

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO**

**ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG**

**PHAN DẠ THẢO**

**NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ TĂNG CƯỜNG  
KHẢ NĂNG CHỊU LỰC CỦA KẾT CẤU  
BÊ TÔNG CỐT THÉP  
BẰNG TẤM DÁN CACBON**

**Chuyên ngành: Xây dựng công trình Dân dụng và Công nghiệp**

**Mã số: 60.58.20**

**TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**

**Đà Nẵng – Năm 2013**

Công trình được hoàn thành tại  
**ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG**

Người hướng dẫn khoa học: **GVC.TS HOÀNG PHƯƠNG HOA**

Phản biện 1: GS. TS. Phan Quang Minh

Phản biện 2: TS. Đào Ngọc Thế Lực

Luận văn đã được bảo vệ trước Hội đồng chấm Luận văn tốt nghiệp thạc sĩ kỹ thuật họp tại Đại học Đà Nẵng vào ngày 27 tháng 9 năm 2013

*Có thể tìm hiểu luận văn tại:*

- Trung Tâm Thông Tin – Học Liệu, Đại học Đà Nẵng
- Trung Tâm Học Liệu, Đại học Đà Nẵng

## MỞ ĐẦU

### 1. Tính cấp thiết của đề tài

- Trên con đường công nghiệp hóa, hiện đại hóa phát triển đất nước, nền kinh tế nước ta có những bước phát triển rất nhanh trong những năm gần đây. Đi kèm với sự phát triển kinh tế dân số ngày càng tăng dẫn đến các công trình dân dụng, giao thông càng được xây dựng nhiều đặc biệt tại các trung tâm thành phố. Cho nên việc đầu tư nâng cấp, cải tạo nhằm nâng cao năng lực hoạt động, kéo dài tuổi thọ những cây cầu, nhà dân dụng... hiện có đảm bảo chất lượng sử dụng và yêu cầu thẩm mỹ là nhiệm vụ hết sức cấp bách.

- Có nhiều nguyên nhân dẫn đến những hỏng hóc và công trình xuống cấp có thể kể ra như sau:

#### *Những sai sót trong giai đoạn thiết kế:*

- Những lỗi do thiết kế bao gồm:

- Các quy định về tải trọng, dự báo mức tăng trưởng của tải trọng chưa chính xác;

- Các quy định về vật liệu chưa đồng bộ;

- Tiêu chuẩn thiết kế còn chấp vá không thống nhất.

- Sai sót trong bản vẽ thiết kế: Các lỗi trong bản vẽ do khâu kiểm soát chất lượng kém.

#### *Những sai sót trong giai đoạn thi công*

- Thi công không đạt chất lượng theo thiết kế:

- Lớp bê tông bảo vệ không đủ đảm bảo yêu cầu chống ăn mòn gây ra hiện tượng rỉ cốt thép;

- Độ đầm chặt kém, bê tông bị rỗng nhiều;

- Bảo dưỡng không đúng qui trình yêu cầu, làm bê tông không đủ cường độ theo thiết kế, vết nứt xuất hiện.

- Thiếu việc kiểm soát chất lượng các công trình;
- Công tác giám sát công trình còn chưa được quan tâm đúng mức.

### ***Sự cố trong giai đoạn sử dụng***

- Các công trình thường xuyên làm việc trong điều kiện quá tải do công tác quản lý và khai thác sử dụng các công trình còn nhiều bất cập;

- Việc thay đổi công năng sử dụng các công trình cũng là một trong những nguyên nhân làm cho công trình xuống cấp nhanh chóng;

- Những yếu tố về ảnh hưởng môi trường làm việc của các công trình dẫn đến hiện tượng các công trình bị ăn mòn gây ra những hư hỏng trước thời hạn như thiết kế ban đầu và;

- Thiếu việc bảo trì theo đúng quy định khi đưa công trình vào sử dụng.

Hiện nay, có nhiều phương pháp gia cường kết cấu công trình BTCT được ứng dụng trong thực tế ở nước ta như:

- Phương pháp bao bọc những chỗ hư hỏng bằng lớp bê tông hoặc BTCT;

- Phương pháp dùng bản thép gia cường (dán bản thép);

- Phương pháp dùng bê tông dự ứng lực căng ngoài;

- Phương pháp sử dụng loại vật liệu composite sợi cường độ cao FRP (Fiber-Reinforced Polymer).

Những nhược điểm của một số phương pháp như sau:

➤ *Phương pháp bao bọc bằng bê tông hoặc BTCT:*

- Ván khuôn lắp ghép cồng kềnh;

- Thi công phức tạp và khó khăn;

- Phải phá bỏ một phần kết cấu cũ;
- Liên kết giữa bê tông cũ và mới rất khó khăn và thường không đảm bảo sự dính kết cần thiết;
- Sự co ngót khác nhau giữa bê tông cũ và lớp bê tông mới;
- Phát sinh thêm tĩnh tải gây bất lợi cho công trình;
- Làm tăng kích thước tiết diện cấu kiện và;
- Thay đổi kiến trúc tổng thể của kết cấu sau khi gia cường.

