

# Nghiên cứu đánh giá hiệu quả kinh tế, kỹ thuật của kết cấu dầm thép liên hợp bản bê tông cốt liệu nhẹ, cốt thanh GFRP

■ TS. NGUYỄN ĐẮC ĐỨC; NGUYỄN ĐÌNH THÀNH; TS. PHẠM VĂN HÙNG; PGS. TS. TRẦN THẾ TRUYỀN

*Trường Đại học Giao thông vận tải*

■ ThS. ĐÀO QUANG HUY<sup>(\*)</sup>

*Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải*

Email: <sup>(\*)</sup>huydq@utt.edu.vn

**TÓM TẮT:** Bài báo đánh giá hiệu quả kinh tế và kỹ thuật của kết cấu dầm thép liên hợp với bản bê tông nhẹ sử dụng cốt thanh composite sợi thủy tinh GFRP. Đây là một loại kết cấu nhẹ, phù hợp cho xây dựng cầu lắp ghép nhanh trong đô thị. Nghiên cứu so sánh giữa hai giải pháp: Dầm thép liên hợp bê tông nhẹ GFRP và dầm thép liên hợp bê tông cốt thép truyền thống, thông qua phân tích số liệu và mô phỏng bằng phần mềm Midas FEA. Các chỉ tiêu kinh tế và kỹ thuật của các vật liệu bê tông thường, bê tông nhẹ, cốt thép và cốt thanh GFRP được phân tích chi tiết. Kết quả cho thấy, vật liệu làm bản mặt cầu có ảnh hưởng lớn đến chi phí và khả năng chịu tải của kết cấu. Dầm thép liên hợp với bê tông nhẹ và cốt GFRP vượt trội hơn về hiệu quả kinh tế và kỹ thuật so với dầm liên hợp bê tông cốt thép truyền thống.

**TỪ KHÓA:** Bê tông nhẹ, dầm thép liên hợp, bản bê tông, GFRP.

**ABSTRACT:** The article evaluates the economic and technical efficiency of the composite steel beam structure with lightweight concrete slab using GFRP glass fiber composite bars. This is a type of lightweight structure, suitable for the construction of rapid assembly bridges in urban areas. The study compares two solutions: GFRP lightweight concrete composite steel beam and traditional reinforced concrete composite steel beam, through data analysis and simulation using Midas FEA software. The economic and technical indicators of conventional concrete, lightweight concrete, steel reinforcement and GFRP bars are analyzed in detail. The results show that the bridge deck material has a great influence on the cost and load-bearing capacity of the structure. Composite steel beams with lightweight concrete and GFRP bars are superior in economic and technical efficiency

compared to traditional reinforced concrete composite beams.

**KEYWORDS:** Lightweight concrete, composite steel girder, concrete slab, GFRP.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bê tông nhẹ (LWC) hiện đang được sử dụng rộng rãi trên toàn thế giới trong lĩnh vực cầu đường. Ưu điểm của bê tông nhẹ đã được chứng minh qua việc giảm khối lượng kết cấu cầu, từ đó tăng khả năng chịu tải trọng của công trình. Khối lượng bê tông nhẹ có thể giảm tới 25% so với bê tông thông thường, điều này giúp giảm trọng lượng bản thân kết cấu một cách đáng kể. Kết quả là tải trọng lên nền móng giảm, kéo theo giảm chi phí nền móng, đồng thời nâng cao năng suất vận chuyển và lắp đặt cấu kiện, đặc biệt là khi sử dụng các cấu kiện đúc sẵn, giúp đẩy nhanh quá trình lắp ráp và tiết kiệm chi phí vận chuyển [1, 2]. Ý tưởng ứng dụng bê tông nhẹ trong kết cấu cầu đã phát triển trong những năm gần đây, với các phân tích kỹ thuật và kinh tế so sánh giữa bê tông nhẹ và bê tông truyền thống [3]. Ở Việt Nam, bê tông nhẹ, đặc biệt là bê tông cốt liệu nhẹ đã được sử dụng phổ biến trong xây dựng dân dụng và bắt đầu được ứng dụng vào các công trình cầu [4]. Nghiên cứu về việc sử dụng bê tông nhẹ thay thế tà vẹt gỗ trên các cầu đường sắt đã chứng minh rằng bê tông nhẹ có thể thay thế bê tông truyền thống và gỗ, đồng thời vẫn đảm bảo các đặc tính cơ học cần thiết cho tà vẹt [5, 6]. Các nghiên cứu về ứng xử cơ lý của bê tông nhẹ và đặc tính độ bền, dính bám đã cung cấp cơ sở đánh giá hiệu quả của bê tông nhẹ khi sử dụng thay thế bê tông thường [4, 7, 8].

