



NCBR
Narodowe Centrum Badań i Rozwoju


Generalna Dyrekcja
Dróg Krajowych i Autostrad

Diagnostyka sprężonych oraz ciągnowych drogowych obiektów inżynierskich,
z uwzględnieniem doboru systemów monitoringu

**Procedura badań obiektów mostowych o konstrukcji sprężonej kablobetonowej
oraz podwieszanej z użyciem metody próbnego obciążenia diagnostycznego
wspartej przeglądem wizualnym i inspekcją geodezyjną**

dr hab. inż. Piotr Olszek, prof. IBDiM



Politechnika Świętokrzyska
Kielce University of Technology

Historia – rola próbnego obciążenia mostów



Interprovincial Bridge, Ottawa, Canada.
View from Nepean Point looking towards Hull and showing the load testing of the bridge with four locomotives. This was the first run over the bridge on 12 December 1900.
National Archives of Canada photo PA-202126.



Reinforced Concrete T-girder Bridges.
St Kilda Street Bridge, Elwood, Australia
Load Test, 20 November 1905.
University of Melbourne Archives GPNB/1094
Reinforced Concrete & Monier Pipe Construction Co Collection

Obecnie próbne obciążenia mostów na świecie



299 stron

376 stron

Redaktor:

Ekwador, Holandia

Autorzy:

Australia, Belgia, Dania, Hiszpania,
Holandia, Litwa, Meksyk, Niemcy,
Polska, Szwecja, USA, Wielka
Brytania, Włochy, Ekwador

CRC Press 2019

Piotr Olaszek
Mirosław Biskup
Andrzej Matyszek
Ewa Twardosz

**PRÓBNE OBCIĄŻENIA
OBIEKTÓW MOSTOWYCH
W ŚWIETLE DOŚWIADCZEŃ IBDiM**



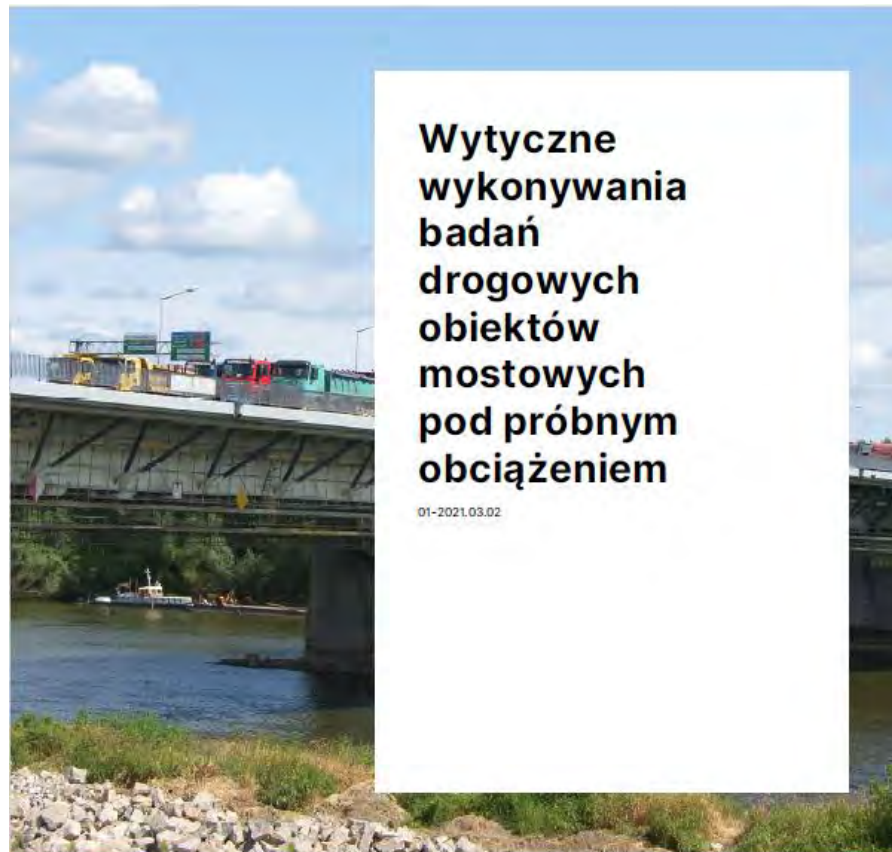
Zmiana roli próbnego obciążenia mostów w Polsce