➤ *Phương pháp dán bản thép:*

- Lắp đặt các tấm thép khó khăn;
- Thời gian thi công kéo dài cần nhiều thời gian tốn kém nhân công;
- Bản thép cần phải điều chỉnh chế tạo và gia công trước phức tạp;
- Khó khăn trong khâu lắp, thi công tại những khu vực chật hẹp;
- Khoan và bắt bulông vào bê tông có thể phát sinh những sự cố như làm giảm tiết diện chịu lực của kết cấu;
- Công việc hàn thép tấm có thể xảy ra hiểm họa cháy, nổ và;
- Khó khăn trong việc quản lý chất lượng.

➤ *Phương pháp dự ứng lực căng ngoài*

- Lắp ghép công kênh;
- Tốn nhiều thời gian thi công, lắp đặt và căng kéo;
- Phải thi công gia cố thêm các ụ neo và ụ chuyển hướng;
- Yêu cầu vật liệu dầm phải có cường độ cao đắt tiền mới phát huy hiệu quả của cáp DƯL;
- Hiệu quả giải pháp tăng cường bằng DƯL phụ thuộc vào việc kiểm soát các mắt mát DƯL, công việc này đòi hỏi nhân công thực hiện phải có trình độ cao;

- Khó khăn trong biện pháp bảo vệ cốt thép căng ngoài chịu ảnh hưởng tác động của môi trường và;

- Ảnh hưởng đến thông thuyền nếu công trình giao thông có yêu cầu thông thuyền.

Xuất phát từ thực tế đó, đề tài **Nghiên cứu thiết kế tăng cường khả năng chịu lực của kết cấu bê tông cốt thép bằng tấm dán cacbon** sẽ nghiên cứu những ưu điểm của công nghệ dán tấm chất dẻo sợi carbon, nhằm ứng dụng rộng rãi công nghệ này. Trong lĩnh vực sửa chữa, cải tạo và nâng cấp các công trình xây dựng dân dụng, giao thông và thủy lợi.

## **2. Mục tiêu nghiên cứu của luận văn**

- Nghiên cứu quá trình xuống cấp, hư hỏng kết cấu BTCT.
- Nghiên cứu các đặc trưng cơ học của vật liệu FRP
- Tổng hợp các cơ sở lý thuyết, kết quả nghiên cứu thực nghiệm sử dụng công nghệ dán tấm chất dẻo sợi carbon của các tác giả trên thế giới. Thiết lập các sơ đồ khối từ các công thức của ACI, tính toán hiệu quả dầm BTCT tăng cường tấm sợi FRP cho một dầm, cột cụ thể;
- Đánh giá về công nghệ dán tấm chất dẻo sợi carbon trong sửa chữa và tăng cường kết cấu BTCT và khả năng áp dụng công nghệ này ở nước ta.

## **3. Phạm vi nghiên cứu**

- Các cơ sở lý thuyết, mô hình tính toán lý thuyết tăng cường cho kết cấu BTCT bằng công nghệ dán tấm chất dẻo sợi carbon;
- Nghiên cứu sử dụng công nghệ dán tấm chất dẻo sợi cacbon để tăng cường khả năng chịu lực cho kết cấu BTCT.

#### **4. Phương pháp nghiên cứu**

- Phương pháp nghiên cứu lý thuyết, việc tính toán dựa trên mô hình lý thuyết;
- Thu thập số liệu thực tế, tổng hợp, thống kê và phân tích các số liệu;
- Tính toán hiệu quả tăng cường thông qua lý thuyết tính toán kết cấu.

#### **5. Cấu trúc luận văn**

Phần mở đầu: Giới thiệu khái quát chung về BTCT trong quá trình khai thác sử dụng và một số biện pháp sửa chữa, cải tạo và gia cường các cấu kiện đã bị hư hỏng, xuống cấp để khôi phục lại khả năng làm việc của công trình.

Chương 1: Tổng quan về BTCT, và các phương pháp gia cường kết cấu BTCT.

Chương 2: Sơ lược về vật liệu FRP, lịch sử phát triển, các đặc trưng cơ học của vật liệu FRP, giới thiệu các ứng dụng vật liệu FRP trong sửa chữa và tăng cường kết cấu BTCT, công nghệ thi công dán tấm FRP.

Chương 3: Cơ sở lý thuyết, tính toán tăng cường kết cấu bê tông cốt thép bằng tấm dán carbon CFRP.

Cuối cùng là những kết luận và kiến nghị của đề tài.

