

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG

ĐỖ NGỌC LINH

**TIẾT DIỆN HỢP LÝ CỦA DẦM THÉP
TRONG DẦM LIÊN HỢP THÉP - BÊTÔNG
THEO TIÊU CHUẨN EUROCODE 4**

Chuyên ngành: Xây dựng công trình dân dụng và công nghiệp

Mã số: 60.58.20

TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

Đà Nẵng - Năm 2014

Công trình được hoàn thành tại
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG

Người hướng dẫn khoa học: **PGS.TS. Nguyễn Quang Viên**

Giáo viên phản biện 1: **GS.TS Phạm Văn Hội**

Giáo viên phản biện 2: **TS. Huỳnh Minh Sơn**

Luận văn được bảo vệ tại Hội đồng chấm luận văn tốt nghiệp Thạc sĩ kỹ thuật họp tại Đại học Đà Nẵng vào ngày 26 tháng 6 năm 2014.

** Có thể tìm hiểu luận văn tại:*

Trung tâm Thông tin - Học liệu, Đại học Đà Nẵng

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

- Nhịp độ phát triển mạnh mẽ của nền kinh tế và xã hội ở nước ta, nhu cầu xây dựng nhiều nhà cao tầng cho văn phòng và nhà ở ngày càng cấp bách. Việc lựa chọn các dạng kết cấu đáp ứng tốt yêu cầu công năng và tăng tiến độ thi công ngày càng được quan tâm nhiều.

- Ở Việt Nam, cho đến nay kết cấu này vẫn chưa được sử dụng nhiều vì các lý do như khả năng chế tạo, cung cấp cấu kiện, nhà thầu thi công, biện pháp chống cháy... Với tốc độ phát triển xây dựng như hiện nay, với các ưu điểm như giảm được trọng lượng bản thân kết cấu, thời gian thi công nhanh, trong tương lai gần loại kết cấu LHT-BT chắc chắn sẽ được áp dụng rộng rãi trong các công trình xây dựng.

- Trong nhà thi dầm và sàn là kết cấu chịu lực chính, chiếm tỷ lệ khối lượng xây dựng lớn của toàn công trình; tiết kiệm được kinh phí xây dựng dầm sẽ dẫn đến hiệu quả kinh tế lớn. Vấn đề cần được quan tâm đến là cần hợp lý hóa tiết diện dầm thép trong dầm LHT-BT, dựa trên tiêu chí đủ khả năng chịu lực ở các giai đoạn chịu tải, nhưng có trọng lượng thép bé nhất.

Do đó việc lựa chọn đề tài “Tiết diện hợp lý của dầm thép trong dầm liên hợp thép - bê tông theo Eurocode 4” đáp ứng được nhu cầu công năng, kỹ thuật và kinh tế trong xây dựng.

2. Mục tiêu nghiên cứu

- Tìm hiểu sự làm việc và tính toán dầm liên hợp, đặc biệt là dầm thép trong dầm liên hợp thép - bê tông.

- Nghiên cứu lựa chọn các thông số của tiết diện liên hợp về hình dạng dầm thép, cường độ vật liệu thép và bê tông để có được tiết diện của dầm thép trong dầm LHT-BT là hợp lý nhất theo tiêu chí giảm trọng lượng thép nhưng vẫn đảm bảo về khả năng chịu lực trong giai đoạn thi công và giai đoạn sử dụng.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

- Đối tượng nghiên cứu: Dầm thép trong dầm LHT-BT

- Phạm vi nghiên cứu: Dầm cho nhà dân dụng, sơ đồ đơn giản, có nhịp, bước và tải trọng đứng, tĩnh xác định; thay đổi các thông số tiết diện từ đó xác định được tiết diện dầm thép có trọng lượng bé nhất.

4. Phương pháp nghiên cứu

- Tìm hiểu lý thuyết và phương pháp tính toán kết cấu dầm LHT-BT; những thành tựu ứng dụng của kết cấu này trên thế giới và tại Việt Nam.

- Dựa trên quy định của tiêu chuẩn châu Âu về thiết kế kết cấu LHT-BT Eurocode 4, thiết kế kết cấu thép Eurocode 3, thiết kế kết cấu bê tông cốt thép Eurocode 2.

- Số lượng chốt chịu cắt là đủ để liên kết là hoàn toàn. Thi công không dùng cột chống. Điều kiện ràng buộc là: tiết diện của riêng dầm thép đủ chịu tải trọng trong giai đoạn thi công; tiết diện liên hợp đủ chịu tải trọng trong giai đoạn sử dụng tính toán theo cả hai trạng thái tới hạn về bền và về biến dạng.

- Với dầm đơn giản, có nhịp, bước và tải trọng xác định; thay đổi tiết diện bản cánh dưới, cánh trên; thay đổi chiều dày bản bê tông; mác thép. Tính toán một số bài toán, lập biểu đồ để xét xem phương án nào có trọng lượng thép bé nhất.

5. Sản phẩm dự kiến

Bảng phân tích tổng hợp; biểu đồ và kiến nghị về các phương án lựa chọn tiết diện dầm thép hợp lý trong kết cấu LHT-BT ứng dụng cho nhà cao tầng; sản phẩm có thể làm tài liệu tham khảo khi thiết kế xây dựng nhà cao tầng.

6. Bộ cục đề tài

Ngoài phần mở đầu, kết luận. Luận văn gồm 3 chương:

CHƯƠNG 1

CƠ SỞ TÍNH TOÁN KẾT CẤU LIÊN HỢP THÉP BÊ TÔNG

1.1. TỔNG QUAN VỀ KẾT CẤU LHT-BT

1.1.1. Tình hình nghiên cứu ứng dụng kết cấu LHT-BT

Gần đây Ủy ban cộng đồng Châu Âu CEC (The Commission of the European Communities) thấy rằng cần thiết phải có một bộ tiêu chuẩn thống nhất chung cho các quốc gia Châu Âu không chỉ về kết cấu liên hợp mà về các kết cấu xây dựng nói chung; bộ tiêu chuẩn này ra đời, gọi là European Codes (EuroCodes hay EC). EuroCodes gồm 9 tập, trong đó EuroCodes 4 là tiêu chuẩn về Kết cấu LHT-BT.

Ở Việt Nam, năm 2006 lý thuyết tính toán “Kết cấu liên hợp thép - bê tông dùng trong nhà cao tầng” được xuất bản, nhằm cung cấp kiến thức cơ bản về kết cấu liên hợp cho kỹ sư, cán bộ kỹ thuật, nghiên cứu và giảng dạy ở bậc cao học của ngành xây dựng.

1.1.2. Khái niệm về kết cấu LHT-BT

- Một cấu kiện được gọi là liên hợp nếu nó được tạo bởi hai loại vật liệu có đặc tính khác nhau. Mục đích của kết cấu liên hợp là tận dụng về mặt cơ học những đặc tính tốt nhất của mỗi loại vật liệu này. Trường hợp phổ biến trong xây dựng là kết cấu LHT-BT.

