

dr inż. Tomasz Kamiński<sup>1)</sup>  
dr inż. Maciej Hildebrand<sup>1)</sup>

# Wczesne uszkodzenia obiektów mostowych

## *Early defects of bridge structures*

DOI: 10.15199/33.2015.07.17

**Streszczenie.** W artykule omówiono problemy dotyczące wczesnych uszkodzeń nowych konstrukcji mostowych, pojawiających się w pierwszych 5 latach ich użytkowania. Przedstawiono najczęstsze rodzaje uszkodzeń elementów nośnych przęseł i podpór oraz wyposażenia. Szczegółowe rodzaje defektów podano w odniesieniu do poszczególnych elementów konstrukcyjnych oraz ich materiału. Zwrócono również uwagę na potencjalne scenariusze rozwoju awarii konstrukcji związane z rodzajami uszkodzeń, wskazując zarówno ich przyczyny, jak i skutki.

**Słowa kluczowe:** most, wyposażenie, uszkodzenie, awaria.

**Abstract.** In the paper a problem of early defects appearing in new bridge structures during the first 5 years of their exploitation is brought up. The most frequent types of defects in superstructure and substructure elements as well as in bridge accessories are presented. Detailed damage types are listed with reference to selected structural elements and their material. Special attention was paid also to potential failure development scenarios related to the given types of defects, showing their causes and consequences.

**Keywords:** bridge, bridge accessories, defect, failure.

Uszkodzenia nowych obiektów mostowych są istotnym zagadnieniem nie tylko z punktu widzenia inżynierskiego, ale także ze względów formalnoprawnych, szczególnie jeśli zostaną ujawnione podczas okresu gwarancyjnego i będą podstawą roszczeń inwestora, którym najczęściej jest publiczna administracja drogowa wydająca środki budżetowe. Z punktu widzenia interesu publicznego konieczne jest więc wczesne wykrywanie uszkodzeń nowych obiektów mostowych. Co więcej, należy podjąć działania mające na celu opracowanie systemów monitoringu budowli ukierunkowanych na typowe, wczesne uszkodzenia i ich rodzaje.

W ramach przeprowadzonej przez nas analizy studialnej zostały określone uszkodzenia konstrukcji mostowych w trakcie pierwszych pięciu lat eksploatacji [3, 4]. Badano nowe lub remontowane budowle zlokalizowane głównie na Dolnym Śląsku i w Polsce centralnej, a także za granicą. Były wśród nich betonowe lub stalowe obiekty drogowe o konstrukcji belkowej, ramowej, gruntowo-powłokowej, podwieszanej, z przęsłami płytowymi, żebrowymi lub skrzynkowymi.

### Klasyfikacja uszkodzeń i scenariusze ich rozwoju

Klasyfikacji uszkodzeń dokonano uwzględniając miejsce ich występowania oraz rodzaj uszkodzonego ele-

<sup>1)</sup> Politechnika Wroclawska, Wydział Budownictwa  
<sup>2)</sup> Autor do korespondencji:  
e-mail: tomasz.kaminski@pwr.edu.pl



**Fot. 1. Awaryjne przemieszczenia wkładki elastomerowej łożyska**  
*Photo 1. Failure displacement of a bearing pad*



**Fot. 2. Pionowe zarysowania korpusu przyczółka**  
*Photo 2. Vertical cracks of an abutment body*



**Fot. 3. Zarysowanie przyczółka obiektu zintegrowanego w strefie połączenia z przęsłem**  
*Photo 3. Crack of an integral bridge abutment at its connection with span*



**Fot. 4. Nieszczelność osłony wanty mostu podwieszanego**  
*Photo 4. Break of a stay cover in a cable-stayed bridge*

mentu, wzorując się częściowo na współczesnej klasyfikacji uszkodzeń obiektów mostowych wg [1]. Wyróżniono następujące rodzaje uszkodzeń:

- deformacje;
- destrukcja materiału;
- ubytki materiału;
- utrata ciągłości (zarysowania, pęknięcia);
- zanieczyszczenia;
- zmiany położenia (przesunięcia, obroty);
- defekty elementów pomocniczych (np. niesprawność izolacji).

