

TIÊU CHUẨN ACI 440.2R-02

Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures

Chỉ dẫn thiết kế và thi công hệ FRP kết dính ngoài đối với việc tăng cường kết cấu bê tông

THI CÔNG LẮP

[BẢN DỊCH]

CÁC TỪ VIẾT TẮT

FRP	Fibre Reinforced Polymer <i>Polyme (hợp chất cao phân tử) cốt sợi</i>
ACI	American Concrete Institute <i>Viện nghiên cứu bê tông Mỹ</i>
ISRI	International Concrete Repair Institute <i>Viện nghiên cứu sửa chữa bê tông quốc tế</i>

THUẬT NGỮ

Nền bê tông/Concrete substrate: Bê tông hiện tại hoặc bất kỳ vật liệu sửa chữa bằng xi măng được sử dụng để sửa hoặc thay thế bê tông hiện tại. Nền có thể bao gồm toàn bê tông hiện tại, toàn vật liệu hiện tại hoặc kết hợp giữa bê tông hiện tại và vật liệu sửa chữa. Nền là bề mặt để hệ FRP lắp vào.

Chất khởi động/Initiator: Nguồn nguyên tố tự do thuộc nhóm nguyên tử có tối thiểu một điện tử đơn lẻ, sử dụng để khởi động quá trình lưu hóa đối với keo poly-ester và vinyl-ester. Nước ô xy già là nguồn phổ biến nhất về nguyên tố tự do.

Áp dụng kết dính tới hạn/Bond-critical applications: Việc áp dụng hệ FRP để tăng cường kết cấu dựa vào sự kết dính với nền bê tông; việc tăng cường khả năng uốn và cắt của dầm là các ví dụ về áp dụng kết dính tới hạn.

Áp dụng tiếp xúc tới hạn/Contact-critical applications: Việc áp dụng hệ FRP dựa trên sự tiếp xúc gần gũi liên tục giữa nền bê tông và hệ FRP. Nhìn chung, áp dụng tiếp xúc tới hạn bao gồm hệ FRP bọc quanh hoàn toàn chu vi của mặt cắt. Trường hợp áp dụng tiếp xúc tới hạn nhất, hệ FRP bị kết dính với bê tông để dễ dàng lắp nhưng không dựa trên sự làm việc kết dính như chủ định. Sự bao bọc kín bê tông để hỗ trợ kháng động đất là một ví dụ về áp dụng tiếp xúc tới hạn.

Lưu hóa hệ FRP/Cure of FRP systems: Quá trình gây ra sự thay đổi không thuận nghịch đặc tính của keo phản ứng nhiệt do các phản ứng hóa học. Lưu hóa điển hình được thực hiện bằng việc bổ sung tác nhân hoặc chất khởi động lưu hóa, có hoặc không kèm theo gia nhiệt và áp lực. Lưu hóa hoàn toàn là điểm mà tại đó keo đạt tới đặc tính chỉ định. Sự lưu hóa không đủ mức là tình trạng đặc tính chỉ định không đạt được.

Sự bong tách/Delamination: Sự chia cắt dọc mặt phẳng song song bề mặt, cũng như sự chia cắt các lớp của tấm FRP với nhau.

Nhiệt độ chuyển đổi thủy tinh (T_g)/Glass transition temperature: Trung điểm của giới hạn nhiệt qua biến đổi vật liệu hai pha (ví như thủy tinh hoặc polyme cao cấp) từ (hoặc tới) trạng thái giòn, thủy tinh tới (hoặc từ) trạng thái dẻo.

Thấm đẫm/Impregnate: Trong polyme cốt sợi, trạng thái bão hòa sợi với keo.

Tấm ép/Laminate: Một hoặc nhiều lớp sợi bao bọc nhau trong cùng một khuôn keo lưu hóa.

Trải ướt/Wet layup: Phương pháp làm ra sản phẩm tấm ép bằng cách áp dụng hệ keo như chất lỏng khi đặt vải hoặc thảm vào.

Mảnh/Ply: Một lớp đơn vải hoặc thảm; miếng đa mảnh, khi đúc lẫn, tạo nên một tấm ép.

Thời gian chờ/Pot life: Khoảng thời gian sau khi chuẩn bị trong lúc hỗn hợp lỏng hoặc dẻo được sử dụng.

Miếng tấm/Prepreg: Vật liệu sợi hoặc tấm sợi chứa keo mà đã được tiến triển tới độ đặc quánh. Các mảnh của miếng tấm được lưu hóa điển hình cùng với nguồn nóng và áp lực; cũng như là sợi hoặc tấm tiền bão hòa.

Cuộn/Tow: Một bó lỏng các dây sợi liên tục.

TIÊU CHUẨN VÀ TÀI LIỆU VIỆN DẪN

- ACI 224.1R Causes, Evaluation, and Repair of Cracks in Concrete Structures
Nguyên nhân, đánh giá và sửa chữa nứt trong kết cấu bê tông
- ACI 224R Control of Cracking in Concrete Structures
Kiểm soát nứt trong kết cấu bê tông
- ACI 503.4 Standard Specification for Repairing Concrete with Epoxy Mortars
Tiêu chuẩn kỹ thuật về sửa chữa bê tông với vữa epoxy
- ACI 546R Concrete Repair Guide
Hướng dẫn sửa chữa bê tông
- ICRI 03730 Guide for Surface Preparation for the Repair of Deteriorated Concrete Resulting from Reinforcing Steel Corrosion
Hướng dẫn chuẩn bị bề mặt cho việc sửa chữa bê tông xuống cấp do gỉ cốt thép

CHƯƠNG 5. THI CÔNG LẮP

Quy trình lắp các hệ FRP đã được phát triển bởi các nhà sản xuất và thường khác nhau giữa các hệ. Thêm nữa, quy trình lắp có thể biến đổi ngay trong một hệ, tùy thuộc vào loại và tình trạng kết cấu. Chương này trình bày hướng dẫn chung đối với việc lắp các hệ FRP. Các nhà thầu đã được đào tạo phù hợp với quy trình lắp được nhà sản xuất cung cấp mới được lắp hệ FRP. Các sai lệch với quy trình của nhà sản xuất là không được phép khi không có sự tham vấn với nhà sản xuất.

