

Nghiên cứu giải pháp tổng thể khắc phục tồn tại của gối cầu cao su sử dụng cho các kết cấu cầu dầm

Research on comprehensive solutions to remedy problems of rubber bridge bearings used for girder bridge structures

> PGS.TS HOÀNG HÀ

Trường Đại học Giao thông vận tải; Email:hoangha.utc2020@gmail.com

TÓM TẮT

Gối cầu bằng cao su được đánh giá là có chỉ tiêu kinh tế, kỹ thuật tốt và được sử dụng rộng rãi cho kết cấu cầu, phổ biến nhất là các kết cấu cầu có chiều dài nhịp trung bình từ 20 đến 40m trên cả đường bộ và đường sắt. Tuy nhiên, thực tế sử dụng gối cầu cao su đã phát hiện một số nhược điểm như lão hóa và thay đổi chỉ tiêu cơ lý của vật liệu, dịch chuyển khỏi vị trí thiết kế, phá hoại cắt... Bài báo giới thiệu kết quả nghiên cứu phân tích nguyên nhân và đề xuất giải pháp khắc phục tồn tại của loại gối cầu cao su từ kinh nghiệm của một số nước trên thế giới và thực tế sử dụng ở Việt Nam.

Từ khóa: Gối cầu cao su; ưu nhược điểm; phân tích nguyên nhân hư hỏng và đề xuất giải pháp khắc phục.

ABSTRACT

Rubber bridge bearing are considered to have good economic and technical indicators and are widely used for bridge structures. It is most commonly used in bridge structures with an average span length of 20 to 40m on both roads and railways. However, the actual use of rubber bearings has discovered some disadvantages such as aging and changes in physical and mechanical parameters of the material, displacement from the design position, shear failure... The article introduces the research results. Research, analyze the causes and propose solutions to overcome the existence of rubber ball bearings from the experience of some countries in the world and actual use in Vietnam.

Keywords: Rubber bridge bearings; advantages and disadvantages; analysis of causes of damage and proposed solutions.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

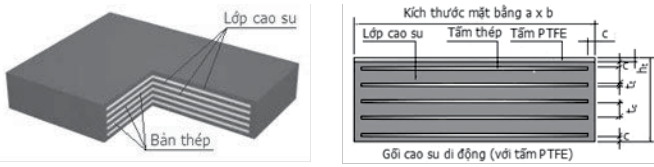
Hiện nay, gối cầu cao su được coi là giải pháp được ưu tiên lựa chọn, sử dụng rộng rãi trong các công trình cầu, đặc biệt là kết cấu cầu dầm nhịp trung bình từ 20 đến 40m, bằng bê tông cốt thép dự ứng lực (BTCT DUL), hoặc dầm thép - bê tông liên hợp, cho cả cầu đường bộ lẫn cầu trên các tuyến đường sắt. Nhờ áp dụng tiến bộ về kỹ thuật chế tạo vật liệu và kết cấu lai, gối cầu cao su vừa có tính đàn hồi vừa đủ độ cứng để thỏa mãn các công năng của bộ phận gối cầu như chịu tải trọng nén lớn, đảm bảo độ các chuyển vị ngang và góc xoay, định vị kết cấu, ngoài ra còn được đánh giá là có khả năng giảm chấn và giảm tiếng ồn tốt... Bên cạnh đó còn có các ưu điểm như chế tạo đơn giản chi phí thấp, ít phải duy tu bảo dưỡng. Gối cầu cao su bản thép được sử dụng vào các dự án xây dựng cầu được chế tạo theo các Tiêu chuẩn kỹ thuật hiện hành và thử nghiệm kiểm tra chất lượng trước khi lắp đặt để đảm bảo chất lượng và độ bền sử dụng. Tuy nhiên trong thực tế sử dụng đã cho thấy các loại gối cầu bằng cao su còn tồn tại một số nhược điểm như lão hóa vật liệu, thay đổi chỉ tiêu cơ lý theo thời gian sử dụng, dịch chuyển khỏi vị trí thiết kế, phá hoại do lực cắt... Các hư hỏng gối cầu thường kéo theo các hư hỏng lớn hơn ở các bộ phận khác, bao gồm cả các bộ phận chịu lực quan trọng của cầu [8,11].