- Khác với kết cấu bê tông cốt thép thông thường, có cốt chịu lực là các thanh thép tròn, kết cấu LHT-BT là kết cấu mà thép chịu lực có tiết diện lớn dạng thép tấm, thép hình, thép ống. Nó có thể nằm ngoài bê tông (gọi là kết cấu thép nhồi bê tông) hay nằm trong bê tông (gọi là kết cấu thép bọc bê tông), hoặc có thể nằm cạnh nhau được liên kết với nhau để cùng làm việc

1.1.3. Đặc điểm của kết cấu LHT-BT

- Khả năng chống ăn mòn của thép được tăng cường.
- Khả năng chịu lửa tốt.

- Tăng độ cứng của kết cấu
- Khả năng chịu biến dạng lớn hơn kết cấu bê tông cốt thép
- Có thể tạo kết cấu ứng lực trước trong khi thi công
- Có thể dễ dàng dùng phương pháp thi công hiện đại
- So với kết cấu bê tông thông thường, kích thước của kết cấu

LHT-BT bé hơn, do đó tăng được không gian sử dụng.

- Có thể đạt hiệu quả kinh tế cao

1.1.4. Sự làm việc của kết cấu LHT-BT

Bê tông và thép là các vật liệu cơ bản khác nhau, tuy nhiên trong kết cấu LHT-BT thì chúng hoàn toàn tương hợp và bổ sung cho nhau. Chúng có hệ số giãn nở do nhiệt gần như nhau và có thể tạo nên một tổ hợp lý tưởng về mặt độ bền. Bê tông làm việc hiệu quả khi chịu nén, ngược lại thép có khả năng chịu kéo rất tốt. Bê tông có khả năng chống ăn mòn tốt và là chất cách nhiệt tốt cho thép khi ở nhiệt độ cao.

1.2. VẬT LIỆU CHO KẾT CẤU LHT-BT

1.2.1. Bê tông

- Theo EC4 dùng mác bê tông từ C20/25 đến C50/60.

1.2.2. Cốt thép thanh

Tiêu chuẩn EC4: S220, S400 và S500

1.2.3. Thép kết cấu

Tiêu chuẩn EC4: S235, S275 và S355

Theo TCXDVN mác thép từ XCT38 trở lên.

1.2.4. Tôn định hình của sàn liên hợp

Sử dụng tiêu chuẩn Châu Âu EN 10147:

- + Giới hạn đàn hồi f_{yp} từ 220 đến 350 N/mm²;
- + Chiều dày của các tấm tôn từ 0,7 đến 1,5mm, mạ kẽm nóng;
- + Môđun đàn hồi $E_a = 210$ kN/mm²;
- + Có một số qui định kỹ thuật riêng (sóng, ma sát...).

1.2.5. Chốt liên kết

Trong các công trình xây dựng dân dụng, chốt hàn có mũ được sử dụng phổ biến nhất do kỹ thuật chế tạo, lắp đặt nhanh, khả năng chịu lực tốt về mọi hướng theo trục của chốt.

1.3. PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ DẦM LHT-BT THEO EC4

1.3.1. Phương pháp và tiêu chuẩn tính toán

a. Phương pháp chung

Một hệ dầm sàn liên hợp được tính toán theo 2 bước, đầu tiên, ta thiết kế sàn liên hợp, các nhà sản xuất tôn thép đều cung cấp bản tải trọng giới hạn theo bề dày của tôn, bề dày của sàn và nhịp của sàn. Sau đó, ta tính toán dầm liên hợp hình thành từ liên kết sàn bê tông hoặc với dầm chính hoặc với dầm phụ.

b. Tiêu chuẩn tính toán

Tiêu chuẩn tính toán là bộ tiêu chuẩn về kết cấu xây dựng các quốc gia Châu Âu, gồm 9 tập gọi là European Codes (Eurocodes - EC):

1. Eurocode 1: Cơ sở tính toán và các tác động lên công trình.
2. Eurocode 2: Kết cấu bê tông cốt thép.
3. Eurocode 3: Kết cấu thép.
4. Eurocode 4: Kết cấu liên hợp Thép - Bê tông.
5. Eurocode 5: Kết cấu gỗ.
6. Eurocode 6: Kết cấu gạch đá.
7. Eurocode 7: Tính toán địa chất công trình.
8. Eurocode 8: Tính toán kết cấu công trình chịu động đất.
9. Eurocode 9: Tính toán kết cấu bằng hợp kim nhôm.

1.3.2. Phương pháp thi công dầm LHT-BT

a. Phương pháp thi công không chống đỡ

- **Giai đoạn 1 - giai đoạn thi công:**
- **Giai đoạn 2 - giai đoạn sử dụng:** Khi bê tông đủ cường độ

b. Phương pháp thi công có chống đỡ

- **Giai đoạn 1 - giai đoạn thi công:**

• **Giai đoạn 2 - giai đoạn sử dụng:** Khi bê tông đủ cường độ, bỏ hệ thanh chống đỡ;

1.3.3. Nguyên tắc thiết kế dầm liên hợp

a. Giải pháp dầm liên hợp (đơn giản và liên tục)

b. Tiết diện tính toán của dầm liên hợp

c. Phân loại tiết diện dầm liên hợp

d. Phương pháp phân tích xác định nội lực thiết kế

e. Xác định khả năng chịu uốn

f. Xác định khả năng chịu cắt

1.3.4. Kiểm tra dầm LHT-BT theo từng giai đoạn

a. Giai đoạn thi công

Trong giai đoạn này, tiết diện làm việc là tiết diện của dầm thép, kiểm tra theo TCVN 5575:2012

b. Giai đoạn sử dụng

Trong giai đoạn này, bản sàn BTCT đã đủ cứng, tiết diện làm việc là tiết diện LHT-BT, kiểm tra theo EC4

NHẬN XÉT CHƯƠNG 1

Phần mở đầu và chương 1 của luận văn đã xác định được các vấn đề về phương pháp luận của nghiên cứu: Từ tình hình nghiên cứu ứng dụng thực tế và tính cấp thiết của đề tài, luận văn đã xác định được đối tượng, phạm vi, mục tiêu nghiên cứu, lựa chọn phương pháp và các giả thiết sẽ sử dụng trong nghiên cứu.

Chương 1 đã giới thiệu quá trình phát triển của lý thuyết tính toán và những ứng dụng của kết cấu liên hợp thép - bê tông trên thế giới và ở Việt Nam. Đồng thời làm rõ các vấn đề tổng quan về đặc điểm làm việc của kết cấu LHT-BT; các quan niệm và phương pháp thiết kế dầm liên hợp thép - bê tông theo EC4 trong công trình xây dựng dân dụng. Kết quả khảo sát của chương này là cơ sở để thực hiện nhiệm vụ nghiên cứu ở các chương sau.

