

Recykling stalowych konstrukcji przęseł mostów kolejowych



dr inż.
KAMIL PAWŁOWSKI
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji
Instytut Budownictwa
ORCID: 0000-0003-0937-5055

W artykule przedstawiono, na przykładzie dwóch przęseł mostowych, sposoby powtórnego użycia konstrukcji stalowych. Celem prowadzonych w ramach niniejszego artykułu rozważań jest wskazanie czynników, jakie należy wziąć pod uwagę przy podejmowaniu decyzji o ponownym wykorzystaniu zdemontowanych konstrukcji stalowych oraz zwrócenie uwagi na korzystny wpływ takiego działania na środowisko naturalne.

Przęsła stalowych mostów kolejowych, zaprezentowane w niniejszym artykule, były pierwotnie zabudowane na linii nr 4 zwanej Centralną Magistralą Kolejową. Linia ta przebiega od miejscowości Grodzisk Mazowiecki (województwo mazowieckie) do Zawiercia w województwie śląskim. W latach od 1993 r. do 2017 r. przechodziła modernizację, w wyniku czego prędkość pociągów na pewnych odcinkach została podniesiona do 200 km/h [1]. W ramach wspomnianej modernizacji linii kolejowej wiele istniejących przęseł mostów i wiaduktów zostało zdemontowanych, a następnie przeznaczonych do utylizacji bądź ponownego wykorzystania jako konstrukcje nośne obiektów mostowych na innych liniach.

Trzeba wyraźnie zaznaczyć, że przy podejmowaniu decyzji o możliwości adaptacji istniejącej konstrukcji bardzo ważny jest jej stan techniczny. Konstrukcje stalowe narażone są w szczególności na procesy korozyjne, które w przypadku braku bieżącego utrzymania mogą znacznie obniżyć wartości użytkowe

obiektu [2]. Dodatkowo należy brać pod uwagę takie czynniki, jak stopień uszkodzeń konstrukcji, np. w wyniku uszkodzeń taborem kolejowym, uszkodzeń spowodowanych przez inne pojazdy, gdy jest to wiadukt znajdujący się nad drogą [3]. Kluczowe są parametry materiału, z jakiego wykonany był obiekt, a także wpływ starzenia się stali na jej cechy mechaniczne.

Opis analizowanych konstrukcji

Pierwszą z analizowanych konstrukcji jest przęsło kratownicowe, którego schemat pokazano na rysunku 1. Przęsło pierwotnie posiadało żelbetowe koryto balastowe zespolone z poprzecznkami. Konstrukcję główną dźwigarów stanowiły dwie kratownice nitowane o rozpiętości teoretycznej 51 m i wysokości konstrukcji 10 m. Poprzecznicze rozmieszczono w rozstawie co około 3,19 m. Zespolenie konstrukcji stalowej i żelbetowego koryta balastowego realizowane było za pomocą sztywnych opórek przyspawanych do górnych pasów poprzecznic.

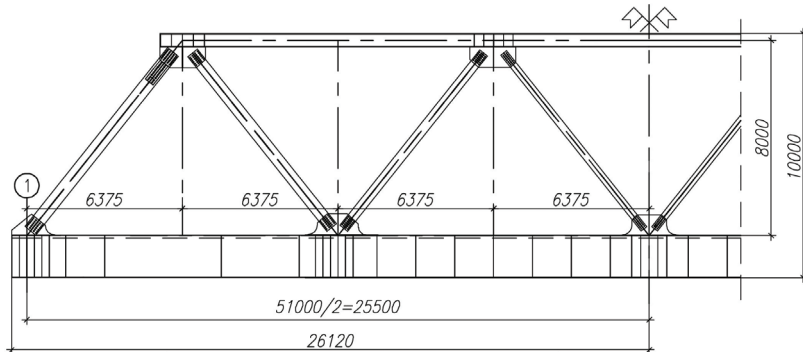
W wyniku demontażu konstrukcja została podzielona na elementy transportowe i przewieziona na składowisko. Elementy podzielono w miejscach istniejących styków montażowych, co znacznie ułatwiło późniejszą adaptację przęsła (rys. 2.). Demontaż odbywał się przy użyciu palników acetylenowo-tlenowych.

