

Adam BARTNICKI<sup>1</sup>  
Arkadiusz RUBIEC<sup>2</sup>  
Piotr SPRAWKA<sup>3</sup>

### **BADANIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE PRZESEŁ MOSTÓW SKŁADANYCH**

*W referacie przedstawiono cywilne zastosowania wojskowych mostów składanych, zwracając przy tym szczególną uwagę na ich badania wytrzymałościowe. Opiszono istniejące krajowe, jak i zagraniczne metody badań tego typu przepraw mostowych oraz przedstawiono własną, wskazując dalsze kierunki rozwoju w tym zakresie.*

### **STRENGTH DEVELOPMENT OF ENGINEER BRIDGES**

*The paper presents civilian use of military engineer bridges and existing method of their strength development. This paper also presents the future directions of their applications.*

#### **1. WSTĘP**

Destrukcyjny charakter klęsk żywiołowych, spustoszenia i zniszczenia jakie niosą ze sobą, proces usuwania i likwidacji ich skutków, w dobie ostatnich wydarzeń w naszym kraju, nabiera szczególnego znaczenia. W wyniku kolejnej powodzi, która przeszła przez tereny Polski, zniszczeniu uległy między innymi drogowe ciągi komunikacyjne, w tym przeprawy mostowe. Przywrócenie do stanu pierwotnego infrastruktury drogowej, odbudowa zniszczonych przepraw mostowych, to proces długotrwały i kosztowny, na który niejednokrotnie nie mogą pozwolić sobie władze samorządowe. W związku z tym poszukuje się alternatywnych rozwiązań, które z jednej strony do minimum skrócą czas odbudowy zniszczonych odcinków dróg i mostów, a z drugiej strony będą rozwiązaniem ekonomicznym. Dobrym pomysłem na spełnienie obydwu tych kryteriów wydaje się wykorzystanie do odbudowy stałych przepraw mostowych, elementów wojskowych mostów składanych, które wycofano z wyposażenia pododdziałów inżynierskich sił zbrojnych RP, a których stan techniczny kwalifikuje je do dalszej eksploatacji (rys.1).

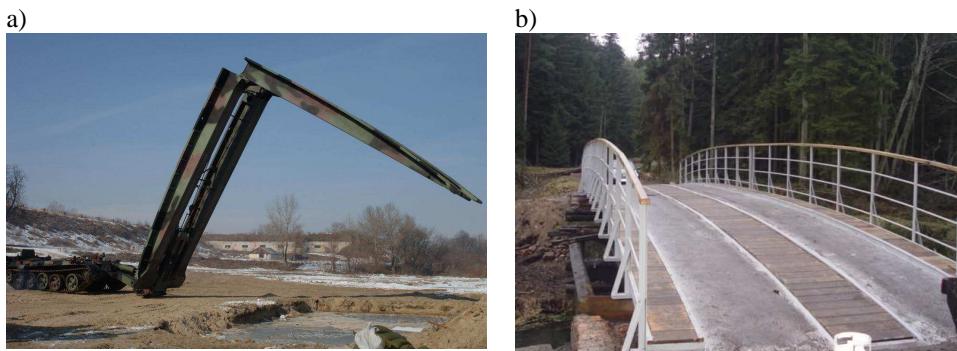
Zalety wojskowych konstrukcji składanych, dostępność w gospodarce cywilnej, istniejące już aplikacje, potwierdzają możliwość wykorzystania tychże mostów w charakterze alternatywnych rozwiązań dla zniszczonych, uszkodzonych czy remontowanych przepraw stałych. Możliwość szybkiego odbudowania szlaków komunikacyjnych i zapewnienie ciągłości ruchu w stosunkowo krótkim czasie i relatywnie

<sup>1</sup> Wojskowa Akademia Techniczna, 00-908 Warszawa, ul.gen. S.Kaliskiego 2, [abartnicki@wat.edu.pl](mailto:abartnicki@wat.edu.pl)

