

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM GIA CƯỜNG DẦM BÊ TÔNG BỊ HƯ HỎNG BẰNG GIẢI PHÁP TĂNG KÍCH THƯỚC VÀ CÓ CHỐT NEO NGANG

EXPERIMENTAL RESEARCH ON STRENGTHENING DAMAGED CONCRETE BEAMS BY SIZE INCREASE SOLUTION AND HORIZONTAL ANCHORS

➤ **Thôi Văn Vức** - Trường Cao đẳng Công Đồng Hậu Giang

➤ **Lâm Thanh Quang Khải** - Khoa Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Miền Tây;

*Tác giả liên hệ: Lamkhai@mtu.edu.vn

Tóm tắt: Trong việc gia cường các dầm bê tông cốt thép bị hư hỏng, thông thường sử dụng các tấm như FRP, CFRP, GFRP dán lên bề mặt ngoài của các cấu kiện bê tông, hay đổ thêm 1 lớp bê tông cốt thép bên ngoài dầm bị hư hỏng vừa tăng kích thước cho dầm nhằm tăng khả năng chịu lực và vừa tiếp tục tái sử dụng các dầm bê tông cốt thép đã bị hư hỏng. Trong bài báo này, các tác giả đã sử dụng phương pháp thực nghiệm để đánh giá khả năng chịu lực, sự hình thành và lan truyền vết nứt trong các dầm đã bị hư hỏng hoàn toàn, không thể tiếp tục sử dụng bằng cách đổ thêm 1 lớp bê tông cốt thép ở 2 mặt bên và đáy dầm, trong đó có sử dụng các chốt neo ngang nhằm tạo liên kết giữa 2 lớp bê tông cũ và mới. Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng khi sử dụng các chốt neo ngang sẽ làm tăng khả năng chịu lực của dầm lên 200% (từ 75kN lên 150kN) khi chỉ tăng tiết diện mặt cắt ngang dầm lên 150% cho các dầm đã bị hư hỏng hoàn toàn, cho trường hợp gia cường dầm BTCT thông thường và dầm có sử dụng 20% hàm lượng mụn dừa đã được làm cứng hoá để thay thế cát trong bê tông.

Từ khóa: sửa chữa, dầm BTCT, kết cấu, FRP, neo, bê tông, mụn dừa.

1. Giới thiệu

Việc gia cường bên ngoài dầm hư hỏng là một giải pháp hiệu quả và kinh tế để khôi phục lại khả năng chịu lực, kéo dài tuổi thọ kết cấu mà không cần thay thế kết cấu đang bị hư hỏng. Một số nghiên cứu các dầm BTCT bị hư hỏng bằng các vật liệu polymer gia cường sợi [1], hoặc dạng tấm CFRP [2-3], sử dụng lớp phủ ECC [4]. Dầm hư hỏng còn được nghiên cứu sửa chữa bằng dải hợp kim (Fe-SMA) [5], gia cường dầm bê tông cốt thép bằng xi măng gia cường vải [6]. Ngoài phương pháp dán bề mặt bê tông, hay sử dụng các vật liệu dạng thanh. Nghiên cứu ứng xử kết cấu của dầm BTCT được gia cố bằng các vật liệu xi măng khác nhau và các ứng xử cắt, uốn, xoắn, võng, sự lan truyền vết nứt của các dầm khi được gia cố cũng được nghiên cứu [7-8].

Trong các nghiên cứu thực nghiệm gần đây, giải

Abstract: In the process of strengthening damaged reinforced concrete beams, it is usual of using sheets like FRP, CFRP, or GFRP to the outer surface of concrete structures. Alternatively, an additional layer of reinforced concrete may be poured around the damaged beam to enhance its size, thereby increasing its bearing capacity and allowing for the continued use of the damaged reinforced concrete beams. This paper presents an investigation of bearing capacity and the formation and propagation of cracks in completely damaged beams. The authors used experimental methods, focusing on the application of an additional layer of reinforced concrete on the two sides and bottom of the beam. Horizontal linking anchors were utilized to establish a connection between the existing and new concrete layers. The research findings indicate that the use of horizontal anchors can enhance the bearing capacity of the beam by 200% (from 75kN to 150kN) while only increasing the cross-sectional area of the beam by 150% for completely damaged beams. This applies to both normal reinforced concrete beams and those including 20% of hardened cocopeat as a substitute for sand in the concrete mix.

