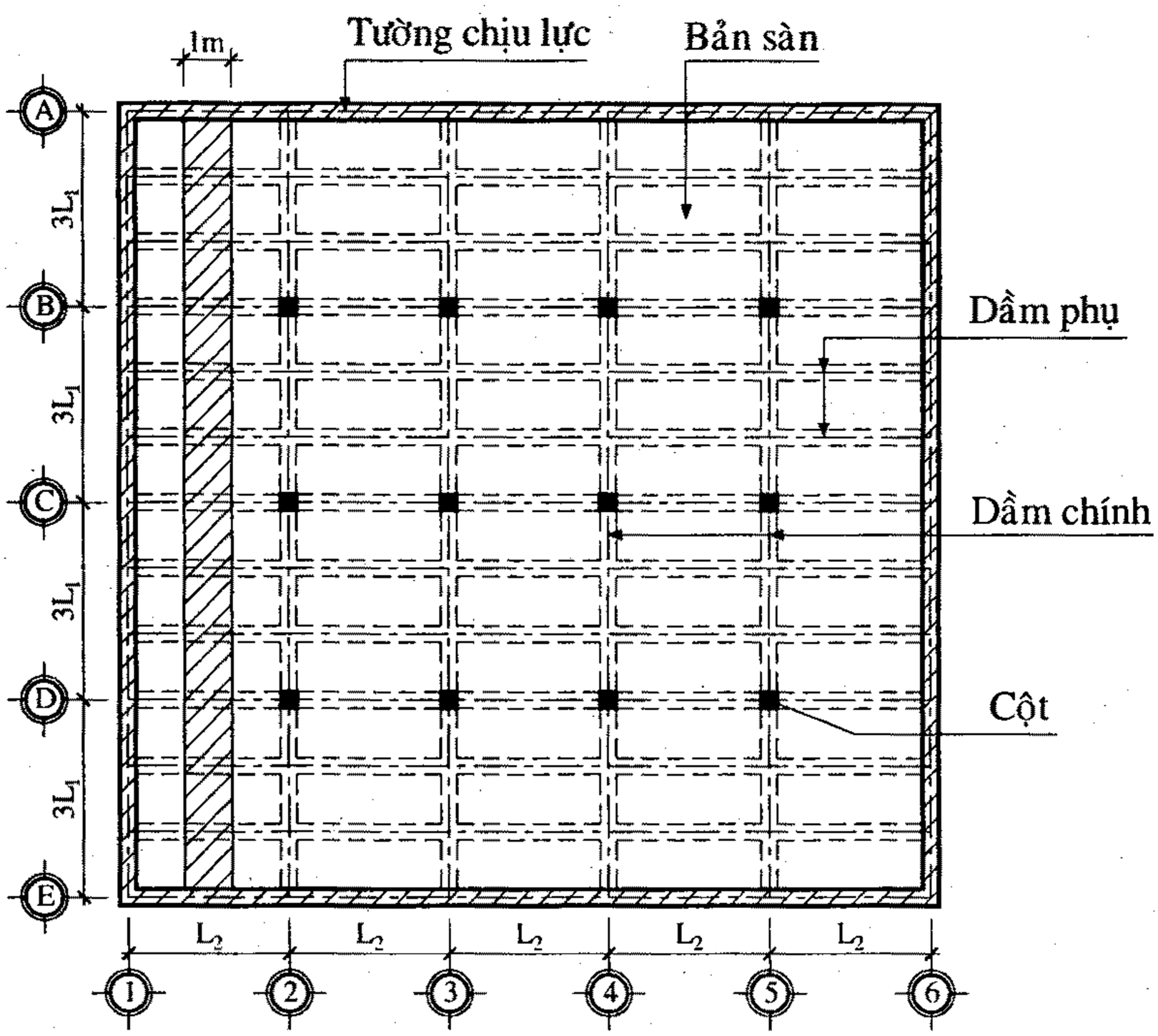
4. Tính toán cốt thép: cốt dọc, cốt ngang (cốt đai, cốt xiên).

5. Bố trí cốt thép.

6. Biểu đồ vật liệu.

7. Thống kê cốt thép.

8. Thể hiện bản vẽ.



Hình 9.8 *Sơ đồ mặt bằng sàn*

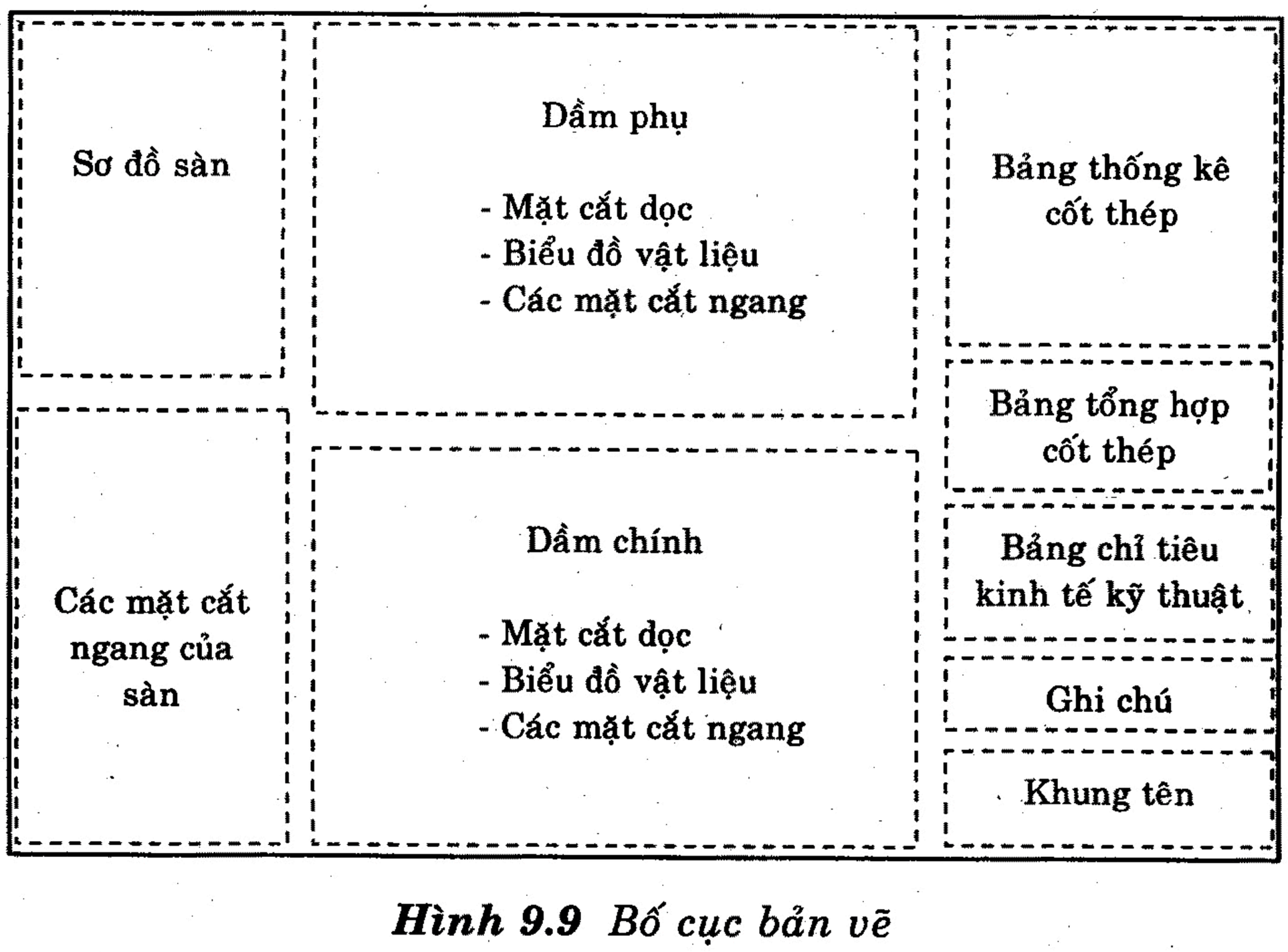
Share-connect.blogspot.com

9.3.3 Yêu cầu

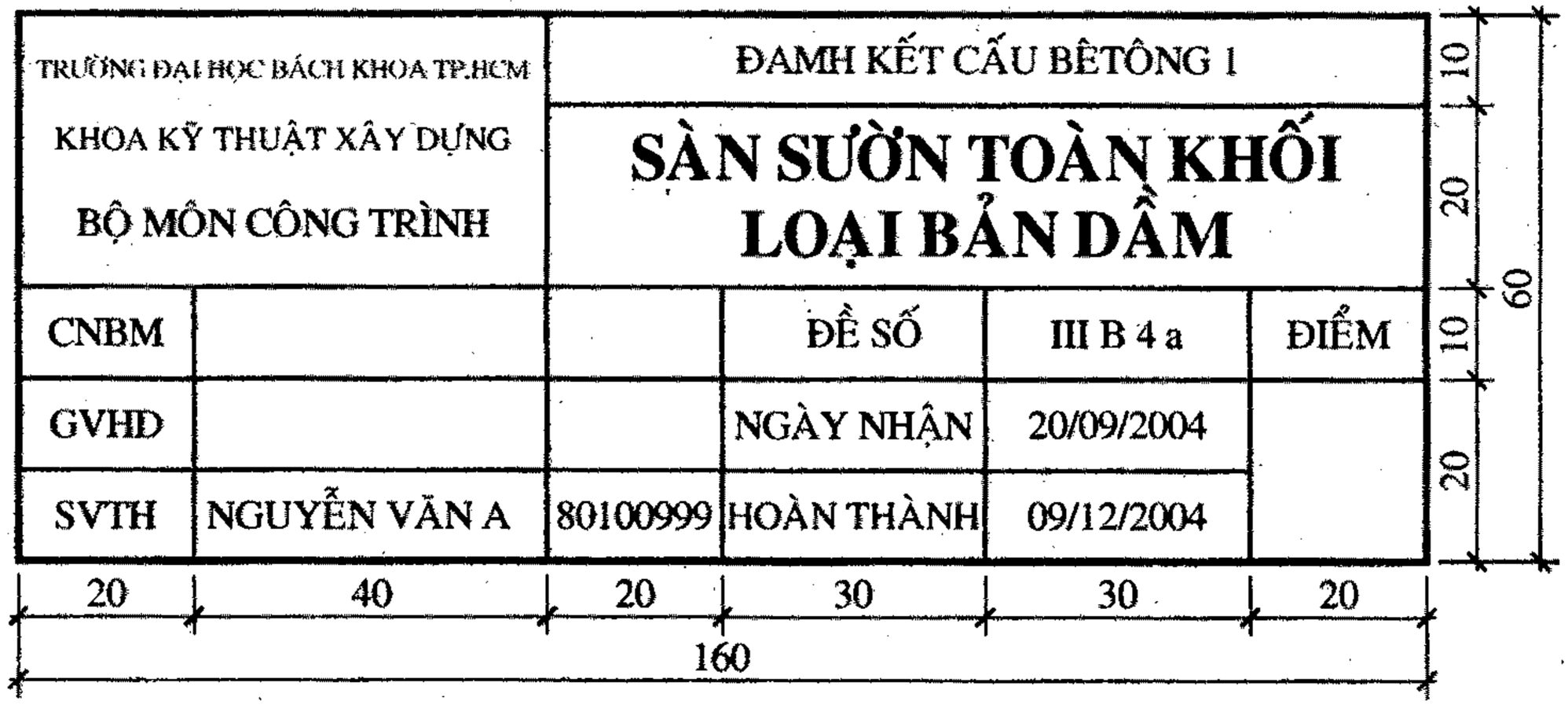
Kết quả tính toán thiết kế sẽ được trình bày trong một quyển thuyết minh và một bản vẽ A1 (594×840mm).

Yêu cầu đối với thuyết minh: trình bày đầy đủ, rõ ràng, ngắn gọn trình tự tính toán cho từng cấu kiện; các kết quả tính toán phải chính xác.

Yêu cầu đối với bản vẽ: bố cục bản vẽ phải hợp lý, thể hiện đúng tiêu chuẩn bản vẽ kỹ thuật; thể hiện đầy đủ mặt bằng kết cấu, chi tiết thiết kế các cấu kiện, mặt cắt, kích thước, trục định vị... có bảng thống kê cốt thép, bảng tổng hợp cốt thép và bảng chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật. Bản vẽ phải thể hiện sao cho người khác đọc có thể hiểu và thi công được.



Hình 9.9 *Bố cục bản vẽ*



***Hình 9.11** Khung tên*

9.4 BẢN SÀN

Giả thiết một công trình nhà công nghiệp có mặt bằng sàn tầng thứ i như hình 9.9.

9.4.1 Phân loại bản sàn

Xét tỉ số hai cạnh ô bản $\frac{L_2}{L_1}$:

- Nếu $\frac{L_2}{L_1} \le 2$: bản làm việc 2 phương (loại bản kê);

- Nếu $\frac{L_2}{L_1} > 2$: bản làm việc 1 phương (loại bản dầm).

trong đó: L_1 - chiều dài cạnh ngắn của ô bản;

L_2 - chiều dài cạnh dài của ô bản.

Nội dung ĐABT1 chỉ xét loại bản dầm. Hệ truyền lực trong sàn sườn toàn khối loại bản dầm theo đúng trình tự: bản sàn chịu trực tiếp tải trọng, truyền xuống hệ dầm phụ và tường chịu lực; dầm phụ truyền xuống dầm chính và tường chịu lực; từ dầm chính sẽ truyền tiếp lên cột và tường chịu lực; sau đó xuống móng và nền.

9.4.2 Chọn sơ bộ kích thước các bộ phận sàn

Chiều dày bản sàn có thể xác định sơ bộ theo công thức sau:

$$h_b = \frac{D}{m} L_1 \geq h_{\min} \tag{9.16}$$

trong đó:

h_b - chiều dày bản sàn;

m - hệ số phụ thuộc vào loại bản, bản dầm $m = (30 \div 35)$, bản kê $m = (40 \div 45)$, bản công xôn $m = (10 \div 18)$;

D - hệ số phụ thuộc vào tải trọng, $D = (0.8 \div 1.4)$;

L_1 - chiều dài cạnh ngắn của ô bản;

h_{min} - chiều dày tối thiểu của bản sàn, theo TCXDVN 356 - 2005 thì:

$h_{min} = 60mm$ đối với sàn giữa các tầng của nhà sản xuất

$h_{min} = 50mm$ đối với sàn nhà ở và công trình công cộng

$h_{min} = 40mm$ đối với sàn mái.

9.4.3 Dầm

❖ Chiều cao dầm:

- Dầm phụ:

$$h_{dp} = \left(\frac{1}{12} \div \frac{1}{16}\right) L_{dp} \tag{9.17}$$

- Dầm chính:

$$h_{dc} = \left(\frac{1}{8} \div \frac{1}{12}\right) L_{dc} \tag{9.18}$$

❖ Chiều rộng dầm:

$$b = \left(\frac{1}{2} \div \frac{1}{4}\right) h \tag{9.19}$$

trong đó: h_{dp} - chiều cao dầm phụ;

L_{dp} - nhịp dầm phụ, $L_{dp} = L_2$;

h_{dc} - chiều cao dầm chính;

L_{dc} - nhịp dầm chính, $L_{dc} = 3L_1$;

b - chiều rộng dầm.

Lưu ý:

- *Kích thước tiết diện nên chọn số chẵn: h_b chọn theo bội số của 10 mm; h_{dp}, h_{dc}, b chọn theo bội số của 50 mm.*
- *Kích thước tiết diện chọn sơ bộ phải được kiểm tra sau khi tính được cốt thép. Nếu hàm lượng cốt thép μ không hợp lý sẽ phải thay đổi kích thước tiết diện và tính lại (hình 1.4).*

9.4.4 Sơ đồ tính

Sàn thuộc loại bản dầm, cắt theo phương cạnh ngắn (phương L_1) một dải có chiều rộng $b = 1m$ (hình 1.1). Sơ đồ tính bản sàn là dầm liên tục nhiều nhịp, gối tựa là tường biên và các dầm phụ (hình 2.2).

Bản sàn được tính theo sơ đồ khớp dẻo, nhịp tính toán lấy theo mép gối tựa, cụ thể như sau:

Đối với nhịp biên:

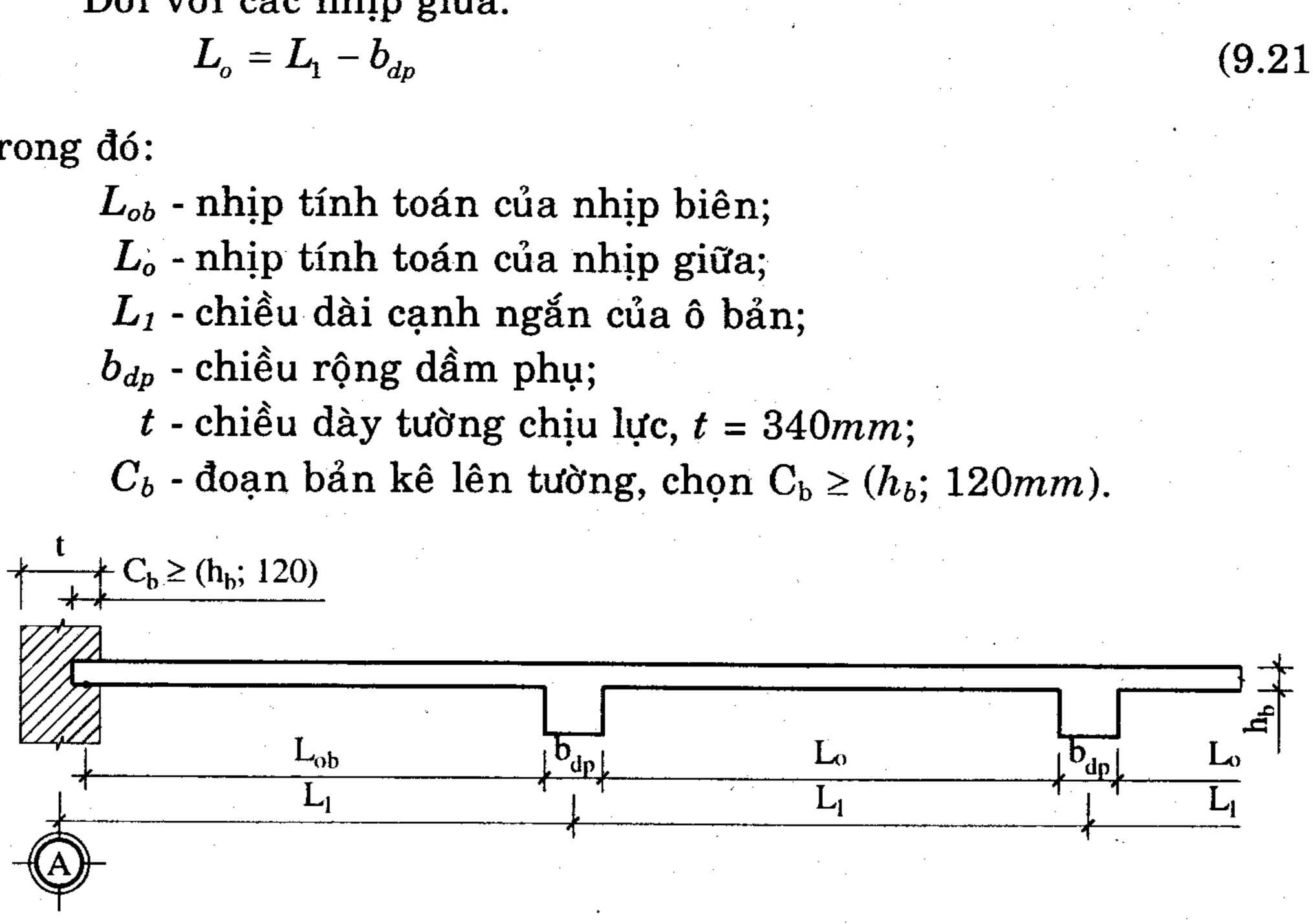
$$L_{ob} = L_1 - \frac{b_{dp}}{2} - \frac{t}{2} + \frac{C_b}{2} \qquad (9.20)$$

Đối với các nhịp giữa:

$$L_o = L_1 - b_{dp} \qquad (9.21)$$

trong đó:

L_{ob} - nhịp tính toán của nhịp biên;
L_o - nhịp tính toán của nhịp giữa;
L_1 - chiều dài cạnh ngắn của ô bản;
b_{dp} - chiều rộng dầm phụ;
t - chiều dày tường chịu lực, $t = 340mm$;
C_b - đoạn bản kê lên tường, chọn $C_b \geq (h_b; 120mm)$.



***Hình 9.12** Sơ đồ xác định nhịp tính toán của bản*

9.4.5 Xác định tải trọng

9.4.5.1 Tĩnh tải

Xác định trọng lượng bản thân các lớp cấu tạo sàn:

$$g_s = \sum\left(\gamma_{f,i} \times \gamma_i \times \delta_i\right) \tag{9.22}$$

trong đó: $\gamma_{f,i}$ - hệ số độ tin cậy về tải trọng lớp thứ i

γ_i - trọng lượng riêng lớp thứ i

δ_i - chiều dày lớp thứ i.

9.4.5.2 Hoạt tải

Hoạt tải tính toán:

$$p_s = \gamma_{f,p} \times p^c \tag{9.23}$$

trong đó: $\gamma_{f,p}$ - hệ số độ tin cậy về tải trọng của hoạt tải

p^c - hoạt tải tiêu chuẩn.

9.4.5.3 Tổng tải

Tổng tải trọng tác dụng lên bản sàn ứng với dải bản có chiều rộng $b = 1m$:

$$q_s = \left(g_s + p_s\right) \times 1\,m \tag{9.24}$$

9.4.5.4 Xác định nội lực

Khi chênh lệch giữa các nhịp tính toán $\Delta L_o \leq 10\%$, nội lực trong bản sàn tính theo sơ đồ khớp dẻo được xác định như sau:

- Mômen nhịp giữa và gối giữa:

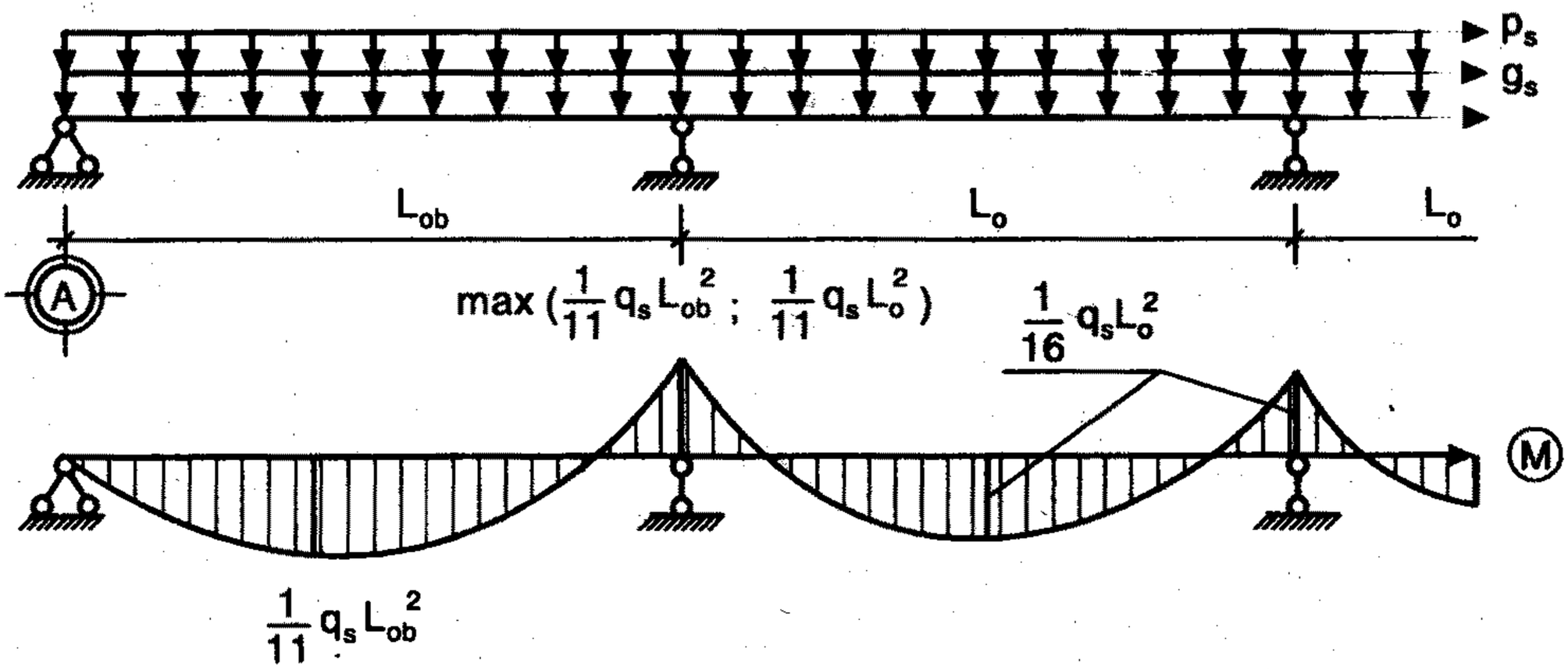
$$M = \pm\frac{q_s L^2}{16} \tag{9.25}$$

- Mômen nhịp biên và gối thứ hai:

$$M = \pm\frac{q_s L^2}{11} \tag{9.26}$$

Lưu ý:

- *Tại nhịp biên lấy $L = L_{ob}$, gối thứ 2 lấy $L = max(L_{ob}; L_o)$, các nhịp giữa và gối giữa lấy $L = L_o$.*
- *Trong bản sàn thông thường bêtông đã đủ khả năng chịu cắt nên không cần xác định lực cắt.*



Hình 9.13 *Sơ đồ tính và biểu đồ bao mômen của bản sàn*

9.4.5.5 Tính cốt thép

Tính cốt thép theo bài toán cấu kiện chịu uốn tiết diện chữ nhật $b \times h = 1000 \times h_b\ mm$.

Chọn $a = 15mm$ khi $h_b \leq 100mm$ và $a = 20mm$ khi $h_b > 100mm$, tính cốt thép theo các công thức sau:

$$h_o = h - a \tag{9.27}$$

$$\alpha_m = \frac{M}{\gamma_b R_b b h_o^2} \tag{9.28}$$

Do bản sàn tính nội lực theo sơ đồ khớp dẻo nên điều kiện hạn chế khi tính theo bài toán cốt đơn:

$$\alpha_m \leq \alpha_{pl} \tag{9.29}$$

khi $R_b \leq 15\ MPa$ thì $\alpha_{pl} = 0{,}3$ và $\xi_{pl} = 0{,}37$

$R_b > 25\ MPa$ thì $\alpha_{pl} = 0{,}255$ và $\xi_{pl} = 0{,}3$

$15 < R_b \leq 25\ MPa$ thì phải nội suy α_{pl} và ξ_{pl}.

Từ α_m tra bảng được ξ hoặc tính từ:

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m} \tag{9.30}$$

Diện tích cốt thép cần thiết:

$$A_s = \frac{\xi \gamma_b R_b b h_o}{R_s} \tag{9.31}$$

Kiểm tra hàm lượng cốt thép:

$$\mu_{\min} = 0,05\% \le \mu = \frac{A_s}{bh_o} \le \mu_{\max} = \xi_{pl}\frac{\gamma_b R_b}{R_s} \qquad (9.32)$$

Hàm lượng cốt thép hợp lý:

- Đối với loại bản dầm $\mu_{\text{hợp lý}} = (0,3 \div 0,9)\%$
- Đối với loại bản kê $\mu_{\text{hợp lý}} = (0,4 \div 0,8)\%$.

Chọn cốt thép sàn theo phụ lục 9

Kết quả tính cốt thép nên tóm tắt thành bảng.

Bảng 9.2 *Tính cốt thép cho bản sàn*

Tiết diện	M (kNm)	α_m	ξ	A_s (mm^2/m)	μ (%)	Chọn cốt thép		
						d (mm)	@ (mm)	A_{sc} (mm^2/m)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)

trong đó:

b - chiều rộng tiết diện, $b = 1000mm$;

h - chiều cao tiết diện, $h = h_b$;

h_o - chiều cao có ích tiết diện;

a - khoảng cách từ trọng tâm cốt thép chịu kéo đến mép bêtông chịu kéo;

M - mômen nội lực;

R_b - cường độ chịu nén tính toán của bêtông;

γ_b - hệ số điều kiện làm việc của bêtông;

R_s - cường độ chịu kéo tính toán của cốt thép;

α_m, ξ - hệ số tính toán cốt thép;

α_{pl}, ξ_{pl} - hệ số điều kiện hạn chế;

A_s - diện tích cốt thép chịu kéo;

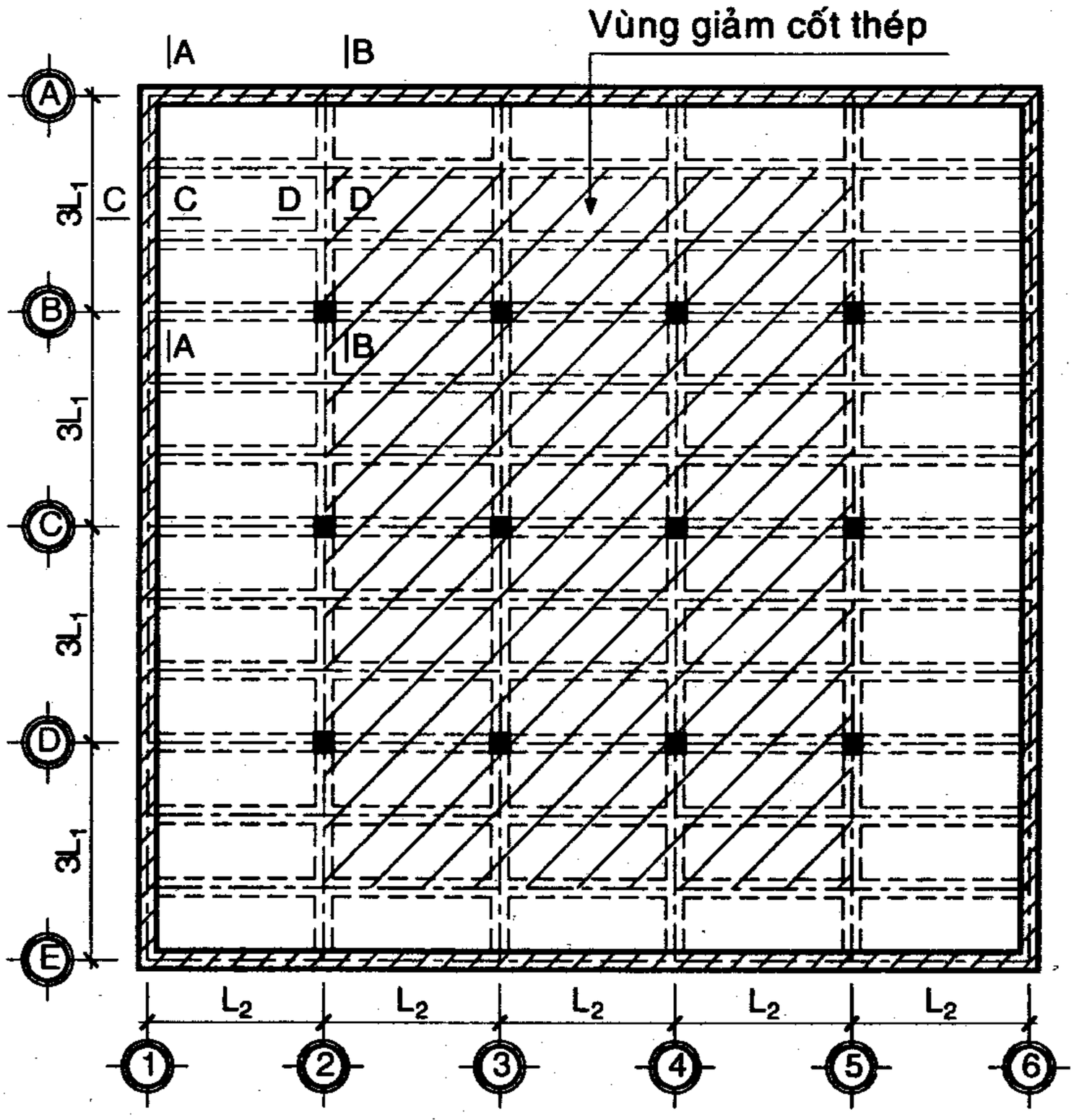
μ - hàm lượng cốt thép.

9.4.5.6 Bố trí cốt thép

- Chọn đường kính cốt thép $d \leq 1/10\ h_b$ (thường chọn ϕ6, ϕ8, ϕ10), khoảng cách cốt thép $70 \leq @ \leq 200$ đối với cốt thép chịu mômen dương, $100 \leq @ \leq 200$ đối với cốt thép chịu mômen âm, chênh lệch diện tích cốt thép $\Delta A_s \leq 5\%$.

- Uốn cốt thép theo góc nghiêng 30° hoặc tỉ số 1 : 2.

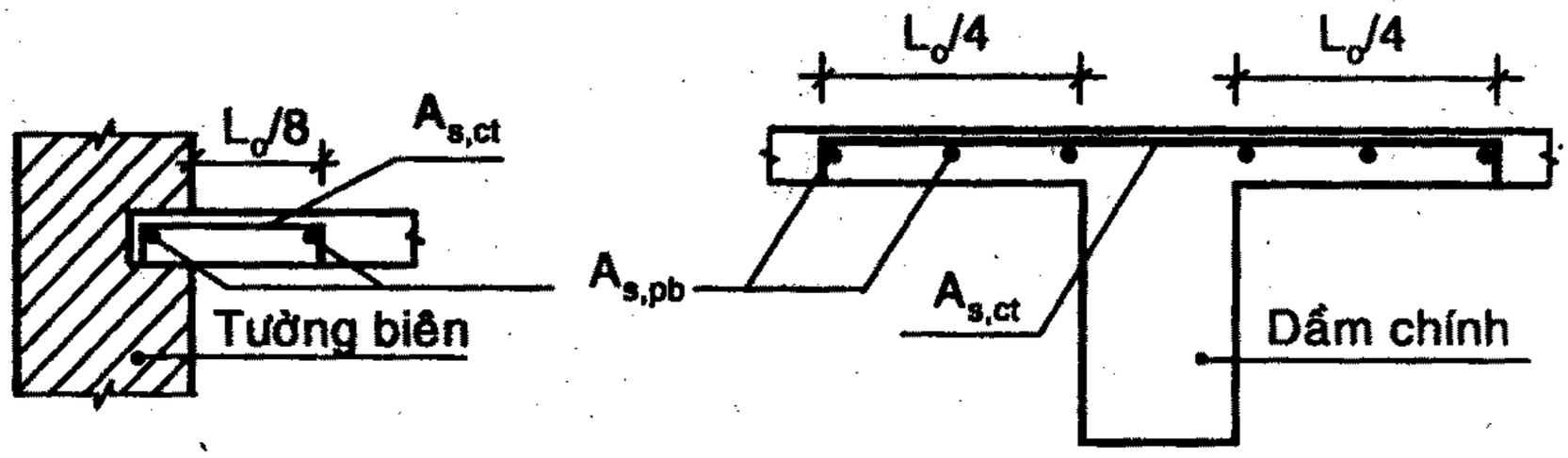
- Đối với các ô bản có dầm liên kết ở bốn biên, vùng gạch chéo trên hình 9.14, do ảnh hưởng của hiệu ứng vòm khi hình thành khớp dẻo, ở các nhịp giữa và gối giữa có sự phân phối lại nội lực nên được phép giảm bớt lượng cốt thép so với kết quả tính được. Lượng cốt thép giảm tối đa 20%.



Hình 9.14 *Vùng giảm cốt thép*

- Cốt thép cấu tạo của bản đặt dọc theo các gối biên (mặt cắt C-C) và dọc theo dầm chính (mặt cắt D-D) (hình 2.4, 2.5), có tác dụng tránh cho bản xuất hiện khe nứt do chịu tác dụng của mômen âm mà trong tính toán chưa xét đến và làm tăng độ cứng tổng thể của bản, được xác định như sau:

$$A_{s,ct} \geq \begin{cases} \phi 6@200 \\ 50\%A_s \text{ gối giữa} \end{cases} \quad (2.18)$$



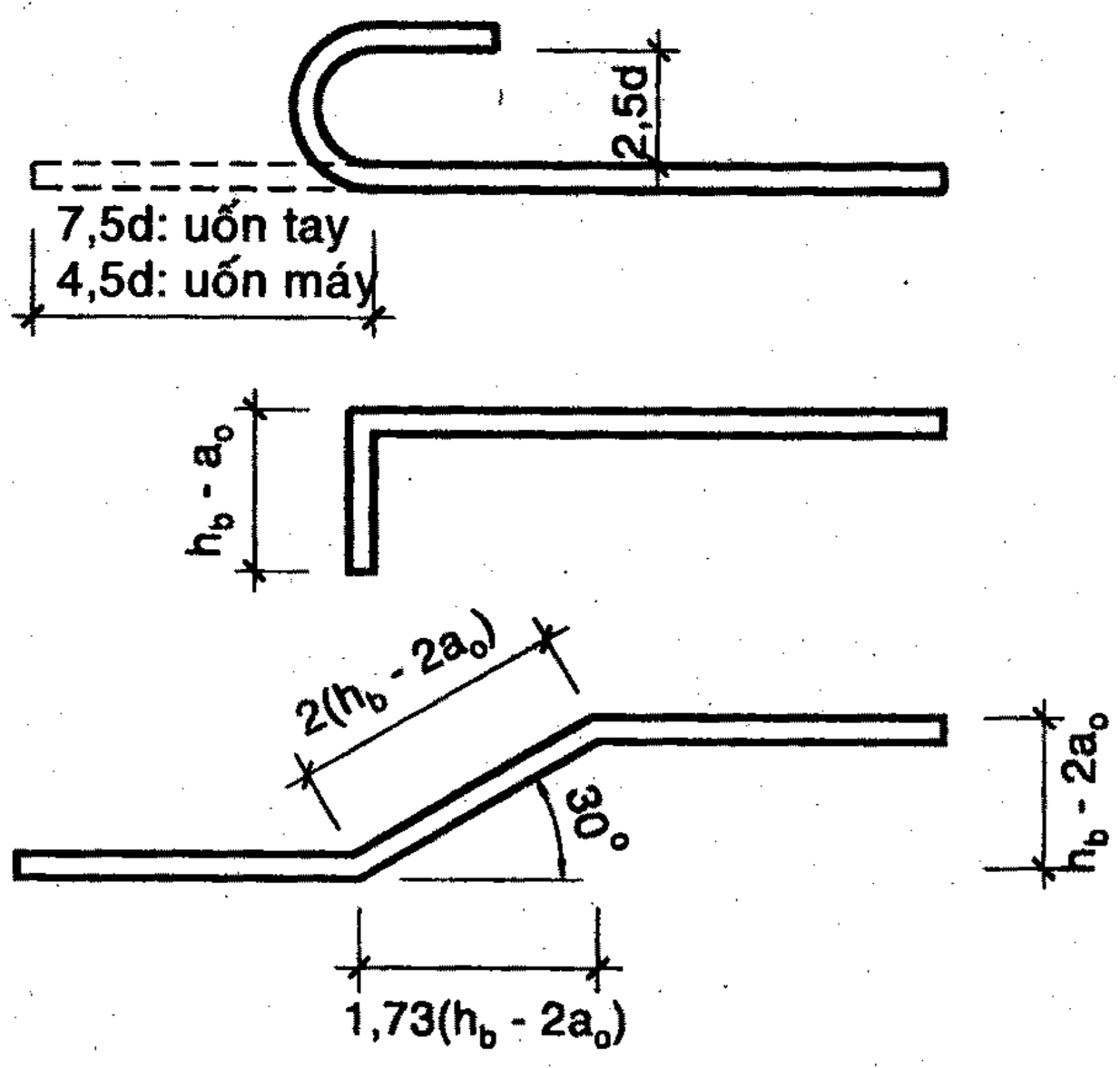
Hình 9.15 *Cốt thép chịu mômen âm theo cấu tạo*

- Cốt thép phân bố chọn theo điều kiện sau:

$$A_{s,pb} \geq \begin{cases} 20\%A_{st} & khi \quad 2 < \dfrac{L_2}{L_1} < 3 \\ 15\%A_{st} & khi \quad \dfrac{L_2}{L_1} \geq 3 \end{cases} \quad (9.33)$$

thường chọn ϕ6@250 hoặc ϕ6@300.

- Chiều dài đoạn neo cốt thép nhịp vào gối tựa: $L_{an} \geq 10d$.



