

NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT KẾT CẤU BẢN BÊ TÔNG CỐT LIỆU NHẹ THAY THẾ CHO TÀ VỆT GỖ TRÊN CẦU ĐƯỜNG SẮT

TRẦN THẾ TRUYỀN
ĐOÀN BẢO QUỐC
TỪ SỸ QUÂN
PHẠM VĂN HÙNG

Trường Đại học Giao thông vận tải

TÓM TẮT:

Tóm tắt: Bài báo phân tích và đánh giá các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của phương án thiết kế bản bê tông nhẹ sử dụng cốt thép thường, cốt composite sợi thủy tinh so với trường hợp bản sử dụng bê tông thường cốt thép thường trên các phương diện khác nhau nhằm đánh giá khả năng sử dụng thay thế cho tà vẹt gỗ trên cầu đường sắt.

Từ khóa: LWC – Bê tông nhẹ, cầu đường sắt, bản, mô hình, thiết kế, GFRP, tà vẹt gỗ.

ABSTRACT:

This article analyses and evaluates economic and technical aspects of the design proposal of light weight concrete slab used steel rebar, GFRP reinforcement compared to the case of traditional reinforced concrete slab in different criterions to evaluate application capacity for replacing wooden ties on railway bridges.

Key word: LWC – Light weight concrete, railway bridge, slab, modeling, design, GFRP – Glass fiber reinforced polymer, wooden ties.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bê tông nhẹ (LWC) đã và đang được sử dụng rộng rãi trên toàn thế giới cho cầu đường bộ cũng như cầu đường sắt. Cầu Mặt trời (1992), cầu Lewis & Clark (1996), và cầu Greenland (1996) là một số ví dụ điển hình cho việc ứng dụng thành công bê tông nhẹ vào công tác xây dựng cầu. Ưu điểm của bê tông nhẹ đã được chứng

minh bằng sự giảm về khối lượng của kết cấu cầu, do đó làm tăng khả năng chịu hoạt tải của kết cấu. Khối lượng của bê tông nhẹ có thể giảm tới 25% so với những kết cấu bê tông thông thường, đặc biệt giúp đẩy nhanh quá trình lắp ráp và chi phí vận chuyển bằng việc dùng những cấu kiện đúc sẵn [1,3]. Ý tưởng ứng dụng bê tông nhẹ cho kết cấu cầu đã được phát triển những năm gần đây, phân tích Kỹ thuật và về khía cạnh kinh tế của kết cấu bê tông nhẹ đã được tiến hành và so sánh với những kết cấu cầu bê tông thông thường [4,5].

Tại Việt Nam, việc ứng dụng bê tông nhẹ trong xây dựng cầu đường sắt rất quan trọng, đặc biệt là sử dụng kết cấu bản bê tông nhẹ để thay thế cho tà vẹt gỗ. Đối với các cầu dầm đường sắt, chi phí cho tà vẹt gỗ bây giờ khá cao do yếu tố bảo vệ môi trường, do đó việc tìm kiếm giải pháp thay thế cho tà vẹt gỗ bằng kết cấu lắp ghép từ bê tông nhẹ là điều cần thiết và cũng có thể là một giải pháp hiệu quả trong tương lai.

Kết cấu bê tông nhẹ có thể được tăng cường bằng các cốt thép thường hoặc cốt composite sợi thủy tinh; mỗi giải pháp có những ưu nhược điểm khác nhau khi so sánh với giải pháp truyền thống sử dụng tà vẹt gỗ.

Nghiên cứu này đề xuất ý tưởng sử dụng bản bê tông nhẹ cốt GFRP thay thế cho tà vẹt gỗ trên các cầu đường sắt. Thiết kế sơ bộ ban đầu đã được đưa ra cùng với những thiết kế hình học và kỹ thuật theo tiêu chuẩn Việt Nam. Các trường hợp sử dụng cốt thép thường và cốt composite sợi thủy tinh GFRP sẽ được tính toán hiệu quả kinh tế để so sánh; ngoài ra còn được so

sánh với giải pháp kết cấu sử dụng bê tông thường và dùng tà vẹt gỗ truyền thống.

