

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ XÂY DỰNG

VIỆN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

HOÀNG ANH GIANG

**NGHIÊN CỨU SỰ LÀM VIỆC CỦA PANEL SÀN RỔNG
BÊ TÔNG ỨNG LỰC TRƯỚC ĐÚC SẴN CHỊU LỬA**

Chuyên ngành: Kỹ thuật xây dựng

Mã số: 9580201

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

HÀ NỘI - 2019

Luận án được hoàn thành tại
Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng – Bộ Xây dựng

Người hướng dẫn khoa học:

1- PGS. TS. Trần Chung

2- TS. Nguyễn Cao Dương

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Phản biện 3:

Luận án được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận án cấp Viện họp tại
Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng vào hồi:

..... giờ, ngày tháng năm 2019

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- Thư viện Quốc gia Việt Nam
- Thư viện của Viện KHCN Xây dựng

MỞ ĐẦU

1. Sự cần thiết của đề tài nghiên cứu

Xu hướng sử dụng các dạng cấu kiện đúc sẵn trong xây dựng đang ngày càng phát triển. Các panel sàn bê tông ứng lực trước đúc sẵn có lõi rỗng tiết diện tròn hoặc ovan chạy xuyên hết chiều dài (dưới đây gọi chung là “panel sàn rỗng”) là một trong những ví dụ điển hình cho việc sử dụng cấu kiện bê tông đúc sẵn trong các công trình nhà ở Việt Nam. Quy trình tính toán thiết kế, công nghệ chế tạo được nhập đồng bộ từ nước ngoài nhưng sử dụng các dạng vật liệu, nhân công và trình độ quản lý sẵn có trong nước.

Yêu cầu về đảm bảo an toàn cháy cho công trình hiện nay ở Việt Nam đang ngày càng chặt chẽ, đòi hỏi các cấu kiện chịu lực, ngăn cách phải được đánh giá về khả năng chịu lửa theo các chỉ tiêu khác nhau như: tính toàn vẹn (E), tính cách nhiệt (I), và khả năng chịu lực (R). Các kết quả nghiên cứu đã có cho thấy, khả năng chịu lửa của cấu kiện bê tông cốt thép phụ thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó có vật liệu được sử dụng để chế tạo bê tông. Hiện nay, việc sử dụng cốt liệu mịn được nghiền từ các loại đá tự nhiên (cát nghiền) thay thế cho cát vàng truyền thống trong chế tạo bê tông đang dần trở thành nhu cầu cấp bách do những khó khăn về nguồn vật liệu tự nhiên. Như vậy, để đánh giá khả năng chịu lửa cho các cấu kiện panel sàn rỗng được chế tạo và sử dụng trong điều kiện cụ thể của Việt Nam nếu chỉ xét đến việc tuân thủ công nghệ và qui trình vận hành dây chuyền sản xuất theo đúng hướng dẫn của nhà cung cấp thiết bị là chưa đủ. Những yếu tố mang tính địa phương như vật liệu để chế tạo bê tông hay các yếu tố liên quan đến tay nghề cũng như trình độ quản lý sản xuất có ảnh hưởng như thế nào tới khả năng chịu lửa của cấu kiện cần được làm sáng tỏ.

Trên thế giới đã có những kết quả nghiên cứu về các nội dung khác nhau của panel sàn rỗng chịu lửa, song những khía cạnh nêu trên đòi hỏi cần được nghiên cứu để làm rõ thêm trong điều kiện Việt Nam.

Về thử nghiệm, Việt Nam hiện nay đã có thiết bị phục vụ thử nghiệm đốt đánh giá khả năng chịu lửa của cấu kiện và bộ phận công trình theo cả phương đứng và phương ngang phù hợp với các tiêu chuẩn

tiên tiến của quốc tế và châu Âu. Song để đảm bảo khai thác hiệu quả hệ thống thiết bị đó đòi hỏi quy trình thử nghiệm cần được xây dựng chi tiết, cụ thể hơn cho từng loại cấu kiện.

Về lý thuyết, phương pháp tính toán khả năng chịu lửa của panel sàn rỗng đòi hỏi phải xem xét kết hợp một số hiện tượng diễn ra đồng thời và thay đổi theo thời gian, ví dụ, sự gia tăng của nhiệt độ bề mặt cấu kiện ở phía lộ lửa cũng như bên trong tiết diện; sự thay đổi theo nhiệt độ của các tính chất cơ học và vật lý của vật liệu hoặc của hiệu ứng căng trước trong cốt thép căng, ...

Những phân tích trên cho thấy vấn đề nghiên cứu sự làm việc chịu lửa của panel sàn rỗng bê tông ứng lực trước đúc sẵn được sản xuất tại Việt Nam là cần thiết, có ý nghĩa cả về thực tiễn và khoa học trong bối cảnh hiện nay.

2. Mục đích, đối tượng và phạm vi nghiên cứu

2.1. Mục đích

- Nghiên cứu ứng xử của vật liệu bê tông cốt liệu cát nghiền chịu nén ở nhiệt độ cao.
- Nghiên cứu đánh giá tính năng chịu lửa của panel sàn rỗng bê tông ứng lực trước đúc sẵn có đặc điểm cấu tạo riêng đang được sản xuất và sử dụng tại Việt Nam.
- Đưa ra những kiến nghị về khía cạnh đảm bảo an toàn cháy cho việc nghiên cứu, thiết kế hoặc sử dụng sản phẩm panel sàn rỗng trong thực tế.
- Rút ra các qui trình và giải pháp thực nghiệm phù hợp, tạo cơ sở cho việc khai thác hiệu quả các điều kiện hiện có trong nước phục vụ những nghiên cứu mở rộng hơn, cả trên phương diện thực nghiệm cũng như phân tích mô hình số để đánh giá tính năng chịu lửa của cấu kiện bê tông cốt thép nói chung và cấu kiện bê tông ứng lực trước đúc sẵn nói riêng với các đặc điểm cấu tạo khác nhau.

2.2. Đối tượng

Panel sàn rỗng bê tông ứng lực trước đúc sẵn, là sản phẩm đang được sản xuất và sử dụng tại Việt Nam, được chế tạo từ bê tông cốt liệu cát nghiền có cường độ chịu nén mẫu trụ tiêu chuẩn ở nhiệt độ thường

khoảng 60 MPa (dưới đây gọi chung là *bê tông cường độ cao cốt liệu cát nghiền*)

2.3. Phạm vi

- Nghiên cứu tập trung vào cấu kiện đơn làm việc chịu uốn theo sơ đồ dầm đơn giản, chịu tải trọng thiết kế và chịu lửa tiêu chuẩn theo ISO 834-1;
- Nghiên cứu làm rõ về phân bố nhiệt độ trong quá trình chịu lửa của kết cấu và ảnh hưởng của nhiệt độ cao đến cường độ chịu nén và ứng suất bám dính với cốt thép của loại bê tông được sử dụng để chế tạo panel sàn rỗng.

3. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu thực nghiệm chịu lửa trên cấu kiện thực kết hợp với nghiên cứu trên mô hình số.

4. Nội dung nghiên cứu

- Ảnh hưởng của nhiệt độ cao đến cường độ chịu nén của bê tông cường độ cao cốt liệu cát nghiền, là loại vật liệu đang được sử dụng để chế tạo các panel sàn rỗng;
- Ảnh hưởng của nhiệt độ cao đến sự bám dính giữa bê tông cường độ cao cốt liệu cát nghiền với cốt thép cường độ cao sợi đơn;
- Phân tích mô hình số của panel sàn rỗng bê tông cường độ cao cốt liệu cát nghiền chịu lửa và chịu tải trọng;
- Thử nghiệm đốt đối với sản phẩm panel sàn rỗng có chất thêm tải trọng và không chất thêm tải trọng.