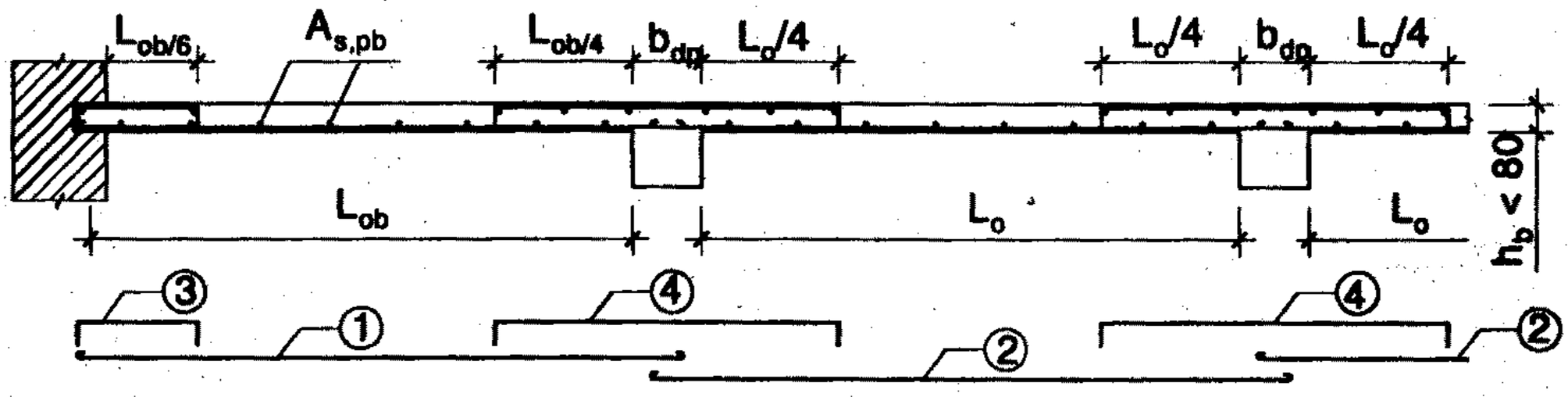
Chú thích: các đoạn chiều dài lấy theo bội số của 10mm; chọn a_o = 10mm khi $h_b \leq 100$mm và a_o = 15mm khi $h_b > 100$mm

Hình 9.16 *Qui cách uốn cốt thép trong bản sàn*

Cách bố trí cốt thép trong bản sàn được thể hiện trên hình 9.17, 9.18. Trong đó, hệ số α được lấy như sau:

$$\alpha = \begin{cases} 0,20 & khi \quad \dfrac{p_s}{g_s} \le 1 \\ 0,25 & khi \quad 1 < \dfrac{p_s}{g_s} \le 3 \\ 0,30 & khi \quad 3 < \dfrac{p_s}{g_s} \le 5 \\ 0,33 & khi \quad \dfrac{p_s}{g_s} > 5 \end{cases} \tag{9.34}$$

❖ $h_b < 80$: cốt thép nhịp và gối tách riêng

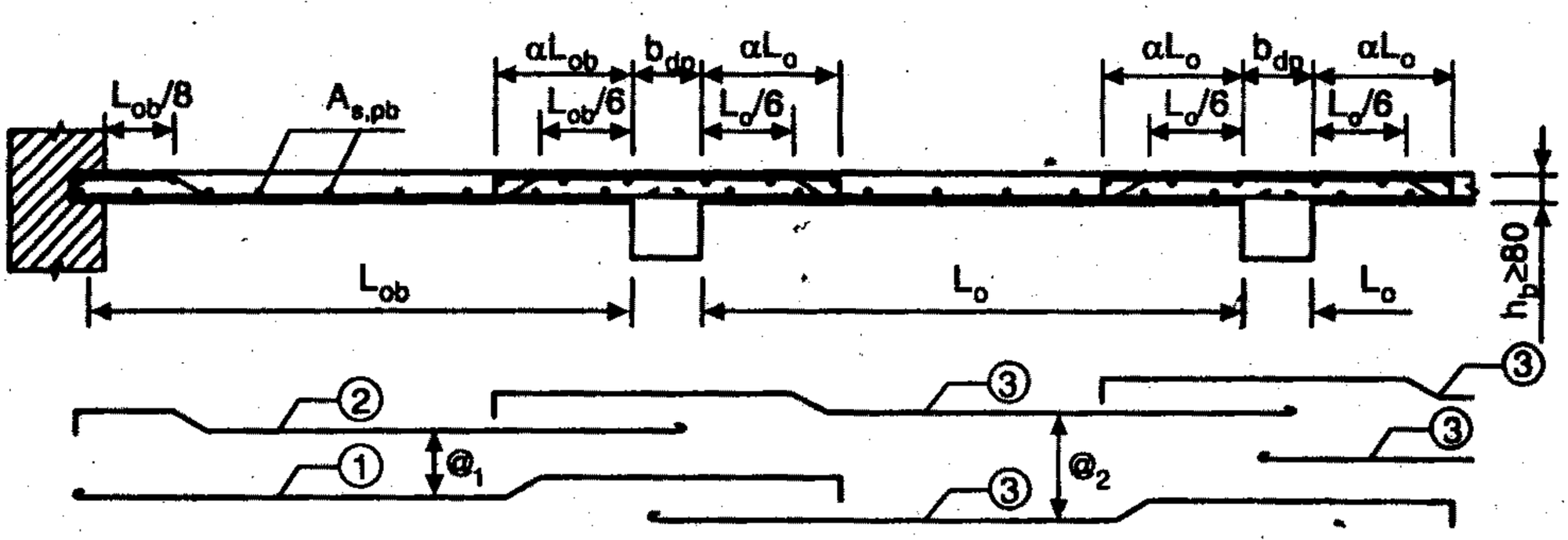


***Hình 9.17** Bố trí cốt thép bản sàn*

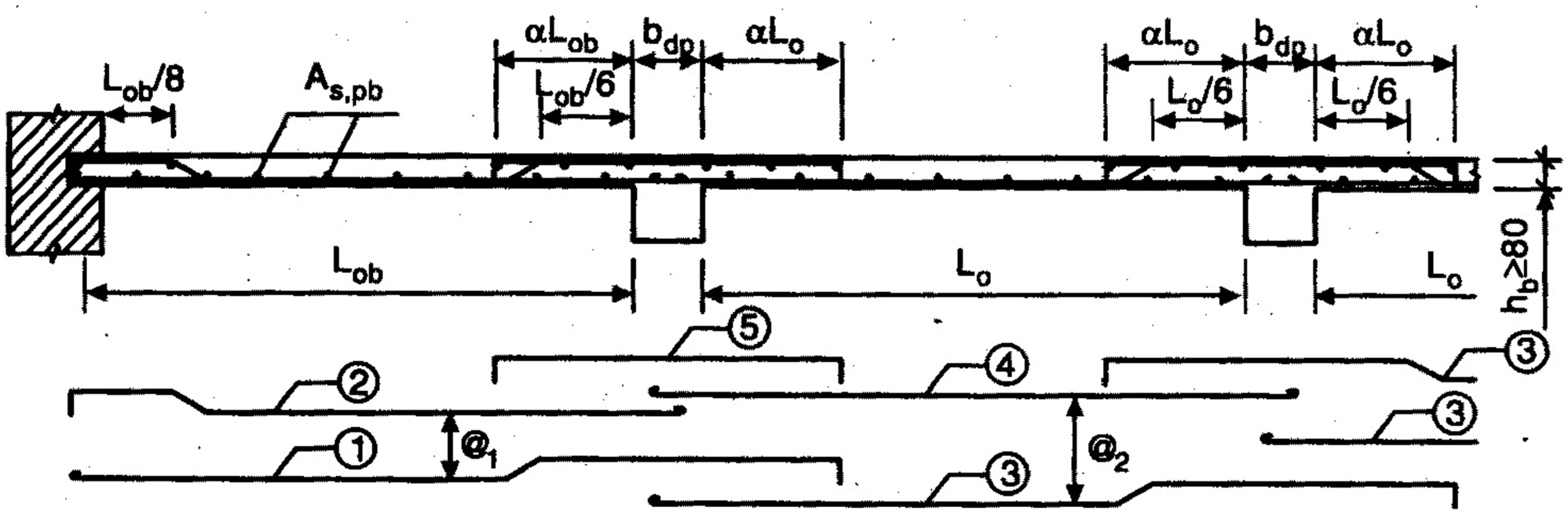
❖ $h_b \ge 80$: tận dụng cốt thép chịu mômen dương ở nhịp uốn lên gối để chịu mômen âm.

Phương án 1: khi nhịp 1 và nhịp 2 có cùng bước cốt thép ($@_1 = @_2$)

Phương án 2: khi nhịp 1 và nhịp 2 khác bước cốt thép ($@_1 \ne @_2$)



Share-connect.blogspot.com

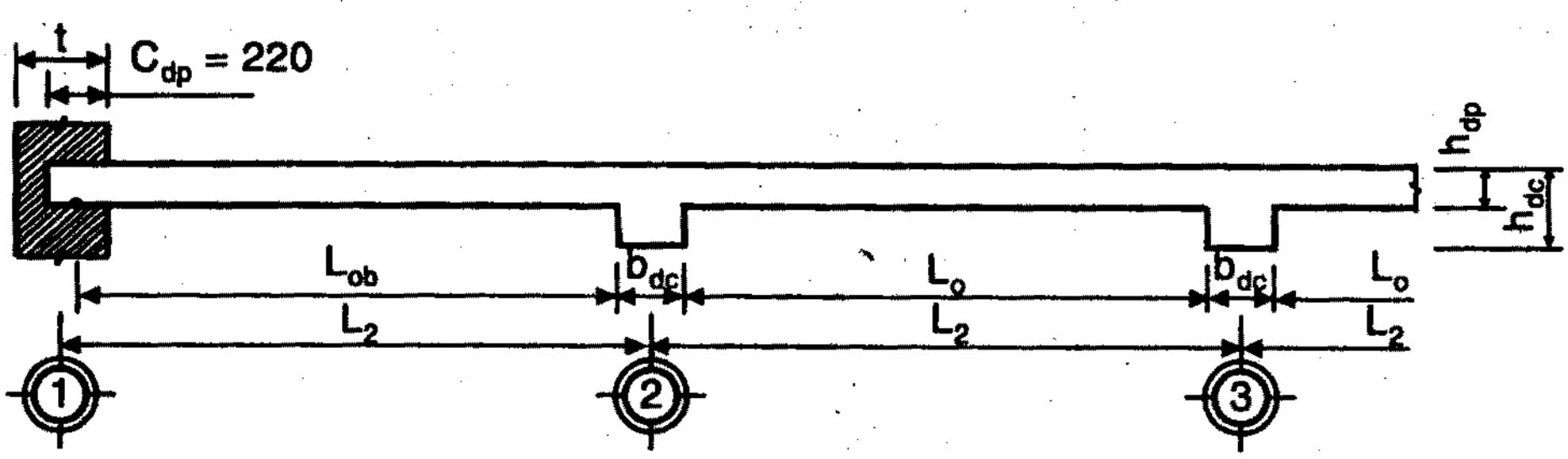


Hình 9.18 Bố trí cốt thép bản sàn

9.5 DẦM PHỤ

9.5.1 Sơ đồ tính

Dầm phụ tính theo sơ đồ khớp dẻo. Sơ đồ tính là dầm liên tục có các gối tựa là tường biên và dầm chính (hình 3.1, 3.2).



Hình 9.19 Sơ đồ xác định nhịp tính toán của dầm phụ

Nhịp tính toán của dầm phụ lấy theo mép gối tựa.

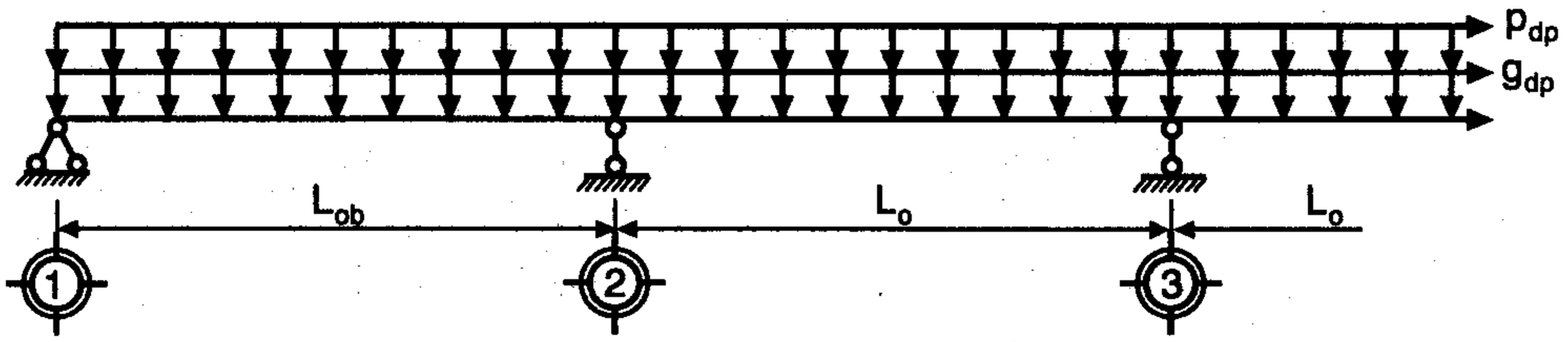
Đối với nhịp biên:

$$L_{ob} = L_2 - \frac{b_{dc}}{2} - \frac{t}{2} + \frac{C_{dp}}{2} \qquad (9.35)$$

Đối với các nhịp giữa:

$$L_o = L_2 - b_{dc} \qquad (9.36)$$

trong đó: C_{dp} - đoạn dầm phụ kê lên tường, lấy bằng kích thước một viên gạch, chọn $C_{dp} = 220mm$.



Hình 9.20 *Sơ đồ tính của dầm phụ*

9.5.2 Xác định tải trọng

9.5.2.1 Tĩnh tải

Trọng lượng bản thân dầm phụ:

$$g_o = \gamma_{f,g} \times \gamma_{bt} \times b_{dp} \times \left(h_{dp} - h_b\right) \tag{9.37}$$

trong đó:

$\gamma_{f,g}$ - hệ số độ tin cậy về tải trọng, $\gamma_{f,g} = 1{,}1$;

γ_{bt} - trọng lượng riêng của bêtông, $\gamma_{bt} = 25\ kN/m^3$:

Tĩnh tải từ bản sàn truyền vào:

$$g_1 = g_s \times L_1 \tag{9.38}$$

Tổng tĩnh tải:

$$g_{dp} = g_o + g_1 \tag{9.39}$$

9.5.2.2 Hoạt tải

Hoạt tải tính toán từ bản sàn truyền vào:

$$p_{dp} = p_s \times L_1 \tag{9.40}$$

9.5.2.3 Tổng tải

Tải trọng tổng cộng:

$$q_{dp} = g_{dp} + p_{dp} \tag{9.41}$$

9.5.3 Xác định nội lực

9.5.3.1 Biểu đồ bao mômen

Khi chênh lệch giữa các nhịp tính toán $\Delta L_o \leq 10\%$, tung độ biểu đồ bao mômen của dầm phụ tính theo sơ đồ khớp dẻo được xác định như sau:

$$M = \beta \times q_{dp} \times L^2 \qquad (9.42)$$

Mômen âm bằng không ở nhịp biên cách gối thứ 2 một đoạn kL, mômen dương lớn nhất ở nhịp biên cách gối biên một đoạn $0{,}425L$, mômen dương bằng không cách gối tựa một đoạn $0{,}15L$.

Lưu ý:

- Các tiết diện trên biểu đồ bao mômen cách nhau 0,2L.

- Tại nhịp biên lấy $L = L_{ob}$, gối thứ 2 lấy $L = max(L_{ob}; L_o)$, các nhịp giữa và gối giữa lấy $L = L_o$.

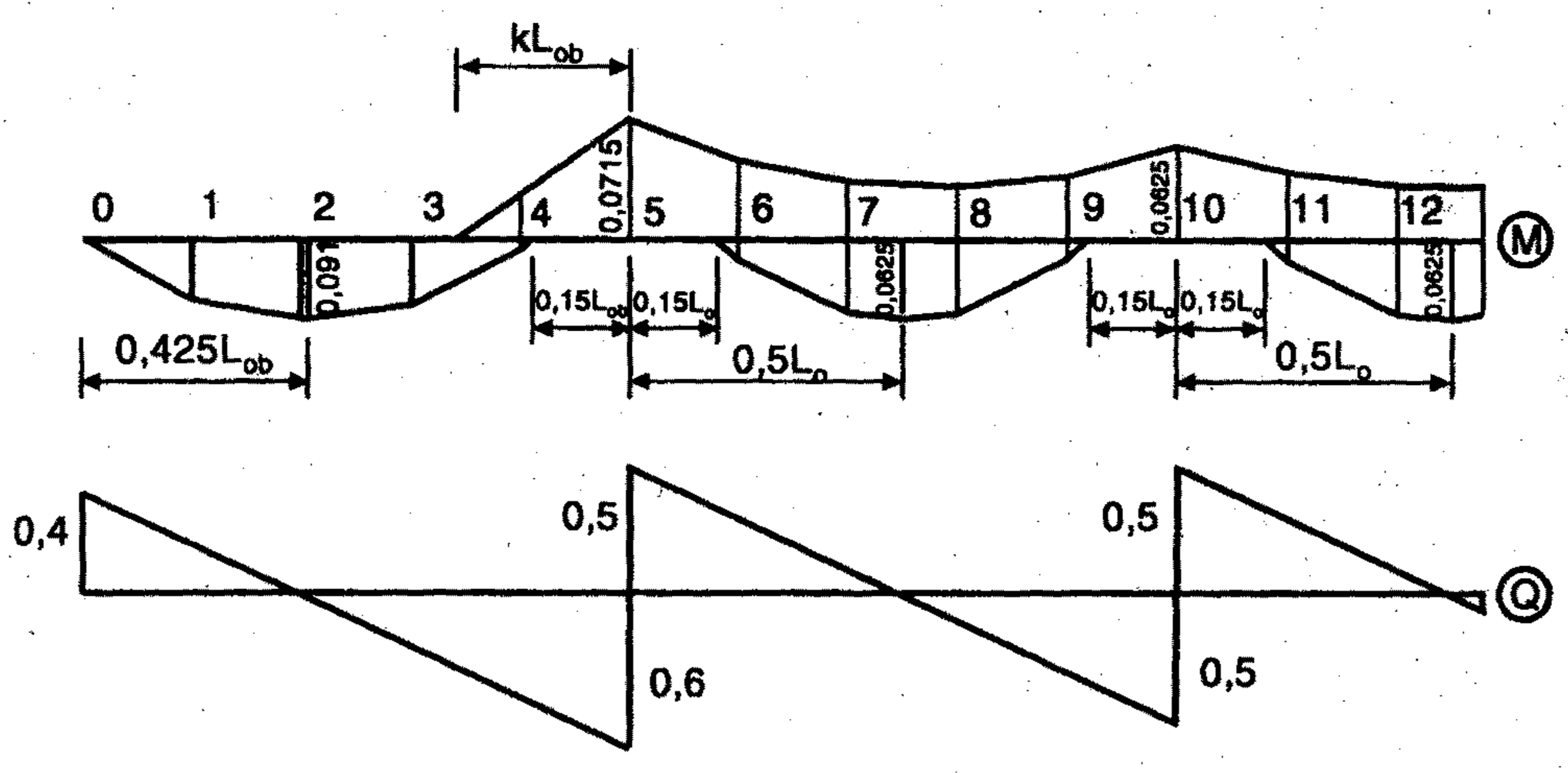
- Các hệ số β, k tra phụ lục 12 theo tỉ số p_{dp}/g_{dp}.

9.5.3.2 Biểu đồ bao lực cắt

Tung độ của biểu đồ bao lực cắt được xác định như sau:

$$Q = \alpha \times q_{dp} \times L \qquad (9.43)$$

trong đó: α - hệ số cho trên hình 9.21.

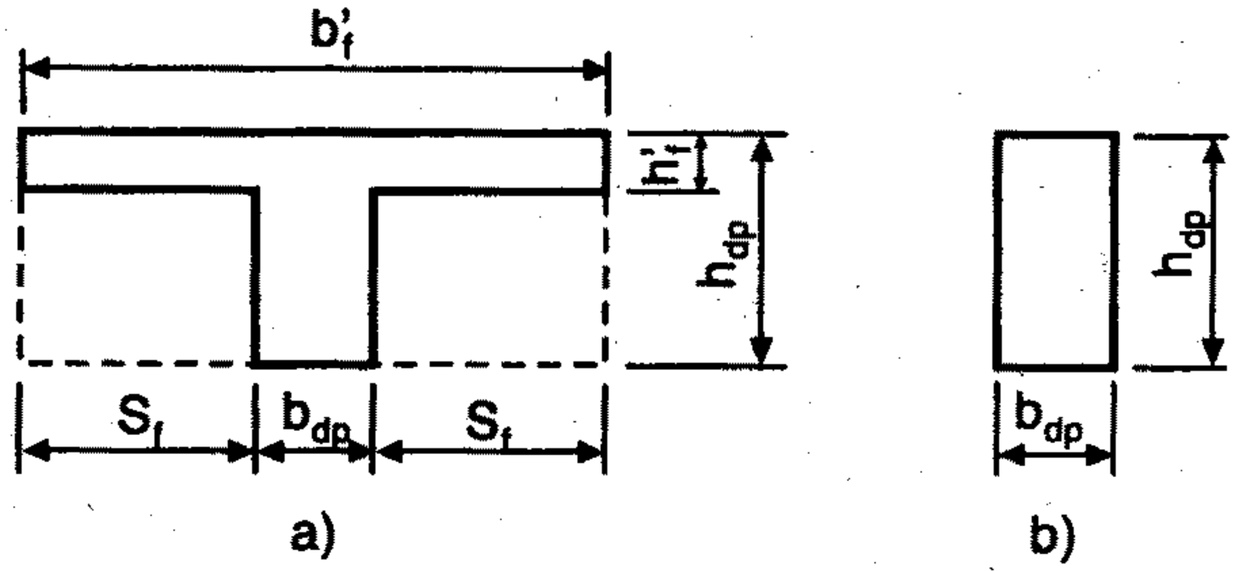


Hình 9.21 *Biểu đồ bao nội lực của dầm phụ*

9.5.4 Tính cốt thép

9.5.4.1 Cốt dọc

Dầm được đổ toàn khối với bản sàn nên khi tính cốt thép xem một phần bản cánh cùng tham gia chịu lực với sườn. Tùy theo giá trị mômen âm hay dương mà có thể xét hoặc không xét bản cánh trong tính toán.



Hình 9.22 *Tiết diện tính toán cốt thép của dầm phụ*

a) Khi bản cánh chịu nén

b) Khi bản cánh chịu kéo

a) Tại tiết diện ở nhịp

Tương ứng với tiết diện chịu mômen dương, bản cánh nằm trong vùng chịu nén nên cùng tham gia chịu lực với sườn, tiết diện tính toán là tiết diện chữ T.

Xác định độ vươn của bản cánh S_f:

$$S_f \le \begin{cases} \frac{1}{6} \text{ nhịp tính toán của dầm: } \frac{1}{6}\times(L_2 - b_{dc}) \\ \frac{1}{2} \text{ khoảng cách hai mép trong của dầm: } \frac{1}{2}\times(L_1 - b_{dp}) \\ 6\times h_f{}' \end{cases} \quad (9.44)$$

Chiều rộng bản cánh đưa vào tính toán:

$$b_f{}' = b_{dp} + 2S_f \quad (9.45)$$

Xác định vị trí trục trung hòa:

$$M_f = \gamma_b R_b b_f{}' h_f{}' \left(h_o - \frac{h_f{}'}{2}\right) \quad (9.46)$$

- Nếu $M \le M_f$ thì trục trung hòa qua cánh, tính cốt thép theo bài toán cấu kiện chịu uốn tiết diện chữ nhật ($b_f{}'\times h_{dp}$). Hầu hết các trường hợp trên thực tế khi dầm và sàn đổ toàn khối đều thỏa điều kiện này.

- Nếu $M > M_f$ thì trục trung hòa qua sườn, tính cốt thép theo bài toán cấu kiện chịu uốn tiết diện chữ T.

b) Tại tiết diện ở gối

Tương ứng với tiết diện chịu mômen âm, bản cánh nằm trong vùng chịu kéo nên xem như không tham gia chịu lực với sườn, tính cốt thép theo bài toán cấu kiện chịu uốn tiết diện chữ nhật ($b_{dp}\times h_{dp}$).

Kết quả tính cốt thép nên lập theo bảng 9.3.

Chọn cốt thép theo phụ lục 8

***Bảng 9.3** Tính cốt thép dọc cho dầm phụ*

Tiết diện	M (kNm)	α_m	ξ	A_s (mm^2)	μ (%)	Chọn cốt thép	
						Chọn	A_{sc} (mm^2)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)

Ghi chú:

- Chiều cao bản cánh $h_f' = h_b$.

- Giả thiết $a = (35 \div 50)mm$.

- Do tính theo sơ đồ khớp dẻo nên điều kiện hạn chế $\alpha_m \le \alpha_{pl}$.

- Hàm lượng cốt thép hợp lý đối với dầm: $\mu_{hợp\ lý} = (0,8 \div 1,5)\%$.

9.5.4.2 Cốt ngang

Tính cốt đai cho tiết diện bên trái gối 2 có giá trị lực cắt lớn nhất, các gối còn lại bố trí cốt đai tương tự. Cốt đai giữa nhịp đặt theo cấu tạo:

$$s_{ct} \le \begin{cases} \dfrac{3h}{4} & khi\ h > 300\ mm \\ 500\ mm \end{cases} \qquad (9.47)$$

9.6 DẦM CHÍNH

9.6.1 Sơ đồ tính

Trong thực tế, kết cấu chịu lực của công trình thường là kết cấu khung, dầm chính cùng với cột tạo thành hệ khung chịu lực, nên muốn xác định nội lực trong dầm chính thì phải tiến hành giải

khung. Tuy nhiên, ĐABT1 này có giới hạn nhất định, không yêu cầu tính khung mà chỉ tính dầm. Gần đúng, cho phép tách dầm ra khỏi hệ khung, xem dầm chính là dầm liên tục tựa lên tường biên và các cột. Mức độ chính xác trong trường hợp này có thể chấp nhận được khi độ cứng đơn vị của dầm lớn hơn bốn lần độ cứng đơn vị của cột:

$$i_d \geq 4i_c \Leftrightarrow \frac{EI_d}{L_d} \geq 4\frac{EI_c}{L_c} \tag{9.48}$$

trong đó:

i_d, i_c - độ cứng đơn vị của dầm, cột;

I_d, I_c - mômen quán tính của tiết diện dầm, cột;

L_d, L_c - chiều dài của dầm, cột;

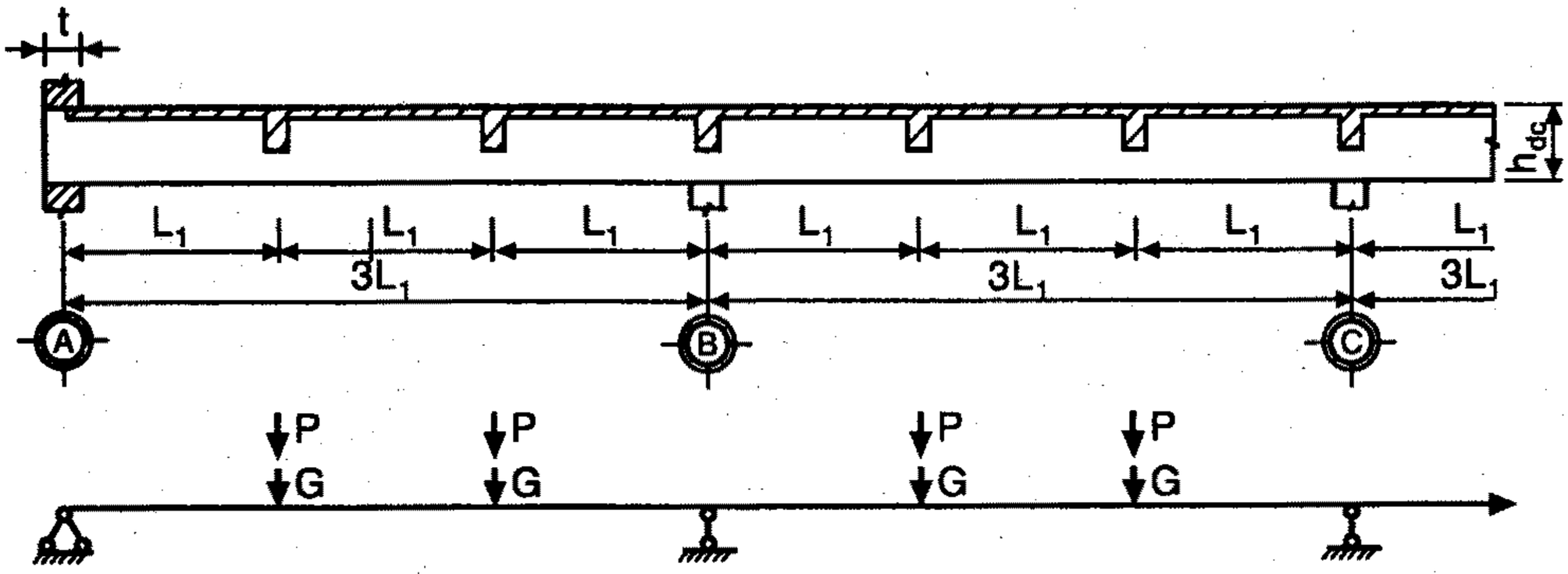
E - môđun đàn hồi.

Dầm chính được tính theo sơ đồ đàn hồi, nhịp tính toán lấy theo trục, cụ thể như sau:

$$L = 3L_1 \tag{9.49}$$

Chọn đoạn dầm chính kê lên tường bằng chiều dày của tường:

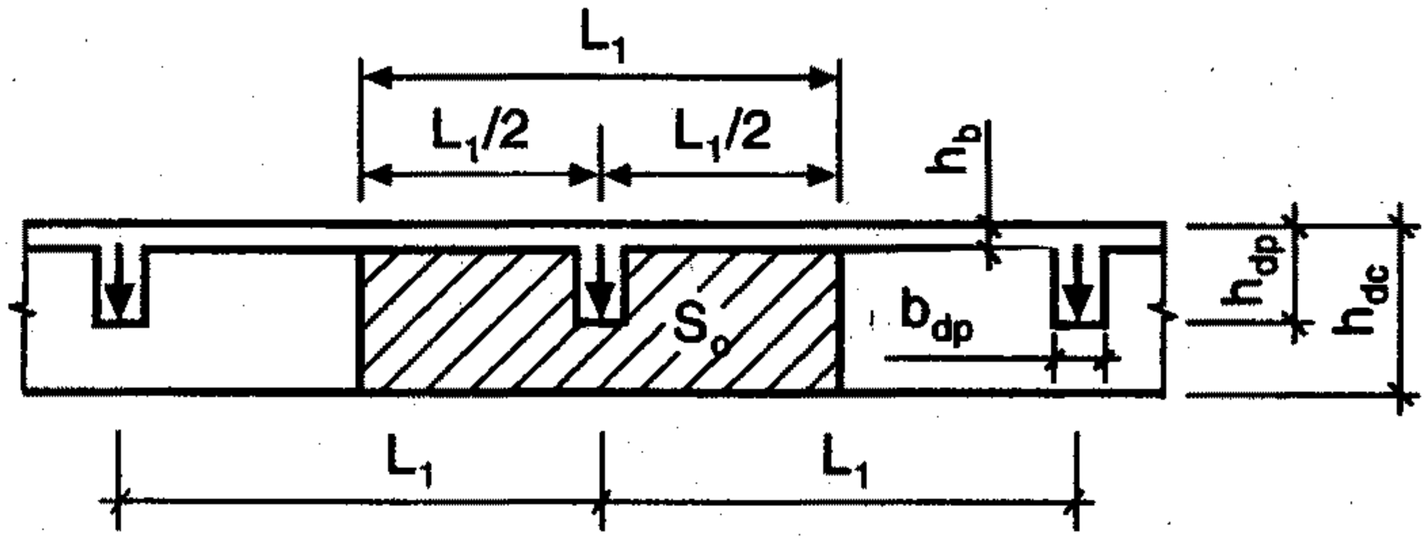
$C_{dc} = t = 340mm$.



Hình 9.23 *Sơ đồ tính của dầm chính*

9.6.2 Xác định tải trọng

Tải trọng từ bản sàn truyền lên dầm phụ rồi từ dầm phụ truyền lên dầm chính dưới dạng lực tập trung (hình 9.23).



***Hình 9.24** Xác định tải trọng tác dụng lên dầm chính*

9.6.2.1 Tĩnh tải

Trọng lượng bản thân dầm chính:

$$G_o = \gamma_{f,g} \times \gamma_{bt} \times b_{dc} \times S_o \tag{9.50}$$

trong đó: $\gamma_{f,g}$ - hệ số độ tin cậy về tải trọng, $\gamma_{f,g} = 1,1$

γ_{bt} - trọng lượng riêng của bêtông, $\gamma_{bt} = 25kN/m^3$

S_o - diện tích xác định trọng lượng bản thân dầm chính.

$$S_o = (h - h_b)L_1 - (h_{dp} - h_b)b_{dp} \tag{9.51}$$

Từ dầm phụ truyền lên dầm chính:

$$G_1 = g_{dp} \times L_2 \tag{9.52}$$

Tĩnh tải tính toán:

$$G = G_o + G_1 \tag{9.53}$$

9.6.2.2 Hoạt tải

Từ dầm phụ truyền lên dầm chính:

$$P = p_{dp} \times L_2 \tag{9.54}$$

9.6.3. Xác định nội lực

Đối với dầm chính cần tiến hành tổ hợp nội lực để xác định giá trị nội lực nguy hiểm cho từng tiết diện (hình 4.4).

9.6.3.1 Biểu đồ bao mômen

Cách tìm biểu đồ bao mômen

- Đặt tĩnh tải G lên toàn bộ dầm tìm được biểu đồ mômen M_G.

- Xét từng trường hợp bất lợi của hoạt tải P. Tương ứng với mỗi trường hợp đặt hoạt tải P_i tìm được biểu đồ mômen M_{Pi}. Tung

độ của biểu đồ mômen tại tiết diện bất kì của từng trường hợp đặt tải được xác định theo công thức:

$$M_G = \alpha \times G \times L$$
$$M_{Pi} = \alpha \times P \times L \qquad (9.55)$$

trong đó: α - hệ số tra phụ lục 13.

- Lần lượt đem cộng biểu đồ mômen M_G với từng biểu đồ mômen M_{Pi} ta sẽ được biểu đồ mômen thành phần M_i tương ứng:

$$M_i = M_G + M_{Pi} \qquad (9.56)$$

- Vẽ chồng các biểu đồ mômen thành phần M_i lên cùng một hệ trục với cùng một tỉ lệ. Biểu đồ bao mômen chính là đường viền ngoài cùng của các biểu đồ mômen thành phần M_i.

9.6.3.2 Biểu đồ bao lực cắt

Tiến hành tương tự đối với biểu đồ bao mômen.

Tính và vẽ biểu đồ lực cắt:

Cách 1:

Tung độ của biểu đồ lực cắt tại tiết diện bất kì của từng trường hợp đặt tải được xác định theo công thức:

$$Q_G = \beta \times G$$
$$Q_{Pi} = \beta \times P \qquad (9.57)$$

trong đó: β - hệ số tra phụ lục 13.

Cách 2:

Ta có quan hệ giữa mômen và lực cắt: *"Đạo hàm của mômen chính là lực cắt"*. Vậy ta có: $M' = Q = tg\alpha$.

Xét hai tiết diện a và b cách nhau một đoạn x, chênh lệch mômen của hai tiết diện là $\Delta M = M_a - M_b$. Do đó lực cắt giữa hai tiết diện đó là: $Q = \frac{\Delta M}{x}$.

Lưu ý:

- Tận dụng tính đối xứng của dầm để giảm số lượng các trường hợp đặt tải.

- Hệ số α, β chỉ cho ở một số tiết diện quan trọng, muốn có được biểu đồ nội lực trong từng nhịp của dầm cần phải thực hiện

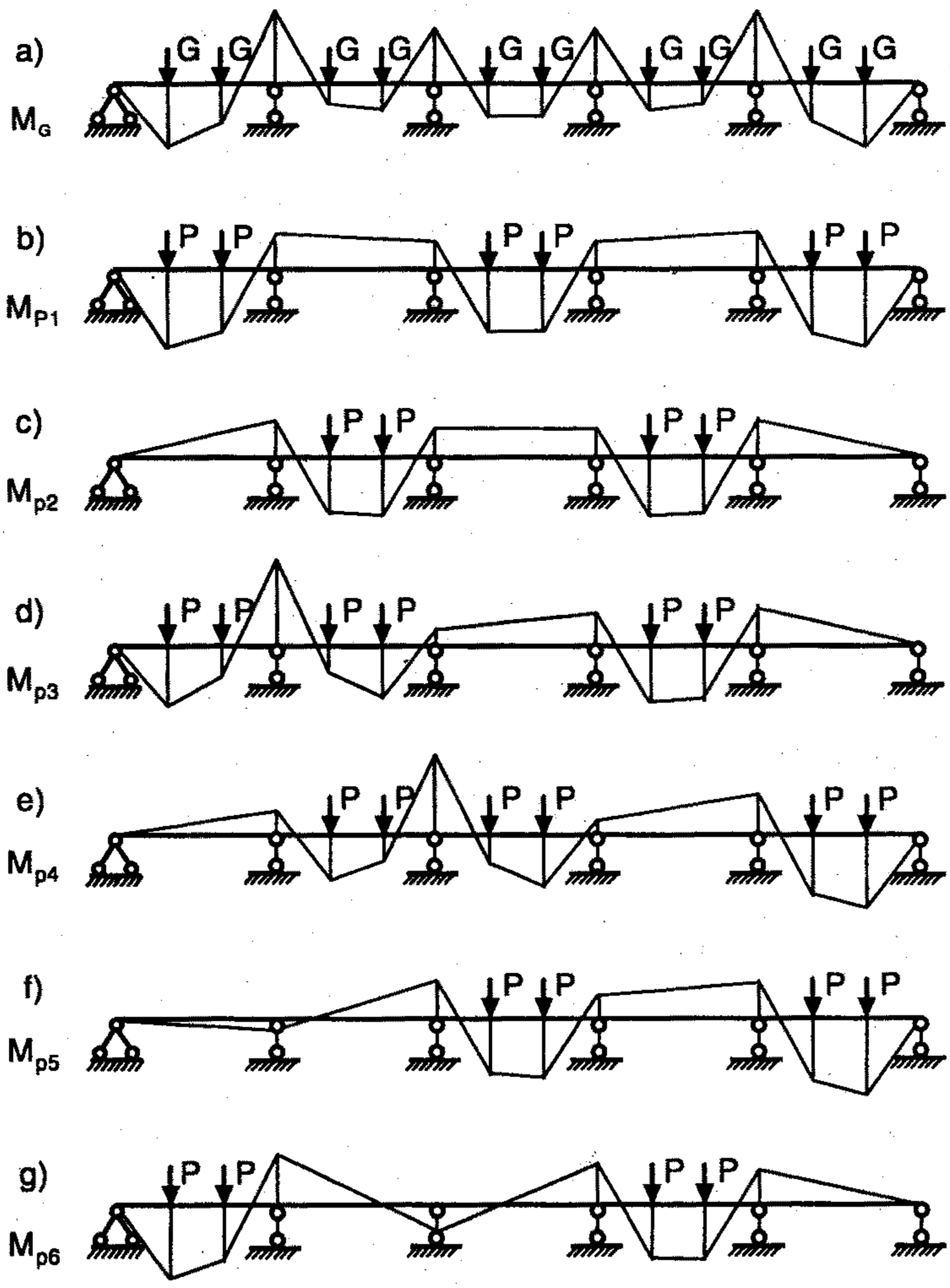
các phép tính bổ trợ theo cơ học kết cấu. Đem cắt nhịp dầm ra xem như một dầm tĩnh định, đặt thêm mômen, lực cắt ở gối tựa đã tính được rồi thực hiện giải dầm.

9.6.4 Tính cốt thép

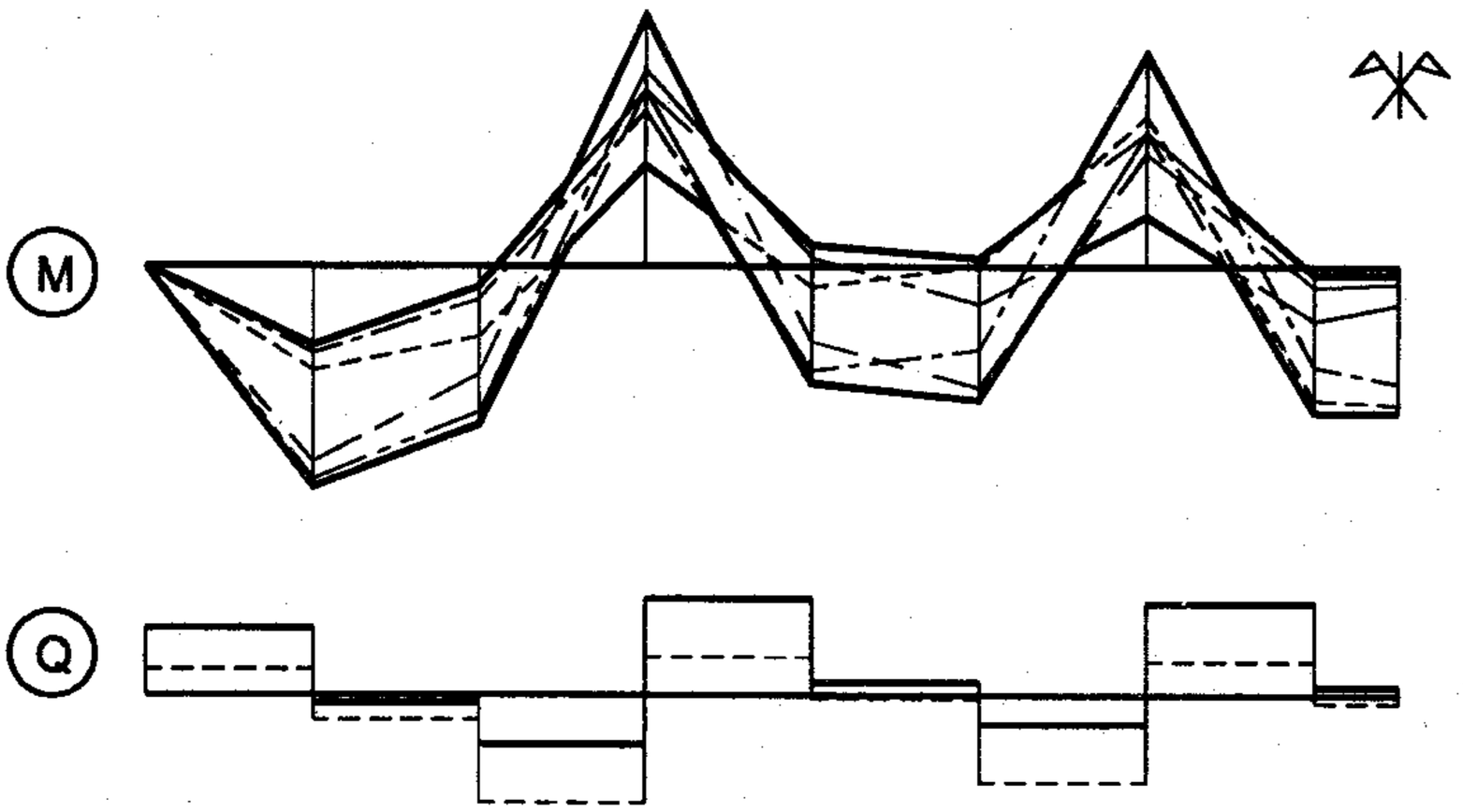
9.6.4.1 Cốt dọc

Tương tự dầm phụ, cần lưu ý một số điểm khác biệt:

- Dầm ngàm với cột tại ví trí mép gối. Do đó, khi tính cốt thép tại các gối phải dùng mômen mép gối, M_{mg}, xác định theo phương pháp tam giác đồng dạng, để tiết kiệm cốt thép.



Hình 9.25 *Các trường hợp đặt tải của dầm năm nhịp*



Hình 9.26 *Biểu đồ bao nội lực*

- Do dầm chính tính theo sơ đồ đàn hồi nên điều kiện hạn chế khi tính cốt thép là $\alpha_m \leq \alpha_R$.

