

Phân tích và khuyến nghị điều chỉnh TCVN 11823:2017 về tải trọng va xe vào trụ cầu trong điều kiện khai thác ở Việt Nam

Analysis and recommendations for revising TCVN 11823:2017 on vehicular collision loads on bridge piers under operating conditions in Vietnam

> PGS.TS NGUYỄN THỊ TUYẾT TRINH*, THS NGUYỄN DANH HUY

Trường Đại học Giao thông vận tải

*Email: tuyettrinh@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo xem xét các quy định hiện hành của TCVN 11823:2017 liên quan đến tải trọng va xe tác dụng lên trụ cầu trong thiết kế cầu đường bộ, đặt trong bối cảnh điều kiện khai thác giao thông tại Việt Nam. Trên cơ sở đối chiếu với các tiêu chuẩn quốc tế như AASHTO LRFD, Eurocode và JRA/JSCE, kết hợp tổng hợp các kết quả nghiên cứu thực nghiệm và mô phỏng va chạm xe - trụ cầu, bài báo chỉ ra một số nội dung trong tiêu chuẩn hiện hành còn chưa được đề cập đầy đủ. Các phân tích cho thấy, trong một số trường hợp, các quy định hiện nay chưa phản ánh đầy đủ đặc thù của xe tải nặng, vận tốc khai thác và điều kiện tổ chức giao thông, từ đó có thể phát sinh bất cập trong thiết kế. Trên cơ sở đó, bài báo đề xuất một số định hướng điều chỉnh theo hướng tiệm cận thông lệ quốc tế, đồng thời bảo đảm khả năng áp dụng linh hoạt trong điều kiện thực tế trong nước, làm cơ sở tham khảo cho việc rà soát và cập nhật tiêu chuẩn trong thời gian tới.

Từ khóa: Tải trọng va xe; trụ cầu; TCVN 11823:2017; AASHTO; Eurocode; JIS/JRA; thiết kế dựa trên hiệu năng.

ABSTRACT

This paper examines the current provisions of TCVN 11823:2017 concerning vehicle impact loads acting on bridge piers in highway bridge design, within the context of traffic and operational conditions in Vietnam. Through comparison with international standards such as AASHTO LRFD, Eurocode and JRA/JSCE, together with a review of published experimental studies and numerical simulations on vehicle-pier collisions, the paper identifies several aspects of the current standard that have not yet been fully addressed. The analyses indicate that, in certain cases, the existing provisions do not adequately reflect the characteristics of heavy trucks, operating speeds and traffic conditions, which may lead to potential shortcomings in design. Based on these findings, the paper proposes several directions for adjustment toward closer alignment with international practices, while maintaining flexibility for practical application under domestic conditions, thereby providing a reference for future review and updating of the standard.

Keywords: Vehicle collision load; bridge pier; TCVN 11823:2017; AASHTO; Eurocode; JIS/JRA; performance-based design.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Va chạm của phương tiện cơ giới vào trụ cầu là một trong những tác động ngẫu nhiên cần được xem xét trong thiết kế và quản lý khai thác công trình cầu. Sự cố này có thể gây hư hỏng cục bộ trụ cầu và trong nhiều trường hợp dẫn đến mất ổn định tổng thể, gây tổn thất lớn về kinh tế - xã hội. Theo báo cáo của FHWA, tại Mỹ mỗi năm xảy ra hàng trăm vụ va chạm vào trụ cầu với thiệt hại đáng kể [1]. Ở Nhật Bản, các vụ tai nạn tương tự cũng được ghi nhận tại các cầu vượt đô thị có mật độ giao thông cao, buộc Hiệp hội Đường bộ Nhật Bản (JRA) đưa các cơ chế bảo vệ như hộ lan bảo vệ trụ cầu (barrier) hoặc tường bảo vệ va chạm (crash wall) thành yêu

cầu trong tiêu chuẩn [2, 3]. Điều này cho thấy sự cấp thiết trong việc kiểm soát rủi ro va chạm phương tiện vào công trình cầu.

