

KIỂM SOÁT GIA TỐC DAO ĐỘNG CỦA MẶT CẦU ĐƯỜNG SẮT DẠNG DẦM GIẢN ĐƠN VÀ LIÊN TỤC CÓ CHIỀU DÀI NHỊP TRUNG BÌNH DƯỚI TÁC DỤNG CỦA ĐOÀN TÀU TỐC ĐỘ CAO

CONTROL OF THE VIBRATION ACCELERATION OF SIMPLE AND CONTINUOUS RAILWAY BRIDGE SURFACES WITH AVERAGE SPAN LENGTHS UNDER THE EFFECT OF HIGH-SPEED TRAINS

PGS-TS Hoàng Hà - Đại học GTVT - số 3 phố Cầu Giấy, Hà Nội, Email:hoangha@utc.edu.vn

*Phản biện: PGS-TS Phạm Duy Anh, PGS-TS Đào Duy Lâm

Tóm tắt: Kiểm soát gia tốc dao động lớn nhất (a_{max}) của mặt cầu dưới tác dụng của đoàn tàu được đánh giá là một trong các tiêu chí quan trọng, quyết định mức độ an toàn và ổn định khai thác đối với các công trình cầu trên đường sắt tốc độ cao. Tiêu chuẩn Eurocodes hoặc TCVN 13594:2022 quy định các giá trị cụ thể của a_{max} đối với trường hợp mặt cầu có/hoặc không dùng ballast, tuy nhiên không có chỉ dẫn cụ thể phương pháp xác định thông số này. Vì vậy, đối với trường hợp Tiêu chuẩn thiết kế quy định cần phải phân tích kết cấu cầu theo mô hình động lực, giá trị cực đại a_{max} sẽ thu được nhờ kết quả tính toán bằng các phần mềm phân tích kết cấu chuyên dụng. Với trường hợp không yêu cầu phải phân tích kết cấu cầu theo mô hình động lực thì việc xác định giá trị cực đại a_{max} sẽ gặp khó khăn. Bài viết này trình bày kết quả sử dụng phương pháp đơn giản hóa để đánh giá trị số a_{max} cho một số dạng kết cấu cầu dạng giản đơn và liên tục có chiều dài nhịp trung bình được sử dụng phổ biến trên đường sắt tốc độ cao nhằm góp phần hỗ trợ công tác thiết kế cầu trên các tuyến đường sắt tốc độ cao ở Việt Nam

Từ khóa: Đường sắt tốc độ cao, gia tốc dao động lớn nhất mặt cầu (a_{max}), kết cấu cầu dầm giản đơn và cầu dầm liên tục có chiều dài nhịp trung bình

1. Đặt vấn đề

Dưới tác dụng của các đoàn tàu di động với tốc độ cao đến 350 km/h hoặc hơn sẽ gây dao động làm phát sinh các hiệu ứng động lực lớn và phức tạp đối với cả các toa tàu, đường ray và kết cấu hạ tầng (cầu và đường). Rung động quá mức có thể dẫn đến sự mất ổn định của cấu trúc balát, hư hỏng liên kết đường ray và làm giảm lực tiếp xúc bánh xe và ray không thể chấp nhận. Biến dạng quá mức do rung động cũng có thể ảnh hưởng đến tải trọng đặt trên hệ thống đường ray/cầu và gây tâm lý không thoải mái cho hành khách đi tàu [2]. Vì vậy các công trình cầu trên đường sắt tốc độ cao (ĐSTĐC) cần phải đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật nghiêm ngặt để đảm bảo an toàn về độ bền, khả năng chống biến dạng, yêu cầu kiểm soát dao động, đảm bảo tiện ích trong khai thác...

Theo quy định của Tiêu chuẩn thiết kế cầu đường sắt khổ 1435mm, tốc độ đến 350 km/h

Abstract: Controlling the maximum acceleration (a_{max}) of the bridge deck under the influence of a train is considered one of the important criteria determining the safety and operational stability of high-speed railway bridge structures. Eurocodes or TCVN 13594:2022 standards specify the exact values of a_{max} for the case of a spherical surface with/ or without ballast, however, there are no specific instructions on how to determine this parameter. Therefore, in cases where the design standard requires dynamic model analysis of the bridge structure, the maximum value a_{max} will be obtained from calculations using specialized structural analysis software. In cases where dynamic structural analysis of the bridge is not required, determining the maximum value of a_{max} will be difficult. This article presents the results of using a simplified method to evaluate the a_{max} value for several types of simple and continuous bridge structures with medium span lengths commonly used on high-speed railways, aiming to contribute to bridge design on high-speed railway lines in Vietnam.

Keyword: High-speed railway, bridge deck maximum vibration acceleration (a_{max}), simple girder bridge structure and continuous girder bridge structure with average span lengths.

(TCVN 13594: 2022-2023), việc kiểm tra thông số đặc trưng của dao động và biến dạng phải được thực hiện với mục đích an toàn giao thông, trong đó kiểm tra gia tốc dao động thẳng đứng lớn nhất (a_{max}) của kết cấu nhịp cầu được đánh giá một trong những thông số quan trọng nhất nhằm phòng ngừa xảy ra mất ổn định đường ray.

Giới hạn về gia tốc thẳng đứng của dầm được yêu cầu kiểm soát để tránh sự mất ổn định của balát và giảm thiểu đến mức không thể chấp nhận được của lực tiếp xúc bánh xe và ray, xem A.4.2.2.1 [2] lấy theo quy định của Tiêu chuẩn Eurocode (EC) và của Hiệp hội đường sắt thế giới (UIC) ghi trong bảng 1.