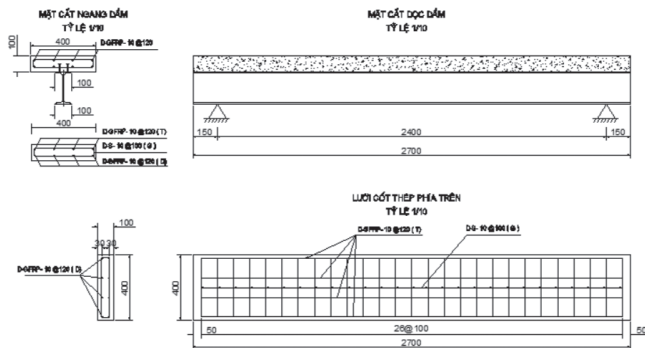
Bê tông cốt liệu nhẹ kết hợp với cốt thanh GFRP trong các kết cấu công trình cũng đã được một số nghiên cứu trên thế giới đề cập [5, 6, 9]. Ưu điểm của hai loại vật liệu này là giảm trọng lượng kết cấu và tăng khả năng chống ăn mòn, thời gian thi công diễn ra nhanh chóng và thuận lợi hơn, đặc biệt là đối với những công trình yêu cầu tiến độ gấp [10, 11]. Việc sử dụng kết cấu dầm thép liên hợp với

bản bê tông nhẹ, sử dụng cốt thanh GFRP hoặc cốt thép truyền thống đã được nghiên cứu và cho thấy tiềm năng lớn trong việc xây dựng các cầu lắp ghép [12, 13].

Nghiên cứu này đề xuất việc sử dụng dầm thép liên hợp với bản bê tông cốt liệu nhẹ, kết hợp cốt thanh GFRP thay thế cho dầm bản bê tông cốt thép thông thường trên các cầu đường bộ lắp ghép nhanh trong đô thị. Thiết kế sơ bộ đã được đề xuất cùng với các thiết kế hình học và kỹ thuật theo tiêu chuẩn Việt Nam [14]. Hiệu quả kinh tế của việc sử dụng cốt thép thường và cốt composite sợi thủy tinh GFRP đã được tính toán và so sánh với giải pháp sử dụng dầm thép liên hợp với bản bê tông thường và cốt thép thường.

## 2. ĐỀ XUẤT KẾT CẤU DẦM THÉP LIÊN HỢP BẢN BÊ TÔNG NHẸ CỐT THANH GFRP

Kết cấu dầm được xem xét là dầm thép liên hợp với bản bê tông cốt thép hoặc cốt thanh GFRP. Dầm thép có mặt cắt chữ I với chiều dài 2.700 mm, chiều cao 200 mm, bề rộng của cả bản cánh trên và bản cánh dưới là 100 mm và chiều dày bản cánh là 8 mm. Bản bê tông liên hợp có chiều dày 100 mm, rộng 400 mm và dài 2.700 mm. Bê tông được sử dụng cho bản mặt cầu được chia thành hai loại: Bê tông thường và bê tông nhẹ. Bê tông nhẹ và bê tông cốt liệu nhẹ sử dụng sỏi Keramzit, với cường độ mục tiêu là 30 MPa. Các neo thép được sử dụng để tăng cường liên kết giữa bản bê tông và dầm thép.



