

BADANIA POD PRÓBNYM OBCIĄŻENIEM STALOWEGO MOSTU DROGOWEGO NAD ŚLUZĄ KANAŁU ODRY W LIPKACH¹

Józef RABIEGA
Politechnika Wroclawska

W referacie opisano jednoprzęsłowy obiekt mostowy zlokalizowany w miejscowości Lipki nad głową śluzy kanału Odry (stopień wodny Lipki). Most ma konstrukcję stalową, spawaną o ustroju nośnym z blachownic połączonych w cztery tandemy. Rozpiętość teoretyczna mostu wynosi $l_t = 25,25$ m przy wysokości konstrukcyjnej $h_k = 1,148$ m. Konstrukcję wykonano ze stali gatunku St3M. Obiekt zaprojektowano na obciążenie normowe klasy C wg PN-85/S-10030. Badania mostu pod próbnym obciążeniem zostały przeprowadzone w 1993 r., zgodnie z wymogami normy PN-89/S-10050. Pomierzone wartości ugięć belek głównych przęsła okazały się mniejsze od wyznaczonych obliczeniowo, zaś ugięcia miały charakter sprężysty. Obiekt został dopuszczony do eksploatacji. W 2017 r. wykonano dwie ekspertyzy techniczne tego obiektu z uwagi na wykonywane w okolicy roboty budowlane i prowadzony w związku z nimi ciężki ruch technologiczny po omawianym moście. Ekspertyzy zostały wykonane przed i po robotach. Na potrzeby tych opracowań dokonano inwentaryzacji przedmiotowego obiektu, ze szczególnym uwzględnieniem jego uszkodzeń. Wykonano także badania próbki stali pobranej z przęsła mostu, które potwierdziły, że wykonano je ze stali St3M, oraz analizę statyczno-wytrzymałościową ustroju nośnego. Przeprowadzone obliczenia wykazały, że obiekt spełnia warunki nośności dla obciążenia klasy B wg PN-85/S-10030, a więc wyższej niż pierwotnie zakładano.

Słowa kluczowe: most drogowy, most stalowy spawany, próbne obciążenie, ocena stanu technicznego.

1. WPROWADZENIE

1.1. Przedmiot i cel badań

Przedmiotem badań pod próbnym obciążeniem był nowo wybudowany, w miejscu starego kratowego mostu o szerokości użytkowej $2,60$ m + $2 \times 0,34$ m, jednoprzęsłowy obiekt mostowy nad głowicą śluzy kanału Odry w miejscowości Lipki koło Oławy (stopień wodny Lipki w km 207,200 rzeki Odry, rys. 1).

¹ DOI 10.21008/j.1897-4007.2018.26.12

Obecny most wybudowany został na potrzeby obsługi budowy i eksploatacji jazu kłapowego (wybudowanego w 2003 r. w miejscu jazu kozłowo-iglicowego z 1915 r.) oraz elektrowni wodnej, która powstała w 2017 r. Badania mostu pod próbnym obciążeniem zostały przeprowadzone w celu potwierdzenia słuszności założeń przyjętych w obliczeniach statyczno-wytrzymałościowych na etapie projektowym [1], określenia przydatności mostu do normalnej eksploatacji oraz podania ewentualnych niezbędnych zaleceń powykonawczych. Sprawdzenie zachowania przęsła mostu pod znanym obciążeniem statycznym umożliwiło ocenę prawidłowości wykonania konstrukcji stalowej poprzez porównanie uzyskanych podczas pomiarów wartości ugięć z wielkościami wyznaczonymi obliczeniowo [2].