5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của nghiên cứu

- Có được những đặc điểm chính về sự làm việc chịu lửa của panel sàn rỗng bê tông ứng lực trước, cụ thể gồm diễn biến về biên dạng, chuyển vị, phân bố nhiệt độ trong cấu kiện và hình thức hỏng về khả năng chịu lửa của cấu kiện.
- Xây dựng cơ sở về thực nghiệm và lý thuyết phục vụ nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ cao đến một số tính chất cơ học của bê tông cường

độ cao cốt liệu cát nghiền, qua đó cung cấp số liệu phục vụ tính toán thiết kế chịu lửa các cấu kiện bê tông sử dụng loại vật liệu này;

– Xác định quy trình và phương pháp tính toán tác động của lửa lên các cấu kiện bê tông cốt thép ứng lực trước, đặc biệt là các cấu kiện với tiết diện có lõi rỗng, khi áp dụng các phần mềm phân tích kết cấu theo phương pháp PTHH;

– Làm rõ khả năng thực hiện trong nước đối với các thử nghiệm liên quan đến vật liệu, cấu kiện trong điều kiện chịu lửa;

– Xây dựng quy trình kiểm tính về khả năng chịu lửa của các cấu kiện bê tông cốt thép chịu tác động của lửa khi áp dụng một phần mềm phân tích kết cấu cụ thể.

– Rút ra những kiến nghị cho công tác nghiên cứu, thiết kế và sử dụng các sản phẩm panel sàn rỗng trong điều kiện chịu lửa.

6. Cấu trúc của luận án

Ngoài các phần: Mở đầu; Kết luận; Thư mục tham khảo; Phụ lục A và Phụ lục B, nội dung chính của luận án gồm 4 chương: Chương 1: Tổng quan về vấn đề nghiên cứu; Chương 2: Ảnh hưởng của nhiệt độ cao đến cường độ chịu nén và sự bám dính với cốt thép cường độ cao sợi đơn của bê tông cường độ cao cốt liệu cát nghiền; Chương 3: Nghiên cứu sự làm việc chịu lửa của panel sàn rỗng trên mô hình PTHH; và Chương 4: Nghiên cứu thực nghiệm về sự làm việc của panel sàn rỗng chịu lửa.

CHƯƠNG 1

TỔNG QUAN VỀ VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

1.1 Tình hình nghiên cứu về sự làm việc chịu lửa của panel sàn rỗng

1.1.1 Nghiên cứu ở nước ngoài

1.1.1.1 Nghiên cứu thực nghiệm

Trình bày tóm lược những vấn đề nghiên cứu và các kết quả chính được đề cập trong 10 công bố khoa học liên quan đến nghiên cứu thực nghiệm về sự làm việc chịu lửa của tấm sàn rỗng. Cụ thể gồm: H.R May (1964); M. S. Abrams (1976); N. E. Andersen và D. H. Lauridsen (1999); J. Dotreppe và J. Franssen (2004); Fellingner (2004); M.

Breccolotti và cộng sự (2006); J. F. Jensen (2005); Bailey và Lennon (2008); Neno Toric và cộng sự (2012); và A.M. Shakya và V.K.R. Kodur (2015).

1.1.1.2 Nghiên cứu lý thuyết

Tóm lược 9 kết quả nghiên cứu về lý thuyết và mô hình tính đã thực hiện để nghiên cứu về sự làm việc chịu lửa của panel sàn rỗng gồm: N. E. Andersen và D. H. Lauridsen (1999); J. Dotreppe và J. Franssen (2004); Fellinger (2004); M. Breccolotti và cộng sự (2006); J. Chang và cộng sự (2008); Chang và cộng sự (2009); K. Min (2010); A. Van Acker (2010); và A.M. Shakya và V.K.R. Kodur (2015).

1.1.2 Nghiên cứu trong nước

Việt Nam hiện nay chưa có công bố khoa học nào về kết quả nghiên cứu sự làm việc chịu lửa của panel sàn rỗng. Về các nghiên cứu thực nghiệm, có khoảng 2 đến 3 nghiên cứu liên quan đến các đối tượng cấu kiện khác như tường, cột bê tông cốt thép hoặc cột thép bọc bảo vệ.

1.1.3 Những kết quả đã đạt được qua các công bố

Các công bố khoa học cho thấy nghiên cứu về sự làm việc chịu lửa của panel sàn rỗng đã được thực hiện theo cả thực nghiệm và lý thuyết mô hình tính trên nhiều khía cạnh khác nhau như loại tác động, đặc điểm cấu tạo, các thông số hình học, điều kiện biên và các ứng xử kết cấu. Tuy nhiên mỗi nghiên cứu cũng chỉ tập trung trong một phạm vi nhất định về điều kiện, phương tiện, công cụ và mục tiêu, qua đó để tìm cách lựa chọn các tham số kỹ thuật, các giả thiết tính toán cho đối tượng được nghiên cứu.

1.1.4 Một số vấn đề có thể tiếp tục nghiên cứu

Nêu 7 nhóm vấn đề có thể lựa chọn làm hướng nghiên cứu của đề tài, trong đó tập trung vào ảnh hưởng của nhiệt độ cao đến các tính chất cơ học của bê tông cường độ cao cốt liệu cát nghiền và các nghiên cứu thực nghiệm trên mẫu sản phẩm thực kết hợp với phân tích bằng mô hình số để khảo sát sự làm việc chịu lửa của panel sàn rỗng.

1.2 Tình hình nghiên cứu về ảnh hưởng của nhiệt độ cao đến cường độ chịu nén của bê tông

Tóm lược về tình hình nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ cao đến các tính chất cơ học và nhiệt học của bê tông và đưa ra các nhận xét cho việc lựa chọn phương pháp tiếp cận của luận án về vấn đề này. Cụ thể gồm nghiên cứu của H. L. Malhotra (1954); Phan T. Long và các cộng tác viên (2001); A. M. Knaack (2009); và D. J. Naus (2006 và 2010). Các kết quả nghiên cứu cho thấy, thành phần cốt liệu đóng vai trò quan trọng đến sự thay đổi cường độ chịu nén của bê tông ở nhiệt độ cao, tuy nhiên chưa thấy công bố nào đề cập riêng đến ảnh hưởng của nhiệt độ cao đến bê tông cốt liệu cát nghiền ở Việt Nam.

1.3 Tình hình nghiên cứu về ảnh hưởng của nhiệt độ cao đến bám dính giữa bê tông và cốt thép

1.3.1 Bám dính giữa cốt thép và bê tông nói chung

Tóm lược các kết quả nghiên cứu vấn đề bám dính giữa bê tông nói chung với cốt thép theo tài liệu của FIB-CEB-FIP (2000). Nhìn chung các kết quả đã công bố tập trung chủ yếu vào điều kiện nhiệt độ bình thường đối với một số loại bê tông thường.

1.3.2 Bám dính giữa bê tông và cốt thép trong điều kiện nhiệt độ cao

Trình bày tóm lược về những kết quả nghiên cứu bám dính giữa bê tông với cốt thép trong điều kiện nhiệt độ cao được báo cáo bởi Morley và Royles (1979), Diederichs và Schneider (1981), Morley và Royles (1983). Nhìn chung các nghiên cứu còn ít và tập trung chủ yếu vào bê tông cường độ thường, chưa thấy có kết quả nghiên cứu liên quan đến bê tông cường độ cao cốt liệu cát nghiền.

1.4 Kết luận Chương 1

Sự làm việc chịu lửa của panel sàn rỗng đã được nghiên cứu tương đối rộng, đề cập đến nhiều khía cạnh cả về lý thuyết tính cũng như thực nghiệm mô hình. Tuy nhiên, các nghiên cứu thường gắn với các điều kiện cụ thể ở mỗi quốc gia. Điều kiện cụ thể của Việt Nam, cần nghiên cứu bổ sung như thế nào cho phù hợp và đáp ứng được yêu cầu của thực tiễn. Những nội dung được lựa chọn để nghiên cứu trong luận án này bao gồm:

– Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ cao đến cường độ chịu nén và bám dính với cốt thép của bê tông cường độ cao cốt liệu cát nghiền, là

loại vật liệu đang được sử dụng thay thế cho cát vàng tự nhiên trong chế tạo các panel sàn rỗng ở Việt Nam để làm cơ sở đưa vào phân tích bằng phương pháp PTHH.

- Lựa chọn mô hình truyền nhiệt phù hợp, phản ánh đúng các kết quả nhiệt độ ghi nhận được từ thử nghiệm khi đưa vào phân tích mô hình số.
- Cụ thể hóa các qui trình thử nghiệm chịu lửa chung cho trường hợp thử nghiệm cấu kiện panel sàn chịu lửa và chịu tải trọng đồng thời, phù hợp với điều kiện để khai thác hiệu quả các thiết bị thử nghiệm hiện có đồng thời rút ra kinh nghiệm cần thiết cho những nghiên cứu tiếp theo.