Việc xác định gia tốc dao động lớn nhất a_{max} có thể nhận được từ kết quả phân tích kết cấu theo mô hình động lực với bài toán dao động của mô hình đồng bộ tương tác đoàn tàu - đường ray - kết cấu nhưng đòi hỏi khối lượng và thời gian tính toán lớn. Để giảm thiểu khó khăn trong việc tính toán

Bảng 1: Các trường hợp tải trọng và giới hạn với gia tốc thẳng đứng

Tiêu chuẩn	Trường hợp tải	Giới hạn gia tốc
EC/UIC	Đường ray đơn được chất HSLM hay đoàn tàu sử dụng hiện thời	Đường có ba lát: $a_{bt} = 0,35g \approx 3,5(m/s^2)$ Đường không balats: $a_{df} 0,5g \approx 5,0(m/s^2)$

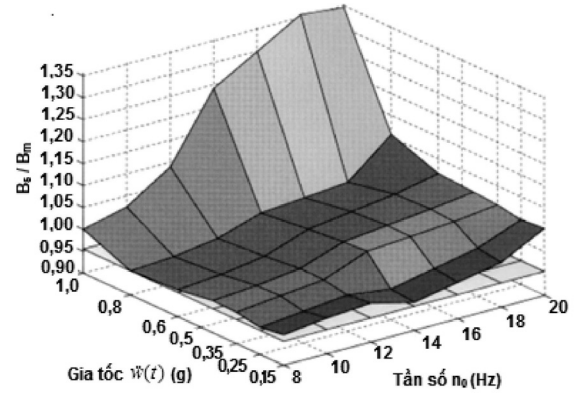
thiết kế trong Eurocodes và các Tiêu chuẩn thiết kế khác không yêu cầu phân tích theo mô hình động lực đối với một số dạng kết cấu nhịp cầu dầm giản đơn [1,2]. Tuy nhiên việc kiểm soát gia tốc mặt cầu vẫn là cần thiết, vì vậy cần sử dụng một phương pháp đánh giá và kiểm soát gia tốc mặt cầu đơn giản hơn nhưng có thể thay thế việc phân tích

2. Cơ sở lý thuyết xác định gia tốc dao động

2.1 Quy định của Tiêu chuẩn thiết kế

Eurocode quy định gia tốc dao động thẳng đứng tối đa của hệ dầm mặt cầu không được vượt quá giá trị $0,35g \approx 3,5m/s^2$ và $0,5g \approx 5m/s^2$ như trên dựa trên các nghiên cứu lý thuyết và thử nghiệm hiện trường và trong phòng thí nghiệm trình bày trong báo cáo D214 (1999) của Viện nghiên cứu đường sắt Châu Âu (ERRI) [10].

Kết quả đã cho thấy mức độ nguy hiểm lớn nhất bắt đầu từ giới hạn gia tốc dao động của hệ mặt cầu bằng từ $0,7g$ đến $0,8g$ (với g là gia tốc trọng trường bằng $9,81 m/s^2$) như trên hình 1. Cùng với kiến



Hình 1: Sự thay đổi hệ số khuếch đại gia tốc ở đầu tà vẹt trên đá balat so với gia tốc ở mặt cầu (Bucknall 2003)

ngệ hệ số an toàn lấy hệ số an toàn bằng 2 tức là giới hạn cực đại của gia tốc dao động của hệ mặt cầu được lấy bằng một nửa giới hạn nguy hiểm:

$$a = (0,7 \div 0,8)g / 2 = (0,7 \div 0,8)9,81 / 2 \approx 3,5m/s^2 \quad (1)$$

Biến dạng theo phương thẳng đứng (độ võng) là một tham số quan trọng có thể dẫn xuất ra nhiều tiêu chí khác như vận tốc, gia tốc dao động... và được Eurocode [2] đưa ra các quy định để có thể từ đó kiểm soát khả năng chịu dao động của cầu đường sắt và ĐSTĐC. Đối với một số dạng kết cấu cầu đơn giản, Tiêu chuẩn trên đã cho phép sử dụng các phương pháp đơn giản để đánh giá gia tốc dao động mà không cần thực hiện phân tích theo mô hình tương tác cầu - tàu phức tạp [2].

Bảng 2: Biểu đồ biến dạng và công thức tính các thông số dao động của cầu dầm giản đơn và cầu dầm liên tục

Sơ đồ nhịp	Nhịp liên tục	Nhịp giản đơn
Biểu đồ biến dạng		
Phương trình độ võng	$z_{con} = \frac{u_{b,con}}{2} \left[1 - \cos\left(\frac{2\pi}{L}x\right) \right]$	$z_{sim} = -u_{b,sim} \sin\left(\frac{\pi}{L}x\right)$
Vị trí tải theo phương ngang		$x = v_x t$
Tọa độ theo phương đứng	$z_{con} = \frac{u_{b,con}}{2} \left[1 - \cos\left(\frac{2\pi}{L}v_x t\right) \right]$	$z_{sim} = -u_{b,sim} \sin\left(\frac{\pi}{L}v_x t\right)$
Vận tốc dao động đứng	$v_{z,con} = \frac{dz}{dt} = \pi \left(\frac{v_x}{L}\right) u_{b,con} \sin\left(\frac{2\pi}{L}v_x t\right)$	$v_{z,sim} = \frac{dz}{dt} = \pi \left(\frac{v_x}{L}\right) u_{b,sim} \cos\left(\frac{\pi}{L}v_x t\right)$
Gia tốc dao động đứng	$a_{z,con} = \frac{d^2z}{dt^2} = 2\pi^2 \left(\frac{v_x}{L}\right)^2 u_{b,con} \cos\left(\frac{2\pi}{L}v_x t\right)$	$a_{z,sim} = \frac{d^2z}{dt^2} = \pi^2 \left(\frac{v_x}{L}\right)^2 u_{b,sim} \sin\left(\frac{\pi}{L}v_x t\right)$
Gia tốc dao động đứng cực đại	$a_{z,con}^{max} = 2\pi^2 \left(\frac{v_x}{L}\right)^2 u_{b,con}$	$a_{z,sim}^{max} = \pi^2 \left(\frac{v_x}{L}\right)^2 u_{b,sim}$

