

GIẢI PHÁP CÔNG NGHỆ GIA CƯỜNG KẾT CẤU BÊ TÔNG CỐT THÉP BẰNG VẬT LIỆU CỐT SỢI TỔNG HỢP

Nguyễn Thành Công, Nguyễn Chí Thanh

Viện Thủy công, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

Tóm tắt: Gia cường kết cấu chịu lực bê tông cốt thép bằng việc dán lớp vật liệu cốt sợi (tấm composite) cường độ cao là một trong các giải pháp duy trì và nâng cao sức chịu tải của kết cấu cũ để đáp ứng yêu cầu về khai thác. Bài báo giới thiệu một số điểm quan trọng của giải pháp này, đồng thời trình bày một số kết quả khảo sát thực nghiệm của cấu kiện bê tông cốt thép được gia cường và hiệu quả của giải pháp gia cường này trong công tác sửa chữa cống dưới đập.

Từ khóa: Kết cấu bê tông cốt thép, tấm composite.

Abstract: Using Fiber Reinforced Polymer (FRP) plates to cover the surface of reinforced concrete structures is one of the various strengthening methods, which can recover and also make the load-bearing of structures stronger to adapt the new requirement of exploitation. This paper introduces some important points of the method and also presents results of experimental analyses of reinforced concrete elements strengthened with FRP plates and effectiveness of this method for repairing conduit.

Keyword: Concrete structure, composite plate, FRP.

1. GIỚI THIỆU

Sau nhiều năm làm việc, các công trình bị xuống cấp. Việc cải tạo, nâng cấp công trình cũ nhằm bảo đảm an toàn và nâng cao hiệu quả sử dụng ngày càng trở nên cấp thiết thay cho việc phá đi làm lại rất đắt đỏ và tốn kém. Các nguyên nhân và lý do thực hiện này có thể là:

- Thay đổi việc khai thác công trình do sự thay đổi về hệ thống kết cấu hoặc về tải trọng
- Sự sai sót về thiết kế cũng như thi công
- Ăn mòn cốt thép
- Ảnh hưởng của môi trường (ví dụ động đất),...

Một trong những giải pháp đó là gia cường kết cấu bê tông cốt thép sau khi đã khai thác để đáp ứng điều kiện chịu lực cũng như yêu cầu khai thác mới.

Khoảng 40 năm trước đây, người ta đã biết đến

việc gia cường sức kháng uốn của kết cấu bằng phương pháp dán bản thép. Trong vòng 20 năm gần đây, việc sử dụng vật liệu gia cường cốt sợi tổng hợp (tấm composite) từ sợi cacbon và thủy tinh đã thay thế dần các bản thép. Vật liệu cốt sợi tổng hợp này được chế tạo từ các cốt sợi phi kim loại cường độ cao (chiếm khoảng 70% thể tích) kết hợp với keo epoxy. Trong các vật liệu cốt sợi thì vật liệu sợi cacbon (CFRP) có các đặc tính tốt hơn so với các vật liệu cốt sợi khác như sợi thủy tinh (GFRP) và sợi polymer aramid (AFRP). Các nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm trước đây về giải pháp gia cường sức kháng uốn của kết cấu với các tấm composite được thực hiện ở nhiều nơi trên thế giới. Ngày nay thì các tấm gia cường composite này được sản xuất phổ biến ở Tây Âu, Nhật Bản, Nam Mỹ,...

So sánh với các phương pháp gia cố truyền thống, phương pháp sử dụng tấm composite thể hiện nhiều lợi thế: việc thi công rất đơn giản, gọn nhẹ, chiều cao kết cấu được giữ nguyên và tĩnh tải gia tăng là rất nhỏ. Tấm composite cũng có những điểm hạn chế so với các tấm thép thì

Ngày nhận bài: 21/01/2016

Ngày thông qua phản biện: 29/3/2016

Ngày duyệt đăng: 20/4/2016

vật liệu này đắt hơn, và không thích hợp cho kết cấu chịu nhiệt vì dưới tác dụng của nhiệt độ cao các keo dính có nhiều vấn đề.

Vật liệu tấm composite gia cường cho kết cấu bê tông có tiềm năng lớn và có thể đảm nhiệm được cả hai việc: sửa chữa gia cường và làm tăng sức chịu tải của kết cấu. Với ưu điểm nhẹ, cường độ cao, mô đun đàn hồi lớn và khả năng chống ăn mòn cao, vật liệu composite cốt sợi các-bon và thủy tinh rất thích hợp cho việc gia cường kết cấu bê tông cốt thép. Hơn thế nữa, việc sử dụng các tấm composite bọc lên bề mặt cấu kiện còn có thể bảo vệ và hạn chế sự rỉ cũng như ăn mòn của các phần cốt thép trong lòng bê tông.