W wyniku przeprowadzonej modernizacji przęsła wykonano jego skrócenie do długości odpowiadającej wymaganiom nowej lokalizacji jego zabudowania.

Schemat konstrukcji pokazano na rysunku nr 3. Rozpiętość teoretyczna została zmniejszona do wartości $L_1 = 46,76$ m, a wysokość kratownicy do 9 m. Zmienione zostało koryto balastowe – z oryginalnego żelbetowego na stalowe z płytą ortotropową. Łączna masa nowej stali użyta do adaptacji konstrukcji przęsła mostu wyniosła 87,5 tony. Masa całej zabudowanej konstrukcji to 150 ton.

W celu umożliwienia wykorzystania istniejących elementów została przeprowadzona wnikliwa analiza stanu technicznego konstrukcji. Na szczególną uwagę zasługiwały miejsca narażone na wpływ zmęczenia. Są to w szczególności miejsca połączeń poprzecznic z pasem dolnym kratownicy. Wszystkie blachy węzłowe zostały wymienione na nowe, a miejsca ich ponownego przyspawania obrabione tak, aby zminimalizować wpływy zmęczeniowe.

Kolejnym elementem poddanym recyklingowi była konstrukcja blachownicowa składająca się z 4 belek dwuteowych stężonych między sobą. Konstrukcja zabudowana była jako zespolona stalowo-żelbetowa. Żelbetowe koryto balastowe było wykształcone na górnych pasach belek dwuteowych. To typ-



Rysunek 1. Widok elementów konstrukcji zdemontowanego przęsła

wa konstrukcja wykonana zgodnie z katalogiem konstrukcji zespolonych (rys. 4.). Dźwigary stalowe to cztery takie same belki dwuteowe o wysokości przekroju 750 mm. Pasy dolne belek wykonane były z blach o wymiarach 380 x 30 mm oraz nakładek wzmacniających o przekroju 340 x 30 mm. Pas górny miał przekrój 340 x 24 mm. Środek belki stanowiła blacha o przekroju 700 x 12 mm.

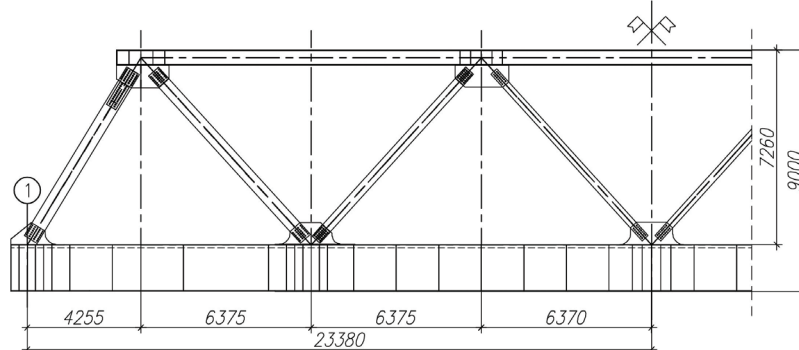
Adaptacja przęsła polegała na jego skróceniu do pożądanej długości i wykonaniu nowego koryta balastowego. W tym celu odcięto końce belek dwuteowych symetrycznie z obu stron i na nowo wykształcono miejsca podporowe wraz z wykonaniem nowych skrajnych poprzecznic. Z uwagi na zmniejszenie rozpiętości teoretycznej przęseł względem pierwotnej (w obu przypadkach) można było liczyć na zapas nośności nowo projektowanej konstrukcji. Zapas ten mógł okazać się jednak tylko pozorny, gdyż zmieniające się na przestrzeni lat normy obciążeń konstrukcji wymuszają wykonanie obliczeń zgodnie z obowiązującymi przepisami. Dodatkowo w tego typu zabiegach należy przykładać szczególną wagę do stanu konstrukcji. Wymagane są zatem bardzo wnikliwe oględziny całości adaptowanego elementu. Należy także zwrócić uwagę na ubytki korozyjne, które przez lata mogły wystąpić i w znaczącym stopniu uszkodzić konstrukcję stalową. Ważnym aspektem były właściwości stali, z jakiej dane przęsło było wykonane. Mogło się bowiem okazać, iż materiał ten nie spełnia obecnych wymogów i jako taki nie może być zastosowany do ponownego wbudowania. Na szczególną uwagę zasługuje tutaj udarność stali. Jest to parametr kluczowy dla bezpiecznego użytkowania konstrukcji, gdyż wpływa on na możliwość wystąpienia kruchego pęknięcia, a co za tym idzie – awarii, która może być katastrofalna w skutkach. Podstawowym badaniem, które należy bezwzględnie przeprowadzić w celu możliwości wykonania wyznaczenia nośności adaptowanego przęsła, jest badanie stali na rozciąganie i określenie jej podstawowych właściwości mechanicznych.

