

Janusz Hołowaty*, Bernard Wichtowski
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Pierwszy na świecie drogowy kratownicowy most spawany w świetle badań NDT

The first arc-welded road truss bridge in the world in NDT tests

Streszczenie artykułu

W grudniu 2018 roku mija 90 lat od zakończenia w 1928 roku montażu konstrukcji stalowej pierwszego na świecie drogowego kratownicowego mostu spawanego, który do eksploatacji oddano w sierpniu 1929 roku. Obiekt projektu profesora Stefana Bryły ma konstrukcję kratową z jazdą dołem o rozpiętości przęsła 27 m. W artykule przygotowanym na 47 Krajową Konferencję Badań Nieniszczących, 16-18 październik 2018 r. w Kołobrzegu przedstawiono stan spawanego przęsła oceniony w trakcie nieniszczących badań odbiorczych w 1929 r. oraz badań diagnostycznych przeprowadzonych w latach 1958 i 1960 przez Politechnikę Szczecińską i Gdańską. Chęć zapoznania szerszego grona specjalistów i zachowanie chronologii zdarzeń spowodowały przygotowanie artykułu do publikacji w Biuletynie Instytutu Spawalnictwa nr 6/2018.

Przedstawiono główne aspekty artykułu związane z badaniami NDT historycznego mostu spawanego stanowiącego obecnie zabytek klasy 0 (Rys. 1 i 2). Most jest pierwszym na świecie spawanym mostem drogowy o konstrukcji kratowej.



Rys. 1. Stan obecny historycznego mostu kratowego w Maurzycach.
Fig. 1. Current condition of the historic truss bridge at Maurzyce.



Rys. 2. Widok ogólny montowanego przęsła mostu w 1928 r.
Fig. 2. General view of bridge span under assembly in 1928.

Montaż konstrukcji stalowej zakończono w grudniu 1928 (Rys. 2). Wszystkie połączenia spawane wykonano elektrodami Tensilend (produkcji belgijskiej). Do odbioru wykonanej konstrukcji mostu przeprowadzono nieniszczące badania wytrzymałościowe pod próbnym obciążeniem statycznym i dynamicznym. Próbné obciążenie statyczne modelowano jako równoważnik ruchomego obciążenia projektowego. Całkowite obciążenie projektowe wyniosło 136,7 t, a masa obciążenia próbnego miała wartość 139,0 t. Most wykazał sprężyste zachowanie i właściwą sztywność.

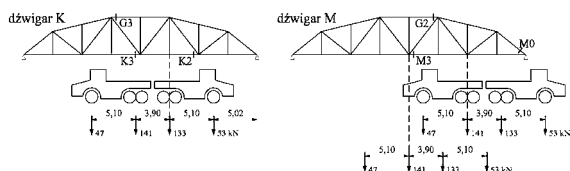
Po okresie 30-letniej eksploatacji mostu i po jego dwukrotnym uszkodzeniu w czasie wojny użytkownik mostu został zobligowany do wykonania badań rentgenograficznych spawanych złączy doczołowych przęsła w celu weryfikacji stanu spoin. Badania przeprowadziła Katedra Konstrukcji Stalowych Politechniki Szczecińskiej w 1958 r. Wykonano badania spoiny czołowych w dźwigarach głównych, a także część połączeń środników poprzecznic z kratami. Ogółem wykonano 76 rentgenogramów. Ocena rentgenogramów wykazała bardzo niską jakość spoin czołowych w konstrukcji mostu, co jest charakterystyczne dla wczesnych konstrukcji spawanych. W 72 odcinkach badanych spoin stwierdzono niezgodności spawalnicze poziomu jakości D i większe. Stanowi to 94,7% badanych złączy. Jednocześnie w 17 przypadkach stwierdzono pęknięcia podłużne w badanych spoinach. Fakt ten dotyczy w szczególności poziomych spoin poprzecznych pasów górnych kratownic, w których stwierdzono 13 pęknięć podłużnych, czyli w 54,2% badanych odcinków tych spoin.

Stwierdzona zła jakość spawanych złączy doczołowych w konstrukcji przęsła mostu, wymagała sprawdzenia zachowania się konstrukcji i przeprowadzono weryfikujące próbné obciążenia obiektu celem oszacowania stopnia bezpiecznego jego użytkowania. Badania pod próbnym obciążeniem, łącznie z pomiarami tensometrycznymi odkształceń w dźwigarach głównych przeprowadziła Katedra Budownictwa Stalowego Politechniki Gdańskiej w 1960 r. Obciążeniem próbnym były dwie ciężarówki załadowane kamieniami. Naprężenia mierzono na obu dźwigarach (oznaczonych jako Ki M) w sześciu węzłach, przy trzech schematach ustawienia samochodów przedstawionych na Rys. 3.

Analiza wyników pomiarów pod próbnymi obciążeniami wykazała, że most zachowuje się jako całość przestrzennie. Stwierdzono współpracę pomostu z dźwigarami głównymi.

