

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM KHẢ NĂNG CHỊU TẢI CỦA SÀN BÊ TÔNG CỐT THÉP BỊ CHÁY *

Võ Bá Huy⁽¹⁾, Đoàn Văn Đệ⁽²⁾

* Nhiệm vụ khoa học và công nghệ cấp Trường năm học 2020-2021

⁽¹⁾ Khoa Kỹ thuật Hạ tầng Đô thị, Trường ĐHXD Miền Tây

⁽²⁾ Trung Tâm Thí nghiệm Xây dựng và Môi trường, Trường ĐHXD Miền Tây

1. GIỚI THIỆU SỰ CẦN THIẾT ĐỀ TÀI

1.1. Sự cần thiết

Hỏa hoạn đối với công trình luôn là một vấn đề được cộng đồng quan tâm. Khi bị cháy, kết cấu sẽ bị hư hại ở những mức độ từ nhẹ đến nặng khác nhau. Sàn bê tông cốt thép (BTCT) sẽ hứng chịu ngọn lửa từ bên dưới. Bề dày sàn thường nhỏ hơn so với các cấu kiện khác như dầm cột. Do đó, tác động tiêu cực của lửa đến khả năng chịu lực của sàn sẽ ảnh hưởng rõ rệt. Hỏa hoạn ở các mức độ khác nhau sẽ làm cho sàn BTCT bị hư hại ở các mức độ khác nhau như bong tách bê tông dưới đáy sàn, khả năng chịu lực của sàn bị suy giảm.

Đánh giá mức độ suy giảm khả năng chịu tải của sàn BTCT sẽ nhằm đánh giá khả năng làm việc của sàn BTCT sau khi bị cháy. Một khi mức độ suy giảm khả năng chịu tải được xác định, một số quyết định liên quan có thể được đưa ra như: 1) Tiếp tục sử dụng, 2) Gia cường phục hồi khả năng chịu tải, hay 3) Phá dỡ.

Tuy vậy, việc đánh giá mức độ ảnh hưởng của hỏa hoạn đối với kết cấu luôn khó khăn vì tính chất phức tạp của lửa. Hiện nay, đã có những công trình nghiên cứu và công bố về lĩnh vực này, tuy nhiên, vẫn còn rất nhiều vấn đề chưa được làm sáng tỏ. Bên cạnh đặc điểm ảnh hưởng phức tạp của lửa đối với kết cấu, các thí nghiệm về kết cấu bị cháy thường rất tốn kém vì thí nghiệm cháy phải được thực hiện trước, sau đó thí nghiệm khả năng chịu lực của kết cấu bị cháy, khối lượng công việc và sự phức tạp có thể gấp đôi.

1.2. Phương pháp nghiên cứu

Thực hiện nghiên cứu nhiệm vụ theo phương pháp thực nghiệm qua hai bước. Bước 1 thí nghiệm cháy sàn bê tông BTCT và bước 2 thí nghiệm gia tải. Bằng cách so sánh khả năng chịu tải của sàn bị cháy, sàn không bị cháy, và sàn bị cháy được gia cường, mức độ suy giảm khả năng chịu tải của sàn BTCT bị cháy sẽ được đánh giá, đồng thời đánh giá được mức độ phục hồi khả năng chịu tải của kết cấu sau khi được gia cường.

