

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM PANEL SÀN RỔNG BÊ TÔNG ỨNG LỰC TRƯỚC CHỊU LỬA

ThS. HOÀNG ANH GIANG

Viện KHCN Xây dựng

Tóm tắt: *Bài viết giới thiệu một số kết quả nghiên cứu thực nghiệm về ứng xử khi chịu lửa của cấu kiện panel sàn rỗng bê tông ứng lực trước được thực hiện trên hệ thiết bị thử nghiệm sẵn có của Việt Nam.*

Từ khóa: *cấu kiện đúc sẵn, khả năng chịu lửa, panel sàn rỗng, tác động của lửa, thử nghiệm đốt, ứng lực trước.*

Abstract: *This paper describes some results of experimental research on the fire performance of hollow-core prestressed concrete panels that was implemented by using available testing equipment of Vietnam.*

Keywords: *precasted concrete elements, fire resistance, hollow-core panels, actions of fire, fire tests, prestressed.*

1. Giới thiệu

Các cấu kiện đúc sẵn bằng bê tông cốt thép nói chung và bê tông cốt thép dự ứng lực nói riêng (sau đây gọi chung là cấu kiện đúc sẵn) đã được sử dụng từ những năm 50 của thế kỷ trước [1] trong các công trình xây dựng, bao gồm cả công trình nhà. Cũng như những cấu kiện kết cấu thông thường ví dụ như các cột, dầm, tường, tấm sàn,... trong nhiều trường hợp, để đảm bảo yêu cầu sử dụng, ngoài khả năng chịu lực đòi hỏi các cấu kiện đúc sẵn còn phải có khả năng chịu lửa.

Yêu cầu về khả năng chịu lửa đối với cấu kiện hoặc bộ phận công trình thường được nêu trong các tài liệu chuẩn của mỗi quốc gia, ví dụ [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8]. Để đáp ứng được những yêu cầu này, đòi hỏi các cấu kiện hoặc bộ phận công trình phải được kiểm tra bằng các thử nghiệm đốt hoặc được tính toán, thiết kế và cấu tạo theo các tiêu chuẩn hoặc tài liệu hướng dẫn được chấp thuận [9], [10], [11], [12], [13].

Trên thế giới, nghiên cứu về sự làm việc của cấu kiện panel sàn đúc sẵn bằng bê tông cốt thép ứng lực trước chịu tác động của lửa đã được thực hiện theo cả lý thuyết và thực nghiệm từ những năm 60 [15], [16], [17] của thế kỷ trước và vẫn đang tiếp tục được quan tâm trong những năm gần đây [18], [19], [20]. Các công bố kết quả nghiên cứu trên thế

giới cho thấy, mặc dù có những nguyên tắc đánh giá và những quy định chung đối với thiết bị thử nghiệm, các nghiên cứu thực nghiệm về panel sàn rỗng chịu lửa vẫn tương đối đa dạng, quá trình thử nghiệm và phương pháp thực hiện phụ thuộc nhiều vào những điều kiện cụ thể của từng cơ sở nghiên cứu. Ngoài ra, các thử nghiệm đã được thực hiện thường xem xét đến những đặc điểm riêng của mỗi loại sản phẩm panel sàn rỗng được sử dụng ở mỗi quốc gia hoặc khu vực khác.

Ở Việt Nam, các sản phẩm panel sàn rỗng bê tông ứng lực trước đúc sẵn cũng đang được sử dụng trong xây dựng công trình nhà. Đây chuyên sản xuất các sản phẩm này cơ bản được nhập khẩu từ nước ngoài. Việc nghiên cứu các phương pháp thực nghiệm để khai thác sử dụng các trang thiết bị sẵn có trong nước phục vụ cho việc đánh giá khả năng chịu lửa của các dạng sản phẩm này là một nhu cầu thực tế và cần được quan tâm đáp ứng. Nghiên cứu này hướng đến hai mục đích chính: (1) thiết lập một trình tự mẫu về triển khai thử nghiệm trên hệ thiết bị hiện có của Việt Nam để áp dụng chung cho các thử nghiệm tương tự đối với panel sàn rỗng; và (2) thu thập các số liệu thực nghiệm phục vụ cho việc đánh giá trực tiếp khả năng chịu lửa của cấu kiện mẫu, đồng thời kiểm chứng cho kết quả phân tích sự làm việc chịu lửa của panel sàn rỗng bê tông ứng lực trước bằng phương pháp phần tử hữu hạn. Nghiên cứu được thực hiện trên hai tấm panel sàn rỗng bê tông ứng lực trước chịu tác động của lửa. Trong quá trình chịu lửa, một mẫu chỉ chịu trọng lượng bản thân (kí hiệu mẫu U), mẫu còn lại chịu trọng lượng bản thân và tải trọng có trị số bằng khoảng 3 lần trọng lượng bản thân panel. Một số vấn đề cần lưu ý đối với công tác thử nghiệm đốt xác định khả năng chịu lửa và chịu lực đồng thời đối với các sản phẩm panel sàn rỗng bê tông ứng lực trước nói chung cũng được tổng hợp và kiến nghị trong phần cuối của bài viết.

2. Mẫu thử

Mẫu thử nghiệm là 02 panel sàn rỗng có cấu tạo hoàn toàn giống nhau, được lấy ngẫu nhiên từ cùng một mẻ sản phẩm của một đơn vị sản xuất trong nước. Các thông tin về thành phần vật liệu và tỉ lệ phối trộn theo trọng lượng của bê tông dùng cho lô sản phẩm được cho trong bảng 1.

