



## Analiza możliwości dostosowania konstrukcji DMS-65 do wymogów współczesnego budownictwa komunikacyjnego

JAN MARSZAŁEK, RYSZARD CHMIELEWSKI,  
ANDRZEJ WOLNIEWICZ

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji,  
00-908 Warszawa, ul. gen. S. Kaliskiego 2, jan.marszalek@wat.edu.pl,  
ryszard.chmielewski@wat.edu.pl, andrzej.wolniewicz@wat.edu.pl

**Streszczenie.** Artykuł przedstawia możliwości zastosowania konstrukcji DMS-65 do odbudowy doraźnej mostowych obiektów inżynierskich. Konstrukcje te mogą znaleźć szerokie zastosowanie w odbudowie lub remontach infrastruktury komunikacyjnej zniszczonej w wyniku klęsk żywiołowych lub innych kataklizmów. Prezentowane zagadnienia obejmują problemy zastosowania tej konstrukcji w różnych układach montażowych. Autorzy podejmują próbę oceny drogowego mostu składanego DMS-65 pod kątem możliwości zastosowania go we współczesnych warunkach użytkowania z uwzględnieniem przeprowadzonych już modernizacji.

**Słowa kluczowe:** mosty składane, eksploatacja mostów, warunki wyjątkowe, modernizacja konstrukcji

**DOI:** 10.5604/12345865.1223262

### 1. Wprowadzenie

W wyniku zmiany doktryny obronnej RP znaczna liczba konstrukcji inżynierskich wykorzystywanych dla celów militarynych będzie przekazywana z uzbrojenia do gospodarki narodowej. W ramach tego sprzętu niemałą część będą stanowić składane konstrukcje mostowe, które do chwili obecnej są magazynowane w różnych składach w rejonach przewidywanych przepraw. Zasadniczy trzon mostów wojskowych stanowi drogowy most składany DMS-65. Powstaje więc problem zagospodarowania tych konstrukcji do budowy obiektów komunikacyjnych o przeznaczeniu cywilnym.

Konstrukcje te mogą również znaleźć szerokie zastosowanie do odbudowy lub remontu infrastruktury komunikacyjnej zniszczonej w wyniku klęsk żywiołowych lub innych kataklizmów [1, 2, 3, 6].

Podstawą podjęcia tej problematyki było dokonanie analizy teoretycznej i propozycje rozwiązań koncepcyjnych modernizacji konstrukcji mostu DMS-65 do eksploatacji w warunkach cywilnych. Przedstawione w artykule schematy mostu były stosowane praktycznie w zależności od struktury ruchu i jego natężenia.

Na podstawie wieloletnich doświadczeń w projektowaniu i wykonawstwie różnorodnych obiektów inżynierskich (mostów, wiaduktów, estakad) uzasadniono potrzebę adaptacji i modernizacji istniejących rozwiązań konstrukcyjno-technologicznych wojskowych konstrukcji składanych (WKS), w tym w szczególności mostu DMS-65.

Przeprowadzona analiza identyfikacyjna i diagnostyczna stanu posiadania oraz dotychczasowych zastosowań WKS w sytuacjach zakłóceń transportowych pozwoliła wytypować elementy składowe konstrukcji DMS-65 do modernizacji. Prezentowane w poniższym artykule zagadnienia obejmują problemy zastosowania tej konstrukcji w różnych układach montażowych, zgodnie z przeznaczeniem projektowym. Aby w pełni wykorzystać możliwości tej konstrukcji, należałoby poddać ją modernizacji, np.: zmienić szerokość użytkową pomostu, zmodernizować nawierzchnię, przyczółki i wjazdy na pomost.

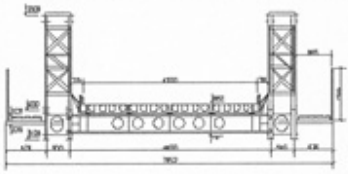
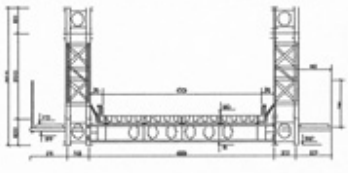
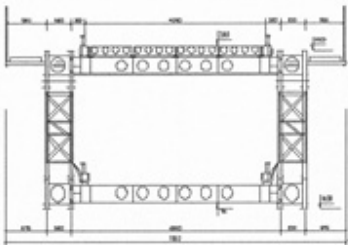
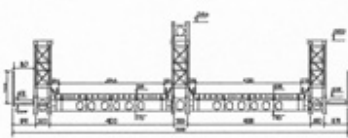
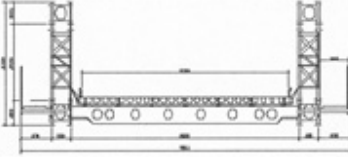
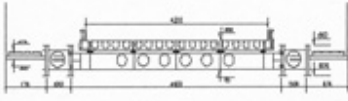
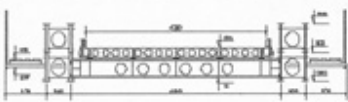
## 2. Charakterystyka konstrukcji DMS-65

Drogowy most składany DMS-65 przeznaczony jest do szybkiej i wielokrotnej budowy drogowych przejść mostowych oraz odbudowy zniszczonych mostów stałych w ciągach wojskowych dróg samochodowych. Etatową nadbudowę podpory mostu stanowi składana podpora stalowa SPS-69B. Konstrukcja dźwigarów umożliwia budowę mostów jednoprzęsłowych i wieloprzęsłowych o zróżnicowanej rozpiętości przęsła od 3 m do 45 m, w zależności od przyjętej klasy obciążenia użytkowego. Materiałem zasadniczym podstawowych elementów konstrukcyjnych mostu jest stal o podwyższonej wytrzymałości St18G2A. Ciężar konstrukcji przęsłowej mostu zmienia się w zależności od przyjętego układu konstrukcyjnego w granicach od 16 kN/m do 30 kN/m [4].