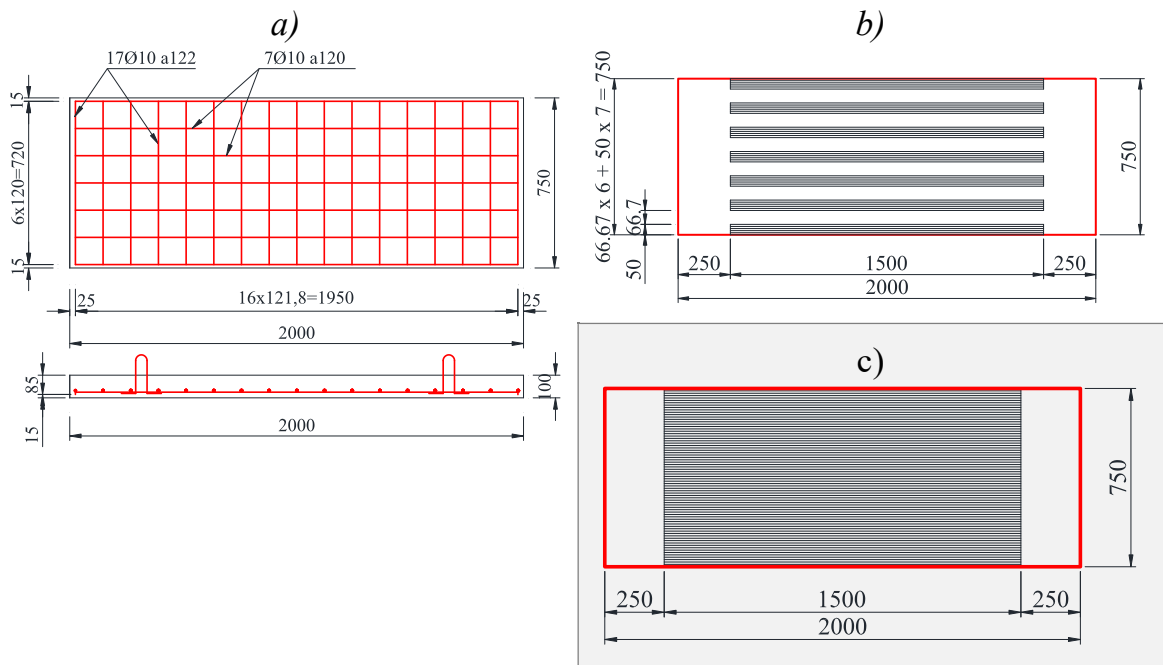
2. TÓM TẮT NỘI DUNG CHÍNH CỦA ĐỀ TÀI

2.1 Xây dựng chương trình nghiên cứu thực nghiệm kết cấu bê tông cốt thép bị cháy

Số lượng mẫu sàn BTCT sử dụng thực nghiệm là 9 mẫu sàn có kích thước $2000 \times 750 \times 100$ mm (chiều dài \times chiều rộng \times chiều cao). Chín mẫu sàn này được chia thành 3 nhóm. Nhóm mẫu A không đốt là mẫu đối chứng. Nhóm B là các mẫu đốt 45 phút. Nhóm C là các mẫu đốt 75 phút.

Mỗi tấm sàn sử dụng 7 thanh thép dọc $\phi 10$ dài 1950 mm và 17 thanh thép ngang $\phi 10$ dài 720 mm. Bước thép theo phương cạnh dài 120 mm và theo phương cạnh ngắn 122 mm. Chiều dày lớp bê tông bảo vệ là 15 mm. Chi tiết bố trí cốt thép thể hiện theo **Hình 1a**.

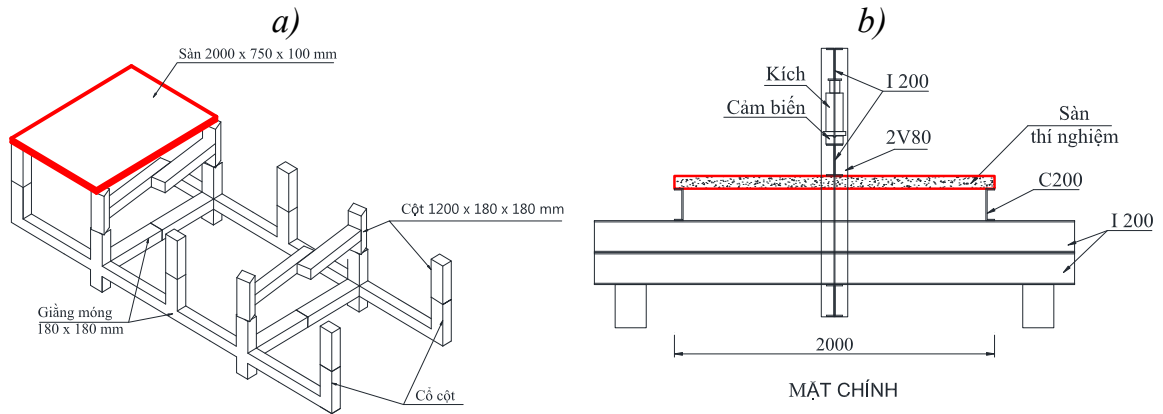
Hai mẫu trong từng nhóm mẫu B và C sẽ được gia cường FRP trước khi tiến hành các thí nghiệm gia tải. Sử dụng 2 hình thức gia cường dạng 1 và dạng 2. Dạng 1 gia cường FRP tổng cộng có 7 dải FRP được dán cho mỗi sàn, bề rộng mỗi dải là 50 mm, khoảng cách các dải là 66,7 mm, chiều dài của dải là 1,5 m thể hiện ở **Hình 1b**. Dạng 2 gia cường FRP sử dụng lớp FRP có bề rộng bằng bề rộng của sàn là 750 mm, chiều dài của lớp FRP này là 1,5 m như **Hình 1c**.



