

Metody organizacji prac i technologii budowy mostów składanych w warunkach eksploatacji cywilnej

Methods of work organization and construction technology of folding bridges in civil exploitation conditions

mgr inż. Alicja Ostrowska (ORCID: 0000-0002-5514-0719), Wojskowa Akademia Techniczna, mgr inż. Wojciech Sztandur, 2 Inowrocławski Pułk Inżynieryjny

DOI 10.5604/01.3001.0053.6993

Streszczenie: W artykule przedstawiono zastosowanie mostów składanych w budownictwie komunikacyjnym. Opisano przykłady zastosowania konstrukcji składanej typu DMS-65 w różnych sytuacjach, a mianowicie podczas likwidacji skutków klęsk żywiołowych oraz dla zapewnienia ciągłości komunikacyjnej przy remoncie mostu stałego. Zaprezentowane przykłady realizacji mostów składanych omówiono pod kątem wykorzystanej technologii budowy i organizacji prac. Technologie te są zarówno tradycyjnymi stosowanymi od początku powstania i rozwoju konstrukcji składanych, jak również technologiami nowymi.

Słowa kluczowe: mosty składane, technologia budowy, organizacja prac.

Abstract: The article presents the application of portable panel bridges in construction of transport infrastructure. It provides examples of the use of the DMS-65 in various cases, such as the elimination of the effects of natural disasters and for the provision of a communication route during the renovation of bridge. The presented examples of the implementation of modular steel bridges are discussed in terms of used the construction technology and the organization of the work. The presented technologies are both the traditional ones used since the inception and development of portable, pre-fabricated, truss bridge construction, and also described new technologies.

Keywords: portable panel bridges, construction technology, construction organization.

1. Wprowadzenie

Konstrukcje składane z powodzeniem są wykorzystywane nie tylko do budowy mostów w celach militarnych, ale też cywilnych. Ich zastosowanie jest uniwersalne, począwszy od mostów objazdowych na czas remontu mostów stałych, czy też odbudowy zniszczonych obiektów inżynierskich na skutek klęsk żywiołowych i innych kataklizmów. Stosowanie konstrukcji składanych w budownictwie cywilnym pozwala zapewnić niezakłóconą eksploatację sieci dróg w sytuacjach szczególnych. Czas budowy jest zazwyczaj decydującym czynnikiem przy realizacji przepraw z konstrukcji składanych. Na wysokie tempo budowy mostu składanego wpływ ma przede wszystkim wybranie odpowiedniego układu konstrukcyjnego obiektu mostowego oraz właściwej organizacji i technologii jego budowy.

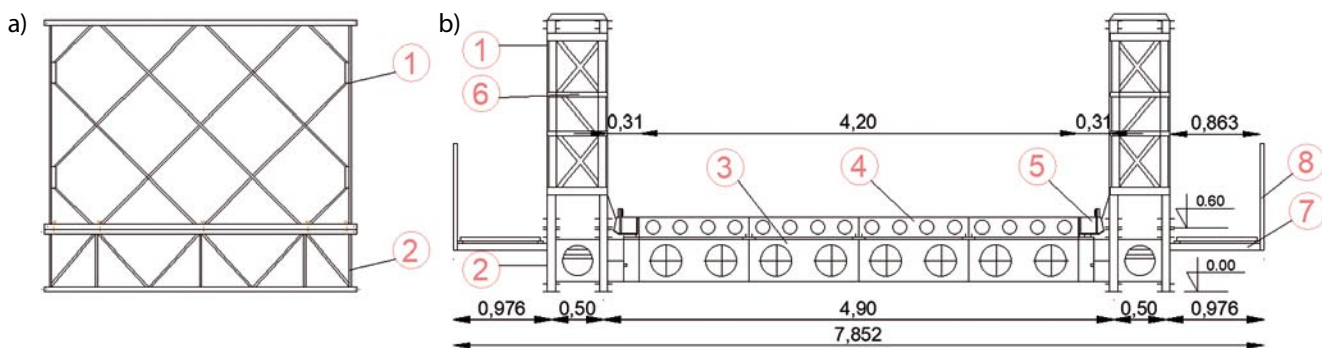
2. Most DMS-65 – charakterystyka konstrukcji

