

Adam KRISTOWSKI¹

KONSTRUKCJE SKŁADANE - WYBRANE ZAGADNIENIA PROJEKTOWANIA W BUDOWNICTWIE TRANSPORTOWYM

W artykule zostały przedstawione wybrane aspekty projektowania technologiczno - organizacyjnego konstrukcji mostów składanych w budownictwie transportowym. Autor opiera swoją wiedzę na praktycznych przykładach takich rozwiązań. Zastosowanie konstrukcji składanych w niektórych przypadkach jest jedyną alternatywą, jeżeli chodzi o zapewnienie przejezdności ważnych dróg transportowych. Dodatkową zaletą konstrukcji składanych jest szybkość ich budowy, co skutkuje ich zastosowaniem w prowizorycznej odbudowie infrastruktury transportowej w okresie po powodzi. Te właściwości konstrukcji składanych skłaniają do podjęcia próby opracowania komputerowego systemu ekspertowego planowania budowy mostów, w celu znacznego przyspieszenia procesu podejmowania decyzji w sytuacjach kryzysowych.

PROJECTING ASPECTS THE TECHNOLOGICAL BRIDGES ASSEMBLED

In the paper were introduced technological, organisational aspects uses of the bridges assembled. Author bases on practical examples of his knowledge and investigations in real scale. Suggests the development of expert system.

1. WPROWADZENIE

Konstrukcje mostów składanych zaczęto wprowadzać do użytkowania w zasadzie na początku XX wieku we Francji, a później w innych krajach europejskich [4,5]. Rozwiązania konstrukcyjne mostów uwzględniały z początku potrzeby militarne. W trakcie projektowania okazało się, że należą one do bardzo złożonych konstrukcji inżynierskich. Do rozwiązywania obliczeniowych układów konstrukcyjnych zaangażowani byli tacy konstruktorzy jak Eiffel czy Bailey.

Mosty składane obecnie przeżywają renesans w budownictwie komunikacyjnym i jak to wynika z licznych obserwacji, konstrukcje tego typu stosowane są na całym świecie. Dotyczy to głównie ich wykorzystania, jako mostów objazdowych podczas remontu mostów stałych, w celu zabezpieczenia przejazdu obciążeń ponadnormatywnych, do odbudowy obiektów komunikacyjnych w sytuacjach kryzysowych. Oprócz kilkudziesięciu

¹dr inż. Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, kristowski@pg.gda.pl

przykładów można wymienić rozwiązania, gdzie długość mostu wynosiła kilkaset metrów. Należą do nich budowy na rzece Wiśle w Grudziądzu (fot. 1,4), Annopolu (fot. 2), Kiezmarku, Gdańsku, Warszawie (fot. 3).



Fot. 1 Drogowy Most Składany DMS – 65 w trakcie budowy



Fot. 2 Konstrukcja MS – 54 w trakcie budowy



Fot. 3 Most MS-22-80 podczas nasuwania



Fot. 4 Podpora składana SPS-69b

Konstrukcje mostów drogowych użytkowane w Polsce noszą nazwę: MS-2280 (konstrukcja oparta na rozwiązaniach brytyjskich Bailey'a bez konstrukcji podpór pośrednich), MS-54 (konstrukcja polska także bez wyposażenia w podpory pośrednie), DMS – 65 (konstrukcja polska wraz z podporami stalowymi SPS-69b). Konstrukcje mostów kolejowych to kraty L-36, przęsła KD-66, wiadukt kolejowy SEK 500.

