PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG - SỬ DỤNG VẬT LIỆU FRP ĐỂ SỬA CHỮA VÀ GIA CỐ CÔNG TRÌNH BÊ TÔNG CỐT THÉP

SUSTAINABLE DEVELOPMENT - USING FRP MATERIALS FOR REPAIRING AND STRENGTHENING OF CONCRETE STRUCTURES

TS. Nguyễn Thúc Bội Huyên

Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm TP.HCM

TÓM TẮT

Sửa chữa gia cố công trình bê tông cốt thép bằng vật liệu FRP là một công nghệ mới được sử dụng trên thế giới từ giữa những năm 1990. Công nghệ này khai thác khả năng chịu lực của vật liệu và phương pháp thi công đơn giản đã nhanh chóng trở thành giải pháp phù hợp so với các giải pháp gia cố khác. Với những ưu điểm vượt trội như thời gian thi công nhanh, không phá vỡ kết cấu hoặc thay đổi hình dạng kiến trúc ban đầu, không cần hệ ván khuôn phức tạp, đặc biệt phù hợp với môi trường khắc nghiệt, cho thấy là công nghệ khả thi và hiệu quả trong điều kiện của Việt Nam.

Từ khóa: Vật liệu FRP, nhựa epoxy, sửa chữa, gia cố, công trình.

ABSTRACT

Repair of reinforced concrete structures with Fiber Reinforced Polymer materials (FRP) is a new technology used in the world since the mid-1990s. This technology exploit high bearing capacity of the material and construction method is quite simple has quickly become a suitable solution when comparing with other reinforcement solutions. With the advantages such as fast execution, not breaking or structural changes original architectural shapes without complicated formwork system, particularly suitable for the harsh environments, this technology is still feasible and effective in the condition of Viet Nam.

Key words: FRP materials, epoxy resin, repair, strengthen, structure.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong lĩnh vực xây dựng, việc sửa chữa gia cố và nâng cấp một số bộ phận, hạng mục hoặc cả công trình (gọi chung là công trình) là một hoạt động thường xuyên. Có nhiều nguyên nhân gây ra như: vật liệu bị xuống cấp hư hỏng do lão hóa; thiếu sót từ các khâu khảo sát thiết kế, thi công, khai thác và bảo trì công trình; công trình phải chịu các tải trọng đặc biệt như động đất, cháy nổ, quá tải…; phát sinh yêu cầu thay đổi công năng, thêm khả năng chịu tải của công trình từ phía người sử dụng.

Cách làm truyền thống là tăng tiết diện cấu kiện, thay đổi sơ đồ kết cấu, ốp bản thép hay gây ứng suất trước. Nhìn chung, các giải pháp gia cố truyền thống thì khá phức tạp từ khâu tính toán thiết kế đến thi công và phải thay đổi hình dáng kiến trúc mà hiệu quả không cao.

Sử dụng công nghệ vật liệu FRP trong sửa chữa gia cố công trình xây dựng có thể xem là giải pháp thay thế và khắc phục nhược điểm cho công nghệ dán bản thép vào vùng chịu kéo của cấu kiện bê tông cốt thép nhằm tăng khả năng chịu uốn (Flaming và King, 1967). Tại Mỹ, vấn đề này được quan tâm từ những năm 1930 nhưng mãi đến 1980 mới đưa vào sử dụng. Ở Đức, công nghệ này được sử dụng sớm hơn từ năm 1978 (Wolf và Miessler, 1989). Châu Âu và Nhật (Fardis và Kalili, 1981) cũng có những báo cáo sử dụng FRP vào gia cố công trình vào năm 1980, và thế giới đã sử dụng rộng rãi công nghệ này từ giữa những năm 1980.

Về lý thuyết tính toán và hướng dẫn sử dụng vật liệu FRP cho công trình bê tông cốt thép đều được các nước Mỹ (ACI, 2002), Canada (CSA, 2000), Nhật (JSCE, 2001) và Châu Âu (FIB, 2001) nghiên cứu và công bố. Tại Việt Nam từ năm 2005, rất ít nghiên cứu về vật liệu FRP cho công trình xây dựng nhưng thực tế áp dụng chưa rộng rãi và cũng chưa có tiêu chuẩn kỹ thuật cho công nghệ này.