<sup>2</sup> Wojskowa Akademia Techniczna, 00-908 Warszawa, ul.gen. S.Kaliskiego 2, [arubiec@wat.edu.pl](mailto:arubiec@wat.edu.pl)

<sup>3</sup> Wojskowa Akademia Techniczna, 00-908 Warszawa, ul.gen. S.Kaliskiego 2, [psprawka@wat.edu.pl](mailto:psprawka@wat.edu.pl)

niskich nakładach finansowych, w dobie narastającego natężenia ruchu zarówno drogowego jak i kolejowego, nabiera szczególnego znaczenia [5,6].



Rys.1. Przykład zaadaptowania przęsła mostu towarzyszącego BLG-67 o długości 20m do ruchu pojazdów cywilnych w m. Kletno gm. Stronie Śląskie, potok Kleśnica: a) BLG-67 w fazie rozkładania, b) adaptacja przęsła

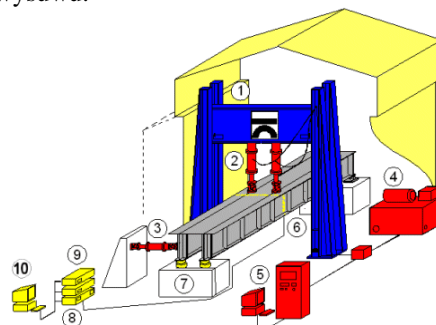
Osobnym problem wydaje się kwestia określenia rzeczywistych właściwości wytrzymałościowych elementów konstrukcyjnych tychże mostów, które z pewnością odbiegają od wartości nominalnych w związku z naturalną ich degradacją użytkową i eksploatacyjną. Wyniki takich badań pozwoliłyby na kwalifikowanie konstrukcji mostowych do odpowiednich klas nośności, a więc jednoznacznie określałyby, które przeprawy stałe mogą być realizowane z wykorzystaniem konkretnego egzemplarza składanego mostu wojskowego.

## 2. METODY BADAŃ PRZESEŁ MOSTÓW SKŁADANYCH

Badania wytrzymałościowe przeseł mostów składanych w Polsce prowadzi m.in. Ośrodek Badań Mostów, Betonów i Kruszyw w Żmigrodzie na stanowisku „Stend” (rys.2). Stanowisko badawcze „Stend” tworzy fundament żelbetowy o długości 80,0 m i szerokości 12,0 m, posiadające system odpowiednich kotew, wraz z halą oraz stalową ramą stanowiącą konstrukcję oporową dla hydraulicznych urządzeń wymuszających obciążenia. Stanowisko to wyposażono w system siłowników hydraulicznych firmy SCHENCK wraz z nowoczesnym systemem sterowania i zasilania, pozwalającym uzyskać pełną kontrolę nad wymuszonymi obciążeniami w czasie rzeczywistym. Wyposażone jest w system zbierania i akwizycji danych, pozwalający na pomiar szeregu wielkości opisujących przebieg zmian zachodzących w badanych konstrukcjach. W skład stanowiska wchodzi:

- dwa siłowniki o maksymalnej sile wymuszającej 1000 kN i maksymalnym przesuwie 400 mm, umożliwiającym wymuszenie obciążeń dynamicznych w zakresie  $\pm 800$  kN,
- hydrauliczny agregat zasilający o wydajności 130 dm<sup>3</sup>/min wraz z automatycznym systemem chłodzenia powietrznego,

- elektroniczny system Hydropuls S-59 pozwalający na niezależne sterowanie pracą dwóch siłowników w oparciu o pomierzone w czasie rzeczywistym wielkości siły nacisku tłoka i wysuwu.