Hình 1. Chi tiết bố trí thép và gia cường FRP

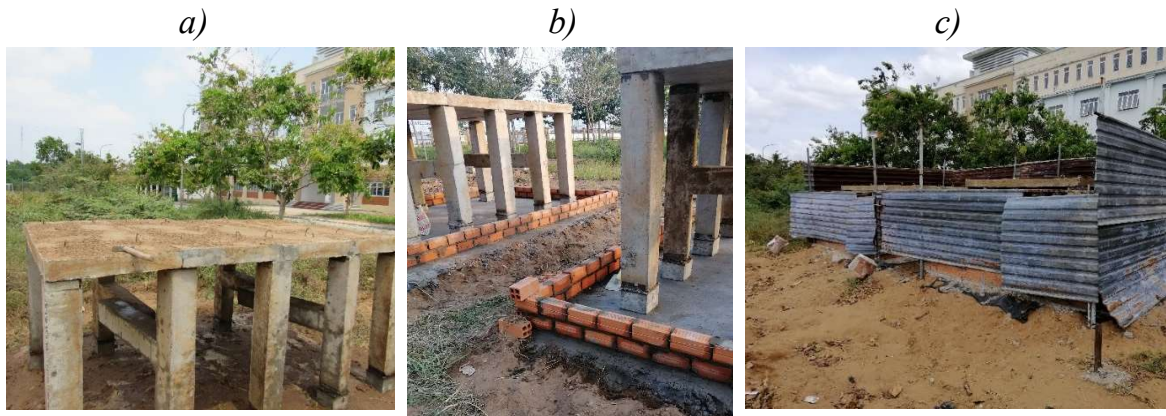
Mỗi hệ khung đỡ các tấm sàn để thí nghiệm cháy (xem **Hình 2a**) bao gồm giằng dọc, giằng ngang và cột. Có 2 giằng dọc dài 3 m, liên kết các giằng dọc là 2 giằng ngang bố trí cách nhau 750 mm. Hệ thống các cột và nút gồm 12 cột, 8 nút BTCT được lắp đặt để đỡ 8 tấm sàn thí nghiệm cháy.

Hệ gia tải được sử dụng cho thí nghiệm gia tải đánh giá ứng xử của sàn BTCT chịu uốn. Hệ gia tải được lắp đặt ngay tại vị trí bãi đúc như **Hình 2b**.