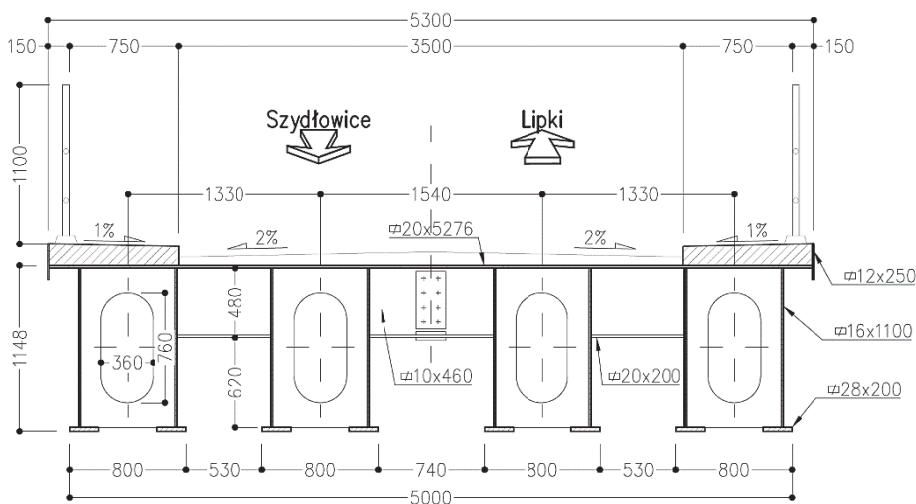


Rys. 1. Stożek wodny Lipki na zdjęciu lotniczym
(źródło: <http://mapy.geoportal.gov.pl/>)

1.2. Opis obiektu mostowego

Most drogowy nad głową śluzy żeglugowej to jednoprzęsłowy most stalowy o konstrukcji blachownicowej, wykonany ze stali St3M. Rozpiętość teoretyczna przęsła wynosi 25,25 m, światło poziome pod przęsłem ma 18,85 m, a światło pionowe 2,80 m. Wysokość konstrukcyjna przęsła jest równa 1,148 m, a całego ustroju 1,238 m. Ustrój nośny stanowi osiem blachownic spawanych połączonych w cztery tandemy za pomocą przepon z otworami o wymiarach w obrysie 760x360 mm. Tandemy połączone są między sobą poprzecznicami o średnicach

z blach grubości 10 mm i wysokości 460 mm oraz półkach dolnych w formie blach 20x200 mm. Dźwigary blachownicowe mają średniki o wymiarach 16x1100 mm i pasy dolne z blach o przekroju 28x200 mm. Osiowy rozstaw dźwigarów w tandemie wynosi 0,60 m, zaś rozstaw tandemów – 1,54 m. Średniki dźwigarów, przepony i średniki poprzecznic połączone są ze współpracującą stalową płytą pomostową o grubości 20 mm i całkowitej szerokości 5,276 m. W przekroju podłużnym przęsło składa się z 6 spawanych segmentów połączonych ze sobą za pomocą blach nakładkowych i śrub sprężających M20 mm klasy 10.9 i klasy 8.8 o długości 65 mm. Styki montażowe poprzecznic zostały zrealizowane na śruby zgrubne M16 długości 65 mm.



Rys. 2. Przęsłowy przekrój poprzeczny przedmiotowego obiektu

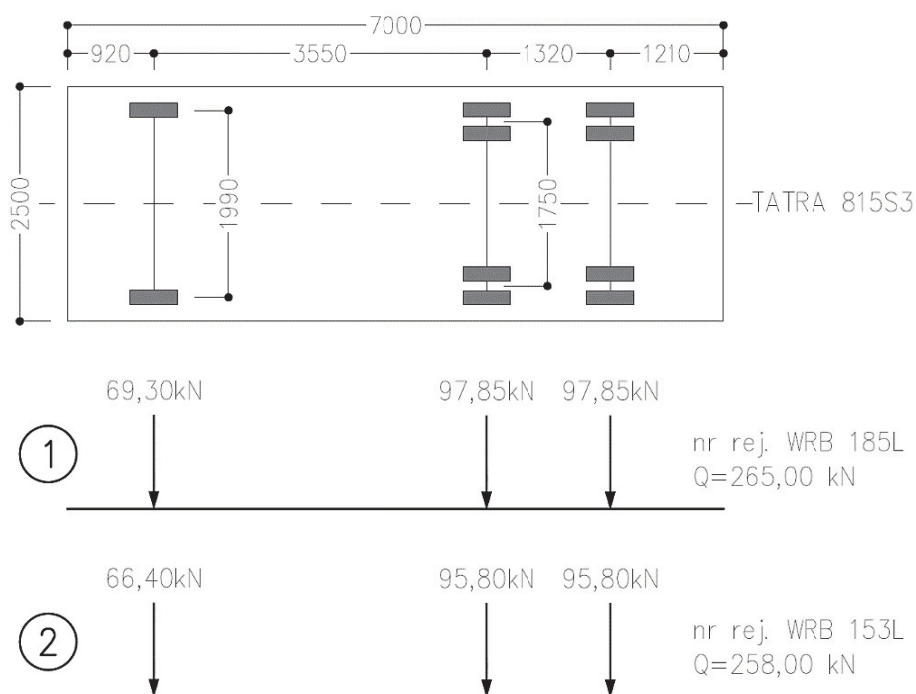
Na obiekcie znajduje się jezdnia o szerokości użytkowej 3,50 m i obustronne chodniki o szerokości użytkowej 0,75 m (szerokość całkowita każdego z chodników wynosi 0,90 m), wyposażone w spawane balustrady stalowe o wysokości 1,10 m. Chodniki są wyniesione ponad poziom krawędzi jezdni na wysokość około 12 cm. Całkowita szerokość obiektu wynosi 5,30 m. Nawierzchnia jezdni na obiekcie jest bitumiczna o grubości 5÷9 cm, ułożona w obustronnym daszkowym spadku poprzecznym od osi jezdni wynoszącym ok. 2%, zaś betonowa nawierzchnia obu chodników ułożona jest w spadku jednostronnym w kierunku jezdni. W miejscach występowania przerw dylatacyjnych na styku przęsła z przyczółkami zastosowano stalowe przekrycia dylatacyjne.