Key words: repairing, RC beam, structure, FRP, anchor, concrete, cocopeat.

pháp tăng kích thước tiết diện (jacketing) dầm bê tông cốt thép bằng cách đắp thêm vật liệu gia cường quanh tiết diện cũ đã cho thấy cải thiện đáng kể khả năng chịu cắt, độ cứng và độ dẻo của kết cấu. Wakjira và Ebead áp dụng hệ SRG (Steel Reinforced Grout) bằng cách dán lớp vữa chứa sợi thép quanh dầm T, ghi nhận tăng từ 42% đến 71% sức chịu cắt và chuyển cơ chế phá hoại từ giòn sang dẻo hơn nhờ liên kết bề mặt chất lượng cao [9]. Bahraq et al. sử dụng jacketing bằng Ultra-High Performance Concrete (UHPC) dày 30mm đắp lên hai hoặc ba mặt dầm, nâng sức chịu cắt lên 35–60% và làm chậm sự lan truyền vết nứt nhờ độ kết dính xuất sắc giữa UHPC và bê tông gốc [10]. Phương pháp kết hợp CFRP grid – Polymer Cement Mortar (PCM) cho jacketing cũng được chứng minh tăng sức chịu cắt 30–40% ở các mẫu thử nghiệm, đồng thời hạn chế đáng kể hiện tượng debonding nhờ ma trận

PCM bám dính tốt [11]. Jalali và cộng sự thiết kế rãnh khoét mặt dưới dầm, đổ lớp bê tông mỏng chứa thanh FRP NSM làm chốt neo ngang, đạt tăng sức chịu uốn lên tới 40 % và kiểm soát tốt vết nứt [12]. Barros & Dias khảo sát kỹ thuật Near Surface Mounted (NSM) với dải laminate CFRP cắt rãnh, ghi nhận gia tăng độ biến dạng tại phá hoại lên tới 307 % và sức chịu cắt tới 72% so với dầm đối chứng nhờ hiệu quả của chốt neo laminate ở góc 45°[13]. Meda et al. giới thiệu jacketing mỏng bằng vữa xi măng hiệu năng cao (HPFRCC) có gia cường lưới thép, làm tăng sức chịu cắt dầm ngắn đơn giản từ 100% đến 110% so với dầm gốc, đồng thời cải thiện độ dẻo và phân phối vết nứt [14].

Trong các nghiên cứu sửa chữa, gia cường dầm BTCT bị hư hỏng, các tác giả sử dụng nhiều phương pháp khác nhau. Trong thực tế biện pháp gia cường phổ biến và tương đối dễ thực hiện nhất hiện nay là biện pháp đổ bù tăng tiết diện. Việc tính toán gia cường đổ bù tăng tiết diện hiện nay đa số đều bỏ qua ảnh hưởng của khuyết tật trên dầm bê tông hiện hữu đến khả năng làm việc tổng thể của dầm mới sau khi gia cường và coi như dầm mới được gia cường là một cấu kiện liền khối nguyên vẹn, tác giả này đã so sánh giữa mô phỏng và thực nghiệm tại hiện trường công trình thực tế. Kết quả đánh giá được liên kết giữa bê tông mới và bê tông cũ qua đó đánh giá khả năng làm việc đồng nhất giữa cấu kiện cũ và phần được gia cường [15].

Qua các phân tích như trên, ta thấy rằng: phương pháp gia cố hay sửa chữa các dầm BTCT đã bị hư hỏng bằng cách đổ thêm 1 lớp bê tông nhằm tăng kích thước tiết diện cho dầm là 1 giải pháp hiệu quả. Một mặt giải pháp này giúp sửa chữa các dầm bị hư hỏng tiếp tục tái sử dụng mà không phải đập bỏ hay thay thế và việc tăng kích thước dầm cũng làm tăng đáng khả năng chịu lực của dầm. Trong nghiên cứu này, tác giả đã nghiên cứu thực nghiệm ứng xử của dầm BTCT được gia cố bằng đổ thêm 1 lớp bê tông cốt thép ở 2 mặt bên và đáy dầm, với kích thước tiết diện ngang từ 150×200mm lên 250×300mm và có sử dụng các chốt thép ngang $\phi 6$ liên kết giữa 2 lớp bê tông cũ và bê tông mới, cho trường hợp sửa chữa dầm BTCT thông thường và dầm có sử dụng 20% hàm lượng muna đã được làm cứng hoá để thay thế cát trong bê tông.

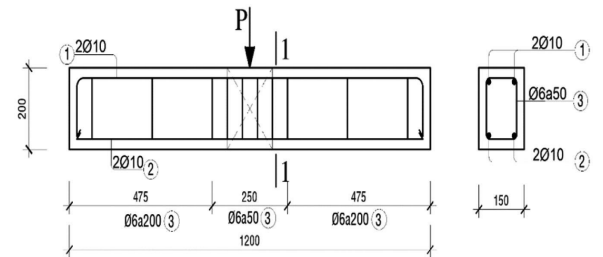
2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Các thông số của dầm đã bị hư hỏng [16]

Các dầm trong [16] đã tiến hành thí nghiệm uốn và dầm đã bị hư hỏng, và trong nghiên cứu này các tác giả đã tái sử dụng các dầm hư hỏng này để tiến hành gia cường bằng giải pháp tăng kích thước.