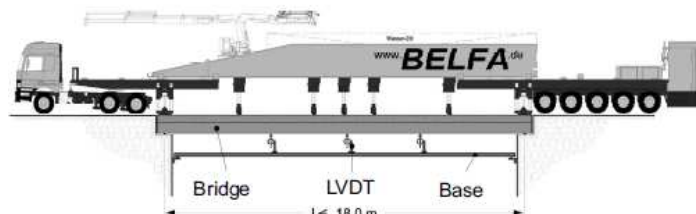
Rys.2. Schemat stanowiska „Stend” do badań przeseł mostowych

Niemcy z kolei prowadzą badania przeseł na pojeździe własnej produkcji BELFA (rys.3). Pojazd znajdujący się w pozycji transportowej może poruszać się po drogach publicznych.



Rys.3. Pojazd BELFA w pozycji transportowej

W pozycji rozłożonej można dokonać badań mostów o rozpiętości do 18 m. Masa pojazdu wraz z balastem służy do zbilansowania sił reakcji badanego mostu. Obciążenie przenoszone jest za pomocą pięciu siłowników hydraulicznych (rys.4).



Rys.4. Pojazd BELFA w trakcie badania przeseła

Siłowniki mogą być rozsuwane wzdłuż badanego mostu niezależnie. Każdy z nich posiada, także oddzielne sterowanie i jest w stanie wygenerować obciążenie 500 kN. Pojazd wyposażony jest w żuraw hydrauliczny służący do nakładania dodatkowego balastu.

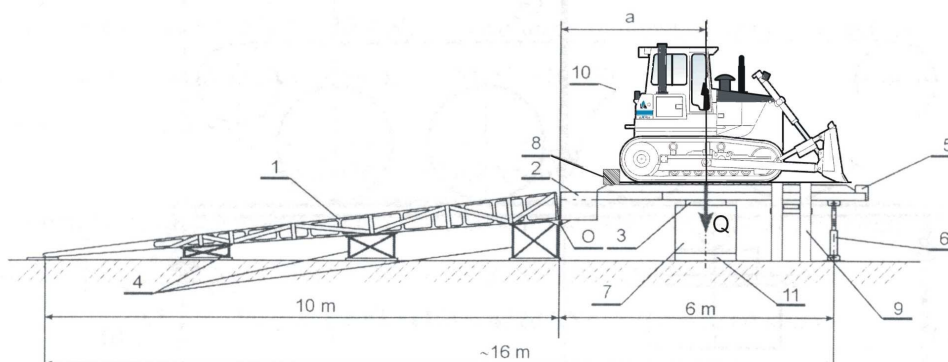
W trakcie badania (rys.4) ostaną oś naczepy znajduje się po za badanym mostem. Ponadto w celu zwiększenia obciążenia żuraw hydrauliczny podnosi ciągnik do góry przenosząc jego masę na siebie. Podstawowe parametry pojazdu przedstawiono tab.1.

Tabela.1. Podstawowe parametry pojazdu BELFA

długość w pozycji transportowej	22,5 m
długość w pozycji badawczej	22,5m – 34,5m
rozpiętość badanego mostu	6m – 18m
masa pojazdu	67.5 t
masa balastu	10 t

### 3. STANOWISKO BADAWCZE DO BADANIA PRZESEŁ MOSTÓW SKŁADANYCH WOJSKOWEJ AKADEMII TECHNICZNEJ

Na terenie Katedry Budowy Maszyn Wojskowej Akademii Technicznej zbudowano własne stanowisko do badania przeseł mostów składanych (rys.5) [2,4].