Mosty składane to konstrukcje inżynierskie, które spełniać muszą zasadnicze wymagania techniczne odnoszące się do mostów stałych, takie jak: wytrzymałość na obciążenia ruchome, ekonomia w materiałach i metodach wykonawstwa. Muszą też sprostać wielu wymaganiom dodatkowym, wynikającym

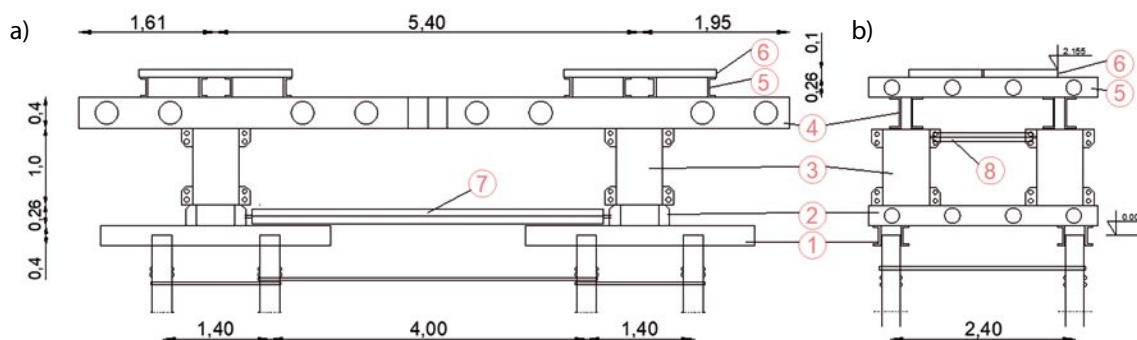
z potrzeb ich uniwersalizacji stosowania. Do nich należą między innymi: wzajemna wymiennność elementów, mała ich różnorodność, możliwość zmiany rozpiętości, łatwość pasowania złącz, szybkość montażu i transportowania elementów składowych, prostota rozwiązań i nieskomplikowana eksploatacja. Różnicą między mostami składanymi a stałymi jest to, że mosty składane za podstawę mają elementy składowe o ujednoczonych kształtach i wymiarach dla danego typu konstrukcji. Elementy te mają cechę wielokrotnego ich użycia w różnych układach konstrukcyjnych [1].

2.1. Elementy konstrukcyjne przęsła mostu składanego DMS-65 wraz z podporami SPS-69B

Obecnie najczęściej wykorzystywaną konstrukcją składaną do budowy przepraw tymczasowych jest konstrukcja DMS-65. Znajduje się ona na wyposażeniu wojsk inżynieryjnych oraz najliczniej występuje w składach rezerw materiałowych. Z elementów DMS-65 buduje się mosty jednoprzęsłowe i wieloprzęsłowe. Rozpiętość przęsła zawiera się w przedziale od 3 do 45 m. Moduł zmiany długości to 3 m. Podczas budowy występują różne układy konstrukcyjne mostu DMS-65, tj. układ podstawowy z jezdnią dołem (szerokość 4,20 m), układ z jezdnią górą (szerokość 4,20 m), układ trójdzwigarowy dwujezdniowy, układ podstawowy wzmocniony nakładką,



Rys. 1. Konstrukcja części przęsłowej mostu DMS-65: a) widok z boku, b) przekrój poprzeczny przęsła (1 – płaski element dźwigara; 2 – przestrzenny element dźwigara; 3 – belka poprzeczna; 4 – płyta pomostu; 5 – krawężnik; 6 – tężnik; 7 – wspornik chodnika; 8 – słupek poręczowy)