II. THIẾT KẾ HÌNH HỌC BẢN BÊ TÔNG THAY THẾ TÀ VỆT GỖ TRÊN CẦU DẦM THÉP ĐƯỜNG SẮT

Từ những nhược điểm đã nêu ở trên khi sử dụng tà vẹt gỗ dẫn đến việc phải tìm ra giải pháp phù hợp với việc thay thế kết cấu tà vẹt gỗ trong công tác bảo dưỡng và những bước xây dựng cơ bản trong cầu đường sắt. Tại Việt Nam, việc ứng dụng bê tông nhẹ trong xây dựng cầu đường sắt rất quan trọng, một số nghiên cứu về vấn đề này cũng đều rất mới. Nghiên cứu này đóng góp vào quá trình xây dựng và các phương pháp thử nghiệm, tính toán thiết kế và thi công xây dựng cầu sử dụng bản mặt cầu bê tông nhẹ, đặc biệt với công dụng của bản bê tông nhẹ thay thế cho tà vẹt gỗ trong cầu đường sắt. Kết quả của nghiên cứu này chỉ ra hiệu quả của việc sử dụng kết cấu bê tông nhẹ so với bê tông thông thường trong việc xây dựng cầu đường sắt. Việc thích ứng của một số vật liệu mới và kết cấu mới cũng đều được áp dụng trong điều kiện có sẵn tại Việt Nam. Do đó, nghiên cứu này đều được xem xét dưới khía cạnh ảnh hưởng kinh tế, công nghệ sau khi chế tạo thành công. Trong nghiên cứu này, chúng tôi đưa ra một số đề xuất về bản bê tông nhẹ cùng với một số đặc trưng chính. Bản bê tông nhẹ với chiều dài 2.2m, bề rộng 1m, cốt thanh gia cường theo tiêu chuẩn được sử dụng để thí nghiệm. Kích thước hình học của bản bê tông nhẹ được thể hiện trong Hình 1.

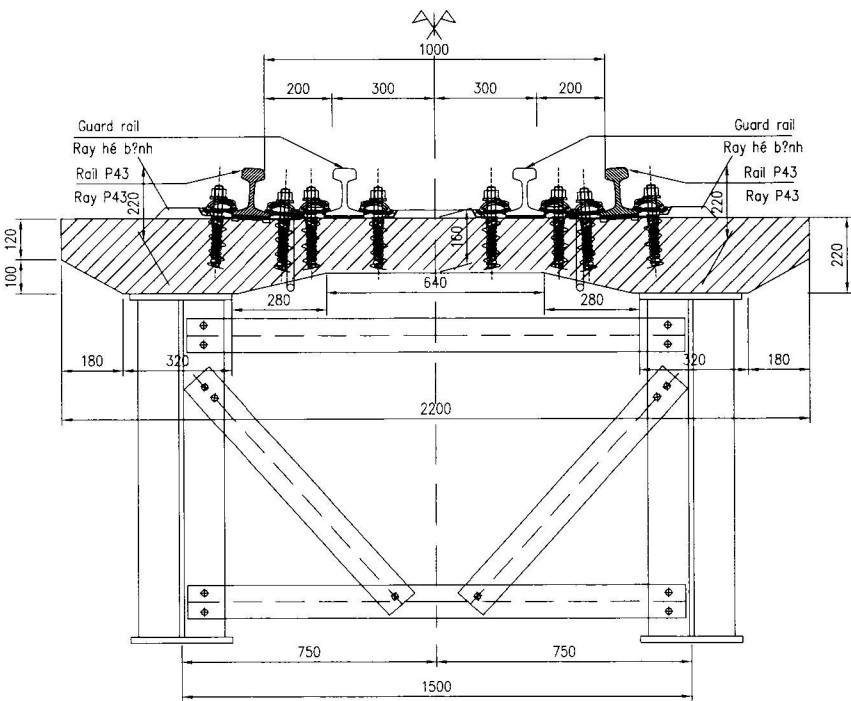
Bản mặt cầu bê tông nhẹ (LWC) liên kết với một dầm thép (tạo thành từ hai dầm thép chữ I) như Hình 1. và được coi như khối cứng. Với thiết kế này giúp thay thế cho 3 tà vẹt gỗ trên cầu đường sắt, với tổng chiều dài là 1m. Bên cạnh đó, các chi tiết khác và ray cũng được thể hiện cùng trên Hình 1.