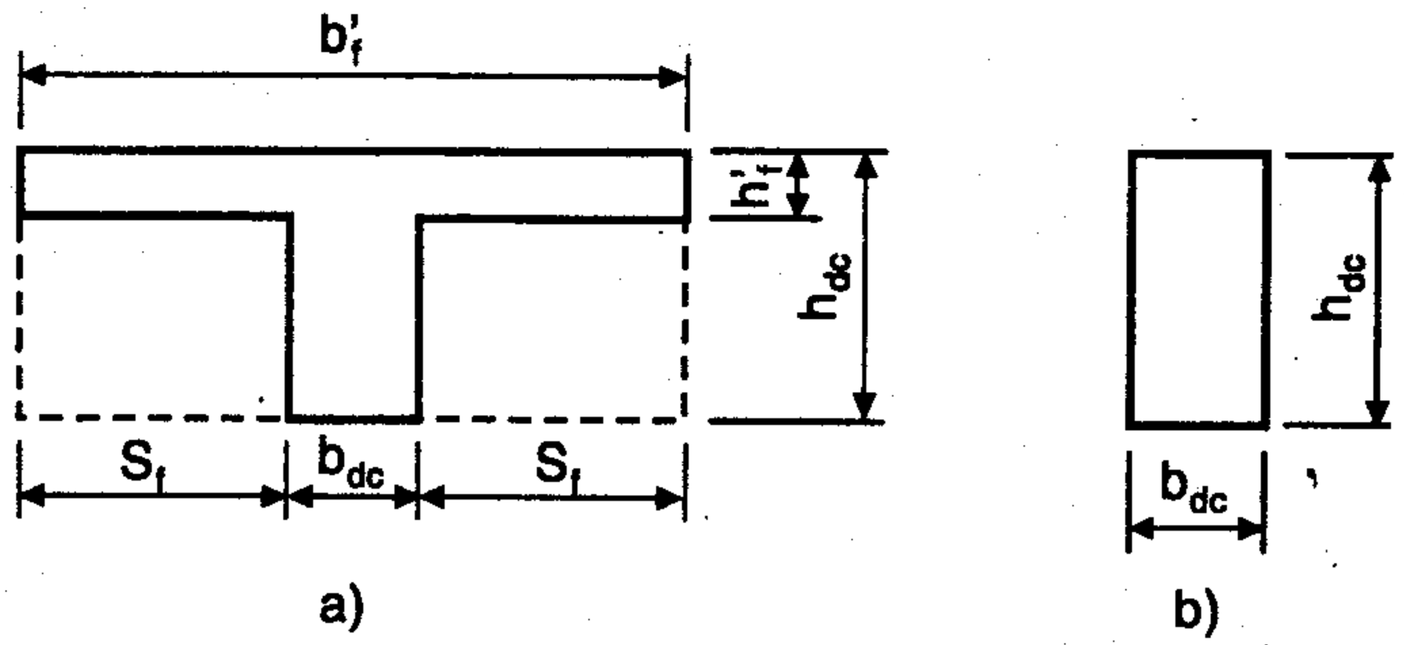
- Giả thiết $a_{nhịp} = (50 \div 60)\ mm$; $a_{gối} = (70 \div 100) mm$ (cốt thép dọc ở mặt trên của dầm chính thường đặt xuống phía dưới cốt thép dọc của dầm phụ).

- Độ vươn của bản cánh S_f:

$$S_f \leq \begin{cases} \frac{1}{6} \text{ nhịp tính toán của dầm: } \frac{1}{6} \times (L_2 - bd_c) \\ \frac{1}{2} \text{ khoảng cách hai mép trong của dầm: } \frac{1}{2} \times (L_1 - b_{dp}) \\ 6 \times h_f{}' \end{cases} \quad (9.58)$$

- Chiều rộng bản cánh đưa vào tính toán:

$$b_f{}' = b_{dc} + 2S_f \quad (9.59)$$



Hình 9.27 *Tiết diện tính toán cốt thép của dầm chính*
a) Khi bản cánh chịu nén; b) Khi bản cánh chịu kéo

Share-connect.blogspot.com

***Bảng 9.4** Tính cốt thép dọc cho dầm chính*

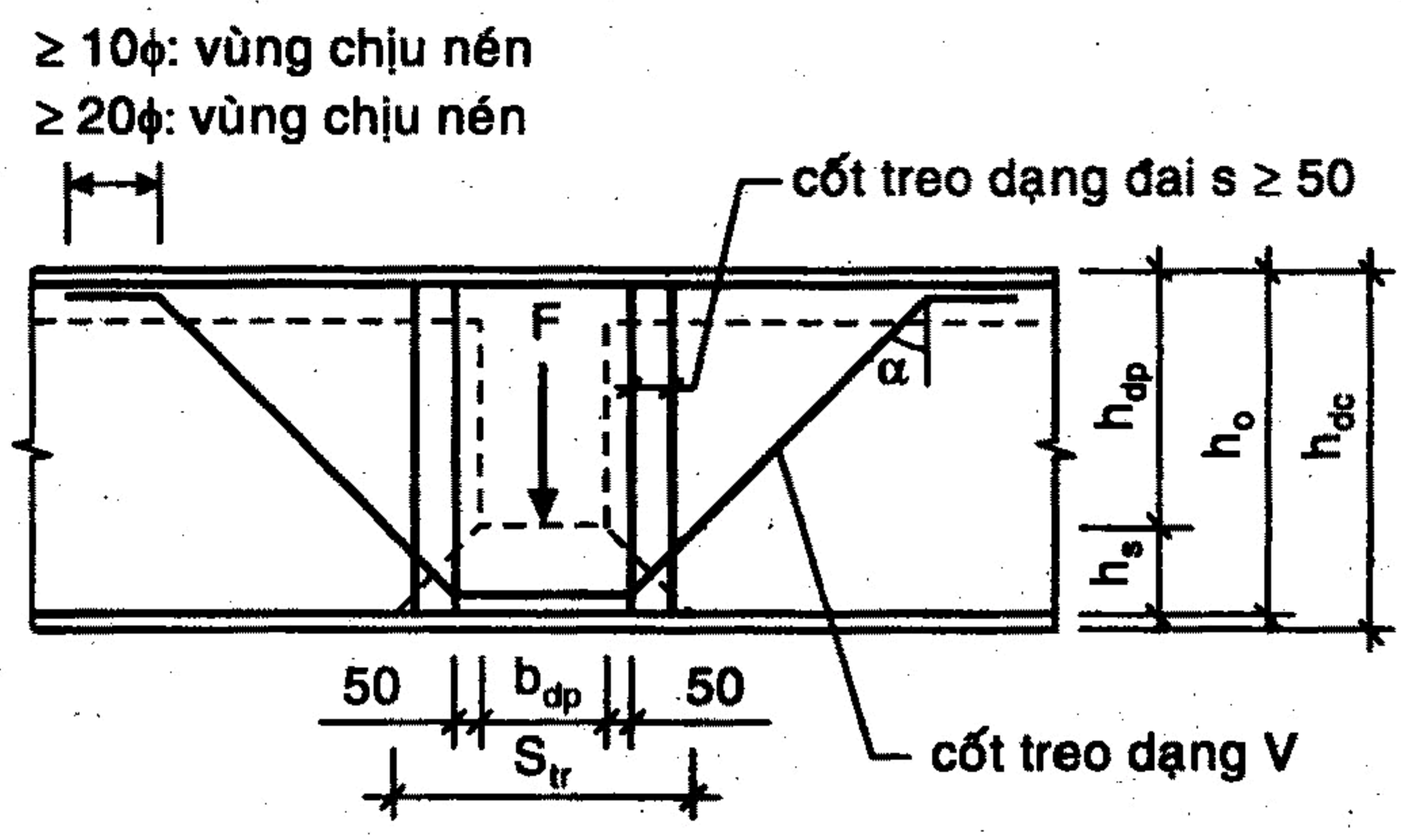
Tiết diện	M (kNm)	α_m	ξ	A_s (mm^2)	μ (%)	Chọn cốt thép	
						Chọn	A_{sc} (mm^2)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)

9.6.4.2 Cốt ngang

Giá trị lực cắt trong dầm chính tương đối lớn, $Q > Q_{swb}$, nên phải tính cốt đai và cốt xiên chịu lực cắt.

9.6.4.3 Cốt treo

Tại vị trí dầm phụ kê lên dầm chính, do tải tập trung lớn, để tránh phá hoại cục bộ cho dầm chính, phải đặt thêm cốt treo gia cường. Cốt treo gia cường có hai dạng: dạng cốt đai và dạng vai bò lật ngược (cốt V).



***Hình 9.28** Bố trí cốt treo*

Lực tập trung do dầm phụ tác dụng lên dầm chính:

$$F = P + G - G_o \tag{9.60}$$

trong đó:

P - hoạt tải tính toán;

G - tĩnh tải tính toán;

G_o - trọng lượng bản thân dầm chính.

❖ *Cốt treo dạng đai*

Đường kính thường dùng $\phi = (6 \div 10)\ mm$; khoảng cách giữa các cốt treo $s \geq 50mm$.

$$F\left(1-\frac{h_s}{h_o}\right) \leq mna_{sw}R_{sw} \Rightarrow m \geq \frac{F\left(1-\frac{h_s}{h_o}\right)}{na_{sw}R_{sw}} \tag{9.62}$$

trong đó:

h_s - khoảng cách từ vị trí đặt lực tập trung đến trọng tâm cốt thép dọc, $h_s = h_o - h_{dp}$;

h_o - chiều cao có ích của tiết diện;

m - tổng số lượng cốt treo dạng đai cần thiết;

n - số nhánh cốt treo;

a_{sw} - diện tích cốt treo;

R_{sw} - cường độ tính toán cốt treo.

Khoảng cho phép bố trí cốt treo dạng đai:

$$S_{tr} = b_{dp} + 2h_s \tag{9.63}$$

❖ *Trường hợp sử dụng cả hai loại cốt treo:*

Trường hợp khoảng cho phép bố trí cốt treo dạng đai S_{tr} không đủ để bố trí cốt treo dạng đai, thì phải sử dụng kết hợp cốt treo dạng đai với cốt treo dạng vai bò lật ngược (cốt V).

$$F\left(1-\frac{h_s}{h_o}\right) \leq mna_{sw}R_{sw} + 2A_{s,inc}R_{s,inc}\sin\alpha \tag{9.64}$$

trong đó:

$A_{s,inc}$ - diện tích cốt V;

$R_{s,inc}$ - cường độ tính toán cốt V;

α - góc uốn cốt thép.

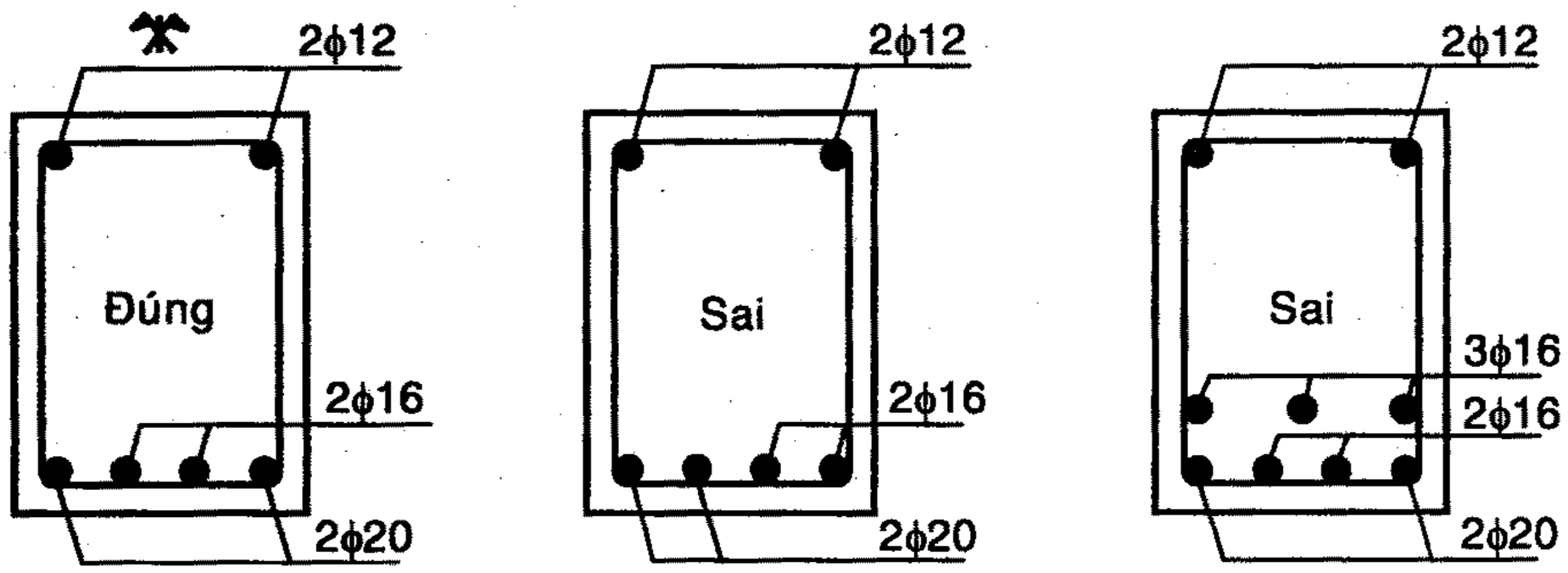
Trong trường hợp này phải chọn trước cốt treo dạng đai để tính cốt treo dạng V.

Lưu ý: Tại vị trí có cột, vẫn có dầm phụ kê lên dầm chính, nhưng không bố trí cốt treo gia cường vì toàn bộ tải trọng tập trung sẽ truyền xuống cột không gây phá hoại cục bộ cho dầm chính.

9.7 CẤU TẠO CỐT THÉP TRONG DẦM

9.7.1 Nguyên tắc bố trí cốt thép

Cốt thép bố trí trên tiết diện ngang của dầm phải đối xứng qua trục đứng của tiết diện và không được bố trí so le (hình 5.1). Các thanh thép ở góc phải thẳng, không được uốn; các thanh thép còn lại được phép cắt và uốn để chịu mômen và lực cắt.



Hình 9.29 *Bố trí cốt thép trên tiết diện ngang của dầm*

Đường kính cốt dọc chịu lực thường dùng $12 \le \phi \le 28$. Để thuận tiện cho thi công trong một dầm không nên dùng quá ba loại đường kính. Trong một tiết diện không dùng cốt thép có đường kính chênh lệch nhau lớn: $\Delta d = \phi_{max} - \phi_{min} \le 8$.

Cốt dọc trong vùng nén của dầm bắt buộc phải có và được đặt theo cấu tạo nếu tính bài toán cốt đơn. Chúng kết hợp với cốt đai và cốt dọc trong vùng kéo để tạo thành khung cốt thép và chịu những ứng suất phát sinh do các tác dụng khác ngoài tải trọng.

Đối với dầm có chiều cao tiết diện lớn, ở các cạnh bên cần phải đặt thêm các cốt thép dọc cấu tạo (cốt giá) chạy suốt chiều dài dầm sao cho khoảng cách giữa các thanh cốt thép theo chiều cao dầm không lớn hơn 400 mm (hình 9.29). Diện tích cốt dọc cấu tạo:

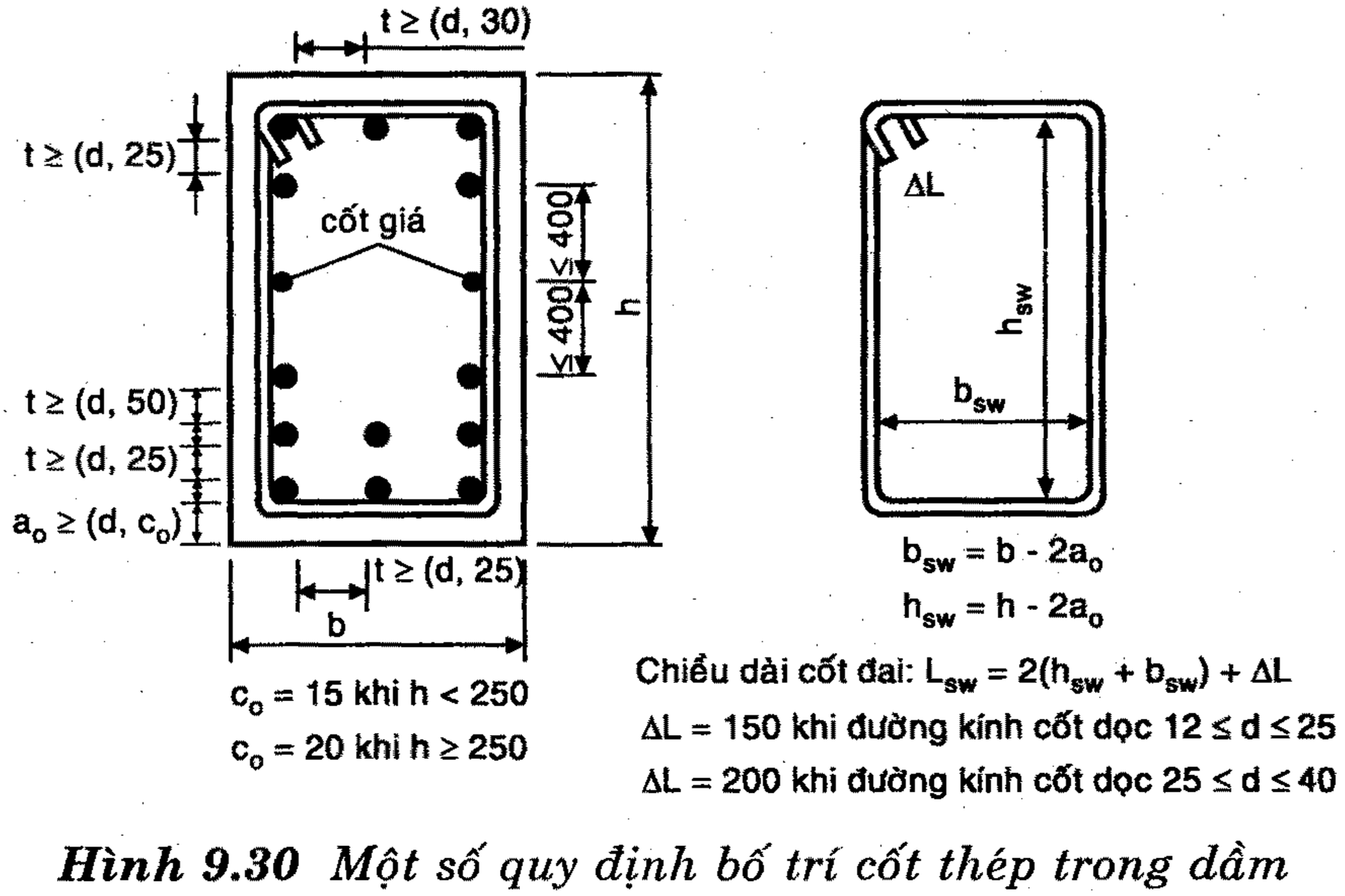
$$A_s \ge 0,1\% s_1 s_2 \qquad (9.65)$$

trong đó:

s_1 - max(1/2 bề rộng dầm, 200 mm);

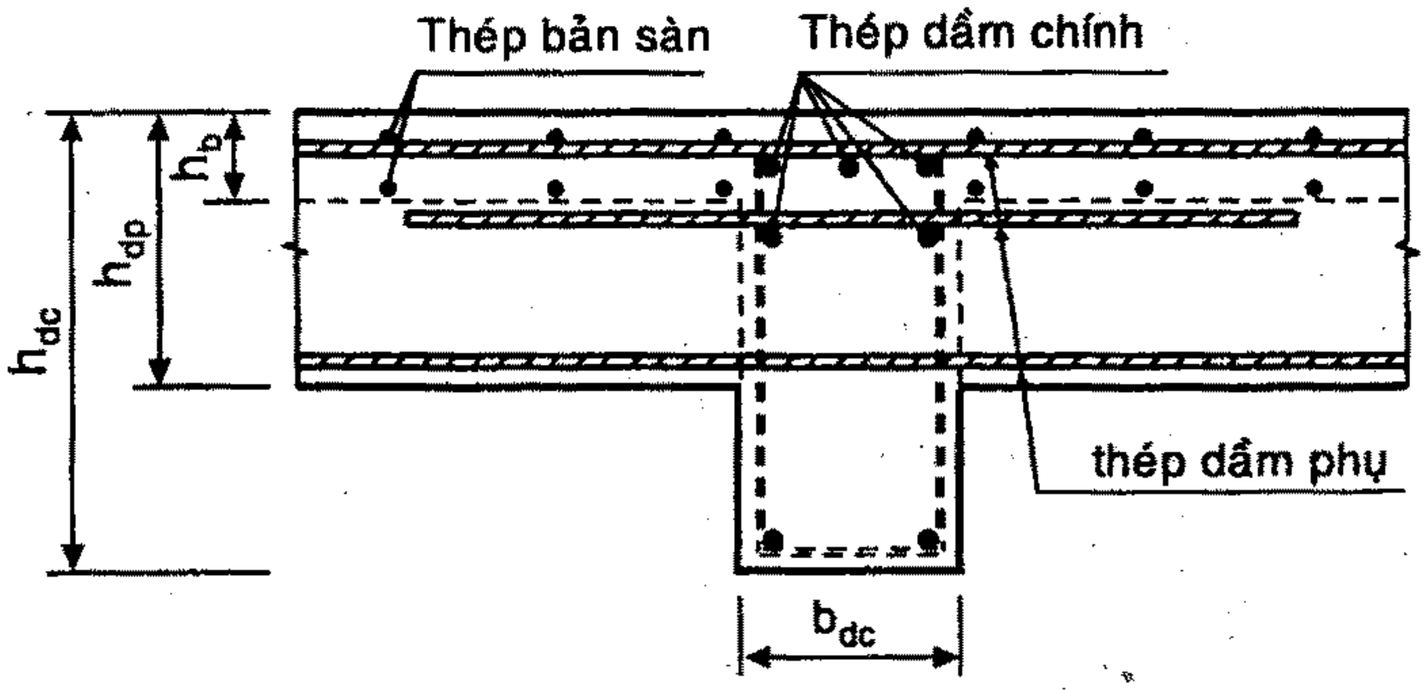
s_2 - khoảng cách giữa các thanh cốt thép.

Bố trí cốt thép trong tiết diện cần đảm bảo các điều kiện về chiều dày lớp bêtông bảo vệ cốt thép và khoảng cách thông thủy giữa các thanh cốt thép (hình 9.30).



Hình 9.30 *Một số quy định bố trí cốt thép trong dầm*

Chọn đường kính cốt đai: d ≥ 6 khi h ≤ 800 và d ≥ 8 khi h > 800. Đối với dầm phụ, tải trọng phân bố đều, cốt đai tính toán được bố trí trong đoạn L/4 gần gối tựa, đoạn L/2 giữa dầm bố tr theo cấu tạo. Đối với dầm chính, tải trọng xem như lực tập trung. cốt đai tính toán được bố trí trong đoạn L/3 gần gối tựa, đoạn L/3 giữa dầm bố trí theo cấu tạo. Khoảng cách giữa các cốt đai nên bố trí đều trong mỗi đoạn để thuận tiện cho thi công.



Hình 9.31 *Bố trí cốt thép tại chỗ giao nhau giữa bản sàn, dầm phụ và dầm chính*

9.7.2 Cắt, uốn và neo cốt thép

9.7.2.1 Cắt cốt thép

Tiết diện cắt lý thuyết của một thanh cốt thép là tiết diện mà từ đó trở đi có thể cắt thanh cốt thép đó theo điều kiện về khả năng chịu lực trên tiết diện thẳng góc. Xác định vị trí tiết diện cắt lý thuyết bằng cách tính khả năng chịu lực của dầm, [M], cho những thanh cốt thép còn lại sau khi cắt, rồi tìm trên biểu đồ bao mômen vị trí có M = [M].

Tiết diện cắt thực tế = tiết diện cắt lý thuyết + đoạn kéo dài W. Đoạn kéo dài W được xác định theo công thức:

$$W = \frac{0,8Q - Q_{s,inc}}{2q_{sw}} + 5d \geq 20d \qquad (9.66)$$

trong đó:

Q - lực cắt tại tiết diện cắt lý thuyết, được tính bằng độ dốc của biểu đồ bao mômen;

$Q_{s,inc}$ - khả năng chịu cắt của cốt xiên nằm trong vùng cắt bớt cốt dọc,

$$Q_{s,inc} = R_{s,inc}A_{s,inc}\sin\alpha \qquad (9.67)$$

$R_{s,inc}$ - cường độ tính toán của cốt xiên;

$A_{s,inc}$ - diện tích của lớp cốt xiên nằm trong vùng cắt bớt cốt dọc. Để đơn giản và thiên về an toàn có thể lấy $A_{s,inc}$ như sau: diện tích lớp cốt xiên cắt qua tiết diện cắt lý thuyết và diện tích lớp cốt xiên nằm ngay phía trước tiết diện cắt lý thuyết, tính từ gối tựa trở ra, mà khoảng cách từ điểm đầu của lớp cốt xiên đó đến tiết diện cắt lý thuyết không lớn hơn $(0,8Q - Q_{s,inc})/2q_{sw}$;

α - góc nghiêng của cốt xiên;

q_{sw} - khả năng chịu cắt của cốt đai tại tiết diện cắt lý thuyết,

$$q_{sw} = \frac{R_{sw}na_{sw}}{s} \qquad (9.68)$$

R_{sw} - cường độ tính toán của cốt đai;

n - số nhánh cốt đai;

a_{sw} - diện tích cốt đai;

s - bước cốt đai bố trí ngay tiết diện cắt lý thuyết;

d - đường kính cốt thép được cắt.

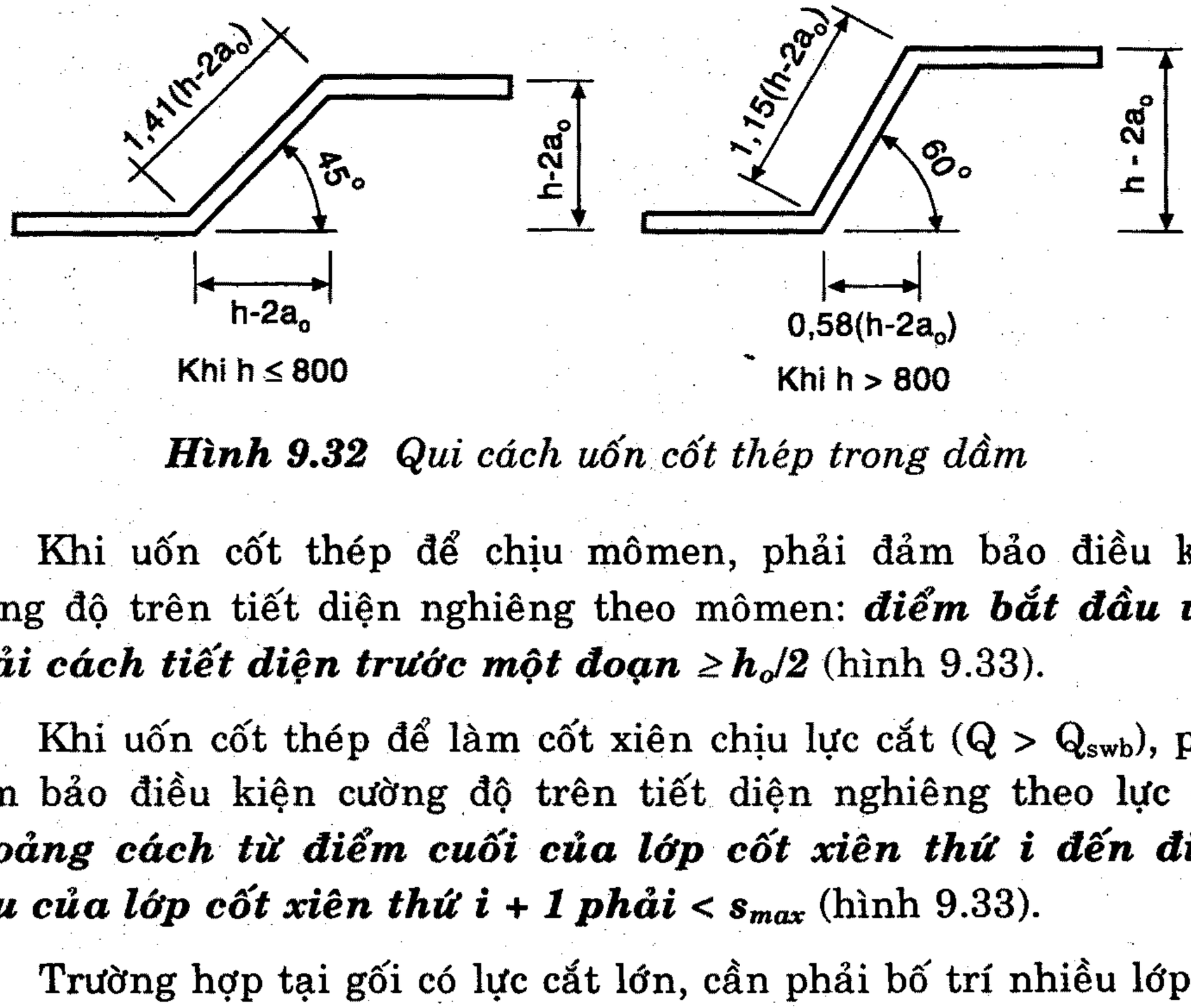
Kết quả tính các đoạn W nên lập thành bảng.

***Bảng 9.5** Xác định đoạn kéo dài W*

Tiết diện	Thanh thép	Q (kN)	$A_{s,inc}$ (mm^2)	$Q_{s,inc}$ (kN)	q_{sw} (kN/m)	$W_{tính}$ (mm)	20d (mm)	$W_{chọn}$ (mm)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)

9.7.2.2 Uốn cốt thép

Nên tận dụng cốt dọc chịu mômen dương ở nhịp uốn lên gối để chịu mômen âm hay làm cốt xiên chịu luôn lực cắt. Cốt thép phải được uốn trong mặt phẳng thẳng đứng. Trong một tiết diện nên uốn cốt thép đối xứng với trục tiết diện. Góc uốn cốt thép: $\alpha = 45^\circ$ nếu $h \le 800$, $\alpha = 60^\circ$ nếu $h > 800$ (hình 9.32).

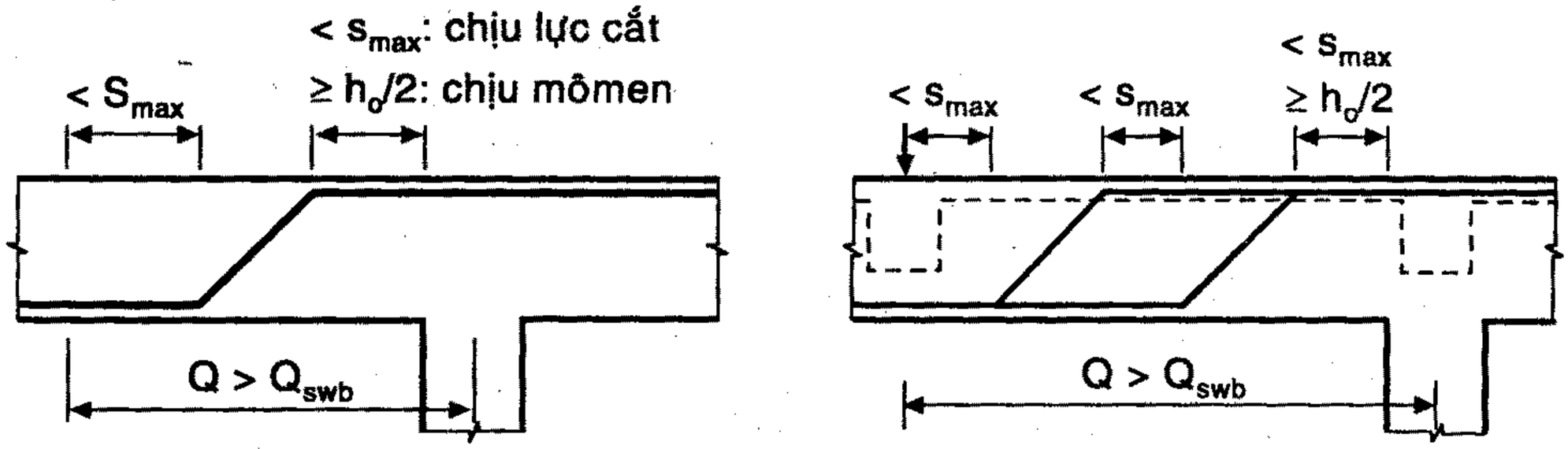


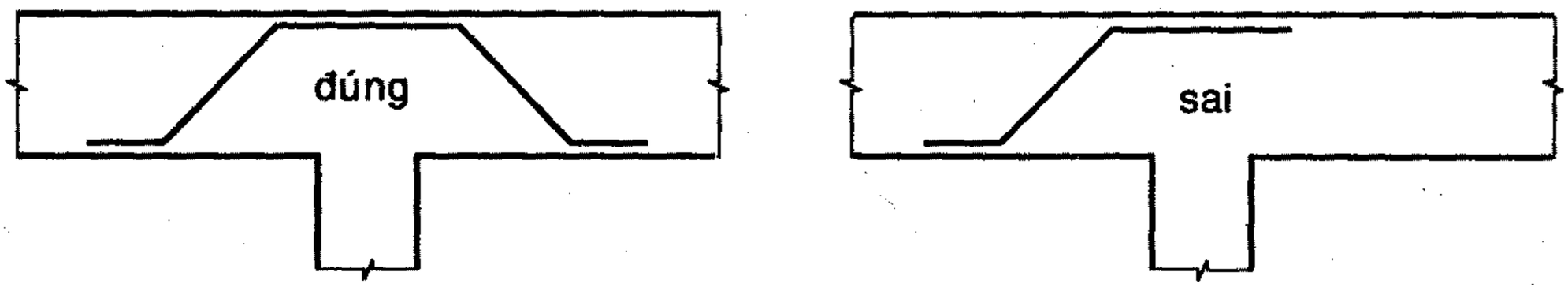
***Hình 9.32** Qui cách uốn cốt thép trong dầm*

Khi uốn cốt thép để chịu mômen, phải đảm bảo điều kiện cường độ trên tiết diện nghiêng theo mômen: ***điểm bắt đầu uốn phải cách tiết diện trước một đoạn*** $\ge h_o/2$ (hình 9.33).

Khi uốn cốt thép để làm cốt xiên chịu lực cắt ($Q > Q_{swb}$), phải đảm bảo điều kiện cường độ trên tiết diện nghiêng theo lực cắt: ***khoảng cách từ điểm cuối của lớp cốt xiên thứ i đến điểm đầu của lớp cốt xiên thứ i + 1 phải*** $< s_{max}$ (hình 9.33).

Trường hợp tại gối có lực cắt lớn, cần phải bố trí nhiều lớp cốt xiên, mà số thanh do cốt dọc uốn lên không đủ thì phải đặt thêm cốt xiên dạng vai bò, không dùng cốt cổ ngỗng (hình 9.33).



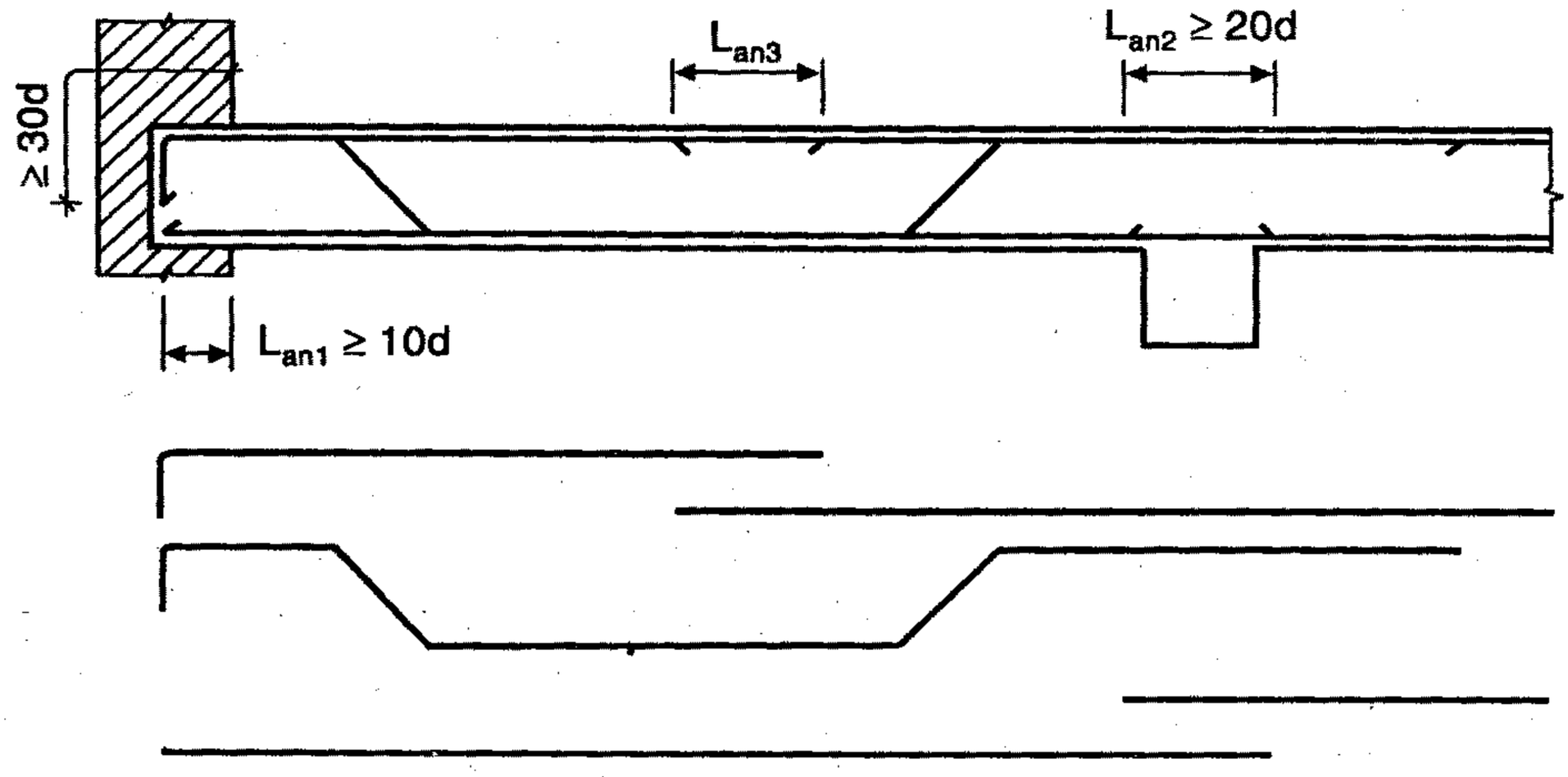


Hình 9.33 *Nguyên tắc bố trí cốt xiên*

9.7.2.3 Neo, nối cốt thép

Cốt thép ở nhịp, sau khi đã cắt và uốn một số thanh, số thanh còn lại phải được neo chắc vào gối tựa. Diện tích cốt thép neo vào gối ≥ 1/3 tổng diện tích cốt thép ở giữa nhịp và không ít hơn hai thanh. Quy định chiều dài đoạn neo: $L_{an1} \geq 10d$ và $L_{an2} \geq 20d$ (hình 9.34).

Khi thanh thép không đủ chiều dài thì phải nối. Không nên nối cốt thép tại vùng có nội lực lớn: cốt thép ở nhịp nên nối tại gối và cốt thép ở gối nên nối tại nhịp. Khi nối cốt thép bằng phương pháp nối chồng (nối buộc) thì chiều dài đoạn nối được quy định như sau: nối trong vùng chịu kéo $L_{an3} \geq 30d$, nối trong vùng chịu nén $L_{an3} \geq 20d$ (hình 9.34).



Hình 9.34 *Neo và nối cốt thép*

9.8 BIỂU ĐỒ VẬT LIỆU

9.8.1 Khái niệm

Biểu đồ vật liệu thể hiện khả năng chịu lực thực tế tại từng tiết diện của dầm, có trục ngang là trục dầm và tung độ lấy bằng khả năng chịu lực. Biểu đồ vật liệu đánh giá sự đúng đắn và mức độ hợp lý của việc tính toán, bố trí và cắt, uốn cốt thép trong dầm. Biểu đồ vật liệu phải bao trùm biểu đồ bao mômen. Biểu đồ vật liệu càng sát biểu đồ mômen càng tốt, nhằm tận dụng tối đa khả năng chịu lực của vật liệu.

9.8.2 Đặc điểm

- Trong đoạn dầm có tiết diện và cốt thép không đổi, biểu đồ có dạng đường nằm ngang (hằng số).
- Tại tiết diện cắt lý thuyết của thanh thép, biểu đồ có bước nhảy.
- Trong đoạn uốn cốt thép, biểu đồ có dạng đường xiên ứng với điểm bắt đầu và điểm kết thúc đoạn uốn.

9.8.3 Cách thành lập biểu đồ vật liệu

Biểu đồ vật liệu được thực hiện sau khi đã hoàn thành việc tính toán và bố trí cốt thép cho dầm, bao gồm: cốt dọc, cốt đai và cốt xiên. Vị trí của từng thanh cốt thép được xác định trên các mặt cắt ngang của dầm. Các thanh thép cắt và uốn đã được dự kiến, giải pháp *"uốn trước cắt sau"* hoặc *"cắt trước uốn sau"* đã được quyết định.

❖ ***Trình tự thành lập biểu đồ vật liệu:***

- Vẽ mặt cắt dọc của dầm đúng tỉ lệ;
- Vẽ biểu đồ bao mômen ngay phía trên hoặc phía dưới mặt cắt dọc của dầm;
- Xác định tiết diện các thanh cốt thép bị cắt:

◆ Tính khả năng chịu lực thực tế của đoạn dầm trước, $[M_1]$, và sau, $[M_2]$, khi cắt bớt thanh cốt thép đó;

◆ Thể hiện đúng tỉ lệ $[M_1]$ và $[M_2]$ lên biểu đồ mômen bằng hai đường nằm ngang;

◆ Giao điểm của đường nằm ngang thể hiện [M_2] với biểu đồ bao mômen chính là tiết diện cắt lý thuyết của thanh cốt thép bị cắt. Xác định chính xác vị trí tiết diện cắt lý thuyết bằng phương pháp tam giác đồng dạng;

◆ Tính đoạn kéo dài W. Từ đó, tìm được tiết diện cắt thực tế của thanh cốt thép;

- Xác định vị trí điểm uốn của thanh cốt thép:

◆ Tính khả năng chịu lực thực tế của đoạn dầm trước, [M_1], và sau, [M_2], khi uốn thanh cốt thép đó;

◆ Thể hiện đúng tỉ lệ [M_1] và [M_2] lên biểu đồ mômen bằng hai đường nằm ngang;

◆ Trên đường ngang thể hiện [M_1], xác định được tiết diện trước khi uốn thanh cốt thép, từ đó lấy ra một đoạn ≥ $h_o/2$, xác định được điểm bắt đầu uốn thanh cốt thép. Từ điểm bắt đầu uốn này, vẽ đường xiên so với trục dầm một góc α (α là góc uốn thanh cốt thép). Đường xiên này sẽ cắt đường ngang thể hiện [M_2] tại một điểm. Đó chính là điểm kết thúc uốn của thanh cốt thép;

◆ Đường xiên nối điểm bắt đầu và điểm kết thúc uốn thể hiện khả năng chịu lực thực tế của dầm trong đoạn uốn cốt thép.

