

Số: 2995 /QĐ-TCĐBVN

Hà Nội, ngày 05 tháng 3 năm 2017

**QUYẾT ĐỊNH**  
**Về việc công bố Tiêu chuẩn cơ sở**

**TỔNG CỤC TRƯỞNG TỔNG CỤC ĐƯỜNG BỘ VIỆT NAM**

Căn cứ Luật Tiêu chuẩn và Quy chuẩn kỹ thuật ngày 29 tháng 6 năm 2006;

Căn cứ Nghị định số 127/2007/NĐ-CP ngày 01 tháng 8 năm 2007 của Chính phủ quy định chi tiết thi hành một số điều của Luật Tiêu chuẩn và Quy chuẩn kỹ thuật;

Căn cứ Thông tư số 21/2007/TT-BKHCN ngày 28 tháng 9 năm 2007 của Bộ Khoa học và Công nghệ hướng dẫn việc xây dựng và áp dụng tiêu chuẩn;

Căn cứ Quyết định số 60/2013/QĐ-TTg ngày 21 tháng 10 năm 2013 của Thủ tướng Chính phủ quy định chức năng, nhiệm vụ, quyền hạn và cơ cấu tổ chức của Tổng cục Đường bộ Việt Nam thuộc Bộ Giao thông vận tải;

Căn cứ Văn bản số 7688/BGTVT-KHCN ngày 13 tháng 7 năm 2017 của Bộ Giao thông vận tải về việc công bố tiêu chuẩn cơ sở “Sửa chữa, tăng cường cấu kiện cầu bê tông cốt thép bằng vật liệu FRP dính bám ngoài – Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu”;

Xét đề nghị của Vụ trưởng Vụ Khoa học công nghệ, Môi trường và Hợp tác quốc tế,

**QUYẾT ĐỊNH:**

**Điều 1. Công bố Tiêu chuẩn cơ sở:**

TCCS 19 : 2017/TCĐBVN Sửa chữa, tăng cường cấu kiện cầu bê tông cốt thép bằng vật liệu FRP dính bám ngoài – Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu.

**Điều 2. Quyết định này có hiệu lực thi hành kể từ ngày ký.**

**Nơi nhận:**

- Bộ GTVT;
- Các Phó Tổng cục trưởng;
- Các Vụ: QLBT ĐB; ATGT; KHĐT;
- Các Cục: QLDB I, II, III, IV; QLXD ĐB; QLDB CT;
- Các Ban QLDA 3, 4, 5, 8;
- Các Sở Giao thông vận tải;
- Lưu: VT; KHCN, MT và HTQT.

**TỔNG CỤC TRƯỞNG**



**Nguyễn Văn Huyện**

**TCCS**

**TIÊU CHUẨN CƠ SỞ**

**TCCS 19 : 2017/TCĐBVN**

Xuất bản lần 1

**SỬA CHỮA, TĂNG CƯỜNG CẤU KIỆN CẦU BÊ TÔNG  
CỐT THÉP BẰNG VẬT LIỆU FRP DÍNH BẮM NGOÀI -  
TIÊU CHUẨN THI CÔNG VÀ NGHIỆM THU**

*Specifications for Construction and Acceptance of Bonded FRP system for repair  
and strengthening of concrete bridge elements*



HÀ NỘI - 2017

## Mục lục

	Trang
Lời nói đầu .....	3
1 Phạm vi áp dụng .....	4
2 Tài liệu viện dẫn .....	4
3 Thuật ngữ và định nghĩa .....	5
4 Yêu cầu về vật liệu, nguyên tắc sử dụng, vận chuyển, bảo quản và sử dụng vật liệu FRP .	7
4.1 Yêu cầu về vật liệu.....	7
4.2 Nguyên tắc sử dụng vật liệu .....	8
4.3 Vận chuyển.....	9
4.3 Bảo quản và thời hạn sử dụng.....	10
5 Thi công sửa chữa tăng cường .....	10
5.1 Điều kiện về nhiệt độ, độ ẩm không khí và nhiệt độ bề mặt bê tông.....	10
5.2 Trang thiết bị.....	10
5.3 Sửa chữa kết cấu bê tông và chuẩn bị bề mặt.....	11
5.4 Thi công lắp đặt vật liệu FRP.....	14
5.5 Các vấn đề khác khi thi công .....	17
6 Giám sát và nghiệm thu .....	17
6.1 Quy định chung.....	17
6.2 Kiểm tra, giám sát.....	18
6.3 Nội dung và tiêu chuẩn nghiệm thu chất lượng và khối lượng.....	18
6.4 Hồ sơ nghiệm thu.....	20
7 Bảo dưỡng và sửa chữa.....	21
7.1 Yêu cầu chung.....	21
7.2 Kiểm tra và đánh giá.....	21
7.3 Sửa chữa hệ thống vật liệu tăng cường FRP.....	21
7.4 Sửa chữa lớp phủ bảo vệ vật liệu FRP .....	22
8 An toàn lao động và bảo vệ môi trường .....	22

8.1 An toàn khi sử dụng vật liệu FRP.....	22
8.2 Quy định về an toàn khi thi công sửa chữa tăng cường cầu.....	23
Phụ lục A	24

**Lời nói đầu**

**TCCS 19 : 2017/TCĐBVN** do do Tổng cục đường bộ Việt Nam biên soạn và công bố

**TCCS 19 : 2017/TCĐBVN** được xây dựng dựa trên Hướng dẫn thiết kế và thi công hệ thống vật liệu FRP dính bám ngoài tăng cường kết cấu bê tông – báo cáo của Ủy ban 440 – ACI (Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures ACI 440 2R.08) phần khuyến cáo về yêu cầu thi công.

# Sửa chữa và tăng cường cường cấu kiện cầu bê tông cốt thép bằng vật liệu FRP dính bám ngoài – Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu

*Specifications for Construction and Acceptance of bonded FRP system for repair and strengthening of concrete bridge elements*



## 1 Phạm vi áp dụng

1.1 Tiêu chuẩn này quy định về thi công và nghiệm thu công tác sửa chữa, tăng cường cấu kiện hoặc kết cấu cầu BTCT hoặc BTCT DƯỠNG bằng vật liệu FRP (Fiber Reinforced Polymer – FRP) dính bám ngoài bằng keo tạo dính bám. Các phương pháp thi công sửa chữa tăng cường dính bám ngoài bao gồm thi công dán ướt tấm vật liệu FRP tấm keo bão hòa, thi công dán ướt tấm vật liệu FRP tiền chế, thi công thanh vật liệu FRP gắn sát bề mặt cấu kiện.

1.2 Tiêu chuẩn này không áp dụng khi thi công sửa chữa tăng cường cấu kiện cầu BTCT bằng vật liệu FRP dự ứng lực sử dụng liên kết với cấu kiện bằng neo cơ khí; khi thi công trong điều kiện đặc biệt như thi công cấu kiện ở dưới nước hoặc đang ngập nước.

## 2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau rất cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

ACI 440.2R-08 Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures (*Hướng dẫn thiết kế và thi công hệ thống vật liệu FRP dính bám ngoài cho tăng cường kết cấu BTCT*).

ASTM F2170 - Standard Test Method for Determining Relative Humidity in Concrete Floor Slabs Using in situ Probes (*Tiêu chuẩn thử nghiệm xác định độ ẩm tương đối sàn bê tông sử dụng thiết bị đầu dò tại hiện trường*).

ACI 546R Concrete Repair Guide (*Hướng dẫn sửa chữa bê tông*).

ACI 546.3R-06 Guide for the Selection of Materials for the Repair of Concrete (*Hướng dẫn lựa chọn vật liệu sửa chữa bê tông*).

ASTM – D638 Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics (*Tiêu chuẩn thử nghiệm xác định đặc trưng chịu kéo của chất dẻo*).

ASTM D3039/ D3039M-14, Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials (*Tiêu chuẩn phương pháp thí nghiệm xác định các đặc trưng chịu kéo của vật liệu composite cốt sợi*).

ASTM C881/C881M-15 Standard Specification for Epoxy-Resin-Base Bonding Systems for Concrete (*Tiêu chuẩn kỹ thuật cho các hệ thống vật liệu kết dính bê tông gốc epoxy*).

ASTM D3418 - Standard Test Method for Transition Temperatures and Enthalpies of Fusion and Crystallization of Polymers by Differential Scanning Calorimetry (*Phương pháp thử nghiệm xác định nhiệt độ thay đổi tính chất và entanpi khuếch tán và tinh thể hóa của vật liệu tổng hợp bằng phương pháp quét đo biến thiên nhiệt lượng*).

ACI 503.7-07 Specification for Crack Repair by Epoxy Injection (*Đặc điểm kỹ thuật của sửa chữa vết nứt bằng bơm keo epoxy*).

ASTM D7522/ D7522M-15 Standard Test Method for Pull-Off Strength for FRP Laminate Systems Bonded to Concrete Substrate (*Tiêu chuẩn thử nghiệm kéo nhỏ xác định cường độ dính bám của tấm vật liệu FRP với bề mặt bê tông*).

ACI 440.3R Guide test methods for Fiber – Reinforced Polymer (FRPs) for reinforcing or strengthening concrete structures (*Hướng dẫn thí nghiệm cho vật liệu FRPs để tăng cường và gia cường kết cấu bê tông*).

TCVN 8774:2012 – An toàn thi công cầu (*Safe work for bridge construction*).

TCVN 5608:1991 - Quy phạm kỹ thuật an toàn trong xây dựng (*Code of Practice for building safety technique*).