- 1) **Badania odbiorcze zleca Inwestor nie Wykonawca**
- 2) **Zmniejszenie zakresu obligatoryjnie obciążanych konstrukcji**
- 3) **Poprawa jakości i szczegółowości badań**
- 4) **Wzrost znaczenia badań diagnostycznych**

Wyniki próbnego obciążenia powinny zostać wykorzystane do aktualizacji modelu numerycznego konstrukcji.

Zaktualizowany model konstrukcji będzie częścią systemu, z którego będzie korzystał Zarządca lub Właściciel obiektu

Rola próbnego obciążenia konstrukcji mostowych w Polsce



Wytyczne wykonywania badań drogowych obiektów mostowych pod próbnym obciążeniem

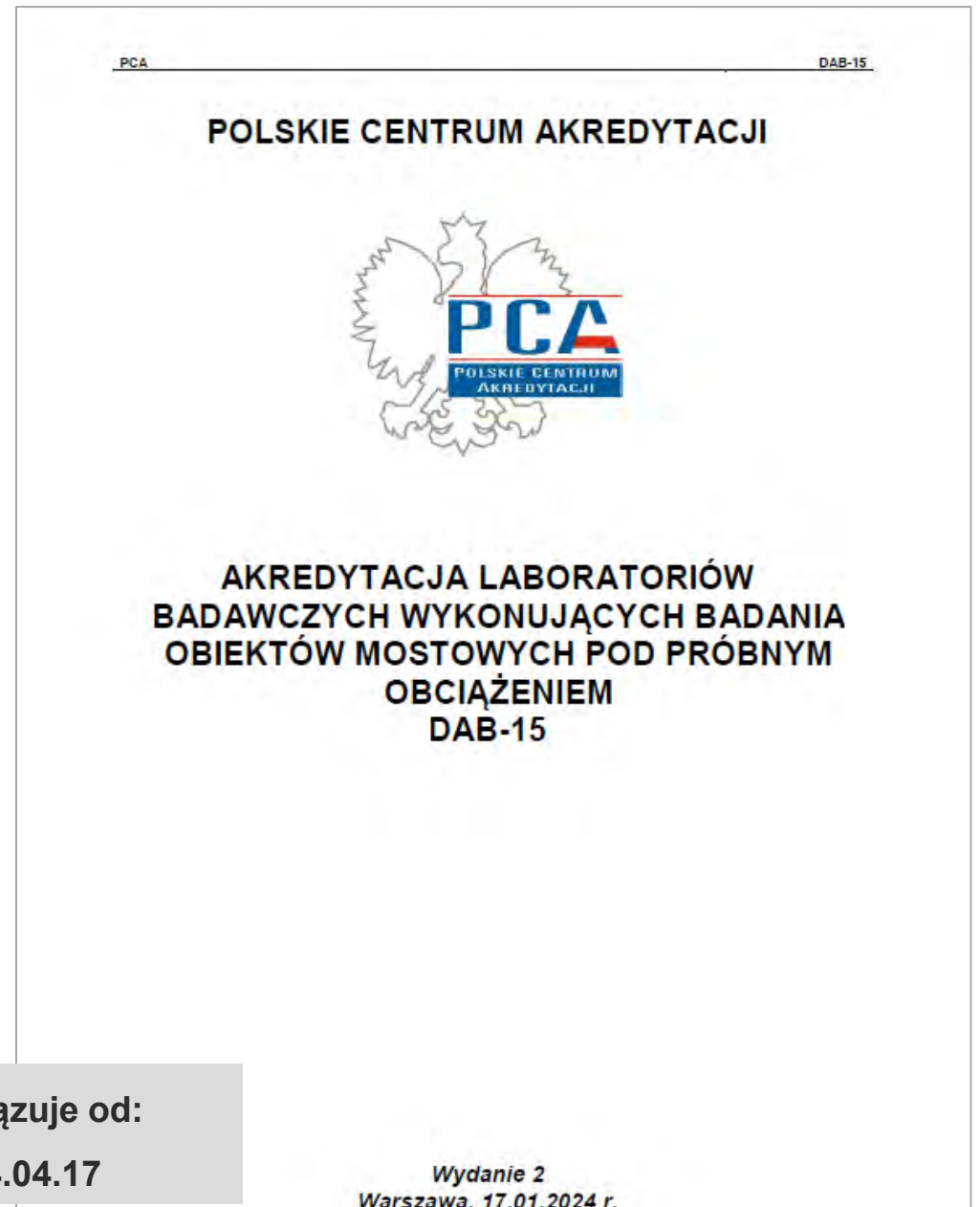
01-2021.03.02

Wzorce i standardy
rekomendowane przez
Ministra właściwego ds. transportu

WR-M-23

Obowiązuje od:

2021.03.02



PCA DAB-15
POLSKIE CENTRUM AKREDYTACJI



AKREDYTACJA LABORATORIÓW
BADAWCZYCH WYKONUJĄCYCH BADANIA
OBIEKTÓW MOSTOWYCH POD PRÓBNYM
OBCIĄŻENIEM
DAB-15

Obowiązuje od:

2024.04.17

Wydanie 2
Warszawa, 17.01.2024 r.



NCBR
Narodowe Centrum Badań i Rozwoju



Generałna Dyrekcja
Dróg Krajowych i Autostrad

RID II (Rozwój Innowacji Drogowych)

**Diagnostyka sprężonych oraz ciężnowych drogowych obiektów
inżynierskich, z uwzględnieniem doboru systemów monitoringu**



**INSTYTUT BADAWCZY
DRÓG I MOSTÓW**
ROAD AND BRIDGE
RESEARCH INSTITUTE



IPPT
INSTYTUT PODSTAWOWYCH
PROBLEMÓW TECHNIKI
POLSKIEJ AKADEMII NAUK
PAN
INSTITUTE OF FUNDAMENTAL
TECHNOLOGICAL RESEARCH
POLISH ACADEMY OF SCIENCES



Politechnika Świętokrzyska