Lưu ý: Khi thành lập biểu đồ vật liệu, cần phải nắm vững các nguyên tắc cơ bản trên, để vận dụng sáng tạo vào bài làm cụ thể. Trong quá trình làm, có thể chọn nhiều phương án khác nhau, tự điều chỉnh, cuối cùng chọn phương án nào là hợp lý nhất.

❖ ***Tính khả năng chịu lực của tiết diện:***

- Tại tiết diện đang xét, cốt thép bố trí có diện tích A_s;

- Chọn chiều dày lớp bêtông bảo vệ cốt thép dọc a_o và khoảng cách thông thủy giữa hai thanh thép theo phương chiều cao dầm t.

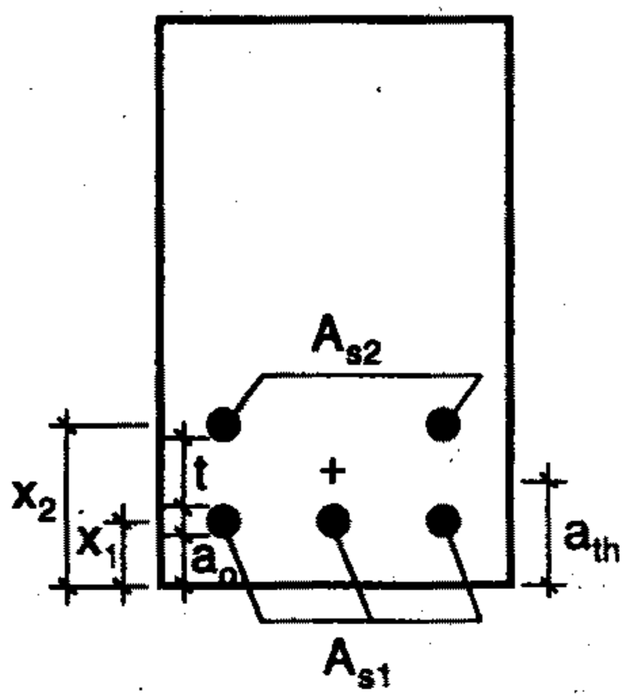
- Xác định a_{th} và h_{oth}:

$$a_{th} = \frac{\sum A_{si} x_i}{\sum A_{si}} \tag{9.69}$$

$$h_{oth} = h - a_{th} \tag{9.70}$$

trong đó: A_{si} - diện tích nhóm cốt thép thứ i;

x_i - khoảng cách từ trọng tâm nhóm cốt thép thứ i đến mép bêtông chịu kéo.



Hình 9.35 *Xác định a_{th}*

- Tính khả năng chịu lực theo các công thức sau:

$$\xi = \frac{R_s A_s}{\gamma_b R_b b h_{oth}} \tag{9.71}$$

$$\alpha_m = \xi(1 - 0,5\xi) \tag{9.72}$$

$$[M] = \alpha_m \gamma_b R_b b h_{oth}^2 \tag{9.73}$$

Kết quả tính toán nên lập theo bảng 9.6.

Bảng 9.7 *Tính khả năng chịu lực của tiết diện*

Tiết diện	Cốt thép	A_s (mm^2)	a_{th} (mm)	h_{oth} (mm)	ξ	α_m	[M] (kNm)	ΔM (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)

9.9 VÍ DỤ

Xét một đoạn dầm có biểu đồ bao mômen như hình 6.2, giá trị mômen lớn nhất tại nhịp là $M_n = 20kNm$ và giá trị mômen lớn nhất tại gối là $M_g = 30kNm$. Từ giá trị M_n và M_g tính được diện tích cốt thép cần thiết tương ứng là $A_{sn} = 420mm^2$ và $A_{sg} = 820mm^2$. Sau khi kiểm tra hàm lượng cốt thép, chọn và bố trí cốt thép cho tiết diện: A_{sn} = 2ϕ12 + 1ϕ16 ($427mm^2$) và A_{sg} = 3ϕ16 + 2ϕ12 ($829mm^2$).

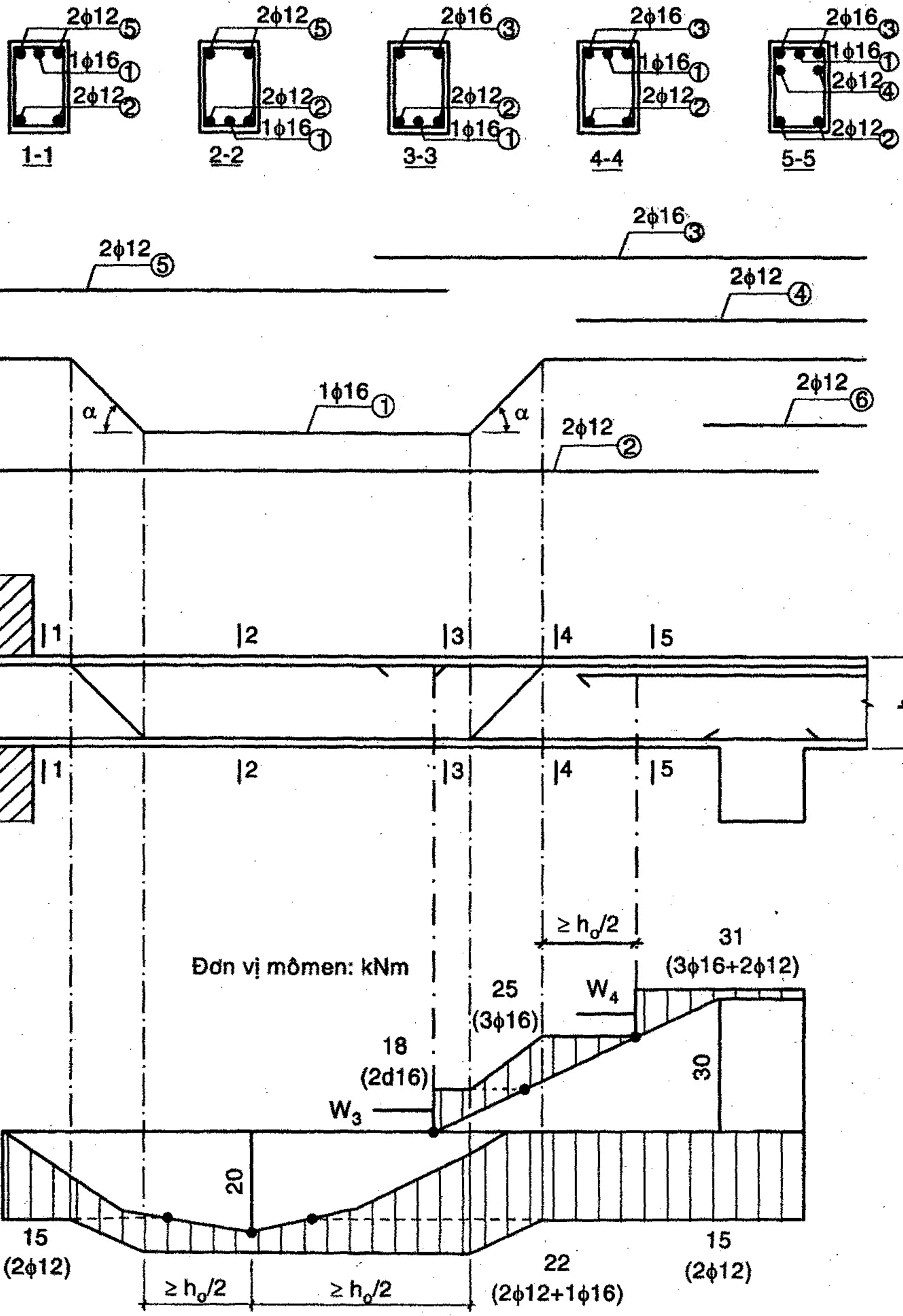
Xác định khả năng chịu lực của tiết diện sau khi đã bố trí cốt thép: tại nhịp $[M_1] = 22kNm$ (2ϕ12 + 1ϕ16) và tại gối $[M_3]$ = 31 kNm (3ϕ16 + 2ϕ12).

Biểu đồ bao mômen có khuynh hướng giảm dần từ nhịp hoặc từ gối đi ra. Do đó, cần thực hiện cắt và uốn cốt thép cho phù hợp.

- Xét tại nhịp: uốn thanh số 1 (1ϕ16) từ nhịp lên gối, khả năng chịu lực còn lại sau khi uốn là $[M_2] = 15kNm$ (2d12).

Share-connect.blogspot.com

- Xét tại gối: đầu tiên cắt hai thanh số 4 (2ϕ12), khả năng chịu lực còn lại sau khi cắt là $[M_4] = 25kNm$ (3ϕ16); sau đó, uốn thanh số 1 (1ϕ16) từ gối xuống nhịp, khả năng chịu lực còn lại sau khi uốn là $[M_5] = 18kNm$ (2ϕ16); để tiết kiệm cốt thép có thể cắt hai thanh số 3 (2ϕ16) và nối vào hai thanh số 5 (2ϕ12) có đường kính nhỏ hơn.



Hình 9.36 *Biểu đồ vật liệu*

9.10 THỐNG KÊ VẬT LIỆU

9.10.1 Cách thống kê cốt thép

- Các thanh cốt thép có cùng đường kính, hình dạng và kích thước sẽ ký hiệu cùng một chữ số.

- Thống kê cốt thép bản sàn bằng cách lấy nhịp ô bản trừ đi chiều rộng dầm (cốt thép bản sàn chỉ bố trí từ mép dầm trở ra) chia cho khoảng cách bố trí và cộng thêm 1. Nên thống kê trong từng ô bản, sau đó nhân với số lượng ô bản sàn có đặt thanh thép đang thống kê.

- Cốt thép của dầm được thống kê bằng cách đếm số thanh trong một dầm, rồi nhân với số lượng dầm.

9.10.2 Các bảng thống kê vật liệu

Bảng 9.7 *Thống kê cốt thép*

Tên cấu kiện	Số ký hiệu	Hình dạng và kích thước (mm)	Đường kính (mm)	Chiều dài một thanh (mm)	Số lượng thanh	Tổng chiều dài (m)	Trọng lượng (kG)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)

Bảng 9.8 *Tổng hợp cốt thép*

Nhóm thép							
Đường kính (mm)							
Trọng lượng (kG)							

Bảng 9.9 *Chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật*

Tên cấu kiện	Thể tích Bêtông (m^3)	Trọng lượng cốt thép (kG)	Hàm lượng cốt thép trong 1 m^3 bêtông (kG/m^3)
Bản sàn			
Dầm phụ	V_1 = ... ; V_2 = ...		
Dầm chính	V_1 = ... ; V_2 = ...		
Toàn sàn			
Trọng lượng cốt thép trên 1 m^2 diện tích mặt sàn: ... kG/m^2			

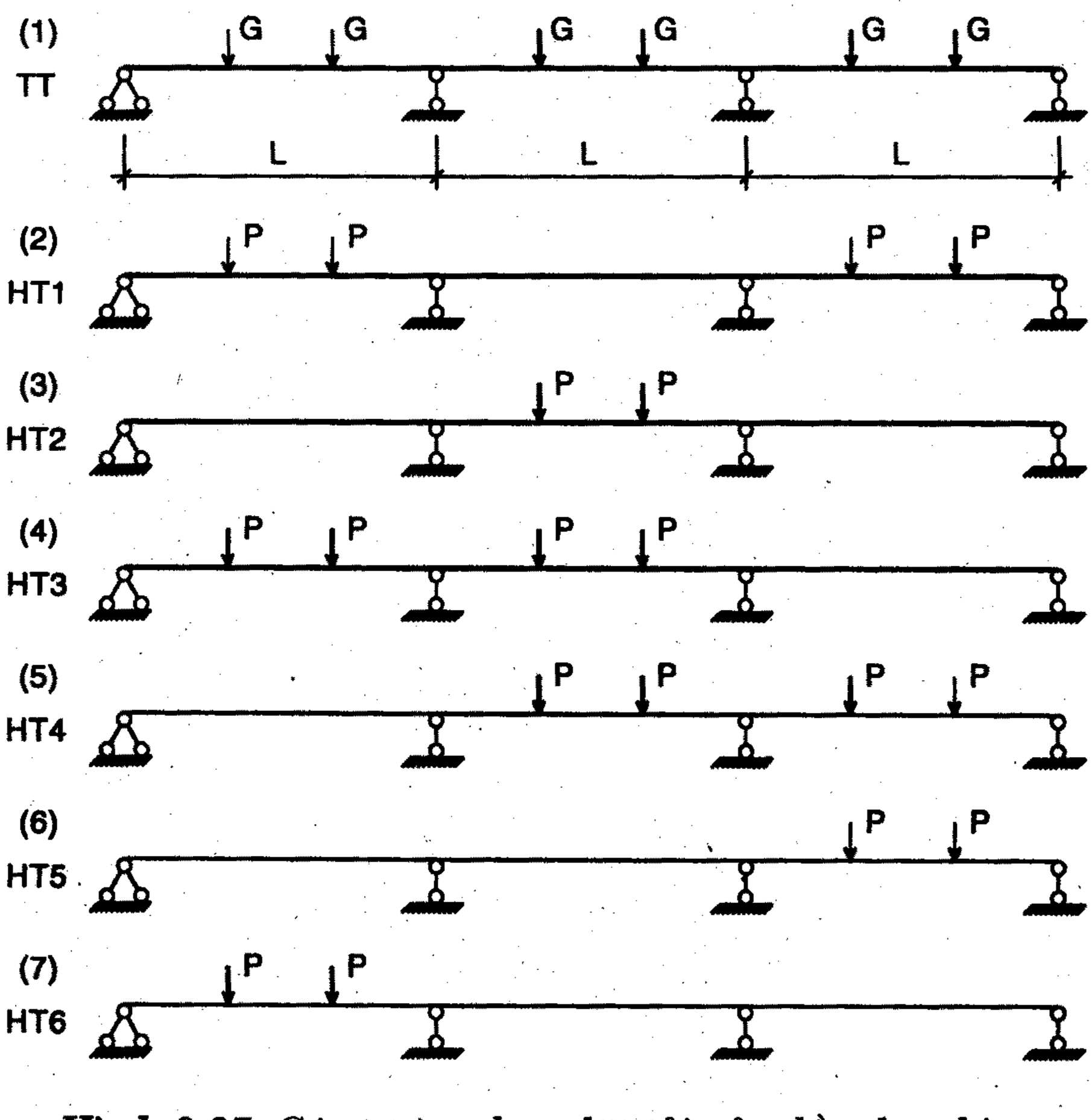
Chú thích: V_1 - thể tích phần sườn của dầm, tính với chiều cao $(h - h_b)$; V_2 – thể tích toàn dầm, tính với chiều cao h. Dùng V_1 để tính thể tích toàn sàn và V_2 để tính hàm lượng cốt thép trong dầm.

9.11 HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG SAP2000:

DẦM LIÊN TỤC - TỔ HỢP NỘI LỰC

9.11.1 Đề bài

❖ Cho một dầm liên tục ba nhịp, chiều dài nhịp $L = 6m$, có kích thước tiết diện b×h = 300×700mm. Các trường hợp đặt tải như hình 9.1.



Hình 9.37 *Các trường hợp đặt tải của dầm ba nhịp*

❖ Tải trọng tác dụng:

- Tĩnh tải: $G = 50kN$
- Hoạt tải: $P = 80kN$

❖ Vật liệu sử dụng:

Bêtông có cấp độ bền chịu nén B15

- Trọng lượng riêng: $\gamma_{bt} = 25\ kN/m^3$

- Môđun đàn hồi: $E_b = 2{,}3\times10^7\ kN/m^2$

- Hệ số Poisson: $\nu = 0{,}2$

9.11.2 Thực hiện

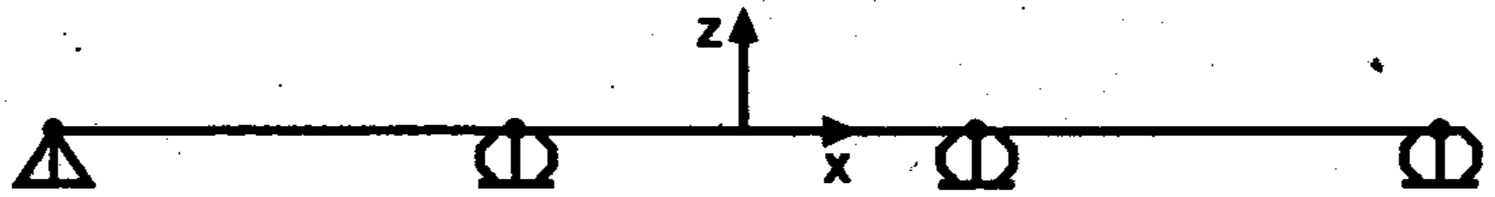
Bước 1: Tạo mô hình kết cấu

- Chọn hệ đơn vị *kN, m, C.*

- Vào *File > New Model*, hộp thoại New Model xuất hiện. Chọn *Beam*, hộp thoại Beam xuất hiện.

- Nhập Number of Spans *(số nhịp)*: 3

Span Length *(chiều dài nhịp)*: 6



***Hình 9.38** Mô hình kết cấu*

Bước 2: Định nghĩa vật liệu

- Vào *Define>Materials*, hộp thoại Define Materials xuất hiện. Chọn *CONC>Modify/Show Material*, hộp thoại Material Property Data xuất hiện.

- Nhập Mass per unit Volume *(khối lượng riêng)*: 0

Weight per unit Volume *(trọng lượng riêng)*: 25
Modulus of Elasticity *(môđun đàn hồi)*: 2,3e7
Poisson's Ratio *(hệ số Poisson)*: 0,2
Coeff Thermal Expansion *(hệ số dãn nở nhiệt)*: 0

Bước 3: Định nghĩa đặc trưng hình học của tiết diện

- Vào *Define>Frame Sections*, hộp thoại Frame Properties xuất hiện. Chọn *Add Rectangular>Add New Property*, hộp thoại Rectangular Section xuất hiện.

- Nhập Section Name *(tên tiết diện)*: D30×70

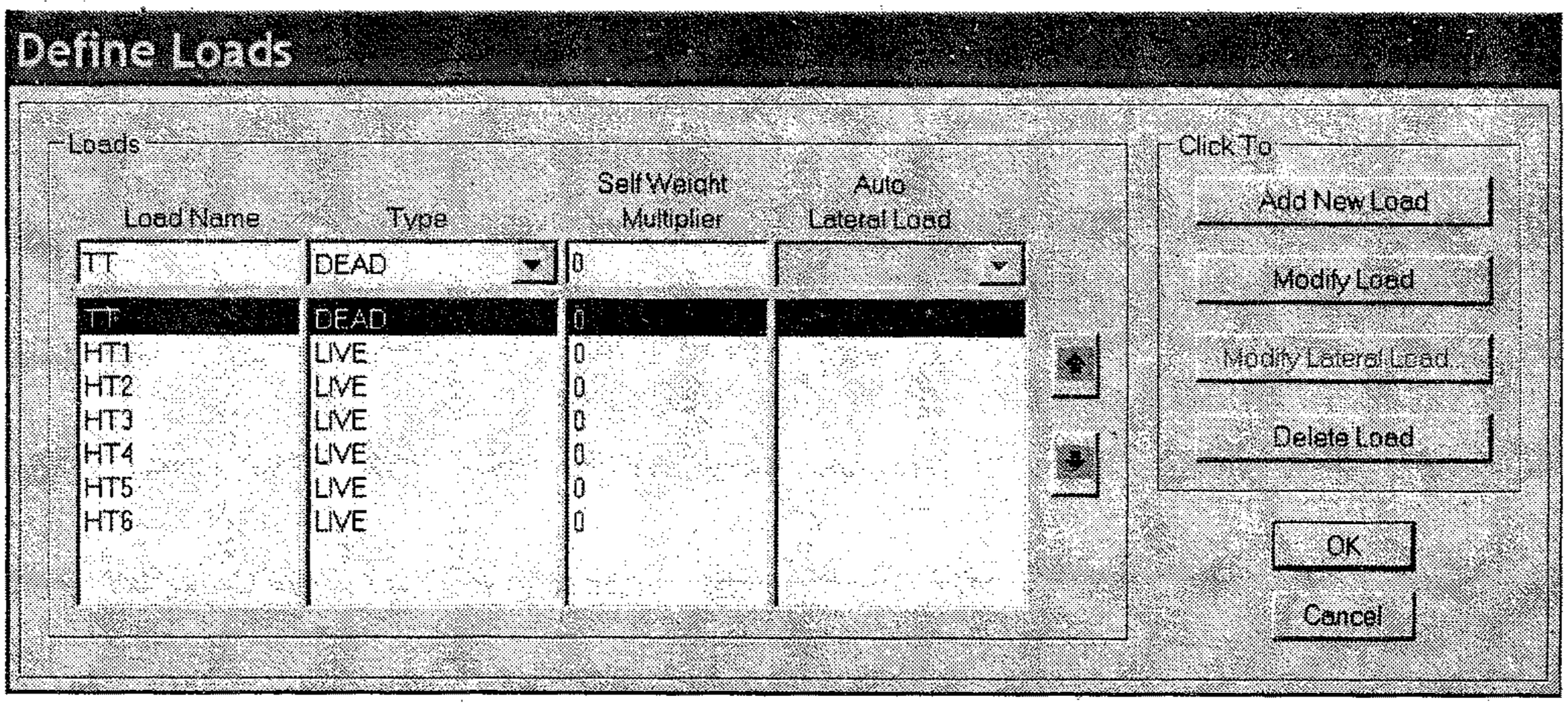
  Material *(vật liệu)*: CONC

  Depth (t3) *(chiều cao tiết diện)*: 0,7

  Width (t2) *(chiều rộng tiết diện)*: 0,3

Bước 4: Định nghĩa các trường hợp tải trọng

- Vào *Define>Load Cases*, hộp thoại Define Loads xuất hiện.
- Khai báo như hình 9.39.



Hình 9.39 *Định nghĩa các trường hợp tải trọng*

Lưu ý: Khai báo Self Weight Multiplier (hệ số nhân với trọng lượng bản thân) là 0 vì tĩnh tải đã được qui đổi thành lực tập trung G.

Bước 5: Định nghĩa các tổ hợp nội lực

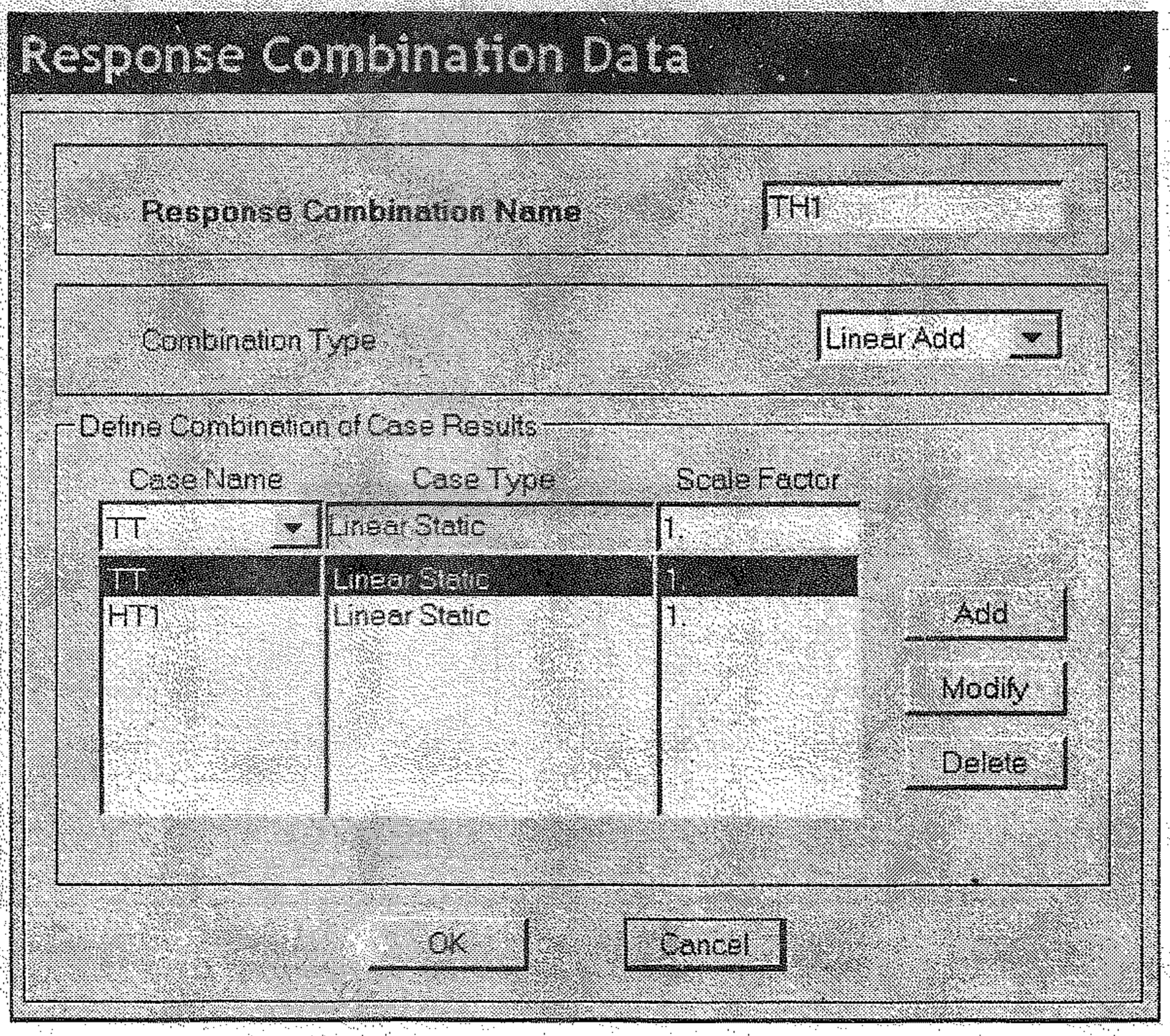
- Vào *Define>Combinations*, hộp thoại Define Response Combinations xuất hiện.
- Định nghĩa cấu trúc tổ hợp: TH1 = 1×TT + 1×HT1

Chọn *Add New Combo*, hộp thoại Response Combination Data xuất hiện.

Nhập Response Combination Name *(tên tổ hợp)*: TH1

Combination Type *(loại tổ hợp)*: Linear Add
(cộng tác dụng)

Xem hình 9.40.



Hình 9.40 *Định nghĩa cấu trúc tổ hợp TH1*

- Lặp lại tương tự cho các cấu trúc tổ hợp sau:

  TH2 = 1×TT + 1×HT2

  TH3 = 1×TT + 1×HT3

  TH4 = 1×TT + 1×HT4

  TH5 = 1×TT + 1×HT5

  TH6 = 1×TT + 1×HT6

- Định nghĩa cấu trúc tổ hợp bao nội lực:

TH = Max và Min {1×TH1, 1×TH2, 1×TH3, 1×TH4, 1×TH5, 1×TH6}.

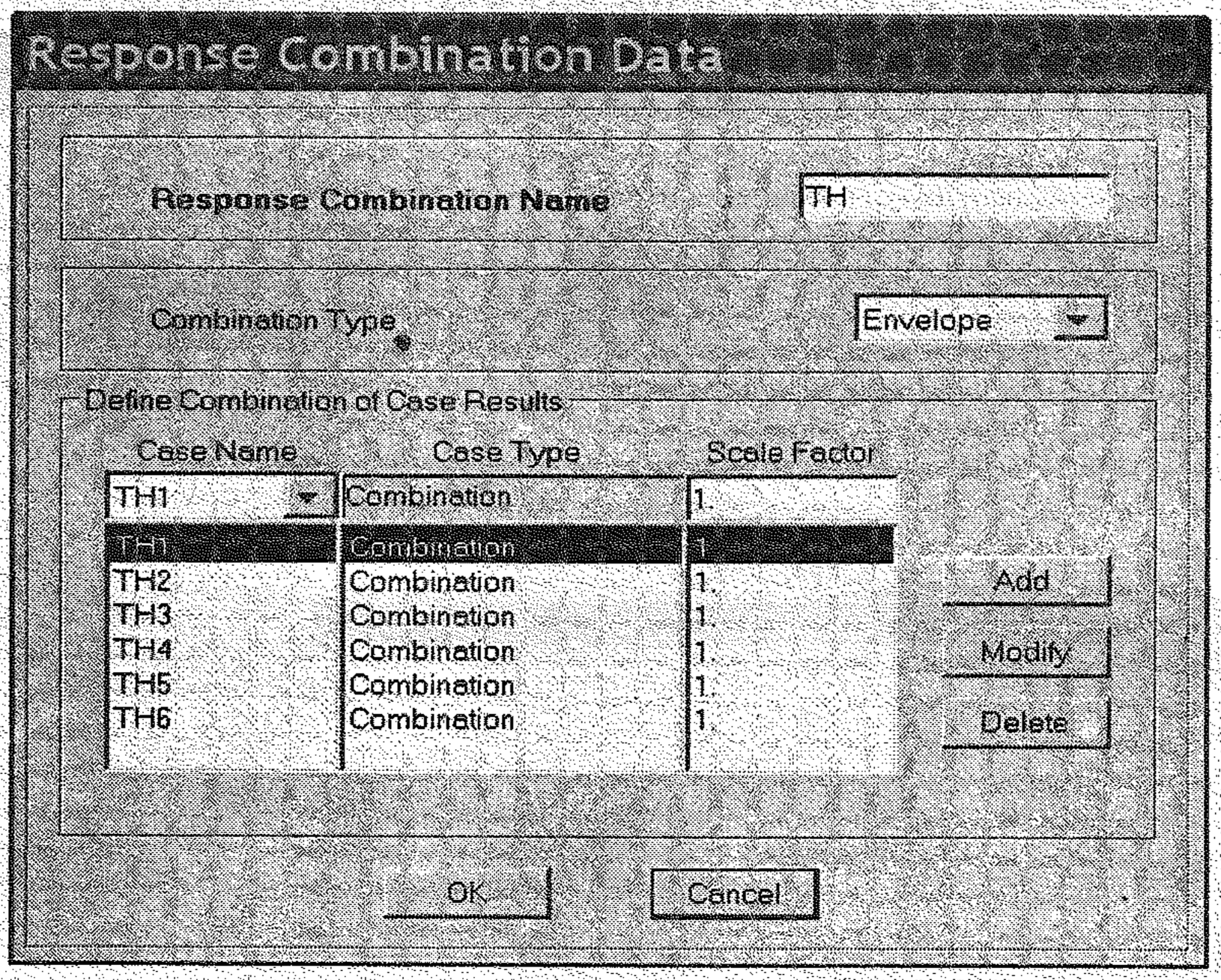
Chọn *Add New Combo*, hộp thoại Response Combination Data xuất hiện.

Nhập Response Combination Name *(tên tổ hợp)*: TH

Combination Type *(loại tổ hợp)*: Envelope

(biểu đồ bao)

Xem hình 9.41.



***Hình 9.41** Định nghĩa cấu trúc tổ hợp bao nội lực TH*

Bước 6: Gán đặc trưng hình học của tiết diện cho phần tử

- Chọn tất cả phần tử.
- Vào *Assign>Frame/Cable/Tendon>Frame Sections*, hộp thoại Frame Properties xuất hiện.
- Chọn *D30×70* tại mục *Find this property*.

Bước 7: Gán tải trọng tác dụng lên phần tử

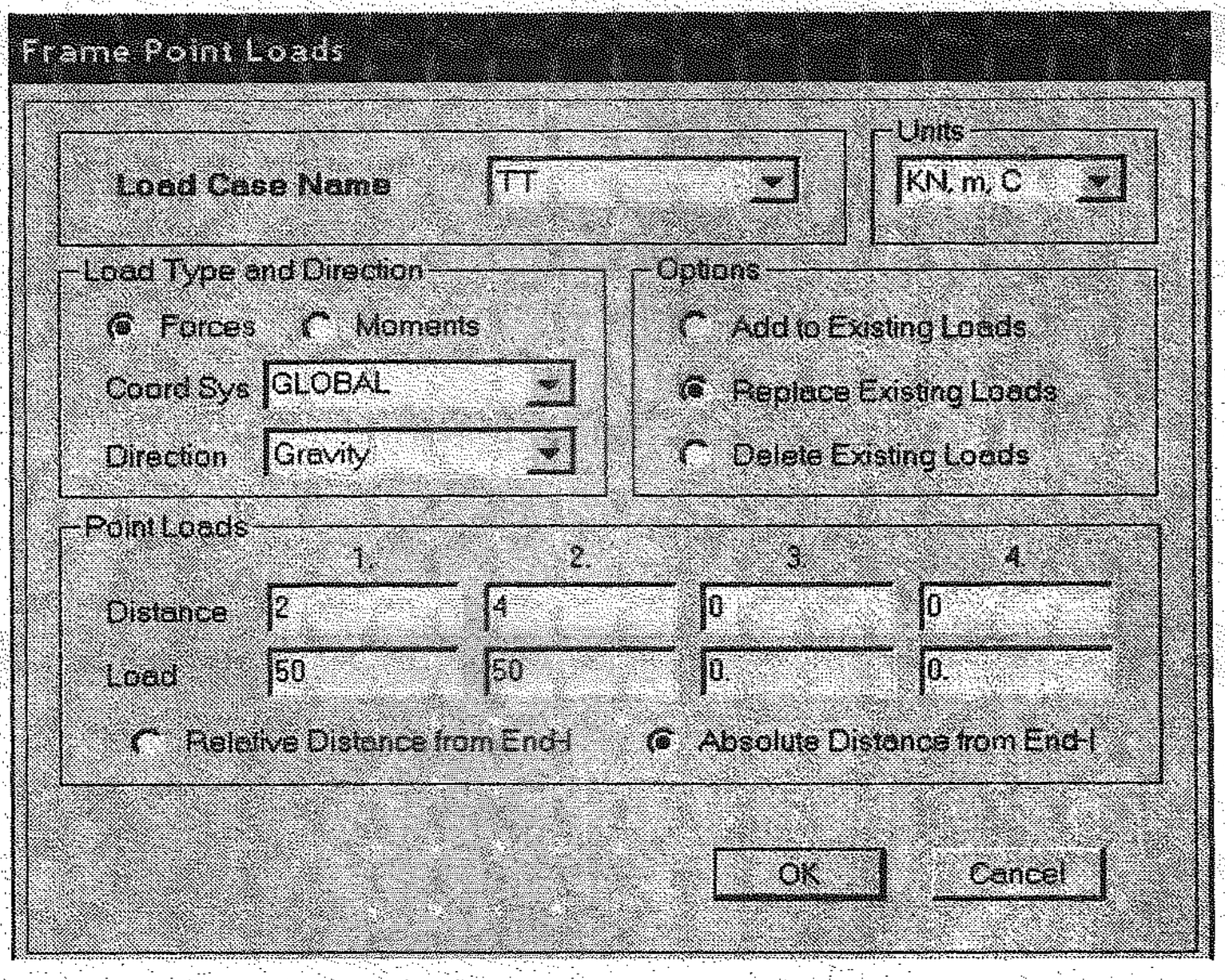
- Trường hợp tĩnh tải TT.

  Chọn tất cả phần tử.

  Vào *Assign>Frame/Cable/Tendon Loads>Point*, hộp thoại Frame Point Loads xuất hiện.

  Nhập dữ liệu như hình 9.41.

- Lặp lại tương tự cho các trường hợp của hoạt tải: HT1, HT2, HT3, HT4, HT5, HT6. Chú ý mỗi lần gán hoạt tải lên phần tử phải chọn đúng phần tử có đặt hoạt tải, phải thay đổi tên trường hợp tải tương ứng tại mục *Load Case Name* và nhập giá trị của hoạt tải là P = 80 kN.



***Hình 9.42** Gán tải trọng lên phần tử trường hợp TT*

Bước 8: Chọn bậc tự do cho kết cấu

- Vào *Analyze>Set Analysis Options*, hộp thoại Analysis Option xuất hiện.
- Chọn *UX, UZ* và *RY* hoặc *XZ Plane* (bài toán phẳng trong hệ trục XZ).

Bước 9: Giải và lưu bài toán

- Vào *Analyze>Run Analysis*, hộp thoại Set Analysis Cases to Run xuất hiện.
- Chọn *Run Now*, hộp thoại Save Model File As xuất hiện (nếu đã lưu bài toán rồi thì hộp thoại này không xuất hiện). Đặt tên và lưu bài toán.

Bước 10: Xem kết quả

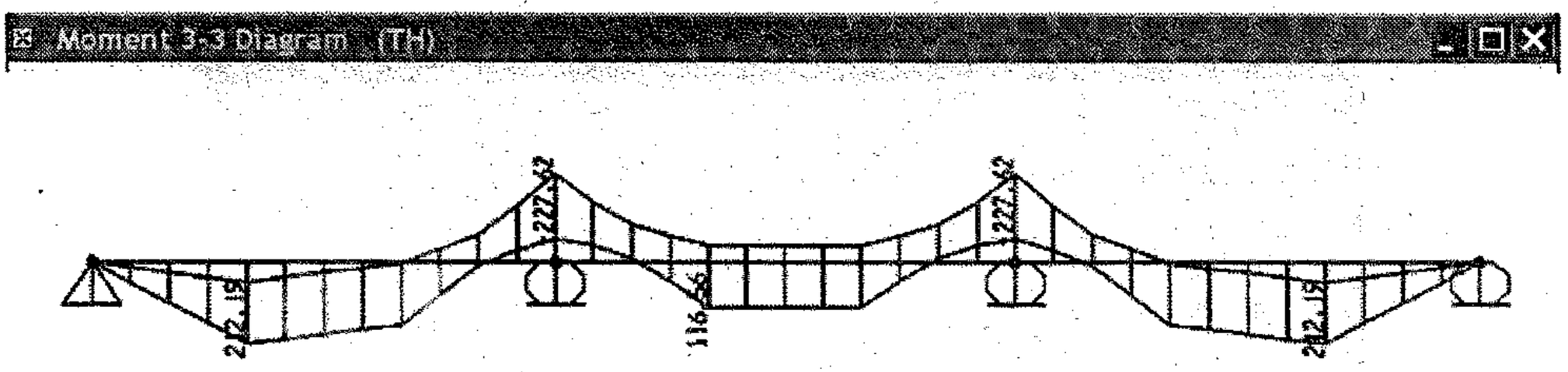
- Vào *Display>Show Forces/Stresses>Frames/Cables*, hộp thoại Member Force Diagram for Frames xuất hiện.
- Chọn

  Case/Combo Name *(tên trường hợp tải)*: TH

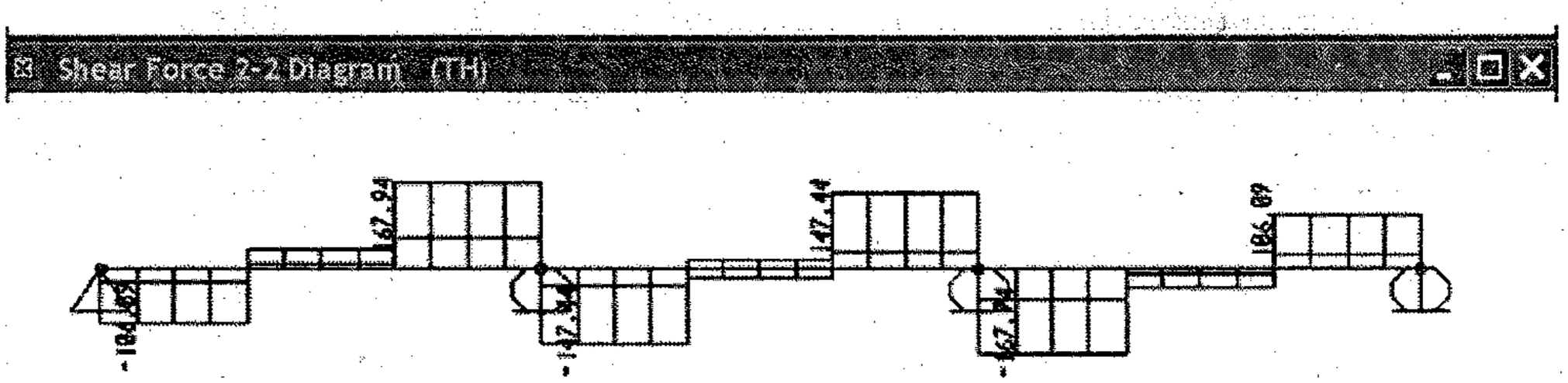
  Component *(loại biểu đồ)*: Moment 3-3/Shear 2-2

  Scaling *(tỉ lệ biểu đồ)*: Auto

  Options *(tùy chọn)*: Show Value on Diagram



Biểu đồ bao mômen (kNm)



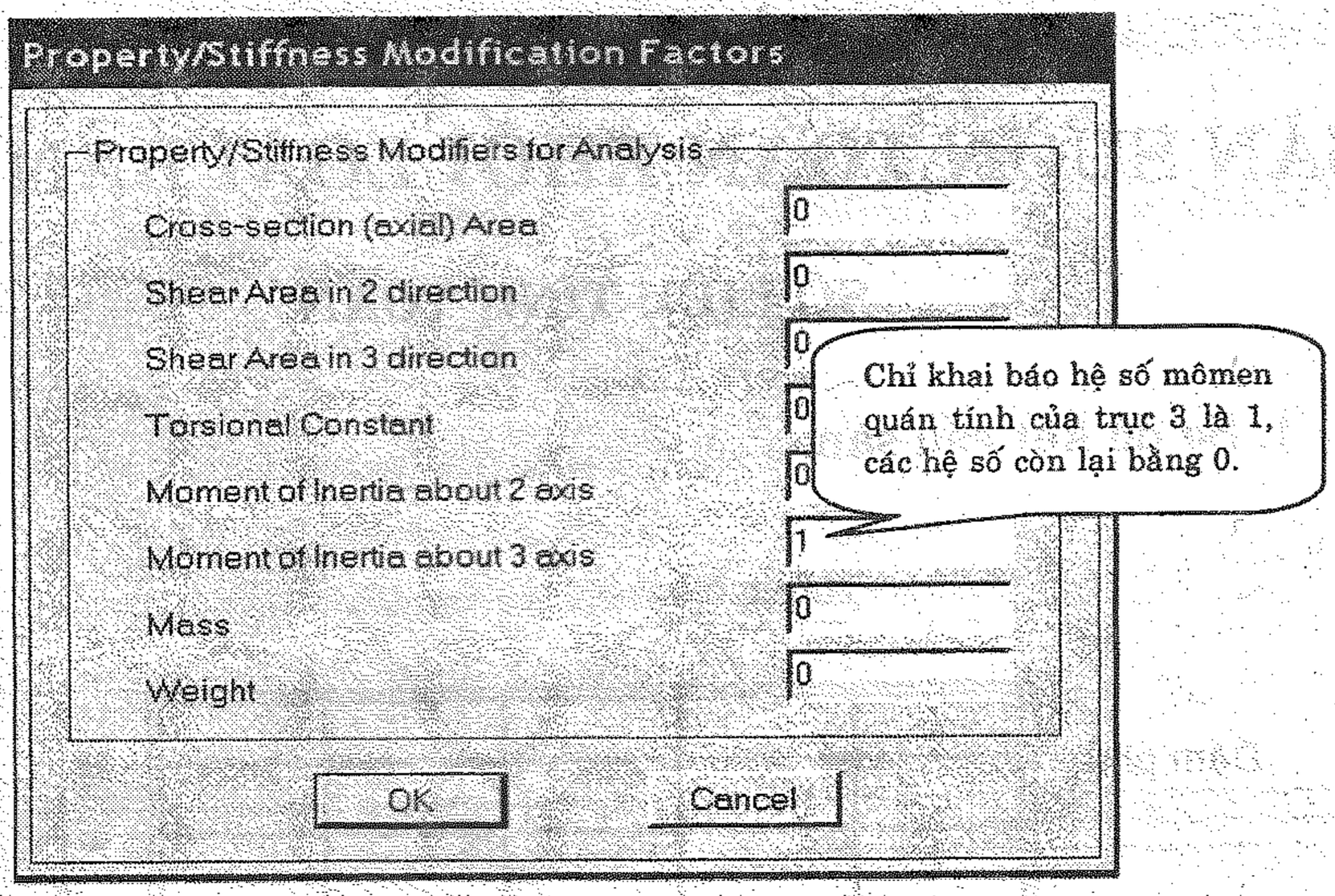
Biểu đồ bao lực cắt (kN)

Hình 9.43 *Biểu đồ bao nội lực*

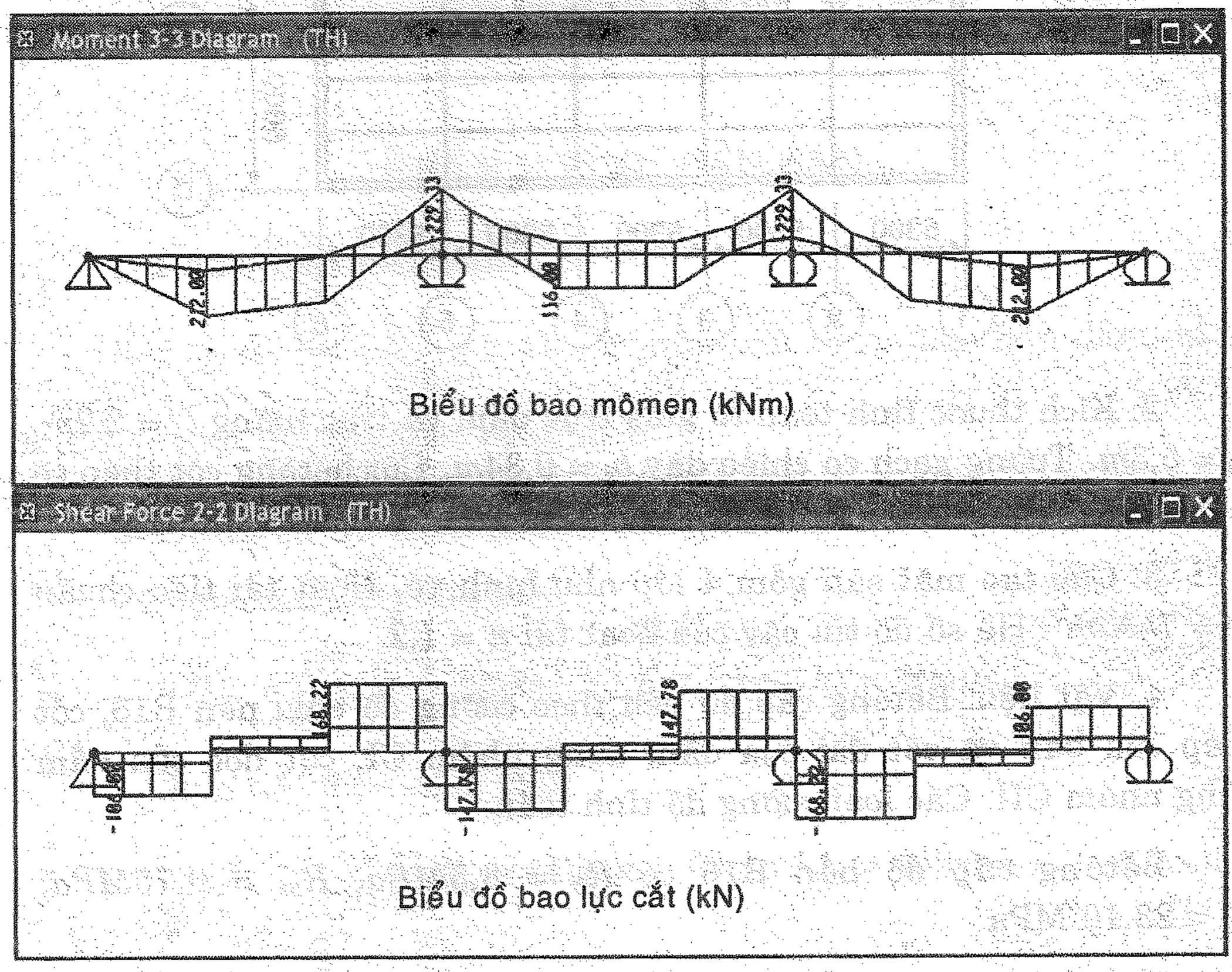
Ghi chú:

Để kết quả nội lực giải bằng Sap2000 giống với kết quả giải bằng cách tra bảng ***(không xét ảnh hưởng của lực cắt)***, có thể hiệu chỉnh như sau:

- Vào *Define>Frame Sections*, hộp thoại Frame Properties xuất hiện.
- Chọn *D30×70* tại mục Find this property. Chọn *Modify/Show Property*, hộp thoại Rectangular Section xuất hiện.
- Tại mục *Property Modifiers*, chọn *Set Modifiers*, hộp thoại Property/Stiffness Modification Factors xuất hiện. Nhập dữ liệu như hình 9.8.



