BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG

NGUYỄN ĐÌNH PHƯƠNG

CHỌN TIẾT DIỆN HỢP LÝ CỦA DẦM THÉP CÓ BẢN BỤNG KHOÉT LỖ TRONG DẦM LIÊN HỢP THÉP – BÊ TÔNG ĐƠN GIẢN

Chuyên ngành: Kỹ thuật xây dựng công trình dân dụng và công nghiệp

Mã số: 60.58.02.08

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

Đà Nẵng - Năm 2015

Công trình được hoàn thành tại

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG

Người hướng dẫn khoa học: GS.TS. Phạm Văn Hội

Phản biện 1: PGS.TS. NGUYỄN QUANG VIÊN

Phản biện 2: TS. HUỲNH MINH SƠN

Luận văn sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm Luận văn tốt nghiệp thạc sĩ Kỹ thuật họp tại Đại học Đà Nẵng vào ngày 22 tháng 08 năm 2015

Có thể tìm hiểu luận văn tại:

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

– Trung tâm Học liệu, Đại học Đà Nẵng

MỞ ĐẦU

1. TÍNH CẤP THIẾT CỦA ĐỀ TÀI

Trong những năm gần đây kết cấu liên hợp thép bê tông đã được sử dụng nhiều ở các nước trên thế giới như Mỹ, Anh, Pháp, Đức,Trung Quốc, Nhật, Hàn Quốc … ,với các ưu điểm như giảm được trọng lượng bản thân kết cấu, thời gian thi công nhanh, thì trong tương lai gần loại kết cấu này chắc chắn sẽ được áp dụng rộng rãi trong các công trình xây dựng.

Kết cấu dầm, sàn liên hợp thép - bê tông thường được cấu tạo bởi tấm sàn bê tông cốt thép liên kết với dầm thép có tiết diện chữ I cán nóng hoặc tổ hợp qua các chốt hoặc các liên kết chịu cắt và cùng làm việc đồng thời trong giai đoạn sử dụng.

Khi nhịp lớn tải trọng không lớn thì cần tăng độ cứng của dầm, khi đó dầm bụng rỗng sẽ tỏ ra có lợi thế.

Một vấn đề cần quan tâm là việc lắp đặt các thiết bị phục vụ cho hoạt động của tòa nhà như đường ống kỹ thuật, đường điện, đường ống nước sao cho vừa để đảm bảo tính thẩm mỹ, và không ảnh hưởng đến kết cấu nhà. Dầm thép liên hợp có bụng khoét lỗ với mục đích để đặt các thiết bị xuyên qua vừa đảm bảo yêu cầu kiến trúc, vừa đảm bảo khả năng chịu lực là giải pháp hợp lý để lựa chọn.

2. MỤC TIÊU NGHIÊN CỨU

Chọn đường kính lỗ trên bản bụng dầm liên hợp thép bê tông sao cho có lợi nhất theo điều kiện độ võng và độ bền xấp xỉ nhau, đồng thời thỏa mãn các điều kiện ổn định cục bộ và mômen bền cục bộ.

3. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHẠM VI NGHIÊN CỨU

Dầm đơn giản liên hợp thép bê tông có bản bụng khoét lỗ chịu tải trọng phân bố đều.

4. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Căn cứ theo tiêu chuẩn Eurocode 3, Eurocode 4, hệ thống quy phạm, TCVN 5575:2012. Tiến hành tính toán các ví dụ số, để xác định đường kính lỗ sao cho hợp lý nhất, đảm bảo khả năng chịu lực của cấu kiện, nhờ đó sự làm việc sẽ hợp lý, tăng khả năng chịu lực của dầm.

5. KẾT QUẢ DỰ KIẾN

Khi thiết kế Dầm đơn giản liên hợp thép bê tông có bản bụng khoét lỗ chịu tải trọng phân bố đều, hiện nay thường tính toán để đảm bảo theo các yêu cầu chung đối với dầm liên hợp có bụng khoét lỗ gồm:

- Sức bền cắt của dầm tại vị trí lỗ phải lớn hơn lực cắt tính toán tại đó.
- Sức bền uốn của dầm tại vị trí lỗ phải lớn hơn mômen uốn tổng thể tại tiết diện lỗ.
- Tổng các sức bền uốn cục bộ của các tiết diện 2 bên lỗ phải lớn hơn mômen Vierendell.
- Kiểm tra ổn định bản bụng dầm.
- Kiểm tra điều kiện độ võng.

Tuy nhiên, kích thước (đường kính) lỗ phù hợp là vấn đề chưa được đặt ra, do vậy dự kiến sẽ đưa ra một hướng tính toán hợp lý về

kích thước lỗ, sao cho đảm bảo đồng thời điều kiện độ võng và độ bền là xấp xỉ nhau (có lợi nhất), bên cạnh thỏa mãn các điều kiện ổn định cục bộ và mômen bền cục bộ.

6. BỐ CỤC ĐỀ TÀI

Với mục đích và tiêu chí nêu trên, luận văn bao gồm phần mở đầu, phần kết luận kiến nghị và 3 chương chính như sau:

MỞ ĐẦU

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ KẾT CẤU LIÊN HỢP THÉP – BÊTÔNG.

CHƯƠNG 2: NGUYÊN LÝ TÍNH TOÁN DẦM THÉP LIÊN HỢP CÓ BỤNG ĐẶC VÀ BỤNG CÓ KHOÉT LỖ THEO TIÊU CHUẨN EUROCODE 4.