Hình 1 thể hiện các thông số và kích thước của

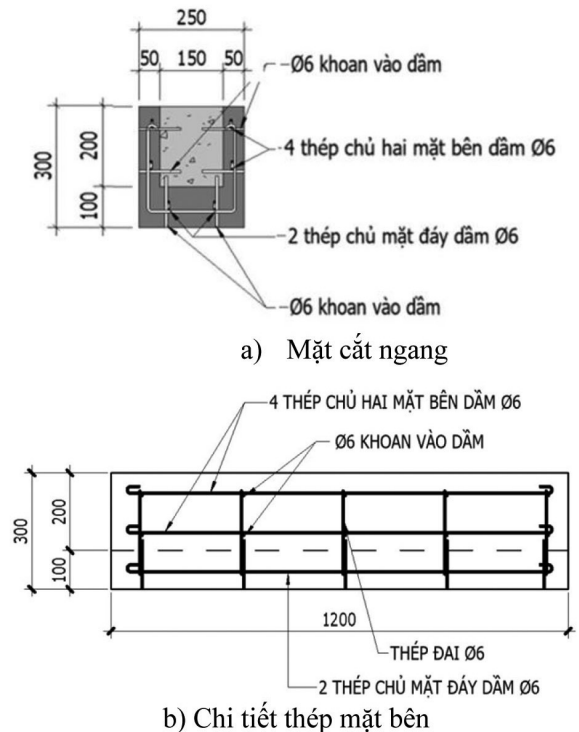
các dầm bị hư hỏng. Trong đó: dầm D1 là dầm BTCT thông thường, dầm D2 có cùng các thông số và kích thước như dầm D1 nhưng có thay thế 20% hàm lượng muna đã được làm cứng hoá và thay thế cát trong cấp phối bê tông. Trong nghiên cứu [16] đã sử dụng phương pháp cứng hoá hạt muna để có thể thay thế một phần cốt liệu cát trong bê tông, và nghiên cứu cũng kết luận khả năng ứng dụng vào chế tạo bê tông và trong nghiên cứu này, các tác giả chỉ tiếp tục sử dụng các dầm sau khi đã thí nghiệm nén uốn để tiếp tục gia cường bằng giải pháp tăng kích thước.



Hình 1. Các thông số và kích thước các dầm D1 và D2 [16]

2.2. Thiết kế mẫu dầm để gia cường

Từ kích thước dầm bị hư hỏng 150×200×1200mm [16], do dầm có chiều dài 1200mm và để tiện thi công đổ lớp bê tông gia cường nên nghiên cứu này đã thiết kế lớp bê tông gia cường thành dày 50mm, đáy dày 100mm, tăng thành dầm có kích thước 250×300×1200mm (tăng 150% tiết diện mặt cắt ngang). Các thông số về bề dày lớp bê tông sửa



Hình 2. Chi tiết thép ngang và thép dọc trong dầm cần sửa chữa

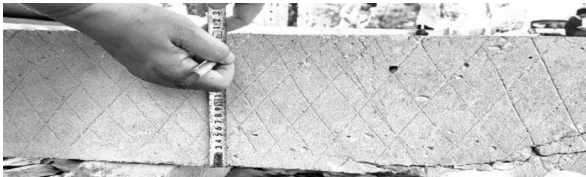
chữa, thép dọc chọn $\phi 6$ bởi ảnh hưởng chiều dày lớp bê tông gia cường, thép ngang và các chốt liên kết ngang như Hình 2. Các chốt ngang này có tác dụng liên kết giữa các lớp bê tông cũ và mới nhằm tránh khả năng tách trượt giữa các lớp và được thiết kế theo tiết diện của dầm.

2.3. Gia công ván khuôn, cốt thép và đổ bê tông cho các dầm

Các công đoạn chính của gia công ván khuôn, cốt thép và đổ bê tông gia cường cho các dầm được trình bày theo các bước sau đây:

- Vệ sinh dầm.

- Dùng thước đo để xác định vị trí khoan các lỗ trên dầm để đóng các chốt thép ngang $\phi 6$ vào dầm, mỗi mặt bên dầm khoan 10 lỗ, độ sâu vào trong dầm là 50mm. Các chốt ngang này còn dùng để cố định thép ngang và thép dọc của dầm, như Hình 3.