Hình 9.44 *Hiệu chỉnh hệ số độ cứng đặc trưng hình học của tiết diện*



Hình 9.45 *Biểu đồ bao nội lực sau khi hiệu chỉnh*

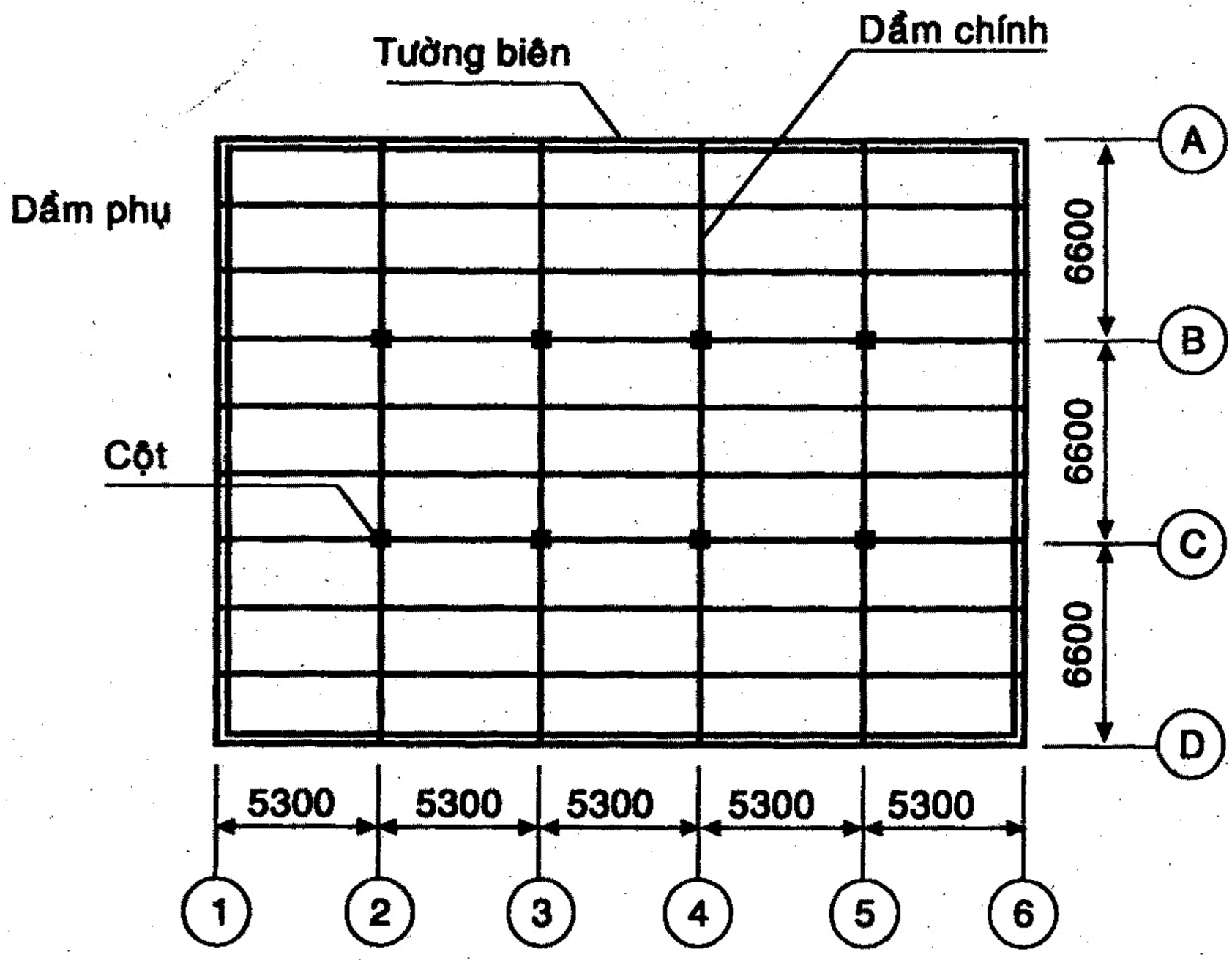
Share-connect.blogspot.com

ĐỒ ÁN BÊ TÔNG 1

SÀN SƯỜN TOÀN KHỐI LOẠI BẢN DẦM

SỐ LIỆU TÍNH TOÁN

1. Sơ đồ kết cấu sàn:



2. Kích thước tính toán từ giữa trục dầm và trục tường $l_1 = 2{,}2m$, $l_2 = 5{,}3m$. Tường gạch có chiều dày $b_t = 0{,}34m$. Cột bêtông cốt thép có tiết diện là $(0{,}3\times0{,}3)m$.

3. Cấu tạo mặt sàn gồm 4 lớp như hình vẽ. Hoạt tải tiêu chuẩn $p^c = 7kN/m^2$. Hệ số độ tin cậy của hoạt tải $n = 1{,}2$.

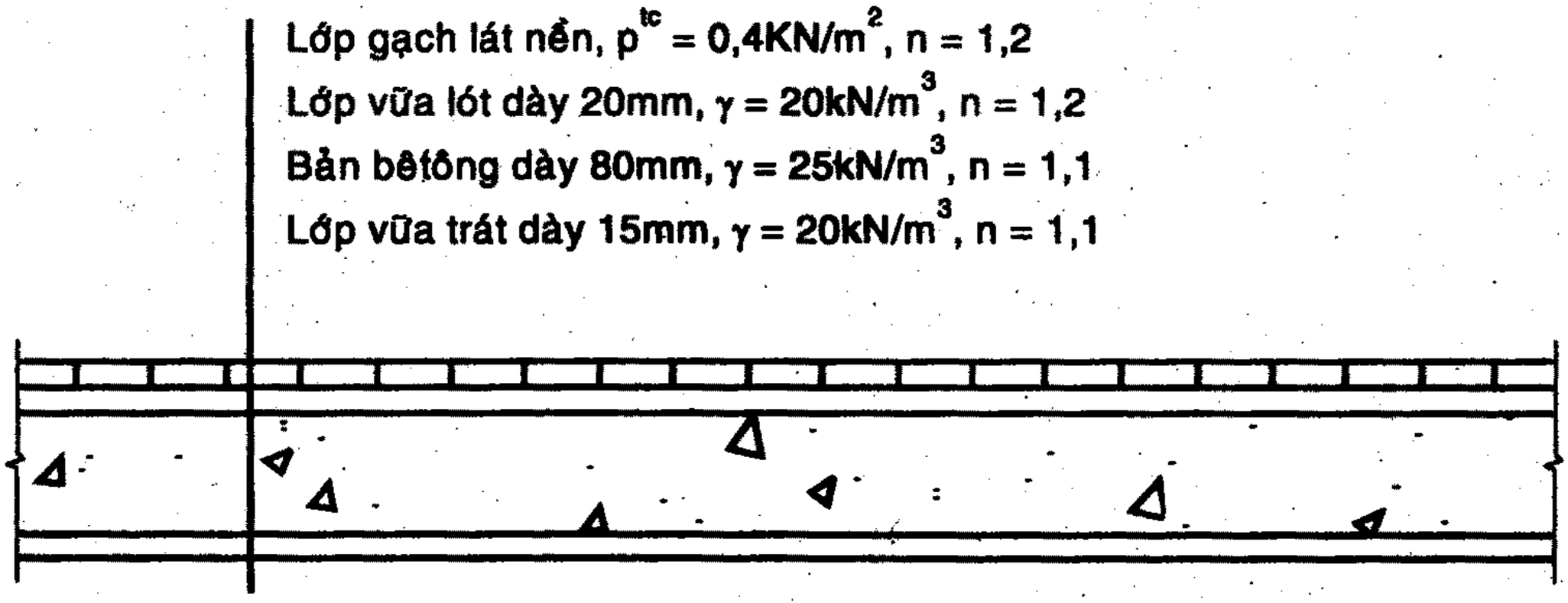
4. Vật liệu: Bêtông cấp độ bền theo cường độ chịu nén B15, cốt thép của bản và cốt đai của dầm dùng nhóm CI, cốt dọc của dầm dùng nhóm CII. Các loại cường độ tính toán:

Bêtông cấp độ bền B15 có $R_b = 8{,}5MPa$, $R_{bt} = 0{,}75MPa$, $E_b = 23.10^3$MPa

Hệ số điều kiện làm việc của bêtông $\gamma_b = 1$

Cốt thép CI có $R_s = 225MPa$, $R_{sc} = 225MPa$, $R_{sw} = 175MPa$, $E_s = 21.10^4 MPa$

Cốt thép CII có $R_s = 280MPa$, $R_{sc} = 280MPa$, $R_{sw} = 225MPa$, $E_s = 21.10^4 Mpa$



Các lớp cấu tạo bản sàn

PHẦN 1: TÍNH BẢN SÀN

1- Phân loại bản sàn:

Xét tỷ số: $\frac{l_2}{l_1} = \frac{5,3}{2,2} = 2,41 > 2$, nên bản thuộc loại bản dầm, bản làm việc một phương theo cạnh ngắn.

2- Chọn sơ bộ kích thước các cấu kiện:

- Chọn chiều dày của bản:

$$h_s = \frac{D}{m} l_1 = \frac{1}{30} 2000 = 73,3; \quad \text{Chọn } h_b = 80mm$$

- Chọn tiết diện dầm phụ:

$$h_{dp} = \frac{1}{12 \div 16} l_{dp} = 441mm; \quad \text{Chọn } h_{dp} = 400mm$$

$$b_{dp} = \frac{h_{dp}}{2} = 200mm; \quad \text{Chọn } b_{dp} = 200mm$$

- Chọn tiết diện dầm chính:

$$h_{dc} = \frac{1}{12 \div 16} l_{dc}; \quad \text{Chọn } h_{dc} = 700mm$$

$$b_{dc} = \frac{h_{dc}}{2 \div 3}; \quad \text{Chọn } b_{dc} = 300mm$$

3- Sơ đồ tính

Cắt theo phương cạnh ngắn một dải có bề rộng $b = 1m$, xem bản như 1 dầm liên tục nhiều nhịp, gối tựa là tường biên và các dầm phụ.

Bản sàn được tính theo sơ đồ khớp dẻo, nhịp tính toán được lấy theo mép gối tựa

Nhịp tính toán của bản:

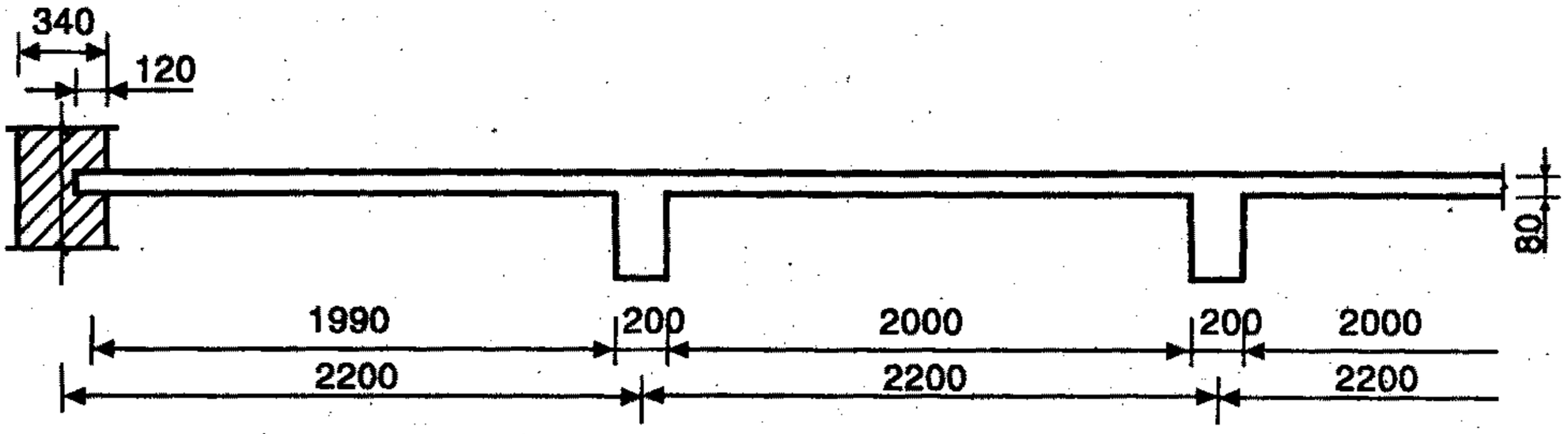
- Nhịp biên:

$$L_{ob} = L_1 - \frac{b_{dp}}{2} - \frac{b_t}{2} + \frac{C_b}{2} = 2200 - \frac{200}{2} - \frac{340}{2} + \frac{120}{2} = 1990mm$$

- Nhịp giữa: $L_o = L_1 - b_{dp} = 2200 - 200 = 2000mm$

Chênh lệch giữa các nhịp:

$$\frac{(2000 - 1990)}{2000}.100\% = 0.5\% < 10\%$$



C_b - đoạn bản kê lên tường, chọn $C_b = 120mm$

4- Tải trọng

*** Tĩnh tải:** căn cứ theo cấu tạo mặt sàn

Các lớp cấu tạo bản	Giá trị tiêu chuẩn (kN/m^2)	Hệ số vượt tải	Giá trị tính toán g_s (kN/m^2)
Lớp gạch lát nền	0,4	1,2	0,48
Lớp vữa lót dày 20mm, $\gamma = 20kN/m^3$	$0,02\times20 = 0,4$	1,2	0,48
Bản bê tông cốt thép dày 80mm, $\gamma = 25kN/m^3$	$0,08\times25 = 2,0$	1,1	2,20
Lớp vữa trát dày 15mm, $\gamma = 20kN/m^3$	$0,015\times20 = 0,3$	1,1	0,33
Tổng cộng	2,8		**3,49**

*** Hoạt tải:** $p_s = p^c n_p = 7 \times 1,2 = 8,4 kN/m^2$

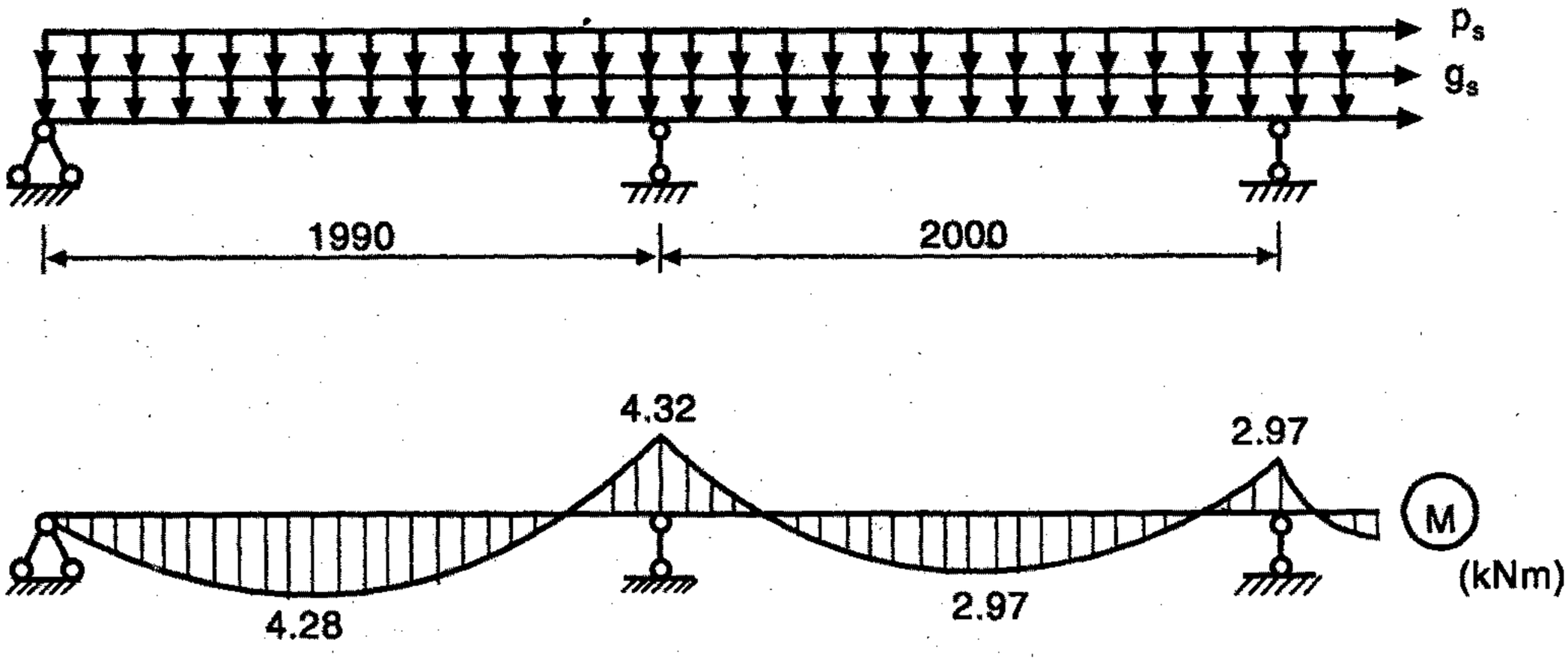
*** Tải trọng toàn phần:** $q_s = g_s + p_s = 11,89 kN/m^2$

* Tính toán với dải bản $b = 1m$,

có $q_s = 11,89 kN/m^2 \times 1m = 11,89\ kN/m$

5- Nội lực

Mô nem lớn nhất	M
- Nhịp biên	$M_{nb} = q_s \frac{l_{ob}^2}{11} = 4,28kNm$
- Các nhịp giữa và các gối giữa	$M_{ng} = M_{gg} = \pm q_s \frac{l_o^2}{16} = \pm 2,97kNm$
- Gối thứ hai	$M_{g2} = -q_s \frac{l_{ob}^2}{11} = -4,28kNm$



6- Tính cốt thép

- Chọn $a = 15mm$ cho mọi tiết diện, chiều cao làm việc của bản

$$h_o = h_b - a = 80 - 15 = 65mm$$

$$\alpha_m = \frac{M}{\gamma_b R_b b h_o^2} \le \alpha_R = 0,3$$

Tra bảng ξ hay tính $\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m}$

$$A_s = \frac{\xi \gamma_b R_b b h_o}{R_s}$$

Kiển tra hàm lượng cốt thép:

$$\mu_{min} = 0,05\% \le \mu\% = \frac{A_s}{b h_o} \le \mu_{max} = 0,37 \frac{8,5}{225} = 1,4\%$$

Kết quả tính cốt thép được tóm tắt trong bảng sau:

Tiết diện	M (kNm)	α_m	ξ	A_s (mm^2)	μ (%)	Chọn cốt thép		
						ϕ (mm)	a (mm)	A_{sc} (mm^2)
Nhịp biên	4,28	0,119	0,127	312	0,48	6/8	120	321
Gối 2	4,32	0,120	0,128	314	0,48	6/8	120	321
Nhịp giữa, gối giữa	2,97	0,083	0,087	214	0,33	6	120	236

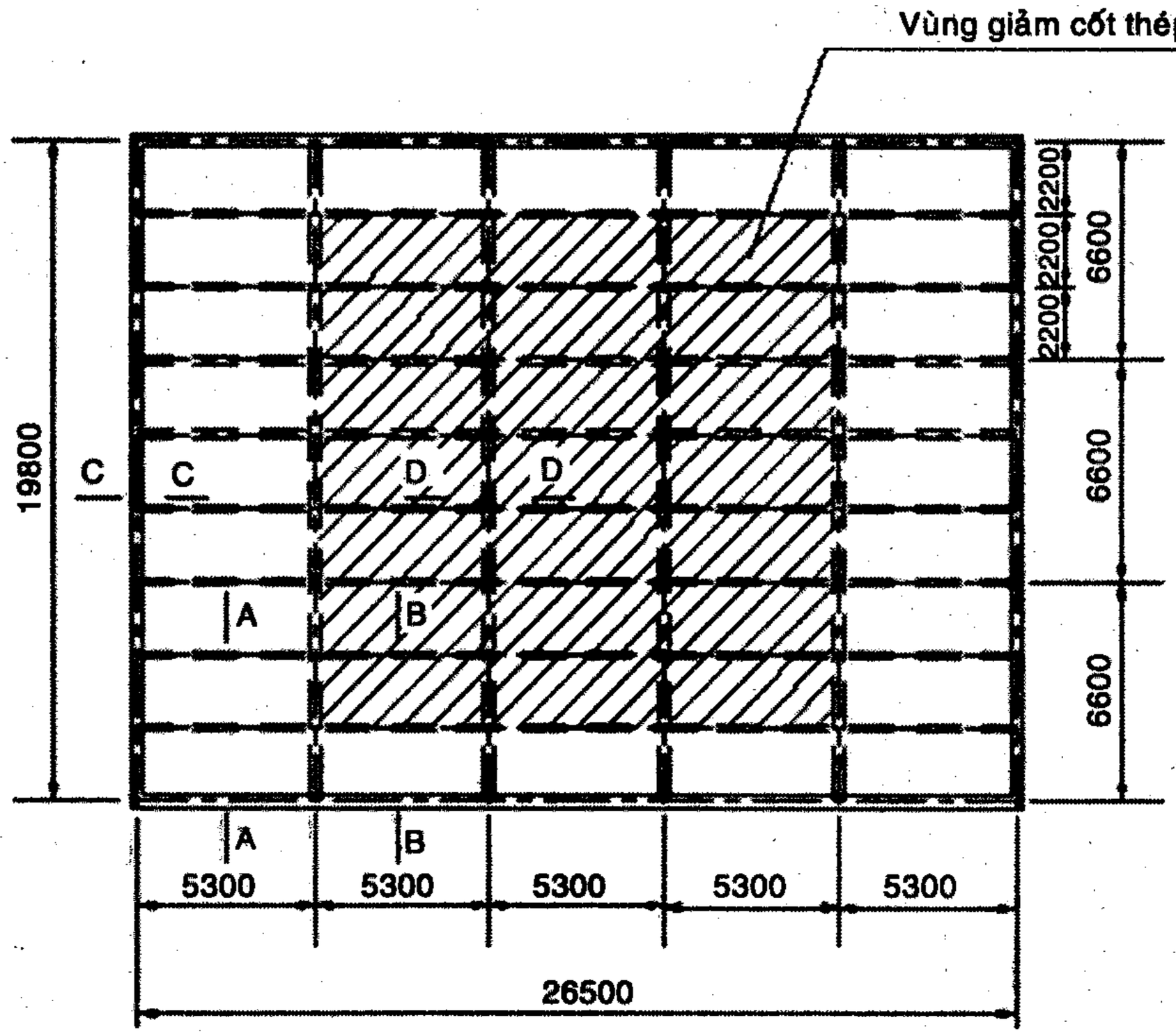
7- Bố trí cốt thép: (Xem bản vẽ)

- Xét tỷ số: $\frac{p_s}{g_s} = \frac{8,4}{3,49} = 2,41$; chọn $\alpha = 0,25$, $\alpha L_{ob} = 500mm$

- Đối với các ô bản có dầm liên kết ở bốn biên, được giảm 20% lượng thép tính được ở các gối giữa và các nhịp giữa:

$$A_s = 0,8x214 = 171,2mm^2$$

Chọn **ϕ6a160** ($A_{sc} = 177mm^2$)



- Cốt thép cấu tạo chịu moment âm dọc theo các gối biên và phía trên dầm chính được xác định như sau:

$$A_{s,ct} \geq \begin{cases} \phi 6a200 \\ 50\%A_{sgg} = 0.5x214 = 107mm^2 \end{cases}$$

Chọn **ϕ6a200** ($A_{sc} = 141mm^2$)

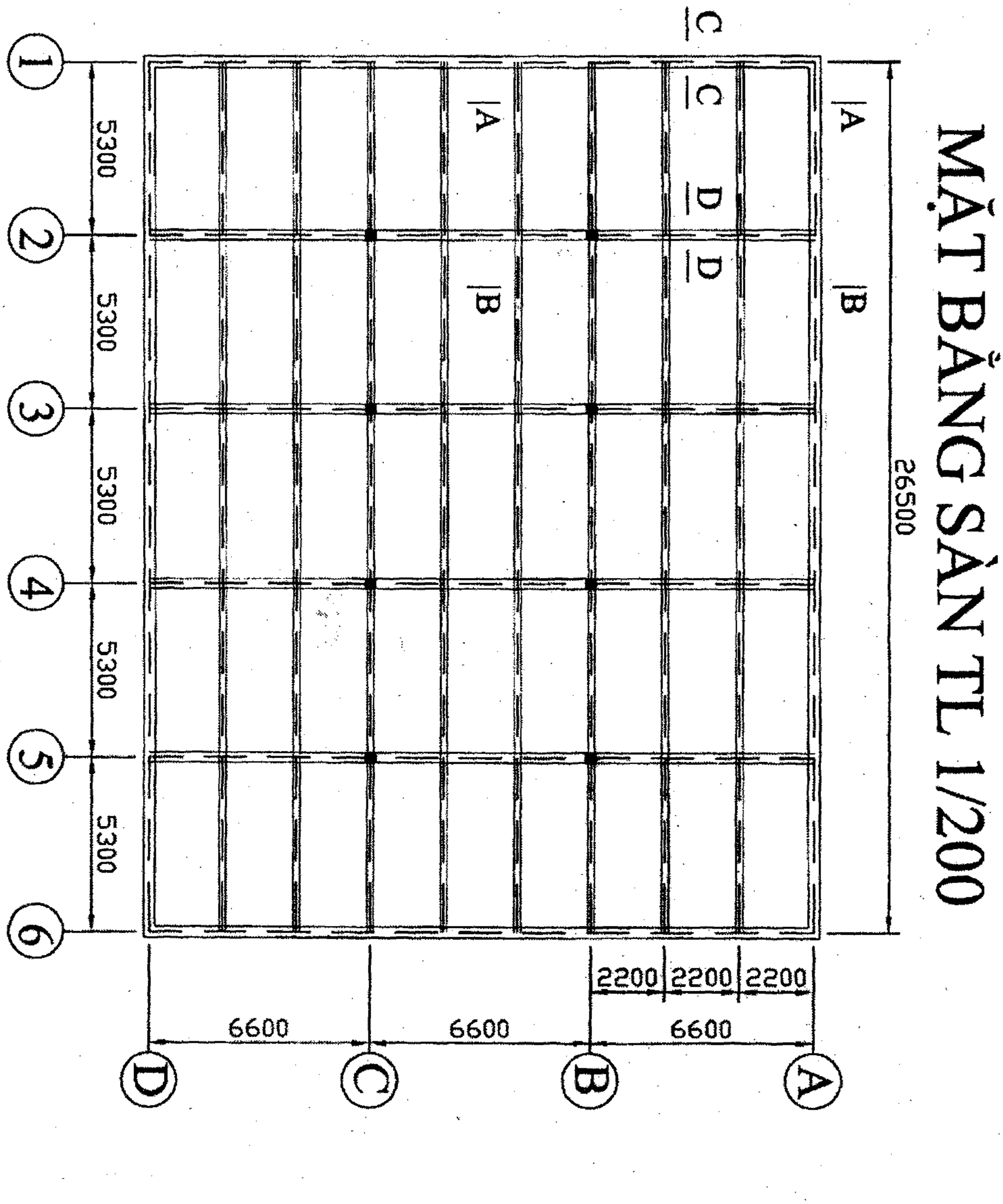
- Cốt thép phân bố chọn theo điều kiện sau:

$$\frac{l_2}{l_1} = 2,41$$

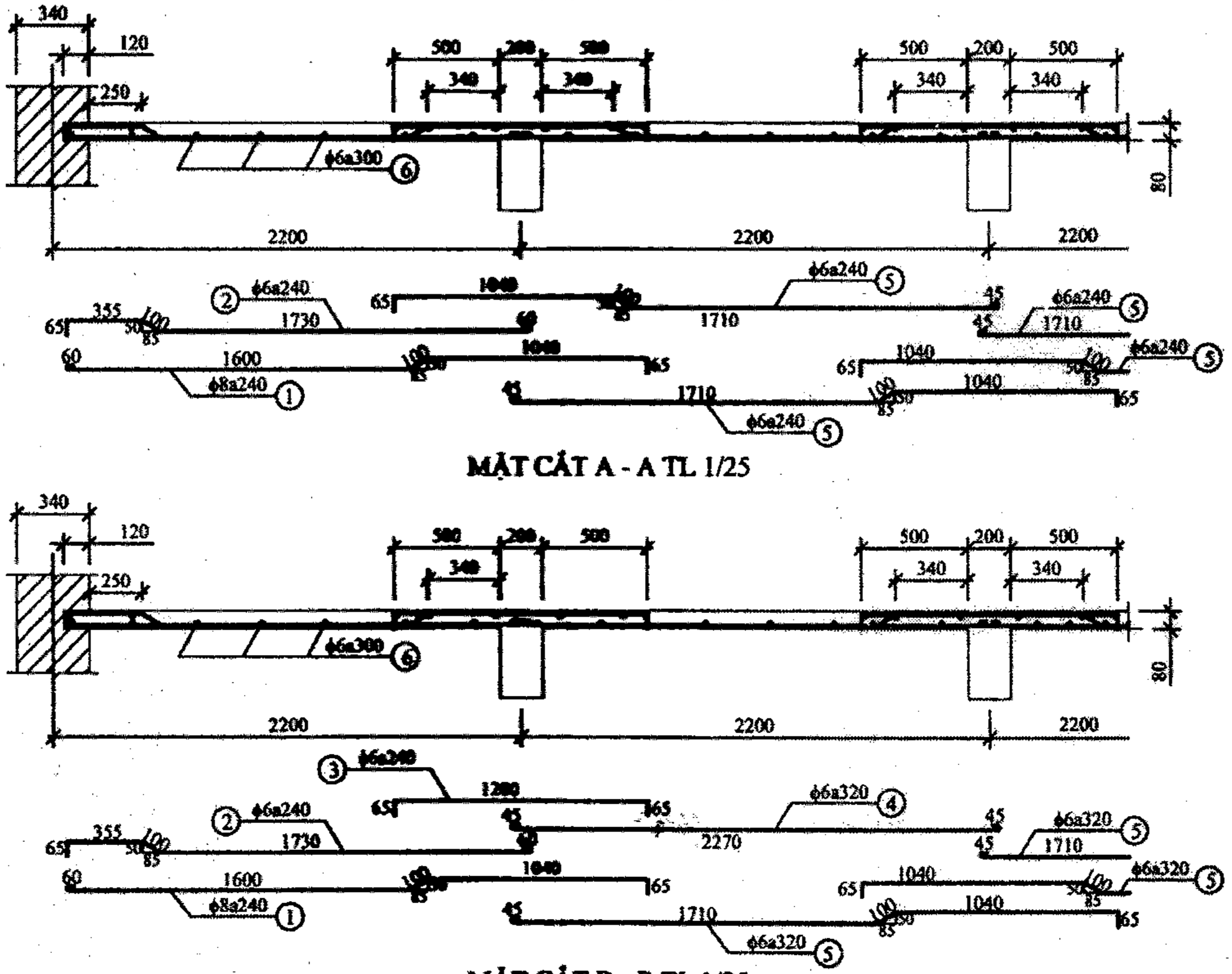
Chọn $A_{spb} \geq 20\%A_s = 0,2 \times 314 = 62,8mm^2$

Chọn **ϕ6a300** ($A_{sc} = 94mm^2$)

Bảng vẽ mặt bằng sàn, các mặt cắt ngang



BẢN SÀN



MẶT CẮT A - A TL 1/25

MẶT CẮT B - B TL 1/25

MẶT CẮT C - C TL1/25

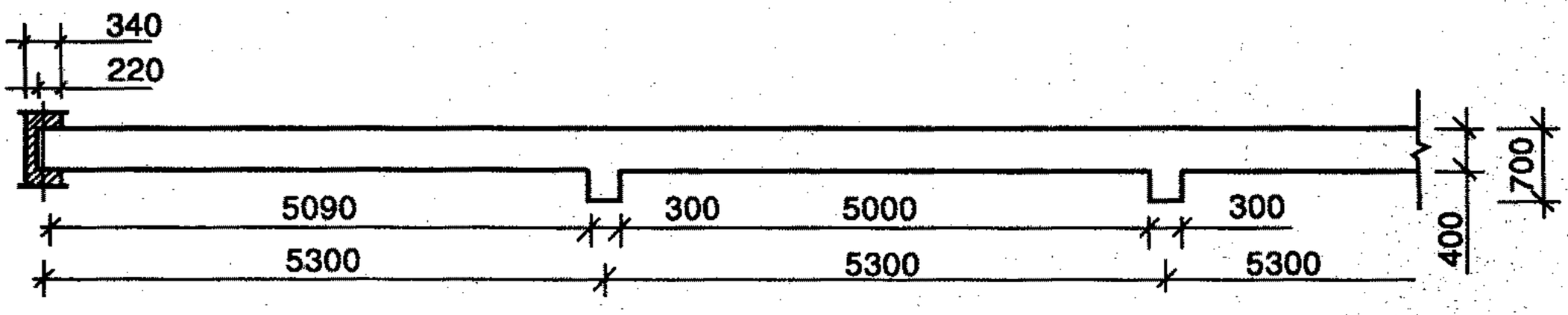
MẶT CẮT D - D TL1/25

PHẦN 2: TÍNH DẦM PHỤ

1- Sơ đồ tính

Dầm phụ tính theo sơ đồ khớp dẻo.

Sơ đồ tính là dầm liên tục 4 nhịp có các gối tựa là tường biên và dầm chính.



C_{dp} - đoạn dầm phụ kê lên tường, chọn $C_{dp} = 220mm$.