Tuy số lượng các gối cầu cao su xuất hiện các biểu hiện hư hỏng và dịch vị chiếm tỷ lệ không lớn nhưng các con số thống kê cho thấy hiện tượng xuất hiện ở khá nhiều công trình dự án xây dựng cầu ở nước ngoài và Việt Nam [5,9], vì vậy việc phân tích, xác định nguyên nhân và đưa ra giải pháp khắc phục hiệu quả là cần thiết.

2. ĐẶC ĐIỂM CẤU TẠO VÀ NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC CỦA GỐI CẦU BẰNG CAO SU

2.1. Đặc điểm cấu tạo

Gối cầu cao su hiện đại thường được dùng loại vật liệu hỗn hợp cao su-bản thép gồm các tầng cường với các bản thép mỏng 2mm đặt xen kẽ giữa các lớp cao su tổng hợp dày khoảng 5mm để chống hiệu ứng nở hông qua đó làm tăng khả năng chịu tải trọng nén theo phương thẳng đứng của gối. Cấu tạo gối di động có dùng tấm trượt PTFE. Các loại gối cầu sản phẩm thương mại đều phải đáp ứng các Tiêu chuẩn kỹ thuật về gối cầu như: TCVN 10308: 2014 "Gối cầu cao su bản thép không có tấm trượt-yêu cầu kỹ thuật và phương pháp thử"; Tiêu chuẩn thí nghiệm: ASTM D2240; ASTM D42, ASTM D573... Cấu tạo và nguyên lý làm việc của gối cầu cao su bản thép thể hiện trên hình 1.



Hình 1. Cấu tạo gối cầu cao su

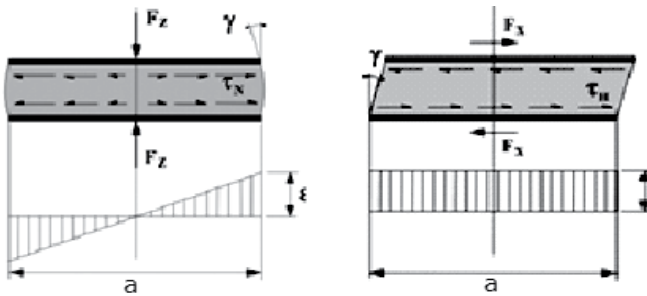
2.2. Ứng xử của gối cầu cao su khi chịu tác dụng của tải trọng

+ Chịu nén theo phương thẳng đứng: Một trong những ứng xử chủ yếu của gối cầu đó là ứng xử trước tải trọng nén theo phương thẳng đứng. Dưới tác dụng của tải trọng nén, **gối cầu cao su bản thép** có xu hướng nén lại và phình ngang. Đây là các ứng xử khi phân tích gối chịu nén thuần túy (hình 2a).

+ Chịu tác dụng của lực ngang; Các lực ngang như lực hãm xe, lực do co giãn nhiệt, lực do co ngót từ biến... tác dụng lên kết cấu sẽ được truyền xuống gối nhằm tránh gây hư hỏng cho các kết cấu khác, để đảm bảo chuyển vị này, gối cầu sẽ có các ứng xử sau: các gối sẽ bị lệch đi, sau đó sẽ dẫn trở lại trạng thái ban đầu (hình 2b). Nếu lực ngang quá lớn, sẽ gây hiện tượng trượt cho gối, dẫn đến việc gối cầu cao su bản thép bị chịu nén lệch tâm, sau đó sẽ trượt hẳn khỏi kết cấu nhịp.

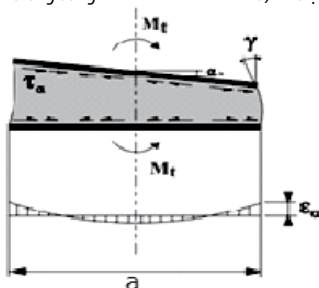
+ Chịu tác dụng của lực lệch tâm (xuất hiện mô men xoay): Khi gối chịu lực xoay, gối sẽ vận đi 1 góc γ , điều này dẫn đến sự gia tăng ứng suất cắt trong gối, gối dễ bị phá hoại.