Bài viết cho một cái nhìn tổng quan về công nghệ gia cố công trình bằng vật liệu FRP, giới thiệu các đặc trưng vật liệu FRP, nguyên lý căn bản gia cố kết cấu công trình và biện pháp thi công trên cơ sở tiêu chuẩn ACI 440.2R-2008 của Mỹ.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Theo thời gian sử dụng và trong những điều kiện khí hậu môi trường khác nhau, các công trình xây dựng sẽ bị xuống cấp dần nên cần phải sửa chữa gia cố. Đặc biệt đối với những di tích lịch sử hoặc công trình văn hóa mang tính nghệ thuật cao thì cần bảo tồn và trùng tu, tránh thay đổi hình dạng kiến trúc ban đầu hoặc phá vỡ kết cấu công trình.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Để phù hợp với điều kiện kinh tế - xã hội của Việt Nam, chúng tôi sẽ trình bày một giải pháp hiệu quả để sửa chữa gia cố công trình bê tông cốt thép, đó là công nghệ vật liệu FRP. Bao gồm:

- Giới thiệu vật liệu FRP
- Sử dụng vật liệu FRP trong gia cố công trình bê tông cốt thép
- Quy trình thi công sửa chữa gia cố
- Phương pháp kiểm tra chất lượng và nghiệm thu.

3. GIỚI THIỆU VẬT LIỆU FRP

FRP là vật liệu composite nền polymer gia cường bằng các loại sợi như sợi thủy tinh, sợi carbon, sợi aramid, ngoài ra có thể dùng sợi basalt, giấy, gỗ và thạch cao. Vật liệu polymer thường dùng là nhựa epoxy, vinylester, polyester không no và nhựa phenol formaldehyde. Vật liệu FRP sử dụng đa dạng trong các lĩnh vực: sản phẩm công nghiệp, hàng không, giao thông và xây dựng,...

Ưu điểm của các loại sợi gia cường như sợi thuỷ tinh, sợi carbon, sợi aramid là cường độ chịu kéo cao, mô đun đàn hồi lớn, trọng lượng nhẹ, cũng như khả năng chống mài mòn cao, cách điện tốt, chịu nhiệt tốt, bền theo thời gian.

Bảng 1:Đặc trưng cơ lý của một số sợi

Loại sợi	Biến dạng phá hủy(%)	Khối lượng riêng(kg/m^3)	Mô đun đàn hồi(GPa)	Sức chịu kéo(MPa)
GFRP	1,2-3,1	1250-2150	35-51	483-1600
CFRP	0,5-1,7	1500-1600	120-580	600-3690

AFRP	1,9-4,4	1250-1400	41-125	1720-2540

*GFRP, CFRP, AFRP: Vật liệu polymer gia cường bằng các sợi thuỷ tinh, carbon và aramid.

Vật liệu FRP được dùng ở các dạng như tấm lớn, thanh tròn, vải cuộn hoặc thanh dãi băng,... Trong quá trình sửa chữa gia cố công trình thường dùng vật liệu FRP ở hai dạng: dạng mềm như vải cuộn và dạng cứng như thanh dãi băng.

4. SỬA CHỮA GIA CỐ CÔNG TRÌNH BÊ TÔNG CỐT THÉP BẰNG VẬT LIỆU FRP

4.1. Gia cố bên ngoài cấu kiện

Với cường độ chịu kéo và mô đun đàn hồi khá lớn, vật liệu FRP được dùng để tăng khả năng chịu lực của công trình hiện hữu theo yêu cầu sử dụng mà không cần thay đổi hình dạng kích thước. Vật liệu FRP được gia cố ở bên ngoài cấu kiện theo hai cách:

- Dán bằng các thanh dãi băng cứng (Laminate)
- Bọc bằng các tấm vải cuộn mềm (Fabric).