Kielce University of Technology

WSTĘPNY PROJEKT

**PROCEDURA BADAŃ OBIEKTÓW MOSTOWYCH O KONSTRUKCJI
SPRĘŻONEJ KABLOBETONOWEJ ORAZ PODWIESZONEJ
Z UŻYCIEM METODY PRÓBNEGO OBCIĄŻENIA DIAGNOSTYCZNEGO
WSPARTEJ PRZEGLĄDEM WIZUALNYM I INSPEKCJĄ GEODEZYJNĄ**

Opracował zespół:

dr hab. inż. Piotr Olszerek, prof. IBDiM

dr hab. inż. Ireneusz Wyczalek

mgr inż. Mirosław Biskup

Warszawa, 14.05.2024

Spis treści

1. Przedmiot i zakres stosowania
 2. Definicje
 3. Zakres badań diagnostycznych
 4. Zakres badań i pomiarów
 5. Metody badań i pomiarów podczas badań diagnostycznych
 6. Przygotowanie badań diagnostycznych
 7. Przegląd wizualny konstrukcji
 8. Przebieg badań
 9. Analiza wyników badań
 10. Wymagania formalne
- Bibliografia

1. Przedmiot i zakres stosowania

(1) Niniejsze procedury stanowią uzupełnienie WR-M-23 [30]. Przedmiot uzupełnienia stanowią zasady wykonywania badań diagnostycznych obiektów mostowych o konstrukcji sprężonej kablobetonowej oraz podwieszanej z użyciem metody próbnego obciążenia diagnostycznego wspartej przeglądem wizualnym i inspekcją geodezyjną.

(2) Badania diagnostyczne wykonuje się w celu oceny nośności, stateczności i bezpieczeństwa dalszego użytkowania obiektów użytkowanych lub czasowo wyłączonych z użytkowania [28]. Badania mogą być wykonywane w ramach ekspertyzy obiektu mostowego na podstawie decyzji Właściciela lub Zarządcy obiektu mostowego. Decyzja powinna wynikać z wniosków z wykonanej wcześniej inspekcji szczegółowej.