### 3 Thuật ngữ và định nghĩa

Các định nghĩa sau được sử dụng để làm rõ nghĩa của các thuật ngữ liên quan trong việc sửa chữa, tăng cường cấu kiện BTCT bằng vật liệu FRP dính bám ngoài mà các thuật ngữ này chưa phổ biến trong kỹ thuật kết cấu bê tông.

#### 3.1 Vật liệu Composite (Vật liệu tổng hợp)

Là các vật liệu (ví dụ, bê tông hay chất dẻo tăng cường cốt sợi) được làm từ 2 vật liệu thành phần riêng biệt (hoặc nhiều hơn) tạo nên một vật liệu khác có các đặc tính mà các vật liệu thành phần không có khi tồn tại riêng rẽ.

### 3.2 Vật liệu FRP (Fiber Reinforced Polymer - FRP)

Một loại vật liệu composite gồm vật liệu nền là chất dẻo tổng hợp đã đóng rắn và vật liệu cốt sợi tăng cường. Cốt sợi tăng cường phổ biến là sợi carbon, sợi thủy tinh và sợi Aramid. Trong vật liệu FRP, cốt sợi đóng vai trò chịu lực chính, vật liệu nền đóng vai trò định vị cốt sợi vì vậy vật liệu FRP chỉ có khả năng chịu lực theo hướng sợi.

### 3.3 Sợi thô (Fiber)

Là vật liệu sợi tăng cường được dệt thành tấm vải sợi đơn hướng hoặc đa hướng dùng để chế tạo tấm vật liệu FRP hoặc được cuốn để chế thành vật liệu FRP. Sợi thô sử dụng để chế tạo vật liệu FRP gồm sợi carbon, sợi thủy tinh và sợi Aramid.

### 3.4 Keo (Resin)

Thường là loại nhựa chịu nhiệt được sử dụng như chất nền và chất dính trong hỗn hợp vật liệu FRP. Đồng thời keo được dùng để liên kết vật liệu FRP vào cấu kiện được tăng cường.

### 3.5 Epoxy (epoxy)

Một loại vật liệu đóng rắn tổng hợp, là sản phẩm của phản ứng giữa keo epoxy và chất đóng rắn gốc amino.

### 3.6 Keo-epoxy (epoxy resin)

Lớp các chất bám dính hóa học gốc hữu cơ được sử dụng làm chất kết dính hoặc chất nền trong vữa epoxy, bê tông epoxy và vật liệu FRP.

### 3.7 Đóng rắn (Cure)

Là quá trình hình thành cường độ của vật liệu nền khi chế tạo vật liệu FRP (xảy ra sau khi trộn các thành phần của keo) hoặc của keo kết dính.

### 3.8 Thời gian đóng rắn (Cure Time)

Thời gian cần thiết để keo sau khi trộn hình thành đủ cường độ quy định.

### 3.9 Vật liệu FRP dính bám ngoài (Externally Bonded FRP Material)

Vật liệu FRP sử dụng để tăng cường khả năng chịu lực của cấu kiện hoặc kết cấu chịu lực (trong phạm vi tiêu chuẩn này là cấu kiện cầu bằng BTCT). Để tham gia chịu lực cùng cấu kiện, tấm hoặc thanh vật liệu FRP được liên kết liên tục với bề mặt cấu kiện bằng keo epoxy đã đóng rắn.

### 3.10 Ứng dụng dính bám không chế (Bonding Critical Application)

Loại ứng dụng tăng cường bằng vật liệu FRP trong đó sự truyền lực giữa cấu kiện được tăng cường và vật liệu FRP được thực hiện thông qua sự truyền lực cắt giữa bề mặt tiếp xúc của hai vật liệu (bề mặt vật liệu tăng cường và bề mặt cấu kiện). Gia cường cấu kiện chịu cắt, cấu kiện chịu uốn thuộc nhóm ứng dụng này.

### 3.11 Ứng dụng tiếp xúc không chế (Contact Critical Application)



Loại ứng dụng tăng cường bằng vật liệu FRP trong đó sự truyền lực giữa cấu kiện tăng cường và vật liệu FRP được thực hiện thông qua áp lực tiếp xúc bề mặt giữa hai vật liệu. Tăng cường cấu kiện chịu nén (vật liệu FRP được bó quanh cột chịu nén để hạn chế nở ngang của bê tông) thuộc nhóm ứng dụng này.

### **3.12 Gắn sát bề mặt (Near-Surface Mounted – NSM)**

Một dạng tăng cường khả năng chịu uốn cấu kiện BTCT bằng các thanh vật liệu FRP dính bám ngoài được gắn vào các rãnh cắt sát bề mặt cấu kiện bê tông.

### **3.13 Thi công dán ướt (Wet Lay-Up)**

Phương pháp thi công bằng các dán các tấm sợi mới được tẩm ướt keo bão hòa (chưa đóng rắn) hoặc tẩm vật liệu FRP tiền chế lên bề mặt cấu kiện.

### **3.14 Tấm vật liệu FRP tiền chế (pre-impregnated FRP sheet)**

Tấm vật liệu đã được tẩm keo bão hòa và đóng rắn trong nhà máy.

### **3.15 Thanh vật liệu FRP tiền chế (FRP bar)**

Thanh vật liệu FRP tiền chế sử dụng làm cốt tăng cường cho bê tông thay thế cốt thép hoặc dùng để tăng cường cấu kiện BTCT theo phương pháp gắn sát bề mặt.

### **3.16 Vật liệu bề mặt (Substrate)**

Bê tông nguyên thủy hoặc vật liệu sửa chữa có gốc xi măng dùng để sửa chữa, thay thế bê tông nguyên thủy đã hư hỏng. Vật liệu bề mặt có thể chỉ có vật liệu bê tông nguyên thủy, vật liệu sửa chữa hoặc tổng hợp cả hai loại trên. Vật liệu FRP được lắp đặt để dính bám trên bề mặt của lớp vật liệu này.

### **3.17 Bảng thông tin vật liệu (Material Data Sheet)**

Bảng các thông tin của vật liệu do nhà sản xuất cung cấp.

### **3.18 Bảng thông tin an toàn của vật liệu (Material Safety Data Sheet – MSMD)**

Bảng thông tin an toàn của vật liệu do nhà sản xuất vật liệu cung cấp.

## **4 Yêu cầu về vật liệu, vận chuyển, bảo quản và sử dụng vật liệu FRP**

### **4.1 Yêu cầu về vật liệu**

Các yêu cầu đối với vật liệu FRP như điều kiện chấp thuận vật liệu, thông tin về vật liệu, thí nghiệm vật liệu trong phạm vi dự án và các yêu cầu khác xem Mục 6.2, TCCS 15:2016/TCĐBVN: Sửa chữa, tăng cường cấu kiện cầu BTCT bằng vật liệu FRP dính bám ngoài - Tiêu chuẩn thiết kế. Ở đây nêu một số quy định quan trọng về yêu cầu đối với vật liệu khi thi công.

#### **4.1.1 Điều kiện chấp thuận vật liệu**

Nhà thầu thi công phải chứng minh được khả năng tuân theo các thủ tục để đảm bảo thi công vật liệu tổng hợp đạt chất lượng theo quy trình kiểm soát chất lượng do nhà sản xuất đề xuất. Thủ tục quản lý chất lượng cần phải bao gồm, nhưng không giới hạn, các quy định về mua bán vật liệu thô, tiêu chuẩn chất lượng về vật liệu tổng hợp thành phẩm, thủ tục kiểm tra và kiểm soát trong quá trình thi công, phương pháp thử, quy định về lấy mẫu vật liệu, tiêu chí về chấp thuận và từ chối đạt chất lượng vật liệu, tiêu chuẩn về lưu trữ hồ sơ vật liệu.

#### **4.1.2 Thông tin về vật liệu**

Nhà thầu cần phải cung cấp các thông tin về sợi, vật liệu keo nền, vật liệu kết dính dự định để làm vật liệu tăng cường đủ để xác định các đặc trưng kỹ thuật của chúng. Các mô tả về vật liệu sợi phải bao gồm loại sợi, tỷ lệ phần trăm sợi trên mỗi hướng, và cách xử lý bề mặt sợi. Khi có yêu cầu của chủ nhiệm đồ án thiết kế, tên của vật liệu nền và vật liệu kết dính cần phải được xác định bằng tên thương mại cùng với tỷ lệ pha trộn của các thành phần.

#### **4.1.3 Thí nghiệm vật liệu**

**4.1.3.1** Nhà thầu cần phải nộp bằng chứng kết quả thí nghiệm chứng tỏ các vật liệu keo và vật liệu FRP có các đặc trưng cơ lý đáp ứng các yêu cầu đề ra bởi Tư vấn thiết kế. Những thí nghiệm này phải tiến hành tại các phòng thí nghiệm hợp chuẩn VILAS hoặc LAS-XD đáp ứng được yêu cầu thí nghiệm xác định đặc trưng cơ lý vật liệu FRP. Đối với mỗi loại kết quả thí nghiệm phải nêu rõ số nhóm mẫu, số mẫu trong mỗi nhóm, giá trị trung bình, giá trị lớn nhất, giá trị nhỏ nhất, hệ số phân tán. Số lượng mẫu thử tối thiểu để xác định mỗi đặc trưng cơ học là 10.