Rys. 2. Konstrukcja nadbudowy podpory – SPS 69B nr 1: a) przekrój podłużny podpory, b) przekrój poprzeczny podpory (1 – oczep pali; 2 – belka poprzeczna; 3 – jednometrowy segment słupa; 4 – belka podłużna; 5 – belka podłożyskowa; 6 – płyta podłożyskowa; 7 – rozpórka podłużna; 8 – rozpórka poprzeczna)

czy też układ podstawowy z poszerzoną jezdnią (szerokość 6,20 m). Zestaw mostu obejmuje konstrukcję przęsłową w układzie podstawowym o długości 102 m oraz 15 m przęsła wjazdowych, trzy podpory SPS-69B nr 5 oraz elementy i sprzęt montażowy. Fundamenty podpór wykonuje się najczęściej w postaci rusztu palowego [2].

3. Budowa i eksploatacja mostów z elementów DMS-65 i podpór SPS-69B

Budowa mostów z konstrukcji składanych przebiega w trzech etapach [2]:

- prace przygotowawcze:
 - rozpoznanie i pomiary techniczne rejonu i terenu budowy mostu oraz wybór osi mostu,
 - wykonanie polowego projektu przejścia mostowego,
 - opracowanie projektu organizacji robót,
 - zgrupowanie i przygotowanie elementów konstrukcji, materiałów, sprzętu i urządzeń montażowych na miejscu budowy,
 - przygotowanie brzegów i placu montażowego,
 - odtworzenie i utrwalenie w terenie elementów sytuacyjnych i wysokościowych przejścia mostowego;
- zasadnicze prace montażowe:
 - rozwinięcie (ustawienie) na stanowiskach roboczych: maszyn i urządzeń mechanicznych do wykonania fundamentów podpór, montażu podpór i konstrukcji przęsłowej,

- ułożenie stosów i rolek montażowych w osi toru montażowego,
 - wykonanie fundamentów podpór,
 - montaż nadbudowy podpór,
 - montaż konstrukcji przęsłowej i nasuwanie jej na podpory;
 - prace wykończeniowe:
 - rozbiórka dzioba montażowego,
 - wykonanie bezpośrednich wjazdów na most,
 - wykonanie dojazdów,
 - ustawienie znaków drogowych, urządzeń sygnalizacyjnych i regulacji ruchu,
 - wykonanie poręczy na podejściach do chodników mostowych i zakończenie poręczy linowych,
 - rozebranie i wywiezienie zasadniczych i pomocniczych urządzeń montażowych,
 - uporządkowanie przyległego terenu,
 - przekazanie mostu do eksploatacji jednostce wyznaczonej do eksploatacyjnego utrzymania przejścia mostowego.
- Organizując prace montażowe, do budowy podpór najczęściej wydziela się dwa zespoły – zespół do wbijania pali oraz zespół do montażu nadbudowy podpory. Najbardziej pracochłonną czynnością podczas budowy całego mostu jest zadanie przygotowania rusztu palowego. Z tego względu zadania te muszą być realizowane wieloma zespołami na kilku frontach robót.

Rys. 3. Most objazdowy z konstrukcji DMS-65 w Kaliszu



Konstrukcję przęsłową najczęściej scala się na terenie budowy. Elementy konstrukcyjne są dowożone w odpowiedniej ilości i czasie na plac i wbudowywane bezpośrednio ze środków transportowych. Inną metodą jest składowanie elementów na placu składowania zlokalizowanym przy osi mostu i podawania konstrukcji z tych placów podczas montażu części przęsłowej.

Czynności budowlane organizuje się równolegle, szeregowo, potokowo lub w systemie mieszanym, który sprawdza się szczególnie w działaniach złożonych.

Wyróżnia się kilka technologii montażu mostów składanych, a mianowicie [5, 6]:

- montaż w osi mostu z nasuwaniem przęsła,
- montaż wspornikowy,
- montaż na pełnych rusztowaniach,
- montaż z wykorzystaniem podpór tymczasowych (odciążeniowych),
- ustawianie przęsła całkowicie zmontowanych,
- dźwigowe łączenie przyczółków,
- łączenie przyczółków dla przepraw z krótkim placem montażowym.