CHƯƠNG 2

TÍNH TOÁN DÀM LIÊN HỢP THÉP - BÊ TÔNG

THEO TIÊU CHUẨN CHÂU ÂU EC4

2.1. TÍNH TOÁN THEO TRẠNG THÁI PHÁ HỎNG CỦA DÀM LIÊN HỢP (TRẠNG THÁI GIỚI HẠN 1)

2.1.1. Hệ số mô đun đàn hồi chung

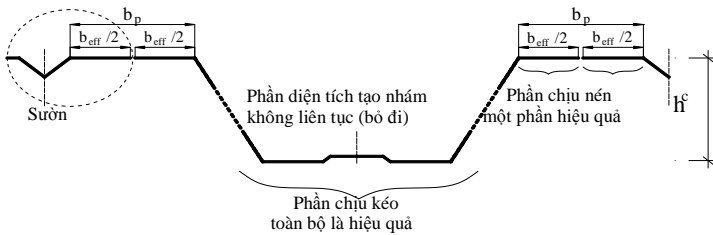
$$n = E_a/E_{cm} \quad (2.1)$$

Trong đó: E_a là mô đun đàn hồi của thép kết cấu;
 E_{cm} là mô đun đàn hồi của bê tông.

2.1.2. Chiều dày của sàn bê tông

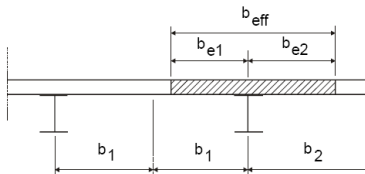
2.1.3. Chọn kích thước tôn hình

Chiều dày của tấm tôn dùng từ 0,75 đến 1,5mm. Thường dùng từ 0,75 đến 1mm. Chiều cao thông thường của mặt cắt từ 40 đến 80mm. Để chống ăn mòn, các tấm tôn được mạ kẽm trên hai mặt. Giới hạn đàn hồi của tấm tôn vào khoảng 300 N/mm².



Hình 2.1 - Tiết diện hiệu quả khi chịu mômen dương

2.1.4. Chiều rộng tham gia làm việc của tấm sàn

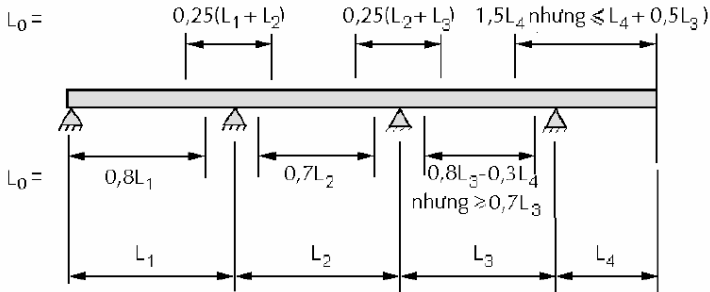


Hình 2.2 - Chiều rộng tham gia làm việc của tấm sàn đối với một dầm

- Đối với dầm đơn giản: $b_{eff} = b_{e1} + b_{e2}$ (2.2)

Với $b_{ei} = \min(l_0/8; b_i)$; l_0 là nhịp dầm.

- Đối với dầm liên tục: cũng dùng công thức (2.2) nhưng l_0 được lấy theo hình 2.3, chia ra theo vùng mômen dương (ở nhịp) và mômen âm (ở gối tựa).



Hình 2.3 - Nhịp tương đương để xác định bề rộng hiệu quả

2.1.5. Phân loại tiết diện ngang

Khi khảo sát sự làm việc của dầm liên hợp dưới tải trọng, tùy theo khả năng xoay của tiết diện khi chịu uốn mà chia ra làm bốn loại.

2.1.6. Khả năng chịu mômen uốn của tiết diện

a. Các giả thiết tính toán

b. Khả năng chịu mômen uốn của tiết diện, khi dùng dầm thép tiết diện chữ I không đối xứng

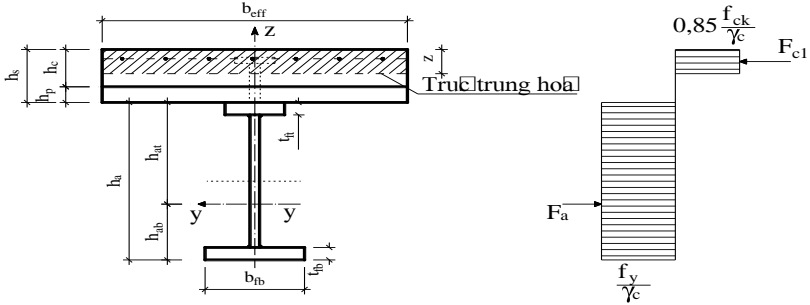
* Trường hợp 1 - Trục trung hoà nằm trong bản bê tông

Gọi F_c và F_a là sức bền dẻo của bê tông và của dầm thép tổ hợp

$$F_c = \frac{0,85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} \cdot h_c \cdot b_{eff} \quad (2.14)$$

$$F_a = \frac{A_a \cdot f_y}{\gamma_a} \quad (2.15)$$

Trường hợp trục trung hòa nằm trong bản BT xảy ra khi: $F_c > F_a$



Hình 2.5 - Biểu đồ ứng suất dẻo khi TTH đi qua bản bê tông

Tính toán mômen bền theo hợp lực của vùng bê tông chịu nén:

$$M_{pl,Rd} = F_a \cdot (h_{at} + h_p + h_c - \frac{z}{2}) \quad (2.17)$$

*** Trường hợp 2 - Trục trung hoà đi qua bản cánh trên của dầm thép:**

Trường hợp này xảy ra khi $F_c < F_a$;

$$F_a - F_c \leq 2 \cdot b_{ft} \cdot t_{ft} \cdot \frac{f_y}{\gamma_a} \quad (2.18)$$

$$M_{pl,Rd}^+ = F_a \cdot (h_{at} + h_p + \frac{h_c}{2}) - (F_a - F_c) \cdot (z - \frac{h_c}{2} - \frac{z - h_c - h_p}{2}) \quad (2.23)$$

*** Trường hợp 3 - Trục trung hoà dẻo đi qua bản bụng của dầm thép:**

$$\text{Điều kiện áp dụng: } F_c < F_a \text{ và } F_a - F_c > 2 \cdot b_{ft} \cdot t_{ft} \cdot \frac{f_y}{\gamma_a} \quad (2.24)$$

$$M_{pl,Rd}^+ = M_{apl,Rd} + F_c \cdot (h_{at} + \frac{h_c}{2} + h_p) - \frac{F_c^2}{4 \cdot \frac{f_y}{\gamma_a} \cdot t_w} \quad (2.28)$$

$$\text{Với } M_{apl,Rd} = W_{apl} \cdot \frac{f_y}{\gamma_a} \quad (2.29)$$

2.1.7. Khả năng chịu cắt (sức bền chịu cắt) của tiết diện

a. Sức bền của tiết diện chịu cắt thuần túy

Điều kiện bền của tiết diện khi chỉ chịu lực cắt này có dạng:

$$V_{Sd} \leq V_{pl,Rd} \quad (2.45)$$

Trong đó: Sức bền dẻo $V_{pl,Rd}$ được tính theo công thức:

$$V_{pl,Rd} = A_v(f_y/\sqrt{3}) \cdot \gamma_a \quad (2.46)$$

b. Sức bền của TD khi chịu lực cắt, có tác dụng đồng thời với mômen

$$V_{Sd} \leq 0,5V_{pl,Rd} \quad (2.53)$$

2.2. TÍNH TOÁN THEO TRẠNG THÁI TỐI HẠN SỬ DỤNG CỦA DẦM LIÊN HỢP (TRẠNG THÁI TỐI HẠN 2)

Việc kiểm tra võng của dầm liên hợp được tính toán theo công thức sau:

$$\delta \leq \delta_{\max} \quad (2.56)$$

2.3. LIÊN KẾT TRONG KẾT CẤU LIÊN HỢP

2.3.1. Sức bền tính toán của các liên kết truyền thống

a. Chốt hàn có mũ trong tấm sàn dẹt

$$P_{Rd}^{(2)} = 0,29 \alpha d^2 \sqrt{f_{ck} E_{cm}} / \gamma_{\nu} \quad (2.58)$$

$$P_{Rd}^{(1)} = 0,8 f_u \left(\frac{\pi d^2}{4} \right) / \gamma_{\nu} \quad (2.57)$$

b. Chốt hàn có mũ trong tấm sàn liên hợp

c. Liên kết hoàn toàn và liên kết không hoàn toàn

Xét dầm đơn giản chịu tải trọng phân bố p_d hoặc tải trọng tập trung Q_d .

Ta có lực cắt dọc tác dụng lên mỗi chiều dài tới hạn như sau:

$$V_{lf} = \min(A_a f_y / \gamma_a; 0,85 b_{eff} h_c f_{ck} / \gamma_c) \quad (2.61)$$

Các liên kết dẻo được giả thiết thực tế tiếp nhận nội lực P_{RD} , từ đó số lượng liên kết cần thiết trên chiều dài tới hạn và cuối cùng nhận được liên kết hoàn toàn:

$$N_f = \frac{V_{lf}}{P_{RD}} \quad (2.62)$$

Khi trên một chiều dài tới hạn có số lượng liên kết N được chọn bé hơn N_f thì đoạn này chiều dài này và dầm được coi là liên kết không hoàn toàn:

$$N \leq N_f = \frac{V_{lf}}{P_{RD}} \quad (2.63)$$

Kết quả là lực trượt dài được truyền qua liên kết trên chiều dài tới hạn trong trạng thái giới hạn về phá hỏng chỉ đạt đến giá trị:

$$V_1^{(red)} = NP_{rd} < V_{lf} \quad (2.64)$$

Cũng như vậy mômen bền mà tiết diện tới hạn có thể tiếp nhận có giá trị bé đi như sau: $M_{Rd}^{+(red)} < M_{pl,Rd}^+$

Mômen bền suy giảm $M_{Rd}^{+(red)}$ cho phép được xác định giống như mômen bền dẻo $M_{pl,Rd}^{+(red)}$.

Xác định mômen bền suy giảm bằng quan hệ tuyến tính:

$$M_{pl,Rd}^{+(red)} = M_{apl,Rd} + (N / N_f) M_{pl,Rd}^+ - M_{apl,Rd} \quad (2.65)$$

$$M_{apl,Rd}^+ = f_y \cdot W_{xpl} / \gamma_a$$

NHẬN XÉT CHƯƠNG 2

Trong chương 2 đã: Đưa ra cơ sở lý thuyết tính toán và kiểm tra dầm liên hợp thép bê tông theo trạng thái giới hạn phá hỏng và trạng thái giới hạn khi sử dụng theo tiêu chuẩn Eurocode 4. Trong đó đã đề cập và đưa ra các công thức tính toán tiết diện dầm thép chữ I không đối xứng và đối xứng.

Vấn đề đặt ra ở chương 3 là cần tính toán và kiểm tra dầm liên hợp, lập chương trình tính để làm công cụ tính toán, đưa ra một số ví dụ để minh họa và kiểm chứng lý thuyết. Từ đó khảo sát với dầm đơn giản, có nhịp, bước và tải trọng xác định; thay đổi tiết diện bản cánh dưới, cánh trên, chiều cao dầm thép; thay đổi chiều dày bản bê tông. Tính toán một số bài toán, lập biểu đồ để xét xem phương án nào có trọng lượng thép bé nhất.

CHƯƠNG 3

MỘT SỐ KHẢO SÁT BẰNG SỐ

3.1. XÂY DỰNG THUẬT TOÁN VÀ CHƯƠNG TRÌNH TÍNH

3.1.1. Xác định thuật toán

Bước 1: Xác định số liệu tính toán

1. Chọn loại tấm tôn: Các đặc trưng hình học: A_p , Z_g , h_p , E_a , I_p , $M_{pl,rd}^+$, V_{rd} .
2. Chọn dầm thép hình: h_a , b_{ft} , t_{ft} , b_{fb} , t_{fb} , A_a , h_w , t_w , I_a , W_x .
3. Đặc trưng hình học ô sàn: Chiều rộng ô sàn L , chiều cao bản BTCT h_c , khoảng cách giữa các dầm b .
4. Đặc trưng vật liệu: Vật liệu thép E_a , f_y , f_{sk} , vật liệu bê tông, cốt liên kết, cốt mềm.
5. Độ võng cho phép $[\delta]$ (theo quy phạm).
6. Chọn tải trọng sử dụng q (kN/m²).

Bước 2: Tính toán và kiểm tra dầm thép hình trong giai đoạn thi công

1. Kiểm tra trạng thái giới hạn phá hoại:
 - Xác định tải trọng tác dụng lên dầm thép khi thi công.
 - Tính toán nội lực M_{sd}^+ ,
 - Kiểm tra: $M_{sd}^+ \leq M_{apl,Rd}^+$.

2. Kiểm tra độ võng dầm thép:
$$\delta_a = \frac{5 \cdot g \cdot L^4}{384 \cdot E_a \cdot I} \leq \delta = \frac{L}{250}$$

Bước 3: Tính toán, kiểm tra dầm LHT-BT trong giai đoạn sử dụng

1. Kiểm tra trạng thái giới hạn phá hoại:
 - Xác định tải trọng tác dụng lên dầm LH-TBT.
 - Tính toán nội lực M_{sd}^+ , V_{sd} .
 - Kiểm tra: $M_{sd}^+ \leq M_{pl,Rd}^+$; $V_{sd} \leq V_{pl,Rd}$

2. Kiểm tra ở trạng thái giới hạn sử dụng:
$$\delta = \frac{5 \cdot p \cdot L^4}{384 \cdot E_a \cdot I} \leq \delta = \frac{L}{250}$$

Bước 4: Tính toán liên kết chốt

1. Tính toán sức bền cắt của một chốt: $P_{Rd} = \min(P_{Rd}^{(1)}, P_{Rd}^{(2)})$
2. Xác định tổng nội lực cắt dọc tính toán V_{lf} : $V_{lf} = \frac{A_a \cdot f_y}{\gamma_a}$
3. Số lượng chốt cần thiết để có được liên kết hoàn toàn:

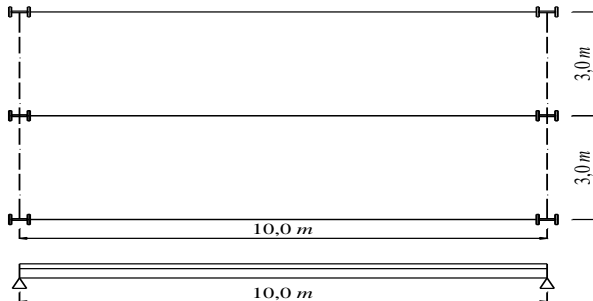
$$N \geq N_f = \frac{V_{lf}}{P_{Rd}}$$

3.1.2. Lập chương trình

Từ các trình tự tính toán và kiểm tra, lập nên chương trình tính toán và kiểm tra dầm LH-TBT.