Opis i wyniki przeprowadzonych badań

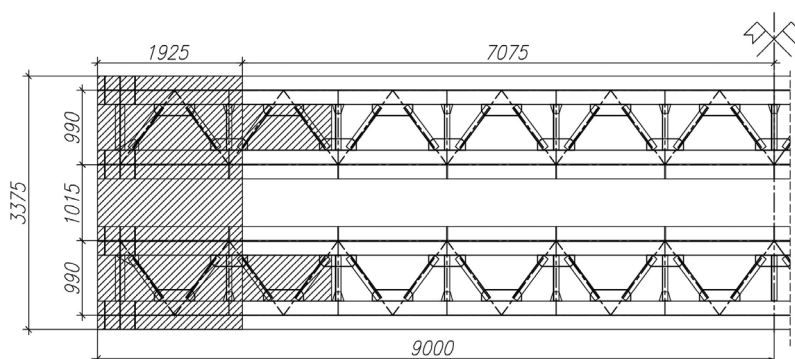
Jak już wspomniano, podstawowym badaniem jest sprawdzenie wytrzymałości stali w próbie statycznego rozciągania. W ramach badań, na potrzeby niniejszego opracowania, wykonano test na próbkach pobranych z wiaduktu, który był zlokalizowany w ciągu Centralnej Magistrali Kolejowej w km 214,863 (rok budowy wiaduktu to 1975). Próbkę do badań wycięto przy użyciu maszyny sterowanej numerycznie, używającej do cięcia strumienia wodnego. Metoda ta wyklucza oddziaływanie temperatury podczas przygotowywania próbek, co jest korzystne, gdyż nie wpływa na zmianę struktury stali, a zatem nie zmienia



Rysunek 2. Elementy pasa dolnego kratownicy przęsła mostu ułożone na placu składowym



Rysunek 3. Schemat konstrukcji przęsła po zaadaptowaniu do nowego miejsca zabudowania