Rys.5. Schemat stanowiska do badania nośności kolejin mostowych: 1 – najazd, 2 – pomost obciążający, 3 – płyta przekazująca obciążenie, 4 – podpory, 5 – belka przednia, 6 – siłowniki obciążające przęsło, 7 – przęsło (koleina mostowa), 8 – belka tylna, 9 – prowadnice boczne, 10 – pojazd obciążający; 11 – podpora przęsła

Stanowisko wykorzystano do badań kolejiny mostu BLG-60M2 (BLG-67M2) (rys.6), podczas których określono:

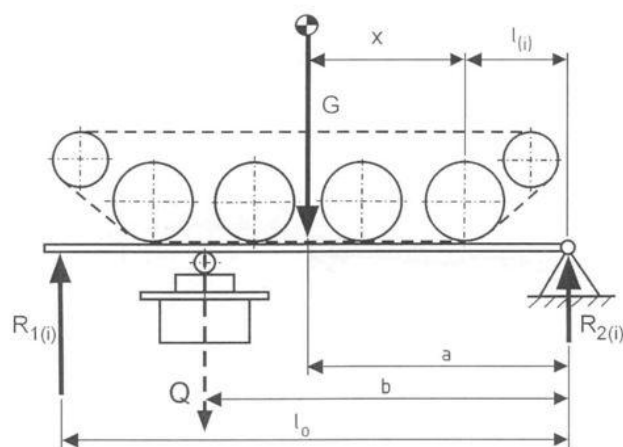
- **wytrzymałość zmęczeniową przęsła:**
  - zrealizowano określoną liczbę cykli (5500) odpowiadającą obciążeniu mostu pojazdem gąsienicowym o masie 50 t według opracowanego programu badań (rejestrowano wartości strzałki ugięcia oraz przeprowadzono oględziny obiektu badań, w szczególności połączeń spawanych, po ustalonej liczbie cykli),
- **wytrzymałość doraźną**
  - a) przy obciążeniu mimośrodowym (asymetrycznym):
    - pomiar strzałki ugięcia dźwigarów;

- b) przy maksymalnym obciążeniu statycznym:  
- pomiar strzałki ugięcia dźwigarów.



Rys.6. Widok ogólny stanowiska badawczego podczas przeprowadzania badań: 1 – pojazd obciążający (spycharka SG 15), 2 – pomost obciążający, 3 – płyta przekazująca obciążenie, 4 – przęsło (koleina mostu) BLG-60M2 (BLG67-M2)

Wymagane obciążenie generowano poprzez najazd na pomost obciążający stanowiska badawczego spycharką gąsienicową SG 15 o masie 18 t. Zmianę wartości obciążenia wymuszano przez ustalenie położenia środka ciężkości spycharki na pomoście obciążającym („a” – rys.7) [1].

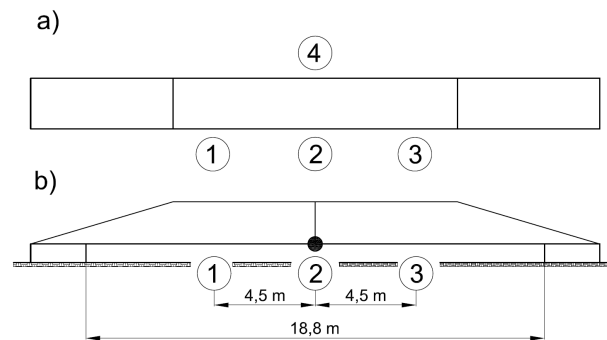


Rys.7. Układ sił przyjęty do wyznaczania siły ciężkości pojazdu  $G$ , położenia środka ciężkości oraz określenia obciążenia bloku koleinowego  $Q$