## CHƯƠNG 1

# TỔNG QUAN BÊTÔNG CỐT THÉP VÀ GIỚI THIỆU CÁC PHƯƠNG PHÁP GIA CƯỜNG KẾT CẤU BÊTÔNG CỐT THÉP

## 1.1. BÊTÔNG

1.1.1. Vật liệu cấu thành bê tông

1.1.2. Tính chất của bê tông

## 1.2. QUÁ TRÌNH XUỐNG CẤP VÀ HƯ HỎNG CỦA BTCT:

1.2.2. Ăn mòn sun phat

1.2.3. Phản ứng kiềm-silica

1.2.4. Các dạng phá hoại khác

## 1.3. NGUYÊN NHÂN DẪN ĐẾN HƯ HỎNG TRONG KẾT CẤU BTCT

1.3.1. Bê tông bị rỗ

1.3.2. Bê tông bị rỗng

1.3.3. Bê tông bị nứt nẻ

*a. Vết nứt do co ngót*

*b. Vết nứt nghiêng*

*c. Vết nứt dọc*

*d. Vết nứt ngang trong bản mặt cầu*

*e. Vết nứt ngang trong bầu dưới ở vùng chịu kéo chứa cốt*

*thép dự ứng lực*

*f. Vết nứt dọc trong bầu dầm chứa cốt thép dự ứng lực*

*g. Vết nứt ngang ở đoạn đầu dầm*

*h. Vết nứt ở bên trên thốt gối*

1.3.4. Bê tông bị vỡ lở

1.3.5. Bê tông quá khô



### **1.3.6. Suy thoái của bê tông**

### **1.3.7. Sự làm việc mới của BTCT thường**

## **1.4. CÁC PHƯƠNG PHÁP GIA CƯỜNG KẾT CẤU BTCT**

### **1.4.1. Gia cường kết cấu bằng cách tăng tiết diện**

### **1.4.2. Gia cường cột bằng thép hình**

### **1.4.3. Gia cường dầm bằng gối tựa cứng**

### **1.4.4. Gia cường dầm bằng thanh căng ứng suất trước**

### **1.4.5. Gia cường kết cấu BTCT theo công nghệ dán bản thép**

## **1.5. GIA CƯỜNG KẾT CẤU BẰNG TẮM DÁN FRP**

### **1.5.1. ĐẶC ĐIỂM CỦA PHƯƠNG PHÁP GIA CƯỜNG KẾT CẤU BTCT BẰNG TẮM DÁN FRP**

#### **1.5.2. Các phương pháp thi công sửa chữa, gia cố kết cấu bằng tẩm FRP**

- ❖ *Thi công dán tẩm FRP theo kiểu ướt (wet lay-up)*
- ❖ *Thi công dán tẩm FRP theo kiểu ướt (wet lay-up)*

## **1.6. ĐÁNH GIÁ VỀ CÁC PHƯƠNG PHÁP GIA CƯỜNG KẾT CẤU**

Trong các phương pháp gia cường kết cấu phương pháp gia cường kết cấu bê tông bằng tẩm dán FRP tuy hạn chế về mặt giá thành, nhưng sửa chữa và gia cố công trình bằng cách sử dụng vật liệu FRP có rất nhiều ưu điểm như thi công đơn giản, nhanh chóng, không cần phải đập phá kết cấu, không cần sử dụng cốp pha, đảm bảo giữ nguyên hình dạng kết cấu cũ, công trình sau khi gia cố vẫn có tính thẩm mỹ cao, đặc biệt với các công trình đòi hỏi khả năng chống thấm và ăn mòn.

## **1.7. KẾT LUẬN CHƯƠNG**

Trong chương 1 nghiên cứu về cấu trúc của vật liệu bê tông, quá trình xuống cấp của bê tông, phương pháp đánh giá kiểm định chất lượng của bê tông, nêu các nguyên nhân chính gây hư hỏng kết cấu bê tông, đề xuất các các phương pháp gia cường kết cấu bê tông trong đó đề cập đến gia cường kết cấu bê tông bằng tấm dán FRP. Trong chương tiếp theo sẽ nghiên cứu nhiều hơn về quá trình hình thành và phát triển, các đặc trưng cơ học của vật liệu FRP.

## CHƯƠNG 2

### TỔNG QUAN VỀ VẬT LIỆU FIBER REINFORCED POLYME VÀ CÔNG NGHỆ THI CÔNG DÁN TẮM COMPOSITE

#### 2.1. SƠ LƯỢC VỀ VẬT LIỆU FRP VÀ LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN

#### 2.2. CẤU TRÚC VÀ CÁC ĐẶC TRƯNG CƠ HỌC CỦA VẬT LIỆU FRP

##### 2.2.1. Cấu trúc vật liệu FRP

Vật liệu FRP là loại vật liệu composit do sự kết hợp của hai thành phần là cốt sợi và chất dẻo nền tạo nên. Vật liệu FRP có 2 thành phần: Cấu trúc nền và cấu trúc sợi.

##### ❖ Cốt sợi

Trong vật liệu FRP chức năng chính của cốt sợi là chịu tải trọng, cường độ, độ cứng, ổn định nhiệt. Vì vậy, cốt sợi được sử dụng để sản xuất vật liệu FRP phải đảm bảo các yêu cầu sau đây:

- Mô đun đàn hồi cao;
- Cường độ tới hạn cao;
- Sự khác biệt về cường độ giữa các sợi với nhau là không lớn;
- Cường độ ổn định cao trong vận chuyển và;
- Đường kính và kích thước các sợi phải đồng nhất.

