JCEEA, t. XXXI, z. 61 (4/14), październik-grudzień 2014, s. 179-191

Adam RUDZIK¹ Stefan PRADELOK² Grzegorz POPRAWA³

ZMIANY CZĘSTOTLIWOŚCI DRGAŃ WŁASNYCH KRATOWNICOWEGO MOSTU KOLEJOWEGO W WYNIKU POSTĘPUJĄCEGO USZKODZENIA

W pracy przedstawiono analize teoretyczna zmian czestotliwości drgań własnych kratownicowego mostu kolejowego w wyniku postępującego uszkodzenia. Do analizy wybrano istniejący obiekt, w którym wystąpiło uszkodzenie analogiczne do analizowanego teoretycznie - pęknięcie górnej półki pasa dolnego dźwigara kratownicowego. Zakres analizy teoretycznej zwiększono, modelując uszkodzenie postepujace aż do pełnego pekniecie pasa dolnego, abstrahujac od faktu, że takie uszkodzenie wyczerpuje nośność konstrukcji. Na podejście takie zdecydowano się dla lepszego zobrazowania wpływu uszkodzenia na zmianę częstotliwości drgań własnych. W pracy dokonano krótkiej charakterystyki rzeczywistego obiektu przęsła kratownicowego z jazdą dołem o rozpiętości teoretycznej 93,0 m oraz pewnych jego osobliwości. Omówiono i zilustrowano budowę modelu obliczeniowego umożliwiającego generowanie w nim uszkodzenia, jakim jest postępujące pęknięcie pasa dolnego kratownicy. Opisano sposób modelowania uszkodzenia oraz zilustrowano jego wybrane etapy. W dalszej części pracy przedstawiono wyniki analizy modalnej. Skupiono się na zmianach częstotliwości drgań własnych konstrukcji w kolejnych etapach uszkodzenia. Wyniki przedstawiono w sposób tabelaryczny oraz zilustrowano na wykresie. Zaprezentowano również widoki wybranych postaci drgań w kolejnych krokach uszkodzenia. Szczególną uwagę zwrócono na lokalne postacie drgań w bezpośrednim otoczeniu pęknięcia. W zakończeniu przedstawiono wnioski ogólne traktujące o wpływie analizowanego uszkodzenia na zmianę częstotliwości drgań własnych. Zasygnalizowano również pewne lokalne efekty ujawniające się w miarę zwiększania się uszkodzenia (ujawnianie i zanikanie lokalnych postaci drgań) oraz kierunki dalszych analiz.

Słowa kluczowe: mosty, parametry dynamiczne, modelowanie inżynierskie, uszkodzenie konstrukcji, wpływy lokalne

¹ Autor do korespondencji/corresponding author: Adam Rudzik, Politechnika Śląska, ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice, tel. 32 2372189, adam.rudzik@polsl.pl

² Stefan Pradelok, Politechnika Śląska, ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice, tel. 32 2372189, stefan.pradelok@polsl.pl

³ Grzegorz Poprawa, Politechnika Śląska, ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice, tel. 32 2372189, grzegorz.poprawa@polsl.pl

1. Wprowadzenie

Rozwój infrastruktury komunikacyjnej, wprowadzanie nowych, często prototypowych rozwiązań oraz dostosowywanie istniejącej infrastruktury do zmieniających się warunków eksploatacyjnych musi się odbywać przy zachowaniu wysokich poziomów i standardów bezpieczeństwa. W konsekwencji są opracowywane i wdrażane systemy monitorowania stanu konstrukcji. Zagadnienia wykrywania uszkodzeń w konstrukcjach (w tym także w mostach) były wprawdzie omawiane w literaturze już w latach 70. [1], ale temat ten jest wiąż analizowany [5, 16]. Należy jednak zachować pewien dystans do rozpowszechniających się opinii dotyczących automatycznego generowania wiedzy na temat stanu konstrukcji [2, 3].

Korzystając z rzeczywistego zaistniałego przykładu, w pracy opisano przeprowadzoną analizę zakresu zmian częstotliwości drgań przy daleko idących uszkodzeniach lokalnych [10, 12, 14]. Przez lokalność uszkodzenia jest rozumiany mały jego wymiar w stosunku do całości konstrukcji, ale prowadzący do daleko idących skutków.