Wymienione technologie zostały opracowane na bazie doświadczeń wojskowych specjalistów mostowych i szczegółowo przedstawione w podręczniku [5]. Większość z nich to metody używane od początku rozwoju mostów składanych, jednak dużą uwagę poświęcono również technologiom nowym, wymienionym powyżej jako dwie ostatnie.

Odpowiedni dobór organizacji prac i technologii budowy wpływa w ogromnym stopniu na tempo budowy przeprawy, a z perspektywy militarnej czas jest czynnikiem najistotniejszym przy realizacji zadań.

4. Organizacja prac i technologia budowy mostów składanych na przykładach

Przedstawiono dwa przykłady zastosowania mostów składanych w budownictwie cywilnym wraz z doбором organizacji prac i technologii budowy. Pierwszy z przykładów to most tymczasowy z konstrukcji DMS-65 zrealizowany w Kaliszu na rzece Swędrnia. Most ten powstał na czas remontu mostu stałego. Eksploatacja mostu trwała sześć miesięcy.

Drugi przykład to most tymczasowy typu DMS-65 na rzece Biskupka w miejscowości Szeligi (gmina Słupno). Most zbudowano po przejściu fali powodziowej przez gminę w lipcu 2021 roku. Zastąpił on zniszczony most stały i jest nadal użytkowany.

4.1. Most tymczasowy podczas remontu mostu stałego

Ze względu na realizację Programu Budowy i Przebudowy Dróg Osiedlowych na lata 2020–2023 w Kaliszu w kwietniu 2021 r. rozpoczęto przebudowę ul. Rajskowskiej. Inwestycja zakładała również remont mostu na rzece Swędrni. Wspomniany remont uniemożliwiłby dojazd do posesji mieszkańcom osiedla Rajsków. Rozwiązaniem okazała się pomoc wojska i budowa przeprawy tymczasowej w ciągu ulic Pontonowej i Ciesielskiej.

Żołnierze wojsk inżynierskich wybudowali most jednoprzęsłowy z konstrukcji DMS-65 w układzie podstawowym o długości 39 m (rys. 3). Obiekt zbudowano w ciągu 6 dni.

Warunki budowy były sprzyjające. Od strony ul. Ciesielskiej teren pozwalał na przygotowanie placu montażowego, który można było rozwinąć na istniejącej drodze lokalnej. Warstwa ścierna konstrukcji nawierzchni istniejącej drogi składała się z kostki betonowej. Szerokość drogi wraz z chodnikami umożliwiały montaż mostu. Zaletą terenu była działka przyległa do placu budowy, która umożliwiła rozwinięcie zaplecza budowy. Pozwoliło to na zorganizowanie placu składowania elementów oraz wstępnego ich montażu.