3.2. THÍ DỤ TÍNH TOÁN DẦM LHT-BT**3.2.1. Số liệu đầu bài**

Kiểm tra dầm liên hợp đơn giản chịu tải trọng phân bố đều có sơ đồ như hình vẽ theo trạng thái giới hạn về cường độ và sử dụng, chịu tải trọng sử dụng $3,0 \text{ kN/m}^2$, xét dầm phụ là dầm đơn giản nhịp $L = 10\text{m}$, khoảng cách dầm $b = 3,0\text{m}$, chiều dày sàn liên hợp $h_s = 13\text{cm}$. Xét liên kết giữa bản bê tông và dầm thép hình là liên kết hoàn toàn. Liên kết sử dụng các chốt hàn có mũ, đường kính thân $d = 19\text{mm}$, chiều cao $h = 95\text{mm}$, làm bằng thép với cường độ bền đứt $f_u = 450\text{N/mm}^2$



Hình 3.1 - Xét ô sàn liên hợp thép bê tông

3.2.2. Kiểm tra điều kiện chịu lực của dầm thép khi thi công

a. Kiểm tra theo trạng thái giới hạn 1 (cường độ)

- Điều kiện kiểm tra: $M_{sd}^+ \leq M_{apl,Rd}^+$;

b. Kiểm tra ở trạng thái giới hạn sử dụng (độ võng của dầm)

$$\delta_a = \frac{5 \cdot p \cdot L^4}{384 \cdot E_a \cdot I} = 1,928 \text{ cm} < [\delta] = \frac{L}{250} = \frac{1000}{250} = 4 \text{ cm}$$

⇒ Đảm bảo yêu cầu độ võng.

3.2.3. Trạng thái làm việc liên hợp - Kiểm tra điều kiện chịu lực khi sử dụng

a. Trạng thái giới hạn về cường độ (ULS-TTGH1)

$$M_{Sd} = 451,5 \text{ kN.m} < M_{pl,Rd}^+ = 868,46 \text{ kN.m}$$

Dầm liên hợp thỏa mãn điều kiện chịu mômen theo TTGH1

b. Trạng thái giới hạn về sử dụng (SLS-TTGH2)

$$\delta = \frac{5 \cdot p \cdot L^4}{384 \cdot E_a \cdot I} = 2,44 \text{ cm} < [\delta] = \frac{L}{250} = \frac{1000}{250} = 4 \text{ cm}$$

Dầm liên hợp thỏa mãn trạng thái giới hạn về sử dụng TTGH2

3.2.4. Tính toán liên kết chốt

a. Sức bền cắt tính toán của một chốt

Ta chọn $P_{Rd} = P_{Rd}^{(2)} \cdot r = 73,13 \text{ kN}$

b. Xác định tổng nội lực cắt dọc tính toán V_{lf}

$$V_{lf} = \frac{A_a \cdot f_y}{\gamma_a} \frac{74,64 \cdot 355}{1,05} = 25235 \text{ kN}$$

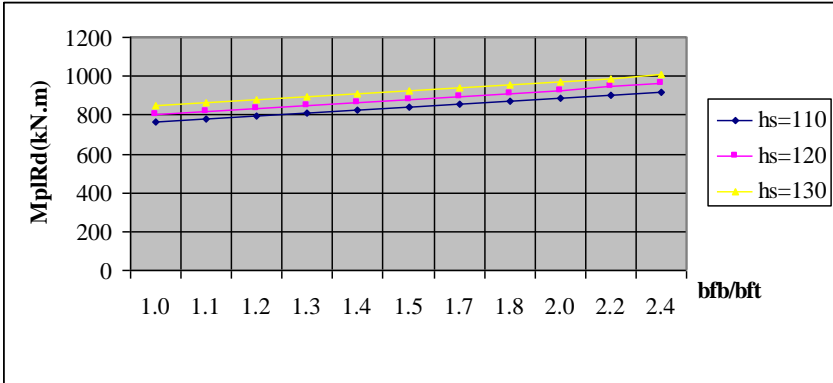
c. Số lượng chốt cần thiết cho ½ nhịp dầm để có được LKHT

$$N \geq N_f = \frac{V_{lf}}{P_{Rd}} = \frac{25235}{73,13} = 34,51$$

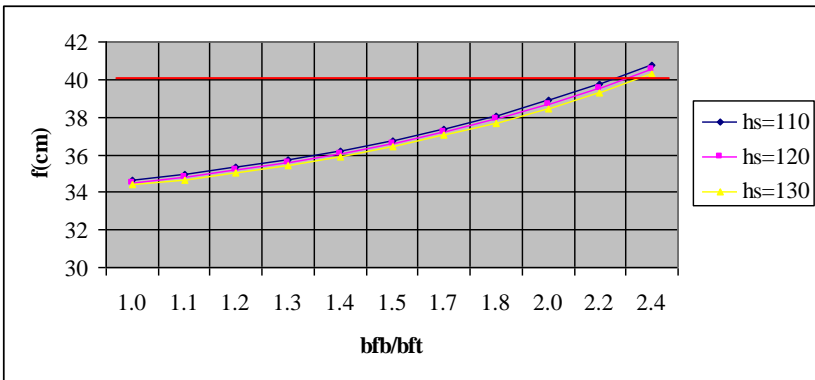
Chọn $N=36$ liên kết (nghĩa là 72 liên kết trên cả nhịp dầm).

3.3. KHẢO SÁT QUAN HỆ GIỮA MÔMEN $M_{pl,Rd}$, ĐỘ VÕNG δ VỚI TỶ SỐ b_{fb}/b_{ft} VÀ CHIỀU DÀY BẢN SÀN BT

- Giảm tiết diện cánh trên (b_{ft}) bù cho cánh dưới (b_{fb}) (Trọng lượng thép không đổi). Từ việc thay đổi đó xác định $M_{pl,Rd}$; xác định độ võng δ của dầm thép liên hợp; vẽ biểu đồ xem trong các trường hợp trên trường hợp nào có giá trị $M_{pl,Rd}$, δ lớn hơn.