5.1 Năng lực nhà thầu

Nhà thầu lắp hệ FRP cần chứng minh năng lực chuẩn bị bề mặt và áp dính hệ FRP. Năng lực của nhà thầu có thể được chứng minh bằng việc cung cấp bằng chứng về đào tạo và tài liệu về công trình liên quan đã được nhà thầu hoàn thành trước đây hoặc việc chuẩn bị bề mặt và lắp thực tế hệ FRP trên từng phần kết cấu. Nhà sản xuất hệ FRP hoặc cơ quan được ủy quyền của họ cần đào tạo nhân lực của nhà thầu theo quy trình lắp hệ FRP của họ và đảm bảo những người này đủ thành thạo để lắp hệ FRP.

5.2 Nhiệt độ, độ ẩm và xem xét hơi ẩm

Nhiệt độ, độ ẩm tương đối và hơi ẩm bề mặt tại thời điểm lắp có thể ảnh hưởng đến sự làm việc của hệ FRP. Tình trạng được quan sát trước và trong khi thi công lắp bao gồm nhiệt độ bề mặt bê tông, nhiệt độ không khí, độ ẩm tương đối và điểm sương ướt tương ứng.

Chất lót, keo bão hòa và chất dính thường không được áp dụng lên bề mặt lạnh hoặc đóng băng. Khi nhiệt độ bề mặt bê tông hạ xuống dưới mức tối thiểu theo chỉ dẫn của nhà sản xuất hệ FRP, có thể xảy ra tình trạng bão hòa sợi không ổn và sự lưu hóa không tốt các vật liệu cấu thành keo, làm tổn hại sự toàn vẹn của hệ FRP. Một nguồn nóng bổ sung có thể được dùng để nâng nhiệt độ xung quanh và nhiệt độ bề mặt trong khi lắp. Nguồn nóng cần sạch và không làm bắn hoặc hư hại bề mặt hoặc hệ FRP chưa được lưu hóa.

Keo và chất dính thường không được áp dụng lên bề mặt ẩm hoặc ướt trừ khi chúng đã được chế tạo riêng để áp dụng cho loại bề mặt này. Hệ FRP không được áp dán vào bề mặt bê tông, nơi có di chuyển hơi ẩm. Sự di chuyển hơi ẩm từ bề mặt bê tông qua các vật liệu keo chưa lưu hóa xuất hiện điển hình dưới dạng bọt bề mặt và có thể làm tổn hại đến sự kết dính giữa hệ FRP và kết cấu nền.

5.3 Trang thiết bị

Mỗi hệ FRP có trang thiết bị duy nhất được thiết kế riêng biệt để áp dụng vật liệu hệ đó. Trang thiết bị này có thể bao gồm các dụng cụ lăn keo, phun, thiết bị nâng/định vị và máy cuốn. Tất cả các trang thiết bị cần phải sạch sẽ và trong tình trạng vận hành, sử dụng tốt. Nhà thầu cần có người được đào tạo về vận hành, sử dụng tất cả các trang thiết bị. Trang bị bảo hộ cá nhân như găng tay, khẩu trang, kính mắt và quần áo bảo hộ cần được lựa chọn và mặc phù hợp với mỗi công việc của người lao động. Tất cả vật tư và trang thiết bị cần phải có đủ số lượng để cho phép thi công dự án liên tục và đảm bảo chất lượng.

5.4 Sửa chữa nền và chuẩn bị bề mặt

Sự làm việc của cấu kiện bê tông đã được tăng cường hoặc gia cố thêm với hệ FRP tùy thuộc lớn vào nền bê tông vững chãi cũng như sự chuẩn bị và gia công bề mặt bê tông đúng cách. Bề mặt được chuẩn bị không đúng cách có thể dẫn đến sự mất kết dính hoặc bong tách hệ FRP trước khi đạt được sự truyền lực thiết kế. Hướng dẫn chung được trình bày trong chương này cần được áp dụng cho tất cả các hệ FRP kết dính ngoài. Cần có hướng dẫn từ nhà sản xuất đối với một hệ FRP cụ thể. Việc chuẩn bị nền có thể phát sinh ồn, bụi rác và tình trạng chia rẽ các cư dân tòa nhà.

5.4.1 Sửa chữa nền

Tất cả các vấn đề liên đới với tình trạng của bê tông nguyên thủy và nền bê tông mà có thể làm tổn hại đến sự toàn vẹn của hệ FRP cần được chỉ ra trước khi việc chuẩn bị bề mặt bắt đầu. Các tiêu chuẩn ACI 546R và ICRI 03730 trình bày tỷ mỉ về việc sửa chữa và chuẩn bị bề mặt bê tông. Tất cả việc sửa chữa bê tông cần đáp ứng yêu cầu của bản vẽ thiết kế và chỉ dẫn kỹ thuật của dự án. Nhà

sản xuất hệ FRP cần được tham vấn về khả năng tương thích của các vật liệu sử dụng để sửa chữa nền với hệ FRP.

5.4.1.1 Xuống cấp liên quan đến ăn mòn:

Hệ FRP kết dính ngoài không nên áp dính vào nền bê tông bị nghi có chứa cốt thép bị gỉ. Lực trương nở liên quan đến quá trình ăn mòn là khó xác định và có thể làm tổn hại độ toàn vẹn kết cấu của hệ FRP áp dính ngoài. Nguyên nhân ăn mòn cần được chỉ rõ và sự xuống cấp liên quan đến ăn mòn cần được sửa chữa trước khi áp dán bất cứ hệ FRP kết dính ngoài nào.

5.4.1.2 Tiêm nứt:

Một số nhà sản xuất FRP đã báo cáo rằng sự cử động của vết nứt 0.010 inch (0.3mm) trở lên có thể ảnh hưởng đến sự làm việc của hệ FRP kết dính ngoài qua sự bong tách hoặc phá hỏng sợi. Do đó, các vết nứt rộng hơn 0.010 inch (0.3mm) cần được tiêm áp lực bằng epoxy theo tiêu chuẩn ACI 224.1R. Các vết nứt nhỏ hơn lộ ra ở môi trường khắc nghiệt có thể đòi hỏi tiêm hoặc trám keo để ngăn ngừa ăn mòn cốt thép hiện tại. Tiêu chuẩn bề rộng nứt với các điều kiện lộ diện khác nhau được cho trong ACI 224R.