Các tiêu chuẩn quốc tế đã có nhiều quy định tương đối đầy đủ trong việc xem xét tải trọng va xe. AASHTO (Mỹ) [4-5] đưa ra xe vào nhóm tải trọng đặc biệt và đã nâng trị số lực va danh định từ 400 kip (≈ 1.800 kN) trong các phiên bản trước đây [6] lên 600 kip (≈ 2.670 kN) trong các phiên bản sau [4, 5, 7]. Eurocode (châu Âu) quy định các kịch bản va chạm khác nhau, bao gồm va trực diện, va bên và va xiên, với các trị số tải trọng tương ứng. Ở Nhật Bản, thiết kế theo JRA/JSCE [2, 8] không ưu tiên áp dụng một trị số

lực cố định, mà chú trọng bố trí các biện pháp bảo vệ trụ (barrier, crash wall, đảo dẫn hướng) nhằm hạn chế va chạm trực tiếp; chỉ khi không khả thi mới đánh giá thiết kế chịu va dựa trên năng lượng và khả năng tiêu tán của kết cấu. Cách tiếp cận này phản ánh xu hướng chuyển từ sử dụng trị số lực va danh định cố định sang thiết kế dựa trên hiệu năng.

Bên cạnh quy định tiêu chuẩn, nhiều nghiên cứu khoa học trong hai thập niên qua đã cho thấy sự phức tạp của tải trọng va. Zhou và cộng sự [9] chỉ ra rằng lực va có thể vượt xa trị số danh định khi vận tốc phương tiện lớn hơn 80 km/h, trong khi Chen và cộng sự [10] nhấn mạnh sự cần thiết của phân tích động lực học để phản ánh chính xác cơ chế hư hỏng của trụ bê tông cốt thép. Các kết quả này cho thấy cách tiếp cận tĩnh đơn giản có thể chưa đủ để mô tả đầy đủ cơ chế phá hoại của trụ cầu khi chịu tác động va xe.

Tại Việt Nam, TCVN 11823:2017 quy định tải trọng va xe thông qua trị số lực va danh định, về bản chất là lực va tĩnh tương đương, tác dụng theo phương ngang lên trụ cầu, với trị số lực ngang 1.800 kN tại cao độ 1,20 m. Tuy nhiên, khi đối chiếu với các tiêu chuẩn quốc tế hiện hành, một số nội dung vẫn cần tiếp tục xem xét, bao gồm trị số lực va thấp hơn so với một số tiêu chuẩn quốc tế [4, 5, 7], cao độ tác dụng lực chưa phản ánh đầy đủ đặc điểm hình học của xe container, cũng như chưa đề cập đến cơ chế giảm tải cho trụ được bảo vệ bởi barrier và ngưỡng áp dụng phân tích động phi tuyến.

Từ những phân tích trên, bài báo tập trung vào 3 mục tiêu chính: (i) Phân tích sự khác biệt giữa TCVN 11823:2017 và các tiêu chuẩn quốc tế; (ii) Đánh giá tính phù hợp của tiêu chuẩn này trong điều kiện khai thác ở Việt Nam và (iii) Đề xuất các khuyến nghị điều chỉnh theo hướng thiết kế dựa trên hiệu năng, nhằm nâng cao an toàn và hiệu quả kinh tế trong thiết kế cầu.

2. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU VÀ TIÊU CHUẨN QUỐC TẾ

2.1. Tiếp cận trong các tiêu chuẩn quốc tế

Tải trọng va xe vào trụ cầu đã được nhiều quốc gia xem là một kích bản tác động đặc biệt, cần được đưa vào tiêu chuẩn thiết kế nhằm giảm thiểu nguy cơ hư hỏng nghiêm trọng. Trong AASHTO LRFD các phiên bản trước năm 2010 [6], tải trọng va được quy định là tải trọng đặc biệt với trị số danh định 400 kip (≈ 1.800 kN), sau đó được nâng lên 600 kip (≈ 2.670 kN) trong các phiên bản tiếp theo nhằm phản ánh kết quả thống kê tai nạn và nghiên cứu thực nghiệm tại Mỹ. Một điểm đáng chú ý là AASHTO cho phép giảm tải hoặc miễn kiểm toán khi trụ được bảo vệ bởi barrier đạt chuẩn MASH TL-5, thể hiện sự chuyển hướng từ thiết kế dựa trên trị số cố định sang thiết kế xét đến điều kiện bảo vệ thực tế.

Theo EN 1991-2 và EN 1991-1-7 [11, 12], tải trọng va của phương tiện được phân loại là tải trọng ngẫu nhiên và được xác định thông qua các kích bản va chạm phù hợp với hình học tuyến đường và vị trí kết cấu. Eurocode không quy định một giá trị lực cố định, mà yêu cầu lựa chọn tình huống va điển hình dựa trên điều kiện khai thác thực tế. Trong khi đó, Phụ lục Quốc gia Ireland của EN 1991-1-7 (DN-STR-03013:2017 [13]) đưa ra các trị số lực thiết kế cụ thể cho hai phương tác dụng (1.900 kN theo phương dọc đường và 950 kN theo phương vuông góc đường). Cả Eurocode và Phụ lục Quốc gia Ireland đều coi hệ thống dải phân cách và các kết cấu kiểm chế phương tiện là các hệ phân quan trọng trong bảo vệ công trình, nhằm giảm khả năng xe va chạm trực tiếp vào trụ.