Hình 3. Xác định vị trí các chốt neo liên kết ngang mặt bên dầm

- Sau khi khoan các lỗ mặt bên dầm, tiến hành lắp đặt các chốt neo liên kết ngang vào các lỗ đã khoan và sử dụng chất kết dính Sikadur 731 để gắn chặt chốt neo vào dầm bê tông hư hỏng, như Hình 4.



Hình 4. Sử dụng Sikadur liên kết chốt neo ngang vào dầm

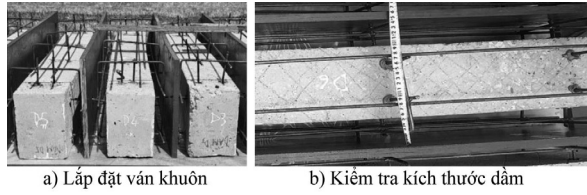
- Lắp đặt các thép dọc, thép ngang của 3 mặt dầm như Hình 5.



Hình 5. Lắp đặt các thanh thép ngang, thép dọc vào các mặt dầm

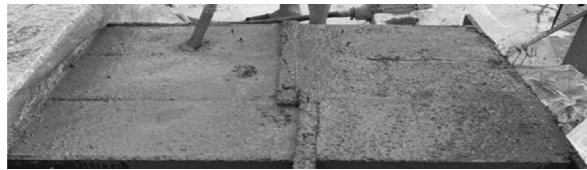
- Gia công ván khuôn và tiến hành lắp ghép ván khuôn các dầm bê tông như Hình 6.

- Đổ bê tông cho các dầm. Do chiều dày thành 50mm nên chọn cấp phối B20 với cốt liệu đá 0.5 cho toàn bộ các dầm gia cường với cấp phối theo bảng 1 và được qui về đơn vị kg. Dùng máy đầm bê



Hình 6. Gia công lắp đặt ván khuôn, cốt thép dầm

tông trong quá trình đổ và kiểm tra kích thước dầm nhằm tránh sai lệch kích thước và thép trong quá trình đổ bê tông, như Hình 7.



Hình 7. Đổ bê tông các dầm

Bảng 1: Cấp phối đá 0.5 cho 1 m³ bê tông B20

TT	Thành phần	Khối lượng (kg)
1	Xi măng PCB40	330
2	Cát	801
3	Đá 0.5	1106
4	Nước	169

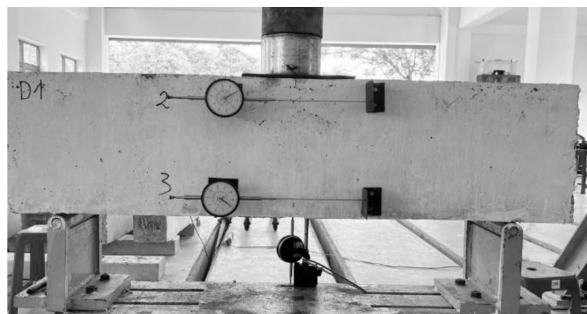
- Cường độ chịu nén của tổ mẫu sau 28 ngày đạt: 28MPa và sử dụng thép thỏa tiêu chuẩn TCVN 1651-1:2008, mác thép CB 240T, giới hạn chảy 240 min (N/mm²), giới hạn đứt 380 min (N/mm²), độ giãn dài min 20%.

2.4 Lắp đặt thiết bị và thí nghiệm các dầm

Trong nghiên cứu [16] xét điều kiện dầm phụ gác lên dầm chính tại giữa nhịp, và nghiên cứu này sau khi gia cường lớp bê tông cũng áp dụng tải trọng tập trung tại giữa nhịp và so sánh kết quả giữa các nghiên cứu với nhau để đảm bảo cùng điều kiện thí nghiệm. Chiều dài chuẩn đo của đồng hồ là 300mm và sử dụng đồng hồ đo có tỉ lệ 1/100.

- Lắp đặt 2 đồng hồ đo biến dạng được bố trí ở vùng chịu nén hai bên thân dầm.

- Lắp đặt 2 đồng hồ đo biến dạng được bố trí ở



Hình 8. Dầm trên bộ thí nghiệm với các thiết bị đo

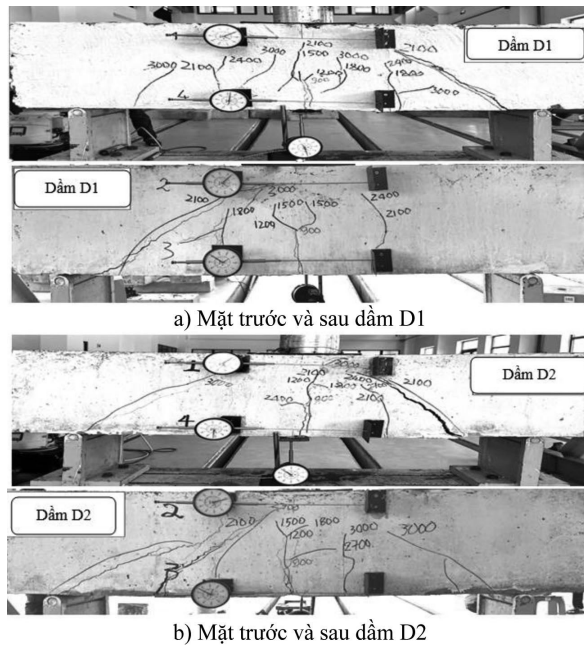
vùng chịu kéo hai bên thân dầm.