Przyjęte podejście uznano za wystarczające i umożliwiające uporządkowanie rodzajów uszkodzeń, z zapewnieniem jasnej ich identyfikacji. Wykaz stwierdzonych najczęstszych uszkodzeń według rodzajów uszkodzonych elementów mostowych oraz rodzaju konstrukcji przedstawiono w tabeli 1, natomiast w tabeli 2 potencjalne scenariusze rozwoju awarii konstrukcji



**Fot. 5. Zacieki na cokołach obiektów gruntowo-powłokowych będące efektem wadliwej izolacji**

*Photo 5. Leakage of water at steel-soil bridge support as an effect of waterproofing dysfunction*



**Fot. 6. Ubytek nawierzchni bitumicznej wzdłuż szczeliny dylatacyjnej**

*Photo 6. Loss of bituminous pavement along an expansion joint*

związane z poszczególnymi rodzajami uszkodzeń, wskazując zarówno ich przyczyny, jak i skutki.

## Podsumowanie

Przedstawione informacje dotyczące uszkodzeń obiektów mostowych w początkowym okresie ich eksploatacji pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

- wczesne uszkodzenia obiektów mostowych mogą dotyczyć dowolnego elementu budowli;
- najczęstsze i najliczniejsze uszkodzenia występują w wyposażeniu, tj. w obrębie nawierzchni jezdni i chodników, dylatacji, balustrad lub barier;

**Tabela 1. Typowe rodzaje uszkodzeń elementów mostowych**

*Table 1. Typical defect types of bridge elements*

Rodzaj elementu	Rodzaj konstrukcji	Rodzaje uszkodzeń
Całe przęsło	dowolna	nadmierna deformacja; nadmierne przemieszczenie [6, 8]; skutki uderzeń i wypadków
	betonowa betonowa (płytkowa, zintegrowana)	destrukcja (karbonatyzacja) zarysowanie i pęknięcie
Dźwigar główny	dowolna	skutki uderzeń i wypadków [2]
	betonowa	zarysowanie i pęknięcie; przerwanie prętów zbrojeniowych, ubytki betonu (od uderzeń)
Wanta	stalowa	deformacja (ugięcie, wyboczenie); pęknięcie pasa dolnego blachownicy (od uderzeń); korozja
	podwieszona	deformacja (zmiana zwisu, wydłużenie); nadmierne drgania
Pomost	betonowa	zarysowanie i pęknięcie
	stalowa	pęknięcie zmęczeniowe; korozja
Łożysko/element łożyska	dowolna	korozja; uszkodzenie mechaniczne; przemieszczenie (fotografia 1)
Podlewka łożyska	dowolna	pęknięcie; ubytek
Cios podłożyskowy	dowolna	zarysowanie; pęknięcie
Cała podpora	betonowa	nadmierne przemieszczenie [7]; zarysowanie pionowe (fotografia 2); skutki uderzeń i wypadków; obecność wody w komorach
Cokół podpory	gruntowo-powłokowa	pęknięcie; przemieszczenie
Ściana boczna przyczółka	dowolna	przemieszczenie; zarysowanie (fotografia 3); pęknięcie
Ściana osłonowa przyczółka	dowolna	zarysowanie; odspojenie
Fundament	dowolna	nadmierne lub nierównomierne osiadanie
Element osłony ciągu	dowolna	przemieszczenie (rozłączenie elementów osłonowych); pęknięcie; obecność wody, wilgoci
Element osłony wanty	dowolna	korozja elementów osłonowych; uszkodzenie termiczne; pęknięcie; obecność wody (fotografia 4) [4]
Element ograniczający dostęp	dowolna	uszkodzenie pozwalające na dostęp do wnętrza ustroju ludziom i zwierzętom (np. ptakom)
Izolacja przeciwwodna	dowolna	przerwanie; obniżenie wodoszczelności (fotografia 5) [5]
Element odwodnienia	dowolna	zanieczyszczenie (nieczystość elementu odwodnienia); pęknięcie, przerwanie lub ubytek (przecieki wody z wnętrza elementu); deformacja zakłócająca spadek (pochylenie) powodująca zaleganie wody
Kapa chodnikowa	dowolna	zarysowanie lub pęknięcie (zwykle poprzeczne względem osi mostu); odspojenie nawierzchni cienkowarstwowej
Gzyms kapy chodnikowej	dowolna	zarysowanie lub pęknięcie (poprzeczne względem osi mostu); ubytek betonu
Urządzenie dylatacyjne	dowolna	ubytek fragmentu urządzenia; zanieczyszczenie urządzenia lub szczeliny dylatacyjnej; przerwanie lub nieuszczelnienie (przecieki wody); hałaśliwość
Powłoka zabezpieczająca	dowolna	odspojenie; ubytek; degradacja
Nawierzchnia	dowolna	deformacja; pęknięcie; ubytek; różne uszkodzenia w otoczeniu przerwy dylatacyjnej; defekt drenażu
Urządzenie pomocnicze	dowolna	dewastacja lub kradzież; samoistna degradacja korozyjna; zanieczyszczenie