Przęsło oparto na przyczółkach za pośrednictwem stalowych przesuwnych łożysk wałkowych na podporze od strony miejscowości Lipki oraz łożysk stycznych nieprzesuwnych na przyczółku zlokalizowanym od strony miejscowości Szydłowice. Na każdej podporze występują cztery łożyska, po jednym dla każ-

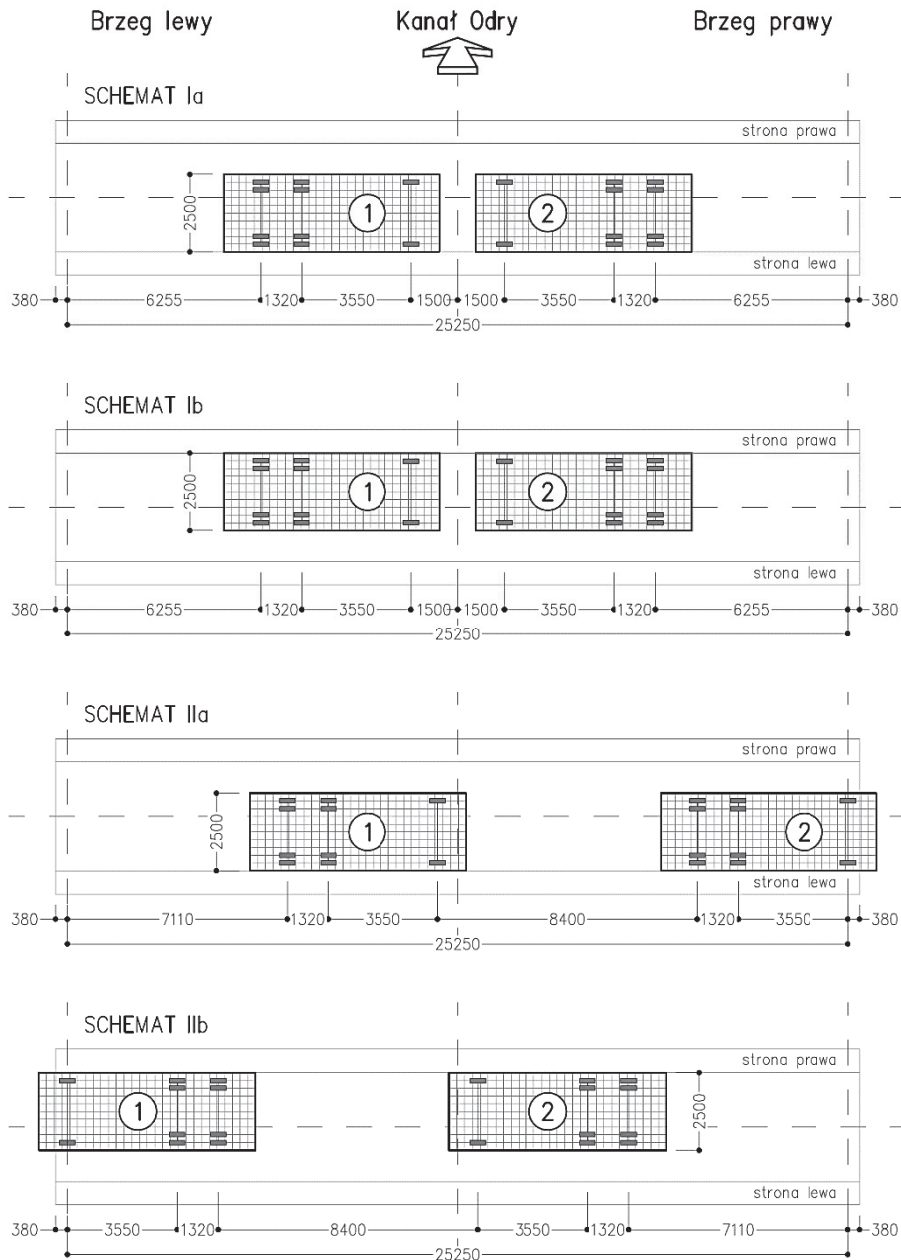
dego dwudźwigarowego tandemu dźwigarów blachownicowych. Podpory obiektu zrealizowano w postaci trzech żelbetowych pali wierconych o średnicy 1,0 m w każdym przyczółku, zwieńczonych żelbetowymi oczepami i zabezpieczonych ceglanyimi konstrukcjami oporowymi od strony przekraczanej przeszkody. Przestrzeń pomiędzy przyczółkami i konstrukcjami oporowymi została wypełniona gruntem.