5.4.2 Chuẩn bị bề mặt

Yêu cầu chuẩn bị bề mặt cần dựa trên việc áp dụng hệ FRP đã dự kiến. Việc áp dụng có thể được phân loại thành “kết dính tới hạn” hoặc “tiếp xúc tới hạn”. Áp dụng loại kết dính tới hạn thí dụ như tăng cường khả năng uốn hoặc cắt của dầm, bản, cột, tường, đòi hỏi liên kết dính giữa hệ FRP và bê tông. Áp dụng loại tiếp xúc tới hạn thí dụ như bọc cột, chỉ đòi hỏi tiếp xúc kín sát giữa hệ FRP và bê tông. Áp dụng loại tiếp xúc tới hạn không yêu cầu liên kết dính giữa hệ FRP và nền bê tông nhưng vẫn thường được yêu cầu để thuận tiện cho việc thi công lắp.

5.4.2.1 Áp dụng kết dính tới hạn:

Việc chuẩn bị bề mặt đối với áp dụng kết dính giới hạn cần tuân theo khuyến nghị của tiêu chuẩn ACI 546R và ICRI 03730. Bê tông hoặc bề mặt đã sửa chữa để áp hệ FRP cần có biểu hiện tươi mới, không lồi lõng hoặc vật liệu khiếm khuyết. Những chỗ mà uốn sợi quanh góc của mặt cắt chữ nhật thì yêu cầu các góc đó phải có bán kính tối thiểu ½ inch (13mm) để ngăn ngừa sự tập trung ứng suất trong hệ FRP và lỗ rỗng giữa hệ FRP và bê tông. Những góc bị nhám cần được làm nhẵn bằng ma-tít. Các vật cản, các góc lồi, mặt lồi và các vật gắn theo có thể ảnh hưởng tới sự làm việc của hệ FRP cần phải được chỉ dấu. Các vật cản và vật gắn theo có thể cần tẩy bỏ trước khi lắp hệ FRP. Các góc lồi, mặt lồi có thể đòi hỏi thiết kế triển khai đặc biệt để đảm bảo duy trì sự kết dính của hệ FRP với nền. Việc chuẩn bị bề mặt có thể được hoàn thiện bằng các kỹ thuật mài hoặc bắn nước áp lực. Tất cả bùn, bụi, bẩn, rác, dầu, hợp chất lưu hóa, các lớp phủ hiện tại và bất cứ chất khác mà có thể gây trở ngại tới độ kết dính của hệ FRP với bê tông phải được tẩy bỏ. Các lỗ rỗng và rỗng nhỏ khác ở bề mặt cần được lộ rõ hoàn toàn trong khi gia công bề mặt. Sau khi hoàn thành thao tác gia công, bề mặt cần được vệ sinh và bảo vệ trước khi lắp FRP để không có vật liệu nào gây trở ngại tới độ kết dính đã được tạo ra trên bề mặt.

Bề mặt bê tông cần được chuẩn bị để đạt chỉ số bề mặt bê tông (CSP) tối thiểu là 3 được xác định bằng thanh đo bề mặt ICRI. Cần tham vấn nhà sản xuất FRP để xác định nếu chỉ số bề mặt khó khăn (aggressive) hơn. Độ biến thiên bất phẳng cục bộ, gồm cả đường khuôn (form lines), không được quá 1/32 inch (1mm) hoặc dung sai phải theo khuyến nghị của nhà sản xuất. Biến thiên bất phẳng có thể được tẩy bỏ bằng cách mài thô trước khi mài trơn hoặc bắn nước áp lực hoặc có thể làm trơn bằng bột ma-tít epoxy nếu độ biến thiên rất nhỏ. Các lỗ rỗng và rỗng cần được trám ma-tít epoxy.

Tất cả các mặt tiếp nhận hệ tăng cường cần được khô như khuyến nghị của nhà sản xuất. Nước trong các lỗ rỗng có thể hạn chế sự thâm nhập của keo và làm giảm sự đàn hồi cơ học. Hàm lượng hơi ẩm cần được đánh giá theo yêu cầu của ACI 503.4

5.4.2.2 Áp dụng tiếp xúc tới hạn:

Trong các ứng dụng kéo theo sự o bế (confinement) các bộ phận bê tông kết cấu, việc chuẩn bị bề mặt cần đẩy mạnh sự tiếp xúc mật thiết liên tục giữa bề mặt bê tông và hệ FRP. Bề mặt được bọc tối thiểu cần phải phẳng hoặc lồi để đẩy mạnh tải trọng thích hợp của hệ FRP. Các lỗ rỗng lớn trên bề mặt cần được vá bằng vật liệu sửa chữa tương thích với bê tông hiện tại.

Vật liệu với cường độ nén và mô đun đàn hồi thấp, như thạch cao, có thể giảm hiệu quả của hệ FRP và cần loại bỏ.

5.5 Trộn keo

Việc trộn keo cần được thực hiện phù hợp với trình tự khuyến nghị của nhà sản xuất FRP. Tất cả thành phần keo cần phải ở nhiệt độ thích hợp và được trộn với tỷ lệ chính xác tới khi hỗn hợp thành phần đồng đều và hoàn thiện. Các thành phần keo thường tương phản màu, do đó hỗn hợp trộn ven có được khi các vệt màu bị khử hẳn.

Keo cần được trộn đối với thời gian trộn quy định và được kiểm tra trực quan về độ đồng đều màu. Nhà sản xuất vật liệu cần cung cấp các cỡ lô khuyến nghị, tỷ lệ trộn, phương pháp và thời gian trộn. Thiết bị trộn có thể gắn kèm lưới trộn chạy điện nhỏ hoặc máy chuyên dụng hoặc keo có thể được trộn khuấy bằng tay nếu cần. Việc trộn keo cần với lượng đủ nhỏ để đảm bảo rằng tất cả keo có thể được sử dụng trong khoảng thời gian chờ của keo. Keo đã được trộn mà vượt quá thời gian chờ không nên sử dụng do tính nhớt sẽ liên tục tăng và sẽ ảnh hưởng bất lợi đến khả năng thâm nhập bề mặt của keo hoặc làm bão hòa tấm sợi.