KẾT CẤU - CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

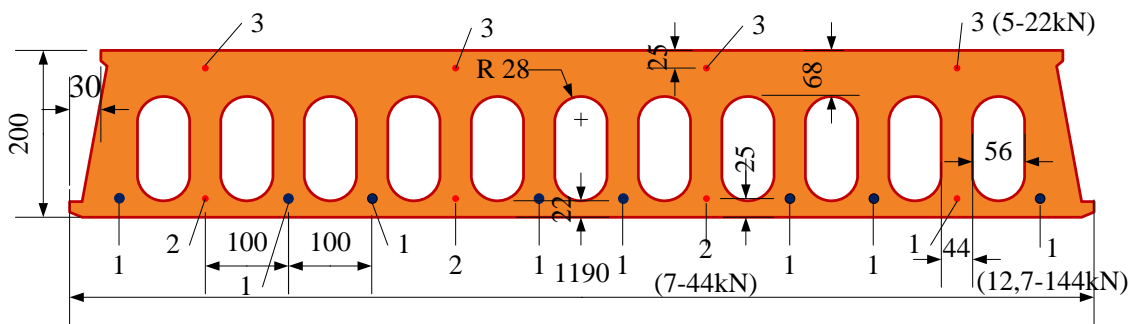
Bảng 1. Thông tin về vật liệu chế tạo bê tông

Loại vật liệu thành phần	Chủng loại	Đặc điểm kỹ thuật	Tỉ lệ phối trộn (kg)
Cốt liệu thô	Đá gốc Carbonate	Kích thước 5 đến 10 mm	1,92
Cốt liệu mịn	Cát nghiền có cùng nguồn gốc với cốt liệu thô	Nghiền từ cùng loại cốt liệu thô	2,00
Xi măng	PC40	Bỉm Sơn	1,00
Nước	Nước sạch sinh hoạt	Nước sạch	0,27
Phụ gia	Sika Plast 204	-	-

Độ sụt của hỗn hợp bê tông khi chế tạo sản phẩm nằm trong khoảng từ 0 đến 2 cm. Cường độ chịu nén mẫu trụ tiêu chuẩn ở 28 ngày tuổi đạt 50 MPa.

Kích thước hình học tiết diện và cấu tạo cốt thép của mẫu panel sàn được cho trên hình 1. Cốt

thép lớp dưới có 2 loại gồm 8 danh cấp đường kính 12,7 mm (số hiệu 1) và 4 sợi đơn đường kính 7 mm (số hiệu 2). Cốt thép lớp trên gồm 4 sợi đơn, đường kính 5 mm (số hiệu 3). Loại cốt thép, đường kính và lực căng trước tương ứng theo thiết kế được cho trong bảng 2.



Hình 1. Cấu tạo tiết diện thực tế của các mẫu panel được thử nghiệm

Bảng 2. Các thông số kỹ thuật chính của cốt thép ứng lực trước

Số hiệu	Loại thép/Tiêu chuẩn sản phẩm	Chỉ tiêu cơ học theo kết quả thử nghiệm vật liệu			Lực căng trước theo thiết kế, kN
		Giới hạn chảy quy ước, MPa	Giới hạn bền, MPa	Độ giãn dài, %	
1	Danh cấp, 12,7 mm/ASTM A416M-06	1.778	1.931	5,8	145
2	Sợi đơn, 7,0 mm / BS 5896-12	1.511	1.698	5,0	45
3	Sợi đơn, 5,0 mm / BS 5896-12	1.587	1.800	4,9	23

Trước khi tiến hành cầu lắp mẫu vào vị trí thử nghiệm đốt tại phòng thí nghiệm, độ võng của các mẫu tấm sàn được xác định thông qua việc đo khoảng cách từ một sợi dây thép đường kính 0,4 mm căng giữa hai đầu cấu kiện (ở mép dưới) đến mặt dưới của tấm sàn tại tiết diện giữa chiều dài. Kết quả cho thấy độ võng của panel sàn không chất thêm tải khi thử nghiệm là 15 mm còn panel có chất thêm tải khi thử nghiệm là 17 mm.

3. Bố trí, chuẩn bị thử nghiệm

Việc thử nghiệm được thực hiện trên hệ thống lò đốt theo phương ngang tại Phòng thí nghiệm Phòng chống cháy, Viện KHCN Xây dựng. Hệ thống lò thử nghiệm này có kích thước mặt bằng vùng tác động lửa là 3 m x 4 m (phù hợp với ISO 834-1 [21]). Để thực hiện các thử nghiệm đối với mẫu chịu uốn có chất tải, hệ thống lò được bố trí thêm hai khung thép làm gối đỡ cho mẫu nằm bên ngoài phạm vi của khung lò. Khoảng cách tim các gối đỡ là 5,15

m. Từ những đặc điểm riêng nêu trên, mẫu panel sàn rỗng được lựa chọn có tổng chiều dài là 5,4 m với đoạn giữa dài 4 m nằm trong lò. Hai đoạn 0,7 m còn lại ở hai đầu nằm phía ngoài lò thử nghiệm. Đầu các mẫu panel gối lên dầm thép rộng 250 mm và không chịu tác dụng trực tiếp của lửa. Chiều cao của gối tựa được tính toán và bố trí để tạo một khoảng cách 10 cm giữa bề mặt dưới của mẫu panel sàn rỗng với đỉnh của tường lò. Khoảng hở này được chèn kín bằng bông gốm cho phép không làm thất thoát nhiệt từ trong lò nhưng vẫn đảm bảo không cản trở chuyển vị do võng của mẫu. Các mẫu được thử nghiệm theo sơ đồ dầm có gối tựa đơn giản thể hiện trên hình 2 và hình 3. Đối với mẫu có chất thêm tải, tải trọng phân bố đều với trị số 6 kN/m² (bằng khoảng 3 lần trọng lượng bản thân của panel sàn) được quy đổi tương đương về trị số thành 8 điểm lực tập trung phân bố đối xứng tác dụng lên mặt trên của mẫu. Phạm vi chất tải nằm

trong đoạn mẫu có bề mặt dưới chịu tác dụng của lửa.

Hai mẫu tấm sàn được đặt song song, tách rời nhau trên toàn bộ chiều dài. Cạnh phía ngoài của các tấm mẫu được đặt tiếp giáp với mép của tấm nắp lò. Khe hở tại cạnh tiếp giáp giữa hai mẫu tấm sàn cũng như giữa cạnh của các mẫu với tấm nắp lò được bịt kín bằng bông gốm nhằm đảm bảo độ kín của không gian lò đốt đồng thời không cản trở chuyển dịch tự do của các mẫu thử trên toàn bộ các cạnh tiếp giáp đó. Như vậy diện tích lộ lửa của các mẫu cấu kiện bao gồm toàn bộ bề mặt dưới và một phần mặt bên với chiều cao thay đổi từ 20 đến khoảng 40 mm (do các mẫu cấu kiện có độ vồng).