- powszechnie występują zarysowania różnych elementów betonowych, np. gzymsów przęsła, a zwłaszcza elementów masywnych (korpusów podpor itp.);

- rzadko występują uszkodzenia bezpośrednio zagrażające bezpieczeństwu budowli; w obrębie ustrojów nośnych są to głównie awarie łożysk lub nadzwyczajnie duże przemieszczenia konstrukcji;

- względnie często pojawiają się uszkodzenia zagrażające bezpieczeń-

stwu użytkowników, np. awarie urządzeń dylatacyjnych, destrukcje barier lub balustrad;

- większość przedstawionych uszkodzeń nie zagraża bezpośrednio bezpieczeństwu budowli lub jej użytkowaniu, stanowi jednak wyraźną przesłankę ograniczenia trwałości obiektu wskutek szybkiego zapoczątkowania procesów destrukcyjnych, które w perspektywie kilku lub kilkunastu lat mogą skutkować koniecznością przeprowadzenia remontu.

**Tabela 2. Wybrane scenariusze rozwoju awarii (wg [5])**  
 Table 2. Selected failure development scenarios (acc. to [5])

Rodzaj uszkodzenia	Przyczyny uszkodzenia	Potencjalne awaryjne skutki uszkodzeń
<b>Procesy długotrwałe</b>		
Deformacje	nadmierne lub nierównomierne osiadanie podpór	przeciążenie i awaria łożysk → brak podparcia przęsła ściskanie → wyboczenie i zniszczenie elementów uprzednio rozciągniętych dekompresja segmentów sprężonych → otwarcie styków
	nadmierne reologiczne ugięcie przęsła betonowego	przeciążenia niektórych elementów → złamanie lub zerwanie zakłócenia niwelety obiektu → wykołajenie pociągu zanik pochyleń systemu odwodnienia → zalanie nawierzchni
	nadmierne wydłużenie relaksacyjne stali ciągnięć zewnętrznych	przeciążenia niektórych elementów → złamanie lub zerwanie zakłócenia niwelety obiektu → wykołajenie pociągu zanik pochyleń systemu odwodnienia → zalanie nawierzchni
Destrukcja materiału	nadmierne zarysowania betonu	korozja stali skutkująca jej ubytkiem → zerwanie lub złamanie elementu
	korozja stali	ubytek przekroju → zerwanie lub złamanie elementu
	karbonatyzacja betonu i inne procesy chemiczne	zniszczenie ochrony zbrojenia → korozja zbrojenia → zmniejszenie nośności rozpad konstrukcji betonowej na odrębne elementy → rozpad elementu zmniejszenie wytrzymałości betonu → utrata nośności elementu
Ubytki materiału	brak fragmentu nawierzchni lub podłoża	zaburzenie jazdy → wypadek komunikacyjny
	brak fragmentu dylatacji	zaburzenie przejazdu → wypadek komunikacyjny wstrząsy i przeciążenia → uszkodzenia przyległych części konstrukcji budowli
Utrata ciągłości	przerwanie spłotów cięgna	zerwanie cięgna → zmniejszenie nośności lub złamanie przęsła
	zmęczenie elementów stężeń	utrata ciągłości konstrukcji → utrata stateczności, przewrócenie dźwigarów
	zmęczenie nieprawidłowo skonstruowanej balustrady	pęknięcie i złamanie słupków balustrady → upadek pieszego z wysokości
Zanieczyszczenia	obecność wody w obrębie zakotwienia kabla; w kanale kablowym lub w pustej przestrzeni	korozja szczęk i utrata skuteczności zakotwienia → zmniejszenie nośności lub złamanie przęsła; korozja spłotów i ich przerwanie → zmniejszenie nośności lub złamanie przęsła; wypełnienie wodą przestrzeni pustej skutkujące przeciążeniem obiektu → zmniejszenie nośności użytkowej przęsła → przeciążenie i osiadanie fundamentów
Zmiany położenia	wyboczenie elementu konstrukcyjnego; zmiana zwisu cięgna; nadmierne amplitudy drgań ciągnięć	zmiana zwisu cięgna → kolizja z innymi elementami, np. oświetlenia, skrajnią lub tp. → uszkodzenia przyległych elementów, kolizja z pojazdem
<b>Procesy nagłe</b>		
Deformacje	uderzenie pojazdu lub statku	zmniejszenie nośności wskutek zaburzenia kształtu elementu → zmniejszenie nośności przęsła; przesunięcie poprzeczne toru na wiadukcie → wykołajenie pociągu
Destrukcja materiału	pożar	ogrzanie materiału → zmniejszenie nośności lub złamanie przęsła lub jego elementu
Ubytki materiału	uderzenie pojazdu lub statku	brak części przekroju lub całego elementu → zmniejszenie nośności lub złamanie przęsła; zniszczenie obiektu → katastrofa komunikacyjna
Utrata ciągłości	uderzenie pojazdu; pęknięcie zmęczeniowe	utrata ciągłości konstrukcji → zmniejszenie nośności lub złamanie przęsła
Zanieczyszczenia	wylanie na obiekt przewożonego czynnika szkodliwego	utrata własności przeciwpoślizgowych nawierzchni → wypadek komunikacyjny wypełnienie wodą przestrzeni wewnątrz obiektu → wyczerpanie nośności obiektu
Zmiany położenia	osuwiska	przemieszczenie podpór → przegub w sklepieniu → zmniejszenie nośności lub złamanie przęsła; przemieszczenie podpór → zniszczenie przęsła