5.6 Áp dụng các vật liệu hợp thành

Sự bốc hơi có thể đi kèm việc áp dán một số keo FRP. Hệ FRP cần được chọn có sự xem xét đối với tác động của chúng về môi trường, bao gồm phát thải các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi và chất độc.

5.6.1 Chất lót và Ma-tít

Những chỗ có yêu cầu, chất lót cần được áp dụng tới tất cả diện tích bề mặt bê tông nơi hệ FRP đặt vào. Chất lót cần được đặt đồng đều trên bề mặt đã chuẩn bị ở tỷ lệ bao phủ chỉ định của nhà sản xuất. Chất lót được dùng cần được bảo vệ khỏi bụi rác, hơi ẩm và các chất ô nhiễm khác trước khi áp dán hệ FRP.

Ma-tít cần được dùng với chiều dày thích hợp và tiếp nối với chất lót theo khuyến nghị của nhà sản xuất FRP. Ma-tít tương hợp hệ, mà điển hình là hồ epoxy đặc, chỉ cần sử dụng để trám lỗ rỗng và làm trơn điểm gián đoạn bề mặt trước khi áp các vật liệu khác. Cạnh nhám ghè ghề hoặc các vệt trát ma-tít đã lưu hóa cần trơn nhẵn trước khi tiếp tục thi công lắp.

Trước khi áp dụng keo bão hòa hoặc chất dính, chất lót và ma-tít cần được cho lưu hóa như chỉ dẫn của nhà sản xuất FRP. Nếu ma-tít và chất lót đã lưu hóa hoàn toàn, có thể đòi hỏi việc chuẩn bị bề mặt bổ sung trước khi áp dụng keo bão hòa hoặc chất dính. Yêu cầu chuẩn bị bề mặt cần lấy được từ nhà sản xuất hệ FRP.

5.6.2 Các hệ trải ướt

Các hệ FRP trải ướt điển hình được lắp bằng tay có sử dụng tấm sợi khô với keo bão hòa và phải tuân thủ khuyến nghị của nhà sản xuất. Keo bão hòa cần được áp dụng đồng đều tới tất cả các bề mặt đã chuẩn bị, những chỗ sẽ đặt hệ FRP. Sợi có thể được thấm đẫm trong một quá trình riêng sử dụng một máy thấm keo trước khi đặt vào bề mặt bê tông.

Sợi tăng cường cần được ấn nhẹ nhàng vào keo bão hòa chưa lưu hóa theo cách khuyến nghị của nhà sản xuất. Không khí bị lọt giữa các lớp cần được giải thoát hoặc được cán ra khỏi trước khi keo se lại. Keo đủ bão hòa cần được áp dụng để đạt được đầy đủ độ bão hòa sợi.

Các lớp liên tiếp keo và vật liệu sợi bão hòa cần được đặt vào trước khi hoàn thành sự lưu hóa của lớp keo trước. Nếu các lớp trước đã lưu hóa, có thể yêu cầu việc chuẩn bị bề mặt đan xen như rải cát nhẹ hoặc áp dụng dung môi theo khuyến nghị của nhà sản xuất.

5.6.3 Các hệ áp dụng máy

Các hệ áp dụng máy có thể sử dụng cuộn thấm đẫm keo trước hoặc các cuộn sợi khô. Cuộn tấm được nhúng keo bão hòa bên ngoài và đưa vào vị trí thi công bằng cách lăn vật liệu. Sợi khô được thấm đẫm tại hiện trường trong quá trình lăn.

Máy bọc ban đầu được dùng để tự động bọc cột bê tông. Cuộn sợi cũng có thể được cuộn ngang hay tại một góc chỉ định. Máy cuộn được đặt quanh cột và tự động bọc cuộn vật liệu xung quanh chu vi cột trong khi di chuyển lên và xuống. Sau khi bọc, hệ thống nhúng keo cần được lưu hóa tại một nhiệt độ cao. Thường thường, một nguồn nóng được đặt quanh cột theo nhiệt độ và lịch biểu định trước phù hợp với khuyến nghị của nhà sản xuất.

Nhiệt độ được kiểm soát để đảm bảo chất lượng đặc chắc. Lớp áo FRP có được không có bất cứ vết nứt hoặc mối hàn nào do các cuộn là liên tục. Trong tất cả các bước áp dụng trước, các chỉ dẫn của nhà sản xuất hệ FRP phải được tuân theo.

5.6.4 Các hệ tiên lưu hóa

Các hệ tiên lưu hóa bao gồm khuôn vữa, dải băng, các dạng lưới hở mà điển hình được lắp với chất dính. Các chất dính cần được áp dụng đồng đều lên các bề mặt đã được chuẩn bị, nơi hệ tiên lưu hóa được đặt vào, trừ trường hợp chắc chắn về sự bao bọc bê tông không đòi hỏi chất dính giữa hệ FRP với nền bê tông. Các bề mặt tấm ép tiên lưu hóa sẽ được dán cần sạch sẽ và được chuẩn bị phù hợp với khuyến nghị của nhà sản xuất. Các tấm tiên lưu hóa hoặc các khuôn vữa cong cần được đặt trên hoặc vào trong chất dính ướt theo cách do nhà sản xuất FRP khuyến nghị. Không khí lọt giữa các lớp cần được giải thoát hoặc cán ra khỏi trước khi chất dính se lại. Chất dính cần được áp dụng theo tỷ lệ do nhà sản xuất khuyến nghị để đảm bảo độ kết dính đầy đủ giữa các lớp liên tiếp.

5.6.5 Áo bảo vệ

Lớp áo cần phải phù hợp với hệ tăng cường FRP và được áp dụng phù hợp với khuyến nghị của nhà sản xuất. Điển hình, việc sử dụng chất hòa tan để vệ sinh bề mặt FRP trước khi thi công lớp áo là không được do chất hòa tan có thể có tác dụng có hại tới keo polyme. Nhà sản xuất hệ FRP cần phê chuẩn mọi sự sử dụng chất tẩy hòa tan để chuẩn bị bề mặt FRP trước khi áp dụng lớp áo bảo vệ. Lớp áo cần được kiểm tra định kỳ và cần có bảo dưỡng để đảm bảo hiệu quả của lớp áo.