2. PHƯƠNG PHÁP GIA CƯỜNG KẾT CẤU BẰNG TẤM CỐT SỢI TỔNG HỢP

2.1. Vật liệu cốt sợi tổng hợp

2.1.1. Đặc tính cấu tạo

a) Chất kết dính:

Chất kết dính (keo Epoxi) được sử dụng để gắn kết tấm vật liệu cốt sợi tổng hợp và bề mặt bê tông của cấu kiện. Chất kết dính giúp truyền tải trọng giữa bê tông và tấm composite. Chất kết dính cũng được sử dụng để gắn các lớp vật liệu composite lại với nhau.

b) Cốt sợi:

Các cốt sợi thủy tinh, Aramid và các-bon thường được sử dụng với hệ thống gia cường bằng vật liệu composite. Các cốt sợi này giúp cho hệ thống gia cường về mặt cường độ và độ cứng.

e) Lớp bảo vệ:

Lớp bảo vệ giúp giữ gìn cốt vật liệu gia cường đã được kết khối các tổn hại tiềm năng do tác động môi trường và cơ học. Lớp bảo vệ được sử dụng ở bề mặt ngoài của hệ thống gia cường. Chúng bao gồm keo epoxy, vật liệu kết dính tạo nhám, lớp bảo vệ chống cháy, tạo màu sắc thẩm mỹ, ...

2.1.2. Đặc tính vật lý

a) Khối lượng riêng:

Vật liệu composite có khối lượng riêng trong khoảng từ 1,2 tới 2,1 g/cm³, tức là nhẹ hơn thép từ 4-6 lần. Việc giảm khối lượng riêng giúp giảm giá thành vận chuyển, giảm phần tĩnh tải gia tăng của kết cấu và có thể dễ dàng xử lý vật liệu ở công trường.

Bảng 1: Khối lượng riêng của các loại vật liệu composite (g/cm³) [2]

Thép	GFRP	CFRP	AFRP
7,9	1,2 – 2,1	1,5 – 1,6	1,2 – 1,5

b) Hệ số dẫn nở nhiệt:

Hệ số dẫn nở nhiệt của vật liệu composite chịu lực một chiều khác nhau theo phương dọc và ngang, phụ thuộc vào kiểu loại cốt sợi, vật liệu kết dính và tỷ lệ cốt sợi.

Bảng 2: Hệ số dẫn nở nhiệt của các loại vật liệu cốt sợi [2]

	Hệ số dẫn nở nhiệt ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)		
	GFRP	CFRP	AFRP
Theo chiều dọc, α_L	6 tới 10	-1 tới 0	-6 tới -2
Theo chiều ngang, α_T	19 tới 23	22 tới 50	60 tới 80

Ghi chú: đây là các giá trị điển hình đối với hàm lượng thể tích cốt sợi thay đổi trong phạm vi 0,5 tới 0,7 [2].

c) Ảnh hưởng của nhiệt độ cao:

Trong môi trường nhiệt độ cao, mô đun đàn hồi của vật liệu composite bị giảm đáng kể do sự thay đổi cấu trúc vật liệu của nó. Ở vật liệu composite, cốt sợi thể hiện đặc tính nhiệt tốt hơn so với chất kết dính và có thể tiếp tục chịu một số tải trọng theo phương dọc thứ cho đến khi nhiệt độ đạt tới giới hạn làm chảy cốt sợi. Điều này có thể xảy ra khi nhiệt độ vượt quá

1000°C. Cốt sợi thủy tinh có khả năng chịu nhiệt không quá 275°C. Do sự giảm lực chuyển đổi giữa các cốt sợi thông qua liên kết tới chất kết dính, đặc tính chịu kéo của vật liệu composite bị giảm. Các kết quả thí nghiệm đã cho thấy, ở nhiệt độ 250°C (cao hơn nhiều so với nhiệt độ giới hạn của vật liệu kết dính, thông thường nằm trong khoảng 60°C-82°C) cường độ chịu kéo của các vật liệu cốt sợi thủy tinh và carbon giảm tới 20%. Các đặc tính khác do ảnh hưởng của sự truyền lực cắt qua phần vật liệu kết dính, chẳng hạn như cường độ chịu uốn, sẽ bị giảm đáng kể ở nhiệt độ thấp.