Công tác thiết kế tuân theo các quy định trong tiêu chuẩn thiết kế cầu TCVN 11823-2017, quy trình kiểm định cầu đường sắt 22TCN 258-99 cùng các chỉ dẫn thiết kế về kết cấu bê tông cốt thép như TCVN 5574:2012, ACI 318, các chỉ dẫn thiết kế kết cấu cốt GFRP như ACI440.1R, CAN/S806-02 [6,11]. Mặt trên của bản được đánh dốc hoặc tạo gờ nhằm giúp cho các bộ phận liên kết luôn ở trạng thái khô, thoáng, tránh các tác động tiêu cực cơ, hóa từ môi trường bên ngoài. Vật liệu chế tạo bản bê tông phải thỏa mãn được các yêu cầu chống thấm, chống nứt trong quá trình khai thác và sử dụng. Thành phần cấp phối bê tông được thiết kế theo tiêu chuẩn ACI 211.1 [12]. Các đặc tính cơ học của bê tông nhẹ dùng trong tính toán thiết kế được kiểm chứng lại bằng thực nghiệm với kết quả được tóm lược trong bảng sau:

Bảng 1. Tổng hợp các đặc tính cơ học của bê tông nhẹ dùng trong thiết kế bản mặt cầu

Đại lượng	Đơn vị	Giá trị
Khối lượng thể tích	kg/m3	1737
Cường độ chịu nén	MPa	36,61
Mô đun đàn hồi	MPa	3,98
Cường độ chịu kéo khi uốn	MPa	19 637

Đối với cốt thanh gia cường, hai phương án được tính đến là sử dụng cốt thép hoặc cốt phi kim GFRP. Cách tính chất của cốt gia cường được cung cấp bởi nhà sản xuất, thể hiện trong Bảng 2.



Hình 1. Mặt cắt điển hình của bản bê tông nhẹ LWC

Bảng 2. Tổng hợp các đặc tính cơ học của bê tông nhẹ dùng trong thiết kế bản mặt cầu

Chủng loại	Đường kính danh định (mm)	Diện tích thiết diện (mm ²)	Mô đun đàn hồi (MPa)	Cường độ chịu kéo (MPa)
Cốt GFRP	18	189	45.000	800
Cốt GFRP	16	165	45.000	800
Cốt GFRP	10	57	45.000	800
CB300-V	14	154	200.000	300
CB300-V	12	113	200.000	300

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

Xét trên khía cạnh kỹ thuật, bê tông là vật liệu có độ bền cơ, nhiệt, hóa và có tuổi thọ cao hơn so với gỗ tự nhiên. Do vậy, việc sử dụng bản bê tông nhẹ thay cho tà vẹt gỗ ngoài việc tạo ra tính êm thuận và an toàn trong khai thác còn giúp giảm đáng kể chi phí duy tu, bảo trì. Công tác phân tích, đánh giá hiệu quả về mặt kinh tế cũng như kỹ thuật khi ứng dụng bê tông nhẹ thay thế cho tà vẹt gỗ trên cầu dầm thép đòi hỏi những tính toán chi tiết và so sánh cụ thể, chẳng hạn như có thể giả

định nhiều phương án xét cùng trên một cầu có chiều dài nhịp là 20m. Các giải pháp tham chiếu so với giải pháp đề xuất bao gồm:

1. Phương án sử dụng tà vẹt gỗ

Cầu được thiết kế với khổ cầu là 1000mm, sử dụng gỗ đặc loại 1 với kích thước dài x rộng x cao = 2200 x 200 x 216 mm. Các tà vẹt đặt trên dầm thép có khẩu độ 0.5 m. Với việc bố trí 3 tà vẹt/1m thì trên cầu sẽ có tổng cộng là 60 (tà vẹt). Tham khảo đơn giá trên thị trường, tà vẹt gỗ chưa có công lắp đặt khoảng 16.000.000 (VNĐ/ m³) x thể tích tà vẹt. Với tà vẹt khổ 1000 mm chi phí khoảng gần 3 triệu /1 thanh, tà vẹt khổ 1435mm

thì giá mỗi tà vẹt bằng 3 triệu x hệ số với việc chọn hệ số 1,5 thì dự toán chi phí tà vẹt dao động trong khoảng 270.000.000 VNĐ.

2. Phương án sử dụng bản bê tông nhẹ cốt thép

Bản bê tông được thiết kế với chiều dày 220 (mm) chiều dài 1000 (mm), chiều rộng 2200 (mm) với cốt dọc lớp dưới là thép D14 và cốt đai D12 bằng thép có gờ. Tổng hợp khối lượng vật liệu như sau:

Như vậy, tổng chi phí cho một bản bê tông nhẹ là 6.159.120 VNĐ. Với cầu có khẩu độ 20 mét, thiết kế với 19 bản bê tông đặt cách nhau 40mm thì tổng chi phí là 117.023.380 VNĐ.