5.7 Phân bố vật liệu FRP

Hướng của mảnh FRP và chuỗi xấp mảnh cần được chỉ rõ. Biến đổi nhỏ về góc, bé cỡ 5 độ, so với hướng phân bố sợi đã định có thể gây giảm đáng kể sự tăng cường. Độ lệch hướng của mảnh cần

được người thiết kế phê duyệt. Vật liệu tấm và vải cần được cán theo cách duy trì độ thẳng thắn và hướng của sợi. Chỗ gợn hoặc nếp gấp của vải hoặc các dạng gợn sóng thô khác cần được báo cáo người thiết kế.

5.8 Miếng đa mảnh và mối nối phủ

Có thể sử dụng miếng đa mảnh, miễn là tất cả các mảnh được thấm đẫm hệ keo, cường độ cắt của keo đủ để truyền tải trọng cắt giữa các mảnh và đủ cường độ kết dính giữa bê tông và hệ FRP. Đối với nhịp dài, chiều dài miếng đa mảnh của vật liệu sợi hoặc nguyên liệu tiền lưu hóa có thể được dùng để truyền lực liên tục miễn là đủ mối nối phủ. Mối nối phủ cần được đặt so le trừ khi có lưu ý khác của người thiết kế. Chi tiết mối nối phủ, bao gồm cả chiều dài phủ, cần dựa trên thí nghiệm và phải được lắp phù hợp với khuyến nghị của nhà sản xuất.

Đặc trưng duy nhất của một số hệ FRP, miếng đa mảnh và mối nối phủ không phải lúc nào cũng thực hiện được. Hướng dẫn cụ thể về mối nối phủ cho trong Chương 12.

5.9 Lưu hóa keo

Sự lưu hóa keo là hiện tượng phụ thuộc vào thời gian và nhiệt độ. Keo lưu hóa xung quanh có thể mất nhiều ngày để đạt đến lưu hóa hoàn toàn. Sự quá mức và biến động nhiệt có thể làm chậm hoặc nhanh thời gian lưu hóa keo. Nhà sản xuất hệ FRP có thể đưa ra nhiều cấp độ keo hạn định trước để điều chỉnh các tình huống này.

Các hệ lưu hóa cao đòi hỏi sấy nóng keo đến một nhiệt độ cụ thể trong suốt thời kỳ chỉ định. Sự kết hợp khác về thời gian và nhiệt độ bên trong đường bao xác định cần đem lại sự lưu hóa hoàn chỉnh của hệ. Tất cả keo cần được lưu hóa phù hợp với khuyến nghị của nhà sản xuất. Sự điều chỉnh thành phần hóa học keo tại hiện trường là không được phép.

Sự lưu hóa các mảnh đã lắp cần được giám sát trước khi đặt các mảnh tiếp theo vào. Việc lắp các lớp tiếp theo cần được tạm dừng nếu có hiện tượng lưu hóa bất thường.

5.10 Bảo vệ tạm thời

Nhiệt độ bất lợi, tiếp xúc nước mưa trực tiếp, bụi rác, chất bẩn, ánh sáng quá mức, độ ẩm cao hoặc các phá hoại cố ý có thể gây hại cho hệ FRP trong khi lắp và gây ra sự lưu hóa không đúng của keo. Việc bảo vệ tạm thời như lều bạt hoặc tấm chắn nhựa có thể được yêu cầu trong quá trình lắp cho đến khi keo đã lưu hóa. Nếu có yêu cầu hệ chống đỡ tạm, hệ FRP phải được lưu hóa hoàn toàn mới tháo bỏ hệ chống và cho phép bộ phận kết cấu chịu tải trọng thiết kế. Trong trường hợp có hư hại đáng ngờ đối với hệ FRP trong khi lắp, cần phải thông báo cho người thiết kế và tham vấn nhà sản xuất hệ FRP.

MỤC THAM CHIẾU

CHƯƠNG 12: CÁC CHI TIẾT TĂNG CƯỜNG

12.2 Chi tiết phủ và mối nối

Các mối nối tấm FRP cần được cung cấp như cho phép trong bản vẽ hoặc trong chỉ dẫn kỹ thuật hoặc như cho phép của người thiết kế theo khuyến nghị của nhà sản xuất. Sợi hệ FRP phải liên tục

và hướng theo hướng lực kéo lớn nhất. Sự liên tục sợi có thể được duy trì với một mối nối phủ. Đối với hệ FRP, một mối nối phủ cần được làm bằng cách chồng gối sợi dọc theo chiều dài của chúng. Phần gối lên nhau, hoặc chiều dài mỗi nối ghép, tùy thuộc cường độ kéo và chiều dày của hệ vật liệu FRP và cả cường độ kết dính giữa các lớp xen kẽ của tấm FRP. Cần phải đủ độ gối lên nhau để đảm bảo sự phá hủy của tấm FRP diễn ra trước sự phá hủy độ kết dính giữa các tấm FRP gối lên nhau. Phần gối lên nhau yêu cầu đối với một hệ FRP cần được nhà sản xuất vật liệu cung cấp và được chứng minh qua thí nghiệm, không phụ thuộc vào nhà sản xuất. Các hệ FRP kiểu vỏ sử dụng đối với các bộ phận cột cần được cung cấp diện tích mở rộng phù hợp tại mối nối, khe tiếp giáp và điểm đầu cuối để đảm bảo sự phá hủy thông qua độ dày vỏ hơn là sự phá hủy tại mặt cắt mối nối.

Đối với các tấm FRP một phương, mối nối phủ được yêu cầu chỉ theo hướng của sợi. Các mối nối phủ không đòi hỏi theo hướng ngang của sợi. Các tấm FRP chứa các mảnh đa phương được định hướng nhiều phương hoặc loại vải đa phương đòi hỏi mối nối phủ cũng đa phương để duy trì tính liên tục của sợi và cường độ tổng thể của các tấm FRP.