Opis wspomnianej rzeczywistej awarii, analizę oraz wyjaśnienie jej przyczyn można znaleźć m.in. w pracach [8, 11, 15]. Powstanie awarii oraz związane z tym opracowania naukowe sięgają 1992 roku, jednak za celowością przyjęcia obiektu do analizy przemawiają:

- powstałe opracowania techniczno-naukowe szczegółowo wyjaśniające przyczyny i przebieg powstania uszkodzenia, stanowiące tym samym doskonałą podstawę do analiz teoretycznych,
- reprezentatywność obiektu w Polsce powstało wiele podobnych obiektów na liniach kolejowych, wybudowanych na podstawie różnych adaptacji typowej dokumentacji jednotorowego mostu kolejowego o rozpiętości 93,0 m.

Zaobserwowane uszkodzenie to pęknięcie górnej półki pasa dolnego kratownicy. W rozważaniach teoretycznych przeanalizowano sytuację, w której pęknięcie postępuje aż do pełnego przecięcia całego pasa dolnego, abstrahując od faktu, że znacznie wcześniej nastąpiłoby wyczerpanie jego nośności.

2. Konstrukcja obiektu

Obiektem analizy jest sześcioprzęsłowy jednotorowy most kolejowy. Przęsła skrajne to swobodnie podparte blachownice z jazdą dołem o rozpiętościach teoretycznych 27 i 33 m. Dwa przęsła środkowe to swobodnie podparte kratownice z jazdą dołem o rozpiętości teoretycznej 93,0 m. Dźwigary główne to bezsłupkowe kraty o pasach równoległych ze skratowaniem typu "W".

Dźwigar główny nie jest klasyczną kratownicą. Jego pasy dolne są zginane, co wynika z układu poprzecznic, które połączono z pasami zarówno w węzłach, jak i w miejscach pośrednich. Ponadto osie krzyżulców nie przecinają się w osi



Rys. 1. Geometria przęsła kratownicowego: a) widok z boku, b) widok węzła, c) widok ogólny Fig. 1. The geometry of the lattice span: a) side view, b) view of the node, c) general view of the span

pasa dolnego, lecz na wysokości jego górnej półki. Można zatem powiedzieć, że dźwigar jest raczej belką wzmocnioną ustrojem kratownicowym.

Wysokość całkowita każdego dźwigara wynosi 13,29 m, a odległość pomiędzy węzłami 15,5 m. Rozstaw dźwigarów głównych wynosi 6,0 m. Widok z boku oraz widok ogólny przęsła kratownicowego pokazano na rys. 1a, b. Pewną osobliwością jest konstrukcja węzła kratownicy (rys. 1c). Blachy węzłowe nie są – jak w rozwiązaniach klasycznych – przedłużeniem pasa, lecz obejmują tylko górną półkę i wypustkami są łączone z pionowymi żeberkami węzła.

Dźwigary główne są w każdym przęśle kratownicowym stężone poprzecznie w płaszczyźnie pasów górnych stężeniem kratownicowym typu "K", a w płaszczyźnie pasów dolnych zarówno montażowymi tężnikami kratownicowymi, jak i żelbetową płytą jezdni. Koryto jezdni wykonano jako żelbetowe, oparte na poprzecznicach. Rozstaw poprzecznic wynosi 3,1 m. Płytę pomostu zespolono z poprzecznicami, a ponadto zdylatowano dwukrotnie na długości przęsła. W miejscach dylatacji rozstaw poprzecznic wynosi 0,8 m.

3. Model obliczeniowy

Geometria modelu

Model obliczeniowy zbudowano w programie Robot Structural Analysis Professional 2012. Model ogólny konstrukcji zbudowano jako prętowy. Prętom nadano parametry geometryczne zgodnie z ich przekrojami. Uwzględniono również odsunięcie konstrukcji pomostu względem punktu przecięcia się krzyżulców.

Na model prętowy nałożono szczegółowy model węzła składający się z ponad 3100 elementów powłokowych, którym nadano odpowiednie grubości (półki, środnik, blachy węzłowe, żebra). Model szczegółowy obejmuje swym zakresem fragment pasa dolnego dźwigara kratownicowego o długości 6,2 m oraz połowy długości czterech poprzecznic i dwóch krzyżulców. Widok modelu z węzłem szczegółowym oraz widok samego węzła szczegółowego pokazano na rys. 2.