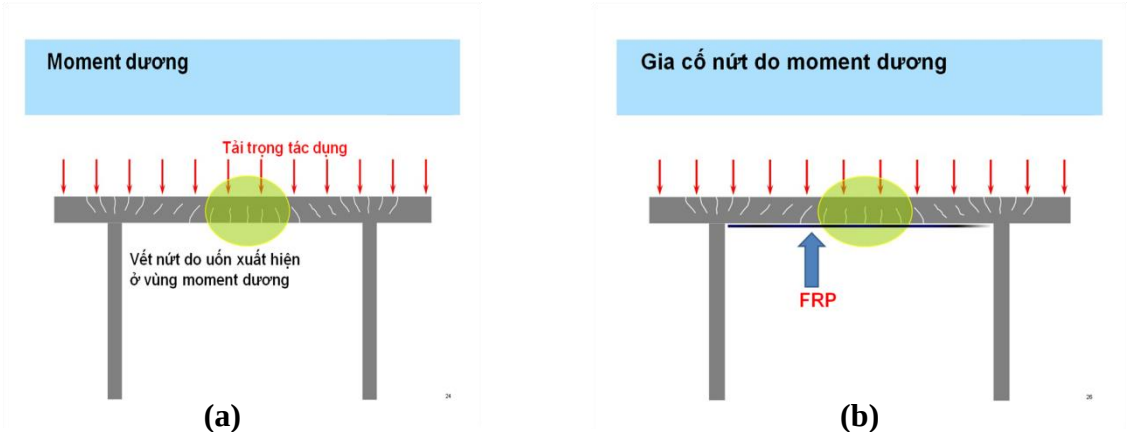
4.2. Gia cố theo sơ đồ kết cấu, sơ đồ tải trọng và hình dạng vết nứt

4.2.1. Gia cố kết cấu chịu uốn

♣ **Moment dương**

Các kết cấu dầm hoặc dầm khung khi chịu tải trọng sẽ xuất hiện vết nứt ở vùng moment dương ($M = ql^2/24$) tại vị trí ở giữa dầm, vì vậy sẽ dùng vật liệu FRP để gia cố. Khi thi công, vật liệu FRP sẽ đặt tại vị trí moment dương (Hình 1a và 1b).

Tương tự có thể dùng vật liệu FRP để gia cố cho các cấu kiện chịu uốn như dầm, sàn, tường,… và cho cả kết cấu bê tông cốt thép chịu ứng suất trước. Kết quả thực nghiệm theo tài liệu nước ngoài cho thấy khả năng chịu uốn có thể tăng đến 40%.



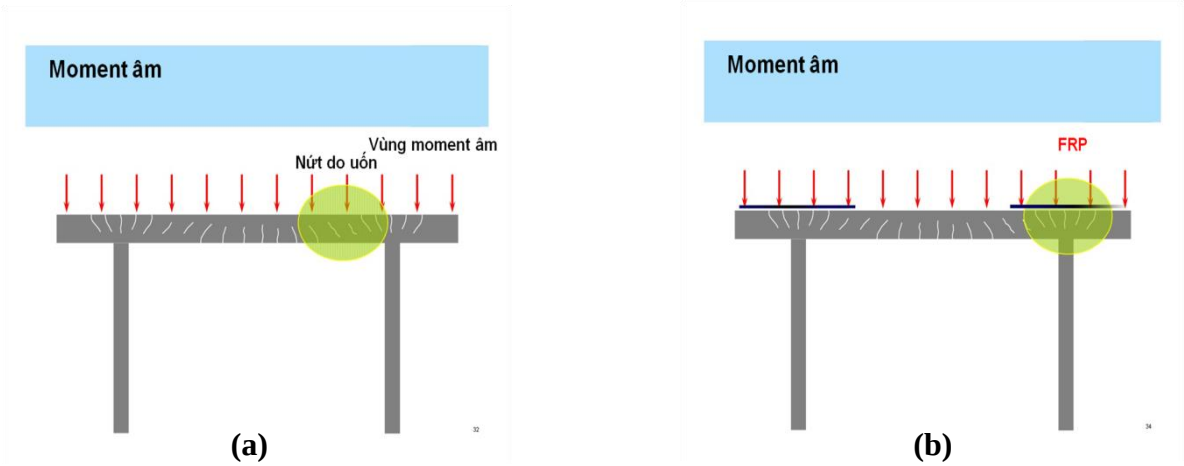
Hình 1: Sơ đồ tải trọng có moment dương trước và sau khi gia cố bằng vật liệu FRP.

(a): Vết nứt xuất hiện ở vùng moment dương.