## Literatura

[1] Bień J.: Uszkodzenia i diagnostyka obiektów mostowych, WKiŁ, Warszawa 2010.

[2] Bień J., Kużawa M., Rabięga J., Rawa P., Zwolski J.: Uszkodzenia i awarie obiektów mostowych powodowane uderzeniami pojazdów, XXV Konferencja Naukowo-Techniczna Awarie Budowlane 2013, Szczecin-Międzyzdroje, 24 – 27 maja 2011, s. 195 – 202.

[3] Hildebrand M.: Cztery lata obserwacji mostu podwieszonoego przez Wisłę w Płocku. Inżynieria i Budownictwo, nr 7/2010.

[4] Hildebrand M.: Seven Years of Structural Monitoring of a Large Steel Cable Stayed Bridge, Workshop on Civil Structural Health Monitoring (CSHM-4), „SHM systems supporting extension of the structures service life”, November 6 – 8, 2012, Berlin.

[5] Hildebrand M.: Motywy budowy systemów obserwacji ciągłej mostów, Inżynieria i Budownictwo, nr 11/2013.

[6] Janusz L., Madaj A.: Obiekty inżynierskie z blachy falistej, WKiŁ, Warszawa 2007.

[7] Kwasha W., Hnidec B.: Defekty betonowania słupa podpory mostu, jego stan awaryjny

i poawaryjna odbudowa, XXVI Konferencja Naukowo-Techniczna Awarie Budowlane 2013, Szczecin-Międzyzdroje, 21 – 24 maja 2013, s. 953 – 962.

[8] Weseli J., Radziecki A., Pradelok S.: Jak nie należy budować mostów na terenach górniczych, XXVI Konferencja Naukowo-Techniczna Awarie Budowlane 2013, Szczecin-Międzyzdroje, 21 – 24 maja 2013, s. 981 – 988.

Autorzy dziękują Panu Zbigniewowi Śliwińskiemu za udostępnienie niektórych fotografii przedstawionych w artykule.

Przyjęto do druku: 14.02.2015 r.