

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ XÂY DỰNG

TRƯỜNG ĐẠI HỌC XÂY DỰNG MIỀN TÂY

PHAN THÀNH THAO

**NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM ỨNG XỬ CỦA DẦM BTCT
CÓ SỬ DỤNG VẬT LIỆU KÍNH TÁI CHẾ BỊ HƯ HỎNG
KHI GIA CƯỜNG BẰNG TẤM FRP**

**TÓM TẮT
ĐỀ ÁN TỐT NGHIỆP THẠC SĨ KỸ THUẬT XÂY DỰNG**

Vĩnh Long - 2025

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ XÂY DỰNG

TRƯỜNG ĐẠI HỌC XÂY DỰNG MIỀN TÂY

PHAN THÀNH THAO

**NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM ỨNG XỬ CỦA DẦM BTCT
CÓ SỬ DỤNG VẬT LIỆU KÍNH TÁI CHẾ BỊ HƯ HỎNG
KHI GIA CƯỜNG BẰNG TẤM FRP**

Ngành: KỸ THUẬT XÂY DỰNG

Mã số: 8.58.02.01

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:

TS. LÂM THANH QUANG KHẢI



Vĩnh Long - 2025

MỞ ĐẦU

1. Lý do lựa chọn đề tài

Dầm bê tông cốt thép (BTCT) là một cấu kiện không thể thiếu trong các công trình xây dựng luôn đồng hành cùng các cấu kiện khác như móng, cột, sàn... để tạo thành một công trình kiên cố, vững chắc. Tuy nhiên một số công trình được đặt trong môi trường khắc nghiệt hoặc sau một thời gian sử dụng đã thay đổi công năng sử dụng, đã làm suy giảm khả năng chịu lực của kết cấu hay hư hỏng cấu kiện, trong đó có cấu kiện dầm.

Vì vậy việc gia cường lại các cấu kiện công trình đảm bảo khả năng chịu lực, để tiếp tục sử dụng là hết sức cần thiết, trong đó có gia cường cấu kiện dầm. Nhưng việc lựa chọn phương pháp gia cường nào để phù hợp với từng công trình, từng nhu cầu sử dụng là không dễ dàng. Chấn hạn như các công trình kiến trúc được bảo tồn bị xuống cấp, các khu nhà thương mại đang buôn bán bị xuống cấp, một số cây cầu trên tuyến đường quyết mạch đang xuống cấp mà không thể dừng hoạt động trong thời gian dài để sửa chữa lại. Vấn đề đặt ra lúc này là lựa chọn phương pháp gia cường nào phù hợp thì phải cân nhắc.

Từ vấn đề này ta đi tìm hiểu về các phương pháp gia cường cấu kiện dầm BTCT thường được sử dụng phổ biến như hiện nay. Trước tiên ta tìm hiểu phương pháp dán bản thép bên ngoài dầm của tác giả Mohamed Allam, thuộc trường đại học Menoufia, Ai Cập, đã có một đề tài nghiên cứu về gia cường dầm BTCT bằng dán bản thép và đã kết luận rằng, việc gia cường đã đạt được lực cắt lớn nhất từ tấm thép, cải thiện nhiều về độ cứng và độ uốn của dầm. Phương pháp tiếp theo được biết đến là bọc thêm bê tông vào cấu kiện, đổ bù thêm bê tông để tăng tiết diện cho cấu kiện dầm BTCT, với phương pháp này cũng làm tăng lên khả năng chịu lực của kết cấu đáng kể. Một phương pháp gia cường tiên tiến đang được sử dụng phổ biến hiện nay là phương pháp gia cường dầm BTCT bằng phương pháp gia cường bằng tấm FRP, đang được áp dụng rộng rãi trên thế giới và trong những năm gần đây phương pháp gia cường này đã thâm nhập vào Việt Nam với tốc độ rất nhanh. Vì phương pháp gia cường này có nhiều ưu thế, như vật liệu FRP là loại vật liệu nhẹ có cường độ chịu kéo cao, độ bền cao, không bị ăn mòn, thi công dễ dàng nhanh chóng, không cần cốp pha, không làm tăng tiết diện cấu kiện,

không gián đoạn hoạt động. Chính vì vậy gia cường dầm BTCT bằng phương pháp gia cường bằng tấm FRP, được xem là giải pháp tiên tiến và tối ưu làm tăng lên khả năng chịu lực của kết cấu, kéo dài tuổi thọ công trình.

Tiếp tục vấn đề đáng quan tâm hiện nay là trình trạng khan hiếm cát xây dựng, là loại vật liệu dùng để sản xuất vữa xi măng phục vụ cho xây tô tường và sản xuất các loại vữa bê tông dùng trong các cấu kiện BTCT. Từ vấn đề này đã có nhiều tác giả nghiên cứu một số vật liệu để thay thế cốt liệu cát. Điển hình là tác giả Nguyễn Minh Triều đã nghiên cứu phương pháp cứng hoá hạt mịn dầm thay thế cốt liệu cát trong bê tông ứng dụng vào dầm BTCT. Tác giả tiếp theo là Võ Thị Thùy Trang đã nghiên cứu khả năng ứng dụng vật liệu kính tái chế thay thế cốt liệu cát trong kết cấu bê tông ứng dụng vào cột BTCT.

Từ những vấn đề trên, cần mở rộng nghiên cứu về lĩnh vực này, tác giả nhận thấy đề tài **“Nghiên cứu thực nghiệm ứng xử của dầm BTCT có sử dụng vật liệu kính tái chế bị hư hỏng khi gia cường bằng tấm FRP”** góp phần tham gia vào việc ứng dụng tấm FRP để sửa chữa các kết cấu xây dựng, phát triển công nghệ gia cường tiên tiến.

2. Mục tiêu nghiên cứu

Nghiên cứu thực nghiệm ứng xử dầm BTCT có sử dụng vật liệu kính tái chế bị hư hỏng khi gia cường bằng tấm FRP. Qua đó xây dựng các quan hệ tải trọng biến dạng kéo (nén) tại giữa nhịp dầm và quan hệ tải trọng - chuyển vị đứng tại giữa nhịp dầm.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

- *Đối tượng nghiên cứu:* Dầm bê tông cốt thép có sử dụng vật liệu kính tái chế bị hư hỏng
- *Phạm vi nghiên cứu:* Nghiên cứu ứng xử uốn của dầm BTCT có sử dụng vật liệu kính tái chế bị hư hỏng khi gia cường bằng tấm FRP.

4. Phương pháp nghiên cứu

- Nghiên cứu lý thuyết dầm bê tông cốt thép thông thường và dầm bê tông cốt thép có sử dụng vật liệu kính tái chế bị hư hỏng khi gia cường bằng tấm FRP.

- Nghiên cứu thực nghiệm được tiến hành với dầm bê tông cốt thép thông thường và dầm bê tông cốt thép có sử dụng vật liệu kính tái chế bị hư hỏng khi gia cường bằng tấm FRP.

5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài

- *Ý nghĩa khoa học:* Đề án góp phần làm sáng tỏ ứng xử uốn của dầm bê tông cốt thép có sử dụng vật liệu kính tái chế bị hư hỏng khi gia cường bằng tấm FRP.

- *Ý nghĩa thực tiễn:* Góp phần vào việc ứng dụng tấm FRP để sửa chữa các dầm bê tông cốt thép có sử dụng vật liệu kính tái chế bị hư hỏng.

6. Kết cấu đề án

Ngoài phần mở đầu, phần kết luận, kiến nghị và phần phụ lục. Đề án được trình bày gồm 3 chương, nội dung cụ thể từng chương như sau:

Chương 1: Tổng quan các nghiên cứu dầm bê tông cốt thép chịu uốn được gia cường bằng tấm FRP.

Chương 2: Cơ sở thiết kế cho việc gia cường dầm BTCT có sử dụng vật liệu kính tái chế bị hư hỏng gia cường bằng tấm FRP.