2.1.3. Đặc tính cơ học

a) Cường độ chịu kéo:

Khi chịu lực kéo trực tiếp, vật liệu composite không thể hiện ứng xử dẻo trước khi bị phá hoại. Ứng xử kéo của vật liệu này được biểu diễn bằng quan hệ ứng suất – biến dạng đàn hồi tuyến tính đến khi bị phá hoại, và trong trường hợp này sự phá hoại diễn ra đột ngột (phá hoại giòn). Cường độ chịu kéo và độ cứng của vật liệu composite phụ thuộc vào nhiều tham số. Vì các sợi trong vật liệu composite là thành phần chịu tải chính, nên kiểu cốt sợi, chiều sắp xếp của cốt sợi, lượng cốt sợi và phương pháp cũng như điều kiện chế tạo cốt sợi ảnh hưởng tới đặc tính chịu kéo của vật liệu này.

b) Ứng xử nén:

Các hệ thống gia cường ngoài bằng vật liệu cốt sợi tổng hợp không được sử dụng cho mục đích gia cường vùng chịu nén. Mô đun đàn hồi nén thường nhỏ hơn so với mô đun đàn hồi kéo. Các kết quả thí nghiệm trên cùng loại vật liệu với tỷ lệ thể tích là 55-60% của cốt sợi thủy tinh liên tục nằm trong chất kết dính Ester hoặc Polyester đã cho thấy là mô đun đàn hồi có giá trị trong khoảng 34000 và 48000 MPa. Mô đun đàn hồi nén xấp xỉ 80% mô đun đàn hồi kéo đối với vật liệu GFRP, 85% đối với CFRP và 100% đối với AFRP.

2.2. Các dạng phá hoại

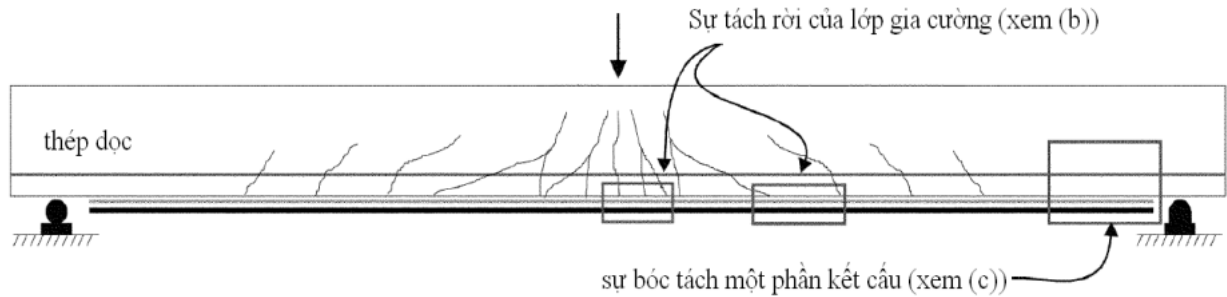
Cường độ chịu uốn của mặt cắt phụ thuộc vào kiểu phá hoại. Các dạng phá hoại sau đây cần được khảo sát đối với mặt cắt cấu kiện được gia cường bằng lớp vật liệu cốt sợi tổng hợp.

- Sự phá hoại của bê tông trong vùng nén trước khi cốt thép thường bị chảy,
- Sự chảy dẻo của thép trong vùng chịu kéo sau ngay sau khi xảy ra sự phá hoại của tấm gia cường,
- Sự chảy dẻo của thép trong vùng chịu kéo sau có sự phá hoại của bê tông vùng chịu nén,
- Sự bóc tách của lực cắt hoặc kéo của lớp bê tông bảo vệ và
- Sự bóc tách của lớp vật liệu gia cường khỏi bề mặt bê tông.

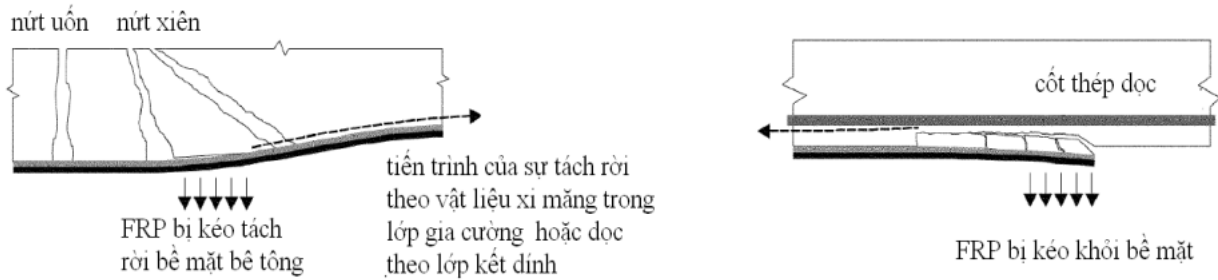
Sự phá hoại do nén của bê tông được giả định là xảy ra nếu biến dạng nén trong bê tông đạt tới giá trị biến dạng giới hạn ($\epsilon_c = \epsilon_{cu} = 0,003$). Sự phá hoại từ lớp gia cường được giả định là xảy ra khi biến dạng của lớp gia cường đạt tới giá trị biến dạng tới hạn trong thiết kế ($\epsilon_f = \epsilon_{fu}$) trước khi bê tông đạt tới biến dạng cực hạn. Sự bóc tách của lớp bê tông bảo vệ hoặc của lớp vật liệu gia cường xảy ra nếu lực trong lớp gia cường vượt qua khả năng chịu đựng của liên kết bề mặt. Với mặt cắt được gia cường lớp ngoài bằng vật liệu cốt sợi tổng hợp, phá hủy do sự bóc tách có thể là chủ yếu (hình 1b). Để tránh những dạng phá hủy do bóc tách bởi các vết nứt xiên, biến dạng có hiệu trong cốt liệu gia cường cần nhỏ hơn biến dạng mà sự bóc tách có thể xảy ra, ϵ_{fd} . Theo ACI 440.2R-08 (2008) thì giá trị này được xác định như sau:

$$\epsilon_{fd} = 0,41 \sqrt{\frac{E_c}{E_f}} \leq 0,0017 \quad (1.1)$$

Cũng theo ACI 440.2R-08 (2008), giá trị biến dạng thiết kế của tấm gia cường được đề nghị lấy là $\epsilon_{fd} \leq 0,7 \epsilon_{fu}$. Để đảm bảo phá hoại xảy ra theo dạng này, thì chiều dài dính bám phải lớn hơn một giá trị tính toán.



a) Ứng xử của cấu kiện bê tông chịu uốn được gia cường



b) Sự bóc tách của lớp gia cường do vết nứt uốn hoặc cắt

c) Sự bóc tách của lớp bê tông và vật liệu gia cường

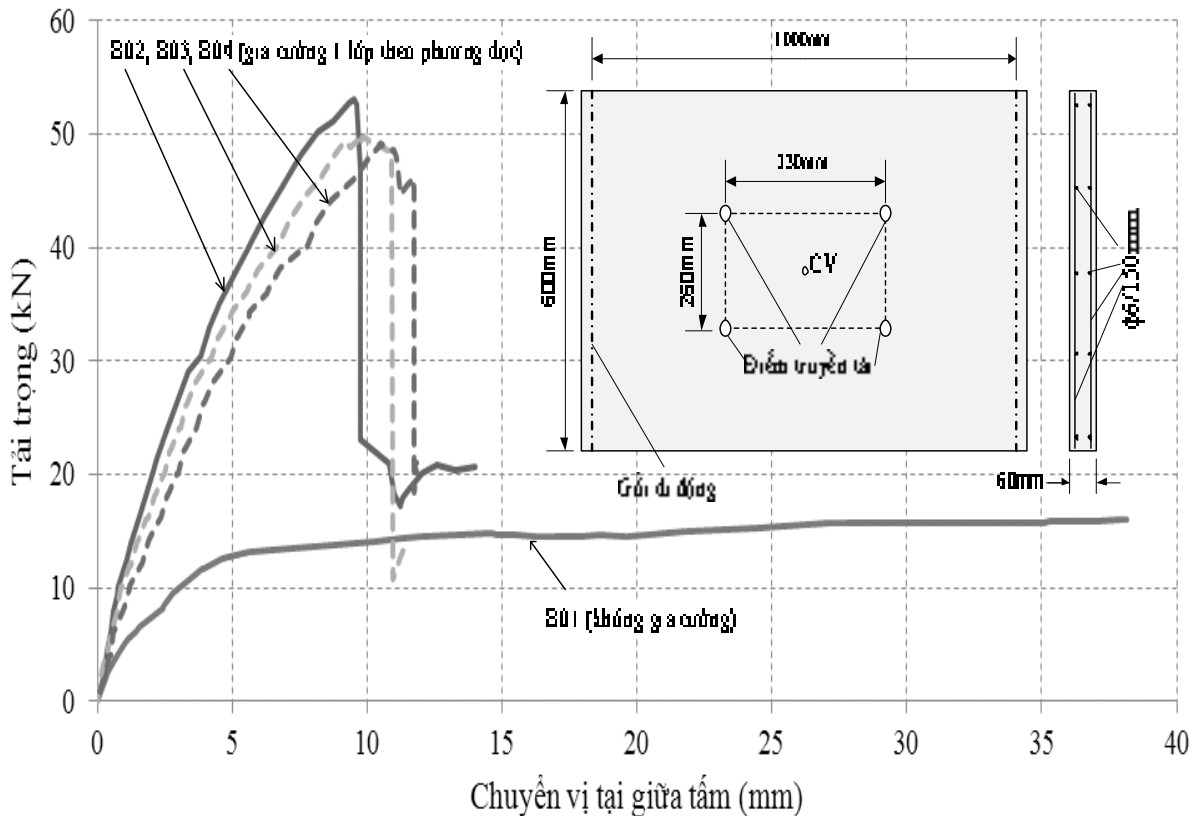
Hình 1: Các dạng phá hoại điển hình của cấu kiện chịu uốn được gia cường bằng tấm sợi tổng hợp [2]

3. ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ CỦA PHƯƠNG PHÁP GIA CƯỜNG BẰNG THỰC NGHIỆM