##### ❖ Chất dẻo nền:

Trong vật liệu FRP chất dẻo nền có vai trò là chất kết dính. Các chức năng chủ yếu của chất dẻo nền :

- Truyền lực giữa các sợi riêng rẽ;
- Bảo vệ bề mặt của các sợi khỏi bị mài mòn;
- Bảo vệ các sợi, ngăn chặn mài mòn và các ảnh hưởng do môi trường;
- Kết dính các sợi với nhau;
- Phân bố, giữ vị trí các sợi vật liệu FRP;

- Thích hợp về hóa học và nhiệt với cốt sợi;

### **2.2.2. Các đặc trưng cơ học của vật liệu FRP**

Vật liệu FRP có cường độ và độ cứng phụ thuộc vào vật liệu hợp thành, đặc trưng vật liệu của FRP phụ thuộc vào đường kính sợi, hướng phân bố các sợi và các đặc trưng cơ học của chất dẻo nền.

Đặc trưng cơ học của FRP phụ thuộc vào những yếu tố dưới đây:

- Đặc trưng cơ học của sợi (sử dụng sợi cacbon, sợi aramid hay sợi thủy tinh);
- Đặc trưng cơ học của chất nền (sử dụng Epoxy, Vinylester hay Polyester);
- Tỷ lệ giữa sợi và chất nền trong cấu trúc FRP và;
- Hướng phân bố của các sợi trong chất nền.

### **2.3. CÔNG NGHỆ DÁN TẮM DẪO SỢI FRP**

Bước 1: Công tác chuẩn bị bề mặt

Bước 2: Quét keo lên bề mặt kết cấu

Bước 3: Tẩm keo lên tấm sợi

Bước 4: Dán tẩm sợi lên kết cấu

Bước 5: Hoàn thiện bề mặt

### **2.4. THIẾT BỊ THI CÔNG**

**2.4.1. Thiết bị doa và mài bo tròn các góc cạnh của bê tông**

**2.4.2. Thiết bị sửa, đục bỏ và cắt bề mặt bê tông kém chất lượng, nứt vỡ**

**2.4.3. Thiết bị bơm keo Epoxy chám vá vết nứt (áp lực tối thiểu 2 bar)**

**2.4.4. Thiết bị làm sạch bề mặt bằng thủy lực**

**2.4.5. Thiết bị thổi bụi khô cầm tay**

**2.4.6. Thiết bị tẩm keo và dán tẩm sợi**

**2.4.7. Bảo hộ lao động**

## 2.5. KẾT LUẬN CHƯƠNG

Trong chương 2 nghiên cứu về cấu trúc và đặc trưng cơ học loại vật liệu FRP; so sánh các đặc trưng cơ học của 3 loại sợi FRP; giới thiệu công nghệ dán tấm và các máy thi công dán tấm sợi FRP.

Vật liệu mới FRP có rất nhiều ứng dụng trong sửa chữa và tăng cường kết cấu. Qua nghiên cứu các đặc trưng cơ học của vật liệu FRP và công nghệ thi công dán tấm sợi FRP, có thể nhận thấy rằng có:

- + Chung loại rất đa dạng;
- + Trọng lượng nhẹ;
- + Cường độ chịu kéo cao hơn nhiều lần so với thép.
- + Thi công đơn giản và thời gian thi công ngắn.

Trong đó, đặc biệt là vật liệu CFRP còn vượt trội hơn GFRP và AFRP về hầu hết các chỉ tiêu, ngoại trừ giá thành vật liệu. Vì vậy, việc nghiên cứu ứng dụng vật liệu CFRP vào ngành xây dựng trong điều kiện cụ thể của nước ta là việc rất cần thiết.