- Lắp đặt đồng hồ đo chuyển vị đứng được bố trí tại vị trí như Hình 8.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Sự hình thành và lan truyền vết nứt trong các dầm

Vết nứt hình thành và lan truyền qua từng cấp tải như Hình 9.



Hình 9. Sự hình thành và lan truyền vết nứt trong các dầm D1 và D2

Dựa vào Hình 9: Khi tải trọng tăng lên 900psi (45kN), ở dầm D1 và D2 các vết nứt bắt đầu hình thành ở vùng chịu kéo của dầm, thường xuất hiện tại các vị trí có mô men uốn lớn nhất, tức là ở giữa nhịp. Các vết nứt ban đầu có xu hướng vuông góc với trục dầm, phản ánh tác động của mô men uốn. Biến dạng đo được tại các đồng hồ cũng có sự gia tăng nhẹ nhưng vẫn trong phạm vi cho phép, chứng tỏ dầm chưa rơi vào trạng thái làm việc phi tuyến. Tiếp tục tăng tải lên 1500 psi (75kN), các vết nứt mở rộng và xuất hiện nhiều hơn, đặc biệt là ở khu vực gần gối tựa. Một số vết nứt có xu hướng nghiêng dần, cho thấy sự xuất hiện của ứng suất cắt trong dầm. Đồng thời, giá trị biến dạng tại các đồng hồ đo cũng tăng lên đáng kể, phản ánh sự suy giảm độ cứng của kết cấu. Giai đoạn này đánh dấu sự chuyển tiếp từ trạng thái làm việc đàn hồi sang trạng thái có ảnh hưởng của nứt gãy, khiến dầm mất dần khả năng chịu lực ban đầu.

Khi tải trọng tiếp tục tăng lên 2100psi và 2400psi (105kN và 120kN), các vết nứt phát triển mạnh hơn cả về chiều dài lẫn độ mở rộng. Đặc biệt, các vết nứt xiên gần gối tựa có xu hướng liên kết với nhau, hình

thành vùng phá hoại do lực cắt. Các giá trị biến dạng đo được ở vùng này cũng tăng nhanh, cho thấy kết cấu đang chịu áp lực lớn và tiến gần đến giới hạn chịu tải. Ở cấp tải cao hơn 3000psi (150kN), các vết nứt phát triển rõ rệt với bề rộng lớn hơn, báo hiệu sự mất ổn định của dầm. Độ cứng của kết cấu suy giảm nghiêm trọng, dẫn đến phá hoại dầm do kết hợp giữa mô men uốn và lực cắt.

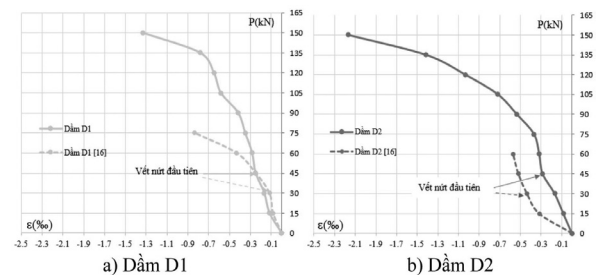
Còn với dầm D1 [16] thì ở cấp tải 30kN đã xuất hiện vết nứt (sớm hơn 1 cấp tải) và dầm bị hư hỏng hoàn toàn ở cấp tải 75kN. Còn ở dầm D2 [16] cũng xuất hiện vết nứt ở cấp tải 30kN nhưng do sử dụng 20% hàm lượng mạt dừa thay thế cát trong cấp phối bê tông nên đã gây ra phá hoại ở cấp tải 60kN mặc dù các hạt mạt dừa đã qua quá trình làm cứng hoá, chứng tỏ hạt mạt dừa đã làm cho độ rỗng và độ sộp tăng lên làm giảm khả năng chịu lực. Sau khi các dầm được sửa chữa bằng giải pháp tăng tiết diện và các chốt neo liên kết ngang nên cả 2 dầm này cùng phá hoại ở cấp tải 150kN.