JRA và JSCE [2, 3, 8] chú trọng tới hình học phương tiện và vùng tác dụng tải ngang. Đối với va chạm xe-trụ, Nhật Bản không áp dụng một cao độ hay trị số lực cố định, mà ưu tiên các biện pháp bảo vệ trụ; chỉ khi không khả thi mới đánh giá tác động dựa trên năng lượng va chạm và khả năng tiêu tán của kết cấu. Việc bố trí barrier hoặc crash wall được coi là yêu cầu thiết yếu nhằm bảo vệ trụ cầu, cho thấy tiêu chuẩn Nhật Bản nhấn mạnh khía cạnh phòng ngừa hơn là chỉ gia cường khả năng kháng va của bản thân trụ.

Các quy định trên cho thấy một xu thế chung: Thay vì áp dụng

một trị số duy nhất cho mọi tình huống, các tiêu chuẩn quốc tế hướng tới khung thiết kế đa kịch bản, có phân loại, xét đến vai trò của hệ thống bảo vệ và gắn với triết lý thiết kế dựa trên hiệu năng.

2.2. Các nghiên cứu thực nghiệm và mô phỏng

Song song với sự phát triển của hệ thống tiêu chuẩn, nhiều nghiên cứu khoa học đã làm sáng tỏ cơ chế va chạm thông qua thí nghiệm và phân tích số. Yu và cộng sự [14] sử dụng mô hình động lực học xác suất để đánh giá phản ứng của trụ cầu khi chịu va chạm xe tải, cho thấy tải trọng va tăng nhanh khi vận tốc vượt quá 80 km/h và có thể vượt xa trị số danh định trong tiêu chuẩn thiết kế. Shuyou Xue và cộng sự [15] thông qua mô phỏng số và lịch tâm bằng phần mềm LS-DYNA chỉ ra rằng va xiên làm phát sinh ứng suất cắt và mô-men xoắn lớn tại chân trụ, làm gia tăng nguy cơ phá hoại cục bộ. Lin Chen và cộng sự [16] nhấn mạnh sự cần thiết của phân tích động lực học trong mô phỏng phản ứng của trụ bê tông cốt thép chịu va chạm, do các phương pháp tĩnh đơn giản có xu hướng đánh giá thấp biến dạng và mức độ hư hỏng của kết cấu.

Bên cạnh đó, Jiang và Sorensen [17] sử dụng mô hình phân tử hữu hạn trong LS-DYNA để phân tích kết hợp va chạm và động đất, cho thấy vận tốc, khối lượng và góc va là các yếu tố chi phối mạnh phản ứng tổng thể và khả năng suy giảm độ dẻo của trụ cầu sau va chạm. Zhou và cộng sự [9], thông qua phân tích mô phỏng và đánh giá các tiêu chuẩn AASHTO, Eurocode và JTG D60 [18] chỉ ra rằng việc bố trí hệ thống barrier hoặc crash wall là giải pháp hiệu quả và kinh tế để bảo vệ trụ cầu khỏi va chạm trực tiếp, đồng thời khuyến nghị tích hợp các cấu phần này vào quy trình thiết kế. Gần đây, Haider Mraih và cộng sự [19] đã tổng kết các hệ thống hấp thụ năng lượng trong va chạm xe với cầu, gợi mở hướng nghiên cứu về các thiết bị bảo vệ chủ động.

2.3. Nhận xét tổng hợp

Từ việc phân tích các tiêu chuẩn và nghiên cứu trên thế giới, có thể rút ra rằng:

- Các tiêu chuẩn quốc tế có xu hướng vượt ra khỏi cách tiếp cận "một trị số duy nhất", thay bằng phân loại kịch bản và điều kiện bảo vệ;

- Nghiên cứu khoa học đã chỉ ra sự phức tạp của cơ chế va chạm, trong đó vận tốc, khối lượng, cao độ tác dụng và góc va đều ảnh hưởng mạnh đến ứng xử kết cấu;

- Xu hướng chung là thiết kế dựa trên hiệu năng, kết hợp giữa trị số danh định, phân tích động phi tuyến và biện pháp bảo vệ công trình.

Những kết quả này gợi mở rằng TCVN 11823:2017 có thể được xem xét điều chỉnh tương ứng, nhằm đảm bảo tiêu chuẩn vừa phù hợp với thực tiễn giao thông Việt Nam, vừa tiệm cận thông lệ quốc tế.