Chương 3: Nghiên cứu ứng xử uốn của dầm BTCT có sử dụng vật liệu kính tái chế bị hư hỏng khi gia cường bằng tấm FRP bằng phương pháp thực nghiệm.

Phần kết luận, kiến nghị: Trình bày những kết quả của đề án và các kiến nghị một số vấn đề nghiên cứu tiếp theo của đề tài.

7. Những đóng góp mới của đề án

1. Đóng góp một kết quả nghiên cứu thực nghiệm về ứng xử uốn của dầm BTCT có sử dụng cốt liệu kính tái chế bị hư hỏng khi gia cường bằng tấm FRP thông qua việc xây dựng các biểu đồ: quan hệ tải trọng và chuyển vị đứng tại giữa nhịp dầm, quan hệ tải trọng và biến dạng tại giữa nhịp dầm, sự bóc tách giữa tấm FRP và bề mặt bê tông dầm. Đánh giá mức độ làm việc của dầm BTCT có sử dụng cốt liệu kính tái chế bị hư hỏng khi gia cường bằng tấm FRP và dầm bê tông cốt thép thông thường gia cố bằng tấm FRP đến giai đoạn trước khi cấu kiện biến dạng, bóc tách giữa tấm FRP và bề mặt bê tông dầm, đưa ra kết luận.

2. Sử dụng mô hình đã xây dựng, nghiên cứu khảo sát ảnh hưởng của phần trăm (%) phục hồi của dầm BTCT có sử dụng vật liệu kính tái chế bị hư hỏng khi gia cường bằng tấm FRP.

CHƯƠNG 1

TỔNG QUAN CÁC NGHIÊN CỨU VỀ DẦM BTCT CÓ SỬ DỤNG VẬT LIỆU KÍNH TÁI CHẾ BỊ HƯ HỎNG KHI GIA CƯỜNG BẰNG TẤM FRP

1.1. Các nguyên nhân gây hư hỏng và những hư hỏng thường gặp trong công trình

1.1.1. Các nguyên nhân gây hư hỏng trong công trình

Công trình được đưa vào sử dụng sau nhiều năm, có một số công trình sẽ bị hư hỏng do: Thay đổi công năng sử dụng, chịu các tác động cơ học, lý học, hóa học, động đất, cháy nổ hoặc những sai sót trong khâu khảo sát, thiết kế, thi công, cải tiến công nghệ, đổi mới thiết bị sử dụng, nâng thêm chiều cao tầng sẽ thay đổi sơ đồ kết cấu, dẫn đến khả năng chịu lực của kết cấu cũ không đáp ứng được khả năng chịu lực như thiết kế ban đầu. Từ đó xảy ra các loại hư hỏng thường gặp trong công trình.

1.1.2. Những hư hỏng thường gặp trong công trình

Hư hỏng cột BTCT, hư hỏng dầm BTCT, hư hỏng sàn BTCT

Từ những hư hỏng thường gặp trong công trình như trên, nên việc gia cố lại công trình để đảm bảo khả năng chịu lực của kết cấu và tiếp tục sử dụng công trình là vấn đề hết sức cần thiết. Trong đề án này tác giả đi sâu vào lĩnh vực nghiên cứu về phương pháp gia cường cho dầm BTCT.

1.2. Các phương pháp gia cường sửa chữa dầm BTCT bị hư hỏng

1.2.1. Gia cường bằng phương pháp tăng tiết diện

Phương pháp này được tác giả Cao Duy Bách nghiên cứu về gia cường đổ bù bê tông tăng tiết diện dầm bê tông cốt thép với một số phương án phổ biến. Tác giả đã kết luận rằng, trong khu vực tiếp giáp bê tông mới và bê tông cũ việc kiểm tra ứng suất tiếp giữa hai lớp vật liệu là rất cần thiết để đánh giá được hiệu quả của việc liên kết giữa bê tông mới và bê tông cũ qua đó đánh giá khả năng làm việc đồng nhất giữa cấu kiện cũ và phần được gia cường.

1.2.2. Gia cường bằng phương pháp bọc bên ngoài

Phương pháp gia cường sửa chữa dầm bê tông cốt thép bị hư hỏng bằng phương pháp bọc bên ngoài thường sử dụng phổ biến là gia cường bằng tấm

thép bên ngoài và gia cường bằng tấm FRP bên ngoài. Đã có nhiều nghiên cứu và đi đến kết luận, với phương pháp gia cường này mang lại hiệu quả nhất, sẽ ít tốn chi phí, thời gian thi công nhanh, không làm thay đổi kiến trúc, không làm tăng tải trọng bản thân sau gia cường.

1.3. Các loại vật liệu tái chế và vật liệu gia cường

Trước tình trạng nguồn cốt liệu tự nhiên ngày càng cạn kiệt, các bãi chôn lấp chất thải xây dựng đang dần bị thu hẹp, việc tái chế rác thải xây dựng đang là vấn đề được quan tâm.

Từ vấn đề này đã có nhiều nhà nghiên cứu đã bắt đầu đi vào lĩnh vực nghiên cứu để tìm ra vật liệu thay thế cát như: Tro bay – một phần xi măng, cốt liệu thô tái chế, cốt liệu mịn, cốt liệu kính tái chế..., để thay thế một phần cát trong bê tông.

Bên cạnh đó công tác gia cường ngày càng phát triển mạnh mẽ, kéo theo vật liệu trong công tác gia cường cũng phát triển theo, trong đó không thể thiếu vật liệu FRP là một loại vật liệu nhẹ có cường độ chịu kéo cao, được tạo thành từ sợi carbon hoặc sợi thủy tinh, aramid với vật liệu gốc polymer, vật liệu FRP thường được sản xuất bởi sợi carbon chiếm từ 85% đến 90% trên thị trường.

1.4. Tổng quan các nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm về gia cường bằng tấm FRP trong các lĩnh vực

Hiện nay công tác gia cường bằng tấm FRP được thực hiện và nghiên cứu trên nhiều cấu kiện trong công trình xây dựng như: Cột, dầm, sàn trong công trình nhà, ngoài ra công tác gia cường bằng tấm FRP còn được nghiên cứu trong lĩnh vực cống dưới đập thủy lợi. Các nghiên cứu đã kết luận việc gia cường bằng tấm FRP làm tăng khả năng chịu lực của kết cấu đáng kể và khả thi.

1.5. Tổng quan về cấu kiện bê tông cốt thép có sử dụng vật liệu kính tái chế, các dạng hư hỏng của dầm khi sử dụng vật liệu kính tái chế

Việc nghiên cứu và đưa vật liệu kính tái chế vào cấu kiện BTCT đã được nhiều nghiên cứu trong và ngoài nước với các tỉ lệ kính khác nhau 10%, 25%, 50%, 75% và 100%. Kết quả nghiên cứu cho thấy khi thay thế cốt liệu thô tự nhiên bằng vật liệu kính tái chế với tỉ lệ phù hợp sẽ đảm bảo khả năng chịu lực của dầm BTCT, đồng thời còn cải thiện được khả năng chống cháy của bê tông đáng kể.

1.6. Các nội dung cần nghiên cứu của đề án

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu, tác giả sẽ thực hiện các nội dung nghiên cứu sau:

- Nghiên cứu thực nghiệm ứng xử dầm BTCT có sử dụng vật liệu kính tái chế bị hư hỏng khi gia cường bằng tấm FRP. Từ kết quả nghiên cứu thực nghiệm xây dựng biểu đồ quan hệ tải trọng biến dạng kéo (nén) tại giữa nhịp dầm và quan hệ tải trọng - chuyển vị đứng tại giữa nhịp dầm.

- Từ các kết quả nghiên cứu thực nghiệm, tác giả kết luận được phần trăm (%) phục hồi của dầm BTCT có sử dụng vật liệu kính tái chế bị hư hỏng khi gia cường bằng tấm FRP.