Hình 2. Hệ khung đỡ thí nghiệm cháy và hệ gia tải

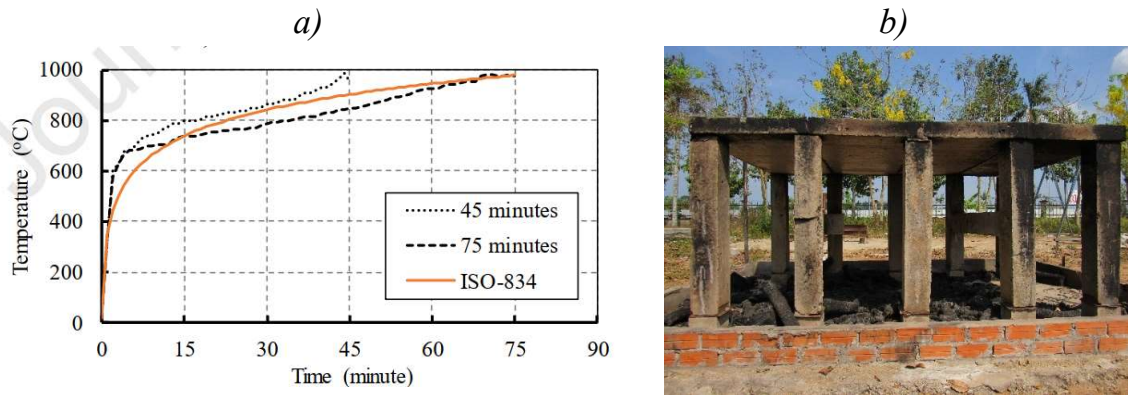
Thi công các tấm sàn, chế tạo hệ khung đỡ tấm sàn theo mô hình, lắp dựng các cột, các nút lên cổ cột chờ, hoàn thiện được hệ khung đỡ, **Hình 3a** thể hiện các tấm sàn sau khi đã được lắp dựng. Sau đó thi công bể chứa dầu (**Hình 3b**), lắp dựng bãi đốt (**Hình 3c**).



Hình 3. Công tác lắp dựng tấm sàn lên bãi đốt.

2.2 Thí nghiệm cháy

Thời gian thí nghiệm cháy được lựa chọn 45 phút và 75 phút. Đám cháy được thực hiện mô phỏng như đám cháy thực tế, không gian hở, nhiệt độ đo liên tục trong quá trình cháy. Sử dụng máy đo nhiệt độ hồng ngoại. Biểu đồ gia nhiệt được thể hiện theo **Hình 4a**. **Hình 4b** thể hiện tấm sàn sau khi cháy.



Hình 4. Biểu đồ gia nhiệt

2.3 Đánh giá khả năng chịu tải của sàn bê tông cốt thép bị cháy

Thực hiện công tác đánh giá không phá hủy bao gồm khảo sát hư hỏng của sàn BTCT bị cháy bằng cách khảo sát sự bong tách bê tông, bề rộng vết nứt và sự thay đổi màu sắc bê tông ở mặt dưới của sàn.

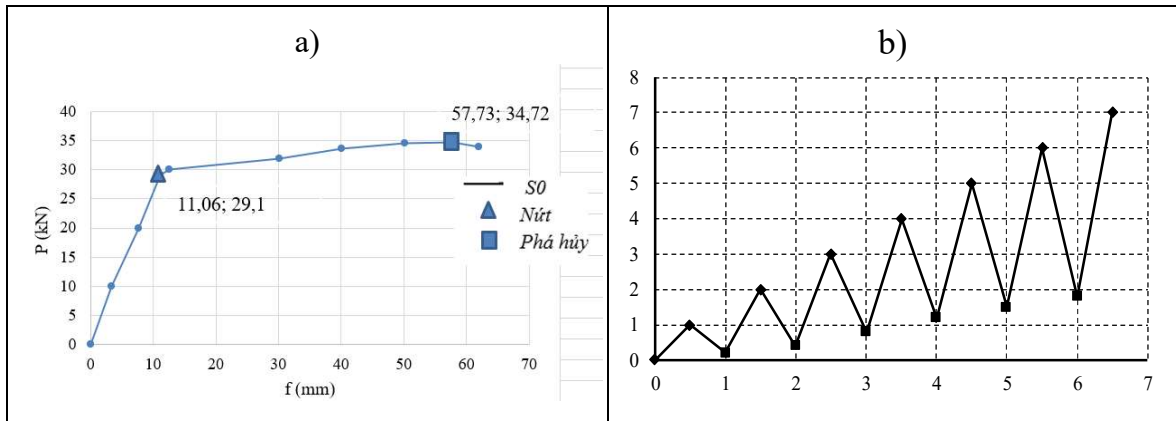
Công tác đánh giá phá hủy được thực hiện. Các tấm sàn được chuyển xuống bãi để gia cường FRP và thí nghiệm gia tải. **Bảng 1** tổng hợp đầy đủ các mẫu, nhóm mẫu, thời gian cháy, phương án gia cường FRP và phương án gia tải.