2.2 Phương pháp đánh giá gia tốc dao động

Cùng với giả thiết biến dạng đàn hồi của cầu theo biểu đồ hình sine và haversine biểu đồ biến dạng thẳng đứng và công thức tính các thông số dao động của cầu dầm giản đơn và cầu dầm liên tục dưới tác dụng của tải trọng di động trên cầu được ghi trong bảng 2 [10].

2.2.1 Công thức tính gia tốc dao động của dầm giản đơn

Tham số độ võng ($u_{b, sim}$) trong biểu thức tính gia tốc lớn nhất với dầm giản đơn theo bảng 2 chưa xét đến hiệu ứng quán tính do khối lượng của dầm và đoàn tàu di động trên cầu. Trong trường hợp tổng quát cần thay thế bằng giá trị độ võng động lực $u_{b, sim, dyn}$ và sử dụng biểu thức sau:

$$\begin{aligned} a_{z, sim}^{\max} &= \pi^2 \left(\frac{v_x}{L} \right)^2 u_{b, sim, dyn} = \\ &= \pi^2 \left(\frac{v_x}{L} \right)^2 \left(u_{b, sim} + \Delta u_{b, sim} \right) \end{aligned} \quad (2)$$

Trong đó: $a_{z, sim}^{\max}$ là gia tốc cực đại của mặt cầu dầm giản đơn (m/s^2); L là chiều dài nhịp (m); v_x là vận tốc di động của tải trọng (m/s); $u_{b, sim}$ là độ võng do hoạt tải tĩnh của đoàn tàu (m) và $\Delta u_{b, sim}$ là giá trị gia tăng của độ võng do hiệu ứng quán tính do khối lượng của dầm và của đoàn tàu di động trên cầu gây ra (m).

Giá trị gia tăng của độ võng $\Delta u_{b, sim}$ theo [9] được xác định thông qua lực quán tính theo biểu thức:

$$\begin{aligned} F(x) &= (m_b + m_{tr}) a_z(x) = \\ &= (m_b + m_{tr}) a_{z, sim}^{\max} \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right) \end{aligned} \quad (3)$$

Trong đó: $F(x)$ là giá trị lực quán tính phân bố trên chiều dài dầm (kN); m_b , m_{tr} là khối lượng rải đều của dầm và đoàn tàu (T).

Với dầm giản đơn độ võng lớn nhất được coi là tại mặt cắt giữa nhịp, từ đó có là giá trị gia tăng của độ võng tính theo phương trình:

$$\Delta u_{b, sim} = \frac{(m_b + m_{tr}) a_{z, sim}^{\max} L^4}{\pi^4 EI} \quad (4)$$

Với EI là độ cứng chống uốn theo phương thẳng đứng của dầm ($kN.m^2$).

Thay (4) vào (2) và thực hiện các phép biến đổi có được:

$$\begin{aligned} a_{z, sim}^{\max} &= \pi^2 \left(\frac{v_x}{L} \right)^2 u_{b, sim, dyn} = \\ &= \pi^2 \left(\frac{v_x}{L} \right)^2 \left(u_{b, sim} + \frac{(m_b + m_{tr}) a_{z, sim}^{\max} L^4}{\pi^4 EI} \right) = \end{aligned}$$

$$= \frac{1,2683 q_{0,5, tr} (v_x L)^2}{9,8697 EI - (m_b + m_{tr})(v_x L)^2} \quad (5)$$

2.2.2 Công thức tính gia tốc dao động của dầm liên tục

Sử dụng phân tích tương tự như đối với dầm giản đơn, công thức tính gia tốc lớn nhất cho dầm liên tục được xác định theo hệ thức:

a) Đối với nhịp giữa của dầm liên tục:

$$\begin{aligned} a_{z, con(1)}^{\max} &= 2\pi^2 \left(\frac{v_x}{L} \right)^2 u_{b, con, dyn(1)} = \\ &= 2\pi^2 \left(\frac{v_x}{L} \right)^2 \left(u_{b, con} + \frac{(m_b + m_{tr}) a_{z, con(1)}^{\max} L^4}{\pi^4 EI} \right) = \\ &= \frac{0,5073 q_{0,5, tr} (v_x L)^2}{9,8697 EI - 2(m_b + m_{tr})(v_x L)^2} \end{aligned} \quad (6)$$

b) Đối với nhịp biên của dầm liên tục:

$$\begin{aligned} a_{z, con(1)}^{\max} &= 2\pi^2 \left(\frac{v_x}{L} \right)^2 u_{b, con, dyn(1)} = \\ &= 2\pi^2 \left(\frac{v_x}{L} \right)^2 \left(u_{b, con} + \frac{(m_b + m_{tr}) a_{z, con(1)}^{\max} L^4}{\pi^4 EI} \right) = \\ &= \frac{0,8561 q_{0,5, tr} (v_x L)^2}{9,8697 EI - 2(m_b + m_{tr})(v_x L)^2} \end{aligned} \quad (7)$$