CHƯƠNG 3: CÁC VÍ DỤ BẰNG SỐ VỀ XÁC ĐỊNH KÍCH THƯỚC LỖ TRÊN BẢN BỤNG DẦM LIÊN HỢP THÉP BÊTÔNG.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.

CHƯƠNG 1
TỔNG QUAN VỀ TÍNH KẾT CẤU BÊ TÔNG CỐT THÉP

1.1. QUÁ TRÌNH NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG KẾT CẤU LIÊN HỢP THÉP – BÊTÔNG TRÊN THẾ GIỚI

Kết cấu liên hợp thép- bêtông là kết cấu mà thép chịu lực có dạng thép tấm, thép hình, thép ống. Nó có thể nằm ngoài bêtông (gọi là kết cấu thép nhồi bêtông), hay nằm bên trong bêtông (gọi là kết cấu thép bọc bêtông) hoặc được liên kết với nhau để cùng làm việc.

Lịch sử phát triển của kết cấu liên hợp thép- bêtông gắn liền với lịch sử phát triển kết cấu thép và kết cấu bêtông cốt thép.

Việc nghiên cứu ứng dụng và phát triển kết cấu liên hợp thép- bêtông dùng trong các lĩnh vực cầu đường, nhà cửa và các dạng công trình kỹ thuật khác đã và đang được rất nhiều quốc gia quan tâm.

Việc sử dụng kết cấu liên hợp thép – bêtông đã trải qua một quãng đường dài nhưng chính thức đưa vào tiêu chuẩn quốc gia thì gần đây mới được quan tâm rõ rệt. Ngay cả ở Mỹ, việc nghiên cứu ứng dụng bắt đầu từ thế kỷ 20 mà mãi đến năm 1944, lần đầu tiên mới được đưa vào tiêu chuẩn quốc gia AASHTO (The American Association of State Highway and Transportation), những lần ban hành sau này tiêu chuẩn AASHTO được sửa đổi và cải tiến dần. Một nước khác ở Châu Âu rất quan tâm đến kết cấu liên hợp théo – bêtông là nước Đức, họ đã ban hành tiêu chuẩn quốc gia DIN 1078 từ rất sớm. Sở dĩ như vậy là do sau chiến tranh thế giới lần thứ 2 (1939 – 1945) nước Đức bị tàn phá nặng nề, hàng loạt các công trình cầu đường, nhà của đòi hỏi

phải được phục hồi nhanh chóng đã buộc các kỹ sư Đức phải quan tâm đến kết cấu hỗn hợp thép – bêtông.

Sau khi tiêu chuẩn Mỹ (AASHTO) và Đức (DIN 1078) ban hành, hàng loạt các quốc gia khác dựa vào đó soạn thảo tiêu chuẩn cho nước mình. Gần đây Ủy ban cộng đồng Châu Âu CEC (The Commission of theo European Communities) thầy cần thiết phải có một bộ tiêu chuẩn thống nhất chung cho các quốc gia Châu Âu không chỉ về kết cấu hỗn hợp mà về kết cấu xây dựng nói chung. Bộ tiêu chuẩn gọi là European Codes (Eurocodes hay EC). Eurocode gồm chín tập đặt tên theo số thứ tự như sau :

1) Eurocode 1 : Cơ sở tính toán và các tác động lên công trình
2) Eurocode 2 : Kết cấu bêtông cốt thép
3) Eurocode 3 : Kết cấu thép
4) Eurocode 4 : Kết cấu liên hợp thép – bêtông
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

Bộ tiêu chuẩn về kết cấu liên hợp thép – bêtông (Eurocode 4) đã được đưa vào sử dụng vào năm 1997. Trong đó phần ENV 1994-4-1 là Tiêu chuẩn thiết kế kết cấu liên hợp cho xây dựng dân dụng. Toàn bộ gồm 268 trang, trong đó đầy đủ các phần từ vật liệu đến thiết kế sàn, dầm cột … bằng kết cấu liên hợp thép – bêtông.

Ở Việt Nam lý thuyết tính toàn cấu kiện liên hợp thép – bêtông

(bêtông cốt cứng) đã được đưa vào giáo trình "Kết cấu bêtông cốt thép- phần cấu kiện cơ bản" xuất bản năm 1995, dựa theo lý thuyết tính toán của Nga và còn khá đơn giản. Trong thực tế kết cấu liên hợp đã được sử dụng từ thời Pháp thuộc trong các sàn nhà dạng khối xây lõi thép. Trong thời gian gần đây tại Thành phố Hồ Chí Minh đã xây dựng tòa nhà Diamond Plaza, kết cấu khung thép bọc vật liệu chống cháy là xỉ lò cao. Giai đoạn hiện nay đã có một số thiết kế nhà cao tầng dùng kết cấu liên hợp thép – bêtông và sẽ được xây dựng tại Thành phố Hà Nội và thành phố Hồ Chí Minh. Cuối năm 2005 tại Hà Nội lần đầu tiên sử dụng sàn liên hợp để làm 500m^2 sàn nhà của Công ty xuất nhập khẩu Hồng Hà, 109 đường Trình Trinh, công trình do Công ty dàn không gian Tadis thiết kế. Với yêu cầu phát triển xây dựng hiện nay loại kết cấu này chắc chắn sẽ được sử dụng rộng rãi tại Việt Nam, trước hết là cho các nhà cao tầng khi chiều cao khoảng 30 tầng trở lên.