Nhịp tính toán của dầm phụ lấy theo mép gối tựa

- Đối với nhịp biên:

$$L_{ob} = L_2 - \frac{b_{dc}}{2} - \frac{b_t}{2} + \frac{C_{dp}}{2} = 5300 - \frac{300}{2} - \frac{340}{2} + \frac{220}{2} = 5090mm$$

- Đối với các nhịp giữa:

$$L_o = L_2 - b_{dc} = 5300 - 300 = 5000mm$$

2- Xác định tải trọng

Tĩnh tải:

Trọng lượng bản thân dầm phụ:

$$g_o = b_{dp}(h_{dp} - h_s)n_g\gamma_b = 0,2(0,4 - 0,08)1,1 \times 25 = 1,76kN/m$$

Tĩnh tải từ bản sàn truyền vào:

$$g_1 = g_s l_1 = 3,49 \times 2,2 = 7,678kN/m$$

Tổng tĩnh tải:

$$g_{dp} = g_o + g_1 = 9,438kN/m$$

Hoạt tải:

Hoạt tải tính toán từ bản sàn truyền vào:

$$p_{dp} = p_s n_p = 8,4 \times 2,2 = 18,48kN/m$$

Tổng tải:

Tải trọng tổng cộng:

$$q_{dp} = g_{dp} + p_{dp} = 27,918 kN/m$$

3- Xác định nội lực

Biểu đồ bao moment

$$\text{Tỷ số } \frac{p_{dp}}{g_{dp}} = \frac{18,48}{9,438} = 1,96$$

Tung độ tại các tiết diện của biểu đồ bao moment tính theo công thức:

$M = \beta q_{dp} L_o^2$ (đối với nhịp biên $l_o = l_{ob}$)

β- hệ số tra bảng phụ lục 12

Moment âm triệt tiêu cách mép gối tựa một đoạn:

$$x_1 = kL_{ob} = 0,2482 \times 5,09 = 1,263m$$

Moment dương triệt tiêu cách mép gối tựa một đoạn:

- Đối với nhịp biên:

$$x_2 = 0,15L_{ob} = 0,15 \times 5,09 = 0,764m$$

- Đối với nhịp giữa:

$$x_3 = 0,15L_o = 0,15 \times 5 = 0,75m$$

Moment dương lớn nhất cách gối tựa biên một đoạn:

$$x_4 = 0,425L_{ob} = 0,425 \times 5,09 = 2,163m$$

Share-connect.blogspot.com

- **Tung độ của biểu đồ bao moment được tóm tắt trong bảng sau:**

Nhịp	Tiết diện	L_o (m)	$q_{dp}L_o^2$ (kNm)	β_{max}	β_{min}	M_{max} (kNm)	M_{min} (kNm)
Biên	0	5.09	724	0		0	
	1			0,065		47,06	
	2			0,090		65,16	
	$0,425l_{ob}$			**0,091**		**65,88**	
	3			0,075		54,3	
	4			0,020		14,48	
	5				**-0,0715**		**-51,77**
Thứ 2	6	5	698	0,018	-0,0297	12,56	-2073
	7			0,058	-0,0085	40,48	-5,93
	$0,5l_o$			**0,0625**		**43,63**	
	8			0,058	-0,0055	40,48	-3,84
	9			0,018	-0,0237	12,56	-16,54
	10				**-0,0625**		**-43,63**
Giữa	11	5	698	0,018	-0,0227	12,56	-15,84
	12			0,058	-0,0024	40,48	-1,68
	$0,5l_o$			**0,0625**		**43,63**	

Biểu đồ bao lực cắt:

Tung độ của biểu đồ bao lực cắt được xác định như sau:

Gối thứ 1:

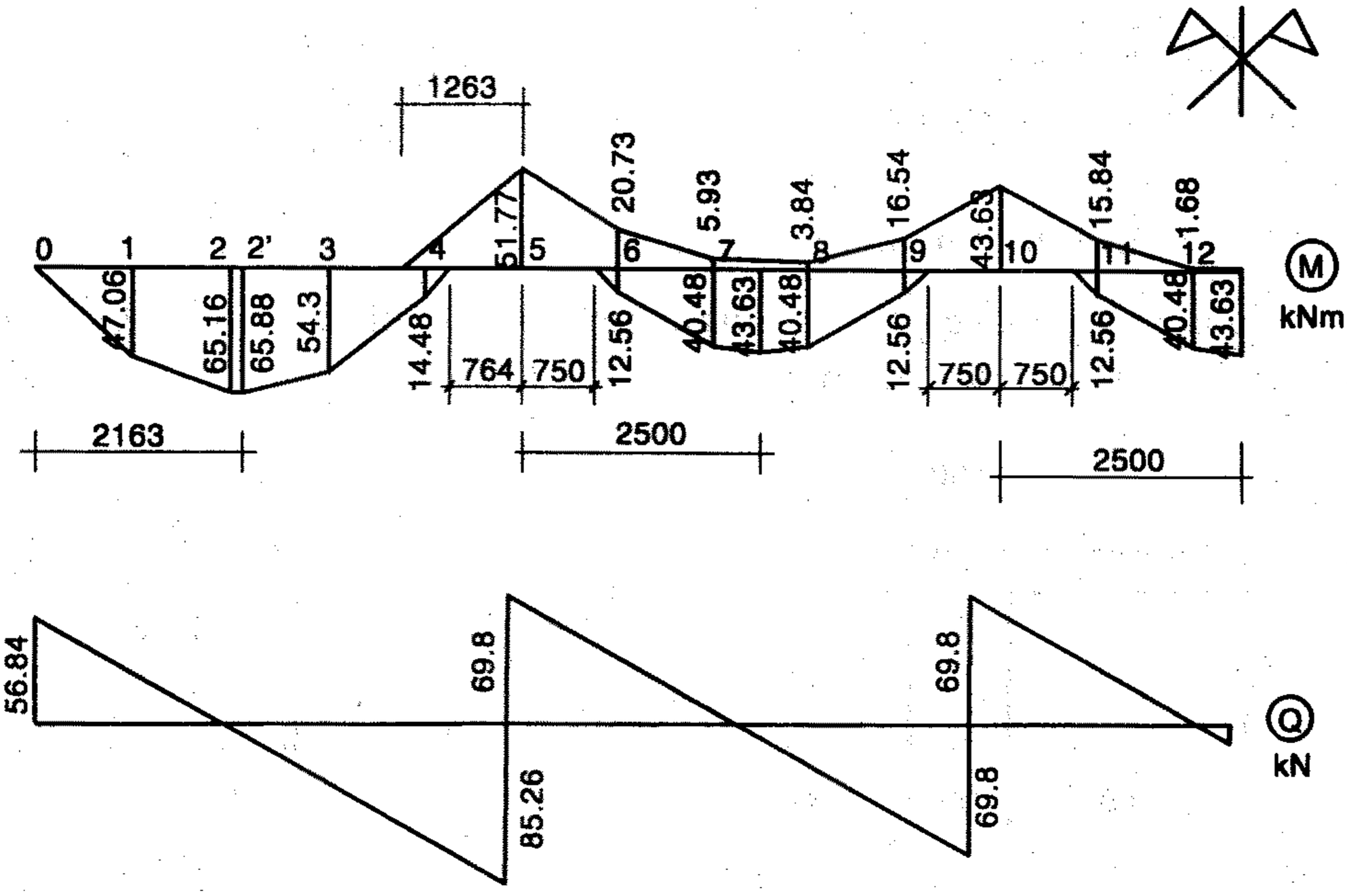
$$Q_1 = 0,4q_{dp}L_{ob} = 0,4 \times 27,981 \times 5,09 = 56,84kN$$

Bên trái gối thứ 2:

$$Q_2^T = 0,6q_{dp}L_{ob} = 0,6x27,981x5,09 = 85,26kN$$

Bên trái và bên phải các gối giữa:

$$Q_2^P = Q_3^T = Q_3^P = 0,5q_{dp}L_o = 0,5x27,981x5, = 69,8kN$$



4- Tính cốt thép

Cốt dọc:

a) Tại tiết diện ở nhịp

Tương ứng với giá trị moment dương, bản cánh chịu nén, tiết diện tính toán là tiết diện chữ T.

Xác định S_f:

$$S_f \le \begin{cases} \dfrac{L_1 - b_{dp}}{2} = \dfrac{2200 - 200}{2} = 1000mm \\ \dfrac{L_2 - b_{dc}}{6} = \dfrac{5300 - 300}{6} = 833.3mm \\ 6h_f' = 6x80 = 480mm \end{cases}$$

Chọn S_f = 480mm

Chiều rộng bản cánh:

$$b_f' = b_{dp} + 2S_f = 200 + 2x480 = 1160mm$$

Kích thước tiết diện chữ T

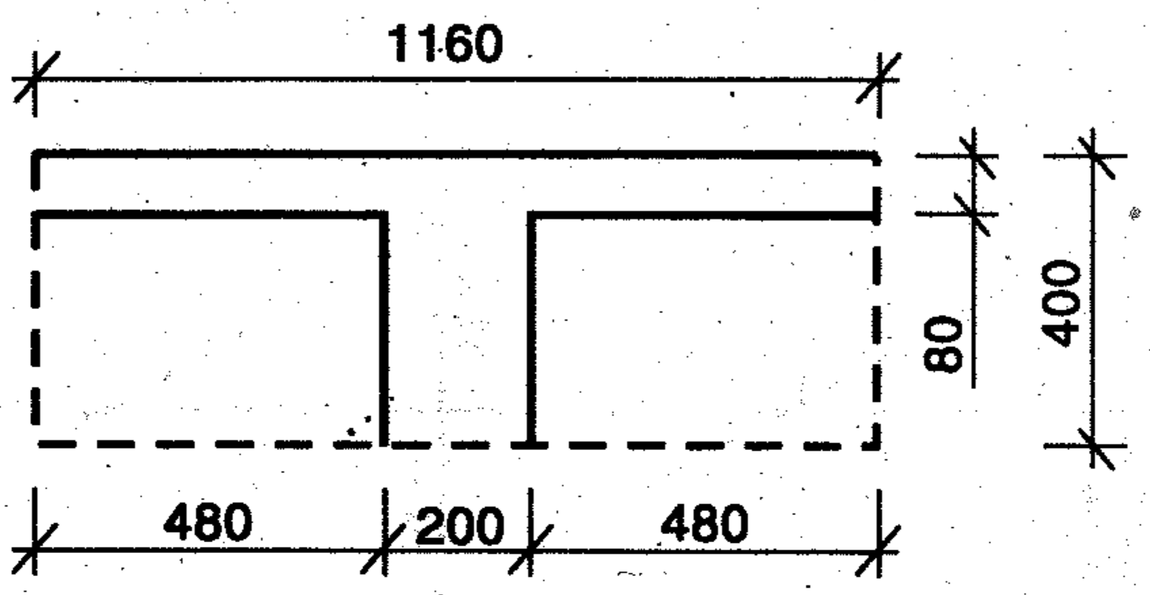
$$(b_f' = 1160mm;\ h_f' = 80mm;\ b = 200mm;\ h = 400mm)$$

* Xác định vị trí trục trung hòa:

Giả thiết $a = 45mm$; $h_o = h - a = 400 - 45 = 355mm$

b) Tại tiết diện ở gối

Tương ứng với giá trị moment âm, bản cánh chịu kéo, tính cốt thép theo tiết diện chữ nhật $(b_{dp} \times h_{dp}) = 200 \times 400mm$.



Kết quả tính cốt thép được tóm tắt trong bảng sau:

Do tính theo sơ đồ khớp dẻo nên điều kiện hạn chế

$\alpha_m \le \alpha_{pl} = 0,37$

Kiểm tra hàm lượng cốt thép:

$$\mu_{\min} = 0,05\% \le \mu\% = \frac{A_s}{bh_o} \le \mu_{\max} = 0,37\frac{8,5}{280} = 1,12\%$$

Tiết diện	M (kNm)	α_m	ξ	A_{st} (mm^2)	Chọn cốt thép		μ (%)
					Chọn	A_s (mm^2)	
Nhịp biên (1160x400)	65,88	0,053	0,055	688	3ϕ14+2ϕ12	688	0,97
Gối 2 (200x400)	51,77	0,242	0,281	606	1ϕ14+4ϕ12	606	0,85
Nhịp giữa (1160x400)	43,63	0,035	0,036	450	4ϕ12	452	0,64
Gối 3 (200x400)	43,63	0,204	0,230	496	1ϕ14+3ϕ12	493	0,69

Cốt ngang:

Tính cốt đai cho tiết diện bên trái gối 2 có lực cắt lớn nhất $Q = 85,26kN$

Khả năng chịu lực cắt của bê tông

$$Q_b = \varphi_{b3}\gamma_b R_{bt} b h_o = 0,6 \times 0,85 \times 0,75 \times 200 \times 355 = 31,95kN$$

Vì $Q > Q_b$ phải tính cốt đai

Tính cốt đai

$$q_1 = g + p/2 = 16,918kN/m$$

Đặt $M_o = \varphi_{b2}\gamma_b R_{bt} b h_o^2 = 2 \times 0,75 \times 200 \times 355^2 = 37,81kNm$

Khoảng cách giữa các cốt đai theo tính toán là:

$$s_{tt} = nA_{sw}R_{sw}\left(\frac{1}{\frac{Q^2}{4M_o} - q_1}\right) = 317,98mm$$

$$q_{sw} = nA_{sw}\frac{R_{sw}}{s_{tt}} = 2 \times 28,3\frac{175}{317,98} = 31,15$$

Kiểm tra:

$$Q_{b1} = 2\sqrt{M_o q_1} = 2\sqrt{3,781 \times 10^7 \times 16,918} = 50,58kN$$

$$q_{sw.\min} = \frac{Q - Q_{b1}}{2h_o} = \frac{85,26 \times 10^3 - 50,58 \times 10^3}{2 \times 355} = 48,843$$

$q_{sw} = 31,15 < q_{sw.\min}$ (không thỏa) Lấy $q_{sw} = 48,843$ để tính

Vì $\frac{q_1}{0,56} = 30,211 < q_{sw} = 48,843$ nên

Hình chiếu tiết diện nghiêng nguy hiểm nhất tính theo:

$$c_o = \sqrt{\frac{M_o}{q_1}} = \sqrt{\frac{3,781 \times 10^7}{16,918}} = 1495mm$$

Vì $c_o > 2h_o = 710mm$ nên lấy $c_o = 2h_o = 710mm$

Tính lại

$$q_{sw} = Q\frac{\sqrt{c_o}}{M_o} - q_1 = -16,858 \text{ quá nhỏ chọn } q_{sw} = 48,843$$

$$s_{tt} = \frac{nA_{sw}R_{sw}}{q_{sw}} = \frac{2\times 28,3\times 175}{48,843} = 202,794mm$$

Khoảng cách lớn nhất của cốt đai:

$$s_{\max} = \frac{\varphi_{b4}\gamma_b R_{bt} b h_o^2}{Q} = \frac{1,5\times 0,75\times 200\times 355^2}{85,26\times 10^3} = 332,578mm$$

Theo cấu tạo $s_{ct} = \frac{h}{3} = 150mm$

Chọn $s = 125mm$

Kiểm tra

$$\varphi_b = 1 - 0,01\gamma_b R_b = 0,915$$

$$\varphi_{w1} = 1 + 5\frac{E_s}{E_b}\frac{A_{sw}}{bs} = 1,103$$

$$Q = 85,26kN < 0,3\varphi_b\varphi_{w1}\gamma_b R_b b h_o^2 = 182,8kN \text{ thỏa}$$

Kết luận: Chọn $s = 125mm$ bố trí trên đoạn L/4 ở đầu dầm

Trong đoạn $L/2$ còn lại giữa dầm có Q nhỏ nên cốt đai đặt theo cấu tạo: $d = 6$; $s = 250mm$.

5- Biểu đồ vật liệu

Tính khả năng chịu lực của tiết diện

Trình tự tính:

- Tại tiết diện đang xét, cốt thép bố trí có diện tích A_s

- Chọn chiều dày lớp bêtông bảo vệ cốt thép dọc $a_o = 25mm$, khoảng cách giữa hai thanh thép theo phương chiều cao dầm $t = 25mm$

- Xác định a_{th}; $h_{oth} = h_{dp} - a_{th}$

- Tính khả năng chịu lực theo công thức sau:

$$\xi = \frac{R_s A_s}{\gamma_b R_b b h_{oth}}$$

$$\alpha_m = \xi(1 - 0,5\xi)$$

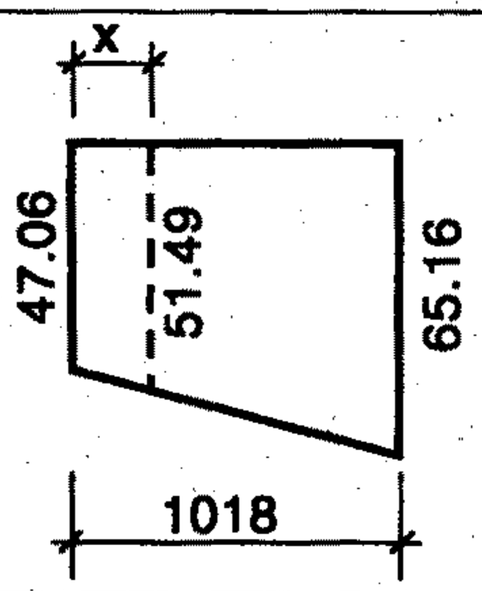
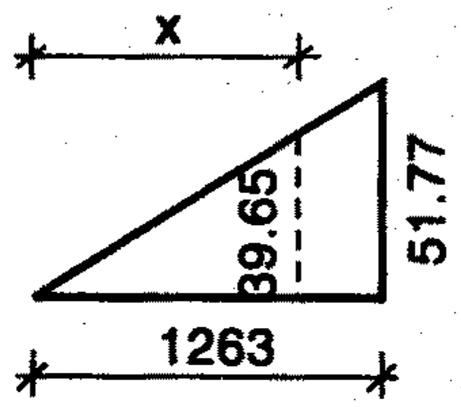
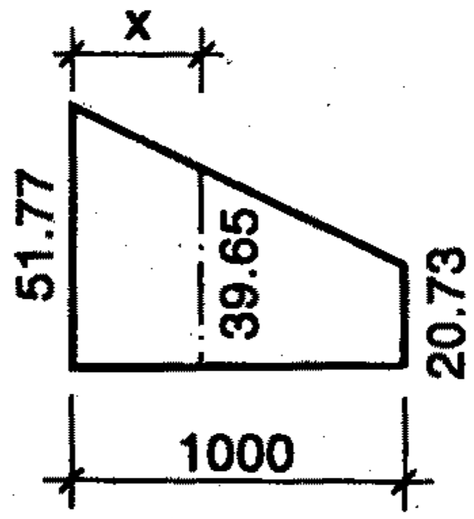
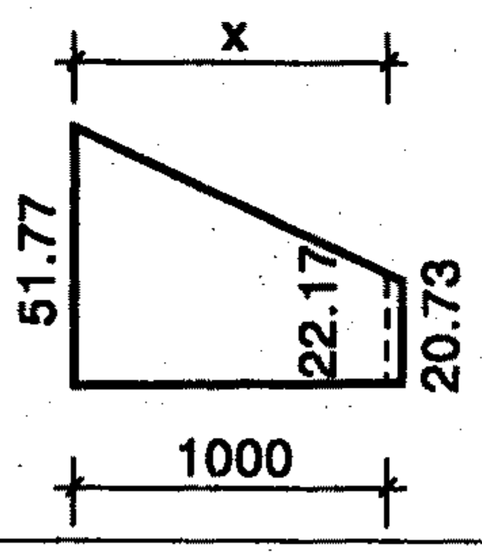
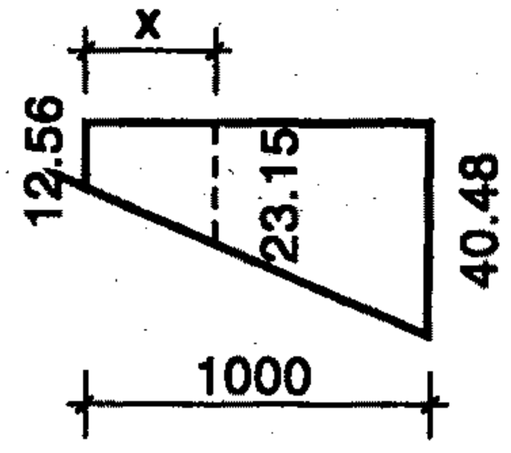
$$\Rightarrow [M] = \alpha_m \gamma_b R_b b h_{oth}^2$$

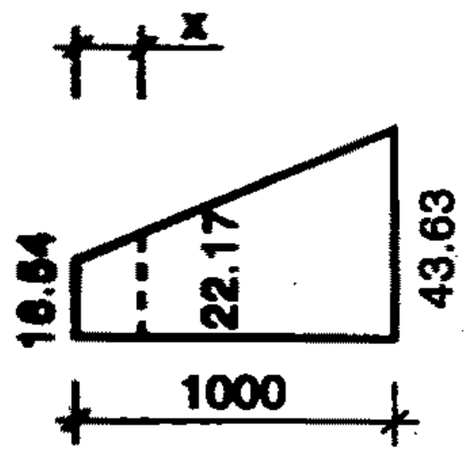
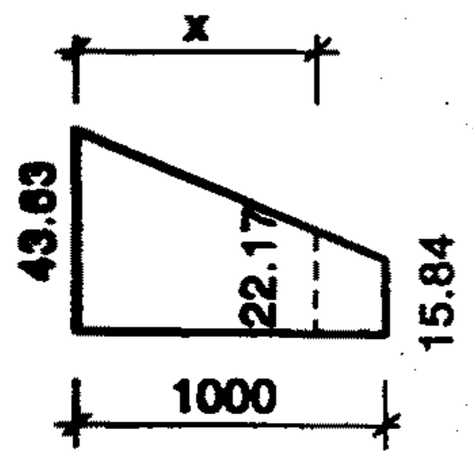
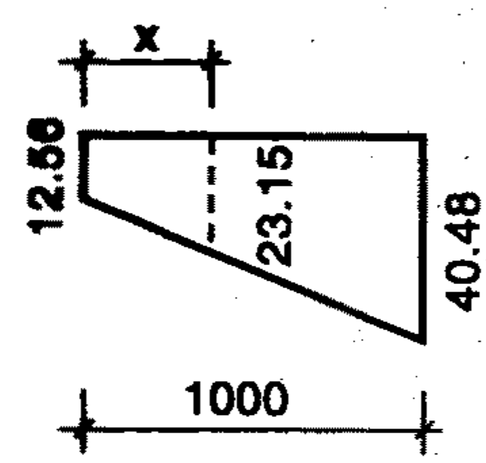
Kết quả tính toán được tóm tắt trong bảng sau:

Tiết diện	Cốt thép	A_s (mm^2)	A_{tr} (mm)	h_{otr} (mm)	ξ	α_m	[M] (kNm)	ΔM (%)
Nhịp biên (1160x400)	3d14+2d12	688	44,5	355,5	0,055	0,053	66,61	1,1
	cắt 1d14 còn 2d14+2d12	534	48,1	351,9	0,043	0,042	51,49	
	uốn 2d12 còn 2d14	308	32,0	368,0	0,024	0,023	31,36	
Gối 2 bên trái (200x400)	1d14+4d12	606	45,1	354,9	0,281	0,242	51,77	0,0
	cắt 1d14 còn 4d12	452	49,5	350,5	0,212	0,190	39,65	
	uốn 2d12 còn 2d12	226	31,0	369,0	0,101	0,096	22,17	
Gối 2 bên phải	cắt 1d14 còn 4d12	452	49,5	350,5	0,212	0,190	39,65	
	cắt 2d12 còn 2d12	226	31,0	369,0	0,101	0,096	22,17	
Nhịp 2 (1160x400)	4d12	452	40,3	359,8	0,036	0,035	44,72	2,4
	cắt 2d12 còn 2d12	226	31,0	369,0	0,017	0,017	23,15	
Gối 3 bên trái (200x400)	1d14+3d12	493	42,6	357,4	0,227	0,201	43,73	0,2
	cắt 1d14+1d12 còn 2d12	226	31,0	369,0	0,101	0,096	22,17	
Gối 3 bên phải	cắt 1d14+1d12 còn 2d12	226	31,0	369,0	0,101	0,096	22,17	
Nhịp 3 (1160x400)	4d12	452	40,3	359,8	0,036	0,035	44,72	2,4
	cắt 2d12 còn 2d12	226	31,0	369,0	0,017	0,017	23,15	

Xác định tiết diện cắt lý thuyết:

- Vị trí tiết diện cắt lý thuyết, x, được xác định theo tam giác đồng dạng.
- Lực cắt tại tiết diện cắt lý thuyết, Q, lấy bằng độ dốc của biểu đồ bao moment.

Tiết diện	Thanh thép	Vị trí điểm cắt lý thuyết	x (mm)	Q (kN)
Nhịp biên bên trái	1ϕ14		249	17,8
Nhịp biên bên phải	1ϕ14		72	39,1
Gối 2 bên trái	1ϕ14		967	41,0
Gối 2 bên phải	1ϕ14		390	31,0
	2ϕ12		954	31,0
Nhịp 2 bên trái (bên phải lấy đối xứng)	2ϕ12		379	27,9

Tiết diện	Thanh thép	Vị trí điểm cắt lý thuyết	x (mm)	Q (kN)
Gối 3 bên trái	1ϕ14, 1ϕ12		208	27,1
Gối 3 bên phải	1ϕ14, 1ϕ12		773	27,8
Nhịp 3 bên trái (bên phải lấy đối xứng)	2ϕ12		379	27,9

Xác định đoạn kéo dài W:

- Đoạn kéo dài W được xác định theo công thức sau:

$$W = \frac{0,8Q - Q_{\sin c}}{2q_{sw}} + 5d \geq 20d$$

trong đó:

- Q - lực cắt tại tiết diện cắt lý thuyết, lấy bằng độ dốc của biểu đồ bao moment
- $Q_{s,inc}$ - khả năng chịu cắt của cốt xuyên nằm trong vùng cắt bớt cốt dọc, mọi cốt xuyên đều nằm ngoài vùng cắt bớt cốt dọc nên $Q_{s,inc} = 0$
- q_{sw} - khả năng chịu cắt của cốt đai tại tiết diện cắt lý thuyết.

$$q_{sw} = \frac{R_{sw} n A_{sw}}{s}$$

Trong đoạn dầm có cốt đai d6a140 thì:

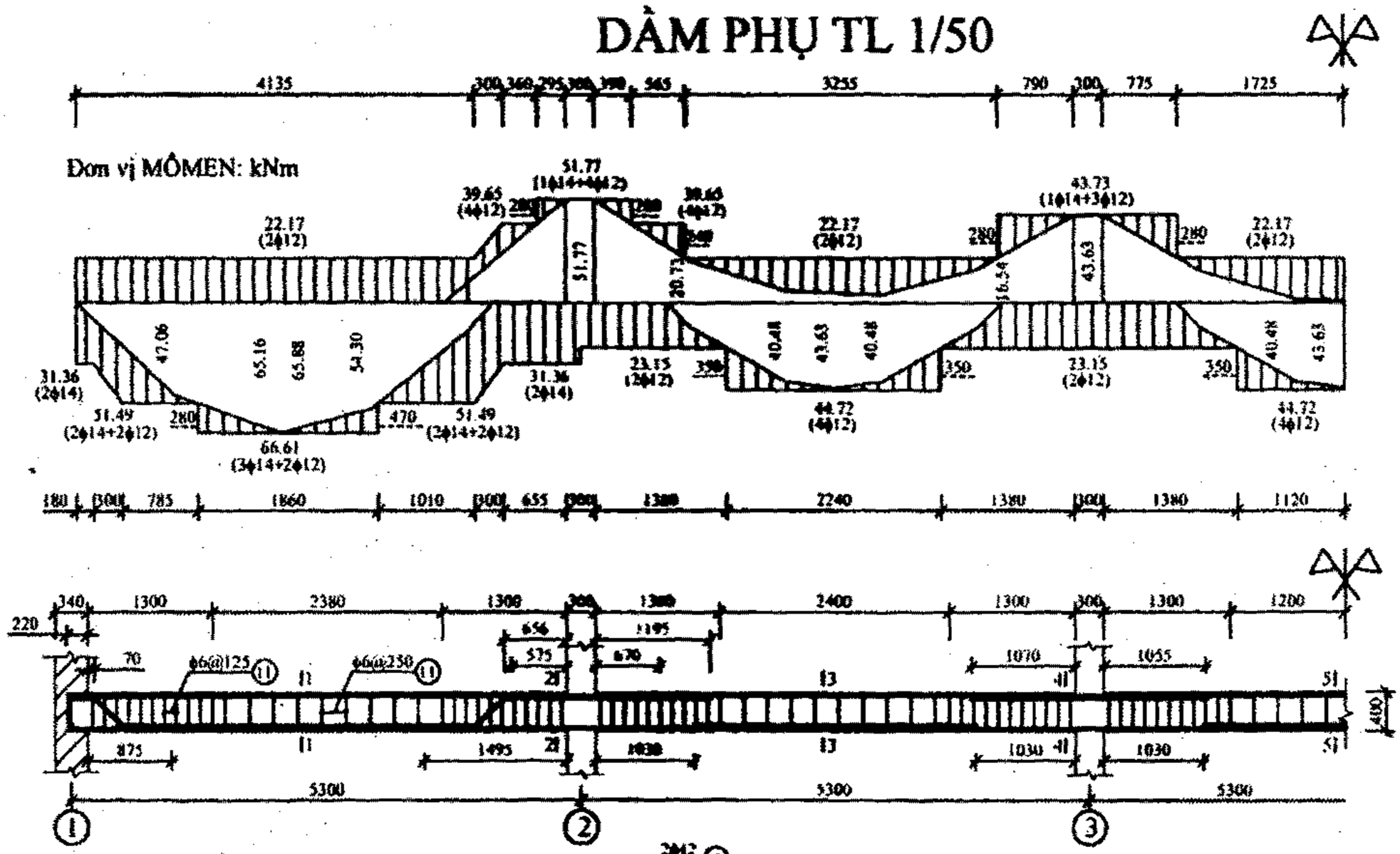
$$q_{sw} = \frac{175 \times 2 \times 28,3}{125} = 78,4kN/m$$

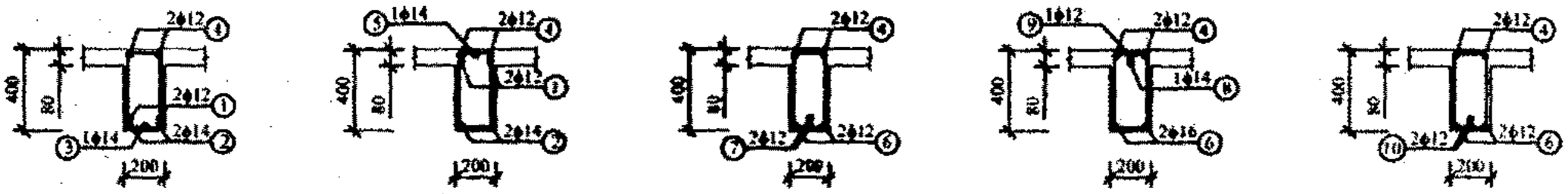
Trong đoạn dầm có cốt đai d6a300 thì:

$$q_{sw} = \frac{175 \times 2 \times 28,3}{250} = 39,2kN/m$$

- Kết quả tính đoạn kéo dài *W*:

Tiết diện	Thanh thép	Q (kN)	q_{sw} (kN/m)	$W_{tính}$ (mm)	20d	$W_{chọn}$ (mm)
Nhịp biên bên trái	1d14	17,8	78,4	161	280	280
Nhịp biên bên phải	1d14	39,1	39,2	469	280	470
Gối 2 bên trái	1d14	41,0	78,4	279	280	280
Gối 2 bên phải	1d14	31,0	78,4	228	280	280
	2d12	31,0	78,4	218	240	240
Nhịp 2 bên trái (bên phải lấy đối xứng)	2d12	27,9	39,2	344	240	350
Gối 3 bên trái	1d14,1d12	27,1	78,4	208	280	280
Gối 3 bên phải	1d14,1d12	27,8	78,4	212	280	280
Nhịp 3 bên trái (bên phải lấy đối xứng)	2d12	27,9	39,2	416	240	420





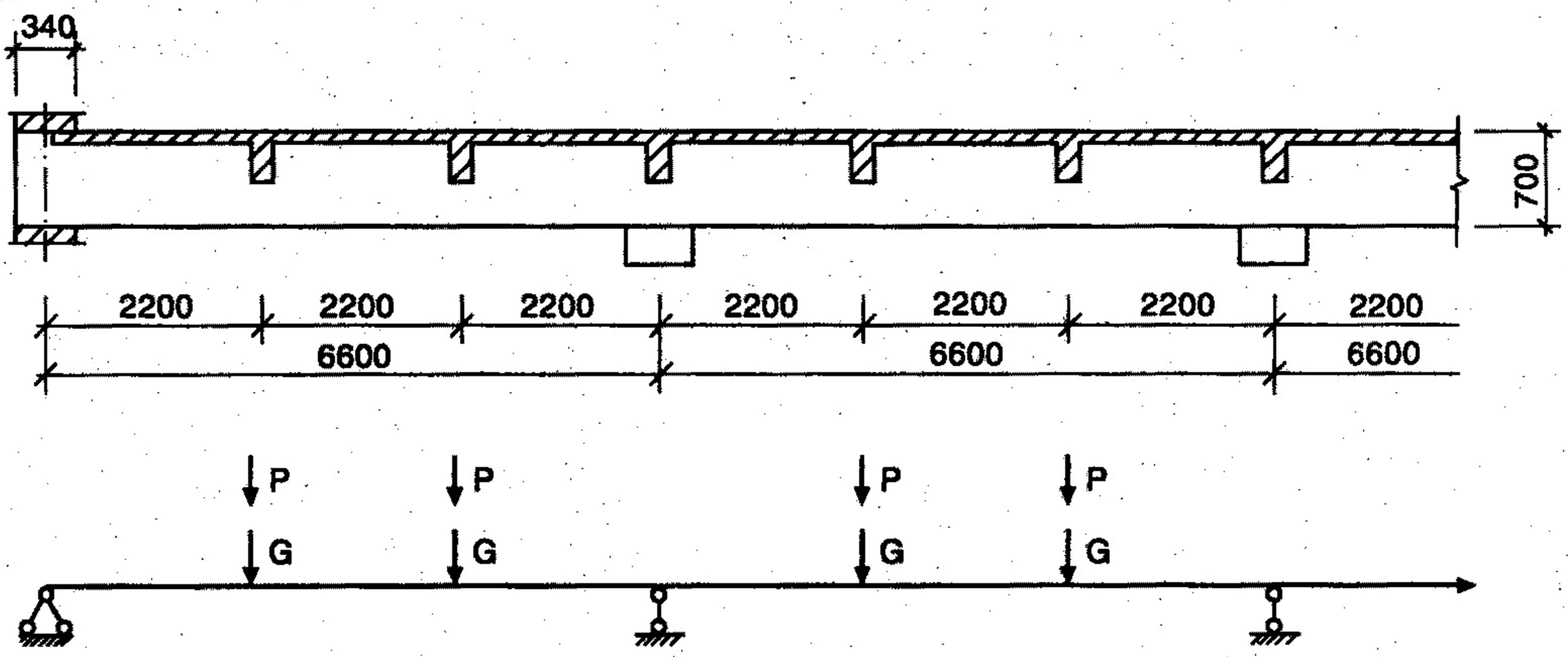
PHẦN 3: TÍNH DẦM CHÍNH

1- Sơ đồ tính

Dầm chính tính theo sơ đồ đàn hồi.

Sơ đồ tính là dầm liên tục 4 nhịp tựa liên tường biên và cột

Share-connect.blogspot.com



C_{dc} - đoạn dầm chính kê lên tường, chọn $C_{dc} = 340mm$.

Nhịp tính toán lấy theo khoảng cách từ trục đến trục, cụ thể như sau:

$$L = 3L_1 = 3 \times 2200 = 6600mm$$

2- Xác định tải trọng

Tải trong từ bản sàn truyền lên dầm phụ rồi từ dầm phụ truyền lên dầm chính dưới dạng lực tập trung.

Tĩnh tải:

Trọng lượng bản thân dầm chính:

$$G_o = n_g \gamma_{bt} b_{dc} \left[(h_{dc} - h_s) L_1 - (h_{dp} - h_s) b_{dp} \right]$$

$$= 1,1 \times 25 \times 0,3 \left[(0,7 - 0,08) 2,2 - (0,4 - 0,08) 0,2 \right] = 10,725kN$$

Từ dầm phụ truyền lên dầm chính:

$$G_1 = g_{dp} L_2 = 9,438 \times 5,3 = 50,021kN$$

Tổng tĩnh tải:

$$G = G_o + G_1 = 10,725 + 50,021 = 60,746kN$$

Hoạt tải:

Từ dầm phụ truyền lên dầm chính:

$$p = p_{dp} L_2 = 18,48 \times 5,3 = 97,944kN$$

3- Xác định nội lực

Biểu đồ bao moment:

a) Các trường hợp đặt tải

Sơ đồ tính dầm **chính đối xứng**, các trường hợp đặt tải được trình bày như sau:

b) Xác định biểu đồ mômen cho từng trường hợp tải

Tung độ của biểu đồ mômen tại tiết diện bất kì của từng trường hợp đặt tải được xác định theo công thức:

$$M_G = \alpha GL = \alpha \times 60,746 \times 6,6$$

$$M_P = \alpha PL = \alpha \times 97,944 \times 6,6$$

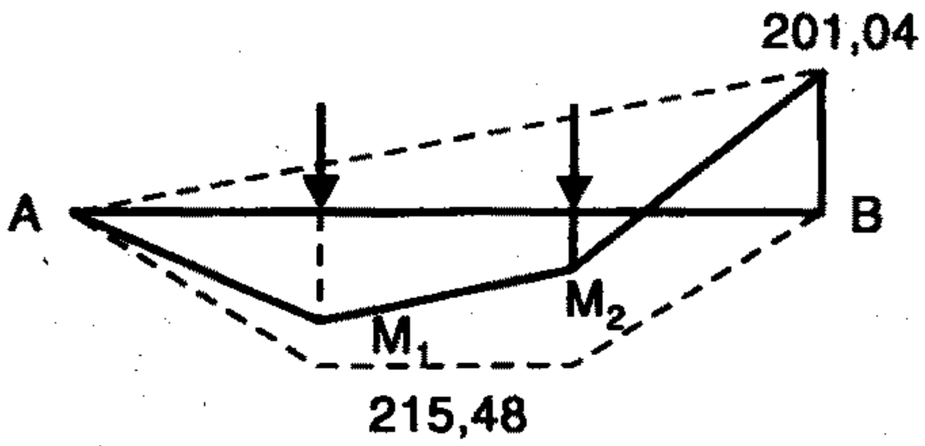
α- hệ số tra bảng phụ lục 13

Bảng tính tung độ biểu đồ mômen cho từng trường hợp tải (kNm)

Sơ đồ \ Tiết diện		1	2	Gối B	3	4	Gối C	5	6
a	α	0,244	0,156	-0,267	0,067	0,067	-0,267		
	M_G	97,83	62,54	-107,05	26,86	26,86	-107,05	62,54	97,83
b	α	0,289	0,244	-0,133	-0,133	-0,133			
	M_{P1}	186,82	157,73	-85,98	-85,98	-85,98	-85,98	157,73	186,82
c	α	-0,044	-0,089	-0,133	0,2	0,2			
	M_{P2}	-28,44	-57,53	-85,98	129,29	129,29	-85,98	-57,53	-28,44
d	α			-0,311			-0,089		
	M_{P3}	148,47	81,45	-201,04	62,28	110,11	-57,53	-38,35	-19,18
e	α			0,044			-0,178		
	M_{P4}	9,48	18,96	28,44	-19,39	-67,23	-115,06	138,77	177,13

Trong các sơ đồ d,e bảng tra không cho các trị số α tại một số tiết diện, phải tính nội suy theo phương pháp cơ học.

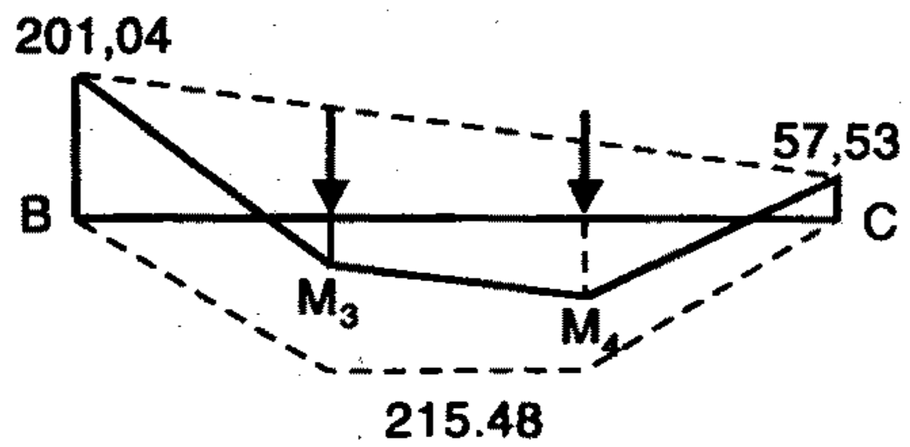
* Sơ đồ d:



Nhịp dầm AB

$M_1 = 215,48 - 201,04/3 = 148,47$ kNm

$M_2 = 215,48 - 2x201,04/3 = 81,45$ kNm



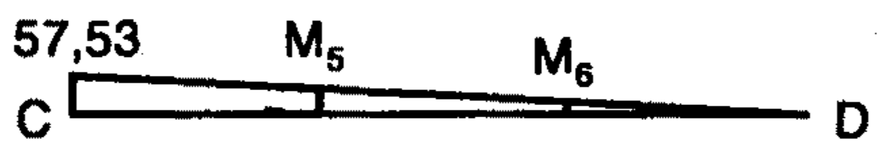
Nhịp dầm BC

$M_3 = 215,48 - 57,53 -$

$2\times(201,04 - 57,53)/ 3 = 62,28$kNm

$M_4 = 215,48 - 57,53 -(201,04 - 57,53)/3$

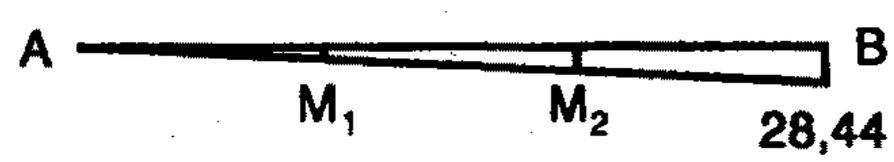
$=110,11$kNm



Nhịp dầm CD

$M_5 = -57,53\times2/3 = -38,35$ kNm

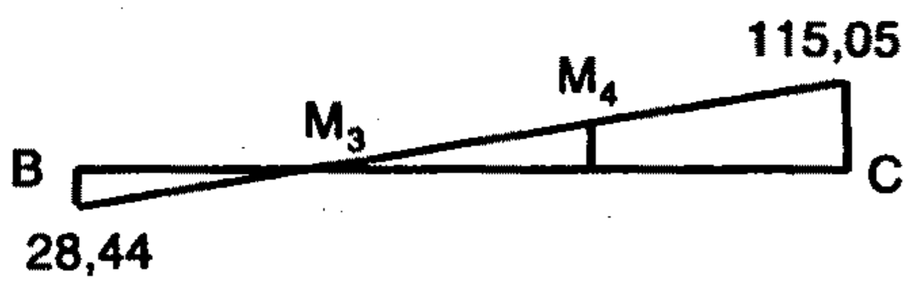
$M_6 = -57,53/3 = -19,18$ kNm



Nhịp dầm AB

$M_1 = 28,44/3 = 9,48$ kNm

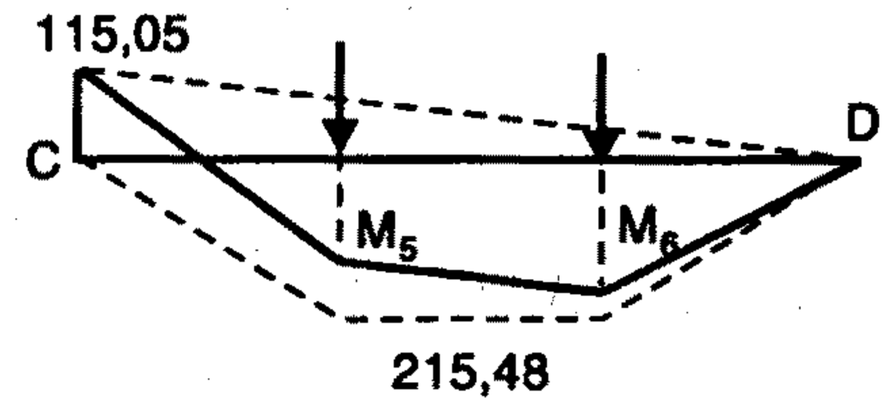
$M_2 = 2x28,44/3 = 18,96$ kNm



Nhịp dầm BC

$M_3 = 2x(28,44+115,06)/3 - 115,06$

$= -19,39$ kNm .



