

prof. dr hab. inż. Jacek Chrościelewski¹⁾
dr inż. Mikołaj Miśkiewicz¹⁾

Próbné obciążenie kompozytowej kładki pieszo-rowerowej

Load testing composite foot-and-cycle bridge

DOI: 10.15199/33.2015.07.23

Streszczenie. W artykule przedstawiono zakres badań zrealizowanych podczas próbnego obciążenia obiektu badawczego stanowiącego pełnowymiarowy kompozytowy most pieszo-rowerowy. Badane przęsło posadowione na obniżonych podporach na terenie kampusu Politechniki Gdańskiej jest elementem projektu FOBRIDGE. Wykonano testy statyczne i dynamiczne zgodnie z założonym programem badań.

Słowa kluczowe: most pieszo-rowerowy, kompozyt, próbné obciążenie.

Abstract. Paper presents the scope of tests carried out on test object that is full scale shell composite foot-and-cycle bridge. Examined span is a part of FOBRIDGE project that was constructed on lower supports at the campus of Gdansk University of Technology. Performed static and dynamic tests were in accordance to established test program.

Keywords: foot-and-cycle bridge, composite GFRP, test load.

24 kwietnia 2015 r. na terenie kampusu Politechniki Gdańskiej posadowiono innowacyjne kompozytowe przęsło mostu pieszo-rowerowego o ustroju powłokowym typu U (fotografia 1). Przęsło stanowi pełnowymiarowy obiekt, który na początku maja 2015 r. poddano kompleksowym badaniom doświadczalnym stanowiącym pierwszy etap cyklu badań, które zostaną wykonane w ciągu kolejnych sześciu miesięcy. Dodatkowo przez cały ten okres prowadzony będzie ciągły monitoring pracy konstrukcji.

Kładka wykonana została w ramach projektu FOBRIDGE przez konsorcjum: Politechnika Gdańska (lider), Wojskowa Akademia Techniczna, Przedsiębiorstwo ROMA sp. z o.o. w Grabowcu k. Torunia [1, 2]. Celem projektu są badania ukierunkowane na opracowanie konkurencyjnych ekono-



Fot. 1. Przęsło mostu stanowiące obiekt badawczy projektu FOBRIDGE: a – wizja architektoniczna; b – realizacja

Photo 1. The span of the bridge representing research object of FOBRIDGE project: a – architectural vision; b – erected object

¹⁾ Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska

^{*)} Autor do korespondencji:
e-mail: mikołaj.miskiewicz@wilis.pg.gda.pl

micznie w stosunku do tradycyjnych rozwiązań kompozytowych przęseł mostów dostosowanych do produkcji przemysłowej w całości wytwarzanych w jednym cyklu technologicznym. Powłokową konstrukcję nośną tworzy układ sandwichowy składający się z dwóch okładek z laminatu wzmocnionego włóknem szklanym i rdzenia z pianki PET, pozyskiwanej z recyklingu butelek z tworzywa sztucznego.

Ze względu na innowacyjny charakter opracowanej w ramach grantu FOBRIDGE kładki kompozytowej proces jej projektowania i wytwarzania dostosowany do produkcji przemysłowej wymagał przeprowadzenia wielu unikatowych badań. Ich celem było dostarczenie danych dotyczących zachowania się projektowanej konstrukcji. Badania obejmowały próby technologiczne, wieloaspektową identyfikację materiału oraz wielokryterialną walidację weryfikującą założone hipotezy i opracowane modele obliczeniowe. Kolejnym krokiem było przeprowadzenie próbnego obciążenia wytworzonego pełnowymiarowego przęsła mostu. Zrealizowany program badań bazował na odpowiednich wytycznych krajowych i zagranicznych oraz doświadczeniu członków zespołu pomiarowego.

Montaż kładki na terenie Politechniki Gdańskiej

Przęsło mostu o całkowitej długości 14,5 m i masie ok. 3,3 t zostało przywiezione na Politechnikę Gdańską standardowym transportem kołowym i zamontowane za pomocą dźwigu o nośności 30 t (fotografia 2).