Model szczegółowy węzła połączono z modelem prętowym za pośrednictwem stalowych prostopadłych do prętów przepon o grubości 5 cm. Aby nie wprowadzać lokalnie dodatkowych mas, przeponom tym nadano zerową gęstość. Więcej szczegółów na temat inżynierskiego podejścia w modelowaniu szczegółu konstrukcyjnego opisano w pracy [13].

W modelu obliczeniowym celowo nie wprowadzono powłokowych elementów zespolonych z poprzecznicami (koryto żelbetowe). Zgodnie z pracą [8] zespolenie poprzecznic przydylatacyjnych (obszar przy węźle szczegółowym) wydaje się być wątpliwe.

W kolejnym kroku przyjęto obciążenie ciężarem własnym konstrukcji i wyposażenia. Ciężar konstrukcji stalowej został uwzględniony przez nadanie elementom (pręty i panele) odpowiedniej gęstości. Przyjęto zwiększoną gęstość stali 9000 kg/m³ wynikającą z całkowitego rzeczywistego ciężaru konstrukcji stalowej istniejącego obiektu (uwzględnienie w ciężarze wszystkich elementów dodatkowych, takich jak blachy węzłowe, zebra itp.). W modelu uwzględniono ciężar wyposażenia (koryto żelbetowe, podsypka) w postaci mas dodanych w węzłach.





Fig. 2. Visualization of computional model: a) general view of the whole model, b) detailed node

Poprawność modelu pod kątem przeprowadzenia analizy modalnej zweryfikowano, porównując częstotliwości i postacie drgań własnych modelu prętowego oraz modelu z węzłem szczegółowym. Porównano również wartości teoretyczne z wynikami badań terenowych [7, 9]. Wartość częstotliwości pierwszej pionowej postaci drgań własnych uzyskana z modelu wyniosła 2,104 Hz, a pomierzona na rzeczywistym obiekcie zawierała się w przedziale 1,55-2,37 Hz. Otrzymane wyniki potwierdziły poprawność modelu obliczeniowego.

Postępujące uszkodzenie węzła

Uszkodzenie węzła było modelowane poprzez usuwanie z węzła szczegółowego kolejno paneli stanowiących półkę górną, środnik i półkę dolną pasa dolnego kratownicy. Usuwane panele miały kształt prostokątów o wymiarach 10 x 16 cm w półkach oraz 10 x 10 cm w środniku. Wyjątkowo przy osi środnika, w celu zachowania symetrii i poprawnego połączenia węzła szczegółowego z modelem prętowym zastosowano dwa pasy z paneli 5 x 10 cm.

Cały proces modelowania uszkodzenia to 28 kroków – kolejno usuwanych fragmentów węzła, przy czym ostatni krok jest równoznaczny z pełnym przecięciem pasa dolnego kratownicy (co łącznie z modelem bez uszkodzenia daje 29 modeli obliczeniowych). Widoki wybranych etapów uszkodzenia pokazano na rys. 3.



Rys. 3. Wybrane etapy (kroki) uszkodzenia węzła szczegółowego: a) krok 1., b) krok 2., c) krok 3., d) krok 4., e) krok 14., f) krok 28.

Fig. 3. Selected steps of damage to detailed node: a) step 1, b) step 2, c) step 3, d) step 4, e) step 14, f) step 28

4. Analiza modalna

Dla każdego z 29 modeli obliczeniowych przeprowadzono analizę modalną, a następnie dokonano rejestracji wyników – dwustu początkowych częstotliwości i postaci drgań własnych. Wyniki przedstawiono na rys. 4., na którym zestawiono wartości częstotliwości drgań własnych modelu bez uszkodzenia i modelu z całkowitym przecięciem pasa dolnego. Wyniki z modeli pośrednich zawierają się między wykresami kroku 0. i 28.

Należy zwrócić uwagę na fakt, że przedstawione na rys. 4. częstotliwości drgań i różnice pomiędzy krokiem 0. i 28. (odsunięcie wykresów) dotyczą zestawienia wartości wprost z programu zgodnie z ich kolejnymi numerami w programie Robot. Brak w nim weryfikacji samych postaci drga. Zabieg taki został przeprowadzony celowo, aby wskazać na wspomniane wcześniej odsunięcie wykresów wynikające z pojawiania się nowych (zwykle lokalnych) postaci w kolejnych krokach uszkodzenia.