Trong các biểu thức (5), (6) và (7): $q_{0,5, tr}$ là tải trọng rải đều tương đương do tải trọng đoàn tàu cao tốc HSLM gây ra. Các giá trị tải trọng rải đều tương đương của đoàn tàu cao tốc HSLM-A (theo Eurocode) được chuyển đổi thành mô hình tải trọng rải đều tương đương $q_{0,5, tr}$ được lấy theo Phụ lục I của Tiêu chuẩn thiết kế cầu đường sắt tốc độ cao của Nga (SP.453. 1325800.2019), phần trích dẫn được giới thiệu trong bảng 3

3. Áp dụng tính toán thử nghiệm cho một số cầu trên đường sắt tốc độ cao dạng dầm giản đơn và liên tục bằng BT DƯL

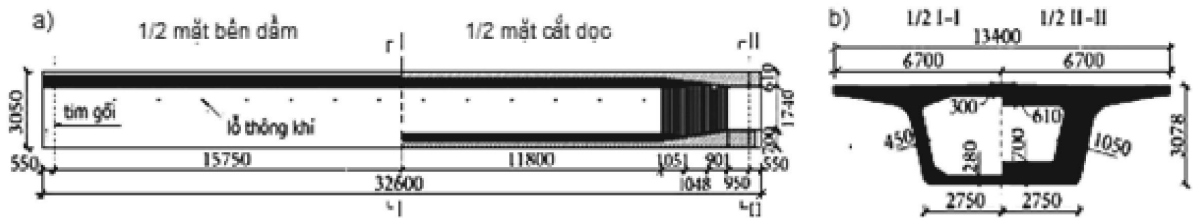
3.1 Thông số kỹ thuật của kết cấu nhịp, khối lượng tương đương dầm và của đoàn tàu

- Kết cấu nhịp cầu dầm giản đơn BT DƯL, dạng mặt cắt hình hộp có chiều dài 24, 32, 40, 50 và 60m. Ví dụ điển hình cho dầm giản đơn và liên tục nhịp 32m giới thiệu trên hình 2, các tham số cấu tạo của một số loại dầm ghi trong bảng 4.

- Theo kinh nghiệm của Trung Quốc, để phát huy yếu tố công nghiệp hóa, kết cấu nhịp liên tục có nhịp nhỏ và trung bình cho ĐSTĐC thường sử dụng dạng chiều cao dầm không đổi, được tổ hợp từ các dầm giản đơn tương ứng thành các liên nhịp phổ biến như 2×24m, 3×24m, 2×32m, 3×32m, có thể 6×32m.

Bảng 3: Trích bảng tải trọng rải đều tương đương của các đoàn tàu HSLM A1-A10 theo Tiêu chuẩn của Nga (SP.453. 1325800.2019)

Chiều dài ĐAH λ (m)	Giá trị của tải trọng rải đều tương đương cho một làn đường sắt (kN/m)										
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	Lớn nhất
Với vị trí đỉnh của đường ảnh hưởng $\alpha=0,5$ ($q_{0,5tr}$)											
24	43,30	48,61	45,85	46,92	43,30	45,85	48,51	47,66	53,50	53,50	53,50
30	36,98	42,18	39,16	40,49	36,98	39,16	41,34	40,91	45,69	45,69	45,69
32	36,23	41,39	38,25	39,61	36,12	38,25	40,38	39,99	44,63	44,63	44,63
40	33,23	38,22	34,63	36,08	32,70	34,63	36,55	36,31	40,40	40,40	40,40
50	31,94	36,46	32,67	33,57	29,76	31,16	32,59	32,36	35,94	35,94	36,46
60	29,74	34,21	30,69	31,76	28,22	29,49	30,70	30,17	33,00	32,53	34,21



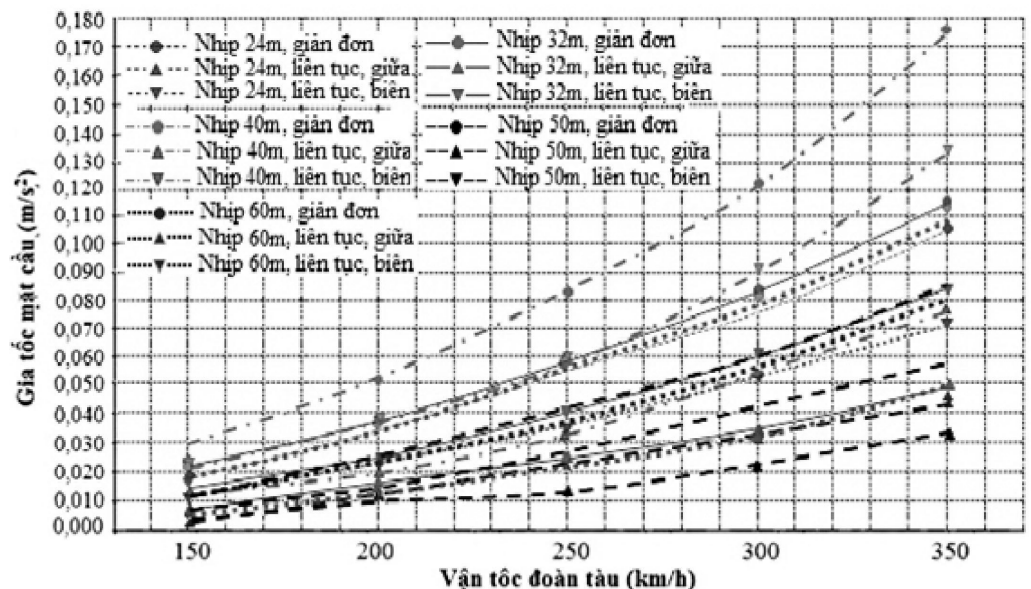
Hình 2: Cấu tạo kết cấu nhịp cầu dầm giản đơn và liên tục bằng BT ĐUL nhịp 32m tiêu chuẩn trên ĐSTĐC: a) Kích thước chung; b) Cấu tạo mặt cắt ngang dầm giản đơn; c) Cấu tạo mặt cắt ngang của dầm liên tục 3x32m