Bảng 1. Các trường hợp thí nghiệm mát lực DUL để đo biến dạng vùng neo

TT	Tên mẫu	Nhóm mẫu	Thời gian đốt (phút)	Gia cường FRP	Tải trọng
1	S0	A	0	Không	Đơn
2	S45-1	B	45	Không	Đơn
3	S45-2			Không	Lặp, $\Delta_0 = 0,5\Delta_y$
4	S45-3			Dạng 1	Đơn
5	S45-4			Dạng 1	Lặp, $\Delta_0 = 0,5\Delta_y$
6	S75-1	C	75	Không	Đơn
7	S75-2			Không	Lặp, $\Delta_0 = 0,5\Delta_y$
8	S75-3			Dạng 2	Đơn
9	S75-4			Dạng 2	Lặp, $\Delta_0 = 0,5\Delta_y$

Thí nghiệm tải trọng lặp gia tải lên kết cấu với ít nhất sáu chu kỳ tăng - hạ tải trong một thời gian ngắn. Tải trọng là các lực tập trung được tác động bởi kích thủy lực. Trong mỗi chu kỳ, gia tải cho chuyển vị tại tâm tấm sàn tăng từ từ đến giá trị cực đại của chu kỳ đó rồi hạ tải chậm dần đều cho đến khi lực gia tải bằng không. Sau đó, tiếp tục gia tải cho chuyển vị tăng lên đến giá trị cực đại của chu kỳ tiếp theo, và cứ tiếp tục như vậy cho đến chu kỳ cuối cùng

Độ chuyển vị cực hạn của chu kỳ thứ i là $i\Delta_0$ như trong **Hình 5b**. Giá trị Δ_0 được chọn là $0,5\Delta_y$. Các giá trị nhỏ hơn có thể gây ra sự chùng chéo trong khi lớn hơn tạo số chu kỳ không đủ để kiểm tra ứng xử của các tấm. Độ võng ở tải trọng hình thành vết nứt Δ_y được xác định sau khi thử gia tải mẫu đối chứng và thu được ở biểu đồ quan hệ tải trọng – độ võng, $\Delta_y = 11,06$ mm (**Hình 5a**).

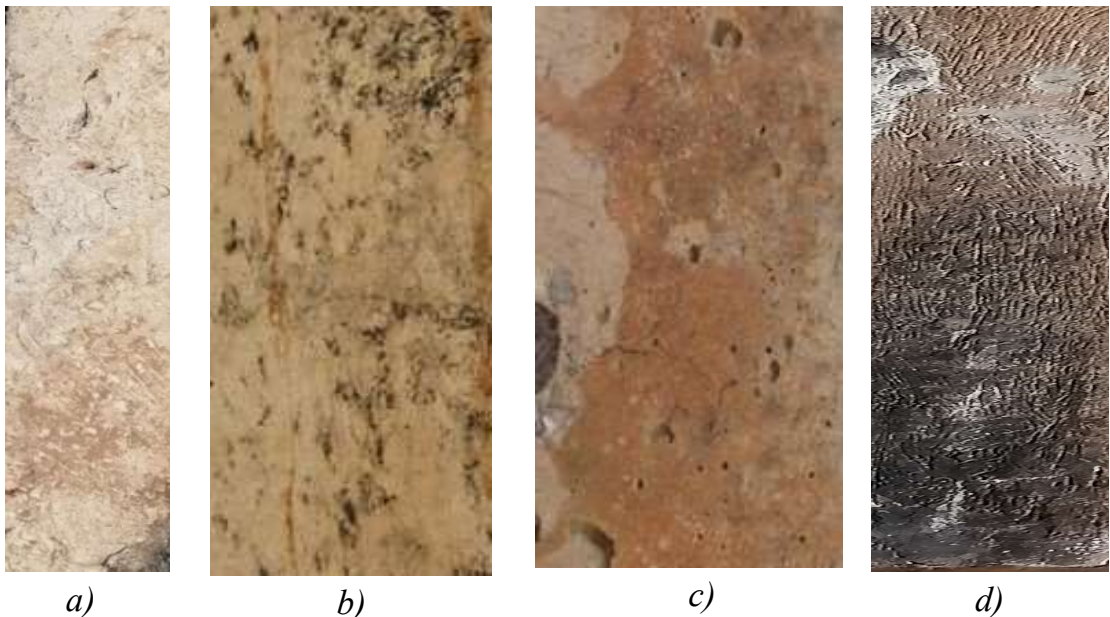


Hình 5. Biểu đồ quan hệ tải trọng - độ võng tại giữa nhịp của mẫu S0 và chu kỳ gia tải tải trọng lặp