3. PHÂN TÍCH TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ CẦU ĐƯỜNG BỘ VIỆT NAM - TCVN 11823:2017

3.1. Trị số lực va danh định

Trong Tiêu chuẩn AASHTO LRFD, giá trị lực va 1.800 kN (400 kip) được áp dụng trong các phiên bản trước năm 2012; đến các phiên bản sau đó, trị số này được điều chỉnh tăng lên 2.670 kN (600 kip) [4]. Trong khi đó, TCVN 11823:2017 hiện vẫn duy trì trị số 1.800 kN, tương đồng với AASHTO LRFD phiên bản 2010, do đó có thể chưa bao quát hết mức độ bất lợi trong một số điều kiện khai thác hiện nay, nơi xe container và xe tải nặng chiếm tỷ lệ lớn.

Trong bối cảnh mạng lưới đường bộ Việt Nam phát triển nhanh, tỷ lệ xe container và xe tải nặng gia tăng, vận tốc khai thác phổ biến từ 80 - 120 km/h [20], cùng sự xuất hiện thường xuyên của xe container 40 ft có khối lượng 42 - 48 tấn [21, 22], cần xem xét đánh giá lại mức độ phù hợp của trị số lực va hiện hành. Vì vậy, có thể cân nhắc nâng trị số thiết kế hoặc quy định dải giá trị gắn với loại xe và vận tốc khai thác.

3.2. Cao độ tác dụng lực va

Bên cạnh trị số lực va, cao độ tác dụng lực là một tham số quan trọng, ảnh hưởng lớn đến cơ chế làm việc và mức độ bất lợi về nội lực của trụ cầu. TCVN 11823:2017 quy định lực va xe dưới dạng lực

tính tương đương, tác dụng trong mặt phẳng nằm ngang tại cao độ 1,20 m so với mặt đất, kế thừa cách tiếp cận của các phiên bản AASHTO LRFD trước đây.

Trong thực hành thiết kế quốc tế, cách tiếp cận đối với bài toán va chạm xe-trụ có sự khác biệt đáng kể. Theo các hướng dẫn thiết kế AASHTO LRFD gần đây, lực va của xe tải nặng thường được giả định tác dụng tại cao độ khoảng 5 ft ($\approx 1,52$ m) nhằm phản ánh hợp lý hơn hình học va chạm trong điều kiện khai thác thực tế.

Tại Nhật Bản, JRA và JSCE không quy định một cao độ va chạm cố định, mà khuyến nghị xem xét các kịch bản va chạm cụ thể theo đặc điểm phương tiện và điều kiện khai thác. Eurocode [11, 12] cũng không giới hạn bài toán va chạm ở một cao độ duy nhất, cho phép xét nhiều kịch bản tương ứng với các loại phương tiện khác nhau.

Trong điều kiện khai thác tại Việt Nam, nơi xe tải nặng và xe container chiếm tỷ lệ lớn [23, 24], việc chỉ xét lực va tại cao độ 1,20 m có thể chưa phản ánh đầy đủ mô-men uốn và biến dạng bất lợi của trụ cầu. Do đó, tiêu chuẩn TCVN có thể được xem xét điều chỉnh theo hướng bổ sung dải cao độ tác dụng lực, ví dụ từ 1,20 m đến khoảng 1,50 - 1,70 m, phù hợp với xu hướng tiếp cận của các tiêu chuẩn quốc tế.

3.3. Ngưỡng phân tích phi tuyến động lực học

Một hạn chế của TCVN 11823:2017 là chỉ quy định lực va dưới dạng trị số tĩnh, chưa đưa ra ngưỡng bắt buộc áp dụng phân tích phi tuyến động lực học. Điều này khiến thiết kế chưa phản ánh đầy đủ bản chất va chạm vốn mang tính động, phi tuyến và phụ thuộc vào vận tốc, khối lượng và góc va.

Chen và cộng sự [10] chỉ ra rằng phân tích tĩnh có xu hướng đánh giá thấp biến dạng và khả năng hấp thụ năng lượng của trụ bê tông cốt thép khi chịu va chạm. Bo Hu và cộng sự [23], thông qua mô phỏng phần tử hữu hạn cho thấy phân tích động lực học phản ánh chính xác hơn cơ chế phá hoại và sự suy giảm độ dẻo của trụ, đặc biệt trong các trường hợp tải trọng kết hợp. Xue và cộng sự [14] cũng chỉ ra rằng lực va thực tế thay đổi lớn theo vận tốc và góc va, vượt ngoài khả năng dự báo của các công thức tĩnh truyền thống.