3. PHƯƠNG ÁN SỬ DỤNG BẢN BÊ TÔNG NHẹ CỐT GFRP

So với cốt thép truyền thống, cốt GFRP với nhiều ưu điểm như khả năng chịu lực cao, không dẫn điện, bền hóa, nhẹ hơn bê tông giúp làm giảm khối lượng của cầu kiện đồng thời cải thiện đáng kể khả năng chịu tải của bản. Bản bê tông cốt GFRP được thiết kế với kích thước hình học tương tự trường hợp cốt thép. Để thuận tiện trong quá trình thi công, khoảng cách giữa các thanh được giữ nguyên so với trường hợp cốt thép. Ba loại đường kính cốt GFRP được sử dụng trong thiết kế là D10, D16 và D18 với số lượng cốt GFRP được tổng hợp trong Bảng 2. Đơn giá cốt GFRP phụ thuộc vào đường kính thanh, được tham khảo và dự toán từ báo giá của công ty FRP Việt Nam. Tổng hợp số liệu về đơn giá của các hạng mục thành phần ta có chi phí dành cho vật liệu đúc bản mặt cầu như sau.

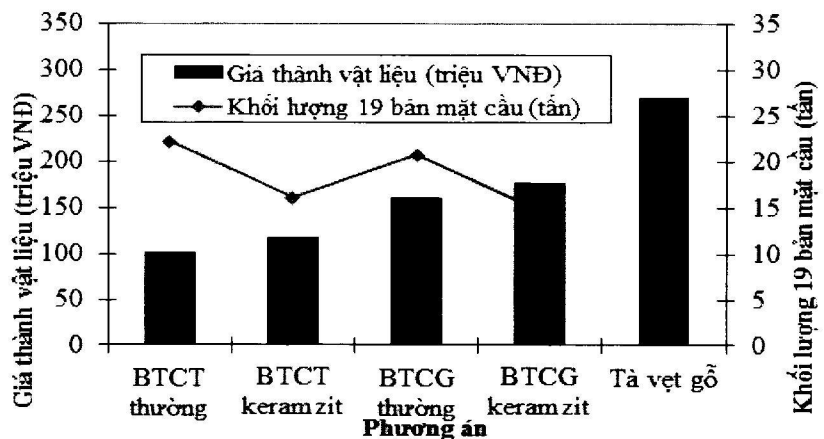
Như vậy, tổng chi phí cho một bản bê tông dài một mét là 9.272.412 VNĐ. Với cầu tính toán có khẩu độ 20 mét, thiết kế với 19 bản bê tông đặt cách nhau 40mm thì tổng chi phí là 176.175.828 VNĐ.

Bảng 3. Tổng hợp chi phí vật liệu dùng để đúc bản mặt cầu bằng bê tông nhẹ và cốt thép

Hạng mục	Đơn giá	Khối lượng	Thành tiền
Cốt thép D10 (mm)	12.750(VNĐ/kg)	7,78 (kg)	99.195 (VNĐ)
Cốt thép D12 (mm)	12.550(VNĐ/m)	66,03 (kg)	828.676 (VNĐ)
Cốt thép D14 (mm)	12.550(VNĐ/m)	37,69 (kg)	473.009 (VNĐ)
Cốt thép D20 (mm)	12.550(VNĐ/m)	4,73 (kg)	59.361 (VNĐ)
Chi phí bê tông nhẹ	4.500.000(VNĐ/m ³)	0,42(m ³)	1.890.000 VNĐ
Chi phí ván khuôn (thép 7 li, 54,95kg/m ²)	906.675(VNĐ/m ²)	3,098(m ²)	2.808.879 VNĐ

Bảng 4. Tổng hợp chi phí vật liệu dùng để đúc bản mặt cầu

Hạng mục	Đơn giá	Khối lượng	Thành tiền
Cốt GFRP D10 (mm)	12.840(VNĐ/m)	23,72 (m)	304.658(VNĐ)
Cốt GFRP D16 (mm)	31.200(VNĐ/m)	75,06 (m)	2.341.872(VNĐ)
Cốt GFRP D18 (mm)	38.520(VNĐ/m)	47,37 (m)	1.824.692(VNĐ)
Cốt thép D10 (mm)	13.100 (VNĐ/kg)	7,81(kg)	102.311 VNĐ
Chi phí bê tông nhẹ	4.500.000(VNĐ/m ³)	0,42(m ³)	1.890.000 VNĐ
Chi phí ván khuôn (thép 7 li, 54,95kg/m ²)	906.675(VNĐ/m ²)	3,098(m ²)	2.808.879 VNĐ



Hình 2. So sánh các phương án trên phương diện giá thành và khối lượng.