1.2. MỘT SỐ ƯU NHƯỢC DIỂM CỦA KẾT CẤU LIEN HỢP THEP – BETONG

Nhìn lại những kết quả nghiên cứu, các công trình đã xây dựng có thể thấy rằng, kết cấu liên hợp thép – bêtông có một số ưu điểm như sau:

+ Khả năng chống ăn mòn của thép được tăng cường. Điều này càng có ý nghĩa đối với công trình xây dựng ở cùng khí hậu có độ ẩm cao, công trình ven biển, các cấu kiện bị tiếp xúc với môi trường ăn mòn.

+ Khả năng chịu lửa tốt. Đối với các cấu kiện được bọc bêtông,

khả năng chịu lửa của thép được đảm bảo tốt hơn là thép bọc ngoài.

+ Khả năng chịu lực của vật liệu tăng (do thép chịu lực là chính) làm giảm kích thước của các cấu kiện, kết cấu sẽ thanh mảnh hơn so với kết cấu bêtông cốt thép thông thường, không gian sử dụng và hiệu quả kiến trúc tăng. Điều này thấy rõ khi so sánh kích thước của cấu kiện liên hợp với cấu kiện thép – bêtông không liên hợp và với cấu kiện bêtông cốt thép.

+ Tăng độ cứng của kết cấu. Điều này thấy rõ đối với các cột liên hợp thép- bêtông kể cả bọc ngoài hay nhồi trong đều làm giảm độ mảnh của cột thép làm tăng khả năng ổn định cục bộ cũng như tổng thể của thép.

+ Khả năng biến dạng lớn hơn kết cấu bêtông cốt thép, đó là ưu điểm lớn khi chịu tải trong động đất. Nhận định này đã được khảo sát kỹ ở Nhật Bản.

+ Có thể tạo kết cấu ứng lực trước trong khi thi công, tăng hiệu quả sử dụng vật liệu, nhất là vật liệu cường độ cao.

+ Có thể dễ dàng dùng phương pháp thi công hiện đại (phương pháp thi công ván khuôn trượt, thi công lắp ghép) làm tăng tốc độ thi công, sớm đưa công trình vào sử dụng.

+ Kết cấu liên hợp thép- bêtông có thể đạt hiệu quả kinh tế cao. So với kết cấu bêtông cốt thép thông thường thì lượng thép dùng trong kết cấu liên hợp lớn hơn, nhưng đôi khi chưa hẳn là đắt hơn. Nếu đánh giá hiệu quả kinh tế một cách toàn diện, có thể chi phí vật liệu cao nhưng bù lại bởi tốc độ thi công nhanh, sớm quay vòng vốn thì rất có thể công trình sẽ rẻ hơn.

NHẬN XÉT CHƯƠNG 1

Phần mở đầu và chương 1 của luận văn đã xác định được các vấn đề: Tính cấp thiết và tình hình nghiên cứu ứng dụng thực tế của đề tài, luận văn đã xác định được mục tiêu nghiên cứu, đối tượng, phạm vi, và phương pháp nghiên cứu… Đồng thời làm rõ các vấn đề tổng quan về sự làm việc kết cấu Liên hợp thép bê tông trong công trình xây dựng dân dụng. Kết quả đạt được là cơ sở để thực hiện nhiệm vụ nghiên cứu ở các chương 2 và 3.

CHƯƠNG 2
LÝ THUYẾT TÍNH TOÁN DẦM LIÊN HỢP ĐƠN GIẢN

2.1 TÍNH TOÁN DẦM LIÊN HỢP ĐƠN GIẢN CÓ BỤNG ĐẶC

2.1.1. Giới thiệu chung về dầm liên hợp có bụng đặc

a. Các đặc trưng tiết diện

+ Tỉ số mô đun đàn hồi giữa thép và bê tông

$$n_e = n_s + \rho_1 (n_1 - n_s)$$

+ Bề rộng hiệu quả của sàn bê tông làm việc cùng dầm thép

b. Phân loại tiết diện ngang

- Tiết diện loại 1; Tiết diện loại 2; Tiết diện loại 3; Tiết diện loại 4

2.1.2. Kiểm tra dầm liên hợp tiết diện đặc theo trạng thái giới hạn về cường độ

a. Nhịp tính toán của dầm

Nhịp tính toán của dầm được lấy bằng khoảng cách tâm giữa các gối đỡ nhưng không lớn hơn khoảng cách thông thuỷ giữa các gối đỡ cộng thêm bề rộng dầm.

b. Phân tích dầm liên hợp

- Phân tích đàn hồi;
- Phân tích dẻo.