CHƯƠNG 2

CƠ SỞ THIẾT KẾ CHO VIỆC GIA CƯỜNG DẦM BTCT CÓ SỬ DỤNG VẬT LIỆU KÍNH TÁI CHẾ BỊ HƯ HỎNG GIA CƯỜNG BẰNG TẤM FRP

2.1. Thu thập các dầm

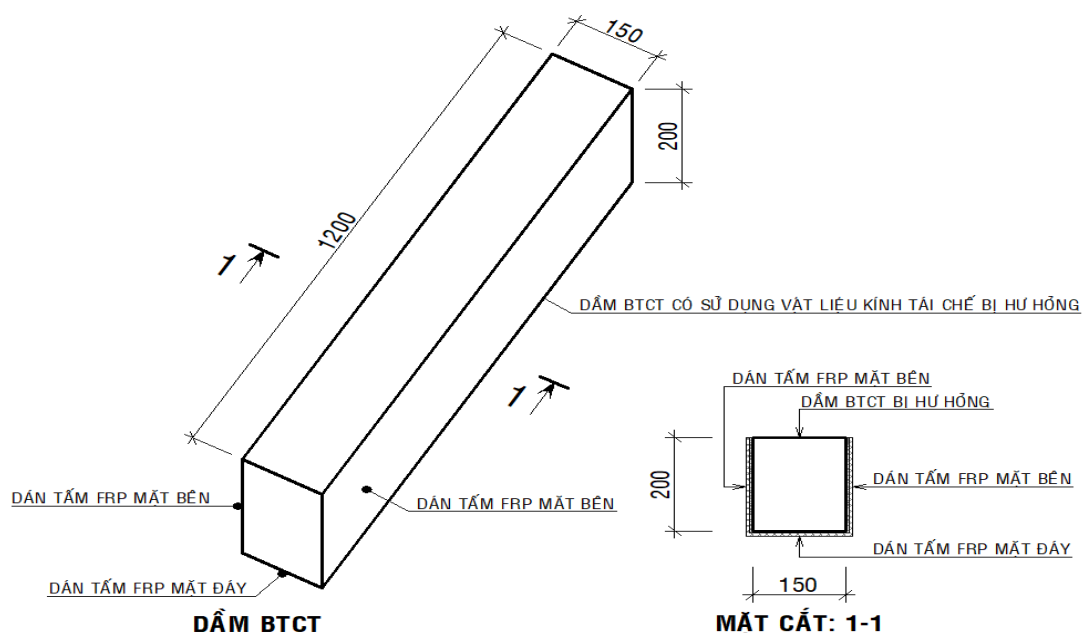
Dầm được thu nhận từ đề tài nghiên cứu của tác giả Hồ Hoàng Em, đề án thạc sĩ kỹ thuật xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Miền Tây, năm 2024 [42]. Các chi tiết về dầm được thể hiện trong bảng 2.1

Bảng 2.1 Chi tiết các mẫu dầm bê tông cốt thép

Tên mẫu dầm	Thông số kích thước mẫu (m)	Tỉ lệ kính thay thế cát (%)	Cốt thép dọc	Cốt thép đai	
				Hai đầu dầm	Giữa dầm
D1	0.15x0.20x1.2	0	4Ø10	Ø6a125	Ø6a50
D2	0.15x0.20x1.2	100	4Ø10	Ø6a125	Ø6a50
D3	0.15x0.20x1.2	50	4Ø10	Ø6a125	Ø6a50
D4	0.15x0.20x1.2	10	4Ø10	Ø6a125	Ø6a50
D5	0.15x0.20x1.2	10	4Ø10	Ø6a125	Ø6a100
D6	0.15x0.20x1.2	10	4Ø10	Ø6a125	Ø6a125
D7	0.15x0.20x1.2	10	2Ø12 + 2Ø10	Ø6a125	Ø6a50

2.2. Thiết kế gia cường dầm

Các dầm bê tông cốt thép có sử dụng vật liệu kính tái chế bị hư hỏng, gồm có bảy dầm được gia cường bằng tấm FRP cho hai mặt bên dầm và mặt đáy dầm theo kích thước sau.



Hình 2.3 Thiết kế gia cường các dầm BTCT bị hư hỏng bằng tấm FRP

2.3. Các thông số kỹ thuật của vật liệu gia cường

2.3.1. Thông số kỹ thuật của các loại keo Epoxy

- Keo epoxy E500:

- Xuất xứ: Hàn Quốc
- Gốc hóa học: Epoxy hai thành phần
- Ngoại quan: Chất lỏng không màu (Thành phần A), chất lỏng màu nâu (Thành phần B)
- Thời gian thi công: 60 ± 10 phút
- Thời gian khô mặt: 14 ± 5 giờ
- Thời gian đông cứng: $24 \div 36$ giờ
- Tỷ lệ pha trộn: Thành phần A : Thành phần B = 1kg : 0,5kg
- Cường độ bám dính: 8 N/mm^2
- Cường độ chịu kéo: 35 N/mm^2
- Cường độ chịu nén: 65 N/mm^2

- Keo epoxy TCK 510P:

- Xuất xứ: Hàn Quốc
- Gốc hóa học: Epoxy hai thành phần
- Ngoại quan: Chất lỏng màu trắng (Thành phần A), chất lỏng màu nâu (Thành phần B)
- Thời gian thi công: 60 ± 10 phút

- Thời gian khô mặt: 10 ± 2 giờ
- Thời gian đông cứng: $24 \div 36$ giờ
- Định mức: $0,2 \div 0,3 \text{ kg/m}^2$
- Tỷ lệ pha trộn: Thành phần A : Thành phần B = 1kg : 0,5kg
- Cường độ bám dính: 93 kgf/cm^2

- Keo epoxy TCK 1401:

- Xuất xứ: Hàn Quốc
- Gốc hóa học: Epoxy hai thành phần
- Ngoại quan: Chất lỏng màu trắng (Thành phần A), chất lỏng màu đen (Thành phần B)
- Thời gian thi công: 40 ± 10 phút
- Thời gian khô mặt: 14 ± 5 giờ
- Thời gian đông cứng: $24 \div 36$ giờ
- Tỷ lệ pha trộn: Thành phần A : Thành phần B = 1kg : 1kg
- Cường độ bám dính: $9,2 \text{ N/mm}^2$
- Cường độ chịu kéo: $39,2 \text{ N/mm}^2$
- Cường độ chịu nén: $85,3 \text{ N/mm}^2$

- Keo epoxy TCK 510R:

- Xuất xứ: Hàn Quốc
- Gốc hóa học: Epoxy hai thành phần
- Ngoại quan: Chất lỏng màu trắng (Thành phần A), chất lỏng màu xanh (Thành phần B)
- Thời gian thi công: 60 ± 10 phút
- Thời gian khô mặt: 8 giờ
- Thời gian đông cứng: $24 \div 36$ giờ
- Định mức: $0,3 \div 0,5 \text{ kg/m}^2$
- Tỷ lệ pha trộn: Thành phần A : Thành phần B = 1kg : 0,5kg
- Cường độ bám dính: 113 kgf/cm^2
- Cường độ chịu kéo: 450 kgf/cm^2
- Cường độ chịu nén: 859 kgf/cm^2

2.3.2. Thông số kỹ thuật của tấm FRP

Hiện nay trên thị trường có nhiều loại tấm FRP, tùy theo nhà sản xuất mà có các ký hiệu tấm khác nhau, chẳng hạn như: N200, N300,

N400, N500, N600. Trong đề án này tác giả chọn tấm FRP N300 để nghiên cứu.

- Tên tấm FRP: N300
- Xuất xứ: Hàn Quốc
- Trọng lượng sợi cacbon: 300 g/m²
- Độ dày tấm: 0,167 mm
- Cường độ chịu kéo: 3.800 N/mm²
- Mô đun đàn hồi kéo: 235.000 N/mm²
- Đóng gói: 50m x 0,5m



Hình 2.8 Tấm FRP N300

2.4. Dụng cụ sử dụng cho gia cường

Máy mài, máy khoan, máy bơm keo bằng xy lanh, kim bơm keo, cọ lăn keo epoxy.