Để đánh giá hiệu quả của phương pháp gia cường, ở phần này trình bày kết quả thí nghiệm của bản bê tông cốt thép chịu uốn. Các bản này có kích thước làm việc là $B \times L \times H = 60\text{cm} \times 100\text{cm} \times 6\text{cm}$, được chế tạo bởi bê tông mác #200, cốt thép có cường độ chảy là 340 MPa (hình 2). Bản B01 không gia cường, các bản còn lại B02, B03 và B04 được gia cường bằng tấm cốt sợi từ nhà cung cấp Fyfe với chủng loại SEH-25A có bề dày 0,635mm, cường độ chịu kéo 521 MPa, mô đun đàn hồi 26,1 GPa và độ giãn dài cực hạn 2,0%. Keo dính được sử dụng có cường độ chịu kéo là 72,4 MPa, mô đun đàn hồi 3,18 GPa và độ giãn dài 5,0%. Trong trường hợp chịu uốn, keo dính có cường độ là 123,4 MPa và mô đun đàn hồi là 3,12 GPa. Các quan hệ chuyển vị tại

giữa tấm và tải trọng của các bản này được thể hiện trên hình 3.

Ở đây, bản B01 với chỉ cốt thép thường thể hiện một miền chảy dẻo rất lớn và có chuyển vị ở trạng thái tới hạn là 38mm. Ở trạng thái này, bản có tỷ lệ chuyển vị tương đối so với chiều dài nhịp uốn là 3,8%. Tải trọng lớn nhất mà bản B01 chịu được là khoảng 17 kN. Ngược lại, các bản B02, B03 và B04 gần như không có miền chảy dẻo do bị phá hoại đột ngột bởi sự bong bật của lớp gia cường. Các đường cong quan hệ giữa chuyển vị và tải trọng có cùng một dạng và giá trị tải trọng tới hạn cũng như chuyển vị tới hạn tương đối gần nhau. Giá trị trung bình của tải trọng tới hạn là xấp xỉ 50 kN, của chuyển vị là 11mm. Như vậy ở thử nghiệm này, kết cấu bản được gia cường có sức chịu tải lớn xấp xỉ bằng ba lần so với kết cấu không gia cường (300%).



Hình 2: Biểu đồ quan hệ chuyển vị-tải trọng ở vị trí giữa dầm

4. HIỆU QUẢ CỦA GIẢI PHÁP GIA CƯỜNG ĐỂ SỬA CHỮA, NÂNG CẤP CÔNG DƯỚI ĐẬP [1]

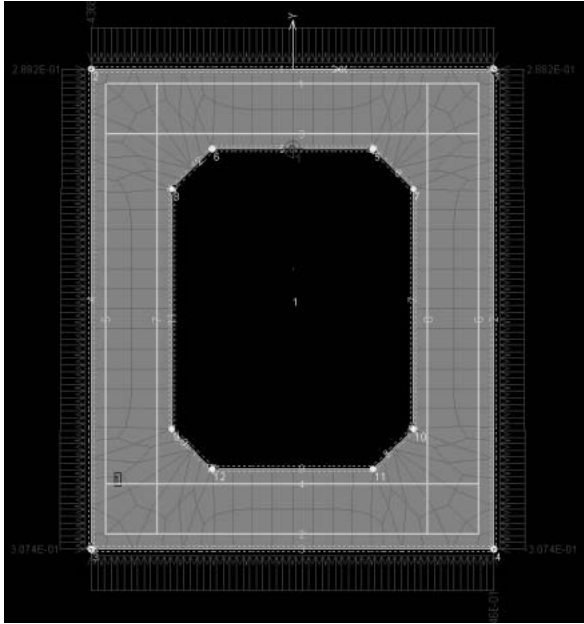
Trong phần này trình bày phương pháp mô hình hóa và kết quả phân tích cho một trường hợp kết cấu công dưới đập điển hình.

Với mục đích minh họa, công trình công lấy nước dưới đập thuộc hồ Hồng Khánh, tỉnh Điện Biên được chọn để phân tích chi tiết ứng xử chịu tải cũng như sự phát triển vết nứt và phân bố ứng suất trong kết cấu thông qua việc ứng dụng phần mềm phân tích phần tử hữu hạn ATENA cho các kịch bản thiết kế khác nhau.