2.1.3. Sức bền của tiết diện đối với mô men uốn

a. Mô men bền dẻo

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

Mô men bền dẻo (lấy đối với trọng tâm vùng bê tông sàn chịu nén) xác định theo công thức:

$$M_{pl,Rd} = F_a\left(\frac{h_a}{2} + h_c + h_p - \frac{z}{2}\right)$$

+ Trường hơp 2: Trục trung hoà nằm trong bản cánh của dầm thép

Mô men bền dẻo của tiết diện (lấy đối với trọng tâm phần tiết diện bê tông phía trên sườn tôn):

$$M_{pl,Rd} = F_a\left(\frac{h_a}{2} + \frac{h_c}{2} + h_p\right) - (F_a - F_c)\left(\frac{z}{2} + \frac{h_p}{2}\right)$$

+ Trường hợp 3: Trục trung hòa nằm trong bản bụng của dầm thép

Mô men bền dẻo được tính toán so với trọng tâm thép hình:

$$M_{pl,Rd} = M_{apl,Rd} + F_c\left(\frac{h_a}{2} + \frac{h_c}{2} + h_p\right) - \frac{F_c^2}{4t_w(f_y/\gamma_a)}$$

b. Khả năng chịu uốn của dầm liên hợp khi lực cắt lớn

Khả năng chịu cắt của dầm xác định theo công thức:

$$V_{pl,Rd} = A_v \frac{f_y/\sqrt{3}}{\gamma_a}$$

c. Kiểm tra dầm tổ hợp bị oằn ngang

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} M^{-}_{pl,Rd} \qquad (2.23)$$

2.1.4. Tính toán chi tiết liên kết chịu cắt

a. Đại cương

- Liên kết được coi là "dẻo".

- Các liên kết dạng khối cứng như: các thanh thép hình chữ T**,** chữ

[, khối hộp, ... thuộc liên kết "không dẻo".

b. Sức bền chịu cắt của chi tiết liên kết dạng chốt trong sàn bê tông

$$P_{Rd}^{1} \le \frac{0{,}8 f_u (\pi d^2/4)}{\gamma_v} \; ; \; P_{Rd}^{2} \le \frac{0{,}29 \varepsilon d^2 \sqrt{f_{ck} E_{cm}}}{\gamma_v}$$

b. Chi tiết liên kết chịu cắt dạng chốt có mũ trong sàn liên hợp

+ Khi tấm tôn thép bố trí vuông góc với dầm

+ Khi tấm tôn thép bố trí song song với dầm

d. Bố trí chi tiết liên kết chịu cắt

2.1.5. Tính toán cốt thép cho phương vuông góc với trục dầm

a. Sức bền cắt của phần cánh bê tông

$$V_{Rd} = \min\left[V_{Rd}^{(1)}, V_{Rd}^{(2)}\right]$$

$$V_{Rd}^{(1)} = 2{,}5\ \tau_{Rd} L_s + A_e \frac{f_{sk}}{\gamma_s} \; ; \; V_{Rd}^{(2)} = 0{,}2\ L_s \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

b. Cấu tạo cốt thép ngang cho dầm liên hợp ở biên

2.1.6 Kiểm tra dầm liên hợp đặc tại trạng thái giới hạn sử dụng

a. Đại cương

b. Tính toán độ võng của dầm đơn giản

+ Tỷ số mô đun đàn hồi giữa thép và bê tông

+ Mô men quán tính của tiết diện tại giữa nhịp dầm

+ Độ võng của dầm khi liên kết giữa dầm thép và bản sàn là hoàn toàn

+ Độ võng của dầm khi liên kết là không hoàn toàn

c. Giới hạn vết nứt trong dầm liên hợp

2.2. LÝ THUYẾT TÍNH TOÁN DẦM LIÊN HỢP THÉP - BÊ TÔNG CÓ BẢN BỤNG KHOÉT LỖ

Dầm liên hợp thép - bê tông có bụng khoét lỗ được tạo thành bởi một dầm thép hình chữ I cán nóng trong đó phần bụng dầm được cắt rời ra thành hai nửa theo hình zích zắc, sau đó các đỉnh nhô cao của hình zích zắc này được hàn lại với nhau (hai nửa của tiết diện dầm tịnh tiến dọc theo trục dầm một nửa bước) hình thành lên các lỗ ở bụng dầm. Khi đó chiều cao dầm cũng tăng theo, có thể gấp 1,5 lần chiều cao ban đầu.

2.2.1. Ưu điểm của dầm thép hình chữ I có bụng khoét lỗ

- Mô men quán tính, mô men chống uốn, ... đều lớn hơn so với dầm có bụng không đục lỗ;
- Sử dụng vật liệu tiết kiệm hơn, gia tăng khả năng chịu uốn và hạn chế độ võng;
- Thuận tiện để bố trí các đường ống kỹ thuật (điện, nước, điều hoà không khí, ...) phục vụ cho công trình.

2.2.2. Nhược điểm của dầm thép hình chữ I có bụng khoét lỗ

- Do quá trình gia công nên mép các lỗ ở bụng dầm thường bị biến cứng nguội;
- Loại dầm này thường chỉ được sử dụng trong trường hợp nhịp chịu uốn lớn, tải trọng nhỏ;
- Do công nghệ chế tạo phức tạp nên *ở* nước ta loại kết cấu này chưa được ứng dụng phổ biến, vì vậy giá thành chế tạo còn đắt.

2.2.3 Sự làm việc của dầm liên hợp thép - bê tông xung quanh lỗ

Tổng mô men uốn cục bộ (còn gọi là mô men Vierendeel) tác dụng lên các phần tiết diện phía trên và dưới hai bên lỗ mở là:

$$M_{v,Sd} = M_{bl} + M_{bh} + M_{tl} + M_{th} = (V_b + V_t)l = V_{Sd}l$$

Mô men cục bộ này phụ thuộc vào sự biến đổi của mô men tổng thể trên chiều dài nhịp dầm (do đó gây nên sự thay đổi giá trị lực cắt) qua vị trí lỗ mở và chiều dài lỗ mở. Mô men này sẽ do sức bền uốn cục bộ của các phần tiết diện phía trên và dưới lỗ mở chịu.