Bibliografia [4,5]

2. PROJEKTOWANIE TECHNOLOGII BUDOWY MOSTÓW SKŁADANYCH

Pomimo tego, że występuje technologiczna powtarzalność procesów budowy poszczególnych elementów mostów wynikająca z ich modułowej konstrukcji, to dla każdej budowy takiego obiektu występuje odmienna wielorakość przypadków i zdarzeń, które projektant musi uwzględnić [3]. Należą do nich [5]:

- zmienność warunków atmosferycznych podczas budowy mostu,
- częsta zmienność stanowisk pracy i frontów robót,
- trudny teren budowy (ukształtowanie brzegów rzeki, głębokość wody, rodzaj gruntu, brak dróg dojazdowych) powodujący zwiększenie nakładów na zagospodarowanie placu budowy (tab. 1),

Tab. 1. Charakterystyka metod budowy mostów składanych

Nazwa metody	Opis metody	Zalety metody	Wady metody	Celowość stosowania metody
1	2	3	4	5
Montaż konstrukcji poprzez nasuwanie.	Zasadnicza metoda montażu. Polega na montowaniu konstrukcji w osi mostu na brzegu, następnie na nasuwaniu jej na podpory. Czoło konstrukcji stanowi dźwiób montażowy, którego zadaniem jest ułatwienie nasuwania na podporę.	Prostota wykonania robót, ciągła kontrola dokładności wykonania, stosunkowo wysokie tempo montażu, wysoki stopień zmechanizowania prac. Równoległe prowadzenie prac montażowych konstrukcji przęsłowej oraz budowy podpór. Brak stosowania dodatkowych rusztowań.	Konieczność montażu i demontażu dodatkowych przęseł na dźwiób montażowy, przygotowanie placu montażowego na brzegu. Budowa toru montażowego o długości x 1,5 długość przęsła.	Podstawowy i najczęściej spotykany sposób montażu tam, gdzie istnieje możliwość budowy placu montażowego.
Montaż konstrukcji poprzez ustawianie przęsła dostarczonych w stanie całkowicie zmontowanym.	Montowanie konstrukcji mostu na brzegu, następnie wprowadzenie na promy i dostarczenie w oś podpór, w ostatnim etapie podniesienie jej na podpory.	Ograniczenie do minimum robót w osi przeprawy i skoncentrowanie ich do przesuwania, podnoszenia i opuszczania konstrukcji przęsła na łożyska. Metoda nie wymaga toru montażowego.	Budowa placu montażowego, stosowanie dźwigów do umieszczenia konstrukcji na podporach. Warunki terenowe, muszą umożliwiać dostarczenie przęsła.	Gdy nie ma możliwości rozwinięcia toru montażowego

- przewaga prostych procesów ręczno – maszynowych w procesie budowy,
- poniesienie znacznych nakładów wymaganych przepisami bhp,
- charakterystyka obciążeń w okresie użytkowania,
- konieczność demontażu konstrukcji po okresie użytkowania.

Bibliografia [3,5]

3. PLANOWANIE ORGANIZACJI PRAC PODCZAS BUDOWY MOSTÓW SKŁADANYCH

Poprawność i jakość projektowania organizacji robót zależy w głównej mierze od umiejętności, doświadczenia, praktyki i dużej wiedzy projektanta [2]. Powyższe stwierdzenia można wyszczególnić w sposób następujący:

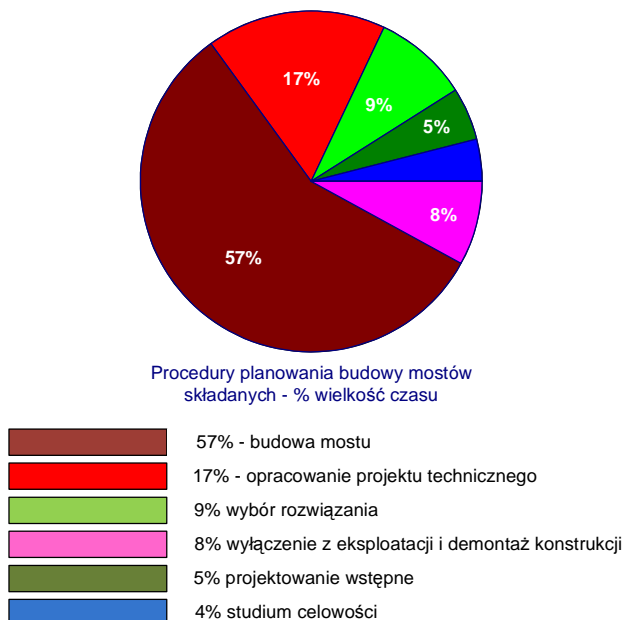
- lokalizacja obiektu, układ dróg komunikacyjnych w obrębie budowy, gabaryty placu budowy i czas budowy bywają mocno ograniczone,