Ze względu na charakter badawczy obiektu przęsło posadowiono na blokach, symulujących przyczółki mostowe, wykonanych



Fot. 2. Transport przęsła mostu FOBRIDGE
Photo 2. FOBRIDGE bridge span transport

z typowych żelbetowych płyt drogowych rozsuniętych w sposób kształtujący stopnie (fotografia 3). Z uwagi na niewielką masę kładki zaprojektowano indywidualne łożyska z układem zabezpieczającym most przed potencjalnym odrywaniem wywołanym oddziaływaniem wiatru.



Fot. 3. Przęsło mostu FOBRIDGE
Photo 3. The bridge span of FOBRIDGE

Próbné obciążenie

Przed przystąpieniem do realizacji docelowego programu badań odbiorowych, aby umożliwić zainteresowanym i zniecierpliwionym studentom korzystanie z kładki, już 27 kwietnia 2015 r. przeprowadzono tzw. obciążenie prepróbné. Wykorzystano 8 t balastu w postaci betonowych płyt drogowych stanowiących prawie połowę projektowanego obciążenia docelowego.

Zasadnicze badania doświadczalne przeprowadzono 13 maja 2015 r. Obejmowały

one kompletny zestaw typowych badań odbiorowych mostów dopuszczających obiekty do użytkowania. Podczas testów wykorzystano łącznie 216 różnego rodzaju punktów pomiarowych identyfikujących zachowanie konstrukcji oraz wykonano skanowanie laserowe jednej strony dźwigara. Z uwagi na rozpiętość teoretyczną należy uznać obiekt za mały, ale ze względu na aspekty poznawcze wynikające z jego unikatowego charakteru przyjęto znaczną liczbę monitorowanych parametrów. Obsługę badań realizowały zespoły z Politechniki Gdańskiej, Wilde Engineering sp. z o.o., Instytutu Badawczego Dróg i Mostów z Warszawy, Geo-Bor – Roman Borucki, LENTAS sp. z o.o. i Bud-Trans. W sumie zaangażowanych w przedsięwzięcie było ponad 20 osób.

Badania statyczne

Podczas badań statycznych obciążano konstrukcję płytami betonowymi o całkowitym ciężarze 141 kN, w dwóch sekwencjach ustawień, realizując dziesięć różnych schematów. Ponadto wykorzystano tłum pieszych złożony z ponad 100 sympatyków Politechniki Gdańskiej (fotografia 4). W celu identyfikacji rozkładu obciążenia podczas badań każda osoba przed wejściem na kładkę została zważona, a jej lokalizacja na obiekcie była możliwa dzięki nadanemu numerowi. W projekcie próbnego obciążenia, w celu wyboru schematu balastowania mostu, kontrolowano parametr odwrotnego wskaźnika wyęczenia wynikającego z kryterium inicjacji zniszczenia Tsai-Wu [3].

W ramach badań statycznych wykonano skanowanie laserowe przęsła oraz wykorzystano 117 punktów pomiarowych:

- 36 punktów pomiaru odkształceń (21 tensometrycznych, 12 ekstensometrycznych, 3 światłowodowe);
- 57 punktów pomiaru przemieszczeń (9 indukcyjnych, 48 geodezyjnych);
- 4 punkty odkształceń łożysk;



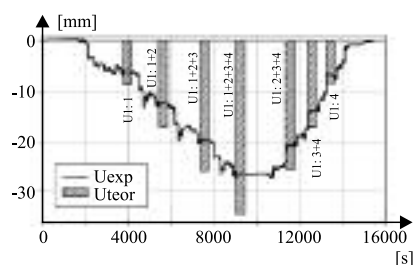
Fot. 4. Badania statyczne przęsła mostu FOBRIDGE
Photo 4. Static tests of FOBRIDGE bridge span



Fot. 5. Badania dynamiczne
Photo 5. Dynamic tests

- 4 punkty pomiaru osiadania podpór;
- 16 punktów pomiaru temperatury konstrukcji.