**4.1.3.2** Thí nghiệm đặc trưng cơ học vật liệu keo sau khi đã đóng rắn thực hiện theo quy định của tiêu chuẩn ASTM – D638. Các đặc trưng cần xác định là cường độ chịu kéo, mô đun đàn hồi khi chịu kéo và biến dạng phá hoại kéo. Trong cùng một dự án sửa chữa tăng cường nếu sử dụng nhiều lô vật liệu keo khác nhau thì mỗi lô vật liệu phải thử nghiệm một tổ hợp mẫu.

**4.1.3.3** Thí nghiệm đặc trưng cơ học vật liệu FPR sau khi đã đóng rắn thực hiện theo quy định của tiêu chuẩn ASTM – D3039. Các đặc trưng cần xác định là cường độ chịu kéo, mô đun đàn hồi khi chịu kéo và biến dạng phá hoại kéo. Giá trị tham khảo của các đặc trưng cơ học cần xác định đối với một số vật liệu FRP tiền chế dạng thanh và dạng tấm xem ở Phụ lục A. Trong cùng một dự án sửa chữa tăng cường nếu sử dụng nhiều lô vật liệu keo khác nhau thì phải thử nghiệm một tổ hợp mẫu đối với vật liệu FRP chế tạo từ mỗi lô vật liệu keo.

### **4.2 Nguyên tắc sử dụng vật liệu**

**4.2.1** Chỉ sử dụng vật liệu thành phần chế tạo keo của cùng một nhà sản xuất theo đúng hướng dẫn về tỷ lệ pha trộn, cách thức và điều kiện pha trộn do nhà sản xuất đó quy định.

**4.2.2** Chỉ sử dụng sử dụng keo và sợi khô để chế tạo vật liệu FPR của cùng một nhà sản xuất nếu nhà sản xuất vật liệu đó sản xuất cả vật liệu thành phần chế tạo keo và vật liệu sợi khô. Sử dụng các vật liệu chế tạo vật liệu FRP theo đúng quy định của nhà sản xuất đó.

### 4.3 Vận chuyển

Các vật liệu thành phần FRP cần được đóng gói và vận chuyển theo qui định của luật pháp về đóng gói và vận chuyển hiện hành.

### 4.4 Bảo quản và thời hạn sử dụng

#### 4.4.1 Các điều kiện bảo quản

4.4.1.1 Để duy trì được các đặc tính và đảm bảo được sự an toàn trong kho chứa các vật liệu cấu thành FRP, các vật liệu này phải được bảo quản như quy định của nhà sản xuất.

4.4.1.2 Các chất xúc tác và các chất tạo phản ứng (thường là các hợp chất đi-ô-xít) phải được bảo quản riêng.

4.4.1.3 Tất cả các vật liệu thành phần cần phải được bảo vệ để không bị tác động bởi bụi, độ ẩm, hóa chất, ánh nắng trực tiếp, tác động vật lý, cháy và nhiệt độ nằm ngoài phạm vi cho phép nêu trong Bảng thông tin vật liệu.

4.4.1.4 Bất kỳ vật liệu thành phần nào được bảo quản trong điều kiện khác với quy định nêu trên đều không được sử dụng để chế tạo vật liệu FRP và phải xử lý theo quy trình xử lý chất thải xây dựng theo quy định hiện hành.

#### 4.4.2 Thời hạn sử dụng vật liệu

4.4.2.1 Thời hạn sử dụng các vật liệu thành phần để chế tạo keo, vật liệu sợi thô và vật liệu FRP tiền chế tuân theo quy định trong Bảng 1.

**Bảng 1 Quy định về thời hạn sử dụng các vật liệu**

Vật liệu	Điều kiện bảo quản	Thời hạn sử dụng	Ghi chú
Vật liệu thành phần chế tạo keo	Theo quy định của nhà sản xuất	Theo quy định của nhà sản xuất nhưng không quá 2 năm	Các loại keo thành phần
Vật liệu sợi khô	Theo quy định của nhà sản xuất	Theo quy định của nhà sản xuất nhưng không quá 10 năm	Sợi Carbon, Thủy tinh và Aramid
Vật liệu FRP tiền chế	Theo quy định của nhà sản xuất	Theo quy định của nhà sản xuất nhưng không quá 10 năm	Vật liệu tấm, thanh FRP tiền chế
Các vật liệu phụ khác	Theo quy định của nhà sản xuất	Theo quy định của nhà sản xuất	

CHÚ THÍCH: Các đặc tính của các thành phần keo chưa đóng rắn có thể biến đổi theo thời gian do sự thay đổi nhiệt độ, hoặc độ ẩm. Các điều kiện như vậy có thể ảnh hưởng đến khả năng phản ứng của nhóm vật liệu đã được trộn và các đặc tính của vật liệu chưa đóng rắn và vật liệu đã đóng rắn

4.4.2.2 Các vật liệu quá hạn không được sử dụng và xử lý theo quy định hiện hành về xử lý chất thải xây dựng.

## 5 Thi công sửa chữa tăng cường

Các qui trình thi công hệ thống tăng cường FRP được xây dựng bởi các nhà sản xuất vật liệu FRP là khác nhau đối với các hệ thống vật liệu khác nhau. Các qui trình thi công có thể thay đổi đối với cùng một nhóm vật liệu và phụ thuộc vào loại cấu kiện, điều kiện thi công. Mục này trình bày các chỉ dẫn chung cho công tác thi công các hệ thống tăng cường FRP dính bám ngoài. Các nhà thầu có nhân lực được đào tạo về các qui trình thi công được thiết lập bởi các nhà sản xuất hệ thống vật liệu nào thì chỉ thi công cho hệ thống vật liệu FRP đó. Các thay đổi từ trình tự thi công so với trình tự thi công phát triển bởi các nhà sản xuất hệ thống FRP là không được phép nếu không có sự tư vấn với nhà sản xuất, chấp thuận của tư vấn thiết kế và chủ đầu tư.

### 5.1 Điều kiện về nhiệt độ, độ ẩm không khí và độ ẩm bề mặt khi thi công

5.1.1 Điều kiện về nhiệt độ, độ ẩm không khí tại công trường thi công, điều kiện độ ẩm bề mặt bê tông được quy định trong Bảng 2

**Bảng 2 Quy định về nhiệt độ độ ẩm không khí tại công trường thi công, độ ẩm bề mặt bê tông**

Tham số	Tiêu chuẩn	Phương pháp xác định
Nhiệt độ không khí	10°C - 32°C	Bảng nhiệt kế đo nhiệt độ không khí
Độ ẩm không khí	65% - 82%	Bảng ẩm kế đo độ ẩm không khí
Độ ẩm bề mặt bê tông	≤4,3%	ASTM F2170
GHI CHÚ: Khi độ ẩm bề mặt không đáp ứng được tiêu chuẩn trên thì phải sử dụng loại keo được chế tạo riêng để dán trên các bề mặt cấu kiện có độ ẩm cao như quy định trong Mục 5.1.3		

5.1.2. Các nguồn nhiệt có thể được sử dụng để nâng nhiệt độ không khí và bề mặt bê tông trong quá trình thi công khi nhiệt độ không khí nhỏ hơn 10°C. Nguồn nhiệt cần phải sạch và không làm nhiễm bẩn bề mặt vật liệu FRP chưa đóng rắn hoàn toàn.

5.1.3. Bề mặt bê tông phải khô ráo, không đọng nước. Đối với các trường hợp thi công trên bề mặt cấu kiện không thể làm khô hoàn toàn như cọc, trụ cầu dưới nước thì phải sử dụng các loại keo được chế tạo riêng phục vụ cho mục đích này.

### 5.2 Trang thiết bị

5.2.1 Các thiết bị chuyên dụng phục vụ thi công sửa tăng cường cấu kiện bê tông bằng vật liệu FRP dính bám ngoài như thiết bị tẩm keo, máy trộn keo, thiết bị định vị phải sạch và ở tình trạng hoạt động tốt.

5.2.2 Nhà thầu thi công phải có kỹ thuật viên được đào tạo để sử dụng các trang thiết bị này.

5.2.3 Khi sử dụng các trang thiết bị, kỹ thuật viên phải sử dụng các đồ dùng bảo hộ lao động như găng tay, mặt nạ, kính và yếm bảo hộ phù hợp với thao tác của kỹ thuật viên.

**5.2.4** Tất cả các trang thiết bị và dụng cụ phải sẵn sàng và có đủ số lượng để cho phép thi công liên tục và đảm bảo chất lượng.

### **5.3 Sửa chữa cấu kiện bê tông và chuẩn bị bề mặt**

Ứng xử của cấu kiện BTCT được tăng cường bằng bằng vật liệu FRP dính bám ngoài (sau khi thi công xong) phụ thuộc vào chất lượng của bề mặt bê tông nơi tiếp xúc với vật liệu FRP, vào quá trình chuẩn bị bề mặt. Bề mặt không được chuẩn bị thích hợp có thể dẫn tới mất dính bám giữa cấu kiện BTCT và vật liệu FRP tăng cường trước khi đạt được khả năng chịu lực thiết kế. Mục này hướng dẫn chung công tác sửa chữa cấu kiện BTCT và công tác chuẩn bị bề mặt được áp dụng cho tất cả các hệ thống tăng cường bằng vật liệu FRP dính bám ngoài.