Wybrane warianty układów konstrukcyjnych mostu DMS-65 i wiaduktu SWD-83 (dwie ostatnie pozycje w tabeli) wraz z ich podstawowymi parametrami eksploatacyjnymi zestawiono w tabeli 2.1.

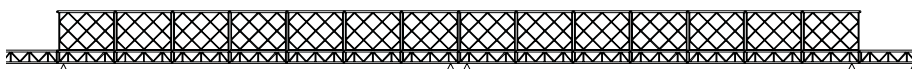
TABELA 2.1

Możliwości wykorzystania konstrukcji DMS-65, klasa obciążenia wg PN-85-S-10030

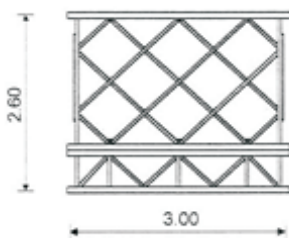
Schemat przekroju poprzecznego	Nazwa układu konstrukcyjnego	Parametry eksploatacyjne		
		Rozpiętość [m]	Klasa obciążenia	Schemat statyczny
	podstawowy	33	B	belka ciągła
		39	C	belka ciągła
		33	C	belka wolnopodparta
	wzmocniony nakładką	42	C	belka ciągła
		36	C	belka wolnopodparta
	z jezdnią górą	42	C	belka ciągła
	trzydziengarowy z dwiema jezdniami	36	C	podstawowy
		30	C	belka wolnopodparta
	z poszerzoną jezdnią wzmocniony nakładką	33	C	belka ciągła
		27	C	belka wolnopodparta
	prześło wjazdowe	6	B, C	belka wolnopodparta
	prześło wjazdowe z podwójnych krat przestrzennych	9 + 12	B, C	belka wolnopodparta

## 2.1. Układ podstawowy

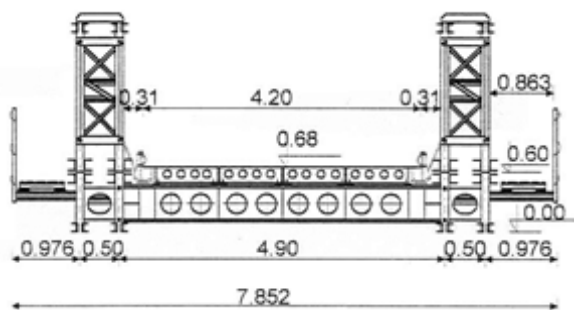
Most ten w układzie podstawowym jest jednokierunkowy, o szerokości jezdni 4,20 m (rys. 2.1-2.3). Może być również budowany w układzie trójdźwigarowym, pozwalającym na budowę mostu o jedni dwukierunkowej. Dźwigary mostu składają się z krat przestrzennych i płaskich. Natomiast pomost stanowią belki poprzeczne i płyty jezdne w postaci ortotropowych paneli metalowych pokrytych warstwą asfaltowo-żywiczną. Most zaprojektowany jest pod obciążenie kl. C zgodnie z Pn-S-85-10030. Zastosowanie konstrukcji DMS-65 według koncepcji projektowej dla celów militarnych określa tabela 2.2. Zgodnie z normą STANAG 2021 konstrukcja spełnia wymagania klasy MLC 70, z ograniczeniami ze względu na szerokość pomostu w układzie podstawowym.



Rys. 2.1. Schemat mostu



Rys. 2.2. Element kratowy dźwigara



Rys. 2.3. Przekrój poprzeczny przęsła

TABELA 2.2

Charakterystyka mostu DMS-65

Obciążenie	Maksymalna rozpiętość przęsła	
	skrajnego	środkowego
K-800, K-600	33 m	39 m
K-600	39 m	45 m

## 2.2. Wiadukty

Zbudowanie dużej liczby wiaduktów w ciągu najbliższych kilkunastu lat przy zastosowaniu konwencjonalnych rozwiązań konstrukcyjnych i technologicznych jest nierealne przede wszystkim ze względów ekonomicznych. Ograniczone możliwości finansowe wymagają zastosowania rozwiązań oszczędnych. Obniżenie kosztów budowy wiaduktów można uzyskać, stosując częściowo konstrukcje składane, które wprawdzie mają skrócony czas przydatności eksploatacyjnej i ograniczają niekiedy komfort ich użytkowania, ale stwarzają możliwość szybkiego usprawnienia ruchu drogowego w sytuacjach kolizyjnych.

Budowa tymczasowego skrzyżowania dwupoziomowego poprawia płynność ruchu i pozwala zyskać czas na zgromadzenie środków oraz zaprojektowanie i budowę trwałego obiektu. Modernizacja i rozbudowa sieci dróg samochodowych oraz miejskich układów komunikacyjnych wymaga budowy dużej liczby skrzyżowań dwu- lub wielopoziomowych. Związane jest to z koniecznością budowy na skrzyżowaniach z drogami, liniami kolejowymi, ulicami oraz przejściami dla pieszych znacznej liczby mostów, wiaduktów i kładek dla pieszych [5].

Zasadniczym celem projektowania wiaduktów składanych jest ustalenie warunków krytycznych, przy których wiadukt składany jako obiekt mostowy przestaje spełniać pod względem stateczności projektowe założenia eksploatacyjne lub wymagania bezpieczeństwa. Aktualnie w nowoczesnej eksploatacji układu komunikacyjnego w warunkach tymczasowych można wykorzystywać drogowe wiadukty składane stanowiące odmianę mostów składanych.