2.5. Quy trình thi công gia cường dầm

2.5.1. Vệ sinh bề mặt và xử lý vết nứt

Dùng máy mài làm phẳng mặt bê tông của các dầm và vệ sinh bề mặt bê tông dầm thật sạch bụi bẩn bằng máy thổi khí, dùng máy khoan cầm tay, khoan lỗ và lắp các kim bơm keo, để bơm keo epoxy E500 vào các khe nứt.



a) Vệ sinh làm sạch bề mặt các dầm



b) Bơm keo epoxy E500 vào vết nứt cho các dầm

Hình 2.9 Vệ sinh bề mặt và xử lý vết nứt cho các dầm

2.5.2. Phủ lớp keo epoxy TCK 510P

Dùng cọ lăn keo epoxy TCK 510P lên bề mặt bê tông của các dầm để tạo liên kết chắc chắn của các lớp keo tiếp theo và tấm FRP vào bê tông của dầm.



Hình 2.10 Lăn phủ lớp keo epoxy TCK 510P lên bề mặt các dầm

2.5.3. Làm phẳng bề mặt bằng keo TCK 1401

Dùng cọ lăn keo epoxy TCK 1401 lên bề mặt bê tông của các dầm để vá các vết khuyết tạo phẳng bề mặt bê tông của dầm, nhằm liên kết chắc chắn của lớp keo epoxy TCK 510R và tấm FRP vào bê tông của dầm.



Hình 2.11 Lăn phủ lớp keo epoxy TCK 1401 lên bề mặt các dầm

2.5.4. Phủ lớp keo epoxy TCK 510R lần 1

Dùng cọ lăn keo epoxy TCK 510R lên bề mặt bê tông của các dầm để tạo liên kết chắc chắn của tấm FRP vào bê tông của dầm.



Hình 2.12 Lăn phủ lớp keo epoxy TCK 510R lên bề mặt các dầm

2.5.5. Dán tấm FRP

Dán tấm FRP vào bề mặt bê tông của các dầm, dùng cọ lăn lăn nhiều lần lên tấm FRP để tạo liên kết chắc chắn của tấm FRP vào mặt bê tông của dầm.



Hình 2.13 Dán tấm FRP lên bề mặt các dầm

2.5.6. Phủ lớp keo epoxy TCK 510R lần 2

Tiếp tục dùng cọ lăn keo epoxy TCK 510R lên tấm FRP để tăng khả năng chịu lực của tấm FRP và của dầm.



Hình 2.14 Lăn phủ lớp keo epoxy TCK 510R lần 2 lên bề mặt các dầm

2.5.7. Hoàn thiện

Sau 24 giờ khi công tác gia cường hoàn tất, tiến hành kiểm tra các khuyết tật như: sự xuất hiện bọt khí giữa tấm FRP và bề mặt bê tông, sự tách lớp giữa tấm FRP và bề mặt bê tông, nếp gấp của tấm FRP, độ bo sát của các cạnh dầm, vết nứt của lớp keo epoxy ngoài cùng,... nhằm kịp thời sửa chữa các khuyết nếu có.



Hình 2.15 Các dầm được gia cường hoàn thiện

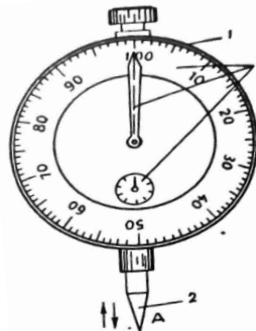
2.6. Dụng cụ và phương pháp đo tải trọng



Hình 2.16 Cảm biến tải trọng thủy lực Hình 2.17 Cảm biến tải trọng khí nén

2.7. Dụng cụ và phương pháp đo chuyển vị

Dùng chuyên vị kế để đo. Chuyển vị kế cho phép đo chuyển vị 1/100mm.



Hình 2.18 Chuyển vị kế

2.8. Dụng cụ và phương pháp đo biến dạng

Để đo biến dạng, người ta có nhiều phương pháp và dụng cụ để đo. Trong nghiên cứu này, để đo biến dạng của các dầm BTCT chịu uốn, tác giả sử dụng chuyên vị kế như Hình 2.18 để đo biến dạng. Chỉ số biến dạng được xác định bằng công thức:

$$\varepsilon_b = \frac{\Delta L}{L}$$

Trong đó:

ΔL : là chuyển vị đo được theo chuyển vị kế 1/100mm

L: là khoảng cách đo 300 mm.

CHƯƠNG 3

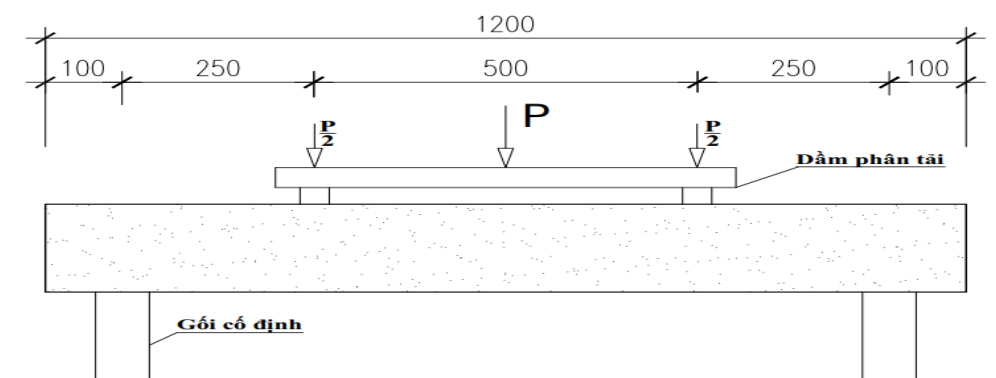
NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM ỨNG XỬ CỦA DẦM BTCT CÓ SỬ DỤNG VẬT LIỆU TÁI CHẾ BỊ HƯ HỎNG KHI GIA CƯỜNG BẰNG TẤM FRP

3.1. Các dụng cụ và thiết bị đo

Các dụng cụ được sử dụng: đồng hồ so dùng để đo chuyển vị và độ võng, máy nén thủy lực, kích thủy lực.

3.2. Thí nghiệm ứng xử của dầm BTCT có sử dụng vật liệu kính tái chế bị hư hỏng khi gia cường bằng tấm FRP chịu uốn

3.2.1. Sơ đồ bố trí thiết bị thí nghiệm



Hình 3.2 Sơ đồ thí nghiệm

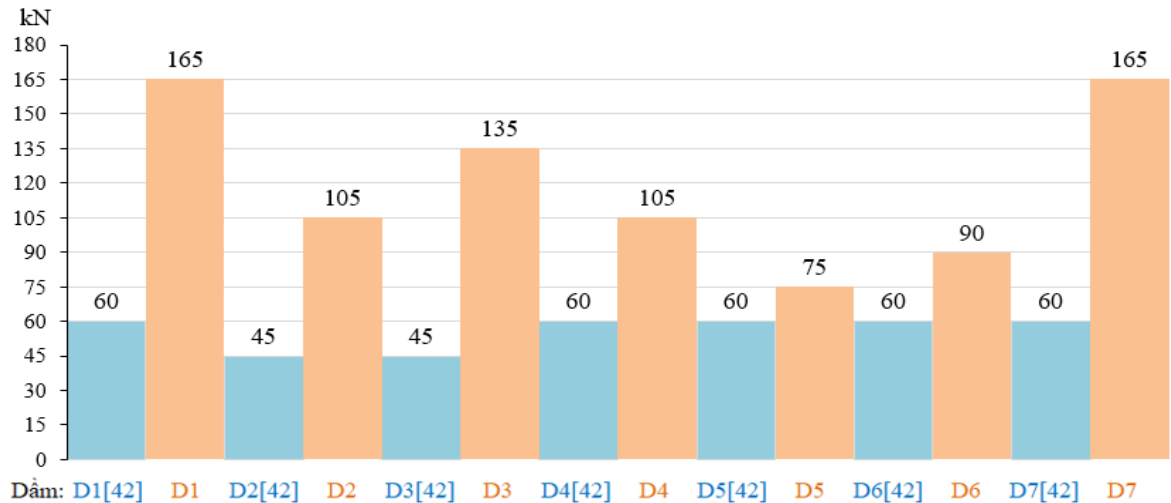
3.2.2. Tiến hành thí nghiệm

Thực hiện gia tải và ghi chép chỉ số đồng hồ cho đến khi các dầm được gia cường bằng tấm FRP bị phá hoại thì dừng thí nghiệm.