#### **5.3.1 Sửa chữa cấu kiện BTCT**

**5.3.1.1** Cấu kiện BTCT bị hư hỏng xuống cấp do tác động của tải trọng và môi trường cần được sửa chữa, phục hồi trước khi chuẩn bị bề mặt để lắp đặt vật liệu FRP. Các hư hỏng xuống cấp thường gặp đối với cấu kiện cầu bằng BTCT gồm:

- Rỗ bê tông, nứt vỡ bê tông do thi công kém chất lượng;
- Nứt bê tông do cấu kiện thiếu khả năng chịu lực;
- Bong tróc gây hở rỉ cốt thép, nứt bê tông do rỉ cốt thép, đây là kết quả của quá trình xâm thực do tác động của môi trường và do chất lượng lớp bê tông bảo vệ;
- Sứt vỡ bê tông do va chạm.

**5.3.1.2** Công việc sửa chữa cấu kiện BTCT phải đáp ứng được các yêu cầu thiết kế và tiêu chuẩn của dự án.

**5.3.1.3** Tư vấn thiết kế sửa chữa tăng cường của dự án phải thiết kế các giải pháp sửa chữa cấu kiện BTCT, lựa chọn vật liệu sửa chữa và trình tự thi công phù hợp với tình trạng hư hỏng thực tế và điều kiện thi công của công trình. Việc lựa chọn biện pháp và vật liệu sửa chữa kết cấu BTCT tham khảo ACI 546 R và ACI 546.3 R-06.

**5.3.1.4** Trình tự chung để sửa chữa cấu kiện bê tông bị hư hỏng bên ngoài do xâm thực, do chất lượng thi công kém, bị sụt vỡ do va chạm như sau:

- Đục bỏ bê tông tại các vị trí sụt, vỡ, rỗ bê tông do chất lượng kém, nứt do gỉ cốt thép, nứt do va chạm.
- Vệ sinh cốt thép, bổ sung cốt thép, cốt đai, sơn bảo vệ cốt thép nếu cần thiết.
- Quét lớp vật liệu dính bám giữa bê tông cũ và vật liệu trám vá.
- Trám vá, phục hồi phần bê tông bị đục bỏ bằng vữa bê tông không co ngót có cường độ tối thiểu  $f'_c = 28 \text{ MPa}$ .

**5.3.1.5** Đối với các vết nứt bê tông do cấu kiện thiếu khả năng chịu lực trong quá trình khai thác hoặc do lỗi trong quá trình thi công có bề rộng lớn hơn 0,25mm phải được xử lý bằng bơm tiêm keo epoxy. Keo epoxy sử dụng để bơm vào các vết nứt phải là Loại IV (Sử dụng cho kết dính bê tông đã đông cứng, ứng dụng chịu lực), Cấp 1 (Độ nhớt thấp) hoặc Cấp 2 (Độ nhớt vừa), Lớp C (Sử dụng ở nhiệt độ trên 15°C) theo bảng phân loại keo của Tiêu chuẩn ASTM – C881.

Trình tự bơm tiêm keo đối với các vết nứt có bề rộng lớn hơn 0,25m như sau:

- Làm sạch các vết nứt bằng các biện pháp và dụng cụ cần thiết như thổi khí áp lực. Khi làm sạch vết nứt bằng nước hoặc dung môi thì sau đó phải thổi lại bằng khí sạch làm khô vết nứt.
- Bịt kín các bề mặt vết nứt bằng cách trám vữa xi măng hoặc keo epoxy. Có thể xẻ rãnh chữ V dọc theo vết nứt để cho việc trám vết nứt được thực hiện dễ hơn nếu cần thiết. Chờ cho vữa hoặc keo trám đông cứng trước khi thực hiện bước tiếp theo.
- Lắp vú bơm và vị trí thoát khí: khoan lắp vú bơm sử dụng với bơm keo epoxy. Khoảng cách các vú bơm phụ thuộc vào độ mở rộng của vết nứt để đảm bảo khi bơm ở một vú thì keo có thể thẩm thấu vào vết nứt và chảy tới vú bơm lân cận.
- Trộn keo: trộn keo theo hướng dẫn của nhà sản xuất theo khối lượng vừa đủ cho một lần bơm.
- Bơm keo vào vết nứt: tùy theo điều kiện thi công có thể sử dụng bơm thủy lực hoặc bơm kim tiêm thủ công cho một hoặc nhiều vú bơm cùng một lúc. Đối với các vết nứt bê tông theo phương thẳng đứng hoặc xiên thì bơm từ vú bơm thấp nhất, chờ đến khi keo dâng lên và tràn ra ở vú keo tiếp theo thì chuyển sang bơm ở vú bơm tiếp theo. Đối với các vết nứt nằm ngang thì bắt đầu bơm từ một đầu vết nứt theo cách tương tự.
- Gỡ bỏ vú bơm và mài phẳng vết trám: sau khi keo epoxy đã đóng rắn, tháo bỏ các vú bơm và mài phẳng các vết trám.

Lưu ý: bơm tiêm keo epoxy sửa chữa vết nứt đòi hỏi một kỹ năng thao tác thuần thục trong quá trình thực hiện. Ngoài ra kết quả sử dụng các kỹ thuật này còn phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường xung quanh. Các đặc điểm kỹ thuật của phương pháp sửa chữa vết nứt bằng bơm tiêm keo epoxy tham khảo tài liệu ACI 503.7-07.

**5.3.1.6** Đối với các vết nứt bê tông có bề rộng nhỏ hơn 0,25mm cần được xử lý bằng cách quét keo epoxy có độ nhớt thấp trên bề mặt cấu kiện có vết nứt. Keo epoxy sử dụng để quét lên bề mặt cấu kiện bê tông có các vết nứt phải là Kiểu IV (Sử dụng cho kết dính bê tông đã đông cứng, ứng dụng chịu lực), Cấp Độ nhớt 1 (Độ nhớt thấp), Loại C (Sử dụng ở nhiệt độ trên 15°C) theo bảng phân loại keo của Tiêu chuẩn ASTM – C881.

### **5.3.2 Chuẩn bị bề mặt**

Chất lượng bề mặt cấu kiện nơi vật liệu FRP được lắp đặt theo thiết kế đóng vai trò quan trọng đối với hiệu quả tăng cường về mặt cường độ, độ cứng và độ bền lâu dài của của giải pháp sửa chữa tăng cường bằng vật liệu FRP dính bám ngoài. Chuẩn bị bề mặt theo đúng yêu cầu thiết kế và chỉ dẫn thi

công nêu trong hồ sơ thiết kế đảm bảo cung cấp bề mặt tiếp xúc sạch, mịn, phẳng hoặc cong lồi dẫn tới sau khi lắp đặt vật liệu FRP và keo kết dính đã đóng rắn hoàn toàn thì ứng suất trong lớp keo kết dính phân bố đồng nhất theo quy luật truyền lực giữa cấu kiện bê tông và vật liệu tăng cường FRP. Chuẩn bị bề mặt có thể bao gồm các công việc sau:

### Mài tẩy bụi bẩn và tạo phẳng

**5.3.2.1** Tất cả phần bề mặt tiếp xúc giữa cấu kiện BTCT với vật liệu FRP phải được mài bởi máy mài chuyên dụng (máy mài cầm tay) để loại bỏ bụi và lớp vữa do nước xi măng đọng trên bề mặt. Các vị trí lồi bất thường được mài kỹ để tạo mặt phẳng. Độ sâu khi mài phụ thuộc vào cường độ bê tông được quy định trong Bảng 3. Đối với các vị trí không thể mài phẳng theo yêu cầu cần được lấp đầy bằng vữa góc keo epoxy hoặc vữa xi măng polymer với cường độ tối thiểu lớn hơn hoặc bằng cường độ của bê tông hiện hữu.

**Bảng 3. Độ sâu tối thiểu khi mài**

Cường độ bê tông	Độ sâu tối thiểu khi mài	Ghi chú
18 - 25 MPa	2 mm	Chỉ áp dụng cho các vị trí lồi bất thường, không bằng phẳng
>25 MPa	1 mm	

**5.3.2.2** Độ bằng phẳng yêu cầu theo hướng sợi được xác định bằng cách đặt thước phẳng có chiều dài 30cm theo hướng đo, khoảng cách xa nhất từ bề mặt bê tông tại vị trí đặt thước tới mặt phẳng của thước đo không lớn hơn 1,6 mm.

**5.3.2.3** Quá trình mài tạo ra bụi bẩn và tiếng ồn lớn. Khuyến cáo sử dụng thiết bị mài chuyên dụng có hệ thống hút gió để thu bụi. Sử dụng các trang thiết bị bảo hộ cần thiết để đảm bảo an toàn cho công nhân khi mài.

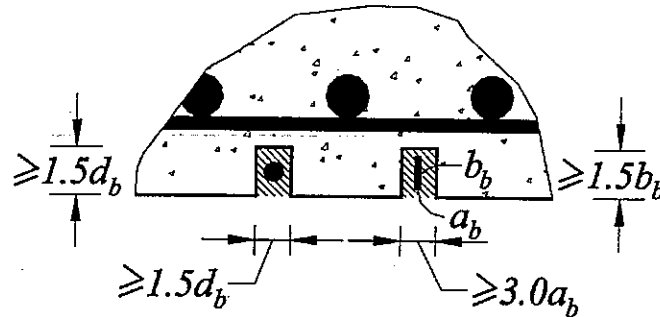
### Bo tròn các cạnh

**5.3.2.4** Các dạng tăng cường khả năng chống cắt, tăng cường cột chịu nén mặt cắt hình chữ nhật bằng công nghệ dán ướt tấm vật liệu FRP tấm keo bão hòa, các tấm vật liệu được dán vắt qua các cạnh của cấu kiện. Trong trường hợp đó các góc tạo bởi các bề mặt của cấu kiện phải được mài vát hoặc bo tròn để tạo ra sự chuyển hướng mềm mại của tấm sợi, giảm sự tập trung ứng suất trong tấm vật liệu FRP sau khi keo đã đóng rắn hoàn toàn. Bán kính tối thiểu của các cạnh được bo tròn là 20mm.