Hình 3.4 - Biểu đồ quan hệ giữa mômen $M_{pl,Rd}$ với tỷ số b_{fb}/b_{ft} và h_s



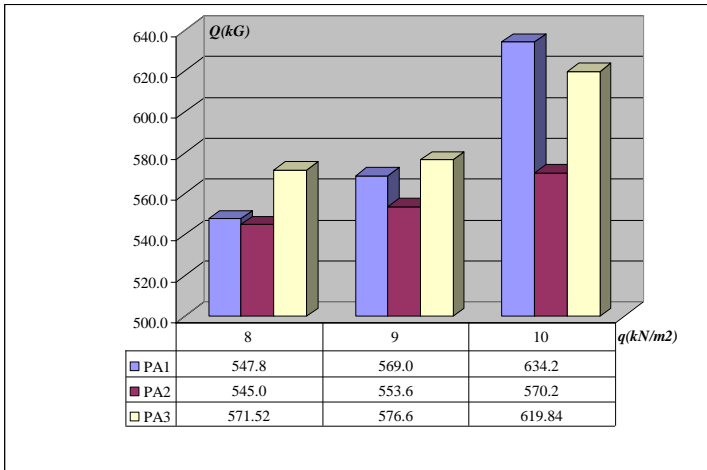
Hình 3.5 - Biểu đồ quan hệ giữa độ võng với tỷ số b_{fb}/b_{ft} và h_s

3.4. KHẢO SÁT CHỌN PHƯƠNG ÁN DẦM LHT-BT HỢP LÝ

3.4.1. Ảnh hưởng của tiết diện dầm

a. Trường hợp 1

- Ứng với mỗi hoạt tải q ; độ võng cho phép $[\delta]$, khoảng cách dầm b , loại tôn sóng, chiều dày bản, chiều cao dầm cho trước; ta có được tỷ số b_{fb}/b_{ft} . Ta lập bảng và đồ thị quan hệ giữa hoạt tải với tỷ số cánh trên, cánh dưới để lựa chọn phương án hợp lý.



Hình 3.6 - Biểu đồ quan hệ giữa khối lượng Q với tỷ số b_{fb}/b_{ft} và q

*** Nhận xét:**

- Khi tải trọng bé ($q = 8\text{kN/m}^2$; 9 kN/m^2) thì sự chênh lệch về trọng lượng thép của dầm đối xứng và dầm không đối xứng lần lượt là 0,52% và 2,7%.

- Khi tải trọng lớn ($q = 10\text{kN/m}^2$) thì sử dụng dầm đối xứng cho trọng lượng thép 634,2 kG, dầm không đối xứng cho trọng lượng thép 611,2 kG. Sự chênh lệch về trọng lượng thép của dầm đối xứng và dầm không đối xứng là 3,63%.

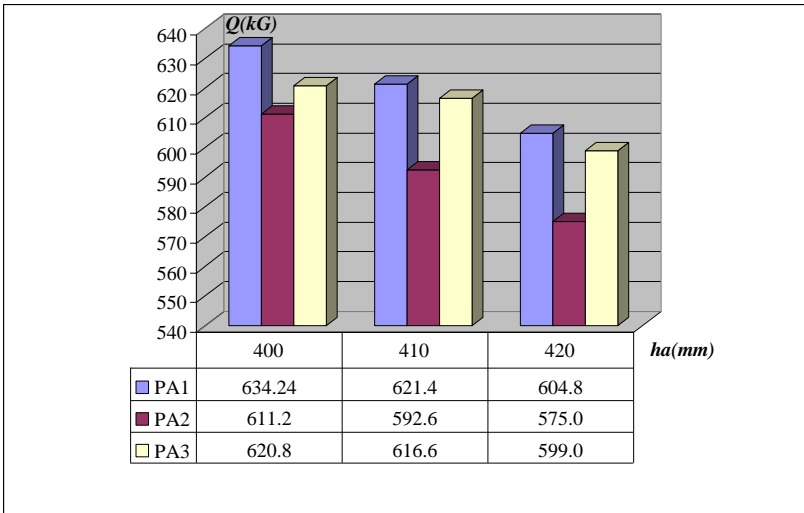
- Việc sử dụng dầm không đối xứng cho hiệu quả cao hơn so với dầm tiết diện đối xứng. Khi tải trọng tác dụng là nhỏ, thì sự chênh lệch về trọng lượng thép giữa dầm đối xứng và không đối xứng là không đáng kể; nhưng khi tải trọng lớn hơn thì sự chênh lệch về trọng lượng thép giữa dầm đối xứng và không đối xứng cũng sẽ lớn hơn.

b. Trường hợp 2

- Chiều dày sàn bê tông, tấm tôn, bề dày cánh trên, cánh dưới, bề dày bản bụng, bề rộng cánh dưới không đổi.

- Thay đổi bề rộng cánh trên b_{fi} ; chiều cao dầm h_w

Nhiệm vụ: Từ việc thay đổi đó xác định M_{plRd} theo một giá trị cho trước để xác định được trường hợp nào có trọng lượng thép bé nhất.



Hình 3.7 - Biểu đồ quan hệ giữa khối lượng Q với tỷ số b_{fb}/b_{fi} và h_a

*** Nhận xét:**

- Chiều cao $h_a = 400mm$ PA1 dầm đối xứng cho ta trọng lượng thép bé nhất $Q = 634,24$ kG; PA 2 dầm không đối xứng cho ta trọng lượng thép bé nhất $Q = 611,2$ kG; sự chênh lệch trọng lượng thép trong 2 phương án này là 3,63%;

- Chiều cao $h_a = 410mm$ PA1 dầm đối xứng cho ta trọng lượng thép bé nhất $Q = 621,4$ kG; PA 2 dầm không đối xứng cho ta trọng lượng thép bé nhất $Q = 592,6$ kG; sự chênh lệch trọng lượng thép trong 2 phương án này là 4,63%;

- Chiều cao $h_a = 420\text{mm}$ PA1 dầm đối xứng cho ta trọng lượng thép bé nhất $Q = 604,8 \text{ kG}$; PA 2 dầm không đối xứng cho ta trọng lượng thép bé nhất $Q = 575 \text{ kG}$; sự chênh lệch trọng lượng thép trong 2 phương án này là 4,92%;

- Sự chênh lệch trọng lượng thép trong 2 phương án 1 và 2 khi $h_a = 400\text{mm}$ là: 23,04 kG; khi $h_a = 410\text{mm}$ là: 28,8 kG; khi $h_a = 420\text{mm}$ là: 29,8 kG;

- Dầm có chiều cao càng lớn thì cho ta lượng thép dầm ít hơn; đồng thời khi dầm có chiều cao lớn thì việc sử dụng dầm thép không đối xứng có tỷ số b_{fb}/b_{ft} lớn hơn sẽ cho trọng lượng thép càng bé hơn. Do chiều cao dầm tăng nên khả năng chịu lực của dầm tăng, độ võng của dầm giảm xuống do đó ta có thể giảm bề rộng cánh trên nhiều hơn.