Rys. 4. Zestawienie częstotliwości drgań własnych modelu bez uszkodzenia i modelu z pełnym przecięciem pasa

Fig. 4. Selection of vibrations frequency of the model without damage and with a full crack of the lower girder

Dalsza weryfikacja pozwoliła stwierdzić, że w kolejnych krokach uszkodzenia te same numery nie w każdym przypadku dotyczą tych samych postaci. Ze względu na dużą liczbę wyników skupiono się na czterech wybranych krokach uszkodzenia:

- krok 0. model bez uszkodzenia,
- krok 4. pełne przecięcie półki górnej pasa dolnego,
- krok 14. przecięcie połowy pasa dolnego (oś środnika),
- krok 28. pełne przecięcie pasa dolnego kratownicy.

W tabeli 1. przedstawiono częstotliwości drgań wybranych czterech postaci po weryfikacji postaci (odpowiadających w kolejnych krokach uszkodzenia).

Tabela 1. Zestawienie częstotliwości drgań własnych wybranych postaci modelu z zerowym krokiem uszkodzenia i postaci odpowiadających w kolejnych krokach uszkodzenia

Table	1.	Statement	of natural	vibration	frequencies	of	selected	forms	in	model	with	zero	step	of
damage and corresponding forms in the successive steps of damage														

Nr postaci modelu bez uszkodzenia i postacie odpowiadające w koleinych	Częst mod	otliwości (eli z kolej uszkodzo	drgań wła nymi krol enia [Hz]	snych kami	Różnica częstotliwości drgań własnych pomiędzy krokami uszkodzenia [Hz]					
krokach uszkodzenia	krok 0.	krok 4.	krok 14.	krok 28.	0-4.	0-14.	0-28.	0-28. [%]		
Postać 1.	0,877	0,857	0,821	0,772	0,02	0,056	0,105	11,97		
Postać 125.	9,787	9,786	9,786	9,788	0,001	0,001	0,001	0,01		
Postać 162.	13,984	13,982	13,981	14,008	0,002	0,003	0,024	0,17		
Postać 186.	19,72	19,715	19,711	19,7	0,005	0,009	0,02	0,1		

Największa zaobserwowana różnica częstotliwości pomiędzy zerowym i 28. krokiem uszkodzenia wystąpiła przy pierwszej postaci drgań i wyniosła 0,105 Hz. Należy podkreślić, że 28. krok uszkodzenia jest równoznaczny z pełnym pęknięciem pasa dolnego kratownicy, a wyczerpanie jego nośności nastąpiłoby znacznie wcześniej. Należałoby więc przeprowadzić równocześnie analizę statyczno-wytrzymałościową, aby stwierdzić, w którym kroku uszkodzenia nastąpi wyczerpanie nośności pasa. Postać tą z modelu bez uszkodzenia i modelu z pełnym uszkodzeniem pokazano na rys. 5.



Rys. 5. Pierwsza postać drgań: a) 0. krok uszkodzenia, b) 28. krok uszkodzenia Fig. 5. First form of vibrations: a) 0 step of damage, b) 28 step of damage

Nawiązując do wspomnianej konieczności weryfikacji odpowiadających postaci drgań w kolejnych krokach uszkodzenia, na rys. 6. przedstawiono wybrane przykładowe postacie drgań. Skupiono się na poziomej giętnej postaci (f = 19,720 Hz), której postać z modelu bez uszkodzenia pokazano na rys. 6a. Na rysunku 6b pokazano tą samą postać (jako postać odpowiadającą) w 14. kroku uszkodzenia (f = 19,711 Hz), a na rys. 6c w 28. kroku uszkodzenia (f = 19,700 Hz).



Rys. 6. Przykładowe postacie drgań własnych w kolejnych krokach uszkodzenia (opis w tekście)

Fig. 6. Sample forms of vibrations in next damage steps (describe in the text)

Analizowano również zachowanie się węzła szczegółowego, co pozwoliło zauważyć wyraźne lokalne zaburzenia niektórych postaci w kolejnych krokach uszkodzenia. Widoki wybranych postaci drgań w węźle szczegółowym pokazano na rys. 7.:

- a) pierwsza pozioma postać giętna 0. krok uszkodzenia (0,877 Hz),
- b) pierwsza pozioma postać giętna 28. krok uszkodzenia (0,772 Hz),
- c) dalsza pozioma postać giętna 0. krok uszkodzenia (19,720 Hz),
- d) dalsza pozioma postać giętna 28. krok uszkodzenia (19,700 Hz).