+ Chịu tác dụng động lực (xung kích): Khi gối cầu chịu tác động lực cục bộ vuông góc với chiều ngang, dầm cầu sẽ dao động xiên tạo ra moment quay động tại vị trí gối. Trong trường hợp này, gối cầu cao su bản thép sẽ biến dạng đàn hồi theo hướng chịu tác động của lực tạo ra góc quay. Gối cầu sẽ hấp thụ năng lượng dao động của dầm cầu.



a) Chịu nén thẳng đứng

b) Chịu lực đẩy ngang



c) Chịu lực nén lệch tâm

Hình 2. Ứng xử của gối cầu cao su bản thép khi chịu tải trọng

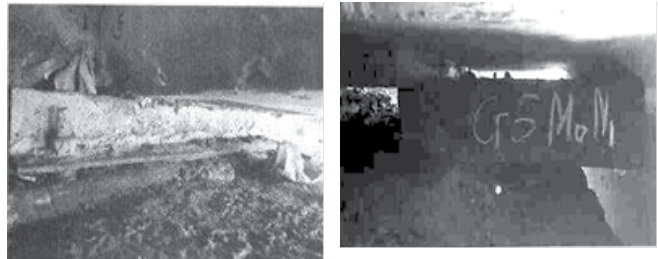
3. PHÂN TÍCH NGUYÊN NHÂN CÁC HƯ HỎNG THƯỜNG GẶP CỦA GỐI CẦU BẰNG CAO SU

3.1. Các hư hỏng thường gặp khi chịu các tác động tải trọng sử dụng

a) Lão hóa vật liệu: Sau thời gian sử dụng, do tác động của tải trọng sử dụng và điều kiện môi trường các gối cao su có hiện tượng “phình” ngang, xẹp xuống, giảm tính đàn hồi. Vấn đề này thể hiện rõ ở việc gối của các dầm phía ngoài (biên) thường có độ hóa cứng và giảm chiều cao nhanh hơn (Hình 3a). Nguyên nhân dễ thấy là do sự phân bố tải trọng không đều giữa các dầm chủ, tải trọng có xu thế dồn nặng hơn các dầm phía trong.

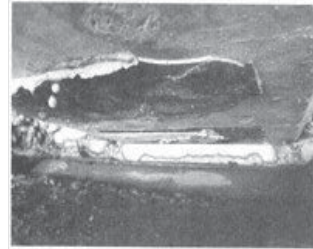
b) Dịch chuyển gối khỏi vị trí ban đầu: Hiện tượng này xảy ra khá nhiều, chú ý về cấu tạo các gối cầu cao su không có bộ phận chống dịch vị, vị trí của gối với các bộ phận liên quan được giữ nhờ lực ma sát giữa gối và các chốt gối trên đá kê gối với đáy dầm. Khi kết cấu nhịp có chuyển vị hoặc dao động do tải trọng và nhiệt độ, co ngót, từ biến... có thể gây dịch chuyển vị trí gối cầu (Hình 3b).

c) Hiện tượng bong lớp: Một số trường hợp gối cao su bị bong lớp do lực trượt tác động quá lớn. Các kết quả phân tích cho thấy phần bong tróc có tính cục bộ thể hiện sự phân bố lực trượt không đều như mô hình tính toán (hình 3c).



a) Giảm chiều cao

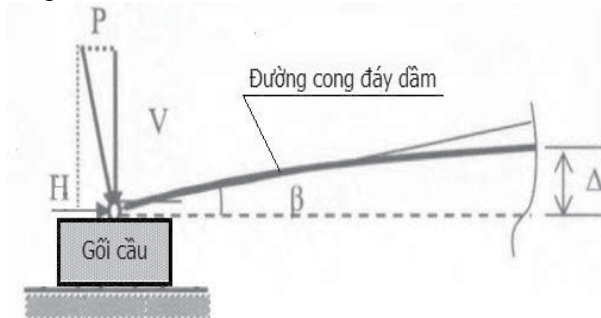
b) Dịch chuyển vị trí



c) Bong tróc các lớp

Hình 3. Các hư hỏng thường gặp của gối cầu cao su dưới tác động của tải trọng sử dụng

Hai hiện tượng xô dịch vị trí và bong tróc đều liên quan đến trạng thái ứng suất không đều ở bề mặt phía trên và dưới gối. Do các kết cấu dầm cầu thường có độ võng ngược Δ do cấu tạo hay dự ứng lực tạo ra, dẫn đến bề mặt chốt gối ở đáy dầm có góc nghiêng nhất định làm xuất tác động lực xiên làm thay đổi phân bố ứng suất bề mặt và xuất hiện thành phần lực đẩy ngang bổ sung (hình 4).