3.3. Khảo sát ứng xử của dầm BTCT có sử dụng vật liệu kính tái chế bị hư hỏng khi gia cường bằng tấm FRP chịu uốn

3.3.1. Khảo sát ảnh hưởng vết nứt của dầm BTCT có sử dụng vật liệu kính tái chế và sự bóc tách tấm FRP của dầm BTCT có sử dụng vật liệu kính tái chế bị hư hỏng khi gia cường bằng tấm FRP

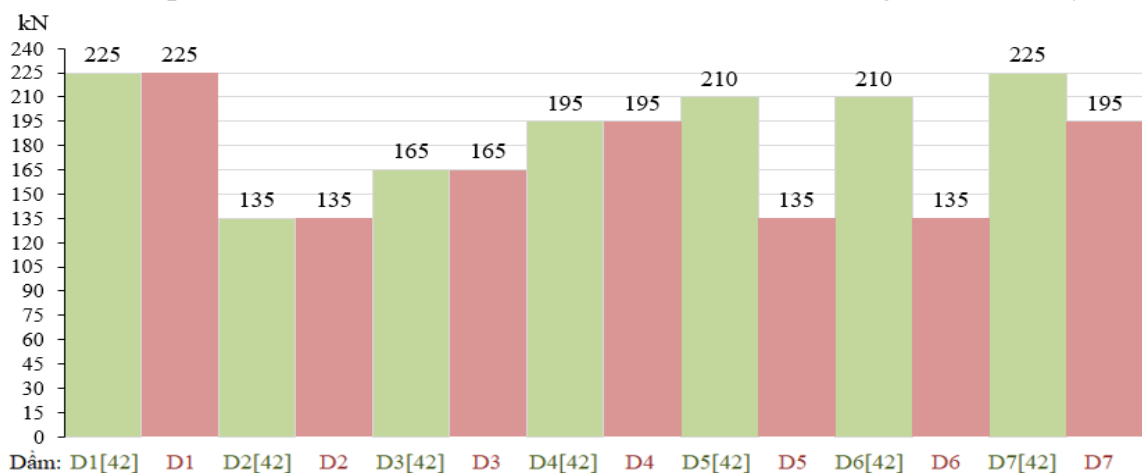
Sau khi thí nghiệm xong, kết quả thể hiện qua biểu đồ sau:



■ D1[42], D2[42], D3[42], D4[42], D5[42], D6[42], D7[42]: Là các dầm của tác giả [42] nghiên cứu

■ D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7: Là các dầm của nghiên cứu này

Hình 3.7 Biểu đồ thể hiện cấp tải xuất hiện vết nứt các dầm của tác giả [42] và cấp tải xuất hiện bóc tách tấm FRP các dầm của nghiên cứu này



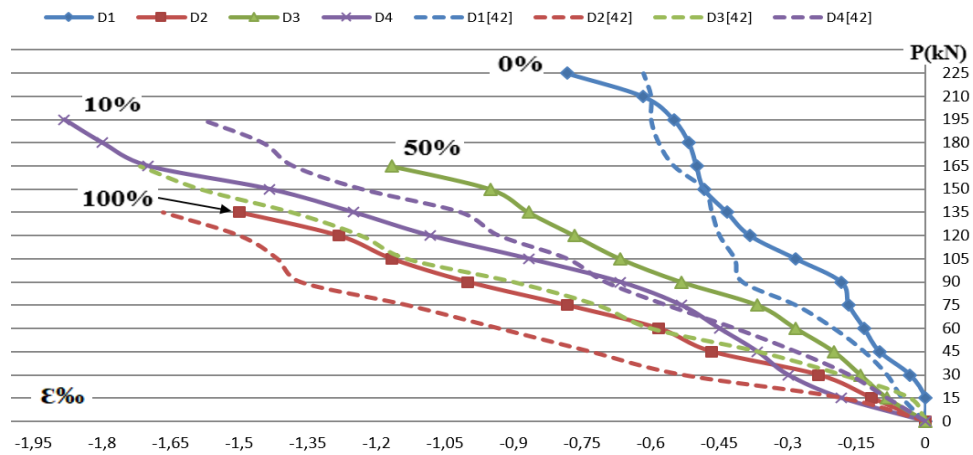
■ D1[42], D2[42], D3[42], D4[42], D5[42], D6[42], D7[42]: Là các dầm của tác giả [42] nghiên cứu

■ D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7: Là các dầm của nghiên cứu này

Hình 3.8 Biểu đồ thể hiện cấp tải phá hoại các dầm của tác giả [42] và cấp tải phá hoại các dầm khi gia cường tấm FRP của nghiên cứu này

3.3.2. Khảo sát ảnh hưởng của % hàm lượng kính tái chế (0%, 10%, 50%, 100%) thay thế cát trong bê tông của dầm BTCT có sử dụng vật liệu kính tái chế bị hư hỏng khi gia cường bằng tấm FRP

3.3.2.1. Biểu đồ quan hệ tải trọng – biến dạng vùng nén của dầm

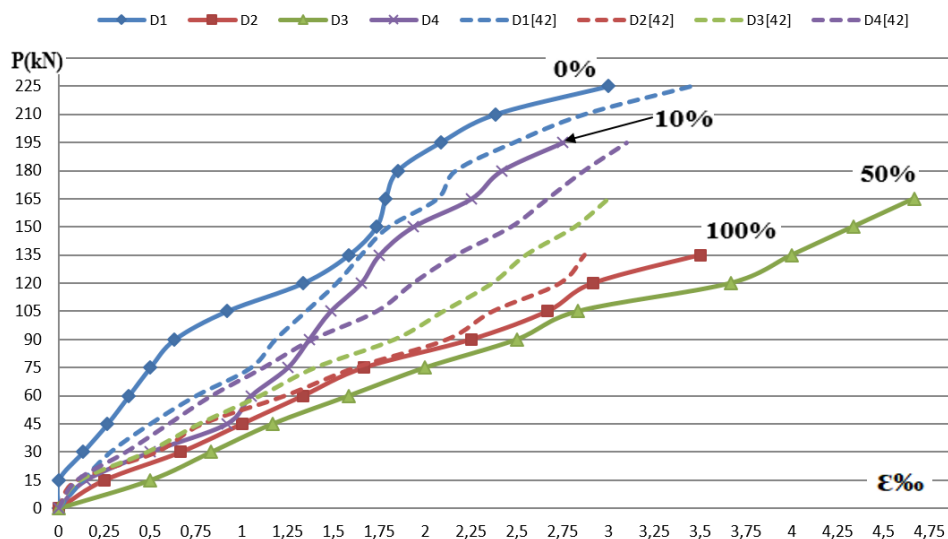


Hình 3.9 Biểu đồ quan hệ tải trọng – biến dạng vùng nén của các dầm

Từ biểu đồ hình 3.9 ta thấy:

Với từng hàm lượng kính tái chế 0%, 10%, 50% và 100% thay thế cát trong bê tông của dầm, khi dầm được gia cường bằng tấm FRP thì biến dạng vùng nén của các dầm chênh lệch gần như nhau. Chứng tỏ sự làm việc của tấm FRP tương đối tốt dẫn đến sự phục hồi của các dầm này đạt 100% sức chịu tải cho đến cấp tải dầm bị phá hoại.