Składany wiadukt drogowy SWD-83, jako zmodyfikowana konstrukcja DMS-65, przeznaczony jest do szybkiej i wielokrotnej budowy dwupoziomowych skrzyżowań (rys. 2.4). Konstrukcja wiaduktu zapewnia zachowanie skrajni drogowej lub kolejowej zarówno w układzie jednokierunkowym, jak i dwukierunkowym. Do budowy przęsła wiaduktu wykorzystuje się kratownice przestrzenne dźwigarów głównych oraz konstrukcję jezdni wraz z wjazdami, a w wersji dwukierunkowej dodatkowo część kratownic płaskich. Przęsła opierane są na podporach składanych montowanych z elementów SPS-69B oraz elementów dodatkowych, tzn. stopy fundamentowej, oczepu podłożyskowego i rozpórek. Przęsło zasadnicze wiaduktu znajdujące się

nad drogą lub linią kolejową jest budowane w układzie wolnopodpartym, natomiast przęsła w spadkach podłużnych w układzie belki ciągłej.



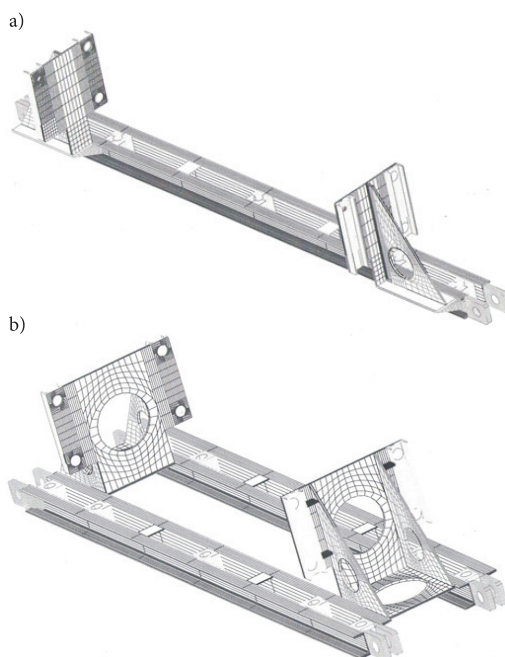
Rys. 2.4. Konstrukcja wiaduktu SWD-83 na podporach SPS-69B [4]

### 2.3. Przęsło z elementem liniowym

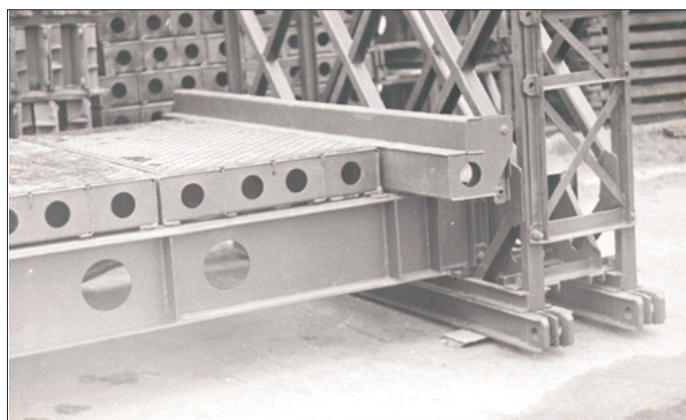
Wykorzystanie krat przestrzennych do budowy wiaduktów spowodowało zdekompletowanie zestawów standardowych mostu DMS-65. Pozostały kraty płaskie, które są niesymetryczne, mają złącze tylko jednego pasa kratownicy. W związku z tym zaprojektowano elementy liniowe. Elementy liniowe jako pasy dolne przeznaczone dla elementów płaskich kratowych DMS-65 zmieniają dotychczasową pracę statyczną dźwigarów głównych. Wyeliminowanie w określonych układach konstrukcyjnych przęseł elementu przestrzennego wpływa na zmniejszenie jednostkowego ciężaru przęsła w zakresie rozpiętości 15-30 m. Przyjęcie elementu liniowego o identycznych pasach w jej górnej i dolnej części przywraca symetryczny układ dźwigara kraty płaskiej (rys. 2.5).

Pasy dolne wraz z przeponami belek poprzecznych przymocowane są do elementów kraty płaskiej za pomocą śrub pasowych. Ten układ konstrukcyjny zapewnia równomierną pracę statyczną przęsła. Proste rozwiązanie konstrukcyjne nie stanowi trudności natury montażowej i technologicznej podczas eksploatacji przęsła w zakresie rozpiętości 15-30 m, zwłaszcza w przypadku zwiększenia światła poziomego wiaduktu SWD-83.

Szczegóły konstrukcyjne i widok tak zaprojektowanego przęsła przedstawiono na rysunku 2.6 wraz z przeponami do mocowania belek poprzecznych. W wyniku zmian konstrukcyjnych przęsła z elementem liniowym wystąpi zmiana wysokości ustrojowej dźwigara. Wysokość całkowita dźwigara wraz z pasem liniowym jest równa 2,1 m, przy zachowaniu stałej wysokości konstrukcyjnej przęsła 0,68 m, ze względu na zastosowanie dotychczasowej konstrukcji pomostu.



Rys. 2.5. Element liniowy: a) pod pojedynczą kratę płaską; b) pod dwie kraty płaskie



Rys. 2.6. Prześło mostu DMS-65, dźwigar z elementem liniowym

Konstrukcja dodatkowej przepony wraz z elementem liniowym pasa dolnego umożliwi mocowanie belek poprzecznych pomostu do dźwigarów montowanych z symetrycznych elementów kratowych bez modernizacji elementów nawierzchni. Przepony ustawiono między kratowymi elementami dźwigara wraz z elementami liniowymi montowanymi identycznie jak elementy przestrzenne dźwigara z zastosowaniem śrub pasowych.