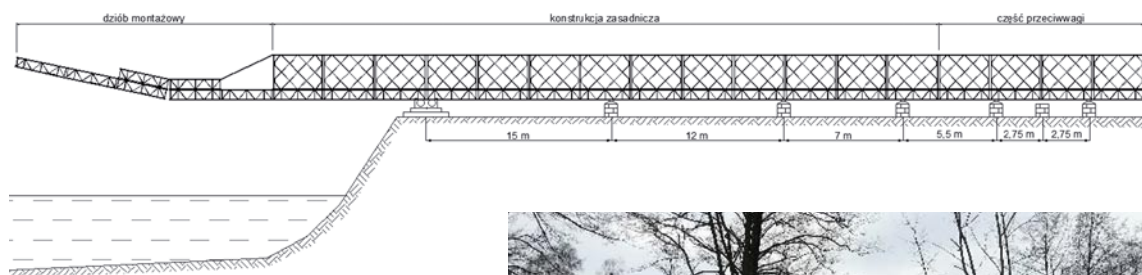
Uwzględniając warunki terenowe, zdecydowano się na budowę mostu metodą tradycyjną – montaż konstrukcji w osi i nasuwanie przęsła na podpory. Polega ona na łączeniu konstrukcji przęsłowej w osi mostu na jednym z dostępnych brzegów przeszkody wodnej. Następnie zmontowaną konstrukcję, przy zachowaniu równowagi statycznej, nasuwa się na podpory, w tym przypadku na przeciwległy przyczółek. Idea tej metody oparta jest na montażu konstrukcji przęsłowej na wcześniej urządzonym placu montażowym. Plac montażowy to układ rolek montażowych rozmieszczonych w osiach dźwigarów, w odpowiednich odległościach na zniwelowanym terenie szerokości około 12 m i długości zależnej od rozpiętości mostu. Jako pierwszy na torze montażowym budowany jest dziób montażowy, dalej do dzioba dobudowuje się konstrukcję przęsła oraz przeciwwagę w przypadku mostów jednoprzęsłowych. Za pomocą elementów dodatkowych, tj. zastrzałów i wstawek dzioba, zostaje on uniesiony i pozwala wspornikowo wysuniętej konstrukcji przęsłowej „wjechać na podporę” mimo znacznego ugięcia. Na ugięcie, oprócz ciężaru konstrukcji, wpływają w znacznym stopniu luzy montażowe. Zestawienie organizacyjne

Tabela 1. Organizacja zastępów, ich czynności i wyposażenia materiałowo-technicznego

Lp.	Składy zastępów	Wyszczególnienie czynności zastępów	Wyposażenie materiałowo-techniczne zastępów
1.	1+2+6 (d-ca, operator, monter)	Odtworzenie i stabilizacja osi mostu, podpór, rolek montażowych	Tachimetr, paliki geodezyjne, sznur murarski, uniwersalna maszyna inżynierska UMI 9.50
2.		Przygotowanie stanowisk roboczych i składowisk materiałów	
3.		Wyznaczenie i kontrola rzędnych rolek montażowych, płyt podłożyskowych i łożysk	
4.	1+2+12 (d-ca, operator, monter)	Niwelacja placu montażowego	Tachimetr, paliki geodezyjne, sznur murarski, UMI 9.50, urządzenie dźwigowe – Jelcz 862 D.43 z urządzeniem typu HIAB, klucze nasadowe, młot, łom, haki, podnośniki hydrauliczne
5.		Ułożenie stosów i rolek montażowych	
6.		Montaż konstrukcji przęsłowej i nasuwanie jej na podpory	

Rys. 4.

Schemat placu montażowego oraz konstrukcji mostu podczas jej nasuwania



zastępów, ich czynności i wyposażenia materiałowo-technicznego określa tabela 1.

Budowa mostu z konstrukcji DMS-65 może odbywać się w kilku etapach lub w jednym. Wariant I polega na rozładkowaniu prac poza rejonem wbudowania, a następnie przywozi się elementy konstrukcyjne na plac składowania, a dopiero po przywiezieniu całej konstrukcji przystępuje się do montażu mostu. Wariant II, czyli budowa z kół, organizowany jest w ten sposób, że ustala się odpowiednią kolejność w kolumnie pojazdów transportujących elementy mostu. Elementy konstrukcyjne przywożone są w oś przeprawy, zostają zabrane ze środka transportowego i bezpośrednio wbudowuje się je w konstrukcję [2]. Przy użytej technologii montażu konstrukcji w osi mostu z nasuwaniem przęsła na podpory odpowiednią organizacją była budowa etapami.

4.2. Likwidacja skutków klęsk żywiołowych

Na skutek przejścia frontu burzowego przez powiat płocki latem 2021 r. wystąpiły powodzie. Klęska żywiołowa mocno dotknęła Gminę Słupno i jej mieszkańców, powodując poważne szkody w sieci drogowo-mostowej. Gmina natychmiast po powodzi wystąpiła do wojewody mazowieckiego o wsparcie wojskowe w likwidacji skutków klęsk żywiołowych. Na podstawie Zarządzenia Dowódcy Generalnego Rodzajów Sił Zbrojnych żołnierze wojsk inżynierskich, po uprzednim rekonesansie zniszczonej przeprawy, przystąpili do budowy mostu tymczasowego w systemie zarządzania kryzysowego.