Tab. 2. Zestawienie prac przygotowawczych, zasadniczych i wykończeniowych przy budowie mostów składanych

Prace przygotowawcze	Prace zasadnicze	Prace wykończeniowe
<ul style="list-style-type: none"> - wytyczenie osi mostu; - rozpoznanie i pomiary techniczne terenu budowy mostu; - opracowanie dokumentacji projektowej; - 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. 	<ul style="list-style-type: none"> - rozwinięcie na stanowiskach roboczych maszyn; - ułożenie stosów i rolek montażowych; - budowa fundamentów podpór; - stężanie i obcinanie pali; - montaż nadbudowy podpór; - montaż konstrukcji przęsłowej i nasuwanie jej na podpory; 	<ul style="list-style-type: none"> - rozbiórka dzioba montażowego; - wykonanie bezpośrednich wjazdów na most; - ustawienie znaków drogowych, urządzeń sygnalizacyjnych i regulacji ruchu; - połączenie chodników z podejściami do nich; - wykonanie poręczy na chodnikach mostowych;

- rozwiązania konstrukcyjne powinny zapewnić maksymalnie możliwe tempo budowy, należy preferować ograniczenie prac wykonywanych bezpośrednio nad lustrem wody (tab. 2),
- należy stosować sprawdzone technologie i systemy budowy [6],
- pełna dostępność środków mechanizacji prac, środków transportowych i maszyn wiodących decyduje o dotrzymaniu terminów końcowych. Jakiegokolwiek zakłócenia w tym zakresie powodują lawinowe nawarstwianie się opóźnień realizacyjnych,
- należy liczyć się także z dużym obciążeniem ergonomicznym wykonawców. Zbyt optymistyczne szacowanie nakładów robocizny często powoduje niepotrzebne nieścisłości.

Jakość planowania organizacji robót przekłada się bezpośrednio na koszt budowy mostu. Przy znanej ilości rozwiązań technologicznych – konstrukcyjnych organizacja prac staje się dziedziną projektowania, która przy umiejętnym opracowaniu minimalizuje wartość kosztorysową inwestycji i czas budowy. Jest to w wielu znanych przypadkach sytuacja przesądzająca o budowie obiektu komunikacyjnego w danym miejscu. W wielu przypadkach studia i materiały niezbędne do wypracowania ostatecznej decyzji w postaci projektu budowlanego budowy mostu pochłaniają znaczne ilości czasu w stosunku do ogólnej ilości czasu przeznaczonego na cały proces inwestycyjny (rys. 1), co w sytuacjach



Rys. 1 Procentowy udział czasu przeznaczanego na planowanie budowy mostów składanych w stosunku do czasu budowy mostu – opracowanie własne.

krzysowych i awaryjnych skutkuje negatywnie, co do potrzeb szybkiego zapewnienia przejezdności tras komunikacyjnych.

Bibliografia [2,6]