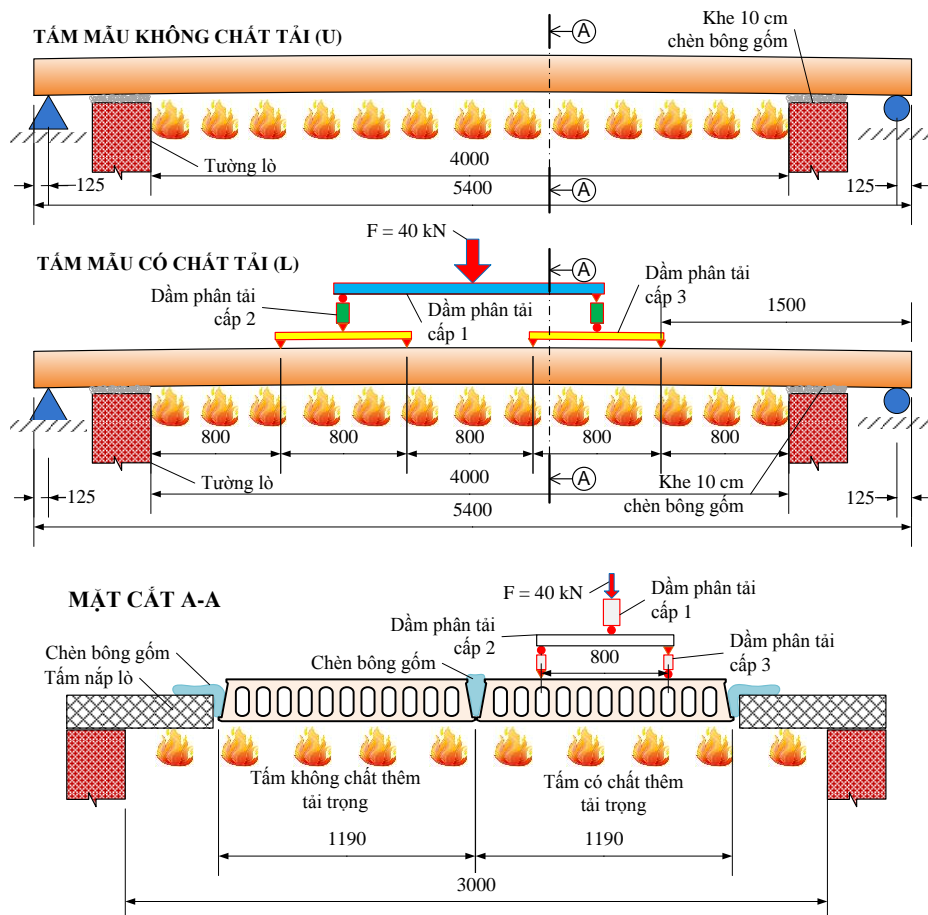
Để đảm bảo an toàn cho thiết bị trong quá trình thử nghiệm, mỗi mẫu tấm sàn được lắp đặt 08 thanh treo dự phòng. Một đầu của thanh treo được cố định vào mặt trên của mẫu tấm sàn, đầu còn lại sẽ được treo vào các dầm ngang để truyền trọng lượng của các tấm mẫu vào hệ gia tải của lò thử nghiệm đốt. Trong trường hợp mẫu không bị gãy thì các thanh treo dự phòng này chỉ phát huy tác dụng khi chuyển vị tại giữa chiều dài của mẫu vượt quá

60 mm. Trước khi tiến hành thử nghiệm đốt, tải trọng được tác dụng lên tấm có chất tải theo 4 cấp đều nhau, từ 0 đến 100 % độ lớn sau đó giữ ổn định trong khoảng thời gian 15 phút tiếp theo. Đồng thời với việc chất tải lên mẫu đã tiến hành theo dõi chuyển vị thẳng đứng của tiết diện giữa chiều dài mẫu (hình 4). Tổng chuyển vị đo được tính đến thời điểm trước khi tiến hành gia nhiệt cho lò thử nghiệm là 2,61 mm. Mức chuyển vị này bằng khoảng 15 % so với độ vồng của mẫu.

4. Thử nghiệm và ghi nhận kết quả

Quá trình thử nghiệm đã tiến hành theo dõi và ghi nhận các thông số sau:

- Phân bố nhiệt độ trên tiết diện ngang của mẫu ở các vị trí khác nhau;
- Các dấu hiệu, biểu hiện làm việc chịu lửa của panel sàn rỗng;
- Chuyển vị tại giữa nhịp của các mẫu;
- Sự hình thành vết nứt trên các bề mặt mẫu;
- Sự tụt của đầu cốt thép ứng lực trước so với bề mặt bê tông ở đầu panel sàn.



Hình 2. Sơ đồ bố trí thử nghiệm đốt các mẫu panel sàn rỗng (không theo tỉ lệ)

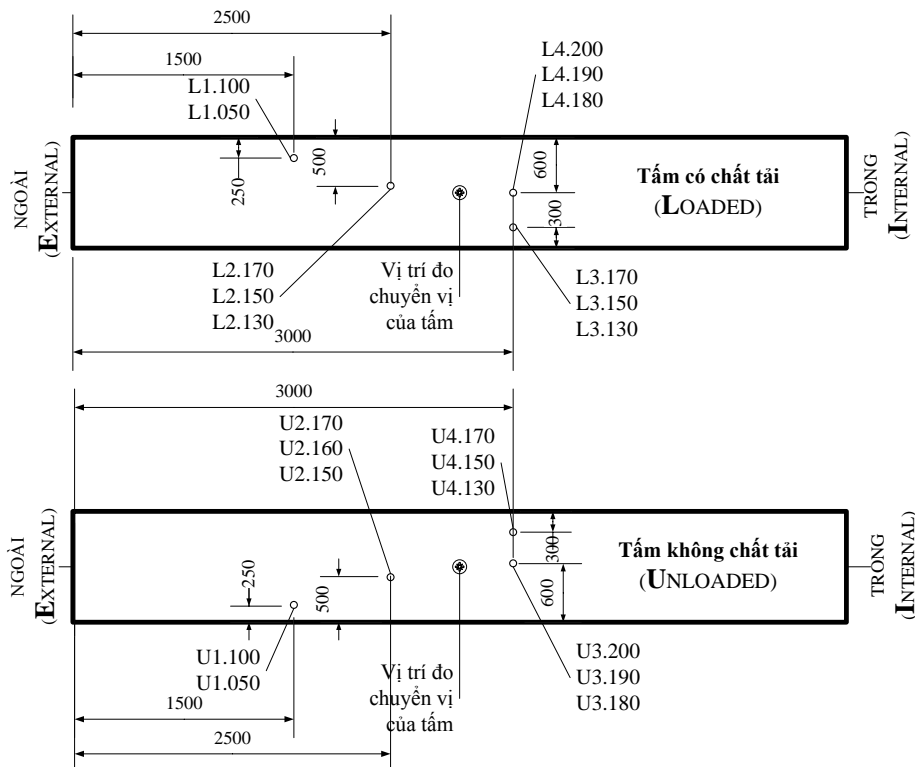


Hình 3. Bố trí thực tế của các mẫu thử khi thử nghiệm

Sử dụng máy đo ghi số liệu nhiều kênh (TDS 503 của hãng TML) để ghi nhận các số liệu về chuyển vị tại điểm giữa nhịp và phân bố nhiệt độ trên tiết diện mẫu. Máy đo này cho phép nối kết với nhiều loại đầu đo khác nhau hoạt động theo nguyên lý điện, trong đó có các đầu đo nhiệt độ loại K, sensor chuyển vị, sensor áp lực,...