Zastosowanie dodatkowego pasa — elementu liniowego — o identycznym przekroju jak pas górny, dzięki któremu powstanie symetryczność kraty płaskiej względem osi poziomej, umożliwi równomierną redystrybucję naprężeń w pasach górnym i dolnym od momentu zginającego tak zmodernizowanego dźwigara [2].

### 3. Wnioski z badań konstrukcji mostów składanych w cywilnym budownictwie komunikacyjnym

W wyniku przeprowadzonych badań konstrukcji mostów składanych stosowanych w cywilnym budownictwie komunikacyjnym stwierdzono, że:

- a) mosty składane dobrze spełniają tego rodzaju zadania pod warunkiem stałego nadzoru technicznego, związanych z tym okresowych badań i ewentualnych napraw bieżących,
- b) dokonanie oceny trwałości eksploatowanych konstrukcji składanych, zwłaszcza w dłuższym okresie użytkowania, wymaga od potencjalnych wykonawców uwzględnienia specyfiki ich pracy,
- c) pomiary ugięć, uzyskane w badaniach poligonowych, wykazują sprężysto-kinematyczny charakter pracy konstrukcji w zakresie stosowanych obciążeń tak normatywnych, jak i ponadnormatywnych oraz powrót konstrukcji do stanu przemieszczeń kinematycznych po usunięciu obciążeń,
- d) długotrwała eksploatacja konstrukcji składanej niesie ze sobą pewne konsekwencje związane z nadmiernym jej zużyciem, ponieważ wzrasta liczba elementów uszkodzonych, które muszą być wycofane z eksploatacji,
- e) ze względu na intensywną eksploatację mostów składanych zauważa się potrzebę wykonywania badań dynamicznych tych obiektów.

Badania konstrukcji mostów składanych wykonywane są podczas budowy, w trakcie odbiorów technicznych i kontroli w czasie eksploatacji z wykorzystaniem odpowiednich metod i technik pomiarowych [3, 7]. Polegają one na pomiarze naprężeń i przemieszczeń. Stal jako tworzywo konstrukcyjne mostów składanych jest materiałem o dużej jednorodności. Odkształcenia stali można mierzyć przy bardzo krótkiej bazie pomiarowej. Daje to szansę pomiaru lokalnego rozkładu odkształceń oraz zmienności odkształceń na długości i w przekroju elementów (rys. 3.1). Występująca w obszarze sprężystym liniowa zależność między odkształceniami i naprężeniami stwarza możliwość łatwego przeliczenia pomierzonych odkształceń na naprężenia. Elementy ściskane, po przekroczeniu naprężeń krytycznych, są narażone na utratę stateczności, elementy zginane na utratę płaskiej postaci zgięcia. Specjalnym zagadnieniem związanym z badaniami mostów składanych są pomiary:

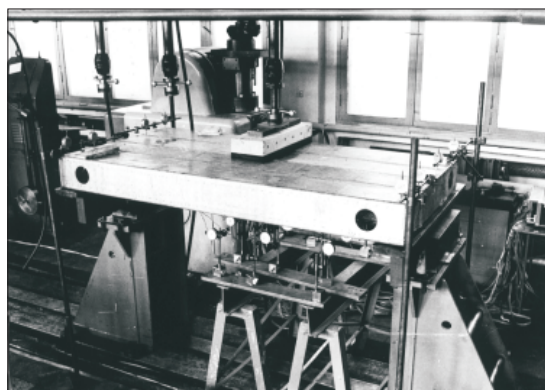
- geometrii konstrukcji mostu i deformacji elementów pod wpływem obciążeń cyklicznych (rys. 3.2),
- stanu technicznego połączeń,



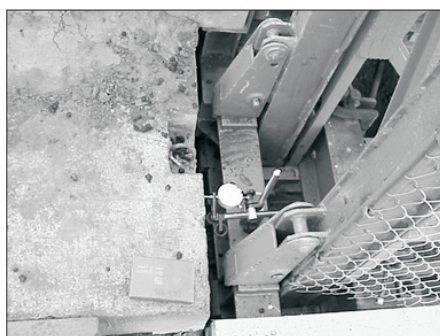
- przesunięć poziomych wzdłuż osi mostu (rys. 3.3),
- osiadania podpór.



Rys. 3.1. Próbné obciążenie mostu objazdowego w m. Kiezmark przed dopuszczeniem do eksploatacji



Rys. 3.2. Stanowisko do badań deformacji ortotropowych płyt jezdni pod obciążeniami cyklicznymi



Rys. 3.3. Pomiar przesunięcia poziomego przęsła

Ze względu na znaczne wymiary konstrukcji mostowych w kontroli geometrii należy preferować pomiary przy użyciu sprzętu geodezyjnego. Przeciążeniu konstrukcji zazwyczaj towarzyszą deformacje elementów drugorzędnych i uszkodzenia połączeń [5].

Typowe badania mostów ograniczają się na ogół do pomiarów statycznych. Aby wykonać pomiary dynamiczne, należałoby:

- zastosować odpowiedni program badań dynamicznych adekwatny do charakterystyki pracy konstrukcji,
- przeprowadzić właściwą interpolację wyników i ich wykorzystanie do oceny pracy dynamicznej mostu składanego,
- przekonać o potrzebie badań użytkowników mostów składanych.

Zakres badań zależy od:

- celu pomiarów,
- rodzaju mierzonych wielkości,
- zastosowanych urządzeń pomiarowych.

Obliczeniowe ustalenie nośności obiektu mostowego powinno być każdorazowo weryfikowane przez wprowadzenie obciążenia próbnego zgodnie z charakterem wykorzystania.

Obciążenie niszczące konstrukcje mostów składanych zamierzone i niezamierzone bywa również dobrym materiałem poglądowym i umożliwia wyciągnięcie wniosków co do rzeczywistej pracy konstrukcji [7].