Bảng 4: Cấu tạo và kích thước cơ bản của một số loại dầm giản đơn và dầm liên tục nhịp nhỏ và trung bình bằng BTĐUL cho ĐSTĐC theo định hình tiêu chuẩn dầm của Trung Quốc

Nhịp	Dài toàn bộ (m)	Chiều cao mặt cắt (m)	Chiều rộng bản nắp (m)	Chiều rộng bản đáy (m)	K/lượng phân bố của dầm m_v (T/m)	Độ cứng chống uốn EI (kN.m ²)	K/lượng phân bố của tàu lớn nhất m_v (T/m)
24	24,6	2,45	13,4	5,80	1,2 x 20,327	376,67 x 106	5,454
32	32,6	3,05	13,4	5,50	1,2 x 23,224	495,67 x 106	4,658
40	40,8	3,05	13,4	5,74	1,2 x 23,224	495,67 x 106	4,549
50	51,1	5,00	13,4	6,70	1,2 x 24,227	144,68 x 107	4,118
60	62,3	5,00	13,4	6,80	1,2 x 24,227	144,68 x 107	3,717

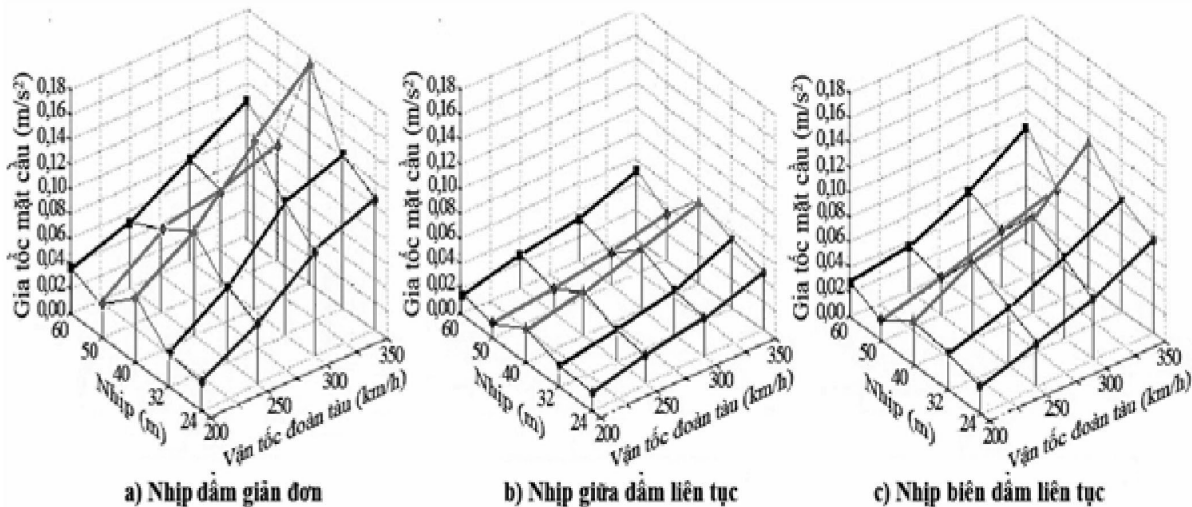
Ghi chú: Khối lượng phân bố của dầm m_b được tính thêm 20% như trong bảng 4 để xét tới khối lượng của ray, tà vẹt tấm bản và thiết bị khác trên nhịp

Hình 3: Sự thay đổi gia tốc mặt cầu theo vận tốc đoàn tàu, chiều dài và dạng sơ đồ nhịp



Bảng 5: Giá trị gia tốc dao động mặt cầu của một số dạng cầu đường sắt bằng BTĐƯL phụ thuộc vào dạng sơ đồ kết cấu, chiều dài nhịp cầu và tốc độ đoàn tàu tốc độ cao

