

Methodology of multiple-criteria analysis and selection of technologies and organization of the construction of panel bridges

Author: Grzegorz Jakubowski, MSc, Eng.
Supervisor: Tadeusz Kasprowicz, Prof. PhD, DSc, Eng.

Panel bridges are a modular engineering structures used for temporary and rapid construction of bridges. Originally, these structures were developed during warfare and military operations for fast and efficient reconstruction of destroyed traffic routes. They were also being applied to ensure smooth traffic flow and passage of the military vehicles. Nowadays, panel bridges have a wide range of the military as well as the civilian applications of a similar nature including improving and repairing essential infrastructure in urban and rural areas. . Unique features of these structures, such as the modularity and the unification of their structural elements cause that these types of bridges have a special technological and operational characteristics..

This dissertation concerns road panel bridges, in particularly analysed in the aspect of the optimization of working processes related to their construction. The abovementioned statement does not exclude the possibility of using methods presented in the dissertation and applications to other kinds of folded bridge structures after their appropriate adaptation.

The efficiency and the effectiveness of panel bridges construction depends on many factors, such as the technology applied and the organization of construction works. The wide range of available technologies of the works performance and their organization depend on: preferences defined by the investor (decision-maker), local conditions on construction site and designed structure of the bridge.

The subject of this dissertation is to develop the methodology of multiple-criteria analysis and choice of the technological-organizational variant of the panel bridge construction with consideration of the selected investor's preferences as well as the local and spatial conditions.

The formulation of the subject of the dissertation was preceded by many observations of construction processes of the panel bridges and the analyses of various sources (visits on construction sites, books, instructions, regulations, investment

documentations, etc.). This review has enabled the author to identify the need of systematizing and drawing up the uniform set of recommendations, principles and developing methods for analysing and selection of the optimal technological-organizational solutions in construction of panel bridges.

The optimal technological-organizational solution of the panel bridge construction which is proposed in this PhD thesis and is formulated into the set of decision-making criteria takes into account the preferences of the investor (planner, designer, decision-maker). Decision-making criteria, established characteristics with appropriate theoretical methods enable to determine an multiple-criteria optimal solution (or set of equivalent optimum solutions). The obtained solution can have the compromise-type solution (aggregational methods) or can be chosen on the basis of the relations between the variants.

The detailed scope of PhD thesis includes also: characteristics of selected road panel bridges and characteristics of the technology and organizations of panel bridges construction, introduction to multiple-criteria decision analysis (*MCDA*) methods, the formulation and descriptions of the methodology of multiple-criteria analysis and the selection of the technological-organizational variant of panel bridges construction, as well as the problem solving concepts using the ELECTRE Iv method and methods of PROMETHEE and PROMETHEE II. In addition, the concept of the solution of the problem presented in the dissertation was verified using selected computer tools such as: *VBA/Excel*, *Matlab*, *J-ELECTRE*, software for visualisation and analysis of graphs (*GraphViz* and *Gephi*) and the *Visual-PROMETHEE* software with *GAIA* add-in for the graphical analysis of results. Finally, conclusions and development proposals of the analysed problem, as well as further directions of the research are presented.

Keywords: panel bridges, multicriteria optimization, decision making support, the technology and the organization of bridges construction

Metodyka wielokryterialnej analizy i wyboru technologii i organizacji budowy mostów składanych

Autor: mgr inż. Grzegorz Jakubowski

Promotor: prof dr hab. inż. Tadeusz Kasprowicz

Mosty składane to modularny typ mostowych konstrukcji inżynierskich wykorzystywany do szybkiego i tymczasowej budowy mostów. Konstrukcje te powstały i rozwinęły się za sprawą konieczności szybkiego i sprawnego odtwarzania przejezdności dróg w rejonach mostów stałych zniszczonych w trakcie wojen. Obecnie, mosty składane posiadają szeroki zakres zastosowań, militarnych i cywilnych o podobnym charakterze. Mosty składane w związku z modularnością i unifikacją elementów konstrukcyjnych posiadają specyficzne charakterystyki technologiczne i organizacyjne w zakresie ich budowy i eksploatacji.