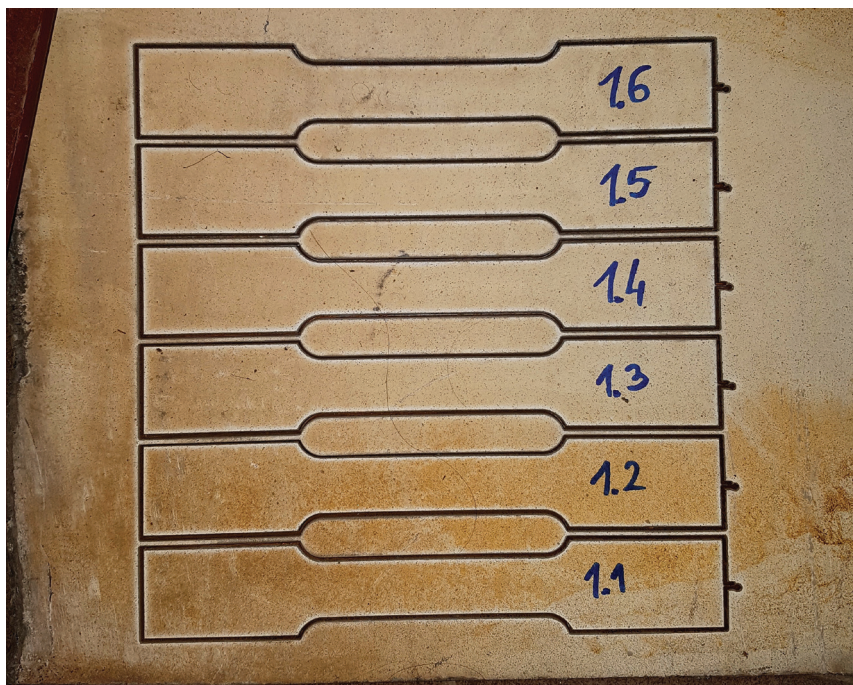


Rysunek 4. Schemat konstrukcji przęsła po zaadaptowaniu do nowego miejsca zabudowania

jej właściwości mechanicznych. Próbkę przygotowano zgodnie z wytycznymi zawartymi w PN-EN ISO 6892-1:2010 [4]. Do badań pobrano próbki ze środka dźwigara głównego wiaduktu kolejowego. Z pobranego elementu przygotowano 6 próbek do badań.

Granica plastyczności stali próbek pobranych z konstrukcji wiaduktu jest na poziomie około 231 MPa, granica wytrzymałości na rozciąganie jest równa 388 MPa. Są to wartości zbliżone do charakterystyk podanych w normie PN-EN 10025:2002 [5] dla stali S235. Jej pozostałe charakterystyki mogą się różnić mimo wykazania, że parametry granicy plastyczności i wytrzymałości na rozciąganie

są na odpowiednim poziomie. Parametrami takimi może być wspomniana już udarność, wpływająca na możliwość kruchego pęknięcia stali, bądź spawalność, która będzie decydująca w procesie wykonywania zmian adaptacyjnych w konstrukcjach. Parametry te należy analizować równolegle, bez pominięcia któregośkolwiek z nich. Zagadnieniami związanymi z udarnością oraz jej korelacją ze zmęčeniem, powszechnie występującym w konstrukcjach mostowych, zajmowano się w pracy [6]. Udało się, na podstawie wykonanych badań, stwierdzić fakt wpływu zmęczenia na wartość pracy łamania próbek w badaniu młotem Charpy'ego.



Rysunek 5. Rozmieszczenie i oznaczenie próbek do badań wytrzymałości stali na rozciąganie – element środka wiaduktu

W wielu przypadkach najważniejszym czynnikiem, wpływającym na decyzję o ponownym wykorzystaniu konstrukcji z demontażu, jest możliwość jej geometrycznego dostosowania do nowych warunków pracy, zarówno pod względem wytrzymałościowym, co już omówiono, jak i pod względem formalnym, tj. spełnienia aktualnie obowiązujących wymogów prawnych oraz użytkowych [7]. W obu przedstawionych w artykule obiektach konieczne było zastosowanie koryta balastowego o wymiarach

większych niż te wykonane pierwotnie. W konstrukcji z dźwigarów stalowych zespolonych z płytą żelbetową wykonanie nowego koryta balastowego nie wpływało na konieczność dodatkowych zmian w konstrukcji stalowej. Natomiast w konstrukcji kratownicowej wykonanie nowego koryta balastowego wiązało się ze zwiększeniem rozstawu dźwigarów głównych w stosunku do stanu istniejącego. Konsekwencją tego była konieczność wydłużenia prętów wykratowania górnego przęsła.