CHƯƠNG 2

ẢNH HƯỞNG CỦA NHIỆT ĐỘ CAO ĐẾN CƯỜNG ĐỘ CHỊU NÉN VÀ SỰ BÁM DÍNH VỚI CỐT THÉP CƯỜNG ĐỘ CAO SỢI ĐƠN CỦA BÊ TÔNG CƯỜNG ĐỘ CAO CỐT LIỆU CÁT NGHIÊN

2.1 Sự cần thiết của nghiên cứu

Để tính toán thiết kế chịu lửa cho các cấu kiện BTCT nói chung thì phải có các tính chất cơ, lý của bê tông thay đổi theo các mức nhiệt độ khác nhau, trong đó cường độ chịu nén là một tính chất có ảnh hưởng trực tiếp đến mô đun đàn hồi và quan hệ ứng suất – biến dạng. Một số tiêu chuẩn thiết kế có đưa ra những định hướng chung, tuy nhiên dữ liệu cho bê tông cường độ cao cốt liệu cát nghiền nhìn chung chưa rõ ràng do vậy việc nghiên cứu bổ sung là cần thiết.

2.2 Những vấn đề chung

2.2.1 Mục đích của thử nghiệm và nguyên tắc thực hiện

Xác định hệ số giảm cường độ chịu nén của bê tông ở các mức nhiệt độ khác nhau trên cơ sở đó đưa ra các quan hệ ứng suất – biến dạng của bê tông để áp dụng cho mô hình phân tích kết cấu panel sàn rỗng chịu lửa; và xác định quan hệ giữa ứng suất bám dính của bê tông cường độ cao cốt liệu cát nghiền với cốt thép cường độ cao sợi đơn.

Nghiên cứu được thực hiện trên nguyên tắc tự thiết kế, chế tạo các thiết bị thử nghiệm chưa có, đồng thời triển khai từng bước, có thử

nghiệm đối chứng, kiểm chứng để đánh giá điều kiện nhiệt của thiết bị được sử dụng cũng như độ tin cậy của kết quả ghi nhận được.

2.2.2 Các cơ sở lý luận cho thử nghiệm

2.2.2.1 Cường độ chịu nén của bê tông ở nhiệt độ cao

Áp dụng quy trình thử nghiệm cũng như những khuyến cáo của RILEM về xác định các tính chất cơ học của bê tông ở nhiệt độ cao. Xem xét các yếu tố ảnh hưởng về kích thước mẫu thử và điều kiện thử nghiệm đối với cường độ chịu nén xác định được để có điều chỉnh.

2.2.2.2 Bám dính giữa bê tông và cốt thép

Khảo sát các phương pháp thử nghiệm bám dính tiêu chuẩn theo ASTM và FIB-CEB-FIP để lựa chọn phương pháp nghiên cứu thực nghiệm phù hợp với thiết bị cũng như mục đích của nghiên cứu, cụ thể là thử nghiệm kéo đứt theo hình thức đoạn neo ngắn trên mẫu hình trụ.

2.2.3 Thiết bị thử nghiệm

Mô tả chung về cấu tạo và nguyên tắc hoạt động, kiểm soát nhiệt độ, kiểm soát lực tác động cũng như đo đạc các thông số trong quá trình thử nghiệm. Nội dung mô tả đều được minh họa bằng các hình vẽ chi tiết.

Tất cả các thiết bị đều được đánh giá thông qua các thử nghiệm kiểm chứng và hiệu chuẩn bằng các thiết bị đo chính xác trước khi sử dụng cho thử nghiệm chính thức. Nội dung chi tiết được trình bày riêng cho từng loại thiết bị và từng phép thử, cụ thể theo các mục nhỏ gồm: 2.2.3.1 Lò gia nhiệt; 2.2.3.2 Hệ gia tải và 2.2.3.3 Kiểm tra, hiệu chuẩn thiết bị thử nghiệm.

2.3 Thử nghiệm về cường độ chịu nén ở nhiệt độ cao

2.3.1 Lựa chọn, thiết kế và chế tạo mẫu thử nghiệm

Nêu mục đích, lý do của từng phép thử kiểm chứng, đối chứng cùng những cơ sở và nguyên tắc để lựa chọn và cấu tạo mẫu.

2.3.1.1 Mẫu kiểm chứng về nhiệt độ: để kiểm tra môi trường nhiệt độ của lò gia nhiệt và diễn biến tăng nhiệt trong mẫu. Mẫu trụ cao 300 mm đường kính 85 mm, đo nhiệt độ tại 3 tiết diện ở 5 độ sâu theo 3 hướng bán kính.

2.3.1.2 Mẫu đối chứng về cường độ chịu nén: nhằm thu thập số liệu làm cơ sở đối chiếu cường độ chịu nén với mẫu có kích thước tiêu chuẩn gồm 03 mẫu lập phương và 03 mẫu trụ.

2.3.1.3 Mẫu thử nghiệm nén ở nhiệt độ cao

Mẫu hình trụ đường kính 75 mm, cao 250 mm, chế tạo từ bê tông cốt liệu cát nghiền (cùng nguồn với cốt liệu thô là đá gốc Carbonate) được lấy trực tiếp trên dây chuyền sản xuất panel sàn rộng trong thực tế. Mẫu đúc trong khuôn nhựa và để tăng cường độ trong điều kiện bình thường sau đó cắt phẳng và sấy khô trước khi thử nghiệm nén.

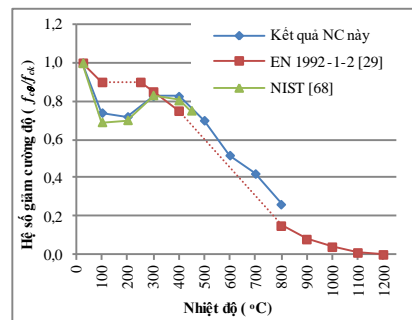
2.3.2 Quá trình thử nghiệm và các kết quả thử nghiệm

Mô tả quá trình thực hiện các thử nghiệm kiểm chứng cũng như thử nghiệm nén chính thức cùng toàn bộ số liệu thu được trong các thử nghiệm này, có các hình ảnh ghi nhận chi tiết về quá trình thử và mẫu sau thử. Kết quả được cho dưới dạng các bảng số liệu và biểu đồ. Nội dung được trình bày cho từng nhóm phép thử theo 2 mục nhỏ gồm:

2.3.2.1 Thử nghiệm kiểm chứng nhiệt độ và đối chứng cường độ chịu nén; và 2.3.2.2 Thử nghiệm nén theo các mức nhiệt độ khác nhau.

2.3.3 Nhận xét và so sánh kết quả

Đưa ra những nhận xét đối với kết quả của thử nghiệm cường độ chịu nén ở các mức nhiệt độ khác nhau cùng một số lí giải về những số liệu thu được. Cụ thể, ảnh hưởng của nhiệt độ cao đến cường độ chịu nén của bê tông có thể được chia thành 3 giai đoạn chính: (1) từ nhiệt độ thường đến dưới 200 °C, cường độ chịu nén giảm trung bình khoảng 25 %, một số mẫu chỉ còn khoảng 50 % so với ban đầu; (2) từ trên 200 °C đến 400 °C có dấu hiệu hồi phục về cường độ chịu nén, mức giảm trung bình chỉ còn khoảng 10 % so với ban đầu; (3) từ 400 °C đến 800 °C cường độ chịu



Hình 2.9 – So sánh hệ số giảm cường độ chịu nén với kết quả của một số nghiên cứu khác

nén giảm liên tục, ở mức 800 °C chỉ còn khoảng 25 % so với ban đầu.

Kết quả của nghiên cứu này được so sánh với các số liệu tương tự của NIST và của EN 1992-1-2 để thấy rõ điểm khác biệt và những điểm mới (Hình 2.9).

2.4 Thực nghiệm về bám dính giữa bê tông và cốt thép

2.4.1 Lựa chọn, thiết kế và chế tạo mẫu thử

Căn cứ vào các mục đích thử nghiệm và những phân tích về cơ sở lý luận trình bày trong 2.2.2.2 cùng những khuyến cáo trong các tài liệu tham khảo, nghiên cứu này lựa chọn hình thức mẫu kéo đứt với đoạn neo dài, cấu tạo mẫu như Hình 2.10.