**Rys. 5.** Most tymczasowy z konstrukcją DMS-65 w Szeligach

Most z konstrukcji DMS-65 w miejscowości Szeligi powstał w ciągu 4 dni. Konstrukcja miała przęsło o rozpiętości 24 m oraz konstrukcje wjazdów o długości 5 i 8 m (rys. 5). Warunki terenowe na obu brzegach przeszkody wodnej były niesprzyjające (rys. 6).

Dojazd do brzegu południowego stanowiła wąska droga o szerokości około 4 m, w spadku podłużnym przekraczającym nawet 7%, dodatkowo będąca w niewielkim łuku poziomym. Na brzegu północnym plac umożliwiający prace montażowe miał długość zaledwie 16 m, a tereny występujące w sąsiedztwie były terenami podmokłymi zalewowymi. Istniejące przyczółki zostały podmyte podczas powodzi. Zastane warunki terenowe uniemożliwiły budowę mostu tymczasowego klasyczną technologią montażu konstrukcji w osi przeprawy z nasunięciem przęsła na podpory oraz innymi znanymi technologiami. W związku z tym wystąpiła konieczność opracowania nowej technologii montażu – łączenia przyczółków z krótkim placem montażowym (rys. 7).

Rys. 6. Warunki terenowe w miejscowości Szeligi: a) stan popowodziowy, b) stan po zabezpieczeniu podmytych przyczółków i wstępnym przygotowaniu krótkich placów montażowych



Rys. 7. Montaż konstrukcji DMS-65 w m. Szeligi: a) łączenie kratownic przestrzennych, b) montaż belek poprzecznych, wiatrownic, kratownic płaskich

Technologia ta wymuszała pracę dwóch zastępów monterów ze stanowiskami pracy po przeciwnych stronach przeszkody wodnej. Na obu brzegach przygotowano krótkie place montażowe w osi przeprawy. Długość ograniczonego warunkami lokalizacyjnymi placu montażowego powinna osiągać minimum 10 m, a plac powinien składać się z 2 łożysk przyczółkowych i 4 rolek montażowych, ułożonych parami w osiach dźwigarów. Łożyska ułożone zostały w linii przyczółka, zaś rolki parami 5 oraz 10 m dalej. Rolki układane były na zniwelowanym placu na płytach betonowych

lub na stosach z bali drewnianych. Pomiędzy osiami dźwigarów, w centralnych częściach torów montażowych znajdują się stanowiska do ustawienia urządzeń dźwigowych. Organizację zastępu, jego czynności i wyposażenie materiałowo-techniczne określono w tabeli 2. Pokonanie przeszkody wymagało budowy jednego przęsła o rozpiętości 24 m z konstrukcji składanej DMS-65. Przy użyciu tej technologii łączenia przyczółków dla przepraw z krótkim placem montażowym i dużych ograniczeniach terenowych odpowiednią organizacją budowy była budowa bezpośrednio

Tabela 2. Organizacja zastępu, jego czynności i wyposażenie materiałowo-techniczne

Lp.	Skład zastępu	Wyszczególnienie czynności zastępu	Wyposażenie materiałowo-techniczne zastępu
1.	1+2+5 (d-ca, operator, monter)	Odtworzenie i stabilizacja osi mostu	Tachimetr, paliki geodezyjne, sznur murarski, łopaty, UMI 9.50
2.		Przygotowanie stanowisk roboczych i krótkiego placu montażowego	
3.		Montaż odcinków kratownic przestrzennych na placu montażowym; montaż przeciwwagi	Jelcz 862 D.43 z urządzeniem typu HIAB, klucze nasadowe, młot, łom, haki, podnośniki hydrauliczne, pasy transportowe
4.		Montaż pierwszego dźwigara (wysunięcie odcinka dźwigara, połączenie kratownic przestrzennych nad przeszkodą)	
5.		Demontaż przeciwwagi z pierwszego dźwigara; montaż drugiego dźwigara (jak wyżej)	
6.		Montaż belek poprzecznych, wiatrownic, kratownic płaskich	
7.		Montaż płyt i pozostałych elementów jezdni, wyposażenia mostu oraz wjazdów	

z kół. Elementy konstrukcyjne przywożone w oś przeprawy były następnie zabierane ze środków transportowych i bezpośrednio wbudowywane w konstrukcję.