Trong điều kiện Việt Nam, nơi vận tốc khai thác cao và tỷ lệ xe nặng lớn, việc thiếu ngưỡng phân tích động là một bất cập. Do đó, có thể xem xét bổ sung các ngưỡng tham khảo để áp dụng phân tích phi tuyến động lực học, chẳng hạn khi vận tốc > 90 km/h, tải trọng xe > 40 tấn hoặc góc va > 15°.

Bảng 1. Tổng hợp nghiên cứu so sánh quy định của các tiêu chuẩn đối với lực va xe

Tiêu chuẩn	Lực va dùng trong thiết kế	Cách xác định tải trọng	Cao độ tác dụng lực
TCVN 11823:2017	1.800 kN	Lực va tĩnh tương đương	1,20 m
AASHTO LRFD (2012-2024)	2.670 kN	Lực tĩnh áp dụng khi trụ không có bảo vệ	Khoảng 1,5 m
EN 1991-1-7 - Phụ lục Quốc gia Ireland (DN-STR-03013:2017) [13]	1.900 kN theo phương dọc đường / 950 kN theo phương vuông góc đường	Lực thiết kế chính thức theo Phụ lục Quốc gia	0,75 - 1,5 m (tải chính) và 1 - 3 m (tải còn lại)
JRA - Quy chuẩn thiết kế cầu đường bộ Nhật Bản	1.000 kN theo phương ngang/500 kN theo phương dọc	Lực tĩnh áp dụng khi không bố trí được cấu tạo bảo vệ trụ	Khoảng 1,6-1,8 m

3.5. Phân cấp theo loại tuyến đường

TCVN 11823:2017 hiện áp dụng chung một trị số lực cho tất cả các loại cầu. Cách tiếp cận này thuận tiện nhưng chưa phản ánh sự khác biệt về rủi ro va chạm giữa các tuyến, khi cầu cao tốc thường

chịu tác động của xe tải nặng, container với vận tốc cao, trong khi cầu đô thị chủ yếu liên quan đến xe con và xe buýt ở vận tốc thấp.

AASHTO [4, 5, 7] và Eurocode [7, 11] đều có xu hướng phân loại yêu cầu theo loại tuyến đường. Các nghiên cứu của Auyeung & Alipour [26] và Yu và cộng sự [14] cho thấy năng lượng va của xe tải trên cao tốc có thể vượt xa trị số tĩnh thường dùng trong thiết kế, đặc biệt ở vận tốc 80 - 100 km/h. Ngược lại, nghiên cứu của NCHRP [27] chỉ ra rằng trong điều kiện đô thị, với vận tốc thấp, việc bố trí barrier hoặc các giải pháp bảo vệ đơn giản đã có thể đảm bảo an toàn.

Ở Việt Nam, hệ thống tiêu chuẩn hiện hành chưa phân biệt rõ yêu cầu thiết kế cho đường cao tốc và đường đô thị trong tính toán tải trọng va xe. Việc áp dụng một trị số chung cho mọi điều kiện có thể chưa phản ánh đầy đủ mức độ rủi ro, do đó cần xem xét phân loại tuyến và xác định các hệ số va chạm đặc trưng, tương tự cách tiếp cận của AASHTO và Eurocode, nhằm đảm bảo hiệu quả kỹ thuật và kinh tế.

3.6. Nhận xét tổng hợp

Từ các phân tích trên, có thể thấy TCVN 11823:2017 đã có bước tiến quan trọng, nhưng vẫn tồn tại những hạn chế chính:

1. Trị số lực va danh định thấp hơn so với quốc tế, chưa bao quát các kịch bản xe nặng, vận tốc cao.
2. Cao độ tác dụng lực cố định 1,20 m, chưa phản ánh đúng xe container và xe bồn.
3. Chưa quy định ngưỡng phân tích phi tuyến động lực học, khiến kết quả tính toán chưa sát với thực tế.
4. Áp dụng chung cho mọi loại cầu, chưa phân cấp theo tuyến đường (cao tốc, quốc lộ, đô thị).

Những hạn chế này cho thấy TCVN 11823:2017 cần tiếp tục được rà soát, cập nhật để phù hợp với sự phát triển của đội xe và điều kiện khai thác tại Việt Nam, cũng như tiệm cận hơn với xu hướng thiết kế quốc tế. Đây là cơ sở để phân tích điều kiện khai thác trong nước (Mục 4) và đề xuất các khuyến nghị điều chỉnh (Mục 5).