Hình 2.1: Cấu tạo cốt thép dầm thép liên hợp

Các đặc tính cơ học của bê tông nhẹ và cốt thanh GFRP dùng trong tính toán thiết kế được kiểm chứng lại bằng thực nghiệm với kết quả được tóm lược trong Bảng 2.1 và Bảng 2.2 như sau:

Bảng 2.1. Tổng hợp các đặc tính cơ học của bê tông thường và bê tông cốt liệu nhẹ dùng trong thiết kế bản mặt cầu

| Thông số xem xét                         | Bê tông thường | Bê tông nhẹ |
|------------------------------------------|----------------|-------------|
| Khối lượng thể tích (kg/m <sup>3</sup> ) | 2.200          | 1.737       |
| Cường độ chịu nén (MPa)                  | 30             | 30          |
| Mô-đun đàn hồi (MPa)                     | 3,98           | 3,98        |
| Cường độ chịu kéo khi uốn (MPa)          | 19.637         | 19.637      |

Bảng 2.2. Tổng hợp các đặc tính cơ học của bê tông thường và bê tông cốt liệu nhẹ dùng trong thiết kế bản mặt cầu

| Thông số xem xét                         | Cốt thép thường | Cốt thanh GFRP |
|------------------------------------------|-----------------|----------------|
| Đường kính (mm)                          | 10              | 10             |
| Khối lượng thể tích (kg/m <sup>3</sup> ) | 7.850           | 1.570          |

| Thông số xem xét        | Cốt thép thường | Cốt thanh GFRP |
|-------------------------|-----------------|----------------|
| Cường độ chịu kéo (MPa) | 300             | 1.000          |
| Cường độ chịu nén (MPa) | 300             | 300            |
| Mô-đun đàn hồi (MPa)    | 200.000         | 47.000         |

## 3. ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ KINH TẾ VÀ KỸ THUẬT CỦA PHƯƠNG ÁN KẾT CẤU ĐỀ XUẤT

Nghiên cứu tổ hợp 6 giải pháp với mục đích tham chiếu so sánh giữa các lựa chọn khác nhau và đề xuất giải pháp phù hợp. Các dầm có kích thước và cấu tạo như mô tả trong Mục 2 và Hình 2.1. Các trường hợp được xem xét trong nghiên cứu này bao gồm:

- Dầm thép liên hợp bản bê tông thường và 100% cốt thép thường;
- Dầm thép liên hợp bản bê tông thường và 50% cốt thép thường+50% cốt GFRP;
- Dầm thép liên hợp bản bê tông thường và 100% cốt GFRP;
- Dầm thép liên hợp bản bê tông nhẹ và 100% cốt thép thường;
- Dầm thép liên hợp bản bê tông nhẹ và 50% cốt thép thường+50% cốt GFRP;
- Dầm thép liên hợp bản bê tông nhẹ và 100% cốt.

Các bảng dưới đây tổng hợp các chi phí vật liệu chính để thực hiện đúc bản mặt cầu theo các cốt liệu khác nhau được lấy cho 1 trường hợp báo giá điển hình của các loại vật liệu dùng cho kết cấu dầm liên hợp bản bê tông cốt thép xem xét [15, 16, 17].

Bảng 3.1. Tổng hợp chi phí vật liệu dùng để đúc bản mặt cầu bê tông cốt thép thường

| Hạng mục                                                | Đơn giá                         | Khối lượng  | Thành tiền    |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------|---------------|
| Cốt thép D10 (mm)                                       | 14.300 (VNĐ/kg)                 | 27,8 (kg)   | 397.540 (VNĐ) |
| Chi phí bê tông Mác 350                                 | 1.400.000 (VNĐ/m <sup>3</sup> ) | 240,25 (kg) | 147.000 (VNĐ) |
| Chi phí ván khuôn (thép 7 li, 54,95 kg/m <sup>2</sup> ) | 911.825 (VNĐ/bộ)                | 1 (bộ)      | 911.825 (VNĐ) |