Nhịp (m)	Vận tốc v km/h (m/s)	Thông số		Dầm giản đơn [1]	Dầm liên tục 2 nhịp		Dầm liên tục 3 nhịp			
		$(v_L)^2 \times 10^3$	$(m_d + m_v) (T/m)$		Giá trị	So sánh với [1] (%)	Giá trị	So sánh với [1] (%)	Giá trị	So sánh với [1] (%)
24	150 (41,67)	1000,16	$(1,2 \times 20,327 + 5,454) = 29,738$	0,0184	0,0127	-31,28	0,0075	-59,2	0,0127	-31,2
	200 (55,56)	1778,06		0,0329	0,0226	-31,5	0,0134	-59,3	0,0226	-31,5
	250 (69,44)	2777,42		0,0519	0,0358	-31,0	0,0212	-59,2	0,0358	-31,0
	300 (83,33)	3999,68		0,0754	0,0527	-30,2	0,0312	-58,6	0,0527	-30,2
	350 (97,22)	5444,20		0,1039	0,0734	-29,4	0,0435	-58,1	0,0734	-29,4
32	150 (41,67)	1778,06	$(1,2 \times 23,224 + 4,658) = 32,527$	0,0208	0,0142	-31,7	0,0084	-59,6	0,0142	-31,7
	200 (55,56)	3161,00		0,0374	0,0258	-31,0	0,0153	-59,1	0,0258	-31,0
	250 (69,44)	4937,64		0,0591	0,0414	-30,0	0,0245	-58,5	0,0414	-30,0
	300 (83,33)	7110,54		0,0864	0,0616	-28,7	0,0365	-57,8	0,0616	-28,7
	350 (97,22)	9678,57		0,1197	0,0871	-27,2	0,0516	-56,9	0,0871	-27,2
40	150 (41,67)	2778,20	$(1,2 \times 23,224 + 4,549) = 32,418$	0,0296	0,0204	-31,0	0,0121	-59,1	0,0204	-31,0
	200 (55,56)	4939,06		0,0535	0,0373	-30,3	0,0221	-58,6	0,0373	-30,3
	250 (69,44)	7715,06		0,0835	0,0608	-27,2	0,0360	-56,9	0,0608	-27,2
	300 (83,33)	11110,2		0,1256	0,0921	-26,6	0,0546	-56,5	0,0921	-26,6
	350 (97,22)	15122,8		0,1760	0,1337	-24,1	0,0792	-55,0	0,1337	-24,1
50	150 (41,67)	4341,00	$(1,2 \times 24,227 + 4,118) = 33,190$	0,0142	0,0096	-32,3	0,0057	-59,6	0,0096	-32,3
	200 (55,56)	7717,28		0,0255	0,0176	-31,0	0,0104	-59,2	0,0176	-31,0
	250 (69,44)	12054,8		0,0401	0,0279	-30,4	0,0165	-58,8	0,0279	-30,4
	300 (83,33)	17359,7		0,0586	0,0414	-29,4	0,0245	-58,2	0,0414	-29,4
	350 (97,22)	23629,3		0,0810	0,0581	-28,3	0,0344	-57,5	0,0581	-28,3
60	150 (41,67)	6251,00	$(1,2 \times 24,227 + 3,717) = 32,527$	0,0193	0,0132	-31,6	0,0078	-59,5	0,0132	-31,6
	200 (55,56)	11112,9		0,0346	0,0240	-30,6	0,0142	-58,9	0,0240	-30,6
	250 (69,44)	17358,9		0,0549	0,0387	-29,5	0,0229	-58,3	0,0387	-29,5
	300 (83,33)	24998,0		0,0805	0,0579	-28,1	0,0343	-57,4	0,0579	-28,1
	350 (97,22)	34026,2		0,1121	0,0832	-25,8	0,0493	-56,0	0,0832	-25,8



Hình 4: Mức độ giảm gia tốc dao động mặt cầu khi sử dụng các sơ đồ dầm liên tục

- Tải trọng rải đều tương đương $q_{0,5}$, tr lấy giá trị lớn nhất trong các thông số đoàn tàu HSLM A (từ A1 đến A10) theo bảng 3.

Trong nội dung nghiên cứu đã mở rộng phạm vi nhịp cho các nhịp giản đơn từ 24m đến 60m và một số sơ đồ nhịp liên tục có 2 nhịp và 3 nhịp tương ứng

3.2 Kết quả tính toán thử nghiệm

Sử dụng các công thức (5), (6) và (7) và các tham số đầu vào ở bảng 4 tính toán gia tốc dao động của mặt cầu cho các trường hợp dầm giản đơn, dầm liên tục với dải tốc độ cao từ 150 km/h (41.67m/s) đến 350 km/h (97,22 m/s). Kết quả tính toán gia tốc dao động của mặt cầu với các tốc độ đoàn tàu, chiều dài và sơ đồ nhịp khác nhau ghi trong bảng 5, biểu đồ thay đổi gia tốc mặt cầu theo vận tốc đoàn tàu, chiều dài và dạng sơ đồ nhịp giới thiệu trên hình 3.

Mức độ giảm của gia tốc mặt cầu khi sử dụng các sơ đồ dầm liên tục là đáng kể thể hiện trên hình 4.

4. Nhận xét và thảo luận

- Kết quả nghiên cứu cho thấy gia tăng gia tốc dao động theo tốc độ của đoàn tàu theo quy luật đường cong bậc 2 phù hợp với các công thức (5), (6) và (7), mức độ gia tăng nhanh khi vận tốc đoàn tàu nằm ở khu vực 200 km/h đến 350 km/h và lớn hơn thể hiện hiệu ứng động lực ở trạng thái cộng hưởng. Kết quả này cũng phù hợp với kết quả nghiên cứu của nhiều tác giả [9,10,11,12]

- Áp dụng tính toán kiểm tra cho một số dạng kết cấu dầm giản đơn và liên tục theo số liệu cấu tạo của các cầu dầm BTĐƯL đã xây dựng thực tế trên ĐSTĐC ở Trung Quốc thu được trị số gia tốc dao động mặt cầu là rất nhỏ, giá trị $a_{max} = 0,176 \text{ m/s}^2$ chỉ bằng 1/20 so với gia tốc $[a_{max}] = 3,5 \text{ m/s}^2$ theo quy định của Eurocodes và TCVN 13594:2022. Điều này thể hiện các loại dầm BTĐƯL đã được nghiên cứu, thiết kế đủ khả năng đáp ứng tác động của các hiệu ứng động lực do đoàn tàu tốc độ cao.