3.3.2.2. Biểu đồ quan hệ tải trọng – biến dạng vùng kéo của dầm

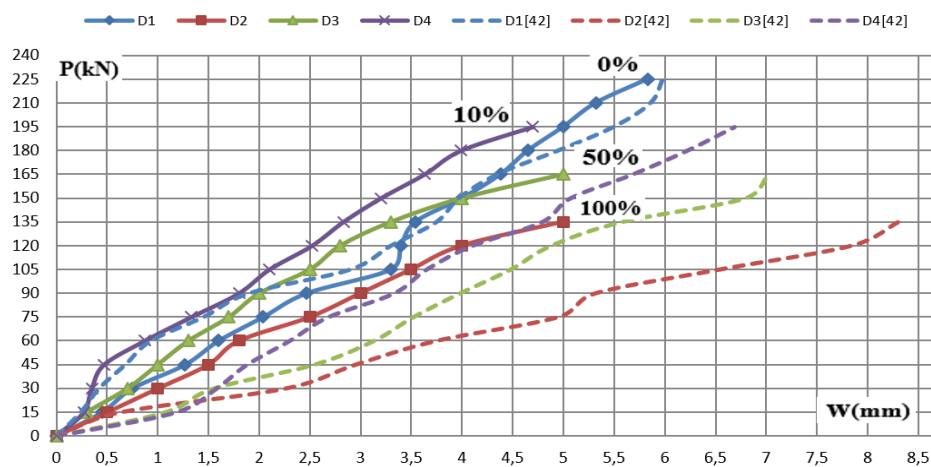


Hình 3.10 Biểu đồ quan hệ tải trọng – biến dạng vùng kéo của các dầm

Từ biểu đồ hình 3.10 ta thấy:

Với hàm lượng kính tái chế 50% đến 100% thay thế cát trong bê tông của dầm, khi các dầm được gia cường bằng tấm FRP thì biến dạng vùng kéo của các dầm D2 và D3 chênh lệch nhau khá lớn từ 80% đến 84%. Dầm D2 phá hoại ở cấp tải 135kN chỉ đạt 60%. Dầm D3 phá hoại ở cấp tải 165kN chỉ đạt 73% cấp tải phá hoại của dầm D1 (225kN). Điều này dẫn đến nên hạn chế sử dụng hàm lượng kính tái chế vượt 50% để thay thế cát trong bê tông của dầm BTCT.

3.3.2.3. Biểu đồ quan hệ tải trọng - chuyển vị đứng tại giữa nhịp dầm



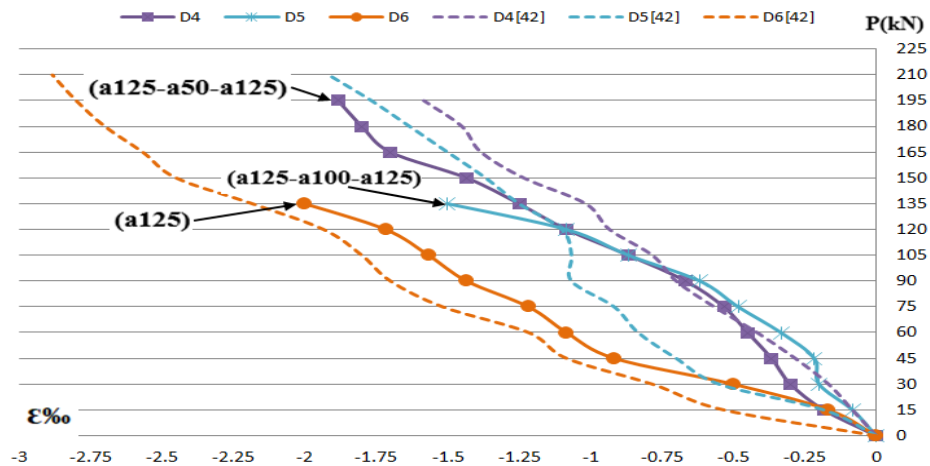
Hình 3.11 Biểu đồ quan hệ tải trọng – chuyển vị đứng của các dầm

Từ biểu đồ hình 3.11 ta thấy:

Với từng hàm lượng kính tái chế 0%, 10%, 50% và 100% thay thế cát trong bê tông của dầm, khi dầm được gia cường thì chuyển vị đứng của các dầm sau khi gia cường chênh lệch nhỏ hơn các dầm trước gia cường từ 33% đến 97%. Chứng tỏ sự làm việc của tấm FRP hiệu quả.

3.3.3. Khảo sát ảnh hưởng khoảng cách cốt thép đai của dầm BTCT có sử dụng vật liệu kính tái chế bị hư hỏng khi gia cường bằng tấm FRP

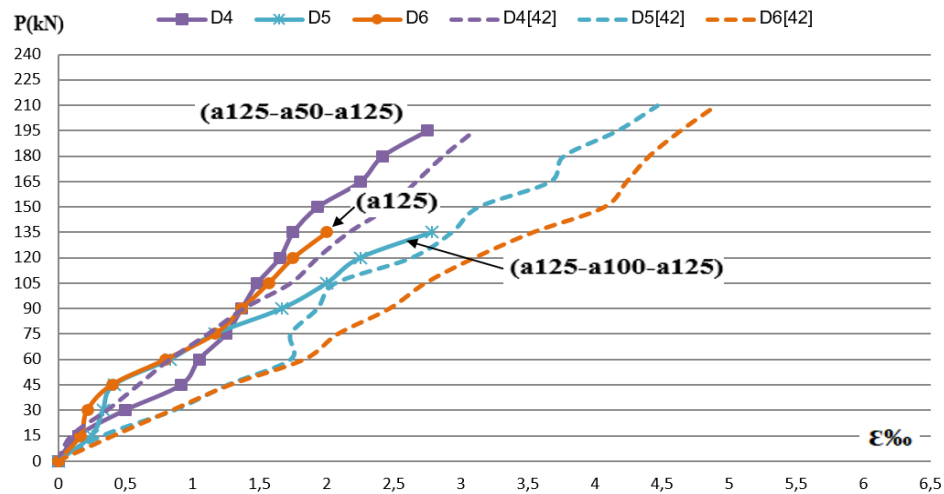
3.3.3.1. Biểu đồ quan hệ tải trọng – biến dạng vùng nén của dầm



Hình 3.12 Biểu đồ quan hệ tải trọng – biến dạng vùng nén của các dầm
 Từ biểu đồ hình 3.12 ta thấy:

Với ảnh hưởng khoảng cách đặt cốt thép đai của dầm. Sự làm việc của tấm FRP sẽ ảnh hưởng theo. Cả ba dầm đều có biến dạng vùng nén lớn hơn các dầm trước khi gia cường tấm FRP ở từng cấp tải tương ứng từ 19% đến 29%.

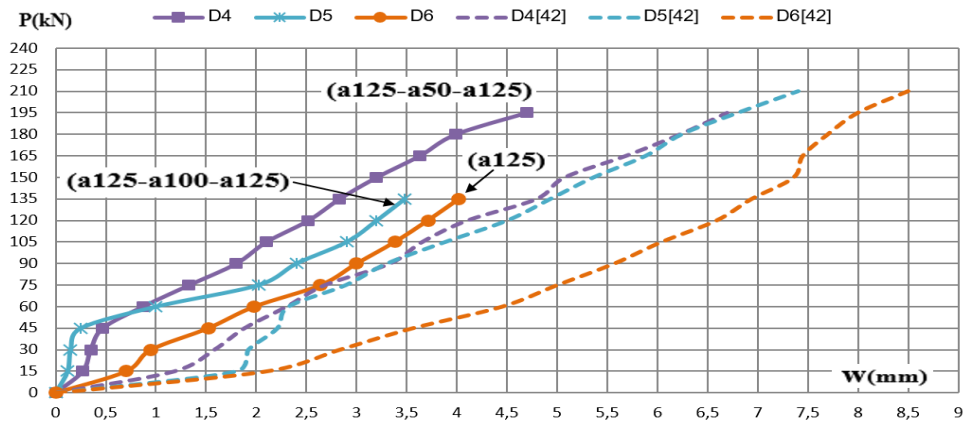
3.3.3.2. Biểu đồ quan hệ tải trọng - biến dạng kéo của dầm



Hình 3.13 Biểu đồ quan hệ tải trọng – biến dạng vùng kéo của các dầm
 Từ biểu đồ hình 3.13 ta thấy:

Với ảnh hưởng khoảng cách đặt cốt thép đai của dầm. Sự làm việc của tấm FRP sẽ ảnh hưởng theo. Cả ba dầm đều có biến dạng vùng kéo nhỏ hơn các dầm trước khi gia cường tấm FRP ở từng cấp tải tương ứng từ 11% đến 60%.