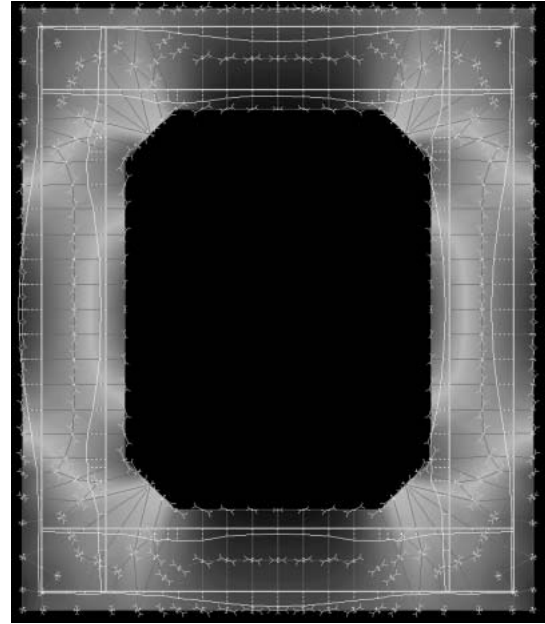
4.1. Trường hợp thiết kế: Công bê tông cốt thép mác M200 có kích thước là $B \times H = 1\text{m} \times 1,2\text{m}$ và chiều dày bản trên dưới cũng như thành bên $t = 0,2\text{m}$. Chiều cao cột nước ngầm tính từ đỉnh công là 15m, chiều cao đất đắp là 27m.

Cốt thép có đường kính D14mm với khoảng cách $a = 20\text{cm}$ được bố trí 2 lớp trong các cầu kiện bê tông với chiều dày bê tông bảo vệ $c = 3\text{cm}$. Việc mô hình hóa tính toán kết cấu được thực hiện với sơ đồ phẳng (tính toán cho một mét chiều dài dọc công). Mô hình hình học được thực hiện bằng cách mô tả các tọa độ xác định các điểm quan trọng của kết cấu. Trong ATENA 2D, các thông số này được biểu diễn thông qua các điểm, các đường (đường đa giác) và các mặt (xem Hình 3).

Để lưới phần tử hữu hạn đủ mịn, có thể bổ sung thêm nhiều điểm chia trên biên của kết cấu. Cốt thép được mô tả theo mô hình nhúng. Kết quả tính toán ứng suất được thể hiện ở trên hình 4. Trong trường hợp này, phân tích số cho thấy trong kết cấu bê tông làm việc theo các phương chủ yếu là chịu nén. Không có vết nứt nào xuất hiện.



Hình 3: Mô hình phần tử hữu hạn cho kết cấu cống

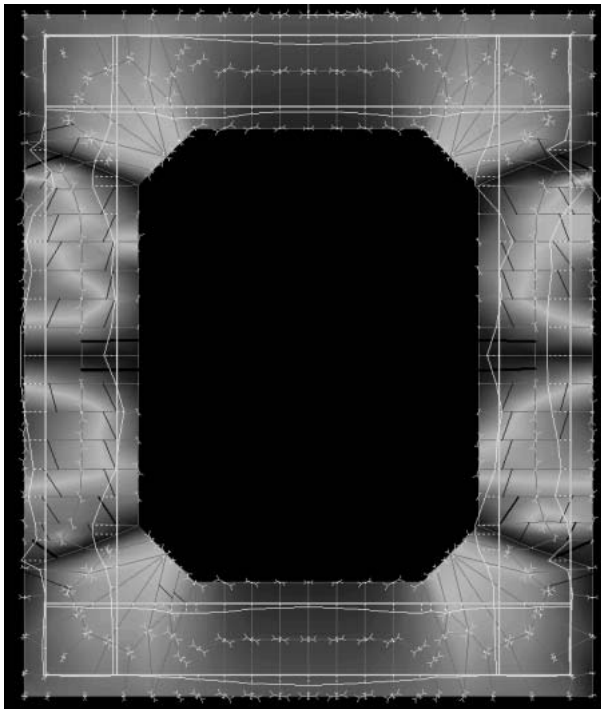


Hình 4: Biểu đồ ứng suất chính trong BTCT

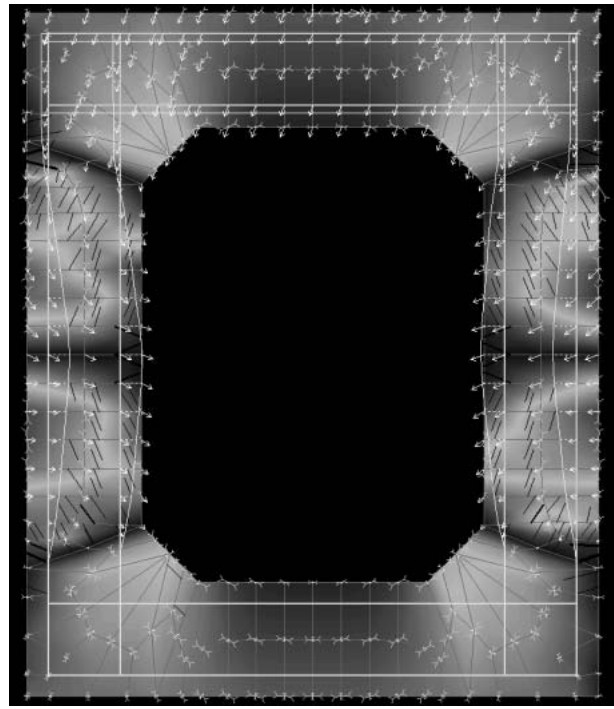
4.2. Trường hợp sau khi khai thác, nâng chiều cao đất đắp đập thêm 2m

Nói chung, việc thay đổi điều kiện khai thác có thể gây tác động bất lợi đối với kết cấu chịu lực. Trong trường hợp này, tải trọng tác dụng

lên kết cấu cống sẽ tăng và nó nằm trong nhóm tải trọng tăng theo hướng bất lợi. Trước hết, thực hiện tính toán nhằm xem xét việc gia tăng chiều dày đất đắp ảnh hưởng tới sự làm việc của kết cấu cống như thế nào.