4. ĐIỀU KIỆN KHAI THÁC Ở VIỆT NAM

4.1. Thành phần, tải trọng và vận tốc phương tiện

Theo các Thông tư 39/2024/TT-BGTVT [21], 46/2015/TT-BGTVT [23] và 35/2023/TT-BGTVT [24], tải trọng cho phép của xe nhiều trục có thể đạt 30 - 40 tấn; trong thực tế, xe container 40 ft thường có tải trọng toàn bộ khoảng 42 - 48 tấn [21, 22]. Điều này cho thấy năng lượng va chạm của phương tiện nặng có thể lớn hơn đáng kể so với giả định trong TCVN 11823:2017.

Theo Thông tư 31/2019/TT-BGTVT [28], vận tốc tối đa trên cao tốc lên tới 120 km/h và trên quốc lộ là 80 - 90 km/h. Trong khai thác thực tế, hiện tượng vượt tốc vẫn xảy ra, đặc biệt đối với xe container và xe khách đường dài, làm gia tăng nguy cơ va chạm với trụ cầu.

4.2. Khoảng cách trụ - mép làn và hệ thống bảo vệ

Nhiều cầu vượt và cầu đô thị ở Việt Nam có khoảng cách từ trụ đến mép làn xe nhỏ (khoảng 0,5 - 1,5 m), làm tăng nguy cơ va chạm trực tiếp khi phương tiện mất lái. Trong khi đó, hệ thống barrier chưa được bố trí đồng bộ; một số tuyến cao tốc đã áp dụng barrier đạt chuẩn, nhưng nhiều quốc lộ và cầu vượt nội đô vẫn còn trụ chưa được bảo vệ đầy đủ.

Theo Eurocode và JRA, barrier và crash wall là các cấu phần quan trọng trong bảo vệ trụ cầu; NCHRP [27] cũng chỉ ra hiệu quả kinh tế - kỹ thuật của các giải pháp này. Do đó, việc bổ sung quy định về bảo vệ trụ bằng barrier là cần thiết trong quá trình rà soát, cập nhật tiêu chuẩn.

5. KHUYẾN NGHỊ ĐIỀU CHỈNH TCVN 11823:2017

Trên cơ sở phân tích TCVN 11823:2017 (Mục 3) và đối chiếu với điều kiện khai thác tại Việt Nam (Mục 4), có thể thấy tiêu chuẩn hiện hành đã đưa tải trọng va xe vào thiết kế cầu, nhưng vẫn còn một số hạn chế cần được điều chỉnh. Các khuyến nghị chính bao gồm:

5.1. Điều chỉnh trị số lực va danh định

Trị số lực va 1.800 kN hiện hành tương đương AASHTO LRFD 2012 [4], nhưng chưa phản ánh đầy đủ các cập nhật sau đó. Trong

điều kiện Việt Nam, với tỷ lệ xe container 40 ft (42 - 48 tấn) cao và vận tốc khai thác lớn, trị số này có thể chưa đủ bao quát. Do đó, có thể xem xét nâng trị số lực va danh định lên khoảng 2.500 - 2.700 kN hoặc quy định theo dải giá trị gắn với tải trọng và vận tốc tuyến đường.

5.2. Bổ sung dải cao độ tác dụng lực

TCVN 11823-3:2017 hiện xét lực va tại cao độ cố định 1,20 m. Cách tiếp cận này thuận tiện cho thiết kế thường quy, nhưng chưa phản ánh đầy đủ hình học và chạm của xe tải nặng và xe container. Trong khi đó, các tiêu chuẩn AASHTO, JRA/JSCE và Eurocode cho phép xét nhiều kịch bản va chạm với các cao độ khác nhau. Do đó, TCVN có thể xem xét bổ sung dải cao độ tác dụng lực đại diện thay vì chỉ sử dụng một giá trị cố định.

5.3. Xác lập ngưỡng phân tích phi tuyến động lực học

Nhiều nghiên cứu cho thấy phân tích động lực học là cần thiết để đánh giá đúng ứng xử của trụ cầu chịu va chạm, trong khi phương pháp tính đơn giản có thể đánh giá thấp biến dạng và hư hỏng. Do đó, có thể xem xét bổ sung các ngưỡng tham khảo để áp dụng phân tích phi tuyến động lực học, chẳng hạn khi vận tốc xe > 90 km/h, tải trọng xe > 40 tấn hoặc góc va > 15°.