2. PRZEBIEG BADAŃ

Dobór samochodów do balastowania i ich ustawienie na przęśle dostosowano do projektowanej nośności przęsła. Do balastowania mostu użyto dwóch samowładowczych samochodów ciężarowych Tatra 815 S3, będących w dyspozycji wykonawcy obiektu. Przed obciążeniem pojazdy zostały załadowane grysem i zważone w taki sposób, aby uzyskać wartości nacisków na poszczególne osie każdego z pojazdów. Wielkości wyznaczone dla samochodów nr 1 i 2 zostały schematycznie przedstawione na rysunku 3.



Rys. 3. Naciski na osie samochodów ciężarowych użytych podczas badań



Rys. 4. Zrealizowane schematy próbnego obciążenia badanego mostu

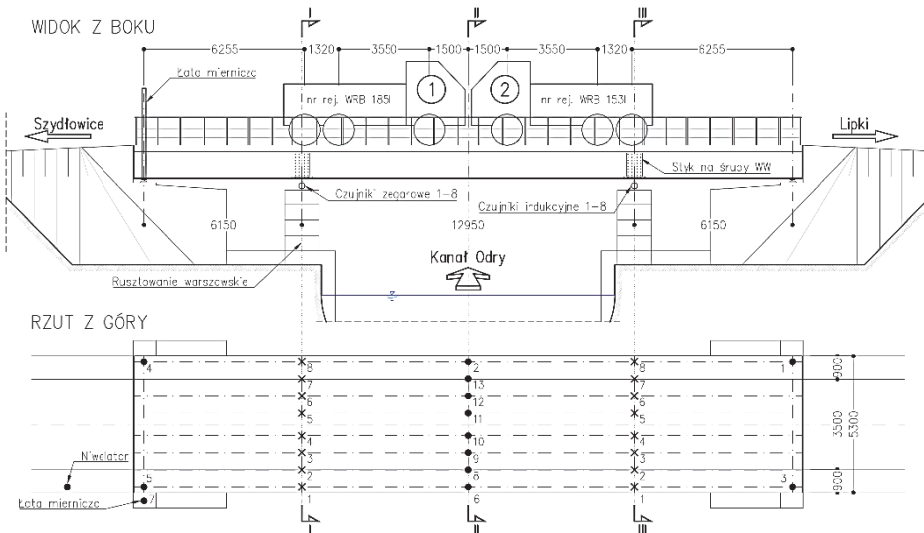
Przed najazdem samochodów na przęsła na nawierzchni zostały rozrysowane miejsca ustawienia kół samochodów według 4 schematów ustawienia, które

wywoływały siły wewnętrzne zbliżone do maksymalnych od obciążeń normowych dla poszczególnych elementów obiektu:

- Ia (maksymalny moment zginający w lewej belce skrajnej)
- Ib (maksymalny moment zginający w prawej belce skrajnej)
- IIa (maksymalne reakcje na przyczółku prawobrzeżnym),
- IIb (maksymalne reakcje na przyczółku lewobrzeżnym).