### **CHƯƠNG 3**

#### **CƠ SỞ TÍNH TOÁN VÀ CÁC VÍ DỤ ÁP DỤNG**

#### **3.1. GIỚI THIỆU CÁC NGHIÊN CỨU LÝ THUYẾT VÀ THỰC NGHIỆM**

**3.1.1. Nghiên cứu lý thuyết của Triantafillou, T. và Plevris, N. (1991)**

**3.1.2. Nghiên cứu thực nghiệm của Meier et al**

#### **3.2. TÍNH TOÁN SỨC KHÁNG UỐN VÀ SỨC KHÁNG CẮT CỦA KẾT CẤU DÀM BTCT**

**3.2.1. Mô hình tính toán sức kháng uốn của kết cấu tăng cường tấm FRP**

**3.2.2. Mô hình tính toán sức kháng cắt của kết cấu bằng tăng cường tấm FR**

#### **3.3. TÍNH TOÁN TĂNG CƯỜNG SỨC KHÁNG UỐN CỦA DÀM BTCT BẰNG TẤM SỢI FRP**

**3.3.1. Một số hình thức phá hoại do uốn đối với dầm BTCT tăng cường tấm sợi FRP**

**3.3.2. Hệ số sức kháng**

**3.3.3. Khối ứng suất chữ nhật tương đương**

**3.3.4. Dầm BTCT thường có tiết diện chữ nhật có cốt thép chịu kéo**

**3.3.5. Dầm BTCT thường có tiết diện chữ T**

**3.3.6. Dầm BTCT DƯỠI tiết diện chữ T**

#### **3.4. TĂNG CƯỜNG SỨC KHÁNG CẮT CHO DÀM BTCT**

**3.4.1. Tính toán tăng cường sức kháng cắt**

**3.4.2. Kiểm tra khoảng cách các dải FRP, giới hạn lực cắt tăng cường**

**3.4.3. Sơ đồ khối tính toán lực cắt tăng cường**

**3.4.4. Neo tấm sợi FRP trong mô hình tăng cường sức kháng cắt**

### 3.5. KIỂM TRA ỨNG SUẤT THEO TẢI TRỌNG KHAI THÁC

#### 3.5.1. Dầm bê tông cốt thép thường

#### 3.5.2. Dầm bê tông cốt thép dự ứng lực

### 3.6 . CÁC VÍ DỤ TÍNH TOÁN SỨC KHÁNG UỐN VÀ KHÁNG CẮT CỦA KẾT CẤU BTCT

#### ❖ Thiết kế tăng cường sức kháng uốn cho dầm BTCT bằng tấm dán carbon:

*Bảng 3.3 Số liệu ban đầu và kết quả tính tăng cường sức kháng uốn cho dầm chữ T BTCT thường bằng tấm dán carbon:*

Số liệu ban đầu và kết quả tính toán	Đơn vị	Dầm T
1. Kích thước hình học mặt cắt		
Chiều cao dầm	mm	1000
Chiều dày bản cánh	mm	200
Chiều rộng bản cánh	mm	2000
Chiều dày sườn dầm	mm	200
2. Đặc trưng vật liệu		
2.1 Bê tông		
Tỷ trọng của bê tông	Kg/m <sup>3</sup>	2500
Cường độ chịu nén của bê tông	N/mm <sup>2</sup>	40
Biến dạng cực hạn của bê tông		0,003
2.2 Cốt thép		
Giới hạn chảy của cốt thép	N/mm <sup>2</sup>	400
Mô đun đàn hồi của cốt thép	N/mm <sup>2</sup>	200000
Biến dạng chảy của cốt thép		0,002
Số thanh cốt thép dọc	thanh	12φ25
2.3 Tấm sợi cacbon		
Biến dạng cực hạn của tấm sợi FRP		0,017

Số liệu ban đầu và kết quả tính toán	Đơn vị	Dầm T
Chiều rộng tăng cường của tấm FRP	mm	200
Chiều dày tấm FRP	mm	1,2
Mô đun đàn hồi của tấm FRP	N/mm <sup>2</sup>	165000
Hệ số sức kháng của tấm FRP		0,85
Số lớp		4
3. Kết quả tính toán		
- Trục trung hòa đi qua bản cánh (Tính theo tiết diện chữ nhật)		$c < h_f$
Mô hình phá hoại của dầm		Bê tông vỡ
Mô men kháng uốn trước khi tăng cường	kN.m	1847
Mô men kháng uốn sau tăng cường	kN.m	3987,8
4. Hiệu quả tăng cường	%	115,9%
5. Kiểm tra tải trọng khai thác		
Kiểm tra ứng suất trong cốt thép $f_{s,s} < 0,8 f_y = 320 \text{ N/mm}^2$	N/mm <sup>2</sup>	229,23
Kiểm tra ứng suất tấm sợi và cốt thép $f_{f,s} < 0,55 f_{fu} = 1705 \text{ N/mm}^2$	N/mm <sup>2</sup>	251,11

**Bảng 3.4** Số liệu ban đầu và kết quả tính toán tăng cường sức kháng uốn dầm BTCT DƯL (giả định) bằng tấm dán carbon:

Số liệu ban đầu và kết quả tính toán	Đơn vị	Dầm DƯL
1. Kích thước hình học mặt cắt		
Chiều cao dầm	mm	1000
Chiều dày bản cánh	mm	140
Chiều rộng bản cánh	mm	1300



Số liệu ban đầu và kết quả tính toán	Đơn vị	Dầm DUL
Chiều dày sườn dầm	mm	210
2. Đặc trưng vật liệu		
2.1 Bê tông		
Cấp bê tông thiết kế	-	B35
Cường độ chịu nén quy định $f_c$	N/mm <sup>2</sup>	35,00
Cường độ chịu kéo khi uốn $f_t$	N/mm <sup>2</sup>	3.56
Mô đun đàn hồi của bê tông	N/mm <sup>2</sup>	28060
Biến dạng cực hạn của bê tông		0,003
2.2 Cốt thép		
Giới hạn chảy cốt thép thường $f_y$	N/mm <sup>2</sup>	400
Diện tích cốt thép thường $A_s$	mm <sup>2</sup>	1472
Mô đun đàn hồi $E_s = E_{ps}$	N/mm <sup>2</sup>	200 000
Giới hạn bền $f_{pe}$	N/mm <sup>2</sup>	1034
Giới hạn chảy $f_{pu}$	N/mm <sup>2</sup>	1860
Diện tích cáp DUL $A_{ps}$	mm <sup>2</sup>	690,97
2.3 Vật liệu CFRP gia cường		
Các thông số của hãng Fyfe <sup>®</sup> (sợi Carbon )		
Biến dạng cực hạn của tấm sợi FRP		0,017
Chiều rộng tăng cường của tấm FRP	mm	210
Chiều dày tấm FRP	mm	0,165
Mô đun đàn hồi của tấm FRP	N/mm <sup>2</sup>	227586
Hệ số sức kháng của tấm FRP		0,85
Số lớp tấm FRP		3 lớp
3. Khả năng chịu lực dầm		
Khả năng chịu lực của dầm trước khi tăng cường (theo M)	KN.m	1656