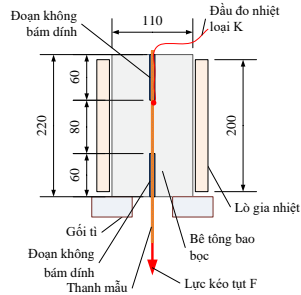
Nội dung mục này còn mô tả chi tiết về quá trình chuẩn bị và gia công chế tạo mẫu, có minh chứng bằng hình ảnh. Bê tông sử dụng cho mẫu cũng được lấy từ một nguồn và cùng thời điểm chế tạo các mẫu cho thử nghiệm nén ở nhiệt độ cao.

2.4.2 Quá trình thử nghiệm

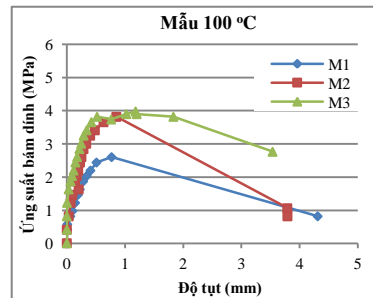
Mô tả quá trình thử nghiệm cùng các hình ảnh minh chứng quá trình thử nghiệm và các mẫu sau thử nghiệm.

2.4.3 Kết quả thử nghiệm

Trình bày các kết quả thử nghiệm dưới dạng bảng số liệu và biểu đồ quan hệ giữa ứng suất bám dính với mức nhiệt độ. Kết quả chi tiết của từng mẫu thử được thể hiện trên biểu đồ quan hệ giữa ứng suất bám dính với độ tụt của đầu thanh thép theo từng cấp nhiệt độ khác nhau từ 100 °C đến 500 °C, ví dụ kết quả cho mức nhiệt 100 °C như trên Hình 2.13.



Hình 2.10 – Cấu tạo mẫu thử bám dính

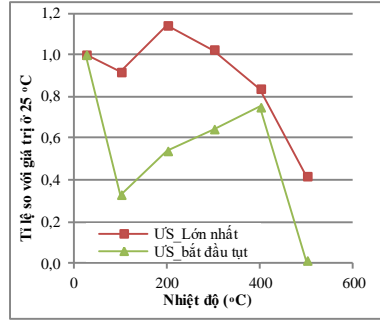


Hình 2.13 – Kết quả thử nghiệm bám dính ở 100 °C

2.4.4 Nhận xét, phân tích kết quả

Trình bày những nhận xét về kết quả thử nghiệm bám dính cùng một số phân tích những số liệu, thông tin ghi nhận được qua thử nghiệm, trong đó tập trung lí giải cơ chế phá hủy về bám dính của mẫu thử khi làm việc ở nhiệt độ cao để phát hiện vấn đề và định hướng cho những nghiên cứu về giải pháp nâng cao bám dính.

Ảnh hưởng của nhiệt độ cao đến giá trị ứng suất bám dính tại thời điểm bắt đầu nứt và ứng suất bám dính lớn nhất giữa bê tông cường độ cao cốt liệu cát nghiền và cốt thép thay đổi khác nhau theo từng khoảng nhiệt độ tác dụng. Kết quả chung được thể hiện trên biểu đồ quan hệ giữa tỉ lệ ứng suất ở các mức nhiệt độ khác nhau so với giá trị tương ứng ở nhiệt độ thường (Hình 2.14).



Hình 2.14 – Hệ số giảm ứng suất bám dính ở các mức nhiệt độ khác nhau

2.5 Kết luận Chương 2

– Nghiên cứu về ảnh hưởng của nhiệt độ cao đến cường độ chịu nén của bê tông cường độ cao cốt liệu cát nghiền đã đưa ra được hệ số giảm cường độ chịu nén ở các mức nhiệt độ khác nhau từ 100 đến 800 °C (Bảng 2.5). Có thể sử dụng tập hợp số liệu này để xác định những thay đổi về tính chất cơ học khác của bê tông như mô đun đàn hồi, quan hệ ứng suất - biến dạng phục vụ cho tính toán thiết kế và phân tích bằng mô hình PTHH.

– Nghiên cứu về ảnh hưởng của nhiệt độ cao đến ứng suất bám dính giữa bê tông cường độ cao cốt liệu cát nghiền với cốt thép cường độ cao sợi đơn cũng đã cung cấp được tập hợp giá trị hệ số giảm ứng suất bám dính ở các mức nhiệt độ khác nhau song cần có nghiên cứu thêm để đưa vào các mô hình PTHH xem xét sự làm việc chịu lửa của panel sàn rỗng.

– Hệ thiết lò gia nhiệt và khung gia tải được thiết kế chế tạo đồng bộ có thể khai thác sử dụng cho những nghiên cứu tương tự tiếp theo.

CHƯƠNG 3

NGHIÊN CỨU SỰ LÀM VIỆC CHỊU LỬA CỦA PANEL SÀN RỔNG TRÊN MÔ HÌNH PTHH

3.1 Giới thiệu chung

Trình bày ý nghĩa của nghiên cứu và những nội dung chính được nghiên cứu trong Chương 3.

3.2 Tổng quát về nội dung nghiên cứu trên mô hình PTHH

– Nghiên cứu phân tích bằng mô hình PTHH nhằm xây dựng được mô hình trên cơ sở ứng dụng phần mềm ANSYS 18.1 để tính toán, xác định sự phân bố nhiệt độ trong cấu kiện panel sàn khi chịu tác dụng của lửa và xác định được các tham số chuyển vị, ứng suất và biến dạng phát sinh trong panel dưới tác dụng đồng thời của nhiệt và tải trọng.

– Việc phân tích được thực hiện theo hai bước trên cùng một mô hình hình học: (1) phân tích về nhiệt học để xác định sự phân bố nhiệt độ trong khối mô hình trong toàn bộ khoảng thời gian tính toán (180 phút) và (2) phân tích về kết cấu với việc sử dụng tập hợp các giá trị nhiệt độ đã xác định trong bước 1 như một trường hợp tải trọng thay đổi theo thời gian, kết hợp cùng các trường hợp tải trọng khác gồm trọng lượng bản thân và tải trọng phân bố đều quy đổi về tải trọng tập trung. Bài toán phân tích về kết cấu chỉ xét đến giai đoạn tăng nhiệt khi chịu lửa.

3.3 Các tham số mô hình

3.3.1 Mô hình hình học

Là các tham số hình học của một panel sản phẩm thực, chiều dài là 5,4 m, tiết diện cao 0,2 m, rộng 1,19 m và có 11 lõi rỗng hình bầu dục. Cốt thép ứng lực trước ở dưới gồm 8 tao cấp ϕ 12,7 mm và 4 sợi cường độ cao ϕ 7 mm. Cốt thép trên gồm 4 sợi cường độ cao ϕ 5 mm. Bê tông được mô hình hóa bằng phần tử khối đặc, còn cốt thép được mô hình hóa bằng phần tử thanh không gian. Cốt thép và bê tông được phân mảnh theo các dạng phần tử khác nhau nhưng đảm bảo tọa độ các nút trùng nhau.

3.3.2 Các tính chất vật liệu

3.3.2.1 Bê tông

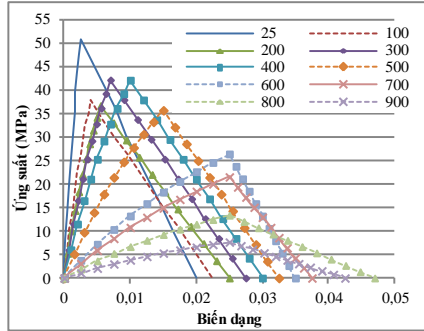
Mô tả các mô hình vật liệu bê tông được đưa vào mô hình, gồm: (1) trọng lượng riêng; (2) hệ số dẫn nhiệt; (3) hệ số dẫn dài do nhiệt; (4) nhiệt dung riêng; (5) cường độ chịu nén; (6) mô đun đàn hồi; (7) quan hệ ứng suất biến dạng; (8) hệ số phát xạ nhiệt bề mặt; và (9) hệ số Poat-xông. Các tính chất vật lí (nhiệt học) theo từng mức nhiệt độ của bê tông được lấy theo EN 1992-1-2. Riêng các tính chất cơ học theo nhiệt độ được lấy theo kết quả nghiên cứu ở Chương 2 gồm: cường độ chịu nén; mô đun đàn hồi; và quan hệ ứng suất biến dạng. Các số liệu đầu vào được trình bày ở 7 biểu đồ trong Hình 3.2 và Hình 3.3.