- Giá trị gia tốc lớn nhất xuất hiện với nhịp 40m: tương ứng với tốc độ đoàn tàu 350 km/h, giá trị gia tốc dao động mặt cầu ở nhịp 40m lần lượt lớn hơn 69,4%, 47,0%, 117,28% và 57,0% so với các nhịp tương ứng bằng 24m, 32m, 50m và 60m (hình 4). Để giải thích vấn đề này cần lưu ý đến tỷ lệ chiều cao H trên chiều dài nhịp L của các nhịp, với nhịp 40m tỷ lệ này là 1/13,11 trong khi các nhịp khác mức tỷ lệ này từ 1/9,8 đến 1/12, Điều này thể hiện độ cứng chống uốn theo phương thẳng đứng của kết cấu nhịp cầu có mức độ nhạy cảm cao với sự biến đổi của gia tốc mặt cầu.

- Giá trị của gia tốc dao động được giảm nhỏ với mức độ khác nhau: bằng 55% đến 59,6% đối với các nhịp giữa (có sơ đồ liên kết 2 đầu ngàm cứng) và từ

24,1 đến 32,3% với các nhịp biên (có sơ đồ liên kết một đầu ngàm, một đầu khớp).

5. Kết luận

Nghiên cứu kiểm soát gia tốc dao động của mặt cầu ĐSTĐC bằng các mô hình đơn giản đã thu được kết quả có thể dẫn đến một số kết luận sau:

1. Bằng việc sử dụng các công thức tính toán dựa trên các nguyên lý cơ học cơ bản có thể phân tích và kiểm soát gia tốc dao động của mặt cầu cho một số dạng kết cấu nhịp cầu đơn giản phù hợp với các trường hợp không yêu cầu phân tích theo sơ đồ động lực đã được chỉ dẫn trong Tiêu chuẩn Eurocodes và TCVN 13594:2022 với đủ cơ sở khoa học và độ tin cậy cần thiết, đồng thời giảm thiểu được khối lượng và thời gian tính toán.

2. Các giá trị gia tốc tính toán thu được qua việc áp dụng thử nghiệm cho một số dạng kết cấu nhịp cầu dầm giản đơn và liên tục bằng BTĐƯL đã được áp dụng xây dựng ĐSTĐC ở Trung Quốc đều nhỏ hơn nhiều so với giá trị cho phép trong các Tiêu chuẩn thiết kế cho thấy các dạng kết cấu này đã được nghiên cứu thiết kế và thử nghiệm kỹ lưỡng, có độ dự trữ an toàn lớn, đảm bảo an toàn và ổn định khai thác với tốc độ đoàn tàu đến 350 km/h.

3. Kết quả phân tích cũng cho thấy rõ hiệu quả của giải pháp “liên tục hóa” các dạng kết cấu nhịp từ các sơ đồ nhịp giản đơn bằng BTĐƯL đã được tiêu chuẩn hóa với mức độ giảm nhỏ gia tốc dao động mặt cầu từ 24,1 đến 32,3% với các nhịp ở biên và 55% đến 59,6% đối với các nhịp giữa của các sơ đồ liên tục. Điều này cho phép sử dụng linh hoạt các sơ đồ dầm liên tục 2 nhịp (với cả 2 nhịp đều là nhịp biên) và sơ đồ dầm liên tục nhiều nhịp (có 2 nhịp biên và các nhịp giữa) trong xây dựng hệ thống cầu cạn trên các tuyến ĐSTĐC khi áp dụng ở các khu vực địa chất tốt hay cấu tạo nền móng đủ ổn định nhằm tăng cường khả năng kiểm soát gia tốc dao động của mặt cầu.

4. Kết quả phân tích đã chỉ ra với kết cấu nhịp dầm giản đơn nhịp 40 m có sự gia tăng khá đột biến về gia tốc dao động mặt cầu so với các dạng kết cấu dầm BTĐƯL có chiều dài nhịp khác trong khoảng từ 24m đến 60m. Nguyên nhân có thể nhận thấy từ độ cứng chống uốn của loại dầm này là nhỏ nhất trong số các dạng kết cấu nhịp đã được tiêu chuẩn hóa ở các chiều dài nhịp trung bình nói trên. Kết quả này cũng trùng với nhiều nghiên cứu đã được công bố cho thấy sự cần thiết nghiên cứu kỹ lưỡng hơn về hiệu ứng động lực, trong đó có thông số gia tốc dao động của mặt cầu do tác dụng của hoạt tải đoàn tàu cao tốc khi áp dụng khẩu độ nhịp này cho xây dựng ĐSTĐC ở Việt Nam. □

Xem tiếp trang 58

Những kinh nghiệm như phát triển chuỗi cung ứng vật liệu gắn với hệ thống cảng biển, xây dựng các trung tâm logistics và tăng cường liên kết giữa các doanh nghiệp trong quá trình nâng cao hiệu quả hoạt động logistics.

3. Bài học kinh nghiệm cho các doanh nghiệp xây dựng dân dụng tại Hà Nội

Từ kinh nghiệm của các địa phương, có thể rút ra một số bài học quan trọng cho các doanh nghiệp xây dựng dân dụng tại Hà Nội như sau:

Một là, Tăng cường liên kết với nhà cung cấp, cụ thể doanh nghiệp cần thiết lập quan hệ hợp tác lâu dài với các nhà cung cấp vật liệu nhằm đảm bảo nguồn cung ổn định và giảm rủi ro biến động giá.

Hai là, Tối ưu hóa hệ thống vận tải; do vậy doanh nghiệp cần lựa chọn phương thức vận tải phù hợp và tối ưu hóa tuyến đường vận chuyển để giảm chi phí logistics.