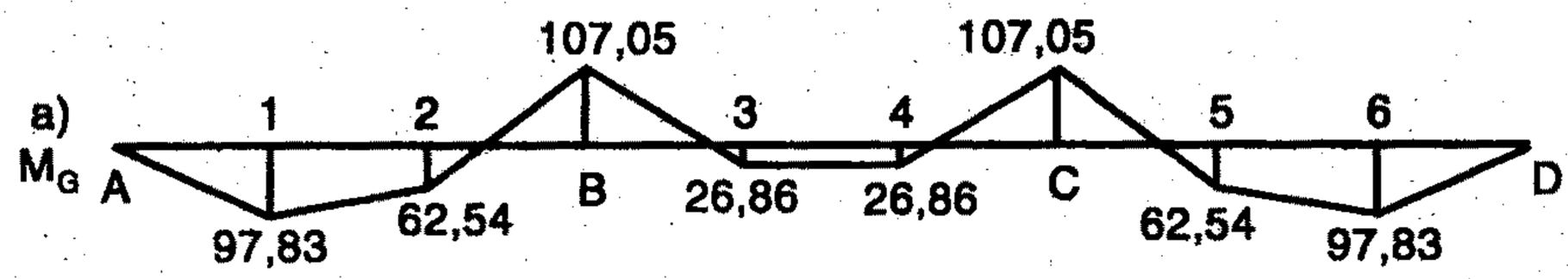
Nhịp dầm CD

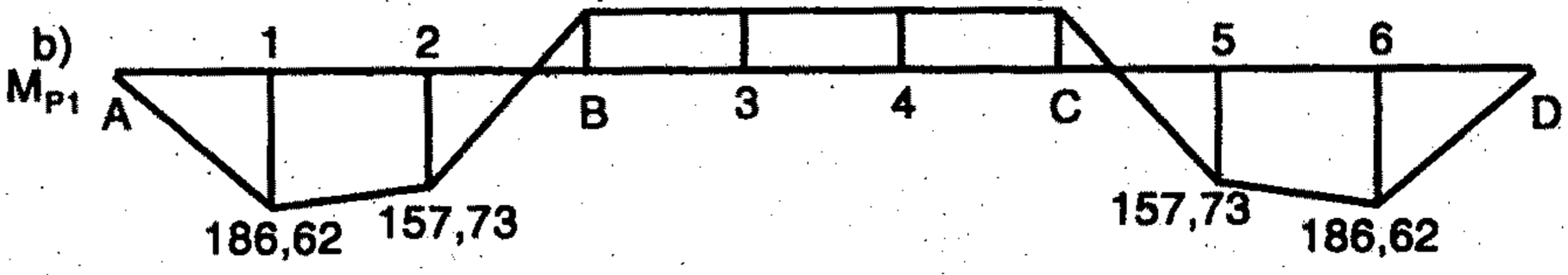
$M_5 = 215,48 - 2x(115,06)/3$

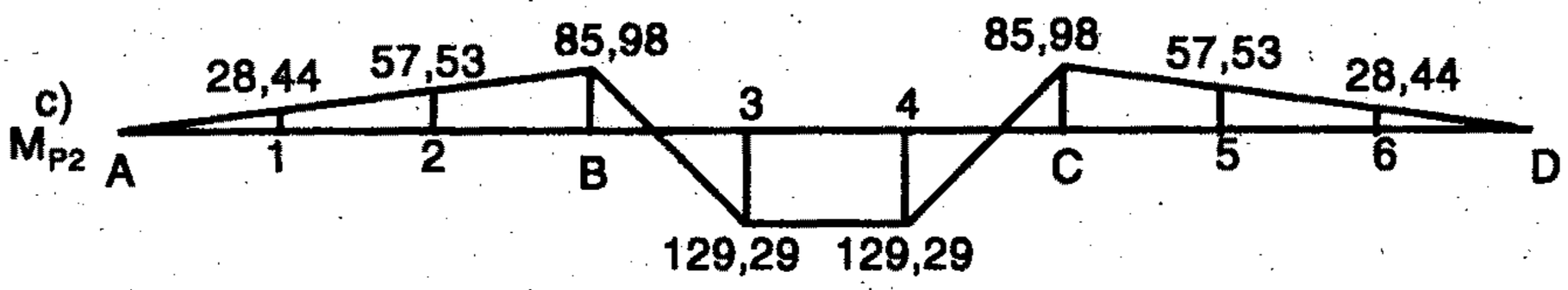
$= 138,77$kNm

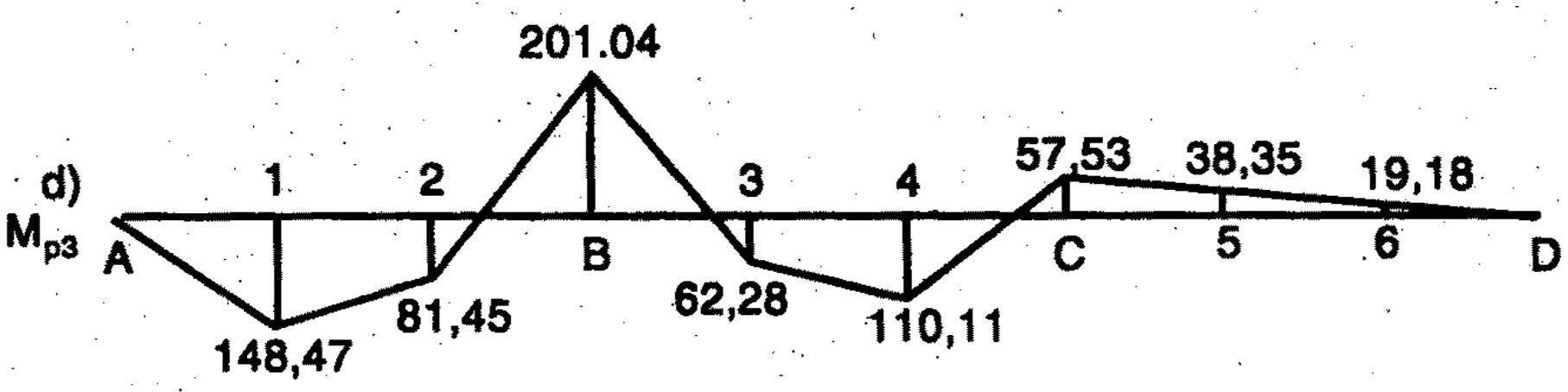
$M_6 = 215,48 -(115,06)/3 =$

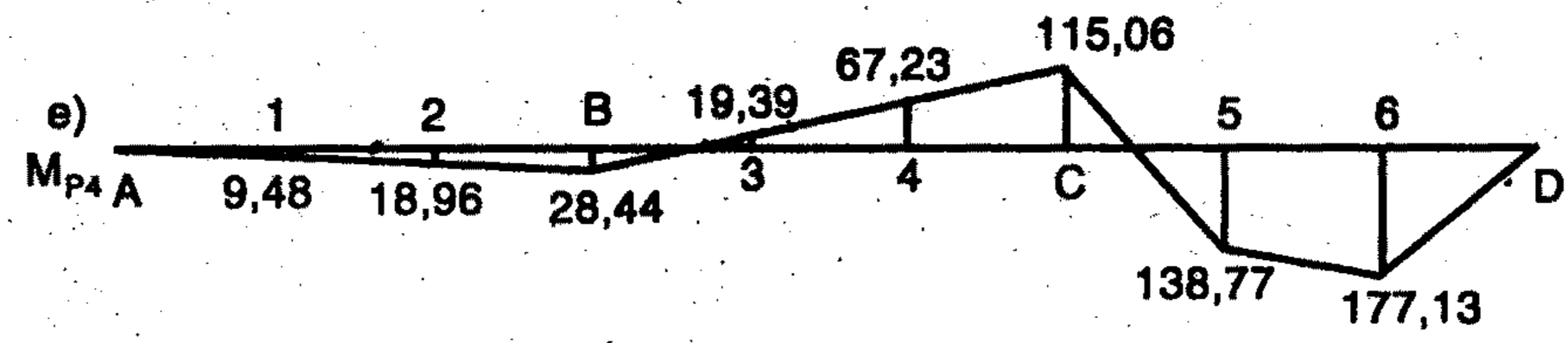
Biểu đồ mômen của từng trường hợp tải (kNm)

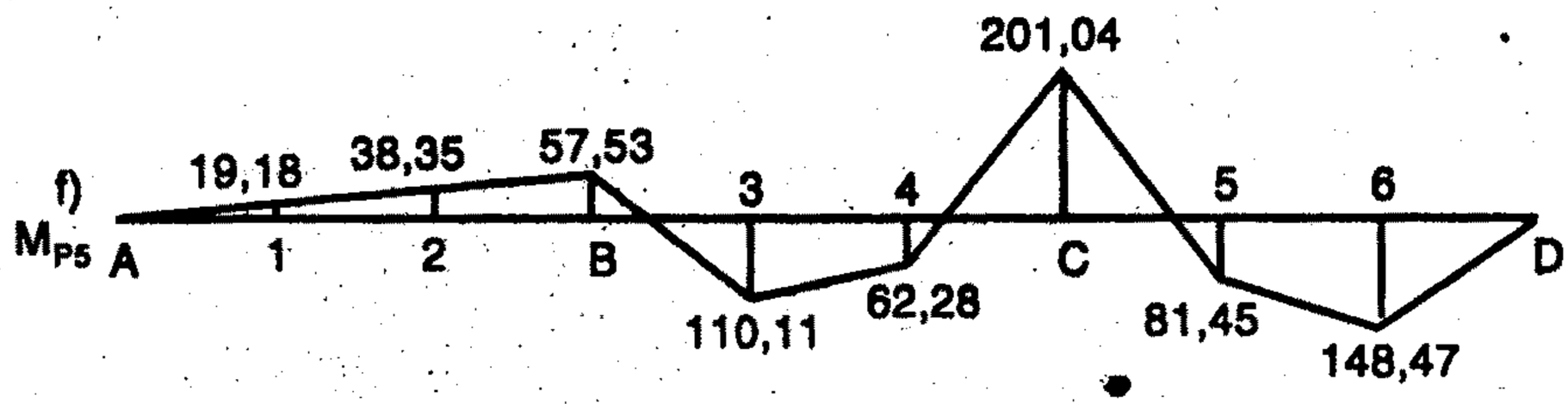


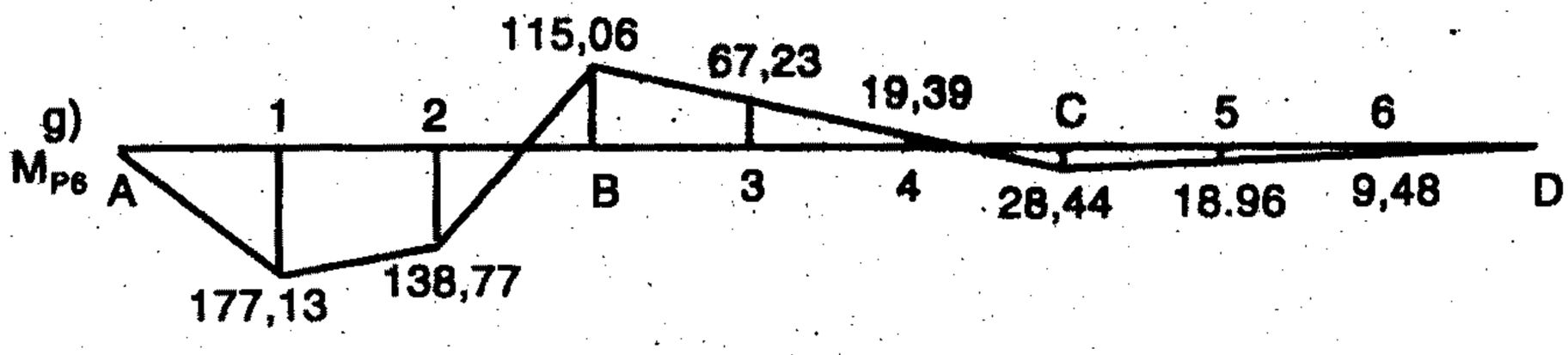








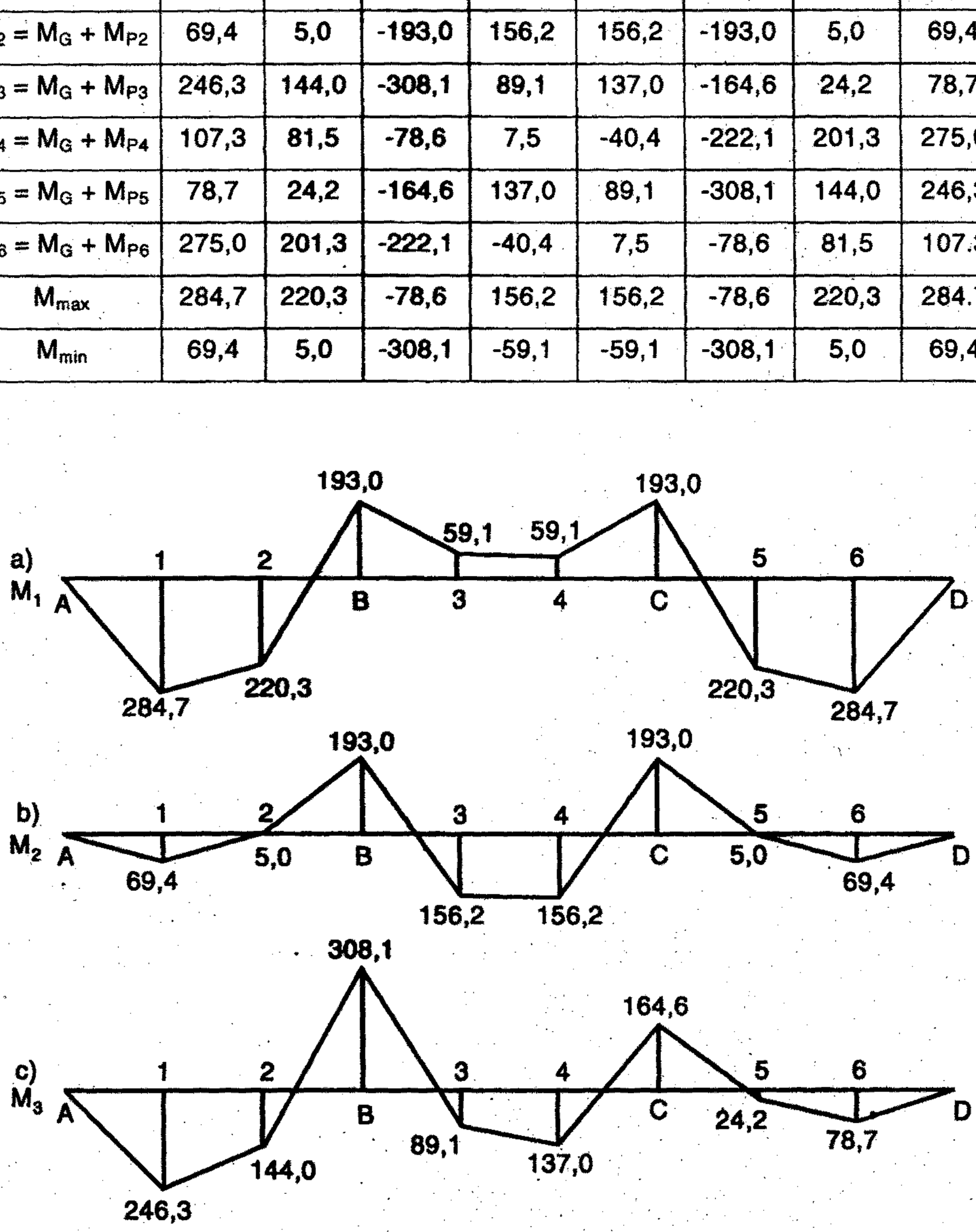


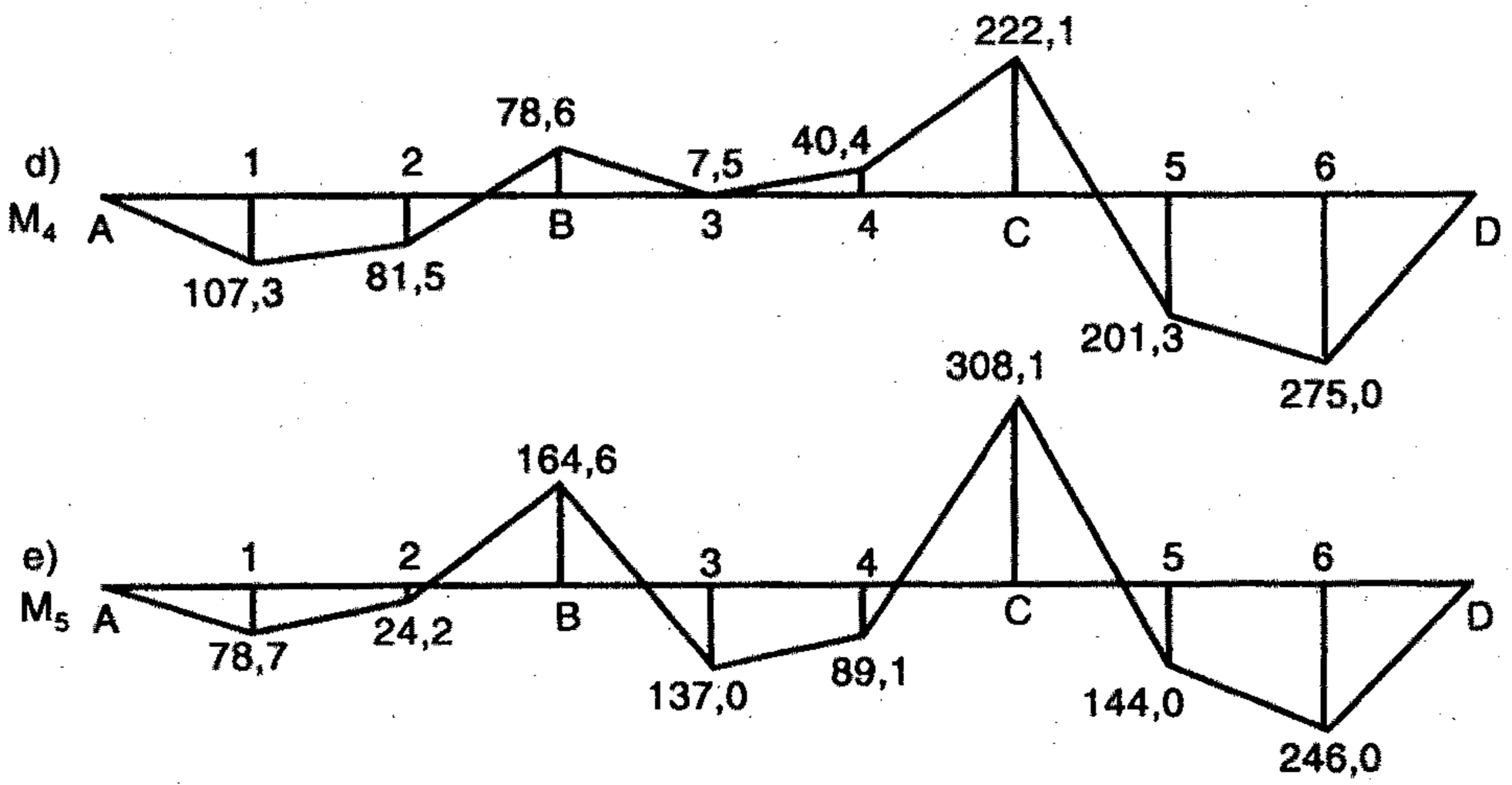


c) Xác định biểu đồ bao mômen

Bảng xác định tung độ biểu đồ mômen thành phần và biểu đồ bao mômen (kNm)

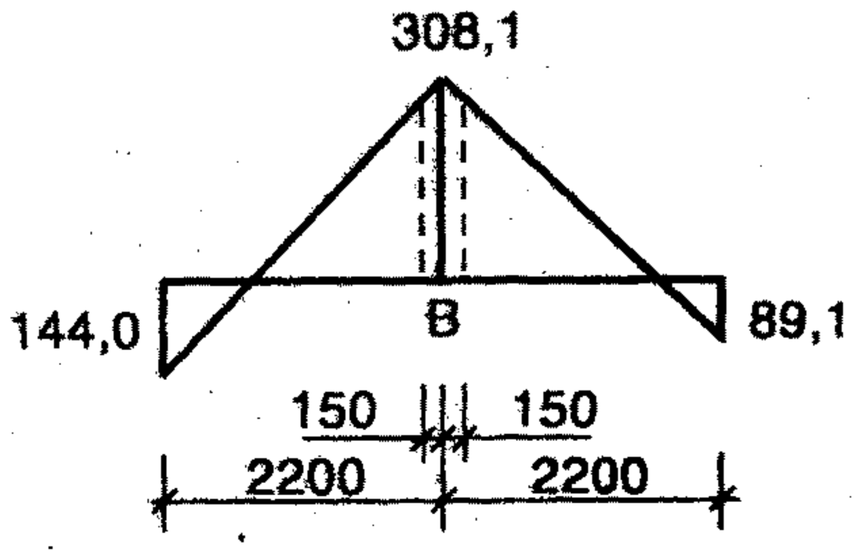
Tiết diện / Mômen	1	2	Gối B	3	4	Gối C	5	6
$M_1 = M_G + M_{P1}$	284,7	220,3	-193,0	-59,1	-59,1	-193,0	220,3	284,7
$M_2 = M_G + M_{P2}$	69,4	5,0	-193,0	156,2	156,2	-193,0	5,0	69,4
$M_3 = M_G + M_{P3}$	246,3	144,0	-308,1	89,1	137,0	-164,6	24,2	78,7
$M_4 = M_G + M_{P4}$	107,3	81,5	-78,6	7,5	-40,4	-222,1	201,3	275,0
$M_5 = M_G + M_{P5}$	78,7	24,2	-164,6	137,0	89,1	-308,1	144,0	246,3
$M_6 = M_G + M_{P6}$	275,0	201,3	-222,1	-40,4	7,5	-78,6	81,5	107.3
M_{max}	284,7	220,3	-78,6	156,2	156,2	-78,6	220,3	284.7
M_{min}	69,4	5,0	-308,1	-59,1	-59,1	-308,1	5,0	69,4

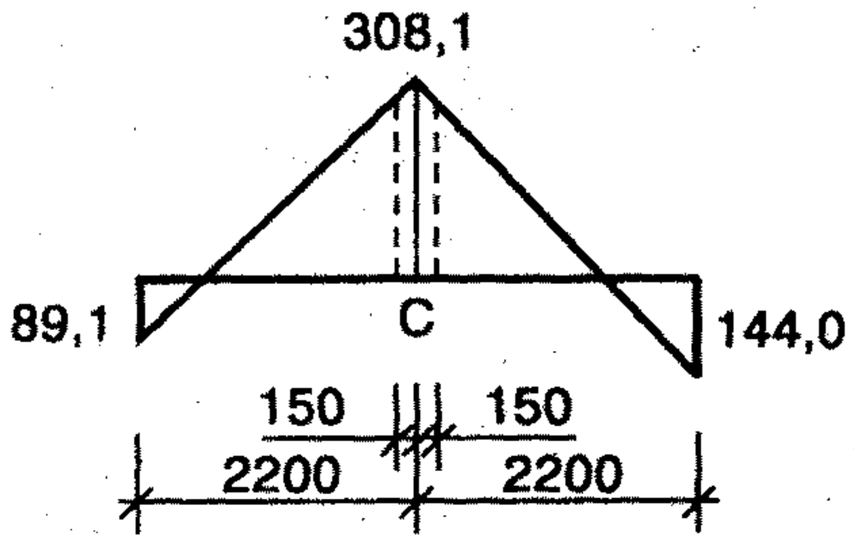




Biểu đồ bao moment (kNm)

d) Xác định mômen mép gối





* Gối B:

$$M_{mg}^{B.tr} = \frac{(2200-150)}{2200}(308,1+144)-144 = 277,3kNm$$

$$M_{mg}^{B.ph} = \frac{(2200-150)}{2200}(308,1+89,1)-89,1 = 281kNm$$

Biểu đồ bao lực cắt:

a) Xác định biểu đồ lực cắt cho từng trường hợp tải:

Tính và vẽ biểu đồ lực cắt:

Ta có quan hệ giữa mômen và lực cắt: "Đạo hàm của mômen chính là lực cắt". Vậy ta có: $M' = Q = \text{tg}\alpha$

Bảng xác định tung độ biểu đồ lực cắt (kN)

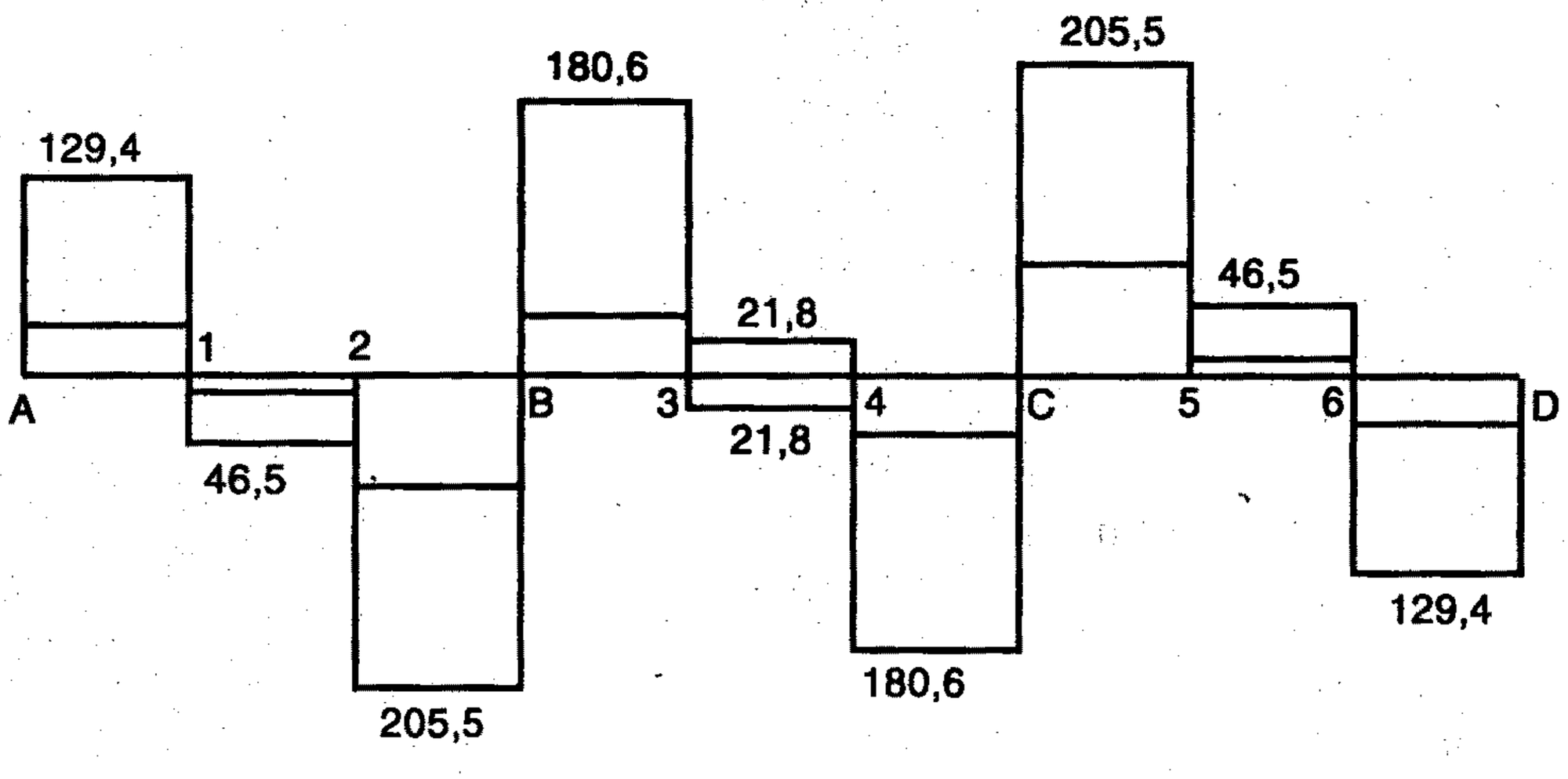
Sơ đồ \ Đoạn		A – 1	1 – 2	2 – B	B – 3	3 – 4	4 – C	C – 5	5 – 6	6 – D
a	Q_G	44,47	-16,04	-77,09	60.87	0	-60,87	77,09	16,04	-44,47
b	Q_{P1}	84,92	-13,22	-110,78	0	0	0	110,78	13,22	-84,92
c	Q_{P2}	-12,93	-13,22	-12,93	97,85	0	-97,85	12,93	13,22	12,93
d	Q_{P3}	67,49	-30,46	-128,4	119,69	21,74	-76,2	8,72	8,71	8,72
e	Q_{P4}	4,31	4,31	4,31	-21,74	-21,75	-21,74	115,38	17,44	-80,51
f	Q_{P5}	-8,72	-8,71	-8,72	76,2	-21,74	-119,7	128,4	30,46	-67,49
g	Q_{P6}	80,51	-17,44	-115,38	21,74	21,75	21,74	-4,31	-4,31	-4,31

Biểu đồ lực cắt từng trường hợp tải (kN)

b) Xác định các biểu đồ bao lực cắt:

Bảng xác định tung độ biểu đồ lực cắt thành phần và biểu đồ bao lực cắt (kN)

Lực cắt \ Đoạn	A – 1	1 – 2	2 – B	B – 3	3 – 4	4 – C	C – 5	5 – 6	6 – D
$Q_1 = Q_G + Q_{P1}$	129,4	-29,3	-187,9	60,9	0	-60,9	187,9	29,3	-129,4
$Q_2 = Q_G + Q_{P2}$	31,5	-29,3	-90	158,7	0	-158,7	90	29,3	-31,5
$Q_3 = Q_G + Q_{P3}$	112	-46,5	-205,5	180,6	21,7	-137,1	85,8	24,8	-35,8
$Q_4 = Q_G + Q_{P4}$	48,8	-11,7	-72,8	39,1	-21,8	-82,6	192,5	33,5	-125
$Q_5 = Q_G + Q_{P5}$	35,8	-24,8	-85,8	137,1	-21,7	-180,6	205,5	46,5	-112
$Q_6 = Q_G + Q_{P6}$	125	-33,5	-192,5	82,6	21,8	-39,1	72,8	11,7	-48,8
Q_{max}	129,4	-11,7	-72,8	180,6	21,8	-39,1	205,5	46,5	-31,5
Q_{min}	31,5	-46,5	-205,5	39,1	-21,8	-180,6	72,8	11,7	-129,4



Biểu đồ bao lực cắt (kN)

6- Tính cốt thép

Cốt dọc:

a) Tiết diện ở nhịp

Tương ứng với giá trị moment dương, bản cánh chịu nén, tiết diện tính toán là tiết diện chữ T.

Share-connect.blogspot.com

Xác định S_f:

$$S_f \le \begin{cases} \dfrac{L_2 - b_{dc}}{2} = \dfrac{5300 - 300}{2} = 2500mm \\ \dfrac{3 \times L_1}{6} = \dfrac{3 \times 2200}{6} = 1100mm \\ 6h_f^{'} = 6 \times 80 = 480mm \end{cases}$$

Chọn S_f = 480mm

Chiều rộng bản cánh:

$$b_f^{'} = b_{dc} + 2S_f = 300 + 2 \times 480 = 1260mm$$

Kích thước tiết diện chữ T

$$(b_f^{'} = 1260mm;\ h_f^{'} = 80mm;\ b = 300mm;\ h = 600mm)$$

* Xác định vị trí trục trung hòa:

Giả thiết $a_{nhịp} = 50mm;\ h_o = h - a_{nhịp} = 700 - 50 = 650mm$

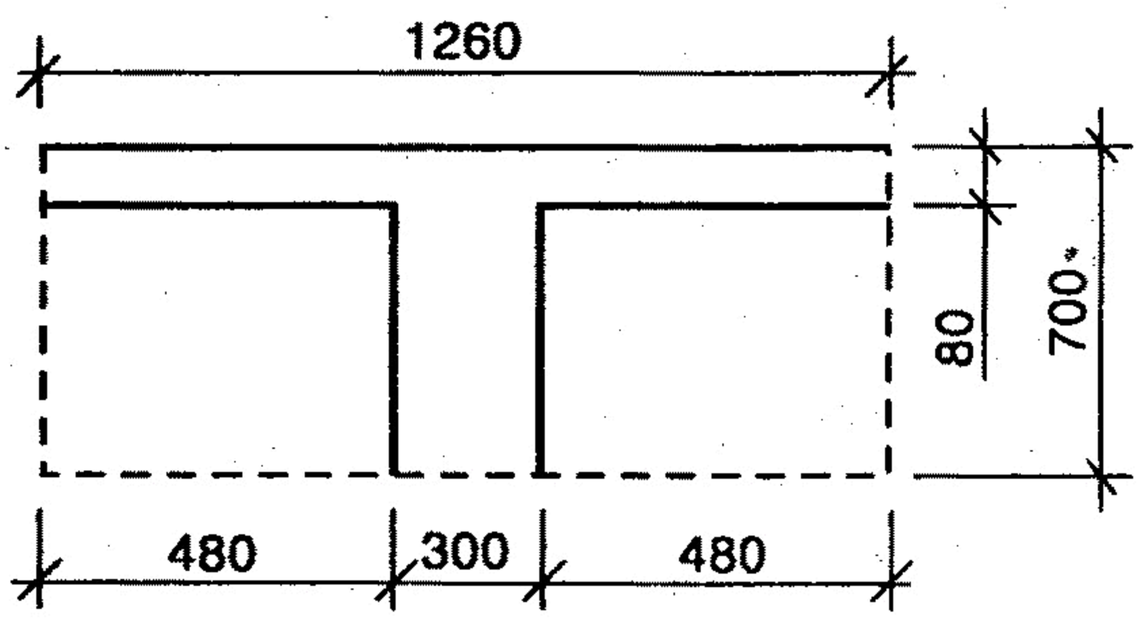
$$M_f = \gamma_b R_b b_f' h_f' (h_o - 0,5h_f')$$
$$= 8,5 \times 10^3 \times 1,26 \times 0,08(0,65 - 0,04) = 523kNm$$

Vì $M < M_f$ nên trục trung hòa qua cánh, tính cốt thép theo tiết diện chữ nhật $b_f^{'} \times h_{dp} = 1260 \times 700mm$

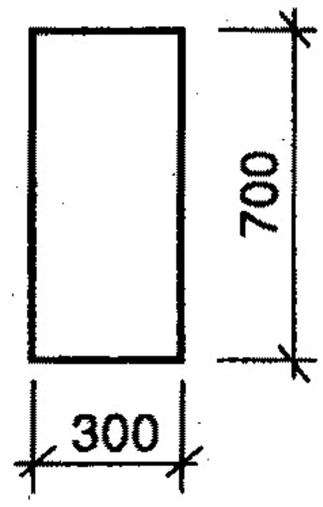
b) Tại tiết diện ở gối

Tương ứng với giá trị moment âm, bản cánh chịu kéo, tính cốt thép theo tiết diện chữ nhật $(b_{dp} \times h_{dp}) = 300 \times 700mm$

Giả thiết $a_{gối} = 70mm,\ h_o = h - a_{gối} = 700 - 70 = 630mm$



Tiết diện ở nhịp



Tiết diện ở gối

* Kết quả tính cốt thép được tóm tắc trong bảng sau:

Do tính theo sơ đồ đàn hồi nên điều kiện hạn chế $\alpha_m \le \alpha_R = 0,439$

Kiểm tra hàm lượng cốt thép:

$$\mu_{\min} = 0,05\% \le \mu\% = \frac{A_s}{bh_o} \le \mu_{\max} = 0,65\frac{8,5}{280} = 1,97\%$$

Tiết diện	M (kNm)	α_m	ξ	A_{st} (mm^2)	Chọn cốt thép		μ (%)
					Chọn	A_s (mm^2)	
Nhịp biên (1260x700)	284,7	0,063	0,065	1617	2d16+4d20	1659	0,88
Gối 2 (300x700)	281	0,278	0,334	1917	4d16+2d18+2d20	1941	1,03
Nhịp giữa (1260x700)	156,2	0,035	0,036	896	2d16+2d18	911	0,48

Cốt ngang:

Lực cắt lớn nhất tại gối:

$$Q_A = 129,4\ kN;\ \ Q_B^{tr} = 205,5kN;\ \ Q_B^{ph} = 180,6kN$$

$$\varphi_{b2} = 2;\ \varphi_f = 0;\ \varphi_n = 0;$$

$$n = 2;\ A_w = \frac{\pi d^2}{4} = 28,3mm^2;\ \ Q = 205,5\ kN$$

$$M_o = \varphi_{b2}\gamma_b R_{bt} bh_o^2 = 2 \times 0,75 \times 200 \times 530^2 = 141,1kNm$$

Khoảng cách giữa các cốt đai theo tính toán:

Chọn tiết diện nghiêng bất kỳ: $h_o \le c_i \le 2h_o$

Chọn $c_1 = h_o = 530$

$$s_1 = \frac{nA_{sw}R_{sw}c_1}{Q - \frac{M_o}{c_1}} = \frac{2 \times 28,3 \times 175 \times 530}{205,5 \times 10^3 - \frac{141,1 \times 10^6}{530}} = -212mm$$

Chọn $c_2 = 1,2h_o = 636$

$$s_2 = \frac{nA_{sw}R_{sw}c_2}{Q - \frac{M_o}{c_2}} = \frac{2 \times 28,3 \times 175 \times 636}{205,5 \times 10^3 - \frac{141,1 \times 10^6}{636}} = -262mm$$

Chọn $c_3 = 1,5h_o = 795$

$$s_3 = \frac{nA_{sw}R_{sw}c_3}{Q - \frac{M_o}{c_3}} = \frac{2 \times 28,3 \times 175 \times 795}{205,5 \times 10^3 - \frac{141,1 \times 10^6}{795}} = 394mm$$

Chọn $c_4 = 1,8h_o = 954$

$$s_4 = \frac{nA_{sw}R_{sw}c_4}{Q - \frac{M_o}{c_4}} = \frac{2 \times 28,3 \times 175 \times 954}{205,5 \times 10^3 - \frac{141,1 \times 10^6}{954}} = 270mm$$

Chọn $c_5 = 2h_o = 1060$

$$s_5 = \frac{nA_{sw}R_{sw}c_5}{Q - \frac{M_o}{c_5}} = \frac{2 \times 28,3 \times 175 \times 1060}{205,5 \times 10^3 - \frac{141,1 \times 10^6}{1060}} = 248mm$$

Khoảng cách lớn nhất giữa các cốt đai: $\varphi_{b4} = 1,5$

$$s_{\max} = \varphi_{b4}\gamma_b R_{bt} b h_o^2 \frac{1}{Q}$$

$$= 1,5 \times 0,75 \times 200 \times 530^2 \frac{1}{205,5 \times 10^3} = 515mm$$

Khoảng cách giữa các cốt đai theo cấu tạo:

$$s_{ct} = h/3 = 200mm$$

Chọn s có giá trị nhỏ nhất của s_{tt}, s_{ct} và s_{max}.

Đồng thời để tiện cho thi công chọn cốt đai: $s = 200mm$ bố trí trong đoạn $2,2m$ đầu dầm

Kiểm tra điều kiện:

Kiểm tra:

$$\varphi_b = 1 - 0,01\gamma_b R_b = 0,915$$

$$\varphi_{w1} = 1 + 5\frac{E_s}{E_b}\frac{A_{sw}}{bs} = 1,077$$

$$Q = 205,5kN < 0,3\varphi_b\varphi_{w1}\gamma_b R_b b h_o^2 = 422kN \text{ thỏa}$$

Trong đoạn giữa dầm có: $Q = 0$ nên cốt đai đặt theo cấu tạo: $s = 400mm$.

Cốt treo:

Lực tập trung do dầm phụ truyền lên dầm chính:

$$F = P + G - G_o = 97,944 + 60,746 - 10,725 = 147,965\ kN$$

Sử dụng cốt treo dạng đai, chọn $\phi 6$ ($A_{sw} = 28,3mm^2$), $n = 2$ nhánh. Số lượng cốt treo cần thiết:

$$m \geq \frac{F\left(1 - \frac{h_s}{h_o}\right)}{nA_{sw}R_{sw}} = \frac{147,965 \times 10^3(1 - \frac{650 - 400}{650})}{2 \times 28,3 \times 175} = 9,3$$

$\Rightarrow$ Chọn $m = 10$, bố trí mỗi bên dầm phụ 5 đai, trong đoạn $h = 250mm$, khoảng cách các cốt treo là $50mm$.