3.3.2.2 Cốt thép

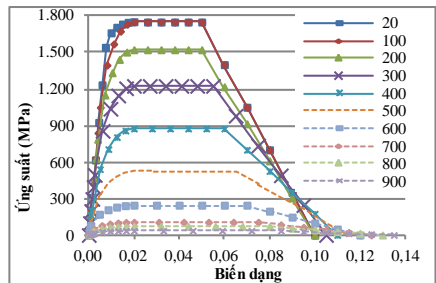
Mô tả các mô hình vật liệu cốt thép được đưa vào mô hình, gồm: (1) trọng lượng riêng; (2) hệ số dẫn nhiệt; (3) hệ số dẫn dài do nhiệt; (4) nhiệt dung riêng; (5) cường độ chịu kéo; (6) mô đun đàn hồi; (7) quan hệ ứng suất biến dạng; (8) hệ số Poat-xông. Tất cả các tính chất cơ lí của bê tông cốt thép theo nhiệt độ cao được lấy theo EN 1992-1-2 và tài liệu tham khảo khác. Các số liệu đầu vào được trình bày trong 7 biểu đồ trong Hình 3.4 và Hình 3.5.

3.4 Phân tích về nhiệt

3.4.1 Truyền nhiệt qua lõi rỗng



Hình 3.3 – Tính chất cơ học của bê tông phụ thuộc vào nhiệt độ sử dụng cho mô hình (theo kết quả nghiên cứu ở Chương 2) (trích nội dung quan hệ ứng suất biến dạng)



Hình 3.5 – Tính chất cơ học của cốt thép cường độ cao 7 mm phụ thuộc vào nhiệt độ được dụng cho mô hình (trích nội dung quan hệ ứng suất – biến dạng)

Những nghiên cứu trước đây, hiện tượng truyền nhiệt qua lõi rỗng mới chỉ được xem xét theo hình thức bức xạ nhiệt. Nghiên cứu này đã lựa chọn, ứng dụng các công cụ của ANSYS để mô hình hóa cả truyền nhiệt đối lưu và bức xạ bằng cách kết hợp các phần tử hiệu ứng bề mặt SURF152 và ma trận bức xạ nhiệt AUX12. Những vấn đề mang tính nguyên tắc và lập luận để lựa chọn mô hình được trình bày trong 3 mục nhỏ gồm: 3.4.1.1 Nguyên tắc chung và lựa chọn loại phần tử; 3.4.1.2 Đối lưu nhiệt qua lõi rỗng; và 3.4.1.3 Bức xạ nhiệt qua lõi rỗng.

3.4.2 Tải trọng nhiệt

Tải trọng nhiệt là nhiệt tại các thời điểm khác nhau theo đường Nhiệt độ - thời gian ISO 834 được tác dụng trực tiếp lên các nút trên bề mặt lộ lửa của mô hình. Cách tác dụng tải trọng nhiệt này đã được minh chứng qua so sánh kết quả phân tích của mô hình với kết quả đo thực nghiệm trên mẫu.

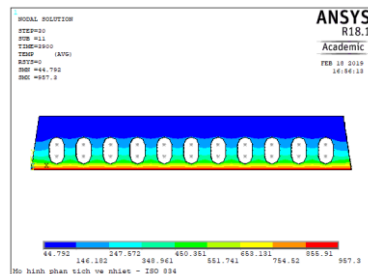
3.4.3 Kết quả phân tích về nhiệt

Về xác định khả năng chịu lửa của panel sàn rỗng, trong số các kết quả phân tích về nhiệt có 3 kết quả chính được quan tâm: (1) nhiệt độ gia tăng của bề mặt không lộ lửa dùng để trực tiếp đánh giá về khả năng cách nhiệt khi chịu lửa của cấu kiện; (2) phân bố về nhiệt độ trong mô hình (ví dụ Hình 3.8 b) được sử dụng làm tải trọng nhiệt trong bài toán phân tích về kết cấu; và (3) diễn biến tăng nhiệt trong cốt thép có thể được sử dụng cùng kết quả phân tích ứng suất của thép trong phân tích về kết cấu để đánh giá về trạng thái giới hạn về cơ học của cốt thép ở những thời điểm chịu lửa khác nhau.

3.5 Phân tích về kết cấu

3.5.1 Tổng quát

Trình bày về mục đích và những thông tin chung của bài toán phân tích về kết cấu. So với một số nghiên cứu khác, nghiên cứu này đã xem xét thêm hiệu ứng căng trước của cốt thép đối với mô hình khi chịu lửa.



Hình 3.8 b) – Phân bố nhiệt độ trên tiết diện ngang giữa nhịp

3.5.2 Phân tích kết hợp trường

Trong nghiên cứu này, nhiệt độ là yếu tố thay đổi theo thời gian dẫn đến hệ quả là làm thay đổi các tính chất cơ lý của bê tông và thép, là các tính chất không thể thiếu khi phân tích bài toán kết cấu. Như vậy, ở bài toán phân tích về kết cấu cần phải có được nhiệt độ của các phần tử ở những thời điểm khác nhau để lựa chọn giá trị của tính chất vật liệu tương ứng. Để làm được việc đó, nghiên cứu này đã ứng dụng chức năng phân tích kết hợp trường của ANSYS. Nội dung phần này giới thiệu về các nguyên tắc của phương pháp phân tích kết hợp trường khi áp dụng cho nghiên cứu.

3.5.3 Lựa chọn loại phần tử

Nội dung mục này giới thiệu thông tin về các phần tử mẫu trong ANSYS được lựa chọn để mô hình hóa cốt thép và bê tông đồng thời nêu nguyên tắc để đưa hiệu ứng căng trước vào phần tử cốt thép. Những vấn đề cụ thể được trình bày trong 2 mục nhỏ: *3.5.3.1 Mô hình hóa cốt thép* và *3.5.3.2 Mô hình hóa bê tông* tương ứng giới thiệu về phần tử LINK180 và SOLID185.

3.5.4 Quy trình tính toán, phân tích mô hình kết cấu có kể đến tải trọng nhiệt

Việc phân tích thực hiện theo các bước sau: (1) tác dụng hiệu ứng ứng lực trước trong cốt thép tạo ra độ võng ban đầu; (2) tác dụng tải trọng lên mô hình có chất tải; (3) chương trình tự động tác dụng tải trọng nhiệt theo từng bước ứng với các thời điểm khác nhau (định trước) của quá trình chịu lửa; (4) chương trình tự động xác định các tính của vật liệu ứng với mức nhiệt độ trong từng bước để phân tích ứng xử kết cấu.

3.5.5 Kết quả phân tích về kết cấu

Các kết quả thu được qua phân tích gồm 3 nhóm tham số chính là chuyển vị, ứng suất và biến dạng. Trong mỗi nhóm tham số có nhiều thành phần khác nhau, ví dụ số liệu theo các phương khác nhau và theo các phương chính hoặc số liệu tổng hợp.

3.5.5.1 Trước khi có tác dụng của lửa:

Chủ yếu quan tâm đến độ võng của mô hình do hiệu ứng ứng lực trước gây ra. Giá trị xác định được trên mô hình không chất tải là 13,43 mm và mô hình chất tải là 11,45 mm.

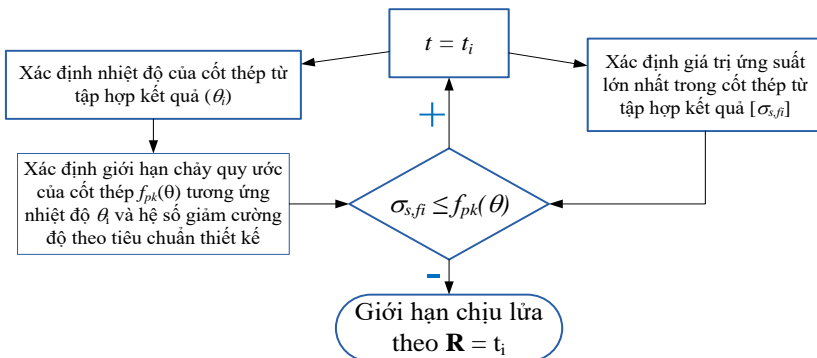
3.5.5.2 Khi có tác dụng của lửa

Trình bày về các kết quả được xem xét và phân tích theo những nhóm tham số gồm: (1) chuyển vị thẳng đứng tại giữa nhịp; (2) phân bố về biến dạng của bê tông và của cốt thép căng; và (3) phân bố ứng suất trong bê tông và cốt thép. Nhận xét chung cũng rút ra qua việc phân tích các kết quả đó là các ứng xử về kết cấu của hai mô hình không có khác biệt nhiều, chứng tỏ, với mức tải trọng bằng khoảng 2 lần trọng lượng bản thân của cầu kiện thì các tác động nhiệt vẫn ảnh hưởng lớn đến ứng xử kết cấu của cầu kiện.