Hình 5: Biểu đồ ứng suất chính trong bê tông cốt thép và sự phân bố vết nứt



Hình 6: Biểu đồ biểu diễn chuyển vị của kết cấu theo cách biểu diễn véc tơ

Kết quả phân tích sự phân bố ứng suất, vết nứt và chuyển vị được trình bày như trên hình 5 và 6; mặc dù tải trọng ngang nhỏ hơn so với tải trọng theo phương đứng, nhưng với chiều dài nhịp phân tự do của thành bên lớn hơn so với bản trên và dưới, nên ứng suất tập trung phát triển trong thành bên. Với tải trọng tác động đã cho, thì các ứng suất này vượt quá sức kháng kéo của bê tông và tạo nên các vết nứt. Sự phân bố và phát triển các vết nứt này xuất phát tại nơi có mô men lớn: là giữa thành bên ở mép trong và cạnh biên thành bên sát với tấm bản trên dưới ở mép ngoài. Bề rộng vết nứt lớn nhất theo tính toán là 3,2mm. Giá trị này vượt hơn 10 lần giá trị cho phép theo các tiêu chuẩn tính toán thiết kế.

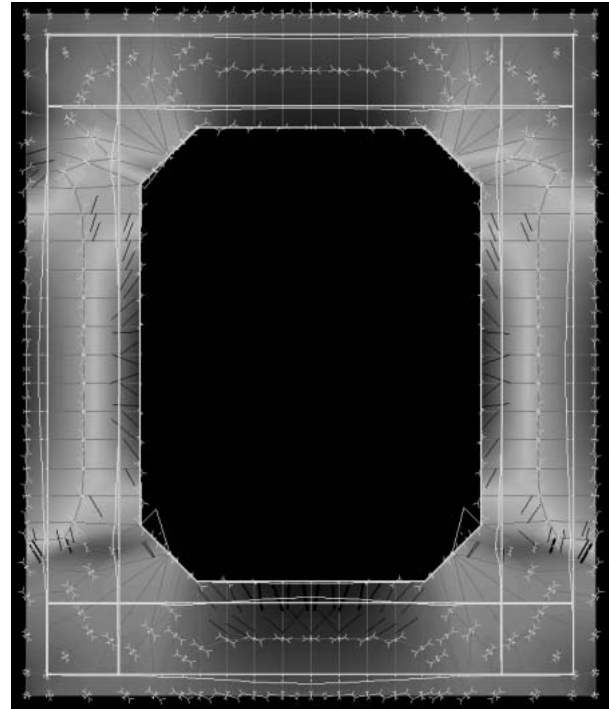
Như vậy, nếu các thiết kế không tính toán dự trữ cho khả năng thay đổi tải trọng, như việc nâng cao trình đất đắp trong giai đoạn khai thác, thì kết cấu công cần được gia cường sức chịu tải trước khi thực hiện việc thay đổi điều kiện khai thác.

4.3. Sử dụng giải pháp gia cường bằng vật liệu cốt sợi tổng hợp cường độ cao trong trường hợp sau khi khai thác, nâng chiều cao đất đắp thêm 2m

Trong phần này sẽ thực hiện việc phân tích số cho kết cấu công với sự tham gia của vật liệu gia cường cường độ cao. Các thông số về kết cấu tấm gia cường composite được lấy từ nhà cung cấp Fyfe với chủng loại SEH-25A có bề dày 0,635mm, cường độ chịu kéo 521 MPa, mô đun đàn hồi 26,1 GPa và độ giãn dài cực hạn 2,0%. Keo dính được sử dụng có cường độ chịu kéo là 72,4 MPa, mô đun đàn hồi 3,18 GPa và độ giãn dài 5,0%. Trong trường hợp chịu uốn, keo dính có cường độ là 123,4 MPa và mô đun đàn hồi là 3,12 GPa.

Trong phương án này, kết cấu công được gia cường một lớp tấm cốt sợi tổng hợp ở tất cả các phần mặt trong lòng công (chiều dày của tấm gia cường bao gồm cả cốt sợi và keo epoxy là 1,05mm). Nếu chỉ gia cường phần thành

công thì với độ cứng thay đổi dẫn tới sự phân bố lại tải trọng và do đó bản mặt trên và dưới của công có thể bị nứt. Ngoài ra, việc gia cường như thế này còn có thể giúp chống thấm cho phần kết cấu chịu lực, giảm tác động ăn mòn từ môi trường. Kết quả tính toán được thể hiện như trên hình 7.