7- Biểu đồ vật liệu

Tính khả năng chịu lực của tiết diện:

Trình tự tính:

- Tại tiết diện đang xét, cốt thép bố trí có diện tích A_s

- Chọn chiều dày lớp bêtông bảo vệ cốt thép dọc $a_{o,nhịp} = 25mm$ và $a_{ogối} = 40mm$ khoảng cách giữa hai thanh thép theo phương chiều cao dầm $t = 30mm$

- Xác định $a_{th} \Rightarrow h_{oth} = h_{dp} - a_{th}$

- Tính khả năng chịu lực theo công thức sau:

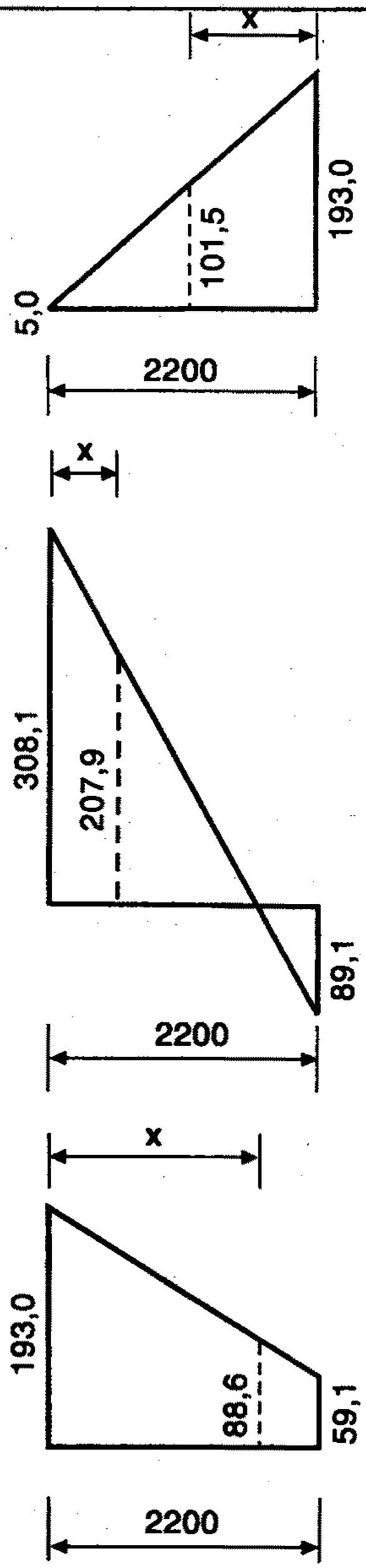
$$\xi = \frac{R_s A_s}{\gamma_b R_b b h_{oth}}, \quad \alpha_m = \xi(1 - 0,5\xi), \quad [M] = \alpha_m \gamma_b R_b b h_o^2$$

Kết quả tính toán được tóm tắt trong bảng sau:

Tiết diện	Cốt thép	A_s (mm^2)	a_{tr} (mm)	h_{otr} (mm)	ξ	α_m	[M] (kNm)	ΔM (%)
Nhịp biên (1260x700)	2d16+4d20	1659	53,4	646,6	0,0671	0,065	291,1	2,25
	Uốn 2d16 còn 4d20	1257	60	640	0,0513	0,050	219,3	
	Uốn 2d20 còn 2d20	628	35	665	0,0247	0,024	113,7	
Gối B bên trái (300x700)	4d16+2d18+2d20	1941	74,4	625,6	0,3407	0,283	282,4	0,5
	Uốn 2d20 còn 4d16+2d18	1313	63,1	636,9	0,2264	0,201	207,9	
	Cắt 2d16 còn 2d16+2d18	911	48,6	651,4	0,1536	0,142	153,6	
	Uốn 2d16 còn 2d18	509	49	651	0,0859	0,082	88,6	
Gối B bên phải	Cắt 2d20 còn 4d16+2d18	1313	63,1	636,9	0,2264	0,201	207,9	
	Uốn 2d16 còn 2d16 +2d18	911	48,6	651,4	0,1536	0,142	153,6	
	Cắt 2d16 còn 2d18	509	49	651	0,0859	0,082	88,6	
Nhịp 2 (1260x700)	2d16+2d18	911	33,5	666,5	0,0357	0,035	166,5	6 59
	Uốn 2d16 còn 2d18	509	34	666	0,0200	0,020	95,0	

Xác định tiết diện cắt lý thuyết:

- Vị trí tiết diện cắt lý thuyết, x, được xác định theo tam giác đồng dạng
- Lực cắt tại tiết diện cắt lý thuyết, Q, lấy bằng độ dốc của biểu đồ bao moment

Tiết diện	Thanh thép	Vị trí điểm cắt lý thuyết	x (mm)	Q (kN)
Gối B bên trái	2ϕ16		1017	90.0
Gối B bên phải	2ϕ20		555	180.5
	2ϕ16		1715	85.0

Xác định đoạn kéo dài W:

- Đoạn kéo dài W được xác định theo công thức sau:

$$W = \frac{0,8Q - Q_{\sin c}}{2q_{sw}} + 5d \geq 20d$$

trong đó:

Q - lực cắt tại tiết diện cắt lý thuyết, lấy bằng độ dốc của biểu đồ bao moment

$Q_{s,inc}$ - khả năng chịu cắt của cốt xuyên nằm trong vùng cắt bớt cốt dọc, mọi cốt xuyên đều nằm ngoài vùng cắt bớt cốt dọc nên $Q_{s,inc} = 0$

q_{sw} - khả năng chịu cắt của cốt đai tại tiết diện cắt lý thuyết

$$q_{sw} = \frac{R_{sw} n A_{sw}}{s}$$

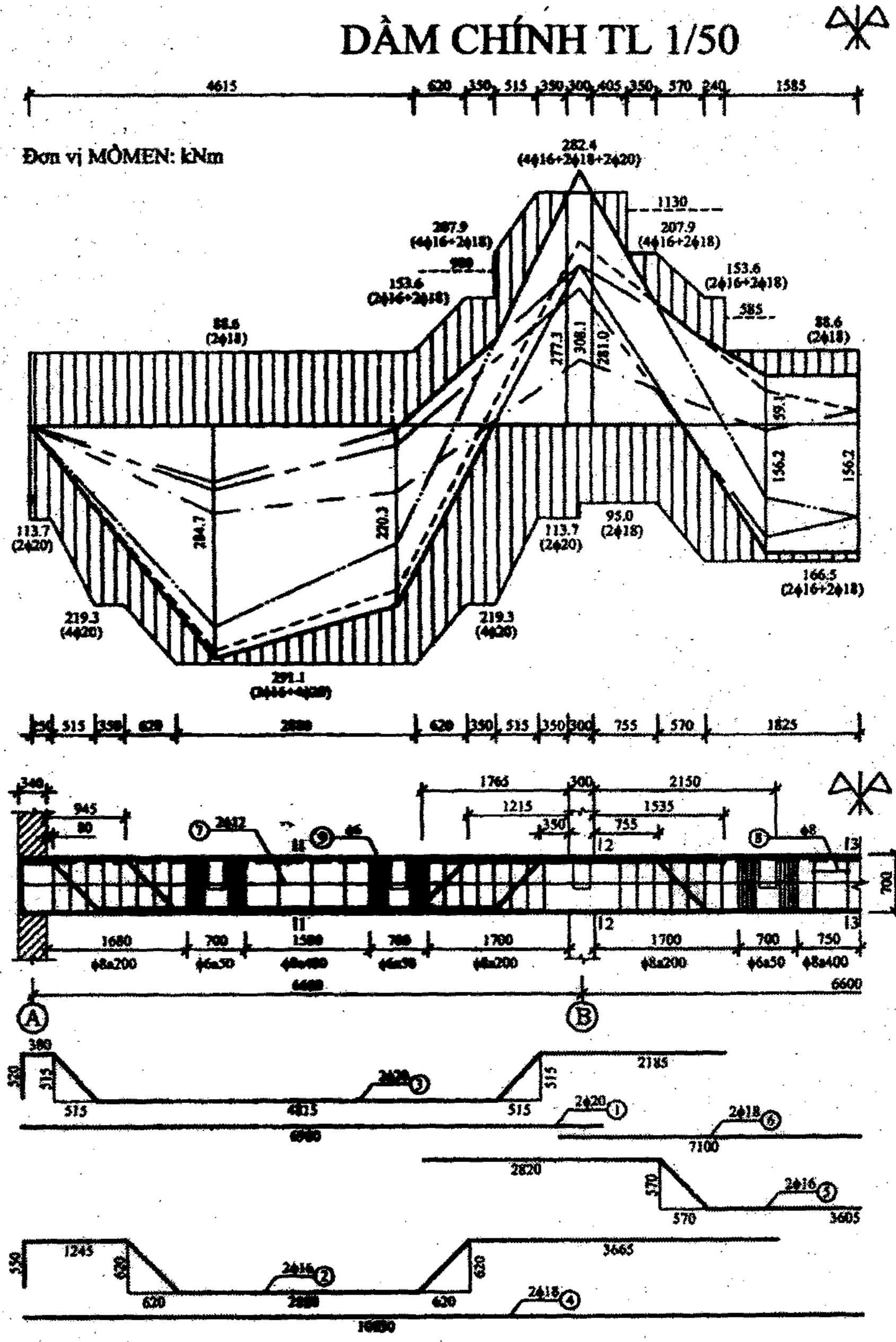
Trong đoạn dầm có cốt đai d8a200 thì:

$$q_{sw} = \frac{175 \times 2 \times 50,3}{200} = 88kN/m$$

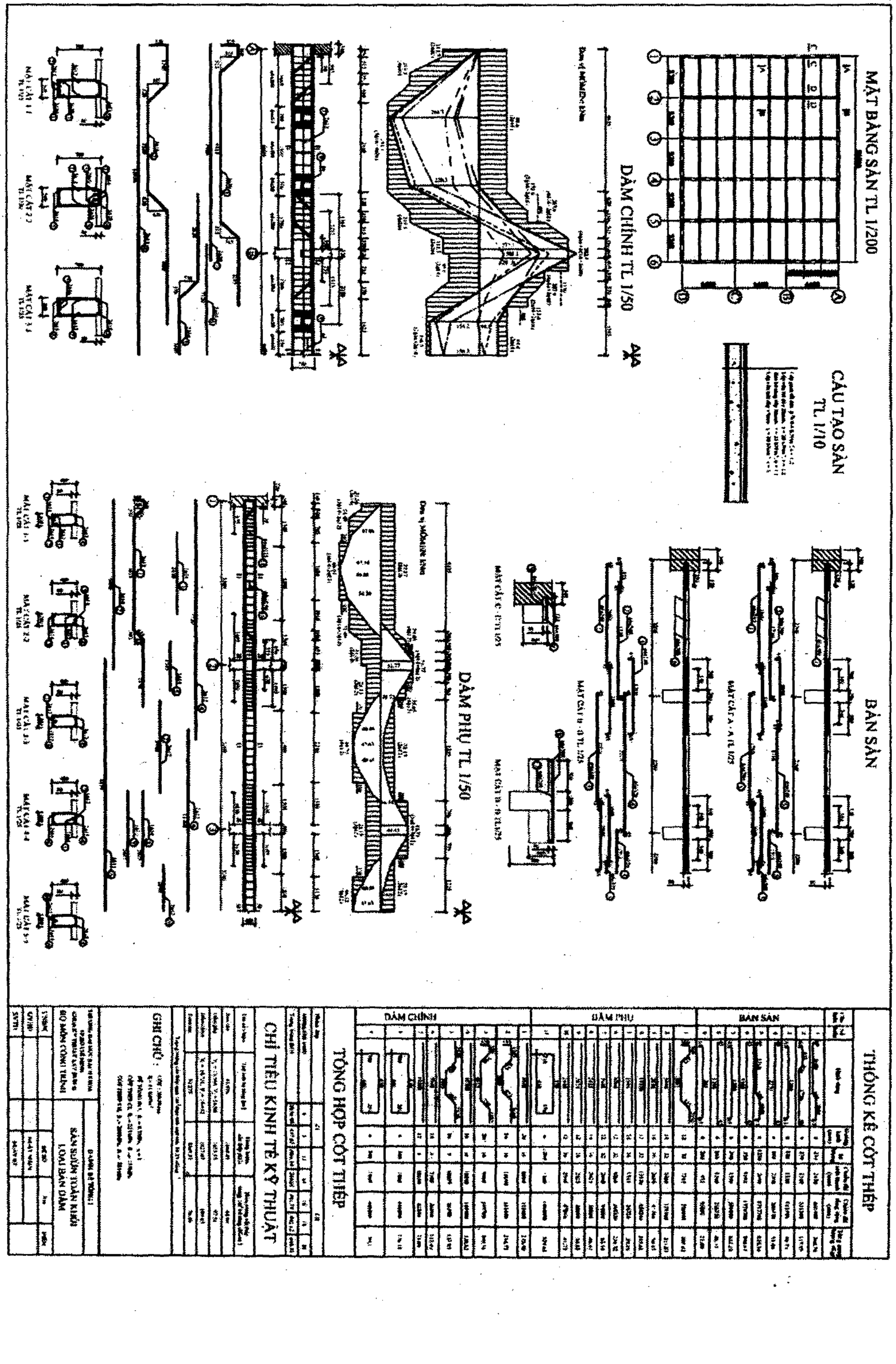
Kết quả tính đoạn kéo dài *W*:

Tiết diện	Thanh thép	Q (kN)	q_{sw} (kN/m)	$W_{tính}$ (mm)	20d	$W_{chọn}$ (mm)
Gối B bên trái	2d16	90	88	490	320	490
Gối B bên phải	2d20	180,5	88	920	400	920
	2d16	85	88	466	320	470

Bảng vẽ dầm chính



Bảng vẽ toàn bộ



PHỤ LỤC

Phụ lục 1 Bảng chuyển đổi đơn vị kỹ thuật cũ sang hệ đơn vị SI

Đại lượng	Đơn vị cũ	Hệ đơn vị SI		Quan hệ chuyển đổi
		Tên gọi	Ký hiệu	
Lực	kG	Niutơn	N	1 kG = 9,81N ≈ 10 N
	T (tấn)	Kilô Niutơn	kN	1 kN = 1000 N
		Mêga Niutơn	MN	1 T = 9,81 kN ≈ 10 kN
				1 MN = 1000000 N
Mômen	kGm	Niutơn mét	Nm	1 kGm = 9,81 Nm ≈ 10 Nm
	Tm	Kilô Niutơn mét	kNm	1 Tm = 9,81 kNm ≈ 10 kNm
Ứng suất; Cường độ; Môđun đàn hồi	kG/mm^2	$Niutơn/mm^2$	N/mm^2	1 Pa =1 N/mm^2 ≈ 0,1 kG/m^2
	kG/cm^2	Pascan	Pa	1 kPa =1000 Pa =1000 N/m^2
	T/m^2	Mêga Pascan	MPa	≈ 100 kG/m^2
				1 Mpa = 1000000 Pa =1000 kPa
				≈ 100000 kG/m^2 = 10 kG/cm^2
				1 MPa = 1 N/mm^2
				1 kG/mm^2 = 9,81 N/mm^2
				1 kG/cm^2 = 9,81×10^4 N/m^2
				≈ 0,1 MN/m^2 = 0,1 MPa
				1 kG/m^2 = 9,81 N/m^2 = 9,81 Pa
				≈ 10 N/m^2 =1 daN/m^2

Phụ lục 2 Các cường độ tiêu chuẩn của bêtông R_{bn} , R_{btn} và cường độ tính toán của bêtông khi tính toán theo trạng thái giới hạn thứ 2 $R_{b.ser}$, $R_{bt.ser}$, MPa

Trạng thái	Loại bêtông	Cấp độ bền chịu nén của bêtông							
		B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50
		M200	M250	M350	M400	M450	M500	M600	M650
Nén dọc trục R_{bn} , $R_{b.ser}$	Bêtông nặng, hạt nhỏ	11,0	15,0	18,5	22,0	25,5	29,0	32,0	36,0
	Bêtông nhẹ	11,0	15,0	18,5	22,0	25,5	29,0		
	Bêtông tổ ong	11,5							
Kéo dọc trục	Bêtông nặng	1,15	1,4	1,60	1,80	1,95	2,10	2,20	2,3

Share-connect.blogspot.com

Trạng thái	Loại bêtông		Cấp độ bền chịu nén của bêtông							
			B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50
			M200	M250	M350	M400	M450	M500	M600	M650
R_{btn} , $R_{bt.ser}$	Bêtông hạt nhỏ	Nhóm A	1,15	1,4	1,60	1,80	1,95	2,10		
		Nhóm B	0,95	1,15	1,35	1,50				
		Nhóm C	1,15	1,4	1,60	1,80	1,95	2,10	2,20	2,30
	Bêtông nhẹ	Cốt liệu đặc	1,15	1,4	1,60	1,80	1,95	2,10		
		Cốt liệu rỗng	1,10	1,2	1,35	1,50	1,65	1,80		
	Bêtông tổ ong		1,05							

Ghi chú :

1- Bêtông hạt nhỏ:

Nhóm A : Đóng rắn tự nhiên, hoặc được dưỡng hộ trong điều kiện khí quyển, cốt liệu cát có môđun độ lớn >2,0.

Nhóm B : Đóng rắn tự nhiên, hoặc được dưỡng hộ trong điều kiện khí quyển, cốt liệu cát có môđun độ lớn ≤2,0.

Nhóm C : Được chưng cất.

2- Ký hiệu M để chỉ mác bêtông theo TCVN: 5574 – 1991 trước đây.

Phụ lục 3 Hệ số điều kiện làm việc của bêtông γ_b

Các yếu tố cần kể đến hệ số điều kiện làm việc của bêtông	Hệ số điều kiện làm việc của bêtông	
	Ký hiệu	Giá trị
1. Tải trọng lặp	γ_{b1}	Có quy định riêng
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, tải trọng do thiết bị băng tải; tải trọng gió; tải trọng xuất hiện trong quá trình sản xuất, vận chuyển và lắp dựng,...); cũng như khi kể đến tải trọng đặc biệt gây biến dạng lún	γ_{b2}	

Các yếu tố cần kể đến hệ số điều kiện làm việc của bêtông	Hệ số điều kiện làm việc của bêtông	
	Ký hiệu	Giá trị
không đều,...		
- Đối với bêtông nặng, bêtông hạt nhỏ, bêtông nhẹ đóng rắn tự nhiên và bêtông được dưỡng hộ trong điều kiện môi trường:		
+ Đảm bảo cho bêtông được tiếp tục tăng cường độ theo thời gian (ví dụ môi trường nước, đất ẩm hoặc không khí có độ ẩm trên 75%)		1,00
+ Không đảm bảo cho bêtông tiếp tục tăng cường độ theo thời gian (khô hanh)		0,90
- Đối với bêtông tổ ong, bêtông rỗng không phụ thuộc vào điều kiện sử dụng		0,85
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 1a, đối với các loại bêtông.		1,10
3. Đổ bêtông theo phương đứng, mỗi lớp dày trên 1,5 m đối với:	γ_{b3}	
- Bêtông nặng, bêtông nhẹ và bêtông hạt nhỏ		0,85
- Bêtông tổ ong và bêtông rỗng.		0,80
4. Ảnh hưởng của trạng thái ứng suất hai trục "nén – kéo" đến cường độ bêtông.	γ_{b4}	Có quy định riêng
5. Đổ bêtông cột theo phương đứng, kích thước lớn nhất của tiết diện cột nhỏ hơn 300 mm.	γ_{b5}	0,85
6. Các trường hợp khác xem trong TCXDVN 356:2005.		
** 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 $\gamma_{b2} = 1$.*		

Chú thích:

1. *Hệ số γ_{b1} được dùng khi tính độ bền mỏi, hệ số γ_{b4} được dùng để xác định cường độ chịu kéo khi tính toán kiểm tra theo điều kiện sử dụng bình thường (trạng thái giới hạn thứ 2).*
2. *Các hệ số γ_{b2}, γ_{b3}, γ_{b5} được dùng để xác định cường độ tính toán R_b của cấu kiện bêtông cốt thép thường (ngoại trừ kết cấu dùng bêtông tổ ong còn phải xét thêm độ ẩm của bêtông).*
3. *Khi có đồng thời các yếu tố cần kể đến hệ số điều kiện làm việc thì lấy γ_b bằng tích các hệ số riêng biệt, không phụ thuộc lẫn nhau.*

Phụ lục 4 Cường độ tính toán và môđun đàn hồi của bêtông nặng (chưa xét hệ số làm việc của bê tông γ_b)

Cường độ tính toán của bêtông R_b, R_{bt} khi tính theo trạng thái giới hạn thứ nhất, MPa										
Trạng thái	Cấp độ bền chịu nén của bêtông									
	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
	M200	M250	M350	M400	M450	M500	M600	M700	M750	M800
- Nén R_b	8,5	11,5	14,5	17,0	19,5	22,0	25,0	27,5	30,0	33,0
- Kéo R_{bt}	0,75	0,90	1,05	1,20	1,30	1,40	1,45	1,55	1,60	1,65
Môđun đàn hồi ban đầu của bêtông khi nén và kéo E_b, 10^3 MPa										
- Đóng rắn tự nhiên	23,0	27,0	30,0	32,5	34,5	36,0	37,5	39,0	39,5	40,0
- Dưỡng hộ nhiệt ở áp suất khí quyển	20,5	24,0	27,0	29,0	31,0	32,5	34,0	35,0	35,5	36,0
- Chưng áp	17,0	20,0	22,5	24,5	26,0	27,0	28,0	29,0	29,5	30,0

Chú thích:

1. *Khi có các yếu tố kể đến điều kiện làm việc của bêtông thì cần nhân giá trị R_b, R_{bt} cho trong bảng với hệ số γ_b ở phụ lục 1.*
2. *Ký hiệu M dùng để chỉ Mác bêtông theo quy định trước đây.*

Phụ lục 5 Cường độ tính toán và môđun đàn hồi của cốt thép

Nhóm thép	Cường độ tính toán, MPa			Môđun đàn hồi, E_s 10^4 MPa
	Cốt thép dọc R_s	Cốt thép ngang R_{sw}	Cường độ chịu nén R_{sc}	
CI, A-I	225	175	225	21
CII, A-II	280	225	280	21
A-III có đường kính 6 ÷ 8	355	285*	355	20
CIII, A-III có đường kính 10 ÷ 40	365	290*	365	20
CIV, A-IV	510	405	450**	19
A-V	680	545	500**	19
A-VI	815	650	500**	19
A_T-VII	980	785	500**	19
A-IIIB				18
- Có kiểm soát độ giãn dài và ứng suất	490	390	200	
- chỉ kiểm soát độ giãn dài	450	360	200	

* Trong khung thép hàn, đối với cốt thép đai dùng thép nhóm CIII, A-III có đường kính nhỏ hơn 1/3 đường kính cốt thép dọc thì giá trị R_{sw} = 255 MPa.

** Các giá trị R_{sc} nêu trên được lấy cho kết cấu làm từ bêtông nặng, bêtông hạt nhỏ, bêtông nhẹ khi kể đến trong tính toán các tải trọng lấy theo mục 2a trong phụ lục 1; khi kể đến các tải trọng lấy theo mục 2b trong phụ lục 1 thì giá trị R_{sc} = 400 MPa. Đối với kết cấu làm từ bêtông tổ ong và bêtông rỗng, trong mọi trường hợp lấy R_{sc} = 400 MPa.

Ghi chú:

1. *Trong mọi trường hợp, khi vì lý do nào đó, cốt thép không căng nhóm CIII, A-III trở lên được dùng làm cốt thép ngang (cốt thép đai hoặc cốt thép xiên), giá trị cường độ tính toán R_{sw} lấy như đối với thép nhóm CIII, A-III.*
2. *Ký hiệu nhóm thép xem điều 5.2.1.1 và điều 5.2.1.9 trong TCXDVN 356:2005.*

Phụ lục 6 *Các giá trị ω, ξ_R, α_R đối với cấu kiện làm từ bêtông nặng*

γ_{b2}	Nhóm thép	Ký hiệu	Cấp độ bền chịu nén của bêtông									
			B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
0,9	Bất kỳ	ω	0,789	0,767	0,746	0,728	0,710	0,692	0,670	0,652	0,634	0,612
	CIII, A-III (d10-40)	ξ_R	0,654	0,628	0,604	0,583	0,564	0,544	0,521	0,503	0,484	0,463
		α_R	0,440	0,431	0,421	0,413	0,405	0,396	0,385	0,376	0,367	0,356
	CII, A-II	ξ_R	0,681	0,656	0,632	0,612	0,592	0,573	0,550	0,531	0,512	0,491
		α_R	0,449	0,441	0,432	0,425	0,417	0,409	0,399	0,390	0,381	0,370
	CI, A-I	ξ_R	0,700	0,675	0,651	0,631	0,612	0,593	0,570	0,551	0,532	0,511
		α_R	0,455	0,447	0,439	0,432	0,425	0,417	0,407	0,399	0,391	0,380
1,0	Bất kỳ	ω	0,782	0,758	0,734	0,714	0,694	0,674	0,650	0,630	0,610	0,586
	CIII, A-III (d10-40)	ξ_R	0,619	0,590	0,563	0,541	0,519	0,498	0,473	0,453	0,434	0,411
		α_R	0,427	0,416	0,405	0,395	0,384	0,374	0,361	0,351	0,340	0,326
	CII, A-II	ξ_R	0,650	0,623	0,595	0,573	0,552	0,530	0,505	0,485	0,465	0,442
		α_R	0,439	0,429	0,418	0,409	0,399	0,390	0,378	0,367	0,357	0,344
	CI, A-I	ξ_R	0,673	0,645	0,618	0,596	0,575	0,553	0,528	0,508	0,488	0,464
		α_R	0,446	0,437	0,427	0,419	0,410	0,400	0,389	0,379	0,369	0,356
1,1	Bất kỳ	ω	0,775	0,749	0,722	0,700	0,678	0,656	0,630	0,608	0,586	0,560
	CIII, A-III (d10-40)	ξ_R	0,611	0,580	0,550	0,526	0,503	0,480	0,453	0,432	0,411	0,386
		α_R	0,424	0,412	0,399	0,388	0,376	0,365	0,351	0,339	0,326	0,312
	CII, A-II	ξ_R	0,642	0,612	0,582	0,558	0,535	0,512	0,485	0,463	0,442	0,416
		α_R	0,436	0,425	0,413	0,402	0,392	0,381	0,367	0,356	0,344	0,330
	CI, A-I	ξ_R	0,665	0,635	0,605	0,582	0,558	0,535	0,508	0,486	0,464	0,438
		α_R	0,444	0,433	0,422	0,412	0,402	0,392	0,379	0,368	0,356	0,342

$$\omega = 0,85 - 0,008\gamma_{b2}R_b; \quad \xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{R_s}{\sigma_{sc,u}}\left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)}; \quad \alpha_R = \xi_R(1 - 0,5\xi_R).$$

Chú thích:

Các giá trị ω, ξ_R, α_R cho trong bảng chỉ xét γ_{b2}.

$\sigma_{sc,u}$ = 500 MPa nếu $\gamma_{b2} < 1$; $\sigma_{sc,u}$ = 400 MPa nếu $\gamma_{b2} \geq 1$.

Phụ lục 7 Các hệ số ξ, ζ, α_m

ξ	ζ	α_m	ξ	ζ	α_m	ξ	ζ	α_m
0,01	0,995	0,010	0,26	0,870	0,226	0,51	0,745	0,380
0,02	0,99	0,020	0,27	0,865	0,234	0,52	0,740	0,385
0,03	0,985	0,030	0,28	0,860	0,241	0,53	0,735	0,390
0,04	0,980	0,039	0,29	0,855	0,243	0,54	0,730	0,394
0,05	0,975	0,049	0,30	0,850	0,255	0,55	0,725	0,399
0,06	0,970	0,058	0,31	0,845	0,262	0,56	0,720	0,403
0,07	0,965	0,068	0,32	0,840	0,269	0,57	0,715	0,407
0,08	0,960	0,077	0,33	0,835	0,276	0,58	0,710	0,412
0,09	0,955	0,086	0,34	0,830	0,282	0,59	0,705	0,416
0,10	0,950	0,095	0,35	0,825	0,289	0,60	0,700	0,420
0,11	0,945	0,104	0,36	0,820	0,295	0,62	0,690	0,428
0,12	0,940	0,113	0,37	0,815	0,302	0,64	0,680	0,435
0,13	0,935	0,122	0,38	0,810	0,308	0,66	0,670	0,442
0,14	0,930	0,130	0,39	0,805	0,314	0,68	0,660	0,449
0,15	0,925	0,139	0,40	0,800	0,320	0,70	0,650	0,455
0,16	0,920	0,147	0,41	0,795	0,326	0,72	0,640	0,461
0,17	0,915	0,156	0,42	0,790	0,332	0,74	0,630	0,466
0,18	0,910	0,164	0,43	0,785	0,338	0,76	0,620	0,471
0,19	0,905	0,172	0,44	0,780	0,343	0,78	0,610	0,475
0,20	0,900	0,180	0,45	0,775	0,349	0,8	0,600	0,480
0,21	0,895	0,188	0,46	0,770	0,354	0,85	0,575	0,489
0,22	0,890	0,196	0,47	0,765	0,360	0,90	0,550	0,495
0,23	0,885	0,204	0,48	0,760	0,365	0,95	0,525	0,499
0,24	0,880	0,211	0,49	0,755	0,370	1,00	0,500	0,500
0,25	0,875	0,219	0,50	0,750	0,375	---	---	---

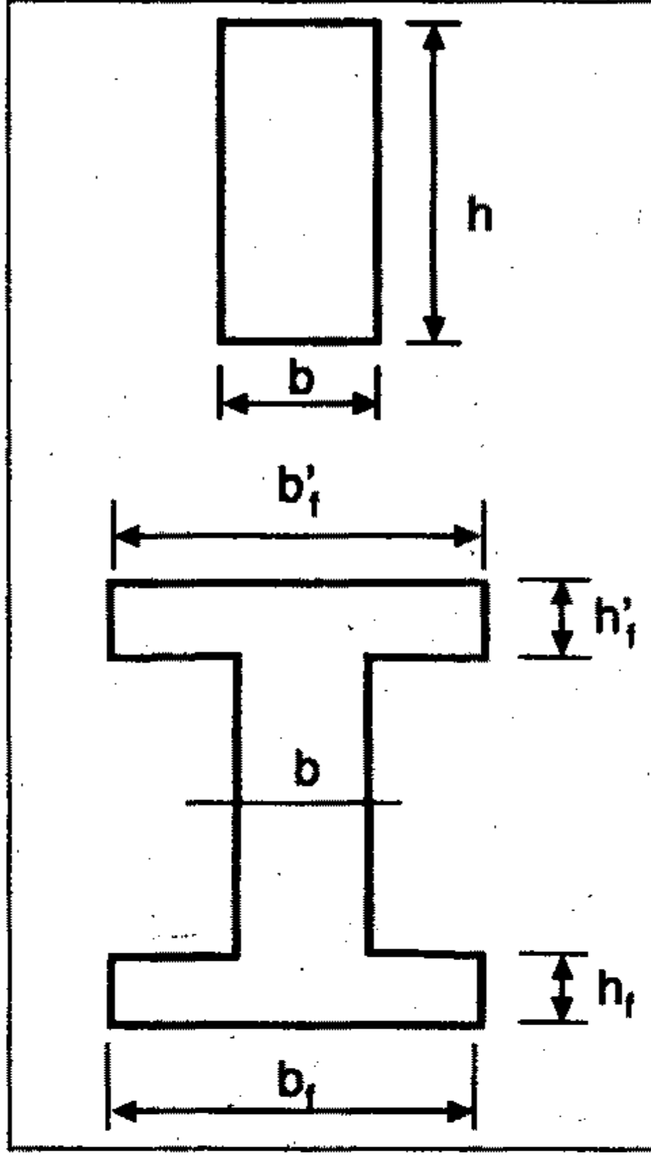
Phụ lục 8 Bảng tra diện tích và trọng lượng cốt thép

Đường kính (mm)	Diện tích tiết diện ngang (mm^2) ứng với số thanh									Trọng lượng 1m (kG/m)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
6	28	57	85	113	141	170	198	226	254	0,222
8	50	101	151	201	251	302	352	402	452	0,395
10	79	157	236	314	393	471	550	628	707	0,617
12	113	226	339	452	565	679	792	905	1018	0,888
14	154	308	462	616	770	924	1078	1232	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	1257	1571	1885	2199	2513	2827	2,466
22	380	760	1140	1521	1901	2281	2661	3041	3421	2,984
25	491	982	1473	1963	2454	2945	3436	3927	4418	3,853
28	616	1232	1847	2463	3079	3695	4310	4926	5542	4,834
30	707	1414	2121	2827	3534	4241	4948	5655	6362	5,549
32	804	1608	2413	3217	4021	4825	5630	6434	7238	6,313
36	1018	2036	3054	4072	5089	6107	7125	8143	9161	7,990
40	1257	2513	3770	5027	6283	7540	8796	10053	11310	9,865

Phụ lục 9 Diện tích cốt thép dạng lưới (mm^2/m)

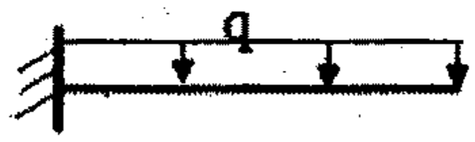
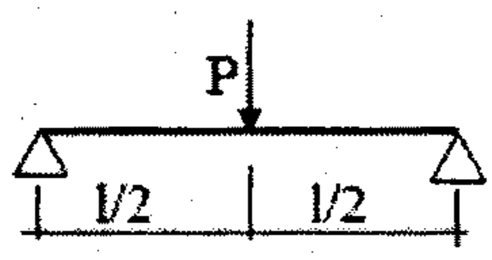
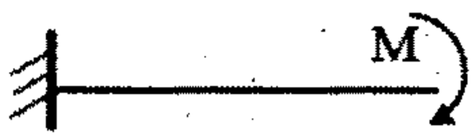
Đường kính (mm)	Bước cốt thép (mm)													
	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
6	404	353	314	283	257	236	217	202	188	177	166	157	149	141
6/8	550	481	428	385	350	321	296	275	257	241	226	214	203	192
8	718	628	559	503	457	419	387	359	335	314	296	279	265	251
8/10	909	795	707	636	578	530	489	454	424	398	374	353	335	318
10	1122	982	873	785	714	654	604	561	524	491	462	436	413	393
12	1616	1414	1257	1131	1028	942	870	808	754	707	665	628	595	565
14	2199	1924	1710	1539	1399	1283	1184	1100	1026	962	906	855	810	770
16	2872	2513	2234	2011	1828	1676	1547	1436	1340	1257	1183	1117	1058	1005
18	3635	3181	2827	2545	2313	2121	1957	1818	1696	1590	1497	1414	1339	1272
20	4488	3927	3491	3142	2856	2618	2417	2244	2094	1963	1848	1745	1653	1571

Phụ lục 10 Hệ số υ để tính W_{pl}

Hình dáng tiết diện	Tiết diện		υ
	Tiết diện chữ nhật và chữ T có cánh trong miềm kéo		1,75
	Tiết diện chữ I đối xứng khi:	$b'_f/b \le 2$	1,5
		$2 < b'_f/b \le 6$ $6 < b'_f/b \le 15$ và $h'_f/h \le 0,2$	1,5
		$b'_f/b > 6$ và $h'_f/h \ge 0,2$	1,25
		$6 < b'_f/b \le 15$ và $h'_f/h \le 0,1$	1,25
	Tiết diện chữ I không đối xứng thỏa mãn điều kiện $b'_f/b \ge 8$ khi:	$h'_f/h > 0,3$	1,5
		$h'_f/h \le 0,3$	1,25

Phụ lục 11 Độ võng của dầm BTCT đơn giản (l - nhịp của dầm)

$$f = \beta \frac{M^c_{max}}{B} l^2$$

Dạng kết cấu	β	Dạng kết cấu	β
	1/4		5/48
	1/3		1/12
	1/8		1/2

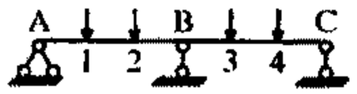
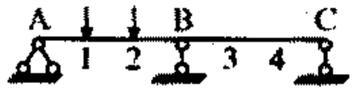
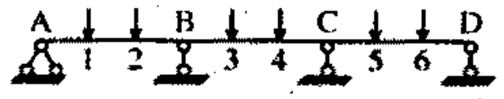
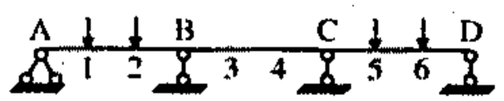
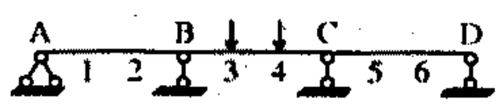
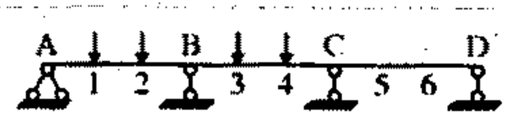
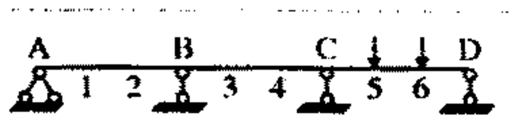
Phụ lục 12 *Hệ số β để tính tung độ biểu đồ bao mômen của dầm phụ đều nhịp, tính theo sơ đồ khớp dẻo ($M = \beta qL^2$)*

	Hệ số β_{max} tại các tiết diện								
	1	2	0,425L	3	4	6, 9, 11	7, 8, 12	0,5L	
	0,0650	0,0900	0,0910	0,0750	0,0200	0,0180	0,0580	0,0625	
$\frac{p}{g}$	Hệ số β_{min} tại các tiết diện								k
	5	6	7	8	9	10	11	12, 13	
≤ 0,5	-0,0715	-0,0100	0,0220	0,0240	0,0040	-0,0625	-0,0030	0,0280	0,167
1,0	-0,0715	-0,0200	0,0160	0,0090	-0,0140	-0,0625	-0,0130	0,0130	0,200
1,5	-0,0715	-0,0260	-0,0030	0,0000	-0,0200	-0,0625	-0,0190	0,0040	0,228
2,0	-0,0715	-0,0300	-0,0090	-0,0060	-0,0240	-0,0625	-0,0230	-0,0030	0,250
2,5	-0,0715	-0,0330	-0,0120	-0,0090	-0,0270	-0,0625	-0,0250	-0,0060	0,270
3,0	-0,0715	-0,0350	-0,0160	-0,0140	-0,0290	-0,0625	-0,0280	-0,0100	0,285
3,5	-0,0715	-0,0370	-0,0190	-0,0170	-0,0310	-0,0625	-0,0290	-0,0130	0,304
4,0	-0,0715	-0,0380	-0,0210	-0,0180	-0,0320	-0,0625	-0,0300	-0,0150	0,314
4,5	-0,0715	-0,0390	-0,0220	-0,0200	-0,0330	-0,0625	-0,0320	-0,0160	0,324
5,0	-0,0715	-0,0400	-0,0240	-0,0210	-0,0340	-0,0625	-0,0330	-0,0180	0,333

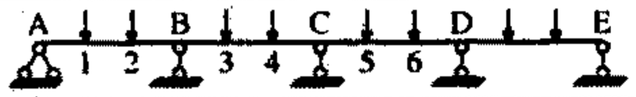
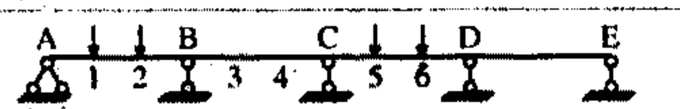
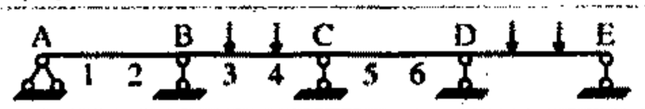
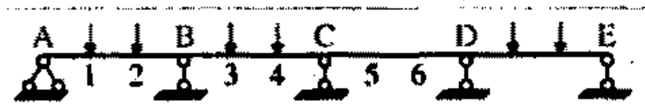
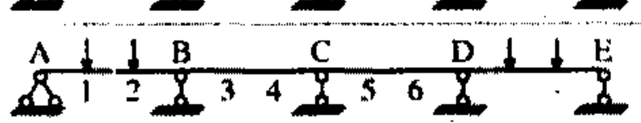
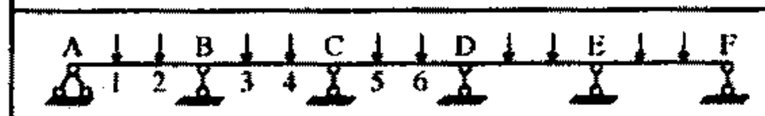
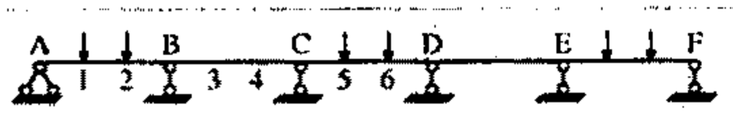
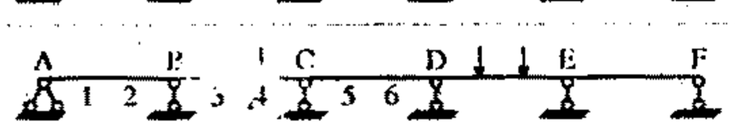
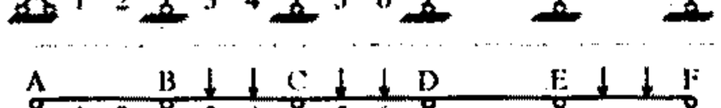
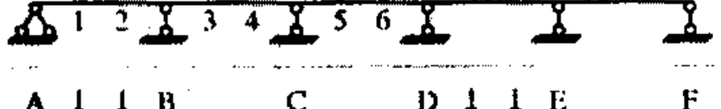
Chú thích:

- *Các tiết diện cách nhau 0,2L.*
- *Các tiết diện ghi 0,425L và 0,5L là khoảng cách tính từ gối tựa bên trái.*
- *Mômen dương $M_{max} = 0$ cách gối tựa một đoạn 0,15L. Mômen âm $M_{min} = 0$ ở nhịp biên cách mép gối thứ hai một đoạn kL.*
- *Nhịp biên $L = L_{ob}$, gối thứ hai $L = max(L_o; L_{ob})$, nhịp giữa và gối giữa $L = L_o$.*

Phụ lục 13 *Hệ số để tính nội lực trong dầm liên tục đều nhịp chịu tải trọng tập trung P, tính theo sơ đồ đàn hồi ($M = \alpha PL$; $Q = \beta P$)*

Sơ đồ đặt tải	Hệ số α tại các tiết diện									Hệ số β trên các đoạn				
	1	2	B	3	4	C	5	6	D	A-1	2-B	B-3	4-C	C-5
Dầm 2 nhịp														
	0,222	0,111	-0,333	0,111	0,222	0,000				0,667	-1,333	1,333	-0,667	
	0,278	0,222	-0,167	-0,111	-0,056	0,000				0,833	-1,167	0,167	0,167	
Dầm 3 nhịp														
	0,238	0,143	-0,280	0,079	0,111	-0,190				0,714	-1,286	1,095	-0,905	
	0,289	0,244	-0,133	-0,133						0,867	-1,133			
	-0,044	-0,089	-0,133	0,200	0,200					-0,133	-0,133	1,000		
			-0,311			-0,089				0,689	-1,311	1,222	-0,778	
			0,044			-0,178					0,044	-0,222		

***Phụ lục 13** (tiếp theo)*

Dầm 4 nhịp														
	0,238	0,143	-0,286	0,079	0,111	-0,190				0,714	-1,286	1,095	-0,905	
	0,286	0,238	-0,143	-0,127	-0,111	-0,095				0,857	-1,143	0,048		
	-0,048	-0,095	-0,143	0,206	0,222	-0,095				-0,143	-0,143	1,048	-0,952	
			-0,321			-0,048			-0,155	0,679	-1,321	1,274	-0,726	
	-0,031	-0,063	-0,096			-0,286				-0,095	-0,095	0,810	-1,191	
			0,036			-0,143			-0,131		0,036	-0,178		
			-0,190			0,095				0,810	-1,190	0,286	0,286	
Dầm 5 nhịp														
	0,240	0,146	-0,281	0,076	0,099	-0,211	0,123	0,123	-0,211	0,719	-1,281	1,070	-0,930	1,000
	0,287	0,240	-0,140	-0,129	-0,117	-0,105	0,228	0,228		0,860				
	-0,047	-0,094	-0,140	0,205	0,216	-0,105	-0,105	-0,105		-0,140				
			-0,319			-0,057			-0,118		-1,319	1,262		
			-0,093			-0,297			-0,054				-1,204	1,242
			0,038			-0,153			-0,093		0,038	-0,191		
			-0,188			0,085			-0,156				0,274	-0,242

Share-connect.blogspot.com

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *Tiêu chuẩn thiết kế kết cấu bê tông cốt thép* TCVN - 5574 - 1991

2. *Tiêu chuẩn thiết kết cấu bê tông cốt thép* TCXDVN - 356 - 2005

3. *Kết cấu bê tông cốt thép* (phần cấu kiện cơ bản): Phan Quang Minh, Ngô Thế Phong, Nguyễn Đình Cống. Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật - Hà Nội 2006.

4. *Đề cương môn học kết cấu bêtông 1*. MH: 804003, 2011.

KẾT CẤU BÊTÔNG CỐT THÉP
TẬP 1 – (CẤU KIỆN CƠ BẢN)

Võ Bá Tầm

NHÀ XUẤT BẢN
ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP HỒ CHÍ MINH
KP 6, P. Linh Trung, Q. Thủ Đức, TPHCM
Số 3 Công trường Quốc tế, Q.3, TPHCM
ĐT: 38239172, 38239170
Fax: 38239172; Email: vnuhp@vnuhcm.edu.vn

★★★

Chịu trách nhiệm xuất bản
TS HUỲNH BÁ LÂN

Tổ chức bản thảo và chịu trách nhiệm về tác quyền
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA – ĐHQG TPHCM

Biên tập
PHẠM THỊ ANH TÚ
NGUYỄN ĐỨC MAI LÂM

Sửa bản in
THÂN THỊ HỒNG

Trình bày bìa
TRƯƠNG NGỌC TUẤN

In tái bản 2.000 cuốn, khổ 16 x 24 cm
Số đăng ký KHXB: 155-2012/CXB/239-08/ĐHQG-TPHCM
Quyết định xuất bản số: 345/QĐ-ĐHQG-TPHCM/TB
ngày 06/8/2012 của Nhà xuất bản ĐHQG TPHCM
In tại Xưởng in Đại học Bách khoa - ĐHQG TP.HCM
Nộp lưu chiểu tháng 9 năm 2012.