3. Zakres badań diagnostycznych

(1) Zgodnie z WR-M-23 rozdział 5 z uwagi na metodę i cel przeprowadzania badań diagnostycznych obiektów mostowych rozróżniamy następujące ich rodzaje [1, 3–5, 9, 11–14, 17, 18]:

a) uzupełniające obciążenia próbne,

b) sprawdzające obciążenia próbne.

(2) Uzupełniające obciążenia próbne są stosowane jako uzupełnienie metod analitycznych określania nośności obiektu mostowego

(3) Sprawdzające obciążenia próbne dostarczają rzeczywistej doświadczalnej oceny bezpiecznego obciążenia obiektu mostowego.

(4) Badania diagnostyczne mają charakter badań niestandardowych, zależnych od stanu technicznego obiektu mostowego i zakresu dostępnej dokumentacji.

3. Zakres badań diagnostycznych - Uzupelniajace obciazenia probne

3.2 Zakres i wielkosc stosowanego obciazenia

3.2.1 Uzupelniajace obciazenia probne

(1) Uzupelniajace obciazenia probne, ze wzgledu na trudnosci zwiazane z zamykaniem ruchu pojazdow na eksploatowanym obiekcie, moga byc realizowane przy czesciowym ograniczeniu ruchu pojazdow, np. poprzez zamkniecie i przeznaczenie do obciazenia pasa awaryjnego i pasa prawego. W takim przypadku w celu minimalizacji zaklóceni od przejezdżajacych pojazdow wskazane jest wykonywanie badan w czasie malego natężenia ruchu np. w godzinach nocnych.

3. Zakres badań diagnostycznych - Uzupełniające obciążenia próbne

(3) Badania pod obciążeniem statycznym mają na celu:

- a) weryfikację i walidację przyjętego modelu obliczeniowego konstrukcji,
- b) weryfikację uszkodzeń (wykrytych przed badaniami) na podstawie badań pod obciążeniem,
- c) wykrycie ewentualnych nowych uszkodzeń na podstawie badań pod obciążeniem,
- d) zbadanie współpracy elementów konstrukcyjnych oraz elementów konstrukcyjnych i niekonstrukcyjnych,
- e) ocenę nośności użytkowej,
- f) identyfikację obciążeń środowiskowych (np. temperatura, nasłonecznienie) oddziałujących na konstrukcję,
- g) dla konstrukcji sprężonych zbadanie wartości sił sprężających konstrukcję,
- h) dla konstrukcji podwieszonych zbadanie wartości sił w ciągach podwieszających,
- i) sprawdzenie poprawności pracy łożysk i urządzeń dylatacyjnych.

3. Zakres badań diagnostycznych - Uzupełniające obciążenia próbne

(4) Badania pod obciążeniem dynamicznym mają na celu:

- a) weryfikację teoretycznej dynamicznej analizy konstrukcji, w tym częstotliwości i formy drgań, parametrów tłumienia i ewentualnie odpowiedzi konstrukcji,
- b) identyfikację obciążeń dynamicznych i środowiskowych (np. wiatr) oddziałujących na konstrukcję,
- c) analizę zmęczeniową konstrukcji.

4. Zakres badań i pomiarów

(4) Zakres badań obiektów konstrukcji sprężonych kablobetonowych pod obciążeniem statycznym oprócz badań wymienionych w akapitach (1) i (3) obejmuje badania nieobjęte akredytacją Laboratorium:

- a) w przypadku konstrukcji z kablami zewnętrznymi pomiary sił w kablach metodą wibracyjną w różnych fazach obciążenia;
- b) badania zmiany rozwarcia rys, jeśli takie występują w konstrukcji nośnej badanego przęsła;
- c) badania z zastosowaniem Emisji Akustycznej co opisuje oddzielna procedura, badania te są obowiązkowe w przypadku sprawdzającego obciążenia próbnego.