3.5.6 Xác định khả năng chịu lửa của cầu kiện theo điều kiện bền

Từ các kết quả phân tích về nhiệt độ và ứng suất trên mô hình, kết hợp với các quy định của tiêu chuẩn thiết kế về hệ số giảm cường độ đối với cốt thép căng ở các mức nhiệt độ khác nhau có thể so sánh để đưa ra đánh giá về điều kiện bền của cốt thép. Sơ đồ thuật toán để thực hiện việc này được cho trong Hình 3.19.

Kết quả tính toán theo chỉ tiêu giới hạn chảy quy ước cho thấy vào khoảng phút thứ 65 kể từ khi bắt đầu chịu lửa, ứng suất kéo phát sinh



Hình 3.19 – Sơ đồ thuật toán kiểm tra xác định khả năng chịu lửa của cầu kiện từ số liệu phân tích mô hình

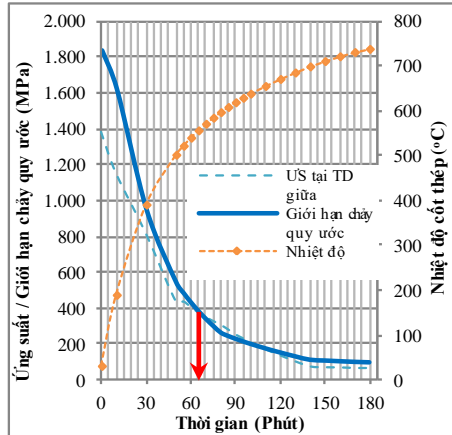
trong các tao cáp 12,7 mm (ở cả hai mô hình) đạt và sau đó là vượt giới hạn chảy quy ước. Như vậy nếu thiết kế theo ứng suất cho phép thì cấu kiện sẽ đạt trạng giới hạn về khả năng chịu lửa theo điều kiện chịu lực ở phút thứ 65 (Hình 3.20, Bảng B.3 và Bảng B.4).

3.6 Kết luận Chương 3

Kết quả nghiên cứu đã thiết lập được mô hình PTHH để phân tích về nhiệt và kết cấu đối với panel sàn rỗng chịu tải trọng và chịu lửa đồng thời. Mô hình PTHH được lựa chọn và

thiết lập đã tính đến được các yếu tố hình học, tính chất vật liệu và hình thức tác dụng khác nhau của nhiệt cũng như tải trọng và cho phép khảo sát tổng thể sự làm việc chịu lửa của panel sàn rỗng. Cụ thể:

- Về phân tích nhiệt học, mô hình đã xét cả hai hình thức truyền nhiệt bức xạ và đối lưu qua lõi rỗng.
- Đã áp dụng các hệ số giảm cường độ chịu nén của bê tông trong Chương 2 để mô hình hóa cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo, mô đun đàn hồi, quan hệ ứng suất biến dạng phụ thuộc nhiệt độ tác dụng khi chịu lửa. Ngoài ra, khai thác chức năng phân tích kết hợp trường đã giúp xem xét đồng thời tác dụng của nhiệt độ và tải trọng lên cấu kiện.
- Trong trường hợp lựa chọn việc so sánh, đánh giá theo giới hạn chảy quy ước của cốt thép ứng lực trước thì khả năng chịu lửa của cả hai mô hình panel sàn rỗng đều được dự đoán là khoảng quá 65 phút.
- Có thể sử dụng mô hình đã thiết lập trong nghiên cứu này cho các nghiên cứu tương tự khác bằng cách thay đổi những tham số thích hợp.



Hình 3.20 - Biểu đồ tương quan giữa ứng suất kéo và cường độ chịu kéo quy ước của cáp ULT, (MH2 – Tiết diện giữa)

CHƯƠNG 4

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM VỀ SỰ LÀM VIỆC CỦA PANEL SÀN RỘNG CHỊU LỬA

4.1 Mục đích của thử nghiệm

Các thử nghiệm đã được thực hiện tương đối nhiều trên thế giới song mỗi nghiên cứu đều tập trung vào một đối tượng và mục tiêu cụ thể tùy thuộc vào các điều kiện riêng, việc thử nghiệm các sản phẩm cụ thể của Việt Nam để làm rõ những vấn đề mang tính đặc thù trong những quy trình thử nghiệm tiêu chuẩn áp dụng chung và tạo cơ sở cho các nghiên cứu tiếp theo là cần thiết. Quy trình thử nghiệm (Hình 4.1) được xây dựng chi tiết, gồm 3 bước: Thiết kế; Tiến hành thử nghiệm và Tổng hợp phân tích số liệu. Các số liệu thử nghiệm trên mẫu sản phẩm thực sẽ là cơ sở để đối chiếu và đánh giá mô hình PTHH được thiết lập.

4.2 Mẫu thử

Mẫu thử nghiệm là 2 sản phẩm thực tế đang được sử dụng trong các công trình xây dựng với kích thước dài 5,4 m, rộng 1,19 m và cao 0,2 m. Cấu tạo về hình học và cốt thép của tiết diện mẫu thử giống với tiết diện mô hình số. Bê tông chế tạo mẫu thử cũng được sản xuất từ cùng loại và cùng dây chuyền với các mẫu trụ dùng cho thử nghiệm nén ở nhiệt độ cao. Mẫu đã được chế tạo và để khô tự nhiên khoảng 2 năm trước khi được lựa chọn sử dụng cho nghiên cứu. Khi chịu lửa, một mẫu được chất tải tương đương mức $6,0 \text{ kN/m}^2$ (gấp gần 2 lần trọng lượng bản thân), mẫu còn lại không chất thêm tải (chỉ có trọng lượng bản thân).

4.3 Bố trí thử nghiệm

Thử nghiệm được thực hiện trên hệ thống lò đốt theo phương ngang có diện tích vùng gia nhiệt dài 4 m, rộng 3 m, phù hợp với ISO 834-1. Các gối tựa đơn giản được bố trí với trục cách nhau 5,15 m ở phía ngoài lò thử nghiệm. Hai mẫu được đặt song song và sát nhau, không bị cản biến dạng theo bất kỳ phương nào, khe hở xung quanh mẫu được chèn kín bằng bông gốm để đảm bảo cách nhiệt và mẫu được chuyển vị tự do.

4.4 Thử nghiệm và ghi nhận kết quả

4.4.1 Thiết bị và đầu đo

Có 4 cụm đầu đo nhiệt độ được bố trí trên mỗi mẫu. Tại mỗi cụm đầu đó có nhiều mức chiều sâu (tính từ mặt trên của mẫu) gồm: 0, 50, 100, 130, 150, 170, 180, 190 và 200 mm. Chuyển vị thẳng đứng được đo tại 1 điểm giữa mẫu bằng LVDT. Chuyển dịch của các đầu cốt thép được đo bằng LVDT tại 14 vị trí. Sơ đồ bố trí thử nghiệm được thể hiện trên các hình từ Hình từ 4.3 đến Hình 4.6.

4.4.2 Quá trình thử nghiệm

Tải trọng được chất theo 4 cấp, bằng kích thủy lực và hệ dầm phân tải gồm 8 điểm. Sau khi đạt mức tải tối đa theo dự kiến đã giữ ổn định trong 15 phút rồi mới bắt đầu cho tác dụng lửa. Tải trọng nhiệt được tác dụng theo ISO 834, kéo dài 65 phút. Tiến hành đo đạc và ghi nhận các số liệu cũng như ứng xử của mẫu, chi tiết được trình bày trong Bảng 4.3.