Samochody wjeżdżały na przęsło mostu z obu stron kanału. Ustawienia pojazdów dla zrealizowanych schematów obciążenia zostały przedstawione schematycznie na rys. 4.

Podczas obciążenia próbnego mierzone były ugięcia wszystkich belek mostu w przekroju podstawowym, zlokalizowanym w środku rozpiętości przęsła ($x = 12,625$ m od osi łożysk) oraz w dwóch przekrojach dodatkowych ($x = 6,15$ m i $x = 19,10$ m) dla każdego ustawienia pojazdów na przęsle. Ponadto pomierzone zostały osiadania przyczółków przy ustawieniu samochodów na przęsle i nad przyczółkami. Przekroje dodatkowe zostały wyznaczone w celu kontroli sztywności połączeń w stykach montażowych na śruby WW.



Rys. 5. Rozmieszczenie punktów pomiarowych na przęsle i podporach mostu

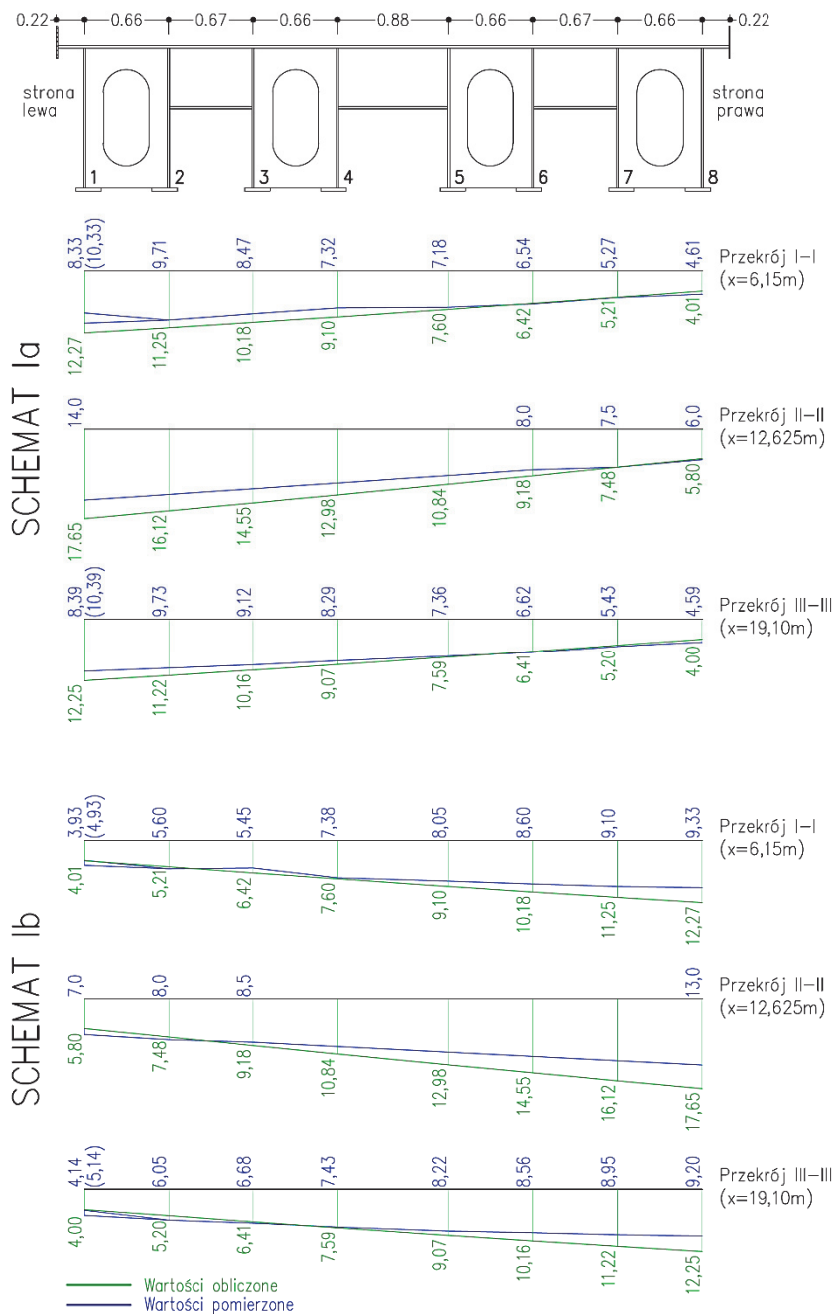
Do pomiaru pionowych przemieszczeń przyczółków zastosowano łąkę mierniczą z przymocowaną do niej podziałką milimetrową oraz 4 podziałki milimetrowe z duraluminium zamocowane do balustrad mostu za pośrednictwem podstawek magnesowych. Dokładność pomiaru wynosiła 0,1 mm. Pomiary ugięć w połowie rozpiętości przęsła mierzone były z użyciem podziałek milimetrowych na podstawkach magnetycznych oraz łąk mierniczych z podziałkami milimetrowymi, przy pomocy niwelatorów samopoziomujących ustawionych po obu