TIÊU CHUẨN ACI 440.2R-02

Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures

Chỉ dẫn thiết kế và thi công hệ FRP kết dính ngoài đối với việc tăng cường kết cấu bê tông

KIỂM TRA, ĐÁNH GIÁ VÀ NGHIỆM THU

[BẢN DỊCH]

CÁC TỪ VIẾT TẮT

FRP	Fibre Reinforced Polymer <i>Polyme (hợp chất cao phân tử) cốt sợi</i>
ACI	American Concrete Institute <i>Viện nghiên cứu bê tông Mỹ</i>
ASTM	American Society for Testing and Materials <i>Hiệp hội Mỹ về thí nghiệm và vật liệu</i>
ISRI	International Concrete Repair Institute <i>Viện nghiên cứu sửa chữa bê tông quốc tế</i>
ISIS	Intelligent Sensing for Innovative Structures <i>Tổ chức cảm biến thông minh đối với kết cấu sáng tạo</i>
MSDS	Material Safety Data Sheets <i>Nhân số liệu an toàn vật liệu</i>

TIÊU CHUẨN VÀ TÀI LIỆU VIỆN DẪN

ACI 503.4	Standard Specification for Repairing Concrete with Epoxy Mortars <i>Tiêu chuẩn kỹ thuật về sửa chữa bê tông với vữa epoxy</i>
ACI 503R	Use of Epoxy Compounds with Concrete <i>Sử dụng hợp chất epoxy với bê tông</i>
ICRI 03730	Guide for Surface Preparation for the Repair of Deteriorated Concrete Resulting from Reinforcing Steel Corrosion <i>Hướng dẫn chuẩn bị bề mặt cho việc sửa chữa bê tông xuống cấp do gỉ cốt thép</i>
ASTM D 3039	Test Method for Tensile Properties of Fiber Resin Composites <i>Phương pháp thí nghiệm đối với các đặc trưng kéo của com-pô-zi-t (vật liệu tổng hợp) keo sợi.</i>
ASTM D 3418	Test Method for Transition Temperatures of Polymers by Thermal Analysis (DTA or DSC) <i>Phương pháp thí nghiệm đối với nhiệt độ chuyển tiếp của pô-ly-me bằng phân tích nhiệt (DTA hoặc DSC)</i>

- ASTM D 4541 Test Method for Pull off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Tester
Phương pháp thí nghiệm cường độ kéo đứt của các lớp phủ sử dụng máy thử độ dính xách tay
- ISIS, 1998, ISIS Standard Test Methods, University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba.
Các phương pháp thí nghiệm chuẩn của ISIS, Đại học tổng hợp Manitoba, Canada
- ISIS-Canada, 1998 Standard Test Methods for FRP Rod and Sheet, University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba.
Các phương pháp thí nghiệm chuẩn đối với thanh và tấm FRP, Đại học Tổng hợp Manitoba, Canada

CHƯƠNG 6. KIỂM TRA, ĐÁNH GIÁ VÀ NGHIỆM THU

Chương trình và tiêu chuẩn để đảm bảo và kiểm soát chất lượng (QA/QC) phải được duy trì bởi nhà sản xuất, nhà thầu thi công và các bên liên quan khác đến dự án. Chương trình kiểm soát chất lượng (QC) cần phải tổng hợp và bao trùm tất cả các khía cạnh của dự án tăng cường. Độ kiểm soát chất lượng và mức độ thí nghiệm, kiểm tra cũng như việc bảo quản các hồ sơ tùy thuộc vào quy mô và độ phức tạp của dự án.

Việc đảm bảo chất lượng có được thông qua tập hợp các kiểm tra và thí nghiệm thích đáng và các tài liệu hoàn công. Chỉ dẫn kỹ thuật của dự án cần yêu cầu cung cấp kế hoạch bảo đảm chất lượng đối với việc thi công lắp và lưu hóa tất cả vật liệu FRP. Kế hoạch cần bao gồm các nội dung về an toàn cá nhân, áp dán và kiểm tra hệ FRP, vị trí và xếp đặt các mối nối, các điều khoản về lưu hóa, biện pháp đảm bảo khô bề mặt, các mẫu đảm bảo chất lượng, việc vệ sinh và các yêu cầu tuân thủ được nêu tại mục 13.3.

6.1 Kiểm tra

Hệ FRP và các công việc liên quan phải được kiểm tra theo yêu cầu của các tiêu chuẩn áp dụng. Nếu thiếu các yêu cầu như vậy, việc kiểm tra cần được tiến hành bởi hoặc dưới sự giám sát của một kỹ sư có bằng cấp hoặc một kiểm tra viên đủ điều kiện. Kiểm tra viên cần được trang bị kiến thức về hệ FRP và được đào tạo thông qua thi công lắp ráp FRP. Kiểm tra viên đủ điều kiện phải yêu cầu tuân thủ đúng với bản vẽ thiết kế và các chỉ dẫn kỹ thuật của dự án. Trong quá trình thi công hệ FRP, việc kiểm tra hàng ngày phải được chỉ dẫn và cần bao gồm:

- Ngày giờ lắp ráp;
- Nhiệt độ xung quanh, độ ẩm tương đối và sự quan sát chung về thời tiết;
- Nhiệt độ bề mặt bê tông;
- Sự khô ráo bề mặt theo ACI 503.4;
- Các phương pháp chuẩn bị bề mặt và mặt cắt có được khi sử dụng thanh đo bề mặt ICRI (ICRI surface-profile-chips);
- Mô tả định lượng độ sạch bề mặt;
- Loại nguồn nóng, nếu áp dụng;
- Bề rộng các vết nứt không được tiêm Epoxy;
- Số lô của sợi hoặc của tấm ép tiền lưu hóa và vị trí tương đối trên kết cấu;

- Số lô, tỷ lệ pha trộn, thời gian trộn và mô tả định lượng về diện mạo của tất cả keo trộn, kể cả chất lót, ma-tít, chất bão hòa, chất dính và chất phủ được trộn cho một ngày;
- Quan sát quá trình lưu hóa keo;
- Sự tuân thủ quy trình thi công lắp;
- Kết quả thí nghiệm kéo đứt: cường độ dính, chế độ phá hủy và vị trí;
- Đặc trưng FRP từ thí nghiệm của các mảnh mẫu hiện trường hoặc các mảnh vật chứng nếu có yêu cầu;
- Vị trí và kích thước của các điểm bong tách hoặc rỗng khí;
- Quá trình thi công chung.

Kiểm tra viên cần cung cấp cho người thiết kế hoặc chủ đầu tư (Owner) các hồ sơ kiểm tra và các mảnh vật chứng. Khuyến nghị rằng những mảnh vật chứng cần được giữ lại tối thiểu 10 năm hoặc trong một thời gian nhất định do người thiết kế chỉ định. Nhà thầu thi công cần giữ lại các cốc mẫu keo đã trộn và duy trì một bản ghi về việc sắp xếp của mỗi lô.