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 cốt thép keramzit, bê tông cốt GFRP thường, bê tông cốt GFRP keramzit và tà vẹt gỗ, được thể hiện trên Hình 2:

Dựa trên các biểu đồ so sánh ở Hình 2 và Hình 3, ta có một vài nhận xét như sau: Xét trên khía

cạnh tài chính, nếu chỉ tính chi phí sản xuất hay chi phí mua nguyên liệu, so với phương án tà vẹt gỗ, bản bê tông cốt thép thường sẽ tiết kiệm được 101.063.380 VNĐ, tương đương với 63% chi phí mua tà vẹt. Việc thay thế cốt thép bằng cốt GFRP và bê tông thường bằng bê tông nhẹ làm giảm 34% khối lượng bản thân của cầu kiện song làm tăng chi phí vật liệu, cụ thể chỉ

tiết kiệm được 35% chi phí mua tà vẹt.

Hình 3. 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 51% đến 58%, trong khi trọng lượng giảm xuống từ 6% đến 9%.

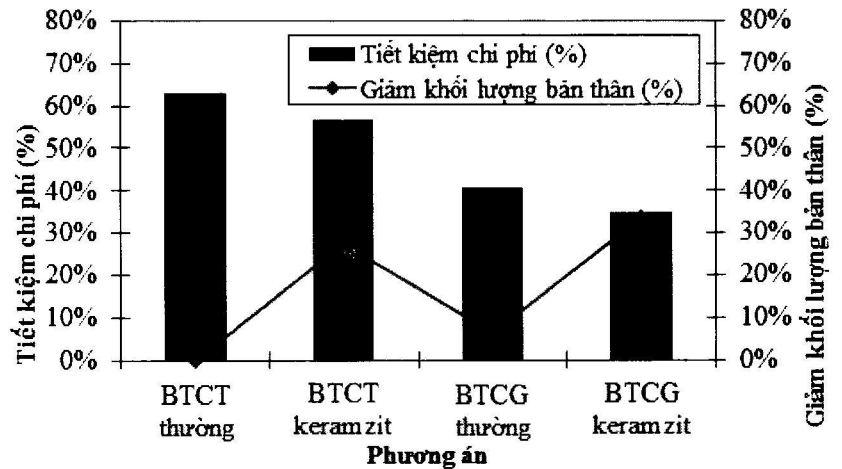
Bên cạnh đó, nếu thay thế bê tông thường bằng bê tông nhẹ, chi phí tăng thêm 10% đến 16%, trong khi trọng lượng giảm xuống từ 27% đến 29%. Như vậy việc sử dụng bê tông nhẹ mang lại hiệu quả cao cả về mặt giá thành lẫn giảm trọng lượng bản thân cầu kiện.

Về phương diện thi công, trường hợp sử dụng tà vẹt gỗ đặt trực tiếp lên dầm chủ với chiều dài nhịp 20 mét cần tối thiểu 40 người chia thành các tổ đội phụ trách các công việc như vận chuyển, đặt ray, rải tà vẹt, đặt liên kết, hoàn thiện... dự kiến trong vòng một ngày làm việc (8 tiếng) đội công nhân có thể hoàn thiện được 100 mét đường ray trên cầu (500 mét với lắp đặt trên đường). Trong khi đó, nếu thi công bản mặt cầu bằng bê tông nhẹ bằng phương pháp lắp ghép với cùng tổ đội 40 người thực hiện các công việc như vận chuyển, móc cáp, lái máy, lắp đặt, liên kết... dự kiến trong thời gian một ngày (8 tiếng) có thể hoàn thiện được 200 mét đường ray trên cầu.