*Autor korespondencyjny. E-mail: janusz.holowaty@zut.edu.pl

Podobnie obliczenia statyczne, uwzględniające współpracę pomostu, określiły wartość naprężeń na 8,0 MPa, a więc bardzo zbliżoną do otrzymanej z pomiarów wartości 8,23 MPa. Stwierdzoną współpracę pomostu potwierdziła również analiza sztywności konstrukcji. Maksymalne pomierzone ugięcie dźwigarów wyniosło 3,02 mm i jest ono bardzo zbliżone do ugięcia obliczonego, z uwzględnieniem współpracy pomostu, wynoszącego 2,96 mm.



Rys. 3. Dźwigiary kratowe (K i M): badane węzły i schematy próbnego obciążenia.

Fig. 3. Truss girders (K and M): tested nodes and loading arrangements.

Badania nieniszczące historycznego mostu drogowego o konstrukcji spawanej umożliwiły rozpoznać zły stan złączy spawanych, ocenić zachowanie przęsła pod obciążeniem i dopuścić go do dalszej eksploatacji bez jakiegokolwiek wzmocnienia. Wyniki badań pod próbnymi obciążeniami potwierdziły dużą sztywność kratowego przęsła spawanego i współpracę pomostu.

Badania diagnostyczne in situ potwierdziły, że są najbardziej wiarygodną ocenę nośności obiektów. Badania te w sposób globalny pozwalają ocenić rzeczywiste zachowanie się konstrukcji przy danych rozwiązaniach konstrukcyjnych. Rodzaje badań i zalecenia dotyczące projektowania wspomagane badaniami omawia Eurokod PN-EN 1990:2004/A1:2008. Według autorów, szczególnie przydatne są wyniki uzyskiwane z badań mostów historycznych. Takim obiektem jest pierwszy na świecie spawany most drogowy o konstrukcji kratowej.

Bernard Wichtowski*, Krzysztof Pysiak

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Jakość spawanych połączeń doczołowych w stalowych mostach kolejowych Szczecina

The quality of butt-welded joints in steel railway bridges in Szczecin

Streszczenie artykułu

1. Wstęp

Wpływ niezgodności spawalniczych (NS), a w szczególności pęknięć w spoinach, należy rozpatrywać indywidualnie, biorąc pod uwagę krzywe wytrzymałości zmęczeniowej dla danej niezgodności i rozwiązania konstrukcyjne analizowanego złącza. Należy wtedy zastosować kryteria Przydatności Użytkowej Konstrukcji (Fitness for Purpose), na podstawie których można ustalić czy NS jest dopuszczalna z punktu widzenia mechaniki pęknięcia i rzeczywistego stanu obciążenia złącza. Takie podejście do odbioru złączy spawanych już od lat siedemdziesiątych XX wieku jest stosowane w rurociągach gazowniczych oraz zbiornikach ciśnieniowych i zostało wprowadzone w kilku normach światowych np.: API 1104/1983, PD 6493/1980, CAN/CSA-Z 184-M86.

Prekursorem idei przydatności użytkowej konstrukcji (PUK) w Polsce był prof. Andrzej Fabiszewski 1924-1978. To dzięki profesorowi w ramach tematu Ministerstwa Komunikacji MK 133-06-02-04 w latach 1956-1990 przeprowadzono badania rentgenograficzne spoin czołowych

dźwigarów około 200 eksploatowanych mostów kolejowych na terenie całego kraju.

W roku 2018 mija 40 rocznica śmierci Profesora. Z tej okazji autorzy pracownicy Zakładu Konstrukcji Metalowych ZUT w Szczecinie napisali niniejszy artykuł chcąc przybliżyć działalność naukową profesora Fabiszewskiego, który przez wiele lat kierował Katedrą Budownictwa Stalowego Politechniki Szczecińskiej i badaniami in-situ mostów stalowych. W artykule przedstawiono wyniki badań złączy spawanych 11 mostów kolejowych usytuowanych na terenie miasta Szczecina. W tym mieście profesor spędził większą część okresu swojej działalności zawodowej.

Artykuł napisano na 47 Krajową Konferencję Badań Nieniszczących, na której będzie on wygłoszony. Z uwagi na termin konferencji, 16-18 października 2018 r. i chęć zapoznania szerszej grupy spawalników z tymi badaniami oraz zachowując chronologię zdarzeń, artykuł opublikowaliśmy w Biuletynie Instytutu Spawalnictwa w Gliwicach, nr 4/2018 w terminie przedkonferencyjnym. W niniejszym streszczeniu jedynie skrótowo przedstawiono badane obiekty mostowe i wyniki ich badań oraz określono stan naprężeniowy spoin z pęknięciami w dwóch wiaduktach eksploatowanych przez ponad 80 lat.

*Autor korespondencyjny. E-mail: marekw@zut.edu.pl