Tabela 1. Podstawowe właściwości mechaniczne stali uzyskane w próbie statycznego rozciągania

Numer próbki	R_m	R_{eL}	R_{eH}	R_z	e_{max}
	MPa	MPa	MPa	MPa	mm/mm
1-1	436	280	281	184	0.334
1-2	433	256	266	186	0.322
1-3	432	256	262	190	0.326
1-4	431	259	265	184	0.319
1-5	429	254	262	182	0.326
1-6	429	254	262	183	0.323
MIN	429	254	262	182	0.319
MAX	436	280	281	190	0.334
Wartość średnia	432	260	266	185	0.325
Odchylenie standardowe	3	10	7	3	0.005
Współczynnik zmienności	1%	4%	3%	2%	2%
Wartość charakterystyczna	427	243	254	180	0.3165
Wartość obliczeniowa	388	221	231	164	0.2878

Wnioski

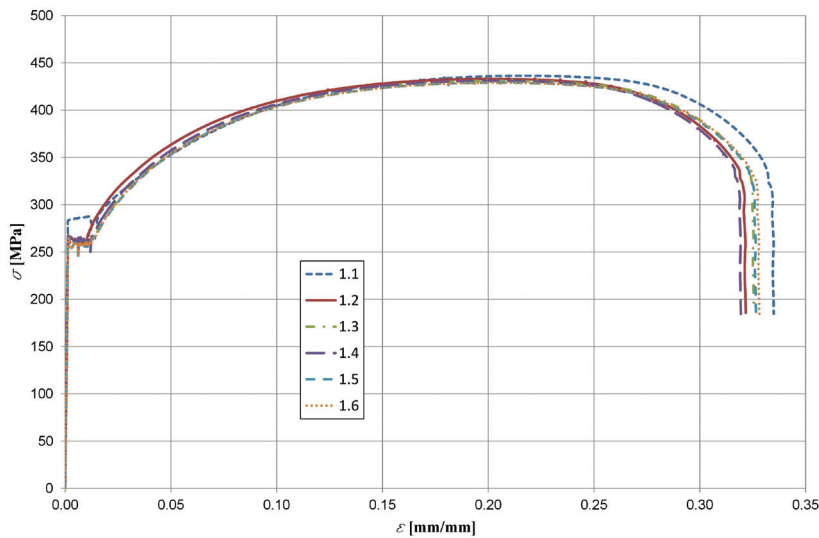
Trend wykorzystywania starożytecznych konstrukcji bądź rewitalizacji istniejących nieużytkowanych obiektów kolejowych jest coraz szerszym zjawiskiem [8]. Na podstawie przedstawionych przykładów można wnioskować, że adaptacja konstrukcji przęseł mostu każdorazowo wymagała wykonania wieloetapowego studium wykonalności. Należy na tym etapie rozważyć aspekty związane z geometrią przęsła, które będzie ponownie wykorzystywane. Drugim ważnym czynnikiem są badania materiałowe – w przypadku braku informacji o materiale zastosowanym w danym przęśle. Badania te powinny dać projektantowi pewność co do właściwości mechanicznych i chemicznych materiału, z którego będzie projektować nową konstrukcję. W ostateczności jednak cały proces związany z projektowaniem obiektu z wykorzystaniem konstrukcji starożytecznej nie jest bardziej pracochłonny niż projektowanie nowej konstrukcji. Zyski płynące z wykorzystania materiału (konstrukcji stalowych), którym dysponuje zamawiający, w stosunku do zwiększonych nakładów pracy projektanta są niewspółmiernie większe. Dodatkowym walorem takiego działania jest ograniczenie zużycia nowego materiału oraz zmniejszona pracochłonność związana z wykonaniem konstrukcji. To wszystko wprost przekłada się na środowisko naturalne. Trzeba też zauważyć, że ponowne wykorzystanie używanych wcześniej stalowych elementów konstrukcyjnych jest możliwe również w innych obiektach przemysłowych.