#### **4. Wytyczne projektowe i eksploatacyjne wynikające z zastosowania konstrukcji mostów składanych**

Podczas rutynowych prac konserwacyjnych na obiektach z mostów składanych powinny być wykonywane następujące czynności:

- sprawdzenie stanu zabezpieczenia łączników sworzniowych i śrubowych w elementach konstrukcji mostu (rys. 4.1, 4.2),
- utrzymanie jezdni i chodników (rys. 4.3),
- czyszczenie urządzeń odwadniających (jeżeli występują),
- czyszczenie oraz konserwacja miejsc połączeń i łożysk,
- sprawdzenie zamocowania tężników wiatrowych,
- sprawdzenie stanu zabezpieczenia antykorozyjnego elementów konstrukcji.

Ocena konstrukcji przeszłowej mostów składanych w trakcie eksploatacji powinna uwzględniać:

- zachowanie właściwej geometrii całego obiektu,
- wykrywanie pęknięć zarówno w elementach stalowych, jak i w miejscach połączeń spawanych,
- deformację elementów mostu,

- występowanie uszkodzeń mechanicznych,
- stopień skorodowania.



Rys. 4.1. Wysunięcie bolca w połączeniu sworzniowym



Rys. 4.2. Sposób kontrolowania osiowości śruby i nakrętki połączenia śrubowego



Rys. 4.3. Uszkodzenia nawierzchni jezdni z płyt ortotropowych [3]

W dźwigarach kratownicowych do elementów szczególnie narażonych na korozję można natomiast zaliczyć:

- pasy dolne dźwigarów, zwłaszcza w miejscach oparcia drewnianych elementów pomostów,
- dolne węzły kratownic, w obszarach ograniczonych pionowymi blachami węzłowymi,
- węzły oporowe i skrajne poprzecznic, tworzące przestrzenie trudne do oczyszczenia,
- szczeliny w stykach i ściankach prętów złożonych z kilku profili.

W belkach blachownicowych poprzecznic należy sprawdzić, czy wystąpiły wyboczenia w strefach ściskanych, pęknięcia oraz czy występują ubytki korozyjne. Do miejsc szczególnie narażonych na korozję można zaliczyć:

- górne powierzchnie pasów,
- blachy węzłowe wiatrownic,
- naroża wklęsłe.

Przed rozbiórką obiektu należy oznaczyć strefy, w jakich pracują elementy dźwigara kratowego (np. strefy przypodporowe w miejscach występowania ujemnych wartości momentów). Jest to pomocne przy kwalifikowaniu elementów mostu do dalszej eksploatacji, ponadto należy sprawdzić we wszystkich przęsłach stan usztywnień nad łożyskami, stężeń poprzecznych i gniazd wiatrownic. Sztywność przestrzenna konstrukcji ma duży wpływ na jej nośność [7]. Uszkodzeń przez korozję poszukuje się wokół sworzni i śrub przy powierzchniach kontaktowych, w których wilgoć może przenikać między blachy pasa i blachy węzłowe zwiatrowań, oraz w okolicach przepon, łożysk i dylatacji.

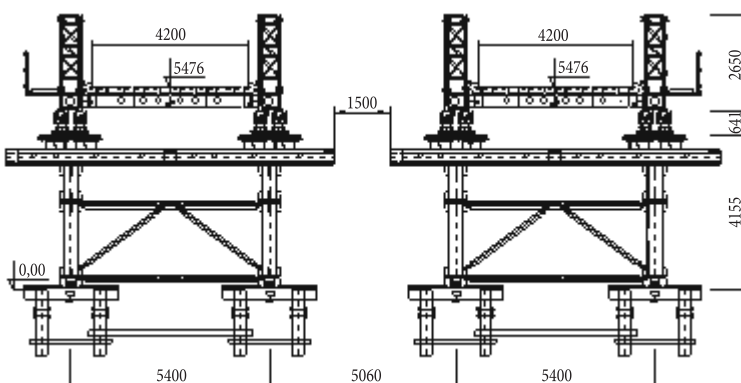
Bardzo istotne z punktu widzenia eksploatacji jest dokonanie oględzin stanu technicznego obiektu tymczasowego lub jego wybranych elementów, szczególnie starannie należy obserwować miejsca o silnej koncentracji naprężeń lub o nagłych zmianach przekroju [3]. Sprawdzeniu podlegają łączniki sworzniowe i śruby oraz spoiny w miejscach krzyżowania się elementów oraz połączeń słupków i krzyżulców z pasami dźwigara. Ze szczególną starannością należy kontrolować elementy pomostu. Oględziny mają na celu stwierdzenie, czy nie pojawiają się np. rysy zmęczeniowe.

Podczas eksploatacji obiektów inżynierskich z konstrukcji mostów składanych wymagany jest nadzór techniczny stały w celu oględzin stanu: łączników (śruby i sworznie), łożysk, kratownic, poprzecznic, podłużnic, stężeń wiatrowych oraz stanu nawierzchni bitumicznej jezdni, krawężników i płyt pomostów ruchu pieszego. W zakresie geometrii podpór: wielkości osiadania podpór, stanu skarp przyczółkowych w obszarach ich bezpośredniego posadowienia (obserwacja pracy dylatacji przy wjazdach i zjazdach z konstrukcji mostu, sprawdzanie, czy wskutek drgań nie tworzą się spękania w obszarze klina odłamu).