Số liệu ban đầu và kết quả tính toán	Đơn vị	Dầm DUL
Khả năng chịu lực của dầm sau khi tăng cường (theo M)	KN.m	1850,35
Hiệu quả tăng cường	%	11,74%
<b>4. Kiểm tra ứng suất với tải trọng khai thác</b>		
Tĩnh tải: $w_{DL}=q_{tt}$	N/mm	11,308
Hoạt tải: $w_{LL}=q_{ht}$	N/m	19,058
Nhịp tính toán dầm	mm	20,4
Kiểm tra ứng suất lớn nhất trong bê tông $f_{ct}$ $f_{ct}<0,45.f'_c=15,75 \text{ N/mm}^2$	N/mm <sup>2</sup>	7,85
Kiểm tra ứng suất trong cốt thép:		
• $f_s<0,8 f_y=320 \text{ N/mm}^2$	N/mm <sup>2</sup>	212,66
• $f_{ps}<0,74f_{pu} = 1376 \text{ N/mm}^2$	N/mm <sup>2</sup>	1318
Kiểm tra ứng suất trong tâm sợi $f_f$ : $f_f<0,55f_{pu}=1023 \text{ N/mm}^2$	N/mm <sup>2</sup>	258,08

- ❖ Thiết kế tăng cường sức kháng cắt cho dầm BTCT bằng tấm dán carbon:

**Bảng 3.5. Kết quả tính toán gia cường lực cắt cho dầm BTCT**

Số liệu ban đầu và kết quả tính toán	Đơn vị	Dầm chữ T
1. Kích thước hình học của dầm		
Bề rộng cánh dầm	mm	2.000
Bề rộng bản cánh	mm	200
Bề dày sườn dầm	mm	200
Chiều cao có hiệu của dầm (d)	mm	940

Số liệu ban đầu và kết quả tính toán	Đơn vị	Dầm chữ T
Chiều cao của dầm	mm	1000
2. Đặc trưng vật liệu		
Tỷ trọng của bê tông	kg/m <sup>3</sup>	2500
Cường độ chịu nén của bê tông	N/mm <sup>2</sup>	40
Mô đun đàn hồi của bê tông	N/mm <sup>2</sup>	25000
Cốt thép đai (φ, khoảng cách)	mm	φ8a200
Giới hạn chảy của cốt thép	N/mm <sup>2</sup>	400
Mô đun đàn hồi của cốt thép	N/mm <sup>2</sup>	200000
Mô đun đàn hồi của tấm sợi	N/mm <sup>2</sup>	231000
Biên dạng cực hạn của tấm sợi		0,015
Bề rộng tăng cường của tấm sợi	mm	200
Thiết kế 3 lớp CFRP Sika-Wrap Hex 103C		
Chiều dày tấm sợi CFRP	mm	0,34
Chiều cao của tấm sợi CFRP	mm	400
Góc nghiêng của tấm sợi	độ	90°
Khoảng cách giữa các tấm sợi	mm	250
3. Kết quả tính toán		
Sức kháng cắt trước tăng cường	kN	300
Sức kháng cắt sau tăng cường	kN	450,88
Hiệu quả tăng cường	%	50%

### 3.7. KHẢ NĂNG CHỊU LỰC CỘT BÊ TÔNG CỐT THÉP GIA CƯỜNG BẰNG TẮM DÁN FRP

3.7.1. Thiết kế tăng cường khả năng chịu lực của cột BTCT bằng tấm dán FRP

3.7.2. Kiểm tra ứng suất của bê tông và cốt thép trong cột chịu nén dưới tác dụng tải trọng khai thác

3.7.3. Các bước thiết kế cột chịu nén gia cường tấm dán FRP

3.7.4. Ví dụ thiết kế cột tròn được gia cường bởi tấm dán carbon

*Bảng 3.6 : Số liệu ban đầu và kết quả tính toán tăng cường khả năng chịu lực cho cột BTCT*

Số liệu ban đầu và kết quả tính toán	Đơn vị	Cột tròn
1. Kích thước hình học mặt cắt		
Đường kính cột	mm	500
2. Đặc trưng vật liệu		
2.1 Bê tông		
Tỷ trọng của bê tông	Kg/m <sup>3</sup>	2500
Cường độ chịu nén của bê tông	N/mm <sup>2</sup>	27,5
Biến dạng cực hạn của bê tông		0,003
2.2 Cốt thép		
Giới hạn chảy của cốt thép	N/mm <sup>2</sup>	400
Diện tích cốt thép chịu lực $A_g$	m <sup>2</sup>	0,202
Hệ số cốt thép chịu lực $\rho_g$		0,0347
Diện tích cốt thép cốt đai xoắn Ast	m <sup>2</sup>	0,007
Hệ số cốt thép đai xoắn $\rho_s$		0,0115