3. KẾT QUẢ ĐẠT ĐƯỢC VÀ KIẾN NGHỊ

3.1. Kết quả

Mẫu sàn xuất hiện nứt trên toàn bộ bề mặt và bong tróc bê tông tại các góc, cạnh của tấm, đồng thời màu sắc bê tông chuyển màu rõ rệt. Tuy nhiên ở mặt dưới các mẫu sàn bị cháy, vết nứt và bê tông bong tróc xuất hiện với tần suất nhiều hơn so với mặt trên. Màu sắc bê tông sau khi cháy có sự thay đổi từ màu xám trắng của mẫu bê tông đối chứng sang màu vàng nhạt, vàng đậm như **Hình 6** thể hiện.



Hình 6. Màu sắc sàn bê tông sau thí nghiệm cháy

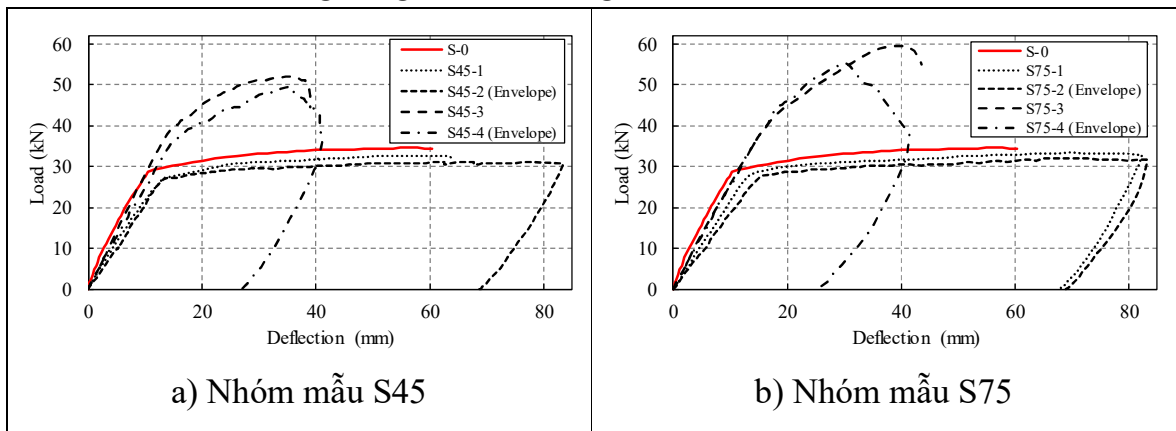
Các mẫu sàn đối chứng và mẫu sàn bị cháy không gia cường FRP khi chịu uốn đều có dạng phá hoại nứt do uốn. Vết nứt bê tông vùng kéo phát triển, trong khi bê tông vùng nén hầu như không bị phá hoại. Các vết nứt phát triển ở giữa sàn và vuông góc với phương chịu lực của sàn. Vết nứt ở giữa xuất hiện đầu tiên, sau đó phát triển lớn dần. Đồng thời, các vết nứt bên cạnh vết nứt ở giữa cũng xuất hiện và phát triển trong quá trình gia tải.

Đối với các tấm sàn có gia cường bằng FRP, dạng phá hoại là do FRP bị bong tách khỏi bê tông. Trong quá trình gia tải, vết nứt trong bê tông xuất hiện nhưng bị hạn chế do sự hiện diện của FRP gia cường. Khi tải trọng tiến đến tải trọng phá hủy, FRP bị bong tách khỏi bề mặt tấm BTCT, tấm sàn bị phá hoại mà không có hiện tượng đứt tấm FRP gia cường.