Hình 7: Biểu đồ ứng suất chính trong bê tông cốt thép và sự phân bố vết nứt sau khi gia cường

Ở đây, bề rộng vết nứt đã được khống chế với giá trị lớn nhất là 0,14mm. Giá trị này phù hợp với qui trình và đảm bảo điều kiện khai thác cho kết cấu. Một lưu ý là không chỉ bề rộng vết nứt ở mặt trong của thành công mà ngay cả các vết nứt ở mặt ngoài cũng đều được giảm nhỏ. Việc dán lớp vật liệu gia cường đã làm cho độ cứng của mặt cắt cầu kiện tăng lên và do vậy làm giảm biến dạng cong do mô men gây nứt của cầu kiện.

Như vậy, chỉ với sự gia tăng tải trọng của kết cấu khoảng 7% do sự gia tăng chiều cao đất đắp lên 2m, kết cấu công từ điều kiện làm việc không bị nứt, chuyển sang trạng thái bị nứt lớn với bề rộng vết nứt khi chưa gia cường theo tính toán là 3,2mm. Với phương án gia cường

một lớp vật liệu cường độ cao có bề dày 1,05mm thì bề rộng vết nứt đã giảm xuống tới giá trị 0,14mm và đảm bảo điều kiện chịu lực của công trình trong điều kiện khai thác mới. Phân tích này đã cho thấy hiệu quả của sự gia cường bằng phương pháp dán lớp vật liệu cường độ cao cho vùng chịu kéo của bê tông.

So sánh về kinh phí với giải pháp sửa chữa cống dưới đập truyền thống như luồn ống thép hay gia cố thêm lớp bê tông vào trong lòng cống, v.v... thì giải pháp gia cường sử dụng tấm composite cường độ cao có giá thành giảm trung bình 30%.

5. KẾT LUẬN

Với những ưu điểm về vật liệu như cường độ chịu tải lớn, khối lượng nhẹ so với các vật liệu truyền thống, và về sự thuận tiện trong việc thi công, phương pháp gia cường kết cấu chịu lực bê tông cốt thép bằng việc dán vật liệu cốt sợi tổng hợp thể hiện sự hiệu quả kỹ thuật cao. Sự tăng cường vật liệu cường độ cao này ở những vùng chịu kéo làm tăng chiều cao chịu nén của mặt cắt bê tông, kéo theo sự tăng về sức chịu tải uốn của cấu kiện. Khảo sát số và thực nghiệm đều cho thấy, việc gia cường bằng tấm vật liệu composite cũng làm tăng đáng kể độ cứng của cấu kiện sau khi gia cường. Vì vật liệu gia cường có giới hạn biến dạng phá hoại

cao, nên sự phá hoại của mặt cắt chịu lực chủ yếu xảy ra do bê tông vùng chịu nén vượt quá khả năng chịu lực. Sự chuyển đổi từ dạng phá hoại dẻo do cốt thép thường sang phá hoại giòn ở bê tông vùng chịu nén đã khai thác được tối đa sự chịu lực của bê tông, và do đó hiệu quả gia tăng sức chịu tải của kết cấu là cao (300% cho trường hợp kết cấu được thí nghiệm trong khuôn khổ bài báo này).

Ngoài các dạng phá hoại thông thường của mặt cắt do sự đứt của cốt liệu chịu kéo hoặc sự phá hoại nén của bê tông, thì ở phương pháp gia cường này cũng có thể có sự phá hoại do bóc tách của lớp gia cường khi chiều dài lớp gia cường không đủ lớn. Việc nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của mức độ gia cường, chiều dài gia cường, sự dính bám giữa bê tông và lớp vật liệu gia cường cùng với sự làm việc chung của bê tông vùng chịu kéo là rất cần thiết.

Với ví dụ phân tích cụ thể cho trường hợp cống lấy nước dưới đập thuộc hồ chứa Hồng Khênh, tỉnh Điện Biên cho thấy hiệu quả rõ ràng của phương pháp gia cường bằng vật liệu tổng hợp, đặc biệt trong việc hạn chế vết nứt và nâng cao sức chịu tải của kết cấu cống dưới đập; về hiệu quả kinh tế giúp tiết kiệm so với giải pháp truyền thống trung bình đến 30%.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đề tài nghiên cứu cấp cơ sở: *Nghiên cứu khả năng ứng dụng vật liệu tổng hợp trong sửa chữa, nâng cấp cống dưới đập các hồ chứa quy mô vừa và nhỏ khu vực miền núi phía Bắc*, Viện Thủy Công, 2010-2011.
- [2] ACI: *Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures*, Report by ACI Committee 440, American Concrete Institute, July 2008.