2.2.4. Yêu cầu và chỉ dẫn tính toán dầm liên hợp có bản bụng khoét lỗ

a. Các yêu cầu chung

+ Sức bền cắt của dầm tại vị trí lỗ phải lớn hơn lực cắt tính toán tại đó. Thông thường sàn bê tông cũng tham gia vào khả năng chịu cắt của dầm. Thí nghiệm chỉ ra rằng bề rộng hiệu quả của sàn đóng góp vào khả năng chịu cắt chung là ba lần chiều dày sàn.

+ Sức bền uốn của dầm tại vị trí có lỗ phải lớn hơn mô men uốn tổng thể tại tiết diện lỗ, có xét đến liên kết giữa sàn và dầm thép là không hoàn toàn, nếu có. Vì lí do này không nên bố trí lỗ mở trên bụng dầm quá gần gối tựa do số lượng chi tiết liên kết chịu cắt giữa dầm thép và sàn không đủ đảm bảo (trên chiều dài từ gối tựa đến lỗ). Ngoài ra dầm thép có lỗ ở bụng phải có khả năng chịu được tải trọng trong quá trình thi công khi sự làm việc liên hợp chưa diễn ra;

+ Mô men Vierendeel xuất hiện trên tiết diện xung quanh lỗ mở do sự truyền lực cắt qua tiết diện lỗ. Sức bền uốn đối vói mô men Vierendeel phụ thuộc vào sức bền cục bộ của các phần tiết diện thép trên và dưới lỗ mở và được tăng cường khi có sự làm việc liên họp

giữa phần tiết diện phía trên lỗ với bản sàn bên trên. Tổng các sức bền uốn cục bộ của các phần tiết diện hai bên lỗ phải lớn hơn giá trị mô men bằng lực cắt tại tâm lỗ nhân vói chiều dài hiệu quả lỗ mở. Thông thường các sườn tăng cường có thể được hàn bổ xung bên trên và dưới lỗ mở để tăng cường cho sức bền uốn cục bộ của các phần tiết diện;

+ Kiểm tra oằn ngang: Phần cánh dầm thép phía trên lỗ chịu nén dưới tác dụng của mô men uốn tổng thể dương có thể bị oằn cục bộ trong giai đoạn thi công, khi mà sàn bê tông chưa đủ cường độ. Khi xác định các đặc trưng chống uốn của các phần tiết diện phía trên và phía dưới lỗ, thì chiều dày bản cánh và bụng dầm thép được quy đổi thành chiều dày hiệu quả khi xét đến ảnh hưởng của sự oằn ngang. Để hạn chế hiện tường oằn ngang, bản cánh và bản bụng dầm thép nên là tiết diện loại 1 hoặc loại 2;

+ Mất ổn định bụng dầm: Lực cắt làm bụng dầm chịu nén và bản bụng sẽ xảy ra hiện tường bị oằn khi có tỉ số giữa chiều cao bụng và chiều dày lớn. Hiện tượng oằn bản bụng cũng có thể xảy ra khi có lỗ mở liền kề và chịu tác dụng của một lực ngang lớn gần gối tựa. Bụng dầm cần được kiểm tra chống oằn theo các điều kiện tại trạng thái giới hạn về phá hoại;

+ Do ảnh hưởng của lỗ mở, độ võng của dầm liên họp tại tiết diện giữa nhịp sẽ lớn hơn so với dầm không có lỗ. Các kết quả nghiên cứu cho thấy, độ võng tăng thêm do ảnh hưởng của một lỗ mở là tương đối nhỏ (thường là 5% tăng lên so với dầm đặc), tuy nhiên giá trị độ võng tăng thêm này sẽ là đáng kể khi bụng dầm có một chuỗi các lỗ

mở. Dầm cần được kiểm ưa độ võng tại trạng thái giới hạn làm việc.

b. Các chỉ dẫn tính toán dầm liên hợp có bụng khoét lỗ

Việc tính toán dầm liên họp có lỗ ở bản bụng đã được nghiên cứu từ rất lâu và có nhiều tài liệu đến vần đề này.

Phương pháp tính và kiểm tra dầm liên hợp có lỗ đã được trình bày rất rõ ràng trong ấn bản "Design for opening in the web of composite beams" do tác giả R. M. Lawson thuộc Viện kết cấu thép xây dựng Anh quốc xuất bản năm 1987 phù họp với tiêu chuẩn BS 5950. Các để xuất về tính toán đó đã được kiểm tra và điều chỉnh thông qua một loạt các thí nghiệm với các dầm mẫu theo kích thước thực và được đề cập trong tài liệu "Test on composite beams with large web opening to justify existing method" do hai tác giả R. M. Lawson và K. F. Chung thực hiện.

Với sự ra đời của Eurocode 4, phương pháp tính toán dầm liên hợp có lỗ phù hợp với Eurocodes lần đầu tiên được đề cập và giới thiệu trong tài liệu "Simplified design of composite beams with large web opening to Eurocode 4".

Các đề xuất tính toán trên được kiểm chứng thông qua thí nghiệm với các dầm mẫu theo kích thước thực tại đại học Warwick. Các đề xuất tính toán dưới đây do hai tác giả R. M. Lawson và K. F. Chung thực hiện tuân theo các quan niệm tính toán kết cấu thép và các thuật ngữ theo tiêu chuẩn Eurocodes.