$$a = \frac{Q \cdot b}{G} \quad (1)$$

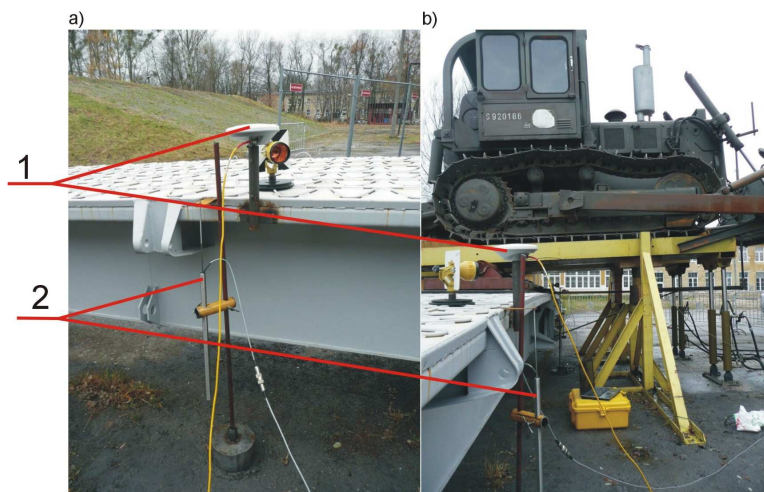
gdzie: G – siła ciężkości spycharki SG-15;  
 Q – siła obciążająca koleinę;  
 a, b – wymiary zgodnie z rys.7.

W każdym cyklu, sterując rozdzielaczem hydraulicznym, powoli opuszczano pomost obciążający na badaną koleinę mostu. W tym czasie obserwowano i rejestrowano wartość strzałki ugięcia koleiny mostu i wielkości ciśnień w komorach beztłoczkowych siłowników hydraulicznych podnoszenia [7] oraz stan i zachowanie się elementów składowych konstrukcji mostu. Opuszczanie pomostu odbywało się aż do zatrzymania się siłowników hydraulicznych podnoszenia przez odkształcające się badane elementy koleiny. Następowo to w chwili uzyskania maksymalnej strzałki ugięcia przez badaną konstrukcję. Cykl obciążania kończono ponownym przesterowaniem rozdzielacza i podniesieniem pomostów obciążających wraz ze spycharką. Rozmieszczenie punktów pomiarowych strzałki ugięcia przedstawiono na rys.8.



Rys.8. Schemat rozmieszczenia punktów pomiarowych w czasie badań koleiny mostu BLG-60M2 (BLG-67M2): a) widok z góry, b) widok z boku

Pomiaru strzałki ugięcia dokonywano za pomocą indukcyjnych czujników przemieszczeń (rys.9a) oraz alternatywnie (rys.9b) metodą GNSS (*ang. Global Navigation Satellite System*).



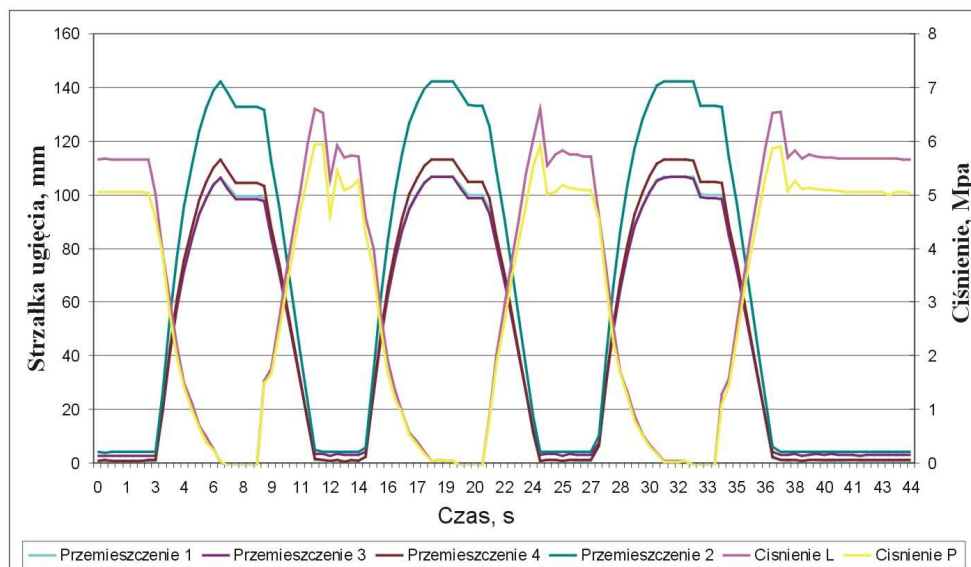
Rys.9. Układ pomiaru strzałki ugięcia przęsła mostu: 1 - antena pomiarowa GNSS; 2 - indukcyjny czujnik przemieszczeń; a) punkt pomiarowy nr1; b) widok stanowiska z boku