Phân bố nhiệt độ theo chiều cao tiết diện các mẫu được đo bằng các cụm dây đo nhiệt tại 4 vị trí khác nhau, trong đó có cả các vị trí nằm ở phần vách lõi rỗng và ở trong không gian của lõi rỗng. Mỗi cụm dây đo nhiệt độ chỉ bố trí từ 2 đến 3 điểm đo theo chiều cao tiết diện, đặt cách nhau một khoảng 10, 20 hoặc

50 mm. Việc đặt mỗi cụm dây đo nhiệt vào các mẫu tấm sàn được thực hiện bằng cách khoan các lỗ vuông góc với bề mặt của tấm mẫu đến một chiều sâu dự kiến sau đó luồn cụm dây đo nhiệt độ vào lỗ đã khoan cho đến khi điểm đo đầu tiên chạm vào đáy lỗ khoan. Toàn bộ lỗ khoan được bịt kín bằng keo chịu nhiệt chuyên dụng để cố định cụm dây đo nhiệt độ và đảm bảo tiếp xúc nhiệt tốt giữa đầu dây đo với phần bê tông xung quanh. Nhiệt độ của bề mặt trên (bề mặt không lộ lửa) của các tấm mẫu được đo tại 03 vị trí khác nhau. Vị trí, số lượng và chiều sâu tương ứng của các điểm đo cho mỗi mẫu tấm sàn được thể hiện trên hình 4.

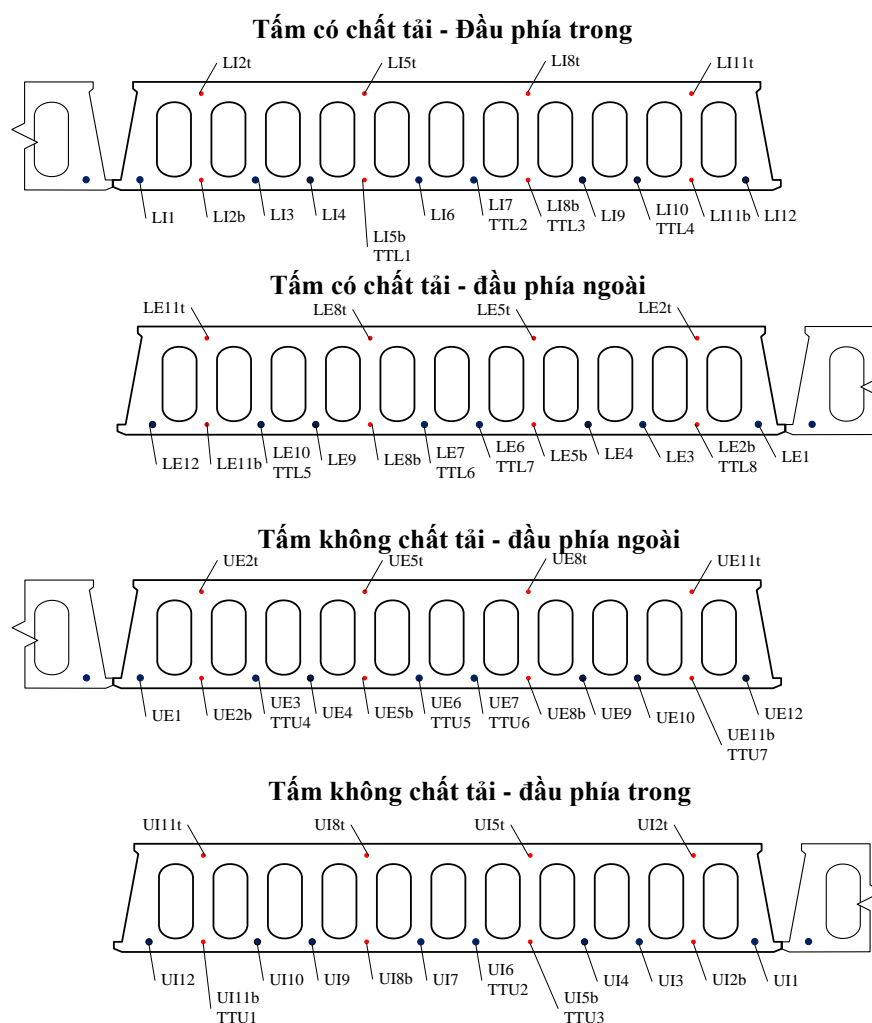


Hình 4. Sơ đồ vị trí các điểm đo nhiệt độ trong bê tông và chuyển vị của mẫu

KẾT CẤU - CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

Mỗi mẫu được bố trí 01 đầu đo chuyển vị CDP-50 (của hãng TML) với khoảng đo 50 mm và đo được từ 0,005 mm để đo chuyển vị tại điểm giữa nhịp trong suốt quá trình gia tải ban đầu và quá trình thử nghiệm chịu lửa. Đầu đo CDP-25 và CDP-50 (của hãng TML) với khoảng đo tương ứng là 25 và 50 mm được sử dụng để theo dõi diễn biến chuyển dịch tương đối giữa đầu cốt thép dự ứng lực so với bề mặt bê tông xung quanh (dưới đây gọi chung là chuyển vị của đầu cốt thép). Tổng số có 15 vị trí đầu cốt thép ứng lực trước nằm ở phía dưới của các

tấm mẫu được theo dõi chuyển dịch. Trong đó tấm có chất tải được theo dõi 08 vị trí, còn lại là của tấm không chất tải. Một số thanh cốt thép được theo dõi chuyển dịch ở cả hai đầu. Ngoài ra, chuyển dịch tương đối của tất cả các đầu cốt thép dự ứng lực còn được đo và ghi nhận lại sau khi dừng thử nghiệm đốt bằng thước đo sâu có độ phân giải đến 0,01 mm. Vị trí và ký hiệu của các đầu cốt thép được theo dõi chuyển dịch tương đối trong quá trình thử nghiệm cũng như sau khi kết thúc thử nghiệm được thể hiện trên hình 5.