Vết nứt đầu tiên được phát hiện thông qua bằng quan sát và dựa vào biểu đồ quan hệ tải trọng và biến dạng để xác định cấp tải trọng mà vết nứt xuất hiện.

3.2. Quan hệ tải trọng và biến dạng vùng nén của dầm

Với diện tích mặt cắt ngang của dầm ban đầu và sau khi tăng kích thước mặt cắt ngang lên 150%

Quan hệ tải trọng và biến dạng vùng nén dầm D1 và D2, được trình bày ở Hình 10:



Hình 10. Quan hệ tải trọng và biến dạng vùng nén

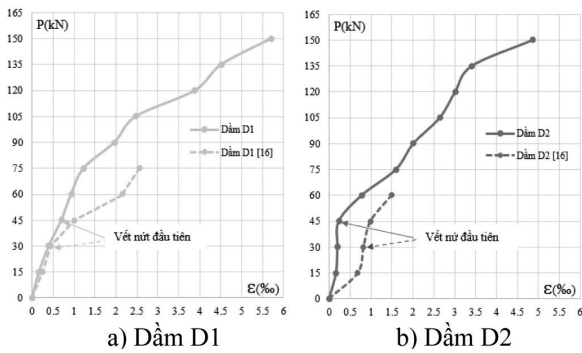
Ở cấp tải 30kN thì dầm D1 [16] xuất hiện vết nứt, tăng tải lên 45kN thì dầm D1 xuất hiện vết nứt đầu tiên và tiếp tục gia tải đến 75kN dầm D1 [16] bị phá hủy. Mặt khác đối với dầm D1 tiếp tục gia tải đến 150kN thì bị phá hủy, tuy nhiên ở dầm D1 chưa có hiện tượng tách giữa lớp bê tông cũ và lớp bê tông mới. Chứng tỏ các chốt neo liên kết ngang trong dầm đã liên kết tốt giữa các lớp bê tông và cùng làm việc như một kết cấu đồng nhất. Ở cấp phá hoại của dầm D1 [16] và dầm D1 cho thấy biến dạng nén trong dầm tăng từ 0.85‰ lên 1.35‰, chênh lệch 0.5‰ (tăng 60% biến dạng nén)

Đối với dầm D2 [16] do có sự thay thế 20% hàm

lượng mụn dừa thay thế cát trong bê tông nền dầm bắt đầu nứt ở cấp tải 30kN và bị hư hỏng rất sớm ở 60kN. Tuy nhiên với giải pháp tăng kích thước tiết diện ngang và sử dụng các chốt neo liên kết ngang nền dầm D2 làm việc rất tốt và đạt 150kN cùng với cấp hư hỏng của dầm D1 không có sử dụng mụn dừa thay thế cát.

3.3. Quan hệ tải trọng và biến dạng vùng kéo của dầm

Quan hệ tải trọng và biến dạng vùng kéo của dầm D1 và D2, được trình bày ở Hình 11:



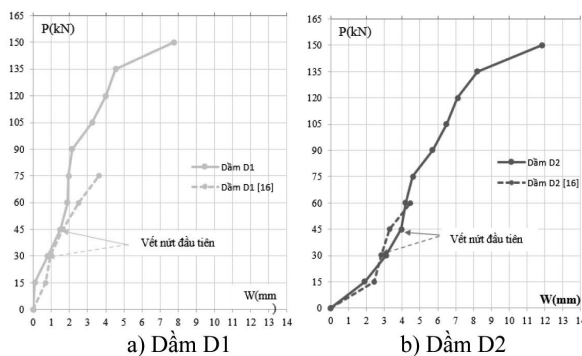
Hình 11. Quan hệ tải trọng và biến dạng vùng kéo

Dầm D1: ở cấp tải 45kN đến 75kN: biến dạng vùng kéo lớn gấp 3 lần biến dạng vùng nén mặc dù từ vùng nén đến vùng kéo là 200mm. Biến dạng vùng kéo của D1 [16] so với D1 là gấp 2 lần từ 1.25‰ lên 2.5‰ cho cấp tải 75kN. Chênh lệch ở cấp mà 2 dầm bị hư hỏng hoàn toàn thì chênh lệch nhau hơn 3‰ (tăng hơn 2 lần).

Ở dầm D2: trước khi dầm D2 [16] bị phá hoại cho thấy khả năng làm việc của các chốt neo liên kết ngang rất tốt, biến dạng kéo của dầm D2 nhỏ hơn 5 lần so với dầm D2 [16] và ở cấp tải phá hoại 2 dầm tăng từ 1.5‰ lên 3.6‰ (tăng 2.4 lần).