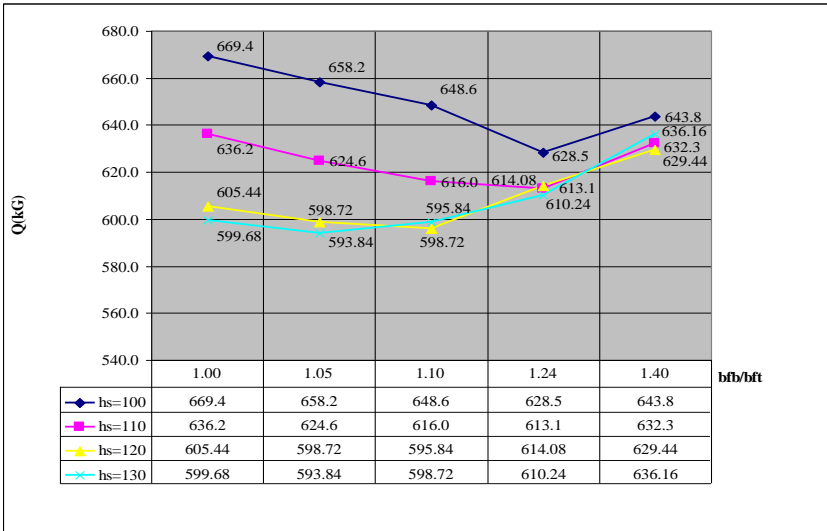
3.4.2. Ảnh hưởng của chiều dày bản bê tông

a. Trường hợp 1:

Thay đổi chiều dày sàn $h_s = 100\text{mm}$, $h_s = 110\text{mm}$, $h_s = 120\text{mm}$, $h_s = 130\text{mm}$ khảo sát xem trường hợp nào có trọng lượng thép dầm bé nhất theo tỷ số b_{fb}/b_{ft} ; tải trọng $q = 10\text{kN/m}^2$, $h_p = 50\text{mm}$, chiều cao dầm $h_a = 400\text{mm}$, bề dày bản bụng $t_w = 8\text{mm}$, bề dày cánh trên $t_{ft} = 12\text{mm}$ cánh dưới $t_{fb} = 12\text{mm}$ không đổi.

Bảng 3.14 - Sự chênh lệch về trọng lượng thép của dầm

Chiều dày sàn h_s (mm)	Trọng lượng thép Q (kG)		Chênh lệch trọng lượng
	Dầm đối xứng	Dầm không đối xứng	ΔQ (kG)
100	669.4	628.5	41.0
110	636.2	613.1	23.0
120	605.44	598.72	9.6
130	599.68	593.84	5.8



Hình 3.8 - Biểu đồ quan hệ giữa khối lượng Q với tỷ số b_{fb}/b_{ft} và h_s

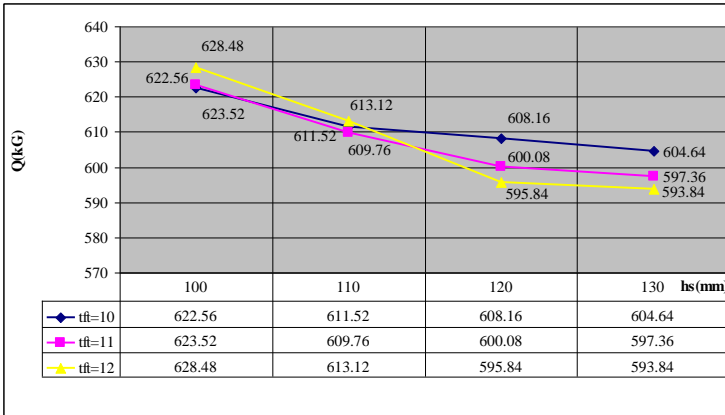
*** Nhận xét:**

- Chiều dày của bản sàn bê tông càng lớn thì trọng lượng thép của dầm càng giảm. Trong trường hợp khảo sát $h_s = 130\text{mm}$ thì sử dụng dầm có tiết diện không đối xứng cho trọng lượng thép là 593,84kG. Chiều dày của bản sàn BT càng lớn thì sự chênh lệch về trọng lượng thép của dầm đối xứng và không đối xứng sẽ giảm dần (Bảng 3.14).

- Sự chênh lệch về trọng lượng thép của dầm có tiết diện không đối xứng với bản bê tông có chiều dày 100 và 110 là 2,1%; 110 và 120 là 2,6%; 120 và 130 là 0,8%.

b. Trường hợp 2:

Thay đổi chiều dày sàn $h_s = 100\text{mm}$, $h_s = 110\text{mm}$, $h_s = 120\text{mm}$, $h_s = 130\text{mm}$; khảo sát xem trường hợp nào có trọng lượng thép dầm bé nhất theo tỷ số b_{fb}/b_{ft} và t_{ft} ; tải trọng $q = 10\text{kN/m}^2$, $h_p = 50\text{mm}$, chiều cao dầm $h_a = 400\text{mm}$, bề dày bản bụng $t_w = 8\text{mm}$, cánh dưới $t_{fb} = 12\text{mm}$ không đổi.



Hình 3.9 - Biểu đồ quan hệ giữa khối lượng Q với tỷ số b_{fb}/b_{ft} và h_s

Bảng 3.16 – So sánh trọng lượng thép với tỷ số A_{fb}/A_{ft}

TT	Chiều dày sàn (h_s)	Trọng lượng thép bé nhất	A_{ft}	A_{fb}	Tỷ số A_{fb}/A_{ft}
	mm	kG	mm ²	mm ²	
1	100	622.6	2070	2688	1.30
2	110	609.8	2134	2472	1.16
3	120	595.84	2112	2328	1.10
4	130	593.84	2160	2256	1.04

Nhận xét:

- Dựa vào bảng 3.16 cho thấy khi chiều dày bản sàn BT bé thì sử dụng tỷ số A_{fb}/A_{ft} lớn (dầm không đối xứng) sẽ cho trọng lượng thép bé hơn và tỷ số A_{fb}/A_{ft} này sẽ giảm dần khi chiều dày bản sàn BT tăng lên.

3.4.3. Ảnh hưởng của mức thép

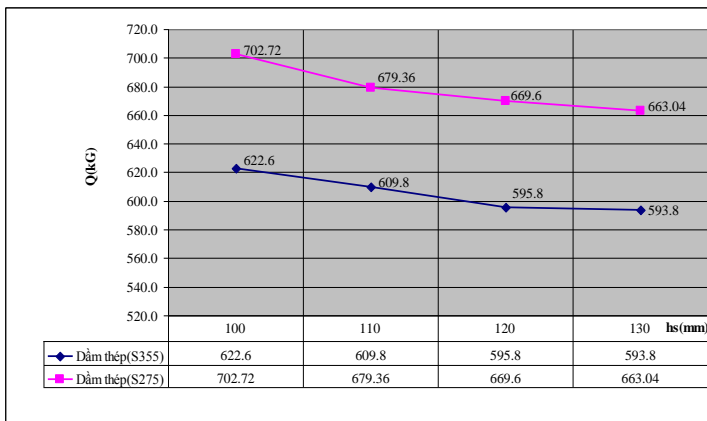
Thay đổi mức thép của dầm thép (S275; S355) khảo sát trong trường hợp chiều dày sàn $h_s = 100\text{mm}$, $h_s = 110\text{mm}$, $h_s = 120\text{mm}$, $h_s = 130\text{mm}$ xem trường hợp nào có trọng lượng thép dầm bé nhất theo tỷ số b_{fb}/b_{ft} và bề dày cánh trên t_{ft} ; tải trọng $q = 10(\text{kN}/\text{m}^2)$, chiều cao dầm $h_a = 400(\text{mm})$, bề dày bản bụng $t_w = 8(\text{mm})$, cánh dưới $t_{fb} = 12(\text{mm})$.