Pomiar techniką GNSS daje możliwość uzyskania trójwymiarowej pozycji anteny w czasie rzeczywistym z dokładnością ok. 1 cm dla składowych poziomych i ok. 2 cm dla składowej pionowej. Przemieszczenie jest określane na podstawie względnej zmiany pozycji między odbiornikiem ruchomym (umieszczonym na moście) i odbiornikiem referencyjnym umieszczonym poza konstrukcją. Większą dokładność określenia współrzędnych ruchomych można uzyskać w procesie obliczeniowym po fakcie (*ang. postprocessing*).

Podczas badań oceniano zmiany wartości strzałki ugięcia, wraz ze wzrostem liczby cykli obciążenia przęsła oraz co 250 cykli dokonywano szczegółowych oględzin, zwracając szczególną uwagę na połączenia spawane i uszy sworznia.

Przykładowe przebiegi czasowe zmiany wartości strzałek ugięcia oraz ciśnień w siłownikach podnoszenia w trakcie badań przedstawiono na rys.10.





Rys.10. Przebiegi czasowe zmiany wartości strzałki ugięcia oraz ciśnień w siłownikach podnoszenia w trakcie jednego z cykli obciążenia przęsła mostu BLG-60M2 (BLG-67M2)

#### 4. WNIOSKI

Przydatność wojskowych mostów składanych, w dobie coraz częstszych klęsk żywiołowych podczas których ulegają zniszczeniu przeprawy stałe, jest niepodważalna.

Coraz popularniejsze zastosowanie przęseł mostów składanych jako tymczasowych cywilnych przepraw mostowych wymaga opracowywania nowych i doskonalenia istniejących metod ich badań, zwłaszcza pod kątem wytrzymałościowym. Nowe założenia konstrukcyjne, pociągają za sobą konieczność wprowadzania innych od istniejących metod oceny trwałości tego typu przęseł.

Przeprowadzenie dokładnej analizy kosztów pozwoliłoby dokładnie określić, czy użycie mostów składanych na mniejszych przeszkodach wodnych, jako przepraw stałych jest tańsze niż budowanie klasycznych cywilnych mostów.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] STANAG Nr 2021.
- [2] Bartnicki A.: *Badania wytrzymałościowe i trwałościowe prototypu mostu samochodowego MS20*, Biuletyn Wojskowej Akademii Technicznej, nr 1 2010.
- [3] Dyląg Z., Jakubowicz A., Orłóś Z.: *Wytrzymałość materiałów*, WNT, Warszawa 2003.
- [4] Kuczarski F., Marecki P., Płocharz W.: *Badania wytrzymałościowe i trwałościowe kolein mostu towarzyszącego ms-20. Cz. I. Stanowisko badawcze*, V Międzynarodowa Konferencja Uzbrojenia „Naukowe Aspekty Techniki Uzbrojenia”, Waplewo 2004.
- [5] Michurski M., Zaradny Z.: „*Sprzęt przeprawowo-mostowy*”, Przegląd Wojsk Lądowych nr 10/1997.



- [6] Zaradny Z., Malej W. „*Tendencje rozwojowe sprzętu mostowo-przeprawowego*”,  
Przegląd Wojsk Lądowych nr 2/2003..
- [7] Stryczek S.: *Napęd hydrostatyczny tom I*, Wydawnictwo Naukowo – Techniczne,  
Warszawa 2005.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2008/2011, jako projekt  
rozwojowy Nr: OR 00 0012 06