4. PODSUMOWANIE

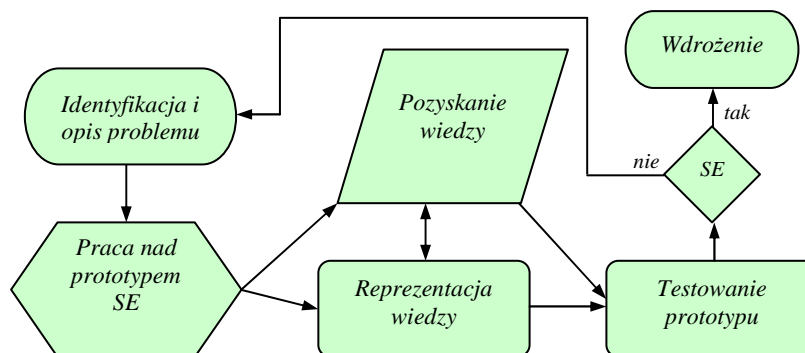
Budowa mostów składanych, jako mostów objazdowych stanowi ciekawą propozycję budowy komunikacyjnych obiektów tymczasowych. Koszt budowy i użytkowania mostów składanych jest w niektórych przypadkach większy niż koszt remontu np. obiektów stałych [1] w tym samym ciągu komunikacyjnym. Nie jest to rozwiązanie tanie, jednak w niektórych sytuacjach omawiane rozwiązania stają się jedynymi z możliwych. Dotyczy to głównie obiektów stanowiących element infrastruktury ważnych tras komunikacyjnych, w których wyznaczenie objazdu stanowi odległość kilkudziesięciu kilometrów. Odbudowa infrastruktury po powodzi wymuszona jest brakiem możliwości wyznaczenia objazdów. Budowa mostów składanych zapewnia jedyną drogę komunikacyjną dla ludności miejscowej, a sprawne i bezbłędne projektowanie oraz wykonawstwo mostów składanych daje szansę minimalizowania zakłóceń komunikacyjnych w sytuacjach kryzysowych szczególnie dotkliwych dla gospodarki i ludności.

Zasadnym wydaje się propozycja budowy komputerowego systemu ekspertowego (rys. 2) projektowania technologii i organizacji budowy mostów składanych. Na przestrzeni kilkunastu lat borykamy się z kłęskami powodzi, co wymusza na zarządcach infrastruktury

transportowej planowanie dodatkowych działań związanych z likwidacją ich skutków. Skoro ilość rozwiązań technologiczno – organizacyjnych i konstrukcyjnych mostów składanych można powiedzieć jest zbiorem zamkniętym, to należy postawić pytanie dlaczego do tej pory system ekspertowy budowy mostów składanych nie powstał. Np. dla mostu DMS-65 dopuszczalna rozpiętość przęseł narzucona przez układ konstrukcyjny [6] wynosi:

- układ wolnopodparty obciążenie 800kN - 33m;
- układ wolnopodparty obciążenie 600kN - 39m;
- układ ciągły obciążenie 800kN przęsło skrajne - 33m;
- układ ciągły obciążenie 800kN przęsło środkowe- 39m;
- układ ciągły obciążenie 600kN przęsło skrajne - 39m;
- układ ciągły obciążenie 600kN przęsło środkowe- 45m;

Propozycja budowy systemu ekspertowego wynika z potrzeby sytuacji i zwykłego rachunku ekonomicznego a połączenie projektowania układu konstrukcyjnego, technologii i organizacji robót musi dać wymierne korzyści finansowe i społeczne. Uważam, że to powinien być kierunek dalszych badań i prac wdrożeniowych nad zastosowaniem konstrukcji mostów składanych w budownictwie transportowym.



Rys.2 Schemat blokowy komputerowego systemu ekspertowego planowania technologii i organizacji budowy mostów składanych.

Bibliografia [1,6]

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Jakubowski G, Jarzyna J R, Kristowski A.: *Wybrane aspekty badań poligonowych budowy mostów tymczasowych*, XI Międzynarodowa Konferencja Inżynierii Wojskowej, Warszawa – Rynia 7-9.11. 2000.
- [2] Kristowski A.: *Bezpieczeństwo planowania budowy z uwzględnieniem ryzyka, niepewności i zakłóceń*, *Przegląd Budowlany* Nr 4 , kwiecień 2005.
- [3] Kristowski A.: *Koncepcja modelu procesu eksploatacji obiektów budowlanych*” *Zeszyty Naukowe Politechniki Gdańskiej, Budownictwo Lądowe* Nr 61, 2007.

-
- [4] Kristowski A.: *Aspekty technologiczne, organizacyjne i ekonomiczne zastosowania konstrukcji mostów składanych w okresie remontu obiektów komunikacyjnych*, *Logistyka* 3/2009.
- [5] Praca zbiorowa.: *Mosty składane*; GDDKiA, Warszawa 2005.
- [6] *Drogowy Most Składany DMS-65 Budowa i Eksploatacja*, Warszawa 1981, Szef. Kom.