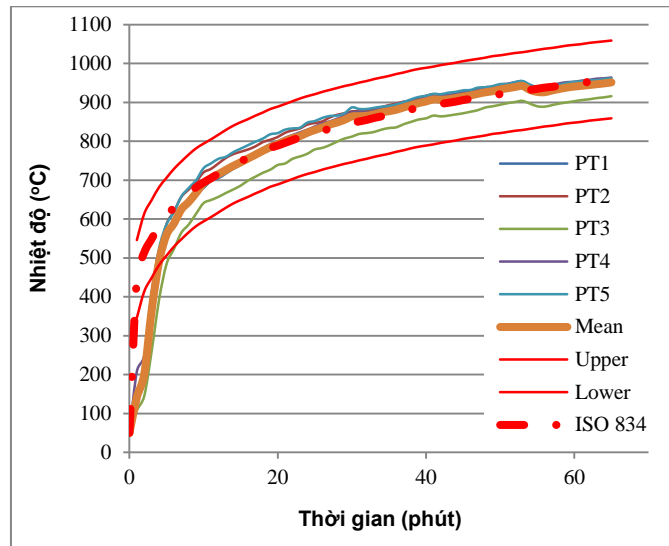
Hình 5. Sơ đồ vị trí kiểm tra dịch chuyển của các đầu cốt thép

Thử nghiệm đốt được thực hiện liên tục trong 65 phút với đường quan hệ nhiệt độ - thời gian của lò đốt tuân theo [21]. Số liệu nhiệt độ và chuyển vị từ các đầu đo tương ứng được tự động ghi nhận với khoảng giãn cách thời gian 30 giây bởi máy đo ghi. Bên cạnh đó, sự thay đổi áp lực dầu của hệ kích gia tải cũng được theo dõi và ghi nhận theo khoảng giãn cách thời gian là 60 giây.

5. Kết quả thử nghiệm và nhận xét kết quả

5.1 Kết quả đo và theo dõi nhiệt độ

Đường nhiệt độ - thời gian ghi nhận trong quá trình thử nghiệm trên hình 6 cho thấy, điều kiện nhiệt độ của môi trường lò thử nghiệm đã đảm bảo yêu cầu về độ chính xác theo quy định của ISO 834-1 [21].

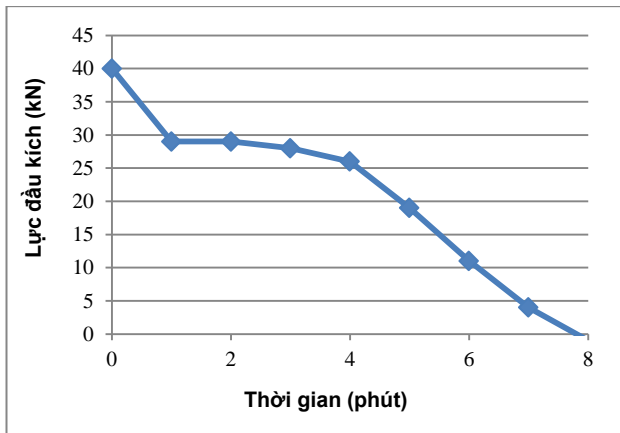


Hình 6. Đường nhiệt độ - thời gian ghi nhận được trong thử nghiệm

Trong suốt thời gian thử nghiệm, mức nhiệt độ ghi nhận được ở vùng gần với đáy tấm mẫu tuy có thấp hơn so với giá trị tiêu chuẩn song đều nằm trong phạm vi sai lệch cho phép. Có nghĩa là tác động môi trường nhiệt của lò thử nghiệm lên các tấm mẫu phù hợp với quy định của ISO 834.

5.2 Lực tác dụng lên mẫu

Diễn biến thay đổi của lực đầu kích tác dụng lên mẫu thử được thể hiện trên hình 7. Có thể thấy, lực tác dụng lên mẫu bị suy giảm ngay từ đầu và suy giảm nhanh trong khoảng 8 phút đầu của thử nghiệm. Biểu đồ diễn biến suy giảm về lực có thể được chia thành 3 giai đoạn chính, với tốc độ giảm nhanh nhất là vào 1 phút đầu tiên và trong 4 phút cuối của thử nghiệm. Trong khoảng thời gian từ phút thứ 2 đến hết phút thứ 4, tốc độ suy giảm có thấp hơn một chút.

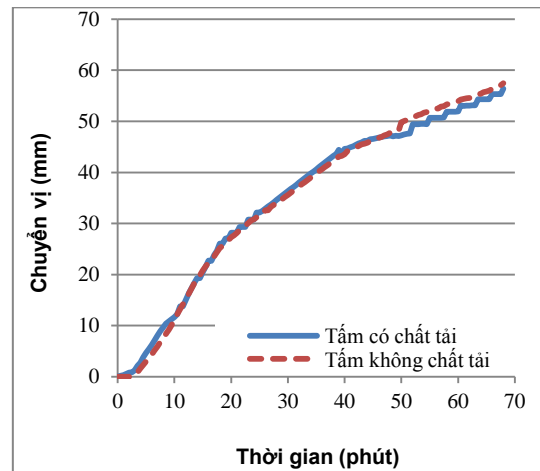


Hình 7. Diễn biến thay đổi của lực tác dụng tại đầu kích gia tải lên mẫu

5.3 Chuyển vị thẳng đứng của tiết diện giữa nhịp

Ghi nhận về chuyển vị thẳng đứng tại tiết diện giữa nhịp (dưới đây gọi chung là chuyển vị) trong

suốt quá trình 2 mẫu chịu tác dụng của lửa được thể hiện trên hình 8.



Hình 8. Chuyển vị thẳng đứng tại tiết diện giữa nhịp

Kết quả cho thấy, tiết diện giữa nhịp của cả hai mẫu đều có dịch chuyển đi xuống (võng) với tốc độ và độ lớn chênh lệch nhau không nhiều.