(b): Gia cố kết cấu bằng vật liệu FRP.

♣ **Moment âm**

Kết cấu chịu uốn thường bị nứt ở vùng gối do chịu moment âm ($M = ql^2/12$)vì vậy có thể gia cố kết cấu bằng vật liệu FRP (Hình 2a và 2b). Kết quả thực nghiệm của các tài liệu nước ngoài cho thấy sau khi gia cố, khả năng chịu uốn của kết cấu tăng đáng kể như trường hợp gia cố moment dương.



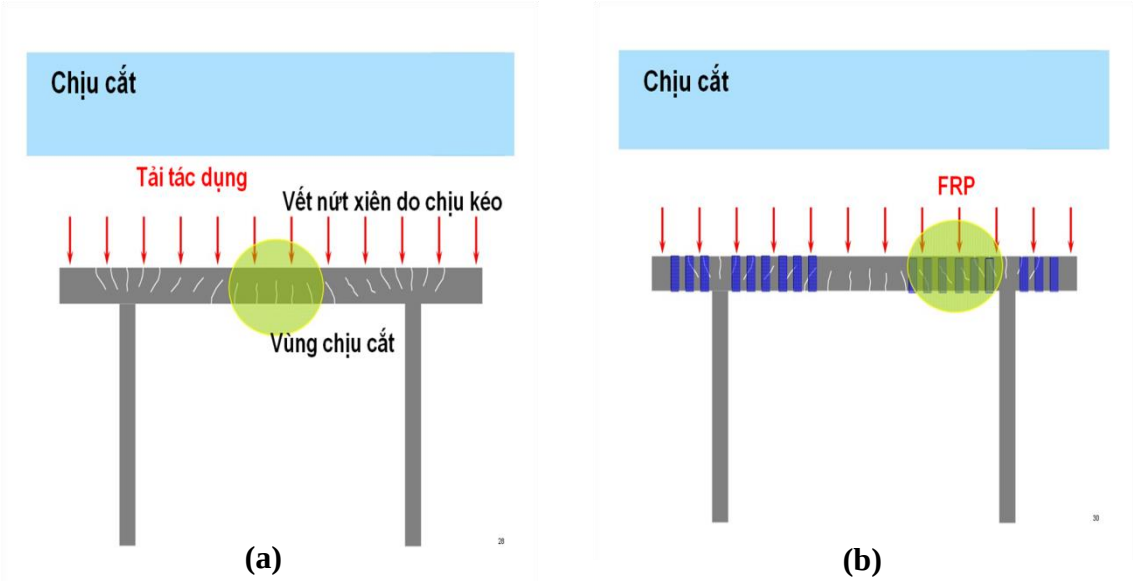
Hình 2:Sơ đồ tải trọng có moment âm trước và sau khi gia cố bằng vật liệu FRP.

(a): Vết nứt xuất hiện ở vùng moment âm.

(b): Gia cố vết nứt ở vùng moment âm.

4.2.2. Gia cố kết cấu chịu lực cắt

Đối với các kết cấu có những vùng chịu lực cắt, sẽ xuất hiện những vết nứt xiên do tác dụng kéo (Hình 3a).Việc gia cố được thực hiện bằng cách đặt từng thanh FRP theo hướng thẳng đứng hay xiên. Các thanh này sẽ được đặt liên tục cách khoảng đều nhau (Hình 3b). Việc gia cố trên được thực hiện cho các loại kết cấu như: dầm, vách cứng, lõi cứng.



Hình 3:Sơ đồ tải trọng của kết cấu chịu cắt trước và sau khi gia cố bằng vật liệu FRP.

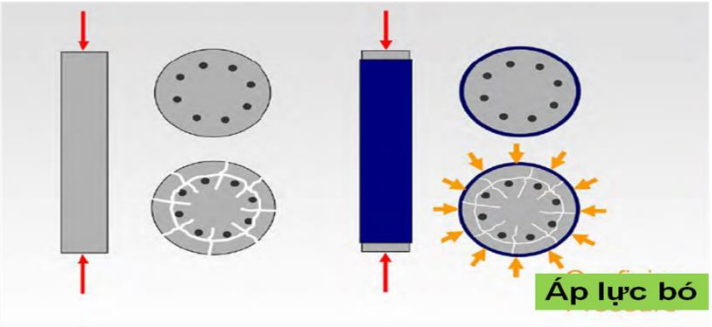
(a): Vết nứt xiên do chịu kéo.