Bảng 3.2. Tổng hợp chi phí vật liệu dùng để đúc bản mặt cầu bằng bê tông thường và cốt thép hỗn hợp

| Hạng mục                                                | Đơn giá                         | Khối lượng              | Thành tiền    |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------|
| Cốt thép D10 (mm)                                       | 14.300 (VNĐ/kg)                 | 21,4 (kg)               | 630.500 (VNĐ) |
| Cốt GFRP D10 (mm)                                       | 31.200 (VNĐ/m)                  | 10,4 (m)                | 324.480 (VNĐ) |
| Chi phí bê tông Mác 350                                 | 1.400.000 (VNĐ/m <sup>3</sup> ) | 0,105 (m <sup>3</sup> ) | 147.000 (VNĐ) |
| Chi phí ván khuôn (thép 7 li, 54,95 kg/m <sup>2</sup> ) | 911.825 (VNĐ/bộ)                | 1 (bộ)                  | 911.825 (VNĐ) |

Bảng 3.3. Tổng hợp chi phí vật liệu dùng để đúc bản mặt cầu bê tông thường cốt thanh GFRP

| Hạng mục                                                | Đơn giá                         | Khối lượng              | Thành tiền    |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------|
| Cốt GFRP D10 (mm)                                       | 31.200 (VNĐ/m)                  | 20,8 (m)                | 304.658 (VNĐ) |
| Cốt đai GFRP D10 (mm)                                   | 33.000 (VNĐ/m)                  | 24,3 (m)                | 801.900 (VNĐ) |
| Chi phí bê tông Mác 350                                 | 1.400.000 (VNĐ/m <sup>3</sup> ) | 0,105 (m <sup>3</sup> ) | 147.000 (VNĐ) |
| Chi phí ván khuôn (thép 7 li, 54,95 kg/m <sup>2</sup> ) | 911.825 (VNĐ/bộ)                | 1 (bộ)                  | 911.825 (VNĐ) |

Bảng 3.4. Tổng hợp chi phí vật liệu dùng để đúc bản mặt cầu bê tông nhẹ và cốt thép thường

| Hạng mục                                                | Đơn giá                         | Khối lượng              | Thành tiền    |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------|
| Cốt thép D10 (mm)                                       | 14.300 (VNĐ/kg)                 | 27,8 (kg)               | 397.540 (VNĐ) |
| Chi phí bê tông nhẹ                                     | 7.000.000 (VNĐ/m <sup>3</sup> ) | 0,105 (m <sup>3</sup> ) | 735.000 (VNĐ) |
| Chi phí ván khuôn (thép 7 li, 54,95 kg/m <sup>2</sup> ) | 911.825 (VNĐ/bộ)                | 1 (bộ)                  | 911.825 (VNĐ) |

Bảng 3.5. Tổng hợp chi phí vật liệu dùng để đúc bản mặt cầu bằng bê tông nhẹ và cốt thép hỗn hợp

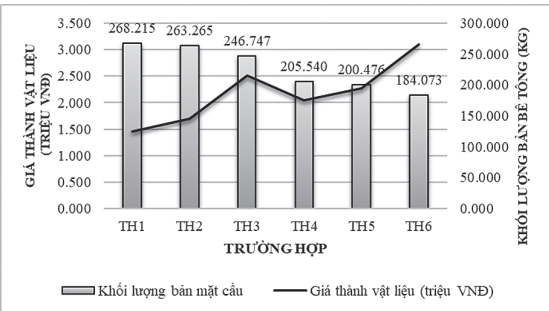
| Hạng mục                                                | Đơn giá                         | Khối lượng              | Thành tiền    |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------|
| Cốt thép D10 (mm)                                       | 14.300 (VNĐ/kg)                 | 21,4 (kg)               | 630.500 (VNĐ) |
| Cốt GFRP D10 (mm)                                       | 31.200 (VNĐ/m)                  | 10,4 (m)                | 324.480 (VNĐ) |
| Chi phí bê tông nhẹ                                     | 7.000.000 (VNĐ/m <sup>3</sup> ) | 0,105 (m <sup>3</sup> ) | 735.000 (VNĐ) |
| Chi phí ván khuôn (thép 7 li, 54,95 kg/m <sup>2</sup> ) | 911.825 (VNĐ/bộ)                | 1 (bộ)                  | 911.825 (VNĐ) |