2.2.5. Kiểm tra dầm liên hợp tại vị trí khoét lỗ tại trạng thái giới hạn phá hoại

a. Khả năng chịu uốn

+ Trường hợp 1: Trục trung hoà nằm trong bản sàn bê tông

Mô men bền dẻo của tiết diện liên hợp lấy đối với trọng tâm vùng bê tông chịu nén bằng:

$$M_{pl,Rd}=F_{at}\left(h_c-\frac{z}{2}+h_p+y_t\right)+F_{ab}\left(h_c-\frac{z}{2}+h_p+h_a-y_b\right)$$

+ Trường hơp 2: Trục trung hoà nằm trong cánh trên của dầm thép

Mô men bền dẻo của tiết diện liên hợp lấy đối với trọng tâm vùng bê tông chịu nén bằng:

$$M_{pl,Rd}=F_{at}\left(\frac{h_c}{2}+h_p+y_t\right)+F_{ab}\left(\frac{h_c}{2}+h_p+h_a-y_b\right)-2F_{atl}\left(\frac{h_c}{2}+h_p+\frac{z_f}{2}\right)$$

+ Trường hợp 3: Trục trung hòa nằm trong bụng của dầm thép

Mô men bền dẻo của tiết diện liên hợp lấy đối với trọng tâm của tiết diện thép hình bằng:

$$M_{pl,Rd}=M_{apl,Rd}+F_c\left(\frac{h_c}{2}+h_p+t_f+d_t+\frac{z_w}{2}\right)-(F_{at}-F_{ab})\left(\frac{h_c}{2}+h_p+t_f+d_t+\frac{z_w}{2}\right)$$

b. Khả năng chịu cắt

+ Tại vị trí lỗ, khả năng chịu cắt của bản bụng dầm không có sườn gia cường được tính như sau:

$$V_{a,Rd}=\frac{f_y}{\gamma_a}0{,}9(A_{vl}+A_{v2})=0{,}577.\frac{f_y}{\gamma_a}0{,}9(A_{vl}+A_{v2})$$

c. Khả năng chịu uốn cục bộ của tiết diện dầm liên hợp tại vị trí đi qua lỗ

+ Lực kéo lớn nhất: T_{Rd1}

+ Lực nén lớn nhất $F_{Rd,0}$

+ Giá trị lực kéo T_1 và lực nén T_2

+ Mô men bền uốn cục bộ của tiết diện phía dưới lỗ được giảm đi do ảnh hưởng của lực cắt và lực kéo

+ Mô men bền uốn cục bộ của tiết diện dầm thép phía trên lỗ được giảm đi do ảnh hưởng của lực cắt và lực kéo

+ Mô men bền uốn cục bộ do sự làm việc liên hợp giữa tiết diện dầm thép phía trên lỗ và bản bê tông xác định theo công thức:

d. Kiểm tra ổn định bản bụng dầm

+ Đối với phần bụng dầm thép chịu nén phía trên lỗ

Bụng dầm chịu nén dưới tác dụng của lực cắt, do đó cần được giới hạn độ mảnh để tránh hiện tượng mất ổn định cục bộ.

Chiều cao làm việc của phần bụng dầm phía trên lỗ không có sườn gia cường:

$$d_{eff} = d_t\sqrt{1-\left(\frac{38t_w\varepsilon}{l}\right)^2}$$

+ Đối với phần bụng dầm thép chịu nén bên cạnh lỗ

+ Tính toán lực nén tác dụng lên bản bụng bên cạnh lỗ: $F_c = \frac{V_{Sd}}{2}$

+ Tính toán khả năng chịu oằn của phần bụng bên cạnh lỗ

e. Các yêu cầu cấu tạo cho lỗ mở

Đối với lỗ hình chữ nhật không có sườn gia cường:

▪ Chiều cao lỗ d_o thoả mãn: $\frac{d_0}{h_a} \leq 0{,}65$;

▪ Chiều dài lỗ l thoả mãn: $\frac{l}{d_o} \leq 0{,}20$;

Đối với lỗ hình tròn thì đường kính lỗ d_o thoả mãn: $\frac{d_0}{h_a} \leq 0{,}7$.

Các lỗ mở có sườn gia cường thì $\frac{d_0}{h_a} \leq 0{,}75$ và : $\frac{l}{d_o} \leq 0{,}3$

f. Ứng dụng của dầm liên hợp với lỗ mở trong thực tế

2.2.6. Kiểm tra dầm liên hợp có lỗ tại trạng thái giới hạn sử dụng

a. Đối với dầm liên hợp chịu tải trọng phân bố đều, độ võng tăng thêm tại giữa nhịp dầm do ảnh hưởng của một lỗ mở δ_{bi} được xác định theo công thức:

$$\delta_{bi} = 19{,}2\left(1-\frac{x_i}{L}\right)\left(\frac{x_i}{L}\right)^2 \frac{l_i}{L}\left(\frac{EI}{EI_o}-1\right)\delta_o$$

b. Đối với dầm liên hợp chịu tải trọng phân bố đều, độ võng tăng thêm do mô men uốn cục bộ (mô men Vierendeel) gây ra tại giữa nhịp dầm δ_{si} được xác định theo công thức:

$$\delta_{si} = 0{,}8\left(1-\frac{x_i}{L}\right)\left(\frac{x_i}{L}\right)^3 \frac{l_i}{L}\left(\frac{EI}{EI_v}\right)\delta_o$$

c. Đối với dầm liên hợp có một chuỗi các lỗ trên bụng dầm thì độ võng tăng thêm do ảnh hưởng của tất cả các lỗ này bằng:

$$\sum_{i=1}^{n}(\delta_{bi}+\delta_{si}) \leq 0{,}2\delta_o \frac{d_o}{h_a}$$

d. Độ võng tổng cộng tại giữa nhịp của dầm liên hợp do chuỗi các lỗ gây ra bằng:

$$\delta = \delta \sum_{i=1}^{n} (\delta_{bi} + \delta_{si})$$

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 có bản bụng đặc và bản bụng khoét lỗ 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 mômen bền dẻo, khả năng chịu cắt của tiết diện dầm liên hợp, và tính toán liên kết chốt giữa bản sàn với dầm thép.

CHƯƠNG 3

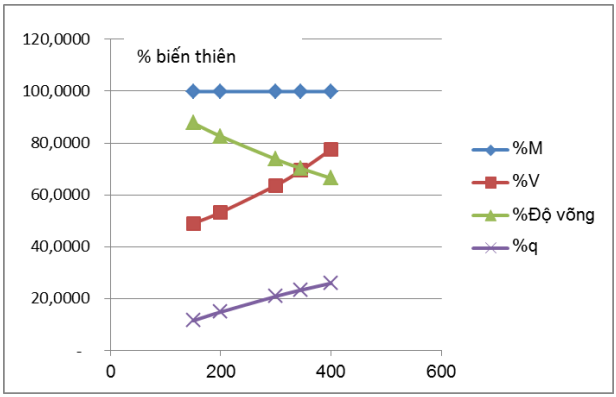
VÍ DỤ TÍNH TOÁN

3.1 TÍNH TOÁN DẦM ĐẶC I500

3.2 TÍNH DẦM ĐẶC I500 KHOÉT LỖ 3450MM

3.3 TÍNH TOÁN TƯƠNG TỰ VỚI DẦM ĐẶC I500 VỚI CÁC LỖ ĐƯỜNG KÍNH 150MM, 200MM, 300MM VÀ 400MM:

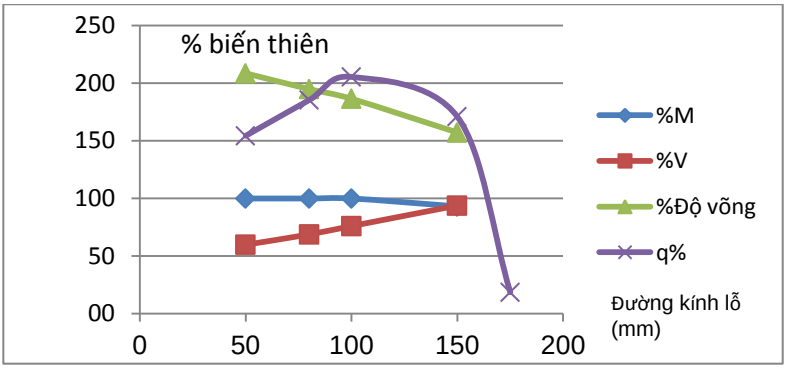
Ta có các số liệu và biểu đồ



+ Nhận xét đối với dầm I500 sau khi thay đổi đường kính lỗ: Xét tại đường kính 345mm ta có %%V và % độ võng là xấp xỉ nhau, tải trọng tăng so với tải trọng ban đầu 23,3%. Các điều kiện ổn định cục bộ và Mô men bền cục bộ đều thỏa mãn, do vậy lỗ đường kính 345mm là hợp lý.

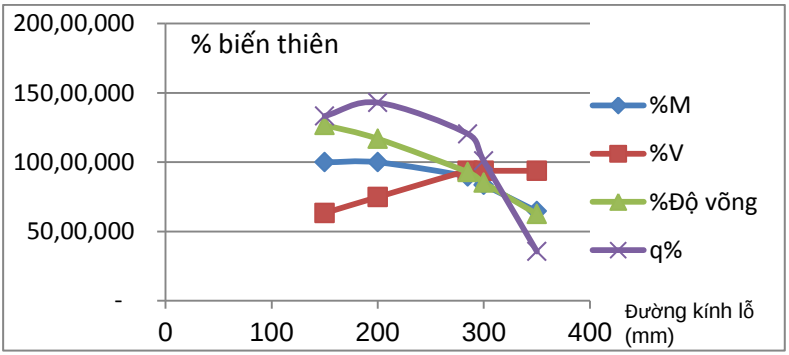
3.4 TÍNH TOÁN TƯƠNG TỰ VỚI DẦM I200, I300, I400 VÀ I600

+ Đối với dầm I200:



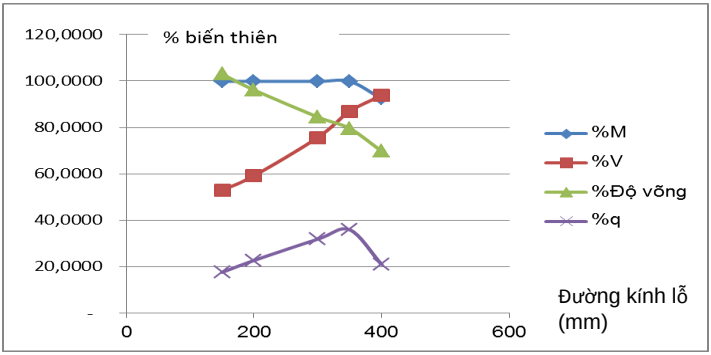
Nhận định khi khoét lỗ và ghép lại thì độ võng có giảm tuy nhiên vẫn không thỏa mãn điều kiện sử dụng. Do vậy, ứng với trường hợp này nếu ta cho tải trọng tác dụng nhỏ hơn q thiết kế để cho %độ võng <100 thì lựa chọn lỗ khoét 150 là hợp lý nhất.