Przedmiotowym rodzajem mostowych konstrukcji składanych, stanowiącym obszar badań i rozważań niniejszej rozprawy są drogowe mosty składane, analizowane w aspekcie optymalizacji procesów roboczych związanych z ich budową. Powyższe stwierdzenie nie wyłącza możliwości zastosowania przedstawianych w rozprawie metod i wniosków do innych rodzajów konstrukcji składanych po odpowiedniej ich adaptacji.

Sprawność i efektywność budowy mostów składanych uzależniona jest od wielu czynników, w tym szczególnie od wybranej technologii i organizacji robót budowlanych. Wachlarz dostępnych kombinacji technologii wykonania robót oraz organizacji ich prowadzenia jest względnie szeroki i uzależniony od: preferencji zdefiniowanych przez inwestora (decydenta), uwarunkowań lokalizacyjno-realizacyjnych oraz projektowanego rozwiązania konstrukcyjnego mostu.

Przedmiotem niniejszej rozprawy jest opracowanie metodyki wielokryterialnej analizy i wyboru wariantu technologiczno-organizacyjnego budowy mostów składanych uwzględniającej określone preferencje decydenta oraz warunki realizacyjne.

Sformułowanie przedmiotu rozprawy poprzedzone zostało wieloma obserwacjami procesów budowy mostów składanych oraz analizami różnorodnych źródeł (wizytacje budów, podręczniki, instrukcje, przepisy, dokumentacja inwestycji itp.), na podstawie których stwierdzono występowanie potrzeby usystematyzowania oraz opracowania

jednolitego zbioru wskazówek, zasad i metod analizy i wyboru optymalnych rozwiązań technologiczno-organizacyjnych przy budowie drogowych mostów składanych.

Optymalne rozwiązanie technologiczno-organizacyjne budowy mostu składanego – w przyjętym w rozprawie podejściu - uwzględnia preferencje inwestora (planisty, projektanta, decydenta) ujęte w zdefiniowany zbiór kryteriów decyzyjnych. Określone kryteria decyzyjne, ustalone charakterystyki konstrukcji wraz z odpowiednimi metodami teoretycznymi pozwalają wyznaczyć wielokryterialne rozwiązanie optymalne (bądź zbiór równoważnych rozwiązań optymalnych). Rozwiązanie to może mieć charakter rozwiązania kompromisowego (metody agregacyjne) lub rozwiązania wybranego na podstawie wyników porównań par rozwiązań (metody oparte na badaniu relacji przewyższania wariantów).

Szczegółowy zakres rozprawy obejmuje: wprowadzenie (rozdział 1) zawierające określenie celu, zakresu i głównej tezy rozprawy, charakterystykę mostowych konstrukcji składanych oraz charakterystykę technologii i organizacji budowy mostów z konstrukcji składanych (rozdziały 2 i 3), wstęp do metod optymalizacji wielokryterialnej (*MCDA*) zawierający definicję podstawowych pojęć, sformułowanie ogólnego modelu problemu optymalizacyjnego, opis zasad budowy modeli optymalizacyjnych oraz przegląd i charakterystykę metod *MCDA* (rozdział 4), potencjalnie przydatnych w wielokryterialnej analizie i wyborze wariantów technologiczno-organizacyjnych budowy mostów składanych, sformułowanie metodyki wielokryterialnej analizy i wyboru wariantu technologiczno-organizacyjnego budowy mostów składanych, w tym w szczególności sformułowanie problemu wraz z koncepcjami jego rozwiązania z wykorzystaniem metody *ELECTRE Iv* oraz metod *PROMETHEE I* i *PROMETHEE II* (rozdział 5), weryfikację koncepcji rozwiązania postawionego w rozprawie problemu na przykładzie obliczeniowym wykorzystującym wybrane narzędzia informatyczne (*VBA/Excel*, środowisko obliczeń naukowo inżynierskich *MATLAB*, program *J-ELECTRE*, programy wizualizacji i analizy grafów *GraphViz* i *Gephi*, pakiet oprogramowania *Visual PROMETHEE* z zestawem funkcji do graficznej analizy wyników *GAIA*, wnioski i propozycje wdrożeniowe w zakresie analizowanego problemu, kierunki dalszych badań oraz bibliografię i załączniki.

Słowa kluczowe: mosty składane, optymalizacja wielokryterialna, wspomaganie podejmowania decyzji, technologia i organizacja budowy mostów