Bảng 3.6. Tổng hợp chi phí vật liệu dùng để đúc bản mặt cầu bê tông nhẹ cốt thanh GFRP

| Hạng mục                                                | Đơn giá                         | Khối lượng              | Thành tiền    |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------|
| Cốt GFRP D10 (mm)                                       | 31.200 (VNĐ/m)                  | 20,8 (m)                | 304.658 (VNĐ) |
| Cốt đai GFRP D10 (mm)                                   | 33.000 (VNĐ/m)                  | 24,3 (m)                | 801.900 (VNĐ) |
| Chi phí bê tông nhẹ                                     | 7.000.000 (VNĐ/m <sup>3</sup> ) | 0,105 (m <sup>3</sup> ) | 735.000 (VNĐ) |
| Chi phí ván khuôn (thép 7 li, 54,95 kg/m <sup>2</sup> ) | 911.825 (VNĐ/bộ)                | 1 (bộ)                  | 911.825 (VNĐ) |

3.1. So sánh hiệu quả kinh tế của các phương án

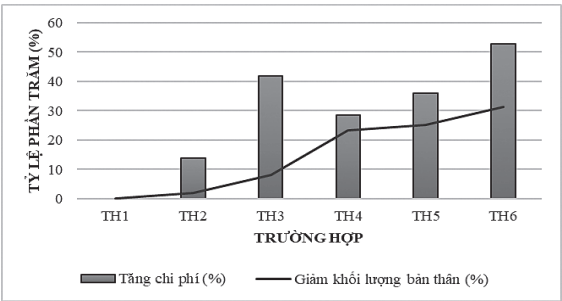
Các phương án được lựa chọn so sánh bao gồm: Bê tông cốt thép thường, bê tông thường cốt thép hỗn hợp, bê tông cốt GFRP thường, bê tông nhẹ cốt thép, bê tông nhẹ cốt thép hỗn hợp và bê tông cốt liệu nhẹ, được thể hiện trên Hình 3.1:



Hình 3.1: So sánh các phương án trên phương diện giá thành và khối lượng

Hình 3.1 và Hình 3.2 cho thấy nếu chỉ tính chi phí sản xuất hay chi phí mua nguyên liệu, so với phương án bê tông cốt thép thông thường, bản bê tông thường cốt thanh GFRP sẽ tăng 1.051.003 VNĐ, tương đương với 42% chi phí mua nguyên vật liệu. Việc thay thế cốt thép bằng cốt GFRP

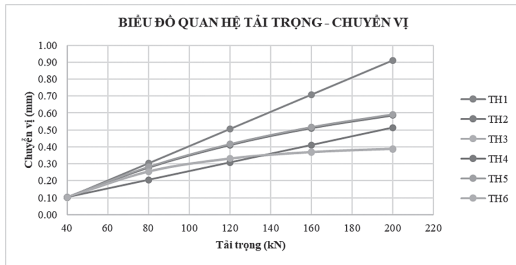
và thay thế bê tông thường bằng bê tông nhẹ làm giảm 31% khối lượng bản thân của cấu kiện song làm tăng chi phí vật liệu, cụ thể tăng gần 53% chi phí vật liệu.



Hình 3.2: So sánh các phương án theo phần trăm tiết kiệm chi phí và giảm khối lượng bản thân

Khi thay thế cốt thép thường bằng cốt GFRP, chi phí tăng thêm từ 14% đến 42%, trong khi trọng lượng giảm xuống từ 2% đến 8%. Bên cạnh đó, nếu thay thế bê tông thường bằng bê tông nhẹ, chi phí tăng thêm 29% đến 53%, trong khi trọng lượng giảm xuống từ 23% đến 31%.