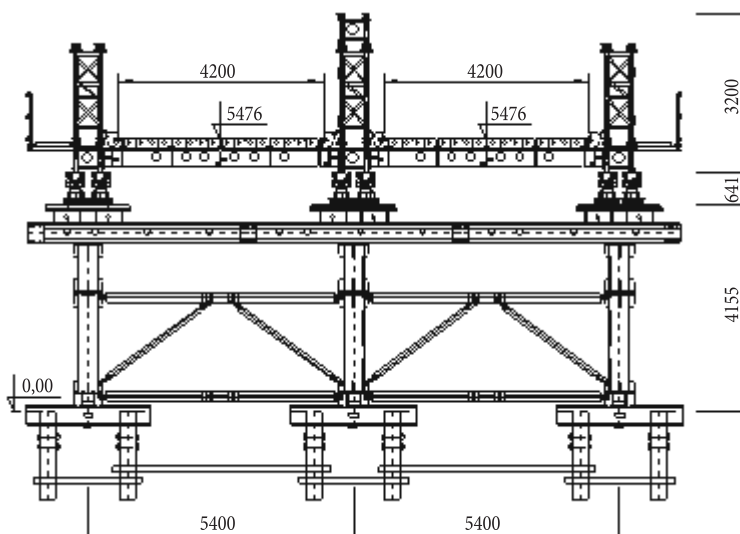
Należy pamiętać także o usuwaniu zanieczyszczeń z konstrukcji, profilowaniu odpływów i niedopuszczaniu do tworzenia się zastoisk wód opadowych w obrębie stref przyczółkowych.

## 5. Zakres modernizacji mostu DMS-65

Przeprowadzono analizę teoretyczną [9, 10] i zaproponowano rozwiązania koncepcyjne adaptacji konstrukcji mostu DMS-65 do eksploatacji w warunkach cywilnych. Podstawowym mankamentem typowej konstrukcji DMS-65 jest szerokość



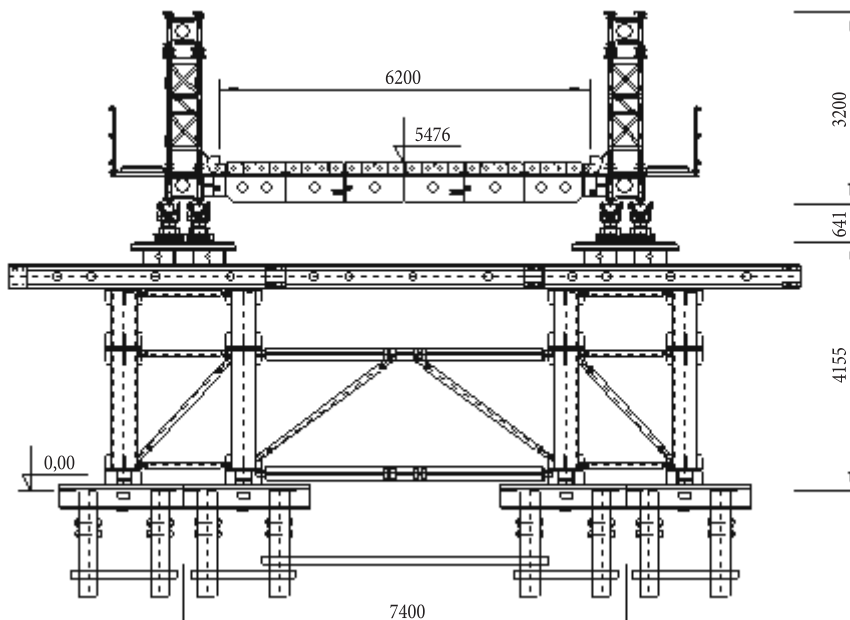
Rys. 5.1. Dwa mosty jednokierunkowe w układzie podstawowym



Rys. 5.2. Most trzydźwigarowy z dwiema jezdniami

jezdni, która wynosi 4,2 m, co sprawia, że most ten może być tylko w układzie jednokierunkowym. Most jednokierunkowy w zastosowaniach cywilnych jest mało użyteczny. W przypadku dużego natężenia ruchu należałoby budować dwa niezależne mosty, każdy na danym kierunku ruchu (rys. 5.1), lub most w układzie trójdźwigarowym z dwiema jezdniami (rys. 5.2), co znacznie zwiększyłyby koszty budowanej przeprawy.

Konstrukcje mostów składanych o szerokości jezdni 6 m (np. MS-54 — most „Syreny” w Warszawie) praktycznie już wychodzą z eksploatacji. Natomiast na składach ARM MG znajduje się wiele mostów DMS-65, co w przyszłości będzie stanowić znaczące zaplecze techniczne do budowy przepraw z tych konstrukcji. Podjęto problem analizy techniczno-eksploatacyjnej związanej z poszerzeniem tego mostu dla celów cywilnych, czyli przejście z układu jednokierunkowego na dwukierunkowy (rys. 5.3) [8, 14].

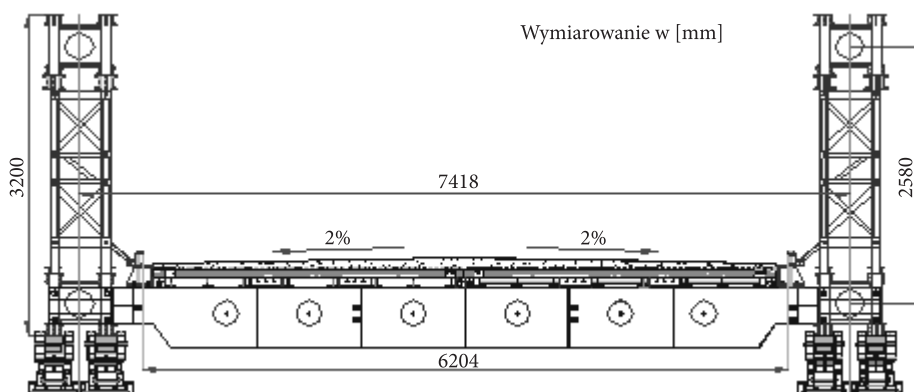


Rys. 5.3. Most DMS-65 w układzie dwukierunkowym wzmocniony nakładką

## 5.1. Propozycja modernizacji pomostu

Podstawowym założeniem nowej koncepcji pomostu jest zastosowanie rusztu belek podłużnych mocowanych osiowo do wydłużonych belek poprzecznych. Osiowe przekazywanie obciążeń na poprzecznice wyeliminuje zjawisko ich skręcania. Układ podłużnic pokryty będzie pomostem drewnianym, na którym układa się

nawierzchnię bitumiczną. Takiego typu rozwiązanie było wielokrotnie stosowane na mostach innych typów (np. most Syreny w Warszawie). Schemat proponowanego pomostu przedstawiono na rysunku 5.4.