W przypadku pierwszej poziomej postaci drgań brak jest widocznych zaburzeń i lokalnych zmian postaci między krokami 0. i 28. Natomiast w przypadku prezentowanej dalszej poziomej postaci giętnej zmiany takie są bardzo wyraźne. Należy jednak podkreślić, że zaburzenia wystąpiły tylko w przypadku niektórych postaci. Więcej szczegółów na temat analizy dynamicznej lokalnych wpływów w węźle szczegółowym można znaleźć w pracach [6, 7, 9]. W kwestii możliwości rejestracji opisanych zmian częstotliwości drgań własnych autor odsyła m.in. do publikacji [4].



Rys. 7. Lokalne zmiany postaci drgań w węźle szczegółowym (opis w tekście) Fig. 7. The local changes of the vibration form in detailed node (describe in the text)

5. Podsumowanie i wnioski

Przeprowadzono analizę modalną 29 modeli obliczeniowych konstrukcji kratownicowego przęsła mostu kolejowego. W każdym modelu definiowano kolejny krok uszkodzenia węzła szczegółowego. W przeprowadzonej analizie modalnej dokonano porównania częstotliwości drgań własnych modeli z kolejnymi krokami uszkodzenia. Pierwsze automatyczne porównanie częstotliwości wykazało maksymalne różnice pomiędzy modelem nieuszkodzonym i modelem z pełnym uszkodzeniem rzędu 1,4 Hz. Jednakże wnikliwa analiza postaci drgań pozwoliła stwierdzić, że wykazane automatycznie różnice nie dotyczą tych samych postaci. Wynika to z faktu, że wraz ze zwiększaniem się uszkodzenia ujawniały się nowe (zwykle lokalne) postacie oraz zanikały postacie wcześniejsze. Powstały więc pewne przesunięcia numerów porządkowych odpowiadających postaciom modeli z kolejnymi krokami uszkodzenia.

W celu oceny zmian częstotliwości drgań własnych w wyniku postępującego uszkodzenia porównano postacie z modelu bez uszkodzenia z odpowiadającymi postaciami w modelach z kolejnymi krokami uszkodzenia. W porównaniu tym ograniczono się do wybranych postaci drgań całego modelu (pominięto te dotyczące drgań lokalnych pojedynczych elementów). Największa zaobserwowana różnica częstotliwości drgań pomiędzy modelem bez uszkodzenia a modelem z pełnym pęknięciem pasa dolnego kratownicy wyniosła 0,105 Hz. Należy w tym miejscu zwrócić uwagę, że takie uszkodzenie wyczerpuje nośność z konstrukcji. Jednakże dla lepszego zobrazowania wpływu uszkodzenia konstrukcji na zmianę częstotliwości drgań własnych analizowano model aż do momentu pełnego pęknięcia pasa dolnego. Uszkodzenie, które wystąpiło w istniejącym obiekcie – pęknięcie górnej półki pasa dolnego, odpowiada czwartemu krokowi uszkodzenia w analizie teoretycznej. Różnica częstotliwości drgań pomiędzy modelem nieuszkodzonym a modelem z 4. krokiem uszkodzenia dla pierwszej postaci wyniosła 0,02 Hz.

Jako wniosek końcowy można stwierdzić, że uszkodzenie węzła w analizowanym modelu konstrukcji przęsła kratownicowego o dużej sztywności ma niewielki wpływ na zmianę analizowanych tutaj częstotliwości drgań własnych. Nawet w sytuacji pełnego pęknięcia pasa dolnego, która nie wystąpiłaby w rzeczywistości ze względu na wcześniejszą utratę nośności osłabionego przekroju, zaobserwowana maksymalna różnica częstotliwości drgań wyniosła zaledwie 0,105 Hz. Odrębnego potraktowania wymaga jednak zmiana lokalnych postaci drgań w samym węźle.

Literatura

 Cawley P., Adams R.D.: The location of detects in stryctues from measurements natural frequencies. Jourbal of Strain Analysis for Engineering Design, no 14, 1979, pp. 49-57.