6.2 Đánh giá và nghiệm thu

Các hệ FRP cần được đánh giá và nghiệm thu hoặc không nghiệm thu dựa trên việc tuân thủ hoặc không tuân thủ bản vẽ thiết kế và chỉ dẫn kỹ thuật. Các đặc trưng vật liệu của hệ FRP, việc thi công với dung sai sắp đặt quy định, xuất hiện sự bong tách lớp, sự lưu hóa của keo, độ dính với nền cần được kèm trong báo cáo. Dung sai xếp đặt bao gồm hướng sợi, chiều dày lưu hóa, hướng mảnh, bề rộng và khoảng trống, bán kính góc, chiều dài mỗi nối phủ cần phải được đánh giá.

Mảnh vật chứng và các thí nghiệm kéo đứt được sử dụng để đánh giá hệ FRP đã thi công. Việc thử tải tại chỗ cũng có thể được sử dụng để khẳng định sự làm việc (ứng xử) của cấu kiện được tăng cường FRP đã được thi công (Nanni and Gold 1998).

6.2.1 Vật liệu:

Trước khi bắt đầu dự án, nhà sản xuất FRP cần phải đệ trình chứng chỉ về đặc trưng và nhận dạng vật liệu cụ thể của tất cả các loại vật liệu được sử dụng. Các thí nghiệm vật liệu bổ sung có thể được chỉ dẫn nếu thấy cần thiết dựa trên độ phức tạp và rắc rối của dự án. Đánh giá vật liệu FRP được chuyển tới có thể bao gồm các thí nghiệm cường độ kéo, phân tích phổ hồng ngoại, T_g , thời gian đặc quán, thời gian chờ và cường độ cắt chất dính. Các thí nghiệm này thường được thực hiện trên các mẫu vật được gửi tới phòng thí nghiệm theo kế hoạch thí nghiệm kiểm soát chất lượng (QC). Các thí nghiệm tuổi thọ cốt lõi với keo và độ đóng rắn lưu hóa thường được tiến hành tại hiện trường.

Các vật liệu mà không đáp ứng yêu cầu tối thiểu theo chỉ định của người thiết kế sẽ bị loại bỏ. Các mảnh vật chứng có thể được dùng để đánh giá cường độ và mô đun kéo, cường độ mép nối phủ, độ đông cứng và T_g của hệ FRP đã được lắp ráp và lưu hóa hiện trường sử dụng trình tự thi công tương tự như đã sử dụng lắp ráp và lưu hóa hệ FRP. Trong khi thi công, các mảnh phẳng có kích thước và chiều dày định trước có thể lắp ráp tại hiện trường theo kế hoạch lấy mẫu định trước. Sau khi lưu hóa tại hiện trường, các mảnh mẫu sau đó có thể được gửi về phòng thí nghiệm để thí nghiệm. Các mảnh vật chứng có thể được giữ lại hoặc đệ trình tới một phòng thí nghiệm được duyệt trong một thái độ hợp lý để thí nghiệm cường độ, độ cứng và T_g . Cường độ và mô đun đàn hồi của vật liệu FRP có thể được xác định theo ASTM D 3039 hoặc ISIS (1998). Các đặc trưng để đánh giá bằng thí nghiệm phải được chỉ rõ. Người thiết kế có thể khước từ hoặc thay đổi tần suất thí nghiệm.

Một số hệ FRP kể cả các hệ tiền lưu hóa và quản bằng máy không tự cho thêm việc lắp ráp các miếng nhỏ, phẳng, vật chứng. Đối với những trường hợp này, người thiết kế có thể điều chỉnh yêu cầu đối với nhà sản xuất cung cấp các mảnh hoặc mẫu thí nghiệm. Cường độ kéo và mô đun đàn hồi, cường độ mép nổi phủ của vật liệu FRP cũng có thể được xác định sử dụng thí nghiệm nổ của mẫu vòng lắp ráp hiện trường (ISIS 1998).

Khi thi công, các cốc mẫu keo đã trộn cần được chuẩn bị theo kế hoạch lấy mẫu định trước và giữ lại để thí nghiệm xác định mức độ lưu hóa (xem mục 6.2.4).

6.2.2 Hướng sợi:

Hướng của sợi hoặc tấm ép tiền lưu hóa cần được đánh giá bằng kiểm tra mắt thường. Độ gọn sóng của sợi, sự xuất hiện lệch sợi khỏi đường thẳng sợi nói chung theo dạng vặn xoắn hoặc gọn sóng cần được đánh giá đối với các hệ ép ướt.

Sự sắp xếp sai trên 5 độ của sợi hoặc tấm ép tiền lưu hóa so với chỉ định trong bản vẽ thiết kế (khoảng 1 inch/feet [80 mm/m] cần được báo cáo người thiết kế để đánh giá và chấp thuận.

6.2.3 Bong tách:

Hệ FRP đã lưu hóa cần được đánh giá về bong tách hoặc rỗng khí giữa các lớp sợi hoặc giữa hệ FRP và bê tông. Các phương pháp kiểm tra cần phải có khả năng dò được bong tách khoảng 2 inch vuông (1300 mm²) trở lên. Các phương pháp như sóng âm/acoustic sounding (búa âm), siêu âm và đồ nhiệt (thermography) có thể được sử dụng để dò bong tách lớp.

Tác động của các bong tách và các dị thường khác lên độ nguyên vẹn và độ bền của hệ FRP cần được đánh giá. Kích cỡ, vị trí và số lượng bong tách liên quan tới khắp vùng áp dụng cần được xem xét trong bản đánh giá.

Quy trình chấp thuận chung đối với các hệ ép ướt là:

- Các bong tách nhỏ dưới 2 inch vuông (1300 mm²) mỗi cái là chấp nhận được miễn là diện tích bong tách dưới 5% tổng diện tích dán và không có quá 10 bong tách như vậy trên 10 feet vuông (1 m²);
- Các bong tách lớn, trên 25 inch vuông (16000 mm²), có thể tác động đến sự làm việc của FRP đã lắp ráp và cần phải sửa chữa bằng cách cắt bỏ lựa chọn các miếng ảnh hưởng và áp một miếng dán phủ tương đương các mảnh;
- Các bong tách dưới 25 inch vuông (16000 mm²) có thể được sửa chữa bằng cách tiêm keo hoặc thay thế lớp vỏ, tùy theo kích cỡ và số lượng các bong tách và vị trí của chúng.