Hình 4. Thành phần lực ngang H xuất hiện do độ võng đáy dầm

Thành phần lực ngang H trên hình 4 có thể ước tính cho một số chiều dài nhịp dầm ở bằng 1

Bảng 1: Các thành phần lực phát sinh do độ cong đáy dầm

Chiều dài nhịp L (m)	Độ võng f (m)	Góc xiên tại gối (độ)	Phản lực thẳng đứng V (kN)	Lực ngang H (kN)	Lực kháng trượt theo TCVN 10308: 2014	Kích thước gối cao su (mm)	Khả năng kháng trượt của gối thép (kN)
23,4	0,04	0° 18'	209,50	1,475	70N/cm ²	300x200x61	42,00
32,4	0,05	0° 12'	407,07	1,923		400x300x75	84,00
38,6	0,06	0° 10'	601,94	2,037		450x350x81	110,25

d) Nhận xét và đánh giá:

+Kết quả tính toán ở bảng 1 cho thấy thành phần lực ngang do độ võng của dầm rất nhỏ so với thành phần lực thẳng đứng đồng thời rất nhỏ so với khả năng kháng trượt trên bề mặt thớt gối thép. Phân tích này phù hợp với thực tế các gối chỉ bị dịch chuyển vị trí sau một thời gian khai thác nhất định.

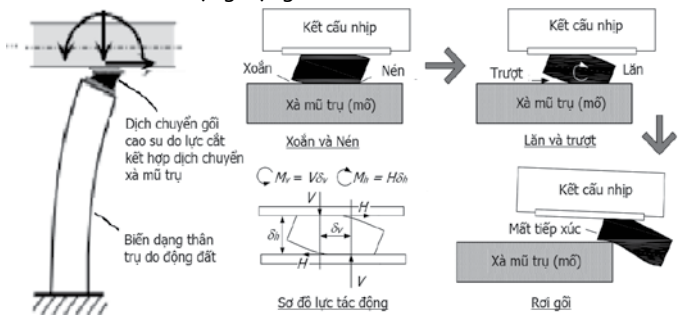
+ Cần lưu ý rằng lực kháng trượt theo được xác định trong điều kiện duy trì lực nén không đổi để tạo ra áp lực ở mặt tiếp xúc là $\sigma = 800 \text{ N/cm}^2$ [1]. Trong một số Tiêu chuẩn thiết kế gối cầu cao su bản thép đã chỉ dẫn để giữ ổn định vị trí gối cần duy trì áp lực tối thiểu ở các bề mặt tiếp xúc $\sigma_{\min} = 150 \text{ N/cm}^2$ [12] hay trên bề mặt tiếp xúc có hiệu $\sigma_{\min} > 200 \text{ N/cm}^2$ [6]. Tuy nhiên do tác dụng của hoạt tải xe lệch tâm cầu yêu cầu này có thể chưa được đảm bảo, tính toán kiểm tra cho thấy trong nhiều thời điểm làm việc của cầu, phản lực gây áp lên bề mặt gối nhỏ hơn khá nhiều [5].

+ Mặt khác khả năng kháng trượt của gối có thể thay đổi theo nhiệt độ tăng từ 20°C lên 40°C hệ số ma sát của gối cao su và thớt thép thay đổi từ khoảng 0,17 xuống khoảng 0,11 [4].

Khảo sát thực tế cho thấy hiện tượng dịch chuyển vị trí gối cầu cao su cả theo phương dọc và ngang cho phép đưa ra giả thiết quá trình dịch chuyển diễn ra ở trạng thái mặt tiếp xúc của gối giảm sức kháng trượt do áp lực nén không lớn, gối cầu có thể dịch chuyển do rung động.