stronach kanału. Ustawienie czujników zegarowych w połowie rozpiętości przęsła byłoby utrudnione, z uwagi na konieczność wykonania specjalnego pomostu w nurcie kanału. Pomiary ugięć belek głównych w przekroju dodatkowym I-I (po lewej stronie kanału) zrealizowano z użyciem 8 czujników zegarowych o zakresie 25 mm i dokładności 0,01 mm. Po prawej stronie kanału Odry ugięcia belek głównych w przekroju III-III zostały pomierzone z użyciem czujników indukcyjnych firmy Hottinger o zakresie 100 mm i dokładności wynoszącej 0,01 mm. Zarówno czujniki zegarowe i indukcyjne ustawiono na pomostach wykonanych na rusztowaniach „warszawskich”.

3. ANALIZA WYNIKÓW I WNIOSKI Z BADAŃ

Próbné obciążenie zostało przeprowadzone z użyciem samochodów ciężarowych obciążonych w inny sposób, niż założono w projekcie próbnego obciążenia. Znając wartości nacisków na poszczególne osie dla każdego z samochodów, dokonano ponownych obliczeń statyczno-wytrzymałościowych. Obliczeniowe wartości ugięć belek głównych przęsła oraz innych wielkości statycznych określono przy wykorzystaniu programu do analizy rusztów „RUSZT 1” oraz komputera PC 386 DX-40 [2]. Wartości ugięć przęsła mostu uzyskane z obliczeń i pomierzone podczas badań zostały przedstawione na rys. 5. Przeprowadzone analizy wykazały, że wartości ugięć przęsła wywołanych schematami obciążenia Ia i Ib były mniejsze od wartości uzyskanych w toku obliczeń, a przy tym znacznie mniejsze od wartości dopuszczalnych dla danego obiektu.

Wielkości uzyskane podczas pomiarów osiadań przyczółków (schematy IIa i IIb) były znikomo małe i mieściły się w granicach błędu pomiaru. Na podstawie obliczeń i analizy wyników badań stwierdzono, że sztywność przęsła mostu okazała się większa niż wynikało to z założeń przyjętych do obliczeń statycznych, zaś jego ugięcia były mniejsze od spodziewanych i miały charakter sprężysty. Nie stwierdzono osiadań łożysk na podporach ani samych podpór, ponadto konstrukcja przęsła, łożysk i podpór mostu nie wykazała widocznych uszkodzeń wywołanych próbnym obciążeniem. Na podstawie gładkiego (płynnego) przebiegu linii ugięć belek przyjęto, że połączenia na śruby WW wykazały odpowiednią nośność. Zalecono wypełnić płaskownikiem grubości 10 mm istniejącej luz pomiędzy płytą górną jednego z łożysk a pasem dolnym blachownicy, brak ciosów łożyskowych utrudnił regulację osadzenia przęsła na łożyskach. Most został oddany do użytkowania przy dopuszczeniu obciążenia klasy C wg PN-S/85-10030 (pojedyncze pojazdy o ciężarze do 300 kN).



Rys. 6. Ugięcia przęsła w rozpatrywanych przekrojach od schematów Ia i Ib zrealizowanego próbnego obciążenia

4. PODSUMOWANIE

Most drogowy nad słuzą stopnia wodnego Lipki pozytywnie przeszedł próbne obciążenie i został oddany do użytkowania w 1993 r, przy dopuszczeniu obciążenia klasy C wg PN-S/85-10030. W styczniu i w październiku 2017 r. wykonano ekspertyzy techniczne przedmiotowego mostu [8] w celu sprawdzenia jego aktualnej nośności oraz oceny stanu technicznego przed i po zrealizowaniu w okolicy robót budowlanych, w czasie których po przedmiotowym moście prowadzony był ciężki ruch technologiczny.