**5.3.2.5** Khi dán vật liệu FRP theo công nghệ thi công dán ướt qua góc của cấu kiện, các góc này cũng phải được bù vật liệu vữa xi măng không co ngót tạo vát hoặc mặt cong chuyển tiếp giữa hai mặt phẳng của cấu kiện. Bán kính cong chuyển tiếp tối thiểu giữa hai mặt cấu kiện là 20 mm.

### Cắt rãnh đặt thanh vật liệu FRP gắn sát bề mặt

5.3.2.6 Vị trí và kích thước rãnh cắt trên bề mặt cấu kiện tuân theo hồ sơ thiết kế. Tiết diện rãnh khoét là hình chữ nhật có kích thước phụ thuộc vào hình dáng và kích thước mặt cắt ngang thanh vật liệu FRP tiền chế như trong Hình 1.



Hình 1 - Kích thước tối thiểu của rãnh khoét đặt thanh NSM.

5.3.2.7 Khi thi công cắt rãnh cần cẩn trọng để tránh nứt vỡ bê tông cục bộ ở thành và đáy rãnh cắt. Rãnh cắt thi công xong phải sạch, không có bê tông bị om và nứt vỡ.

### Vệ sinh bề mặt

5.3.2.8 Vệ sinh bề mặt được tiến hành sau khi đã nghiệm thu công tác mài phẳng, xử lý bo tròn các góc nhọn, xử lý các vết nứt và khoét rãnh (tăng cường bằng thanh vật liệu FRP tiền chế gắn sát bề mặt) bởi Tư vấn giám sát. Công tác làm sạch nhằm loại bỏ bất kỳ bụi, mỡ, dầu, các hợp chất hữu cơ khác.

5.3.2.9 Làm sạch có thể được thực hiện với biện pháp thổi khí áp lực cao, máy hút bụi, phun nước áp lực cao, hoặc các biện pháp tương đương khác, biện pháp hút chân không làm sạch có thể sử dụng trong các điều kiện yêu cầu cao về vệ sinh môi trường. Nếu sử dụng biện pháp phun nước áp lực cao để rửa bề mặt, bề mặt phải được để khô hoàn toàn trước khi thi công vật liệu FRP.

## 5.4 Thi công lắp đặt vật liệu FRP

Thi công lắp đặt vật liệu FRP vào vị trí cần tăng cường theo thiết kế phụ thuộc vào công nghệ tăng cường cấu kiện bằng vật liệu FRP. Có 3 công nghệ tăng cường chính là thi công dán ướt tấm sợi tấm keo bão hòa, công nghệ dán ướt tấm FRP tiền chế và công nghệ gắn thanh vật liệu sắt bề mặt NSM. Mục này quy định các vấn đề cần thiết khi thi công các công nghệ này.

### 5.4.1 Thi công dán ướt tấm sợi tấm keo bão hòa

#### Pha trộn keo

5.4.1.1 Khối lượng keo của một mẻ trộn phải được tính toán phù hợp vào khối lượng keo cần cho thi công, năng suất thi công và thời gian keo đủ điều kiện thi công sau khi trộn gọi là thời gian sống của keo. Thời gian sống của keo phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường có thể tham khảo ở Bảng 4.



**Bảng 4. Thời gian sống của hỗn hợp keo đã trộn (tham khảo)**

Nhiệt độ môi trường	Thời gian sống
25°C	180 phút
29°C - 32°C	90 đến 120 phút
>35°C	Không được trộn
CHÚ THÍCH: Các giá trị này chỉ có giá trị tham khảo, thời gian sống của hỗn hợp keo có thể thay đổi theo hướng dẫn của nhà sản xuất vật liệu	

**5.4.1.2** Pha trộn keo thành phần theo tỷ lệ quy định của nhà sản xuất. Tỷ lệ pha trộn có thể theo thể tích hoặc theo khối lượng.

**5.4.1.3** Trộn keo thành phần và khuấy đều bằng thiết bị khuấy chuyên dụng hoặc bằng tay trong thời gian 5 - 10 phút, đảm bảo hai thành phần được trộn đều vào nhau tạo thành một dung dịch đồng nhất. Khi sử dụng thiết bị trộn quay với vận tốc 400 - 600 vòng/phút, thời gian trộn là 5 phút. Nhiệt độ môi trường khi trộn keo cũng ảnh hưởng tới thời gian trộn, nhiệt độ càng thấp thời gian trộn keo sẽ lâu hơn.

#### **Cắt tấm sợi khô**

**5.4.1.4** Cắt tấm sợi khô bằng kéo, dao cắt. Khi cắt tấm sợi đơn hướng chú ý không cắt đứt sợi chịu lực.

**5.4.1.5** Sợi sau khi cắt phải được bảo vệ chống bụi bẩn, chống nhăn, gãy. Để chống nhăn, gãy có thể cuộn sợi vào các lõi ống nhựa có đường kính từ 80 mm - 150 mm.

#### **Quét keo lên bề mặt cấu kiện**

**5.4.1.6** Một số hệ thống vật liệu FRP yêu cầu một lớp vật liệu bả lên bề mặt cấu kiện sau khi đã được sửa chữa và chuẩn bị bề mặt. Lớp bả có tác dụng bù vào các lỗ rỗng hở và là lớp truyền lực chuyển tiếp giữa kết cấu nền với lớp keo trát khi gắn vật liệu FRP. Keo trát, nếu được sử dụng với vật liệu FRP, phải được trát ngay sau khi lớp ma tít đủ khô không còn dính nữa. Keo trát phải được trát trong vòng 7 ngày sau khi đã thi công lớp vật liệu bả, nếu không thì lớp bả cần được làm nhám bằng giấy ráp hoặc các dụng cụ tương tự. Lớp ma tít và keo trát cần được bảo vệ khỏi bụi, hơi nước và các chất nhiễm bẩn khác trước khi gắn vật liệu FRP.

**5.4.1.7** Đối với một số hệ thống vật liệu FRP khác không đòi hỏi lớp vật liệu bả mà chỉ sử dụng keo epoxy để tẩm tấm sợi khô đồng thời làm keo dính bám tấm vật liệu FRP với cấu kiện bê tông, lớp keo này gọi là lớp keo nền. Keo epoxy sau khi trộn còn thời hạn thi công được quét đều lên bề mặt đã được chuẩn bị nơi mà vật liệu FRP sẽ được dán. Lượng keo nền phụ thuộc vào chất lượng bê tông; bê tông đặc và không có vết nứt cần ít lượng keo nền hơn; bê tông xốp và nhiều vết nứt cần nhiều lượng keo nền hơn. Quét lượng keo nền đủ để keo thấm đảm bảo hòa vào bề mặt bê tông.

## Tẩm keo vào tấm sợi

**5.4.1.8** Thấm đảm bảo hòa tấm sợi khô bằng keo epoxy đã trộn bằng cách lăn con lăn sử dụng để lăn keo (cùng loại với con lăn sơn tường) hoặc sử dụng máy tẩm keo chuyên dụng.

## Dán tấm sợi ướt

**5.4.1.9** Dán lớp vải sợi bão hòa keo vào bề mặt bê tông đã được quét lớp keo nền ở vị trí thiết kế bằng tay. Dùng con lăn ép để đảm bảo không có khoảng trống, bọt khí giữa tấm vật liệu FRP và bề mặt cấu kiện.

**5.4.1.10** Quét keo và dán lớp sợi bão hòa keo tiếp theo một cách liên tục hoặc nối ghép, cho đến khi đảm bảo đủ số lớp theo thiết kế.

**5.4.1.11** Sau khi dán lớp sau cùng, xử lý để các cạnh và đường nối của các mép vải trơn nhẵn, hoặc có thể trang trí để dấu các viền cạnh, tránh để đầu sợi không dính bám và nằm trong keo.

**5.4.1.12** Trong quá trình dán cần có người theo dõi, kiểm tra, bảo dưỡng để xử lý các phòng rộp, bong tách và thậm chí bị rơi tấm vải sợi đến khi nào keo đủ cứng để neo giữ chắc chắn tấm sợi vào bề mặt kết cấu gia cường.

## 5.4.2 Thi công dán ướt tấm vật liệu FRP tiên chế

**5.4.2.1** Thi công dán ướt tấm vật liệu FRP tiên chế tương tự như thi công dán ướt tấm sợi tẩm keo bão hòa một lớp. Trộn keo và quét lớp keo kết dính theo hướng dẫn của nhà sản xuất tấm vật liệu FRP.

**5.4.2.2** Tấm vật liệu tiên chế FRP phải sạch, được cắt theo chiều dài xác định trong thiết kế. Lắp tấm vật liệu FRP vào vị trí khi lớp keo dính chưa hết thời gian kết dính. Không khí bị kẹt giữa vật liệu nền và tấm vật liệu FRP phải được giải phóng, phần keo kết dính thừa cần phải loại bỏ. Không được gây xáo động lên tấm vật liệu FRP khi keo dính chưa đóng rắn hoàn toàn.