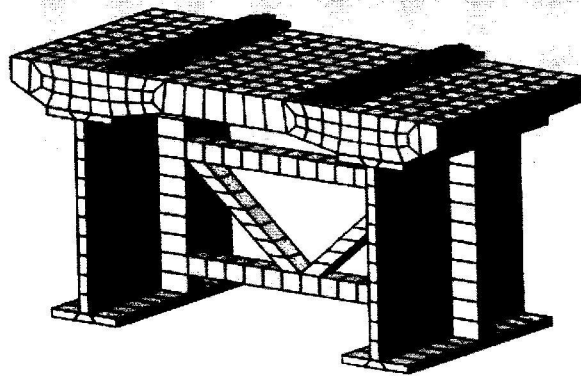
Có thể nói, việc sử dụng bê tông nhẹ vào kết cấu bản mặt cầu trên cầu đường sắt thay thế cho tà vẹt gỗ mang lại nhiều lợi ích to lớn trong đó phải kể đến như giảm giá thành công trình xây dựng, rút ngắn thời gian thi công, đảm bảo tiến độ công trình, nâng cao chất lượng chạy tàu, thuận tiện và an toàn trong công tác bảo trì.

3.2. So sánh hiệu quả kỹ thuật của các phương án.

Nghiên cứu đã tiến hành mô phỏng mô hình phần tử hữu hạn trên phần mềm Midas FEA [13]. Nhóm nghiên cứu đã tiến hành 3 thí nghiệm mô phỏng với các kích bản thay thế cốt liệu khác nhau:



Hình 3. So sánh các phương án theo phần trăm tiết kiệm chi phí và giảm khối lượng bản thân.



Hình 4. Lưới phần tử hữu hạn

1. Bê tông thường và cốt thép thường (BT Thường & CT Thường).
2. Bê tông nhẹ và cốt thép thường (BT nhẹ & CT Thường).
3. Bê tông nhẹ và cốt GFRP. (BT nhẹ & Cốt GFRP)

Các mô hình phi tuyến được chỉ định cho tất cả cấu kiện bê tông và cốt thép/cốt sợi. Quá trình mô hình hóa được thực hiện cùng với kiểm soát tải trọng. Bê tông được định nghĩa như một vật liệu phi tuyến.

Tải trọng thẳng đứng lên đến giá trị T22 nằm trong khoảng giá trị tải trọng động cho phép, có giá trị là 20,163kN. Tải trọng dọc trục tiêu chuẩn của một đoàn tàu sử dụng tại Việt Nam là 220kN. Xét đến hệ số xung kích $(1+IM) = 1,6$. Do đó, mô hình được đặt tải từ 0kN đến $P = 400kN > P_{max} (1+IM) = 352 kN$. Lưới phần tử hữu hạn được thể hiện trong Hình 4.

Sau quá trình nghiên cứu và phân tích 3 mô hình số, tác giả thu được các kết quả được trình bày trên bảng sau:

Xét kết quả mô phỏng trường hợp bê tông thường & cốt thép thường cho thấy, giai đoạn đầu kết cấu chịu lực rất tốt, tuy nhiên sau khi xuất hiện vết nứt (tại thời điểm gia tải 300kN) thì khả năng chịu tải của bê tông thường suy giảm nhanh chóng. Điều này đồng nghĩa với việc kết cấu sẽ mất khả năng chịu tải nhanh chóng dẫn đến phá hủy kết cấu bản mặt cầu.

Xét kết quả mô phỏng trường hợp bê tông nhẹ & cốt thép thường cho thấy, trong giai đoạn đầu khả năng chịu lực của kết cấu thấp nhất trong 3 mô hình. Tuy nhiên bản mặt cầu vẫn tiếp tục chịu tải tốt sau khi gia tải lớn hơn 300kN. Nguyên nhân vì bản mặt cầu sử dụng bê tông nhẹ giúp tăng độ bền và giảm tốc độ lan truyền vết nứt của kết cấu.

Do đó kết cấu vẫn làm việc bình thường trong trường hợp quá tải.

Xét kết quả mô phỏng trường hợp bê tông nhẹ & cốt GFRP cho thấy, mô hình này được coi là tối ưu trong 3 thí nghiệm trên. 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. Khi tải trọng tới đa kết cấu vẫn làm việc trong giai đoạn đàn hồi, khác với các kết cấu khác đã bị nứt hoặc phá hủy. Thí nghiệm sử dụng bê tông nhẹ và cốt GFRP không chỉ làm tăng độ bền của kết cấu mà còn giúp giảm trọng lượng của kết cấu. Ngoài ra kết cấu này cũng có khả năng chống chịu tốt với các yếu tố khác như ăn mòn, thấm và mối [14].