(b): Lắp đặt các thanh FRP.

4.2.3. Gia cố kết cấu chịu nén

Đối với các kết cấu chịu nén như các dạng cột, vách thì khi kết cấu nứt cần phải gia cố bằng cách bó cột. Kết quả nghiên cứu trên thế giới đều cho thấy là sau khi sửa chữa gia cố thì khả năng chịu nén tăng thêm 20%. Giá trị nhỏ hơn so với kết cấu chịu uốn nhưng lại giảm biến dạng khá lớn khi cột chịu tải trọng tới hạn. Kết quả là độ bềncó thể tăng khoảng từ 3 đến 4 lần.

Ngoài ra, đối với kết cấu có dạng cột lớn thì khi gia cố cần phủ nhiều vòng nhằm giúp kết cấu giảm biến dạng hông.



Hình 4: Sơ đồ tải trọng của kết cấu chịu nén trước và sau khi gia cố bằng vật liệu FRP.

5. QUY TRÌNH THI CÔNG SỬA CHỮA GIA CỐ CÔNG TRÌNH BẰNG VẬT LIỆU FRP

Quy trình gia cố các công trình bê tông cần thực hiện các bước sau đây:

- Công tác chuẩn bị bề mặt bê tông

- Công tác chuẩn bị vật liệu
- Thi công gia cố bằng vật liệu FRP theo phương pháp khô và ướt.

5.1. Công tác chuẩn bị bề mặt bê tông

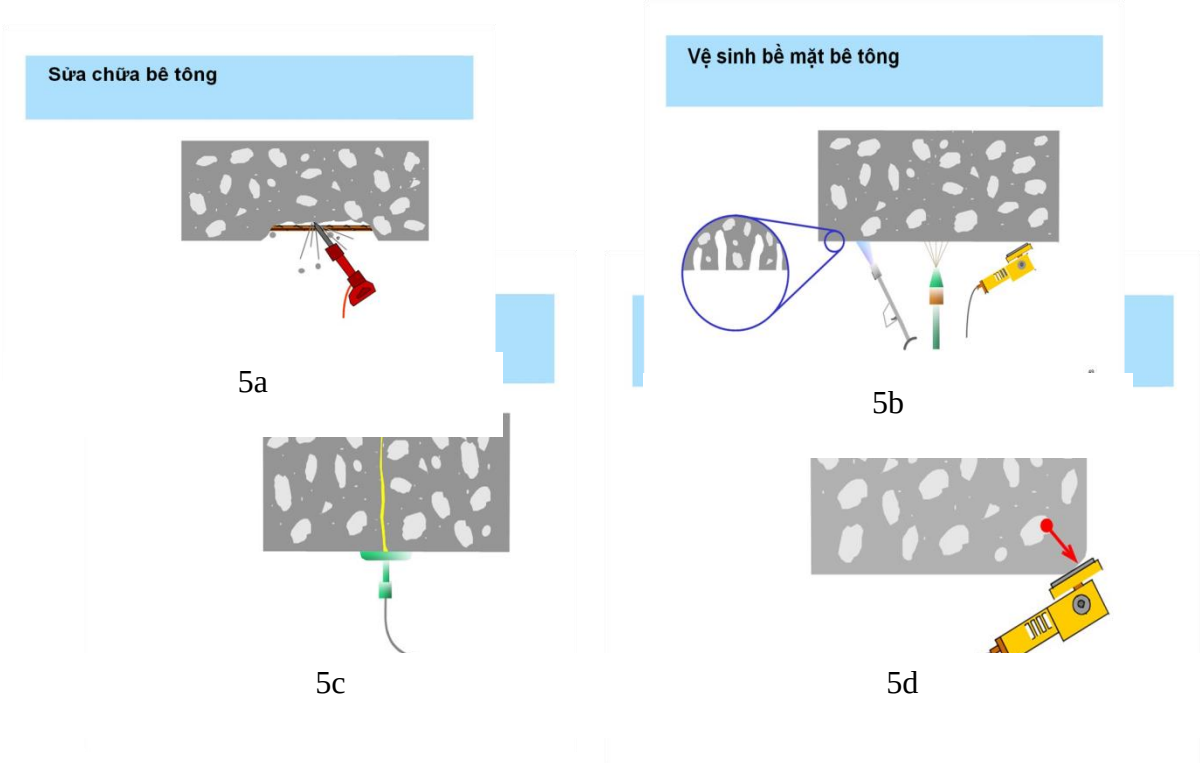
Bao gồm các công việc sau đây:

a) Sửa chữa bê tông: cần phá bỏ các phần bê tông bị hư hỏng hoặc bị ăn mòn.

b) Vệ sinh bề mặt bê tông: phải thật sạch, phẳng và không còn bụi. Cần dùng khí nén hoặc xịt nước.

c) Xử lý các vết nứt (nếu có): bơm epoxy khi bề rộng vết nứt lớn hơn 0,25mm.

d) Mài các góc của cấu kiện (nếu có)



Hình 5: Công tác chuẩn bị bề mặt bê tông.

(a): Sửa chữa bê tông (b): Vệ sinh bề mặt bê tông

(c): Xử lý vết nứt (d): Làm tròn góc.

5.2. Công tác chuẩn bị vật liệu

a) Đo và cắt vật liệu FRP: phải cẩn thận và chính xác kích thước.

b) Chuẩn bị keo epoxy: phải trộn đúng tỷ lệ pha trộn và dùng thiết bị khuấy trộn phù hợp. Cần kiểm tra nhiệt độ, thời gian và mức độ nhiễm bẩn cho phép theo hướng dẫn sử dụng của nhà sản xuất.

5.3. Quy trình thi công gia cố bằng vật liệu FRP theo phương pháp khô (Dry lay-up)

Bao gồm các bước sau:

a) Quét lớp sơn lót: lên bề mặt bê tông cần gia cố, có thể sử dụng cọ lăn.

b) Trét mat tic bằng bay.

c) Quét keo epoxy lớp thứ nhất bằng cọ lăn, thường dày từ 15mm đến 20mm.

d) Lắp tấm FRP lên keo epoxy còn ướt, ấn nhẹ nhàng vào lớp keo dán. Trước khi lột giấy mặt sau, dùng cọ lăn bằng cao su lăn theo chiều dọc thớ vải.

e) Quét lớp keo epoxy thứ hai sau khi lắp tấm FRP được 30 phút.

5.4. Quy trình thi công gia cố bằng vật liệu FRP theo phương pháp ướt (Wet lay-up)

Trình tự thi công cũng giống như phương pháp khô, chỉ khác là công đoạn thoa keo. Trong phương pháp ướt, tấm FRP khô được tẩm keo đến khi bão hòa và đem dán vào mặt bê tông đã xử lý. Ưu điểm của phương pháp ướt là có thể dán những bề mặt kết cấu có tiết diện lớn, lực bám dính giữa lớp FRP và bê tông hoặc giữa các lớp FRP tốt hơn. Vì vậy sẽ tốn keo hơn và thời gian thi công chờ keo khô sẽ lâu hơn.

6. KIỂM TRA CHẤT LƯỢNG VÀ NGHIỆM THU

6.1. Kiểm tra

Trong quá trình thi công sửa chữa gia cố, cần kiểm tra trực quan về:

- Vị trí kích thước các vị trí cần sửa chữa gia cố,

- Chất lượng các mối nối,

- Chất lượng bám dính, chất lượng công tác sơn,

- Chất lượng keo epoxy: bề mặt phải phẳng, đồng nhất màu sắc, chất liệu, không lồi lõm, không hở keo.

6.2. Nghiệm thu

Công tác nghiệm thu cần phải làm 2 thí nghiệm: thí nghiệm kéo nhổ và thí nghiệm tách lớp.

6.2.1. Thí nghiệm kéo nhổ (Pull test)

Cần đảm bảo áp lực nhỏ nhất, khoảng 14kg/cm^2 và tránh xảy ra hiện tượng phá hủy (bóc tách) lớp bê tông trong quá trình thực hiện thí nghiệm.