**5.4.2.3** Bơm vữa lấp đầy khi thi công vỏ vật liệu FRP tiên chế: Khi thi công hệ thống vỏ vật liệu tiên chế tăng cường kết cấu cột chịu nén, vữa chèn giữa vỏ và kết cấu cột phải được bơm trong vòng 24 giờ sau khi vỏ FRP đã được lắp đặt. Áp lực vữa tuân theo tài liệu thiết kế và khuyến cáo của nhà sản xuất. Vữa cần phải có biến dạng do từ biến nhỏ hơn 0,0005 và cường độ chịu nén lớn hơn 27,6 MPa.

## 5.4.3 Hệ thống thanh FRP gắn sát bề mặt

**5.4.3.1** Pha trộn vữa nhúng theo quy định của nhà sản xuất. Các rãnh xẻ để lắp thanh vật liệu FRP NSM, cần được trát một nửa thể tích bởi vữa nhúng.

**5.4.3.2** Các thanh vật liệu FRP tiên chế mặt cắt hình tròn hoặc hình chữ nhật phải sạch và được cắt theo chiều dài thiết kế. Gắn các thanh vật liệu FRP vào rãnh ở giữa độ sâu của rãnh xẻ đã có lớp kết dính và ấn nhẹ, đều lên thanh để thanh vật liệu FRP chìm hoàn toàn vào trong vữa. Vữa tràn quanh thanh vật liệu FRP và lấp đầy khoảng trống trong rãnh xẻ. Có thể bổ sung thêm vữa vào rãnh để lấp đầy vào tạo mặt phẳng.

#### **5.4.4 Áp dụng trình tự thi công của nhà sản xuất hệ thống vật liệu FRP**

**5.4.4.1** Sự khác nhau chủ yếu trong quy trình thi công giữa các hệ thống vật liệu FRP do nhà sản xuất đề xuất là ở trình tự lắp đặt vật liệu FRP. Các quy định trong các mục 5.1, 5.2, và 5.3 chỉ là các quy định tối thiểu khi lắp đặt các hệ thống vật liệu.

**5.4.4.2** Để đảm bảo chất lượng, các quy định chi tiết hơn, rõ ràng hơn, có yêu cầu cao hơn trong quy trình thi công lắp đặt do nhà sản xuất hệ thống vật liệu FRP đề xuất so với các quy định trong các mục 5.1, 5.2 và 5.3 phải được ưu tiên áp dụng.

#### **5.5 Các vấn đề khác khi thi công**

**5.5.1** Thi công lớp phủ bảo vệ theo chỉ dẫn kỹ thuật thi công trong hồ sơ thiết kế.

**5.5.2** Trong trường hợp vẫn phải đảm bảo giao thông trong quá trình thi công đối với các cấu kiện dầm, bản BTCT, kỹ sư thiết kế cần lựa chọn hệ thống vật liệu FRP cho phép mức độ rung động nhất định trong quá trình đóng rắn của keo. Chỉ có một số hệ thống vật liệu FRP thi công dán ướt tấm sợi tấm keo bão hòa mới cho phép thi công trong điều kiện vẫn có hoạt tải qua cầu.

**5.5.3** Hoạt tải khai thác không được gây ra biến dạng quá lớn làm bong, nứt, phồng rộp của tấm vật liệu FRP khi keo chưa đủ độ đông cứng. Có thể hạn chế biến dạng quá lớn do hoạt tải bằng cách phân làn khai thác giao thông trên cầu (không thi công các dầm dưới làn có xe chạy trực tiếp), hạn chế xe tải trọng lớn, có hệ thống chống đỡ tạm độ cứng tạm thời của kết cấu.

**5.5.4** Rung động do hoạt tải di chuyển trên cầu gây ra không được quá lớn làm rơi và bong tấm vật liệu FRP khi keo chưa đủ độ đông cứng. Có thể giảm tác động do rung động bằng cách hạn chế vận tốc xe, phân làn khai thác trên cầu (không thi công các dầm dưới làn có xe chạy trực tiếp), triệt tiêu các yếu tố gây xung kích. Thời gian hạn chế xe chạy là 8 giờ đến 12 giờ.

**5.5.5** Cần có các biện pháp bảo vệ tạm thời đối với tấm vật liệu FRP chưa đóng rắn trước tác động của nước mưa, ánh sáng trực tiếp của mặt trời, độ ẩm cao như căng lều bạt và tấm che mưa.

**5.5.6** Không tháo dỡ hệ thống chống đỡ tạm khi thi công khi keo chưa đóng rắn hoàn toàn.

### **6 Giám sát và nghiệm thu**

#### **6.1 Quy định chung**

**6.1.1** Nhà thầu thi công phải có kỹ thuật viên làm công tác đảm bảo chất lượng trong quá trình thi công; kỹ thuật viên tham gia dự án phải được đào tạo và có chứng chỉ về thi công sửa chữa tăng cường kết cấu bê tông bằng vật liệu FRP dính bám ngoài cho hệ thống vật liệu FRP và phương pháp thi công tương ứng. Kỹ thuật viên phải thường xuyên theo dõi và ghi chép nhật ký về quá trình thi công gồm công tác sửa chữa kết cấu kiện, chuẩn bị bề mặt, thi công lắp đặt vật liệu FRP để kiểm soát chất lượng trong quá trình thi công. Chứng chỉ cho kỹ thuật viên do nhà sản xuất vật liệu FRP cung cấp hoặc nhà phân phối vật liệu FRP được nhà sản xuất vật liệu FRP ủy quyền.

**6.1.2** Tư vấn giám sát hoặc đại diện chủ đầu tư tham gia giám sát thi công phải có kiến thức và kinh nghiệm về giám sát thi công sửa chữa tăng cường kết cấu BTCT bằng vật liệu FRP dính bám ngoài .

**6.1.3** Tư vấn giám sát hoặc đại diện chủ đầu tư cùng nhà thầu thi công nghiệm thu từng hạng mục công việc theo trình tự thi công trước khi chuyển sang hạng mục công việc tiếp theo, lập biên bản nghiệm thu theo quy định. Khi có các sự cố ảnh hưởng đến chất lượng thi công, nhà thầu phải báo cáo chủ đầu tư và tư vấn thiết kế để có biện pháp xử lý thích hợp; các sự cố phải được giải quyết ngay trong quá trình thi công. Khi nghiệm thu chỉ căn cứ vào các hồ sơ hợp lệ, không còn tranh chấp giữa các bên.

## **6.2 Kiểm tra, giám sát**

Hàng ngày tư vấn giám sát thực hiện việc kiểm tra và giám sát sau tại hiện trường và ghi vào nhật ký giám sát thi công:

- Nhiệt độ bề mặt bê tông và môi trường xung quanh.
- Độ ẩm tương đối trên bề mặt bê tông và độ ẩm môi trường (đặc biệt do trường hợp keo Epoxy yêu cầu độ ẩm).
- Điều kiện thời tiết nói chung.
- Chất lượng công tác chuẩn bị bề mặt.
- Kiểm tra chiều rộng của các vết nứt có tiêm hoặc không tiêm Epoxy trên bề mặt cấu kiện.
- Kiểm tra vật liệu đầu vào chế tạo keo epoxy, vật liệu sợi, vật liệu FRP tiền chế.
- Tỷ lệ pha trộn hỗn hợp keo Epoxy và thời gian pha trộn.
- Kiểm tra công tác quét keo và tẩm keo lên sợi.
- Kiểm tra công tác dán sợi: trình tự, hướng sợi, số lượng lớp sợi.
- Đánh giá chất lượng sau khi dán sợi.

## **6.3 Nội dung và tiêu chuẩn nghiệm thu chất lượng và khối lượng**

**6.3.1** Hướng sợi của vật liệu FRP không được sai lệch lớn hơn  $5^\circ$  so với hướng sợi trong hồ sơ thiết kế.

**6.3.2** Kích thước, mật độ và số lượng bọt khí giữa tấm vật liệu FRP đã đóng rắn bề mặt cấu kiện bê tông được chấp thuận mà không cần biện pháp xử lý thêm quy định trong Bảng 5. Kiểm tra xác định vị trí, kích thước của bọt khí và bong tróc bằng quan sát (màu sắc tấm sợi) kết hợp với sử dụng búa gõ để nghe âm thanh. Trong trường hợp có thể sử dụng các phương pháp như sử dụng sóng siêu âm, tia hồng ngoại để xác định vị trí và kích thước bọt khí, bong tróc.

**Bảng 5. Tiêu chuẩn chấp thuận bọt khí, bong trong không phải sửa chữa**

Tiêu chí về bọt khí	Tiêu chuẩn chấp thuận	Ghi chú
Diện tích mỗi bọt khí, bong tróc	< 1300 mm <sup>2</sup>	
Tỷ lệ diện tích bị bọt khí, bong tróc	< 5%	Trên một tấm sợi
Số lượng bọt khí trên 1 m <sup>2</sup>	< 10	
CHÚ THÍCH: Các tiêu chuẩn trên áp dụng đồng thời. Khi không thỏa mãn đồng thời thì nhà thầu phải có biện pháp xử lý phù hợp nêu trong Mục 7.3 trước khi nghiệm thu và chấp thuận lại.		

**6.3.3** Mức độ đóng rắn tương đối của keo có thể được kiểm tra bằng quan sát tại hiện trường; hoặc bằng thí nghiệm mẫu đối chứng trong phòng thí nghiệm hoặc các mẫu keo được lấy từ hiện trường theo phương pháp thử nghiệm nêu trong ASTM D3418.