Literatura

- [1] Szczegółowe warunki techniczne dla modernizacji lub budowy linii kolejowych do prędkości $V_{max} \leq 200$ km/h (dla taboru konwencjonalnego) / 250 km/h (dla taboru z wychylnym pudłem) – tom III – Kolejowe obiekty inżynierijne.
- [2] Madał A., Wołowicki W., Budowa i utrzymanie mostów. Wymagania techniczne, badania, naprawy. WKŁ, Warszawa 2013.
- [3] Bień J., Uszkodzenia i diagnostyka obiektów mostowych, WKŁ, Warszawa 2010.
- [4] PN-EN ISO 6892-1:2010 Metale – Próba rozciągania – Część 1: Metoda badania w temperaturze pokojowej.
- [5] PN-EN 10025-1:2007 – Wyroby walcowane na gorąco ze stali konstrukcyjnych – Część 1: Ogólne warunki techniczne dostawy.
- [6] Pawłowski K., Włóka A., Influence of impact strength of steel on the repair and usage possibilities of civil engineering structures. 7th International Conference on Safety and Durability of Structures ICOSADOS 2016 May 10-12, 2016, UTAD, Portugal.
- [7] Instrukcja Id2 – Warunki techniczne dla kolejowych obiektów inżynierijnych.
- [8] Biliszczuk J. i inni, Rewitalizacja starego wiaduktu kolejowego z przeznaczeniem na kładkę dla pieszych, „Mosty” nr 6/2014 str. 53.

DOI: 10.5604/01.3001.0013.9709

PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA
Pawłowski Kamil, 2020, Recykling stalowych konstrukcji przęseł mostów kolejowych, „Builder” 04 (273). DOI: 10.5604/01.3001.0013.9709



Rysunek 6. Wykres przedstawiający zależność naprężenie-odkształcenie badanych elementów

Streszczenie: W artykule przedstawiono, na przykładzie dwóch przęseł mostowych, sposoby powtórzonego użycia konstrukcji stalowych. Należy zwrócić uwagę, że już na etapie demontażu konstrukcji bardzo ważną decyzją jest to, czy konstrukcja będzie powtórnie uży-

ta. Sposób podziału na elementy wysyłkowe, transport, składowanie – to wszystko jest zależne od tego, jaki będzie dalszy los konstrukcji i czy będzie się ona nadawała do powtórzonego użycia. Czynnikiem wpływającym na możliwość ponownego wykorzystania konstrukcji jest bardzo wiele. Celem prowadzonych w ra-

mach niniejszego artykułu rozważań jest wskazanie czynników, jakie należy wziąć pod uwagę przy podejmowaniu decyzji o ponownym wykorzystaniu zdemontowanych konstrukcji stalowych oraz zwrócenie uwagi na korzystny wpływ takiego działania na środowisko naturalne.

Słowa kluczowe: mosty stalowe, recykling

Abstract: The paper presents the manners of re-using steel structures, based on the examples of two bridge spans. It should be noted that the decision, whether a structural element will be re-used is very important as early as at the stage of disassembling the structure. The manner of dividing the structure into shipping elements, transport and storage – all this depends on the intended future of the given element and on whether it will be suitable for re-using. There are numerous factors that influence the possibility to reuse a structure. The aim of the considerations presented in this article is to specify the factors that must be taken into account when making a decision on re-using disassembled steel structures and to emphasize the beneficial environmental impact of such actions.

Keywords: steel bridges, recycling

ODPOWIADAMY NA WSPÓŁCZESNE WYZWANIA BRANŻY ENERGETYCZNEJ

XII Konferencja Naukowo-Techniczna Budownictwo w Energetyce