Rys. 5.4. Przekrój poprzeczny zmodernizowanego pomostu z nawierzchnią bitumiczną [11]

Dylina jezdni zbudowana jest z bali sosnowych zaimpregnowanych, klasa drewna sosnowego C24, wymiary: grubość 8 cm, szerokość 18 cm i długość 300 cm. Szczelina między dylami wynosi 6 mm, tworzona jest grubością stalowych płytek oporników przyspawanych do górnego pasa stalowych skrajnych belek w każdym segmencie rusztu. Na dylinie podstawowej ułożony zostanie pokład ochronny o grubości 3 cm z desek sosnowych. Szczegóły rozwiązania przedstawiono w publikacjach [11, 14].

Na pomoście wykonanym z dyliny wraz z warstwą ochronną wbudowana zostanie bitumiczna warstwa wiążąca z asfaltu lanego na gorąco o grubości 4-8 cm. Na warstwie wiążącej zostanie ułożona bitumiczna warstwa ścieralna o grubości 2-4 cm [14].

Stalowa konstrukcja rusztu przenosi obciążenia konstrukcyjne od ciężaru nawierzchni i od obciążeń ruchomych pojazdami kołowymi w klasie B. Konstrukcja rusztu wykonana jest z szerokostopowych dwuteowników pełnościennych ze stali 18G2A typu HEB100, długości 3,00 m każdy, w liczbie osiem w jednym przedziale mostu.

## 5.2. Analiza możliwości zmodernizowania mostu DMS-65

Konstrukcja mostu DMS-65 dziś jest intensywnie wykorzystywana do budowy mostów objazdowych na czas remontu obiektów stałych, elementy nie są obecnie produkowane od połowy lat 80. ubiegłego stulecia, co powoduje, że istniejące rezerwy corocznie się zmniejszają w wyniku zużycia będącego wynikiem ich bieżącej eksploatacji. Konstrukcja mostu DMS-65 nie jest pozbawiona wad, do których należy zaliczyć przede wszystkim:

- możliwy jest tylko ruch jednokierunkowy dla obiektów w układzie podstawowym, dodatkowo na podstawie badań można jednoznacznie stwierdzić, że brakuje współpracy wszystkich elementów dźwigara przy zastosowaniu układu z nakładką [8, 13];
- dla zmodernizowanej konstrukcji mostu DMS-65, o jezdni poszerzonej do 6,2 m, uzyskać można rozpiętość przęsła zaledwie do 24 m w układzie podstawowym;
- pomost mostu ma niską trwałość,
- nie rozwiązano problemu odwodnienia pomostu, co jest niezgodne ze współczesnymi wymogami ochrony środowiska;
- zastosowana stal w ograniczonym stopniu spełnia współczesne wymagania odnośnie do parametrów wytrzymałościowych oraz odporności na korozję.

Stąd ważny staje się problem opracowania nowej konstrukcji mostu składanego spełniającej współczesne wymogi techniczno-eksploatacyjne. Przy projektowaniu nowej konstrukcji drogowego mostu składanego powinny być wykorzystane doświadczenia z eksploatacji mostu DMS-65 w różnych układach konstrukcyjnych i dla różnych zastosowań.

## **6. Wnioski do projektowania nowych konstrukcji mostów składanych**

Materiały normatywne do projektowania obiektów tymczasowych z konstrukcji składanych nie uwzględniają cech użytkowych mających zdecydowany wpływ na nośność i trwałość konstrukcji. Dokonanie oceny trwałości eksploatowanych mostów składanych, zwłaszcza przez dłuższy czas, wymaga od potencjalnych wykonawców uwzględnienia specyfiki pracy tych konstrukcji w celu określania zasad ich bezpiecznej pracy w nowych warunkach eksploatacji.

Długotrwała eksploatacja mostu składanego, często w warunkach przeciążeń, powoduje nadmierne zużycie konstrukcji, dlatego w trakcie demontażu mostów składanych należy dokonać przeglądu elementów składowych pod kątem ich zużycia. Bardzo ważnym czynnikiem określającym trwałość konstrukcji mostów składanych jest kompleksowy system zabezpieczeń antykorozyjnych, np. zabezpieczenie powłokami metalizacyjnymi uzyskanymi w procesie galwanizacji lub natrysku [12].

Konstrukcje mostów składanych spełniają wymagania stawiane obiektom tymczasowym, zwłaszcza w krótkich okresach eksploatacji. W konstrukcjach tych elementy wyposażenia mostu takie jak: urządzenia dylatacyjne, odwodnienie, oświetlenie należy projektować indywidualnie zależnie od charakteru wykorzystania obiektu [3, 7].

Konstrukcje mostów składanych stwarzają możliwości prawie natychmiastowego usprawniania ruchu drogowego wszędzie tam, gdzie narastać będzie sytuacja kolizyjna.



Przeznaczone są przede wszystkim do zapewnienia ciągłości ruchu:

- w punktach, gdzie roboty ziemne powodują konieczność przerwania istniejących ciągów komunikacyjnych,
- na skrzyżowaniach dróg i ulic o dużym natężeniu ruchu na jednym z kierunków,
- dla wykonania skrzyżowań dwupoziomowych na objazdach, w przypadku prowadzenia robót na ciągu zasadniczym,
- na skrzyżowaniach dróg z koleją oraz z liniami tramwajowymi.