- [2] Kowalewski J.: Krytycznie o monitoringu bezpieczeństwa konstrukcji budowlanych. Problemy przygotowania i realizacji inwestycji budowlanych, Puławy 18-19 października 2010.
- [3] Kowalewski J., Sulik P.: Wiarygodność i skuteczność monitoringu bezpieczeństwa konstrukcji budowlanych. XI Konferencja Naukowo-Techniczna "Problemy rzeczoznawstwa budowlanego", Warszawa–Miedzeszyn, 14-16 kwietnia 2010.
- [4] Kuras P., Owerko T., Ortyl Ł., Kocierz R., Sukta O., Pradelok S.: Advantages of radar interferometry for assessment of dynamic deformation of bridge. Bridge maintenance, safety, management, resilience and sustainability. 6th International IABMAS Conference, Stresa, Italy, 8-12 July 2012.
- [5] Nakagawa K., Murakami T., Morikawa H., Ichimura T.: A study to find cracks on steel structure using time-frequency analysis. Materials Forum, vol. 33-2009, Institute of Materials Engineering Australasia, Australia 2009.
- [6] Pradelok S.: Analiza dynamiczna lokalnych wpływów w szczególe konstrukcyjnym. VI Ogólnopolska Konferencja Mostowców, Wisła 24-25 maja 2012.
- [7] Pradelok S.: Dynamic tests of certain lattice girder railway bridge type nodes. International Conference on Experimental Vibration Analysis for Civil Engineering Structures EVACES'09, Wrocław, 14-16 October 2009, pp. 221-222.
- [8] Pradelok S.: Przyczyny pękania węzłów kratowego ustroju pewnego typu mostu kolejowego. Politechnika Śląska, Gliwice 2004 (rozprawa doktorska).
- [9] Pradelok S.: Tests of local vibration in the node of a truss bridge. Journal Architecture Civil Engineering Environment, 2012 vol. 5 no 4, pp. 55-62.
- [10] Pradelok S.: The influence of higher modes vibrations on local cracks in node of lattice girders bridges. Archives of Civil Engineering, LVIII, no 2, 2012, pp. 209--221.
- [11] Pradelok S., Weseli J.: Wpływ wyższych postaci drgań na zaistnienie lokalnych spękań w węźle mostu kratowego. Konferencja Naukowo-Techniczna "Awarie Budowlane", Szczecin-Międzyzdroje 2003.
- [12] Pradelok S., Rudzik A., Poprawa G.: Analiza teoretyczna wpływu postępującego pękania na zmianę częstotliwości drgań własnych kratowego mostu kolejowego. XXVI Konferencja Naukowo-Techniczna "Awarie Budowlane", Szczecin-Międzyzdroje, 21-24 maj 2013.
- [13] Pradelok S., Bętkowski P., Rudzik A., Łaziński P.: Modelowanie inżynierskie szczegółów konstrukcyjnych mostu. Budownictwo i Architektura, nr 12(2) 2013, s. 55-62.
- [14] Rudzik A.: Wpływ uszkodzeń na zmianę charakterystyki dynamicznej mostu. Politechnika Śląska, Gliwice 2012 (praca niepublikowana).
- [15] Weseli J., Pradelok S.: Analiza przyczyn uszkodzeń kratowego mostu kolejowego. Konferencja Naukowo-Techniczna "Awarie Budowlane", Szczecin-Międzyzdroje 1996.
- [16] Wrana B.: Identyfikacja uszkodzenia mostu przy pomocy analizy wrażliwości. Konferencja Naukowa "Zespolone konstrukcje mostowe", Kraków 2009.

CHANGES NATURAL FREQUENCY OF THE TRUSS RAILWAY BRIDGE DUE TO THE PROGRESSIVE DAMAGE

Summary

This paper presents a theoretical analysis of changes in the natural frequency of the truss railway bridge as a result of progressive damage. The analysis includes an existing object, in which appeared damage that is analogous to the theoretically – crack of the lower girder truss. The range of the theoretical analysis has been extend until full crack of the lower girder, quite apart from the fact that such damage exhaust bearing capacity of the structure. This approach was intended to better illustrate the impeach of the damage for changes in the natural frequency. The paper presents a brief characterization of the real object – truss bottom-road bridge with a span of 93 m and some of its peculiarities. Then discusses and illustrates the construction of computational model and generating its damage. In the following part of the paper the results of modal analysis. It focus on the changes in the natural frequency of the structure in the next stages of damage. In the ending, beyond to a summary of each chapter, a general conclusions enunciated. In conclusion, in addition to presenting general conclusions also indicate some local effects that occurred with increasing damage (disclosure and disappearance of local form of vibrations), and directions for further analysis.

Keywords: bridges, dynamic parameters, engineering modeling, structural damage, local influences

Przesłano do redakcji: 04.10.2014 r. Przyjęto do druku: 02.12.2014 r.

DOI:10.7862/rb.2014.136