3.2. Các hư hỏng thường gặp khi chịu các tác động tải trọng đặc biệt

Khi chịu các tổ hợp tải trọng đặc biệt như động đất hay va xô của tàu thuyền vào trụ cầu, gây các xung lực lớn có thể làm hư hỏng hay rơi gối cầu [8,11]. Cơ chế phá hoại được xác định do lực cắt, các gối cao su thường không được liên kết hoặc chỉ được liên kết với đáy dầm nên lực dính bám giữa cao su và bề mặt thớt gối thường không đủ kháng các trị số lực cắt rất lớn do các lực động đất hay va xô gây ra. Trên hình 5 trình bày cơ chế phá hoại rơi gối cầu cao su do tác dụng động đất.



Hình 5. Hư hỏng gối cầu cao su không có liên kết với kết cấu nhịp và xà mũ do động đất

4. NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP KHẮC PHỤC CÁC TỖN TẠI CỦA GỐI CẦU BẰNG CAO SU

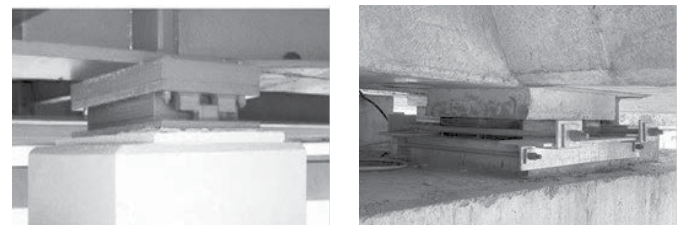
4.1. Định hướng giải pháp

- Hư hỏng gối cao su bản thép do nguyên nhân suy thoái tính chất cơ lý của vật liệu do tác động của môi trường và tải trọng khai thác có thể coi là tình trạng chung của các bộ phận kết cấu nên được khắc phục theo hướng truyền thống: cải tiến chất lượng vật liệu hoặc bảo vệ bộ phận kết cấu giảm thiểu tác động bất lợi của môi trường.

- Vấn đề chuyển dịch vị trí gối cầu có tính phức tạp, khó xác định chính xác nguyên nhân do nhiều nhân tố tác động: áp lực lên gối thay đổi, lực hãm phanh, dẫn nở dầm do nhiệt độ, co ngót, từ biến, độ dốc dọc, ngang cầu, dao động của kết cấu, tải trọng đặc biệt...có thể khắc phục bằng giải pháp cấu tạo các chốt hãm nhằm hạn chế sự dịch chuyển quá mức của gối cao su bản thép hay sử dụng các loại gối có tính năng kiểm soát sự dịch chuyển vị trí của gối cầu.

4.2. Các giải pháp khắc phục

a) Giải pháp kiểm soát dịch chuyển vị trí của gối cao su bản thép: Cấu tạo chi tiết gắn chặt gối cầu vào một trong 2 mặt tiếp xúc, thường là đáy dầm [8] (hình 6a) hoặc dùng thiết bị hạn chế dịch chuyển như giải pháp cho dự án đường sắt đô thị Bến Thành-Suối Tiên (hình 6b).



a) Liên kết gối cầu vào thớt trên đáy dầm b) Cấu tạo thiết bị chống trượt

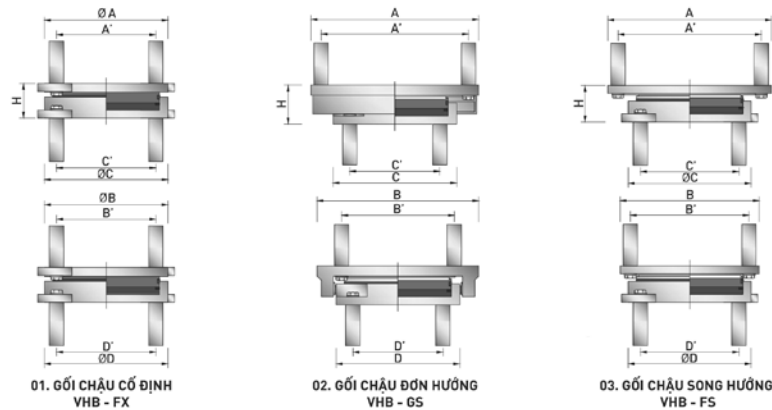
Hình 6. Các giải pháp phòng ngừa dịch chuyển gối cầu cao su - bản thép