Sau khi kết thúc thử nghiệm và tắt lò khoảng 10 đến 15 phút, cả hai tấm mẫu bắt đầu có xu hướng vòng trở lại. Sau khi để nguội hoàn toàn, độ võng đo được của tấm mẫu có chất tải và không chất tải tương ứng là 35 mm và 42 mm. Độ võng này gấp 2 lần (đối với mẫu có chất tải) và gần 3 lần (đối với mẫu không chất tải) so với độ võng của các tấm mẫu.

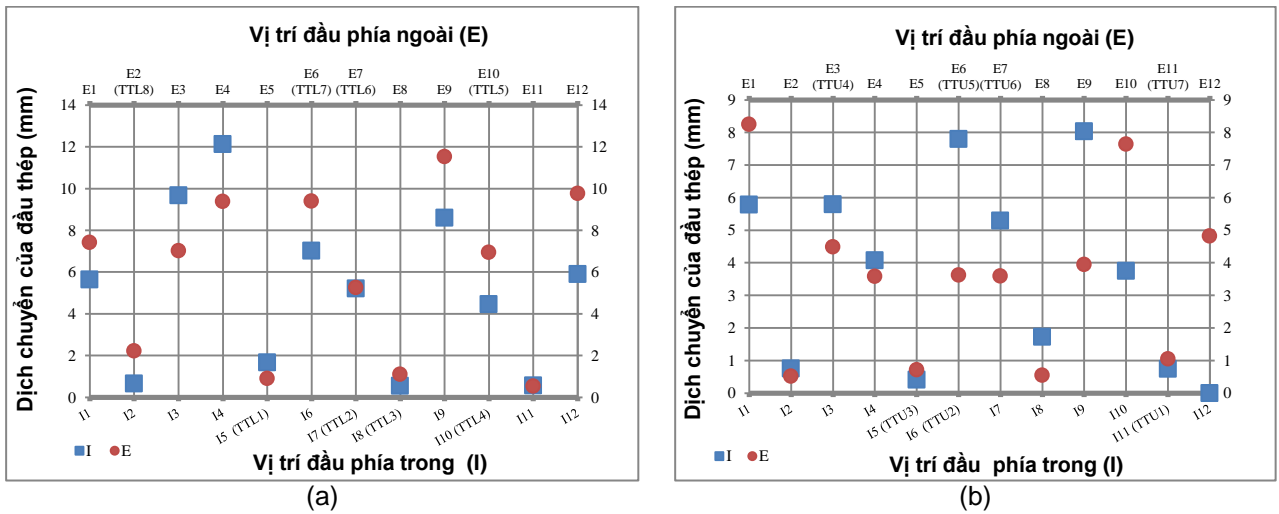
5.4 Dịch chuyển của đầu cốt thép

Dịch chuyển tương đối của các đầu thanh thép ứng lực trước so với bề mặt bê tông ở đầu tấm được xác định theo 2 bước, bước thứ nhất là xác định diễn biến dịch chuyển trong quá trình thử nghiệm và bước thứ hai là giá trị dịch chuyển sau

KẾT CẤU - CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

khi kết thúc thử nghiệm. Kết quả đo dịch chuyển tương đối của đầu các thanh cốt thép ứng lực

trước, sau khi kết thúc thử nghiệm được cho trên hình 9.



Hình 9. Dịch chuyển của đầu cốt thép ứng lực trước lớp dưới sau khi kết thúc thử nghiệm: (a) tấm có chất tải; (b) tấm không chất tải

So sánh về mức độ dịch chuyển tổng cộng của đầu cốt thép giữa hai tấm có chất tải và không chất tải ghi nhận được qua thử nghiệm cho thấy:

- Diễn biến dịch chuyển của đầu cốt thép ghi nhận được trong quá trình thử nghiệm bắt đầu xuất hiện ngay sau phút thứ 5, sau đó gia tăng dần theo thời gian, tức là theo mức nhiệt độ tác động. Về tổng thể, sự dịch chuyển diễn ra khác nhau ở mỗi vị trí đo và không thấy thể hiện rõ tính quy luật. Điều này cũng được phản ánh qua các kết quả đo giá trị dịch chuyển của đầu cốt thép sau khi kết thúc thử nghiệm;
- Các đầu cốt thép ứng lực trước dạng sợi đơn có chuyển dịch ít hơn rất nhiều (chỉ bằng khoảng 15 % đến 25 %) so với các danh cấp ứng lực trước;
- Đối với mỗi danh cấp ứng lực trước, chuyển dịch ở hai đầu khác nhau, chênh lệch nhiều nhất lên đến khoảng 50 %;
- Nhìn chung không thấy xu hướng rõ ràng nào thể hiện mối quan hệ giữa vị trí của các danh cấp ứng lực trước với hiện tượng dịch chuyển của các đầu cốt thép.

5.5 Nứt

Khi xem xét vị trí các vết nứt, để thuận tiện, quy ước gọi 6 bề mặt biên của một tấm mẫu là: (1) mặt đáy (gồm 2 mặt, mặt trên và mặt dưới); (2) mặt bên (2 mặt nằm hai bên sườn); và (3) mặt đứng (2 mặt

ở hai đầu tấm mẫu).

Nứt xảy ra ở cả hai tấm mẫu và trên hầu hết các mặt biên của mỗi tấm với mức độ khác nhau. Các vết nứt ở mặt trên, mặt bên và mặt đứng của các tấm mẫu được ghi nhận trong quá trình thử nghiệm. Riêng các vết nứt ở mặt dưới của tấm mẫu chỉ ghi nhận được sau 4 ngày kể từ khi kết thúc thử nghiệm. Hình thức nứt của hai mẫu tương đối giống nhau. Sơ đồ vị trí vết nứt ở các mặt đáy của hai tấm mẫu được thể hiện trên hình 10. Nội dung dưới đây trình bày một số đặc điểm về nứt đã ghi nhận được.

a. Nứt ở mặt trên

- Chỉ bị nứt dọc, các vết nứt thẳng và song song nhau. Có một số vết nứt chạy hết chiều dài của tấm mẫu. Bề rộng vết nứt khoảng 0,5 đến 1,0 mm (hình 10);
- Vị trí vết nứt nằm gần với vị trí của cốt thép ứng lực trước lớp trên. Ngoài ra, vị trí các vết nứt này tương ứng với các vị trí vết nứt trên hai mặt đứng ở đầu cấu kiện, điều này cho thấy, các vết nứt đều xuyên hết chiều dày bản mặt trên của tiết diện.