Na potrzeby ekspertyzy przeprowadzono badania materiałowe i obliczenia statyczno-wytrzymałościowe z użyciem modelu prętowego w przestrzeni dwuwymiarowej (e^1 , p^2). Ustalono, że pobrana z przęsła próbka materiału odpowiada stali niskowęglowej zwykłej jakości gatunku St3M ($R_e \approx 240\text{MPa}$, $R_m \approx 370\text{-}470\text{MPa}$, $A_5 \approx 23\%$), zbadana próbka wykazała średnią twardość 126 HV10 (± 2), a charakteryzujący spawalność metalurgiczną równoważnik węgla $CEV = 0,33$. Stal może być łączona metodami spawalniczymi. Materiał nie wykazał strukturalnych przejawów degradacji. Analiza obliczeniowa wykazała, że most nie tylko spełnia wymagania jak dla klasy C ww. normy, ale może być dopuszczony do użytkowania przez pojazdy o masie całkowitej do 40 t, co odpowiada obciążeniu klasy B ww. normy. Obiekt nie doznał znaczących uszkodzeń wskutek prowadzenia ruchu ciężkich pojazdów, a jedynie należało naprawić nawierzchnię drogową na dojazdach przez ponowne ułożenie płyt drogowych po uprzednim dogęszczeniu gruntu. Ponadto zalecono wymianę przekryć dylatacyjnych (lub wykonanie nowych urządzeń dylatacyjnych), a także wymianę uszkodzonych fragmentów nawierzchni bitumicznej w obrębie dylatacji, zarówno na obiekcie jak i na dojazdach.



Rys. 7. Most na stopniu wodnym Lipki w październiku 2017 r.

LITERATURA

1. Kaczyński J., Broda R., Biernat M., *Przebudowa mostu na istniejącej śluzie żeglugaowej*. Hydroprojekt O/Warszawa, 1989.
2. Suchy M., Łazowski J., *Most drogowy nad śluzą w Lipkach – projekt obciążeń próbnych*. Water Service Sp. z o.o. Wrzesień 1999.
3. Rabeiga J., *Most drogowy nad śluzą kanału Odry w Lipkach. Sprawozdanie z badań pod próbnym obciążeniem*. Water Service Sp. z o.o. Wrzesień 1993.
4. PN-89/S-10050 *Obiekty mostowe. Konstrukcje stalowe. Wymagania i badania*.
5. PN-85/S-10030 *Obiekty mostowe. Obciążenia*.
6. PN-82/S-10052 *Obiekty mostowe. Konstrukcje stalowe. Projektowanie*.
7. Ryżyński A., *Badania konstrukcji mostowych*. WKiŁ 1983.
8. Rabeiga J., Woźnicki A., Giszczak W. i in., *Ekspertyza techniczna mostu drogowego na śluzie żeglugaowej przy stopniu wodnym Lipki*, PBW Inżynieria, Wrocław 01.2017 i 10.2017.

LOAD TEST OF A STEEL BRIDGE OVER Odra CANAL LOCK IN LIPKI**Summary**

The text describes one-span bridge over Odra canal lock in Lipki (Lipki barrage). The bridge is a welded steel structure with plate girders in tandem arrangement. The bridge has a span of 25,25 m and construction height of 1,148 m. The structure was erected using St3M structural steel. It was designed for a C-class load defined in Polish Norm PN-85/S-10030. Static load tests were conducted in 1993, in accordance with the requirements of PN-89/S-10050. The values of the deflections measured for the beams turned out to be lower than previously calculated, and they were fully reversible. The bridge was opened for use. In 2017, due to nearby construction work and related heavy traffic, professional evaluations had been conducted. For the purpose of the evaluation a complete inventory was made, with particular focus on corrosion. In addition, tests of steel samples were carried, confirming that the span was built with St3M steel, and also structural analysis of the span was made. Calculations show that the bridge satisfies the requirements of B load class defined in PN-85/S-10030, higher than previously expected.