**6.3.4** Đối với hệ thống vật liệu FRP thi công dán ướt, nghiệm thu số lớp vật liệu FRP dựa vào hồ sơ nhật ký giám sát thi công. Khi có sự không thống nhất giữa Tư vấn giám sát và Nhà thầu thi công thì Chủ đầu tư có thể yêu cầu bổ sung thí nghiệm khoan lấy mẫu để xác định số lớp sợi và chiều dày đóng rắn của vật liệu FRP. Khoan các mẫu đường kính 13 mm để đo chiều dày tấm vật liệu FRP đã đóng rắn. Không lấy mẫu ở các vị trí có ứng suất lớn, có sự tập trung ứng suất trong vật liệu FRP. Cần vá chông các lỗ khoan bằng cùng loại vật liệu FRP như quy định trong Mục 7.3.4.

**6.3.5** Trong các trường hợp sau, chủ đầu tư phải yêu cầu nhà thầu thực hiện thí nghiệm kéo nhỏ xác định cường độ dính bám của tấm vật liệu FRP đối với bề mặt bê tông trong các ứng dụng dính bám không chế (tăng cường khả năng chịu uốn, chịu cắt, chịu kéo của cấu kiện):

- Các dự án công trình có tầm quan trọng cao như các dự án nâng cấp khả năng chịu tải và kéo dài thời gian sử dụng kết cấu cho các cấu kiện chịu lực chính như dầm chủ, xà mũ cầu. Đồng thời các dự án này phải có khối lượng dán vật liệu FRP lớn hơn 100 m<sup>2</sup> (tính trên bề mặt tiếp xúc của tấm vật liệu FRP sau khi đã đóng rắn với bề mặt bê tông). Số lượng thí nghiệm kéo nhỏ là 1 tổ hợp là 3 mẫu. Số lượng tổ hợp thử nghiệm cho 100 m<sup>2</sup> vật liệu FRP dán là 1 tổ hợp.
- Khi có nghi ngờ về chất lượng vật liệu và chất lượng thi công trong bất kỳ loại dự án, công trình nào. Số lượng thí nghiệm kiểm tra kéo nhỏ trực tiếp cho một vị trí có nghi ngờ về chất lượng là 3. Một tổ hợp 3 thí nghiệm này phải được thực hiện khu vực cấu kiện được thi công trong cùng 1 ca làm việc và sử dụng cùng một lô vật liệu.

Phương pháp thí nghiệm là phương pháp kéo nhỏ trực tiếp (phương pháp kéo đứt) trên bề mặt cấu kiện theo ASTM D7522/ D7522M-15. Cường độ dính bám tối thiểu lớn hơn 1,4 Mpa hoặc dạng phá hoại G – phá hoại của bê tông. Thí nghiệm này chỉ được thực hiện sau khi keo thi công đã đạt thời gian đóng rắn 24 giờ. Không thí nghiệm ở các vị trí có ứng suất lớn, có sự tập trung ứng suất trong vật liệu FRP. Cần vá chông các lỗ khoan bằng cùng loại vật liệu FRP như quy định trong Mục 7.3.4.

**6.3.6** Nghiệm thu khối lượng và cách tính khối lượng có thể gồm các mục sau tùy theo dự án:

- Công tác sửa chữa các khuyết tật, hư hỏng của bê tông, loại bỏ bê tông yếu, vệ sinh cốt thép và bê tông (tính theo m<sup>3</sup>).
- Sửa chữa các vết nứt bê tông (sử dụng bơm keo Epoxy áp lực cao hay áp lực thấp) (tính theo chiều dài và kích thước vết nứt).
- Sơn chống ăn mòn cho cốt thép (theo m<sup>2</sup>).
- Công tác chuẩn bị bề mặt: mài phẳng, bo tròn cạnh, đánh dấu các vị trí dán sợi theo hồ sơ thiết kế, vệ sinh bề mặt (theo m<sup>2</sup>).
- Công tác quét keo lót (theo m<sup>2</sup>).
- Công tác tẩm keo cho vải sợi Carbon/Sợi thủy tinh (theo m<sup>2</sup>).
- Công tác dán sợi (chú ý phần mối nối phải đảm bảo mối nối chồng ít nhất là 152 mm (theo m<sup>2</sup>)).
- Công tác vệ sinh hoàn trả kết cấu (theo m<sup>2</sup>).
- Công tác bảo vệ vật liệu FRP khỏi tia UV (sơn hoặc tráng bằng vật liệu không co ngót) (theo m<sup>2</sup> và m<sup>3</sup>).

#### 6.4 Hồ sơ nghiệm thu

6.4.1 Theo tiến độ và kết quả thi công, tư vấn giám sát phối hợp với nhà thầu lập các biên bản nghiệm thu chất lượng và khối lượng phục vụ cho công tác nghiệm thu.

6.4.2 Công tác nghiệm thu được thực hiện bởi chủ đầu tư, tư vấn giám sát, nhà thầu thi công dựa trên cơ sở các hồ sơ sau:

- a) Hồ sơ thiết kế được duyệt;
- b) Chứng chỉ về nguồn gốc, xuất xứ và chất lượng vật liệu thành phần chế tạo keo, sợi hoặc vật liệu FRP tiền chế. Các vật liệu này phù hợp với hệ thống vật liệu FRP được ghi trong hồ sơ thiết kế;
- c) Nhật ký và biên bản nghiệm thu từng hạng mục;
- d) Các kết quả đánh giá mức độ đóng rắn của keo;
- e) Kết quả thí nghiệm xác định chiều dày vật liệu FRP và số lớp sợi trong vật liệu; kết quả thử nghiệm xác định cường độ dính bám của keo đã đóng rắn bằng thí nghiệm kéo trực tiếp trên cấu kiện nếu có;
- f) Hồ sơ hoàn công thi công sửa chữa có thuyết minh về sai lệch, bổ sung so với hồ sơ thiết kế đã được chấp thuận.

6.4.3 Nghiệm thu sửa chữa tăng cường cấu kiện cầu BTCT bằng vật liệu FRP dính bám ngoài theo các quy định hiện hành.

## **7 Bảo dưỡng và sửa chữa**

### **7.1 Yêu cầu chung**

Khi tiến hành bất kỳ công tác gia cường hoặc sửa chữa khôi phục, chủ đầu tư nên định kỳ kiểm tra và đánh giá hiệu suất làm việc của vật liệu FRP được sử dụng để gia cường hoặc sửa chữa khôi phục các cấu kiện bê tông. Các nguyên nhân của bất kỳ hư hỏng nào hoặc bất kỳ thiếu sót nào được phát hiện trong các quá trình giám sát thường ngày cần được xác định và giải quyết trước khi thực hiện bất kỳ công tác sửa chữa hay bảo dưỡng tiếp theo.

### **7.2 Kiểm tra và đánh giá**

#### **7.2.1 Kiểm tra thông thường**

Công tác kiểm tra bằng mắt thường để phát hiện các thay đổi về màu sắc, bong tróc, bong bật, phồng giộp, nứt, rạn, võng, các dấu hiệu của sự ăn mòn cốt thép gia cường, và các dị tật khác. Ngoài ra, các thí nghiệm bằng sóng siêu âm, đo cường độ truyền âm thanh (bàn rung), hoặc tia hồng ngoại có thể chỉ ra các dấu hiệu của sự bong bật đang phát triển.

#### **7.2.2 Thí nghiệm**

Công tác thí nghiệm có thể bao gồm các thí nghiệm kéo nhỏ trực tiếp hoặc các thí nghiệm thử tải kết cấu thông thường.

#### **7.2.3 Đánh giá**

Các số liệu và quan sát từ thí nghiệm được sử dụng để đánh giá mọi hư hỏng và tính nguyên vẹn kết cấu và của hệ thống vật liệu gia cường. Các đánh giá có thể bao gồm cả kiến nghị để sửa chữa mọi khiếm khuyết và để ngăn ngừa sự xuất hiện trở lại của hiện tượng xuống cấp.

### **7.3 Sửa chữa hệ thống vật liệu tăng cường FRP**

**7.3.1** Phương pháp sửa chữa hệ thống vật liệu gia cường phụ thuộc vào các nguyên nhân hư hỏng, loại vật liệu, hình thức xuống cấp, và mức độ hư hỏng. Việc sửa chữa đối với vật liệu FRP không nên được tiến hành nếu không có công tác nhận dạng ban đầu về nguyên nhân hư hỏng.

**7.3.2** Bọt khí nhỏ xuất hiện gián đoạn bề mặt vật liệu FRP và có đường kính không lớn hơn 6,4 mm và có diện tích nhỏ hơn 5% tổng diện tích bề mặt vật liệu FRP thì không được coi là hư hỏng, khuyết tật, và không cần các biện pháp khắc phục.

**7.3.3** Các hư hỏng nhỏ sửa chữa bằng bơm keo: bọt khí nhỏ xuất hiện gián đoạn bề mặt vật liệu FRP và có đường kính không lớn hơn 6,4 mm xuất hiện liên tiếp với hơn 5 điểm trong một diện tích 1 m<sup>2</sup> hoặc các khuyết tật nhỏ có đường kính từ 6,4 mm và 32 mm phải được sửa chữa bằng cách tiêm keo epoxy áp lực thấp.