Bảng 3.16 - Các đại lượng xác định Q theo tỷ số $\frac{b_{fb}}{b_{ft}}$ và mức thép S275

T	q	S275	h_s	h_a	t_{ft}	t_{fb}	b_{fb}	b_{ft}	$\frac{b_{fb}}{b_{ft}}$	Q
	kN/m^2	N/mm^2	mm	mm	mm	mm	mm	mm		kG
1	10	275	100	400	10	12	330	180	1.83	702.7
2	10	275	110	400	10	12	304	182	1.67	679.4
3	10	275	120	400	10	12	293	183	1.60	669.6
4	10	275	130	400	10	12	287	181	1.59	663.0

Bảng 3.17 - Các đại lượng xác định Q theo tỷ số $\frac{b_{fb}}{b_{ft}}$ và mức thép S355

T	q	S355	h_s	h_a	t_{ft}	t_{fb}	b_{fb}	b_{ft}	$\frac{b_{fb}}{b_{ft}}$	Q
	kN/m^2	N/mm^2	mm	mm	mm	mm	mm	mm		kG
1	10	355	100	400	10	12	224	207	1.08	622.6
2	10	355	110	400	11	12	206	194	1.06	609.8
3	10	355	120	400	12	12	194	176	1.10	595.8
4	10	355	130	400	12	12	188	180	1.04	593.8



Hình 3.10 - Biểu đồ quan hệ giữa khối lượng Q ; h_s ; mức thép

*** Nhận xét:**

- Mác thép cũng có sự ảnh hưởng đến trọng lượng của dầm thép. Sự chênh lệch trọng lượng thép của dầm không đối xứng với mác thép S275 và S355 11,4% đối với sàn có chiều dày 100mm và 10,4% đối với sàn có chiều dày 130mm.

NHẬN XÉT CHƯƠNG 3

Chương 3 đã lập chương trình tính toán và kiểm tra dầm liên hợp bằng Excel, từ đó khảo sát ảnh hưởng của các thông số hình học, hoạt tải đến khả năng chịu lực của dầm liên hợp.

Trong chương này đã: Tính toán và kiểm tra dầm liên hợp trong 2 giai đoạn thi công và sử dụng; tính toán số liên kết giữa sàn liên hợp với dầm thép; áp dụng tiêu chuẩn Eurocode 4 để tính toán dầm liên hợp, đưa ra một số ví dụ để minh họa và kiểm chứng lý thuyết.

Từ đó tiến hành thiết lập và khảo sát để tìm ra được sự ảnh hưởng của hình dạng tiết diện dầm thép: tỷ số b_{fb}/b_{ft} , chiều dày cánh trên t_{ft} , chiều cao dầm (h_a); ảnh hưởng của chiều dày bản BT; ảnh hưởng của mác thép đến trọng lượng của dầm thép. Qua các biểu đồ, thấy được việc lựa chọn kiểu tiết diện dầm thép, chọn chiều dày bản sàn BT, mác thép của dầm thép hợp lý thì sẽ cho ta trọng lượng thép dầm bé nhất.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Đánh giá chung:

Luận văn đã hoàn thành cơ bản mục tiêu nghiên cứu:

- Làm rõ sự làm việc và phương pháp tính toán dầm liên hợp thép - bê tông. Áp dụng và thực hiện được các ví dụ minh họa bằng số về cách tính toán dầm liên hợp thép bê tông theo EC4.

- Nghiên cứu, khảo sát để lựa chọn các thông số ảnh hưởng của hình dạng tiết diện dầm thép, chiều dày bản bê tông, mác thép đến dầm thép trong dầm liên hợp thép - bê tông theo tiêu chí hợp lý nhất là giảm trọng lượng thép nhưng vẫn đảm bảo về khả năng chịu lực trong giai đoạn thi công và giai đoạn sử dụng.

2. Kết luận

Dựa vào kết quả nghiên cứu trong phạm vi khảo sát của luận văn, có thể kết luận như sau:

- Sử dụng dầm thép tiết diện chữ I không đối xứng (cánh trên nhỏ hơn cánh dưới) sẽ cho ta khả năng chịu lực của dầm tốt hơn tiết diện đối xứng; tỷ số b_{fb}/b_{ft} càng lớn thì khả năng chịu lực của dầm càng tăng. Tuy nhiên, khi bản sàn bê tông không đổi mà tỷ số b_{fb}/b_{ft} càng lớn thì độ võng của dầm cũng tăng theo. Khi tăng chiều dày bản sàn bê tông thì khả năng chịu lực của dầm tăng lên, độ võng của dầm thép giảm đi. Do đó, trong quá trình thiết kế cần lưu ý đến việc chọn tiết diện không đối xứng và chiều dày bản sàn bê tông sao cho hiệu quả nhất để thỏa mãn điều kiện về cường độ và độ võng.

- So sánh các phương án cho thấy: nói chung là khi sử dụng dầm thép không đối xứng sẽ cho trọng lượng thép bé hơn là dầm đối xứng. Trọng lượng của dầm thép không đối xứng phụ thuộc vào tỷ số b_{fb}/b_{ft} , vào chiều dày các cánh dầm, chiều cao dầm h_a , và cả vào giá trị của

hoạt tải tác dụng. Hiệu quả này càng lớn khi sử dụng với những dầm có hoạt tải lớn.

- Đối với sàn có chiều dày bé thì sự chênh lệch về trọng lượng thép của dầm không đối xứng và dầm đối xứng là lớn, sự chênh lệch này sẽ giảm dần khi chiều dày của bản sàn tăng lên.

- Sử dụng mác thép càng lớn thì sẽ cho trọng lượng thép của dầm thép càng giảm; sự chênh lệch về trọng lượng thép của dầm không đối xứng giảm dần khi chiều dày bản bê tông tăng.

3. Kiến nghị

- Khi thiết kế, cần lựa chọn dầm tiết diện không đối xứng và có tỷ số b_{fb}/b_{ft} hợp lý. Với dầm vượt nhịp lớn, có chiều cao dầm lớn, nếu tăng bề dày sàn sẽ chọn được tiết diện dầm hợp lý hơn và đạt được trọng lượng thép của dầm là bé nhất.

- Mác thép của dầm thép càng lớn thì sẽ cho trọng lượng thép của dầm thép bé hơn. Tuy nhiên, trong thiết kế thực tế cần phải kể đến yếu tố tăng chi phí cho thép cường độ cao.

4. Hướng phát triển của đề tài

- Khảo sát sự làm việc và ảnh hưởng của cốt thép thanh trong bản sàn bê tông đến trọng lượng của dầm thép, với dầm liên tục.

- Khảo sát ảnh hưởng của tương tác không hoàn toàn đến sự làm việc của dầm thép trong dầm liên hợp thép bê tông.

- Ảnh hưởng của các tải trọng khác đến sự làm việc và tính toán dầm liên hợp và ứng xử của dầm thép trong các trường hợp này; ví dụ lực tập trung tác dụng thẳng đứng hoặc lực ngang do truyền tải trọng gió, tác dụng trong mặt phẳng sàn.