Mô phỏng ứng xử của kết cấu dầm trên phần mềm tính toán phần tử hữu hạn (Midas FEA). Kết quả có được như trên Hình 3.3.



Hình 3.3: Biểu đồ quan hệ giữa tải trọng và chuyển vị

Xét kết quả tính toán, khi từ từ tác dụng tải trọng đến 40 kN thì hầu hết chuyển vị của cả 6 dầm thí nghiệm đều chưa có sự khác biệt quá lớn và đều nằm trong giá trị 0,1 mm. Trường hợp 1 (BT thường & CT thường) và trường hợp 4 (BT nhẹ & CT thường) cho thấy, từ khi bắt đầu gia tải đến lúc kết thúc gia tải (200 kN) dầm không xuất hiện vết nứt và vẫn có khả năng chịu tải tốt, tuy nhiên độ võng lại tăng đều và có khác biệt rõ rệt giữa hai trường hợp. Cụ thể, tại các mốc tải trọng 80 kN, 120 kN, 160 kN và 200 kN, độ võng giảm lần lượt 32,6%, 39,3%, 42,1% và 43,7%. Điều này đồng nghĩa với việc bê tông nhẹ có ảnh hưởng lớn trong việc làm giảm độ võng của dầm.

Xét kết quả tính toán trường hợp 2 (BT thường & CT thường + GFRP) và trường hợp 5 (BT nhẹ & CT thường + GFRP) cho thấy, trong giai đoạn đầu độ võng của dầm tiếp tục tăng tới khi tải trọng đạt 120 kN thì bắt đầu xuất hiện vết nứt. Tuy nhiên, bản mặt cầu vẫn tiếp tục chịu tải tốt sau khi gia tải lớn hơn 200 kN. Nguyên nhân vì bản mặt cầu sử dụng cốt thép hỗn hợp với cốt GFRP giúp tăng độ bền và giảm độ võng của kết cấu. So với trường hợp 1 (BT thường & CT thường), độ võng tại các mốc tải trọng 80 kN, 120 kN, 160 kN và 200 kN, lần lượt giảm 8%, 18%, 27% và 35%. Do đó, kết cấu vẫn làm việc bình thường trong trường hợp quá tải.

Xét kết quả mô phỏng trường hợp 3 (BT thường & cốt GFRP) và trường hợp 6 (BT nhẹ & cốt GFRP) cho thấy, kết cấu sử dụng bê tông nhẹ và cốt GFRP giúp tăng độ bền của kết cấu. Khả năng chịu tải của trường hợp này trong giai đoạn đầu kém hơn bản mặt cầu bê tông cốt thép thường và tốt hơn bê tông nhẹ cốt thép thường. Tuy nhiên, trong suốt quá trình gia tải, chuyển vị của kết cấu không thay đổi nhiều qua các bước tải. Tại các mốc tải trọng 80 kN, 120 kN, 160 kN và 200 kN, độ võng giảm lần lượt 16%, 35%, 48% và 57% so với trường hợp 1 (BT thường & CT thường).

#### 4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Việc sử dụng bản bê tông nhẹ kết hợp cốt thép hoặc cốt GFRP thay thế cho bản bê tông cốt thép truyền thống được xem là giải pháp hiệu quả cả về kinh tế lẫn môi trường. Giải pháp này phù hợp với chương trình quốc gia về nghiên cứu và phát triển vật liệu mới, hướng tới các kết cấu tối ưu giúp nâng cao cường độ và độ bền cho hệ thống cầu đường tại Việt Nam. Trong nghiên cứu này, phương án sử dụng bản bê tông nhẹ kết hợp cốt thép hoặc cốt GFRP đã được đề xuất và kiểm chứng thông qua các phân tích và mô phỏng số học. Kết quả chứng minh rõ tiềm năng thay thế của bản bê tông nhẹ cốt thép/GFRP đối với bê tông cốt thép truyền thống. Trong tương lai, nhóm nghiên cứu sẽ thực hiện các thử nghiệm thực tế để xác nhận kết quả mô phỏng, bao gồm cả kiểm tra tĩnh

học và động học. Đặc biệt, phân tích động học sẽ được mở rộng từ mô hình nhịp cầu sang toàn bộ cầu, nhằm đánh giá đầy đủ tác động của phương tiện giao thông lên kết cấu cầu.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo trong Đề tài mã số B2024-GHA-04.