5.4. Phân cấp theo loại tuyến đường

Việc áp dụng một trị số lực chung cho mọi loại cầu có thể chưa phản ánh đầy đủ sự khác biệt về điều kiện khai thác. Theo thông lệ AASHTO và Eurocode, có thể xem xét phân cấp yêu cầu thiết kế theo loại tuyến, áp dụng trị số lực cao hơn cho cầu trên cao tốc và thấp hơn cho một số tuyến đô thị có hạn chế vận tốc và loại xe lưu thông.

Những điều chỉnh trên giúp TCVN 11823:2017 tiệm cận thông lệ quốc tế và phù hợp hơn với điều kiện khai thác tại Việt Nam.

6. KẾT LUẬN

Bài báo phân tích các quy định hiện hành của TCVN 11823:2017 liên quan đến tải trọng và xe tác dụng lên trụ cầu, trên cơ sở đối chiếu với một số tiêu chuẩn quốc tế như AASHTO, Eurocode và JRA/JSCE, trong bối cảnh điều kiện giao thông và khai thác cầu ở Việt Nam. Kết quả phân tích cho thấy, mặc dù tiêu chuẩn hiện hành đã đưa tải trọng và xe vào nhóm tải trọng cực hạn trong thiết kế cầu đường bộ, song một số nội dung vẫn cần tiếp tục hoàn thiện. Cụ thể, trị số lực va danh định còn thấp so với một số thông lệ quốc tế, cao độ tác dụng lực được quy định cố định chưa phản ánh đầy đủ đặc điểm va chạm của xe container, trong khi các nội dung liên quan đến ngưỡng áp dụng phân tích phi tuyến động lực học và phân cấp yêu cầu theo loại tuyến đường chưa được đề cập rõ.

Trên cơ sở tổng hợp các nghiên cứu thực nghiệm và mô phỏng động lực học đã được công bố, bài báo làm rõ sự khác biệt giữa TCVN 11823:2017 và các tiêu chuẩn thiết kế tiên tiến, qua đó cung cấp cơ sở khoa học cho việc xem xét điều chỉnh tiêu chuẩn. Một số khuyến nghị được đề xuất, phù hợp với điều kiện giao thông ở Việt Nam, bao gồm điều chỉnh trị số lực va danh định, bổ sung dải cao độ tác dụng lực, đưa vào cơ chế trụ được bảo vệ, xác lập ngưỡng tham khảo cho phân tích phi tuyến động lực học và phân cấp yêu cầu thiết kế theo loại tuyến đường.

Các kết quả đạt được có thể được sử dụng làm tài liệu tham khảo cho công tác quản lý và thiết kế cầu đường bộ trong nước, hướng tới nâng cao mức độ an toàn và hiệu quả kinh tế, đồng thời là cơ sở cho việc tiếp tục rà soát và cập nhật TCVN 11823:2017 trong thời gian tới.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn Bộ Xây dựng đã cấp kinh phí cho Đề tài DT25307 và Cục Đường bộ Việt Nam - đơn vị chủ trì đã tạo điều kiện thuận lợi để thực hiện nghiên cứu và hoàn thành bài báo này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Federal Highway Administration (FHWA) (2010), Texas Department of Transportation (TxDOT), Analysis of Large Truck Collisions with Bridge Piers, Báo cáo FHWA/TX-10/9-4973-1, Hoa Kỳ.

[2]. Japan Road Association (JRA) (2019), Specifications for Highway Bridges and Commentaries - Part I: Common (ấn bản tiếng Nhật năm 2017, bản dịch tiếng Anh tạm thời), Tokyo.

[3]. Japan Road Association (JRA), Specifications for Highway Bridges and Commentaries (các quy định liên quan đến tải trọng giao thông), Tokyo.

[4]. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) (2012), LRFD Bridge Design Specifications, ấn bản lần thứ 6, Washington, D.C., Hoa Kỳ.

[5]. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) (2024), LRFD Bridge Design Specifications, ấn bản lần thứ 10, Washington, D.C., Hoa Kỳ.

[6]. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) (2010), LRFD Bridge Design Specifications, ấn bản lần thứ 5, Washington, D.C., Hoa Kỳ.

[7]. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) (2017), LRFD Bridge Design Specifications, ấn bản lần thứ 8, Washington, D.C., Hoa Kỳ.

[8]. Japan Society of Civil Engineers (JSCE) (2017), Recommendations for Design and Practice of Performance-Based Design Method for Bridges, Tokyo, Nhật Bản.

[9]. Zhou, D., Li, R., Wang, J., Guo, C. (2017), Nghiên cứu ứng xử va chạm và lực va tác dụng lên trụ cầu khi chịu va chạm xe, Shock and Vibration.