Tải trọng phá hủy của các mẫu gia cường FRP cao hơn nhiều so với mẫu đối chứng và các mẫu không gia cường. Các đường quan hệ tải trọng – độ võng khi tăng tải và hạ tải của các mẫu không gia cường khi chịu tải trọng đơn và lặp gần như tương tự nhau, trong khi với các mẫu được gia cường là khác nhau.

Đối với các mẫu thử được tăng cường FRP, giai đoạn đàn hồi cũng tương tự nhưng giai đoạn chảy dẻo thì khác. Khi tải trọng tăng từ 0 đến khi dầm hình thành vết nứt, ứng suất của FRP và thép tăng tuyến tính đến trạng thái tương ứng giới hạn chảy của thép. Khi tải trọng tăng hơn nữa, đường cong thay đổi độ dốc vì hiện tượng chảy thép xảy ra, nhưng độ dốc đường cong tải trọng - độ võng các mẫu tăng cường FRP cao hơn nhiều so với các mẫu thử không tăng cường.

Hình 7 trình bày biểu đồ quan hệ giữa tải trọng tác dụng P (kN) và độ võng ở giữa nhịp f (mm) và các giai đoạn làm việc của tất cả các mẫu thử nghiệm. Đối với các mẫu được chất tải lặp, sử dụng các đường cong bao và các đường cong lý tưởng hóa dựa trên các đường cong bao để đánh giá

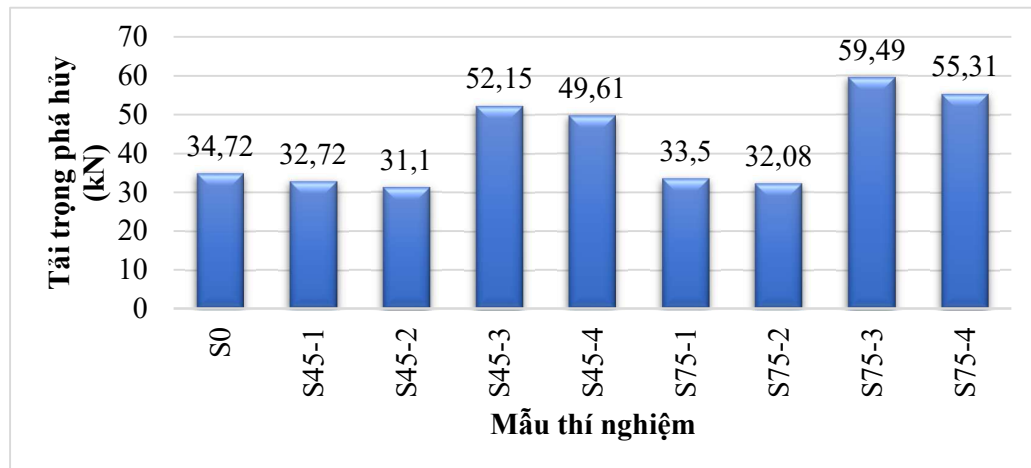


Hình 7. Đường cong tải trọng – độ võng tại vị trí giữa nhịp

Tải trọng phá hủy (TTPH) là khả năng chịu tải cực hạn của sàn được xác định khi mẫu bị phá hoại. **Hình 8** là biểu đồ cho thấy TTPH của các mẫu thử, trong đó, TTPH của mẫu đối chứng là 34,72 kN. Hình 3.5b thể hiện tỷ lệ tăng của TTPH các mẫu so với mẫu đối chứng.

Khi không gia cường FRP, TTGH có giá trị là 32,72 kN và 31,10 kN đối với các tấm sàn nhóm B lần lượt với thí nghiệm gia tải đơn và tải lặp, tương ứng với mức giảm là 5,8% và 10,4% (trung bình 8,1%) so với mẫu đối chứng. TTPH của các tấm sàn nhóm C, khi chịu tải đơn và tải lặp lần lượt là 33,50 kN và 32,08 kN, tương ứng với mức giảm 3,5% và 7,6% (trung bình là 5,6%). TTPH của mẫu S45-2 và S75-2 thấp hơn lần lượt so với mẫu S45-1 và S75-1 có thể là do tác động của TN gia tải bằng tải trọng lặp.