4.5 Kết quả thử nghiệm và nhận xét kết quả

4.5.1 Đường Nhiệt độ - thời gian

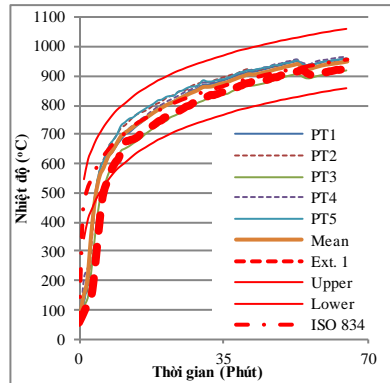
Phù hợp với ISO 834, được cho trên Hình 4.7.

4.5.2 Lực tác dụng lên mẫu

Do mẫu bị võng liên tục với tốc độ nhanh, nên hệ gia tải không kịp bù tổn thất áp lực dầu, dẫn đến không còn tải trọng tác dụng lên mẫu sau 8 phút.

4.5.3 Chuyển vị thẳng đứng của tiết diện giữa nhịp

Độ võng giữa nhịp của cả hai mẫu được theo dõi trong toàn bộ quá trình thử nghiệm đốt. Có thể chia diễn biến võng thành 3 giai đoạn chính, mỗi giai đoạn ứng với tốc độ võng khác nhau. Có một đặc điểm là diễn biến võng của cả hai mẫu là tương đối giống nhau. Sau khi kết thúc thử nghiệm khoảng 15 phút thì các mẫu bắt đầu có hiện tượng phục hồi độ võng, thậm chí còn võng quá trạng thái ban đầu.



Hình 4.7 – Đường Nhiệt độ - thời gian ghi nhận được trong thử nghiệm

4.5.4 Dịch chuyển của đầu cốt thép

Sau khoảng 5 phút chịu lửa, bắt đầu có dịch chuyển của đầu cốt thép. Nhìn chung hiện tượng dịch chuyển không giống nhau ở các vị trí đo, thậm chí ngay trong một thanh thép thì dịch chuyển ở hai đầu cũng khác nha. Kết quả được trình bày trong Hình 4.10 và Hình 4.11.

4.5.5 Nứt

Hiện tượng nứt trên mẫu được thể hiện tương đối đa dạng và cũng bắt đầu trong khoảng 10 phút đầu thử nghiệm. Ghi nhận về vị trí và hình thái nứt được trình bày trong Hình 4.13 đến Hình 4.15. Chi tiết được nêu trong các mục nhỏ gồm: 4.5.5.1 *Nứt ở mặt trên*; 4.5.5.2 *Nứt ở mặt dưới*; và 4.5.5.3 *Nứt ở mặt đứng và mặt bên*.

Vết nứt dọc ở mặt bên gần vùng đầu panel không chất tải mở rộng và đạt đến giới hạn gây hỏng về tính toàn vẹn vào khoảng phút thứ 60.

4.5.6 Phân bố nhiệt độ trên tiết diện

Biểu đồ ghi nhận nhiệt độ tại các điểm đo trên mẫu thử được trình bày trong các Hình 4.16 đến 4.20. Dọc theo chiều dài mẫu, các tiết diện có sự phân bố nhiệt độ tương tự nhau ở các thớ cùng chiều sâu. Diễn biến tăng nhiệt trong lõi rỗng có xu hướng nhanh hơn đôi chút so với ở phần sườn.

4.6 So sánh kết quả thực nghiệm với phân tích trên mô hình PTHH

4.6.1 Tổng quát

Nêu những nội dung được so sánh và ý nghĩa của việc so sánh.

4.6.2 Các tác động

Đưa ra so sánh về trị số và diễn biến của hai tác động chính, cụ thể trình bày trong hai mục nhỏ: 4.6.2.1 *Lửa* và 4.6.2.2 *Tải trọng*. Tác dụng nhiệt độ cao giữa mô hình và mẫu có thể coi là giống nhau, riêng tác dụng của tải trọng ở mô hình không bị suy giảm như ở mẫu thử nghiệm.

4.6.3 Phân bố nhiệt độ trên tiết diện

So sánh các tập hợp số liệu về phân bố nhiệt độ theo chiều cao tiết diện cho thấy, kết quả thử nghiệm và phân tích bằng mô hình có sự tương đồng cao, đặc biệt là giá trị nhiệt độ xác định được ở mặt không lộ

lửa chỉ chênh nhau lớn nhất khoảng 7 °C, trong khi chênh lệch giữa các điểm đo trên bề mặt mẫu cũng lên đến 6 °C.

4.6.4 Chuyển vị thẳng đứng

Trong khoảng 10 phút đầu tiên có sự khác biệt về trị số và xu hướng chuyển vị giữa mô hình và mẫu thực, cụ thể là mô hình có biểu hiện bị võng tiếp lên, trước khi bắt đầu võng xuống. Một số lập luận đã được đưa ra dựa trên kết quả nghiên cứu thực nghiệm về suy giảm ứng suất bám dính ở Chương 2 (Hình 2.14), kết hợp với những khác biệt về cấu tạo neo giữ cốt thép trong mẫu thực với giả thiết về liên kết giữa cốt thép và bê tông áp dụng trong mô hình số để nhằm lí giải cho sự khác biệt về chuyển dịch này. Khoảng thời gian sau đó, xu hướng võng và tốc độ võng giữa mô hình và mẫu thử là tương tự nhau trên cả cấu kiện có chất tải và không chất tải.

4.6.5 Nứt bề mặt

So sánh giữa hình ảnh về sự tập trung ứng suất, biến dạng trên một số tiết diện hoặc một số vùng theo kết quả phân tích mô hình số với vị trí và quy mô của các vết nứt ghi nhận được trên thực tế để thấy sự tương đồng giữa các kết quả, đặc biệt là đối với trường hợp của vết nứt gây ra hỏng về tính toàn vẹn của panel mẫu cũng trùng với vị trí của vùng tập trung ứng suất pháp theo chiều cao tiết diện ở đầu mẫu.

4.6.6 Giới hạn chịu lửa và hình thức phá hủy

- Giới hạn chịu lửa của mẫu panel xác định qua thử nghiệm đốt là 60 phút và khả năng chịu lửa bị hỏng do mất tính toàn vẹn. Xét về khía cạnh kết cấu, vết nứt gây hỏng tính toàn vẹn là dạng vết nứt do chịu cắt.
- Giới hạn chịu lửa xác định bằng phân tích mô hình là 65 phút, dựa trên so sánh ứng suất trong cốt thép với giới hạn chảy quy ước. Mô hình đạt đến trạng thái giới hạn của khả năng chịu lửa do yếu tố về chịu uốn.

4.7 Kết luận Chương 4

Nghiên cứu thực nghiệm đã thiết lập được một quy trình thử nghiệm đốt đầy đủ đối với panel sàn rộng chịu tác dụng đồng thời của lửa và tải trọng theo đúng những tiêu chuẩn thử nghiệm tiên tiến và phù hợp với hệ thống thiết bị hiện có của Việt Nam. Kết quả ghi nhận được toàn bộ

các thông số thử nghiệm cần thiết, kể cả các biểu hiện phát sinh cần xử lý trong quá trình thử nghiệm. Các kết quả thử nghiệm cho thấy quy trình thử nghiệm là chặt chẽ, tin cậy khi so sánh với các kết quả nghiên cứu đã có cũng như so sánh với các kết quả phân tích mô hình theo phương pháp PTHH của đề tài. Quy trình này có thể sử dụng cho thử nghiệm kiểm tra xác định khả năng chịu lửa của các panel sàn rỗng bê tông ứng lực trước phục vụ cho nghiên cứu hoặc sản xuất.

Qua thử nghiệm, có thể thấy một số nét chính về sự làm việc chịu lửa và chịu lực của panel sàn rỗng như sau:

- Khi chịu lửa, các mẫu có chuyển vị tương đối lớn, tốc độ chuyển vị nhanh, Điều này cần được xét đến khi thiết kế thử nghiệm.
- Các lỗ rỗng có ảnh hưởng nhất định đến sự gia tăng nhiệt độ của phần bản phía trên lỗ rỗng.
- Sự phát sinh và thoát hơi nước bão hòa trong không gian của các lỗ rỗng kết hợp với gia tăng nhiệt độ của khối khí này có thể gây ra những hệ quả về cơ học bên cạnh những hệ quả về nhiệt học đối với phần bê tông xung quanh;
- Khả năng chịu lửa của các mẫu tấm sàn bị phá hủy ở phút thứ 60 do hình thành khe nứt tách theo chiều dọc và nằm ở đoạn đầu mẫu vượt quá giới hạn cho phép, tức là hỏng về tính toàn vẹn. Xét về kết cấu, mẫu bị hỏng theo yếu tố về chịu cắt.