Số liệu ban đầu và kết quả tính toán	Đơn vị	Cột tròn
Biến dạng chảy của cốt thép		0,002
2.3 Tấm sợi cacbon		
Biến dạng cực hạn của tấm sợi CFRP		0.017
Cường độ chịu lực của tấm CFRP ( $f_{fu}^*$ )	N/mm <sup>2</sup>	3800
Chiều dày tấm CFRP	mm	1,4
Mô đun đàn hồi của tấm CFRP	N/mm <sup>2</sup>	230000
Hệ số sức kháng của tấm CFRP		0,85
Số lớp		6
3. Kết quả tính toán		
Mô hình phá hoại của cột		Bê tông vỡ
Khả năng chịu lực của cột trước tăng cường	KN.m	4752,75
Khả năng chịu lực của cột sau tăng cường	KN.m	6537
4. Hiệu quả tăng cường	%	37,5%
5. Kiểm tra ứng suất dưới tác dụng của tải trọng khai thác		
Tĩnh tải $w_{DL}=q_{lt}$	kN	1428
Hoạt tải $w_{LL}=q_{ht}$ ( Trước khi tăng)	kN	1607
Hoạt tải $w_{LL}=q_{ht}$ ( Sau khi tăng)	kN	2571,2
Ứng suất tính toán trong cốt thép $f_{s,s}$	N/mm <sup>2</sup>	110,33
Giới hạn ứng suất cho phép trong cốt thép $f_{s,s} < 0.6 f_y$	N/mm <sup>2</sup>	249
Ứng suất tính toán trong cột sau khi gia cường $f_{cs} \leq F_{c,s}$	N/mm <sup>2</sup>	16,5
Giới hạn ứng suất trong cột sau khi gia cường $F_{c,s} = 0.65 f_c'$		17,87

### 3.8. SỐ LIỆU THỰC TẾ: Tăng cường sàn tầng L13 và sàn tầng L14

**Công trình:** Tòa Nhà VCCI – Trung tâm thương mại, số 9, Đào Duy Từ, Đống Đa, Hà Nội.

❖ Mô tả chung: Tòa nhà VCCI theo thiết kế gồm 04 tầng hầm và 23 tầng nổi (chưa kể 01 tầng mái nhô lên) bằng BTCT (trong đó sàn bằng KC BT DWL), mặt bằng của công trình là một hình chữ nhật có chân đế diện tích 52,75x44,2 m<sup>2</sup>. Tòa nhà hiện đang được thi công đến sàn L16. Trong quá trình thi công, kết quả kiểm định chất lượng bê tông tại chỗ tại nhiều khu vực trên sàn cho thấy chất lượng các sàn từ L12 trở xuống phía dưới là đạt yêu cầu, riêng các sàn L13 và L14 là chưa đạt yêu cầu đêra trong thiết kế.

Xét kỹ chất lượng bê tông tầng L13 và L14, thấy lớp bề mặt bê tông trên cùng dày khoảng từ 2 tới 3 cm phía trên là xấu. Do vậy, các cốt thép mặt trên (thép chịu mô-men âm) đặc biệt ở trên các mũ cột và quanh vách là không thể phát huy tác dụng để làm việc được. Cần có biện pháp gia cố để đảm bảo điều kiện chịu lực và làm việc chung của tòa nhà.

**Bảng 3.7.** Kiểm tra sàn sau khi gia cường bằng tấm FRP:

Số liệu ban đầu và kết quả tính toán	Đơn vị	Dầm DƯL
1. Kích thước hình học mặt cắt		
Chiều dày sàn	mm	220
Chiều rộng tấm FRP	mm	1000
2. Đặc trưng vật liệu		
2.1 Bê tông		
Mác bê tông thiết kế	-	M400
Cường độ chịu nén quy định $f_c$	N/mm <sup>2</sup>	33
Cường độ chịu kéo khi uốn $f_t$	N/mm <sup>2</sup>	3,56

Số liệu ban đầu và kết quả tính toán	Đơn vị	Dầm DUL
Mô đun đàn hồi của bê tông	N/mm <sup>2</sup>	29 498,0
Biến dạng cực hạn của bê tông		0,003
<b>2.2 Cốt thép</b>		
Mô đun đàn hồi E <sub>s</sub>	N/mm <sup>2</sup>	200 000
Giới hạn chảy f <sub>py</sub>	N/mm <sup>2</sup>	1586
Giới hạn có hiệu f <sub>pe</sub>	N/mm <sup>2</sup>	1138
Diện tích một bó cáp A <sub>p</sub>	mm <sup>2</sup>	232,92
<b>2.3 Vật liệu CFRP gia cường của hãng Fyfo<sup>®</sup> (sợi Carbon SCH)</b>		
Cường độ chịu kéo khi uốn f <sub>pu</sub>	N/mm <sup>2</sup>	1860
Biến dạng cực hạn của tấm sợi FRP		0.017
Chiều rộng tăng cường của tấm FRP	mm	400
Chiều dày tấm FRP	mm	1.3
Mô đun đàn hồi của tấm FRP: E <sub>fu</sub>	N/mm <sup>2</sup>	507
Hệ số sức kháng của tấm FRP		0.9
Số lớp tấm FRP		1 lớp
Kiểm tra ứng suất bê tông cốt thép với tải trọng khai thác $f_{ps,s} < 0,82 f_{py} = 1301 \text{ MPa}$ $< 0,74 f_{pu} = 1376 \text{ MPa}$	N/mm <sup>2</sup>	1176
Kiểm tra ứng suất bê tông cốt thép với tải trọng khai thác $f_{cs,s} < 0,45 f_c = 15 \text{ N/mm}^2$	N/mm <sup>2</sup>	11
Khả năng chịu lực của dầm trước khi tăng cường (theo M)	KN.m	64.87
Khả năng chịu lực của dầm sau khi tăng cường (theo M)	KN.m	84.47
Hiệu quả tăng cường Mô men	%	76,7%