(5) Zakres badań obiektów konstrukcji podwieszonych pod obciążeniem statycznym oprócz badań wymienionych w akapitach (1) i (3) obejmuje nieobjęte akredytacją Laboratorium:

- a) pomiary sił w kablach podwieszających metodą wibracyjną w różnych fazach obciążenia;
- b) badania zmiany rozwarcia rys, jeśli takie występują w konstrukcji nośnej badanego przęsła;
- c) badania z zastosowaniem Emisji Akustycznej co opisuje oddzielna procedura, badania te są obowiązkowe w przypadku dźwigarów betonowych i stosowania sprawdzającego obciążenia próbnego.
- d) w przypadku konstrukcji podwieszanej łukowej badania zmian temperatury konstrukcji łuku.

5. Metody badań i pomiarów podczas badań diagnostycznych

5.3 Pomiary przemieszczeń metodami dotykowymi

(1) Zalecane jest stosowanie czujników mechanicznych z rejestracją komputerową. W przypadku badań pod obciążeniem statycznym i przy całkowitym zamknięciu ruchu pojazdów wskazane jest zapewnienie częstotliwości próbkowania nie mniejszego niż 1Hz. W przypadku, gdy na obiekcie zastosowano tylko częściowe ograniczenie ruchu pojazdów wskazane jest zastosowanie próbkowania z częstotliwością 200 Hz – która jest zalecana w DAB-15 [20] do badań pod obciążeniem dynamicznym.

5.4.5 Pomiary geodezyjne przemieszczeń pionowych i poziomych przy częściowym wyłączeniu obiektu z ruchu pojazdów.

(1) Geodezyjne badania przemieszczeń pionowych mostu częściowo obciążonego ruchem eksploatacyjnym możliwe są jedynie metodą tachimetryczną. Wykonywanie pomiarów powinno być połączone z obserwacją ruchu pojazdów eksploatacyjnych na obiekcie. Pomiary mogą być prowadzone tylko w przypadku zjechania ciężkich pojazdów z obiektu i występowania drgań swobodnych, których wpływ zostanie odfiltrowany poprzez uśrednienie odczytów.

(2) Gdy występują jedynie krótkie przerwy w ruchu eksploatacyjnym należy pomiar prowadzić w trybie obserwacji pojedynczych punktów pomiarowych; przejście do kolejnego punktu pomiarowego jest możliwe w kolejnym cyklu obserwacji.

6. Przygotowanie badań diagnostycznych

6.2 Uzupełniające obciążenia próbne

(1) W ramach przygotowania badań należy wykonać:

- a) ocenę aktualnego stanu technicznego,
- b) wyznaczenie elementów, które są decydujące dla nośności konstrukcji,
- c) statyczną analizę konstrukcji (w przypadku wykonywania badań pod obciążeniem statycznym) wraz z określeniem wielkości środków obciążających i ich rozmieszczenia;
- d) podstawową analizę dynamiczną konstrukcji, obejmującą wyznaczenie częstotliwości drgań własnych - w przypadku wykonywania badań pod obciążeniem dynamicznym,
- e) określenie metod pomiarowych oraz dobór i opracowanie planu rozmieszczenia sprzętu pomiarowego oraz sprawdzenie dokładności i zakresu dobranego sprzętu pomiarowego.
- f) program badań,
- g) określenie warunków prowadzenia badań.

7 Przegląd wizualny konstrukcji

7 Przegląd wizualny konstrukcji

7.1 Zasady ogólne

(1) Przegląd wizualny konstrukcji w związku z próbnym obciążeniem diagnostycznym wykonywany jest przed przystąpieniem do badań, jak również w trakcie obciążania i po jego zakończeniu.

(2) Przegląd wizualny konstrukcji wykonywany przed próbnym obciążeniem diagnostycznym ma głównie na celu weryfikację i szczegółową inwentaryzację uszkodzeń stwierdzonych w czasie przeglądu okresowego, które stanowiły podstawę do podjęcia decyzji o zastosowaniu tego rodzaju diagnostyki konstrukcji.

(3) Przegląd wizualny konstrukcji wykonywany w trakcie próbnego obciążenia diagnostycznego i po jego zakończeniu ma na celu zbadanie stanu istniejących uszkodzeń w zależności od występujących obciążeń, jak również wykrycie ewentualnych uszkodzeń powstałych w trakcie obciążania.