5. Podsumowanie

Przy organizowaniu budowy mostów składanych należy rozpoznać warunki budowy oraz twórczo stosować zasady organizacyjne. Głównymi kryteriami przy ocenie rozwiązań technologiczno-organizacyjnych są czas i efektywność ekonomiczna budowy. Skracanie cyklu budowy jest bez wątpienia celem zarówno wykonawcy cywilnego, jak i wojskowego. Natomiast efektywność może być rozumiana odmiennie przez tych wykonawców. Nadrzednym celem wykonawcy wojskowego, przy militarnym zastosowaniu konstrukcji, będzie wykonanie zadania w narzuconym czasie. Jednak w opisanych przykładach, przy użyciu konstrukcji wojskowych w systemie społecznym, punkt widzenia obu wykonawców w kwestii efektywności ekonomicznej powinien być zbliżony i skoncentrowany na kosztach. W kosztach uwzględnia się koszty społeczne, generowane przez brak obiektu, jak również koszty w określonym cyklu realizacji budowy. Kryterium ekonomiczne jest tu w pełni respektowane [3, 5].

Uniwersalność konstrukcji składanych, ich wytrzymałość na znaczne obciążenia, powtarzalność, wymiennosc elementów, wysokie tempo montażu wpływają na częstotliwość

wykorzystania w budownictwie cywilnym. Przedstawione przykłady realizacji zadań budowlanych wskazują, iż stosowanie mostów składanych w znaczeniu innym niż militarne pozwala bez wstrzymywania ruchu lub bez uciążliwych objazdów przeprowadzać remonty istniejących obiektów stałych bądź ekspresowo odtworzyć przejezdność dróg w sytuacjach kryzysowych. Odpowiedni dobór organizacji prac i technologii budowy wpływa znacząco na tempo budowy przeprawy.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Biało-brzeski T., Krajowe konstrukcje mostów składanych. Mosty drogowe, WAT, Warszawa, 1980
- [2] Drogowy most składany DMS-65 – Budowa i eksploatacja. Ministerstwo Obrony Narodowej, Główne Kwatermistrzostwo WP, Szef. Kom. 135/79, Warszawa, 1981
- [3] Marcinkowski R., Krawczyńska-Piechna A., Projektowanie realizacji budowy, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2019
- [4] Marszałek J., Chmielewski R., Wolniewicz A., Analiza możliwości dostosowania konstrukcji DMS-65 do wymogów współczesnego budownictwa komunikacyjnego, Biuletyn Wojskowej Akademii Technicznej 2016, DOI:10.5604/12345865.1223262
- [5] Marszałek J. i inni, Mosty składane – projektowanie, budowa i eksploatacja, WAT i GDDKiA, Warszawa, 2005
- [6] Ostrowska A., Chmielewski R., Overview of the organisation and technology of portable panel Bridges, Inżynieria Bezpieczeństwa Obiektów Antropogenicznych 1 (2023), DOI:10.37105/iboa.167
- [7] Ostrowska A., Chmielewski R., Proposal for new technologies of DMS-65 folding bridge construction, Inżynieria Bezpieczeństwa Obiektów Antropogenicznych 2/2022, DOI:10.37105/iboa.134

XII KONFERENCJA

DNI BETONU 2023

www.dnibetonu.com

9-11 października 2023

Hotel Gołębiowski w Wiśle



PARTNERZY



SPONSORZY



ORGANIZATOR