### 3.9. KẾT LUẬN CHƯƠNG

Trong chương 3 đã trình bày cơ sở lý thuyết tính toán và mô hình phân tích tăng cường sức kháng uốn và kháng cắt bằng tấm sợi FRP cho dầm BTCT. Kết quả của ví dụ tính toán dầm BTCT thường dạng chữ T, sử dụng 3 lớp tấm sợi Sika carbodur, bề dày tấm 1,2 mm thì hiệu quả tăng cường của sức kháng uốn tăng lên 115,9%, sử dụng 2 lớp tấm sợi Sika wrap tăng cường sức kháng cắt thì hiệu quả tăng cường của sức kháng cắt tăng lên 50% , bề dày tấm 0,34 mm. Đối với kết cấu dầm BTCT DƯL thì gia cường 3 lớp tấm sợi Sika carbodur thì hiệu quả gia cường là 11,74%, bề dày tấm 0,165 mm. Đối với kết cấu cột thì gia cường 6 lớp tấm sợi CFRP thì hiệu quả gia cường là 37,5%, bề dày tấm 1,4 mm .Qua đó có thể nhận thấy việc tăng cường khả năng chịu lực cho dầm BTCT bằng tấm sợi cacbon cải thiện đáng kể khả năng làm việc của kết cấu so với trước khi tăng cường cụ thể với số liệu của công trình VCCI với sàn tầng L13, L14 được gia cường bằng 1 tấm CFRP, bề dày tấm 1,3 mm thì hiệu quả tăng cường là 76,7%.



## KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

### 1. Kết luận

Luận văn đã trình bày các nguyên nhân gây hư hỏng và các biện pháp kiểm định khả năng làm việc của kết cấu bê tông cốt thép, từ đó đề xuất các biện pháp gia cường, và giới thiệu một phương pháp gia cường kết cấu bê tông cốt thép bằng tấm dán FRP đang được ứng dụng ở Việt Nam.

Qua nghiên cứu của luận văn có thể nhận thấy rõ được các ưu điểm của phương pháp sửa chữa, tăng cường bằng dán tấm FRP ở một số mặt sau: Vật liệu FRP có cường độ chịu kéo và mô đun đàn hồi cao, đa dạng về chủng loại, trọng lượng nhẹ, thi công dễ dàng nhanh chóng, không cần đập phá kết cấu giữ nguyên hình dạng kết cấu cũ, thi công không cần sử dụng coffa, ít tổn nhân công, không cần máy móc đặc biệt, không cần bảo dưỡng chống rỉ trong quá trình khai thác.

Việc nghiên cứu của đề tài giúp thêm thông tin hữu ích về vật liệu FRP, các công thức tính toán kết cấu BTCT được dán tấm FRP theo tiêu chuẩn của ACI. Kết quả tính toán sức kháng uốn và sức kháng uốn của kết cấu:

+ Tính toán sức kháng uốn của dầm T BTCT thường tăng cường bằng 3 lớp tấm sợi Sika carbodur S614 tăng cường cho dầm thì hiệu quả tăng cường là 115,9%.

+ Tính toán sức kháng uốn của dầm BTCT DƯỠNG tăng cường bằng 3 lớp tấm sợi Sika carbodur S614 thì hiệu quả tăng cường là 11,74%.

+ Tính toán sức kháng cắt của dầm BTCT tăng cường bằng 2 lớp tấm sợi Sika-Wrap Hex 103C thì hiệu quả tăng cường là 50%.

+ Đối với kết cấu cột thì gia cường 6 lớp tấm sợi CFRP thì hiệu quả gia cường là 37,5%.

+ Tăng cường khả năng chịu lực của sàn cụ thể với số liệu của công trình VCCI với sàn tầng L13,L14 thì hiệu quả tăng cường là 76,7%

Vì vậy, có thể thấy rằng sử dụng tấm sợi carbon tăng cường cho kết cấu BTCT cải thiện đáng kể khả năng chịu lực của dầm.

## **2. Kiến nghị**

Cần nghiên cứu thực nghiệm về sự gia cường này, đánh giá độ tin cậy cũng như tuổi thọ của vật liệu gia cường.

Cần có tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu để vật liệu này được ứng dụng rộng rãi hơn ở Việt Nam.

## **3. Hướng nghiên cứu tiếp theo**

Trên cơ sở nội dung của luận văn, tác giả mong muốn tiếp tục một số hướng nghiên cứu tiếp theo liên quan đến việc sử dụng vật liệu CFRP là:

- Nghiên cứu về vấn đề mỏi trong kết cấu gia cường, dự báo tuổi thọ của công trình sau khi gia cường ứng với từng cấp tải trọng khác nhau.