3.4. Quan hệ tải trọng và chuyển vị đứng

Quan hệ tải trọng và chuyển vị đứng dầm D1 và D2, được trình bày ở Hình 12:



Hình 12. Quan hệ tải trọng và chuyển vị đứng

Khi tăng kích thước mặt cắt ngang dầm lên 150%, bố trí thêm các chốt neo liên kết ngang thì

tải trọng phá hoại tăng 200% trong dầm D1 và tăng 250% dầm D2. Ở dầm D1 chuyển vị đứng tăng từ 3.5mm lên 6.8mm (tăng gần gấp đôi), tuy nhiên ở dầm D2 có sử dụng mụn dừa thay thế cát thì chuyển vị đứng tăng từ 4.5mm lên 11mm (tăng hơn 2.4 lần).

Kết luận

Qua kết quả khảo sát phương pháp tăng kích thước tiết diện ngang dầm lên 150% và có sử dụng các chốt neo liên kết ngang cho thấy các chốt làm việc khá hiệu quả để liên kết giữa lớp bê tông cũ và lớp bê tông mới và cùng làm việc với nhau như một dầm BTCT thông thường. Kết quả khảo sát cho thấy từ lúc ban đầu đến dầm bị hư hỏng hoàn toàn chưa thấy có sự tách trượt giữa các lớp bê tông cũ và mới. Ngoài ra, kết quả nghiên cứu còn cho thấy số lượng vết nứt của dầm được sửa chữa bằng tăng kích thước tiết diện có ít vết nứt hơn dầm BTCT thông thường ban đầu.

Với phương pháp sửa chữa dầm bị hư hỏng hoàn toàn này có kỹ thuật khá đơn giản, tiết kiệm chi phí so với việc phải bỏ đi hoặc phải thay thế bằng các giải pháp khác tốn kém.

Tài liệu tham khảo:

- [1] Y. Gebre, A.G. Tarekegn, M. Redae (2020), Strengthening of Reinforced Concrete Beams using Near-Surface Mounted Fiber Reinforced Polymer Rods. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology, 8(1), Pp. 590-596. DOI: 10.22214/ijraset.2020.1108
- [2] S. Azizi, H. M. Kotlar, and K. Narmashiri (2021), Shear strengthening of plate girders using carbon-fibre-reinforced polymer composites, Proc. Inst. Civ. Eng. Constr. Mater., 174(2), Pp. 101-111. DOI: 10.1680/jcoma.16.00078
- [3] W. Tang (2023), A review on flexural behavior of reinforced concrete beams strengthened with prestressed carbon fiber reinforced polymer plates, Journal of Physics: Conference Series, 2608. DOI: 10.1088/1742-6596/2608/1/012004
- [4] S. Parajuli, A.E. Yeganeh, A. Ahmadi and K.M.A. Hossain (2024), Behavior of damaged shear deficient RC beams using ECC jackets. Conference: CSCE 2024 Annual Conference June 2024
- [5] Tabrizikahou, A., Białasik, J., Borysiak, S. et al (2024). Shear strengthening of damaged reinforced concrete beams with iron-based shape memory alloy (Fe-SMA) strips: numerical and parametric analysis. Arch. Civ. Mech. Eng. 24(189). DOI: 10.1007/s43452-024-01004-6
- [6] Jung, C., Seo, Y., Hong, J., Heo, J., Cho, H.-C., & Ju, H. (2024). Experimental Study on Shear Strengthening of Reinforced Concrete Beams by Fabric-Reinforced Cementitious Matrix. Materials, 17(17), 4336. DOI: 10.3390/ma17174336
- [7] S. Bahij, S. Omary, F. Feugeas and A. Faqiri (2020). Structural Strengthening/Repair of Reinforced Concrete (RC) Beams by Different Fiber-Reinforced Cementitious Materials - A State-of-the Art Review. Journal of Civil & Environmental Engineering Article in Journal of Civil & Environmental Engineering. DOI: 10.37421/jcce.2020.10.354
- [8] G. Martinola, A. Meda, G. A. Plizzari, and Z. Rinaldi (2010).