+ Đối với dầm I300:



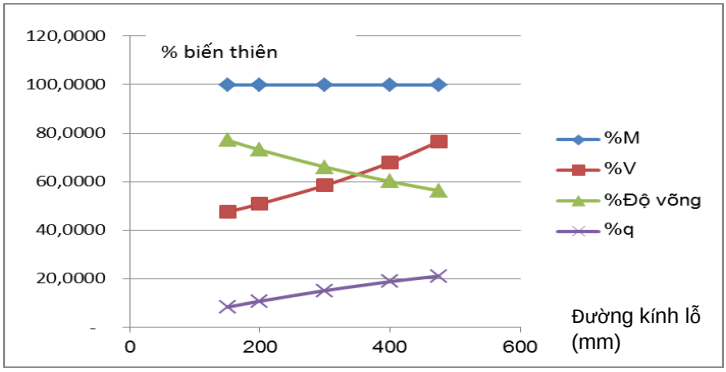
Xét tại đường kính 285mm ta có %%V và % độ võng là xấp xỉ nhau, tải trọng tăng so với tải trọng ban đầu 20,31%. Các điều kiện ổn định cục bộ và Mô men bền cục bộ đều thỏa mãn, do vậy lỗ đường kính 285mm là hợp lý.

+ Đối với dầm I400:



Xét tại đường kính 330mm ta có %%V và % độ võng là xấp xỉ nhau, tải trọng tăng so với tải trọng ban đầu 34,35%. Các điều kiện ổn định cục bộ và Mô men bền cục bộ đều thỏa mãn, do vậy lỗ đường kính 330mm là hợp lý.

+ Đối với dầm I600:



Xét tại đường kính 370mm ta có %%V và % độ võng là xấp xỉ nhau, tải trọng tăng so với tải trọng ban đầu 17,8%. Các điều kiện ổn

định cục bộ và Mô men bền cục bộ đều thỏa mãn, do vậy lỗ đường kính 370mm là hợp lý.

NHẬN XÉT CHƯƠNG 3

Chương 3 đã đưa ra được ví dụ tính toán cụ thể đối với các dầm liên hợp thép bê tông có bản bụng đặc và bản bụng khoát lỗ có đường kính thay đổi. Ứng với mỗi dầm khoét các lỗ đường kính khác nhau đề tìm được một đường kính lỗ phù hợp mà tại đó độ bền và độ võng là xấp xỉ nhau.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. KẾT LUẬN

Luận văn tập trung nghiên cứu khả năng chịu lực của dầm liên hợp thép - bê tông đơn giản chịu tải trọng phân bố đều. Kết quả nghiên cứu cho phép rút ra một số kết luận sau:

- Trong dầm liên hợp thép – bê tông, việc chế tạo dầm thép có bản bụng khoét lỗ từ dầm đặc ban đầu sẽ cho dầm thép có bản bụng khoét lỗ có chiều cao tiết diện lớn hơn tiết diện dầm đặc ban đầu. Độ tăng chiều cao của dầm thép có bản bụng khoét lỗ sẽ tăng theo đường kính lỗ khoét do vậy giảm độ võng của dầm.

- Xác định được tiết diện hợp lý của dầm thép có bản bụng khoét lỗ được tạo thành từ dầm đặc ban đầu sẽ cho ta một dầm thép có bản bụng khoét lỗ với khả năng chịu lớn hơn khả năng chịu lực của dầm đặc ban đầu, bên cạnh đó tiết diện tận dụng hết khả năng làm việc dẫn đến tiết kiệm được vật liệu.

- Đối với các dầm đặc I300, I400, I500, I600 khi cần tăng chiều cao dầm để đảm bảo độ võng và bền xấp xỉ nhau thì lỗ khoét hợp lý là 285mm, 330mm, 345mm và 370mm.

2. KIẾN NGHỊ

- Trong điều kiện thực tế chưa có tiêu chuẩn Việt Nam về tính toán kết cấu liên hợp thép – bê tông, tác giả đề xuất sử sụng tiêu chuẩn EC4 để tính toán sự làm việc của kết cấu.

- Các kết quả tính toán trong đề tài dựa trên tiêu chuẩn EC4 với một số điều kiện giả thiết nhất định nhằm đơn giản hóa bài toán, do vậy để có tiết diện hợp lý và đúng so với yêu cầu của thực tế công trình thì cần phải nghiên cứu thêm bằng thực nghiệm và phát triển các công thức từ lý thuyết, nguyên lý tính toán theo EC4.

3. HƯỚNG PHÁT TRIỂN ĐỀ TÀI

- Nghiên cứu tính toán tối ưu hóa tiết diện sau khi lựa chọn được đường kính lỗ hợp lý./.