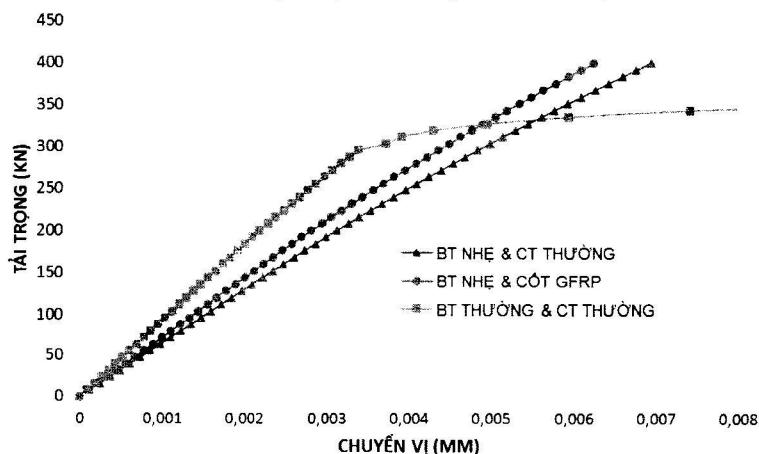
IV KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Việc thiết kế bản bê tông nhẹ cốt thép hoặc cốt GFRP thay thế cho tà vẹt gỗ là một giải pháp mang tính hiệu quả về kinh tế cũng như môi trường theo chương trình quốc gia về tìm kiếm loại vật liệu mới và kết cấu phù hợp để nâng cao cường độ và độ bền cho cầu đường sắt tại Việt Nam.

Trong nghiên cứu này, phương án thiết kế bản bê tông nhẹ cốt thép/ GFRP LWC thay thế cho tà vẹt gỗ trong cầu đường sắt đã được đề xuất và kiểm tra bằng các tính toán phân tích và tính toán số học. Thông qua các ví dụ tính toán, khả năng sử dụng tấm bê tông cốt thép/ GFRP nhẹ LWC thay thế cho tà vẹt gỗ được chứng minh một cách rõ ràng. Theo quan điểm của nghiên cứu, các tác giả sẽ thực hiện công việc thử nghiệm để kiểm chứng kết quả số học theo phương diện tính học và động học.

Đặc biệt, phân tích động học cần được thực hiện với mô hình cầu thay vì chỉ phân tích mô hình nhịp cầu để đánh giá toàn bộ ảnh hưởng rung của tàu lên cầu.■

BIỂU ĐỒ QUAN HỆ GIỮA TẢI TRỌNG VÀ CHUYỂN VỊ



Hình 5.: Biểu đồ quan hệ giữa tải trọng và chuyển vị

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. James. E. Roberts, Lightweight Concrete for California's Highway Bridges, Concrete structures, (1997).
- [2]. Murillo, J., Thoman, S., Smith, D, Lightweight Concrete for a Segmental Bridge, Civil Engineering, (1994).
- [3]. Reid W. Castrodale, Use of Lightweight Concrete for Bridges Moved into Place, 2015 National ABC Conference, (2015).
- [4]. Ozyildirim, C. Durability of Structural Lightweight Concrete, Lightweight Aggregate Concrete Bridges Workshop, pp. 1-14, (2008).
- [5]. Vaysburd, A. M. Durability of Lightweight Concrete Bridges in Severe Environments, Concrete International, Vol. 18, No. 7, pp. 33-38, (July 1996).
- [6]. TCVN 11823-10:2017 Tiêu chuẩn quốc gia về Thiết kế cầu đường bộ.
- [7]. 22 TCN 258:1999 Tiêu chuẩn ngành về quy trình kỹ thuật kiểm định cầu đường sắt.
- [8]. TCVN 5574:2012 Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép- Tiêu chuẩn thiết kế.
- [9]. ACI 318-19 Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary.
- [10]. ACI 440.1R-14 Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with FRP Bars.
- [11]. CAN/CSA-S806-02 (R2007) Design and Construction of Building Components with Fibre-Reinforced Polymers, Canadian Standards Association.
- [12]. ACI 211.1-97 Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete.
- [13]. Analysis and Algorithm, Midas FEA, Midas Korea.
- [14]. Personal notes of Asso.Ph.D Tran, University of Transport and Communications, Hanoi, Vietnam.