- Strengthening and repair of RC beams with fiber reinforced concrete. *Cem. Concr. Compos.*, 32(9), Pp. 731–739. DOI: 10.1016/j.cemconcomp.2010.07.001
- [9] Wakjira, T.G. and Ebead, U. (2019). Experimental and analytical study on strengthening of reinforced concrete T-beams in shear using steel reinforced grout (SRG). *Composites Part B: Engineering*, 177, 107368. DOI: 10.1016/j.compositesb.2019.107368
- [10] Bahraq, A.A., Al-Osta, M.A., Ahmad, S. et al. (2019). Experimental and Numerical Investigation of Shear Behavior of RC Beams Strengthened by Ultra-High Performance Concrete. *Int J Concr Struct Mater*, 13(6). DOI: 10.1186/s40069-018-0330-z
- [11] Guo, R., Cai, L., Hino, S., & Wang, B. (2019). Experimental Study on Shear Strengthening of RC Beams with an FRP Grid-PCM Reinforcement Layer. *Applied Sciences*, 9(15), 2984. DOI: 10.3390/app9152984
- [12] Jalali, M., Sharbatdar, M.K., Chen, J.F., Alaei, F.J. (2012). Shear strengthening of RC beams using innovative manually made NSM FRP bars. *Construction and Building Materials*, 36. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2012.06.068
- [13] Barros, J.A.O., Dias, S.J.E. (2006). Near surface mounted CFRP laminates for shear strengthening of concrete beams. *Cement and Concrete Composites*. 28(3). DOI: 10.1016/j.cemconcomp.2005.11.003
- [14] Meda, A., Mostosi, S. and Riva, P. (2014). Shear Strengthening of Reinforced Concrete Beam with High-Performance Fiber-Reinforced Cementitious Composite Jacketing. *Structural Journal*. 111(5). DOI: 10.14359/51687027
- [15] C.D. Bách (2020). Tính toán gia cường đỡ bù tăng tiết diện bê tông cường thép có kể đến sự hư hỏng của dầm do nứt theo tài liệu của viện nghiên cứu nhà và công trình công nghiệp-liên bang nga. *Tạp chí KHCN Xây dựng - số 1/2020*
- [16] L.T. Anh (2024). Nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của cốt đai tại vị trí nút giao dầm có sử dụng mìn dũa thay thế cát trong dầm bê tông cốt thép. *Luận văn Thạc sĩ Kỹ thuật xây dựng, Trường ĐHXD Miền Tây, 2024.*

THIẾT KẾ CẢNH QUAN TUYẾN PHỐ ĐI BỘ VÀ CHỢ ĐÊM BẠCH ĐẰNG...

Tiếp theo trang 33

hoa, cây cảnh để tạo không khí trong lành và gần gũi với thiên nhiên.

d. Thiết kế vật liệu

Vật liệu tự nhiên: Để tôn vinh văn hóa địa phương, các vật liệu chính sử dụng cho thiết kế sẽ là gạch đá, gỗ, tre và các vật liệu tự nhiên bền vững, có thể tái chế.

Màu sắc nhẹ nhàng: Màu sắc chủ đạo sẽ là các màu trung tính, nhã nhặn như xám, nâu, be, vàng để tạo ra cảm giác ấm cúng và thân thiện.

3. Phương tiện di chuyển và An toàn

Lối đi cho người khuyết tật: Bố trí các lối đi bộ dành cho người khuyết tật, đảm bảo tính tiện nghi và hòa nhập cộng đồng.

Bãi đỗ xe: Các khu vực đỗ xe sẽ được bố trí hợp lý tại các điểm đầu và cuối của tuyến phố, giúp người dân và khách du lịch tiện lợi khi đến tham quan.

An ninh: Đảm bảo hệ thống camera giám sát, có lực lượng bảo vệ túc trực để đảm bảo an toàn cho người dân và du khách.

4. Lợi ích của Dự án

Tăng cường kinh tế địa phương: Khu vực chợ đêm và phố đi bộ sẽ tạo ra cơ hội kinh doanh cho các tiểu thương, đặc biệt là các sản phẩm đặc sản

của Hải Dương. Đây cũng là điểm đến thu hút du khách, góp phần vào sự phát triển ngành du lịch.

Bảo tồn văn hóa truyền thống: Dự án không chỉ thúc đẩy phát triển kinh tế mà còn bảo tồn và phát huy giá trị văn hóa, nghệ thuật truyền thống như chèo, ẩm thực và các lễ hội của Hải Dương.

Tạo không gian cộng đồng: Đây sẽ là nơi diễn ra các hoạt động cộng đồng, giúp gắn kết người dân và du khách, tạo sự phát triển bền vững cho thành phố Hải Dương.

Tài liệu tham khảo:

- Báo cáo kinh tế xã hội thành phố Hải Dương, tỉnh Hải Dương năm 2022.
- Thiết kế kiến trúc cảnh quan tuyến phố đi bộ hồ Hoàn Kiếm – TP Hà Nội.
- Thiết kế kiến trúc cảnh quan tuyến phố đi bộ Nguyễn Huệ – TP Hồ Chí Minh.
- Đồ án thiết kế Cảnh quan tuyến phố đi bộ và chợ đêm Bạch Đằng, thành phố Hải Dương, tỉnh Hải Dương của đơn vị tư vấn Belt Collins International.
- Luật Quy hoạch Đô thị số 30/2009/QH12