Giải pháp liên kết một bề mặt tiếp xúc này được đánh giá là tốt hơn giải pháp liên kết gối cao su với cả thớt trên và thớt dưới do hài hòa vừa hạn chế chuyển dịch quá mức nhưng vẫn duy trì khả năng linh hoạt của gối nhưng không gây lực cắt quá lớn có thể phá hoại kết cấu gối cầu. Ở giai đoạn thiết kế cần chú ý tính toán điều kiện áp lực nén tối thiểu trên bề mặt của gối cao su với các thớt gối theo các quy định của [6,12], đặc biệt là đối với các cầu có chiều rộng lớn, dưới tác dụng của hoạt tải lệch tâm cầu có thể làm giảm lực nén tại gối, thậm chí có thể dẫn đến trạng thái lực nén âm làm mất ma sát bề mặt định vị gối cầu.

b) Sử dụng gối chịu cao su kích thước nhỏ: Gối chịu được sử dụng lần đầu tiên vào năm 1959 tại Đức, Eggert (1978). Khái niệm của nó dựa trên đệm đàn hồi (cao su) được giữ trong xi lanh bằng một piston vừa khí và vòng đệm bên trong. Piston này đảm bảo rằng chất đàn hồi có thể chịu áp lực lớn hơn nhiều và có thể hoạt động như một vật liệu đàn hồi nhớt. Ngoài ra vỏ thép còn cách ly bộ phận cao su khỏi ảnh hưởng bên ngoài của bức xạ ozone và tia cực tím làm tăng độ bền lâu và kiểm soát các biến dạng quá mức cho phép.

Bảng 2: Thông số kỹ thuật của một số loại gối chịu cỡ nhỏ áp dụng cho nhịp cầu BTCTĐƯL nhịp từ 20 đến 40m

Mã gối	Kích thước (mm)						Tải trọng theo phương đứng (kN)	Tải trọng theo phương ngang (kN)	Góc xoay (Rad)
	A	B	C	D	H	Bu lông			
VHB-0.8 FX	250	210	250	210	77	M16	800	80	0,015
VHB-1 FX	270	230	270	230	85	M16	1000	100	0,015
VHB-1.25 FX	300	260	300	260	85	M16	1250	125	0,015
VHB-1.5 FX	340	300	340	300	90	M16	1500	150	0,015
VHB-2 FX	370	310	370	310	90	M16	2000	200	0,015

**Ghi chú:**

- A: Kích thước thớt trên theo chiều dọc.
A': Kích thước tim bu lông neo của thớt trên theo chiều dọc.
B: Kích thước thớt trên theo chiều ngang.
B': Kích thước tim bu lông neo của thớt trên theo chiều ngang.

C: Kích thước thớt dưới theo chiều dọc.

C': Kích thước tim bu lông neo của thớt dưới theo chiều dọc.

D: Kích thước thớt dưới theo chiều ngang

D': Kích thước tim bu lông neo của thớt dưới theo chiều ngang.

H: Tổng chiều cao gối chịu.

Hình 7. Cấu tạo gối chịu cao su cho cầu dầm nhịp trung bình từ 20 đến 40m

Thời gian gần đây các nhà chế tạo gối cầu đã phát triển thế hệ gối cầu loại nhỏ, có ưu điểm về tính năng kỹ thuật và độ bền sử dụng lâu hơn gối cầu cao su bản thép. Ở Việt Nam, các loại gối chịu kích thước nhỏ sử dụng cho các kết cấu nhịp từ 20 đến 40m đã bước đầu được áp dụng cho một số dự án xây dựng hạ tầng giao thông quan trọng như Dự án xây dựng đường ô tô cao tốc Bắc - Nam đoạn Nghi Sơn Quốc lộ 45, Nghi Sơn - Diễn Châu, cầu Vinh Tuy giai đoạn 2, cầu Mỹ Thuận 2... Cấu tạo một số loại gối cầu loại nhỏ giới thiệu trên hình 7 với các thông số kỹ thuật ghi trong bảng 2 [2].