Przykładowy wynik pomiarów ugięć konstrukcji, zarejestrowany podczas realizacji ustawienia U1 w odniesieniu do wartości teoretycznych w punkcie U2/3 zlokalizowanym w centrum kładki na laminacie dolnym, przedstawiono na rysunku.



Zmiana przemieszczeń w punkcie U2/3 podczas realizacji ustawienia U1
The displacement change of U2/3 point during U1 load setting

Badania dynamiczne

Niezwykle istotnym parametrem oceny kładek jest komfort pieszych w trakcie ich użytkowania, a tym samym parametry dynamiczne. W przypadku mostu FOBRIDGE symulacje numeryczne oraz badania walidacyjne wskazywały na znakomitą odporność dźwigara na użytkowe wymuszenia dynamiczne. Oszacowana częstotliwość drgań własnych wyniosła powyżej 8 Hz i została potwierdzona w badaniach dynamicznych obiektu, które obejmowały testy modalne oraz wzbudzenia powodowane tłumem pieszych i tzw. akty wandalistyczne (fotografia 5). Podczas badań dynamicznych wykorzystano 99 punktów pomiarowych:

- 24 punkty pomiaru odkształceń (21 tensometrycznych, 3 światłowodowe);
- 9 indukcyjnych punktów pomiaru przemieszczeń;
- 48 punktów do pomiaru przyspieszeń;
- 18 punktów pomiaru prędkości obrotowej.

Podsumowanie

Badania doświadczalne obiektu potwierdziły koncepcję i założenia przyjęte na etapie projektowania przęsła kładki zarówno od strony rozwiązań konstrukcyjnych, jak i oszacowania analitycznego. Obecnie rezultaty badań są jeszcze w fazie szczegółowych opracowań, ale można już potwierdzić ich dobrą zgodność z prognozami uzyskanymi w symulacjach numerycznych. Pomimo tego wykorzystywane modele obliczeniowe będą aktualizowane, żeby w jeszcze większym stopniu móc odzwierciedlić pracę obiektu w rzeczywistych warunkach.

Przy obowiązujących w normatywach poziomach obciążenia konstrukcja pracuje w zakresie liniowo-sprężystym, spełniając założone warunki co do stanu jej wyęczenia, deformacji i kryteriów komfortu użytkownika. W kolejnym etapie prac przęsło zostanie objęte monitoringiem technicznym oraz poddane kolejnym etapom badania.

Autorzy serdecznie dziękują wszystkim osobom zaangażowanym w realizację opisanych badań.

Praca jest współfinansowana przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach grantu pt. Opracowanie kompozytowych przęseł mostów dla pieszych do zastosowania nad drogami GP (umowa PBS1/B2/6/2013, realizacja w latach 2013 – 2015).

Fotografie 1, 2, 3 – M. Miśkiewicz, fotografie 4 i 5 – L. Pyrzowski

Literatura

- [1] Chróścielewski J., Klasztorny M., Wilde K., Miśkiewicz M., Romanowski R.: Kompozytowa kładka pieszo-rowerowa o konstrukcji przekładkowej, Materiały Budowlane 7/2014 (nr 503), s. 1 – 2.
- [2] Chróścielewski J., Miśkiewicz M., Pyrzowski L., Rucka M., Ferenc T.: Badania doświadczalne segmentu walidacyjnego kompozytowej kładki pieszo-rowerowej, Materiały Budowlane 4/2015 (nr 512), s. 72 – 73.
- [3] Chróścielewski J., Klasztorny M., Nycz D., Sobczyk B.: Load capacity and serviceability conditions for footbridges made of fibre-reinforced polymer laminates. Warunki nośności i użyteczności w odniesieniu do kładek z laminatów polimerowych. Roads and Bridges – Drogi i Mosty 13 (2014) 189 – 202.

Przyjęto do druku: 28.05.2015 r.