b. Nứt ở mặt dưới

- Bề mặt dưới bị nứt cả theo chiều dài (nứt dọc) và chiều rộng (nứt ngang) với số lượng vết nứt nhiều hơn so với mặt trên (hình 10);
- Các vết nứt dọc tập trung chủ yếu ở gần 2 đầu cấu kiện, với chiều dài từ 300 mm đến 800 mm, một

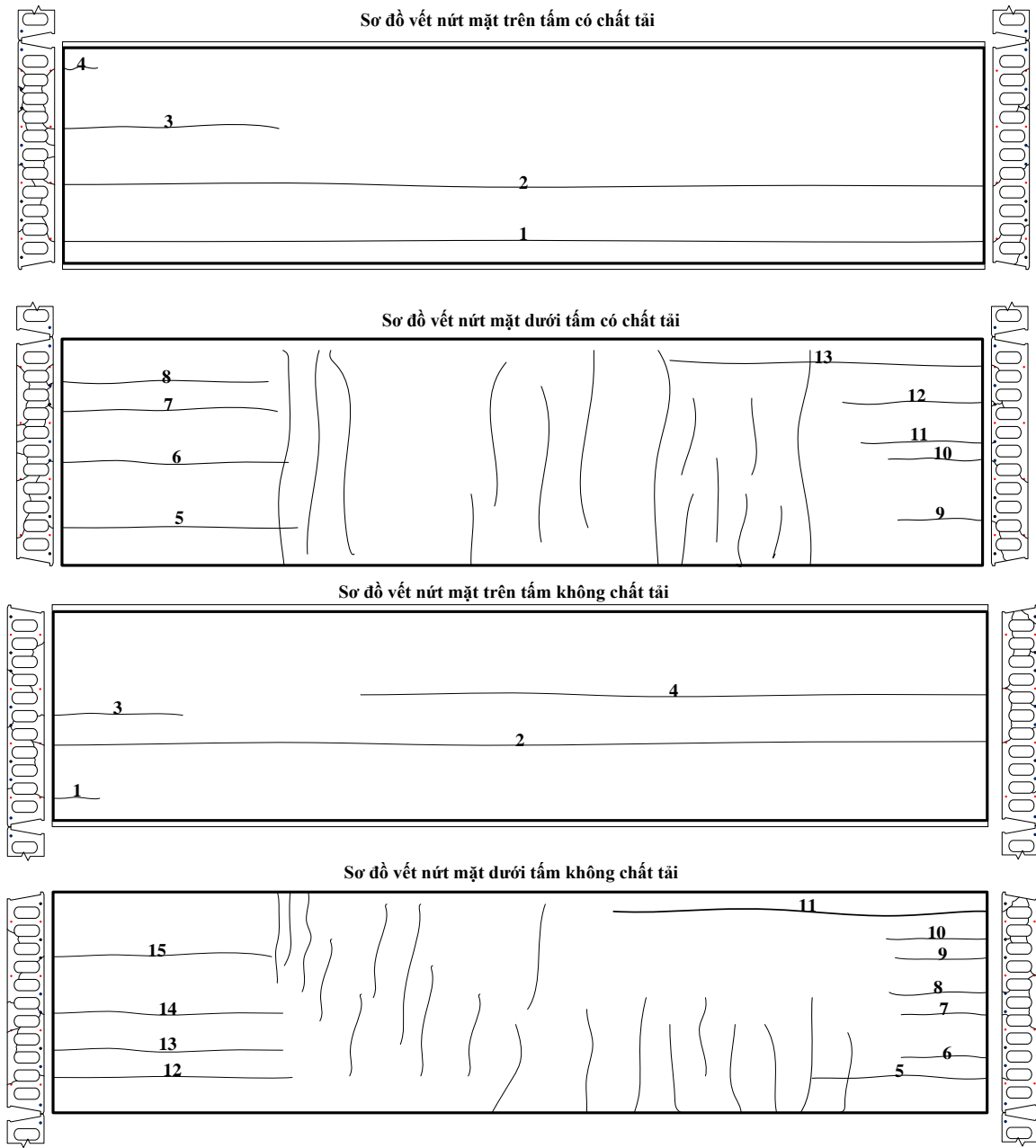
KẾT CẤU - CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

số vết nứt dài khoảng 1,5 đến 2 m. Bề rộng vết nứt không đều nhau, thay đổi từ 0,5 đến 3,0 mm, các vết nứt dài thường có bề rộng lớn hơn những vết nứt ngắn;

– Các vết nứt ngang hầu hết nằm trong phần chiều dài tấm không có vết nứt dọc, phân bố rải rác, cách nhau từ 50 đến 150 mm và tương đối đều. Chiều dài của vết nứt không lớn, chỉ bằng khoảng 1/3 đến 2/3 chiều rộng của tấm mẫu. Có một số vết nứt ở tấm có chất tải dài gần bằng chiều rộng tấm

mẫu. Bề rộng vết nứt nhỏ khoảng 0,5 mm. Quan sát kỹ ở hai mặt bên các tấm mẫu tại một số vị trí nứt sát mép tấm, không thấy nứt kéo dài lên phía trên, điều này chứng tỏ chiều sâu của các vết nứt này là nhỏ;

– Khoảng cách giữa các vết nứt dọc cũng tương đối đều nhau và thường nằm ngay phía dưới của các thanh cốt thép ứng lực trước lớp dưới. Nhiều vết nứt dọc nằm trùng với vị trí nứt ghi nhận được trên mặt đứng ở hai đầu cấu kiện.



Hình 10. Kết quả ghi nhận vết nứt ở các mặt đáy của hai tấm mẫu



Hình 11. Vết nứt ở góc đầu tấm gây hỏng về tính toàn vẹn

c. Nứt ở mặt đứng và mặt bên

Các vết nứt tập trung chủ yếu trong phần bê tông thuộc bản mặt phía trên hoặc phía dưới của tiết diện. Các vết nứt theo bề rộng tiết diện thường nằm ở phần tiếp giáp giữa sườn lõi rỗng với các bản mặt trên và mặt dưới. Bề rộng các vết nứt thay đổi từ 0,5 mm đến khoảng 4 mm.

Một số vết nứt trên mặt đứng trùng với vết nứt dọc ở mặt trên và mặt dưới của tấm, đồng thời vị trí nứt ở hai mặt đứng giống nhau có thể là dấu hiệu của mạch nứt tách theo chiều cao tiết diện và tách theo chiều dài mẫu.