**7.3.4** Hư hỏng nhỏ cần được vá là các hư hỏng bao gồm gãy sợi, vỡ sợi, nứt, không thẳng theo phương chịu lực của kết cấu do sai sót trong quá trình thi công hoặc khi có các bọt khí với đường kính 32 mm và 152 mm, và tần suất xuất hiện trên 5 lần trên diện tích 1 m<sup>2</sup>. Xử lý hư hỏng bằng cách cắt bỏ

phần hư hỏng và khu vực xung quanh các hư hỏng một khoảng 25 mm. Sau đó vệ sinh theo đúng quy trình dán vật liệu FRP, vá bằng vật liệu FRP cùng loại và keo dán ít nhất là 25 mm sang vùng lân cận. Các miếng vá FRP nên có các đặc tính, như là chiều dày hoặc hướng sợi, giống như của tấm vật liệu FRP ban đầu.

**7.3.5** Hư hỏng lớn thường bao gồm sự không dính kết giữa các lớp, thiếu kết dính với bề mặt bê tông, hoặc bị ẩm ướt kéo dài gây ra bão hoà keo. Các hư hỏng do không dính bám có đường kính lớn hơn 152 mm. Cách xử lý với hư hỏng lớn như hỏng nhỏ bằng cách cắt bỏ phần hư hỏng và khu vực xung quanh các hư hỏng một khoảng 25 mm. Sau đó vệ sinh theo đúng quy trình dán vật liệu FRP, vá bằng vật liệu FRP cùng loại và keo dài ít nhất là 152 mm sang vùng lân cận.

**7.3.6** Các hư hỏng lớn, bao gồm bong bật hoặc bong tróc các diện tích lớn, có thể được yêu cầu phải loại bỏ diện tích bị ảnh hưởng, xử lý lại bề mặt bê tông và thay thế tấm FRP khác.

#### **7.4 Sửa chữa lớp phủ bảo vệ bề mặt**

**7.4.1** Trong trường hợp lớp phủ bảo vệ bề mặt cần được thay thế, tấm mỏng FRP nên được kiểm tra mức độ hư hỏng hoặc xuống cấp của kết cấu. Lớp phủ bảo vệ bề mặt có thể được thay thế khi áp dụng qui trình được nhà sản xuất vật liệu chấp thuận.

**7.4.2** Khuyết tật, hư hỏng trong lớp phủ bảo vệ có thể được trong ba loại: các vết nứt dăm nhỏ, phòng rộp và bong tróc. Cách sửa chữa: cạo bỏ phần bong tróc, dăm nứt đến bề mặt vật liệu FRP. Sau đó quét một lớp keo lót thích hợp, xoa cát hoặc phun cát tạo nhám, chờ keo khô mới tiến hành trát vữa không co ngót, chiều dày lớp vữa trát thông thường từ 15 mm đến 25 mm.

### **8 An toàn lao động và bảo vệ môi trường**

#### **8.1 An toàn khi sử dụng vật liệu FRP**

##### **8.1.1 Bảng thông tin về an toàn vật liệu**

Các nhà cung cấp vật liệu FRP phải cung cấp Bảng thông tin an toàn của vật liệu cho tất cả các vật liệu thành phần và các chất hợp thành FRP cho Chủ đầu tư, Tư vấn thiết kế, Tư vấn giám sát, Nhà thầu thi công. Các tài liệu phải sẵn có và dễ dàng tiếp cận tại hiện trường thi công.

##### **8.1.2 Nguyên tắc chung khi sử dụng vật liệu nguy hiểm**

Các loại keo đóng rắn phát nhiệt có đặc điểm của một nhóm vật liệu có cùng gốc hoá học bao gồm polyester, vinyl ester, epoxy, và các loại keo polyurethane chưa bão hoà. Các vật liệu được sử dụng cùng với nhóm này thường được mô tả tổng thể giống như các chất làm đông cứng, phụ gia hình thành cường độ nhanh, chất tạo phản ứng đi-ô-xít, chất tạo lớp bọc, bột khoáng và chất tạo độ linh động. Một số rủi ro thông thường có thể gặp phải khi xử lý các loại keo chịu nhiệt được liệt kê dưới đây:

- Kích ứng da, như là bị bỏng, bị nổi mẩn và bị ngứa;



- Gây dị ứng da tương tự như dị ứng phấn hoa, dị ứng chất cách nhiệt hoặc với các chất gây kích ứng khác;
- Hít phải hơi hữu cơ từ các dung môi làm sạch, các đơn phân, và các dung dịch pha keo;
- Với một lượng đủ lớn tích tụ trong không khí có thể gây nổ hoặc gây cháy các vật liệu dễ cháy khi tiếp xúc với nguồn nhiệt, lửa, khí ga, tia lửa, tĩnh điện, thuốc lá hoặc các nguồn gây cháy khác;
- Gây cháy hoặc bỏng do các phản ứng tỏa nhiệt của các hỗn hợp vật liệu; và
- Gây bụi mang độc tính do việc mài hoặc xử lý các vật liệu FRP đã đóng rắn (tài liệu của nhà sản xuất nên cung cấp rõ thông tin về các rủi ro).

Do tính phức tạp của các loại keo đóng rắn phát sinh nhiệt và của các vật liệu đi kèm nên cần phải dán nhãn cho các sản phẩm. Những người sử dụng các sản phẩm này phải đọc và hiểu các thông tin về an toàn khi sử dụng vật liệu.

### **8.1.3 Quần áo bảo hộ và an toàn cá nhân trong quá trình thi công**

**8.1.3.1** Cần sử dụng găng tay nhựa hoặc cao su sử dụng một lần. Găng tay phải có tính chất kháng keo và các dung môi hòa tan, phù hợp với công tác xử lý các loại vật liệu keo và sợi.

**8.1.3.2.** Quần áo bảo hộ lao động phải phù hợp với công tác xử lý keo và sợi. Đủ độ bảo vệ da khỏi bị tiếp-xúc-với-keo và sợi.

**8.1.3.3** Sử dụng kính bảo hộ hoặc mặt nạ an toàn khi xử lý các thành phần keo với các loại dung môi hòa tan.

**8.1.3.3** Sử dụng khẩu trang phòng bụi khi sử dụng bông sợi để chống bụi, sử dụng mặt nạ phòng độc khi pha trộn và phết keo để chống các khí hơi hữu cơ nếu có yêu cầu của nhà sản xuất vật liệu.

### **8.1.4 An toàn tại nơi xử lý vật liệu**

**8.1.4.1** Nơi thi công và chuẩn bị vật liệu phải thông thoáng. Nếu không đủ độ thông thoáng thì phải bố trí các thiết bị để thông gió cưỡng bức.

**8.1.4.2** Kỹ thuật viên phải giám sát keo trong các thùng chứa trong quá trình trộn keo và sau khi trộn (chưa sử dụng) để đề phòng các phản ứng không được kiểm soát gây bốc khói, cháy hoặc sôi.

## **8.2 Quy định về an toàn khi thi công sửa chữa, tăng cường cầu**

**8.2.1** Các quy định khác liên quan đến an toàn lao động trong khi thi công tuân theo quy định trong TCVN 8774:2012 và TCVN 5608:1991.

**8.2.2** Đảm bảo vệ sinh môi trường và xử lý chất thải theo quy định hiện hành.

## Phụ lục A

(Tham khảo)

## Đặc tính cơ học vật liệu FRP

Bảng A.1 – Đặc tính chịu kéo của thanh vật liệu composite FRP với hàm lượng sợi (theo thể tích) từ 50% đến 70%

Hệ thống FRP	Mô đun đàn hồi (GPa)	Cường độ chịu kéo giới hạn (MPa)	Biến dạng kéo giới hạn (%)
Sợi Các bon /Keo	115 đến 165	1240 đến 2760	1,2 đến 1,8
Sợi E-glass/Keo	27 đến 48	480 đến 1580	1,5 đến 3,0
Sợi aramid/Keo	55 đến 76	900 đến 1913	2,0 đến 3,0
Phương pháp thí nghiệm	ASTM – D3039	ASTM – D3039	ASTM – D3039

Bảng A.2 – Đặc tính chịu kéo của tấm vật liệu composite FRP tiền chế theo hướng chịu lực chính với hàm lượng sợi (theo thể tích) từ 40% đến 60%

Loại vật liệu FRP	Mô đun đàn hồi (GPa)	Cường độ chịu kéo giới hạn (MPa)	Biến dạng kéo giới hạn (%)
Các bon cường độ cao/Keo Epoxy	100 đến 140	1020 đến 2080	1,0 đến 1,5
Sợi thủy tinh thường/Keo Epoxy	20 đến 40	520 đến 1400	1,5 đến 3,0
Sợi aramid cường độ cao/Keo Epoxy	48 đến 68	700 đến 1720	2,0 đến 3,0
Phương pháp thí nghiệm	ASTM – D3039	ASTM – D3039	ASTM – D3039

Ghi chú:

- Các đặc tính chịu kéo của vật liệu FRP hướng chịu lực chính phụ thuộc vào hàm lượng sợi. Đối với thanh vật liệu FRP, hàm lượng sợi từ 50% đến 70%; với vật liệu tấm mỏng FRP tiền chế, hàm lượng sợi vào khoảng 40% đến 60%; với tấm vật liệu FRP thi công tấm ướt thủ công tại hiện trường, hàm lượng sợi vào khoảng 25% đến 40%.
- Do hàm lượng sợi ảnh hưởng đến đặc tính chịu kéo của tấm vật liệu FRP nên các tấm mỏng tiền chế thường có đặc tính cơ học cao hơn tấm vật liệu FRP được chế tạo bằng cách tấm ướt keo thủ công tại hiện trường.