Wyżej wymienione aspekty będące przyczynkiem do zmiany podejścia w projektowaniu ważnych z punktu widzenia potrzeb państwa przepraw mostowych znajdą zapewne odzwierciedlenie w racjonalnym rachunku ekonomicznym [13].

Końcowym etapem realizowanej obecnie w Katedrze Inżynierii i Komunikacji statutowej pracy badawczej będzie opracowanie koncepcji projektowej nowego drogowego mostu składanego spełniającego zarówno wymagania użyteczności w ruchu drogowym (przepustowość, nośność i prędkość ruchu na obiekcie), jak i wymagania technologiczne (dopuszczalny ciężar elementów, minimalizacja elementów składowych, sposób montażu, wymagane wyposażenie i sposób odprowadzenia wód opadowych). Proponowane obecnie podstawowe elementy projektowanej konstrukcji mogą być zaprojektowane w sposób następujący:

- pozostawienie jako elementu podstawowego kraty płaskiej dźwigara,
- element liniowy — pas górny dźwigara dla układu jednopiętrowego,
- belki poprzeczne o zmiennej wysokości, opierające się w miejscu złącz — rozstaw belek co 3 m,
- ortotropowe płyty pomostu o wymiarach  $3,0 \times \sim 2,2$  m z zadanymi spadkami, mocowane do belek poprzecznych osiowo za pomocą śrubowych połączeń szczepnych,
- belki krawężnikowe z wbudowanymi elementami systemu odwodnienia nawierzchni.

Końcowym efektem realizowanej pracy badawczej będzie przedstawienie szczegółowej koncepcji projektowej drogowego mostu składanego umożliwiającej opracowanie projektu warsztatowego konstrukcji.

Praca powstała w ramach działalności statutowej uczelni.

Artykuł wpłynął do redakcji 1.07.2016 r. Zweryfikowaną wersję po recenzjach otrzymano 3.08.2016 r.

#### LITERATURA

- [1] KAMYK Z., SZEŁKA J., *Wykorzystanie konstrukcji mostów wojskowych w usuwaniu skutków powodziowych*, Konferencja naukowo-techniczna Powódź '97, Wisła, 1998.
- [2] MARSZAŁEK J. i in., *Mosty składane*, podręcznik, WAT, Warszawa, 2005.
- [3] WOLNIEWICZ A., *Eksploatacja mostów składanych w warunkach wyjątkowych*, II Sympozjum „Badania i diagnostyka mostów”, Politechnika Opolska, Opole, 2003.

- [4] *Drogowy most składany DMS-65*, MON Główne Kwatermistrzostwo WP, 1984.
- [5] WOLNIEWICZ A., CHMIELEWSKI R., *Wykorzystanie wiaduktów składanych do budowy tymczasowych skrzyżowań dwupoziomowych*, V Seminarium „Miejskie obiekty mostowe”, Darłówko, 2013.
- [6] ŚLIWKA J., BURCEK B., ŁUKASIK S., *Koncepcja odbudowy zniszczonego przez powódź mostu drogowego przez Odrę w Krzyżanowicach*, Konferencja naukowo-techniczna Powódź '97, Wisła, 1998.
- [7] MARSZAŁEK J., WOLNIEWICZ A., *Diagnostyka i eksploatacja mostów składanych stosowanych w cywilnym budownictwie komunikacyjnym*, I Sympozjum „Badania i diagnostyka mostów”, Politechnika Opolska, Opole, 2001.
- [8] *Projekt koncepcyjny poszerzenia jezdni drogowego mostu składanego DMS-65 do 6,20*, WAT, Warszawa, 2005.
- [9] MARSZAŁEK J., CHMIELEWSKI R., *Analiza projektowa i badania wydłużonej belki poprzecznej mostu składanego DMS-65*, XVI Seminarium „Współczesne metody wzmacniania i przebudowy mostów”, Poznań-Rosnówko, 2006.
- [10] WOLNIEWICZ A., CHMIELEWSKI R., *Badania poligonowe przęsła mostu DMS-65 o poszerzonej jezdni*, XVI Seminarium „Współczesne metody wzmacniania i przebudowy mostów”, Poznań-Rosnówko, 2006.
- [11] PUTKOWSKI J., *Projekt poszerzonego mostu DMS-65 z nową nawierzchnią*, praca magisterska, WAT, Warszawa, 2008.
- [12] WOLNIEWICZ A., *Zabezpieczenie antykorozyjne konstrukcji mostów składanych*, XIII Międzynarodowa konferencja naukowo-techniczna „Ekomilitaris”, WAT, Jurata, 1999.
- [13] MARSZAŁEK J., CHMIELEWSKI R., WOLNIEWICZ A., *Propozycje dostosowania mostu DMS-65 do potrzeb eksploatacji cywilnej*, Inżynieria i Budownictwo, nr 5, 2012.
- [14] MARSZAŁEK J., CHMIELEWSKI R., *Analiza zmodernizowanej nawierzchni mostu składanego DMS-65*, Biuletyn WAT, vol. 58, nr 3, 2009, 335-349.

J. MARSZAŁEK, R. CHMIELEWSKI, A. WOLNIEWICZ

### **Analysis of the possibilities of adapting the DMS-65 structure for modern transportation infrastructure requirements**

**Abstract.** The paper presents the possibility of applying the DMS-65 structure for temporary reconstruction of a bridge infrastructure. These constructions can be widely applied for restoration or repairing a transport infrastructure, damaged by natural disasters or other catastrophes. The article includes the problems of applicability of this design in variety of mounting arrangements. The authors attempt to assess the possibility of applying the DMS-65 road folding bridge in the current service conditions, including the already completed modernization.

**Keywords:** folding bridges, operation of bridges, special conditions, modernization of constructions

**DOI:** 10.5604/12345865.1223262