3.3.3.3. Biểu đồ quan hệ tải trọng - chuyển vị đứng tại giữa nhịp dầm

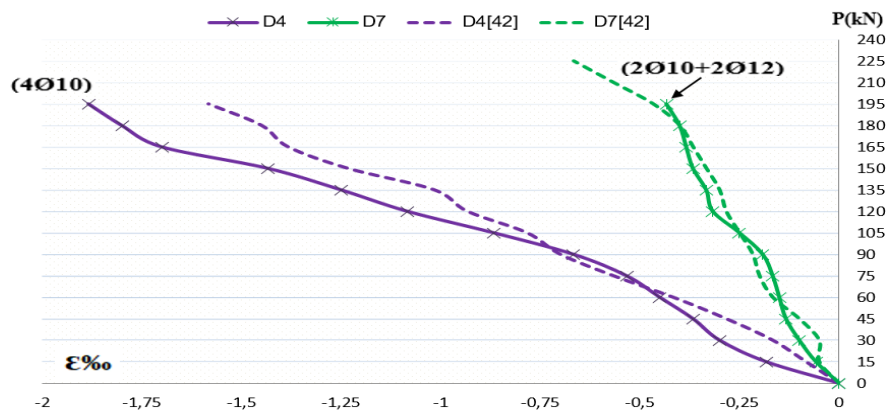


Hình 3.14 Biểu đồ quan hệ tải trọng – chuyển vị đứng của các dầm
Từ biểu đồ hình 3.14 ta thấy:

Dầm D4 sự phục hồi đạt 100% so với dầm D4[42], dầm D5 sự phục hồi chỉ đạt 64% so với dầm D5[42] ở cấp tải phá hoại, dầm D6 sự phục hồi chỉ đạt 64% so với dầm D6[42] ở cấp tải phá hoại.

3.3.4. Khảo sát ảnh hưởng của đường kính cốt thép chịu lực trong dầm BTCT có sử dụng vật liệu kính tái chế bị hư hỏng khi gia cường bằng tấm FRP

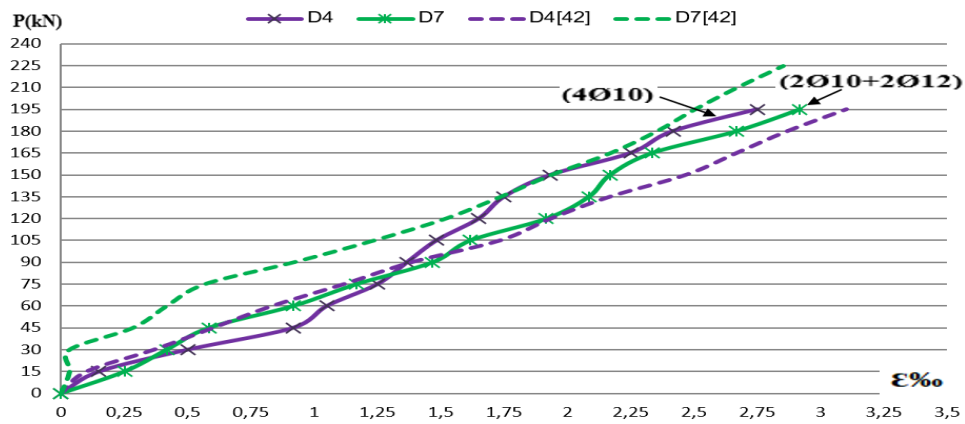
3.3.4.1. Biểu đồ quan hệ tải trọng – biến dạng vùng nén của dầm



Hình 3.15 Biểu đồ quan hệ tải trọng – biến dạng vùng nén của các dầm
Từ biểu đồ hình 3.15 ta thấy:

Dầm D4 lớn hơn dầm D4[42] khoảng 19%. Biến dạng vùng nén của dầm D7 chênh lệch với dầm D7[42] không đáng kể ở từng cấp tải tương ứng, tuy nhiên cấp tải phá hoại của dầm D7 chỉ đạt 87% cấp tải phá hoại của dầm D7[42].

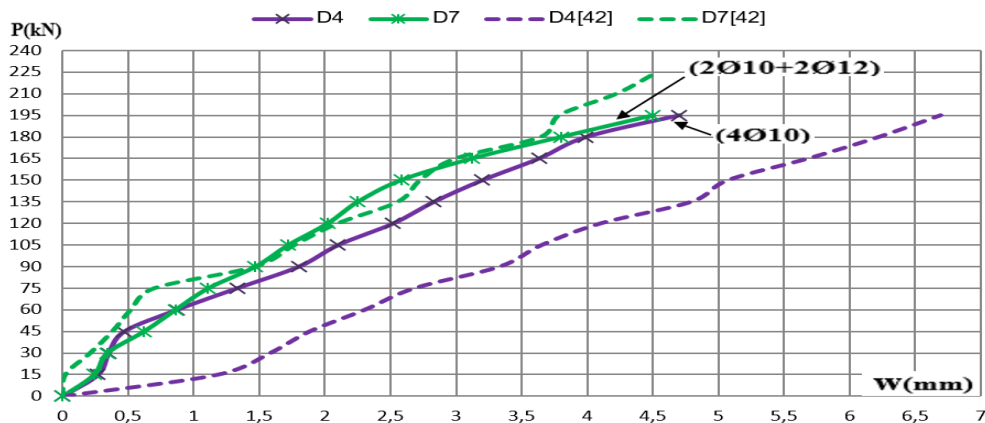
3.3.4.2. Biểu đồ quan hệ tải trọng - biến dạng kéo của dầm



Hình 3.16 Biểu đồ quan hệ tải trọng – biến dạng vùng kéo của các dầm
Từ biểu đồ hình 3.16 ta thấy:

Dầm D4 nhỏ hơn dầm D4[42] khoảng 11%. Biến dạng vùng kéo của dầm D7 chênh lệch với dầm D7[42] không đáng kể ở từng cấp tải tương ứng, tuy nhiên cấp tải phá hoại của dầm D7 chỉ đạt 87% cấp tải phá hoại của dầm D7[42].

3.3.4.3. Biểu đồ quan hệ tải trọng - chuyển vị đứng tại giữa nhịp dầm

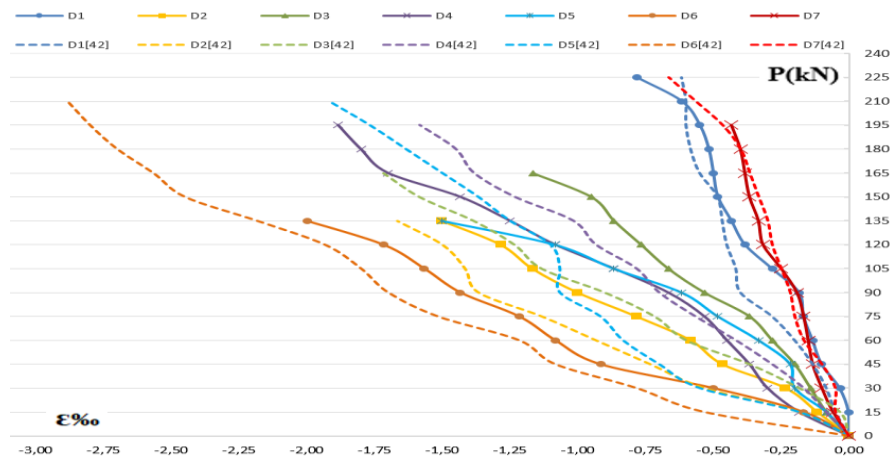


Hình 3.17 Biểu đồ quan hệ tải trọng – chuyển vị đứng của các dầm
Từ biểu đồ hình 3.17 ta thấy:

Dầm D4 có chuyển vị đứng chênh lệch nhỏ hơn dầm D4[42] khoảng 30%. Dầm D7 có chuyển vị đứng chênh lệch với dầm D7[42] không đáng kể. Tuy nhiên dầm D4 sự phục hồi đạt 100% so với dầm D4[42], dầm D7 sự phục hồi chỉ đạt 87% so với dầm D7[42] ở cấp tải phá hoại.