Đối với các hệ FRP tiền lưu hóa, mỗi bong tách cần được đánh giá và sửa chữa tuân theo chỉ đạo của người thiết kế. Vào lúc hoàn thành việc sửa chữa, tấm ép cần được kiểm tra lại để xác minh rằng việc sửa chữa đã được hoàn thiện đúng.

6.2.4 Lưu hóa keo:

Sự lưu hóa tương đối của các hệ FRP có thể được đánh giá bằng thí nghiệm trong phòng về mảnh vật chứng hoặc mẫu cốc keo sử dụng ASTM D 3418. Sự lưu hóa tương đối của keo cũng có thể được đánh giá trên hiện trường dự án bằng cách quan sát thực thể về tính dính và của keo và độ cứng của bề mặt làm việc hoặc độ cứng của mẫu keo giữ lại. Cần tham vấn nhà sản xuất hệ FRP để xác định các yêu cầu xác minh keo lưu hóa cụ thể. Đối với các hệ lưu hóa trước, các phép đo độ dính-cứng cần được thực hiện tuân theo khuyến nghị của nhà sản xuất.

6.2.5 Cường độ dính:

Đối với các vật áp dính tiêu chuẩn, thí nghiệm dính kéo của các mẫu khoan lõi cần được tiến hành theo các phương pháp trong ACI 503R hoặc ASTM D 4541 hoặc phương pháp mô tả bởi ISIS (1998). Tần suất lấy mẫu cần phải chỉ rõ. Cường độ dính kéo phải vượt 200 psi (1.4 Mpa) và biểu lộ sự phá hủy của nền bê tông. Cường độ thấp hơn hoặc sự phá hủy giữa hệ FRP và bê tông hoặc giữa các lớp vỏ cần được báo cáo người thiết kế để đánh giá và chấp thuận.

6.2.6 Chiều dày lưu hóa:

Các mẫu khoan lõi nhỏ, điển hình với đường kính 0.5 inch (13mm), có thể được lấy để chắc chắn một cách trực quan chiều dày lớp lưu hóa hoặc số lớp mảnh. Tần suất lấy mẫu cần được chỉ rõ. Việc lấy mẫu từ các khu vực ứng suất cao hoặc các khu vực mối nối cần tránh. Vì lý do thẩm mỹ, lỗ khoan mẫu có thể được lấp đầy và làm nhẵn bằng vữa sửa hoặc ma tít hệ FRP. Nếu có yêu cầu, một miếng dán phủ FRP từ 4 đến 8 inch (100 đến 200 mm) tương đương các lớp vỏ có thể được áp vào khắp lỗ khoan đã được lấp đầy và làm nhẵn ngay sau khi lấy mẫu. Miếng dán FRP cần được dán tuân theo trình tự thi công của nhà sản xuất.

MỤC THAM CHIẾU

CHƯƠNG 13: BẢN VẼ, CHỈ DẪN KỸ THUẬT VÀ SỰ TUÂN THỦ

13.3 Sự tuân thủ

Chỉ dẫn kỹ thuật cần yêu cầu nhà sản xuất hệ FRP; nhà thầu lắp ráp; cơ quan kiểm tra, nếu có yêu cầu; và tất cả những đơn vị liên quan đến dự án để trình thông tin sản phẩm và bằng chứng về trình độ chuyên môn và kinh nghiệm của họ cho người thiết kế để xem lại.

13.3.1 Nhà sản xuất hệ FRP:

Yêu cầu tuân thủ đối với nhà sản xuất hệ FRP cần bao gồm:

- Nhãn số liệu về sản phẩm chỉ rõ các đặc trưng vật lý, cơ học và hóa học của hệ FRP và tất cả các vật liệu hợp thành của nó;
- Đặc tính kéo của hệ FRP gồm cả phương pháp báo cáo đặc trưng (sợi lưới hoặc tấm dán toàn bộ), phương pháp thí nghiệm đã sử dụng và cơ sở thống kê sử dụng để xác định các đặt tính;
- Chỉ dẫn lắp ráp, bảo trì và khuyến nghị chung liên quan đến từng vật liệu được sử dụng. Trình tự lắp ráp cần bao gồm cả các yêu cầu chuẩn bị bề mặt;
- Nhãn số liệu về an toàn vật liệu của nhà sản xuất (MSDS) đối với tất cả các vật liệu được sử dụng;
- Trình tự kiểm soát chất lượng (QC) để lần đầu các vật liệu FRP và chứng chỉ vật liệu;
- Số liệu thí nghiệm độ bền đối với hệ FRP trong các loại môi trường mong muốn;
- Các báo cáo thí nghiệm kết cấu thích đáng cho việc áp dụng đã đề xuất;
- Các dự án tham khảo.

13.3.2 Nhà thầu lắp ráp hệ FRP:

Yêu cầu tuân thủ đối với nhà thầu lắp ráp hệ FRP cần bao gồm:

- Tài liệu dẫn chứng từ nhà sản xuất hệ FRP về việc đã được huấn luyện để lắp ráp hệ FRP đề xuất;
- Tham khảo dự án, bao gồm các lần lắp ráp tương tự lần lắp ráp đề xuất. Ví dụ, đối với một áp dụng tổng thể, nhà thầu cần đệ trình danh sách các lần lắp ráp trước đó bao gồm cả lần lắp ráp hệ FRP đề xuất trong một áp dụng tổng thể.
- Bằng chứng về năng lực trong kỹ thuật chuẩn bị bề mặt;
- Trình tự kiểm soát chất lượng bao gồm cả các mẫu ghi chép hoặc kiểm tra hàng ngày của nhà thầu.

13.3.2 Cơ quan kiểm tra hệ FRP:

Nếu một cơ quan kiểm tra độc lập được tham gia, yêu cầu tuân thủ đối với cơ quan đó cần bao gồm:

- Danh sách các kiểm tra viên được huy động trong dự án và trình độ chuyên môn của họ;
- Các biểu mẫu kiểm tra;
- Danh sách các dự án đã được các kiểm tra viên kiểm tra trước đây.