[10]. Chen, S. W. C. và cộng sự (2017), Phân tích đáp ứng động và hư hỏng của trụ cầu bê tông cốt thép chịu tác động va chạm xe, Engineering Structures, tập 132, tr.146-161.

[11]. Ủy ban Tiêu chuẩn châu Âu (CEN) (2006), EN 1991-1-7: Eurocode 1 - Tác động lên công trình - Phần 1-7: Tác động ngẫu nhiên, Bruxelles.

[12]. Ủy ban Tiêu chuẩn châu Âu (CEN) (2003), EN 1991-2: Eurocode 1 - Tác động lên công trình - Phần 2: Tải trọng giao thông trên cầu, Bruxelles.

[13]. Transport Infrastructure Ireland (TII) (2017), Hướng dẫn áp dụng EN 1991-1-7 trong thiết kế tác động ngẫu nhiên, mã tài liệu DN-STR-03013, Ireland.

[14]. Yu, X., Chen, Y., He, Y. (2025), Đánh giá tính dễ tổn thương của trụ bê tông cốt thép dưới tác động va chạm xe có xét đến yếu tố bất định, Buildings, tập 15, số 8, bài báo số 1222.

[15]. Xue, S., Hao, H., Hao, Y. (2025), Nghiên cứu số về đáp ứng va chạm của trụ cầu chịu va chạm lệch tâm của xe, Engineering Structures.

[16]. Chen, L., Wu, H., Liu, T. (2020), Tổng quan nghiên cứu về va chạm xe với trụ cầu, Advances in Structural Engineering.

[17]. Jiang, J., Sorensen, A. D. (2025), Phân tích phần tử hữu hạn trụ cầu bê tông cốt thép chịu tác động va chạm xe kết hợp động đất, Transportation Research Record, NXB. SAGE.

[18]. Bộ Giao thông Trung Quốc (2015), JTG D60-2015 - Quy phạm chung thiết kế cầu và công đường bộ, Trung Quốc.

[19]. Mraih, H., Hashemi, J., Kalfat, R., Al-Mahaidi, R., Lu, G. (2025), Tổng quan các hệ thống tiêu tán năng lượng nhằm giảm thiểu tác động va chạm xe quá khổ vào cầu, Engineering Structures.

[20]. Bộ Giao thông vận tải (2019), Thông tư số 31/2019/TT-BGTVT quy định về tốc độ và khoảng cách an toàn của xe cơ giới, xe máy chuyên dùng tham gia giao thông đường bộ, Hà Nội.

[21]. Bộ Giao thông vận tải (2024), Thông tư số 39/2024/TT-BGTVT quy định về tải trọng, khổ giới hạn đường bộ và lưu hành xe quá tải, quá khổ, Hà Nội.

[22]. Bộ Giao thông vận tải (2022), Văn bản hợp nhất số 49/VBHN-BGTVT về tải trọng và khổ giới hạn đường bộ, Hà Nội.

[23]. Bộ Giao thông vận tải (2015), Thông tư số 46/2015/TT-BGTVT quy định về tải trọng, khổ giới hạn đường bộ và lưu hành xe quá tải, quá khổ, Hà Nội.

[24]. Bộ Giao thông vận tải (2023), Thông tư số 35/2023/TT-BGTVT sửa đổi, bổ sung một số quy định về tải trọng và khổ giới hạn đường bộ, Hà Nội.

[25]. Bai, H., Liu, Y.-Y. (2022), Đánh giá khả năng chịu va chạm của trụ ống thép nhồi bê tông theo các tiêu chuẩn hiện hành của Mỹ, châu Âu và Trung Quốc, Journal of Bridge Engineering, ASCE.

[26]. Auyeung, A. và cộng sự (2019), Thiết kế dựa trên hiệu năng đối với trụ cầu chịu va chạm xe, Engineering Structures.

[27]. National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) (2018), Báo cáo nghiên cứu số 892: Hướng dẫn bố trí hệ thống bảo vệ trụ cầu, Washington, D.C.

[28]. Chính phủ (2019), Nghị định số 100/2019/NĐ-CP về xử phạt vi phạm hành chính trong lĩnh vực giao thông đường bộ và đường sắt, Hà Nội.

[29]. Alomari, Q. A., Linzell, D. G., Abu Zouriq, M. F. (2025), Ứng xử của trụ nhiều cột có và không gia cường CFRP dưới tác động kết hợp va chạm xe và sóng nổ sau hỏa hoạn, Materials, tập 18, số 7, bài báo số 1449.

[30]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2017), TCVN 11823:2017 - Tiêu chuẩn thiết kế cầu đường bộ, Hà Nội.