#### Tài liệu tham khảo

- [1]. James. E. Roberts (1997), *Lightweight concrete for California's highway bridges, concrete structures*.
- [2]. Murillo, J., Thoman, S., Smith, D. (1994), *Lightweight concrete for a segmental bridge, civil engineering*.
- [3]. Reid W. Castrodale (2015), *Use of lightweight concrete for bridges moved into place*, 2015 National ABC Conference.
- [4]. Đặng Thùy Chi (2017), *Nghiên cứu thành phần, tính chất của bê tông cốt liệu nhẹ dùng trong công trình cầu ở Việt Nam*, Luận án Tiến sĩ, Trường Đại học GTVT.
- [5]. Trần Thế Truyền và các cộng sự (2021), *Phân tích ứng xử của kết cấu bản bê tông nhẹ cốt composite sợi thủy tinh (GFRP) dùng thay thế tà vẹt gỗ trên cầu dầm thép đường sắt*, Tạp chí GTVT, số tháng 3.
- [6]. T.T. Trần, S.Q. Từ, V.H. Phạm (2021), *Nghiên cứu để xuất kết cấu bản bê tông cốt liệu nhẹ thay thế cho tà vẹt gỗ trên cầu đường sắt*, Tạp chí Cầu đường Việt Nam, số 3.
- [7]. Từ Sỹ Quân và các cộng sự (2021), *Nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm xác định chiều dài triển khai của cốt thanh GFRP trong kết cấu bê tông nhẹ*, Tạp chí Khoa học GTVT, số 9.
- [8]. Lê Quang Vũ và các cộng sự (2018), *Thực nghiệm ảnh hưởng của tải trọng nén trước đến độ thấm ion clo của bê tông sử dụng cốt liệu nhẹ*, Tạp chí Khoa học GTVT, số 61, 6.
- [9]. Cheng Por Eng, Luận án Tiến sĩ kỹ thuật (2017), *Nghiên cứu ứng xử uốn của dầm bê tông cường độ cao cốt polyme gia cường sợi (FRP) để xây dựng cầu ở Campuchia*.
- [10]. Agnieszka Wiater, Tomasz Siwowski (2017), *Lightweight concrete bridge deck slabs reinforced with GFRP composite bars*, Roads and Bridges - Drogi i Mosty 16, 279-29.
- [11]. Taylor S., Robinson D., Sonebi M. (2011), *Basalt-fibre-reinforced polymer reinforcement*, Concrete, 45, 4, 48-50.
- [12]. Beata Stankiewicz (2015), *Bridge Structures with GFRP Composite Deck*, Open Journal of Civil Engineering, 5, 53-62.
- [13]. Stankiewicz B. (1/2011), *The examples of GFRP bridge decks*, Glass & Ceramic, Warsaw, pp.7-10.
- [14]. TCVN 11823-10:2017, *Tiêu chuẩn Quốc gia về Thiết kế cầu đường bộ*.
- [15]. *Báo giá bê tông tươi tại Hà Nội mới nhất năm 2024 - Trạm bê tông tươi cung cấp bê tông tươi bê tông thương phẩm (trambetongtuoi.com)*.
- [16]. *Báo giá sắt phi 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 xây dựng hôm nay 2024 (dayluoithep.com)*.
- [17]. *Báo giá cốt thanh GFRP của Công ty Cổ phần Cốt sợi Polyme (https://frpvietnam.com/), 2024*.

Ngày nhận bài: 17/10/2024

Ngày nhận bài sửa: 28/10/2024

Ngày chấp nhận đăng: 11/11/2024