6.2.2. Thí nghiệm tách lớp (Tap test)

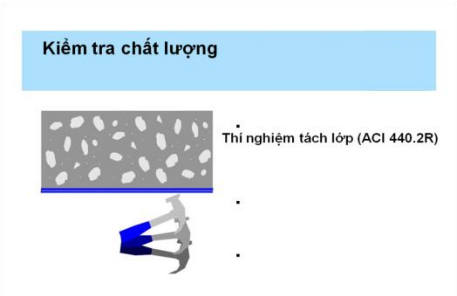
Cần đảm bảo những yêu cầu sau đây:

- Diện tích tách lớp không được lớn hơn 12,5cm^2

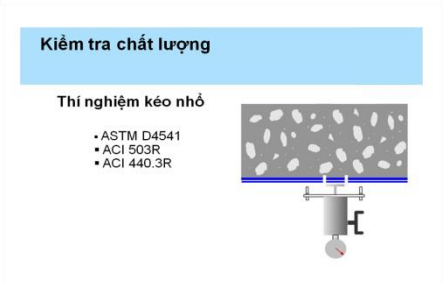
- Đồng thời không được quá 10 vị trí bị tách lớp trên diện tích 1m^2 thí nghiệm

- Tổng diện tích bị tách lớp không quá 5% diện tích thí nghiệm.

Trường hợp: Tổng diện tích bị tách lớp nhỏ hơn 160cm^2, thì tùy theo trường hợp cụ thể về kích thước, số lượng và vị trí thì có thể gia cố bằng cách bơm keo hay dán lại.



6a



6b

Hình 6: Thí nghiệm kiểm tra chất lượng.

(a): Thí nghiệm kéo nhổ.

(b): Thí nghiệm tách lớp.

7. KẾT LUẬN

Hiện nay tại Việt Nam, còn rất ít nghiên cứu về mặt lý luận và chưa có tiêu chuẩn kỹ thuật về gia cố bằng vật liệu FRP để áp dụng vào thực tế, vì vậy trong quá trình đô thị hóa hầu hết các công trình cũ khi sửa chữa bảo trì nâng cấp mở rộng thường chọn giải pháp đập bỏ và xây dựng lại mới hoàn toàn. Việc này vừa không hiệu quả gây lãng phí vừa tốn thời gian, lại không bảo tồn được kiến trúc di tích lịch sử của một số công trình văn hóa.

Từ các kết quả nghiên cứu nước ngoài và một số ít công trình nghiên cứu trong nước, cho thấy ưu điểm gia tăngcường độ khá cao của kết cấu công trình khi được gia cố bằng vật liệu FRP.Hơn nữa,việc gia công chế tạo vật liệu FRP cũng như quy trình thi công khá đơn giản dẫn đến rút ngắn thời gian thi công,giảm thiểu chi phí duy tu bảo trì mà vẫn bảo tồn nguyên dạng kiến trúc xây dựng ban đầu… Vì vậy nếu được quan tâm nghiên cứu sâu thêm mang tính hệ thống các vấn đề về vật liệu, về kết cấu công trình, về tiêu chuẩn kỹ thuật sử dụng vật liệu FRP trong điều kiện đặc thù Việt Nam…, về lâu dài việc sử dụng vật liệu FRP chắc chắn sẽ là công nghệ gia cố hiệu quả và bền vững đối với ngành xây dựng Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Thúc Bội Huyên, Quy trình công nghệ gia cố công trình xây dựng bằng vật liệu composite. Kỷ yếu Hội thảo Khoa học "Hoá học và Vật liệu – Phát triển bền vững", 12.2014.

[2]. ACI 440.2R-2008, Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures, American Concrete Institue, First Printing by Farmington Hill, Michigan, USA, 2008.

[3]. ACI 440.2R-2008, Design of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures, American Concrete Institue, ACI Document 440.2R-08, USA, 2008.

[4]. Saratt Witt, The design of fiber reinforced composite material for strengthening of existing structures, Professional Development Advertising Section, Fyfe Company LLC, USA, 2012.

[5]. Brian J. Stratman, Strengthening Concrete Structures with FRP Systems, SC Engineering Conference and Trade Show, BASF Coporation, USA, 2012.

[6]. Jerome S. O'Connor, FRP Composites for Bridge Applications, Transportation Research, University of Buffalo, USA, 2009.