So sánh các kết quả phân tích mô hình số với thử nghiệm mẫu thực cho thấy mô hình được thiết lập đã phản ánh tương đối sát sự làm việc của sản phẩm panel sàn rỗng thực, chế tạo từ bê tông cường độ cao cốt liệu cát nghiền, cụ thể đó là:

- Xu hướng gia tăng nhiệt độ ở lỗ rỗng của panel sàn rỗng nhanh hơn ở vách.
- Nhiệt độ cao là yếu tố ảnh hưởng chính đến các biểu hiện làm việc của cấu kiện khi chịu tải trọng theo thiết kế và chịu lửa đồng thời;
- Hiện tượng nứt trên bề mặt cấu kiện chủ yếu xảy ra ở những vùng có chênh lệch về ứng suất hoặc biến dạng và đặc biệt là biến dạng gây ra bởi sự chênh lệch nhiệt độ giữa các vùng;

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Những đóng góp mới của Luận án

- a) Nghiên cứu thực nghiệm để xác định được ảnh hưởng của nhiệt độ cao đến cường độ chịu nén của bê tông cường độ cao cốt liệu cát nghiền từ đá gốc Carbonate, loại cốt liệu đặc thù đang được sử dụng trong nước. Đã đưa ra được mối quan hệ giữa hệ số giảm cường độ chịu nén của loại bê tông này với các mức nhiệt độ khác nhau từ 100 °C đến 800 °C. Kết quả này đã được sử dụng cho phân tích sự làm việc chịu lửa của bê tông ứng lực trước bằng mô hình PTHH trong luận án. So với khuyến cáo trong EN 1992-1-2 về quan hệ cường độ chịu nén – nhiệt độ, kết quả nghiên cứu này đã mở rộng hơn cho dải nhiệt độ từ 400 °C đến 800 °C.
- b) Nghiên cứu để ứng dụng các tính năng của phần mềm ANSYS 18.1 và thiết lập được quy trình tính toán theo mô hình PTHH phục vụ cho việc phân tích sự làm việc chịu lửa của panel sàn rỗng bê tông ứng lực trước với một số yếu tố xem xét mở rộng như kết hợp truyền nhiệt đối lưu và bức xạ qua lỗ rỗng, ứng dụng quy trình phân tích trường kết hợp để tính đến tác dụng đồng thời của nhiệt độ và tải trọng lên cấu kiện. Đã thực hiện tính toán phân tích sự làm việc chịu lửa đối với panel sàn rỗng bê tông ứng lực trước và cho các kết quả tin cậy khi so sánh với các nghiên cứu đã có và các kết quả nghiên cứu thực nghiệm của đề tài.
- c) Xây dựng được một quy trình đầy đủ để thử nghiệm chịu lửa cho sản phẩm panel sàn rỗng bê tông ứng lực trước theo đúng các tiêu chuẩn thử nghiệm tiên tiến, phù hợp với điều kiện trang thiết bị thử nghiệm hiện có ở Việt Nam. Đã áp dụng quy trình được xây dựng để nghiên cứu thực nghiệm trên hai mẫu sản phẩm thực chịu lửa và chịu tải trọng đồng thời qua đó xác định được các tham số biến dạng, chuyển vị và xác định trạng thái hỏng về khả năng chịu lửa của cấu kiện tấm sàn rỗng bê tông ứng lực trước, cốt liệu cát nghiền.
- d) Nghiên cứu thực nghiệm xác định ảnh hưởng của nhiệt độ cao đến ứng suất bám dính giữa bê tông cường độ cao cốt liệu cát nghiền với sợi thép cường độ cao. Đã thiết lập được quan hệ giữa hệ số giảm ứng suất bám dính lớn nhất và ứng suất bám dính khi bắt đầu tụt thép theo các mức nhiệt độ từ 25 °C đến 500 °C.

e) Thiết kế, chế tạo và khai thác hệ thống thiết bị ở Việt Nam chưa có gồm lò gia nhiệt và các khung gia tải đồng bộ cho các thử nghiệm về ảnh hưởng của nhiệt độ cao đến tính chất của bê tông cường độ cao cốt liệu cát nghiền. Hệ thiết bị này có thể sử dụng cho những thử nghiệm tương tự, phục vụ cho nhu cầu nghiên cứu cũng như kiểm tra đánh giá sản phẩm thực tế.

2. Kiến nghị

a) Do sự làm việc chịu lửa của các cấu kiện bê tông cốt thép phụ thuộc nhiều vào các đặc trưng vật liệu bê tông ở nhiệt độ cao nên những sản phẩm sử dụng loại vật liệu mới cần có những nghiên cứu thử nghiệm kiểm chứng về khả năng chịu lửa trước khi áp dụng đại trà trong thực tế.

b) Khi tính toán khả năng chịu lửa của các panel sàn rỗng bê tông ứng lực trước đúc sẵn bên cạnh việc xem xét nguy cơ phá hủy về uốn cần chú trọng hơn vào các dạng phá hủy khác như nứt, chịu cắt hoặc tụt neo.

c) Việc sử dụng mô hình PTHH để phân tích về nhiệt cho các cấu kiện cần lựa chọn hình thức tác dụng tải trọng nhiệt vào mô hình phù hợp với các tiêu chuẩn thử nghiệm được áp dụng để phản ánh đúng mức nhiệt truyền vào mô hình theo từng tiêu chuẩn.

3. Hướng phát triển của đề tài luận án

a) Nghiên cứu mở rộng thêm về ảnh hưởng của nhiệt độ cao đối với cường độ chịu nén của bê tông cường độ cao sử dụng cốt liệu cát nghiền từ nhiều nguồn khác nhau để làm cơ sở dữ liệu mang tính quốc gia phục vụ cho thiết kế kết cấu bê tông cốt thép chịu lửa.

b) Trên cơ sở các số liệu thực nghiệm đã có, nghiên cứu bổ sung để thiết lập quan hệ giữa ứng suất bám dính của bê tông cường độ cao với các dạng cốt thép ứng lực trước ở các mức nhiệt độ khác nhau để có thể đưa vào mô hình PTHH dùng cho phân tích sự làm việc chịu lửa của cấu kiện bê tông ứng lực trước nói chung.

c) Khai thác mô hình PTHH của panel sàn rỗng đã thiết lập để nghiên cứu thêm về các khía cạnh hoặc yếu tố khác, ví dụ áp dụng các điều kiện biên và tải trọng khác nhau, xem xét ảnh hưởng của sự gia tăng áp suất bên trong lõi rỗng đến sự làm việc chịu lửa của cấu kiện, hoặc khảo sát sự làm việc của cấu kiện trong điều kiện chịu lửa cục bộ, ...

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CỦA TÁC GIẢ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN

1. Hoàng Anh Giang (2000), “Xác định giới hạn khả năng chịu lửa của cấu kiện chịu lực cơ bản bằng bê tông cốt thép”, *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, (Số 1/2000), Trang 31-40.
2. Hoàng Anh Giang (2000), “Về vấn đề xác định tải trọng cháy trong tính toán khả năng chịu lửa của công trình xây dựng”, *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, (Số 4/2000), Trang 13-22.
3. Hoàng Anh Giang (2002), “Hỏa hoạn công trình - Các yếu tố và những nét chính của công tác khảo sát đánh giá sau hỏa hoạn”, *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, (Số 2/2002), Trang 27-35.
4. Hoàng Anh Giang (2007), “Các thử nghiệm đốt đối với vật liệu và bộ phận công trình và việc áp dụng ở Việt Nam”, *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, (Số 2/2007), Trang 22-26.
5. Hoàng Anh Giang (2017), “Dầm bê tông chịu tác động của lửa – Lựa chọn phần tử cho mô hình nhiệt học trong ANSYS”, *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, (Số 4/2018), Trang 9-17.
6. Hoàng Anh Giang (2018), *Cường độ chịu nén ở điều kiện nhiệt độ cao của bê tông cường độ cao, cốt liệu cát nghiền*, Tuyển tập báo cáo – Hội nghị khoa học quốc tế kỷ niệm 55 năm ngày thành lập Viện Khoa học công nghệ Xây dựng (1963-2018), Nhà xuất bản Xây dựng, 11-2018, Trang 43-49.