



DYNAMIC ANALYSIS OF A STEEL-CONCRETE RAILWAY BRIDGES OF LANGER TYPE UNDER THE INFLUENCE OF A MOVING LOAD

ANALIZA DYNAMICZNA STALOWO-BETONOWEGO MOSTU KOLEJOWEGO TYPU LANGERA POD WPŁYWEM OBCIĄŻENIA RUCHOMEGO

Waldemar Szaniec*, Urszula Radoń
Kielce University of Technology, Poland
Adrián Bekő
Slovak University of Technology, Slovakia

Abstract

The studying the dynamic response of steel-concrete railway bridges of Langer type is huge importance of ensuring the safety of such structures under high-speed train loads. Numerical simulations at the design stage require knowledge of the modal characteristics: natural frequencies, shapes and damping. In addition, in the dynamics of railway bridges subjected to high-speed trains, it is important to check the impact of dynamic effects on the ultimate and serviceability limit states. As part of the investigations displacements and accelerations of selected measurement points arising from driving the test rolling stock are analyzed. In the first stage, calculations of the eigenvalues and the corresponding eigenvectors were carried out in the Robot program for two variants of mass description (distributed and discrete). In the second stage, dynamic train passages for various vehicle speeds were examined in terms of displacements and accelerations of measurement points by using the authors' program MES3D.

Keywords: modal analysis, Newmark method, FEM model, moving load, steel-concrete railway bridges of Langer type

Streszczenie

Badanie odpowiedzi dynamicznej stalowo-betonowych mostów kolejowych typu Langer ma ogromne znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa takich obiektów pod obciążeniem pociągów dużych prędkości. Symulacje numeryczne na etapie projektowania wymagają znajomości charakterystyk modalnych: częstotliwości drgań własnych, form i tłumienia. Dodatkowo w dynamice mostów kolejowych poddanych działaniu pociągów szybkojeźdźnych istotne jest sprawdzenie wpływu efektów dynamicznych na stany graniczne nośności i użyteczności. W ramach badań analizowano przemieszczenia i przyspieszenia wybranych punktów pomiarowych powstałych od jazdy taborem próbnym. W pierwszym etapie przeprowadzono obliczenia wartości własnych i odpowiadających im wektorów własnych w programie Robot dla dwóch wariantów opisu masy (rozłożonej i dyskretniej). W drugim etapie zbadano przebiegi dynamiczne dla różnych prędkości pociągów pod kątem przemieszczeń i przyspieszeń punktów pomiarowych za pomocą autorskiego programu MES3D.

Słowa kluczowe: analiza modalna, metoda Newmarka, model MES, obciążenie ruchome, stalowo-betonowe mosty kolejowe typu Langer