(4) Podane zasady są uzupełnieniem zasad podanych w WR-M-81 [31] oraz w Instrukcji [21].

8. Przebieg badań

(2) W przypadku realizacji uzupełniające obciążenia próbnego przy częściowym ograniczeniu ruchu pojazdów oprócz uwag z akapitu (1) należy minimalizować zakłócenia od przejeżdżających pojazdów poprzez:

- a) w przypadku wykonywania pomiarów geodezyjnych należy prowadzić odczyty w momentach braku pojazdów eksploatacyjnych na obiekcie (braku drgań wymuszonych) oraz powtarzać odczyty (przynajmniej 3-5 razy) w celu eliminacji ewentualnych drgań swobodnych;
- b) w przypadku możliwości wykonywania pomiarów z wysoką częstotliwością próbkowania (200 Hz) należy analizować zarejestrowany przebieg w celu pomijania fragmentów drgań wymuszonych i wyznaczania wartości jako średnie z fragmentów ewentualnych drgań swobodnych.

9. Analiza wyników badań

9.2 Uzupełniające obciążenia próbne

(1) Wyznaczone wartości sprężyste mierzonych wielkości podczas badań pod obciążeniem statycznym nie powinny przekraczać wartości obliczonych w analizie konstrukcji pod obciążeniem statycznym. W przypadku wystąpienia przekroczeń większych od niepewności pomiaru powinna być wykonywana ponowna analiza statyczna związana z możliwymi przyczynami tych przekroczeń.

10. Wymagania formalne

(4) Długookresowy pomiar geodezyjny przemieszczeń (monitoring geodezyjny przemieszczeń) powinien być realizowany przez pracownika Laboratorium posiadającego 4 zakres uprawnień zawodowych w dziedzinie geodezji i kartografii - "Geodezyjna obsługa inwestycji". Dopuszczalne jest wykonywanie tych pomiarów na podstawie umowy cywilnoprawnej zawartej z Laboratorium.

(5) Wymaganie posiadania uprawnień geodezyjnych nie odnosi się do wykonywania krótkoterminowego pomiaru geodezyjnego przemieszczeń. Pomiar te powinny wchodzić w zakres akredytacji Laboratorium.

13:00	<i>Otwarcie prezentacji projektu RID2 DiagSC</i>	Janusz Bohatkiewicz
13:05	<i>Informacje ogólne o projekcie</i>	Piotr Olaszek
13:15	<i>Procedura badań obiektów mostowych o konstrukcji sprężonej kablobetonowej oraz podwieszanej z użyciem metody próbnego obciążenia diagnostycznego wspartej przeglądem wizualnym i inspekcją geodezyjną</i>	Piotr Olaszek
13:45	<i>Metody NDT stosowane w ocenie stanu technicznego konstrukcji kablobetonowych i konstrukcji podwieszonych ze szczególnym uwzględnieniem metod akustycznych wspomaganych metodą Georadarową i GalvaPuls</i>	Grzegorz Świt
14:15	<i>Ocena ryzyka pogorszenia stanu użytkowości konstrukcji kablobetonowych i konstrukcji podwieszanych w kontekście braku lub niewłaściwej implementacji systemu monitoringu</i>	Andrzej Świercz
14:45	<i>Dane o wszystkich obiektach mostowych GDDKiA będących przedmiotem projektu na podstawie SGM, Wybrane obiekty do badań testowych</i>	Piotr Olaszek Miroslaw Biskup

16:30	<i>Typowe uszkodzenia konstrukcji podwieszonych</i>	Artur Sakowski
16:50	<i>Typowe uszkodzenia konstrukcji sprężonych kablobetonowych</i>	Miroslaw Biskup
17:10	<i>Możliwości detekcji skali uszkodzeń metodami NDT</i>	Grzegorz Świt
17:30	<i>Możliwości numerycznej symulacji uszkodzeń</i>	Andrzej Świercz
17:50	<i>Wzorcowy projekt monitoringu na przykładzie wiaduktu extradosed</i>	Piotr Olaszek Artur Sakowski
18:10	Dyskusja	