5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

+ Qua thời gian hàng chục năm phát triển gối cầu cao su bản thép đã thể hiện nhiều ưu điểm vượt trội, đáp ứng đầy đủ các công năng của bộ phận gối cầu, có chỉ tiêu kinh tế-kỹ thuật tốt, thay thế hợp lý các dạng gối cầu con lăn thép truyền thống.

+ Các loại gối chịu cao su loại nhỏ là bước phát triển tiên tiến của kỹ thuật chế tạo gối cầu cao su, có ưu điểm và thời hạn sử dụng lâu hơn cần được nghiên cứu, áp dụng trong những điều kiện phù hợp.

+ Để sử dụng tốt hơn các loại gối cầu cao su bản thép cần nghiên cứu bổ sung cấu tạo nhằm bảo vệ bộ phận gối cầu giảm thiểu tác động của môi trường và tải trọng khai thác cũng như các chi tiết cấu tạo để phòng dịch chuyển gối cầu quá mức dự kiến.

+ Cần phân tích kỹ hơn điều kiện làm việc của gối cầu cao su bản thép, đặc biệt là sự chênh lệch lực nén các gối ở các dầm biên cũng như điều kiện ứng suất nén nhỏ nhất σ_{\min} ở bề mặt tiếp của các gối cầu để đưa ra các điều chỉnh, bổ sung phù hợp ở giai đoạn thiết kế và cũng như trong công tác kiểm tra, bảo dưỡng nhằm

đảm bảo an toàn và độ bền sử dụng của gối cầu và các bộ phận khác của các công trình cầu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Tiêu chuẩn gối cầu cao su TCVN 10308:2014
- [2]. Hồ sơ kỹ thuật gối chịu - Công ty Đầu tư và Sản xuất Vĩnh Hưng 2022.
- [3]. PGS.TS Hoàng Phương Hoa, TS Phan Hoàng Nam, ThS Nguyễn Bảo Anh, Phân tích hư hỏng gối cầu cao su cốt bản thép đối với cầu bê tông ứng suất trước nhịp giản đơn, Tạp chí Giao thông vận tải số 01/7/2021.
- [3]. Nguyễn Thị Cẩm Nhung, Nguyễn Văn Hậu, Trần Quang Minh, Ứng xử của gối cầu cao su cốt bản thép sử dụng cho cầu tại Việt Nam. *Giao Thông Vận tải* 59 (2018)
- [5]. GS.TS Nguyễn Viết Trung, PGS.TS Hoàng Hà, ThS Đào Duy Lâm. Ví dụ tính toán dầm cầu chữ I, T, Super-T bê tông cốt thép dự ứng lực theo Tiêu chuẩn 22TCN 272-05, NXB Xây dựng, 2005.
- [6]. BS 5400:9.1 - 1983, Steel, concrete and composite bridges Part 9: Bridge bearings
- [7]. Andrzej Niemierko: Modern bridge bearings and expansion joints for road bridges; Transportation Research Procedia 14 (2016) 4040 - 4049. Poland.
- [8]. Nailiang Xiang, Yoshiaki Goto, M. Shahria Alam and Jianzhong Li: Effect of bonding or unbonding on seismic behavior of bridge elastomeric bearings: lessons learned from past earthquakes in China and Japan and inspirations for future design, *Advances in Bridge Engineering*, 2021.
- [9]. Toshiko Naganuma, Koretada Seki, Masanori Iwasaki and Koichi Tokuda, Behavior of Bearing Plate Tuype Bridge Bearings under Traveling load, *Fourth International Bridge Engineering Conference*, <https://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/conf/1995/cp7/cp7v2-013.pdf>
- [10]. PWRI (2020) Cooperative research report on seismic performance evaluation of elastomeric bearings. Public Works Research Institute, Tsukuba.
- [11]. J.V. Muscarella and J.A. Yura, An experimental study of elastomeric bridge bearings with design recommendations, Research Report FHWA/TX-98/1304-3, 1995.
- [12]. Sổ tay hướng dẫn thiết kế gối cầu của Nhật Bản-2014 (bản tiếng Nhật)