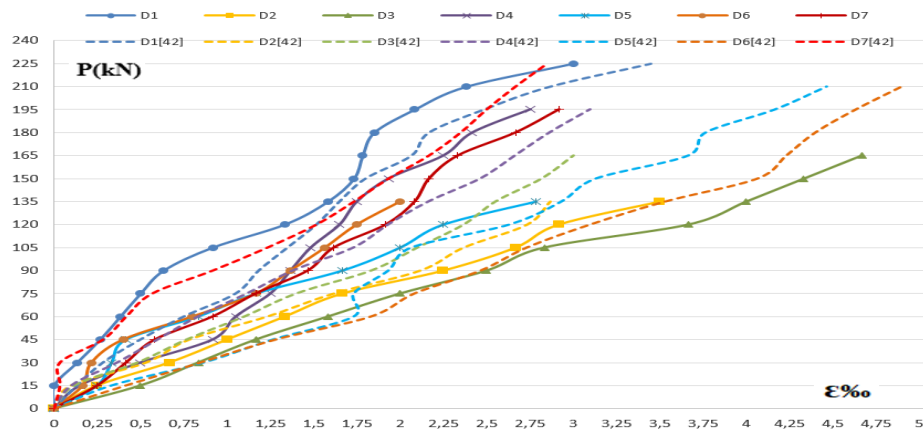
3.3.5. Tổ hợp tối ưu của dầm BTCT có sử dụng vật liệu kính tái chế bị hư hỏng khi gia cường bằng tấm FRP

3.3.5.1. Biểu đồ quan hệ tải trọng – biến dạng vùng nén của dầm



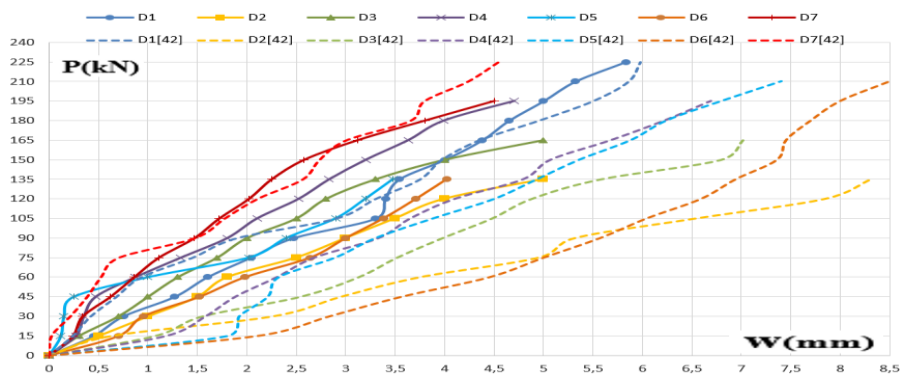
Hình 3.18 Biểu đồ quan hệ tải trọng – biến dạng vùng nén của các dầm

3.3.5.2. Biểu đồ quan hệ tải trọng - biến dạng kéo của dầm



Hình 3.19 Biểu đồ quan hệ tải trọng – biến dạng vùng kéo của các dầm

3.3.5.3. Biểu đồ quan hệ tải trọng - chuyển vị đứng tại giữa nhịp dầm



Hình 3.20 Biểu đồ quan hệ tải trọng – chuyển vị đứng của các dầm

Qua việc phân tích ảnh hưởng của từng nhóm, tác giả đã kết luận khi gia cường bằng tấm FRP ở từng nhóm ảnh hưởng thì dầm bê tông cốt thép có sử dụng 10% hàm lượng kính tái chế thay cát trong bê tông và bố trí khoảng cách cốt thép đai ở giữa nhịp dầm a50mm đã bị hư hỏng, sự làm việc hiệu quả nhất của tấm FRP cho thấy ở dầm D4 là tối ưu nhất.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

I. Kết luận

Qua các kết quả khảo sát về biến dạng kéo, nén và chuyển vị cho thấy khi gia cường bằng tấm FRP cho dầm bê tông cốt thép có sử dụng 10% khối lượng kính tái chế thay cát trong bê tông và bố trí khoảng cách cốt đai ở giữa nhịp dầm $a_{50\text{mm}}$ bị hư hỏng, thì tấm FRP phục hồi khả năng chịu tải tốt nhất. Hiệu quả sử dụng của tấm FRP thể hiện qua dầm D4 như sau:

Về biến dạng vùng nén tăng khoảng 19%, biến dạng vùng kéo giảm khoảng 11% so với dầm không gia cường. Về chuyển vị có chênh lệch giảm khoảng 30% so với dầm không gia cường.

Về cấp tải xuất hiện bóc tách tấm FRP sẽ xuất hiện đầu tiên ở cấp tải 105kN chậm hơn so với xuất hiện vết nứt đầu tiên của dầm không gia cường ở cấp tải 60kN. Vị trí xuất hiện bóc tách đầu tiên ở giữa nhịp dầm tại vị trí dưới hai điểm đặt tải sau đó phát triển dần về hai phía đầu dầm. Dầm phá hoại ở cấp tải 195kN tương đương cấp tải phá hoại của dầm không gia cường, chứng tỏ sự phục hồi khả năng chịu tải của dầm gia cường đạt 100%.

II. Kiến nghị

Do thời gian thực hiện đề án có hạn, nên từ kết quả nghiên cứu này, tác giả kiến nghị một số nội dung sau:

Chưa đưa ra được tuổi thọ bám dính của lớp keo epoxy vào mặt bê tông.

Chưa nghiên cứu được ảnh hưởng của nhiều loại tấm FRP đến khả năng phục hồi sức chịu tải của từng loại tấm FRP.

Chưa nêu lên được quy trình thi công gia cường tấm FRP có ảnh hưởng đến khả năng phục hồi sức chịu tải của tấm FRP không.

Chưa nghiên cứu thi công gia cường thêm hai hoặc ba lớp FRP cho dầm BTCT.

Kiến nghị cơ quan chuyên ngành, cần xây dựng tiêu chuẩn TCVN về bê tông cốt thép có sử dụng vật liệu kính tái chế.

Chưa phân tích rõ ảnh hưởng của chu kỳ tải trọng lâu dài, chưa có mô hình dự báo ứng xử theo tỉ lệ phối trộn vật liệu.

Chưa phân tích sâu, lập luận lý giải các thay đổi của kết quả nghiên cứu

Chưa nghiên cứu thi công gia cường trên dầm BTCT có sử dụng vật liệu kính tái chế 20% và 30%.

Chưa nêu cách kiểm soát sai số về độ phẳng bề mặt, độ dày lớp keo, số vòng lăn để nén tấm FRP. Chưa có quy trình đánh giá chất lượng sau thi công gia cường.

Chưa khảo sát ứng xử uốn của dầm nhiều lần cho từng mẫu dầm.

Chưa sử dụng camera tốc độ cao hoặc hệ thống ảnh quang học để theo dõi quá trình lan rạn, bóc tách tấm FRP.