Với việc gia cường FRP của các mẫu S45-3 và S45-4, TTPH tăng lên đáng kể lần lượt lên 52,15 kN và 49,61 kN, tương ứng tỷ lệ tăng 50,2% và 42,9% (trung bình là 46,6%) so với mẫu đối chứng. Với mẫu S75-3 và S75-4, TTPH tăng lên lần lượt là 59,49 kN và 55,31 kN, cao hơn tương ứng 71,4% và 59,3% (trung bình là 65,4%) so với mẫu đối chứng. TTPH của mẫu S45-4 và S75-4 thấp hơn lần lượt so với mẫu S45-3 và S75-3 có thể là do tác động của TN gia tải bằng tải trọng lặp. Nhìn chung lửa làm giảm TTPH, trong khi gia cường FRP làm cải thiện đáng kể TTPH.



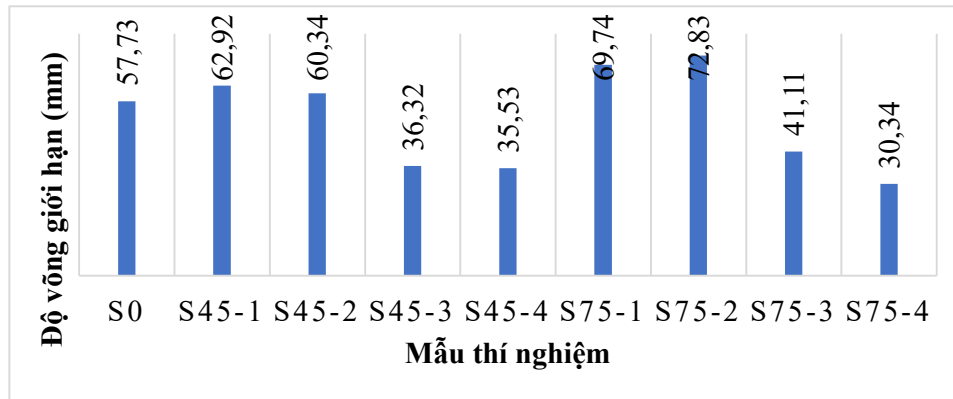
Hình 8. Tải trọng phá hủy

Độ võng (ĐV) lớn nhất tại giữa nhịp đo được khi thí nghiệm gia tải, được xác định ở tải trọng phá hủy mẫu sàn. **Hình 9** là biểu đồ thể hiện giá trị ĐV của tất cả mẫu thử. Hình 3.6b là biểu đồ so sánh ĐV của các mẫu thử so với mẫu đối chứng.

Khi không gia cường FRP, ĐV của mẫu đối chứng là 57,73 mm trong khi ĐV của mẫu S45-1 và S45-2 là 62,92 mm và 60,34 mm, tỷ lệ tăng tương ứng là 9% và 4,5% (trung bình 6,8%). Nhóm mẫu C, ĐV của mẫu S75-1 và S75-2 là 69,74 mm và 72,83 mm, tương ứng với mức tăng 20,8% và 26,2% (trung bình 23,5%) so với

ĐV của mẫu đối chứng. ĐV của mẫu S75 cao hơn so với mẫu S45 có thể là do thời gian tiếp xúc với lửa lâu hơn.

Với việc gia cường FRP, ĐV giảm đáng kể. ĐV của mẫu S45-3 và S45-4 giảm xuống khoảng 35,5 mm, thấp hơn trung bình khoảng 37,8% so với ĐV của mẫu đối chứng. ĐV của mẫu S-75-3 và S75-4 lần lượt giảm xuống còn 41,11mm và 30,34 mm, tương ứng với mức giảm 28,8% và 47,4% (trung bình 38,1%) so với mẫu đối chứng.



Hình 9. Độ võng

3.2. Kiến nghị

Một số hướng phát triển nghiên cứu sàn BTCT bị cháy như:

- Khảo sát ảnh hưởng của chiều dày lớp bê tông bảo vệ đến sự suy giảm khả năng chịu lực khi cháy của sàn bê tông cốt thép.
- Nghiên cứu sự suy giảm sức chịu tải giới hạn các sàn trong thời gian cháy do ảnh hưởng cơ - nhiệt đồng thời.