Ba là, Phát triển hệ thống kho trung chuyển; việc xây dựng các kho trung chuyển gần khu vực thi công giúp rút ngắn thời gian cung ứng vật liệu và giảm chi phí vận tải.

Bốn là, Ứng dụng công nghệ trong quản lý logistics thông qua việc doanh nghiệp cần ứng dụng các hệ thống quản lý hiện đại như: ERP phần mềm quản lý kho; hệ thống theo dõi vận tải. Điều này giúp nâng cao hiệu quả quản lý chuỗi cung ứng.

4. Kết luận

Logistics đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo nguồn cung nguyên vật liệu cho các dự án xây dựng dân dụng. Nghiên cứu đã phân tích hoạt động logistics trong cung ứng vật liệu của

các doanh nghiệp xây dựng tại một số địa phương và rút ra bài học cho các doanh nghiệp xây dựng dân dụng tại Hà Nội. Kết quả nghiên cứu cho thấy việc phát triển hệ thống logistics hiệu quả, tăng cường liên kết với nhà cung cấp và ứng dụng công nghệ trong quản lý chuỗi cung ứng là những yếu tố quan trọng giúp nâng cao hiệu quả hoạt động của doanh nghiệp xây dựng dân dụng. Trong bối cảnh thị trường xây dựng ngày càng cạnh tranh, các doanh nghiệp xây dựng dân dụng tại Hà Nội cần chú trọng cải thiện hoạt động logistics nhằm giảm chi phí, nâng cao hiệu quả thi công và tăng năng lực cạnh tranh xây dựng ngày càng phát triển trong kỷ nguyên vươn mình của đất nước. □

Tài liệu tham khảo

- [1] Bộ Công Thương (2024), Báo cáo Logistics Việt Nam 2024: Khu thương mại tự do, NXB Công Thương, Hà Nội.
- [2] Bộ Công Thương (2023), Báo cáo Logistics Việt Nam 2023: Chuyển đổi số trong logistics, NXB Công Thương, Hà Nội.
- [3] Bộ Công Thương (2025), Chiến lược phát triển dịch vụ logistics Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050.
- [4] Hiệp hội Doanh nghiệp Dịch vụ Logistics Việt Nam (2024), Báo cáo thường niên logistics Việt Nam.
- [5] Tổng cục Thống kê (2024), Niên giám thống kê Việt Nam 2024, NXB Thống kê, Hà Nội
- [6] Bộ Xây dựng, (2023), Báo cáo tình hình phát triển ngành xây dựng Việt Nam, NXB Xây dựng, Hà Nội.
- [7] Đoàn Thị Hồng Vân (2020), Quản trị chuỗi cung ứng, NXB Kinh tế TP. Hồ Chí Minh.
- [8] Nguyễn Văn Công (2019), Quản trị logistics và chuỗi cung ứng, NXB Tài chính, Hà Nội.
- [9] Viện Nghiên cứu và Phát triển Logistics Việt Nam (2022), Báo cáo phát triển logistics Việt Nam.
- [8] Tiêu chuẩn thiết kế cầu ĐSTĐC của Nhật Bản (H16RC), bản tiếng Nhật
- [9] Leonid Diachenko, Andrey Benin, Vladimir Smirnov, Anastasia Diachenko "Rating of Dynamic Coefficient for Simple Beam Bridges Design on High Speed Railways", Civil and Environmental Engineering Vol. 14, Issue 1/2018, 37-43.
- [10] Bub-Gyu Jeon, Nam-Sik Kim, and Sung-Il Kim. "Estimation of the Vibration Serviceability Deflection Limit of a High-speed Railway Bridge Considering the Bridge-Train Interaction and Travel Speed", Journal of the Korean society for railway, January 2008, pp 489 - 498. <https://reseachgate.net/publication/264181085>
- [11] H. Gou, H., Xie, R., Liu, C., Bao, Y., Pu, Q. "Analytical study on high-speed railway track deformation under long-term bridge deformations and interlayer degradation", Structures, 29, pp. 1005-1015, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2020.10.079>.
- [12] Azimi, P., Yazdani, M. "Calculation of Dynamic Amplification Factor for Railway Concrete and Masonry Arch Bridges Subjected to Highspeed Trains", Periodica Polytechnica Civil Engineering, 2022. <https://doi.org/10.3311/PPci.19494>

KIỂM SOÁT GIA TỐC DAO ĐỘNG CỦA MẶT CẦU ĐƯỜNG SẮT...

Tiếp theo trang 54

TÀI LIỆU THAM KHẢO CHÍNH

- [1].TCVN 13594-1:2022, Thiết kế cầu đường sắt khổ 1435 mm, vận tốc đến 350 km/h - Phần 1-10, 2022, 2023.
- [2]. EN 1990+A2, Basic of Structure Design, EN 1991-2, Action on Bridge - Traffic loads on Bridges.
- [3]. California High-Speed Train Project Design Criteria (CHSTDC), 2014.
- [4]. TB 10621, Code for Design of High Speed railway.
- [5] AREMA "Manual for Railway Engineering", American Railway Engineering and Maintenance-of-way Association, Lanham, MD, USA, 2013.
- [6] ORE Committee D23 "Determination of dynamic forces in bridges. Final Report", Office for Research and Experiments of the International Union of Railways, Utrecht, Netherlands, Rep. 17, 1970.
- [7] CP.453. 1325800.2019, Engineering structures of high speed railway lines. Rules of design and construction (bản tiếng Nga)