*Kielce University of Technology, Poland, e-mail: wszaniec@tu.kielce.pl

REFERENCES

- [1] Sokol M., Venglar M., Lamperová K., Márföldi M.: *Performance Assessment of a Renovated Precast Concrete Bridge Using Static and Dynamic Tests*. Applied Sciences. Vol. 10. 2020. pp. 1-19.
- [2] Binczyk M., Żółtowski K.: *Launching of steel bridge girder. Application of nonlinear shell models*. CRC Press Taylor & Francis/Balkema, 2019.
- [3] Tomasik J., Obara P.: *Dynamic stability of tensegrity structures – Part 1: The time – independent external load*, Materials, 16(2), 580, 2023.
- [4] Radoń U., Zabojszcza P., Sokol M.: *The Influence of Dome Geometry on the Results of Modal and Buckling Analysis*, Applied Sciences – Basel, 13, 2729, 2023.
- [5] Lamperová K., Sokol M., Timková B.: *Identification of Bearings State on the Bridge Checked by Dynamic Tests*. Journal of Mechanical Engineering. Vol. 70. 2020. pp. 67-76.
- [6] Živanović S., Pavic A., Reynolds P.: *Finite element modelling and updating of a lively footbridge: The complete process*. J Sound Vib 2007;301(1-2):126-45. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsv.2006.09.024>.
- [7] Sokol M., Ároch R., Lamperová K., Marton M., García-Sanz-Caledo J.: *Parametric Analysis of Rotational Effects in Seismic Design of Tall Structures*. Applied Sciences. Vol 11. 2021. pp. 1-13.
- [8] Sokol M., Márföldi M., Venglar M., Lamperová K.: *Evaluation of Performance Indicator of Railway Bridges Using Updated Finite Element Model*. Journal of Mechanical Engineering. 2019. Vol. 69. pp. 89-96.
- [9] Venglar M., Sokol M.: *Case study: The Harbor Bridge in Bratislava*. Structural Concrete. vol. 21. 2020. pp. 2736-2748.
- [10] Banas A., Jankowski R.: *Experimental and numerical study on dynamics of two footbridges with different shapes of girders*. Appl Sci 2020;10(13):4505.
- [11] Zhang L., Huang J.Y.: *Dynamic interaction analysis of the high-speed maglev vehicle/guideway system based on a field measurement and model updating method*. Eng Struct 2019;180(December 2017):1-17. <http://dx.doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.11.031>.
- [12] Pradelok S., Jasiński M., Kocański T., Poprawa G.: *Numerical determination of dynamic response of the structure on the example of arch bridge*. Procedia Eng 2016;161:1084-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.852>.
- [13] Caetano E., Cunha A., Magalhães F., Moutinho C.: *Studies for controlling humaninduced vibration of the pedro e inês footbridge. Portugal. Part 1: Assessment of dynamic behaviour*. Eng Struct 2010;32(4):1069-81. <http://dx.doi.org/10.1016/j.engstruct.2009.12.034>.
- [14] Drygala I.J., Dulinska J.M.: *Full-scale experimental and numerical investigations on the modal parameters of a single-span steel-frame footbridge*. Symmetry 2019;11(3):404. <http://dx.doi.org/10.3390/sym11030404>.
- [15] Magalhães F., Cunha A., Caetano E., Brincker R.: *Damping estimation using free decays and ambient vibration tests*. Mech Syst Signal Process 2010;24(5):1274-90. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ymssp.2009.02.011>.
- [16] Pavic A., Armitage T., Reynolds P., Wright J.: *Methodology for modal testing of the millennium bridge*. London. Proc Inst Civ Eng – Struct Build 2002;152(2):111-21. <http://dx.doi.org/10.1680/stbu.2002.152.2.111>.
- [17] Grebowski K., Rucka M., Wilde K.: *Non-destructive testing of a sport tribune under synchronized crowd-induced excitation using vibration analysis*. Materials 2019;12(13):2148. <http://dx.doi.org/10.3390/ma12132148>.
- [18] Brincker R., Ventura C.E.: *Introduction to operational modal analysis*. Chichester. West Sussex: Wiley; 2015. pp. 1-360. <http://dx.doi.org/10.1002/9781118535141>.
- [19] Brownjohn J.M.W., Magalhaes F., Caetano E., Cunha A.: *Ambient vibration retesting and operational modal analysis of the humber bridge*. Eng Struct 2010;32(8):2003-18. <http://dx.doi.org/10.1016/j.engstruct.2010.02.034>.
- [20] Yang Y.B., Yau J.D., Hsu L.C.: *Vibration of simple beam due to trains moving at high speed*. Engineering Structures, 19, 11, 1997, 936-944.
- [21] Szafranski M.: *Vibration of the bridge under moving singular loads – theoretical formulation and numerical solution*. Journal of Applied Mathematics and Computational Mechanics, 15, 1, 2016, 169-180.
- [22] Fryba L.: *A Rough assessment of railway bridges for high-speed trains*. Engineering Structures, 23, 5, 2001, 548-556.
- [23] Li J., Su M.: *The resonant vibration for a simply supported girder bridge under high-speed trains*. Journal of Sounds and Vibration, 224, 5, 1999, 897-915.
- [24] Gou H., Zhou W., Yang Ch., Yi B., Pu Q.: *Dynamic response of a long-span concrete-filled steel tube tie arch bridge and the riding comfort of monorial trains*. Applied Sciences, 8, 4, 2018, 1-22.
- [25] Podworna M.: *Dynamic response of steel-concrete composite bridges loaded by high-speed train*. Structural Engineering and Mechanics, 62, 2, 2017, 179-196.
- [26] Zobel H., Zbiciak A., Oleszek R., Michalczyk R., Mossakowski P.: *Numerical identification of the dynamic characteristics of a steel-concrete railway bridge*. Roads and Bridges – Drogi i Mosty, 13, 3, 2014, 189-215, DOI: 10.7409/rabdim.014.018.

- [27] Klasztorny M.: *Analiza dynamiczna belkowych mostów zespolonych na CMK w warunkach zwiększonych prędkości pociągów (160-250) km/h*. Roads and Bridges – Drogi i Mosty, 2, 3, 2003, 73-93.
- [28] Newmark N.M.: *A method of computation for structural dynamics*. J Eng Mech Div 1959;85(3):67-94.
- [29] *Sprawozdanie z wykonania próbnych obciążeń dynamicznych obiektów inżynierskich na szlaku Szeli – Idzikowice linii nr 4 CMK*, Wiadukt w km 26,571/26,578, Warszawa, listopad 2012 r.
- [30] Normy PN-EN 1991-2:2007 Eurokod 1: *Oddziaływania na konstrukcje – Część 2: Obciążenia ruchome mostów*.
- [31] PN-82/S-10052 *Obiekty mostowe. Konstrukcje stalowe. Projektowanie*.
- [32] PN-89/S-10052 *Obiekty mostowe. Konstrukcje stalowe. Wymagania i badania*.
- [33] PN-EN 1992-2:2005 Eurokod 2: *Projektowanie konstrukcji z betonu – Część 2: Mosty betonowe – Projektowanie i szczegółowe zasady*.
- [34] PN-EN 1993-2:2006 Eurokod 2: *Projektowanie konstrukcji stalowych – Część 2: Mosty stalowe – Projektowanie i szczegółowe zasady*.
- [35] PN-EN 1994-2:2005 Eurokod 4: *Projektowanie konstrukcji zespolonych stalowo-betonowych – Część 2: Reguły ogólne i reguły dla mostów*.