Một số vị trí nứt trên mặt đứng có xu hướng chạy xiên và nối với các vết nứt ở mặt đáy hoặc mặt bên, tạo thành một mạch nứt làm tách rời phần góc với phần tiết diện còn lại. Một trong số các mạch nứt đó đã phát triển mạnh và làm cho tấm mẫu không chất tải bị hỏng về tính toàn vẹn ở phút thứ 60 (hình 11).

6. Kết luận và kiến nghị

Kết quả nghiên cứu đã chứng minh tính thực tiễn của việc áp dụng những thiết bị hiện có của Việt Nam để triển khai thử nghiệm đốt phục vụ đánh giá khả năng chịu lửa cho các sản phẩm panel sàn rỗng bê tông ứng lực trước trong điều kiện đồng thời chịu tải trọng và chịu lửa.

Các số liệu thử nghiệm được ghi nhận tương đối đầy đủ và trên nhiều khía cạnh khác nhau như: (1) Phân bố nhiệt độ theo chiều cao tiết diện, tại các mức chiều sâu khác nhau và ở những điểm khác nhau trên mẫu; (2) Diễn biến về tải trọng áp dụng lên mẫu; (3) Chuyển vị thẳng đứng của điểm giữa nhịp mẫu; (4) Độ tụt của đầu cốt thép ứng lực trước

so với bề mặt bê tông ở đầu mẫu; (4) Diễn biến hình thành, phân bố và đặc điểm của các vết nứt trên các mặt mẫu; (5) Các biểu hiện làm việc của mẫu trong quá trình chịu lửa; và (6) Yếu tố gây hỏng về tính chịu lửa của mẫu.

Những kết quả thử nghiệm đã ghi nhận có thể được sử dụng để kiểm chứng cho kết quả phân tích bằng mô hình số về sự làm việc chịu lửa của panel sàn rỗng bê tông ứng lực trước.

Qua nghiên cứu thực nghiệm, cũng đã rút ra một số vấn đề cần được lưu ý trong công tác thử nghiệm đánh giá khả năng chịu lửa của panel sàn rỗng trong điều kiện chịu tải trọng như sau:

- Việc sử dụng hệ gia tải cho mẫu bằng các kích thủy lực đòi hỏi phải có các cảm biến để kiểm soát và tự động bù tải trọng kịp thời khi mẫu phát sinh chuyển vị lớn do nhiệt ngay từ giai đoạn đầu thử nghiệm. Mặc dù tốc độ chuyển vị không quá lớn song việc kiểm soát hệ gia tải bằng cách thủ công sẽ khó có thể đảm bảo được yêu cầu về tốc độ bù tải và độ chính xác của tải trọng;
- Lựa chọn các kích gia tải phải có hành trình đủ lớn để đảm bảo duy trì tải trọng liên tục trong quá trình thử nghiệm;
- Trong điều kiện thiết bị như hiện nay của Việt Nam, nên sử dụng biện pháp chất tải bằng các khối nặng để đảm bảo được các yêu cầu về duy trì tải trọng trong quá trình thử nghiệm đốt;
- Việc bố trí các bộ phận treo, đỡ phải lưu ý đến đặc điểm về biến dạng lớn có thể phát sinh trong mẫu đồng thời với việc đảm bảo để sự gãy sập của mẫu không gây hư hại cho thiết bị.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. PCI Design Handbook - Precast and Prestressed Concretes (1999). Fifth Edition MNL 120-99. *Precast/Prestressed Concrete Institute (PCI)*.
2. QCVN 06:2010/BXD, Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia - An toàn cháy cho nhà và công trình.
3. Code of practice on Fire precaution in Building (2013), *Singapore*.
4. Code of practice for Fire safety in Building (2011), *Hongkong*.
5. The Building Regulations 2000 (2006 Edition). Fire safety. *Approved Document B. Volume 1*

- Dwellinghouses. Online version.*
6. The Building Regulations 2000 (2006 Edition). Fire safety. Approved Document B. *Volume 2 Buildings other than dwellinghouses. Online version.*
 7. SNIP 21.01.97 (2002) ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.
 8. International Code Council (2012), International Building Code.
 9. CEN EN 1992-1-2:2004/AC 2008: Design of concrete structures - Part 1-2: General rules - Structural fire design.
 10. American Concrete Institute, ACI 216R-89 Guide for Determining the Fire Endurance of Concrete Elements, *Reported by ACI Committee 216 (Reapproved 1994).*
 11. ASCE/SEI/SFPE 29-05 Standard Calculation Methods for Structural Fire Protection.
 12. Пособие по определению пределов огнестойкости строительных конструкций, параметров пожарной опасности материалов. Порядок проектирования огнезащиты (К СНиП II-2-80), (2013).
 13. Armand H. Gustaferro và Leslie D. Martin (1989), Design for fire resistance of precast prestressed concrete. *Second edition. MNL-124-89 Prestressed Concrete Institute. 93 trang.*
 14. Kim S. Elliott (2002). Prestressed concrete structures. *Butterworth Heinemann. 389 trang.*
 15. Underwriter's Laboratory Inc (1963). Report R4123-11 on Precast-prestressed concrete hollow core flat slabs, forming a floor and ceiling assembly. 9-1963. *16 trang.*
 16. A. H. Gustaferro và S. L. Selvaggio, (1967). Fire endurance of simply supported prestressed concrete slabs. *Journal, Prestressed concrete Institute, Vol. 12, No 1. Feb. Trang 37-54.*
 17. Melvin S. Abrams, (1976). Fire tests of hollow-core specimens with and without roof insulation. *PCI Journal. Jan-Feb. Trang 41-49.*
 18. Md Azree Othuman Mydin và Mahyuddin Ramli, (2012). Rational design of hollow core planks for fire resistance. *Pelagia Research Library. Advances in applied research, 3(5). Trang 2830 - 2836.*
 19. Thanyawat Pothisiri và Chaiyatorn Kositsornwanee, (2015). Experimental investigation of the fire resistance of thin hollow-core concrete slabs with simple supports. *Engineering Journal, Vol. 19 (2). Trang 139 - 155.*
 20. Sanputt Simasathien và Shin-Ho Chao, (2015). Shear strength of steel-fiber-reinforced deep hollow-cored slabs, *Precast Concrete Institute Journal, July - August, 2015. Trang 85-101.*
 21. International Organization for Standard, *ISO 834-1 Fire-resistance tests of Elements of Building and Construction - Part 1: General requirement, 1999.*
- Ngày nhận bài:** 26/6/2019.
- Ngày nhận bài sửa lần cuối:** 08/7/2019.